

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN HỆ THỐNG VIỄN THÔNG

Đề tài:

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUYẾN THÔNG TIN VI BA

Giảng Viên Hướng Dẫn: TS. Phùng Kiều Hà

Học Kỳ: 20181

Mã Lớp: 105183

Nhóm: 3

Nguyễn Xuân Lư 20152346 ĐT 08 – K60

Nguyễn Phương Nam 20152577 ĐT 10 – K60

Lê Xuân Giang 20151091 ĐT 09 – K60

Hà Nội, 8-2018

Lời Nói Đầu

Tháng 9 năm 2018, sinh viên K60 ngành điện tử viễn thông, đại học Bách khoa Hà Nội bước vào năm tư và bắt đầu học tập các môn học chuyên ngành. Môn học quan trọng của sinh viên ngành khi mới bước vào chuyên ngành là học phần hệ thống viễn thông.

Trong môn học này, sinh viên được trang bị kiến thức cơ bản về các hệ thống truyền thông tin tầm xa khác nhau trong thực tế. Cụ thể, có 4 hệ thống được trình bày:

- Thông tin vi ba
- Thông tin vệ tinh
- Thông tin di động
- Thông tin quang

Các kiến thức về mỗi hệ thống bổ sung tầm nhìn và hiểu biết quan trọng cho sinh viên ngành. Để tìm hiểu sâu thêm về các hệ thống, sinh viên được phân thành các nhóm tìm hiểu.

Nhóm sinh viên chúng em tìm hiểu về tính toán thiết kế tuyến thông tin vi ba. Qua quá trình tìm hiểu, chúng em đã trau dồi thêm kiến thức về các bước thiết kế tuyến thông tin vi ba trong thực tế. Đồng thời, chúng em đã cùng nhau viết một phần mềm trên matlab nhằm tính toán các tham số của một hệ thống vi ba. Chúng em xin gửi lời cảm ơn đến cô đã cho chúng em cơ hội được làm việc và cộng tác cùng nhau trong dự án này.

Mục Lục

Lời Nói Đầu.....	1
Mục Lục	2
Danh Mục Hình Vẽ	4
Danh Mục Bảng Biểu	5
Danh Mục Từ Viết Tắt.....	6
Phân Công Công Việc	7
Nội Dung.....	8
1. Tổng Quan Về Hệ Thông Viba Số	8
1.1. Giới thiệu chung	8
1.2. Đặc điểm của vi ba số.....	11
1.3. Cơ sở về sóng và Fading	12
2. Lý Thuyết Thiết Kế Tuyến Viba Số.....	17
2.1. Giới thiệu chung	17
2.2. Nghiên cứu dung lượng	17
2.3. Chọn băng tần vô tuyến, sắp xếp kênh RF	18
2.4. Tìm trạm trên bản đồ và khảo sát vị trí	20
2.5. Dựng mặt cắt đường truyền và tính toán các thông số liên quan.	22
2.6. Xác định độ cao anten	24
2.7. Tính toán đường truyền	26
2.8. Đánh giá chất lượng tuyến.....	28
3. Một Số Thiết Bị Vi Ba Số Trên Thị Trường.....	30
3.1. Thiết bị Viba MICROSTAR® của hãng HARRIS	30
3.2. Thiết bị Viba Pasolink của NEC	31
3.3. Thiết bị Viba MINI-LINK của Hãng ERICSSON	32

4. Thực Hành Tính Toán Thiết Kế Tuyến Thông Tin Vi Ba	35
5. Xây Dựng Phần Mềm Tính Toán Tuyến Thông Tin Vi Ba.....	39
5.1. Xác định yêu cầu	39
5.2. Xây dựng khối chức năng.....	39
5.3. Xây dựng giao diện	41
5.4. Hoàn thiện và kiểm thử	41
5.5. Đóng gói và lưu trữ	43
Kết Luận.....	44
Danh Mục Tài Liệu Tham Khảo.....	45

Danh Mục Hình Vẽ

Hình 1.1 Tuyến vi ba đơn giản không trạm lặp	9
Hình 1.2 Minh họa hệ thống vi ba điểm điểm	9
Hình 1.3 Minh họa hệ thống vi ba điểm đa điểm	10
Hình 1.4 Các loại sóng vô tuyến.....	13
Hình 1.5 Các phương thức sóng truyền vô tuyến.....	13
Hình 1.6 Sự khúc xạ	15
Hình 1.7 Hiệu ứng ống dẫn.....	15
Hình 1.8 Sự phản xạ của mặt đất.....	16
Hình 2.1 Mặt cắt nghiêng giữa hai trạm A và B	21
Hình 2.2 Mặt cắt nghiêng và miền Fresnel thứ nhất.....	24
Hình 2.3 Xác định độ cao của đường truyền để làm hỏ vật chắn.....	25
Hình 3.1 Thiết bị Viba MICROSTAR® của hãng HARRIS	30
Hình 3.2 Thiết bị Viba Pasolink của hãng NEC.....	31
Hình 3.3 Thiết bị Viba MINI-LINK của hãng ERICSSON	33
Hình 4.1 Minh họa bài toán.....	36
Hình 5.1 Giao diện phần mềm	41
Hình 5.2 Giao diện kiểm thử	42
Hình 5.3 Kiểm thử lần 1	42
Hình 5.4 Kiểm thử lần 2	43

Danh Mục Bảng Biểu

Bảng 2.1 Một số băng tần viba thông tư 13/2013/TT-BTTTT	18
Bảng 2.2 Sự sắp xếp kênh thoại theo khuyến nghị của CCIR	19

Danh Mục Từ Viết Tắt

Từ viết tắt	Từ đầy đủ	Nghĩa tiếng việt
BER	Bit Error Ratio	Tỉ số bit lỗi
CCIR	Comité Consultatif International pour la Radio	Hội đồng tư vấn quốc tế về vô tuyến điện
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power	Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương
HF	High Frequency	Cao tần
ITU	International Telecommunication Union	Liên minh viễn thông quốc tế
LF	Low Frequency	Tần số thấp
LOS	Light of Sight	Tầm nhìn thẳng
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Hệ thống phân cấp số cận đồng bộ
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ cầu phương
QPSK	Quadrature Phase Shift Key	Điều chế pha trực giao
RF	Radio Frequency	Sóng điện từ
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Hệ thống phân cấp số đồng bộ
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh chia thời gian
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy nhập chia thời gian
UHF	Ultra High Frequency	Tần số siêu cao
VHF	Very High Frequency	Tần số rất cao

Phân Công Công Việc

STT	Nội Dung	Người Thực Hiện	Ghi Chú
1	Thành lập, tổ chức công việc nhóm	Nguyễn Xuân Lưu	Nhóm trưởng
2	Tìm hiểu lý thuyết hệ thống viba và lý thuyết thiết kế tuyến viba	Nguyễn Phương Nam	
3	Tìm hiểu các thiết bị viba thực tế và xây dựng bài toán tính toán thiết kế tuyến	Lê Xuân Giang	
4	Xây dựng phần mềm	Nguyễn Xuân Lưu	
5	Tổng hợp báo cáo	Nguyễn Xuân Lưu	
6	In, nộp báo cáo	Lê Xuân Giang	

Nội Dung

1. Tổng Quan Về Hệ Thông Viba Số

1.1. Giới thiệu chung

Thông tin viba số là một trong những phương tiện thông tin rất phổ biến hiện nay bên cạnh thông tin quang và thông tin vệ tinh. Với ưu điểm như giá thành rẻ, thời gian triển khai nhanh, ít phụ thuộc vào cơ sở hạ tầng, thông tin viba đã có những vai trò to lớn trong hệ thống viễn thông của Việt Nam.

Chương này chúng ta sẽ tìm hiểu các khái niệm và đặc điểm chung của các hệ thống viba số, các mạng viba số điểm- điểm, điểm- đa điểm.... Đồng thời cũng tìm hiểu về dải sóng vô tuyến dùng cho thông tin viba, cũng như ảnh hưởng fading từ môi trường đến việc truyền thông tin viba số.

1.1.1. Vi ba số là gì ?

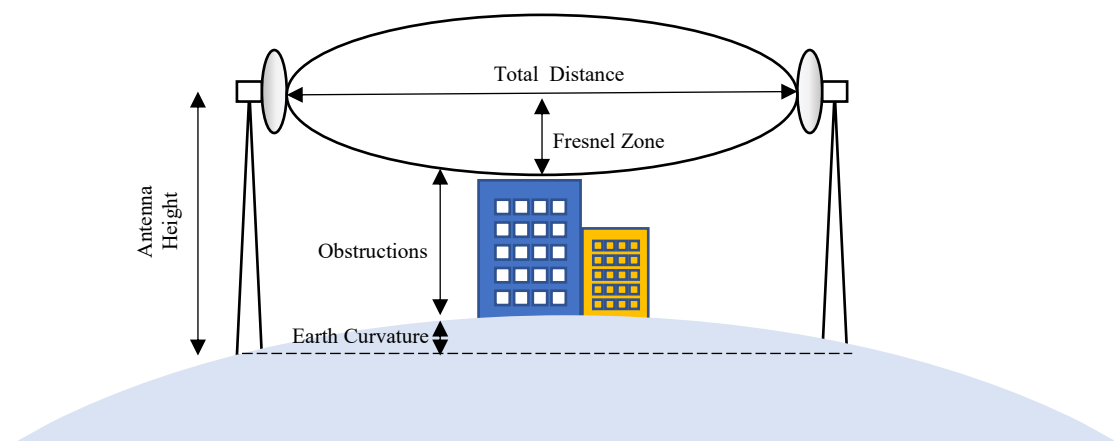
Vi ba số là hệ thống thông tin chuyển tiếp mặt đất sử dụng sóng điện từ ở tần số hàng gigahertz để truyền dẫn thông tin số. Khái niệm viba dùng để chỉ những sóng ngắn nên chưa thực sự sát nghĩa với hình thức truyền dẫn của hệ thống thông tin này. Trong tiếng anh, cụm từ Radio Relay System được dùng để chỉ hệ thống thông tin chuyển tiếp mặt đất sử dụng tầm nhìn thẳng. Hệ thống viba số là hệ thống thông tin vô tuyến được sử dụng trong các đường truyền dẫn số giữa các phần tử khác nhau của mạng vô tuyến. Lượng thông tin được truyền dẫn bởi hệ thống vi ba thường khá lớn. Vi ba số thuộc nhóm các hệ thống thông tin nhiều kênh.

Vi ba số có rất nhiều ứng dụng trong mạng viễn thông như:

- Truyền tải dữ liệu trong mạng đường trục: viba SDH, dung lượng lớn, khoảng cách xa.
- Truyền tải dữ liệu các tuyến nhánh: viba PDH, dung lượng nhỏ và vừa, các tuyến truyền ngắn.
- Truyền tải thông tin cho mạng quản lý dữ liệu.

