



**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**BÀI GIẢNG**

**TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN**

**Giảng viên:**

**Nguyễn Việt Minh**

**Điện thoại/E-mail:**

**(090) 406-2112/minhnhv@ptit.edu.vn**

**Bộ môn:**

**Vô tuyến – Khoa Viễn thông 1**

**Học kỳ/Năm biên soạn: II/2010**

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

### ▪ Tên học phần:

- Truyền sóng và anten

(Radiowave Propagation and Antenna )

### ▪ Tổng lượng kiến thức:

- 60 tiết

+ Lý thuyết: 50 tiết;

Thực hành: 6 tiết;

Bài tập: 4 tiết

### ▪ Mục tiêu học phần:

- Giới thiệu các khái niệm, các biểu thức của quá trình truyền lan sóng vô tuyến. Nghiên cứu sự truyền lan của sóng cực ngắn trong môi trường thực
- Giới thiệu lý thuyết chung về anten, các anten nguyên tố. Nghiên cứu hoạt động của chấn tử đối xứng, các loại anten trong thông tin vô tuyến

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

### ■ Nội dung học phần:

#### ▶ • Chương 1: Các vấn đề chung về truyền sóng

- + Tính chất của sóng điện từ; Các phương pháp truyền lan sóng; Quá trình truyền lan sóng trong không gian tự do

#### ▶ • Chương 2: Truyền lan sóng cực ngắn

- + Truyền lan trong điều kiện lý tưởng; Truyền lan trong điều kiện thực; Phadinh và biện pháp chống

#### ▶ • Chương 3: Truyền lan sóng trong thông tin di động

- + Đặc tính kênh truyền sóng di động; Các mô hình kênh vô tuyến di động; Đánh giá đặc tính kênh

#### ▶ • Chương 4: Lý thuyết chung về anten

- + Các tham số của anten; Các nguồn bức xạ nguyên tố; Nguyên lý của anten thu

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

## ■ Nội dung học phần:

## ▶ • Chương 5: Anten chấn tử

- + Bức xạ của chấn tử đối xứng, anten chấn tử đơn, các loại anten sử dụng nhiều chấn tử

## ▶ • Chương 6: Anten góc mở

- + Nguyên lý bức xạ mặt, anten loa, anten gương parabol, anten khe, anten vi dải

## ▶ • Chương 7: Kỹ thuật anten

- + Tổng hợp đồ thị phương hướng anten, mở rộng dải tần làm việc, cấp điện và phối hợp trở kháng anten

## ▶ • Chương 8: Anten trong thông tin vô tuyến tiên tiến

- + Anten thông minh, kỹ thuật đa anten, anten cho hệ thống vô tuyến băng siêu rộng.

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

### ▪ Tài liệu tham khảo:

- [1] Nguyễn Viết Minh, *Truyền sóng và Anten*, Bài giảng, Học viện công nghệ BCVT, 6/2010
- [2] Phan Anh, *Trường điện từ và truyền sóng*, NXB Đại học Quốc gia, 2002
- [3] Phan Anh, *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, NXB KHKT, 2004
- [4] Robert E. Collin, *Antennas and Radio wave propagation*, McGraw Hill
- [5] N. Blaunstein, *Radio propagation in cellular network*, Artech House
- [6] Frank Gross, *Smart antenna for wireless communication*, McGraw Hill

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

▪ **Đánh giá học phần**

- Chuyên cần: 10% (nghỉ 2 tiết trừ 1 điểm)  
(Nghỉ từ 16 tiết trở lên không được dự thi hết môn)
- Kiểm tra: 15% (2 bài, vắng nhận điểm “0”)
- Thực hành: 15% (1 bài, vắng nhận điểm “0”)  
(Vắng thực hành không được dự thi hết môn)
- Thi kết thúc học phần: 60%

**CHƯƠNG 1**

**CÁC VẤN ĐỀ CHUNG  
VỀ TRUYỀN SÓNG**

## NỘI DUNG

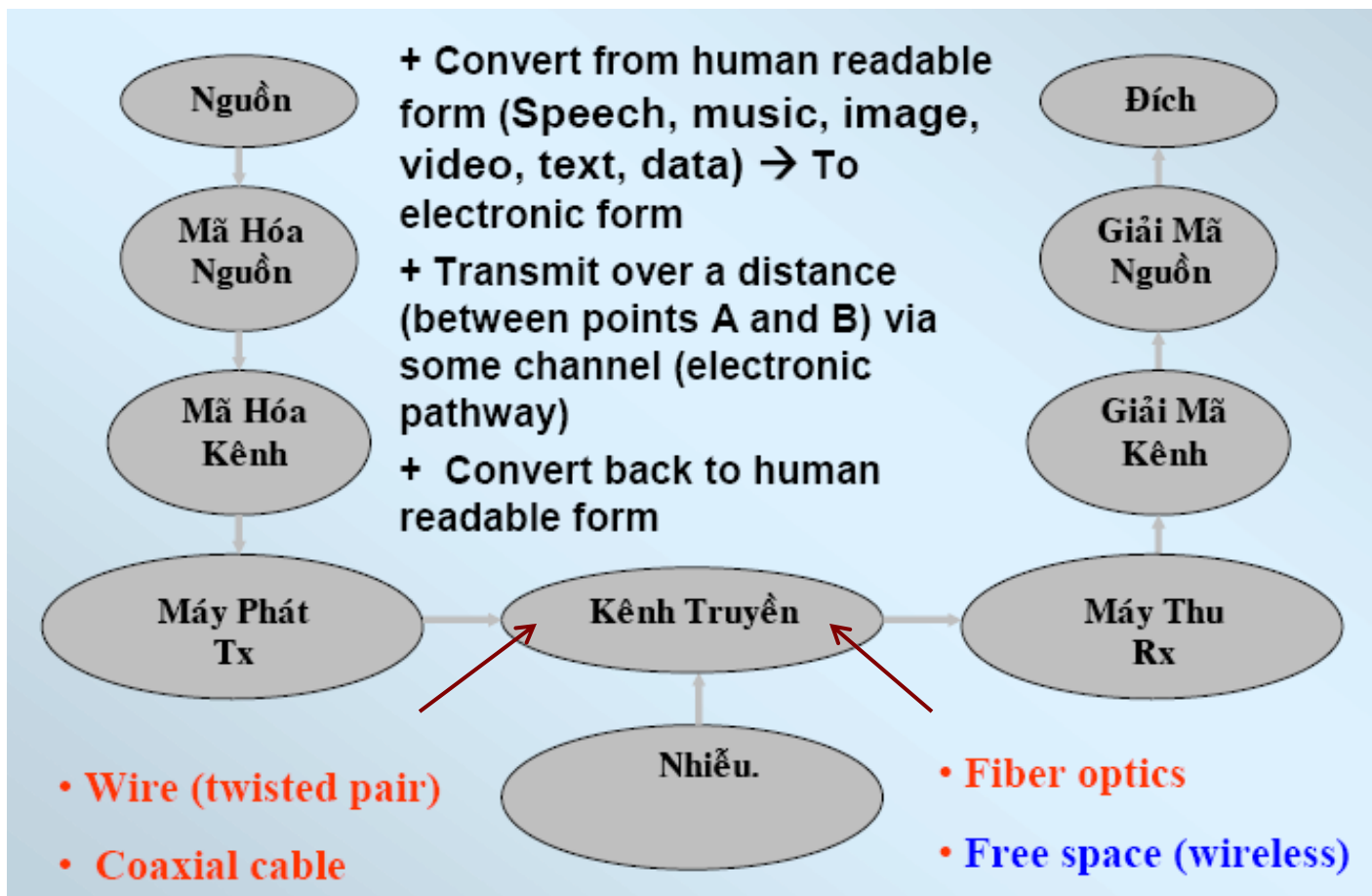
### ■ Nội dung chương 1: (6)

- 1.1 Giới thiệu
- 1.2 Tính chất cơ bản của sóng điện từ
- 1.3 Phân loại sóng điện từ
- 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ
- 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do
- 1.6 Hệ số suy giảm
- 1.7 Câu hỏi và bài tập



### 1.1 Giới thiệu

#### ▪ Hệ thống viễn thông



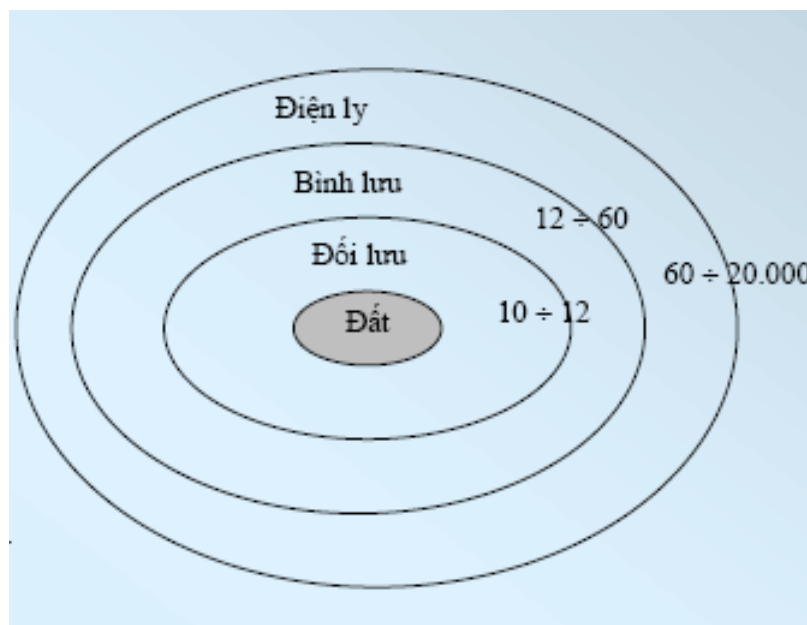
Hình 1.1. Mô hình hệ thống viễn thông

GIẢNG VIÊN: NGUYỄN VIỆT MINH

BỘ MÔN: VÔ TUYẾN – KHOA VIỄN THÔNG 1

## 1.1 Giới thiệu

- Truyền dẫn vô tuyến (Radio Transmission)
  - Môi trường truyền dẫn
    - + Không gian (bầu khí quyển)
  - Phương tiện truyền dẫn
    - + Sóng điện từ



Hình 1.2. Môi trường truyền dẫn vô tuyến

## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

▪ **Khái niệm**

- Sóng điện từ 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**

- Sóng điện từ có hai thành phần:

+ Điện trường :  $E$  (V/m)

+ Từ trường :  $H$  (A/m)

Đây là hai đại lượng vectơ (có phương, chiều, độ lớn), có quan hệ mật thiết với nhau trong quá trình sóng truyền lan trong không gian

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

### 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

#### ■ Biểu thức 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 Maxoel dạng vi phân:

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

$\varepsilon$ : Hệ số điện môi  
 $\mu$ : Hệ số từ thẩm  
 $z$ : Cự ly truyền sóng  
 $t$ : Thời gian

#### + Giải hệ

$$\begin{aligned} E_x &= F_1 \left( t - \frac{z}{v} \right) + F_2 \left( t + \frac{z}{v} \right) \\ H_y &= G_1 \left( t - \frac{z}{v} \right) + G_2 \left( t + \frac{z}{v} \right) \end{aligned} \quad (1.2)$$

$F, G$ : Các hàm sóng  
 $v$ : Vận tốc truyền lan của sóng (m/s)

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

## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

## ▪ Biểu thức quan hệ giữa các thành phần

- Trở kháng sóng,  $Z$ : 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

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (H/m)}; \quad \epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \text{ (F/m)}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)} = c \quad (1.4)$$

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

## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

## ■ Biểu thức quan hệ giữa các thành phần

- Biến đổi Fourier biểu diễn sóng điện từ dưới dạng tín hiệu điều hòa

$$E_x = E_m \cos \omega \left( t - \frac{z}{v} \right) = E_m \cos (\omega t - kz) \quad (1.5)$$

$$H_y = \frac{E_m}{Z} \cos \omega \left( t - \frac{z}{v} \right) = \frac{E_m}{Z} \cos (\omega t - kz)$$

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi \cdot f}{c} = \frac{2\pi \cdot f}{f \cdot \lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

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

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

## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

### ▪ Biểu thức quan hệ giữa các thành phần

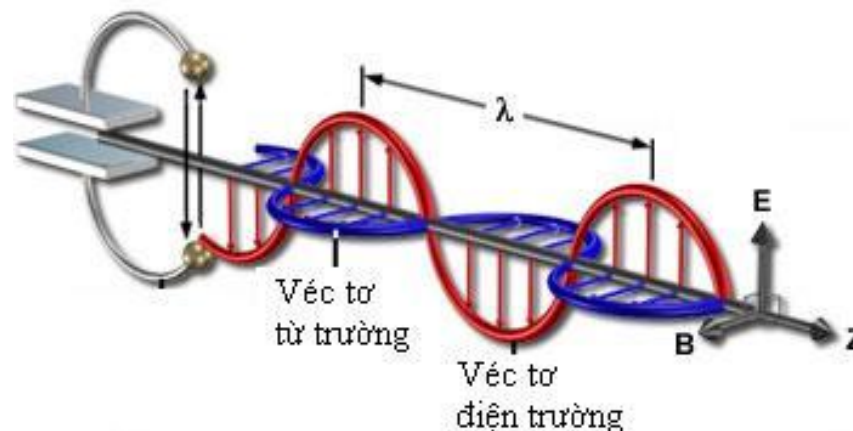
- Thông lượng năng lượng của sóng điện từ,  $S$

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

- + Thông lượng năng lượng trung bình

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

- Sóng điện từ ngang, TEM



Hình 1.3. Sóng TEM

## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

### ■ Mặt sóng

- + Sóng điện từ lan tỏa trong không gian, tại mỗi điểm sóng điện từ được đặc trưng bởi pha và cường độ
- Mặt sóng: Là quỹ tích những điểm trong không gian tại đó sóng điện từ có pha như nhau và cường độ bằng nhau
- Hai dạng mặt sóng đặc biệt: Mặt sóng phẳng, mặt sóng cầu
- Quá trình truyền lan sóng điện từ: Tính chất sóng
  - + Sóng điện từ bức xạ ra không gian dưới dạng vô số các mặt sóng liên tiếp
  - + Nguồn bức xạ sóng điện từ chỉ đóng vai trò là nguồn bức xạ sơ cấp
  - + Quá trình sóng truyền lan, các mặt sóng được tạo ra đóng vai trò là nguồn bức xạ thứ cấp tạo ra các mặt sóng tiếp sau nó



## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

## ■ Phân cực sóng

- KN: Trường phân cực là trường điện từ với các vectơ  $E$  và  $H$  có thể xác định được hướng tại thời điểm bất kỳ (biến đổi có tính quy luật)

Ngược lại là trường không phân cực (biến đổi ngẫu nhiên trong không gian)

- Mặt phẳng phân cực: Là mặt phẳng chứa vectơ  $E$  và phương truyền lan sóng (vectơ  $Z$ )

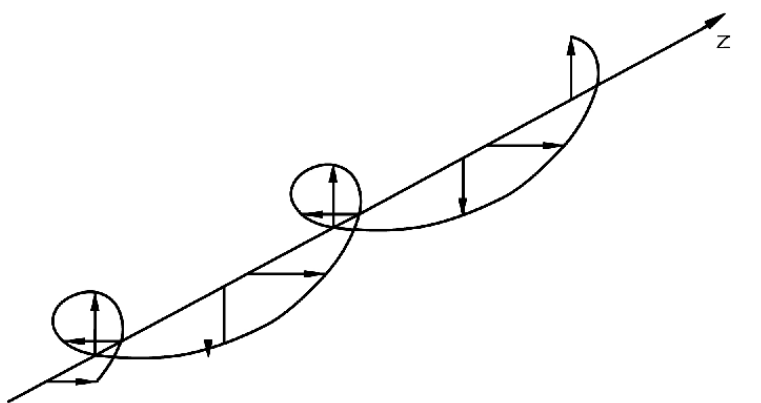
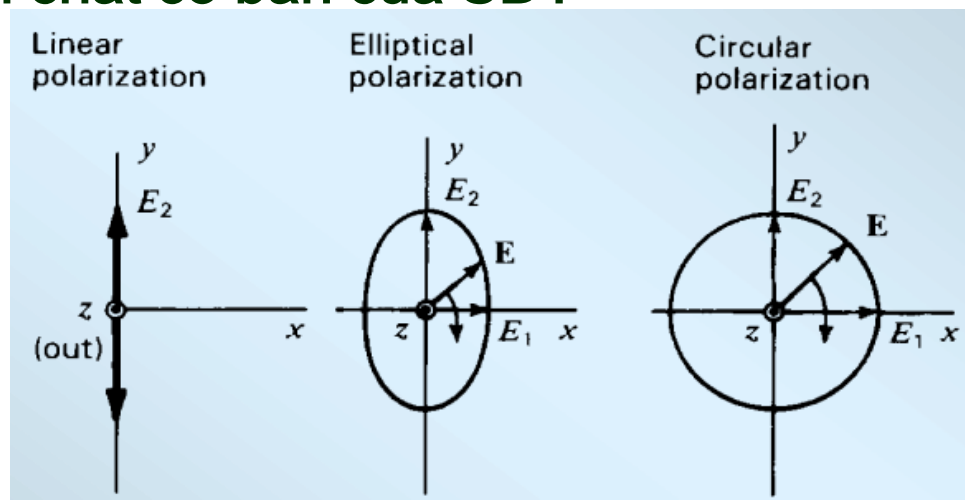
## • Phân loại

- + Phân cực đường thẳng: Mặt phẳng phân cực cố định khi sóng truyền lan
    - Phân cực đứng: Vectơ  $E$  vuông góc với mặt phẳng nằm ngang
    - Phân cực ngang: Vectơ  $E$  song song với mặt phẳng nằm ngang
  - + Phân cực quay: Mặt phẳng phân cực quay xung quanh trục của phương truyền lan
    - Phân cực tròn: Khi vectơ  $E$  quay, biên độ không thay đổi (vẽ lên đường tròn)
    - Phân cực elip: Khi vectơ  $E$  quay, biên độ thay đổi liên tục vẽ lên đường elip
- Quay phải: Quay thuận chiều kim đồng hồ  
Quay trái: Quay ngược chiều kim đồng hồ

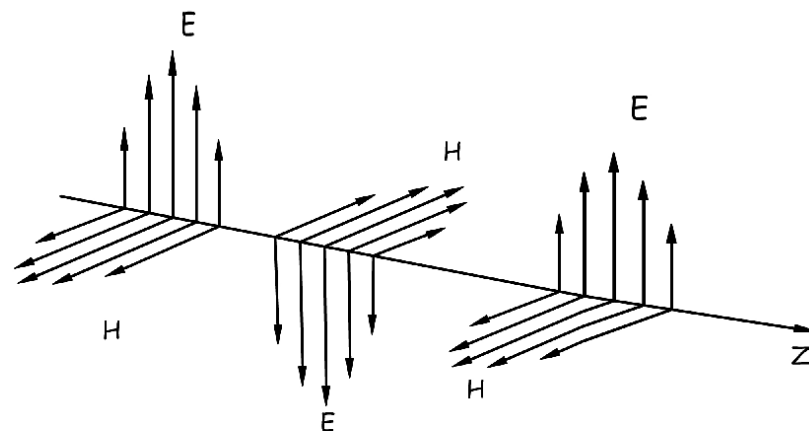
## 1.2 Tính chất cơ bản của SĐT

### Phân cực sóng

Hình 1.4. Các dạng phân cực sóng



circular polarization

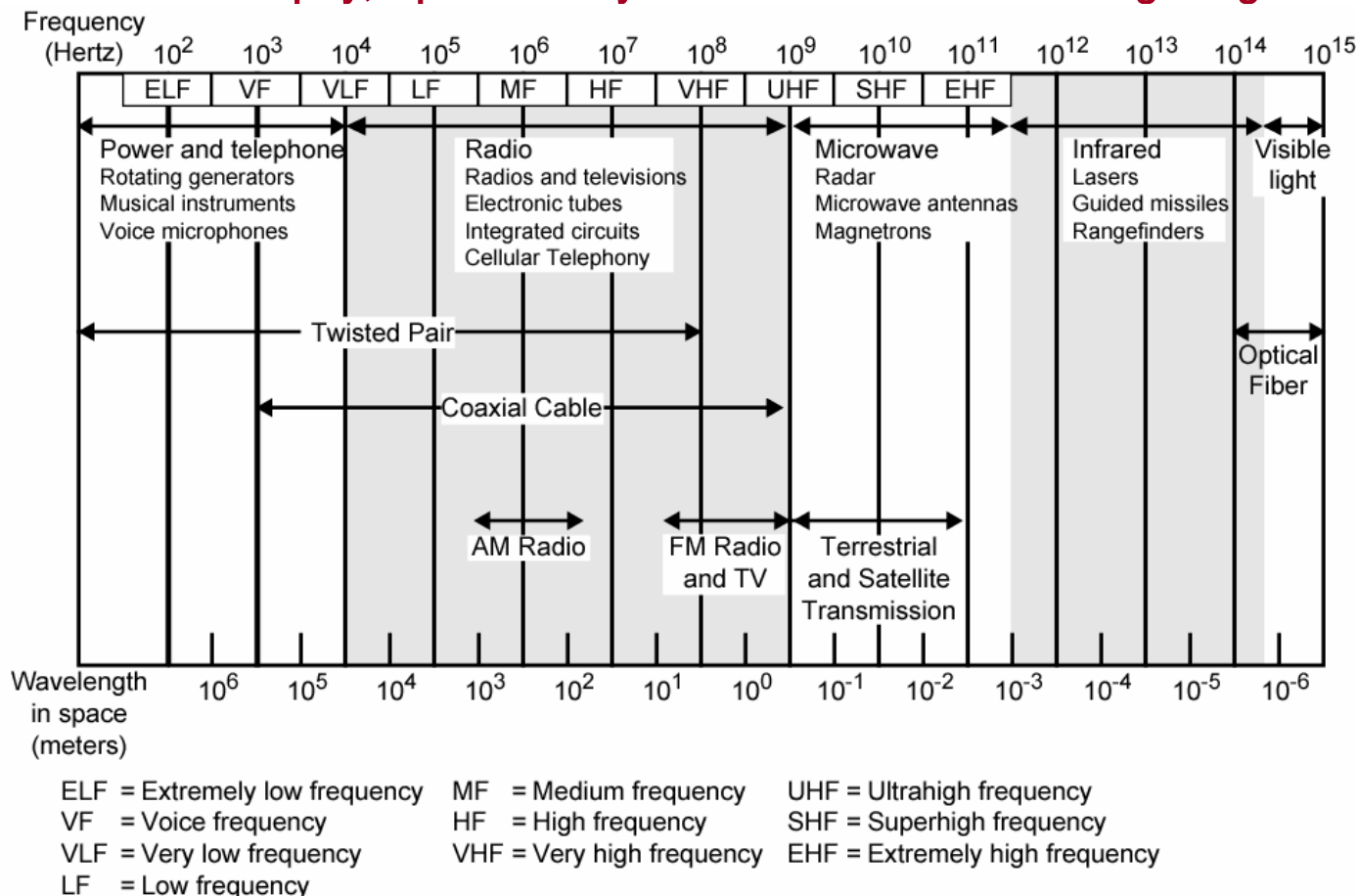


Linear polarization

## 1.3 Phân loại sóng điện từ

### Phân chia sóng điện từ

+ Dựa vào tính chất vật lý, đặc điểm truyền lan: Chia thành các băng sóng



Hình 1.5. Các băng sóng

### 1.3 Phân loại sóng điện từ

#### ■ Phân chia sóng điện từ

+ Dựa vào tính chất vật lý, đặc điểm truyền lan: Chia thành các băng sóng

**Bảng 1.1. Các băng sóng**

| Tên băng tần (Băng sóng)        | Ký hiệu | Phạm vi tần số |
|---------------------------------|---------|----------------|
| Tần số vô cùng thấp             | ULF     | 30 - 300 Hz    |
| Tần số cực thấp                 | ELF     | 300 - 3000 Hz  |
| Tần số rất thấp                 | VLF     | 3 - 30 kHz     |
| Tần số thấp (sóng dài)          | LF      | 30 - 300 kHz   |
| Tần số trung bình (sóng trung)  | MF      | 300 - 3000 kHz |
| Tần số cao (sóng ngắn)          | HF      | 3 - 30 MHz     |
| Tần số rất cao (sóng mét)       | VHF     | 30 - 300 MHz   |
| Tần số cực cao (sóng decimet)   | UHF     | 300 - 3000 MHz |
| Tần số siêu cao (sóng centimet) | SHF     | 3 - 30 GHz     |
| Tần số vô cùng (sóng milimet)   | EHF     | 30 - 300 GHz   |
| Dưới milimet                    |         | 300 - 3000 GHz |

## 1.3 Phân loại sóng điện từ

### ■ Phân chia sóng điện từ

#### • Tính chất quang học

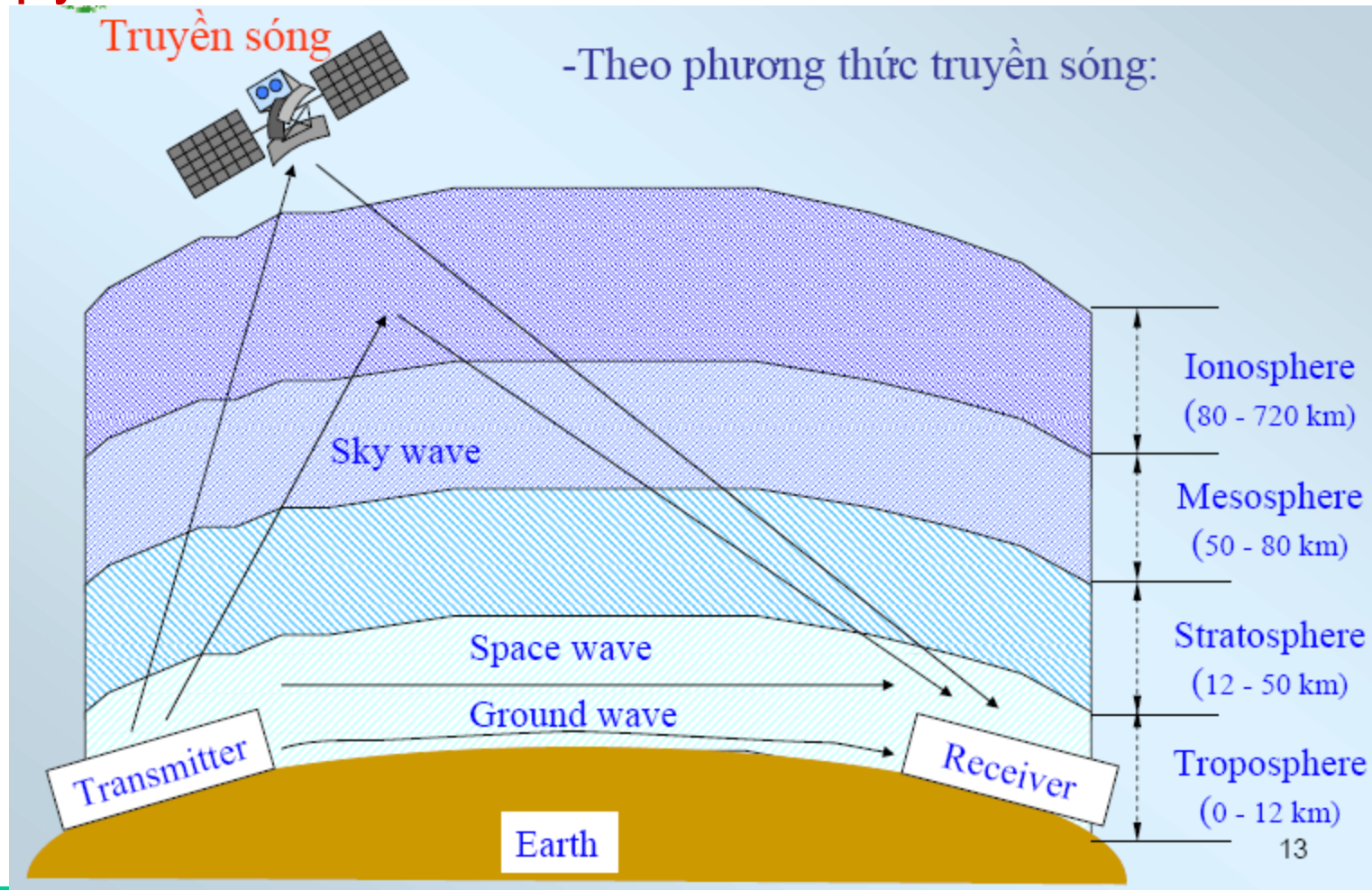
- + Sóng ánh sáng cũng là sóng điện từ, ở băng tần thị giác cảm nhận được, khi nghiên cứu sóng điện từ thường sử dụng sóng ánh sáng cho trực quan
- + Các tính chất quang của sóng ánh sáng cũng đúng cho sóng điện từ
  - Truyền thẳng
  - Phản xạ, khúc xạ
  - ...

#### • Ứng dụng các băng sóng

- + LF, MF: Phát thanh điều biên nội địa, thông tin hàng hải
- + HF: Phát thanh điều biên cự ly xa
- + VHF, UHF: Phát thanh điều tần (66 – 108 MHz), truyền hình, viba số băng hẹp, hệ thống thông tin di động mặt đất
- + SHF: Viba số băng rộng, thông tin vệ tinh
- + EHF: Thông tin vũ trụ

## 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

## ▪ Bầu khí quyển



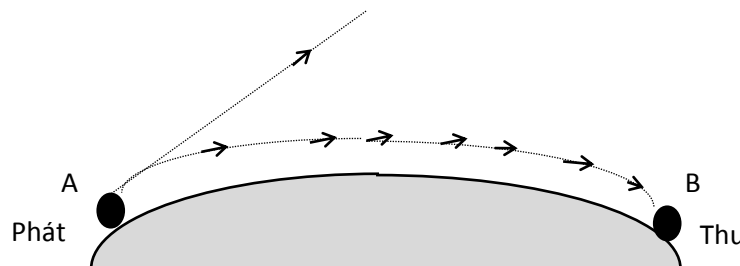
Hình 1.6. Phân tầng bầu khí quyển

## 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

## ■ Sóng đất

## • Nguyên lý

- + Bề mặt 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 1.7: Quá trình truyền lan sóng đất (sóng bề mặt)

## • Đặc điểm

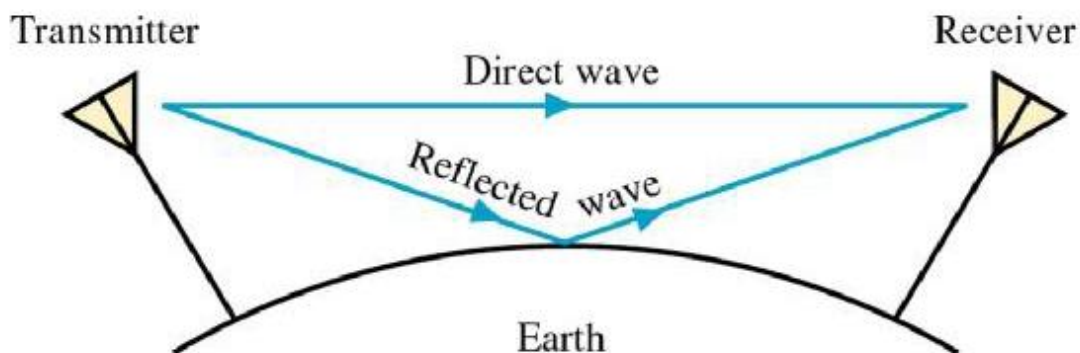
- + Năng lượng sóng bị hấp thụ ít đối với tần số thấp, đặc biệt với mặt đất ẩm, mặt biển (độ dẫn lớn)
- + Khả năng nhiễu xạ mạnh, cho phép truyền lan qua các vật chắn
- + Sử dụng cho băng sóng dài và trung với phân cực đứng

## 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

## ■ Sóng không gian

## • Nguyên lý

- + Anten đặt cao trên mặt đất ít nhất vài bước sóng
- + Sóng điện từ 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 ĐL PX)



Hình 1.8: 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

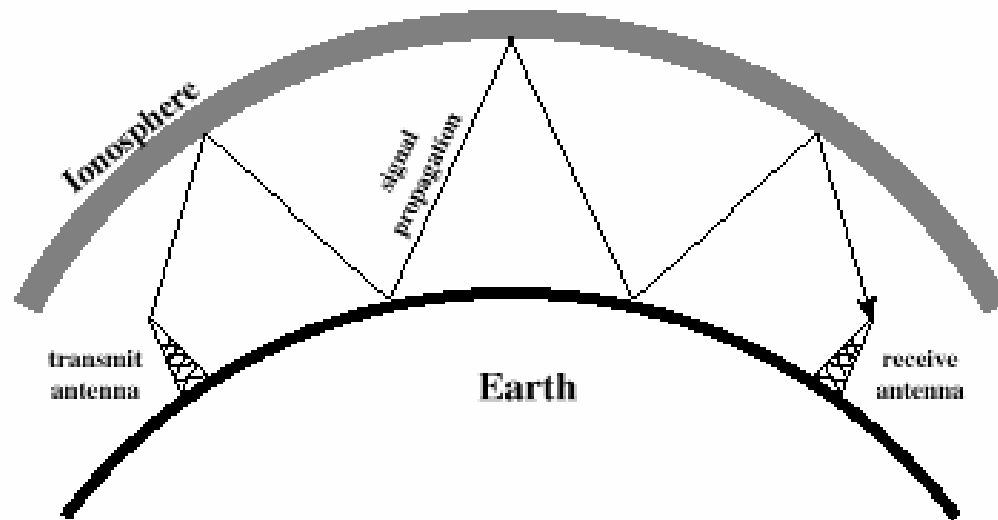


## 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

## ■ Sóng tầng điện ly (sóng trời)

## • Nguyên lý

- + Lợi dụng đặc tính phản xạ sóng của tầng điện ly với các băng sóng ngắn
- + Sóng điện từ phản xạ sẽ quay trở về trái đất



Hình 1.9: Truyền lan sóng tầng điện ly

## • Đặc điểm

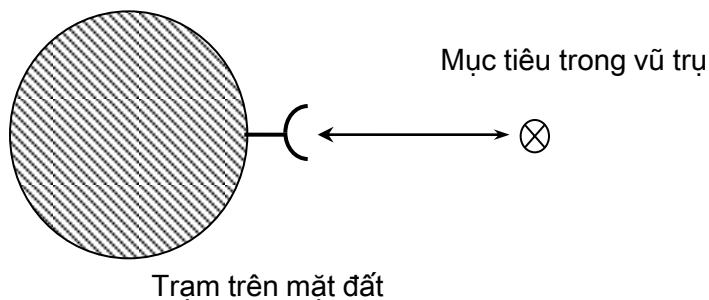
- + Không ổn định do sự thay đổi điều kiện phản xạ của tầng điện ly

