

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN NGỌC ANH

**NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP ĐỊNH VỊ VÀ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐÀI
TRÁI ĐẤT THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH TẠI VIỆT NAM**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI- NĂM 2021

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN NGỌC ANH

**NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP ĐỊNH VỊ VÀ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐÀI
TRÁI ĐẤT THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH TẠI VIỆT NAM**

CHUYÊN NGÀNH : KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

MÃ SỐ: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. LÊ NHẬT THẮNG

HÀ NỘI- NĂM 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận văn
(Ký và ghi rõ họ tên)

Nguyễn Ngọc Anh

LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi lời cảm ơn các thầy, cô giáo, cán bộ của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã giúp đỡ, tạo điều kiện tốt cho em trong quá trình học tập và nghiên cứu chương trình Thạc sĩ trường.

Em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới PGS.TS. Lê Nhật Thăng đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ em để hoàn thành tốt nhất Luận văn “Nghiên cứu các giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh tại Việt Nam”.

Do vốn kiến thức lý luận và kinh nghiệm thực tiễn hạn chế nên luận văn không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Em xin trân trọng tiếp thu các ý kiến của các thầy, cô để luận văn được hoàn thiện tốt hơn.

Trân trọng cảm ơn.

Tác giả luận văn
(Ký và ghi rõ họ tên)

Nguyễn Ngọc Anh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC BẢNG.....	vi
DANH MỤC HÌNH	vii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	x
LỜI NÓI ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH HƯỚNG VÀ ĐỊNH VỊ ĐÀI PHÁT VÔ TUYẾN ĐIỆN	3
1.1. Kỹ thuật định hướng AOA	3
1.2. Kỹ thuật định hướng giao thoa pha	4
1.3. Kỹ thuật định hướng giao thoa tương quan	6
1.4. Kỹ thuật định hướng Doppler và Pseudo Doppler	7
1.5. Kỹ thuật định vị POA	8
1.6. Kỹ thuật định vị TDOA	9
1.7. Kỹ thuật định vị FDOA	11
1.8. Kỹ thuật định vị FDOA và TDOA kết hợp	12
1.9. Kết luận chương 1.....	16
CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU CÁC BÀI THU ĐO, PHÂN TÍCH, NHẬN DẠNG TÍN HIỆU ĐÀI TRÁI ĐẤT THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH	17
2.1. Thu đo tín hiệu của đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh.....	17
2.1.1 Đo tần số trung tâm	17
2.1.2. Đo băng thông	19
2.1.3. Đo mật độ phổ công suất (PFD) và công suất bức xạ đẳng hướng.....	20
tương đương (EIRP)	20
2.2. Phân tích, phân loại và nhận dạng tín hiệu của đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh	22
2.2.1. Dịch vụ truyền hình số vệ tinh DVB-S	24

2.2.2. Truyền hình số vệ tinh DVB-S2.....	25
2.2.3. Truyền dữ liệu vệ tinh	27
2.2.4. Dịch vụ di động qua vệ tinh	29
2.3. Kết luận chương 2.....	30
CHƯƠNG 3: GIẢI PHÁP ĐỊNH VỊ VÀ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐÀI TRÁI ĐẤT	
THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH TẠI VIỆT NAM	31
3.1. Tham khảo một số giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế giới và của ITU	31
3.1.1. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế của ITU	31
3.1.1.1. Định vị đài trái đất sử dụng 2 vệ tinh địa tĩnh	31
3.1.1.2. Định vị đài trái đất sử dụng 3 vệ tinh địa tĩnh	32
3.1.1.3. Định vị đài trái đất sử dụng 1 vệ tinh địa tĩnh	33
3.1.1.4. Điều kiện thực hiện định vị.....	35
3.1.1.5. Phương thức xác định đài trái đất dựa trên so sánh mức tín hiệu thu được.....	36
3.1.1.6. Phương thức xác định đài trái đất sử dụng thuật toán tương quan chéo để cải thiện độ nhảy của hệ thống	37
3.1.1.7. Phương thức xác định đài trái đất sử dụng thiết bị bay UAV.....	38
3.1.2. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế giới.....	40
3.1.2.1. Đức.....	40
3.1.2.2. Hàn Quốc	41
3.1.2.3. Trung Quốc	42
3.2. Hiện trạng các mạng đài trái đất và can nhiễu thông tin vệ tinh tại Việt Nam	43
3.2.1. Hiện trạng mạng đài trái đất.....	43
3.2.2. Can nhiễu thông tin vô tuyến điện qua vệ tinh.....	44
3.3. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh tại Việt Nam.....	45
3.3.1. Giải pháp định vị	45
3.3.1.1. Xây dựng CSDL các vệ tinh lân cận đáp ứng điều kiện định vị và... các trạm phát tham chiếu mặt đất	46 48

3.3.1.2. Cập nhật dữ liệu thiên văn vệ tinh	48
3.3.1.3. Lựa chọn vệ tinh lân cận và kiểm tra phổ chồng lấn	50
3.3.1.4. Lựa chọn các trạm tham chiếu	51
3.3.1.5. Định vị đài trái đất	51
3.3.1.6. Một số kết quả định vị	52
3.3.2. Giải pháp xác định vị trí đài trái đất.....	53
3.3.2.1. Sơ đồ xác định.....	53
3.3.2.2. Giải pháp xác định đài trái đất qua giải mã CID và thông tin vị trí...54	
3.3.2.3. Đề xuất phương pháp tìm kiếm vị trí đài mặt đất	56
các đài phát trong khu vực kết quả định vị vệ tinh:	56
3.3.2.4. Một số kết quả kiểm soát và tính toán mức tín hiệu thu được đường lên của đài trái đất khi sử dụng các phương tiện kiểm soát mặt đất	59
3.3.2.5. Một số kết quả kiểm soát xác định đài trái đất	62
3.4. Kết luận chương 3.....	65
KẾT LUẬN.....	66
DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	68

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Đặc điểm kỹ thuật giao thoa pha	5
Bảng 2.1. Bảng so sánh DVB-S với DVB-S2 đối với truyền hình quảng bá	25
Bảng 3.1. Sự tách biệt góc vệ tinh chính đến liên kề so với dải tần số đường lên và kích thước ăng ten trạm phát mặt đất	36
Bảng 3.2. Mạng đài theo băng tần C, Ku	44
Bảng 3.3. Một số trường hợp can nhiễu điển hình trên vệ tinh VINASAT	45
Bảng 3.4. Vệ tinh băng Ka có vùng phủ Việt Nam	46
Bảng 3.5. vệ tinh lân cận vệ tinh Vinasat đáp ứng điều kiện định vị	48
Bảng 3.6. Kết quả định vị đài trái đất	52
Bảng 3.7. Tính độ rộng, độ lợi búp sóng chính của anten kiểm soát	60
Bảng 3.8. Thông số trạm VSAT và anten kiểm soát băng C	60
Bảng 3.9. Tính mức tín hiệu thu được tại phân tích phổ băng C	61
Bảng 3.10. Thông số trạm VSAT và anten kiểm soát băng Ku	61
Bảng 3.11. Tính mức tín hiệu thu được tại phân tích phổ băng Ku	61
Bảng 3.12. Mức tín hiệu kiểm soát được băng Ku	65

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Định hướng sử dụng ăng ten quay	4
Hình 1.2. Nguyên lý giao thoa pha	5
Hình 1.3. Định hướng giao thoa tương quan	6
Hình 1.4. Phương pháp định hướng Doppler trực tiếp	7
Hình 1.5. Phương pháp định hướng giả Doppler	8
Hình 1.6. Nguyên lý kỹ thuật định vị POA.....	9
Hình 1.7. Chênh lệch thời gian dựa trên chênh lệch khoảng cách ΔD	10
Hình 1.8. Nguồn tín hiệu nằm trong vùng giao điểm của 2 hoặc nhiều đường Hyperbol.....	11
Hình 1.9. Phương pháp đo sai khác về tần số tới của đài phát chuyển động.....	12
Hình 1.10. Định vị đài trái đất sử dụng FDOA và TDOA từ 2 vệ tinh địa tĩnh	13
Hình 1.11. Định vị đài trái đất dùng 1 trạm tham chiếu	16
Hình 2.1. Phổ tín hiệu số.....	18
Hình 2.2. Bảng thông chiếm dụng	19
Hình 2.3. Bảng thông x-dB	19
Hình 2.4. Lưu đồ nhận dạng truyền hình số vệ tinh và truyền số liệu.....	23
Hình 2.5. Lưu đồ nhận dạng di động qua vệ tinh địa tĩnh	24
Hình 2.6. Phân tích nhận dạng truyền hình số vệ tinh DVB-S băng tần Ku vệ tinh VINASAT 1	25
Hình 2.7. Phân tích nhận dạng truyền hình số vệ tinh DVB-S2 băng tần Ku vệ tinh VINASAT 1	26
Hình 2.8. Nhận dạng tín hiệu qua đối chiếu dữ liệu trên lyngsat.com.....	27
Hình 2.9. Sử dụng chức năng Waterfall để nhận biết tín hiệu TDMA	29
Hình 2.10. Phân tích, nhận dạng tín hiệu qua vệ tinh Inmarsat 4F1	30