1.1.2. Cấu trúc một tuyến vi ba số

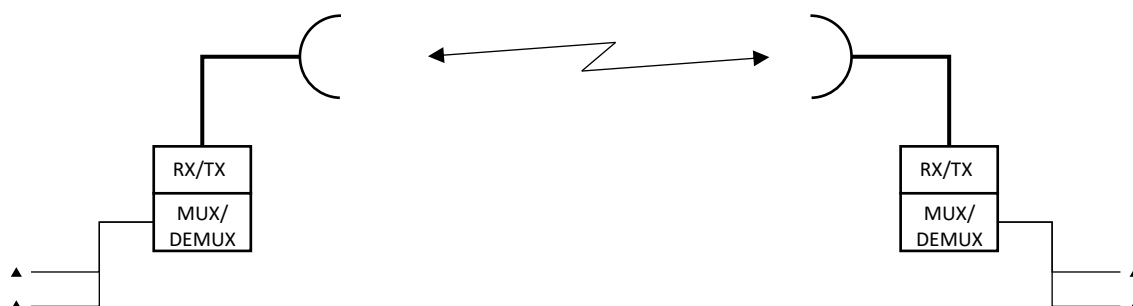
Hình dưới miêu tả cấu trúc của một tuyến vi ba số đơn giản không sử dụng trạm lặp chuyển tiếp.



Hình 1.1 Tuyến vi ba đơn giản không trạm lặp

1.1.3. Vi ba số điểm nối điểm

Mạng vi ba số điểm nối điểm hiện nay được sử dụng phổ biến. Trong các mạng đường dài thường dùng sợi cáp quang còn các tuyến quy mô nhỏ hơn như từ tỉnh đến huyện hoặc các ngành kinh tế khác người ta thường sử dụng vi ba điểm điểm dung lượng trung bình hoặc cao nhằm thỏa mãn nhu cầu đặc biệt là dịch vụ truyền số liệu. Ngoài ra, trong một số trường hợp vi ba dung lượng thấp là giải pháp hấp dẫn để cung cấp trung kế cho các mạng nội hạt, mạng thông tin di động. Ở các vùng sâu vùng xa, khi mà triển khai mạng hữu tuyến trở nên phức tạp, triển khai mạng viba số sẽ có nhiều ưu điểm.

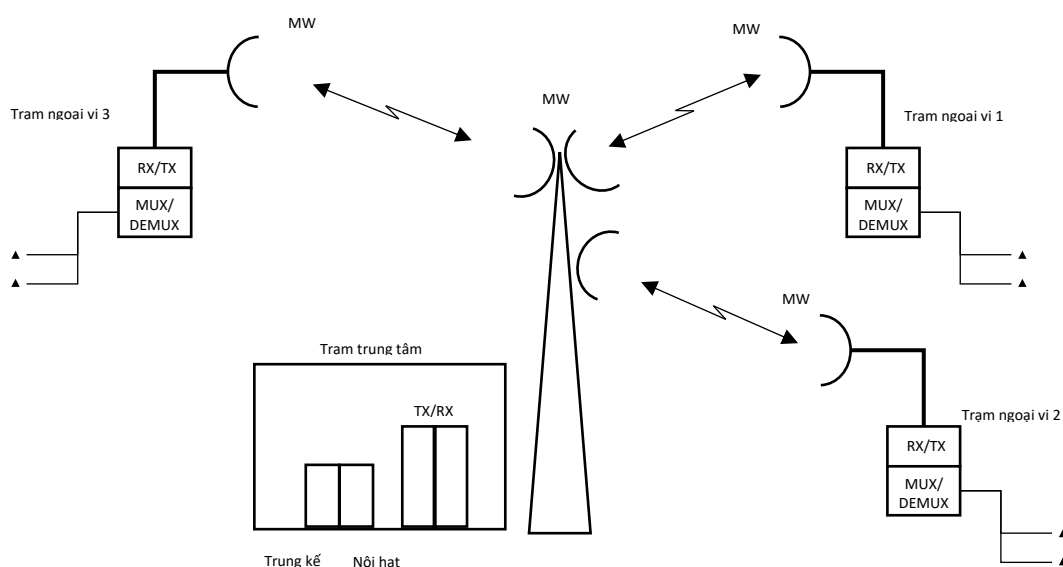


Hình 1.2 Minh họa hệ thống vi ba điểm điểm

1.1.4. Vi ba điểm đa điểm

Mạng vi ba số này phổ biến trong một số vùng ít chướng ngại vật giữa đường truyền như các vùng ngoại ô hoặc vùng nông thôn, nơi mà hạ tầng phục vụ cho hệ thống thông tin quang chưa đáp ứng đủ.

Mạng bao gồm một trạm trung tâm phát thông tin trên một an ten đẳng hướng phục vụ cho một số trạm ngoại vi bao quanh. Nếu các trạm ngoại vi này nằm trong phạm vi bán kính truyền dẫn cho phép thì không cần dùng các trạm lặp, nếu khoảng cách xa hơn thì sử dụng các trạm lặp để đưa tín hiệu đến các trạm ngoại vi. Từ đây, thông tin sẽ được truyền đến thuê bao. Thiết bị vi ba trạm ngoại vi có thể đặt ngoài trời, mỗi trạm ngoại vi có thể lắp đặt thiết bị cho nhiều trung kế. Khi mật độ cao, ta có thể bổ sung thêm thiết bị, được thiết kế để hoạt động tại các băng tần 1,5 GHz – 1,8 GHz và 2,4 GHz sử dụng một sóng mang cho một hệ thống hoàn chỉnh có trung kế 64 Kbps cho điện thoại và cho số liệu tốc độ thấp. Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) được sử dụng trong hệ thống này. Trạm trung tâm phát đến tất cả các trạm ngoại vi theo phương pháp ghép tách theo thời gian TDM. Mỗi trạm ngoại vi được nối đến hệ thống và phát đến trạm trung tâm một hoặc nhiều sóng RF được đồng bộ nhờ trạm trung tâm sao cho mỗi trạm chiếm một khe thời gian không trùng nhau đã dành sẵn trong đa khung truy nhập phân chia theo thời gian.



Hình 1.3 Minh họa hệ thống vi ba điểm đa điểm

1.2. Đặc điểm của vi ba số

Thông tin vi ba số là một trong các phương tiện thông tin phổ biến hiện nay bên cạnh thông tin vệ tinh và thông tin quang. Hệ thống viba số sử dụng sóng vô tuyến và biến đổi các đặc tính của sóng vô tuyến bằng những biến đổi gián đoạn và truyền trong không gian. Sóng mang vô tuyến được truyền đi có tính định hướng rất cao nhờ các anten định hướng. Hệ thống vi ba số là hệ thống thông tin vô tuyến được sử dụng trong các đường truyền dẫn số giữa các phần tử khác nhau của mạng vô tuyến. Hệ thống vi ba số có thể được sử dụng làm:

- Các đường trung kế số nối giữa các tổng đài số
- Các đường truyền dẫn nối các thuê bao với tổng đài chính hoặc tổng đài vệ tinh.
- Các bộ tập trung thuê bao vô tuyến.
- Các đường truyền dẫn trong các hệ thống thông tin di động để kết nối các mạng di động với mạng viễn thông.

So với các hệ thống truyền dẫn khác, hệ thống truyền dẫn vi ba số có nhiều hạn chế do môi trường truyền dẫn là môi trường hờ và băng tần hạn hẹp. Truyền dẫn vi ba số được thực hiện ở dải tần từ 1 GHz đến vài chục GHz, trong khi đó truyền dẫn quang được thực hiện ở tần số vào khoảng $2 \cdot 10^6$ GHz vì thế băng tần truyền dẫn vi ba số rất hẹp so với thông tin quang.

Với những đặc điểm trên ta có thể thấy ưu và nhược điểm của hệ thống thông tin vi ba như sau.

Ưu điểm:

- Do làm việc ở dải sóng siêu cao tần nên đảm bảo truyền được tín hiệu dải rộng.
- Hệ thống có khả năng linh hoạt, nhanh chóng đáp ứng phục vụ thông tin cho khách hàng mọi lúc mọi nơi.

- Việc triển khai hay tháo gỡ hệ thống truyền dẫn rất cơ động, khi không cần thiết thì có thể chuyển sang lắp đặt tại vị trí khác của mạng viễn thông.
- Giá cả hệ thống và đầu tư ban đầu thấp. Ưu điểm này cho phép các nhà khai thác phát triển mạng viễn thông nhanh chóng ở các vùng cơ sở mạng viễn thông chưa phát triển với vốn đầu tư thấp.

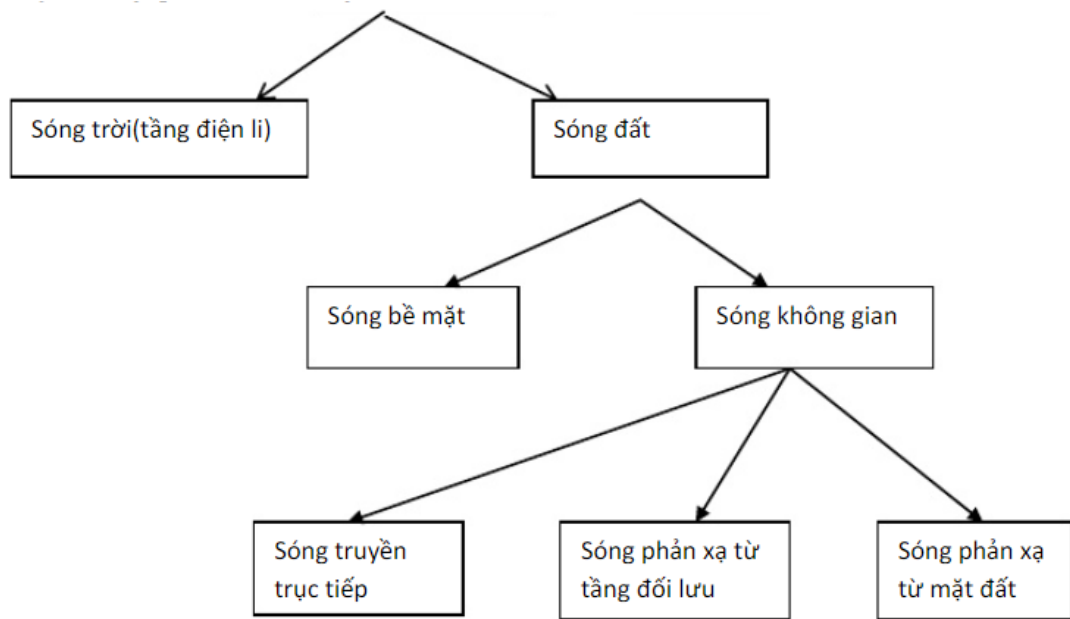
Nhược điểm:

- Dải tần số mà hệ thống sử dụng có nhược điểm là chỉ truyền được trong phạm vi nhìn thẳng cự ly dưới 70 Km tùy thuộc vào băng tần. Vì vậy muốn truyền thông tin đi xa cần nhiều trạm lặp và trạm khuếch đại.
- Có tốc độ nhỏ hơn nhiều so với hệ thống thông tin quang, hiện nay chỉ được sử dụng ở những nơi mà triển khai cáp quang phức tạp.
- Chất lượng tín hiệu chịu tác động lớn từ thời tiết như mây, mưa sương mù, tuyết.
- Suy hao công suất tín hiệu khá lớn trong môi trường truyền dẫn. Chịu sự can nhiễu lẫn nhau giữa các kênh thông tin vô tuyến khác.

