



**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**  
Posts & Telecommunications Institute of Technology



# BÀI GIẢNG

# TRUYỀN SÓNG VÀ ANTEN

---

Giảng viên:

Email:

Tel:

Bộ môn:

Khoa:

Nguyễn Việt Hưng

[nvhung\\_vt1@ptit.edu.vn](mailto:nvhung_vt1@ptit.edu.vn)

\*\*\*

Vô tuyến

Viễn Thông 1

# Giới thiệu môn học

- **Tên học phần:**

- Truyền sóng và Anten (Radiowave Propagation and Antenna)

- **Tổng lượng kiến thức:**

- 3 tín chỉ

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

- **Mục tiêu học phần:**

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

# Giới thiệu môn học

---

- **Nội dung học phần:**

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

# Giới thiệu môn học

---

- **Nội dung học phần:**

- **Chương 5: Anten chấn tử**

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

- **Chương 6: Anten góc mở**

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

- **Chương 7: Kỹ thuật Anten**

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

# Giới thiệu môn học

---

- Tài liệu tham khảo

- Học liệu bắt buộc

- 1. Nguyễn Viết Minh, *Bài giảng môn học Truyền sóng và anten*, Học viện công nghệ BCVT, 6/2010, Thư viện của học viện
    - 2. Robert E.Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw Hill 1986

- Học liệu tham khảo

- 3. Phan Anh, *Trường điện từ và truyền sóng*, NXB đại học quốc gia Hà nội, 2004
    - 4. Phan Anh, *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2004
    - 5. William Gosling, *Radio antenna and propgation*, 1998
    - 6. Nathan Blaunstein, *Radio propagation in cellular network*, Artech House, Boston, 2000
    - 7. Kazimierz Siwiak, *Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications*, Artech House, Boston, 1995
    - 8. Joseph J. Carr, *Practical Antenna Handbook*, McGraw-Hill, 1998
    - C. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*, 3rd ed. Hoboken NJ: John Wiley, 2005.