Hình 3.1. Sơ đồ định vị đài trái đất sử dụng 2 vệ tinh địa tĩnh	31
Hình 3.2. Sơ đồ khối hệ thống thiết bị	32
Hình 3.3. Sơ đồ định vị đài trái đất sử dụng 3 vệ tinh địa tĩnh	33
Hình 3.4. Định vị sử dụng một vệ tinh qua mối tương quan với đài tham chiếu	34
Hình 3.5. Đối chiếu biến thiên về công suất gây ra bởi chuyển động vệ tinh và hiệu ứng thời tiết	35
Hình 3.6. Xác định vị trí đài trái đất dựa trên so sánh mức tín hiệu thu được	37
Hình 3.7. Tìm kiếm trên mặt đất sử dụng các thuật toán tương quan chéo trong hệ thống định vị kết hợp vệ tinh - đài mặt đất	38
Hình 3.8. Giải pháp tìm đài phát với UAV dựa trên đường TDOA và tia định hướng	39
Hình 3.9. Thủ tục tìm kiếm đài trái đất	40
Hình 3.10. Hệ thống Ăng ten kiểm soát vệ tinh tại Đức	40
Hình 3.11. Hệ thống Ăng ten kiểm soát vệ tinh tại Hàn Quốc	41
Hình 3.12. Hệ thống Ăng ten kiểm soát tại Trung Quốc	42
Hình 3.13. Phân bố đài trái đất cố định	43
Hình 3.14. Phân bố đài trái đất lưu động	43
Hình 3.15. Lưu đồ giải pháp thực hiện định vị	47
Hình 3.16. Dự đoán chất lượng định vị qua dữ liệu thiên văn vệ tinh cập nhật vào hệ thống định vị	51
Hình 3.17. Kiểm tra phổ chồng lấn trên các vệ tinh lân cận	51
Hình 3.18. Tính toán tham số FDOA/TDOA	52
Hình 3.19. Sơ đồ xác định đài trái đất	53
Hình 3.20. Phân tích và giải điều chế tín hiệu	54
Hình 3.21. Phát hiện CID	54
Hình 3.22. Giải nén thông tin trong CID	55

Hình 3.23. Sơ đồ hệ thống.....	55
Hình 3.24. Giải mã thông tin vị trí tọa độ	56
Hình 3.25. Hiện thị vị trí trên bản đồ	56
Hình 3.26. Phổ và kết quả định vị.....	57
Hình 3.27. Kiểm soát tại các điểm cao xác định đài không phép	57
Hình 3.28. Sơ đồ hệ thống sử dụng UAV	58
Hình 3.29. Anten kiểm soát gắn trên UAV	58
Hình 3.30. Định vị xác định vị trí đài trái đất qua UAV.....	59
Hình 3.31. Mẫu bức xạ anten	59
Hình 3.32. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6414,17MHz.....	62
Hình 3.33. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6061.65 MHz.....	63
Hình 3.34. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6574.29 MHz.....	64

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
ACM	Adaptive Coding and Modulation	Mã hóa thích ứng và điều chế
AOA	Angle of Arrival	Góc tới
ASI	Adjacent Satellite Interference	Nhiều vệ tinh liên kề
AVC	Advanced Video Coding	Mã hóa video nâng cao
BGAN	Broadband Global Area Network	Mạng khu vực toàn cầu băng thông rộng
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo mã
CID	Carrier Identify	Nhận dạng sóng mang
CQSK	Continuous Quadrature Phase Shift Keying	Điều chế pha trực giao liên tục
CW	Continuous Wave	Sóng liên tục
DCME	Digital circuit multiplication equipment	Thiết bị nhân mạch kỹ thuật số
DF	Direction Finding	Xác định hướng
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite	Truyền hình kỹ thuật số - Vệ tinh
DVB-S2	Digital Video Broadcasting – Satellite second generation	Truyền hình kỹ thuật số - Vệ tinh thế hệ thứ 2
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương
ES	Earth Station	Đài trái đất
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Viện Tiêu chuẩn Viễn thông châu Âu
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
FDOA	Frequency Difference of Arrival	Sai khác tần số tới
FSK	Frequency-Shift Keying	Khoá dịch tần số
GROA	Gain Ratio of Arrival	Hệ số khuếch đại tới
GSO	Geostationary Satellite Orbit	Quỹ đạo địa tĩnh
HDTV	High-Definition Television	Truyền hình độ phân giải cao
ITU	International Telecommunication Union	Liên minh viễn thông quốc tế
LDPC	Low Density Parity Check	Sửa lỗi chẵn lẻ mật độ thấp
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm thấp
MES	Mobile Earth Station	Đài trái đất lưu động
MPEG	Moving Picture Experts Group	Nhóm các chuyên gia hình ảnh động
PDOA	Power Difference of Arrival	Sai khác công suất tới

PFD	Power Flux Density	Mật độ thông lượng công suất
POA	Power of Arrival	Công suất tới
PSK	Phase-Shift Keying	Khoá dịch pha
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ cầu phương
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Điều chế pha trực giao
RSS	Received Signal Strength Amplitude Ratio	Tỷ lệ mức độ tín hiệu nhận được
SCPC	Single Channel Per Carrier	Kênh đơn trên sóng mang đơn
SDMA	Space Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo không gian
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo thời gian
TDOA	Time Difference of Arrival	Sai khác thời gian tới
TLE	Two-Line Element	Tập hợp hai dòng dữ liệu
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Thiết bị bay không người lái
VSAT	Very-small-aperture terminal	Trạm mặt đất khẩu độ rất nhỏ

LỜI NÓI ĐẦU

Thông tin liên lạc qua vệ tinh tại Việt Nam hiện nay phổ biến và phát triển nhanh chóng với nhiều loại hình dịch vụ như truyền hình số qua vệ tinh, truyền dẫn VSAT, di động và định vị qua vệ tinh không chỉ qua 02 vệ tinh Vinasat 1, 2 của Việt Nam mà còn qua các vệ tinh của nước ngoài có vùng phủ Việt Nam. Cùng với đó là gia tăng số lượng lớn các đài trái đất thông tin qua vệ tinh đòi hỏi tăng cường công tác quản lý, xử lý các tình huống can nhiễu mặc dù trong Thê lệ vô tuyến của Liên minh viễn thông quốc tế có quy định mức phát xạ tối đa từ các vệ tinh và giữa các nhà khai thác vệ tinh có vị trí quỹ đạo lân cận nhau có các giao ước, thỏa thuận phối hợp hoạt động vệ tinh, nhưng nhiều tình huống can nhiễu vẫn có thể xảy ra.

Việc xác định, nhận dạng các can nhiễu và các đài phát hoạt động không đúng các quy định của cơ quan quản lý trong nước sẽ giúp tạo ra một môi trường thông tin qua vệ tinh an toàn, tin cậy và hiệu quả.

Các đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh với các cấu hình mạng, sử dụng phương pháp điều chế, băng thông và các kỹ thuật đa truy nhập khác nhau nên các loại sóng mang rất đa dạng và hoàn toàn là tín hiệu số mà hiện nay việc giải mã thông tin để nhận diện phát xạ thu được từ vệ tinh của đài trái đất nào đang hoạt động là rất khó khăn đòi hỏi phải có hệ thống phân tích chuyên sâu (gồm cả phần cứng và phần mềm). Đối với xử lý tín hiệu can nhiễu, việc sử dụng hệ thống định vị xác định đài phát gây nhiễu sẽ giúp việc loại bỏ can nhiễu nhanh và hiệu quả hơn thay vì phải phối hợp với các đơn vị sử dụng, các nhà khai thác vệ tinh (gồm cả trong và ngoài nước) rà soát một khối lượng lớn các thiết bị phát, đặc biệt đối với các tín hiệu không có điều chế.

Luận văn bao gồm 03 Chương cụ thể như sau:

Chương 1: Tổng quan về các kỹ thuật định hướng và định vị đài phát vô tuyến điện.

Chương 2: Nghiên cứu các bài thu đo, phân tích, nhận dạng tín hiệu đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh.

Chương 3: Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh tại Việt Nam.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÁC KỸ THUẬT ĐỊNH HƯỚNG VÀ ĐỊNH VỊ ĐÀI PHÁT VÔ TUYẾN ĐIỆN

Chương này giới thiệu tổng quan về các kỹ thuật định hướng và định vị đài phát vô tuyến điện phổ biến hiện nay trên thế giới và cũng như ở Việt Nam.

