

PHẦN I: CƠ SỞ HỆ THỐNG VIỄN THÔNG

1.1. Băng thông

- Ký hiệu: B [Hz]
- Là dải tần số cho phép toàn bộ thành phần tín hiệu truyền qua không bị suy hao quá 3dB (VD: $B_{\text{GSM}} = 200\text{kHz}$, $B_{\text{Viba}} \sim \text{MHz}$)

1.2. Tốc độ bit

- Ký hiệu: R_{bit} [bit/s]
- Là số bits truyền trong 1 giây
- B tăng thì R_{bit} tăng

1.3. Tốc độ Baund

- Ký hiệu: R_{baund} [baund/s]
- Là tốc độ truyền dẫn
- $R_{\text{baund}} = R_{\text{bit}} / \log_2 M$
- M là số mức tín hiệu điều chế ($M_{\text{BPSK}} = 2$; $M_{\text{QPSK}} = 4$; $M_{\text{256-QAM}} = 256$)
- $B \sim R_{\text{baund}}$

1.4. Hiệu suất băng thông

- Ký hiệu: η [bit/s/Hz]
- Là số bit/s trên 1Hz băng thông
- $\eta = R_{\text{bit}} / B = R_{\text{baund}} \log_2 M / B = \log_2 M$
- M tăng $\rightarrow R_{\text{bit}}$ tăng, công suất tăng, SNR tăng, C/N tăng

1.5. Băng tần

- GSM uplink 890÷915 MHz
- GSM downlink 935÷960 MHz

1.6. Sóng mang

- Dùng để tải tin
- Hệ thống 1 sóng mang \rightarrow Đơn sóng mang
- Hệ thống nhiều sóng mang \rightarrow Đa sóng mang

1.7. Điều chế, giải điều chế

- Điều chế băng gốc: PCM, PCM vi sai, delta, PTM, PWM, PPM
- Điều chế tương tự: AM (2 biên, 2 biên có nén, 1 biên), FM, PM
- Điều chế số: PSK, BPSK, DPSK, FSK, QPSK, MPSK, QAM, OFDM

1.8. SNR (Signal to Noise Ratio)

- $\text{SNR} = P_{\text{signal}} / P_{\text{noise}}$
- $\text{SNR} = P_{\text{signal}}(\text{dB}) - P_{\text{noise}}(\text{dB})$

1.9. C/N (Carries to Noise Ratio)

- $C/N = P_C / P_N$
- $C/N = P_C(\text{dB}) - P_N(\text{dB})$

1.10. E_b/N_0

- E_b : năng lượng 1 bit
- N_0 : mật độ công suất tạp âm
- $N_0 = \frac{N}{B} = \frac{P_N}{B} = \frac{kTB}{B} = kT$
 - $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
 - T : Nhiệt độ tạp âm
- $E_b = T_b \times P_{\text{signal}} = \frac{1}{R_{\text{bit}}} \times P_{\text{signal}}$
- $\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_{\text{signal}}}{R_{\text{bit}} \times kT} = \frac{C/N \times kTB}{R_{\text{bit}} \times kT} = \frac{C}{N} \times \frac{B}{R_{\text{bit}}}$
- $\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} \times \frac{1}{\log_2 M}$
- $(E_b/N_0)_{\text{dB}} = (C/N)_{\text{dB}} - 10\log(\log_2 M)$

1.11. Đơn vị Decibel

- Điện áp: $20\log U$
- Công suất $10\log P$
- $\text{dBm} = \text{dBW} + 30$
- Chú ý: Chỉ có “Công suất” có thứ nguyên mới sử dụng đơn vị dBm, dBW và có sự biến đổi qua lại giữa 2 đơn vị này. Các hệ số khác như suy hao, tăng ích bản chất chỉ là hệ số tỷ lệ, không có thứ nguyên \rightarrow chỉ dùng dB.
- VD: $P_{\text{RX}}(\text{dBm}) = P_{\text{TX}}(\text{dBm}) - L(\text{dB}) + G(\text{dB})$

PHẦN II: THÔNG TIN SỢI QUANG

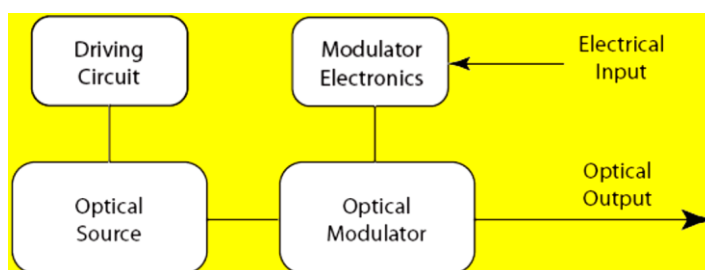
2.1. CẤU TRÚC SƠ ĐỒ

2.1.1. Mô hình tổng quát



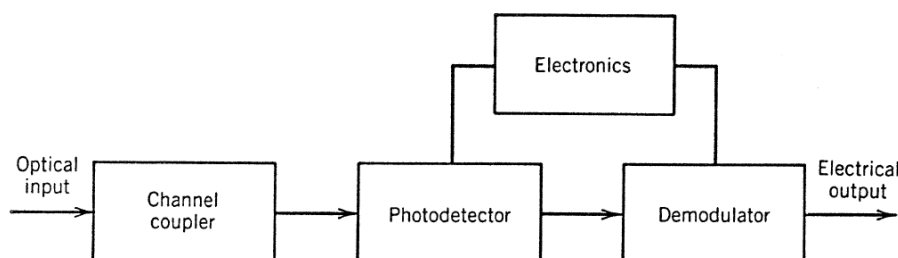
- Optical Transmitters (phát quang): Biến đổi E/O (Điện → Quang)
- Communication Channel (kênh thông tin): Môi trường sợi quang
- Optical Receivers (thu quang): Biến đổi O/E (Quang → Điện)

2.1.2. Máy phát quang

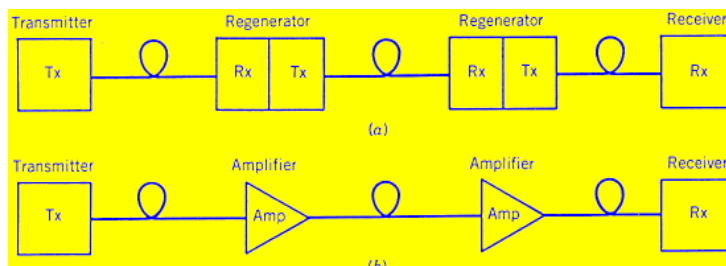


- Nguồn quang (LASER/ LED): Tạo ra sóng mang quang.
- Tần số sóng mang 185 - 200 THz (1520 ÷ 1620nm)
- Băng C: 1530 ÷ 1565nm & Băng L: 1570 ÷ 1610nm
- Bộ điều chế tạo luồng bit quang
- Kỹ thuật điều chế trực tiếp (IM): dòng LD được điều chế để tạo dòng bit (không cần bộ điều chế ngoài)

2.1.3. Máy thu quang

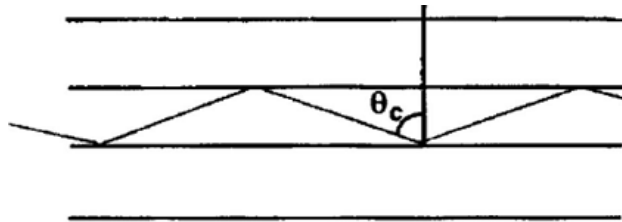


2.1.4. Kênh thông tin



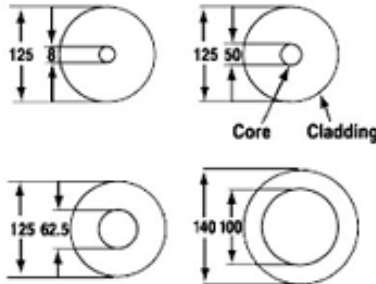
2.1.5. Nguyên lý truyền ánh sáng trong sợi quang

Dựa vào hiện tượng phản xạ toàn phần, tuân theo định luật Snell



- $\theta \geq \theta_c$
- $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$
- n_1 : Chiết suất lớp lõi
- n_2 : Chiết suất lớp áo

2.1.6. Cấu trúc sợi quang



- Sợi quang: một dải thủy tinh silic rất mỏng
- Cấu trúc: Lớp lõi và lớp áo
- Hai nhân tố quan trọng:
 - ✓ Ánh sáng ít thất thoát khi đi dọc sợi
 - ✓ Sợi quang có thể uốn cong qua các góc mà ánh sáng vẫn có thể ở lại bên trong sợi và được truyền đi quanh các góc.