# Giới thiệu môn học

- Đánh giá học phần

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

## CHƯƠNG 1:

# CÁC VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TRUYỀN SÓNG

---

# Nội dung

---

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



# Nội dung

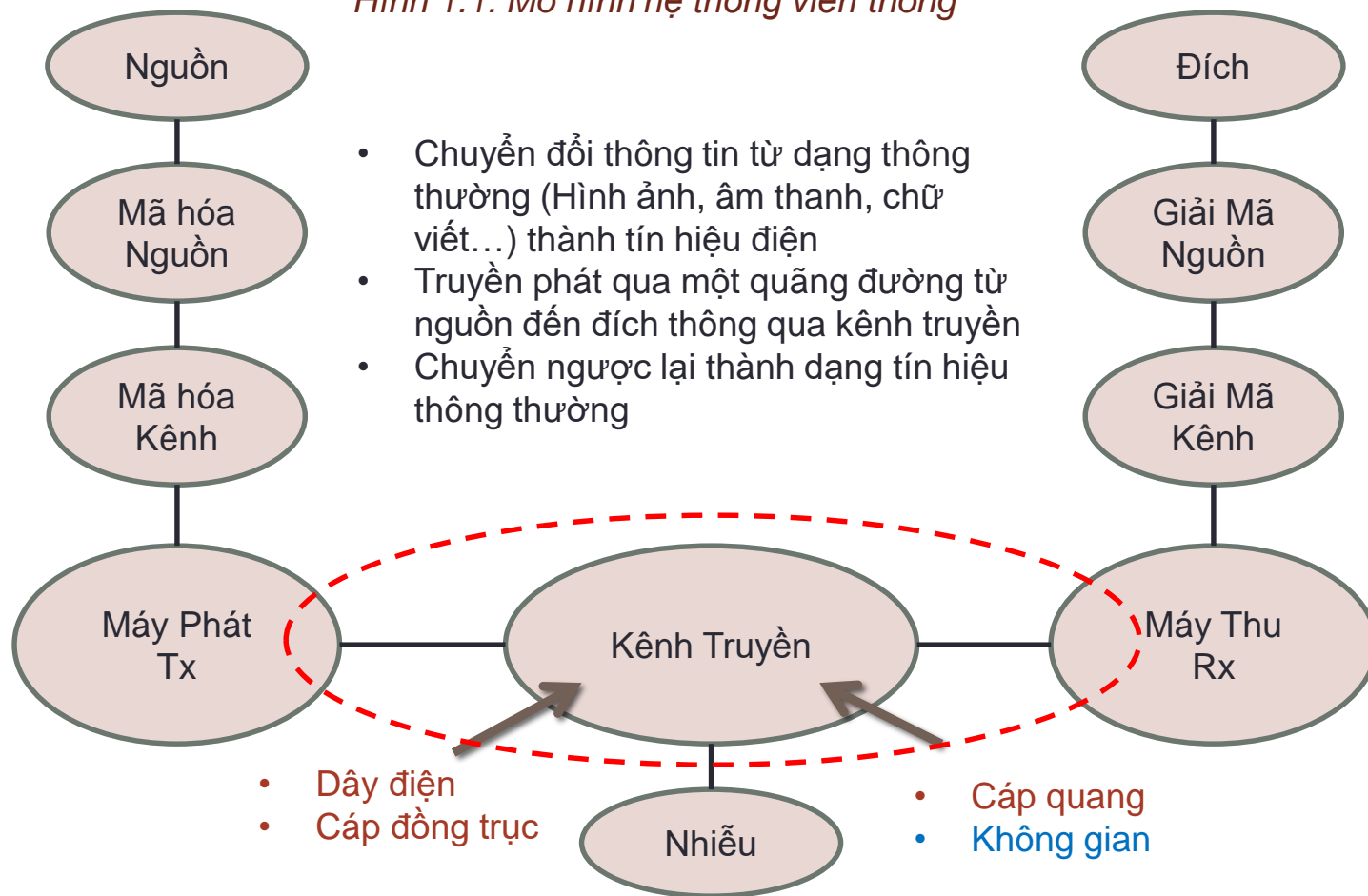
---

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

# 1.1 Giới thiệu về thông tin vô tuyến

## • Hệ thống viễn thông

Hình 1.1: Mô hình hệ thống viễn thông



# Nội dung

---

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

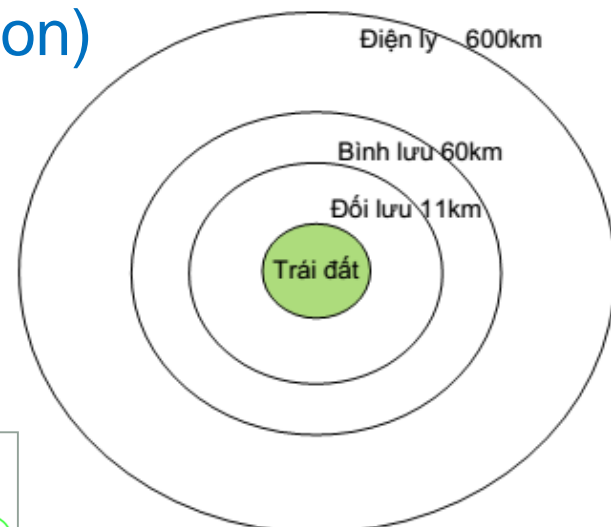
## 1.2 Khí quyển Trái Đất

### • Truyền dẫn vô tuyến (Radio Transmission)

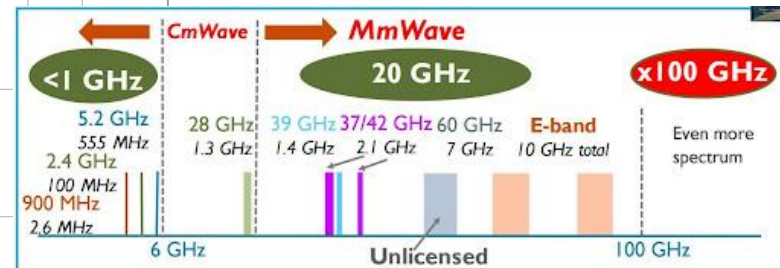
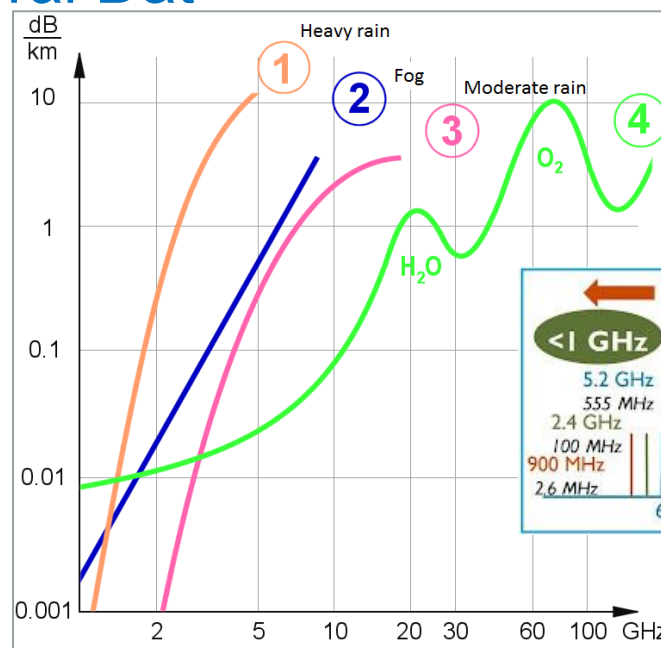
- Môi trường truyền dẫn
  - Không gian (bầu khí quyển)
- Phương tiện truyền dẫn
  - Sóng điện từ

### • Bầu khí quyển Trái Đất

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



Hình 1.2: Cấu trúc bầu khí quyển



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

## 700MHz spectrum sales

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

Note: Price was based on 10MHz bandwidth Unit: billion bah

Source: Total Access Communication



## Auction 73: 700 MHz Band USA

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

### Summary

January 24, 2008 - March 18, 2008












Rounds:	261
Bidding Days:	38
Qualified Bidders	214
Winning Bidders:	101 Bidders won 1090 Licenses*
Licenses Held by FCC:	9
Gross Bids:	\$19,120,378,000
Net Bids:	\$18,957,582,150



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

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

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

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

\$399

-

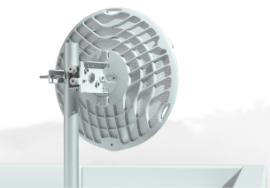
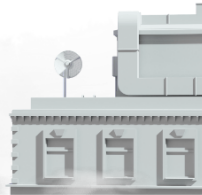
0




+

Add to Cart 

### 60GHz Link Deployment Contest

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

[Rules & Prizes](#)



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

# Nội dung

---

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



## 1.3 Sóng điện từ (SĐT)

- **Khái niệm:**

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

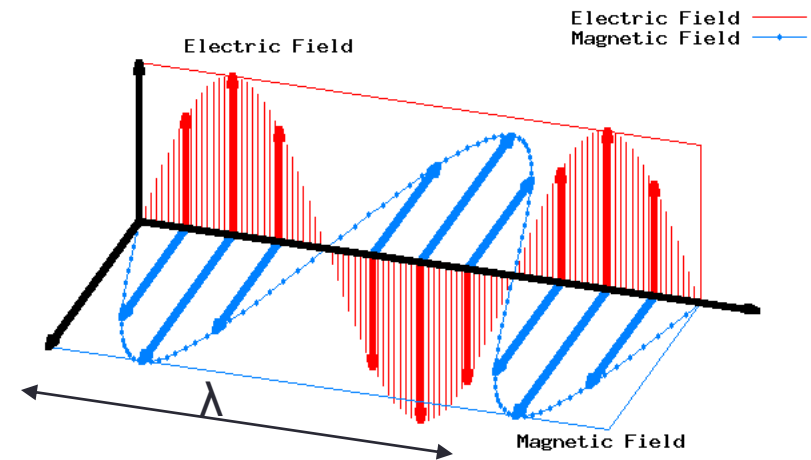
- **Đặc điểm:**

- SĐT có hai thành phần:

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

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

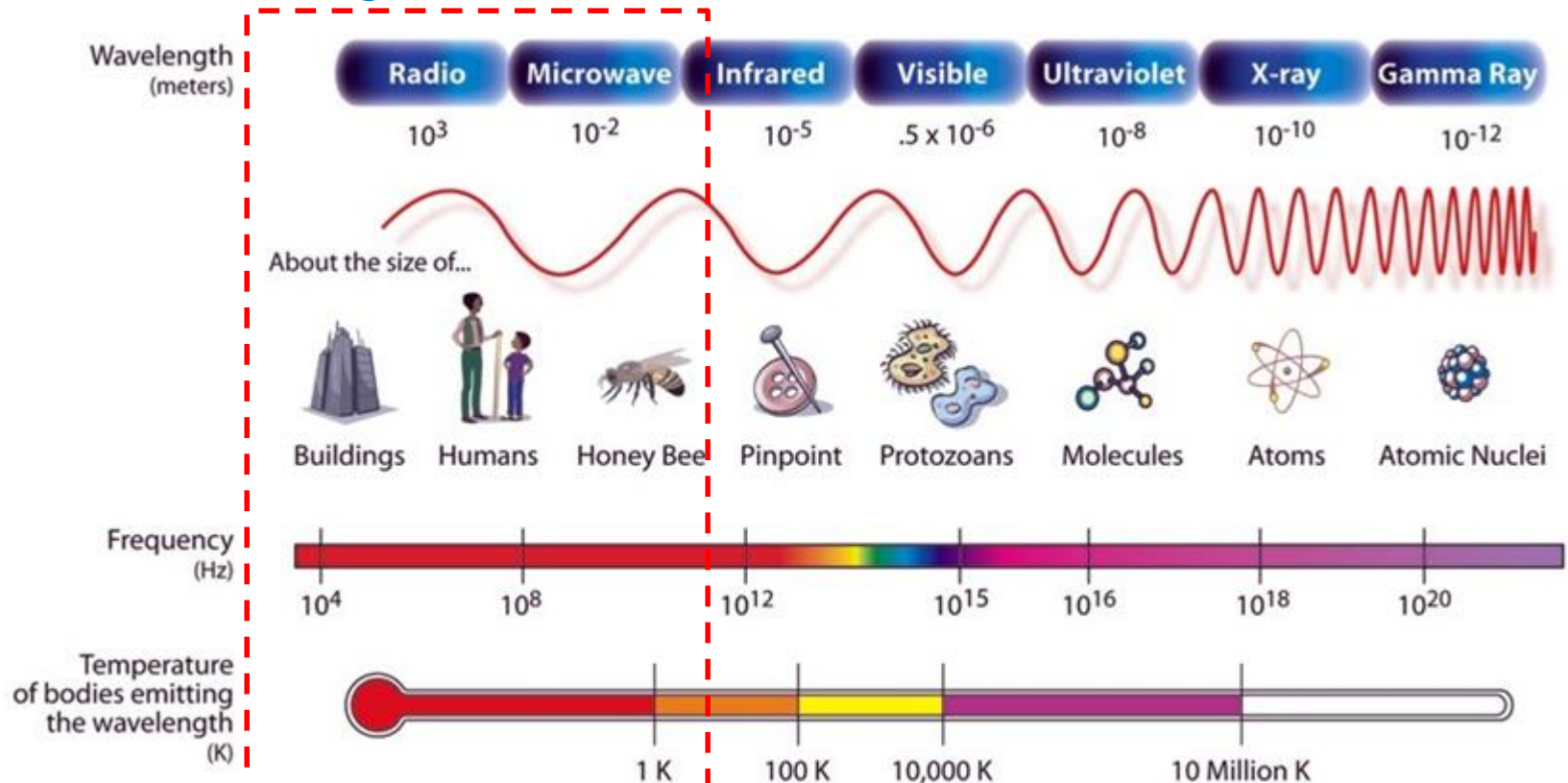
- Các nguồn bức xạ SĐT thường có dạng sóng cầu hoặc sóng trụ, khi nghiên cứu ta chuyển về dạng sóng phẳng.