Định hướng phát xạ vô tuyến điện: là việc xác định hướng tới (góc phương vị) của phát xạ so với hướng tham chiếu. Mục đích của việc định hướng phát xạ vô tuyến điện: Thu thập thông tin giúp tìm ra các nguồn phát xạ đang quan tâm (nguồn phát xạ gây nhiễu, nguồn phát xạ trái phép, nguồn phát xạ đang cần kiểm chứng ...). Các kỹ thuật định hướng phát xạ vô tuyến điện gồm AOA, giao thoa pha, giao thoa pha tương quan, Doppler và Pseudo Doppler [4], [12].

Định vị phát xạ vô tuyến điện: là việc xác định vị trí của một nguồn phát xạ vô tuyến điện. Các kỹ thuật định vị phát xạ vô tuyến điện gồm kỹ thuật định vị sử dụng phương pháp giao nhau của hai hoặc nhiều tia định hướng hay góc tới AOA của phát xạ; phương pháp định vị trạm đơn SSL; các kỹ thuật định vị tiên tiến như TDOA, FDOA, POA, FDOA/TDOA kết hợp [12], [4], [13].

1.1. Kỹ thuật định hướng AOA

Định hướng góc tới (AOA) là một phương pháp truyền thống và phổ biến để định đài phát bằng cách xác định hướng lan truyền của sóng tới trên các chấn tử ăng ten định hướng trong các tình huống khác nhau. Có nhiều kỹ thuật để tìm góc tới, chẳng hạn như giao thoa pha, giao thoa pha tương quan. Để xác định vị đài phát, cần kết hợp các kết quả từ hai hoặc nhiều trạm định hướng khác nhau.

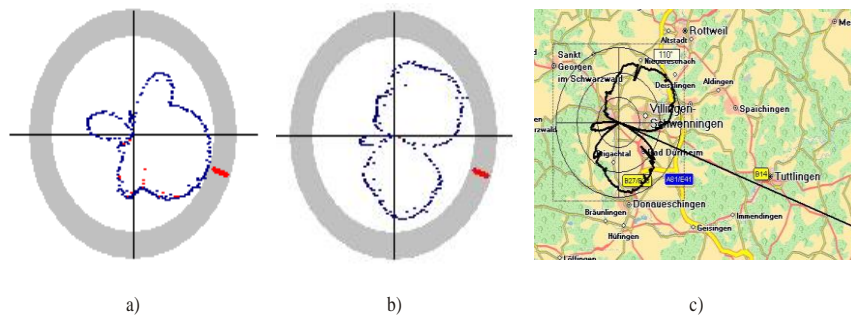
- Một phương pháp đơn giản để xác định góc tới của phát xạ (AOA) là sử dụng ăng ten quay. Phương hướng khác nhau. Một hệ thống tự động sẽ gồm một bộ điều khiển ăng ten quay và máy thu sẽ giúp ta thu được đồ thị về mức theo góc phương vị của ăng ten.

- Để cải thiện kết quả định hướng, người ta có thể sử dụng hai ăng ten giống nhau lắp trên cùng một trục quay, sau đó dùng tổng hoặc giá trị tuyệt đối của hiệu hai

mức tín hiệu thu được từ hai ăng ten. Phương pháp dùng tổng có độ nhạy cao hơn, còn phương pháp dùng hiệu có độ chính xác về định hướng tốt hơn. Trên hình 1.1 thể hiện phương pháp định hướng sử dụng ăng ten quay. Trong đó hình (a) là trường hợp sử dụng tổng mức thu, hình (b) là trường hợp sử dụng giá trị tuyệt đối của hiệu hai mức thu, hình (c) là thể hiện giản đồ ăng ten trên bản đồ thực tế.

- Ưu điểm là có thể giúp định hướng khi có nhiều đài phát đồng kênh và định hướng được cả tín hiệu phân cực đứng và phân cực ngang.

-Nhược điểm là không định hướng được các tín hiệu có thời gian tồn tại ngắn. các tín hiệu có mức biên thiên; Không phù hợp với dải tần thấp dưới 80MHz do kích thước vật lý của ăng ten sẽ lớn.

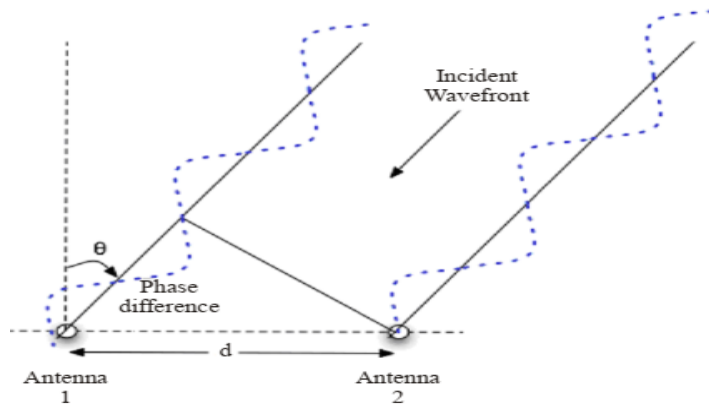


Hình 1.1. Định hướng sử dụng ăng ten quay

1.2. Kỹ thuật định hướng giao thoa pha

Phương pháp giao thoa pha như một phương tiện để đo góc phương vị LoB tức thời, rất chính xác. Hệ thống này sử dụng phép đo pha giữa ít nhất hai ăng-ten độc lập. Yếu tố quan trọng của hệ thống loại này là bộ tách pha, trả về ước tính độ trễ pha giữa hai tín hiệu nhận được. Sử dụng độ trễ này, góc tới tín hiệu có thể được ước tính. Có thể sử dụng kết hợp 3, 4, 5 ăng-ten hoặc nhiều hơn để được góc nhìn 360 ° mà không cần xoay ăng-ten. Cấu hình tam giác hữu ích với dải tần định hướng dưới 30 MHz, ở dải tần số cao hơn, các mảng hình tròn được ưu tiên hơn. Hệ thống nhận đa kênh và chuyển mạch ăng-ten đã được sử dụng thành công như một phương tiện đo đầu vào từ một số ăng-ten.

Hình 1.2 cho thấy sự lệch pha khi một mặt sóng tới đến với góc θ trên hai ăng ten, cách nhau một khoảng “d” và Bảng 1.1. Đặc điểm kỹ thuật giao thoa pha [4]



Hình 1.2. Nguyên lý giao thoa pha

Bảng 1.1. Đặc điểm kỹ thuật giao thoa pha

Phép đo bộ Anten định hướng	Các phép đo sai khác pha giữa một tập hợp con của các cặp ăng-ten có thể có trong bộ ăng-ten
Chuyển đổi kết quả đo sang giá trị góc định hướng	Góc định hướng được tính toán bằng cách kết hợp thông tin về bộ ăng-ten với các phép đo sai pha thu được đối với các cặp ăng-ten trong bộ. Các phép đo pha cho một cặp cụ thể có thể được sử dụng để tính toán góc tới
Độ chính xác	$\leq 1^0$ r.m.s
Độ nhạy	Cao
Độ dài tối thiểu của tín hiệu	10ms; 1ms (hệ thống sử dụng bộ chuyển mạch Anten cho một cặp kênh đo lường tương quan. Thời gian xuất hiện tín hiệu nhỏ nhất có thể ngắn hơn nếu một bộ thu được sử dụng cho mỗi phần tử Anten và tất cả các phép đo được thực hiện song song)
Khả năng chống lại nhiễu	Chức năng tuyến tính phân cực của phần tử Anten chỉ khi không thể sử dụng các thuật toán bù phân cực; sai số nhiễu điển hình thấp đối với độ nghiêng phân cực lên đến 60° và trở nên lớn đối với độ nghiêng phân cực lớn hơn
Khả năng chống lại mặt sóng méo	Cao khi sử dụng bộ Anten có độ mở rộng
Khả năng chống lại nhiễu đồng kênh	Có thể phân tách bằng kỹ thuật biểu đồ đối với các tín hiệu trùng hợp không theo thời gian; đối với tín hiệu trùng thời gian, chỉ tín hiệu mạnh hơn từ 3 đến 5 dB mới có thể được đánh giá

1.3. Kỹ thuật định hướng giao thoa tương quan

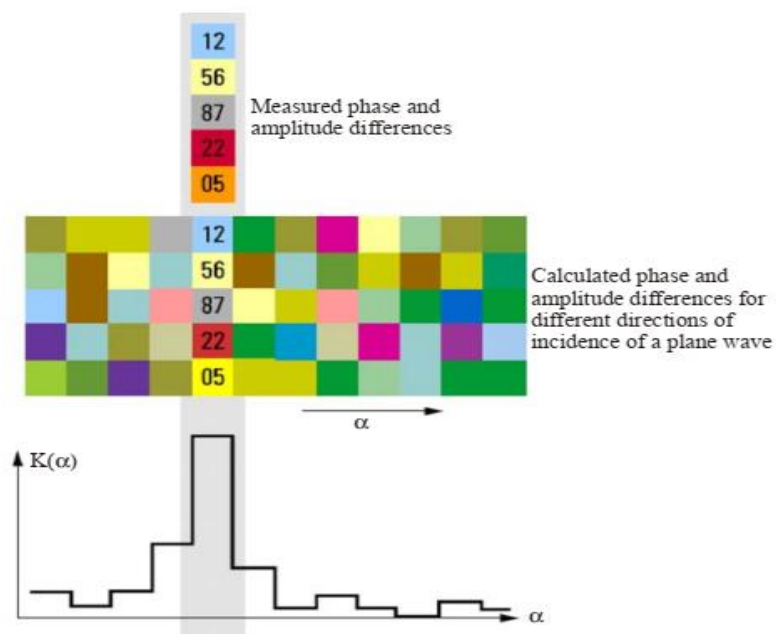
Giao thoa tương quan sử dụng thông tin về biên độ và pha của tín hiệu.