1.3. Cơ sở về sóng và Fading

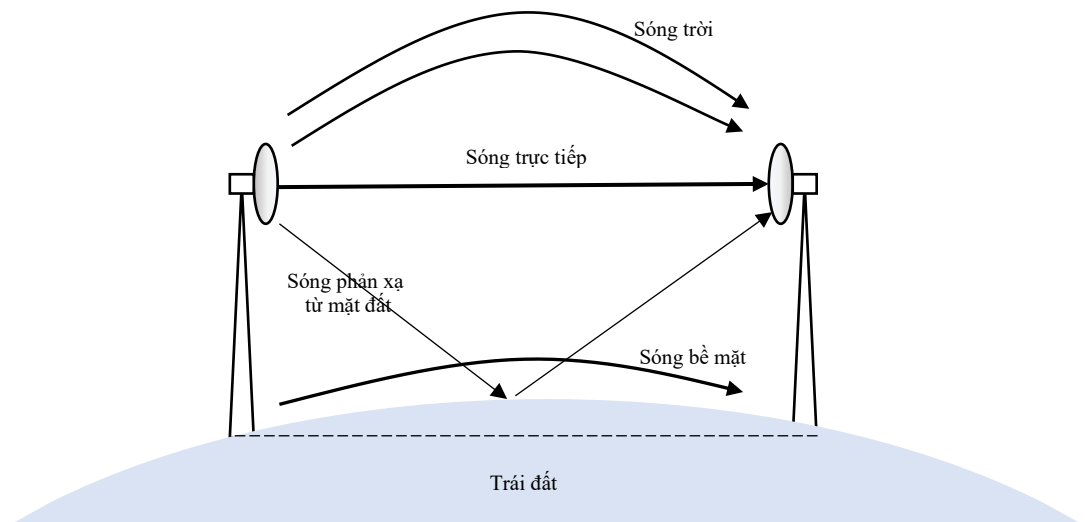
1.3.1. Khái niệm về sóng vô tuyến – Fading

Sóng vô tuyến là sóng điện từ có tần số từ 30KHz đến 300GHz và được chia ra thành các băng tần LF, HF, VHF, UHF và băng tần cao dùng cho thông tin vệ tinh.



Hình 1.4 Các loại sóng vô tuyến

Các sóng vô tuyến có thể lan truyền theo các phương khác nhau được biểu diễn như hình dưới.



Hình 1.5 Các phương thức sóng truyền vô tuyến

1.3.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến sự lan truyền của sóng vô tuyến

Thông tin vi ba truyền sóng qua không gian tự do nên chịu ảnh hưởng nhiều từ môi trường truyền sóng.

Suy hao trong không gian tự do: Khoảng không mà trong đó các sóng vô tuyến truyền lan không bị cản trở gọi là không gian tự do. Mức suy hao của sóng vô tuyến phát đi từ anten trong không gian tỉ lệ với bình phương khoảng cách, mức suy hao này gọi là suy hao khí quyển trong không gian tự do. Nó tỉ lệ nghịch với độ dài bước sóng.

$$L_{fs} = \frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{c^2}$$

P_r : Công suất tín hiệu tại anten thu

λ : Bước sóng

P_t : Công suất tín hiệu tại anten phát

d : Khoảng cách giữa hai anten

c : Vận tốc ánh sáng

Suy hao trong không gian tự do tính theo deciBel.

$$\begin{aligned} L[dB] &= 10 \log \frac{P_t}{P_r} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = -20 \log \lambda + 20 \log d + 21.98 dB \\ &= 20 \log(f) + 20 \log(d) - 147.56 dB \end{aligned}$$

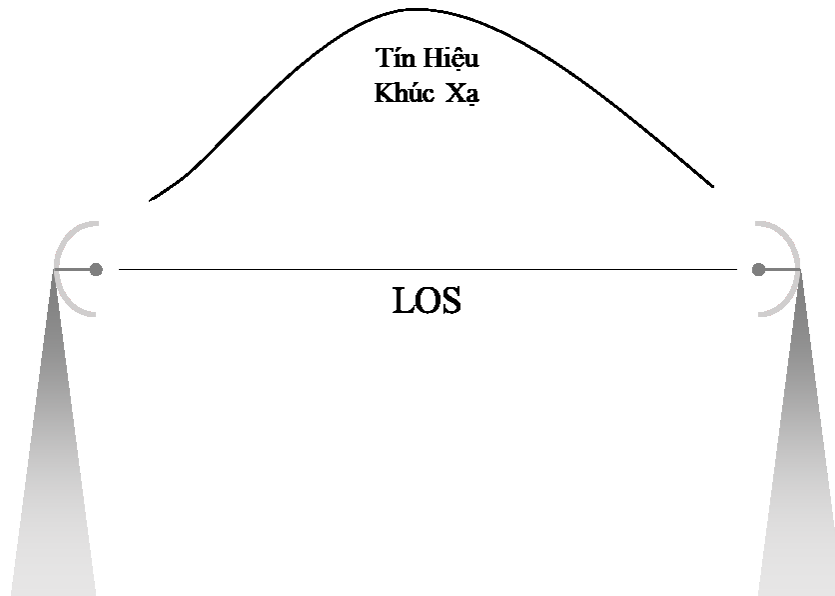
Nếu khoảng cách là Km, tần số tính theo GHz thì suy hao trong không gian tự do tính theo dB là:

$$L[dB] = 92,4 + 20 \log \lambda + 20 \log d$$

Suy hao do ảnh hưởng của fading: Trong thông tin vô tuyến, khi sóng vô tuyến lan truyền trong không gian, nó chịu tác động của khí quyển hoặc tầng điện ly. Hiện tượng cường độ điện trường tại điểm thu thay đổi theo thời gian do một số nguyên nhân trong không gian truyền lan của sóng vô tuyến được gọi là fading:

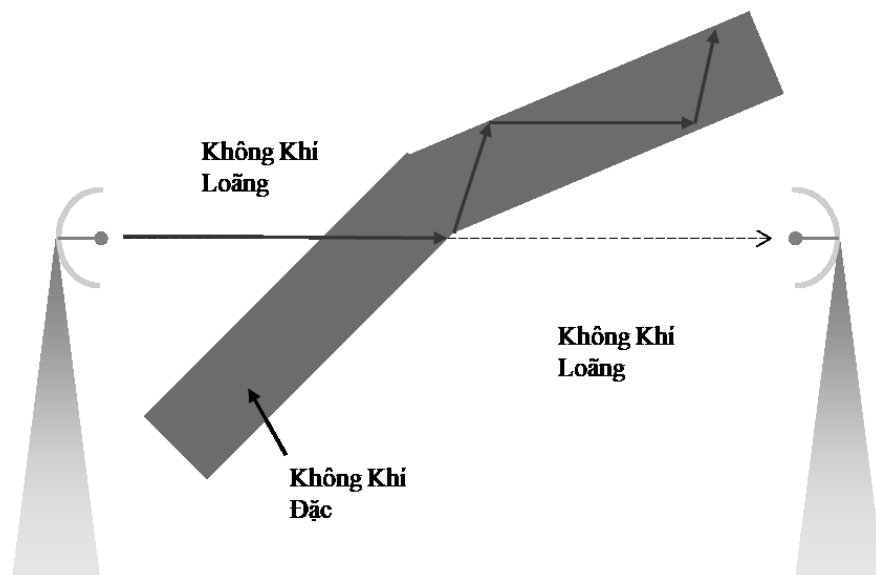
Sự hấp thụ của khí quyển: chủ yếu là sự hấp thụ của nước. Mức độ hấp thụ của nước phụ thuộc vào điều kiện cụ thể và nó tăng dần khi lượng nước trong không khí tăng lên. Đặc biệt, khi trời mưa rất to có thể làm gián đoạn thông tin.

Sự khúc xạ: Không khí càng lên cao càng loãng nên chiết suất sẽ giảm, do vậy sóng điện từ có xu hướng bẻ cong về mặt đất, do đó có thể gây hiện tượng fading nhiều đường.



Hình 1.6 Sự khúc xạ

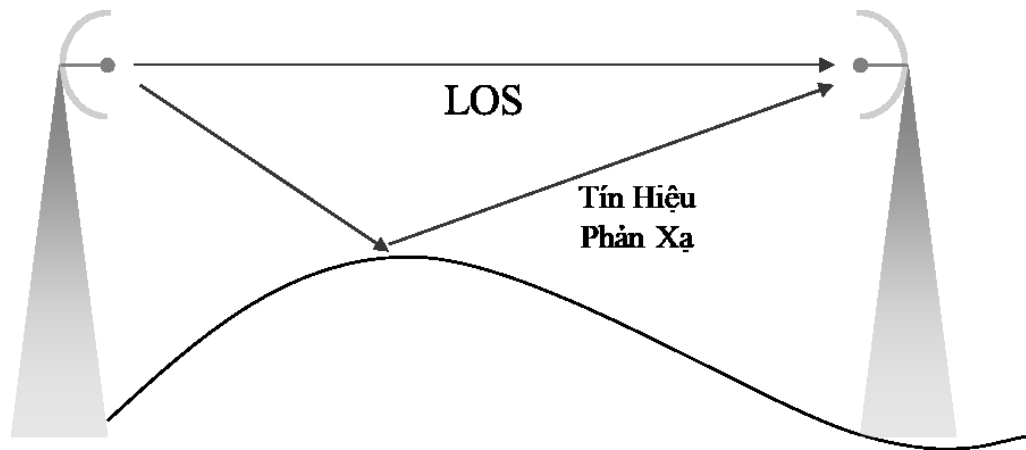
Hiệu ứng ống dẫn: Hiệu ứng ống dẫn xuất hiện khi sóng điện từ rơi vào vùng không khí đặc giữa hai vùng không khí loãng. Gây ra hiện tượng phản xạ toàn phần và sóng điện từ không đến được nơi thu:



Hình 1.7 Hiệu ứng ống dẫn

Suy hao do mưa: Sóng điện từ bị suy hao do mưa, đặc biệt là những sóng có bước sóng nhỏ hơn 10cm. Mức suy hao phụ thuộc vào cường độ mưa và tần số của sóng. Ví dụ ở tần số 2GHz: nếu mưa to thì suy hao vào cỡ 0.22 – 0.4 dB/Km, nếu mưa rất to thì bị suy hao vào cỡ 1.2dB/km.