Hình 1.2: Sóng điện từ

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phân loại sóng điện từ



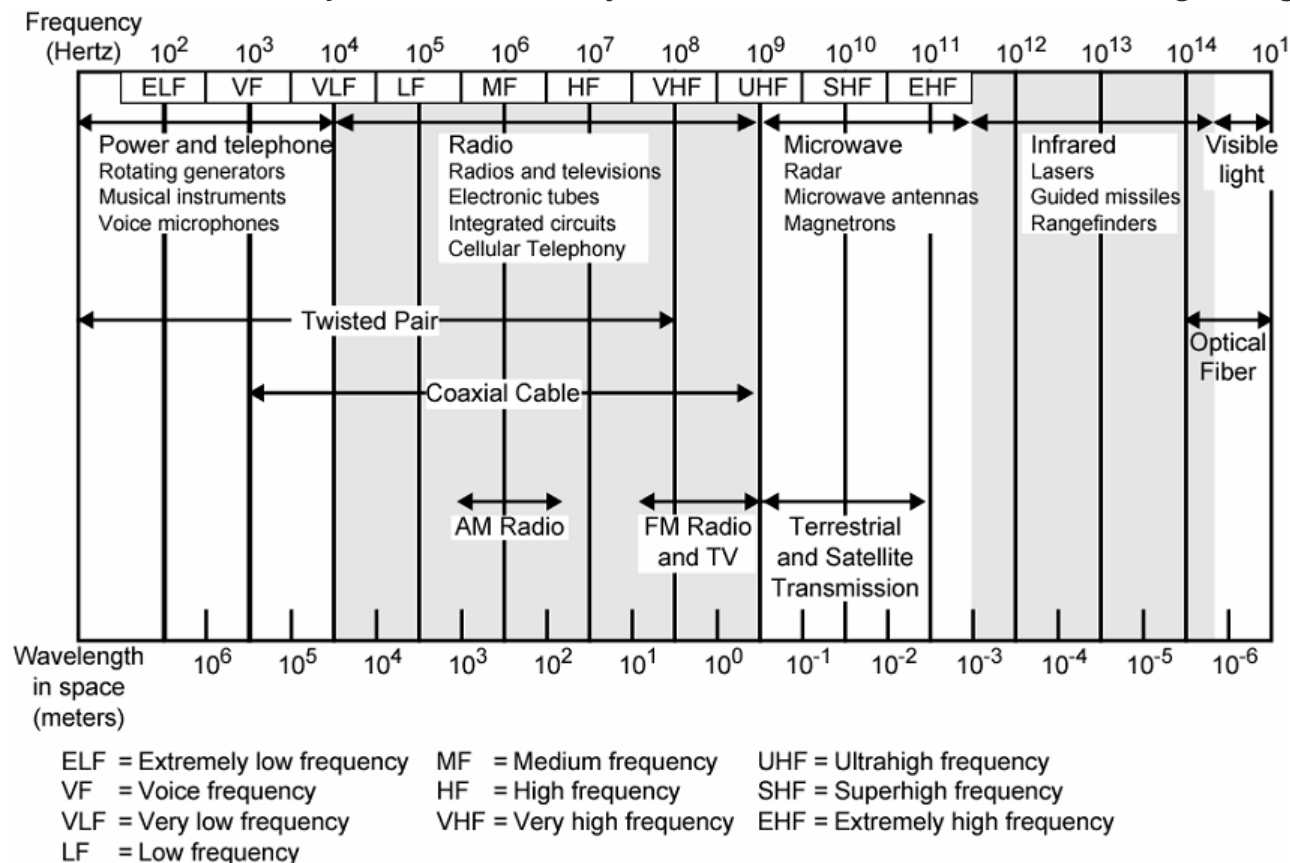
Hình 1.3: Phân bố phổ SĐT



# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Phân loại sóng điện từ

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



Hình 1.4: Các băng sóng

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Phân loại sóng điện từ

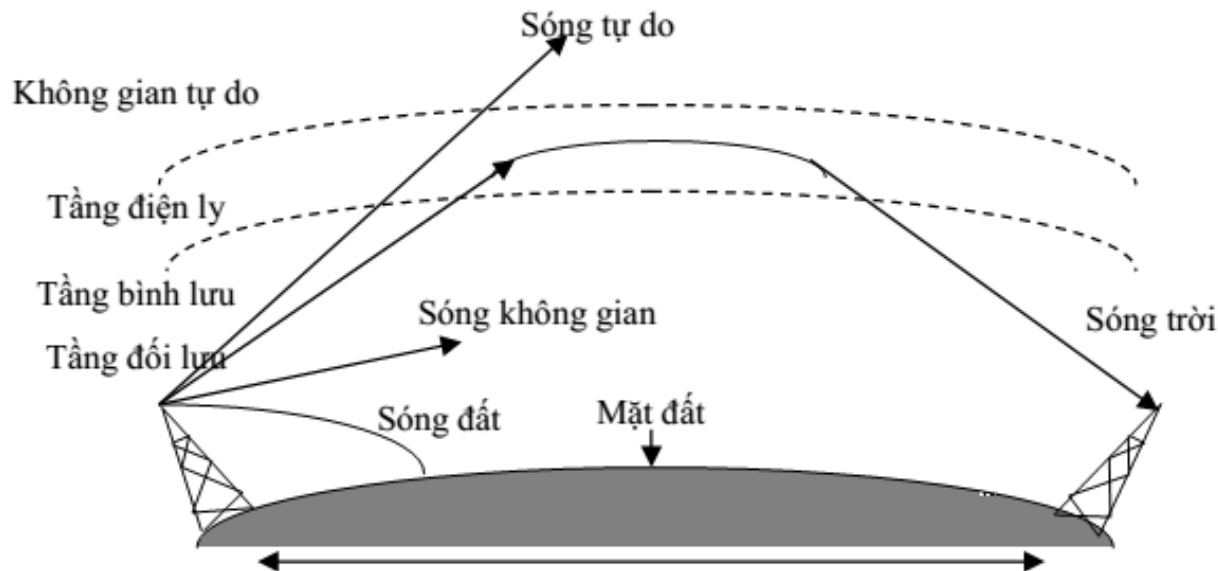
- Dựa vào tính chất vật lý, đặc điểm truyền lan để chia thành các băng sóng

