VŨ VĂN YÊM

# GIÁO TRÌNH
# HỆ THỐNG VIỄN THÔNG

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

VŨ VĂN YÊM

# GIÁO TRÌNH
# HỆ THỐNG VIỄN THÔNG

(Xuất bản lần thứ hai)

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
01 13
00955

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

# LỜI NÓI ĐẦU

Thế giới đang tiến đến nền kinh tế tri thức, trong đó thông tin đóng vai trò rất quan trọng. Thông tin, trao đổi thông tin ngày nay là nhu cầu không thể thiếu đối với chúng ta. Công nghệ viễn thông đã và đang phát triển rất nhanh nhằm cung cấp nhiều loại hình dịch vụ đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của con người. Nhờ sự phát triển rất mạnh của các hệ thống viễn thông, con người có thể trao đổi thông tin với nhau ở khắp nơi trên thế giới. Các hệ thống thông tin di động, thông tin vệ tinh, hệ thống truyền hình giúp chúng ta có thể kết nối, trao đổi và chia sẻ thông tin trên toàn thế giới mà không còn khái niệm xa, gần.

Từ năm 2009, mô hình và chương trình đào tạo đại học của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội nói chung, ngành Điện tử – Viễn thông nói riêng đã thay đổi nhằm trang bị cho sinh viên các kiến thức nền tảng, cơ bản, toàn diện, hệ thống và hiện đại về khoa học công nghệ Điện tử – Tin học – Viễn thông, chú trọng đến các kiến thức cơ sở, có chú ý thích đáng đến phần thực hành công nghệ, để sinh viên có thể nhanh chóng thích ứng với sự thay đổi công nghệ trong tương lai, có khả năng tự học, tự nghiên cứu và hội nhập Quốc tế.

Môn học **Hệ thống viễn thông** được giảng dạy cho sinh viên ngành Điện tử – Viễn thông của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội từ nhiều năm nay. Môn học này nhằm trang bị cho sinh viên các kiến thức mang tính hệ thống về các hệ thống truyền dẫn viễn thông ở lớp vật lý trong mô hình bảy lớp OSI. Để phục vụ cho công tác giảng dạy và học tập, tác giả biên soạn Giáo trình Hệ thống viễn thông này theo đề cương môn học Hệ thống viễn thông của Viện Điện tử – Viễn thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Nội dung giáo trình trình bày từ các khái niệm cơ bản đến các hệ thống, kỹ thuật hiện đại ứng dụng trong thực tế, kèm theo là các ví dụ minh họa rất cụ thể. Giáo trình dành cho sinh viên năm thứ 4 ngành Điện tử – Viễn thông sau khi đã học các kiến thức cơ sở ngành như xử lý tín hiệu, trường điện từ, điện tử tương tự, thông tin vô tuyến, thông tin số.

Giáo trình gồm năm chương. Chương 1 – Tổng quan về hệ thống viễn thông: trình bày về các khái niệm cơ bản trong hệ thống viễn thông, đơn vị sử dụng trong hệ thống viễn thông, mô hình cơ bản của một hệ thống viễn thông, khái quát chung về thiết bị thu phát, về kênh truyền và các tham số kỹ thuật chính. Chương 2 – Hệ thống thông tin viba: trình bày một cách hệ thống và cô đọng nhất về thông tin viba số như khái niệm, đặc điểm của thông tin viba số, truyền sóng trong hệ thống thông tin viba, sơ đồ khối hệ thống thông tin viba, tính toán thiết kế tuyến thông tin viba. Chương 3 – Hệ thống thông tin vệ tinh: trình bày về khái niệm, chu kỳ và quỹ đạo vệ tinh, các định luật Kepler, khái niệm và đặc điểm của vệ tinh địa tĩnh, vệ tinh không địa tĩnh, kiến

trúc vệ tinh, kiến trúc trạm mặt đất, đo lường điều khiển và bám vệ tinh TT&C, tính toán tuyến thông tin vệ tinh, ứng dụng của vệ tinh. Chương 4 – Hệ thống thông tin sợi quang: trình bày kiến trúc hệ thống thông tin sợi quang, sợi quang, tính toán thiết kế tuyến thông tin sợi quang. Chương 5 – Hệ thống thông tin di động: trình bày khái niệm về tế bào hay ô, tính toán nhiễu đồng kênh, nhiễu kênh lân cận trong hệ thống thông tin vô tuyến di động tế bào, kỹ thuật trải phổ, công nghệ CDMA trong hệ thống thông tin di động.

Cuối mỗi chương đều có phần câu hỏi ôn tập và bài tập nhằm giúp sinh viên và bạn đọc hệ thống hóa kiến thức và rèn luyện các kỹ năng phân tích, tổng hợp và tính toán hệ thống.