## 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

## ■ Sóng tự do (sóng 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



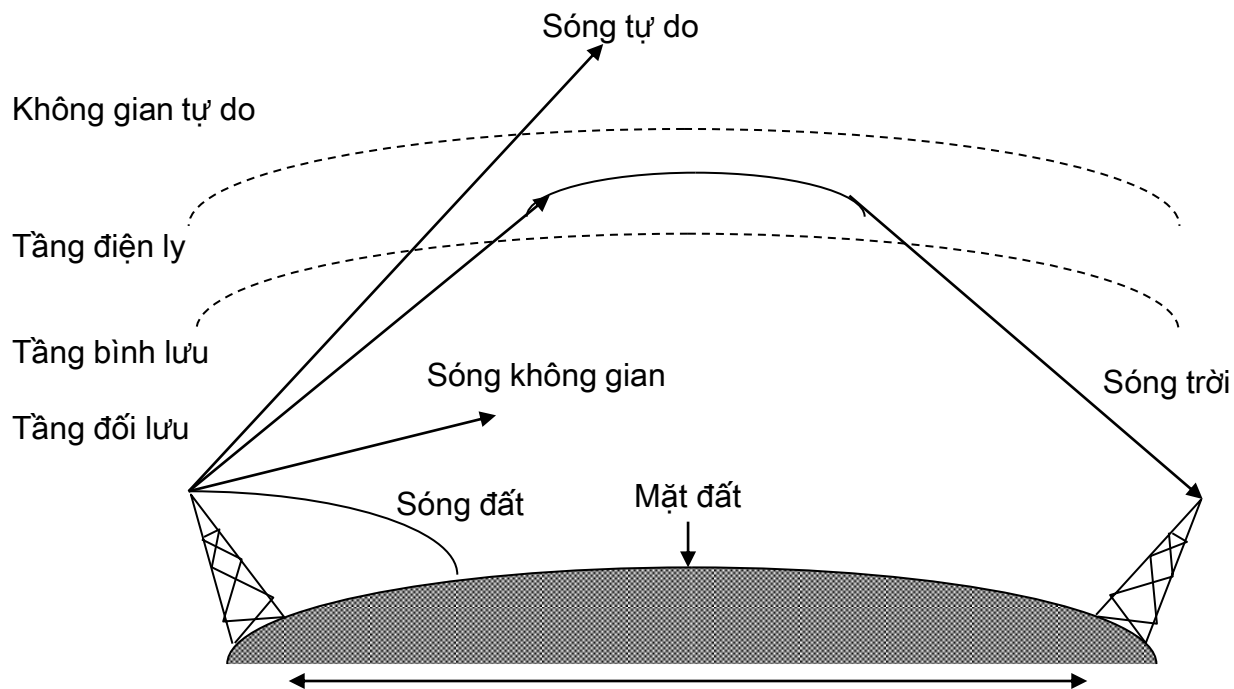
Hình 1.10: Truyền lan sóng tự do

## • 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 nhất định được coi là không gian tự do

### 1.4 Phương thức truyền lan sóng điện từ

#### ■ Tổng kết:



Hình 1.11: Các phương thức truyền lan sóng vô tuyến

## 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

## ■ Mật độ công suất, cường độ điện trường

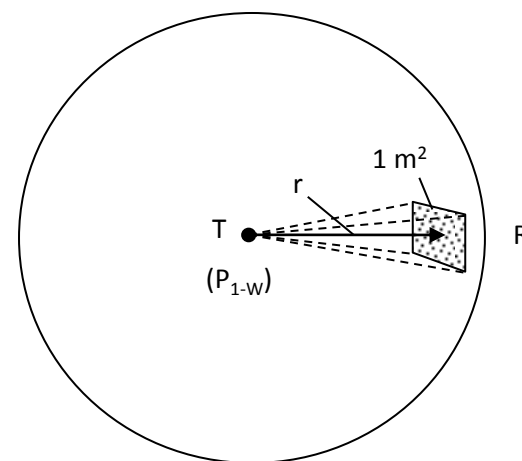
## • Bài toán

- + Không gian tự do
- + Nguồn bức xạ vô hướng, công suất bức xạ  $P_1$  (W), đặt tại điểm T
- + Xét trường tại điểm R cách T một khoảng  $r$  (m)

## • Giải quyết

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

$$S_2 = \frac{P_1}{4\pi.r^2} \quad (W/m^2) \quad (1.8)$$



### 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- Mật độ công suất, cường độ điện trường**

Theo lý thuyết trường

$$S_2 = E_h \cdot H_h; \quad H_h = \frac{E_h}{Z_0} = \frac{E_h}{120\pi} \quad (1.9)$$

$$\Leftrightarrow S_2 = \frac{E_h^2}{120\pi}$$

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

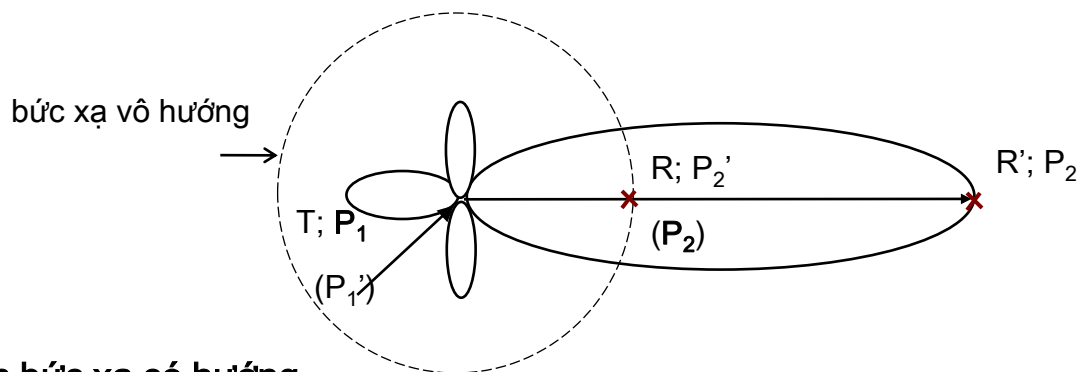
+ Cường độ điện trường tại điểm thu

$$E_h = \sqrt{\frac{30P_1}{r^2}} \quad (V/m) \quad (1.10)$$

$$E = E_h \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t - kr) = \frac{\sqrt{60 \cdot P_1}}{r} \cdot \cos(\omega t - kr) \quad (V/m)$$

## 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

- **Mật độ công suất, cường độ điện trường**
  - + Sử dụng anten có hướng



Hình1.13: Nguồn bức xạ có hướng

- Tập chung năng lượng giúp tăng công suất tại điểm thu
- Đặc trưng bởi hệ số tính hướng  $D_1$

$$D_1 = \frac{P_1}{P_1'} \quad (P_2 = \text{constant}); \quad D_1 = \frac{P_2'}{P_2} \quad (P_1 = \text{constant})$$

$$S_2 = \frac{P_1 \cdot D_1}{4\pi \cdot r^2} \Leftrightarrow E = \frac{\sqrt{60 \cdot P_1 \cdot D_1}}{r} \cdot \cos(\omega \cdot t - k \cdot r) \quad (1.11)$$

### 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

#### ■ Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương

(Equivalent Isotropic Radiated Power - EIRP)

- Là công suất bức xạ tương đương của một anten vô hướng để có thể đạt được cường độ trường tại điểm thu bằng với khi dùng anten có hướng

$$EIRP = P_1 \cdot D_1 \quad (1.12)$$

$$EIRP = P_{1(dB)} + D_{1(dB)} \quad (dB)$$

$$D_1 = \frac{G_1}{\eta_1}; \quad P_1 = \eta_1 \cdot P_{a1}$$

$$\Leftrightarrow EIRP = P_{a1} \cdot G_1 = P_T \cdot G_T \quad (1.13)$$

$G_1$ : Hệ số tăng ích anten phát ( $G_T$ )

$\eta_1$ : Hiệu suất anten phát ( $\eta_T$ )

$P_1$ : Công suất bức xạ anten phát ( $P_\Sigma$ )

$P_{a1}$ : Công suất đưa vào anten phát ( $P_T$ )

### 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

#### ■ Công suất nhận được trên anten thu, $P_2$

- + Là tích giữa mật độ công suất tại điểm thu,  $S_2$  và diện tích làm việc của anten thu,  $A$

$$P_2 = S_2 \cdot A \quad (1.14)$$

- + Trường hợp sử dụng anten gương parabol tròn xoay với hệ số tính hướng  $D_2$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad D_2 = \left( \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 \Rightarrow A = \frac{D_2 \cdot \lambda^2}{4 \cdot \pi}$$

$d$ : Đường kính miệng anten

$\lambda$ : Bước sóng công tác

$$\Leftrightarrow P_2 = \frac{D_2 \cdot \lambda^2}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{P_1 \cdot D_1}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \left( \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} \right)^2 \cdot P_1 \cdot D_1 \cdot D_2 \quad (\text{W}) \quad (1.15)$$

- + Công suất thực tế đầu ra anten thu

$$P_{a2} = S_2 \cdot A_h; \quad A_h = \eta_2 \cdot A \quad (1.16)$$

$A_h$ : Diện tích hiệu dụng của anten thu

$\eta_2$ : Hiệu suất anten thu



### 1.5 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

#### ■ Tổn hao truyền sóng, $L$

- + Xác định bằng tỉ số giữa công suất bức xạ của máy phát với công suất anten thu nhận được

$$L = \frac{P_1}{P_2} \quad (1.17)$$

- + Tổn hao truyền sóng trong không gian tự do gây ra bởi sự khuếch tán tất yếu của sóng theo mọi phương, công suất thu được chỉ là một phần nhỏ. Tổn hao này gọi là Tổn hao không gian tự do,  $L_{td}$

$$L_{td} = \left( \frac{4\pi \cdot r}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{D_1 \cdot D_2} \quad (1.18)$$

- + Trường hợp sử dụng anten vô hướng, gọi là tổn hao cơ bản trong không gian tự do,  $L_0$

$$L_0 = \left( \frac{4\pi \cdot r}{\lambda} \right)^2 \quad (1.19)$$

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

$$L_{td} = 20 \lg f_{(GHz)} + 20 \lg r_{(km)} + 92,45 - 10 \lg D_1 - 10 \lg D_2 \quad (dB) \quad (1.20)$$

## 1.6 Hệ số suy giảm

### ▪ 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

$$E_h = \frac{\sqrt{30P_1}}{r} \cdot F \quad (V/m) \quad (1.21)$$

$$S_2 = \frac{P_1 \cdot D_1}{4\pi \cdot r^2} \cdot F^2 \quad (1.22)$$

$$L_{td} = \left( \frac{4\pi \cdot r}{\lambda \cdot F} \right)^2 \cdot \frac{1}{D_1 \cdot D_2} \quad (1.23)$$

$$L_{td} = 20 \lg f_{(GHz)} + 20 \lg r_{(km)} + 92,45 - 10 \lg D_1 - 10 \lg D_2 - 20 \lg F \quad (dB) \quad (1.24)$$

## 1.7 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 1

6. Mặt trời có công suất bức xạ theo mọi hướng khoảng  $3,85 \cdot 10^{20}$  W, khoảng cách nhỏ nhất từ quả đất đến mặt trời là 147.098.090 km (vào tháng giêng) và lớn nhất là 152.097.650 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)  $0,164 \cdot 10^{-5}$  W; (b)  $0,164 \cdot 10^{-4}$  W; (c)  $0,154 \cdot 10^{-5}$  W ; (d)  $0,154 \cdot 10^{-4}$  W

8. Xác định công suất máy phát cần thiết để thực hiện tuyến thông tin có các điều kiện: cự ly thông tin 50 km, tần số công tác 2GHz, hệ số khuếch đại của anten thu và anten phát là 30 dBi, công suất anten thu nhận được là  $10^{-6}$ W.

(a) 1,63W; (b) 2,63W; (c) 3,63W; (d) 4,63W

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) 18dBW và 48 dBm

## 1.7 Câu hỏi và 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 khuếch đại là 2 và sóng truyền trong không gian tự do.

(a) - 45,5 dBm; (b) - 51,5 dBm; (c) - 55,5 dBm; (d) - 61,5 dBm

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

(a) 2,9 mV/m; (b) 3,9 mV/m; (c) 4,9 mV/m; (d) 5,9 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 khuếch đại 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

## 1.7 Câu hỏi và 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  $\mu$ W; (b) 6,96 mW; (c) 7,96  $\mu$ W; (d) 7,96 mW

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

(a) 19,9 pW ; (b) 19,9  $\mu$ W ; (c) 20,9 pW; (d) 20,9  $\mu$ 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 khuếch đại của anten là 40 dBi.

(a) 4,42 pW; (b) 4,42  $\mu$ W; (c) 5,42 pW; (d) 5,42  $\mu$ W

17. Một anten phát có hệ số khuếch đại 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) 5 W

**CHƯƠNG 2**

**TRUYỀN LAN SÓNG CỰC NGẮN**

## NỘI DUNG

### ▪ Nội dung chương 2: (5)

- 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 Câu hỏi và bài tập

## 2.1 Tổng quát

### ▪ Đặc điểm truyền lan sóng cực ngắn

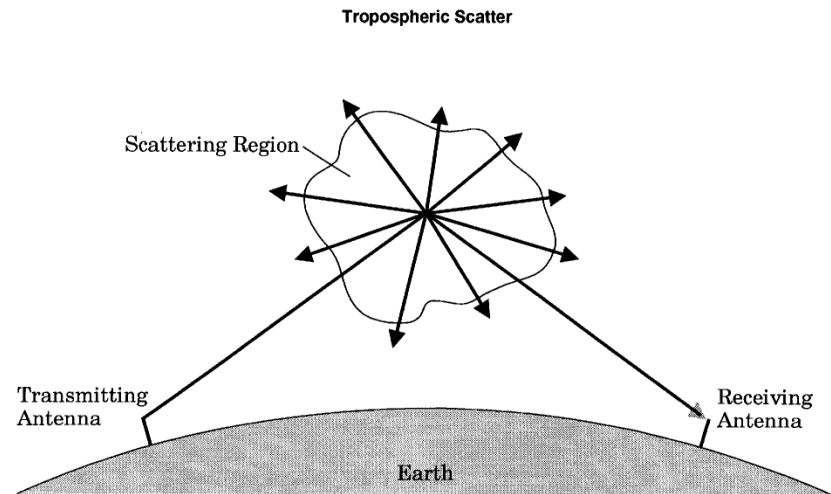
- Bước sóng từ 1mm đến 10m (30MHz – 300GHz): Là sóng siêu cao tần (RF – Radio Frequency)
- Phương pháp truyền
  - + Tần số cao nên không thể phản xạ trong tầng điện ly (đi xuyên qua)
  - + Bước sóng ngắn nên khả năng nhiễu xạ kém, bị hấp thụ mạnh bởi mặt đất
  - + Phương pháp truyền sóng không gian: Là phù hợp nhất
    - Tán xạ tầng đối lưu
    - Siêu khúc xạ tầng đối lưu
    - Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp



## 2.1 Tổng quát

- **Đặc điểm truyền lan sóng cực ngắn**
  - **Tán xạ tầng đối lưu**
    - + Tồn tại các vùng không gian không đồng nhất trong tầng đối lưu
    - + Sóng đi vào trong vùng không đồng nhất sẽ khuếch tán theo mọi hướng
    - Lợi dụng để truyền sóng đến điểm thu
    - + Đặc điểm: Không ổn định do vùng không đồng nhất luôn thay đổi

Hình 2.1: Tán xạ tầng đối lưu



Transparency 224 (Figure 17.27)

© 1997 West Publishing Company

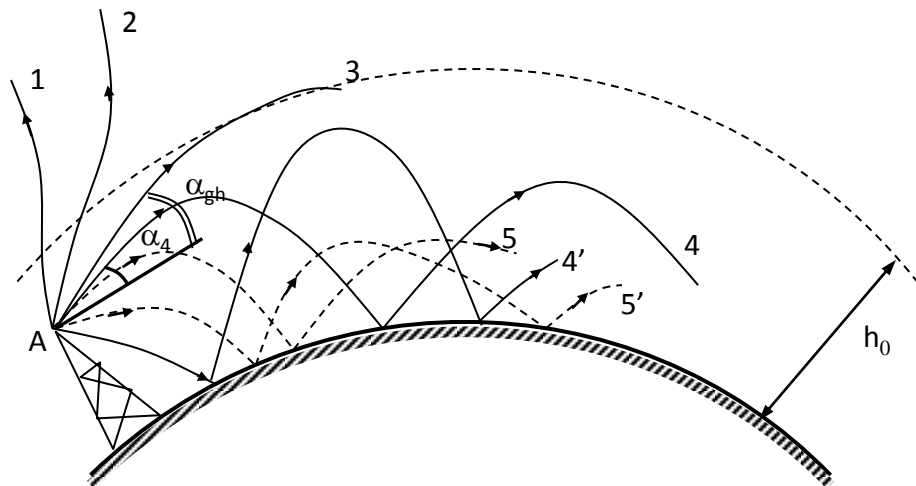
## 2.1 Tổng quát

## ■ Đặc điểm truyền lan sóng cực ngắn

## • Siêu khúc xạ tầng đối lưu

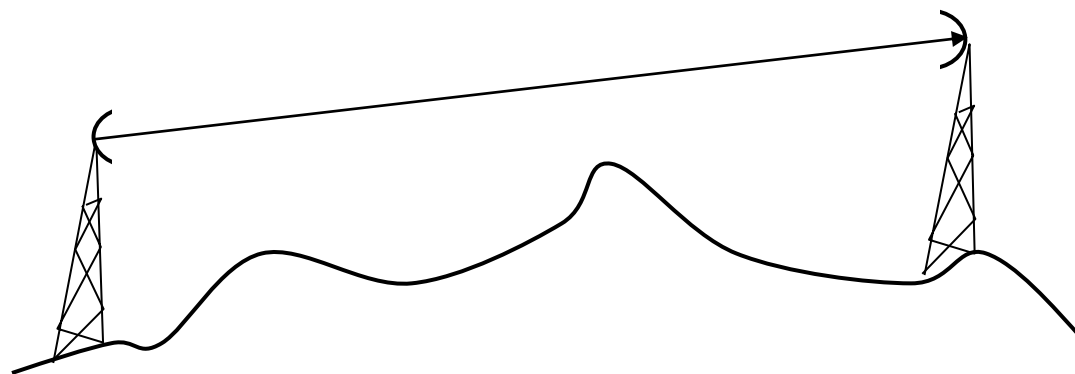
- + Chỉ số chiết suất  $N$  giảm theo độ cao.
- + Khi tốc độ giảm đạt  $dN/dh < -0,157 \text{ (m}^{-1}\text{)} \rightarrow$  Tia sóng có bán kính cong lớn hơn độ cong trái đất nên quay trở lại mặt đất : Siêu khúc xạ
- $\rightarrow$  Lợi dụng để truyền sóng đến điểm thu sau khi phản xạ nhiều lần trên mặt đất
- + Đặc điểm: Không ổn định do miền siêu khúc xạ luôn thay đổi

Hình 2.2: Siêu khúc xạ tầng đối lưu



## 2.1 Tổng quát

- **Đặc điểm truyền lan sóng cực ngắn**
  - **Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp**
    - + Hai anten thu và phát phải được đặt cao trên mặt đất để tránh bị che chắn bởi các vật cản trên đường truyền hay độ cong của trái đất
    - + Sóng truyền từ phát đến thu trong miền không gian nhìn thấy trực tiếp giữa hai anten
    - + Đặc điểm: Ít phụ thuộc vào điều kiện thiên nhiên, sử dụng phổ biến



Hình 2.3 Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp

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

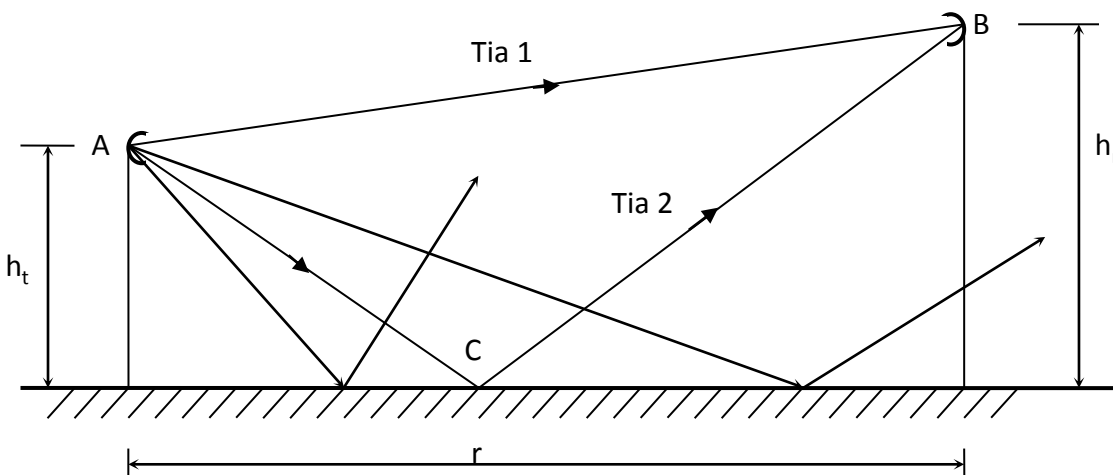
## ■ Sơ đồ tuyến thông tin

- Khảo sát quá trình truyền lan sóng với điều kiện lý tưởng
  - + Mặt đất là bằng phẳng, không có vật cản trên đường truyền
  - + Khí quyển đồng nhất, đẳng hướng và không hấp thụ
  - + Anten đặt cao trên mặt đất ít nhất vài bước sóng công tác ( $\lambda$ )
- Sơ đồ truyền lan sóng

Sóng đến điểm thu theo hai đường:

+ Sóng trực tiếp: Đi trực tiếp từ phát đến thu

+ Sóng phản xạ: Đến thu sau khi phản xạ từ mặt đất (chỉ có một tia thỏa mãn định luật phản xạ)



Hình 2.4 Mô hình truyền sóng với điều kiện lý tưởng

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

#### ■ Cường độ điện trường tại điểm thu

- Tổng hợp cường độ trường hai sóng thành phần (giao thoa)

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

#### + Cường độ trường do tia trực tiếp

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

#### + Cường độ trường do tia phản xạ

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

$r_1$  : đoạn đường đi của tia tới trực tiếp;       $r_2$  : đoạn đường đi của tia phản xạ

$\Delta r$ : hiệu số đường đi của hai tia  $\Delta r = r_1 - r_2$ ;       $k$  : hệ số sóng ( $= 2\pi/\lambda$ )

$\bar{R}$  : hệ số phản xạ phức từ mặt đất:  $\bar{R} = R e^{-j\theta}$ ,  $R$ : mô đun,  $\theta$  góc sai pha

$G_{T1}$  và  $G_{T2}$ : hệ số khuếch đại của anten phát theo hướng tia trực tiếp và tia phản xạ

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

#### ■ Cường độ điện trường tại điểm thu

- Do chiều cao anten  $h_T, h_R \ll r \rightarrow G_{T1} = G_{T2} = G_T; r_1 = r_2 = r$ , nhưng khi tính sai pha thì không bỏ qua vì  $\Delta r = r_2 - r_1 \approx \lambda$

#### + Cường độ điện trường do tia trực tiếp

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

#### + Cường độ điện trường do tia phản xạ

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

#### + Cường độ điện trường tổng

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

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

#### ■ Cường độ điện trường tại điểm thu

- + Đặt  $\beta = \theta + k \cdot \Delta r$ : Góc sai pha toàn phần. Chuyển dạng hàm mũ sang hàm lượng giác

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R \cdot \sin \beta}{1 + R \cdot \cos \beta}$$

- + **Cường độ điện trường tổng tại điểm thu**

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

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

- + **Hệ số suy giảm trong trường hợp mặt đất phẳng**

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

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

### ■ Cường độ điện trường tại điểm thu

- Với tuyến 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  $n = 1, 2, \dots$



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

#### ■ Cường độ điện trường tại điểm thu

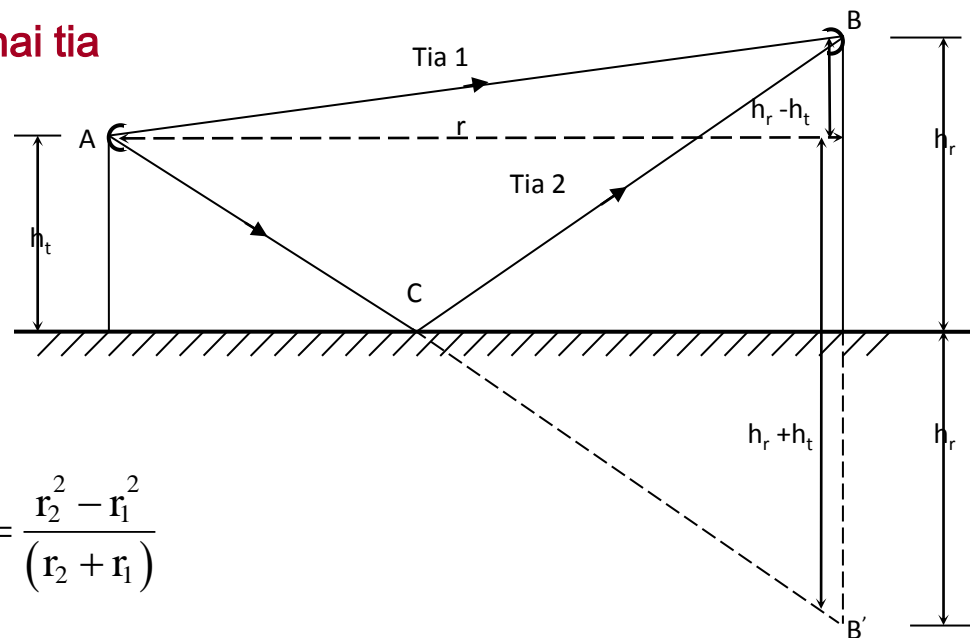
+ Hiệu số đường đi giữa hai tia

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

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

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

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



Hình 2.5 Xác định hiệu số đường đi giữa hai tia

### 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 tia phản xạ rất lớn ( $\approx 90^\circ$ )  $\rightarrow R \approx 1; \theta \approx 180^\circ$

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

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

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

+ Công thức hợp lý hóa

$$F = 2 \cdot \left| \sin \left( \frac{0,36 \cdot h_{T(m)} \cdot h_{R(m)}}{r_{(km)} \cdot \lambda_{(m)}} \right) \right| \quad (2.13)$$

+ Công thức giao thoa đơn giản

$$E_h = \frac{346 \cdot \sqrt{P_{T(kW)} \cdot G_T}}{r_{(km)}} \cdot \left| \sin \left( \frac{0,36 \cdot h_{T(m)} \cdot h_{R(m)}}{r_{(km)} \cdot \lambda_{(m)}} \right) \right| \quad (\text{mV/m}) \quad (2.14)$$

## 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

$$\left| \sin\left(2\pi \frac{h_T \cdot h_R}{r \cdot \lambda}\right) \right| = 1 \Leftrightarrow \sin\left(2\pi \frac{h_T \cdot h_R}{r \cdot \lambda}\right) = \pm 1$$

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

$$r_{n\_max} = \frac{4 \cdot h_T \cdot h_R}{(2n + 1) \cdot \lambda} \quad (\text{m}) \quad (2.15)$$

## + Cực tiểu

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

$$r_{n\_min} = \frac{2 \cdot h_T \cdot h_R}{(n + 1) \cdot \lambda} \quad (\text{m}) \quad (2.16)$$

### 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 Vøvedensky

+ Với  $\sin(\alpha) \approx \alpha_{(\text{rad})}$  khi  $\alpha < 20^\circ$ , nên

$$h_T \cdot h_R < \frac{r \cdot \lambda}{18} \quad (2.17)$$

$$\Leftrightarrow F = \frac{4\pi \cdot h_T \cdot h_R}{\lambda \cdot r}$$

$$E_h = \frac{2,18 \cdot \sqrt{P_{T(\text{kW})} \cdot G_T \cdot h_{T(\text{m})} \cdot h_{R(\text{m})}}}{r_{(\text{km})}^2 \cdot \lambda_{(\text{m})}} \quad (\text{mV/m}) \quad (2.18)$$

+ Công thức Vøvedensky xác định cường độ điện trường tại cự ly

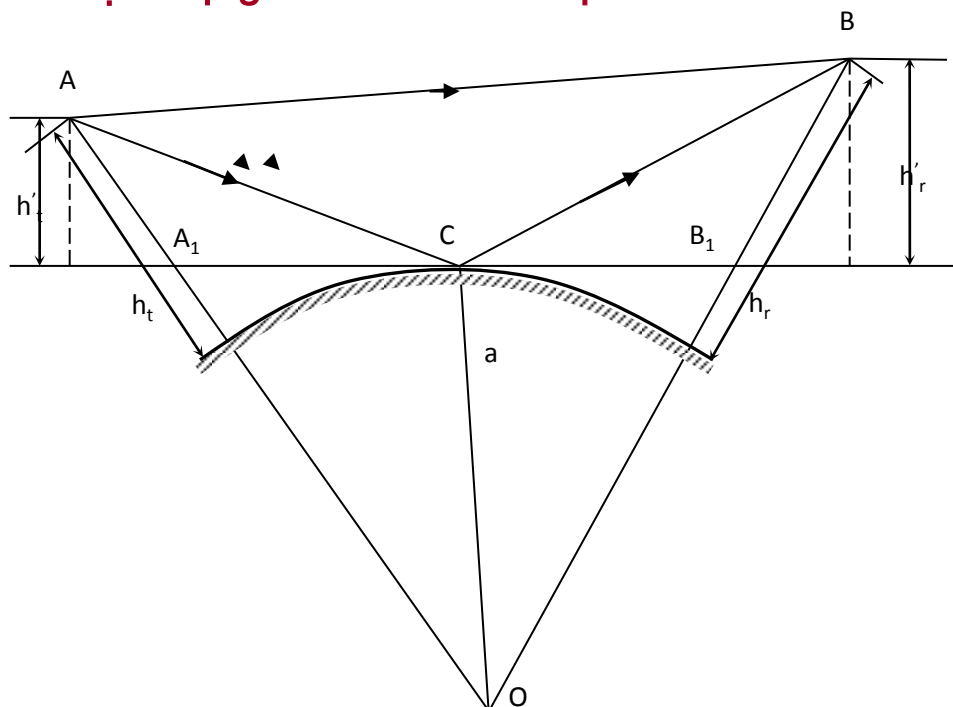
$$r > \frac{18 \cdot h_T \cdot h_R}{\lambda} \quad (2.19)$$

## 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

## ■ Sơ đồ tuyến thông tin khi kể đến độ cong trái đất

## • Ảnh hưởng của độ cong trái đất

- + Hiệu số đường đi giữa sóng trực tiếp và sóng phản xạ thay đổi
- + Điểm phản xạ lồi nên có tính tán xạ  $\rightarrow$  Hệ số phản xạ nhỏ
- + Hạn chế tầm nhìn trực tiếp giữa anten thu và phát



Hình 2.7 Mô hình truyền sóng trên mặt đất cầu

### 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

#### ■ Cự ly nhìn thấy trực tiếp, cường độ điện trường tại điểm thu

##### • Cự ly nhìn thấy trực tiếp $r_0$

+ Là cự ly lớn nhất có thể nhìn thấy được với anten có độ cao  $h_t, h_r$

$$r_0 = AC + CB$$

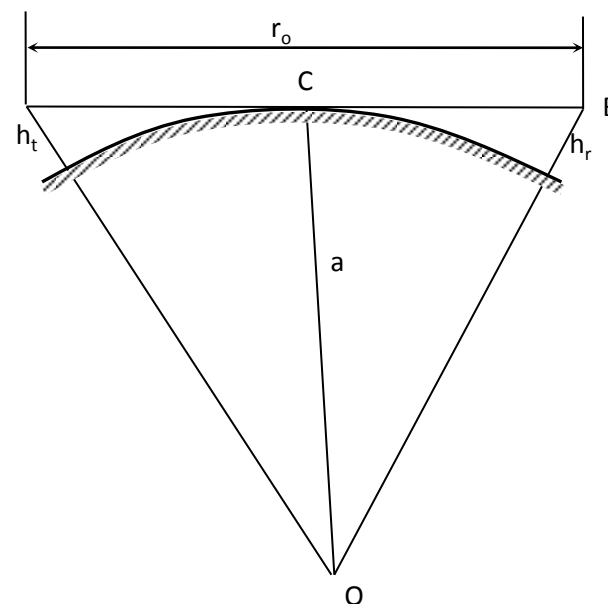
$$AC = \sqrt{(a + h_t)^2 - a^2} = \sqrt{2a \cdot h_t + h_t^2} \approx \sqrt{2a \cdot h_t} \quad (h_t \ll a) \quad A$$

$$CB = \sqrt{(a + h_r)^2 - a^2} \approx \sqrt{2a \cdot h_r} \quad (h_r \ll a)$$

$$r_0 = \sqrt{2a} \cdot (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r}) \quad (m) \quad (2.20)$$

+ Công thức thực nghiệm  
( $r_0 = r$ , cự ly dọc theo mặt đất)

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



Hình 2.8 Cự ly nhìn thấy trực tiếp

### 2.3 Ảnh hưởng của độ cong trái đất

#### ■ Cự ly nhìn thấy trực tiếp, cường độ điện trường tại điểm thu

##### • Cường độ điện trường

##### + Quá trình truyền sóng ở cự ly nhỏ hơn cự ly nhìn thấy trực tiếp

- Tương tự như mặt đất phẳng, chiều cao anten xác định bằng chiều cao giả định :  $h'_t, h'_r$
- Giá trị chiều cao anten giả định xác định bằng hệ số bù  $m$  (tra theo bảng hoặc đồ thị - phụ thuộc hệ địa lý)

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

$$\Delta r = \frac{2 \cdot m \cdot h_t \cdot h_r}{r} \quad (\text{m}) \quad (2.23)$$

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

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

## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

### ▪ Độ gồ ghề của trái đất (tia phản xạ)

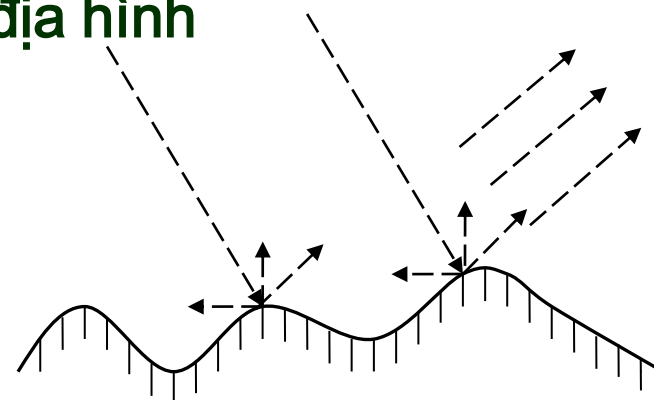
#### • Ảnh hưởng độ gồ ghề của trái đất

- + Hiện tượng tán xạ
- + Tiêu chuẩn Rayleigh

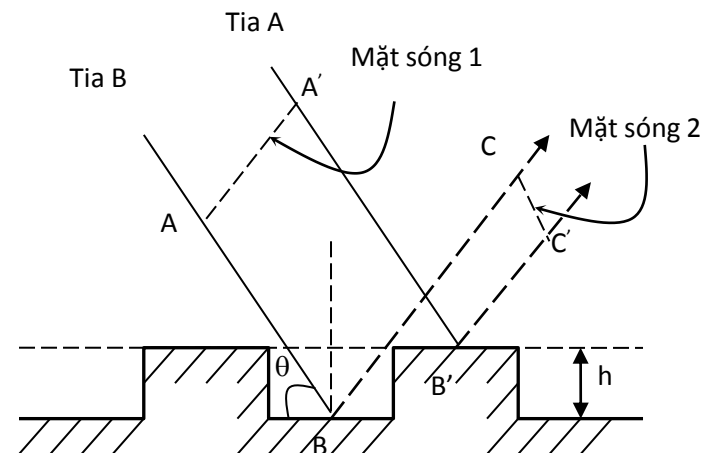
$$h < \frac{\lambda}{8 \sin \theta} \quad (\text{m}) \quad (2.26)$$

h: Độ cao của mặt đất phẳng giả định so với mặt đất thực  
 $\theta$ : Góc tới tại điểm phản xạ

Khi tiêu chuẩn Rayleigh thỏa mãn sự phản xạ sóng không có tính tán xạ  
 → Mặt đất coi là phẳng



Hình 2.9 Mặt cắt ngang địa hình thực



Hình 2.10 Mô hình tiêu chuẩn Rayleigh



## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

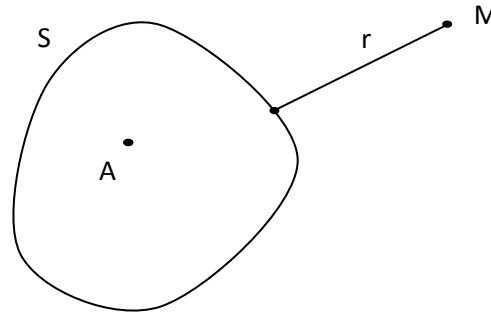
## ■ Nguyên lý Huyghen, miền Fresnel (tia trực tiếp)

## • Nguyên lý Huyghen

## + Nhận xét

- Bản chất điện từ của sóng ánh sáng
- Tính chất sóng của sóng điện từ khi truyền lan

+ 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 2.11: Xác định trường theo nguyên lý Huyghen

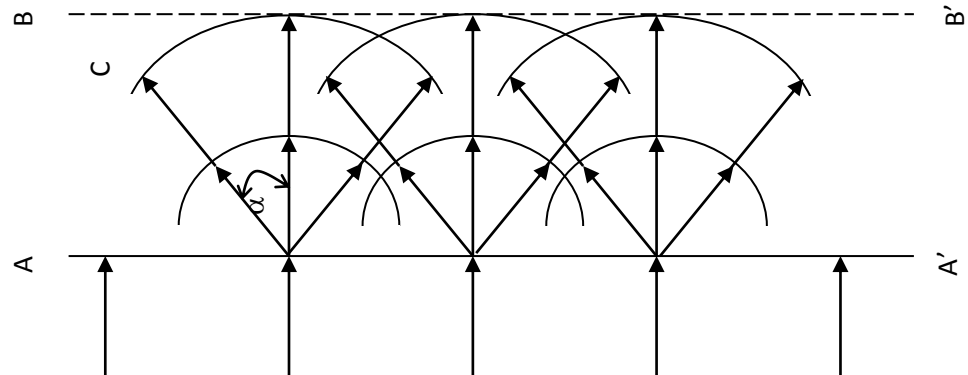
GIẢNG VIÊN: NGUYỄN VIỆT MINH

BỘ MÔN: VÔ TUYẾN – KHOA VIỄN THÔNG 1

## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

- Nguyên lý Huyghen, miền Fresnel (tia trực tiếp)
  - Nguyên lý Huyghen

Hình 2.12. Biểu diễn nguyên lý Huyghen trong không gian tự do



+ Ý nghĩa

- Quá trình truyền sóng điện từ từ điểm phát đến điểm thu không phải chỉ theo một tia mà cường độ trường tại điểm thu là do toàn bộ miền không gian bao quanh điểm phát gây ra
- Có thể xác định cường độ trường tại một điểm bất kỳ trong không gian khi biết mật độ trường của mặt sóng tạo ra nó.

## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

### ■ Nguyên lý Huyghen, miền Fresnel (tia trực tiếp)

#### • Miền Fresnel

##### + Xây dựng miền Fresnel

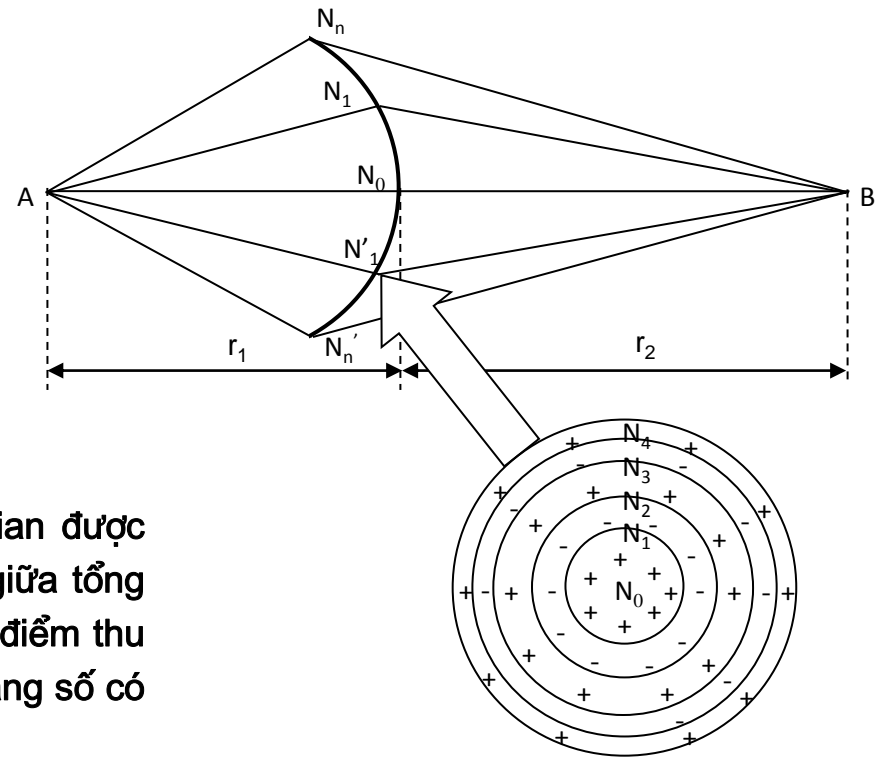
- + Nguồn phát A, điểm thu B,  $AB = r$
- + Dựng mặt sóng đi qua điểm  $N_0$
- + Dựng mặt nón tròn xoay trục  $BN_0$ , đường sinh là:  $(BN_0 + n \cdot \lambda/2)$ , cắt mặt sóng ở  $N_n$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ )

##### + Khái niệm

- + Miền Fresnel thứ  $n$  ( $F_n$ ) là vùng không gian được giới hạn bởi quỹ tích các điểm mà hiệu số giữa tổng khoảng cách từ điểm này đến điểm phát và điểm thu với khoảng cách giữa hai điểm thu phát là hằng số có giá trị bằng  $n$  lần nửa bước sóng công tác.

$$AN_n + N_n B - AB = n \cdot \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (2.27)$$

- + Miền Fresnel có dạng elip tròn xoay nhận hai điểm thu và phát làm tiêu điểm, có bán kính là  $b_n$



Hình 2.13: Nguyên lý cấu tạo miền Fresnel trên mặt sóng cầu

## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

### ■ Nguyên lý Huyghen, miền Fresnel (tia trực tiếp)

#### • Miền Fresnel

+ Tính bán kính miền Fresnel  $n$ ,  $b_n$

$$AN_n + BN_n = r_1 + r_2 + n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$AN_n = \sqrt{r_1^2 + b_n^2} = r_1 \cdot \sqrt{1 + \frac{b_n^2}{r_1^2}} \approx r_1 + \frac{b_n^2}{2r_1} \quad (b_n \ll r_1)$$

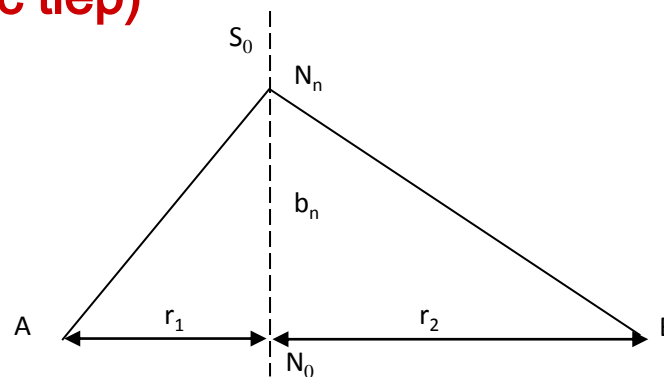
$$BN_n = \sqrt{r_2^2 + b_n^2} = r_2 \cdot \sqrt{1 + \frac{b_n^2}{r_2^2}} \approx r_2 + \frac{b_n^2}{2r_2} \quad (b_n \ll r_2)$$

$$\Leftrightarrow r_1 + \frac{b_n^2}{2r_1} + r_2 + \frac{b_n^2}{2r_2} = r_1 + r_2 + n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

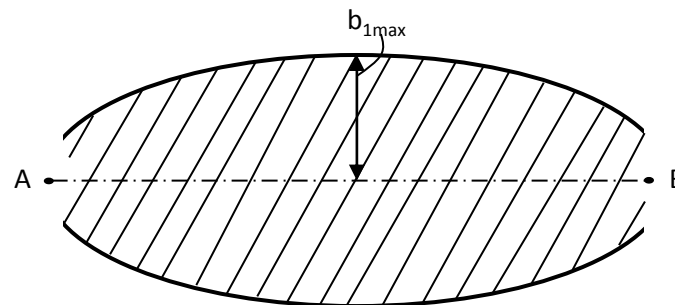
$$b_n = \sqrt{\frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \cdot n \cdot \lambda} \quad (\text{m})$$

+ Công thức hợp lý hóa

$$b_n = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{r_{1(\text{km})} \cdot r_{2(\text{km})} \cdot n}{(r_1 + r_2)_{(\text{km})} \cdot f_{(\text{GHz})}} \quad (\text{m})$$



Hình 2.14: Xác định bán kính miền Fresnel



(2.28)

(2.29)

Hình 2.15: Vùng tham gia vào quá trình truyền lan sóng

## 2.4 Ảnh hưởng của địa hình

## ■ Nguyên lý Huyghen, miền Fresnel (tia trực tiếp)

## • Miền Fresnel

- + 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).

### 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

#### Chiết suất (n), chỉ số chiết suất (N)

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon'} = 1 + \frac{\epsilon' - 1}{2} \quad (2.30)$$

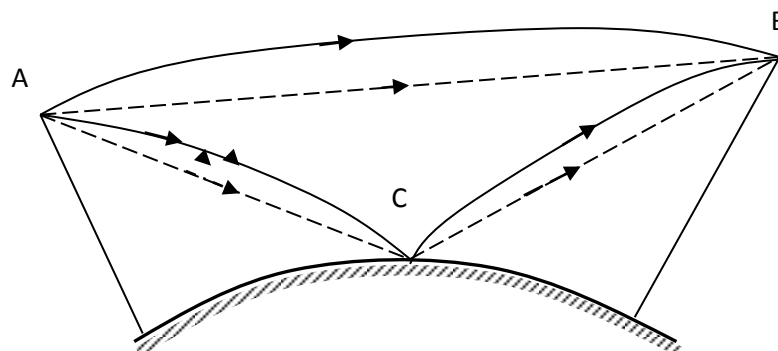
$$N = 10^6 \cdot (n - 1)$$

- + Chiết suất, n, của tầng đối lưu xấp xỉ bằng 1, trong tính toán để đảm bảo độ chính xác cao ta sử dụng chỉ số chiết suất N
- + Tầng đối lưu không đồng nhất, các thông số thay đổi theo không gian và thời gian → chiết suất thay đổi
- + Tốc độ thay đổi chỉ số chiết suất theo độ cao ảnh hưởng tới quá trình sóng truyền lan: Quỹ đạo sóng bị cong do hiện tượng khúc xạ → Hiện tượng khúc xạ khí quyển

- Tốc độ thay đổi:

$$\frac{dN}{dh} \quad (1/m)$$

Hình 2.16 Quỹ đạo của tia sóng trực tiếp và tia phản xạ từ mặt đất trong tầng khí quyển thực



## 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

### ■ Bán kính cong của sóng

#### + Nguyên tắc

+ Chia tầng đối lưu thành các lớp mỏng với độ dày  $dh$ , chiết suất thay đổi một lượng  $dn$

+ Cung AB nằm trên đường tròn bán kính  $R$ , góc chắn tâm  $d\varphi$

#### + Bán kính cong

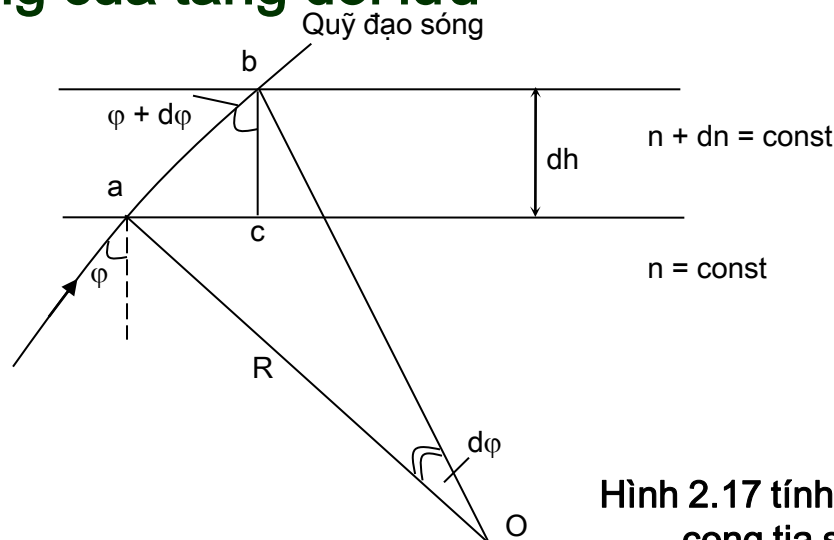
$$R = \frac{ab}{d\varphi}$$

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

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

$$\Leftrightarrow R = \frac{n}{\sin\varphi \cdot \left(-\frac{dn}{dh}\right)} \Leftrightarrow R = \frac{1}{-\frac{dn}{dh}} = \frac{10^6}{-\frac{dN}{dh}} \quad \left(h_t, h_r \ll r \Leftrightarrow \varphi = 90^\circ; n = 1\right) \quad (2.31)$$

+  $dN/dh > 0 \rightarrow R < 0$ ;  $dN/dh < 0 \rightarrow R > 0$ ;  $dN/dh = 0 \rightarrow R = \infty$



Hình 2.17 tính bán kính cong tia sóng

## 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

### ■ Phương pháp tính cường độ điện trường

- Bán kính tương đương của trái đất,  $a_{td}$

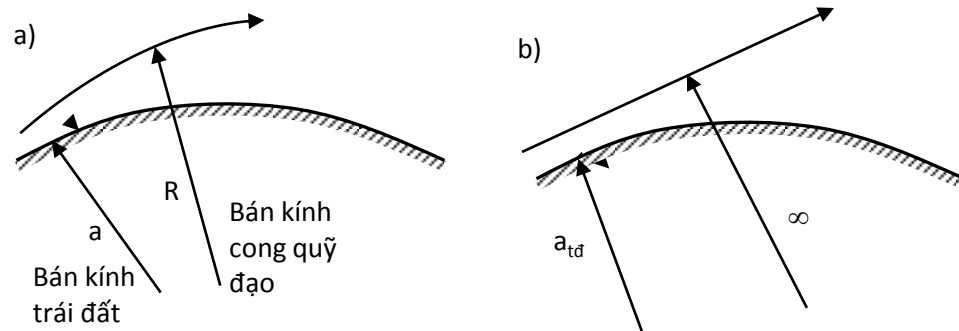
- + Mặt đất thực bán kính  $a = 6.378$  km, tia sóng bị khúc xạ với bán kính cong  $R$

- + Mặt đất có bán kính  $a_{td}$ , tia sóng đi thẳng ( $R = \infty$ )

Bán kính  $a_{td}$  phải thỏa mãn điều kiện: Độ cong tương đối giữa mặt đất và tia sóng không đổi

Hình 2.18 Các quỹ đạo của sóng vô tuyến

- a) Quỹ đạo thực với trái đất bán kính thực
- b) Quỹ đạo đường thẳng với trái đất có bán kính tương đương



$$\frac{1}{a} - \frac{1}{R} = \frac{1}{a_{td}} - \frac{1}{\infty} \Leftrightarrow a_{td} = \frac{a}{1 - \frac{a}{R}} = \frac{a}{1 + a \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6}} \quad (2.32)$$

$$\frac{dN}{dh} = -4 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^{-1}\text{)} \Leftrightarrow a_{td} = 8.500 \text{ km}$$



## 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

## ■ Phương pháp tính cường độ điện trường

## • Hệ số cong tia sóng, k

$$k = \frac{a_{td}}{a} = \frac{1}{1 + a \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6}} \quad (2.33)$$

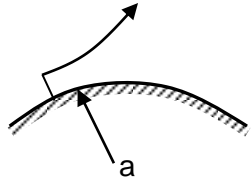
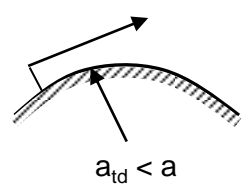
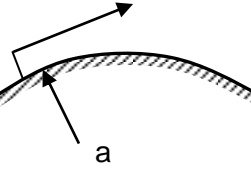
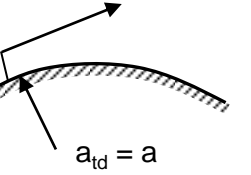
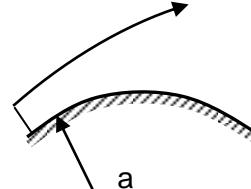
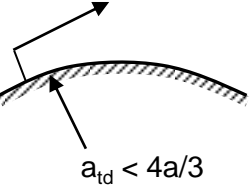
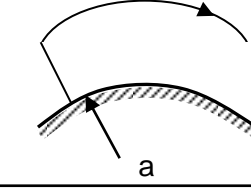
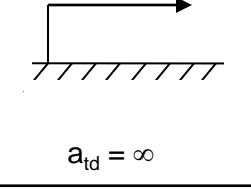
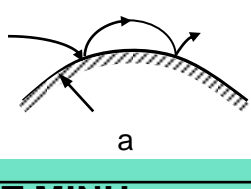
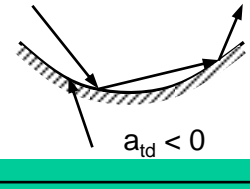
## + Cự ly nhìn thấy trực tiếp

$$r'_0 = \sqrt{2k \cdot a} \left( \sqrt{h_t} + \sqrt{h_r} \right) \quad (\text{m}) \quad (2.34)$$

## + Độ lồi trái đất

$$B = \frac{r_1(\text{km}) \cdot r_2(\text{km})}{12,74 \cdot k} \quad (\text{m}) \quad (2.35)$$

## 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

| Loại khúc xạ    | $\frac{dN}{dh}$ (1/m) | R (m)                | $a_{td}$ (m)         | Quỹ đạo sóng thực tế  | Quỹ đạo sóng tương đương  |
|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---|---|
| Khúc xạ âm      | $>0$                  | $< 0$                | $< 6,378 \cdot 10^6$ |    |    |
| Không khúc xạ   | 0                     | $\infty$             | $6,378 \cdot 10^6$   |    |    |
| Khúc xạ thường  | - 0,04                | $2,5 \cdot 10^7$     | $8,5 \cdot 10^6$     |    |    |
| Khúc xạ tới hạn | - 0,157               | $6,378 \cdot 10^6$   | $\infty$             |   |   |
| Siêu khúc xạ    | $< - 0,157$           | $< 6,378 \cdot 10^6$ | $< 0$                |  |  |

## 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

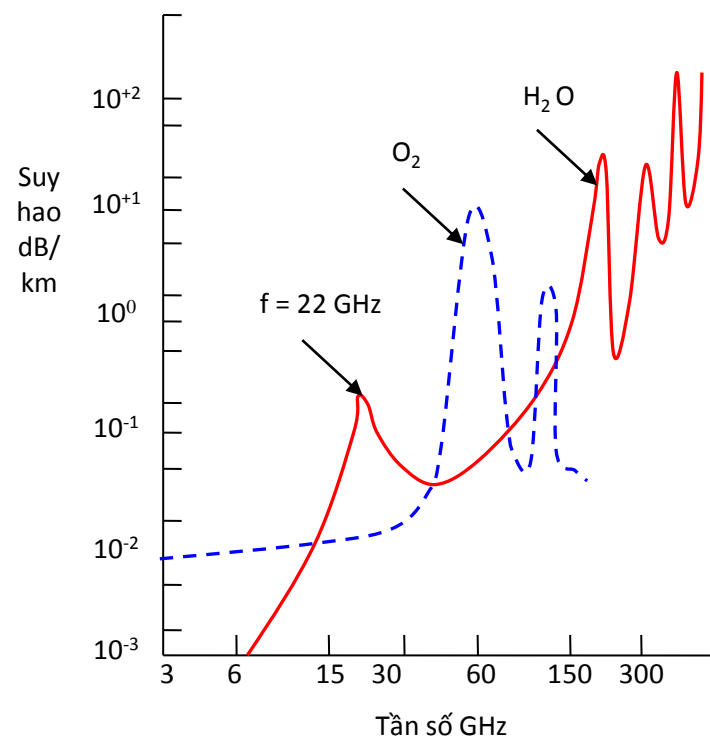
## ■ Hấp thụ sóng trong tầng đối lưu

- + Năng lượng sóng bị hấp thụ do các phân tử khí, mưa, sương mù
- + Hấp thụ phụ thuộc vào tần số, thay đổi theo không gian, thời gian

## ● Hấp thụ phân tử

- + Chủ yếu do phân tử nước và ôxy
- + Phụ thuộc nhiều vào tần số  
đặc biệt tăng nhanh với tần số trên 10GHz

Hình 2.19. Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ sóng của  $O_2$  và  $H_2O$  vào tần số

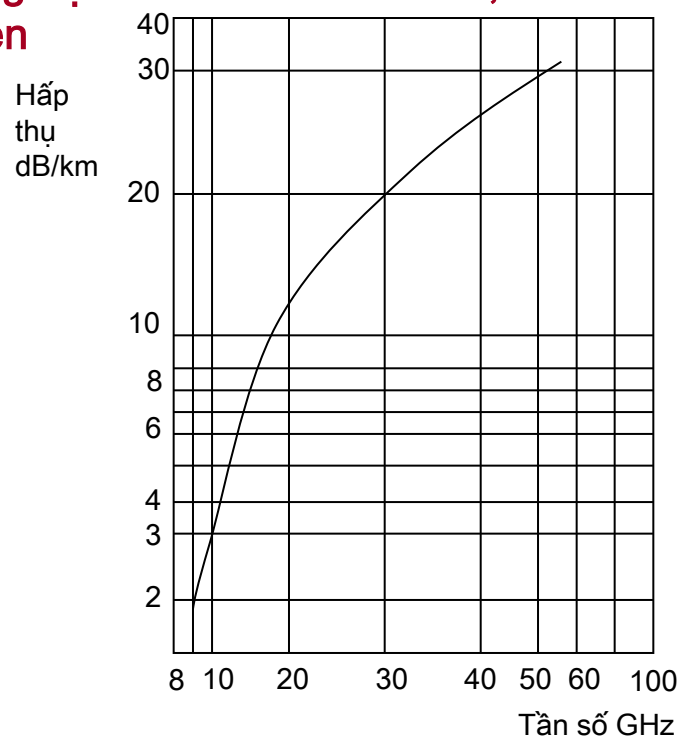
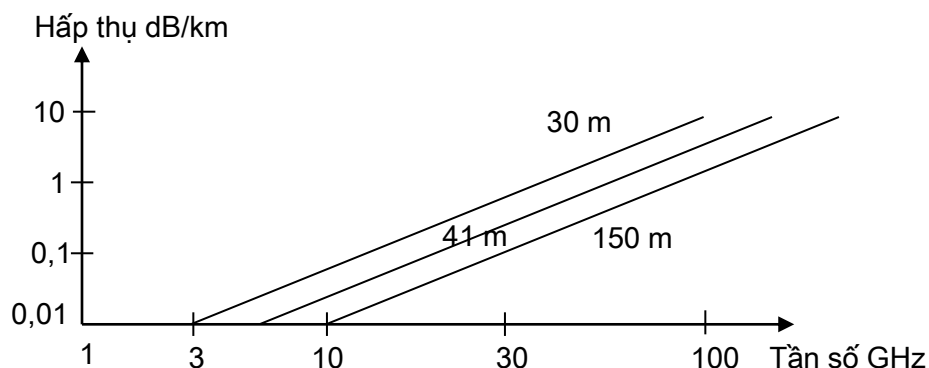


### 2.5 Ảnh hưởng của tầng đối lưu

#### ■ Hấp thụ sóng trong tầng đối lưu

##### • Hấp thụ trong mưa và sương mù

- + Hấp thụ trong mưa phụ thuộc vào cường độ mưa tính theo mm/h, và theo tần số, tăng nhanh với tần số từ 6GHz trở lên
- + Hấp thụ do sương mù phụ thuộc theo tần số và tầm nhìn xa của anten
- + Gây thay đổi phân cực sóng



Hình 2.20. Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ trong sương mù theo tầm nhìn xa và tần số

Hình 2.21. Sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ trong mưa với cường độ mưa 100 mm/h vào tần số

## 2.6 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 2

9. Cho đường truyền có các thông số sau: Công suất bức xạ 15 W, bước sóng công tác 35 cm, hệ số khuếch đại 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 khuếch đại 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 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) 1,92

13. Số liệu như bài 12, xác định cường độ điện trường tại điểm thu?

(a) 115,34  $\mu\text{V/m}$ ; (b) 125,34  $\mu\text{V/m}$ ; (c) 115,34 mV/m; (d) 125,34 mV/m

## 2.6 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 2

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) 17 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) 3,5 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

**CHƯƠNG 3**

**TRUYỀN LAN SÓNG  
TRONG THÔNG TIN DI ĐỘNG**

## NỘI DUNG

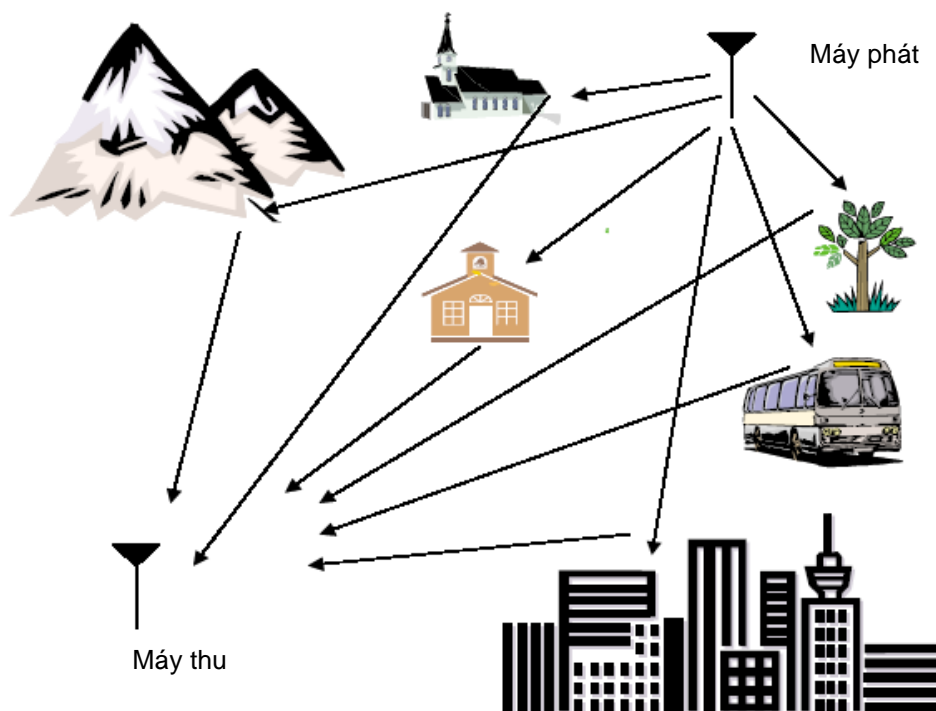
- Nội dung chương 3: (6)
  - 3.1 Giới thiệu
  - 3.2 Đặc tính kênh trong các miền
  - 3.3 Pha đỉnh phạm vi hẹp
  - 3.4 Phân bố Rayleigh và Rice
  - 3.5 Các mô hình kênh
  - 3.6 Phân tập
  - 3.7 Câu hỏi và bài tập



## 3.1 Giới thiệu

▪ Đặc tính kênh vô tuyến di động ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng truyền dẫn và dung lượng.

- Tính cá biệt
- Tính ngẫu nhiên



Hình 3.0: Truyền sóng vô tuyến

### 3.1 Giới thiệu

#### ■ Các yếu tố hạn chế từ môi trường vô tuyến

- Suy hao: Tăng theo khoảng cách, giá trị từ 50 đến 150dB
- Che tối: Các vật cản 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; Nhiễu giao thoa giữa các ký hiệu ISI, InterSymbol Interference, do phân tán thời gian)
- Nhiễu: Trùng tần số (CCI – CoChannel Interference), kênh lân cận (ACI – Adjacent Channel Interference)

#### ■ Kênh vô tuyến

- Không gian truyền dẫn giữa anten phát và anten thu
  - + Đầu vào của kênh: Anten phát
  - + Đầu ra của kênh: Anten thu

## 3.1 Giới thiệu

### ■ Phân loại kênh vô tuyến

#### • Theo phạm vi không gian

##### + Phadinh phạm vi rộng

- Khoảng cách đánh giá kênh lớn (vài km), phadinh xảy ra trong thời gian dài

##### + Phadinh phạm vi hẹp

- Khoảng cách đánh giá kênh nhỏ, phadinh xảy ra trong thời gian ngắn (phadinh nhanh, do hiện tượng đa đường)

#### • Theo đặc tính kênh

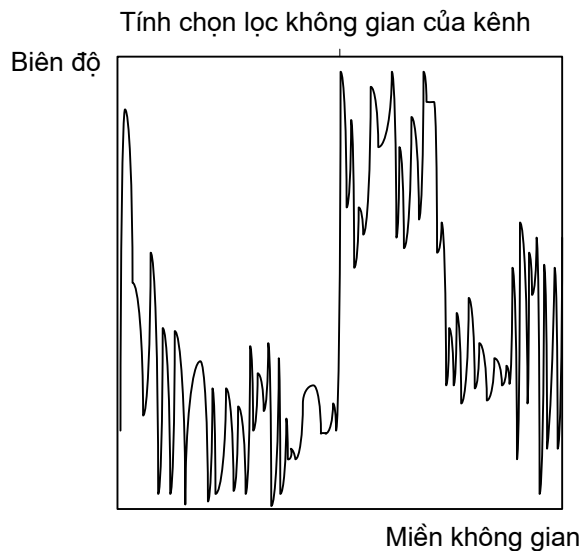
- + Phân tập không gian: Đặc tính kênh thay đổi theo không gian (phadinh chọn lọc không gian)

- + Phân tập tần số: Đặc tính kênh thay đổi theo tần số (phadinh chọn lọc tần số)

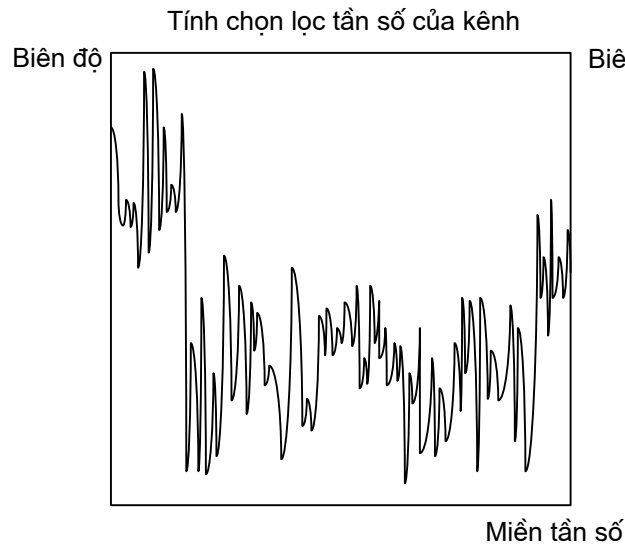
- + Phân tập thời gian: Đặc tính kênh thay đổi theo thời gian (phadinh chọn lọc thời gian)

## 3.1 Giới thiệu

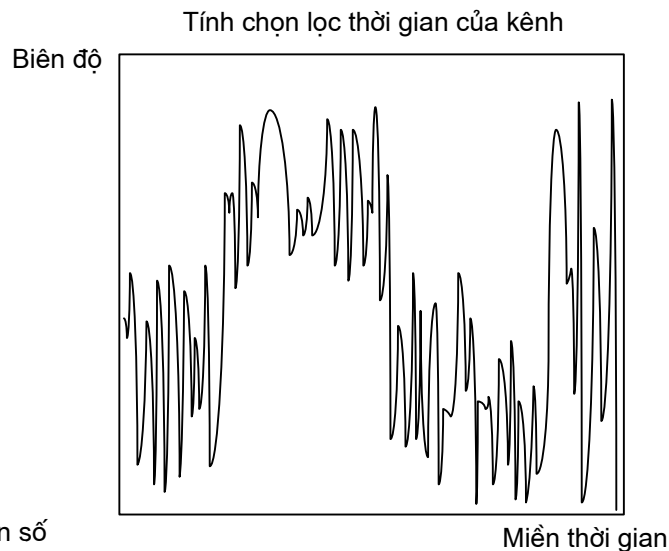
### ■ Minh họa đặc tính của kênh



Hình 3.1



Hình 3.2



Hình 3.3

Hình 3.1; 3.2; 3.3: Tính chất kênh trong miền không gian, miền tần số, miền thời gian

### 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

#### ■ Miền không gian

- **Tổn hao đường truyền: PL (Path Loss) hay  $L_p$**

+ Là hàm phụ thuộc khoảng cách

$$PL \sim d^n \quad (3.1)$$

$n = 2$ : Không gian tự do;  $n = 3 \div 5$ : Môi trường di động

$d$ : Khoảng cách truyền dẫn

+ Công suất thu trung bình giảm so với khoảng cách theo hàm logarit

+ 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

$$PL(d)[dB] = \overline{PL(d)} + X_\sigma = \overline{PL(d_0)} + 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma \quad (dB) \quad (3.2)$$

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

$X_\sigma$ : Biến ngẫu nhiên phân bố Gausse, trung bình "0" với lệch chuẩn  $\sigma$

$d_0$ : Khoảng cách tham chuẩn thu phát

$n$ : Mũ tổn hao đường truyền

### 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

#### ■ Miền tần số

##### • Điều biến tần số

+ Gây ra do hiệu ứng Doppler: Dịch tần số doppler,  $f$

$$f = \frac{v}{\lambda} \cos \alpha = \frac{v}{c} f_c \cos \alpha = f_d \cos \alpha \quad (3.3)$$

$$f_{Rx} = f_c \pm f$$

$v$ : Tốc độ máy di động (MS)

$\lambda$ : Bước sóng

$\alpha$ : Góc giữa phương chuyển động của MS và sóng tới

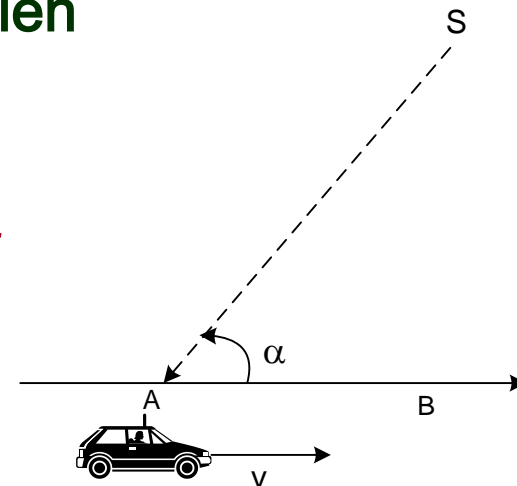
$f_d$ : Tần số doppler cực đại

+ 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 (thay đổi theo tần số)

+ Phادين chọn lọc tần số làm méo tín hiệu



Hình 3.4 Hiệu ứng Doppler

## 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

## ■ Miền thời gian

- + Các kênh vô tuyến thay đổi theo thời gian (phadinh chọn lọc thời gian)
- + Biểu diễn tín hiệu thu

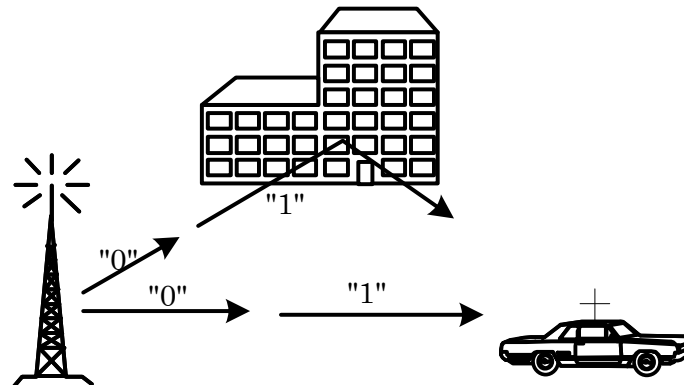
$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t, \tau)d\tau = x(t) * h(t, \tau) \quad (3.4)$$

$x(t)$ : Tín hiệu phát

$\tau$ : Trễ đa đường

$h(t, \tau)$ : Đáp ứng xung kim kênh vô tuyến với trễ  $\tau$

- + Ảnh hưởng đa đường kênh vô tuyến là trải trễ (phân tán thời gian), nghiêm trọng với các hệ thống tốc độ cao