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

*Bảng 1.1: Các băng sóng*

## 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến



Hình 1.5: Các phương thức truyền lan sóng vô tuyến

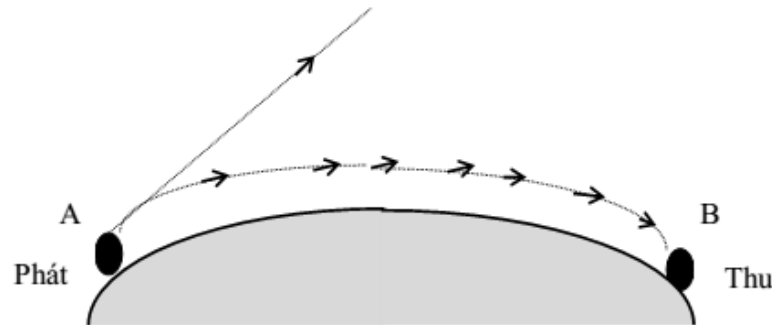
## 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến

- Sóng bề mặt – sóng đất (Ground wave)

- 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



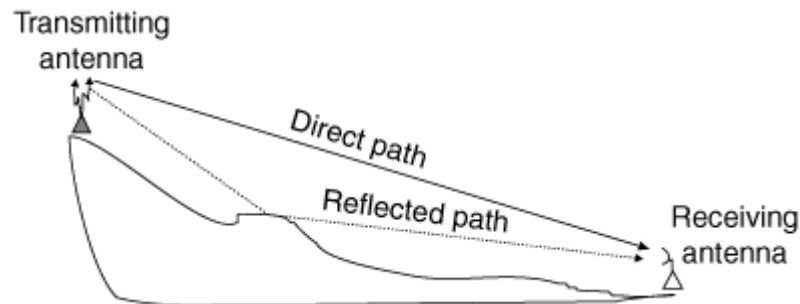
Hình 1.6: Phương thức truyền lan sóng bề mặt

- 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.

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến
  - Sóng không gian (Space wave)
    - Nguyên lý:
      - Anten đặt cách mặt đất ít nhất vài bước sóng
      - SĐT đến điểm thu theo 2 cách:
        - Sóng trực tiếp: Đi thẳng từ điểm phát đến điểm thu
        - Sóng phản xạ: Đến điểm thu sau khi phản xạ trên mặt đất (Thỏa mãn ĐLPX)



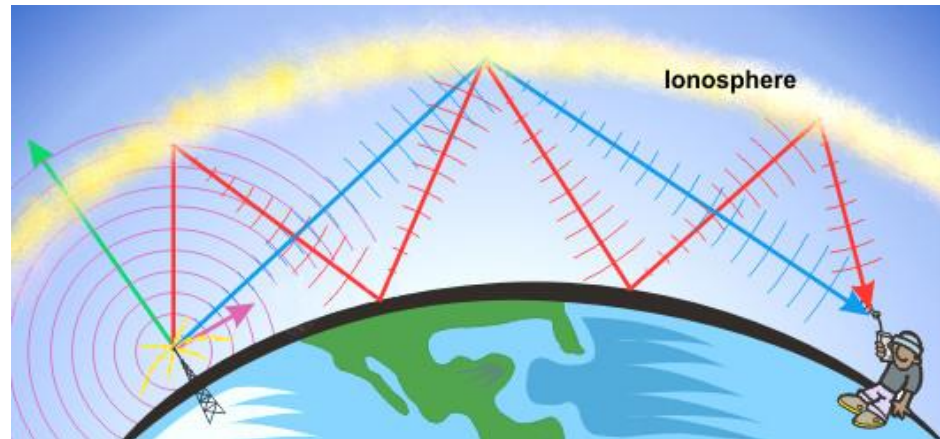
Hình 1.7: Phương thức truyền lan sóng không gian

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



# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến
  - Sóng tầng điện ly (Sky wave)
    - Nguyên lý:
      - Lợi dụng đặc tính phản xạ SĐT của tầng điện ly với các băng sóng ngắn (3 – 30 MHz)
      - Sóng phản xạ một hoặc nhiều lần giữa mặt đất và tầng điện ly để truyền đến đích

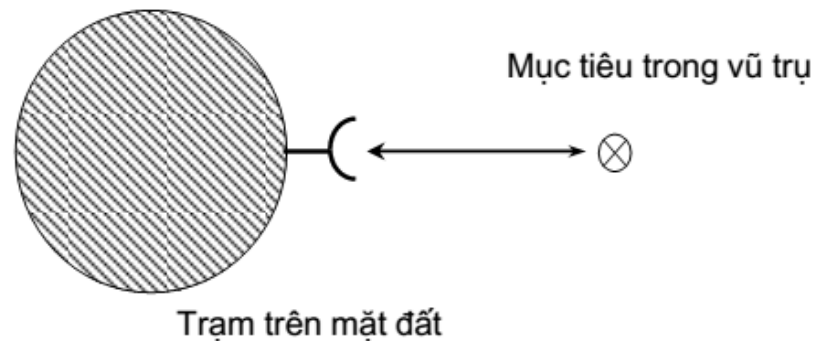


Hình 1.9: Truyền lan sóng tầng điện ly

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

## 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phương thức truyền lan sóng vô tuyến
  - Sóng tự do (Free wave) truyền thẳng
    - Nguyên lý:
      - Môi trường truyền sóng lý tưởng (đồng tính, đẳng hướng, không hấp thụ)
      - Sóng truyền lan trực tiếp đến điểm thu theo một đường thẳng

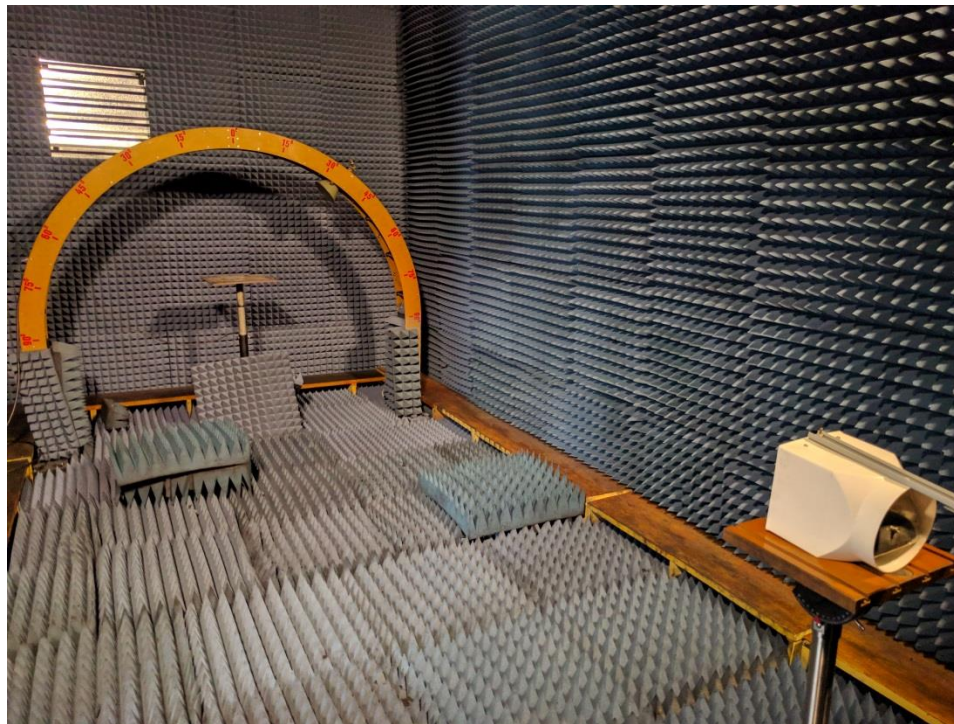


Hình 1.11: Truyền lan sóng tự do

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

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

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



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

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Quan hệ giữa các thành phần

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

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

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

- Giải hệ

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

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

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

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

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Quan hệ giữa các thành phần

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

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

- Với không gian tự do (Free Space)