Cuốn sách này được biên soạn dựa trên kinh nghiệm giảng dạy nhiều năm của tác giả về môn học Hệ thống viễn thông cho sinh viên chính quy ngành Điện tử – Viễn thông của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Sách ra đời cũng nhằm kỷ niệm 60 năm thành lập Trường đại học Bách khoa Hà Nội và sẽ là tài liệu hữu ích phục vụ học tập, nghiên cứu khoa học của sinh viên ngành Điện tử – Viễn thông. Sách cũng có thể là tài liệu tham khảo hữu ích cho kỹ sư, cán bộ kỹ thuật, giảng viên, những độc giả quan tâm đến hệ thống viễn thông.

Do nội dung sách bao gồm nhiều vấn đề khá phức tạp, với một hệ thống kiến thức lớn và lần đầu tiên được xuất bản nên khó tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được sự góp ý của bạn đọc để sách được hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Hệ thống viễn thông, Viện Điện tử – Viễn thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn!

**Tác giả**

# MỤC LỤC


**Lời nói đầu** ..... 3

**Danh mục các cụm từ viết tắt** ..... 9

**Chương 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG VIỄN THÔNG** ..... 13

**1.1. Khái niệm về hệ thống viễn thông** ..... 13

**1.2. Mô hình hệ thống viễn thông số** ..... 17

1.2.1. Mô hình cơ bản của hệ thống viễn thông số ..... 17

1.2.2. Một số khái niệm cơ bản ..... 20

1.2.3. Đơn vị tính toán, sử dụng ..... 23

**1.3. Hệ số tạp âm – nhiệt độ tạp âm** ..... 26

1.3.1. Hệ số tạp âm (NF – Noise Figure) ..... 27

1.3.2. Nhiệt độ tạp âm hệ thống ..... 29

1.3.3. Độ nhạy máy thu ..... 31

**1.4. Dải động của máy thu** ..... 33

**1.5. Kiến trúc máy phát, máy thu vô tuyến** ..... 35

1.5.1. Kiến trúc máy phát vô tuyến ..... 35

1.5.2. Kiến trúc máy thu vô tuyến ..... 39

**1.6. Một số ví dụ** ..... 46

**1.7. Câu hỏi ôn tập và bài tập** ..... 50

1.7.1. Câu hỏi ôn tập ..... 50

1.7.2. Bài tập ..... 50

**Chương 2. HỆ THỐNG THÔNG TIN VIBA** ..... 52

**2.1. Khái niệm và đặc điểm của hệ thống thông tin viba** ..... 52

2.1.1. Khái niệm về thông tin viba ..... 52

2.1.2. Đặc điểm của hệ thống thông tin viba ..... 52

2.1.3. Ứng dụng của thông tin viba ..... 55

**2.2. Sơ đồ khối của hệ thống thông tin viba** ..... 55

2.2.1. Trạm đầu cuối ..... 55

2.2.2. Trạm chuyển tiếp ..... 56
2.2.3. Phân bố tần số trong hệ thống thông tin viba ..... 58
**2.3. Môi trường truyền sóng viba ..... 60**
2.3.1. Giới thiệu chung ..... 60
2.3.2. Đặc điểm của tầng đối lưu và truyền sóng tầng đối lưu ..... 60
**2.4. Nguyên lý Huyghen và miền Fresnel ..... 64**
2.4.1. Nguyên lý Huyghen ..... 64
2.4.2. Miền Fresnel ..... 64
**2.5. Truyền sóng trong tầm nhìn thẳng và tiêu chuẩn thiết kế khoảng hở của tuyến ..... 66**
2.5.1. Bài toán về truyền sóng trong tầm nhìn thẳng ..... 66
2.5.2. Bài toán cự ly thông tin cực đại trong thông tin viba số ..... 69
2.5.3. Bài toán không gian đường truyền, tiêu chuẩn thiết kế khoảng hở của tuyến ..... 70
**2.6. Thiết kế tuyến viba số ..... 71**
**2.7. Một số ví dụ ..... 75**
**2.8. Câu hỏi ôn tập và bài tập ..... 78**
2.8.1. Câu hỏi ôn tập ..... 78
2.8.2. Bài tập ..... 79
**Chương 3. HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH ..... 80**
**3.1. Tổng quan về hệ thống thông tin vệ tinh ..... 80**
3.1.1. Khái niệm cơ bản về hệ thống thông tin vệ tinh ..... 80
3.1.2. Lịch sử phát triển ..... 81
3.1.3. Các ứng dụng vệ tinh và các dịch vụ cung cấp ..... 84
3.1.4. Các băng tần sử dụng trong thông tin vệ tinh ..... 87
3.1.5. Vệ tinh địa tĩnh và phi địa tĩnh ..... 89
**3.2. Đặc điểm của thông tin vệ tinh ..... 90**
**3.3. Quỹ đạo vệ tinh ..... 91**
3.3.1. Định luật Kepler thứ nhất ..... 91
3.3.2. Định luật Kepler thứ hai ..... 92
3.3.3. Định luật Kepler thứ ba ..... 92
**3.4. Một số thuật ngữ cho quỹ đạo vệ tinh ..... 93**
**3.5. Một số dạng quỹ đạo vệ tinh ..... 94**