Hình 3.5 Ảnh hưởng của trải trễ

### 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

#### ■ Miền thời gian

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

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\overline{\tau^2} - \bar{\tau}^2} \quad (3.5)$$

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (3.6)$$

$$\bar{\tau}^2 = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \quad (3.7)$$

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

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



## 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

### ■ 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,  $T_c$

- + Là thời gian ở đó kênh tương quan rất mạnh với tín hiệu thu
- +  $T_c$  xác định tính tĩnh của kênh, các ký hiệu truyền qua kênh chịu ảnh hưởng của fading như nhau (không phụ thuộc thời gian; kênh fading chậm)

## 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

## ■ 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,  $B_c$ , 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 tương quan tần số là 0,5

$$B_c = \frac{1}{5\sigma_\tau} \quad (3.8)$$

## • Thời gian nhất quán và trải doppler

$$T_c \approx \frac{1}{f_d} \quad (3.9)$$

## 3.2 Đặc tính kênh trong các miền

### ■ Tổng kết đặc tính kênh

Bảng 3.1 Các đặc tính kênh của ba miền

|            | Miền không gian   | Miền tần số                                      | Miền thời gian                                 |
|------------|---|--|--|
| Thông số   | $d$ ;<br>Thăng giáng ngẫu nhiên   | $f_d$ ;<br>$B_c \approx \frac{1}{50\sigma_\tau}$ | $\sigma_\tau$ ;<br>$T_c \approx \frac{1}{f_d}$ |
| Nhược điểm | Chọn lọc không gian   | Chọn lọc tần số                                  | Chọn lọc thời gian                             |
| Giải pháp  | MIMO  | OFDM   | Thích ứng                                      |
| Mục đích   | Lợi dụng đa đường   | Phađinh phẳng<br>( $T \geq \sigma_\tau$ )        | Phađinh chậm<br>( $B_S \gg f_d$ )              |
| Chú thích  | $d$ : khoảng cách thu phát; MIMO: Multile Input Multiple Output; $f_d$ : trải Doppler; $B_c$ : độ rộng băng nhất quán của kênh xét cho trường hợp tương quan lớn hơn 90%; $T$ : chu kỳ ký hiệu; $\sigma_\tau$ : trải trễ trung bình quân phương; $T_c$ : thời gian nhất quán của kênh; $B_S$ : độ rộng băng tín hiệu phát |  |  |

## 3.3 Phadinh phạm vi hẹp

## ■ Phân loại phadinh phạm vi hẹp

## • Trải trễ đa đường

- + Là thông số miền thời gian, làm méo tín hiệu do trễ và phadinh chọn lọc tần số (ảnh hưởng lên đặc tính kênh miền tần số)
  - Phadinh phẳng
  - Phadinh chọn lọc tần số

## • Trải doppler

- + 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

## • Ý nghĩa

- + Điều kiện phadinh ngoài phụ thuộc thông số kênh là trải trễ đa đường và băng thông nhất quán, còn phụ thuộc đặc điểm của tín hiệu bao gồm chu kỳ ký hiệu và độ rộng băng tần
- + Lựa chọn tín hiệu phù hợp sẽ cải thiện được hiệu năng truyền dẫn

### 3.3 Phadinh phạm vi hẹp

#### Phân loại phadinh phạm vi hẹp

Bảng 3.2. Các loại phadinh phạm vi hẹp

| Cơ sở phân loại   | Loại Phadinh            | Điều kiện                         |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Trải trễ đa đường | Phadinh phẳng           | $B \ll B_C; T \geq 10\sigma_\tau$ |
|                   | Phadinh chọn lọc tần số | $B > B_C; T < 10\sigma_\tau$      |
| Trải Doppler      | Phadinh nhanh           | $T > T_C; B < f_d$                |
|                   | Phadinh chậm            | $T \ll T_C; B \gg f_d$            |

**B:** Độ rộng băng tần tín hiệu

**$B_C$ :** Băng thông nhất quán

**$f_d$ :** Trải doppler cực đại

**T:** Chu kỳ ký hiệu

**$\sigma_\tau$ :** Trải trễ trung bình quân phương

### 3.4 Các phân bố Rayleigh và Rice

- Được sử dụng để mô tả tính chất thống kê thay đổi theo thời gian của tín hiệu phadinh phẳng

#### ▪ Phân bố phadinh Rayleigh

- Là phân bố đường bao của tổng hai tín hiệu có phân bố Gauss vuông góc
- Hàm mật độ xác suất, PDF

$$f_{\beta}(r) = p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}, & 0 \leq r \leq \infty \\ 0, & r < 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

$\beta$ : Biến ngẫu nhiên của điện áp đường bao tín hiệu thu,  $r$ : giá trị của  $\beta$

$\sigma$ : Giá trị trung bình quân phương của tín hiệu thu của từng thành phần Gauss

$\sigma^2$ : Công suất trung bình theo thời gian của tín hiệu thu

## 3.4 Các phân bố Rayleigh và Rice

## ▪ Phân bố phadinh Rayleigh

- Giá trị trung bình của phân bố rayleigh

$$\beta_{tb} = E[\beta] = \int_0^{\infty} r p(r) dr = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,253\sigma \quad (3.11)$$

- Phương sai của phân bố rayleigh (thành phần công suất xoay chiều)

$$\sigma_r^2 = E[\beta^2] - E^2[\beta] = \int_0^{\infty} r^2 p(r) dr - \frac{\sigma^2 \pi}{2} = \sigma^2 \left( 2 - \frac{\pi}{2} \right) = 0,4292\sigma^2 \quad (3.12)$$

### 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, (LoS – Line of Sight)
- Thành phần đa đường xếp chồng lên tín hiệu vượt trội
- Hàm mật độ xác suất

$$f_{\beta}(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{(r^2 + A^2)}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{Ar}{\sigma^2}\right), & A \geq 0, r \geq 0 \\ 0, & r < 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

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

A: Biên độ đỉnh của tín hiệu vượt trội

$I_0(\cdot)$ : Hàm Bessel cải tiến loại một bậc không



## 3.4 Các phân bố Rayleigh và Rice

## ■ Phân bố phadinh Rice

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

$$K = \frac{\text{Công suất trong đường vượt trội}}{\text{Công suất trong các đường tán xạ}} = \frac{A}{2\sigma^2} \quad (3.14)$$

$K \rightarrow 0$ : Suy thoái thành kênh Rayleigh

$K \rightarrow \infty$ : Kênh chỉ có đường trực tiếp

## 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

$$h(\tau; t) = \sum_{\ell=0}^{L-1} \beta_{\ell}(t) e^{i\Theta_{\ell}(t)} \delta(\tau - \tau_{\ell}(t)), \quad \ell = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3.15)$$

Trong đó

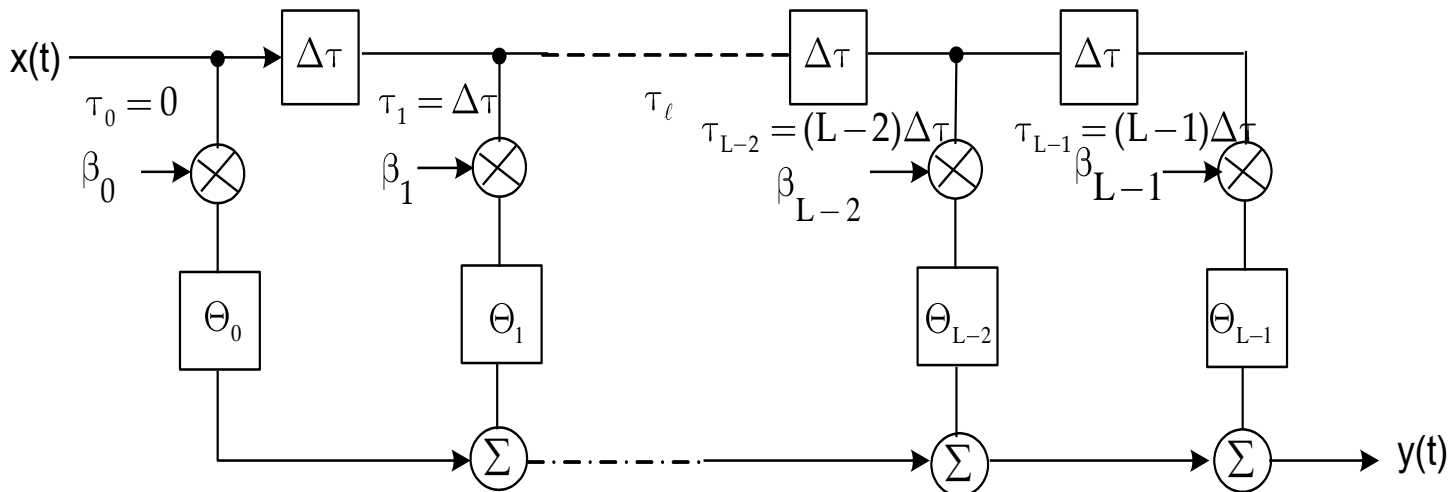
$\beta_{\ell}(t)$ ,  $\Theta_{\ell}(t)$ ,  $\tau_{\ell}(t)$  biểu thị cho biên độ, pha và trễ đối với xung thu thứ  $\ell$  (đường truyền  $\ell$ );  $\tau$  biểu thị cho trễ,  $t$  biểu thị cho sự thay đổi theo thời gian của chính cấu trúc xung kim  $\delta(\cdot)$  biểu thị cho hàm Delta Dirac,  $L$  biểu thị cho số đường truyền

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

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

## 3.5 Mô hình kênh

## ■ Mô hình kênh trong miền thời gian



Hình 3.6 Mô hình kênh vô tuyến di động bằng đường trễ đa nhánh

## 3.5 Mô hình kênh

## ■ Mô hình kênh trong miền tần số

## • Nguyên tắc:

- + Sự thay đổi thời gian trễ  $\tau$  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

$$h(f', t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau, t) e^{-j2\pi f' \tau} d\tau = \sum_{\ell=0}^{L-1} h(\tau, t) e^{-j[2\pi f' \tau_{\ell}(t)]} \quad (3.16)$$

## 3.6 Phân tập

## ■ Phân tập

- Thông tin được truyền đồng thời trên nhiều đường độc lập để đạt được độ tin cậy truyền dẫn cao (các đường truyền không tương quan nhau)
  - + Phân tập thời gian: Các ký hiệu được truyền phân tán trong các khoảng thời gian khác nhau đảm bảo tính độc lập (mã hóa và đan xen)
  - + Phân tập tần số: Các ký hiệu được phát ở hai tần số độc lập (cách nhau một khoảng bằng độ rộng băng tần nhất quán)
  - + Phân tập phân cực: Các ký hiệu được phát ở hai phân cực chéo nhau đảm bảo tính độc lập
  - + Phân tập không gian: Các ký hiệu đến điểm thu theo đường đi độc lập nhau (sử dụng nhiều anten phát hoặc thu đặt ở khoảng cách đủ xa)
    - SIMO: Single Input Multiple Output
    - MISO: Multiple Input Single Output
    - MIMO: Multiple Input Multiple Output

## 3.6 Phân tập

## • Phân tập không gian

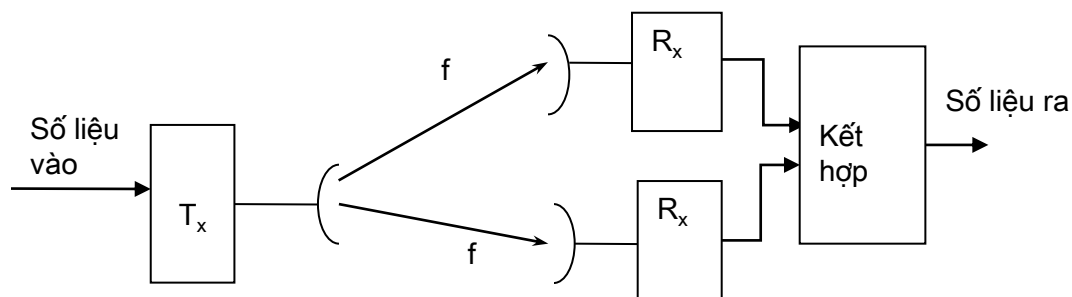
## + Sử dụng hai anten trở lên cho thu hoặc phát

- Bố trí cách nhau  $> 5\lambda$  theo phương thẳng đứng
- Khoảng cách đảm bảo tín hiệu đi trên hai kênh không tương quan nhau

## + Đồng thời cùng truyền một tín hiệu trên hai kênh

- Do hai kênh độc lập nên không bị phادين đồng thời  $\rightarrow$  Kết hợp tín hiệu từ các anten để nhận được tín hiệu tốt

Là phương pháp sử dụng phổ biến, chống được cả phادين phẳng và phادين lựa chọn, thường sử dụng phân tập không gian thu



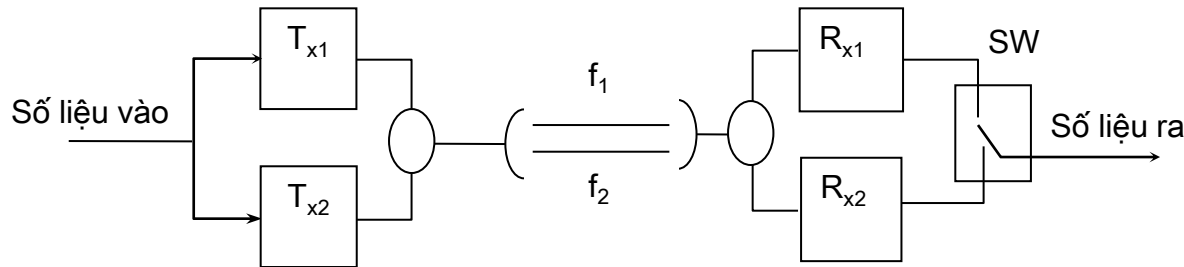
Hình 3.7 Phân tập không gian

## 3.6 Phân tập

## • Phân tập tần số

- + Sử dụng hai cặp máy thu/phát làm việc ở hai tần số khác nhau
  - Các tần số phải có khoảng cách đảm bảo không tương quan phadinh với nhau
  - Tạo nên hai kênh vô tuyến độc lập
- + Đồng thời cùng truyền một tín hiệu trên hai kênh
  - Do hai kênh độc lập nên không bị phadinh đồng thời → Kết hợp tín hiệu từ các máy thu để nhận được tín hiệu tốt

Là phương pháp sử dụng không hiệu quả tần số, phức tạp trong cấu hình, hiệu quả trong chống phadinh lựa chọn tần số

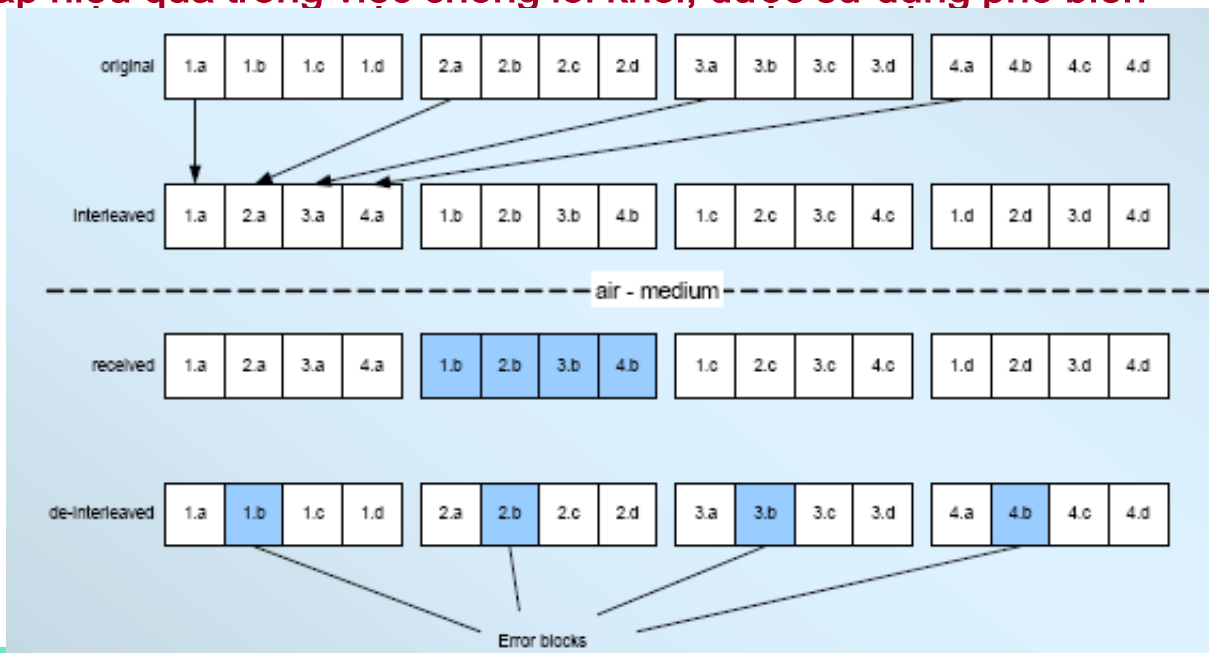


Hình 3.8 Phân tập tần số

## 3.6 Phân tập

## • 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 tuyến dẫn trung bình ở giá trị đảm bảo yêu cầu
  - + Thực hiện bằng kỹ thuật đan xen tín hiệu trước khi phát
- Là phương pháp hiệu quả trong việc chống lỗi khối, được sử dụng phổ biến



Hình 3.9 Phân tập thời gian



**3.7 Câu hỏi và bài tập****■ Bài tập chương 3**

15. Xét một máy phát phát xạ sóng mang có tần số 1850 MHz. Máy di động được đặt trên xe ô tô chạy vận tốc 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
16. (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
17. (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
18. Giả thiết đáp ứng xung kim kênh được sử dụng để lập mô hình cho các kênh vô tuyến với trễ trội lớn nhất là  $100\mu\text{s}$ . Nếu số nhánh trễ được cố định là 64. Tìm  $\Delta\tau$  của mô hình đường trễ đa nhánh.  
(a)  $1,3\mu\text{s}$ ; (b)  $1,56\mu\text{s}$ ; (c)  $1,5625\mu\text{s}$ ; (d)  $1,625\mu\text{s}$

**CHƯƠNG 4**

**LÝ THUYẾT CHUNG VỀ ANTEN**

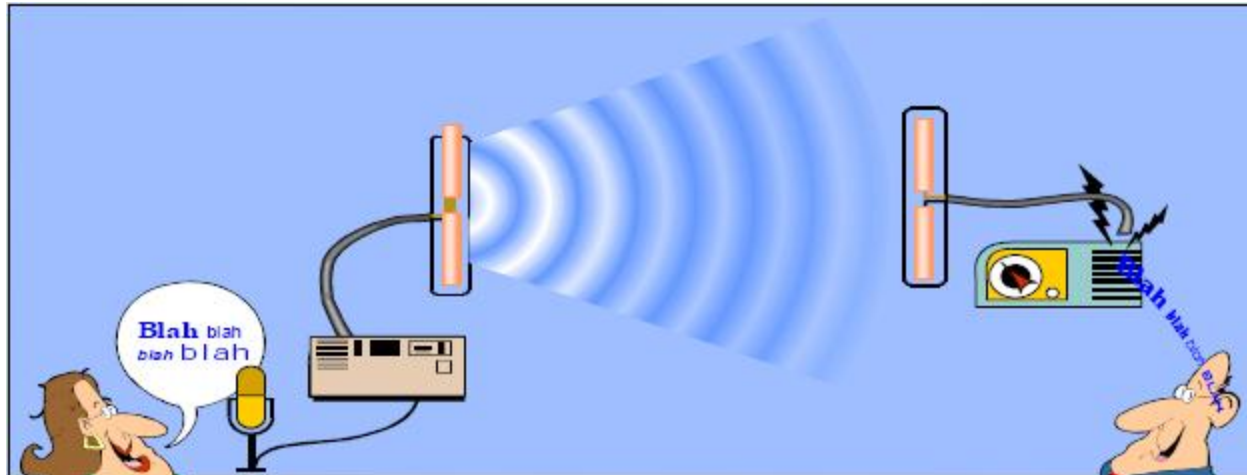
## NỘI DUNG

- **Nội dung chương 4: (5)**
  - 4.1 Giới thiệu
  - 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

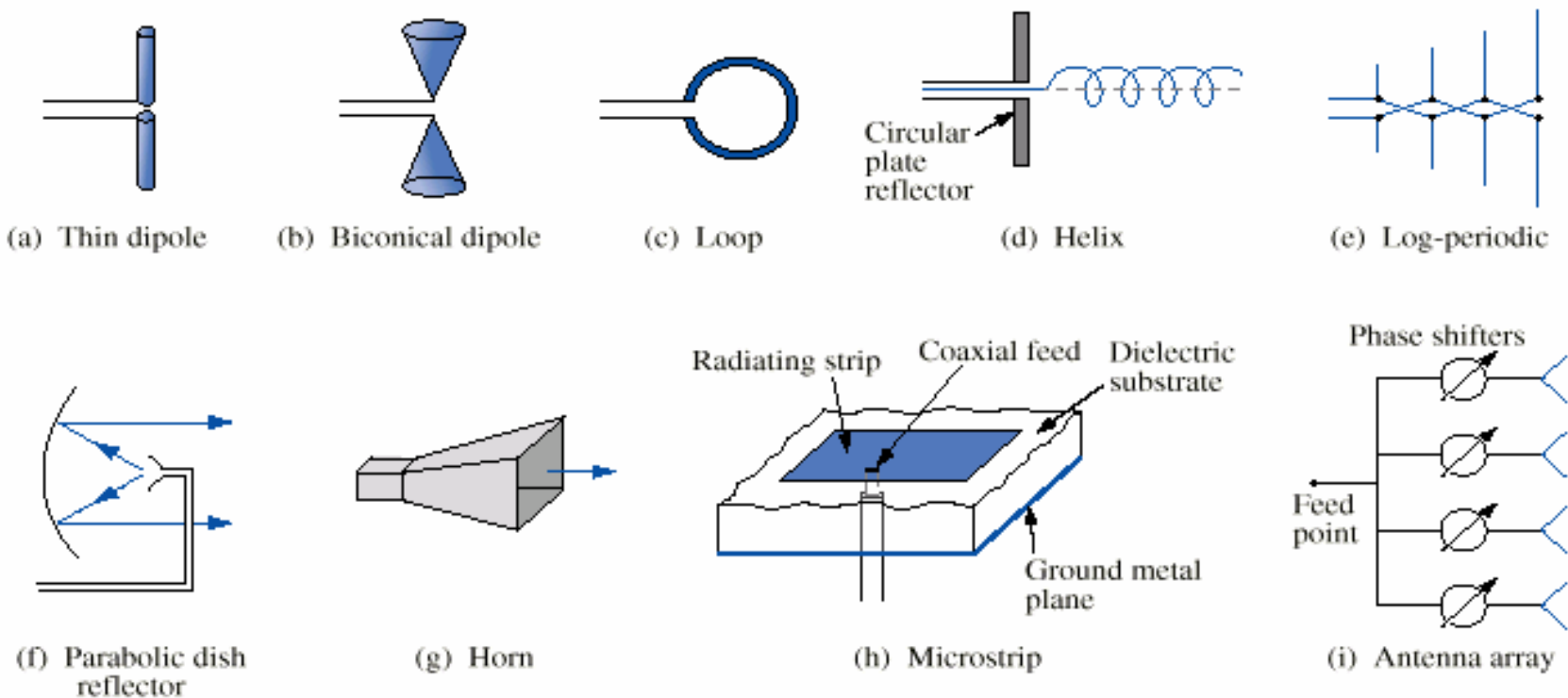
### ■ Vai trò của anten

- 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.



## 4.1 Giới thiệu

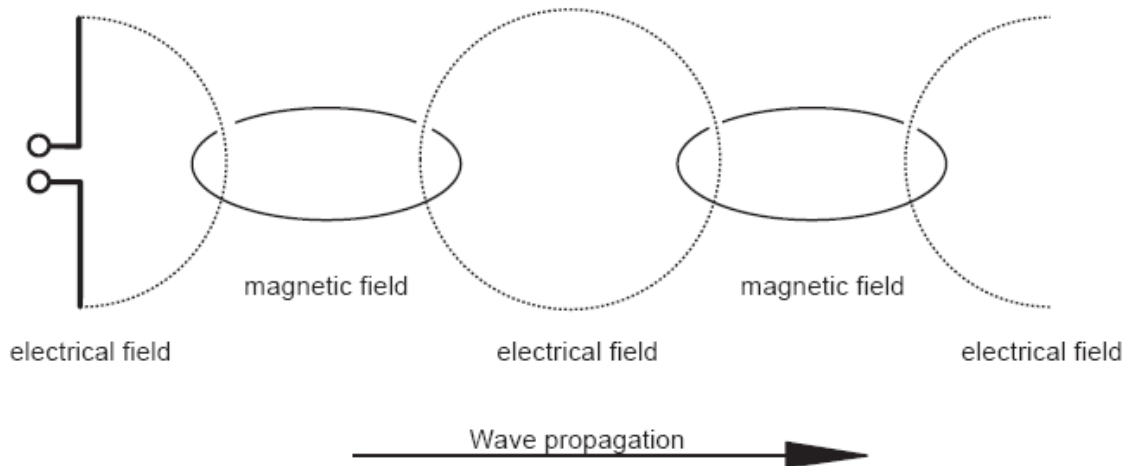
- Các loại anten



Hình 4.2. Một số loại anten

## 4.1 Giới thiệu

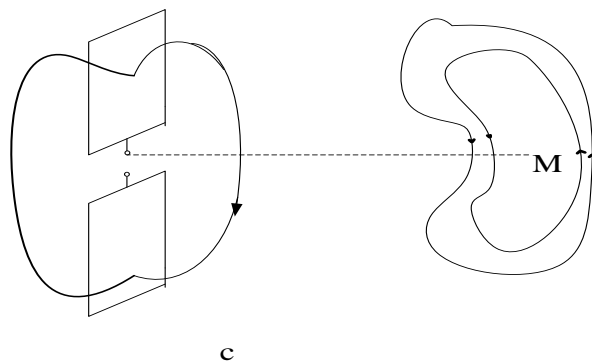
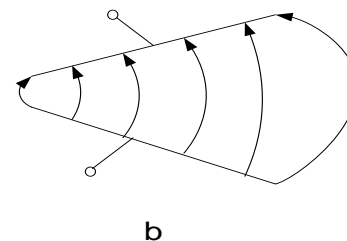
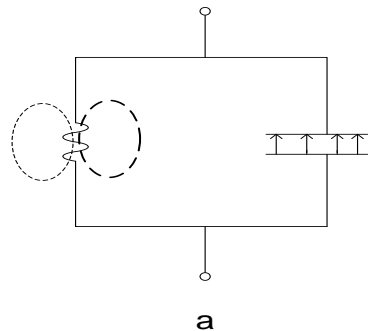
- **Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ**
  - **Điện trường xoáy**
    - + Là điện trường có các đường sức không bị ràng buộc với các điện tích tạo ra nó mà tự bản thân chúng khép kín.
  - **Điều kiện tạo sóng điện từ**
    - + Quy luật của điện từ trường biến thiên, điện trường xoáy biến thiên sẽ sinh 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 4.3. Quá trình truyền lan sóng điện từ

## 4.1 Giới thiệu

- Quá trình vật lý bức xạ sóng điện từ
  - Khảo sát quá trình bức xạ



## 4.2 Các tham số cơ bản

## ■ Hàm tính hướng

- 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

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

$\theta, \varphi$ : Góc bức xạ của anten (góc phương vị và góc ngẩng)

- 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)

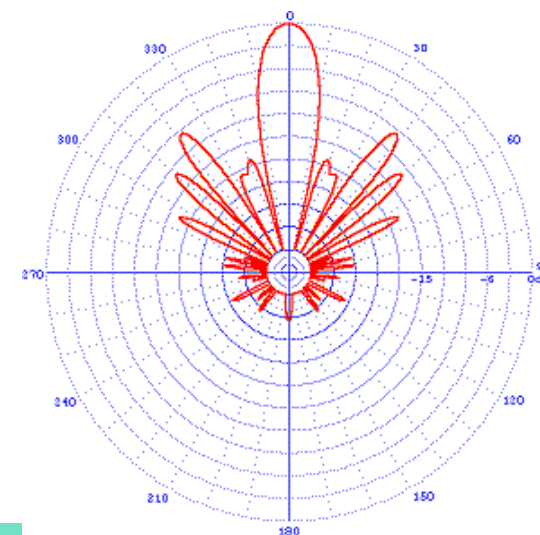
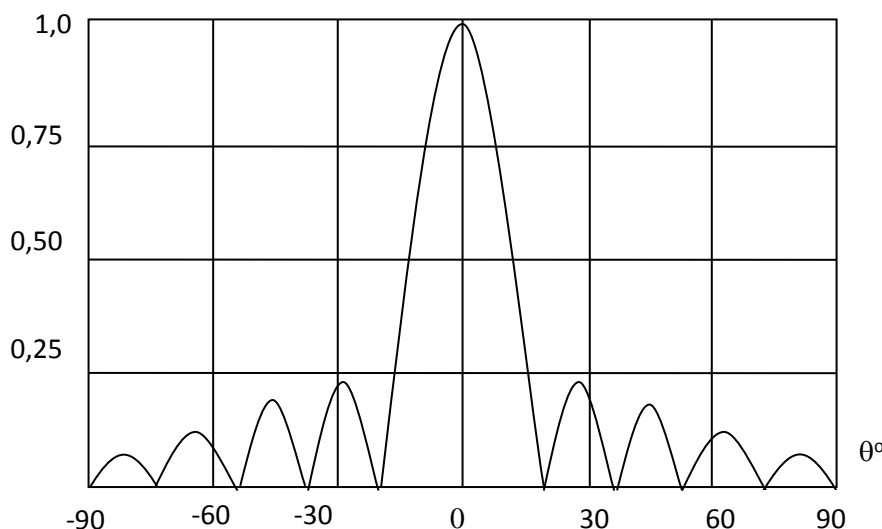
$$F(\theta, \varphi) = \frac{|f(\theta, \varphi)|}{|f(\theta, \varphi)_{\max}|} \quad ; \quad F_{\max} = 1 \quad (4.3)$$



## 4.2 Các tham số cơ bản

## ■ Đồ thị tính hướng

- + 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  $F(\theta, \varphi)$  trên tọa độ Đề 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 ( $\theta, \varphi$ )
  - 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 có thể theo thang thập phân hay thang logarit

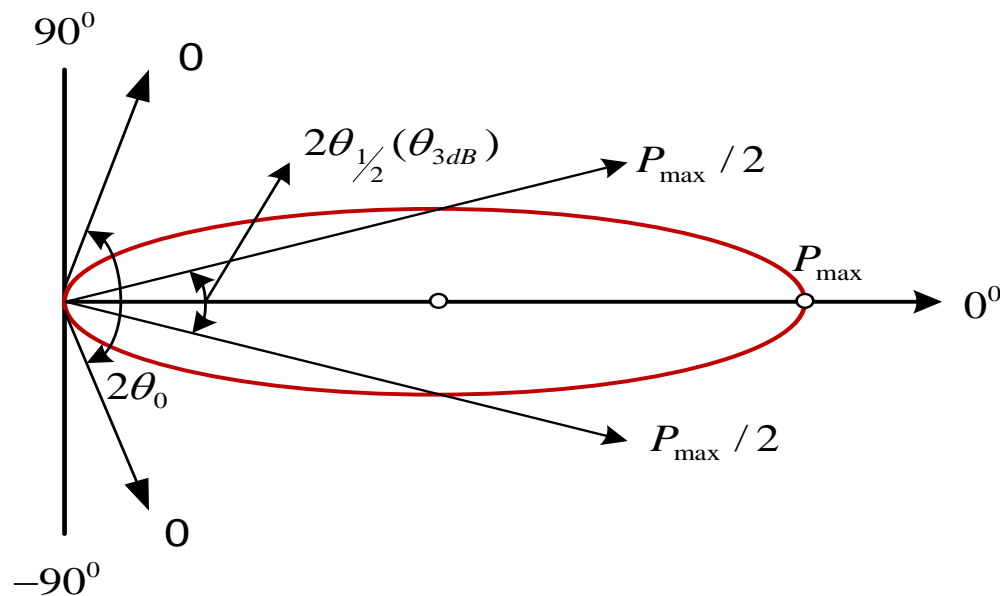


Hình 4.5. Đồ thị tính hướng

## 4.2 Các tham số cơ bản

## ■ Độ rộng đồ thị tính hướng

- Là góc giữa hai hướng mà theo hướng đó 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  $\theta_{3dB}$ ): Công suất bức xạ giảm một nửa so với hướng cực đại
- Thể hiện tính tập chung năng lượng bức xạ theo hướng làm việc



Hình 4.6. Độ rộng của đồ thị tính hướng

## 4.2 Các tham số cơ bản

## ■ Công suất bức xạ, điện trở bức xạ, hiệu suất

- + Công suất bức xạ ( $P_{\Sigma}$ ): Là phần công suất bức xạ thành năng lượng điện từ
- + 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:  $P_a = P_{\Sigma} + P_{th}$

## ● Hiệu suất anten

$$\eta_a = \frac{P_{\Sigma}}{P_a} = \frac{1}{1 + \frac{P_{th}}{P_{\Sigma}}} \quad (4.4)$$

- Điện trở bức xạ: 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 tăng ích

##### • 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 chọn anten vô hướng

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

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

##### • Hệ số khuếch đại anten (tăng ích)

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

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

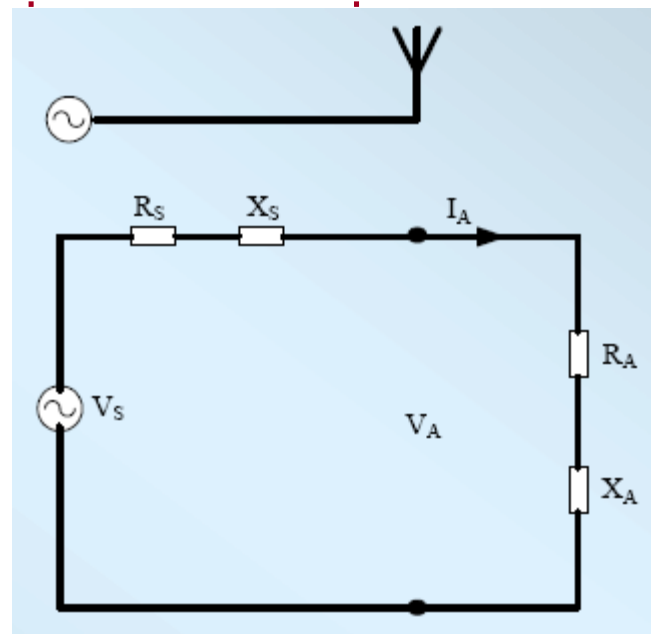
- Hệ số tăng ích vừa biểu hiện tính hướng, vừa biểu thị tổn hao trên anten

## 4.2 Các tham số cơ bản

### ■ Trở kháng vào

- Anten là tải của máy phát, trị số tải đặc trưng bởi trở kháng vào của anten
    - + Thuần trở  $R$  đặc trưng cho thành phần năng lượng bức xạ thành sóng điện từ
    - + Điện kháng  $X$  là do phần trường gần, bị ràng buộc với anten (vô công)
- Trở kháng vào ảnh hưởng tới chế độ làm việc của các thiết bị nối tới anten