Xây dựng bảng tham chiếu sai pha, biên độ: Dùng nguồn tín hiệu chuẩn phát vào ăng ten định hướng từ tất cả các hướng (step tương ứng với độ phân giải định hướng, thường là 0,1 độ). Tại mỗi lần phát, sự sai khác về pha, biên độ giữa từng chấn tử khi so với chấn tử tham chiếu sẽ được ghi lại thành một vector hay một mảng hay một cột trong bảng tham chiếu ứng với góc đang phát tín hiệu chuẩn.

Khi thu một tín hiệu thực tế:

- Ghi lại sự sai khác về pha, biên độ của tín hiệu thu được giữa các chấn tử khi so với chấn tử tham chiếu, ta sẽ thu được một mảng sai pha, biên độ.

- Tính hệ số tương quan giữa mảng sai pha, biên độ này với từng mảng sai pha, biên độ trong bảng tham chiếu. Mảng sai pha, biên độ tham chiếu nào có hệ số tương quan lớn nhất khi so với mảng sai pha, biên độ của tín hiệu thực tế thu được thì góc ứng với mảng sai pha, biên độ tham chiếu đó chính là góc tới của tín hiệu và hệ số tương quan chính là chất lượng định hướng hay còn gọi là độ tin cậy định hướng.



Hình 1.3. Định hướng giao thoa tương quan

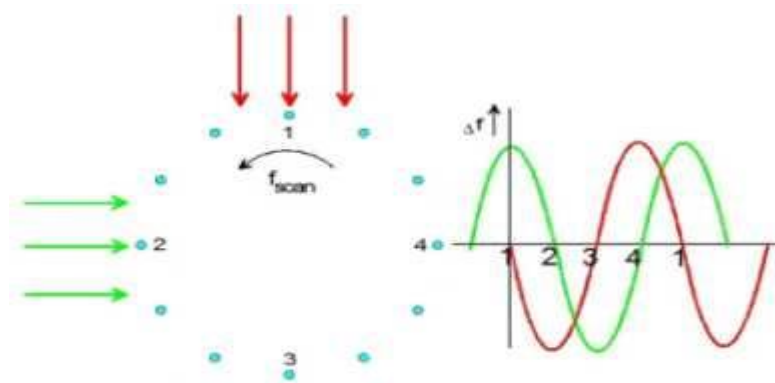
Ưu điểm: Độ chính xác định hướng rất cao (nhỏ hơn 1 độ với môi trường thoáng, không có vật cản che chắn), phù hợp với dải V/UHF, khi sử dụng chấn tử có góc mở rộng thì có thể hạn chế được ảnh hưởng của hiện tượng mặt sóng méo.

Nhược điểm: Không thể dùng để định hướng khi có nhiều đài phát cùng tần số, không phù hợp cho dải tần HF vì đòi hỏi kích thước chấn tử lớn dẫn đến kích thước ăng ten lớn, nếu bộ định hướng ít kênh thì thời gian xử lý định hướng có thể bị chậm.

1.4. Kỹ thuật định hướng Doppler và Pseudo Doppler

Phương pháp định hướng Doppler gồm phương pháp Doppler trực tiếp và phương pháp giả Doppler (pseudo-Doppler): Cả hai phương pháp ứng dụng hiệu ứng dịch tần Doppler, khi nguồn phát và ăng ten thu dịch chuyển gần lại nhau thì tần số tăng lên, dịch chuyển xa nhau ra thì tần số giảm đi.

Phương pháp Doppler trực tiếp thực hiện quay ăng ten thu và đo độ dịch tần Doppler để xác định hướng tới của tín hiệu. Do tốc độ quay ăng ten bị hạn chế nên phương pháp này không khả thi với các dải tần từ VHF trở xuống (Tần số càng thấp thì phải quay ăng ten càng nhanh).

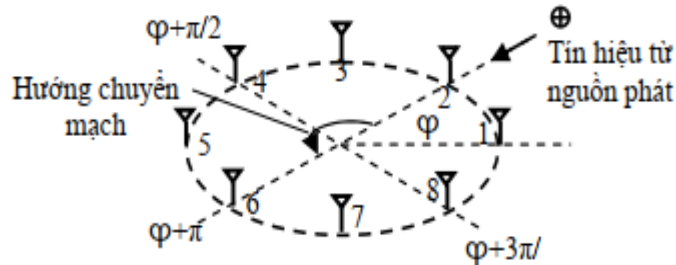


Hình 1.4. Phương pháp định hướng Doppler trực tiếp

Phương pháp giả Doppler sử dụng một mảng ăng ten lắp cố định thành hình tròn và thực hiện chuyển mạch để thu tín hiệu từ các ăng ten lần lượt theo chiều của vòng tròn.

Ưu điểm của phương pháp này là có độ nhạy cao.

Nhược điểm: Độ chính xác định hướng thấp. Để có kết quả định hướng chấp nhận được thì khoảng cách giữa hai chấn tử liền kề cần nhỏ hơn nửa lần bước sóng của tín hiệu tới, trong thực tế thường chọn khoảng cách là $1/3$ bước sóng.



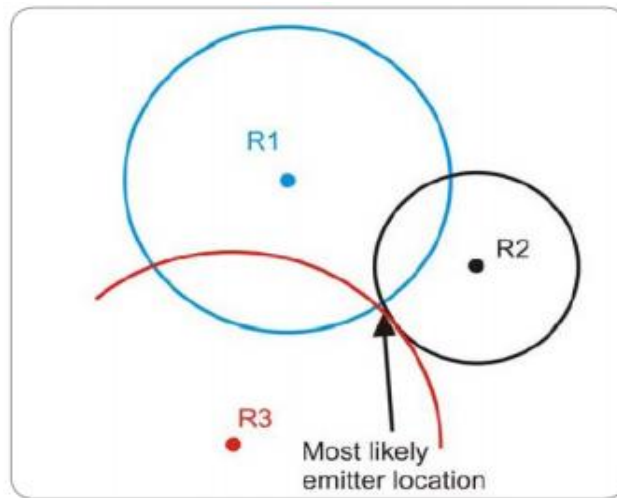
Hình 1.5. Phương pháp định hướng giả Doppler

Cũng chính vì yêu cầu này mà phương pháp này không phù hợp với tín hiệu dải tần cao (thường chỉ dùng với dải tần dưới 1GHz). Do các chấn tử thường có phân cực đứng nên phương pháp này chỉ dùng để định hướng tín hiệu phân cực đứng.

1.5. Kỹ thuật định vị POA

Kỹ thuật POA sử dụng tỉ lệ công suất thu được của tín hiệu tại nhiều điểm thu để tính toán, ước lượng vị trí nguồn phát của tín hiệu.

Trong không gian tự do thì công suất tín hiệu thu được tại máy thu suy giảm với bình phương khoảng cách từ nguồn phát tới máy thu ($1/r^2$). Đối với môi trường trong nhà thực tế thì giá trị đó nằm giữa ($1/r^3$) và ($1/r^4$). Tỷ lệ công suất tín hiệu đo được ở hai máy thu khác nhau sẽ tạo ra được một đường tròn của vị trí. Các vòng tròn vị trí từ nhiều cặp máy thu (trong hoàn cảnh lý tưởng) sẽ giao nhau tại một điểm duy nhất. Điều này thể hiện trên hình 1.18. Các kỹ thuật POA hay kỹ thuật tương tự là RSS hoặc GROA rất phù hợp với môi trường trong nhà (đa đường cao, triển khai gần). Nó cũng phù hợp với các tín hiệu không điều chế hoặc tín hiệu băng thông hẹp. Do đó POA, RSS, GROA là sự bổ sung cần thiết cho kỹ thuật TDOA. Thực tế hiện nay các hệ thống kiểm soát, định vị TDOA của các hãng thường kết hợp cả 2 kỹ thuật TDOA và POA trong hệ thống để bổ trợ, cải thiện hiệu quả của hệ thống.