**3.6. Kiến trúc hệ thống thông tin vệ tinh ..... 96**
3.6.1. Phần mặt đất ..... 96
3.6.2. Phần không gian ..... 99
3.6.3. Anten trong hệ thống thông tin vệ tinh ..... 104
**3.7. Tính toán tuyến thông tin vệ tinh ..... 108**
3.7.1. Tính toán cho tuyến lên ..... 109
3.7.2. Tính toán cho tuyến xuống ..... 114
3.7.3. Tính toán cho toàn tuyến ..... 116
**3.8. Một số ví dụ ..... 116**
**3.9. Câu hỏi ôn tập và bài tập ..... 122**
3.9.1. Câu hỏi ôn tập ..... 122
3.9.2. Bài tập ..... 123
**Chương 4. HỆ THỐNG THÔNG TIN SỢI QUANG ..... 125**
**4.1. Khái niệm, đặc điểm của hệ thống thông tin sợi quang ..... 125**
4.1.1. Khái niệm ..... 125
4.1.2. Đặc điểm ..... 126
4.1.3. Sự phát triển thông tin sợi quang ở Việt Nam ..... 127
**4.2. Kiến trúc hệ thống thông tin sợi quang ..... 127**
**4.3. Sợi quang ..... 128**
4.3.1. Nguyên lý truyền ánh sáng trong sợi quang ..... 128
4.3.2. Các dạng phân bố chiết suất trong sợi quang ..... 132
4.3.3. Sợi đa mode và sợi đơn mode ..... 135
4.3.4. Suy hao trong sợi quang ..... 137
4.3.5. Tán sắc trong sợi quang ..... 139
**4.4. Tính toán tuyến thông tin sợi quang ..... 144**
4.4.1. Tính cự ly giới hạn bởi quỹ công suất ..... 144
4.4.2. Cự ly giới hạn do dải thông ..... 146
**4.5. Một số ví dụ ..... 148**
**4.6. Câu hỏi ôn tập và bài tập ..... 155**
4.6.1. Câu hỏi ôn tập ..... 155
4.6.2. Bài tập ..... 155
**Chương 5. HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG ..... 158**
**5.1. Tổng quan về hệ thống thông tin di động ..... 158**
5.1.1. Tổng quan ..... 158

5.1.2. Đặc điểm ..... 159
5.1.3. Kiến trúc hệ thống thông tin di động ..... 161
**5.2. Tế bào và phân bổ tần số ..... 163**
5.2.1. Khái niệm ..... 163
5.2.2. Lựa chọn tế bào ..... 163
5.2.3. Phân chia kênh truyền ..... 164
5.2.4. Kích thước nhóm/cụm ..... 165
**5.3. Nhiễu đồng kênh và dung lượng hệ thống ..... 166**
**5.4. Nhiễu kênh lân cận và chiến lược cấp phát kênh ..... 167**
5.4.1. Nhiễu kênh lân cận ..... 167
5.4.2. Cấp phát kênh và chuyển giao ..... 168
**5.5. Nâng cao dung lượng hệ thống tế bào ..... 169**
5.5.1. Chia nhỏ tế bào ..... 169
5.5.2. Sử dụng anten định hướng ..... 170
**5.6. Kỹ thuật trải phổ ..... 171**
5.6.1. Khái niệm ..... 171
5.6.2. Trải phổ trực tiếp ..... 172
5.6.3. Hệ số xử lý của hệ thống ..... 173
5.6.4. Mã giả tạp âm PN ..... 174
**5.7. Công nghệ CDMA ..... 175**
5.7.1. Lịch sử phát triển ..... 175
5.7.2. Tính toán dung lượng của hệ thống CDMA ..... 175
5.7.3. Hàm trực giao ..... 176
**5.8. Một số ví dụ ..... 180**
**5.9. Câu hỏi ôn tập và bài tập ..... 186**
5.9.1. Câu hỏi ôn tập ..... 186
5.9.2. Bài tập ..... 186
**TÀI LIỆU THAM KHẢO ..... 189**
**CHỈ MỤC ..... 190**