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

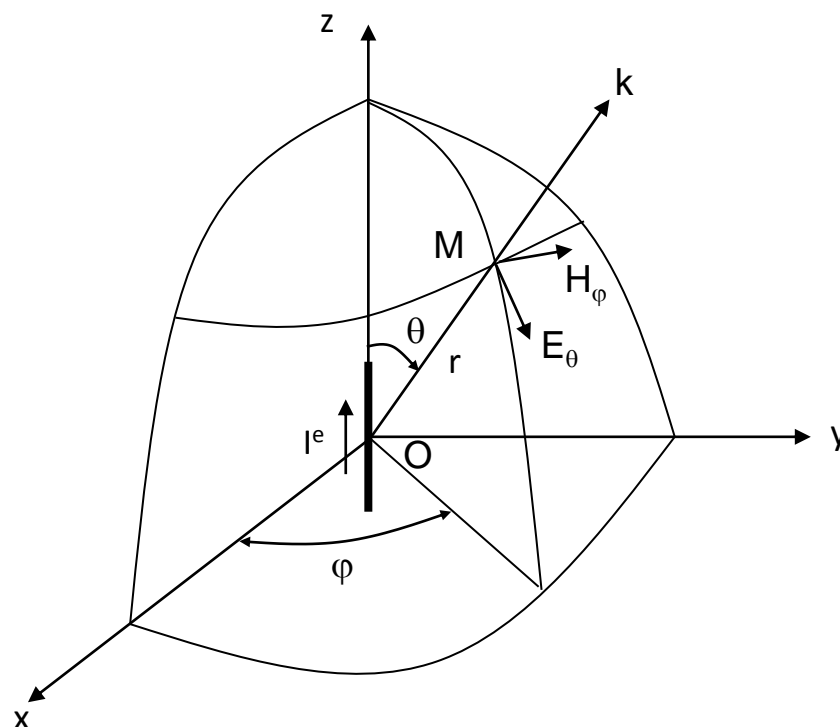
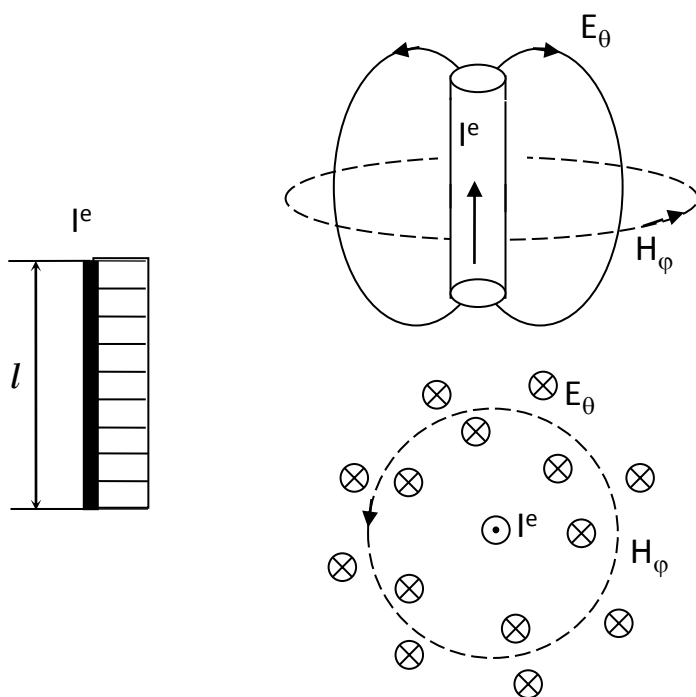


Hình 4.7. Mạch trở kháng tương đương của anten

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

### ■ Chấn tử điện (dipol điện)

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



Hình 4.8. Phân bố dòng điện trong chấn tử

Hình 4.9. Bức xạ của chấn tử điện trong không gian tự do

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

### ▪ Chấn tử điện (dipol điện)

#### • Khảo sát trường tại điểm M

- + Tồn tại vecto điện trường trong mặt phẳng điện trường ( $\theta$ )
- + Tồn tại vecto từ trường trong mặt phẳng từ trường ( $\varphi$ )

$$\begin{aligned}\bar{E}_\theta &= \frac{ikZ}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\theta \text{ (V / m)} \\ \bar{E}_\varphi &= 0 \\ \bar{H}_\theta &= 0 \\ \bar{H}_\varphi &= \frac{ik}{4\pi} I^e l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\varphi\end{aligned}\tag{4.10}$$

Trong đó:  $k = 2\pi/\lambda$  là hệ số sóng

Z: là trở kháng sóng của môi trường truyền lan. Trong không gian tự do  $Z = 120 \pi \text{ } (\Omega)$

$I^e$ : là dòng điện trong dipol điện

r: là khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M

l: chiều dài của dipol

$\theta, \varphi$ : là các góc của hệ tọa độ cầu

### 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

#### ▪ Chấn tử điện (dipol điện)

##### • Khảo sát trường tại điểm M

##### + Nhận xét

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

##### + Hàm tính hướng

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

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

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

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

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



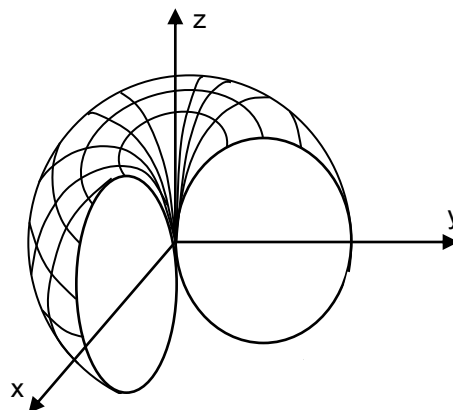
## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

### ▪ Chấn tử điện (dipol điện)

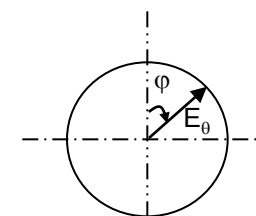
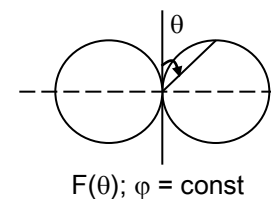
#### • Khảo sát trường tại điểm M

#### + Đồ thị tính hướng

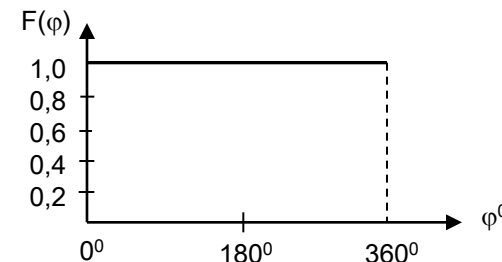
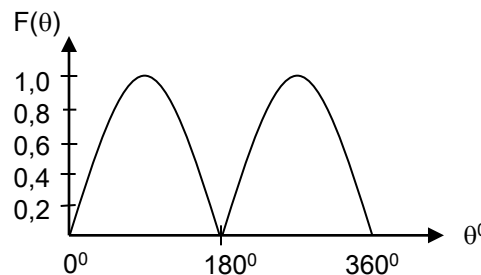
a) Trong không gian



b) Tọa độ cực



c) Tọa độ vuông góc



Hình 4.10. Đồ thị tính hướng của dipol điện

### 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

#### ▪ Chấn tử điện (dipol điện)

##### • Khảo sát trường tại điểm M

###### + Công suất bức xạ

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

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

###### + Điện trở bức xạ

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

###### + Hệ số tính hướng

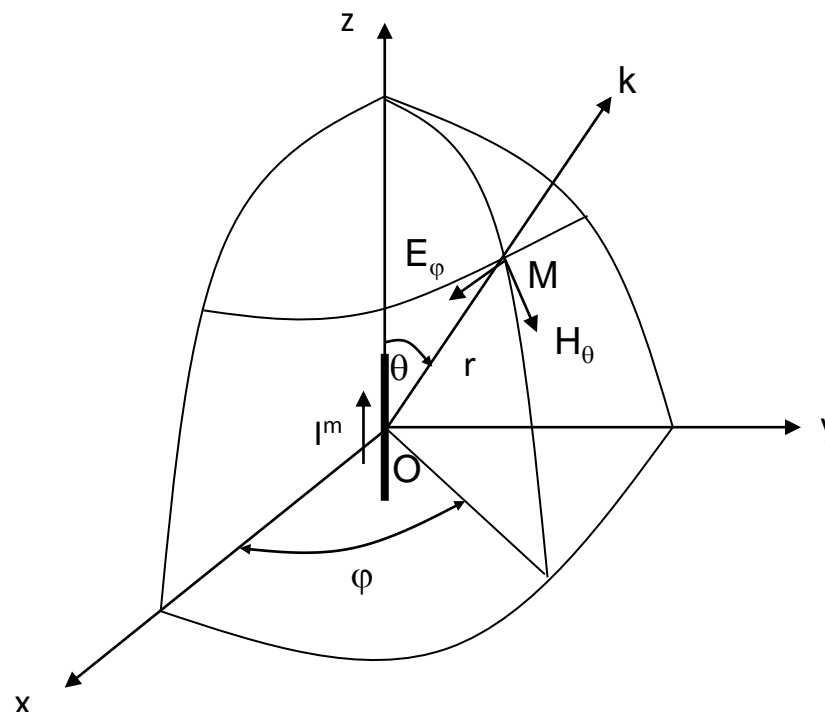
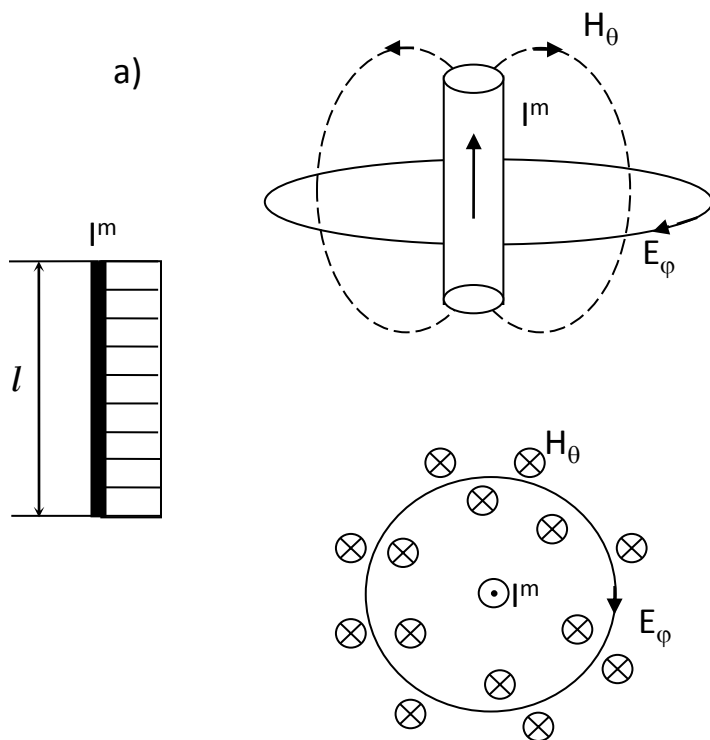
$$D(\theta, \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_h^2(\theta, \varphi) \cdot 4\pi \cdot r^2}{Z \cdot P_{\Sigma}} = \frac{3}{2} \sin^2 \theta \quad (4.15)$$

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

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

### ■ Chấn tử từ (dipol từ)

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



Hình 4.11. Phân bố dòng từ trong chấn tử

Hình 4.12. Bức xạ của chấn tử từ trong không gian tự do

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

### ■ Chấn tử từ (dipol từ)

#### • Khảo sát trường tại điểm M

- + Tồn tại vecto điện trường trong mặt phẳng điện trường ( $\varphi$ )
- + Tồn tại vecto từ trường trong mặt phẳng từ trường ( $\theta$ )

$$\bar{E}_\varphi = -\frac{ik}{4\pi} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\varphi \text{ (V / m)}$$

$$\bar{E}_\theta = 0$$

$$\bar{H}_\varphi = 0$$

$$\bar{H}_\theta = \frac{ik}{4\pi.Z} I^m l \sin \theta \frac{e^{-ikr}}{r} \bar{i}_\theta$$

(4.16)

Trong đó:  $k = 2\pi/\lambda$  là hệ số sóng

$Z$ : là trở kháng sóng của môi trường truyền lan. Trong không gian tự do  $Z = 120 \pi \text{ } (\Omega)$

$I^m$ : là dòng từ trong dipol từ

$r$ : là khoảng cách từ tâm O đến điểm khảo sát M

$l$ : chiều dài của dipol

$\theta, \varphi$ : là các góc của hệ tọa độ cầu

### 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

#### ■ Chấn tử từ (dipol từ)

##### • Khảo sát trường tại điểm M

##### + Nhận xét

- Trường bức xạ của dipol từ là trường phân cực đường thẳng, điện trường chỉ có thành phần  $E_\varphi$  và từ trường chỉ có thành phần  $H_\theta$
- Mặt phẳng H trùng với mặt phẳng kinh tuyến chứa trục chấn tử, mặt phẳng E trùng với mặt phẳng vĩ tuyến vuông với trục chấn tử

##### + Hàm tính hướng

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

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

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

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

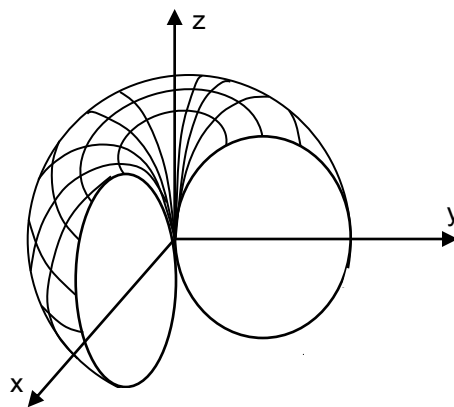
- Trường bức xạ có hướng trong mặt phẳng H, vô hướng trong mặt phẳng E

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

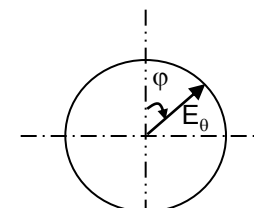
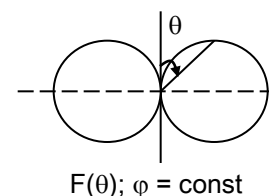
### ■ Chấn tử từ (dipol từ)

#### • Khảo sát trường tại điểm M

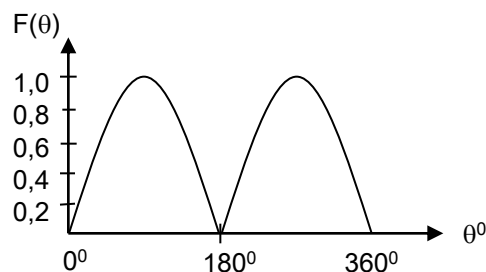
+ **Đồ thị tính hướng** a) Trong không gian



b) Tọa độ cực



c) Tọa độ vuông góc



Hình 4.13. Đồ thị tính hướng của dipol từ

### 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tử

#### ▪ Chấn tử từ (dipol từ)

##### • Khảo sát trường tại điểm M

##### + Công suất bức xạ

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

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

##### + Điện dẫn bức xạ

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

##### + Hệ số tính hướng

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

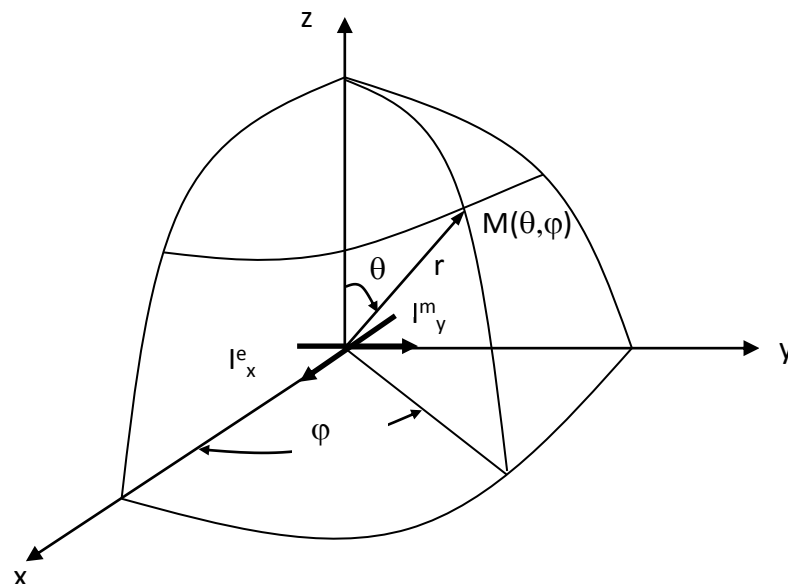
$$D_{max} = 3/2$$

### 4.3 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  $ox$ , dòng  $I_x^e$ ; Dipol từ đặt theo  $oy$ , 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 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  $E_\theta$ ,  $E_\varphi$ ,  $H_\theta$ ,  $H_\varphi$ .
- + Trường tại vùng xa:

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

### 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

#### ■ Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

##### • Khảo sát trường tại điểm M

##### + Hàm tính hướng

$$\bar{f}_\theta(\theta, \varphi) = ZI_x^e l \cos \varphi (\cos \theta + a) \bar{i}_\theta \quad (4.25)$$

$$\bar{f}_\varphi(\theta, \varphi) = -ZI_x^e l \sin \varphi (1 + a \cos \theta) \bar{i}_\varphi$$

##### + 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:  $\theta = 0$ ; Min:  $\theta = \pi$

##### + Hệ số tính hướng ( $a = 1$ )

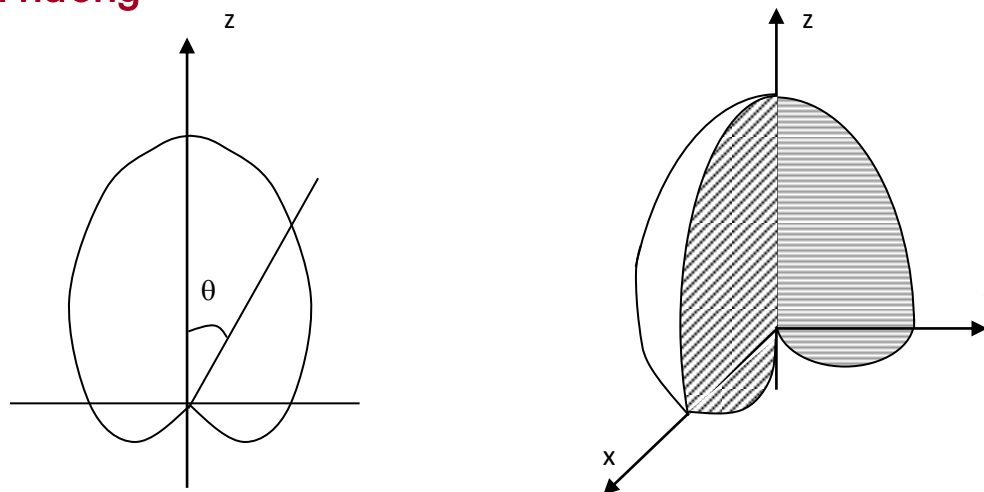
$$D(\theta, \varphi) = \frac{3(\cos \theta + 1)^2}{4}; \quad D_{\max} = 3 \quad (4.27)$$

## 4.3 Nguồn bức xạ nguyên tố

## ■ Nguyên tố bức xạ hỗn hợp

## • Khảo sát trường tại điểm M

+ Đồ thị tính hướng



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

- Đồ thị hình cardioit tròn xoay,
- Năng lượng bức xạ cực đại về một hướng, là hướng của tích véc tơ  $(\mathbf{l}^e \times \mathbf{x}^m)$

## 4.4 Nguyên lý anten thu

### ■ Khảo sát

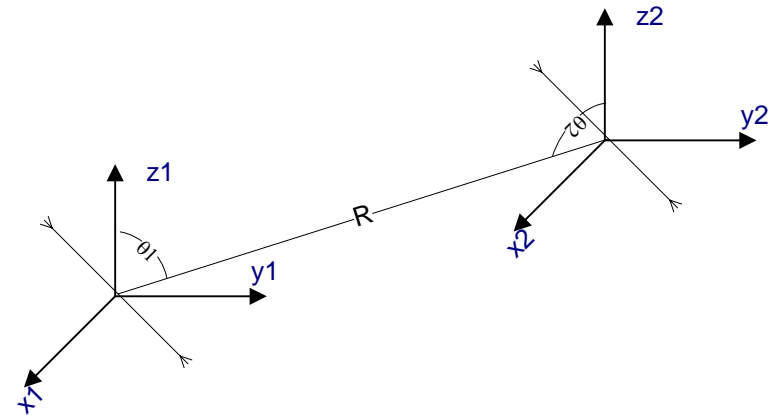
- Hai anten đặt cách nhau trong môi trường đẳng hướng
- Trở kháng tổng là  $Z_1$  và  $Z_2$

$$Z_1 = Z_{t1} + Z_{v1}$$

$$Z_2 = Z_{t2} + Z_{v2}$$

- Nguyên lý tương hỗ

$$\frac{e_1}{I_{2thu}} = \frac{e_2}{I_{1thu}}$$



Hình 4.12. Mô tả tương hỗ hai anten

### 4.4 Nguyên lý anten thu

#### ▪ Xác định SĐĐ trên anten thu

- Trường bức xạ và dòng đầu vào

$$\overline{E}_{21} = \frac{-ik}{4\pi} ZL_{h1} I_{01} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) \frac{e^{-ikR}}{R}$$

$$I_{01} = \frac{\overline{E}_{21} \cdot 4\pi R}{-ik ZL_{h1} I_{01} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}}$$

- Sđđ trên anten

$$e_1 = \frac{\overline{E}_{21} \cdot 4\pi R \cdot Z_1}{-ik ZL_{h1} \overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1) e^{-ikR}}$$

$$e_2 = \frac{\overline{E}_{12} \cdot 4\pi R \cdot Z_2}{-ik ZL_{h2} \overline{F}_2(\theta_2, \varphi_2) e^{-ikR}}$$

## 4.4 Nguyên lý anten thu

## ▪ Xác định dòng trong tải anten

## • Tổng quát:

$$\frac{I_{1thu}(Z_{t1} + Z_{v1})}{E_{12}L_{h1}\overline{F}_1(\theta_1, \varphi_1)} = \frac{I_{2thu}(Z_{t2} + Z_{v2})}{E_{21}L_{h2}\overline{F}_2(\theta_2, \varphi_2)}$$

## • Do các anten là bất kỳ nên dòng trong tải anten là

$$I_{thu} = C \frac{\overline{E}_0 L_h \overline{F}(\theta, \varphi)}{(Z_t + Z_v)}$$

## • Sốđ nhận được trên anten thu

$$e_0 = C \overline{E}_0 L_h \overline{F}(\theta, \varphi)$$

## 4.5 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 4

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  $3\text{mW/m}^2$  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

13. Một anten có điện trở bức xạ  $20\Omega$ , 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

**CHƯƠNG 5**

**ANTEN CHẤNS TỬ**



## NỘI DUNG

- Nội dung chương 5: (5)
  - 5.1 Giới thiệu
  - 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

## 5.1 Giới thiệu

### ■ Khái quát

- Anten chấn tử còn được gọi là anten dipol, sử dụng chấn tử làm phần tử bức xạ trực tiếp sóng điện từ
- Anten chấn tử có kết cấu đơn giản, đặc tính tương tự đường dây dẫn một đầu hở mạch
- Các loại anten chấn tử điển hình
  - + Anten chấn tử đối xứng
  - + Anten chấn tử đơn
  - + Anten nhiều chấn tử

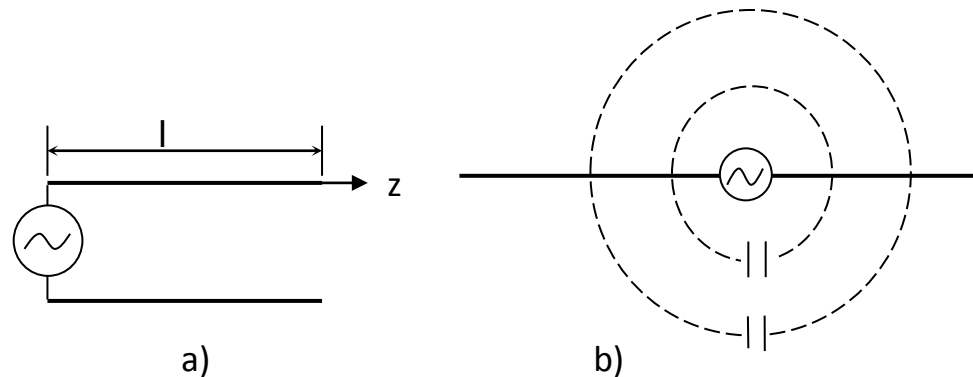
## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

## ■ Khái niệm

- Là một cấu trúc gồm hai vật dẫn hình dạng tùy ý
  - + Kích thước giống nhau, đặt thẳng hàng trong không gian
  - + Ở giữa nối với nguồn điện cao tần
- Sử dụng như anten hoàn chỉnh, hay cấu tạo nên anten phức tạp

## ■ Phân bố dòng điện

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



Hình 5.1 Sự tương quan giữa chấn tử đối xứng và đường dây song hành

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### ▪ Phân bố dòng điện

##### • Tương quan chấn tử đối xứng và đường dây song hành

###### + Khác biệt: Chấn tử đối xứng có

- Thông số phân bố L, C thay đổi dọc theo chấn tử
- Năng lượng bức xạ ra không gian dưới dạng sóng điện từ

###### + 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

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

$I_b$  là biên độ dòng điện ở điểm bụng .

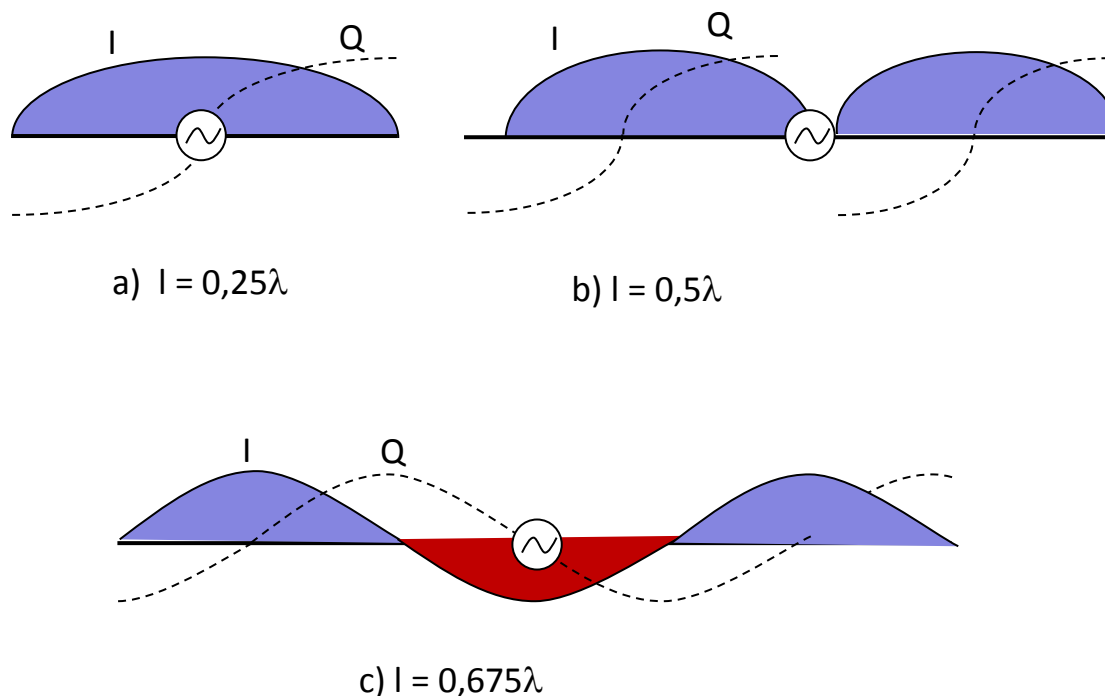
$l$ : là độ dài một nhánh chấn tử

###### + Phân bố điện tích

$$Q_z = \begin{cases} \frac{k.I_b}{i.\omega} \cdot \cos\{k.(l - z)\}, & z > 0 \\ -\frac{k.I_b}{i.\omega} \cdot \cos\{k.(l + z)\}, & z < 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

## ■ Phân bố dòng điện



Hình 5.2 Phân bố dòng điện và điện tích trên chấn tử đối xứng

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

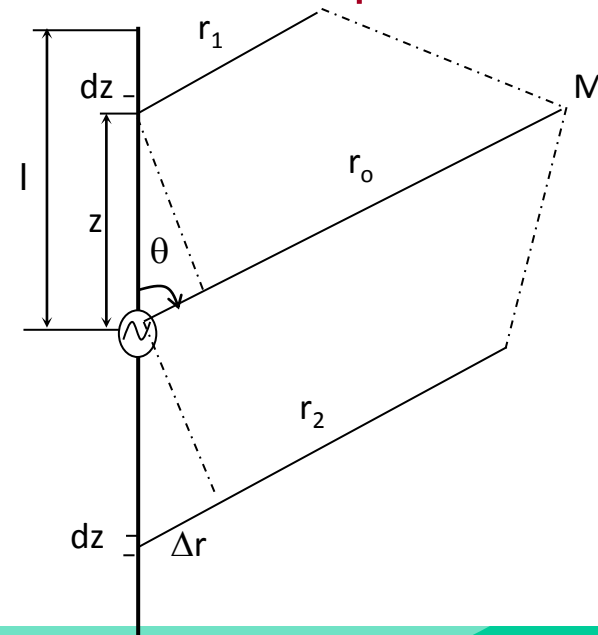
## ■ Bức xạ của chấn tử đối xứng trong không gian tự do

## • Bài toán

- + Chấn tử đối xứng chiều dài  $2l$  đặt trong không gian tự do
- + Khảo sát trường tại M cách chấn tử  $r_0 \gg \lambda$ , lập với trục chấn tử góc  $\theta$

## • Xác định cường độ trường

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



Hình 5.3 Mô tả các thông số tính trường bức xạ của chấn tử đối xứng trong không gian tự do

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

### ▪ Bước xạ của chấn tử đối xứng trong không gian tự do

#### • Xác định cường độ trường

+ Trường do phần tử  $dz$  nhánh 1 và 2 gây ra tại M

(5.3)

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

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

do  $r \gg \lambda$

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

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

+ Tổng hợp cường độ trường do hai phần tử

$$d\bar{E} = d\bar{E}_1 + d\bar{E}_2; \quad I_z = I_b \cdot \sin \left\{ k \cdot (l - |z|) \right\} \quad (5.4)$$

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

$$d\bar{E} = i \frac{60\pi \cdot I_b \cdot dz}{r_0 \cdot \lambda} \sin \theta \cdot \sin \left\{ k(l - z) \right\} \cdot e^{-ikr_0} \cdot 2 \cos(kz \cdot \cos \theta) \bar{i}_\theta \quad (5.5)$$

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

- **Bức xạ của chấn tử đối xứng trong không gian tự do**
  - **Xác định cường độ trường**
    - + Điện trường do toàn bộ chấn tử gây ra tại M

$$\vec{E} = \int_0^l d\vec{E}$$

$$\vec{E} = i \frac{60I_b}{r_0} \cdot \frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos kl}{\sin \theta} \cdot e^{-ikr_0} \cdot \vec{i}_\theta$$

$$\vec{E} = i \frac{60I_b}{r_0} \cdot e^{-ikr_0} \cdot f(\theta, \varphi) \tag{5.6}$$

$$|\vec{E}| = \frac{60 \cdot I_b}{r_0} \cdot |f(\theta, \varphi)| \quad \notin \varphi \tag{5.7}$$



### 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

$$|f(\theta, \varphi)| = |f(\theta)| = \left| \frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)}{\sin \theta} \right| \quad (5.8)$$

Trong mặt phẳng H vuông góc với trục chấn tử có  $\theta$  là hằng số, hàm tính hướng chỉ phụ thuộc vào “k.l”, (hay chiều dài tương đối  $l/\lambda$ )

+ Chấn tử ngắn:  $l < \lambda/4$

$$\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2} \quad (x <) \Leftrightarrow |f(\theta)| = \frac{(k.l)^2}{2} |\sin \theta| \quad (5.9)$$

$$F(\theta) = |\sin \theta| \quad (5.10)$$

- 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

### 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 :  $l = \lambda/4$

$$k.l = \pi/2$$

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

+ Chấn tử cả sóng:  $l = \lambda/2$

$$k.l = \pi$$

$$|f(\theta)| = \frac{\cos(\pi\cos\theta) + 1}{\sin\theta} = \frac{2\cos^2\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \quad (5.12)$$

- Đồ thị hẹp hơn

## 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, do đó

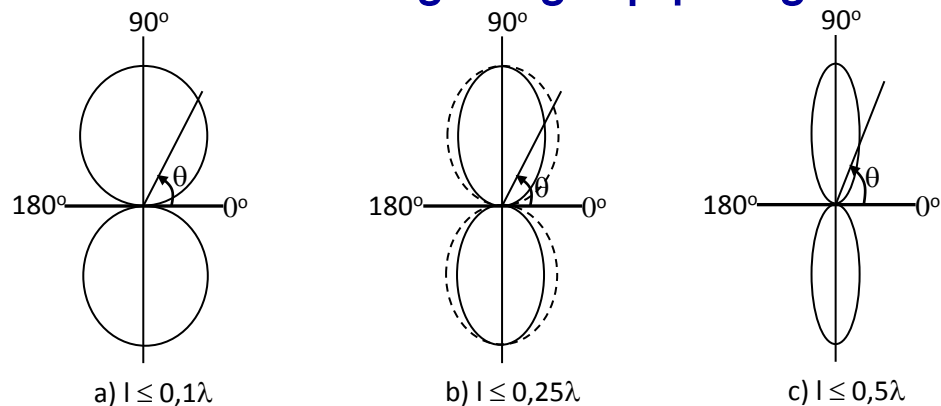
- Tại hướng vuông góc, không có sai pha về đường đi nhưng dòng điện ngược pha nên cường độ trường tổng giảm (búp chính thu hẹp lại)
- Tại hướng có sai pha về đường đi thì sai pha được bù trừ nhờ sai pha về dòng điện nên xuất hiện các búp phụ (búp phụ lớn dần). Khi  $l = \lambda$ , bốn búp phụ trở thành bốn búp chính.