Sự ảnh hưởng của địa hình: Phản xạ từ mặt đất



Hình 1.8 Sự phản xạ của mặt đất

Một phần năng lượng điện từ tới mặt đất, phản xạ trở lại không gian và có thể tới được anten thu, gây ra hiện tượng fading nhiều đường.

Các miền Fresnel:

Miền Fresnel sạch là khu vực tối thiểu không có vật chắn để sóng điện từ có thể truyền qua. Hiện tượng phản xạ hoặc suy hao do vật chắn xảy ra nếu miền fresnel không sạch. Khi vật chắn nằm ngoài miền fresnel, năng lượng phản xạ về anten thu là bé so với năng lượng trực tiếp, hiện tượng fading không đáng kể.

Khi vật chắn nằm ngay trên đường biên miền fresnel, năng lượng phản xạ về anten thu là lớn và ngược pha với năng lượng trực tiếp, dẫn đến hiện tượng fading nhiều đường.

2. Lý Thuyết Thiết Kế Tuyến Viba Số

2.1. Giới thiệu chung

Để thiết kế một hệ thống viba điểm nối điểm trực xạ gồm các bước sau đây:

Bước 1: Nghiên cứu dung lượng đòi hỏi

Bước 2: Chọn băng tần sử dụng, thiết bị sử dụng, sắp xếp các kênh RF.

Bước 3: Khảo sát vị trí đặt trạm.

Bước 4: Dụng mặt cắt đường truyền và các thông số liên quan

Bước 5: Xác định độ cao anten.

Bước 6: Tính toán đường truyền

Bước 7: Tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật

Bước 8: Đánh giá chất lượng tuyến

2.2. Nghiên cứu dung lượng

Trong việc thiết kế tuyến liên lạc điểm nối điểm việc tìm hiểu kỹ về dung lượng là rất quan trọng. Nó là nền tảng cho các quyết định ở phần sau.

Phải chú ý dung lượng sẽ phát triển trong vòng 10-15 năm tới cũng như dung lượng cần thiết ở hiện tại, dự đoán dựa vào một số đặc điểm sau:

- Dựa vào đặc điểm phát triển dân số
- Đặc điểm vùng
- Tỷ lệ phát triển các hoạt động kinh tế
- Tốc độ cải thiện điều kiện sống tương lai

Hệ thống phải có thể mở rộng trong tương lai. Tuy nhiên, ở các nước đang phát triển như nước ta, chúng ta thường khó dự đoán được chính xác được khoảng dung lượng chính xác trong thời gian dài. Do đó, không nên lắp đặt các hệ thống có dung lượng quá lớn. Ta có thể sử dụng hệ thống dung lượng nhỏ ở giai đoạn đầu tiên sau đó có thể thay bởi một hệ thống có dung lượng lớn hơn.

2.3. Chọn băng tần vô tuyến, sắp xếp kênh RF

2.3.1. Chọn băng tần vô tuyến sử dụng.

Đối với các ứng dụng của kỹ thuật viba, băng tần hoạt động nằm trong khoảng từ 1 GHz đến 15 GHz. Trong đó các tần số vô tuyến được cấp phát cho các dịch vụ xác định được quy định bởi các luật vô tuyến.

Tại Việt Nam, thông tư số 13 năm 2013 của bộ thông tin truyền thông đã quy định về quy hoạch phân kênh tần số cho nghiệp vụ cố định và di động mặt đất băng tần 30 – 30 000 Mhz. Trong thông tư này, các quy định và khuyến nghị về việc sử dụng dải tần số cho hệ thống vi ba được quy định chi tiết, được thừa nhận và áp dụng trên lãnh thổ Việt Nam buộc các đơn vị, công ty kinh doanh vận hành buôn bán, sản xuất các thiết bị phục vụ hệ thống thông tin vi ba phải tuân thủ.

Dung lượng cũng đóng vai trò quan trọng trong việc chọn băng tần hoạt động cho hệ thống, bảng sau cho ta các tham khảo về băng tần chọn và dung lượng.

Bảng 2.1 Một số băng tần viba thông tư 13/2013/TT-BTTTT

Băng Tần (Mhz)	Hệ Thống Vi Ba	Dung lượng tối thiểu	Khuyến Nghị
1427-1530	Điểm Điểm	2x2Mb/s	ITU-R F.1242
1900-2300	Điểm Điểm	2x8Mb/s	ITU-R F.1098-1
2300-2400	Không triển khai tại Việt Nam		
3800-4200	Điểm Điểm	2x34Mb/s	ITU-R F.382-6
4400-5000	Điểm Điểm	140Mb/s và 155Mb/s	ITU-R F.1099-4
980-10680	Điểm Điểm, Điểm Đa Điểm	34Mb/s	ITU-R F.741-1, CEPT/REC 12-05

2.3.2. Sự sắp xếp các kênh vô tuyến

Việc sắp xếp các kênh vô tuyến là việc rất quan trọng trong khi thiết kế hệ thống, đặc biệt là hệ thống vô tuyến chuyển tiếp. Tín hiệu vô tuyến tại ngõ vào và ra của trạm lặp thay đổi từ 60 - 80dB nên nếu ta sử dụng cùng một tần số vô tuyến giữa

hai ngõ thì sẽ gây hiện tượng dao động phản hồi. Trong vi ba chuyển tiếp, ta thường sử dụng kế hoạch hai tần số hoặc kế hoạch bốn tần số để tránh hiện tượng trên.

Trên thực tế, kế hoạch bốn tần số ít được sử dụng rộng rãi vì lý do kinh tế. Nó cần hai tần số cho một kênh vô tuyến. Thông thường, bốn anten sử dụng cho một trạm lắp đặt (kể cả với kế hoạch hai tần số), các anten cũng có thể sử dụng cho hai hoặc nhiều hơn các kênh vô tuyến song công trên cùng một đường.

Kế hoạch bốn tần số đòi hỏi tỉ lệ trước sau (front to back) của mẫu bức xạ anten vì mỗi anten hoạt động ở tần số khác nhau.

Sự sắp xếp các kênh viba vô tuyến tại Việt Nam cũng đã được quy định đầy đủ trong thông tư số 13/2013/TT-BTTTT của bộ thông tin truyền thông. Ngoài ra, chúng ta có thể tham khảo một số khuyến nghị khác được áp dụng trên quốc tế như kiến nghị của CCIR cho hệ vô tuyến chuyển tiếp quốc tế.

Bảng 2.2 Sự sắp xếp kênh thoại theo khuyến nghị của CCIR

CCIR Rec	Số kênh thoại tối đa cho 1 kênh RF	Tần số trung tâm (MHz)	Độ rộng băng RF (MHz)
283-1	60/120	1808,2000,2203	200
385	60/120/300	7575	300
279-1	300	1903,2101,4003.5	400
382-1	600/800	1932,2086.5	400
383-1	1800	6175	500
384-1	960/2700	6770	680
386-1	960	8350	300

Các hệ thống phụ đòi hỏi để các kênh phục vụ có thể kết hợp trong cùng một băng tần vô tuyến như là một hệ thống chính. Nếu có được điều kiện thuận lợi này thì các anten có thể sử dụng chung cho cả hai hệ thống.

Đối với các hệ thống viba điểm – điểm, do không có cấu hình trạm lắp nên sự sắp xếp các kênh vô tuyến sẽ đơn giản hơn rất nhiều. Khi đó, ta cần quan tâm đến một số điểm sau:

- Các tần số viba khác có thể sử dụng cho các vùng liên quan.
- Các trạm lặp viba có thể gây giao thoa tới hệ thống.

Việc thiết kế một hệ thống viba mới không gây nhiễu cho các hệ thống đang tồn tại và không bị ảnh hưởng ngược lại bởi các hệ thống này.

2.4. Tìm trạm trên bản đồ và khảo sát vị trí

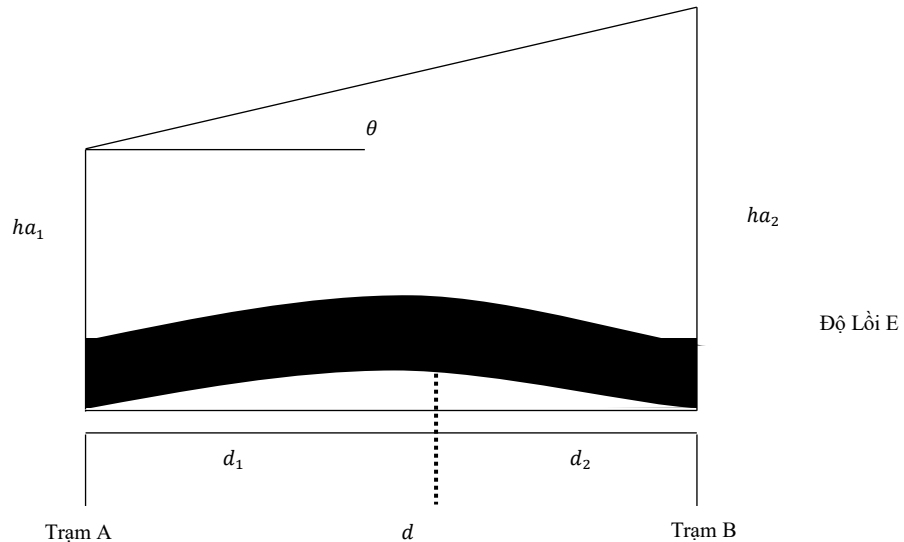
2.4.1. Xác định tuyến trên bản đồ và khảo sát vị trí đặt trạm

Việc tìm vị trí đặt trạm sao cho phù hợp về mặt kỹ thuật và lợi cho việc xây dựng trạm sau này. Để xác định vị trí đặt trạm ta cần có:

- Bản đồ tự nhiên cho biết độ cao so với mực nước biển của vùng tuyến đi qua
- Sự phân bố dân cư của vùng đang khảo sát.
- Xác định những đồi núi mô đất tòa nhà cao tầng trong tuyến.
- Chọn trong các vị trí vừa xác định ở trên, chọn một vị trí thích hợp để đặt trạm anten.
- Vị trí đặt trạm có độ cao đáng kể có thể không là cao nhất nhưng phải đủ cao và thuận lợi cho việc kéo feeder.

2.4.2. Tạo nên các bản vẽ mặt cắt nghiêng của tuyến.

Từ những yêu cầu thực tế của tuyến viba bao gồm: vị trí, khoảng cách trạm, dung lượng truyền dẫn, địa hình tuyến đi qua.... Ta tiến hành đánh dấu hai lần đầu cuối của trạm trên bản đồ của sở đo đạc để xác định chính xác kinh độ, vĩ độ của mỗi trạm. Các thông số tọa độ này được sử dụng để điều chỉnh các anten ở mỗi trạm trong giai đoạn lắp đặt thiết bị.