# DANH MỤC CÁC CỤM TỪ VIẾT TẮT

| *Từ viết tắt* | *Tiếng Anh* | *Tiếng Việt* |
|---|---|---|
| ADC | Analog to Digital Converter | Bộ chuyển đổi tương tự – số |
| AWGN | Additive White Gaussian Noise | Tạp âm Gaussian trắng cộng |
| BER | Bit Error Rate | Tỷ số lỗi bit |
| BF | Base Frequency | Băng tần cơ bản |
| BSS | Broadcast Satellite Services | Dịch vụ vệ tinh quảng bá |
| BPF | Band Pass Filter | Bộ lọc thông dải |
| BPSK | Binary Phase Shift Keying | Khóa dịch pha nhị phân |
| BTS | Base Transceiver Station | Trạm thu phát vô tuyến gốc |
| CDMA | Code Division Multiplexing Access | Đa truy nhập phân chia theo mã |
| CNR | Carrier to Noise Ratio | Tỷ số sóng mang trên tạp âm |
| DAC | Digital to Analog Converter | Bộ chuyển đổi số – tương tự |
| DR | Dynamic Range | Dải động |
| DSSS | Direct Sequence Spread System | Hệ thống trải phổ chuỗi trực tiếp |
| EIRP | Equivalent Isotropic Radiated Power | Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương |
| DTH | Direct to Home | Truyền hình trực tiếp tới nhà |
| ERP | Effective Radiated Power | Công suất bức xạ hiệu dụng |
| ES | Earth Station | Trạm mặt đất |
| FHSS | Frequency Hopping Spread System | Hệ thống trải phổ nhảy tần |

| | | |
|---|---|---|
| FSS | Fixed Satellite Services | Dịch vụ vệ tinh cố định |
| GEO | Geostationnary | Địa tĩnh |
| GS | Ground Segment | Phần mặt đất |
| GSM | Global System for Mobile | Hệ thống thông tin di động toàn cầu |
| HDTV | High Definition Television | Truyền hình độ phân giải cao |
| HEO | Highly Elliptical Orbit | Quỹ đạo elip tầm cao |
| HPA | High Power Amplifier | Bộ khuếch đại công suất cao |
| IF | Intermediate Frequency | Trung tần |
| ISDN | Intergrated Service Digital Network | Mạng số tổ hợp đa dịch vụ |
| ITU | International Telecommunication Union | Liên minh Viễn thông Quốc tế |
| LEO | Low Earth Orbit | Quỹ đạo tầm thấp |
| LNA | Low Noise Amplifier | Bộ khuếch đại tạp âm thấp |
| LO | Local Oscillator | Bộ dao động nội |
| LPF | Low Pass Filter | Bộ lọc thông thấp |
| M | Mixer | Bộ trộn tần |
| MEO | Medium Earth Orbit | Quỹ đạo tầm trung |
| MS | Mobile Station | Máy di động |
| MSS | Mobile Satellite Services | Dịch vụ vệ tinh di động |
| NA | Numerical Aperture | Khẩu độ số |
| NF | Noise Figure | Hệ số tạp âm |
| NGN | Next Generation Network | Mạng thế hệ mới |
| PA | Power Amplifier | Bộ khuếch đại công suất |
| PLL | Phase Locked Loop | Vòng khóa pha |
| PLMN | Public Land Mobile Network | Mạng di động mặt đất công cộng |

| | | |
|---|---|---|
| PSTN | Public Switched Telephone Network | Mạng điện thoại chuyển mạch kênh công cộng |
| QPSK | Quadrature Phase Shift Keying | Điều chế pha cầu phương |
| VCO | Voltage Controlled Oscillator | Bộ dao động điều khiển bằng điện áp |
| VoIP | Voice over Internet Protocol | Thoại qua giao thức internet |
| VSAT | Very Small Aperture Terminal | Thiết bị đầu cuối vệ tinh độ mở nhỏ |
| SDH | Synchronous Digital Hierachy | Phân cấp số đồng bộ |
| SFDR | Spurious Free Dynamic Range | Dải động SFDR |
| SNR | Signal to Noise Ratio | Tỷ số tín hiệu trên tạp âm |
| SS | Space Segment | Phần không gian |
| TT&C | Telemetry, Tracking & Command | Đo lường từ xa, điều khiển và bám vệ tinh |
| WCDMA | Wideband Code Division Multiplexing Access | Đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng |
| WDN | Wavelength Division Multiplexing | Kỹ thuật ghép bước sóng quang |