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \approx 1.256 \cdot 10^{-6} (H / m) \\ \epsilon_0 &= \frac{1}{\mu_0 c^2} = \frac{10^{-9}}{36\pi} \approx 8.854 \cdot 10^{-12} (F / m) \\ v &= c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 (m / s) \\ Z_0 &= \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi (\Omega) \end{aligned} \quad (1.4)$$

## 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Quan hệ giữa các thành phần

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

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

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

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



# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Quan hệ giữa các thành phần

- Thông lượng năng lượng của SĐT, Vector Poynting  $\vec{S}$

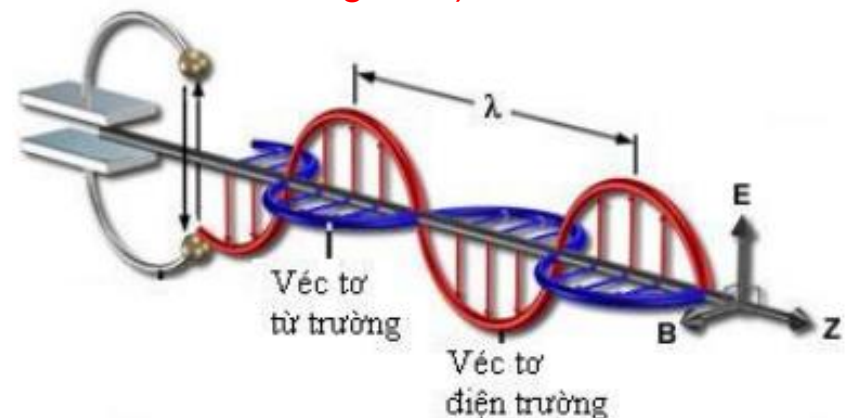
$$\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}] \quad (1.6)$$

- Thông lượng năng lượng trung bình:

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

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

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

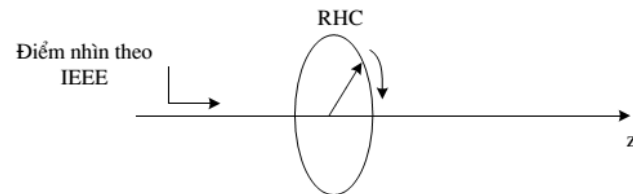


Hình 1.12: SĐT lan truyền theo mode TEM

# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

## • Phân cực sóng

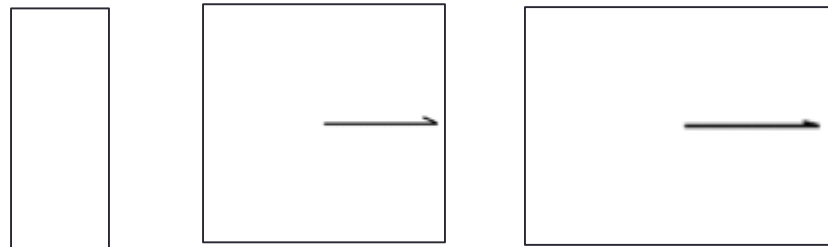
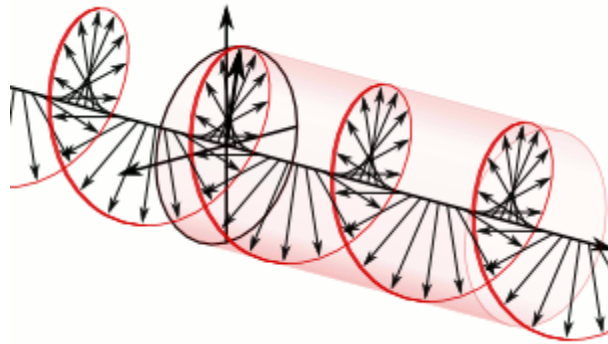
- **Khái niệm:** Trường phân cực là trường điện từ với các vector  $\vec{E}$  và  $\vec{H}$  biến đổi có tính qui luật (Xác định được hướng và độ lớn tại thời điểm bất kì)
  - Ngược lại: Trường không phân cực biến đổi ngẫu nhiên
  - **Mặt phẳng phân cực:** Là mặt phẳng chứa vector  $\vec{E}$  và phương truyền sóng ( $\vec{z}$ )
- **Phân loại:**
  - Phân cực thẳng: Mặt phẳng phân cực cố định khi sóng truyền lan
    - Phân cực đứng:  $\vec{E}$  vuông góc với mặt phẳng nằm ngang (so với đất)
    - Phân cực ngang:  $\vec{E}$  song song với mặt phẳng nằm ngang (so với đất)
  - Phân cực quay: Mặt phẳng phân cực quay xung quanh trục của phương truyền sóng
    - Phân cực tròn: Khi  $\vec{E}$  quay với biên độ không đổi (Vẽ thành một đường tròn)
    - Phân cực elip: Khi  $\vec{E}$  quay với biên độ thay đổi tạo thành hình elip





# 1.3 Sóng điện từ - Đặc tính truyền lan

- Phân cực sóng



Hình 1.13: Các dạng phân cực SĐT

# Nội dung

---

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

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

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

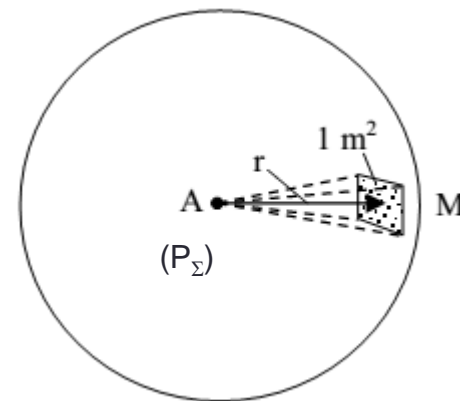
#### • Bài toán bức xạ vô hướng:

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

#### • Giải quyết:

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

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



Hình 1.14: Nguồn bức xạ vô hướng

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

- Mật độ công suất, cường độ điện trường

- Theo lý thuyết trường:

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

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

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

- Cường độ điện trường tại điểm thu

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

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

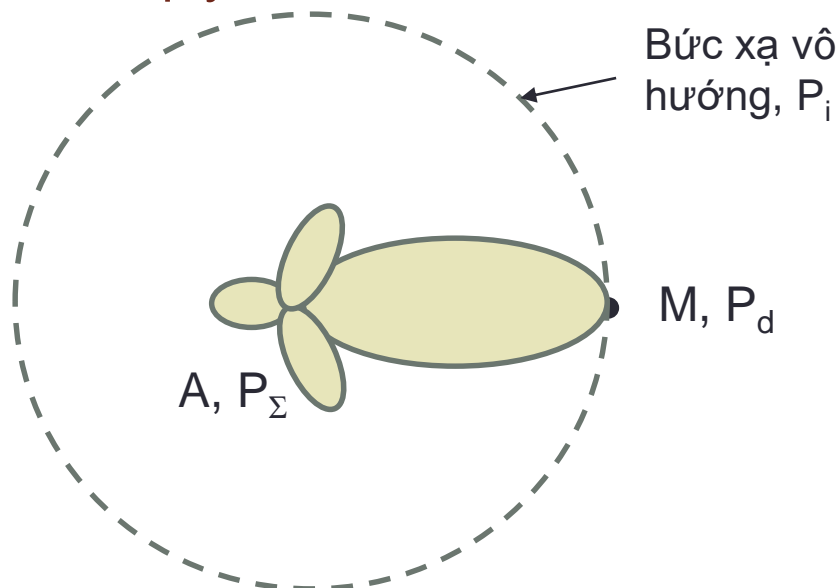
## 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

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

#### • Bài toán bức xạ có hướng:

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

#### • Giải quyết:



- Công suất thu được tại M

$$P_d = D.P_i$$

- D là **hệ số hướng tính**

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

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

Hình 1.15: Nguồn bức xạ có hướng

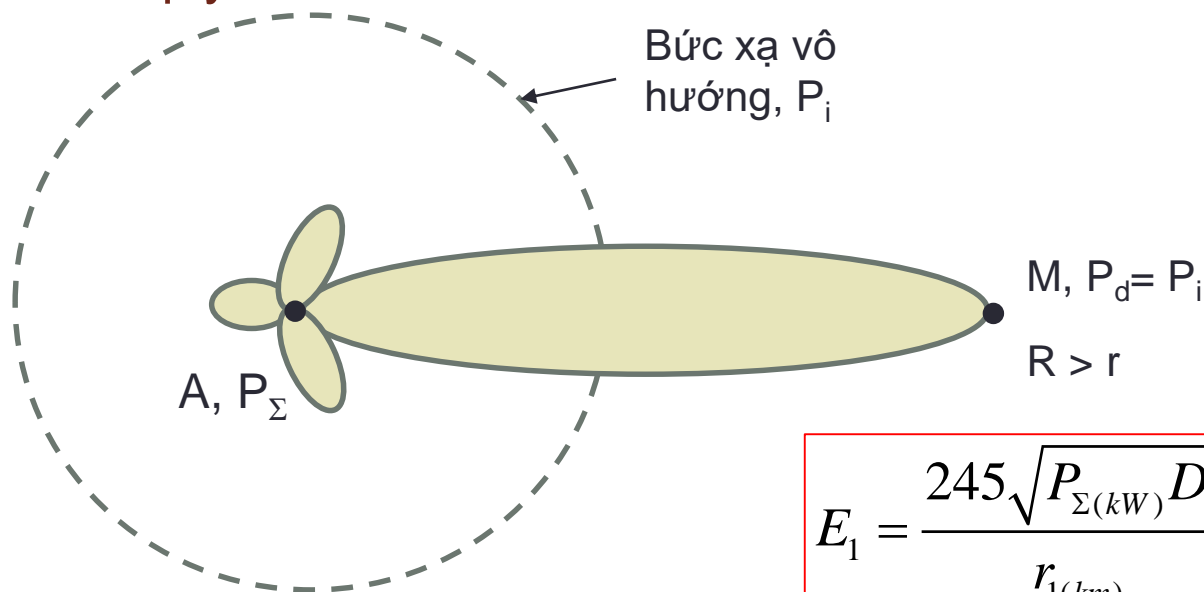
## 1.4 Biểu thức truyền lan sóng trong không gian tự do

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

#### • Bài toán bức xạ có hướng:

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

#### • Giải quyết:



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

Hình 1.15: Nguồn bức xạ có hướng

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

### • Công suất thu:

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

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

$A$  Là diện tích thực tế của anten thu

- Với anten gương parapol tròn xoay

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

- Công nhận được trên anten thu:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$P_{\Sigma}$ : Công suất bức xạ

$P_T$ : Công suất tổng đưa vào anten

$\eta$ : Hiệu suất của anten



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

- **Hệ số tăng ích G**

- Độ lợi thực tế của anten G:

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

- **Hiệu suất của anten**

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

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

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

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

### • Tổn hao truyền sóng L

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

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

- Trường hợp anten vô hướng

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

- Tính theo dB

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

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

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

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

### • Hệ số suy giảm F

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

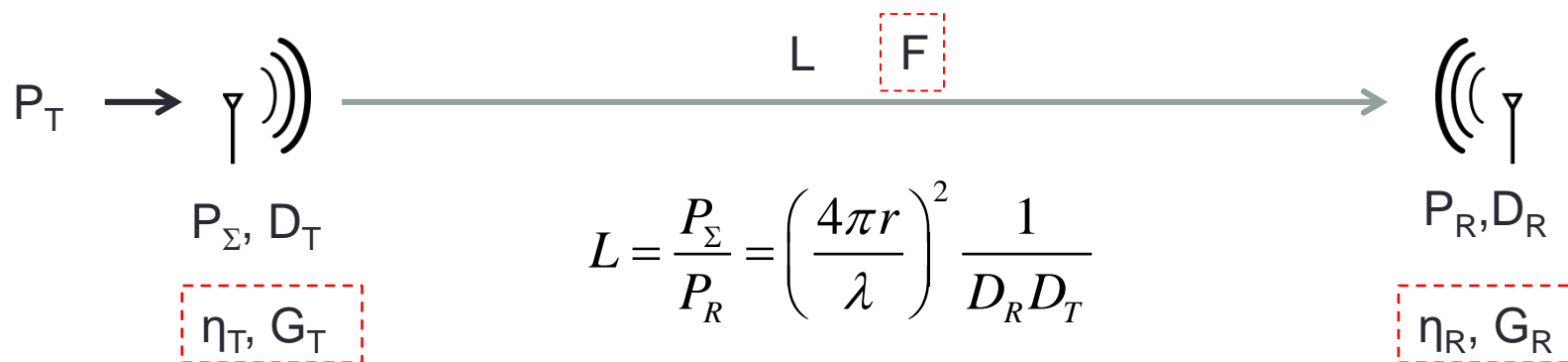
$$E_h = \frac{\sqrt{30P_1}}{r} \cdot F \quad (V / m) \quad S = \frac{P_\Sigma D_T}{4\pi r^2} \cdot F^2 \quad (1.23)$$

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

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

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

## • Tổng kết



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

$$P_0 = 1mW$$

$$L(dB) = 10 \log_{10} (L)$$

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

$$P_R = \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot P_T \cdot G_T \cdot D_R \quad (W)$$

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

# Nội dung

---

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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