Hình 2.1 Mặt cắt nghiêng giữa hai trạm A và B

Mặc dù mặt đất có độ cong nhưng để đơn giản trong tính toán người ta thường vẽ mặt cắt nghiêng ứng với hệ số bán kính hiệu dụng của trái đất $k = 4/3$.

Phương trình sau cho ta xác định độ lồi của mặt đất:

$$E = \frac{4}{51} * \frac{d_1 d_2}{k} \text{ [m]}$$

Trong đó:

k là hệ số bán kính trái đất

d_1, d_2 [km] lần lượt là khoảng cách từ trạm A và trạm B đến điểm đang xét độ lồi của mặt đất.

Như vậy trên mặt cắt nghiêng này thể hiện được bề mặt của địa hình. Ngoài ra nó cũng biểu diễn được cả độ cao của cây cối và các vật chướng ngại trên đường truyền nối hai

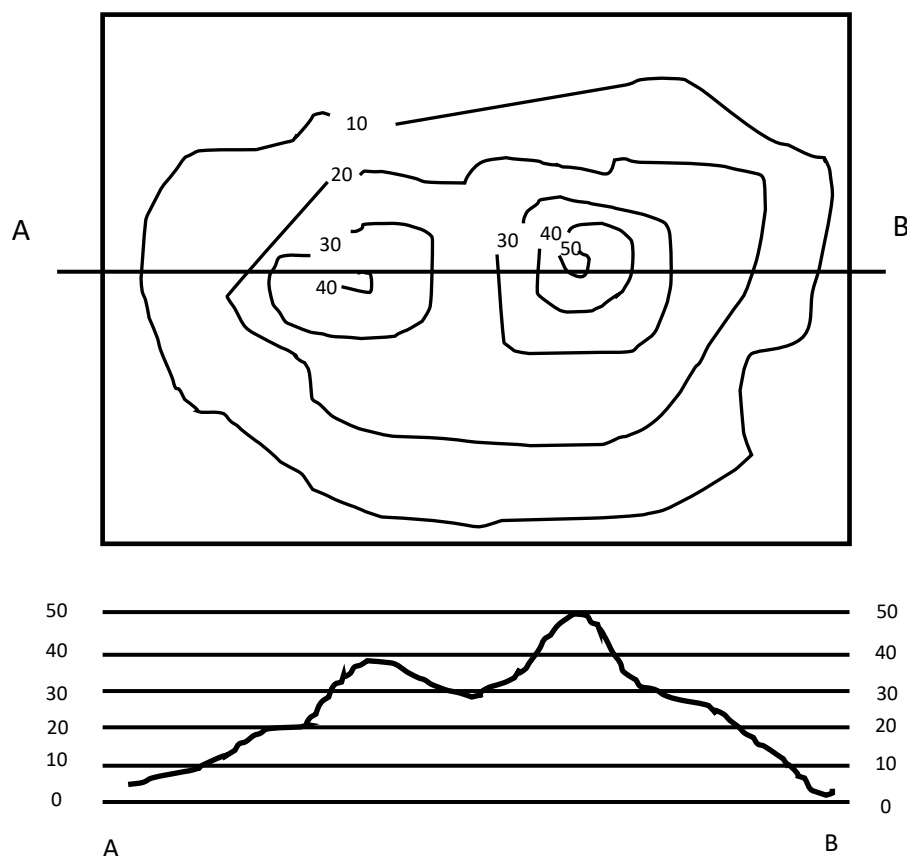
trạm A và B chẳng hạn như các gò, đồi, các nhà cao tầng... Đối với khoảng cách truyền dẫn dài, độ cong của mặt đất lớn thì cần phải tính đến khả năng nâng vị trí của trạm.

2.5. Dựng mặt cắt đường truyền và tính toán các thông số liên quan.

2.5.1. Dựng mặt cắt đường truyền cho từng tuyến

Vẽ mặt cắt đường truyền cho từng tuyến:

- Kết nối hai trạm của từng tuyến, ta có giao điểm với các đường đồng mức.
- Dựa vào độ cao của các đường đồng mức và tỷ lệ bản đồ, ta xác định độ cao và khoảng cách của từng điểm.
- Nối các giao điểm với nhau, ta được mặt cắt địa hình



Hình 1: Minh họa mặt cắt đường truyền cho từng tuyến

2.5.2. Tính khoảng cách tia truyền phía trên vật chắn

Sau khi chọn được tần số làm việc cho tuyến, ta tính miền fresnel thứ nhất. Đó là miền có dạng hình elip từ anten phát tới anten thu, là môi trường vây quanh tia truyền thẳng. Đường biên của miền Fresnel thứ nhất tạo nên quỹ đạo cho bất kỳ tín

hiệu nào đến anten thu qua đường này sẽ dài hơn so với đường trực tiếp một nửa bước sóng của tần số sóng mang. Miền bên trong của miền elip thứ nhất gọi là miền Fresnel thứ nhất. Nếu trong miền này còn vật cản thì sóng phản xạ sẽ làm suy giảm sóng trực tiếp, mức độ suy giảm sẽ tùy thuộc vào biên độ của sóng phản xạ. Bán kính miền Fresnel thứ nhất tính theo công thức sau:

$$F = \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d}} \lambda = 17.32 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d \times f}} \text{ [km]}$$

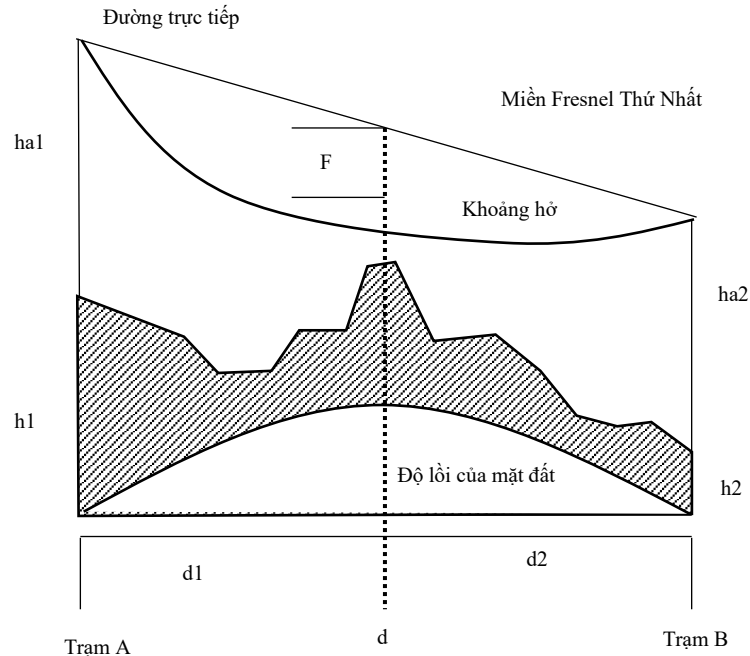
d_1, d_2 lần lượt là khoảng cách từ trạm A và trạm B đến điểm cần xét trong bán kính miền Fresnel (Km)

d là khoảng cách giữa hai trạm A và B (Km)

f là tần số sóng mang (Hertz)

Trong thực tế, ta thường gặp đường truyền đi qua các địa hình khác nhau có thể chắn miền Fresnel thứ nhất gây nên tổn hao trên đường truyền, ở các loại địa hình này ta cần khảo sát cân trọng những vật chắn trên đường truyền và các chương ngại khác. Trong hình dưới chỉ ra mô hình vật chắn trên đường truyền dẫn trong đó F_1 là bán kính miền Fresnel thứ nhất, F là khoảng hở thực: là khoảng cách giữa các tia trực tiếp và vật chắn tại điểm tính toán miền Fresnel thứ nhất.

Theo các tiêu chuẩn thiết kế về khoảng hở đường truyền được khuyến nghị thì độ cao tối thiểu của anten đảm bảo sao cho tín hiệu không bị nhiễu xạ bởi vật chắn nằm trong miền Fresnel thứ nhất $F = 0.6F_1$.



Hình 2.2 Mặt cắt nghiêng và miền Fresnel thứ nhất

2.6. Xác định độ cao anten

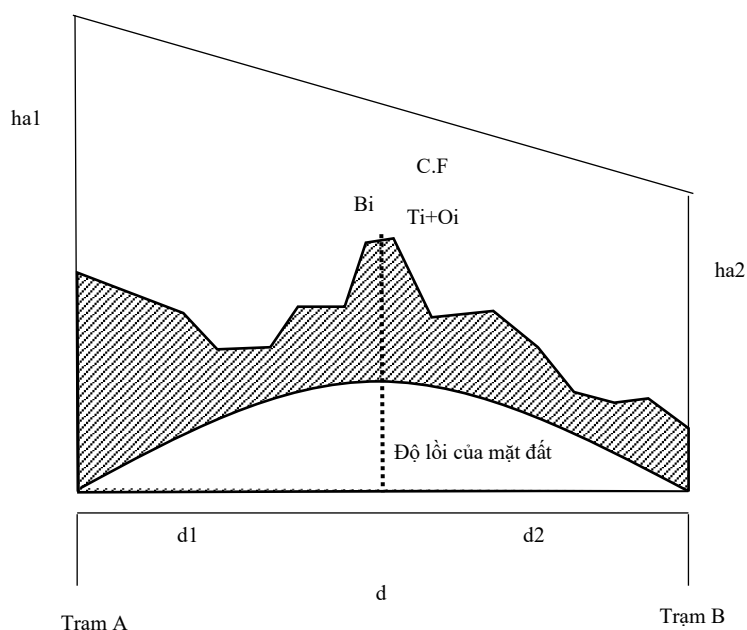
Có hai loại tháp anten là : tháp tự đỡ và tháp dây néo.

Để tính được độ cao của tháp anten thì ta phải xác định được độ cao của tia vô tuyến truyền giữa hai trạm, trên cơ sở độ cao của tia đã có để tính toán độ cao tối thiểu của tháp anten để có thể thu được tín hiệu.

Việc tính toán độ cao của tia vô tuyến cũng phải dùng đến sơ đồ mặt cắt nghiêng đường nối hai trạm, trong đó có xét đến độ cao của vật chắn (O), độ cao của cây cối (T) giữa tuyến và bán kính của miền fresnel thứ nhất (F_1). Biểu thức xác định độ cao của tia vô tuyến như sau:

$$B = E + (O + T) + C.F_1 = \frac{4d_1d_2}{51k} + (O + T) + C.F_1 [m] \text{ với } C = 1$$

Thông thường độ cao của tia B được tính toán tại điểm có vật chắn cao nhất nằm giữa tuyến.