2.1.7. Khẩu độ số

- $NA = \sin \theta_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta}$
- với $\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n}$ là độ chênh lệch chiết suất tương đối ($n = (n_1 + n_2)/2$)
- θ_{max} là góc tới lớn nhất của tia sáng, để tia sáng đi được vào sợi quang và xảy ra phản xạ toàn phần.
- Góc nhận ánh sáng là $2\theta_{max}$

2.1.8. Tham số ảnh hưởng đến truyền quang

- Suy hao: Tán xạ Rayleigh và hấp thụ
- Tán sắc:
 - Tán sắc đa màu:
 - ✓ Ánh sáng truyền trong sợi quang không đơn sắc mà có độ rộng phổ xác định.
 - ✓ Tốc độ lan truyền của các thành phần phổ là khác nhau (do chiết suất là hàm của bước sóng)
 - ✓ Các thành phần phổ có thời gian truyền lệch nhau gây ra tán sắc vật liệu
 - Tán sắc đa mode
 - ✓ Sợi truyền nhiều mode
 - ✓ Mỗi mode truyền có vận tốc nhóm khác nhau (mỗi mode có hằng số lan truyền khác nhau)
- Các hiệu ứng phi tuyến: Tán xạ Brillouin, tán xạ Raman điều chế đồng pha (self phase modulation), four-wave mixing

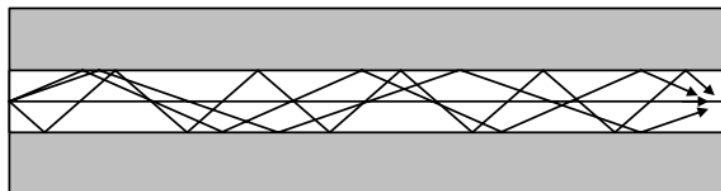
2.1.9. Phân loại sợi quang theo chỉ số khúc xạ

- Sự phân bố chiết suất trong sợi quang

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[1 - \Delta \left(\frac{r}{a} \right)^g \right] & r \leq a \\ n_2 & a \leq r \leq b \end{cases}$$

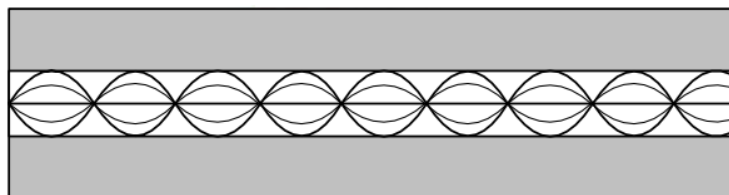
- n_1 : chiết suất lớn nhất của lõi (Tại $r = 0$)
- n_2 : chiết suất lớp áo
- r : khoảng cách từ tâm lõi đến điểm tính chiết suất
- a : bán kính lõi
- b : bán kính lớp áo
- g : hệ số mũ quyết định dạng phân bố chiết suất
 - $g = 1$: dạng tam giác
 - $g = 2$: dạng parabol
 - $g = \infty$: dạng bậc thang
- Multimode stepped index (chiết suất bước): Lõi lớn ($100 \mu\text{m}$), các tia tạo xung ánh sáng có thể đi theo nhiều đường khác nhau trong lõi: thẳng, zig-zag... tại điểm đến sẽ nhận các chùm tia riêng lẻ, vì vậy xung dễ bị méo dạng.

$$n(r) = \begin{cases} n_1 & r \leq a \\ n_2 & a \leq r \leq b \end{cases}$$



- Multimode graded index (chiết suất liên tục): Lõi có chỉ số khúc xạ giảm dần từ trong ra ngoài cladding. Các tia gần trục truyền chậm hơn các tia gần cladding. Các tia theo đường cong thay vì zig-zag. Các chùm tia tại điểm hội tụ, vì vậy xung ít bị méo dạng.

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[1 - \Delta \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] & r \leq a \\ n_2 & a \leq r \leq b \end{cases}$$



- Single mode (đơn mode): Lõi nhỏ (8 μm hay nhỏ hơn), hệ số thay đổi khúc xạ thay đổi từ lõi ra cladding ít hơn multimode. Các tia truyền theo phương song song trục. Xung nhận được hội tụ tốt, ít méo dạng.

2.1.10. Tần số chuẩn hóa trong sợi đa mode

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times a \times NA = k.a.NA$$

- Số mode sóng trong sợi đa mode

$$N \approx \frac{V^2}{2} \times \frac{g}{g+2}$$

- Sợi SI: $N = V^2/2$
- Sợi GI: $N = V^2/4$
- Điều kiện đơn mode $V \leq 2.405$ (với SI) hoặc 3.518 (với GI)
- Bước sóng cắt: Bước sóng tối thiểu đảm bảo cho sợi quang hoạt động đơn mode

$$\lambda_c = \frac{2\pi a}{2.405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad 2a \leq \frac{2.405\lambda}{\pi \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

2.2. ĐẶC ĐIỂM VÀ ỨNG DỤNG CỦA THÔNG TIN SỢI QUANG

2.2.1. Đặc điểm

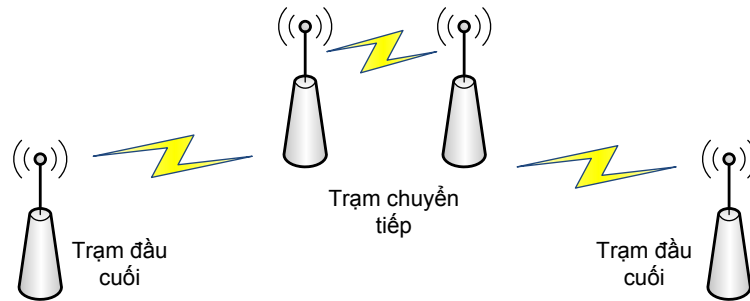
- Suy hao thấp: $L = 2000\text{m}$, suy hao không thay đổi theo tần số tín hiệu
- Dải thông rộng: hàng THz
- Khối lượng và kích thước nhỏ
- Không bị can nhiễu bởi sóng điện từ và điện công nghiệp
- Tính an toàn: Không dẫn điện
- Tính bảo mật: Sợi quang khó trích tín hiệu
- Tính linh hoạt: Khả dụng cho hầu hết các dạng thông tin số liệu, thoại, video...
- Nhược điểm: Cần có quá trình biến đổi Điện-Quang; dòn, dễ gãy; sửa chữa phức tạp

2.2.2. Ứng dụng

- Viễn thông
 - Mạng đường trục quốc gia
 - Đường trung kế
 - Đường cáp thả biển liên quốc gia
- Dịch vụ tổng hợp
 - Truyền số liệu
 - Truyền hình cable

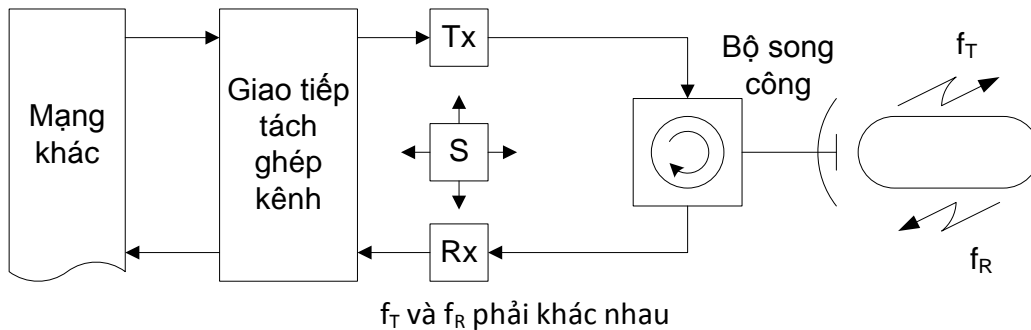
PHẦN III: THÔNG TIN VIBA

3.1. CẤU TRÚC SƠ ĐỒ

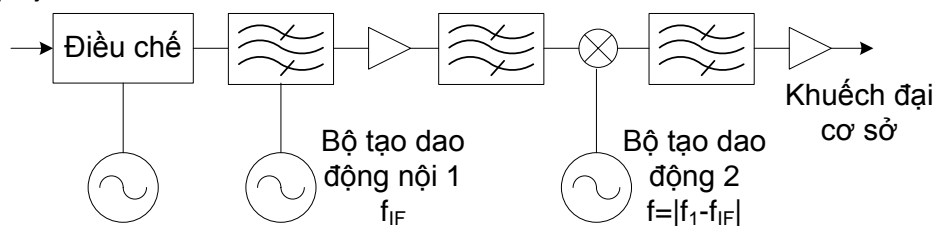


- Trạm đầu cuối
 - Xử lý, lọc, khuếch đại, ghép kênh (ở băng tần cơ sở cao tần)
 - Ghép các dữ liệu, điều chế, mã hóa
 - Thu phát
 - Giao tiếp mạng khác
- Trạm chuyển tiếp
 - Ghép kênh với mạng khác
 - Khuếch đại, sửa lỗi
 - Có thể điều chế, giải điều chế
 - Xử lý tín hiệu khuếch đại ở băng cơ sở

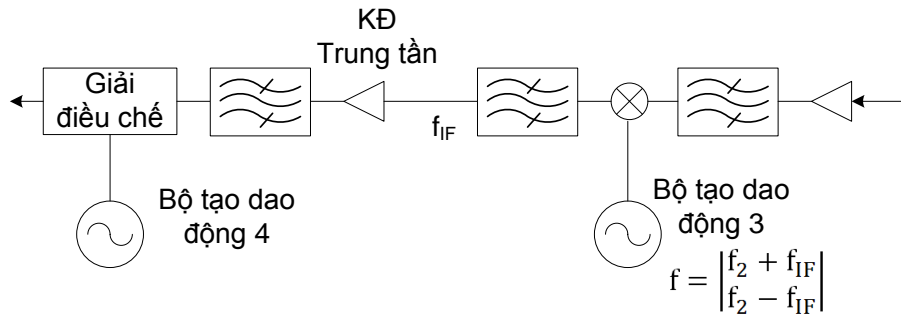
3.1.1. Sơ đồ khối tổng quát



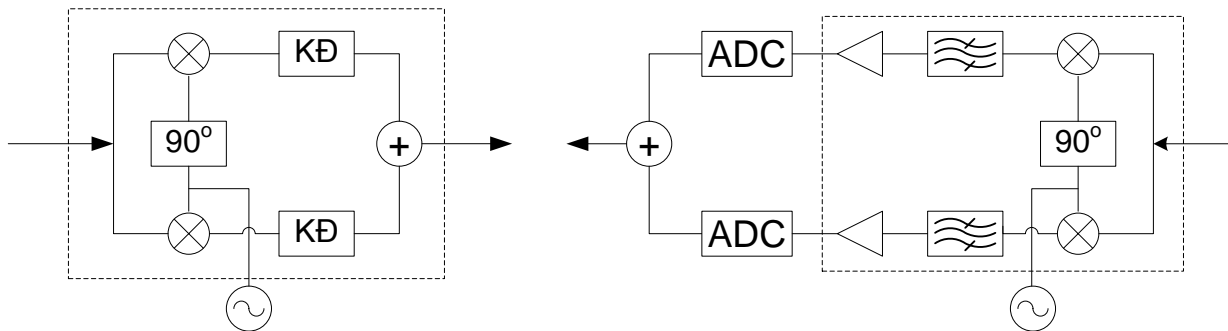
3.1.2. Bộ phát (Tx)