## • Định nghĩa mặt sóng

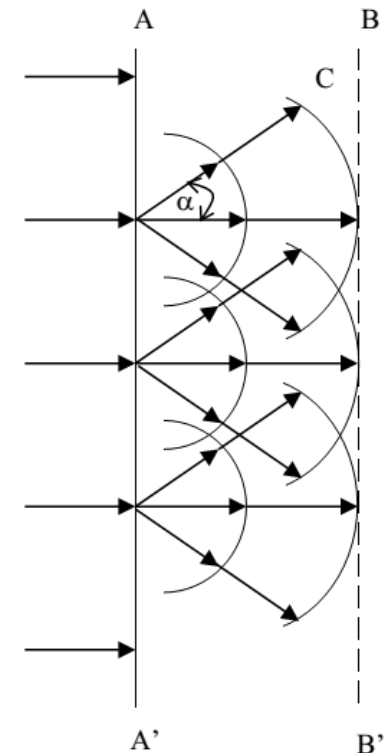
- SĐT lan truyền trong không gian, tại mỗi điểm SĐT được đặc trưng bởi pha và cường độ.
- **Mặt sóng:** Là quỹ tích các điểm trong không gian mà trên đó SĐT cùng pha và cường độ bằng nhau
  - Hai dạng mặt sóng đặc biệt: Mặt sóng phẳng và mặt sóng cầu
- Quá trình truyền lan sóng điện từ: SĐT bức xạ ra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

## Nguyên lý Huyghen

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

- Biểu diễn nguyên lý Huyghen trong không gian tự do

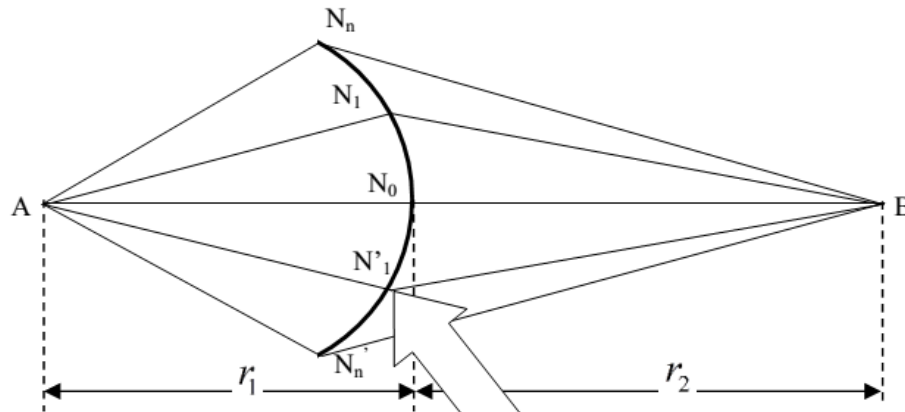
**Nguyên lý:** Mỗi điểm nằm trên một mặt sóng do một nguồn bức xạ sóng điện từ sơ cấp gây ra sẽ trở thành nguồn bức xạ thứ cấp mới. Nguồn bức xạ thứ cấp mới này lại tạo ra các mặt sóng thứ cấp mới khác. Như vậy trường điện từ tại một điểm trong không gian do một nguồn bức xạ sơ cấp sinh ra sẽ do toàn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



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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

## • Miền Fresnel



$$BN_0 = r_2$$

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

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

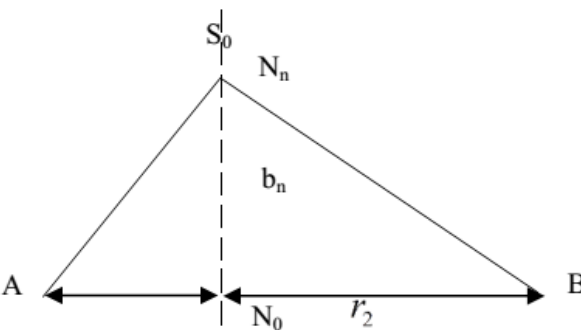
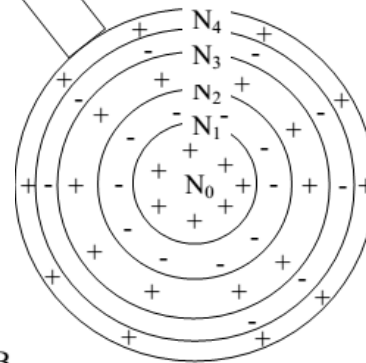
...

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

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

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

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



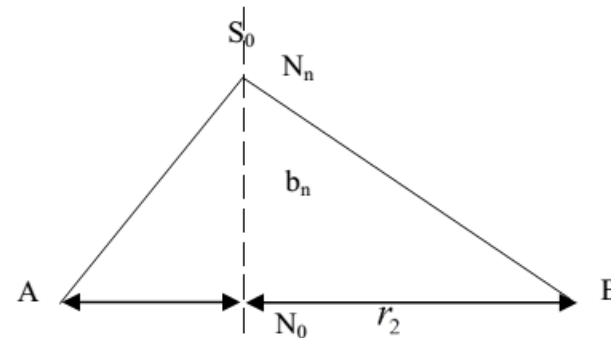
Hình 1.17: Nguyên lý cấu tạo miền Fresnel trên mặt sóng cầu



# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

## • Bán kính miền Fresnel

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

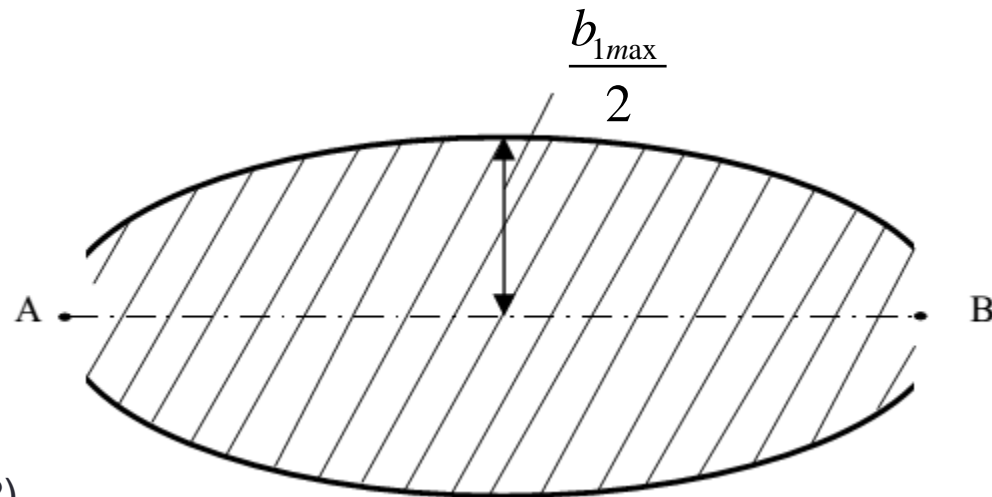


- Miền Fresnel thứ nhất – Vùng tham gia vào quá trình truyền lan sóng

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

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

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



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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