Hình 1.6. Nguyên lý kỹ thuật định vị POA

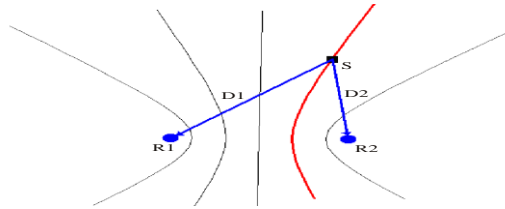
POA là một phương pháp định vị có tính hiệu quả kinh tế cao vì nó không yêu cầu cao về phần cứng máy thu kiểm soát. Công suất của một tín hiệu vô tuyến có thể ước lượng được theo các mô hình truyền sóng với công suất phát, đường truyền đã biết, đặc biệt được sử dụng trong các hệ thống truyền dẫn vô tuyến đã được chuẩn hóa.

Khi không xác định được công suất nguồn phát thì có thể xác định được vị trí của nguồn phát tín hiệu bằng cách tính toán độ chênh lệch công suất đến PDOA tại các cặp máy thu tương ứng với độ chênh lệch suy hao đường truyền từ nguồn phát tới các máy thu khác nhau. Trong một số trường hợp thì dễ dàng có thể xác định vị trí của nguồn phát tín hiệu khi mô hình truyền sóng đơn giản, ví dụ như định vị một nguồn phát truyền hình FM khi giữa nó với trạm định hướng có tầm nhìn thẳng.

1.6. Kỹ thuật định vị TDOA

Kỹ thuật TDOA xác định vị trí nguồn phát xạ bằng cách sử dụng sự tương quan thời gian đến của một tín hiệu tới các máy thu khác nhau. Các hệ thống TDOA cho phép sự linh hoạt trong việc lựa chọn và lắp đặt ăng ten. Tính linh hoạt này cho phép các yếu tố khác được xem xét như là: kích thước ăng ten, độ phức tạp của trạm, diện tích vùng phủ sóng... Với khả năng sử dụng, lắp đặt ăng ten đơn giản như vậy nên cho phép các hệ thống định vị TDOA được triển khai dễ dàng. Nhiều tuyên bố cho thấy rằng độ chính xác của kỹ thuật định vị TDOA đối với các tín hiệu băng thông hẹp là thấp hơn so với các tín hiệu băng thông rộng. Bởi vì các tín hiệu băng

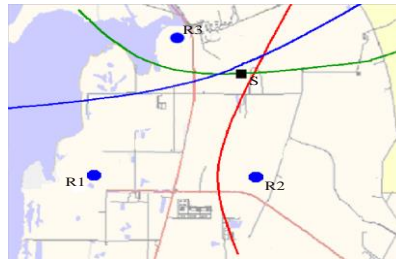
thông rộng thường có các đặc tính tức thời trong thời gian ngắn hơn, điều đó có thể cải thiện độ chính xác của TDOA đặc biệt là trong điều kiện môi trường đa đường cao. Tuy nhiên độ chính xác định vị cũng bị ảnh hưởng bởi tỉ số tín/tạp thu được. Trong khi đó các tín hiệu băng hẹp ở dải tần thấp thường có tỉ số tín/tạp thu được tốt hơn. Giải pháp TDOA phù hợp với hầu hết các tín hiệu được điều chế nhưng không thể sử dụng để định vị các tín hiệu không điều chế, các tín hiệu liên tục (do nó không thể xác định được độ chênh lệch thời gian đến của một tín hiệu tới các máy thu khác nhau). TDOA dựa trên khái niệm đơn giản rằng bất kỳ sự khác biệt nào về khoảng cách giữa nguồn phát tín hiệu với hai máy thu bất kỳ trong hệ thống định vị đều có thể được quan sát trực tiếp bằng sự chênh lệch về thời gian đến các máy thu này của tín hiệu. Từ chênh lệch về thời gian đến các máy thu của tín hiệu thì chênh lệch khoảng cách có thể dễ dàng tính được bằng tích của chênh lệch thời gian nhân với vận tốc tín hiệu. TDOA thay đổi khoảng 3.3 ns đối với mỗi mét chênh lệch khoảng cách giữa 2 đường tín hiệu trực tiếp. Chênh lệch khoảng cách $\Delta D = D_1 - D_2$ được mô tả bằng một đường hyperbolic. Trên hình 1.8 các đường hyperbol vẽ tương ứng với 5 giá trị chênh lệch khoảng cách ΔD và một nguồn phát S được đặt trên một đường hyperbol. Vì đường hyperbol thể hiện chênh lệch khoảng cách không đổi nên nguồn tín hiệu S có thể được đặt ở bất kỳ vị trí nào dọc theo đường hyperbol đó mà không ảnh hưởng đến chênh lệch thời gian đến của máy thu R1 và R2. Ý nghĩa của đặc tính này là hệ thống định vị TDOA sẽ luôn yêu cầu cần phải có trên 2 máy thu trở lên để có thể định vị được nguồn phát của tín hiệu:



Hình 1.7. Chênh lệch thời gian dựa trên chênh lệch khoảng cách ΔD

Bỏ qua một số trường hợp hình học đặc biệt thì hệ thống TDOA yêu cầu tối thiểu 03 máy thu trở lên để có thể định vị nguồn phát xạ trong không gian hai chiều. Như minh họa trên hình 1.9, với 03 máy thu thì chúng ta sẽ có ba cặp máy thu có thể tạo ra ba

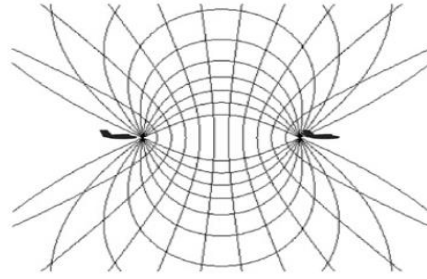
chênh lệch thời gian khác nhau, tương ứng với ba đường hyperbol khác nhau, giao nhau tại một điểm chung trong điều kiện lý tưởng. Khi đó điểm giao của các 3 đường hyperbol chính là nguồn phát tín hiệu. Như vậy về lý thuyết thì chúng ta có thể chỉ cần sử dụng 2 cặp máy thu cho việc định vị nguồn phát tín hiệu. Tuy nhiên, môi trường thực tế sẽ là không lý tưởng và khi đó chất lượng của dữ liệu chênh lệch thời gian sẽ thay đổi theo các cặp máy thu. Ví dụ như trên hình 1.9 chúng ta thấy rằng nguồn phát tín hiệu nằm gần máy thu R3 nhất về mặt vật lý. Do đó nếu giả sử cường độ trường thu được tại máy thu R3 là cao hơn hai máy thu R1, R2 thì các cặp máy thu R1-R3, R2-R3 có thể tạo ra các ước lượng chênh lệch thời gian tốt hơn so với cặp R1-R2. Các thuật toán định vị nâng cao thường cần tới 3 máy thu để cải thiện độ chính xác cho việc định vị nguồn tín hiệu phát.



Hình 1.8. Nguồn tín hiệu nằm trong vùng giao điểm của 2 hoặc nhiều đường Hyperbol

1.7. Kỹ thuật định vị FDOA

Kỹ thuật định vị chênh lệch tần số đến (FDOA) là một phương pháp hiệu quả để định vị máy phát đang chuyển động hoặc xác định vị trí máy phát bằng trạm giám sát di động, đặc biệt là trạm trên không. Phương pháp FDOA, còn được gọi là Doppler vi sai (DD), đo sự khác biệt về tần số của tín hiệu nhận được giữa hai hoặc nhiều máy thu, giống như phương pháp TDOA thực hiện với thời gian. Do đó, các phương pháp FDOA yêu cầu chuyển động của nguồn tín hiệu hoặc các bộ thu. Sự thay đổi tần số được sử dụng để ước tính khoảng cách bằng cách sử dụng mối quan hệ giữa tốc độ của tín hiệu, c và độ dài của dạng sóng. Ước lượng FDOA có thể được trực quan hóa bằng cách vẽ các đường cong bước sóng xung quanh các máy thu và tìm các điểm giao nhau, như trong Hình 1.9.