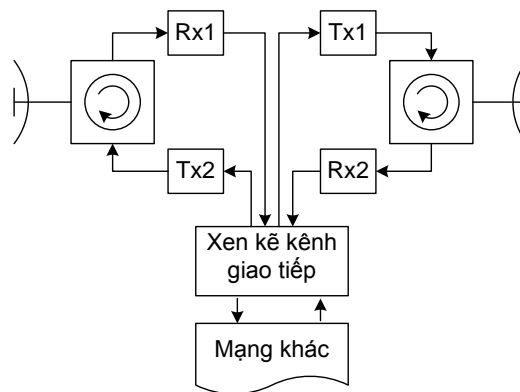
3.1.3. Bộ thu (Rx)



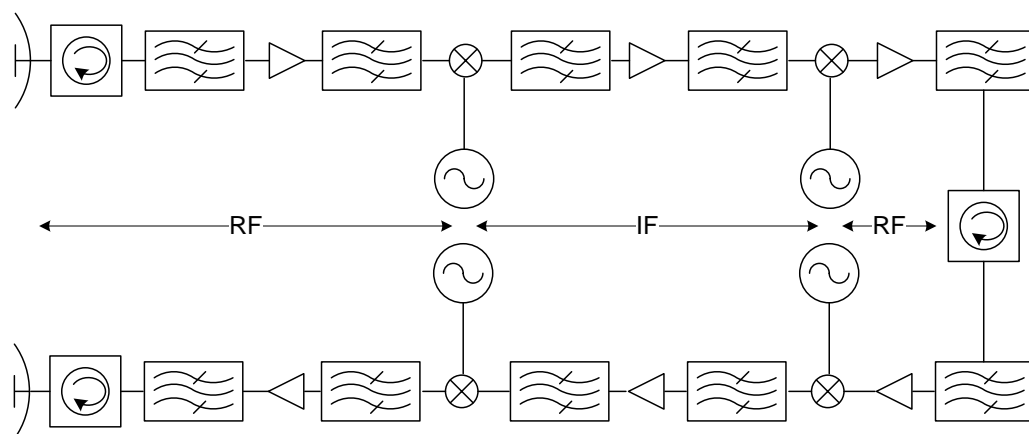
3.1.4. Điều chế và giải điều chế



3.1.5. Trạm chuyển tiếp



3.1.6. Sơ đồ RF-IF-RF



3.2. ĐẶC ĐIỂM HỆ THỐNG THÔNG TIN VIBA

3.2.1. Khái niệm

- Viba = L.O.S microwave
- Là hệ thống thông tin trong tầm nhìn thẳng sử dụng sóng SCT
 - Trong tầm nhìn thẳng (L.O.S): Antena Tx, Rx nhìn trực tiếp với nhau
 - Sóng SCT: $f \sim \text{GHz}$ ($\lambda \sim \text{dm, cm}$), $\lambda \sim$ kích thước của mạch

3.2.2. Đặc điểm hệ thống

- Tầm nhìn thẳng \rightarrow Dùng anten bức xạ định hướng (parabol, gương).
Góc mở $\theta_{3\text{dB}}$ rất nhỏ \rightarrow Kích thước anten $D = 1.8\text{m}, 2\text{m}, 3\text{m}$. Tần số làm việc GHz.
 \rightarrow Hệ số tăng ích G lớn \sim vài chục dBi
- Để có d lớn \rightarrow dùng các trạm chuyển tiếp.
- Hạn chế can nhiễu \rightarrow tránh đặt các trạm chuyển tiếp trên cùng 1 đường thẳng (đặt sole).
- Multi – path (đa đường) giảm, dopler giảm.
- Công suất phát bức xạ giảm so với anten đẳng hướng.
- Độ duy tần f tăng $\rightarrow \Delta f/f = \text{const} \rightarrow \Delta f$ tăng $\rightarrow B$ tăng \rightarrow truyền tốc độ cao (đa phương tiện), song công.
- Độ nhạy giảm

$$P_{\text{sens}}(\text{dBm}) = -174 + 10 \log B (\text{Hz}) + \text{NF} (\text{dB}) + \text{SNR} (\text{dB})$$

- f tăng (λ giảm) \rightarrow kích thước mạch, thiết bị, anten giảm, tăng ích G tăng.
- f tăng \rightarrow suy hao truyền sóng tăng (L_{FS} : tổn hao trong không gian tự do)

$$L_{\text{FS}} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi d}{c} \times f \right)^2$$

$$L_{\text{FS}} = 92,44 + 20 \log d [\text{km}] + 20 \log f [\text{GHz}]$$

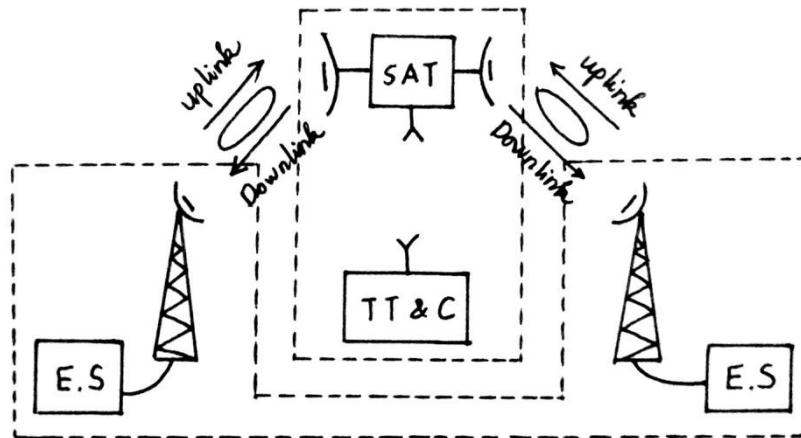
- f tăng ($\sim \text{GHz}$) \rightarrow cửa sổ vô tuyến \rightarrow ảnh hưởng suy hao do mưa, thiết kế tuyến \rightarrow dự trữ fading (\sim vài chục dB)
- Triển khai hệ thống nhanh linh hoạt, chi phí giảm.
- Cần chú ý vật cản (bắt buộc vì L.O.S)

3.2.3. Ứng dụng

PHẦN IV: THÔNG TIN VỆ TINH

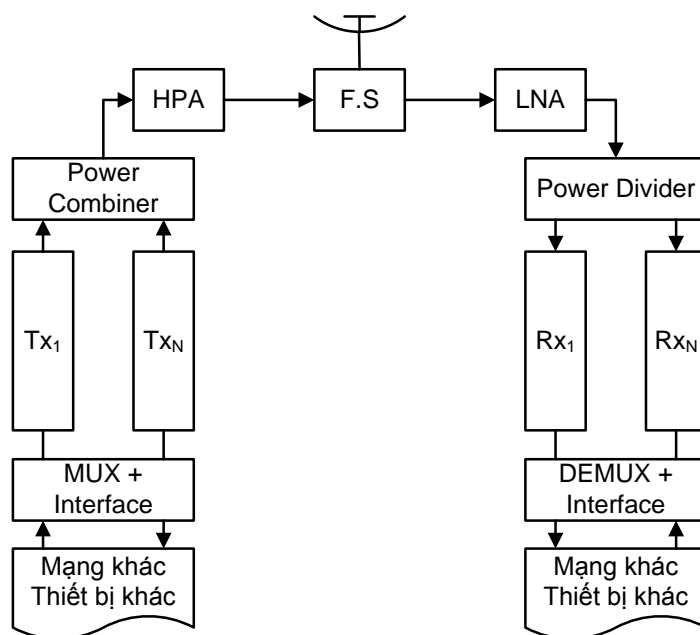
4.1. CẤU TRÚC SƠ ĐỒ

4.1.1. Cấu trúc hệ thống

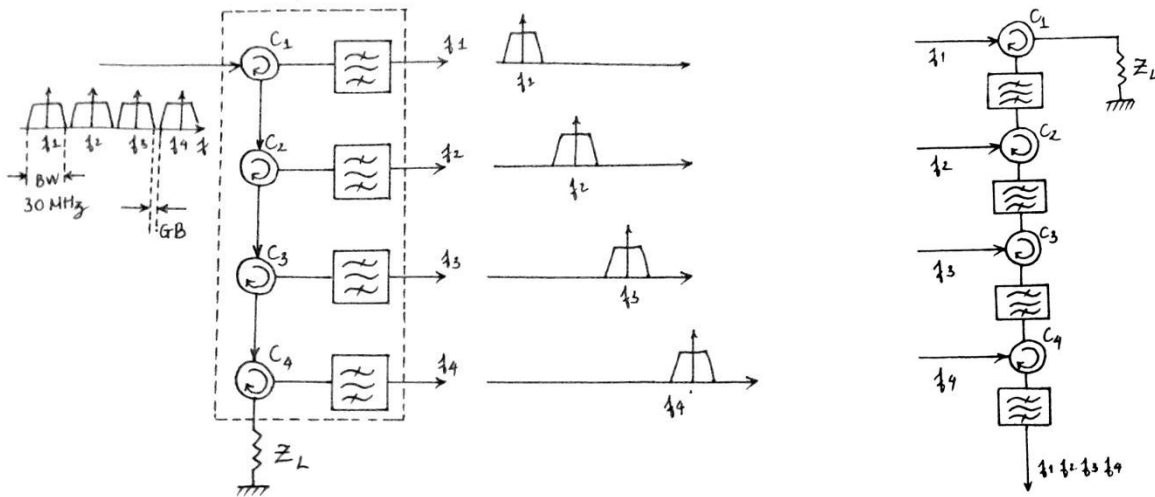


- Phần mặt đất GS: Các trạm mặt đất E.S
- Phần không gian SS:
 - Vệ tinh (Satellite)
 - TT&C: Đo lường điều khiển và bám vệ tinh
- E.S → SAT: Tuyến lên (uplink)
- SAT → E.S: Tuyến xuống (downlink) ($f_{up} > f_{down}$)