→ Tính hướng của chấn tử đối xứng phụ thuộc vào chiều dài điện:  $l/\lambda$

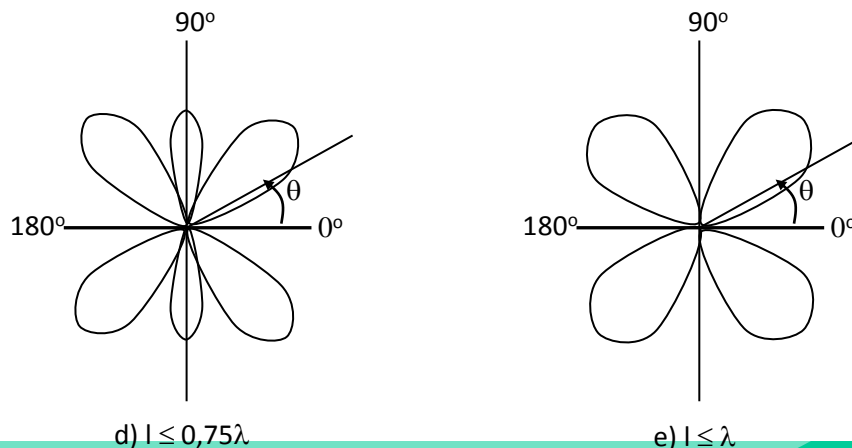
### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### Tham số của chấn tử đối xứng

- Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng trong mặt phẳng E



Hình 5.4 Đồ thị phương hướng của chấn tử đối xứng trong mặt phẳng E



### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### Tham số của chấn tử đối xứng

Trở kháng sóng, trở kháng vào

#### • Trở kháng sóng

+ Trở kháng sóng dây song hành

$$Z_f = 276.1 \lg \left( \frac{D}{r} \right) \quad (5.13)$$

D: Khoảng cách tâm hai dây dẫn

r: Bán kính dây dẫn

+ Chấn tử đối xứng thông số điện dung phân tán thay đổi

- Với  $l \leq \lambda$

$$Z_A = 120 \left[ \ln \left( \frac{2l}{r} \right) - 1 \right] \quad (\Omega) \quad (5.14)$$

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

$$Z_A = 120 \left[ \ln \left( \frac{\lambda}{\pi \cdot r} \right) - E \right] \quad (\Omega) \quad (5.15)$$

E: Hằng số O'le (= 0,577)

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### Tham số của chấn tử đối xứng

Trở kháng sóng, trở kháng vào

##### • Trở kháng vào

- + Với đường dây song hành hở mạch đầu cuối có trở kháng vào

$$X_{vA} = -iZ_A \cotg(k.l) \quad (5.16)$$

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

$$R_{vA} = \frac{R_{\Sigma b}}{\sin^2(kl)} \quad (5.17)$$

- + Trở kháng vào của chấn tử

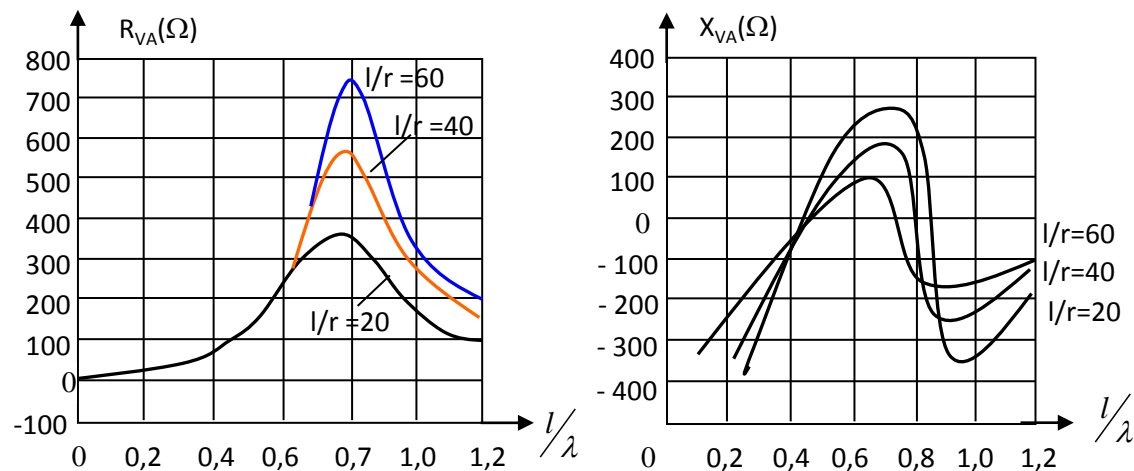
$$Z_{vA} = R_{vA} + jX_{vA} = \frac{R_{\Sigma b}}{\sin^2(kl)} - iZ_A \cdot \cotg(kl) \quad (5.18)$$

(Với  $l < 0,75\lambda$ )

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### Tham số của chấn tử đối xứng

##### Trở kháng vào



Hình 5.5. Sự phụ thuộc của  $Z_{VA}$  vào  $l/\lambda$

Nhận xét:

- Chấn tử ngắn ( $l < \lambda/4$ ):  $\cotg$  là (+) nên  $Z_{VA}$  là (-) → Trở kháng vào mang tính dung
- Chấn tử nửa sóng ( $l = \lambda/4$ ):  $\cotg = 0$  nên  $Z_{VA} = R_{VA} = 73,1 \Omega$  → Mạch cộng hưởng nối tiếp
- Chấn tử có ( $\lambda/4 < l < \lambda/2$ ):  $\cotg$  là (-) nên  $Z_{VA}$  là (+) → Trở kháng vào mang tính cảm
- Chấn tử toàn sóng ( $l = \lambda/2$ ):  $\cotg = 0$ ,  $\sin = 0$ , nên  $Z_{VA} = \infty$  → Mạch cộng hưởng song song

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

### Tham số của chấn tử đối xứng

Công suất bức xạ, điện trở bức xạ, hệ số tính hướng

#### Công suất bức xạ

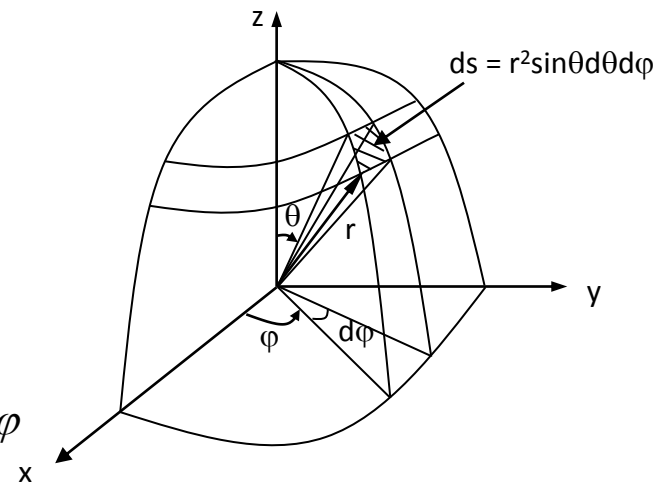
+ Công suất bức xạ qua diện tích  $ds$

$$dP_{\Sigma} = S_{tb} \cdot ds = E_h \cdot H_h \cdot ds = \frac{E^2}{2Z} \cdot ds \quad (5.19)$$

+ Công suất bức xạ của chấn tử

$$P_{\Sigma} = \frac{ZI_b^2}{8\pi^2 r^2} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \left[ \frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)}{\sin \theta} \right]^2 r^2 \sin \theta d\theta d\varphi$$

$$P_{\Sigma} = 30I_b^2 \int_0^{\pi} \frac{[\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)]^2}{\sin \theta} d\theta \quad (\neq \varphi) \quad (5.20)$$



Hình 5.6. Xác định công suất bức xạ của chấn tử đối xứng



### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

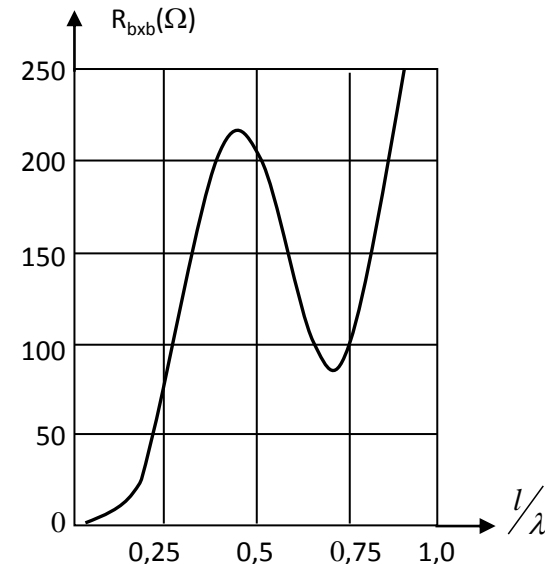
#### Tham số của chấn tử đối xứng

##### Điện trở bức xạ

##### + Xác định tại điểm bụng

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

$$R_{\Sigma b} = 60 \int_0^{\pi} \frac{[\cos(kl \cos \theta) - \cos(kl)]^2}{\sin \theta} d\theta \quad (5.21)$$



Hình 5.7. Quan hệ giữa điện trở bức xạ và độ dài tương đối

##### Nhận xét

- Khi  $l/\lambda$  nhỏ, giống dipol điện, tăng  $l$  làm cho dòng đồng pha tăng  $\rightarrow$  Tăng  $R_{\Sigma}$
- Khi  $l > \lambda/2$ , xuất hiện dòng điện ngược pha  $\rightarrow$  Giảm  $R_{\Sigma}$
- Điện trở bức xạ dao động cực đại ở độ dài là bội số chẵn lần  $\lambda/4$ , cực tiểu ở độ dài là bội số lẻ lần  $\lambda/4$

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

- Tham số của chấn tử đối xứng
  - Hệ số tính hướng

$$D(\theta, \varphi) = \frac{|E(\theta, \varphi)|^2 \cdot 2\pi \cdot r^2}{Z \cdot P_{\Sigma}} \quad (5.22)$$

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

Nhận xét:

- Khi  $l/\lambda \leq 0,675$ : Bức xạ anten cực đại ở hướng  $\theta = \pm\pi/2$ , tăng  $l \rightarrow D$  tăng
- Khi  $l/\lambda > 0,675$ : Tăng  $l \rightarrow D$  giảm do cực đại chính giảm

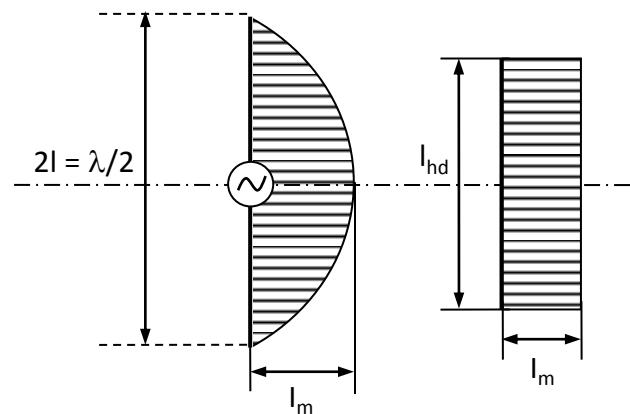
## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

### Tham số của chấn tử đối xứng

#### Chiều dài hiệu dụng

- + KN: 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.

$$l_{hd} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \text{tg} \left( \frac{k \cdot l}{2} \right) \quad (5.23)$$



Hình 5.8. Chiều dài thực và chiều dài hiệu dụng của chấn tử đối xứng

Nhận xét:

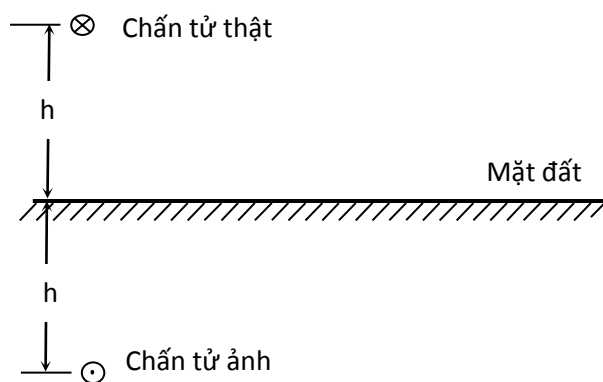
- Chấn tử ngắn, coi:  $\text{tg} x = x \rightarrow l_{hd} = l$  (chiều dài một nhánh chấn tử thật)
- Chấn tử nửa sóng:  $\text{tg}(kl/2) = 1 \rightarrow l_{hd} = \lambda/\pi$

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

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

## • Phương pháp ảnh gương

- + Chấn tử trong môi trường thực, các vật dẫn ở gần ảnh hưởng tới sự bức xạ
  - Trường bức xạ của anten làm phát sinh dòng thứ cấp  $\rightarrow$  nguồn bức xạ thứ cấp
  - Cường độ trường tại hiểm thu là giao thoa giữa trường sơ cấp và thứ cấp
- + Coi ảnh hưởng của nguồn thứ cấp là do chấn tử ảnh



Chấn tử thật và chấn tử ảnh

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

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

#### • Phương pháp ảnh gương

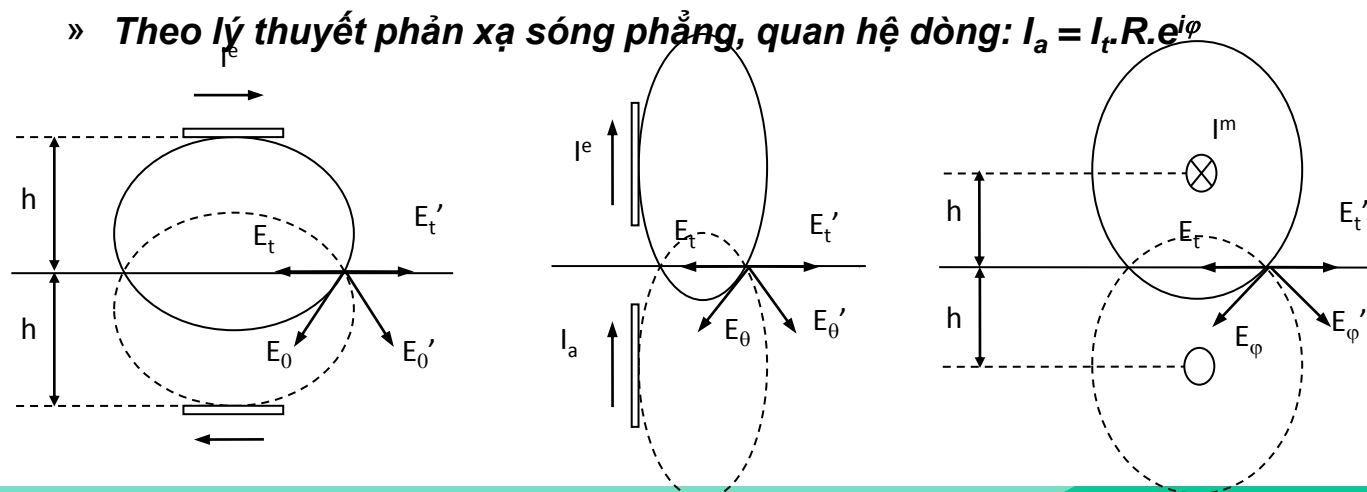
#### + Ảnh hưởng của mặt đất được xác định bằng phương pháp ảnh gương

- Tác dụng của dòng thứ cấp xác định 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 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 sẽ tương đương với hệ hai chấn tử có khoảng cách  $2h$  đặt trong không gian tự do

» Theo lý thuyết phản xạ sóng phẳng, quan hệ dòng:  $I_a = I_t \cdot R \cdot e^{i\varphi}$



Hình 5.9. Nguyên lý ảnh gương

## 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

- Coi là hai chấn tử đối xứng có dòng điện ngược pha
- Xác định cường độ trường tại M cách xa chấn tử

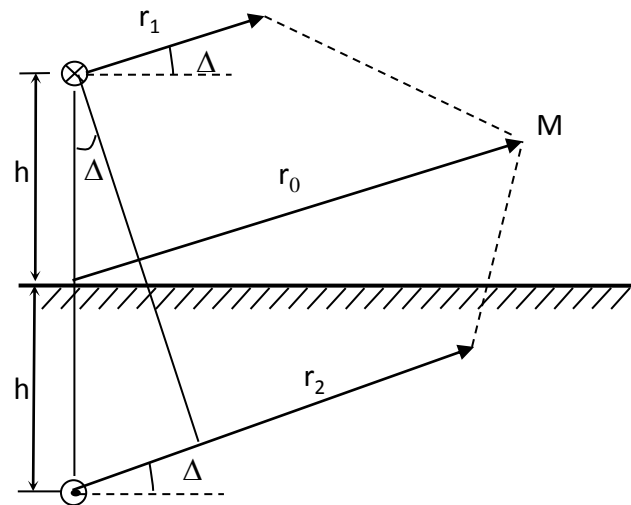
$$E_1 = E_0 \cdot F_0(\Delta)$$

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

$$E_2 = E_1 R_{px} e^{i(\varphi_{px} - 2k \cdot h \cdot \sin \Delta)}$$

$$E = E_1 + E_2 = E_0 \cdot F_0(\Delta) \left[ 1 + R_{px} e^{i(\varphi_{px} - 2k \cdot h \cdot \sin \Delta)} \right] \quad (5.25)$$

$$|E| = E_0 \cdot F_0(\Delta) \sqrt{1 + R_{px}^2 + 2R_{px} \cos(\varphi_{px} - 2k \cdot h \cdot \sin \Delta)} \quad (5.26)$$



Hình 5.10. Chấn tử đối xứng đặt nằm ngang trên 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

$\Delta$ : hướng khảo sát

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

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

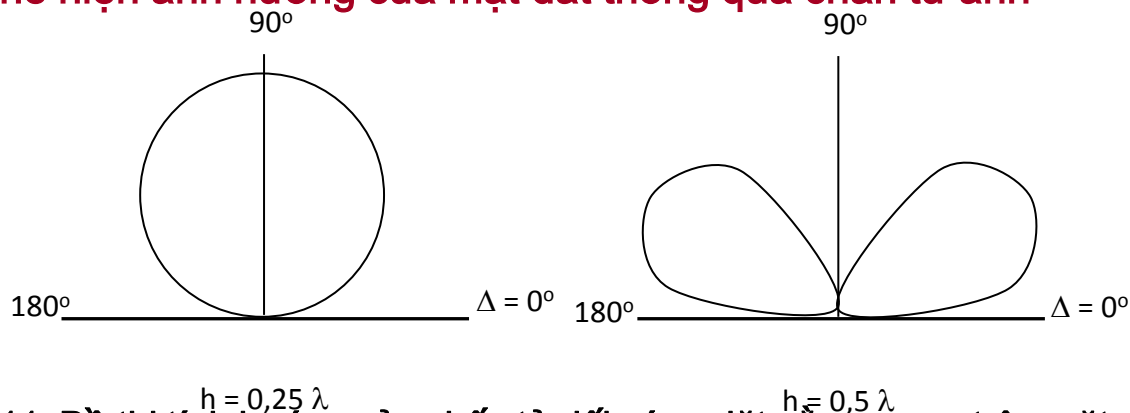
##### Bức xạ của chấn tử đối xứng đặt nằm ngang

- + 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  $\varphi = \pi$

$$|E| = E_0 \sqrt{2 \left[ 1 + \cos(\pi - 2k.h.\sin\Delta) \right]} = 2E_0.F(\Delta) \quad (5.27)$$

$$F(\Delta) = \sin(k.h.\sin\Delta) \quad (5.28)$$

$F(\Delta)$  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)

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

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

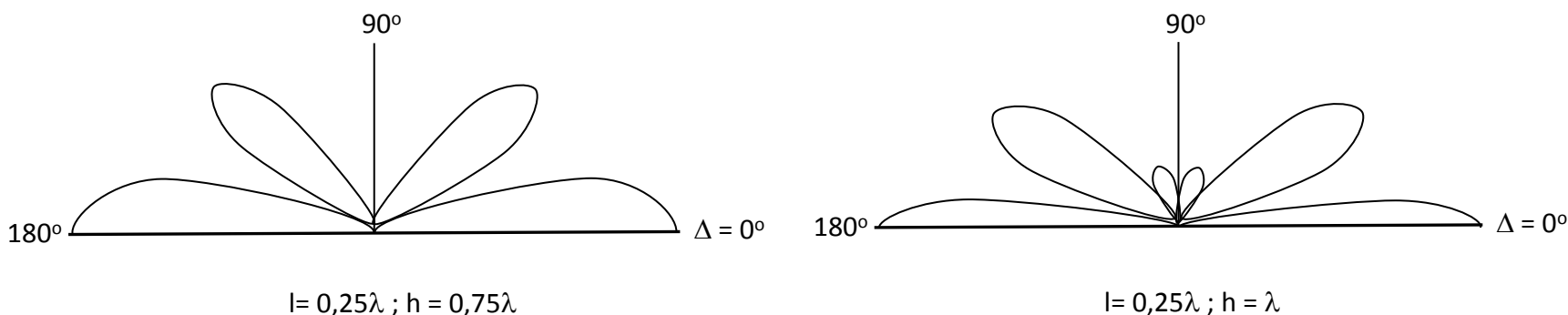
##### Bức xạ của chấn tử đối xứng đặt thẳng đứng

+ Hai chấn tử có dòng điện đồng pha

+ Hàm tính hướng biên độ giống của chấn tử đối xứng ( $\Delta$  và  $\theta$  là góc phụ nhau)

$$F(\Delta) = F_0(\Delta) \cos(kh \sin \Delta) \quad F_0(\Delta) = \frac{\cos(kl \sin \Delta) - \cos kl}{(1 - \cos kl) \cos \Delta} \quad (5.29)$$

$$E(\Delta) = 2E_0 \cdot F(\Delta) \quad (5.30)$$



Hình 5.12. Đồ thị tính hướng của chấn tử đối xứng đặt thẳng đứng trên mặt đất (mp H)



## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

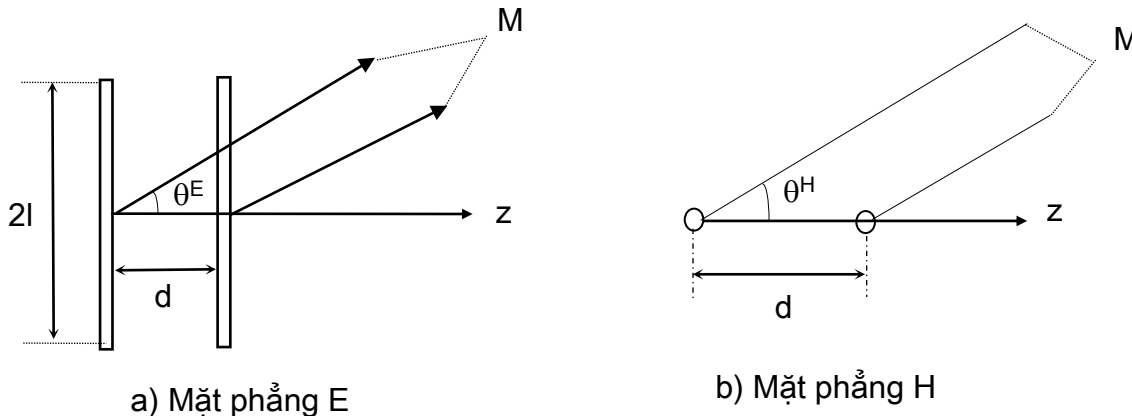
### ▪ Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

#### • Bước xạ của hệ hai chấn tử đặt gần nhau

- + Để tạo anten có tính hướng khác nhau phải sử dụng hệ chấn tử đối xứng đặt gần nhau
- + Quan hệ dòng trong hai chấn tử

$$\frac{I_2}{I_1} = a_2 e^{i\psi_2} \quad (5.31)$$

$a_2$  - là tỷ số biên độ dòng điện của chấn tử 2 và chấn tử 1  
 $\psi_2$  - góc sai pha của dòng điện trong chấn tử 2 so với dòng trong chấn tử 1



Hình 5.13. Hệ hai chấn tử đối xứng đặt song song gần nhau

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau
  - Bước xạ của hệ hai chấn tử đặt gần nhau
    - + Cường độ trường tại điểm khảo sát

$$\begin{aligned}\vec{E}_M &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \\ E &= -\frac{ik}{4\pi} \cdot \frac{e^{-ikr}}{r} \cdot f_1(\theta) \cdot (1 + a_2 e^{i\psi_2} e^{ikd \cos \theta})\end{aligned}\tag{5.32}$$

- + Hàm tính hướng tổng hợp

$$f_k(\theta) = 1 + a_2 e^{i\psi_2} e^{ikd \cos \theta}\tag{5.33}$$

Hàm này phụ thuộc các giá trị khác nhau của  $d/\lambda$  và  $a_2 \cdot e^{-i\psi_2}$

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### ▪ Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

##### • Bức xạ của hệ hai chấn tử đặt gần nhau

+ Trường hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, đồng pha:  $a_2 = 1$ ,  $\psi_2 = 0$

$$f_k(\theta) = 1 + e^{ikd \cos \theta} = e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}} \left( e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}} + e^{-\frac{ikd \cos \theta}{2}} \right) \quad (5.34)$$

$$f_k(\theta) = 2 \cos \left[ (kd/2) \cdot \cos \theta \right] \cdot e^{\frac{ikd \cos \theta}{2}}$$

$$|f_k(\theta)| = 2 \cos \left[ (kd/2) \cdot \cos \theta \right] \quad (5.35)$$

$$\arg \{f_k(\theta)\} = (kd/2) \cdot \cos \theta$$

##### - Hướng bức xạ cực đại

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

$$\cos \theta_{\max} = \frac{2n\pi}{kd} = \frac{n \cdot \lambda}{d} \leq 1 \Leftrightarrow n \leq \frac{d}{\lambda} \quad (5.36)$$

### 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, ngược pha:  $a_2 = 1$ ,  $\psi_2 = 180^\circ$

- Hàm tính hướng

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

$$|f_{km}(\theta)| = 2 \left| \sin\left[\left(\frac{kd}{2}\right)\cos\theta\right] \right|$$

- Hướng bức xạ cực đại

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

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

- Hướng bức xạ cực tiểu

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

$$\cos\theta_{\min} = \frac{2n\pi}{kd} = \frac{n \cdot \lambda}{d} \leq 1 \Leftrightarrow n \leq \frac{d}{\lambda}$$

### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### ■ Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

##### • Bước xạ của hệ hai chấn tử đặt gần nhau

+ Trường hợp dòng trong hai chấn tử đồng biên, vuông pha:  $a_2 = 1$ ,  $\psi_2 = 90^\circ$

- Hàm tính hướng

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

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

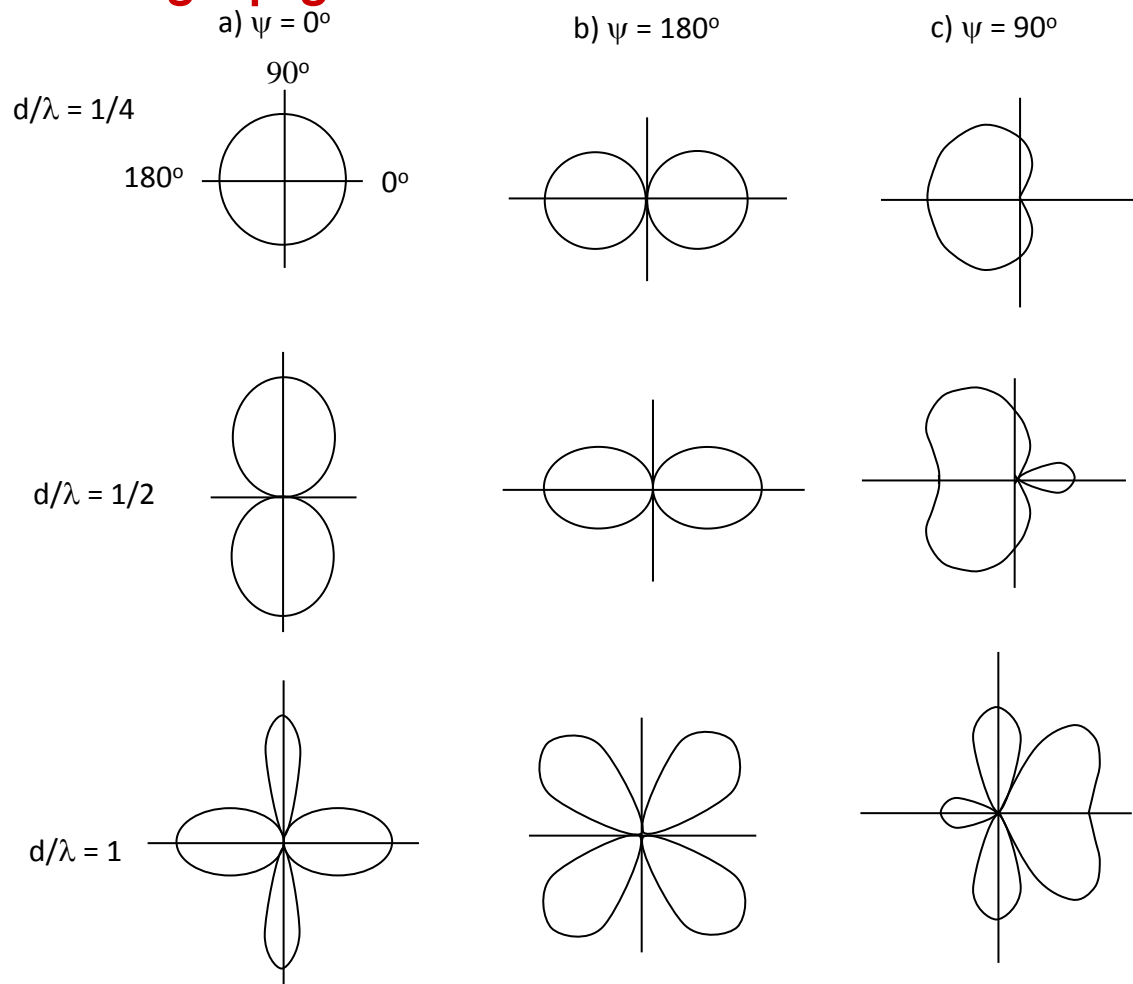
$$|f_{km}(\theta)| = 2 \left| \cos \left( \frac{kd}{2} \cos\theta + \frac{\pi}{4} \right) \right|$$

- Khi  $d = \lambda/4$

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

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

### ■ Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau



Hình 5.14. Đồ thị phương hướng của hai chấn tử đặt song song với nhau

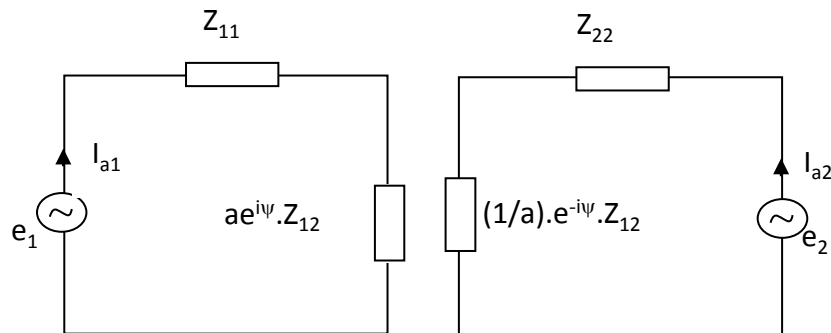
### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

- Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

Trở kháng vào, điện trở bức xạ của hệ hai chấn tử

- Trở kháng vào

- + Sơ đồ tương đương hệ hai chấn tử



Hình 5.15. Sơ đồ tương đương hệ hai chấn tử

- + Trở kháng vào của mỗi chấn tử gồm thành phần trở kháng riêng và trở kháng tương hỗ của chấn tử lân cận

## 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 sđđ thực tế đặt lên hai chấn tử

$$e_1 = I_{a1}Z_{11} + I_{a2}Z_{12}$$

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

(5.38)

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

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

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

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

$$Z_{v1} = \frac{e_1}{I_{a1}} = Z_{11} + ae^{i\psi} Z_{12}$$

$$Z_{v2} = \frac{e_2}{I_{a2}} = Z_{22} + \frac{1}{a}e^{-i\psi} Z_{12}$$

(5.39)

$$Z_{11} = R_{11} + iX_{11} \quad Z_{22} = R_{22} + iX_{22} \quad Z_{12} = R_{12} + iX_{12}$$

$$Z_{v1} = R_{11} + a(R_{12}\cos\psi - X_{12}\sin\psi) + i\left[X_{11} + a(R_{12}\sin\psi + X_{12}\cos\psi)\right]$$

$$Z_{v2} = R_{22} + \frac{1}{a}(R_{12}\cos\psi + X_{12}\sin\psi) + i\left[X_{22} + \frac{1}{a}(R_{12}\sin\psi - X_{12}\cos\psi)\right]$$

(5.40)



### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### ▪ Hệ hai chấn tử đối xứng đặt gần nhau

##### • Điện trở bức xạ

$$P_{bx} = \frac{I^2 \cdot R_{bx}}{2} \quad (5.41)$$

$$P_{bx1} = \frac{I_{a1} I_{a1}^*}{2} \left[ R_{11} + a (R_{12} \cos \psi - X_{12} \sin \psi) \right] \quad (5.42)$$

$$P_{bx2} = \frac{I_{a2} I_{a2}^*}{2} \left[ R_{22} + \frac{1}{a} (R_{12} \cos \psi + X_{12} \sin \psi) \right]$$

$$P_{bx} = P_{bx1} + P_{bx2} = \frac{I_{a1} I_{a1}^*}{2} \left[ R_{11} + a^2 R_{22} + 2a R_{12} \cos \psi \right] \quad (5.43)$$

$$R_{bx0} = R_{11} + a^2 R_{22} + 2a R_{12} \cos \psi \quad (5.44)$$

- Điện trở bức xạ của hệ không phụ thuộc vào điện kháng riêng và điện kháng tương hỗ của hai chấn tử

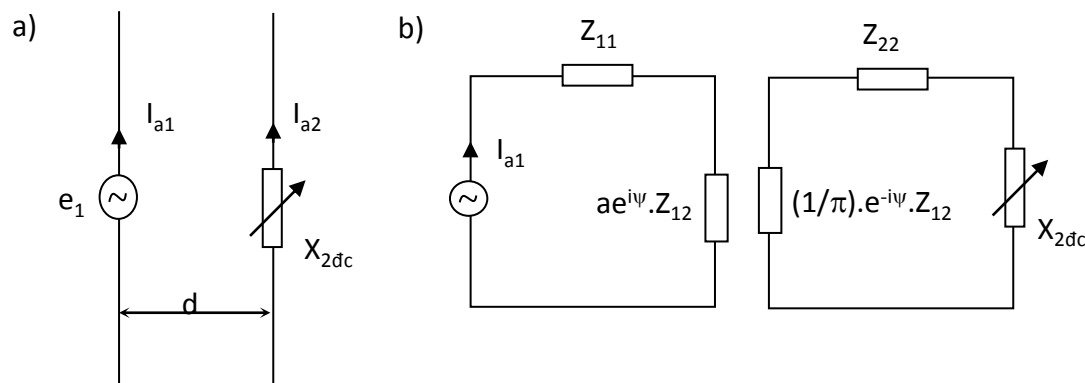
### 5.2 Anten chấn tử đối xứng

#### ■ 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

$$\frac{I_{a2}}{I_{a1}} = a.e^{i\psi} \quad (5.45)$$



Hình 5.16. a) Chấn tử ghép; b) Sơ đồ tương đương

## 5.2 Anten chấn tử đối xứng

### ■ Chấn tử chủ động, chấn tử thụ động

+ Dòng trong chấn tử thụ động

$$e_1 = I_{a1}Z_{11} + I_{a2}Z_{12} \quad (5.46)$$

$$0 = I_{a2}(Z_{22} + iX_{2dc}) + I_{a1}Z_{21} \Leftrightarrow \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = -\frac{Z_{12}}{Z_{22} + iX_{2dc}} = -\frac{R_{12} + iX_{12}}{R_{22} + i(X_{22} + X_{2dc})}$$

$$a = \sqrt{\frac{R_{12}^2 + X_{12}^2}{R_{22}^2 + (X_{22} + X_{2dc})^2}} \quad (5.47)$$

$$\psi = \pi + \arctg \frac{X_{12}}{R_{12}} - \arctg \frac{X_{22} + X_{2dc}}{R_{22}}$$

+ Trở kháng vào và điện trở bức xạ

$$Z_{v1} = Z_{11} - \frac{Z_{12}^2}{Z_{22} + iX_{2dc}}; \quad Z_{v2} = 0 \quad (e_2 = 0) \quad (5.48)$$

$$R_{bx0} = R_{11} + a^2.R_{22} - 2a.R_{12}.\cos\psi \quad (5.49)$$

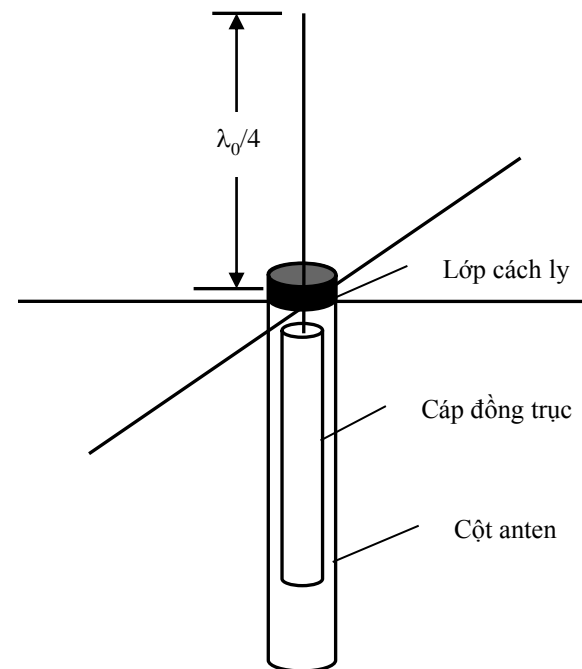
## 5.3 Anten chấn tử đơn

## ■ Cấu tạo

- Gồm một nhánh chấn tử đặt trên mặt đất thường có độ dài  $\frac{1}{4}$  bước sóng
- Các thanh chéo tạo nên mặt cơ sở rộng đảm bảo đồng thị bức xạ tốt

## ■ Đặc điểm

- Điện trở bức xạ:  $36,56\Omega$
- Độ dài thanh chéo khoảng  $\frac{1}{3}$  bước sóng
- Ứng dụng phổ biến cho di động