Hình 1.9. Phương pháp đo sai khác về tần số tới của đài phát chuyển động

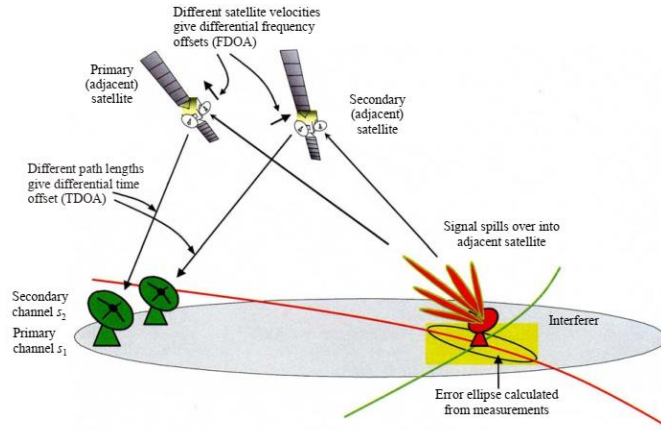
Nhiều sẽ làm giảm độ chính xác của tính toán. Vận tốc của bộ phát cũng có thể làm giảm hiệu năng của hệ thống nếu chuyển động không ở tốc độ đủ để tạo ra dịch chuyển Doppler có thể đo được. Trong các hệ thống định vị, kỹ thuật FDOA được sử dụng kết hợp với các kỹ thuật định hướng định vị khác như TDOA và AOA.

1.8. Kỹ thuật định vị FDOA và TDOA kết hợp

Kỹ thuật định vị FDOA và TDOA kết hợp sử dụng phổ biến trong định vị đài phát trái đất thông tin liên lạc qua vệ tinh địa tĩnh bằng cách đo lường sai khác về thời gian và tần số từ đài phát lên 02 vệ tinh địa tĩnh lân cận [4].

Các nguồn nhiễu nằm trên Trái đất có thể ảnh hưởng đến tín hiệu đường lên nhận được trên vệ tinh. Bộ thu tín hiệu mong muốn nhận ra nhiễu là nhiễu của đường xuống. Định đài phát vô tuyến ảnh hưởng đến vệ tinh liên lạc trong quỹ đạo GSO là một nhiệm vụ đầy thách thức thường được thực hiện thông qua phân tích các phép đo tổng hợp chênh lệch thời gian đến (TDOA) và chênh lệch tần số khi đến (FDOA). Cả hai kiểu đo này đều yêu cầu việc truyền phát được giám sát thông qua vệ tinh GSO thứ hai nằm trong búp sóng của anten phát. Vệ tinh GSO mang tín hiệu chưa biết thường được gọi là “vệ tinh chính” và vệ tinh thứ hai của GSO được đề cập ở trên là “vệ tinh lân cận”. Phép đo TDOA cho sai khác về thời gian cùng một tín hiệu đến một máy thu trên mặt đất thông qua vệ tinh chính và máy thu trên mặt đất khác thông qua vệ tinh liên kề. Phép đo FDOA cho sai khác về tần số đo được giữa tín hiệu đến hai máy thu một cách riêng biệt. Thông thường, hai máy thu được đặt cùng một vị trí địa lý, nhưng đây không phải là một yêu cầu. Trong "chế độ phân tán", hai máy thu được sử dụng để định vị được tách biệt với nhau, nhưng bị hạn chế nằm trong búp sóng đường xuống của mỗi vệ tinh tương ứng. Chế độ phân tán phải được sử dụng

khi các vùng phủ đường xuống không giao nhau; thực sự, những tín hiệu đường xuống này có thể được nhận ở các lục địa khác nhau. Khi hoạt động ở chế độ phân tán, các phép đo tín hiệu thô phải được chuyển đến một vị trí chung để xử lý kết quả định vị tiếp theo.



Hình 1.10. Định vị đài trái đất sử dụng FDOA và TDOA từ 2 vệ tinh địa tĩnh

Thời gian đến thay đổi bởi vì tín hiệu được truyền đi những khoảng cách khác nhau khi nó đi qua hai vệ tinh khác nhau đến mỗi máy thu. Tần số nhận được khác nhau vì nói chung, có chuyển động tương đối giữa hai vệ tinh gây ra sự thay đổi tần số Doppler khác nhau trên các đường truyền. Mặc dù vị trí của các vệ tinh GSO được mô tả chung là được cố định tại các vị trí cụ thể trên đường xích đạo của Trái đất, chúng thực sự di chuyển về các vị trí danh nghĩa này trong một không gian giới hạn nhất định. Chính những chuyển động này tạo ra sự thay đổi Doppler có thể đo được trong các tín hiệu nhận được. Các tần số nhận được cũng có thể khác nhau qua đôi tần từ các bộ dao động đường xuống của mỗi vệ tinh.

Các phép đo TDOA hoặc FDOA đơn lẻ với cấu hình vệ tinh và trạm mặt đất, mỗi phép đo mô tả các mặt phẳng khác nhau mà đài phát chưa xác định sẽ nằm trên đó. Bề mặt Trái đất (nơi đặt các đài phát) cung cấp bề mặt thứ ba về vị trí đài phát không xác định. Giao điểm của ba bề mặt này cung cấp ước tính về vị trí đài phát chưa biết từ một cặp phép đo TDOA và FDOA. Vì các lỗi đo lường hoặc mô hình hóa có thể dẫn đến sai số trong định vị, các phép đo TDOA và FDOA bổ sung được kết hợp trong một giải pháp thống kê có thể giúp giảm các sai số đó.

- Đo sai khác về thời gian và tần số:

Hai chuỗi thời gian của tín hiệu đài phát truyền xuống từ mỗi vệ tinh trong số hai vệ tinh GSO sẽ được ghi lại và phân tích để thu được sự khác biệt về thời gian và tần số (tức là TDOA và FDOA). Điều này được thực hiện thông qua việc tính toán hàm không rõ ràng chéo (CAF- cross ambiguity function) hoặc bản đồ tương quan theo hai chiều. Giá trị của CAF trong một khoảng thời gian nhất định và sự khác biệt về tần số là mối tương quan chéo của hai tín hiệu được ghi lại. Trong trường hợp đặc biệt với tín hiệu CW – continuous wave, không thể tạo phép đo TDOA vì hai tín hiệu tương quan với tất cả các chênh lệch thời gian trễ. CAF có thể được hình dung trong ba chiều trong đó giá trị của CAF là một hàm của cả TDOA và FDOA.

Đối với trường hợp một tín hiệu nhiều trong dải tần đã chọn, giá trị lớn nhất của CAF (tương ứng với TDOA và FDOA) sẽ được lựa chọn trong những giá trị sai khác TDOA và FDOA theo thuật toán định vị và tính toán ra vị trí đài phát duy nhất.

Đối với bộ phát CW, kết quả là một đường dốc dọc theo đường FDOA không đổi. Ngoài ra, một số máy phát băng thông rộng từ nhiều vị trí sẽ tạo ra nhiều đỉnh CAF.

- Thuật toán định vị [4]:

Thuật toán định vị thường sử dụng các phép đo TDOA, FDOA lặp đi lặp lại để ước tính vị trí đài phát. Ở dạng đơn giản nhất, phỏng đoán ban đầu về vị trí đài phát và quỹ đạo của hai vệ tinh được kết hợp với các quy luật chuyển động vệ tinh để tạo ra các phép đo TDOA và FDOA dự đoán. Sự khác biệt giữa giá trị đo TDOA và FDOA thực tế và dự đoán được sử dụng để điều chỉnh vị trí đài phát. Vị trí đài phát được điều chỉnh này sử dụng để tạo ra tập hợp các phép đo TDOA và FDOA dự đoán thứ hai ngụ ý điều chỉnh thêm vị trí máy phát... Lặp lại tiếp tục cho đến khi điều chỉnh ở vị trí đài phát đủ nhỏ.

Các phép đo TDOA và FDOA được thực hiện theo thời gian hội tụ về vị trí máy phát dựa trên các định luật vật lý. Các giải pháp định vị bổ sung cũng có sẵn cho kết hợp các loại đo lường khác. Ví dụ, có thể xác định vị trí của đài phát tín hiệu CW chỉ từ một loạt các phép đo FDOA với độ chính xác giảm so với những gì sẽ có sẵn với các phép đo được TDOA tương ứng với tín hiệu có băng thông rộng. Ngoài ra,

việc sử dụng vệ tinh thứ ba để tạo ra tập hợp các phép đo TDOA, FDOA thứ hai cũng có thể cung cấp các giải pháp cải tiến, tuy nhiên, điều này phải trả giá bằng việc sử dụng nhiều tài nguyên ăng ten thu hơn. Các giải pháp chỉ TDOA có thể thực hiện được bằng cách sử dụng vệ tinh thứ ba, nhưng các bề mặt của TDOA không đối xứng phát từ hai cặp vệ tinh gần như song song khiến việc sử dụng thực tế của chúng phụ thuộc nhiều hơn vào độ chính xác của phép đo TDOA hoặc cần nhiều thời gian hơn để thu thập các phép đo.