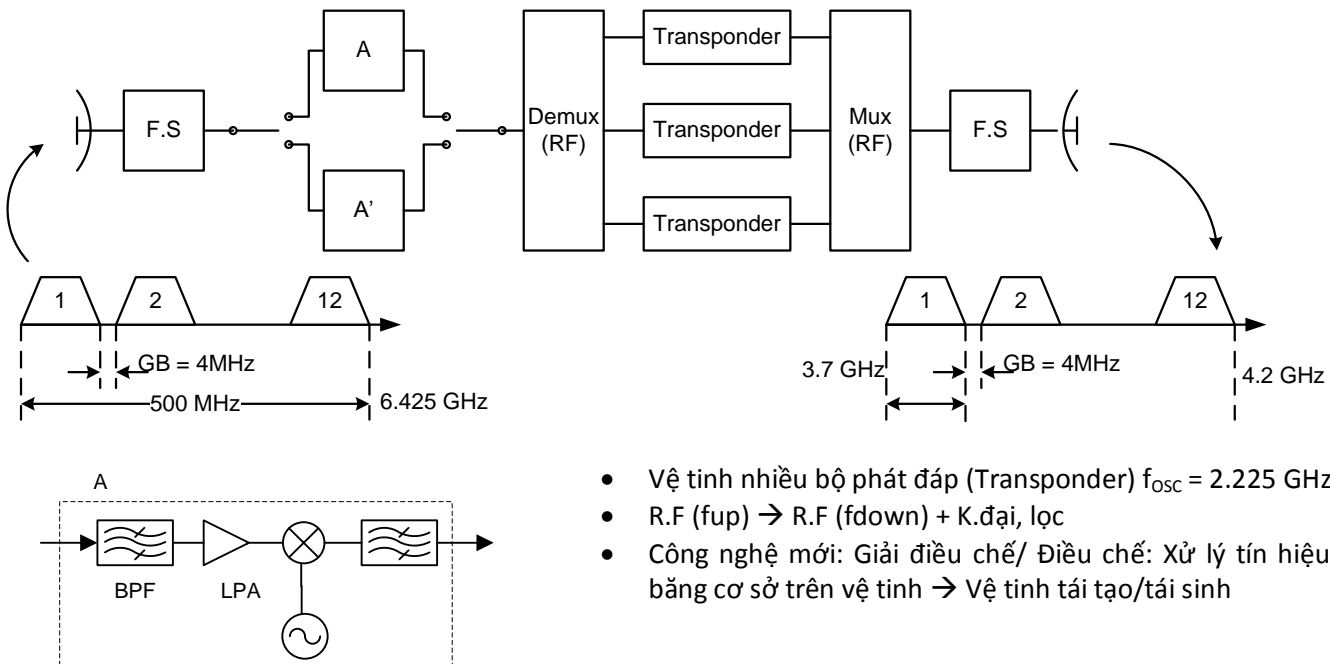
4.1.2. Trạm mặt đất E.S



- F.S: Frequency Separator
- HPA: High Power Amplifier
- LNA: Low Noise Amplifier
- Rx: Receiver
- Tx: Transmitter



4.1.3. Vệ tinh



- Vệ tinh nhiều bộ phát đáp (Transponder) $f_{osc} = 2.225 \text{ GHz}$
- R.F (fup) \rightarrow R.F (fdown) + K.đại, lọc
- Công nghệ mới: Giải điều chế/ Điều chế: Xử lý tín hiệu ở băng cơ sở trên vệ tinh \rightarrow Vệ tinh tái tạo/tái sinh

4.2. ĐẶC ĐIỂM HỆ THỐNG THÔNG TIN VỆ TINH

4.2.1. Khái niệm

- Vệ tinh (Satellite): Là những vật quay xung quanh Trái Đất, luôn cân bằng 2 cực đối ngược nhau (Lực hút \gg Quán tính ly tâm)
- Hệ thống thông tin vệ tinh:
- Vệ tinh tham gia
- Vệ tinh: Địa tĩnh & Phi địa tĩnh
- Vệ tinh địa tĩnh: Quay cùng chiều quay Trái Đất, cùng vận tốc Trái Đất. Hành trình chuyển động của vệ tinh là đường tròn trong mặt phẳng xích đạo.

4.2.2. Đặc điểm

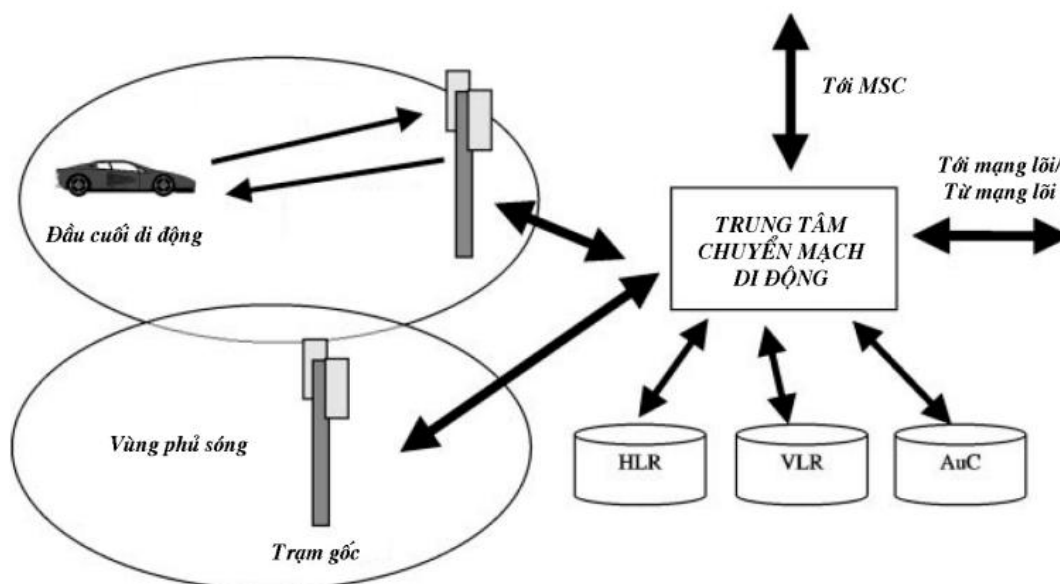
- Có khả năng bao phủ vùng rộng lớn.
- Có khả năng hoạt động không phụ thuộc vào các hệ thống mặt đất.
- Có khả năng cung cấp thông tin điểm – điểm, điểm – đa điểm, hoặc quảng bá

4.2.3. Ứng dụng

- Viễn thông
 - Di động: Thông tin di động dùng vệ tinh
 - Truyền dẫn
 - Truyền số liệu (VSAT(IP))-VTI
- Phát thanh, truyền hình: Truyền hình vệ tinh DVB-S
- Hàng hải: Vệ tinh biển Inmarsat
- Khí tượng thủy văn
- Viễn thám

PHẦN V: THÔNG TIN DI ĐỘNG

5.1. CẤU TRÚC SƠ ĐỒ

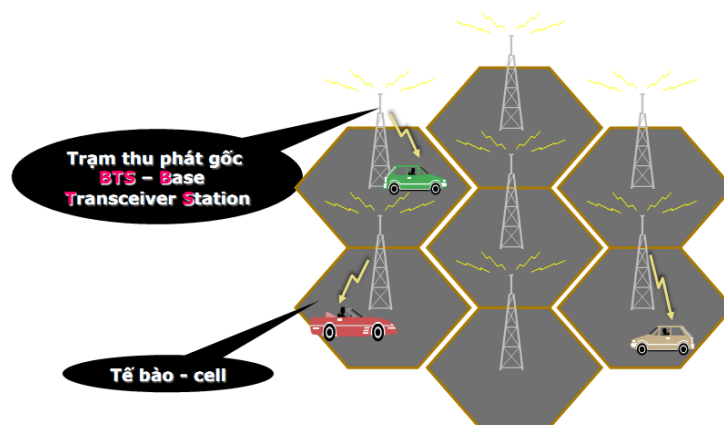


- HLR: Home Location Register: bộ đăng ký định vị thường trú
- VLR: Visited Location Register: bộ đăng ký định vị tạm trú
- AuC: Authentication Center: Trung tâm nhận thực
- MSC: Mobile Switching Center: Trung tâm chuyển mạch di động