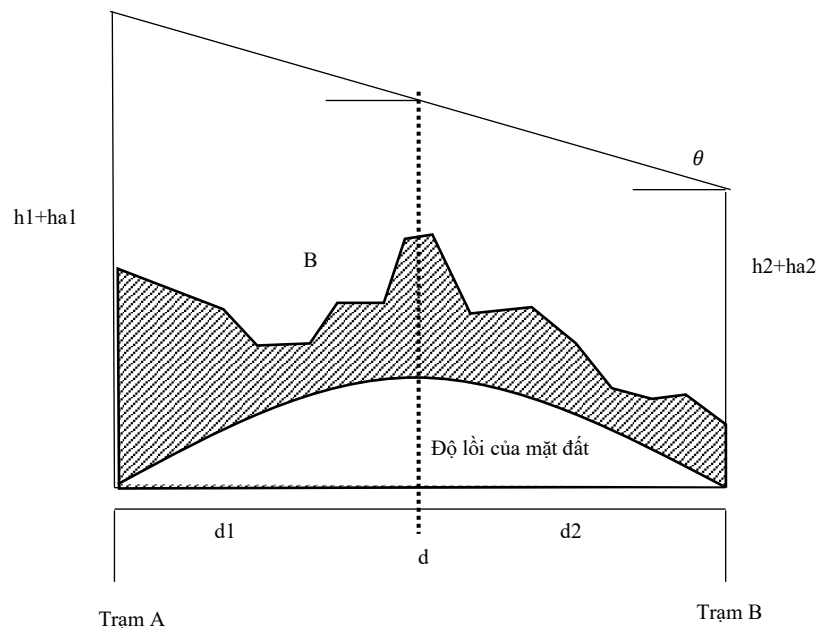
Hình 2.3 Xác định độ cao của đường truyền để làm hở vật chắn

Ở bước khảo sát định vị trí trạm, ta xác định được độ cao của hai vị trí đặt trạm so với mực nước biển tương ứng là h_1 và h_2 . Hai thông số này kết hợp với độ cao B của tia như đã tính ở trên sẽ được độ cao của một anten, độ cao của anten còn lại tính toán dựa trên các thông số và độ cao của anten đầu tiên, lưu ý là nên cân bằng chiều cao của hai anten nhất có thể, không nên để một trong hai anten cao quá lệch so với anten còn lại.

$$ha_1 = h_2 + ha_2 + [B - (h_2 + ha_2)] \left(\frac{d}{d_2} \right) - h_1 [m]$$

$$ha_2 = h_1 + ha_1 + [B - (h_1 + ha_1)] \left(\frac{d}{d_1} \right) - h_2 [m]$$

Trong đó h_{a1} và h_{a2} là độ cao của cột anten và d_1 và d_2 [km] là khoảng cách của mỗi trạm đến điểm đã tính toán độ cao của tia B.



Hình 2: Tính toán độ cao anten

Tuy nhiên như đã đề cập ở phần trước, để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, không chịu ảnh hưởng của các yếu tố trong tương lai thì ta phải tính toán cộng thêm một khoảng cách dự phòng cho độ cao anten.

2.7. Tính toán đường truyền

2.7.1. Các tổn hao

a) Tổn hao đường truyền dẫn của không gian tự do

Loại tổn thất này đã được đề cập trong phần truyền sóng trong không gian. Nó phụ thuộc vào tần số sóng mang và độ dài đường truyền và được tính toán bằng công thức sau:

$$L_{fs} = 92,5 + 20\log f(\text{GHz}) + 20\log d(\text{Km})$$

- L_{fs} : là tổn thất đường truyền của không gian tự do (dB)
- f : Tần số trung tâm của sóng mang (GHz)
- d : độ dài đường truyền (Km)

b) Tổn hao feeder

Đây là tổn hao thiết bị ống dẫn sóng để truyền sóng giữa anten và máy phát/máy thu. Khi tính toán suy hao này thì phải căn cứ vào mức suy hao chuẩn do nhà sản xuất thiết bị cung cấp.

c) Tổn hao rẽ nhánh

Tổn hao rẽ nhánh được coi là các tổn hao trong bộ lọc RF (máy phát và máy thu) các bộ lọc xoay vòng và các bộ lọc RF bên ngoài có thể, chúng cho phép một hệ thống song công chỉ sử dụng một anten cho các mục đích thu và phát hoặc hệ thống nối đến một anten. Khoảng giá trị tổn hao rẽ nhánh thường là 2-8 dB.

d) Tổn hao các bộ phận phối hợp và các bộ đầu nối.

Chúng là tổn hao trong các chuyển tiếp ống dẫn sóng, các bộ phận phối hợp, hệ thống nén ống dẫn sóng và phần feeder đi cùng các bộ nối. Chúng phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như: cấu hình hệ thống, cách kết nối trạm, các loại ống dẫn sóng và các loại đầu nối được sử dụng cho trạm.

- Với các hệ thống phức tạp thì lấy tổn hao khoảng 0,8-1 dB.
- Với các hệ thống nhỏ thì lấy tổn hao khoảng 0,5- 0,7 dB.

e) Tổn hao của bộ suy hao hoặc của vật chắn

Tổn hao của bộ suy hao: tổn hao này chỉ xuất hiện khi có bộ suy hao trong hệ thống, các bộ suy hao được sử dụng trong các trường hợp như: công suất phát ra quá lớn có thể gây nhiễu giao thoa cho các hệ thống lân cận hoặc vệ tinh, lúc này bộ suy hao được sử dụng để giảm công suất phát từ anten, khi mức tín hiệu ra vào các bộ phận trong trạm không hoàn toàn phù hợp với nhau gây ra méo dạng tín hiệu ngõ ra. Do đó cần giảm các tín hiệu sao cho phù hợp bằng cách sử dụng các bộ suy hao.

Tổn thất do vật chắn: tổn hao xuất hiện khi tuyến thiết kế không thỏa mãn tầm nhìn thẳng hay có vật chắn trong miền Fresnel thứ nhất.

f) Tổn hao do hấp thụ khí quyển.

Tổn hao khí quyển thường đặc trưng tính theo a dB/Km, nên khi tính toán tổn hao do khí quyển hấp thụ cho một đường truyền cụ thể dài d Km thì tổn hao sẽ bằng a.d dB. Tổn hao do hấp thụ khí quyển phụ thuộc vào tần số. Ví dụ điển hình nhất là tổn hao do mưa.

2.7.2. Độ lợi anten

Độ lợi của anten là tỉ lệ công suất bức xạ theo một hướng so với công suất bức xạ theo một hướng bất kỳ bằng anten đẳng hướng. Độ lợi của anten phụ thuộc vào loại và kích thước anten. Tổng độ lợi của anten ở đầu cuối của tuyến, độ lợi của anten phụ thuộc vào đường kính của anten, tần số làm việc, góc mở hiệu dụng của anten, được biểu diễn bởi công thức:

$$G = 20\log D - 20\log \lambda + 10\log n + 9,943 \text{ dB}$$

- D: đường kính của anten [m]
- λ : bước sóng của tần số trung tâm [m]
- n: góc mở hiệu dụng của anten

2.8. Đánh giá chất lượng tuyến

Tham số đầu tiên đánh giá chất lượng tuyến truyền chính là công suất máy thu nhận được.

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L$$

P_r : Công suất thu (tính theo dBm)

P_t : Công suất phát (tính theo dBm)

G_t, G_r : Độ nhạy máy phát, máy thu (tính theo dB)

L: Tổng suy hao (tính theo dB)

Hệ số phẩm chất của trạm thu được tính bởi

$$\frac{G}{T} (\text{dB/K}) = G_{Rx} (\text{dBi}) - 10 \log_{10} T_e$$

Bên cạnh đó, ta xét tới tỉ số công suất sóng mang trên công suất tạp âm tại trạm thu viba

$$\frac{C}{N} = \frac{EIRP}{L_p k B} \left(\frac{G_{Rx}}{T} \right)$$

C: Công suất sóng mang

N: Công suất tạp âm

EIRP: Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương của trạm phát

Grx: Tăng ích anten thu

T: Nhiệt độ tạp âm tại đầu vào máy thu

k: Hằng số Boltzman

B: Băng thông

L: Tổng suy hao

Một thông số khác đánh giá chất lượng là tỉ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm tại máy thu

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} (dB) - 10 \log_{10} \left[\frac{\log_2 M}{1 + \alpha} \right]$$

M: số mức điều chế tín hiệu

α : hệ số bộ lọc

3. Một Số Thiết Bị Vi Ba Số Trên Thị Trường

Sau khi tìm hiểu về các kiến thức lý thuyết trong thiết kế tuyến thông tin viba. Nhóm tìm hiểu về một số dạng thiết bị được sử dụng trong thông tin viba. Cụ thể, dựa theo tài liệu “ **thuyết minh quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về tương thích điện từ đối với thiết bị truyền dẫn vô tuyến cố định và thiết bị phụ trợ**” được bộ thông tin truyền thông ban hành năm 2016, chúng em sẽ trình bày một số thiết bị đã và đang được sử dụng tại Việt Nam.

3.1. Thiết bị Viba MICROSTAR® của hãng HARRIS

MicroStar là giải pháp hoàn hảo cho nhu cầu truy nhập vô tuyến điểm-điểm. Dòng sản phẩm Viba MicroStar của Harris cung cấp sự lựa chọn đa dạng về phương pháp điều chế, dải tần (7-38 GHz) và dung lượng cho các dịch vụ thoại, dữ liệu và hình ảnh.



Hình 3.1 Thiết bị Viba MICROSTAR® của hãng HARRIS

Dòng sản phẩm viba PDH MicroStar sử dụng công nghệ số mới nhất và cung cấp các giao thức quản lý mạng mở giúp khách hàng có thể tích hợp thiết bị một cách thuận lợi vào mạng hiện có của mình.

MicroStar được thiết kế nhằm đem lại cho khách hàng giải pháp có hiệu suất cao nhất, khả năng truyền tải dịch vụ nhanh chóng với chi phí thấp nhất.

Các đặc điểm chính:

- anten phẳng tích hợp.

- Khả năng quản lý và điều khiển được lập trình hoàn toàn bằng phần mềm nhằm tăng độ linh hoạt và giảm chi phí dự phòng tối đa:
 - Dung lượng từ 2 đến 16 E1/T1
 - Các dải băng tần: 7/8/13/15/18/23/26/38 GHz.
 - Điều chế (QPSK hoặc 16 QAM).
- Hỗ trợ chế độ bảo vệ 1+1.
- Hỗ trợ card PCMCIA cho các kênh phụ trợ (kênh nghiệp vụ, RS-232 RTU,...) cho phép tối đa độ linh hoạt và giảm chi phí.
- Có cổng Ethernet 10 BASE-T dành cho quản lý mạng, FTP,...

3.2. Thiết bị Viba Pasolink của NEC

Trong các kết nối truy nhập ở cự ly ngắn bao gồm mạng trục trong mạng di động, dòng sản phẩm NEC PASOLINK cung cấp dung lượng truyền dẫn tốc độ cao.