Hình 5.19. Anten chấn tử đơn

## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Dàn chấn tử đồng pha

## • Cấu tạo

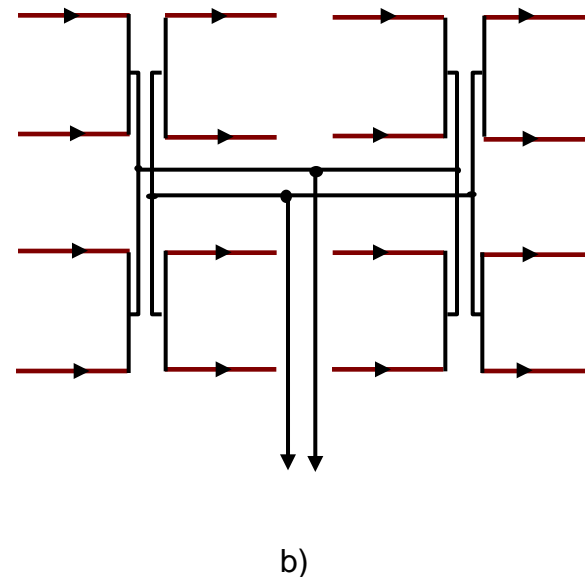
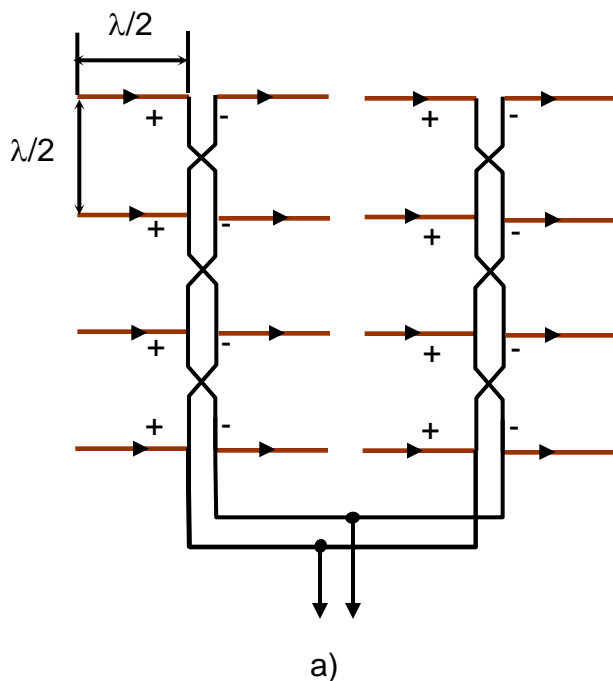
- + Các chấn tử đối xứng toàn sóng:  $l = \lambda/2$
- + Xếp trên một mặt phẳng theo hàng và cột
- + Khoảng cách giữa các chấn tử là  $\lambda/2$

## • Tiếp điện: Tiếp điện đồng pha

- + Kiểu đấu chéo
- + Kiểu song song

## 5.4 Anten nhiều chấn tử

### ■ Dàn chấn tử đồng pha (2)

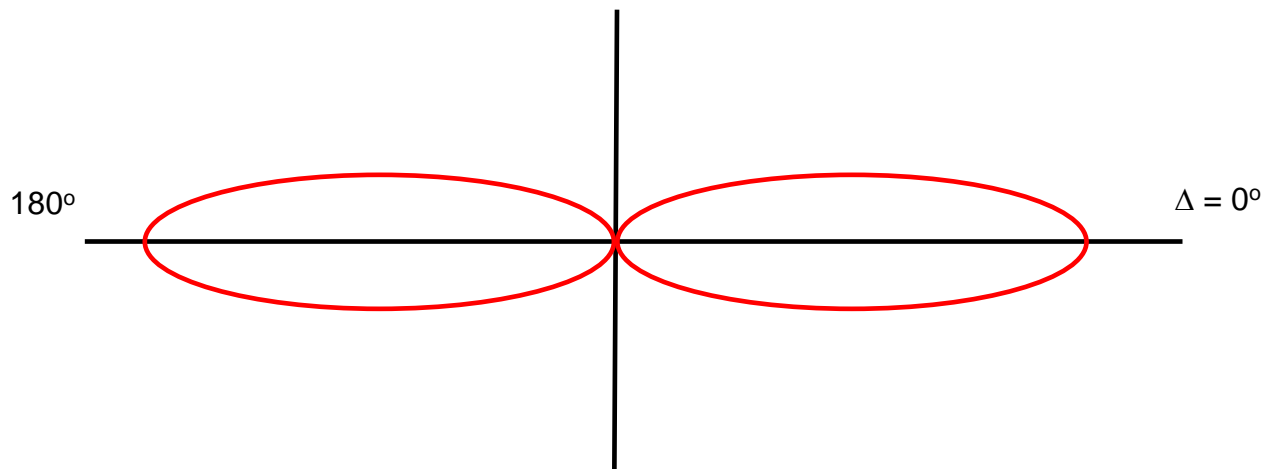


## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Dàn chấn tử đồng pha (3)

## • Đặc điểm làm việc

- + Đồ thị tính hướng giống chấn tử đối xứng nhưng có tính hướng cao hơn.
- + Hướng bức xạ cực đại tại  $\Delta = 0$  và  $\pi$
- + Để bức xạ đơn hướng: Kết hợp với mặt phản xạ, khoảng cách  $d = (0,2 \div 0,25)\lambda$



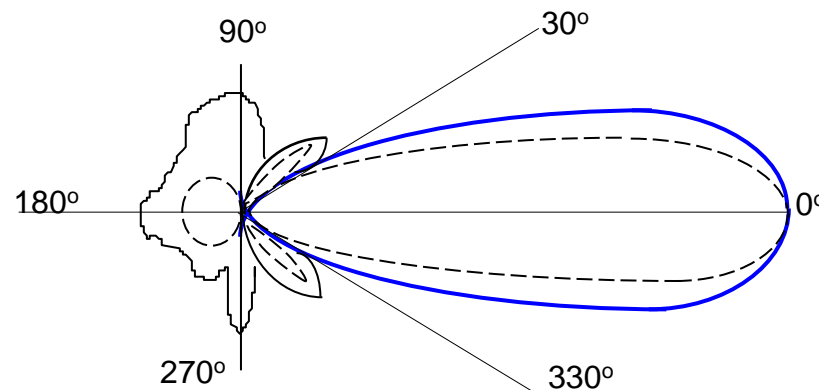
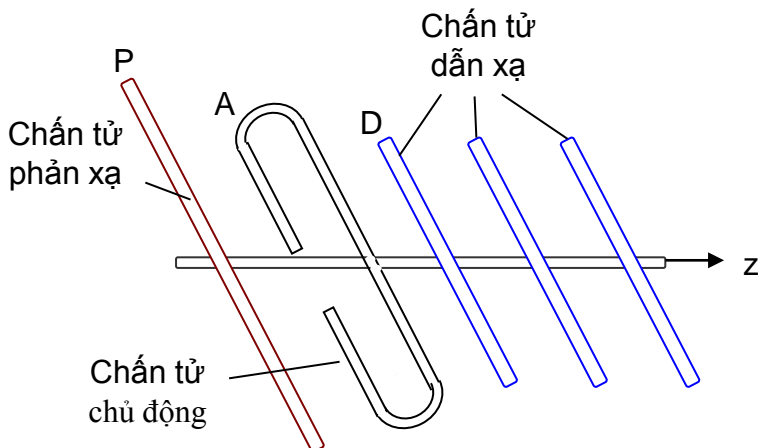
## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Anten Yagi

## ● Cấu tạo

- + Một chấn tử chủ động: Vòng dẹt nửa sóng sóng:  $l = \lambda/4$  ( $Z_v=300\Omega$ )
- + Các chấn tử thụ động: Phản xạ và dẫn xạ
- + Đặt song song với nhau trên một mặt phẳng

## ● Tiếp điện cho chấn tử chủ động





## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Anten Yagi (2)

## • Nguyên lý hoạt động

$$\frac{I_2}{I_1} = a.e^{j\psi}$$

$$a = \sqrt{\frac{(R_{12}^2 + X_{22}^2)}{R_{22}^2 + X_{22}^2}}$$

$$\psi = \pi + \arctg \frac{X_{12}}{R_{12}} - \arctg \frac{X_{22}}{R_{22}}$$

- +  $2l > \lambda/2$ :  $X_{22} < 0$ , tính cảm, I sớm pha hơn  $\rightarrow$  Chấn tử phản xạ  
 $d = (0,15 \div 0,25)\lambda$
- +  $2l < \lambda/2$ :  $X_{22} > 0$ , tính dung, I chậm pha hơn  $\rightarrow$  Chấn tử hướng xạ  
 $d = (0,1 \div 0,35)\lambda$

## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Anten Logarit chu kỳ

## • Cấu tạo

- + Nhiều chấn tử có độ dài khác nhau, đặt ở khoảng cách khác nhau
- + Kích thước và khoảng cách anten thay đổi theo một tỉ lệ gọi là chu kỳ anten

$$\tau = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \dots = \frac{d_{n-1}}{d_n} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_2}{l_3} = \dots = \frac{l_{n-1}}{l_n}$$

- + Đặt song song với nhau trên một mặt phẳng

## • Tiếp điện cho tất cả các chấn tử

- + Tiếp điện đồng pha

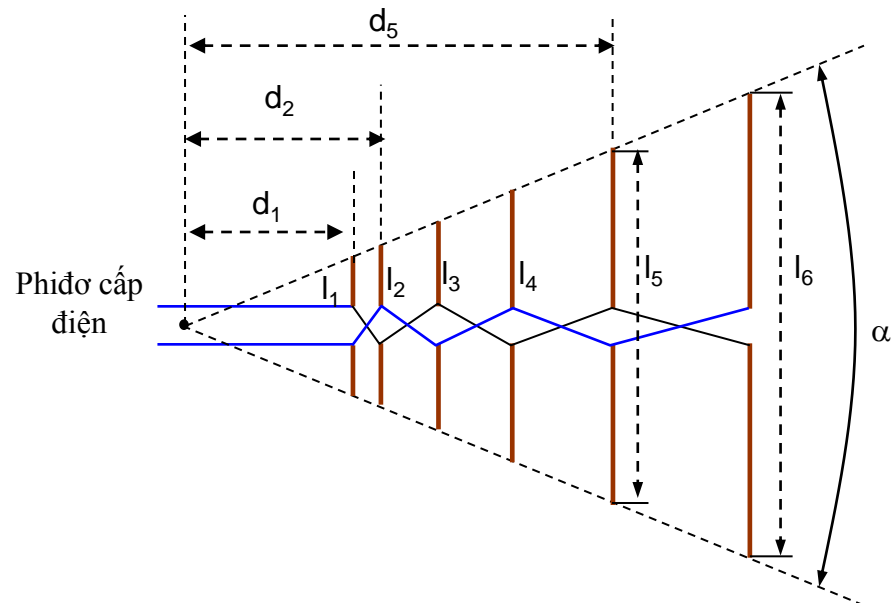
## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Anten Logarit chu kỳ (2)

$$\tau_{\max} = 0,95$$

$$\alpha_{\min} = 10^0$$

ALP700A



## 5.4 Anten nhiều chấn tử

## ■ Anten Logarit chu kỳ (3)

## • Nguyên lý hoạt động

- + Tần số kích thích là  $f_0$ : Chấn tử  $l_0 = \lambda_0/2$  đóng vai trò chấn tử chủ động (trở kháng vào thuần trở =  $73,1\Omega$ )
- + Các chấn tử khác có thành phần điện kháng, giá trị phụ thuộc độ dài so với chấn tử cộng hưởng
- + Tiếp diện so le, các chấn tử phía trước ( $l < l_0$ ) thoả mãn điều kiện của chấn tử hướng xạ, các chấn tử phía sau ( $l > l_0$ ) thoả mãn điều kiện chấn tử phản xạ.
- + Miền bức xạ của anten chủ yếu tạo bởi chấn tử cộng hưởng và một vài chấn tử lân cận.

## • Công thức xác định tần số làm việc

$$f_n = \tau^{n-1} \cdot f_1$$
$$\ln\left(\frac{f_n}{f_1}\right) = (n-1) \cdot \ln \tau$$

## 5.7 Câu hỏi và bài tập

## ■ Bài tập chương 5

13. 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;

14. Số liệu như bài 13, xác định điện trở bức xạ của chấn tử?

(a) 70,1  $\Omega$ ; (b) 73,1 $\Omega$ ; (c) 80,1 $\Omega$ ; (d) 83,1 $\Omega$ ;

15. Số liệu như bài 13, xác định trở kháng vào của chấn tử?

(a) 65,1  $\Omega$ ; (b) 70,1 $\Omega$ ; (c) 73,1 $\Omega$ ; (d) 80,1 $\Omega$ ;

16. Điện trở bức xạ của chấn tử vòng dẹt có giá trị bằng bao nhiêu?

(a) 210  $\Omega$ ; (b) 250  $\Omega$ ; (c) 292  $\Omega$ ; (d) 310  $\Omega$ ;

**CHƯƠNG 6**

**ANTEN GÓC MỞ**

## NỘI DUNG

- **Nội dung chương 6:**
  - 6.1 Giới thiệu
  - 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt
  - 6.3 Anten loa
  - 6.4 Anten gương
  - 6.5 Anten khe
  - 6.6 Anten vi dải
  - 6.7 Câu hỏi và bài tập

## 6.1 Giới thiệu

### ▪ Đặc điểm anten góc mở

- Với anten góc mở sóng điện từ được bức xạ ra từ góc mở của anten
- Hoạt động của anten góc mở dựa trên nguyên lý bức xạ mặt
- Để có hệ số khuếch đại cao chiều dài góc mở và độ rộng phải bằng vài lần bước sóng
- Phù hợp với băng sóng siêu cao tần



## 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 nhau → bề mặt trở thành nguồn bức xạ thứ cấp
- Với bức xạ sóng phẳng thì mặt phẳng đó được gọi là mặt mở của anten (khẩu độ)

## ■ Đặc điểm

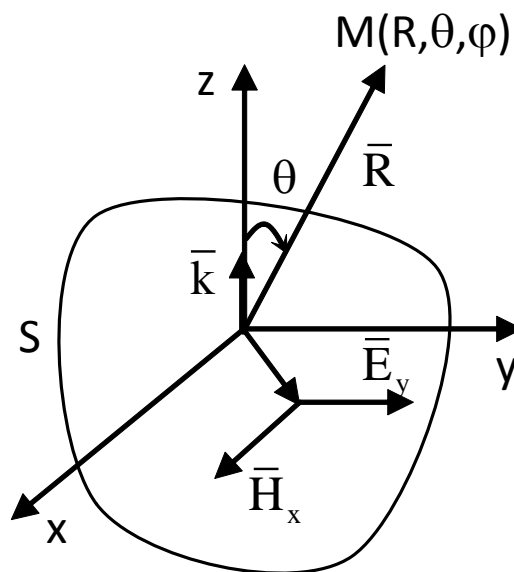
- Sử dụng phổ biến ở dải sóng cực ngắn
- Tạo anten có tính hướng hẹp
- Các anten điển hình: Anten loa, anten gương

## 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt

## ■ Bức xạ bề mặt được kích thích bởi trường điện từ

## • Bài toán

- + Miệng anten có diện tích  $S$ , trên đó các thành phần trường phân bố theo quy luật
- + Đặt anten trong hệ tọa độ với trục  $z$  trùng với phương vecto pháp tuyến ngoài của mặt



## 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt

## ■ Bức xạ bề mặt được kích thích bởi trường điện từ

## • Khảo sát quá trình bức xạ

+ Trường kích thích trên miệng anten là hàm số theo tọa độ của mặt

$$\bar{H}_x = \bar{i}_x H_0 f(x, y) = \bar{i}_x H_0 f_m(x, y) e^{j\psi(x, y)}$$

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 tọa độ.
- $f(x, y)$  là hàm phân bố phức của trường, trong đó  $f_m(x, y)$  là hàm phân bố biên độ còn  $\psi(x, y)$  là hàm phân bố pha.

+ Trở kháng bề mặt

$$Z_s(x, y) = \frac{E_y}{H_x}$$

## 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt

## ■ Bức xạ bề mặt được kích thích bởi trường điện từ

## • 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

$$\bar{J}_s^e = (\bar{n} \cdot \bar{H}_x) = \bar{J}_y^e = \bar{i}_y H_x$$

- Mật độ dòng từ mặt

$$\bar{J}_s^m = -(\bar{n} \cdot \bar{E}_y) = \bar{J}_x^m = \bar{i}_x E_y$$

+ Mặt bức xạ lý tưởng là phẳng, các thành phần tiếp tuyến của trường đồng biên và đồng pha

$$f_m(x, y) = 1$$

$$\psi(x, y) = 0$$

## 6.2 Nguyên lý bức xạ mặt

### ■ Bức xạ bề mặt được kích thích bởi trường điện từ

#### • Khảo sát quá trình bức xạ

+ Chọn z trùng với phương truyền tới của sóng kích thích, với hai thành phần

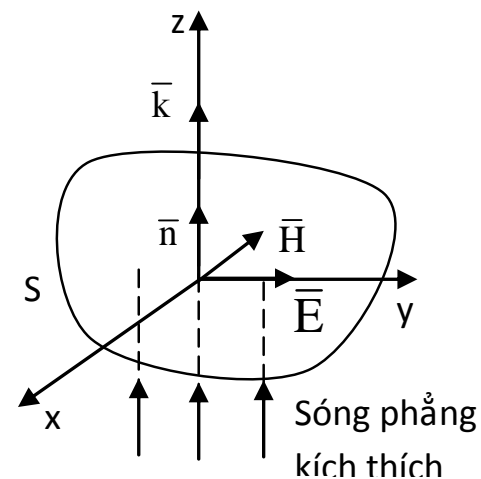
$$\vec{E} = \vec{E}_y = \vec{i}_x E_0$$

$$\vec{H} = \vec{H}_x = -\vec{i}_x H_0$$

+ Trường hợp này ta có

$$H_x = -H_0$$

$$Z_s = \frac{E_y}{H_x} = -\frac{E_0}{H_0}$$



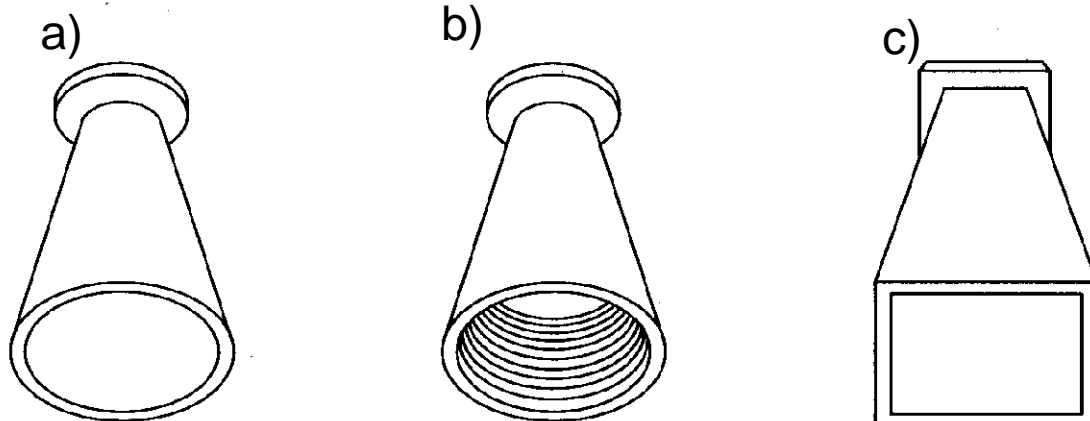
Hình 6.15

## 6.3 Anten loa

## ■ Cấu tạo

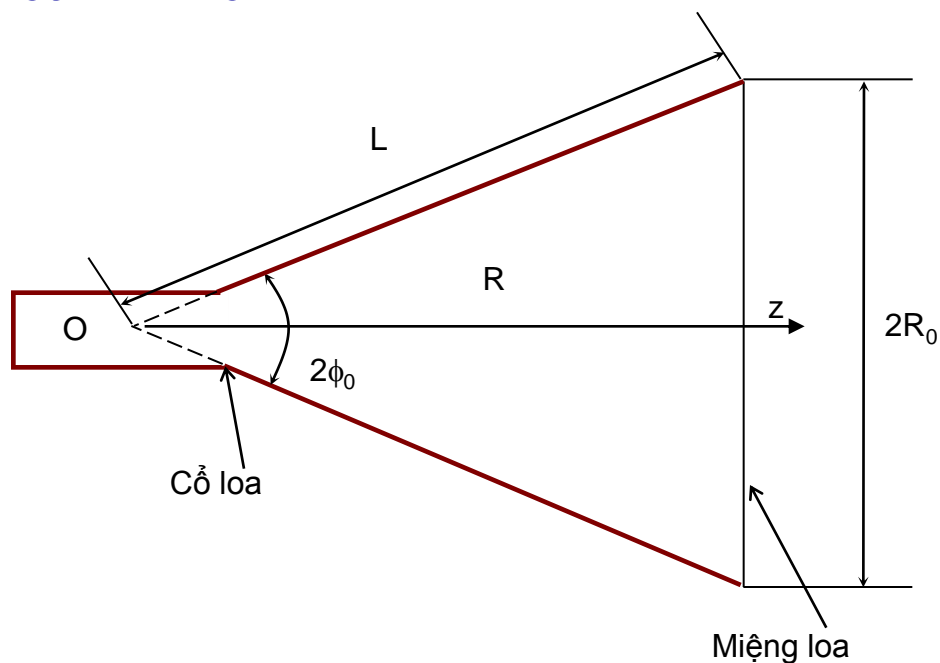
## • Thuộc loại anten bức xạ mặt

- + Là đoạn ống dẫn sóng có một đầu hở.
- + Miệng ống dẫn sóng được mở thon dần để trở kháng sóng biến đổi đều.



## 6.3 Anten loa

- Nguyên lý hoạt động
  - Mô tả loa hình nón



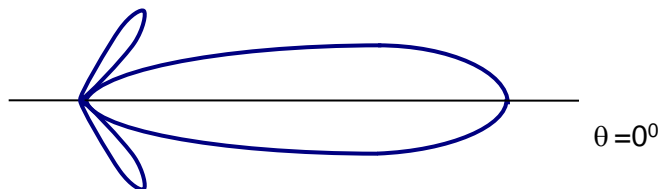
## 6.3 Anten loa

## • Nguyên lý

- + Năng lượng cao tần đến cổ loa ở dạng sóng phẳng.
- + Sóng phân kỳ theo thân loa tới miệng loa.
- + Tại miệng loa năng lượng sóng bức xạ ra không gian với dạng sóng cầu.
- + Chọn góc mở thích hợp

$$R \geq \frac{(2R_0)^2}{2,4\lambda} - 0,15\lambda$$

- + Đồ thị tính hướng





## 6.4 Anten gương

### ■ Nguyên lý

- Dựa trên nguyên lý làm việc của gương quang học
  - + Bộ bức xạ sơ cấp: Bức xạ ra sóng điện từ với mặt sóng và hướng truyền lan xác định.
  - + Mặt phản xạ: Biến đổi 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.
- Anten gương thường có tính hướng cao
  - + Sóng thứ cấp là sóng phẳng, tập chung năng lượng trong một không gian hẹp.

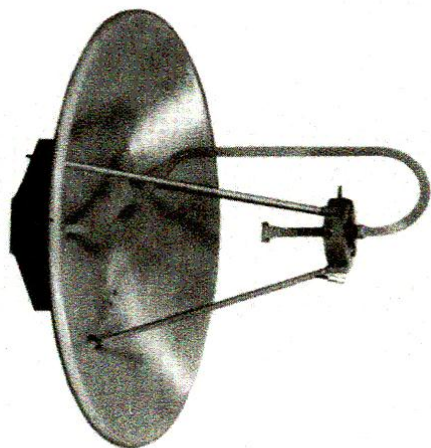
## 6.4 Anten gương

## ■ Anten Parabol

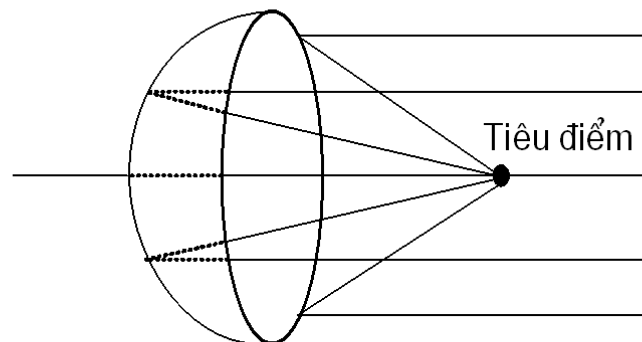
## • Cấu tạo

- + Bộ bức xạ sơ cấp: Sử dụng anten chấn tử đối xứng hoặc anten loa. Vị trí đặt tại tiêu điểm parabol.
- + Mặt phản xạ: Hình parabol tròn xoay với hệ số phản xạ cao.

a)



b)



## 6.4 Anten gương

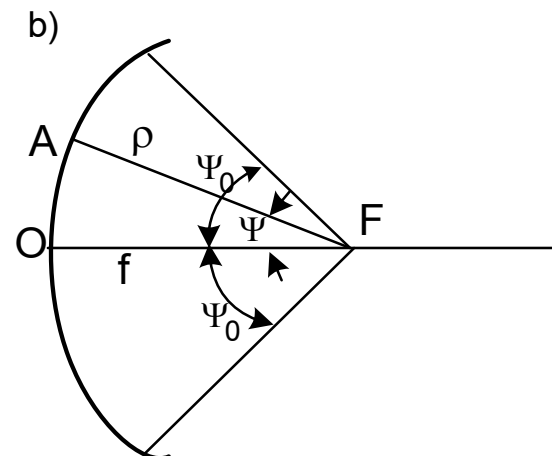
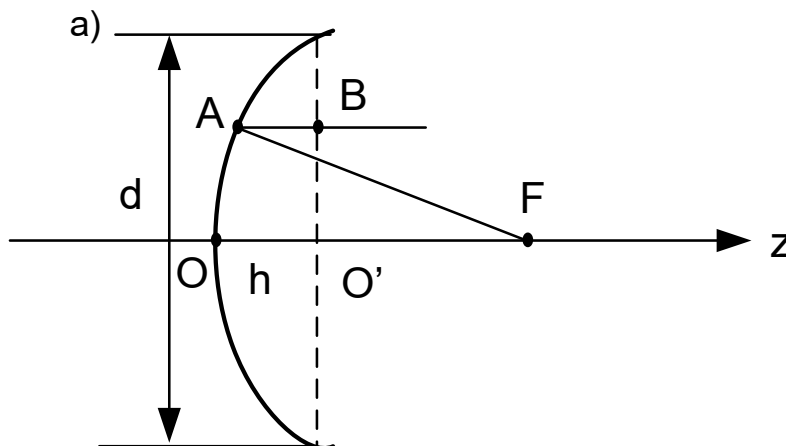
## ■ Anten Parabol (2)

## • Nguyên lý hoạt động

- + Tính chất quang học gương parabol

$$FO + OO' = FA + AB = f + h = \text{Const.}$$

- + Các tia sau khi phản xạ đi đến miệng gương với quỹ đường như nhau, do đó tại miệng gương mặt sóng là mặt phẳng.



## 6.4 Anten gương

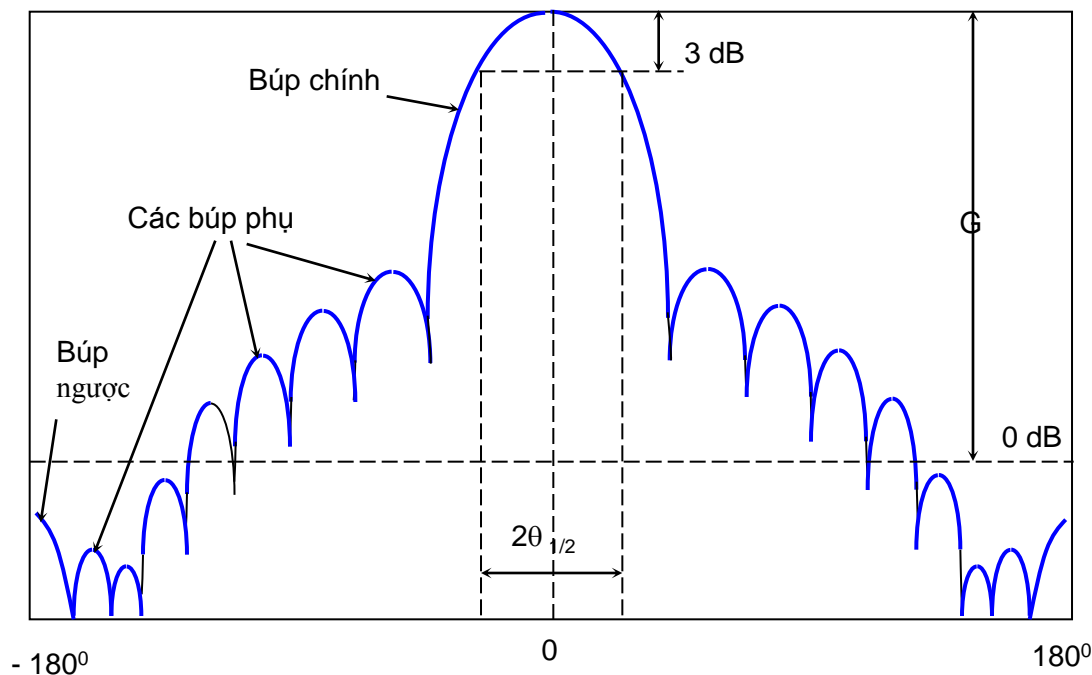
### Anten Parabol (3)

- Các tham số

- + Đồ thị tính hướng

$$\theta_{3dB} = 2\theta_{1/2} = \frac{21}{fd}$$

$$\theta_{3dB} = 2\theta_{1/2} = \frac{70\lambda}{d}$$



## 6.4 Anten gương

## ■ Anten Parabol (4)

## • Các tham số

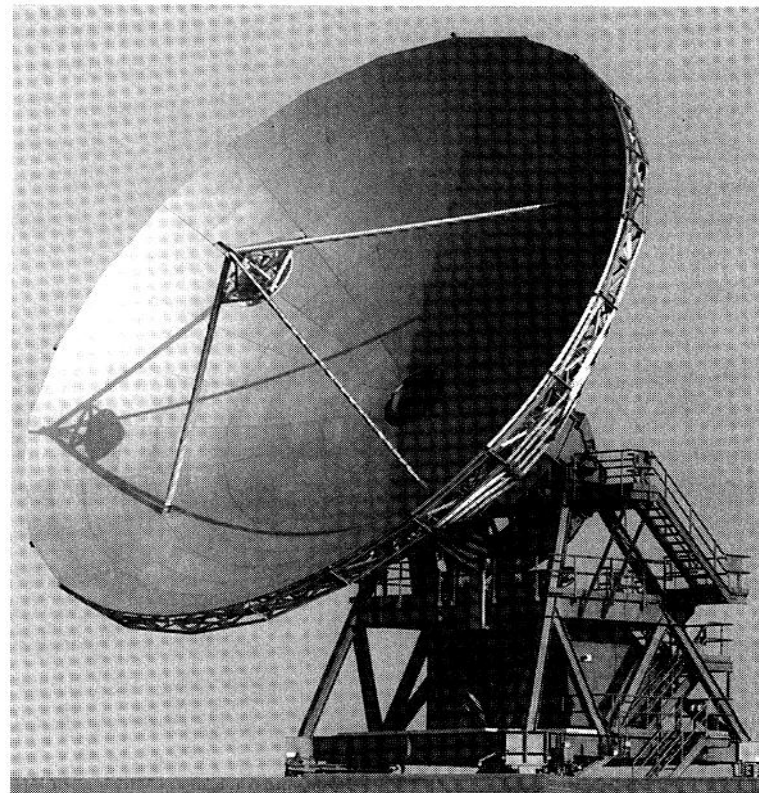
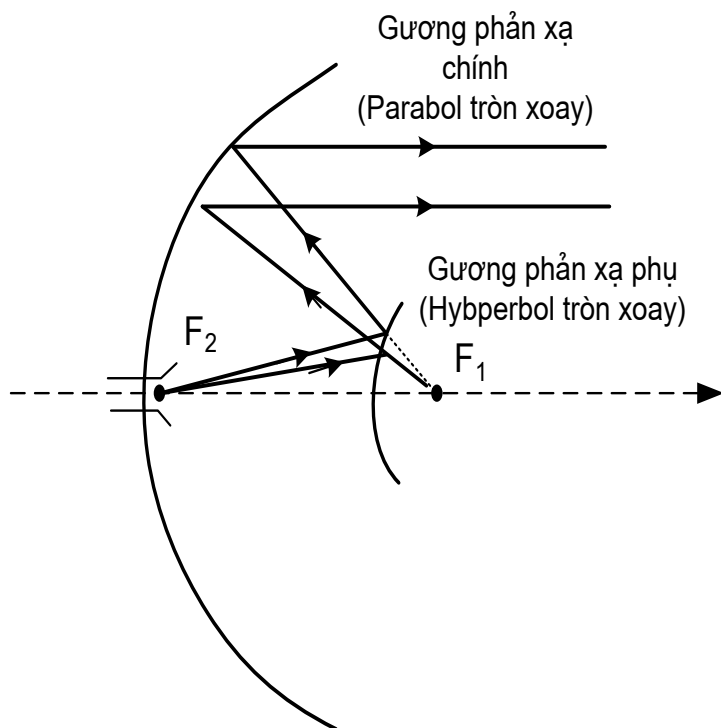
+ Hệ số tính hướng, hệ số khuếch đại

$$D = \frac{4\pi S\eta}{\lambda^2} = \left(\frac{\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad D(\text{dBi}) = 20\lg d_m + 20\lg f_{\text{GHz}} + 20,4$$

$$G = \frac{4\pi S\eta}{\lambda^2} = \left(\frac{\pi d}{\lambda}\right)^2 \eta \quad G(\text{dBi}) = 20\lg d_{(m)} + 20\lg f_{(\text{GHz})} + 10\lg \eta + 20,4$$

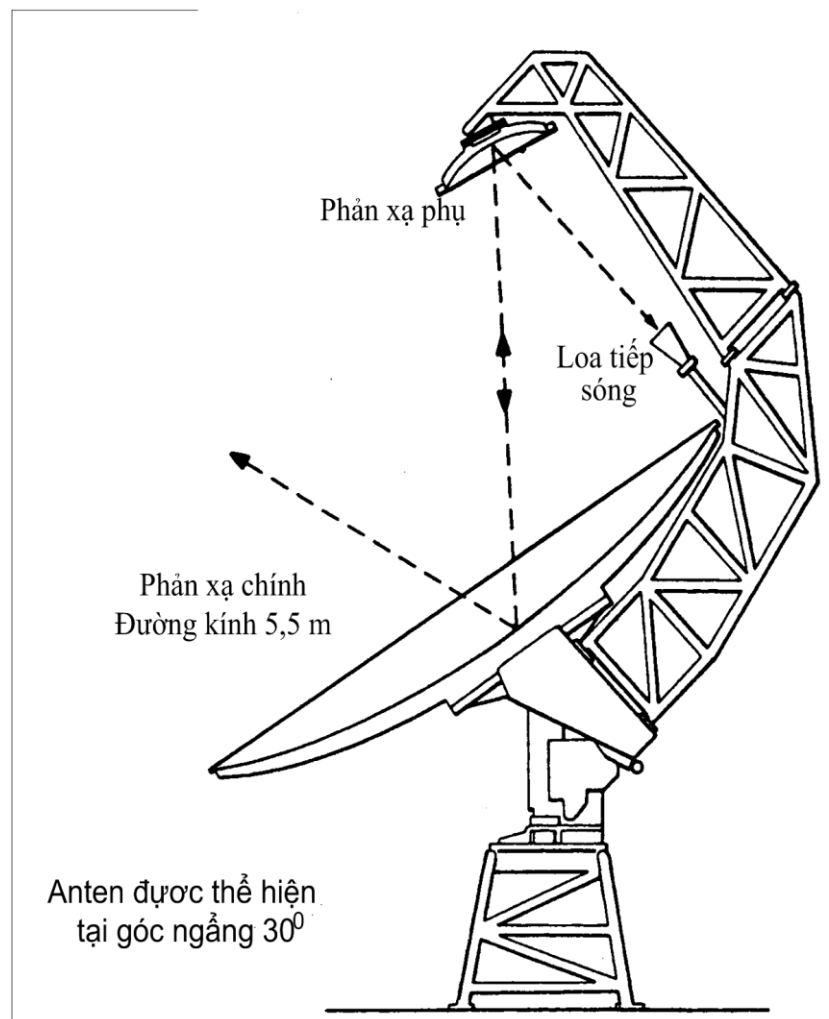
## 6.4 Anten gương

- Một số loại anten gương
  - Anten Cassegrain (anten hai gương)