5.2 HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG

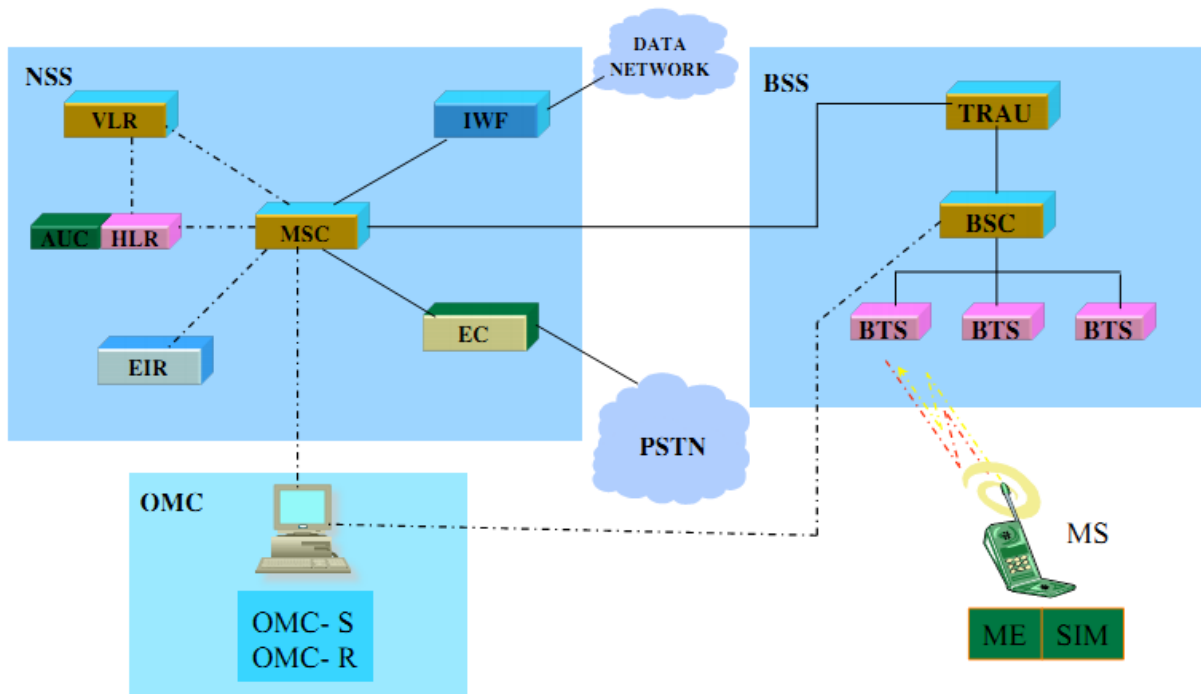
5.2.1. Tế bào

- Cell – tế bào hay ô: là đơn vị cơ sở của mạng, tại đó trạm di động MS tiến hành trao đổi thông tin với mạng qua trạm thu phát gốc BTS (BS).
- Trong đó
 - MS: Mobile Station - trạm di động.
 - BTS (BS): Base Transceiver Station (Base Station)



- Phương thức phủ sóng:
 - an ten vô hướng và có hướng
 - 1 hoặc 3 anten
- Các phương thức đa truy nhập
 - FDMA: Frequency Division Multiple Access - đa truy nhập phân chia theo tần số
 - TDMA: Time Division Multiple Access - đa truy nhập phân chia theo thời gian
 - CDMA: Code Division Multiple Access - đa truy nhập phân chia theo mã
- Mỗi hệ thống thông tin di động được cấp phát một hoặc nhiều băng tần xác định. Trong mỗi băng tần, các kênh vô tuyến của hệ thống sẽ được ấn định. Ví dụ: Băng tần GSM 900 được cấp phát là
 - UL: 890 MHz – 915 MHz
 - DL: 935 MHz – 960 MHz

5.2.2. GSM



IWF: InterWorking Function - Khối tương tác mạng

EC: Echo Canceled - Khối triệt tiếng vọng

- Mạng thông tin di động mặt đất công cộng PLMN (Public Land Mobile Network) theo chuẩn GSM được chia thành 3 (4) phân hệ chính sau:
 - Phân hệ chuyển mạch - NSS - Network Switching Subsystem.
 - Phân hệ vô tuyến - RSS = BSS + MS - Radio SubSystem
 - Phân hệ vận hành và bảo dưỡng - OMS - Operation and Maintenance Subsystem

PHẦN VI: BÀI TẬP THÔNG TIN SỢI QUANG

6.1. CÔNG THỨC

6.1.1. Khẩu độ số

- $NA = \sin\theta_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1\sqrt{2\Delta}$
- với $\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n}$ là độ chênh lệch chiết suất tương đối ($n = (n_1 + n_2)/2$)

6.1.2. Tần số chuẩn hóa

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \times a \times NA = k.a.NA$$

6.1.3. Số mode sóng trong sợi đa mode

$$N \approx \frac{V^2}{2} \times \frac{g}{g+2}$$

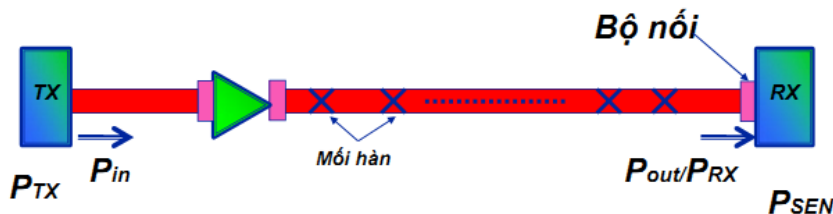
- Sợi SI: $N = V^2/2$
- Sợi GI: $N = V^2/4$

6.1.4. Điều kiện đơn mode $V \leq 2.405$ (với SI) hoặc 3.518 (với GI)

6.1.5. Bước sóng cắt: Bước sóng tối thiểu đảm bảo cho sợi quang hoạt động đơn mode

$$\lambda_c = \frac{2\pi a}{2,405} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad 2a \leq \frac{2,405\lambda}{\pi \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

6.1.6. Quỹ công suất



- Yêu cầu : $P_{RX} > P_{MIN}$
 - P_{RX} = Công suất tín hiệu tại đầu thu
 - $P_{RX} = P_{TX} - \text{Tổng tổn hao} + \text{Tổng tăng ích} - P_{MARGIN}$
 - P_{TX} = Công suất phát
 - $P_{MARGIN} \approx 6 \text{ dB}$ (thường cho)
 - P_{MIN} = Công suất nhỏ nhất để đạt được một ngưỡng BER quy định
- Yêu cầu trong tính quỹ công suất
 - Tổn hao $L = L_{IL} + L_{sợi} + L_{bn} + L_{non-linear}$
 - L_{IL} = Insertion Loss
 - $L_{sợi}$ = Tổn hao do sợi
 - L_{bn} = Tổn hao do bộ nối
 - L_{pt} = Tổn hao phi tuyến

- Tăng ích $G = G_{kd} + G_{pt}$
 - G_{kd} = Tăng ích của bộ khuếch đại
 - G_{pt} = Tăng ích phi tuyến

$$P_{Rx} [dBm] = P_{Tx}[dBm] - \sum Loss[dB] - P_{MARGIN}[dB] + \sum G[dBi] \geq S[dBm] \text{ (hoặc } P_{sens} - \text{độ nhạy máy thu)}$$

- Chú ý
 - Mỗi đầu phát/thu có một mối nối
 - Mỗi bộ khuếch đại dùng 2 mối nối
- $L_{max} = \frac{\text{Quỹ công suất(dB)}}{\text{Suy hao TB của Cable (dB/km)}} = \frac{P(dB)}{\alpha(\frac{dB}{km})}$
 - $P[dB] = P_{Tx}[dBm] - P_{sens}[dBm] - L_{connector}[dB] - L_{equip}[dB]$
 - $\alpha[dB/km] = \alpha_F + \alpha_H + \alpha_m$
 - α_F là suy hao trung bình của cable
 - α_H là suy hao trung bình của mối hàn
 - α_m là suy hao dự phòng cho cable

6.1.7. Tính giới hạn dải thông

- $R_{baund} = R_{trans} = R_{bit} \times k$ ($k_{5B6B} = 6/5$; $k_{1B2B} = 2$)
- Để không bị giới hạn dải thông $D_t \leq D_{max}$
- Độ tán sắc: $D_t[ns] = \sqrt{D_{mode}^2 + D_{chr}^2}$
 - Độ tán sắc mode $D_{mode}[ns] = \frac{0.44}{B_{limit}[GHz.km]} \times L_{max}[km]$
 - B_{limit} : Giới hạn dải thông do tán sắc mode
 - Độ tán sắc màu: $D_{chr} = D_{mat} + D_{wg}$ ($D_{wg} \ll D_{mat} \rightarrow$ bỏ qua D_{wg})
 - $D_{mat} = d_{mat} \times \Delta\lambda \times L_{max}$
 - ✓ d_{mat} : Tán sắc chất liệu trên 1 đơn vị [ns/nm.km]
 - ✓ $\Delta\lambda$: Độ rộng phổ nguồn quang [nm]
 - ✓ L_{max} [km]
- Độ tán sắc cho phép $D_{max}[ns] = \frac{1}{4 \times R_{trans}[Gbps]}$

6.2. BÀI TẬP

Bài 1. Công suất từ nguồn sáng đưa vào sợi quang là $P_{in} = 0dBm$. Độ nhạy máy thu là $P_{sens} = -51dBm$. Sợi cáp có 9 mối hàn, tổn hao mỗi mối hàn là 0.5dB. Tổn hao bộ nối là 1.5 dB. Hệ số suy hao cáp $\alpha = 2dB/km$. Dự phòng $P_{margin} = 10dB$. Tính độ dài cực đại để đảm bảo công suất.