Hình 3.2 Thiết bị Viba Pasolink của hãng NEC

Hệ thống hoạt động tại nhiều dải băng tần số vô tuyến trải rộng từ 4 đến 38 GHz với dung lượng từ 8x2 Mbps đến 2x155 Mbps. Đối với sự lựa chọn kết nối giao diện mạng LAN, PASOLINK cung cấp giao diện 10/100 BASE-T(X).

Bằng cách sử dụng ODU chuẩn, sự nâng cấp hệ thống lên dung lượng cao hơn hoặc phương pháp điều chế tốt hơn có thể được tiến hành dễ dàng. NEC PASOLINK cho phép lắp đặt thuận tiện, truyền tải dịch vụ nhanh chóng và là các giải pháp kinh tế nhất đối với các nhu cầu truyền dẫn dung lượng cao cũng như trong các tình huống khẩn cấp

Các đặc điểm chính

- Bao gồm khối ngoài trời (ODU), khối trong nhà (IDU) và anten gọn nhẹ.
- Dung lượng lớn: 8x2, 16x2, 52, 155, 2 x 155 Mbps.
- Các dải tần: 4/5/6/7/8/11/13/15/18/23/26/28/32/38 GHz.
- Hỗ trợ nhiều cấu hình hệ thống: 1+0, 1+1 (HS), 1+1 (HS/SD), 1+1 (FD), 2+0 (đồng kênh).
- Công suất phát (dBm): +27/+25/+23/+20/+15.
- Ngưỡng thu (dBm):
 - Đối với BER 10⁻³: -93,5 ÷ -81,5.
 - Đối với BER 10⁻⁶: -90 ÷ -78.
- Nguồn yêu cầu: 20 ÷ 60 VDC/-20 ÷ -60 VDC.
- Phương pháp điều chế QPSK.
- Độ khuếch đại hệ thống cao và hiệu suất phổ cao.
- Có giao diện Ethernet tốc độ cao.
- Điều khiển công suất phát tự động.
- Quản lý và giám sát mạng từ xa bằng máy PC.

3.3. Thiết bị Viba MINI-LINK của Hãng ERICSSON

Thiết bị MINI-LINK là dòng thiết bị truyền dẫn viba nổi tiếng thế giới của ERICSSON, hãng sản xuất thiết bị viễn thông di động hàng đầu trên thế giới. Đã có hơn 500,000 bộ thiết bị MINI-LINK được bán ra trên toàn thế giới trong đó được dùng phổ biến nhất là trong các mạng thông tin di động trong đó có các mạng di động của Việt Nam như Vinaphone, Mobifone và Viettel.



Hình 3.3 Thiết bị Viba MINI-LINK của hãng ERICSSON

Thiết bị MINI-LINK có các ưu điểm nổi bật như thiết kế gọn nhẹ, công suất tiêu thụ thấp, dung lượng lớn từ E1 cho đến STM-1, sử dụng dải tần rộng từ 7 đến 38 GHz. Hơn thế nữa hệ thống điểm-điểm của MINI-LINK có thể được sử dụng trong các cấu hình vòng ring, hình sao và hình cây cùng với khả năng định tuyến được tích hợp bên trong thiết bị .

Các đặc điểm chính

- Gọn nhẹ, hiệu quả đầu tư cao, phù hợp với các nhu cầu mở rộng mạng lên mạng thế hệ tiếp theo như mạng điện thoại di động 3G.
- Dải tần rộng: từ 7 GHz đến 38 GHz.
- Các phương pháp điều chế: C-QPSK, 64-QAM, 128-QAM.
- Dung lượng: từ 1E1 (2 Mbps) đến STM-1 (155 Mbps).
- Công suất phát: +10 dBm ÷ +28 dBm.
- Ngưỡng thu: -95 dBm ÷ -83 dBm (đối với điều chế C-QPSK) và từ -87 ÷ -80 dBm (đối với điều chế 16QAM).
- Anten: 0,2/0,3/0,6/1,2/1,8/2,4/3,0/3,7 (m).
- Nguồn cung cấp: 26 ÷ 60 VDC.

- Dải nhiệt độ: $-50^{\circ}\text{C} \div 60^{\circ}\text{C}$.
- Hỗ trợ các cấu hình: điểm – điểm, điểm – đa điểm, vòng ring, hình sao, hình cây. Hỗ trợ chức năng định tuyến.
- Cấu hình và quản lý tại chỗ hoặc từ xa bằng phần mềm trên máy PC.
- Cung cấp cổng giao diện Ethernet tốc độ cao.

4. Thực Hành Tính Toán Thiết Kế Tuyến Thông Tin Vi Ba

Bài toán: Một tuyến thông tin vi ba có cự ly $d = 40$ km, tần số $f = 4$ GHz, băng thông $B = 1$ MHz. Giữa tuyến có chướng ngại vật với chiều cao 35 m cách anten phát 20 km. Sử dụng phương pháp điều chế 16-QAM có tốc độ $R_{\text{bit}} = 4$ Mbit/s.

Thông số các trạm:

+) Tại trạm phát

- Chiều cao của anten phát: $h_{\text{TX}} = 63$ m
- Anten phát có tăng ích 35 dBi
- Công suất ở đầu ra của máy phát $P_{\text{TX}} = 2$ W
- Suy hao do feeder phát 2 dB

+) Tại trạm thu

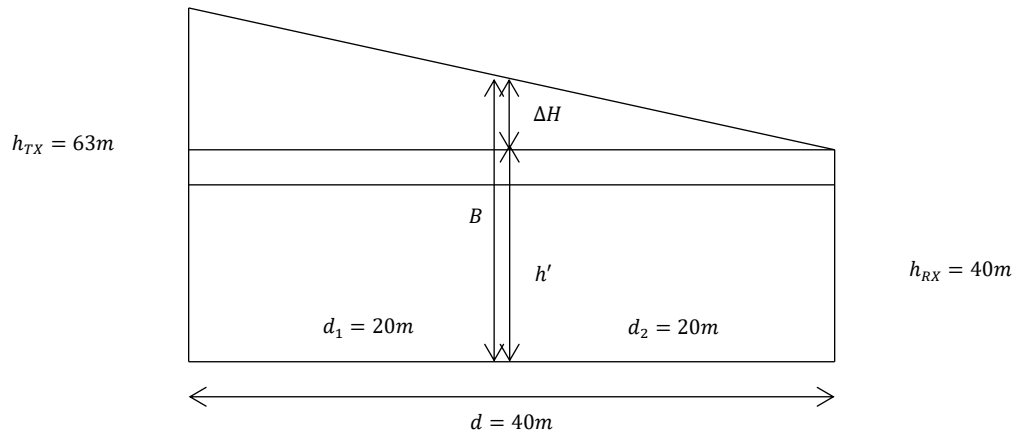
- Chiều cao anten thu $h_{\text{RX}} = 40$ m
- Anten thu có tăng ích 35 dBi
- Máy thu có hệ số tạp âm $N_{\text{F}_{\text{RX}}} = 6$ dB
- Bỏ qua suy hao do feeder thu.
- Độ nhạy máy thu -60 dBm

Giả thiết coi Trái Đất là phẳng và suy hao do mưa là 10 dB, bỏ qua các tổn hao khác.

Yêu cầu tính toán:

1. Kiểm tra điều kiện tiêu chuẩn khi thiết kế khoảng hở của miền Fresnel.
2. Tính công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP.
3. Tính suy hao truyền sóng trong không gian tự do L_{FS} .
4. Tính công suất ở đầu vào máy thu P_{RX} .
5. Tính độ dự trữ đường truyền.
6. Tính hệ số phẩm chất của hệ thống thu G/T.
7. Tính tỷ số sóng mang trên tạp âm C/N tại trạm thu
8. Tính tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm E_b/N_0 tại trạm thu.

Tiến hành tính toán:



Hình 4.1 Minh họa bài toán

1. Kiểm tra điều kiện tiêu chuẩn khi thiết kế khoảng hở của miền Fresnel.

- Gọi h' là chiều cao tối đa của chướng ngại vật ở giữa hai trạm.

B là độ cao của tia vô tuyến truyền giữa trạm phát và trạm thu.

ΔH là chiều cao của khoảng hở tiêu chuẩn.

h_{TX} là chiều cao của anten phát với $h_{TX} = 63$ m.

h_{RX} là chiều cao của anten thu với $h_{RX} = 40$ m.

Ta có bán kính miền Fresnel thứ nhất:

$$F_1 = \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d}} \lambda = 17,32 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{df}} = 27,3853 \text{ m}$$

Theo tiêu chuẩn thiết kế khoảng hở của tuyến :

$$\Delta H \geq 0,6 F_1 = 0,6 \cdot 27,3853 = 16,4312 \text{ m}$$

Áp dụng bài toán hình học vào hình vẽ ta có:

$$\frac{B}{h_{TX} + h_{RX}} = \frac{d_2}{d} \Rightarrow B = \frac{63 + 40}{2} = 51,5 \text{ m}$$

Mà $B = \Delta H + h$ nên chiều cao tối đa của chướng ngại vật ở giữa hai trạm

$$\text{là: } h' = B - \Delta H = 51,5 - 16,4312 = 35,0688 \text{ m}$$

Theo bài ra chiều cao của chướng ngại vật ở giữa hai trạm $h = 35 < h'$

\Rightarrow Chiều cao của vật chướng ngại vật không vi phạm điều kiện của khoảng hở

\Rightarrow Vật chướng ngại vật đảm bảo đường truyền không xâm nhập vào phần không gian của miền Fresnel thứ nhất.

2. Tính công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP.

- Ta có suy hao do feeder phát : $L_{TX} = 2 \text{ dB}$
- Công suất ở đầu ra máy phát: $P_{TX} = 2 \text{ W} = 10 \log_{10} 2 \cdot 10^3 = 33,0103 \text{ (dBm)}$
- Tăng ích của anten phát: $G_{TX} = 35 \text{ dBi}$

Do đó công suất bức xạ đẳng hướng tương đương là:

$$\begin{aligned} EIRP \text{ (dBm)} &= P_{TX} \text{ (dBm)} + G_{TX} \text{ (dBi)} - L_{TX} \text{ (dB)} \\ &= 33,0103 + 35 - 2 = 66,0103 \text{ (dBm)}. \end{aligned}$$

3. Tính suy hao truyền sóng trong không gian tự do L_{FS} .

- Ta có cự ly $d = 40 \text{ km}$
- Tần số $f = 4 \text{ GHz}$.