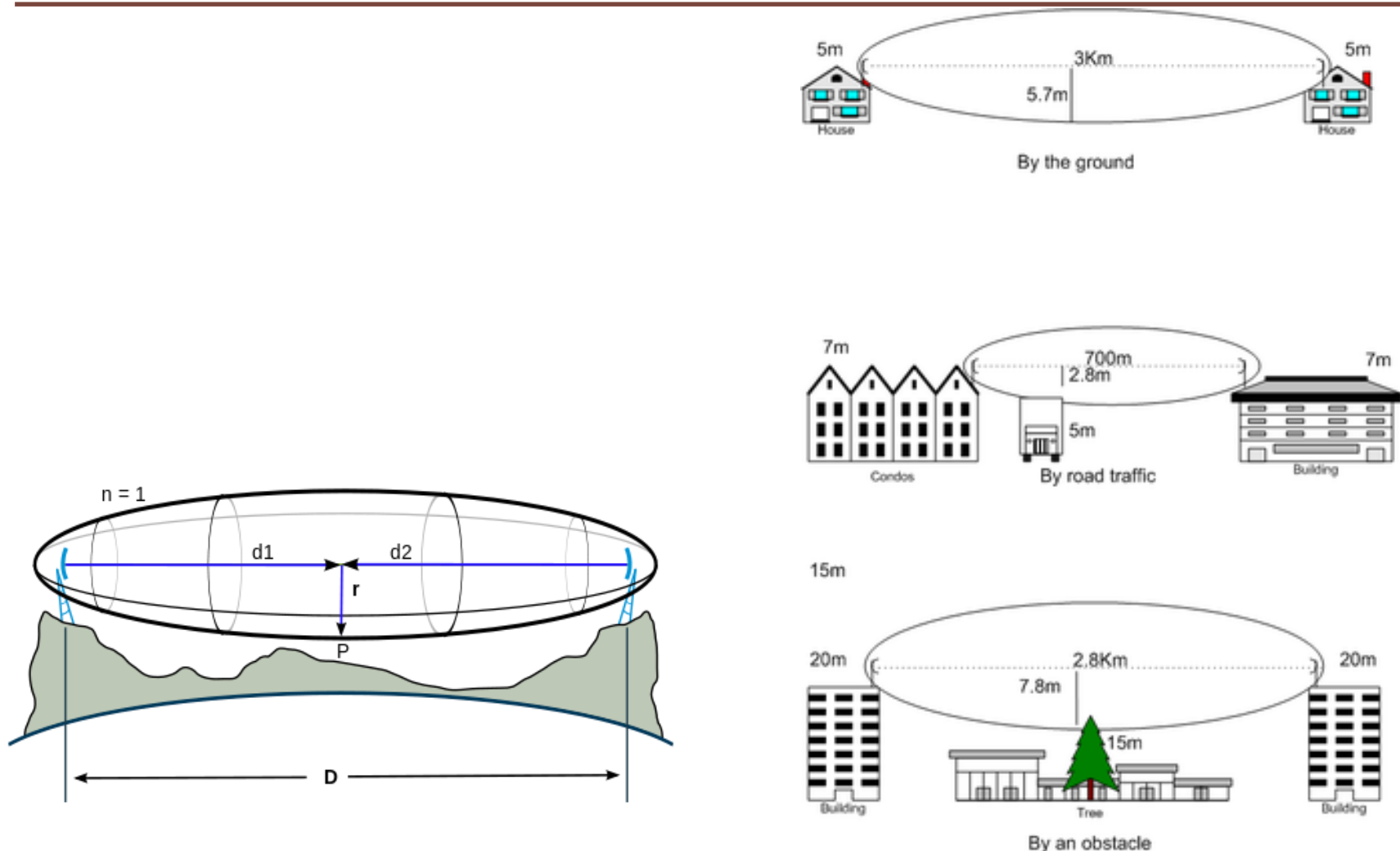
## • Miền Fresnel thứ nhất

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

## • Ý nghĩa

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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel



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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

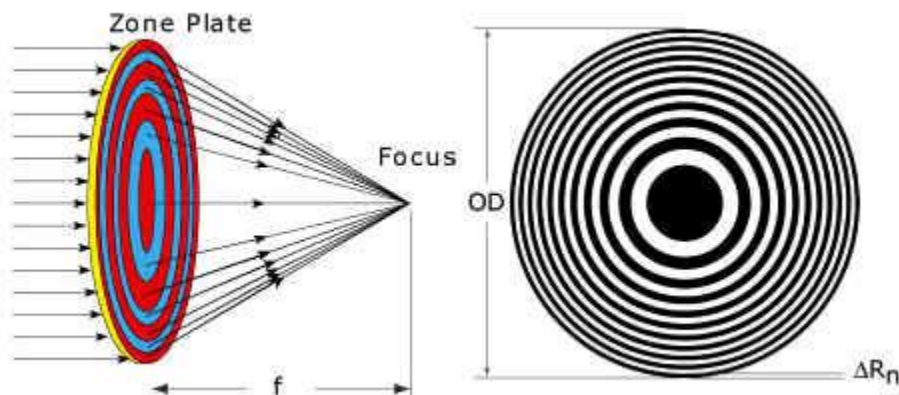


Figure 1.9: Photograph of a focused-beam system designed to make material measurements for frequencies as low as 800 MHz. Image credit: Dr. John Schultz and STL/GTRL.

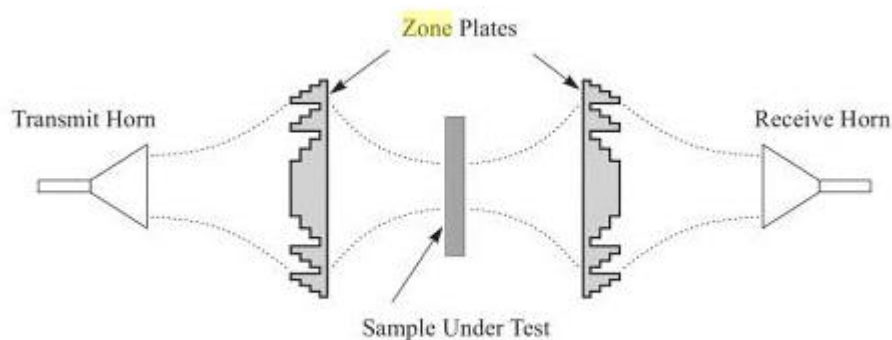


Figure 1.10: Schematic diagram of a focused-beam measurement system using zone plates.

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

# 1.5 Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel

---



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



## 1.6 - Bài tập

### • Bài tập chương 1

6. Mặt trời có công suất bức xạ theo mọi hướng khoảng  $3,85 \cdot 10^{20} \text{W}$ , khoảng cách nhỏ nhất từ quả đất đến mặt trời là 147.098.090 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)  $0,064 \cdot 10^{-5} \text{ W}$ ; (b)  $0,104 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ ; (c)  $0,052 \cdot 10^{-5} \text{ W}$ ; (d)  $0,154 \cdot 10^{-4} \text{ W}$

8. Xác định công suất máy phát cần thiết để thực hiện 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  $10^{-6} \text{ W}$ . Coi hiệu suất của anten thu là 100%

(a) 6,3W; (b) 4,3W; (c) 17,5W; (d) 16,3W

9. Một máy phát có công suất 50 W. Biểu diễn công suất máy phát sang đơn vị dBm và dBW?

(a) 15dBW và 45dBm; (b) 16 dBW và 46 dBm; (c) 17 dBW và 47 dBm; (d) 18dBW và 48 dBm

## 1.6 - Bài tập

### • Bài tập chương 1

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 - Bài tập

### • Bài tập chương 1

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

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

(a) 6,96  $\mu\text{W}$ ; (b) 6,96 mW; (c) 7,96  $\mu\text{W}$ ; (d) 7,96 mW

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

(a) 19,9 pW ; (b) 19,9  $\mu\text{W}$  ; (c) 20,9 pW; (d) 20,9  $\mu\text{W}$

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

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

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

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

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

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



## 1.6 - Bài tập

---

- Bài tập chương 1

**18.** Giả sử phương truyền sóng trùng với trục z, các phương trình sau  
 $E_y = 3\sin\omega t$ ,  $E_x = -5\cos\omega t$   
biểu thị phân cực nào dưới đây ?  
(a) Tuyến tính; (b) LHC; (b) RHC