Giải:

$$P_{in} = 0dBm \quad \alpha = 2dB/km$$

$$P_{sens} = -55dBm \quad P_{margin} = 10dB$$

$$L_{bn} = 1.5dB$$

$$L_{mh} = 0.5dB$$

Tuyến quang sử dụng 2 bộ nối, để đảm bảo công suất:

$$P_{out} = P_{in} - (L_{mh} \times 9 + L_{bn} \times 2 + \alpha \times D) - P_{margin} \geq P_{sens}$$

$$\rightarrow D \leq [P_{in} - (L_{mh} \times 9 + L_{bn} \times 2) - P_{margin} - P_{sens}]/\alpha$$

$$\rightarrow D \leq (0 - 0.5 \times 9 - 1.5 \times 2 - 10 + 55)/2 = 18.75 \text{ km}$$

Bài 2. Tuyến thông tin dùng cáp đồng trục có công suất tín hiệu vào là 10mW. Độ nhạy của máy thu là 1 μ W.

a. Tính cự ly tối đa của tuyến cáp đồng trục biết suy hao của cáp là 20 dB/km.

b. Nếu ta thay cáp đồng trục bằng cáp quang có hệ số suy hao 0,25 dB/km, tính cự ly tối đa của tuyến giả thiết bỏ qua suy hao mối hàn.

c. Nếu mỗi cuộn cáp quang dài 2km và suy hao mỗi hàn là 0,1 dB, suy hao nối 1dB và suy hao ghép 1dB, tính cự ly truyền tối đa.

Giải:

a.

$$S = 1\mu W = 10^{-3} \text{ mW} = -30 \text{ dBm}$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_{cable} \cdot D \geq S \rightarrow D \leq \frac{P_{Tx} - S}{L_{cable}} = \frac{10 + 30}{20} = 2 \text{ km}$$

b.

$$D \leq \frac{P_{Tx} - S}{L_{cable}} = \frac{10 + 30}{0.25} = 160 \text{ km}$$

c. Giả sử dùng n cuộn cable

\rightarrow Số bộ nối = 2

\rightarrow Số mối hàn = Số mối ghép = n-1

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (2 \times L_{bộ \text{ nối}} + (n-1) \times (L_{mối \text{ hàn}} + L_{ghép}) + 2 \times n \times \alpha) \geq S$$

$$\rightarrow P_{Tx} - (2 \times 1 + (n-1) \times 1.1 + 0.5 \times n) \geq S$$

$$\rightarrow n \leq (P_{Tx} - S - 0.9)/1.6 = 24 \rightarrow L_{max} = 48 \text{ km}$$

Bài 3. Bộ phát có thể đưa vào sợi quang một bức xạ quang 10^{-3} W tại bước sóng 900nm. Suy hao của sợi quang $\alpha = 5 \text{ dB/km}$. Bộ thu yêu cầu trung bình có 500photons cho một bit thông tin để đạt được BER chấp nhận được. Tốc độ bit là 10^5 bps . Không có mối hàn nào, suy hao do bộ nối là 1dB. Độ dài của tuyến liên kết là 20km. $P_{Margin} = 2 \text{ dB}$

Hỏi:

- Tuyến liên kết có đảm bảo quỹ công suất không ?
- Tính độ dài tối đa của tuyến liên kết để đảm bảo công suất mà không cần đặt thêm bộ khuếch đại nào
- Cần đặt bộ khuếch đại có độ tăng ích bằng bao nhiêu, ở đâu? Biết rằng không có bộ khuếch đại nào có khả năng nhận tín hiệu vào nhỏ hơn -55dBm và tạo tín hiệu đầu ra lớn hơn 25dBm.

Giải:

$$P_{Tx} = 10^{-3} \text{ W} = 0 \text{ dBm} \quad \lambda = 900 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\alpha = 5 \text{ dB/km} \quad R_{bit} = 10^5 \text{ bps}$$

$$L_{bn} = 1 \text{ dB}$$

Độ nhạy đầu thu:

$$P_{\text{sens}} = 500 \text{ photons/bit} \times 10^5 \text{ bps} = 5 \times 10^7 \text{ photons/s} = 5 \times 10^7 \times hc/\lambda$$

a.

$$P_{\text{sens}} = 5 \times 10^7 \times (6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / (900 \times 10^{-9}) = 1.1 \times 10^{-11} \text{ W} = 1.1 \times 10^{-8} \text{ mW} = -80 \text{ dBm}.$$

$$P_{\text{Rx}} [\text{dBm}] = P_{\text{Tx}} [\text{dBm}] - \sum \text{Loss} [\text{dB}] - P_{\text{MARGIN}} [\text{dB}] = 0 - (1 \times 2 + 5 \times 20) - 2 = -100 \text{ dBm} < P_{\text{sens}} = -80 \text{ dBm}$$

→ Tuyển liên kết không đảm bảo quỹ công suất

b.

$$P_{\text{Rx}} = 0 - (1 \times 2 + 5 \times D) - 2 \geq -80 \rightarrow D \leq 15.2 \text{ km}$$

c.

Gọi khoảng cách từ đầu phát đến đầu vào bộ khuếch đại là D_1 . Vì tín hiệu đầu vào bộ khuếch đại phải lớn hơn hoặc bằng -55dBm:

$$P_1 = P_{\text{Tx}} [\text{dBm}] - \sum \text{Loss} [\text{dB}] - P_{\text{MARGIN}} [\text{dB}] = 0 - (1 \times 2 + 5 \times D_1) - 2 \geq -55 \text{ dBm} \rightarrow D_1 \leq 10.2 \text{ km}$$

$$G = -80 \text{ dBm} - (-100 \text{ dBm}) = 20 \text{ dBm}$$

Bài 4. Hệ thống thông tin sợi quang dùng sợi quang đa mode có tốc độ 4 Mbps dùng mã 5B6B; công suất phát -20dBm, cự ly truyền 60km, suy hao bộ nối tổng cộng hai đầu 0,5 dB, suy hao trung bình của sợi là 0,25dB/km; suy hao mỗi mỗi hàn là 0,1dB, mỗi cuộn cáp dài 2km, giới hạn dải thông do tán sắc mode 1GHz.Km, tán sắc chất liệu $d_{\text{mat}} = 3 \text{ ps/nm.km}$ (ở bước sóng 1310nm); độ rộng phổ của nguồn quang 100nm, suy hao dự phòng cho thiết bị 2 dB, suy hao dự phòng cho cáp 0,05dB/km

a/ Tính độ nhạy của máy thu quang (1,25 điểm)

b/ Với cự ly truyền dẫn như trên, dải thông có bị giới hạn không? (1,25 điểm)

Giải

a/ Độ nhạy máy thu $S = ?$

Cự li : 60km

→ số cuộn cáp: 30

→ số mỗi hàn: 29

$$S [\text{dBm}] = P_{\text{Rx}} [\text{dBm}] = P_{\text{Tx}} [\text{dBm}] - P_{\text{margin tb}} [\text{dB}] - P_{\text{margin cáp}} [\text{dB}] - L_{\text{cáp}} [\text{dB}] - L_{\text{bộ nối}} [\text{dB}] - L_{\text{mỗi hàn}} [\text{dB}]$$

$$S = -20 - 2 - 0.05 \times 60 - 0.25 \times 60 - 0.1 \times 29 - 0.5 = -43.4 [\text{dBm}]$$

b/ Giới hạn giải thông?

$$\text{Độ tán sắc tối đa cho phép: } D_{\text{max}} [\text{ns}] = 1 / (4 R_{\text{trans}} [\text{Gbits/s}])$$

$$\text{Mã 5B6B} \rightarrow k = 6/5 \rightarrow R_{\text{trans}} = R_{\text{bit}} \times k = 4 \times 6/5 = 4.8 [\text{Mbps}] = 4.8 \times 10^{-3} [\text{Gbps}]$$

$$\rightarrow D_{\text{max}} = 1 / (4 \times 4.8 \times 10^{-3}) = 52 [\text{ns}]$$

$$\text{Độ tán sắc: } D_t [\text{ns}] = \sqrt{D_{\text{mode}}^2 + D_{\text{chr}}^2}$$

$$\text{Độ tán sắc mode: } D_{\text{mode}} [\text{ns}] = 0.44 \times L [\text{km}] / (B_{\text{limit}} [\text{GHz.km}]) = 0.44 \times 60 / 1 = 26.4 [\text{ns}]$$

$$\text{Độ tán sắc màu: } D_{\text{chr}} = D_{\text{mat}} + D_{\text{wg}} \quad (D_{\text{wg}} \ll D_{\text{mat}} \rightarrow \text{bỏ qua } D_{\text{wg}})$$

$$\rightarrow D_{\text{chr}} = D_{\text{mat}} = d_{\text{mat}} [\text{ps/nm.km}] \times \Delta \lambda [\text{nm}] \times L [\text{km}] = 3 \times 100 \times 60 = 18000 [\text{ps}] = 18 [\text{ns}]$$

$$\rightarrow D_t [\text{ns}] = \sqrt{26.4^2 + 18^2} = 31.95 [\text{ns}]$$

Do $D_t < D_{\text{max}} \rightarrow$ không bị giới hạn dải thông

Bài 5. Sợi quang tròn chiết suất bậc có đường kính lõi $d_k = 3\mu\text{m}$. Chiết suất lõi $n_1 = 1.5$, chiết suất vỏ $n_2 = 1.46$. Bước sóng sử dụng $\lambda_0 = 1.3\mu\text{m}$.

a. Có bao nhiêu mode sóng truyền trong sợi quang?

b. Xác định giá trị lớn nhất của đường kính lõi mà sợi vẫn làm việc ở chế độ đơn mode?

c. Nếu đường kính lõi lớn gấp 2 lần đường kính câu b thì sợi truyền đi bao nhiêu mode?