Do đó suy hao truyền sóng trong không gian tự do là:

$$\begin{aligned} L_{FS} \text{ (dB)} &= 92,44 + 20 \log_{10} d \text{ (km)} + 20 \log_{10} f \text{ (GHz)} \\ &= 92,44 + 20 \log_{10} 40 + 20 \log_{10} 4 \\ &= 136,5224 \text{ dB} \end{aligned}$$

4. Tính công suất ở đầu vào máy thu P_{RX} .

- Tăng ích của anten thu $G_{RX} = 35 \text{ dBi}$
- Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương: $EIRP \text{ (dBm)} = 66,0103 \text{ dBm}$.
- Suy hao truyền sóng trong không gian tự do $L_{FS} \text{ (dB)} = 136,5224 \text{ dB}$.
- Suy hao do mưa $L_R = 10 \text{ dB}$

Do đó công suất ở đầu vào máy thu là:

$$\begin{aligned} P_{RX} \text{ (dBm)} &= EIRP \text{ (dBm)} + G_{RX} \text{ (dBi)} - L_{FS} \text{ (dB)} - L_R \text{ (dB)} \\ &= 66,0103 + 35 - 136,5224 - 10 \\ &= -45,5121 \text{ dBm}. \end{aligned}$$

5. Tính độ dự trữ đường truyền.

$$\Delta P \text{ (dB)} = 60 - 45,5121 = 14,4879 \text{ dB}$$

6. Tính hệ số phẩm chất của hệ thống thu G/T

Nhiệt độ tạp âm tương đương của hệ thống thu:

$$T_e = T_0 (NF - 1) = 290 (4 - 1) = 870 \text{ K}.$$

Do đó hệ số phẩm chất của hệ thống thu là:

$$G/T \text{ (dB/K)} = G_{RX} \text{ (dBi)} - 10 \log_{10} T_e$$

$$\begin{aligned}
&= 35 - 10 \log_{10} 870 \\
&= 5,6048 \text{ dB/K.}
\end{aligned}$$

7. Tính tỷ số sóng mang trên tạp âm C/N tại trạm thu

- Công suất sóng mang ở đầu vào trạm thu

$$\begin{aligned}
C &= P_{RX}(\text{dBW}) \\
&= -45,5121 \text{ dBm} \\
&= -75,5121 \text{ dBW}
\end{aligned}$$

- Công suất tạp âm:

$$\begin{aligned}
P_N(\text{dBW}) &= 10 \cdot \log_{10}(k \cdot T \cdot B) \\
&= 10 \cdot \log_{10}(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 870 \cdot 1 \cdot 10^6) \\
&= -139,2060 \text{ dBW}
\end{aligned}$$

Do đó tỷ số sóng mang trên tạp âm C/N tại trạm thu là:

$$\begin{aligned}
C/N(\text{dB}) &= C(\text{dBW}) - P_N(\text{dBW}) \\
&= -75,5121 + 139,2060 \\
&= 63.6939 \text{ dB}
\end{aligned}$$

8. Tính tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm E_b/N_0 tại trạm thu:

$$\begin{aligned}
\frac{E_b}{N_0} (\text{dB}) &= \frac{C}{N} (\text{dB}) - 10 \log_{10} \left[\log_2 \frac{M}{1 + \alpha} \right] \\
&= 63.6939 - 10 \log_{10} 4 = 57.685 \text{ dBm}
\end{aligned}$$

5. Xây Dựng Phần Mềm Tính Toán Tuyến Thông Tin Vi Ba

5.1. Xác định yêu cầu

Trong giới hạn phạm vi môn học, do hạn chế về mặt kiến thức, nhóm tập chung và tìm hiểu và nâng cao kiến thức thay cho xây dựng phần mềm tính toán phức tạp. Được sự gợi ý từ các anh chị khóa trước, nhóm thực hiện xây dựng phần mềm tính toán các thông số đo lường kỹ thuật của một hệ thống thông tin vi ba đơn giản đã cài đặt trước các thông số.

Mục tiêu đầu tiên của phần mềm là tính toán được các thông số như chương 4 đã thực hiện. Mục tiêu thứ hai của phần mềm là có một giao diện thân thiện, dễ sử dụng.

Cuối cùng, để thực hiện phần mềm, nhóm dựa trên sự hướng dẫn từ cô giáo, chọn lựa IDE là matlab và trình tạo giao diện mặc định GUIDE trong matlab.

5.2. Xây dựng khối chức năng

5.2.1. Xác định đầu vào

Các thông số kỹ thuật đầu vào của hệ thống truyền dẫn vi ba bao gồm:

- Trạm Phát
 - Chiều cao anten
 - Tăng ích anten
 - Suy hao feeder
 - Công suất phát
- Trạm Thu
 - Chiều cao anten
 - Tăng ích anten
 - Suy hao feeder
 - Hệ số tạp âm
 - Độ nhạy
- Đường Truyền
 - Khoảng cách truyền
 - Tần số truyền
 - Băng thông

- Số mức điều chế QAM
- Suy hao do mưa
- Vật chắn đường truyền
 - Chiều cao vật chắn
 - Khoảng cách tới trạm phát

5.2.2. Xác định đầu ra

Các thông số đầu ra tính toán được bao gồm

- Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương EIRP
- Suy hao không gian tự do
- Công suất tại đầu vào phía thu
- Tỷ số sóng mang trên tạp âm $\frac{C}{N}$ tại phía thu
- Tỷ số năng lượng bit trên mật độ công suất tạp âm $\frac{E_b}{N_0}$ tại phía thu
- Hệ số phẩm chất của hệ thống thu $\frac{G}{T}$
- Độ dư trữ đường truyền
- Điều kiện khoảng hở Fresnel

5.2.3. Xác định khối tính toán

Dựa trên lý thuyết đã trình bày ở những chương trước và phần thực hành tính toán ở chương 4, tiến hành xác định mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào và đầu ra của phần mềm.

$$EIRP = P_t + G_t - L_{feeder}$$

$$L_{fs} = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_{fs} - L_{rain} - L_{feeder}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{EIRP}{LkB} \left(\frac{G_{Rx}}{T} \right)$$

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} (dB) - 10 \log_{10} \left[\frac{\log_2 M}{1 + \alpha} \right]$$

$$\frac{G}{T} (dB/K) = G_{Rx} (dBi) - 10 \log_{10} T_e$$

Riêng phần điều kiện khoảng hở Fresnel, nhóm tiến hành xây dựng công thức tính sự ảnh hưởng của chiều cao vật chướng ngại đường truyền tại mọi điểm trên đường truyền, không giới hạn tại vị trí chính giữa đường truyền.

5.3. Xây dựng giao diện

Sau khi xác định các khối chức năng của phần mềm, tiến hành xây dựng giao diện phần mềm tính toán tuyến thông tin vi ba bằng công cụ GUIDE của matlab.

Kết quả xây dựng giao diện như hình dưới.

The screenshot shows a MATLAB GUIDE interface for a microwave line calculation program. The title bar indicates it is for 'Nhóm 3'. The main window has a title 'Bài Tập Lớn Hệ Thống Viễn Thông' and a subtitle 'Tính Toán Tuyến Thông Tin Vi Ba'. The interface is organized into sections for input data ('Dữ Liệu Đầu Vào') and output data ('Dữ Liệu Đầu Ra').

Dữ Liệu Đầu Vào (Input Data):

- Trạm Phát (Transmitting Station):**
 - Chiều Cao (Height): [] m
 - Tăng ích Anten (Antenna Gain): [] dBi
 - Suy Hao Feeder (Feeder Loss): [] dB
 - Công Suất Phát (Transmit Power): [] W
- Trạm Thu (Receiving Station):**
 - Chiều Cao (Height): [] m
 - Tăng ích Anten (Antenna Gain): [] dBi
 - Suy Hao Feeder (Feeder Loss): [] dB
 - Hệ Số Tập Âm (Gain Coefficient): [] dB
 - Độ Nhạy (Sensitivity): [] dBm
- Đường Truyền (Transmission Path):**
 - Đường Truyền (Path): [] Km
 - Tần Số (Frequency): [] GHz
 - Băng Thông (Bandwidth): [] MHz
 - Số Mức Điều Chế (Modulation Levels): []
 - Suy Hao Do Mưa (Rain Loss): [] dB
- Vật Chướng Ngại (Obstacle):**
 - Chiều Cao (Height): [] m
 - K.Cách Phía Phát (Distance from Transmitting Station): [] Km

Dữ Liệu Đầu Ra (Output Data):

- EIRP: [] dBm
- Suy Hao Không Gian Tự Do (Free Space Loss): [] dB
- Công Suất Thu (Received Power): [] dBm
- C/N: [] dB
- G/T: [] dB/K
- Eb/N0: [] dB
- Độ Dự Trữ Đường Truyền (Path Margin): [] dB
- Điều Kiện Khoảng Hở Fresnel (Fresnel Clearance Condition): ---

At the bottom right, there are two buttons: 'Xóa' (Clear) and 'Tính Toán' (Calculate).

Hình 5.1 Giao diện phần mềm

5.4. Hoàn thiện và kiểm thử

Bổ sung các chức năng tính toán xây dựng từ chương 5.2 vào giao diện phần mềm đã cài đặt ở chương 5.3 chúng ta được phần mềm hoàn thiện có giao diện như sau.

Kết Luận

Sau thời gian tập chung tìm hiểu về tính toán thiết kế tuyến thông tin viba. Nhóm đã trang bị được nhiều kiến thức cần thiết và quan trọng cho công việc sau này.

Đồng thời, nhóm đã nhận thấy khoảng cách thực sự giữa những kiến thức trên lớp và các yếu tố được xét trong thực tế. Trong thực tế, việc tính toán, thiết kế tuyến thông tin viba là một công việc lớn, nhiều công đoạn, cần thiết kết hợp các kiến thức toán, đo đạc, kiến thức về pháp luật và các quy chuẩn bên cạnh kiến thức về đường truyền và tính toán đường truyền.

Các quy chuẩn, khuyến nghị từ bộ thông tin truyền thông và tổ chức viễn thông như CCIR đã cung cấp kiến thức nhất định về giải giá trị thực tế của một số thông số trong thiết kế tuyến thông tin viba.

Sau khi kết thúc bài tập lớn này, điều sinh viên trong nhóm mong muốn nhất là được đi tham quan một đường truyền thông tin viba thực tế, xem xét các thiết bị vận hành để có thêm kinh nghiệm.

Danh Mục Tài Liệu Tham Khảo

- [1] Bộ thông tin và truyền thông, *Thuyết minh quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về tương thích điện từ đối với thiết bị truyền dẫn vô tuyến cố định và thiết bị phụ trợ*, 2016
- [2] Bộ thông tin và truyền thông, *Thông tư 13/2013 TT-BTTTT về quy hoạch phân kênh tần số cho nghiệp vụ cố định và di động mặt đất băng tần (30-30 000)MHz*, 2013
- [3] Diwaker Pant ,*Diversity Techniques*, 2012
- [4] International Radio Consultative Committee, *Radio-Relay Systems Space Systems Radioastronomy*, Volume IV, 1967
- [5] International Telecommunication Union, *Handbook Digital Radio-Relay Systems*, Geneva, 1996
- [6] Hoàng Quang Trung, *Kỹ thuật vi ba số*, Đại học công nghệ thông tin và truyền thông Thái Nguyên.
- [7] Vũ Văn Yên, *Giáo trình hệ thống viễn thông*, Nhà xuất bản Bách khoa, 2016