## 6.4 Anten gương

- Một số loại anten gương
  - Anten Gregorial



## 6.5 Anten khe

### Anten khe nửa sóng

#### Cấu tạo:

- + Khe hẹp trên thành ống dẫn sóng hoặc hốc cộng hưởng
- + Chiều dài bằng nửa bước sóng công tác

#### Hoạt động

- + Quan hệ dòng – áp

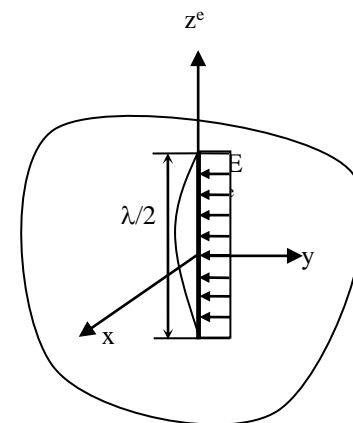
$$I_{day}^m = -2bE_{khe}(z) = -2U_{khe}(z)$$

$$I_{day}^m = -2U_{bkhe} \sin\left(\frac{l}{2} - |z|\right)$$

- + Trường bức xạ

$$E_{\varphi} = i \frac{U_{bkhe}}{\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{kl}{2} \cos\theta\right) - \cos\frac{kl}{2}}{\sin\theta} \right] e^{-ikr}$$

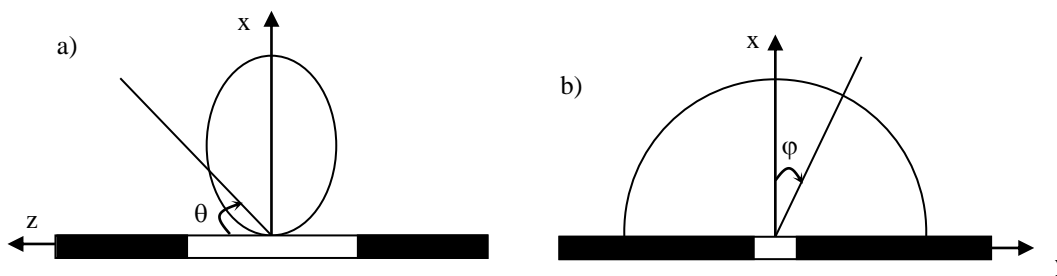
$$H_{\theta} = -i \frac{U_{bkhe}}{Z\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{kl}{2} \cos\theta\right) - \cos\frac{kl}{2}}{\sin\theta} \right] e^{-ikr}$$





## 6.5 Anten khe

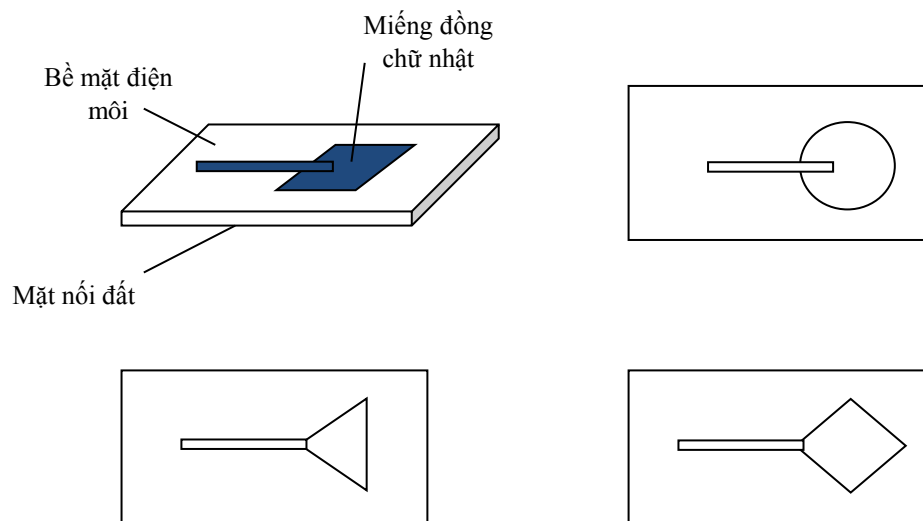
- Anten khe nửa sóng
  - Đồ thị bức xạ



Hình 6.16. Đồ thị phương hướng của khe nửa sóng a) mặt phẳng H; b) mặt phẳng E

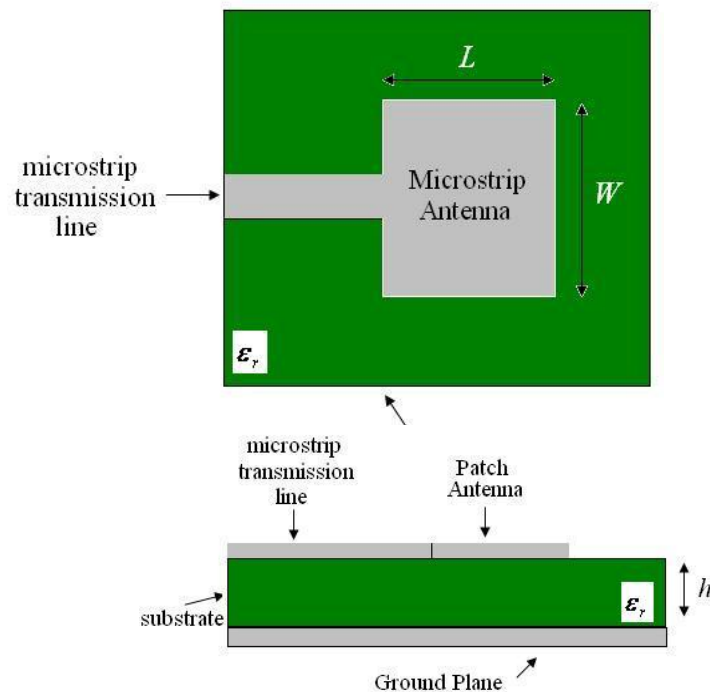
## 6.6 Anten vi dải

## ■ Anten vi dải điển hình



## 6.6 Anten vi dải

- Anten vi dải chữ nhật
  - Cấu tạo



Hình 6.23. Cấu tạo anten vi dải chữ nhật

## 6.6 Anten vi dải

### Anten vi dải chữ nhật

#### Hoạt động

##### + Tần số làm việc

$$f_c = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r\epsilon_0\mu_0}}$$

##### + Trường bức xạ

$$E_\theta = \frac{\sin\left(\frac{kZ \sin \theta \sin \varphi}{2}\right)}{\frac{kZ \sin \theta \sin \varphi}{2}} \cos\left(\frac{kL}{2} \sin \theta \cos \varphi\right) \cos \varphi$$

$$E_\varphi = \frac{\sin\left(\frac{kZ \sin \theta \sin \varphi}{2}\right)}{\frac{kZ \sin \theta \sin \varphi}{2}} \cos\left(\frac{kL}{2} \sin \theta \cos \varphi\right) \cos \theta \sin \varphi$$

##### + Hàm tính hướng

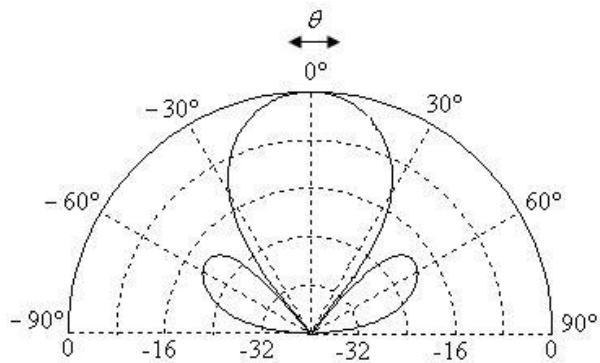
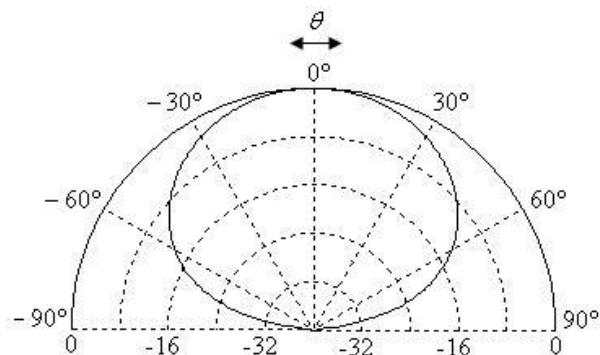
$$f(\theta, \varphi) = \sqrt{E_\theta^2 + E_\varphi^2}$$

## 6.6 Anten vi dải

## ■ Anten vi dải chữ nhật

## • Hoạt động

+ Đồ thị bức xạ



## 6.7 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 6

6. Một anten parabol đường kính 5m có hiệu suất làm việc 0,65 làm việc tại tần số 6GHz. Tìm diện tích mặt mở hiệu dụng của anten  
 (a)  $12,76 \text{ m}^2$ ; (b)  $13,76 \text{ m}^2$ ; (c)  $14,76 \text{ m}^2$ ; (d)  $15,75 \text{ m}^2$
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 )  $0,5^\circ$ ; (b)  $0,7^\circ$ ; (c)  $1,5^\circ$ ; (d)  $1,7^\circ$
9. Một anten parabol đường kính 3m có hiệu suất làm việc 0,55 làm việc tại tần số 2GHz. Tìm diện tích mặt mở hiệu dụng của anten.  
 a )  $2,9 \text{ m}^2$ ; (b)  $3,5 \text{ m}^2$ ; (c)  $3,9 \text{ m}^2$ ; (d)  $4,5 \text{ m}^2$
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 )  $2,5^\circ$ ; (b)  $3,0^\circ$ ; (c)  $3,5^\circ$ ; (d)  $3,7^\circ$
12. Một anten gương parabol có hệ số khuếch đại là 50 dBi, hiệu suất làm việc 60%. Tính góc nửa công suất.  
 a )  $0,44^\circ$ ; (b)  $0,54^\circ$ ; (c)  $0,64^\circ$ ; (d)  $0,74^\circ$
13. Một anten có góc nửa công suất bằng  $2^\circ$ . 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

## 6.5 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 6

14. Một anten phát có hệ số khuếch đại là 40 dBi, anten có công suất phát 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 kiểu như bài 15, tính độ rộng búp sóng  $\theta_{3dB}$ .

a )  $1,5^{\circ}$ ; (b)  $1,7^{\circ}$ ; (c)  $2,5^{\circ}$ ; (d)  $2,7^{\circ}$

17. Một anten phát có hệ số khuếch đại là 30 dBi, công suất phát của 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 ) 1,13 pW; (b)  $1,13\mu\text{W}$ ; (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.

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 )  $4,38^{\circ}$ ; (b)  $5,38^{\circ}$ ; (c)  $6,38^{\circ}$ ; (d)  $7,38^{\circ}$

20. Một anten có góc nửa công suất bằng  $1,2^{\circ}$ . 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

**CHƯƠNG 7**

**KỸ THUẬT ANTEN**



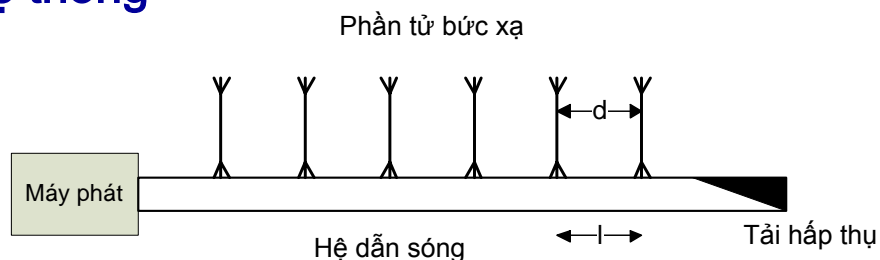
## NỘI DUNG

- **Nội dung chương 7:**
  - 7.1 Giới thiệu
  - 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng
  - 7.3 Mở rộng dải tần
  - 7.4 Giảm nhỏ kích thước
  - 7.5 Cấp điện và phối kháng
  - 7.6 TẠP âm anten
  - 7.7 Câu hỏi và bài tập

### 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng

#### ■ Phương pháp tần số

##### • Sơ đồ hệ thống



##### • Hướng bức xạ cực đại

$$F_{KN}(\theta) = 1 \Rightarrow \alpha = 2n\pi$$

$$\cos\theta_M = \frac{\lambda}{d} \left( n + \frac{\psi_0}{2\pi} \right) + \frac{\lambda}{\lambda_s} \cdot \frac{l}{d} \quad n = 0, \pm 1, \pm 3, \dots$$

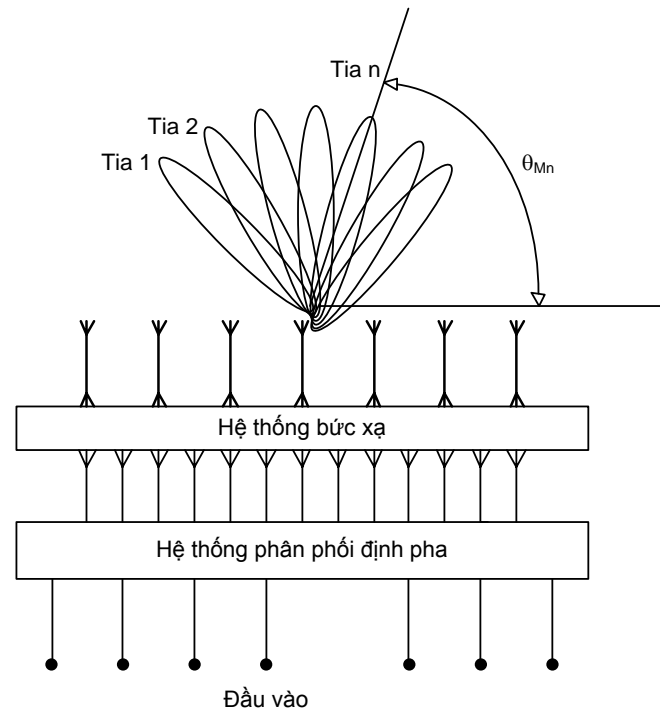
#### + Nếu sóng bức xạ và trong phido cùng tần số

$$\frac{2\pi}{\lambda_s} = k \cdot \xi; \quad \frac{\lambda}{\lambda_s} = \xi$$

$$\cos\theta_M = \frac{\lambda}{d} \left( n + \frac{\psi_0}{2\pi} \right) + \xi \cdot \frac{l}{d}$$

## 7.2 Tổng hợp đồ thị phương hướng

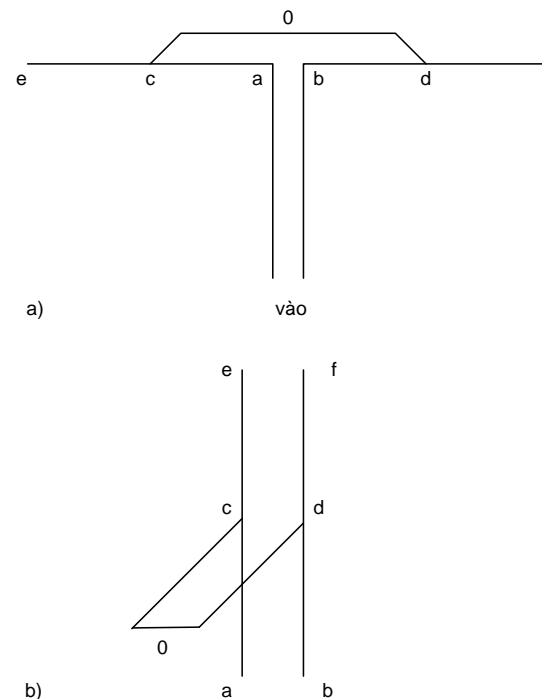
- Phương pháp pha
  - Sơ đồ hệ thống



Hình 7.2. Hệ thống phân phối – định pha loại 1

## 7.3 Mở rộng dải tần

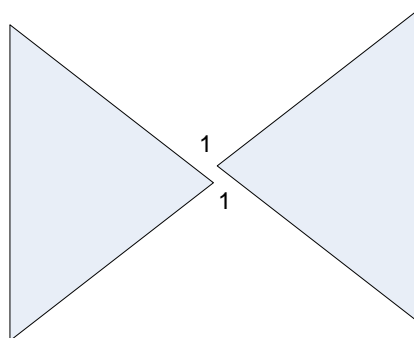
- Phương pháp cơ bản mở rộng dải tần
  - Giảm nhỏ trở kháng sóng của chấn tử
  - Biến đổi từ từ thiết diện của chấn tử
  - Hiệu chỉnh trở kháng vào trong dải tần



Hình 7.4. Anten hiệu chỉnh trở kháng

## 7.3 Mở rộng dải tần

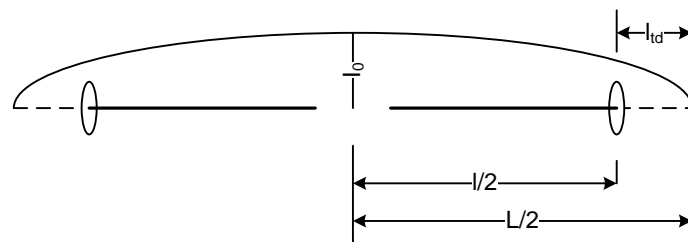
- Thiết lập anten dải rộng
  - Nguyên lý kết cấu tự bù



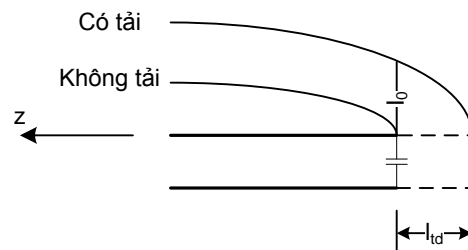
*Hình 7.5. Ví dụ cấu trúc anten tự bù*

## 7.4 Giảm nhỏ kích thước anten

## ■ Dùng tải thuần kháng



a)



b)

Hình 7.6. Dùng tải thuần kháng ở cuối chấn tử

## 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

- Tín hiệu từ máy phát tới anten thông qua đường dây phidơ, gọi là đường tiếp điện
- Chấn tử được sử dụng phổ biến là chấn tử nửa sóng

### ▪ Cấp điện bằng dây song hành

- Đặc điểm
  - + Trở kháng không phối hợp:  $73,1\Omega$  và  $300$  hoặc  $600 \Omega$
  - + Cần tạo các đường dây song hành trở kháng thấp

$$Z_o = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_r}} \lg \frac{2D}{d}$$

$D$  là khoảng cách giữa hai dây dẫn tính từ tâm  
 $d$  là đường kính của dây dẫn  
 $\epsilon_r$  là hệ số điện môi tương đối của môi trường bao quanh dây dẫn

### 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

#### ▪ Cấp điện bằng dây song hành

##### • Chấn tử kiểu Y (tiếp điện kiểu song song)

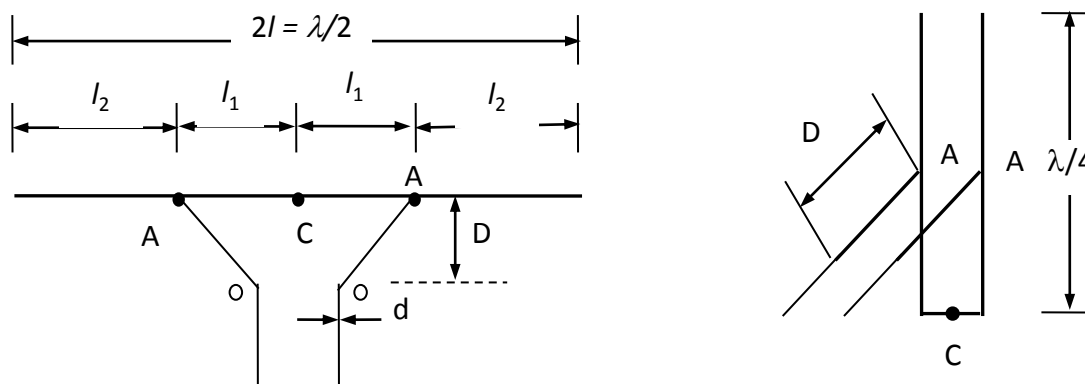
- + Chấn tử được nối ngắn mạch ở giữa
- + Dây song hành được mắc vào điểm A-A trên hai nhánh chấn tử sao cho phối hợp trở kháng

$$R_v \approx R_{AA} \approx Z_{AA}^2 \frac{\sin^2(kl)}{73,1}$$

- + Với phidơ  $600\Omega$ , có giá trị

$$2l_1 \approx 0,12\lambda$$

$$D \approx 0,15\lambda$$



Hình 5.19. Tiếp điện kiểu song song và mạch tương đương



### 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

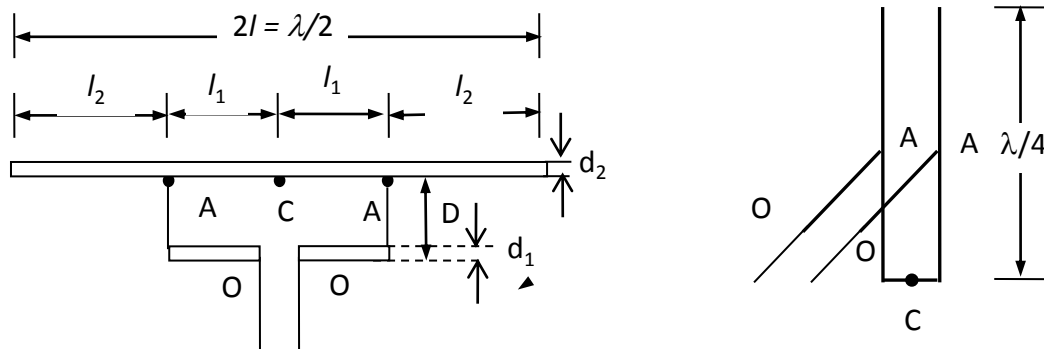
#### ▪ Cấp điện bằng dây song hành

##### • Chấn tử kiểu T (tiếp điện kiểu song song)

- + Đoạn chuyển tiếp OA song song với chấn tử → Khác biệt trở kháng với phối hợp chính; 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 phối hợp  $600 \Omega$ :  $l_1 = (0,09 \div 0,1) \lambda$

$$D = (0,01 \div 0,02) \lambda$$

$$d_1 = d_2$$



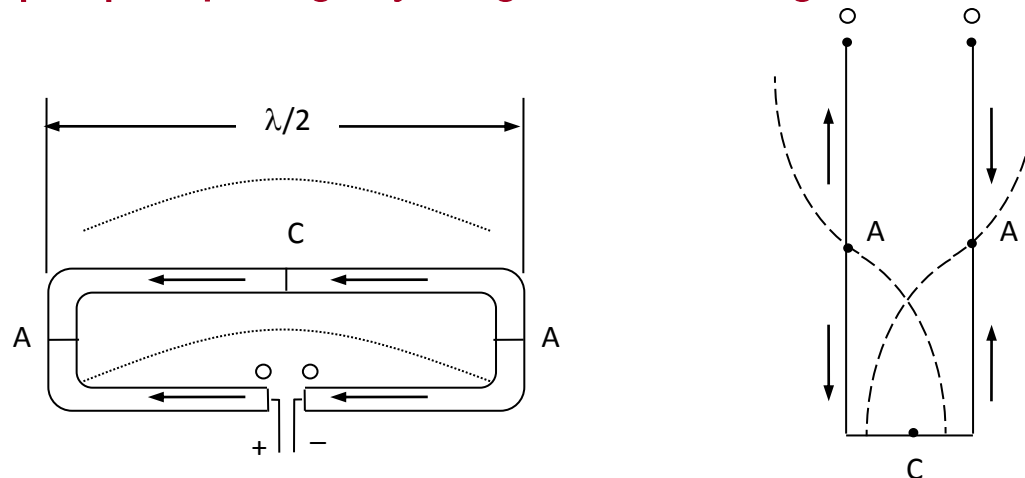
Hình 5.20. Tiếp điện kiểu song song kiểu T và mạch tương đương

### 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

#### ▪ Cấp điện bằng dây song hành

##### • Chấn tử vòng dẹt

- + Là chấn tử kiểu T với điểm AA ở đầu mút 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  $R'_{bx} = 4R_{bx} = 292\Omega$
- + Cấp điện trực tiếp bằng dây song hành trở kháng  $300\Omega$



Hình 5.21. Chấn tử vòng dẹt và mạch tương đương

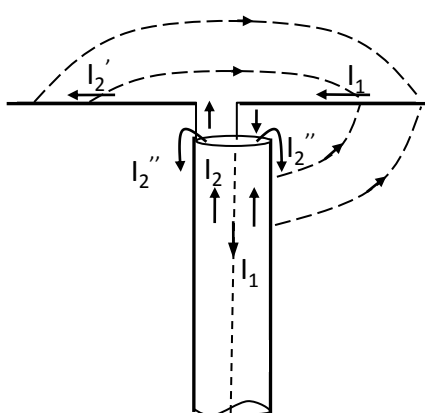
## 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

## ■ Cấp điện bằng cáp đồng trục

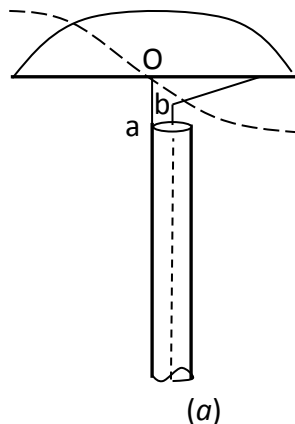
- + Sử dụng cho băng sóng cực ngắn
- + Dòng trong dây dẫn trong và dòng trong dây dẫn ngoài
- + Không thể cấp điện đối xứng cho chấn tử

● Cấp điện phối hợp hình  $\Gamma$ 

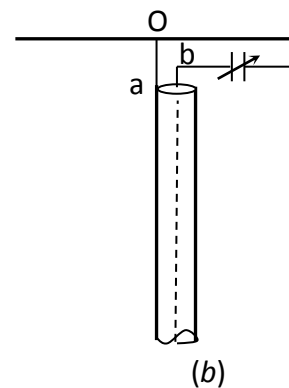
- + Đảm bảo tính đối xứng tương đối
- + Điểm O nối với dây dẫn ngoài
- + Dây dẫn trong nối với điểm có trở kháng phù hợp với trở kháng của cáp



Hình 5.23. Cấp điện trực tiếp



Hình 5.24. Cấp điện có bộ phối hợp

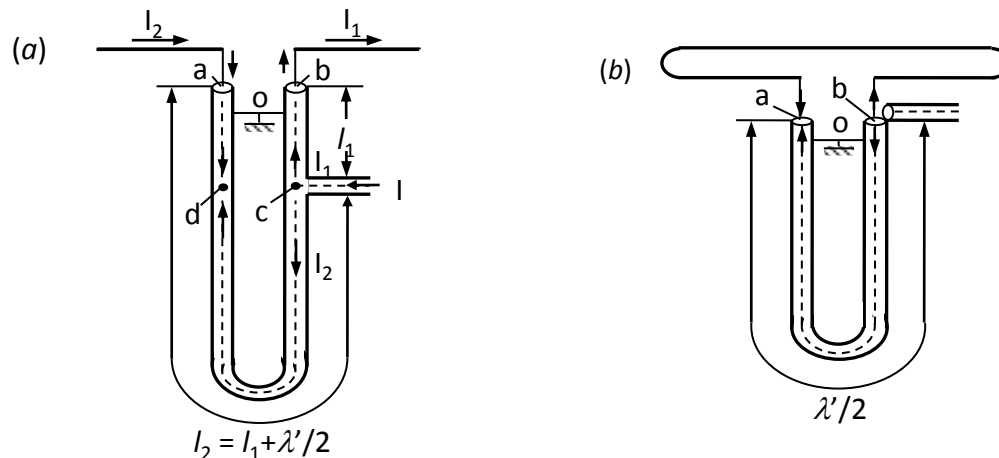


### 7.5 Cấp điện cho chấn tử đối xứng

#### ■ Cấp điện bằng cáp đồng trục

##### • Thiết bị biến đổi đối xứng với đoạn cáp chữ U

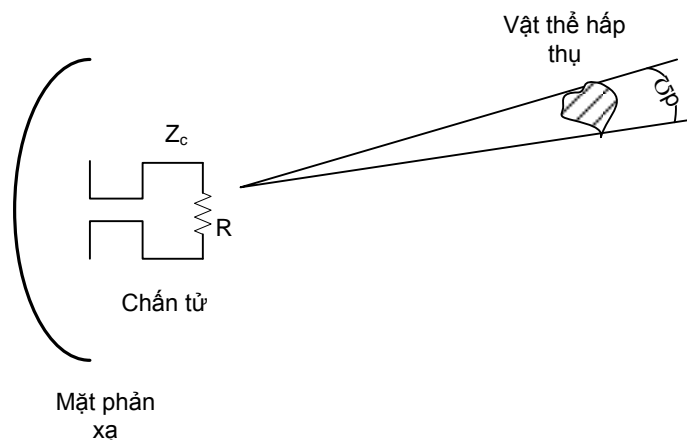
- + Phích cáp điện nối vào điểm c, với khoảng cách tới hai đầu chấn tử  $l_1 - l_2 = \lambda'/2$
- + Trở kháng tại đầu cuối ab:  $R_{ao} = R_{bo} = R_{ab}/2$
- + Dòng cấp vào hai nhánh chấn tử đảm bảo tính đối xứng
- + Dòng trong dây dẫn ngoài bị triệt tiêu
- + Trở kháng sóng: Nếu phích cáp điện có trở kháng sóng là  $70 \Omega$  thì phối hợp trở kháng hoàn toàn



Hình 5.25. Bộ biến đổi đối xứng chữ U

## 7.6 Tạp âm anten

### ■ Tổng quan



Hình 7.14. Điện trở  $R$  nối tại đầu vào anten

### ■ Công suất tạp âm

$$P_n = (1 - |\Gamma|^2) \cdot (1 - |\Gamma_s|^2) \cdot \frac{k \cdot \Delta f}{L} \left( T_A + T \frac{e^{2\alpha l} - |\Gamma|^2 e^{-2\alpha l}}{1 - |\Gamma|^2} - T \right)$$

## 7.7 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 7

1. Trình bày phương pháp tần số điều khiển đồ thị phương hướng
2. Trình bày phương pháp pha điều khiển đồ thị phương hướng
3. Trình bày việc thiết lập anten dải rộng theo nguyên lý tự bù
4. Trình bày việc thiết lập anten dải rộng theo nguyên lý tương tự
5. Trình bày phương pháp điều chỉnh phân bố dòng điện để giảm nhỏ kích thước anten
6. Trình bày nguyên tắc phương pháp làm chậm sóng để giảm kích thước anten
8. Trình bày biện pháp cấp điện cho chấn tử đối xứng bằng dây song hành.
9. Trình bày biện pháp cấp điện cho chấn tử đối xứng bằng thiết bị biến đổi đối xứng dùng đoạn cáp chữ U.

**CHƯƠNG 8**

**ANTEN TRONG THÔNG TIN  
VÔ TUYẾN TIÊN TIẾN**

## NỘI DUNG

- **Nội dung chương 8:**
  - 8.1 Giới thiệu
  - 8.2 Anten thông minh
  - 8.3 Kỹ thuật đa anten
  - 8.4 Anten cho hệ thống băng siêu rộng
  - 8.5 Câu hỏi và bài tập



## 8.1 Giới thiệu

- **Đặc điểm truyền lan sóng**
  - Bước sóng cực ngắn :  $1\text{mm} \div 10\text{m}$  ( $30\text{MHz} \div 300\text{GHz}$ )
  - Truyền lan trong giới hạn nhìn thấy trực tiếp
    - + Sự giao thoa giữ tia trực tiếp và tia phản xạ
    - + Ảnh hưởng bởi các điều kiện truyền sóng: Địa hình, khí quyển ...
    - + Hiện tượng phading
  - Phát/thu có hướng
    - + Hướng thông tin xác định
    - + Tổn hao truyền sóng rất lớn

## 8.1 Giới thiệu

## ■ Yêu cầu với anten

- Hệ số tính hướng cao
  - + Nâng cao hiệu suất truyền dẫn
  - + Giảm nhiễu từ các trạm vô tuyến lân cận
- Búp sóng phụ nhỏ
- Hệ số bảo vệ lớn
- Dải tần công tác rộng: Truyền được tín hiệu phổ rộng
- Phối hợp trở kháng tốt: Tránh hiện tượng phản xạ
- Kết cấu chắc chắn, độ bền cao

## Hướng dẫn

- Chương này sinh viên tự đọc nội dung trong bài giảng

## 8.5 Câu hỏi và bài tập

### ■ Bài tập chương 8

1. Trình bày các khái niệm tương quan và không tương quan trong các cấu hình đa anten
2. Trình bày các lợi ích của sử dụng các kỹ thuật đa anten
3. Trình bày các kỹ thuật đa anten thu
4. Trình bày nguyên lý phân tập anten phát
5. Trình bày nguyên lý phân tập trễ và phân tập trễ vòng
6. Trình bày nguyên lý phân tập theo mã không gian thời gian
7. Trình bày nguyên lý phân tập theo mã không gian tần số
8. Trình bày nguyên lý cơ sở của ghép kênh không gian
9. Trình bày nguyên lý ghép kênh không gian dựa trên bộ tiền mã hóa
10. Trình bày nguyên lý xử lý thu không tuyến tính
11. Trình bày đặc điểm, các thông số cơ bản của anten UWB
12. Trình bày nguyên lý DBF dựa trên cực đại SIR

\*

KẾT LUẬN

## KẾT LUẬN

### ▪ Nội dung cơ bản

#### 1. Chương 1: Các vấn đề chung về truyền sóng

Tính chất của sóng điện từ; Các phương pháp truyền lan sóng;  
Quá trình truyền lan sóng trong không gian tự do

#### 2. Chương 2: Truyền lan sóng cực ngắn

Truyền lan trong điều kiện lý tưởng; Truyền lan trong điều kiện thực

#### 3. Chương 3: Kênh truyền sóng vô tuyến

Đặc tính kênh truyền sóng; Phادين; Các mô hình kênh

#### 4. Chương 4: Lý thuyết chung về anten

Các tham số của anten; Các nguồn bức xạ nguyên tố

#### 5. Chương 5: Anten chấn tử

Trường bức xạ của chấn tử đối xứng;  
Anten chấn tử đơn, anten nhiều chấn tử

#### 6. Chương 6: Anten góc mở

Nguyên lý bức xạ mặt; Anten loa, anten gương, anten khe

## KẾT LUẬN

### ▪ Nội dung cơ bản

#### 7. Chương 7: Kỹ thuật anten

Tổng hợp đồ thị phương hướng

Mở rộng dải tần, thiết lập anten dải rộng

Giảm nhỏ kích thước anten

Các tham số, phương pháp cấp điện cho chấn tử đối xứng

#### 8. Chương 8: Anten trong thông tin vô tuyến tiên tiến

Anten thông minh

Kỹ thuật đa anten

Anten cho UWB

## TLTK

- Tài liệu tham khảo:
  - Giáo trình: Lý thuyết và kỹ thuật anten  
GS. TS. Phan Anh, 1997
  - Bài giảng: Truyền sóng và anten  
Nguyễn Đình Lương, 1999
  - Antennas and Radio wave propagation  
Robert E.Collin, 1991



**KẾT THÚC HỌC PHẦN**  
**TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN !!**