Giải:

a.

$$\text{Khẩu độ số } NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\text{Tần số chuẩn hóa } V = \frac{2\pi}{\lambda_0} \times a \times NA = \frac{2\pi}{1.3} \times 1.5 \times \sqrt{1.5^2 - 1.46^2} \rightarrow V^2 = 6.223$$

$$\text{Sợi SI} \rightarrow N = V^2/2 = 3$$

Vậy trong sợi quang có 3 mode sóng truyền qua.

b.

Điều kiện đơn mode:

$$2a \leq \frac{2,405\lambda}{\pi\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$$

$$\rightarrow d_{\max} = 2a = 2.9 \mu\text{m}$$

c.

$$d_1 = 2d_{\max} \rightarrow a_1 = d_1/2 = d_{\max} = 2.9 \mu\text{m}$$

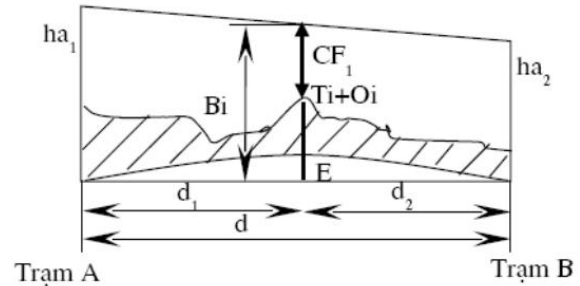
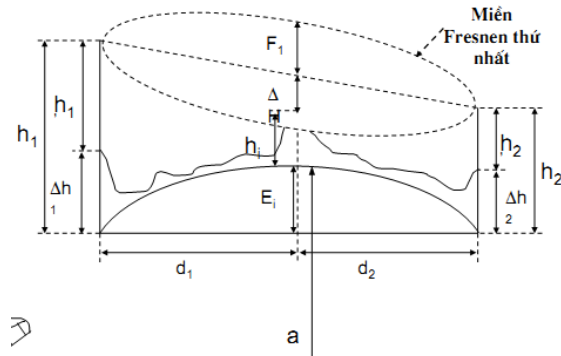
$$\rightarrow V = \frac{2\pi}{\lambda_0} \times a_1 \times NA = \frac{2\pi}{1.3} \times 2.9 \times \sqrt{1.5^2 - 1.46^2} \rightarrow V^2 = 23.26$$

$$\rightarrow N = V^2/2 = 11$$

PHẦN VII: BÀI TẬP THÔNG TIN VIBA

7.1. CÔNG THỨC

7.1.1. Mặt cắt của tuyến



- Miền Fresnel thứ nhất:
 - Vùng có dạng hình elip quanh tia truyền thẳng từ anten phát đến anten thu
 - Đường biên tạo nên quỹ tích sao cho bất kì tín hiệu nào đi đến anten thu qua đường này sẽ dài hơn so với đường trực tiếp 1 nửa bước sóng của tần số sóng mang
- Bán kính miền Fresnel thứ nhất:

$$F_1 = \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d} \lambda} = 17,32 [d_1 d_2 / (fd)]^{1/2} \text{ [m]}$$

- d1, d2[km] lần lượt là khoảng cách từ trạm A và trạm B đến điểm cần tính bán kính Fresnel
- d[km] là khoảng cách giữa 2 trạm, d = d1 + d2
- f là tần số sóng mang [GHz]
- Độ cao của tia vô tuyến

$$B = E(k) + (O + T) + C.F_1 = \frac{\left\{ \frac{4}{51} d_1 d_2 \right\}}{k} + (O + T) + 17,32 C \sqrt{\frac{d_1 d_2}{df}} \text{ [m]}$$

- O: độ cao vật chắn
- T: độ cao cây cối giữa tuyến
- F1 bán kính miền Fresnel thứ nhất
- K: hệ số bán kính trái đất (k = 4/3)
- C: hệ số hờ (C = 1)

7.1.2. Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP

$$EIRP = P_T \times G_{Tx} = \frac{P_{Tx}}{L_{Tx} \times L_{CTx}} \times G_{Tx}$$

$$EIRP[\text{dBm}] = P_{Tx}[\text{dBm}] - L_{Tx}[\text{dB}] - L_{CTx}[\text{dB}] + G_{Tx}[\text{dBi}]$$

7.1.3. Công suất ở đầu vào máy thu P_{Rx}

$$P_{Rx} = \frac{EIRP}{L_P} \times \frac{G_{Rx}}{L_{Rx} \times L_{CRx}}$$

- L_P là suy hao truyền sóng, bao gồm suy hao trong không gian tự do L_{FS} và các suy hao khác (mưa...)
- $L_{FS}[\text{dB}] = 92.44 + 20\log d[\text{km}] + 20\log f_0[\text{GHz}]$
- $P_{Rx}[\text{dBm}] = EIRP[\text{dBm}] - L_P[\text{dB}] - L_{Rx}[\text{dB}] - L_{CRx}[\text{dB}] + G_{Rx}[\text{dBi}]$
- $P_{sens}[\text{dBm}] = -174 + 10\log B[\text{Hz}] + NF[\text{dB}] + SNR[\text{dB}]$
 - $NF[\text{dB}]$ là hệ số tạp âm của máy thu
 - $SNR[\text{dB}]$ là tỉ số tín hiệu trên tạp âm tối thiểu ở đầu ra

7.1.4. Nhiệt độ tạp âm

$$T_s = T_e + T_a$$

- $T_e = T_0 \times (NF - 1)$ với T_0 là nhiệt độ chuẩn 290K
- T_a là nhiệt độ tạp âm thu, NF là hệ số tạp âm của máy thu
- Nếu máy thu gồm nhiều tầng mắc nối tiếp, hệ số tạp âm được tính như sau:

$$NF = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 \times G_2} + \dots + \frac{NF_N - 1}{\prod_{i=1}^{N-1} G_i}$$

7.1.5. Tỷ số C/N và E_b/N_0

$$\left(\frac{C}{N}\right) [\text{dBm}] = EIRP[\text{dBm}] - L_P[\text{dB}] - L_{CRx}[\text{dB}] - L_{Rx}[\text{dB}] - 10\log B + 228.6 + \left(\frac{G_{Rx}}{T}\right) \left[\frac{\text{dB}}{\text{K}}\right]$$

$$(E_b/N_0)_{\text{dB}} = (C/N)_{\text{dB}} - 10\log(\log_2 M)$$

7.2 BÀI TẬP

Bài 1. Một tuyến thông tin viba có tần số làm việc 2GHz, tăng ích của anten phát 25dBi, cự ly thông tin 40km. Anten trạm thu có tăng ích 30dBi và nhiệt độ tạp âm anten 200K. Anten được nối với máy thu có hệ số tạp âm 5dB với tốc độ bit 4Mbit/s và dùng phương thức điều chế 4-QAM. Công suất thu được tại đầu vào máy thu trạm mặt đất -78dBm. Giả thiết suy hao truyền sóng trong không gian tự do, bỏ qua các tổn hao khác.

- Tính công suất bức xạ đẳng hướng tương đương của trạm phát (EIRP).
- Tính hệ số phẩm chất trạm thu (G/T).
- Tính tỉ số sóng mang – tạp âm (C/N) và tỉ số E_b/N_0 tại trạm thu.

Giải:

a.

- $EIRP_{Tx} = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx}$ ($L_{Tx} = 0$)
- $P_{Rx} = P_{Tx} + \sum G - \sum L$
- $\sum G = G_{Tx} + G_{Rx}$
- $\sum L = L_{path}$ (Vì chỉ có suy hao truyền sóng trong không gian tự do)
- $EIRP_{Tx} = P_{Rx} - G_{Rx} + \sum L$
- $\sum L = L_{path} = 92,44 + 20\log d[\text{km}] + 20\log f_0[\text{GHz}] = 92,44 + 20\log 40 + 20\log 2$
- $\sum L = 130.5 \text{ dB}$
- $EIRP_{Tx}[\text{dBm}] = -78[\text{dBm}] - 30[\text{dBi}] + 130.5[\text{dB}] = 22.5[\text{dBm}]$

a.

$$T_e = T_0(NF - 1) = 290 \times (10^{0.5} - 1) = 627.06 \text{ K}$$

$$T_s = T_a + T_e = 200 + 627.06 = 827.06 \text{ K} = 29.18 \text{ dBK}$$

$$G_{Rx}/T_s [\text{dB}] = G_{Rx}[\text{dBi}] - T_s[\text{dBK}] = 30 - 29.18 = 0.82 \text{ dB/K}$$

c.

$$C/N [\text{dBm}] = \text{EIRP}[\text{dBm}] - \sum L[\text{dB}] - 10 \log B + 228.6 + (G_{Rx}/T) [\text{dB/K}]$$

$$= 22.5 - 130.5 - 10 \log (R_{bit}/\log_2 M) + 228.6 + 0.82 \quad (R_{bit} = 4 \text{ Mbps ; } M = 4)$$

$$= 58.41 \text{ dBm}$$

$$E_b/N_0 [\text{dBm}] = C/N [\text{dBm}] - 10 \log(\log_2 M) = 58.41 - 10 \log 2 = 55.4 \text{ dBm}$$

PHẦN VIII: BÀI TẬP THÔNG TIN VỆ TINH

8.1. CÔNG THỨC

8.1.1. Chu kỳ bay của vệ tinh

$$T[s] = 10^{-2} \times (R_E[\text{km}] + h[\text{km}])^{1,5}$$

- R_E là bán kính Trái Đất = 6378 km
- h là chiều cao

8.1.2. Cự ly từ trạm mặt đất E.S tới Vệ tinh SAT

$$d = \sqrt{R_E^2 + (R_E + h)^2 - 2 \times R_E \times (R_E + h) \times \cos \alpha \cos(k_{SS} - k_{ES})}$$

- E.S $\begin{cases} k_{ES} \text{ kinh độ} \\ \alpha \text{ vĩ độ} \end{cases}$
- SAT: k_{SS} kinh độ

8.1.3. Quỹ công suất: Như Viba

8.2. BÀI TẬP

Bài 1. Một tuyến thông tin vệ tinh có tần số phát 6GHz, tổn hao cáp ở máy phát là 3dB, tăng ích của máy phát là 38dBi; cự ly thông tin là 37000km; tăng ích của anten là 28dBi; nhiệt độ tạp âm của anten thu là $T_a = 205K$, tổn hao cáp ở máy thu là 1dB, hệ số tạp âm của máy thu $F=7.6dB$; hệ thống thông tin truyền tải dòng bit b_k dùng phương thức điều chế QPSK với tốc độ bit $R_b = 32Mbps$.

a/ Tính công suất bức xạ đẳng hướng EIRP của trạm phát nếu công suất phát là 50W. (1 điểm)

b/ Nếu yêu cầu phần thu có tỉ số sóng mang trên tạp âm (C/N) tối thiểu là 30dB, tính công suất phát tối thiểu. Giả thiết suy hao trong không gian tự do và bỏ qua các tổn hao khác (2 điểm)

Giải

a/ EIRP=?

$$EIRP[\text{dBW}] = P_{Tx}[\text{dBW}] - L_{Tx}[\text{dB}] + G_{Tx}[\text{dB}] = 10\log 50 - 3 + 38 = 52[\text{dBW}]$$

b/ $(C/N)_{\min} = 30\text{db} \rightarrow P_{Tx\min} = ?$

$$(C/N) [\text{db}] = EIRP[\text{dBW}] - L_{Fs}[\text{dB}] - L_{Rx}[\text{dB}] - 10\log B[\text{Hz}] + 228.6 + G_{Rx} - 10\log T$$

- $B = R_{bit}/\log_2 M = 32 \times 10^6 / \log_2 4 = 41 \times 10^6 \text{ (Hz)}$
- $F = 7.6 \text{ dB} \rightarrow T = T_a + T_e = T_a + T_0(F - 1) = 205 + 290(100.76 - 1) = 1583,7K$
- $L_{Fs}[\text{dB}] = 20\log(4\pi df/C) = 20\log(4\pi \times 37000 \times 10^3 \times 6 \times 10^9 / (3 \times 10^8)) = 199,37[\text{dB}]$

$$\rightarrow EIRP_{\min}[\text{dBW}] = 30 + 199.37 + 1 + 10\log 41 \times 10^6 - 228.6 - 28 + 10\log(1583,7) = 81,9[\text{dBW}]$$

$$\rightarrow P_{Tx}[\text{dBW}] = EIRP_{\min}[\text{dBW}] + L_{Tx}[\text{dB}] - G_{Tx}[\text{dB}] = 81.9 + 3 - 38 = 46.9[\text{dBW}]$$

Bài 2. Hệ thống thông tin vệ tinh hoạt động ở băng tần (12,2 GHz đến 12,7 GHz) có công suất phát 120W, tăng ích của anten phát 34 dBi. Cự ly thông tin giữa vệ tinh và trạm mặt đất là 37000km. Anten thu trạm mặt đất có tăng ích 45dBi và nhiệt độ tạp âm anten 50K. Anten được nối với máy thu có hệ số tạp âm 2,5dB và băng thông 20MHz.

a. Tính công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP)

b. Tính công suất tính hiệu nhận được tại đầu vào máy thu

c. Tính tỉ số sóng mang – tạp âm (C/N) trước bộ giải điều chế trong máy thu trạm mặt đất

Giải :

a.

$$\begin{aligned} EIRP_{Tx} &= P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (L_{Tx} = 0) \\ &= 10\log 120 \text{ [dBW]} + 34 \text{ [dBi]} - 0 = 54.79 \text{ [dBW]} \end{aligned}$$

b.

$$P_R \text{ [dB]} = EIRP \text{ [dBW]} + G_{Rx} \text{ [dBi]} - \sum L \text{ [dB]}$$

$$\sum L = L_{\text{path}} = 92,44 + 20\log d \text{ [km]} + 20\log f_0 \text{ [GHz]} = 92,44 + 20\log 37000 + 20\log 12.7$$

$$\rightarrow \sum L = 205.88 \text{ dB}$$

$$P_R = 54.79 \text{ [dBW]} + 45 \text{ [dBi]} - 205.88 \text{ [dB]} = -106.09 \text{ [dBW]}$$

$$c. T_s = T_a + T_e = T_a + T_0(NF - 1) = 50 + 290(10^{0.25} - 1) = 275.7 \text{ K}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{S}{N} = EIRP \text{ [dB]} + \left(\frac{G_{ATx}}{T_s}\right) \text{ [dB/K]} + 228,6 - \sum L - 10\log B \text{ [Hz]}$$

$$= 54.79 \text{ [dB]} + 34 / 275.7 \text{ [dB/K]} + 228.6 - 205.88 - 10\log 20 \times 10^6 = 4.023 \text{ [dB]} = 2.53 \text{ [dB]}$$

PHẦN IX: BÀI TẬP THÔNG TIN DI ĐỘNG

9.1. CÔNG THỨC

- Số đa giác chung đỉnh $k = \frac{2n}{n-2}$ (n là số cạnh đa giác)
- Khoảng cách 2 cell lân cận $2\mu = \sqrt{3R}$
- S kênh phân chia cho nhóm N tế bào $\rightarrow k = S/N$ (kênh cho 1 tế bào) $\rightarrow S = k \times N$
- P tế bào \rightarrow Dung lượng hệ thống là $C = P \times k = P \times S/N$
- Nhiều đồng kênh và dung lượng hệ thống

$$P_{Rx}(d) = P_{Rx}(d_0) \times \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-n}$$

- Tỷ số công suất nhiễu tín hiệu trên công suất nhiễu đồng kênh bởi i_0 ($i_0=6$) tế bào xung quanh

$$SIR = \frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=1}^{i_0} I_i} = \frac{R^{-n}}{\sum_{i=1}^{i_0} D_i^{-n}} = \frac{1}{i_0} \left(\frac{D}{R}\right)^n = \frac{1}{i_0} \times Q^n$$

- D là khoảng cách 2 cell sử dụng cùng tần số
- Q là tỷ số lặp lại kênh $Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$
- n là mũ suy hao

9.2. BÀI TẬP

Bài 1. Di động song công. Độ rộng 1 kênh đơn là 25kHz. Phổ tần 33MHz.

a. Tính số kênh trong trường hợp $N = 4, 7, 12$.

b. Nếu vùng dịch vụ có 50 tế bào, tính dung lượng C của hệ thống.

Giải:

Số kênh tổng cộng: $\frac{33 \times 10^6}{25 \times 10^3 \times 2} = 660$ kênh

- $N = 4 \rightarrow$ Số kênh $k = S/N = 660/4 = 165$
 $C = P \times k = 50 \times 165 = 8250$
- $N = 7, 12$: Tương tự

Bài 2. Yêu cầu $SIR \geq 15\text{dB}$. Tính tỷ số Q, N . Giả thiết $n = 4$.

Giải:

$$SIR \geq 15\text{dB} \rightarrow S/I \geq 10^{1.5} = 31.622$$

$$\rightarrow Q^n/i_0 \geq 31.622 \rightarrow Q^n \geq 31.622 \times i_0 = 31.622 \times 6 = 189.732$$

$$\text{Với } n = 4 \rightarrow Q \geq 3.71$$

$$N = Q^2/3 = 16/3 = 4.59 \rightarrow N = 7$$

Bài 3. GSM (ô). $D_0 = 1\text{m}$ với Công suất $P_{Rx}(d_0) = 1\text{mW}$. Để đảm bảo \rightarrow yêu cầu công suất $P_i \leq -100\text{dBm}$.

Giả thiết $n = 3$. Tính bán kính Cell R . $N = 7, 4$.

Giải:

a. $N = 7, n = 3$

$$Q = (3N)^{1/2}$$

$D = d$ thỏa mãn

$$P_{Rx}(d)[\text{dBm}] = P_{Rx}(d_0)[\text{dBm}] + n \cdot 10 \log(d_0/d) \geq -100\text{dBm}$$

$$\text{Thay số vào ta được } d \leq 10^{10/3} = 2154.4\text{m} \rightarrow D = 2154.4\text{m}$$

$$\text{Mà } Q = D/R \rightarrow R = D/Q = 2154.4/(3 \times 7)^{1/2} = 470.128\text{m}$$

b. $N = 4, n = 3$

$$R = 621.9\text{m}$$