Trong thực tế, độ chính xác của dữ liệu thiên văn vệ tinh của từng vệ tinh trong số hai vệ tinh giới hạn độ chính xác của giải pháp định vị. Cải thiện hiệu suất định vị đạt được thông qua các phép đo TDOA và FDOA của các tín hiệu máy phát riêng biệt, đôi khi được gọi là đài phát định vị tham chiếu, bắt nguồn từ các vị trí đã biết và đi qua cùng một cặp vệ tinh như tín hiệu quan tâm. Các đài phát tham chiếu này được sử dụng để tinh chỉnh dữ liệu quỹ đạo của một hoặc cả hai vệ tinh, do đó, cải thiện độ chính xác của ước tính vị trí của đài phát.

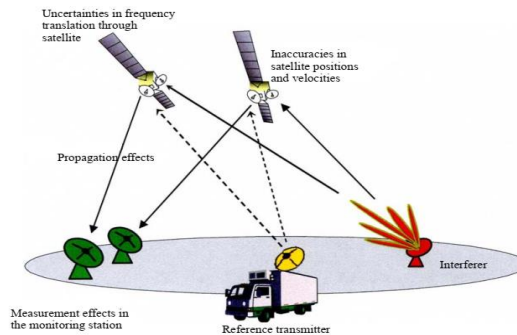
- Phân tích dữ liệu:

Mục tiêu của phân tích độ không chắc chắn của vấn đề định vị là cung cấp đánh giá thực tế về độ chính xác của giải pháp định vị. Độ chính xác của các phép đo TDOA và FDOA riêng lẻ đều tỷ lệ với căn bậc hai của tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thu được trong các giải pháp tương quan. Độ chính xác của phép đo TDOA và FDOA cũng tương ứng tỷ lệ với băng thông tín hiệu và thời gian đo.

Hai lưu ý cũng phải được đưa ra. Đầu tiên, việc không đảm bảo đo trong phép đo TDOA và FDOA có thể đủ lớn để làm mất hiệu lực của giả thiết rằng nghiệm là tuyến tính trong vùng bao trùm của không gian tham số. Điều này có nghĩa là các lỗi chính thức được tạo ra bởi thuật toán định vị dựa trên phân tích thống kê tuyến tính kém chính xác hơn. Các kỹ thuật Monte Carlo có thể được sử dụng để tạo ra các ước tính việc không đảm bảo đo tốt hơn trong những trường hợp này. Thứ hai, việc không đảm bảo đo chính thức giải thích cho sai số ngẫu nhiên và chỉ một phần đối với bất kỳ sai số hệ thống nào. Các lỗi hệ thống có thể phát sinh, ví dụ, thông qua mô hình

vật lý không đầy đủ của các phép đo TDOA và FDOA hoặc trong mô hình lực được sử dụng để tạo ra dữ liệu thiên văn vệ tinh.

Tác động của sai số hệ thống có thể được đánh giá bằng cách mô phỏng rất kỹ lưỡng kỹ thuật định vị và tất cả các nguồn sai số hệ thống của nó. Có một số điểm không chính xác tiềm ẩn dẫn đến lỗi vị trí. Lỗi có thể được giảm đáng kể bằng cách sử dụng các đài phát tham chiếu có tọa độ đã được biết chính xác.



Hình 1.11. Định vị đài trái đất dùng 1 trạm tham chiếu

Trạm tham chiếu có tọa độ đã biết trước sẽ giúp hiệu chỉnh tính toán FDOA/TDOA, trạm tham chiếu càng gần đài cần định vị cho kết quả càng chính xác.

1.9. Kết luận chương 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về sơ đồ, nguyên lý, đặc điểm, yếu tố ảnh hưởng về các kỹ thuật định hướng định vị để xác định hướng và vị trí một đài phát vô tuyến điện. Định vị ra khu vực đài phát cần tối thiểu 2 trạm định hướng để vẽ ra 2 tia giao cắt của hướng tín hiệu tới trạm định hướng. Đối với kỹ thuật định vị TDOA, POA, FDOA cần tối thiểu 3 trạm thu để xác định khu vực đặt đài phát qua giao cắt 3 đường hypepol, trong định vị đài trái đất thông tin liên lạc qua vệ tinh Kỹ thuật định vị FDOA/TDOA ưu tiên sử dụng.

Trong việc định vị, xác định vị trí đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh, định vị thô ban đầu ra một khu vực ứng dụng kỹ thuật định vị FDOA/TDOA kết hợp. Sau đó để xác định vị trí đài trái đất cần thực hiện thủ tục tìm kiếm mặt đất, sử dụng các kỹ thuật giao cắt giữa các tia AOA hoặc kết hợp với các hệ thống TDOA, FDOA, POA. Qua nghiên cứu các kỹ thuật định hướng, định vị sẽ làm tiền đề đưa ra các giải pháp định vị và xác định đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh.

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU CÁC BÀI THU ĐO, PHÂN TÍCH, NHẬN DẠNG TÍN HIỆU ĐÀI TRÁI ĐẤT THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH

Chương này giới thiệu nghiên cứu bài thu đo tín hiệu đài trái đất về đo tần số, băng thông, công suất bức xạ đẳng hướng tương đương, mật độ phổ công suất [2], [4] và phân tích nhận dạng các loại dịch vụ thông dụng qua vệ tinh địa tĩnh hiện nay như dịch vụ truyền hình số qua vệ tinh, truyền số liệu của các trạm VSAT, thông tin di động qua vệ tinh [8], [9] qua đó xác định tham số đầu vào cho hệ thống định vị và quá trình xác định đài trái đất.

2.1. Thu đo tín hiệu của đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh

Theo khuyến nghị ITU [5], [13], và ITU handbook [4], căn cứ về các kỹ thuật định vị vệ tinh đã được giới thiệu tại Chương 1, đề tài cần nghiên cứu đưa ra các bài đo liên quan đến thông số tín hiệu của đài trái đất về:

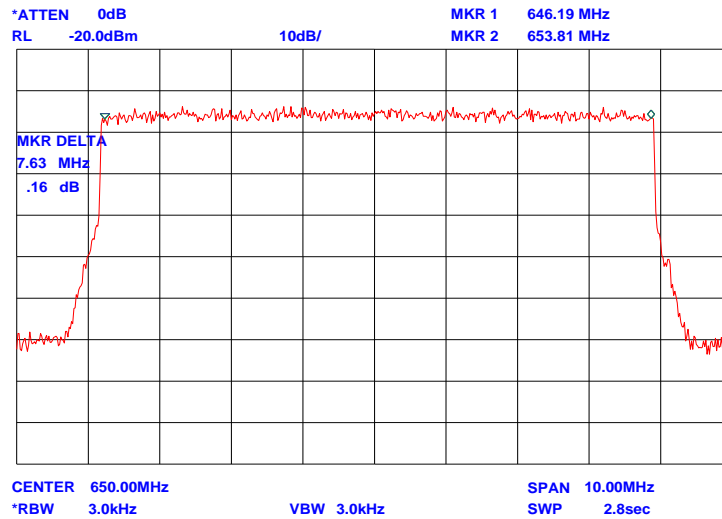
- Tần số trung tâm (Frequency center);
- Băng thông tín hiệu (BW);
- Tỷ số tín hiệu trên nhiễu (S/N);
- Phổ tín hiệu ngoài băng (Out of band spectrum);
- Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP);
- Mật độ phổ công suất (PFD).

2.1.1 Đo tần số trung tâm

Đo tần số là quá trình so sánh giữa một tần số không biết và một tần số đã biết (tần số chuẩn).

- Phương pháp quét dùng phân tích phổ:

Trong một số điều chế số, không như hầu hết các điều chế tương tự, rất khó để xác định tần số đặc trưng của phát xạ (như tần số sóng mang trong trường hợp điều chế tương tự). Trong các trường hợp như vậy, tần số trung tâm f_c có thể được tính từ đường biên trên và đường biên dưới của băng thông chiếm dụng (Hình 2.1)



Hình 2.1. Phổ tín hiệu số

$$f_c = \frac{1}{2}(f_l + f_u) \quad (2.1)$$

Trong đó:

f_c : tần số trung tâm

f_l : giá trị tần số nhỏ hơn của băng thông chiếm dụng

f_u : giá trị tần số lớn hơn của băng thông chiếm dụng

- Phương pháp đếm tần [4]: Tín hiệu thu được f_x được biến đổi từ bộ tổng hợp tới IF hoặc tần số chuẩn 10 MHz. Khi bộ tổng hợp được điều khiển bởi dao động thạch anh ổn định thì tần số Δf tại mức IF tương ứng với tần số Δf tại mức RF. Bắt đầu mỗi lần đo, một bộ đếm tần số nối với tầng IF được đặt một giá trị ngầm định, ví dụ là 10MHz. Sau đó bộ đếm xác định giá trị và bắt đầu chế độ đếm lùi, một lượng xung sẽ xuất hiện trong suốt quá trình đếm. Có ba trường hợp:

Nếu tần số của tín hiệu cần đo f_x tương ứng chính xác với tần số chuẩn f_0 thì bộ đếm tần số sẽ đạt tới 0 ở cuối của quá trình đếm. Khi đó $f_x = f_0$

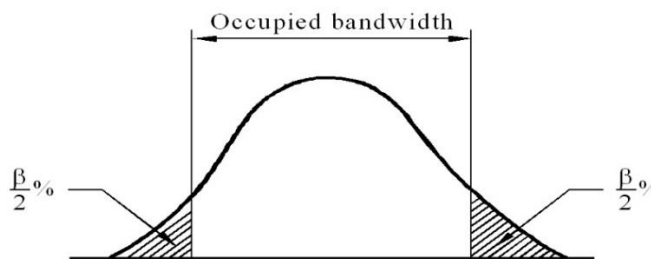
Nếu tần số của tín hiệu cần đo f_x nhỏ hơn, bộ đếm sẽ không đạt tới giá trị 0 nhưng nhận giá trị còn lại của quá trình đếm, sau khi đổi dấu, sẽ hiển thị là tần số Δf (giá trị âm). Khi đó: $f_x = f_0 - \Delta f$

Ngược lại, nếu tần số của tín hiệu cần đo f_x lớn hơn, bộ đếm sẽ đạt tới giá trị 0 trước khi kết thúc quá trình đếm. Do vậy, bộ đếm bắt đầu chuyển sang chế độ đếm

tăng dần. Quá trình đếm tiếp diễn, các xung còn lại được đếm và sau đó hiển thị như một tần số Δf (giá trị dương). Khi đó: $f_x = f_o + \Delta f$

2.1.2. Đo băng thông

- Băng thông chiếm dụng [4]: Độ rộng của băng tần, mà tại thấp hơn giới hạn tần số thấp và cao hơn giới hạn tần số cao, công suất trung bình phát ra bằng $\beta/2$ % của toàn bộ công suất trung bình của một phát xạ cho trước. Giá trị $\beta/2\%$ thường được lấy là 0.5%



Hình 2.2. Băng thông chiếm dụng

B1: Tính toán nền nhiễu: Các giá trị PSD được cho bằng 0 nếu mức $< Y$ trên nền tạp âm (thường chọn $Y=6\text{dB}$)

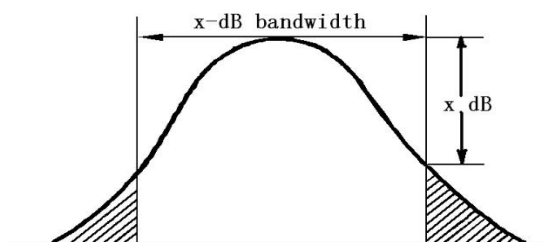
B2: Xác định 100% công suất($P\Sigma$): Phổ công suất (hay mức) tại từng vạch phổ trong băng tần cần đo.

B3: Tính công suất phổ từ tần số thấp nhất trở lên tới khi đạt $0.5\%P\Sigma \Rightarrow f_1$

B4: Tính công suất phổ từ tần số cao nhất trở xuống tới khi đạt $0.5\%P\Sigma \Rightarrow f_2$

Vậy băng thông chiếm dụng: $OBw = f_2 - f_1$

- Băng thông x-dB [4]: Độ rộng của băng tần mà từ giới hạn dưới đến giới hạn trên của nó bất cứ thành phần phổ rời rạc hoặc mật độ công suất của phổ liên tục thấp hơn tối thiểu x dB so với mức tham chiếu 0-dB.



Hình 2.3. Băng thông x-dB

Trong một vài trường hợp (như có nhiều trong băng hoặc thiết bị không hỗ trợ đo 99%...) người ta dùng phương pháp đo băng thông x-dB và áp dụng hệ số hiệu chỉnh cho từng loại phát xạ riêng để xác định băng thông chiếm dụng của tín hiệu

Đặt thông số bộ lọc sao cho bao toàn bộ hình phổ của tín hiệu (spectrum shape)

Từ mức tham chiếu 0 (mức này được xác định tùy theo từng loại tín hiệu cần đo) vẽ một đường hiển thị (display line) thấp hơn xuống 26dB.

Giao điểm của hình phổ với đường hiển thị tại hai điểm có tần số f_1 và f_2

Băng thông x-dB của tín hiệu là: “xdB” $BW = f_2 - f_1$

2.1.3. Đo mật độ phổ công suất (PFD) và công suất bức xạ đẳng hướng tương đương (EIRP)

- Phép đo trong băng thông tham chiếu:

Trong thông tin vệ tinh, để tránh can nhiễu cho các trạm thu trái đất, ITU quy định một mức giới hạn mật độ thông lượng công suất (PFD – dB (W/m²)), trong quá trình hoạt động, nhà khai thác vệ tinh phải điều chỉnh công suất để các phát xạ phát từ vệ tinh xuống bề mặt trái đất không vượt quá giá trị quy định tùy theo góc tới của tín hiệu, băng thông tham chiếu 4KHz, 1MHz, 1.5MHz tương ứng với các dải tần khác nhau, quy định trong Bảng 21-4 (Thẻ lệ thông tin vô tuyến – Radio Regulation, Điều 21, Chương VI) [5].

Sử dụng các băng thông tham chiếu (RBW) khác nhau là cần thiết vì công suất bức xạ thường không tập trung ở một tần số duy nhất mà được phân phối trong một dải tần số.

- Phép đo trong băng thông tín hiệu:

Trong trường hợp này, pfd được xác định đầy đủ trên cơ sở băng thông bị chiếm dụng bởi một phát xạ. Băng thông của bộ lọc đo nên được chọn phù hợp. Đối với các dải tần số dưới 13 GHz và với điều kiện hầu hết thời gian đo trời quang đãng, tổng suy hao do khí quyển có thể được tính là 0,1-0,2 dB cho các phép tính.

- Thủ tục đo:

Cho dù cần đo mật độ thông lượng công suất trong băng thông tham chiếu hay tổng mật độ thông lượng công suất, thì cần xác định pfd bằng phép đo công suất trực tiếp, đặc biệt là ở các tần số trên 1 GHz.

PFD được xác định bởi công thức [4]

$$\text{PFD}_{\text{RBW}} = \text{P}_{\text{SYS}} - 30 - A_e - K_{\text{BW}} + K_{\text{POL}} \quad (2.2)$$

$$\text{PFD}_{\text{TOT}} = \text{P}_{\text{SYS}} - 30 - A_e + K_{\text{POL}} \quad (2.3)$$

Với:

PFD_{RBW} : Giá trị PFD với băng thông tham chiếu RBW dB(W/m²)

PFD_{TOT} : Giá trị PFD với băng thông chiếm dụng của tín hiệu dB(W/m²)

P_{SYS} : Công suất đầu vào hệ thống (dBm)

30: Giá trị chuyển đổi dBm sang dBW

A_e : Bề mặt hiệu dụng anten

K_{BW} : Hệ số hiệu chỉnh cho đo băng thông

K_{POL} : Hệ số hiệu chỉnh phân cực

Qua thông số PFD được tính ở trên, giá trị EIRP của vệ tinh phát xuống được tính bởi công thức

$$\text{EIRP} = \text{PFD} + 10\log(4\pi d^2) + L_{\text{ATM}} \quad (2.4)$$

Với:

EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power of space station – dBW): Công suất bức xạ đẳng hướng tương đương

d : Khoảng cách giữa vệ tinh và trạm thu (m)

L_{ATM} : Suy hao khí quyển – suy hao trong không gian tự do (dB)

Ghi chú:

A_e : Bề mặt hiệu dụng anten được tính bởi công thức

$$A_e = 10\log(A\eta) = 10\log(\lambda^2/4\pi) + G_i \quad (2.5)$$

A : Khẩu độ anten

η : Độ hiệu dụng biểu thị dạng thập phân

λ : Bước sóng (m)

G_i : Độ lợi Anten đẳng hướng (dBi)

Băng thông được sử dụng cho phép đo có thể lớn hơn băng thông tham chiếu, miễn là công suất được phân bố đồng đều trong băng thông đo. Điều kiện này có thể được kiểm tra bằng cách phân tích phổ. Băng thông đo là băng thông hiệu dụng của bộ lọc, không nhất thiết phải tương ứng với băng thông 3 dB hoặc 6 dB của nó. Hệ số hiệu chỉnh được tính bằng công thức dưới đây

$$K_{BW} = 10\log(B_M/RBW) \quad (2.6)$$

Với:

B_M : Băng thông đo

RBW : Băng thông tham chiếu

Trong trường hợp phân cực phù hợp giữa Anten thu và tín hiệu thu, hệ số hiệu chỉnh phân cực, $K_{POL} = 0$ dB. Để thu phân cực tuyến tính của phát xạ phân cực tròn hoặc ngược lại, $K_{POL} = 3$ dB

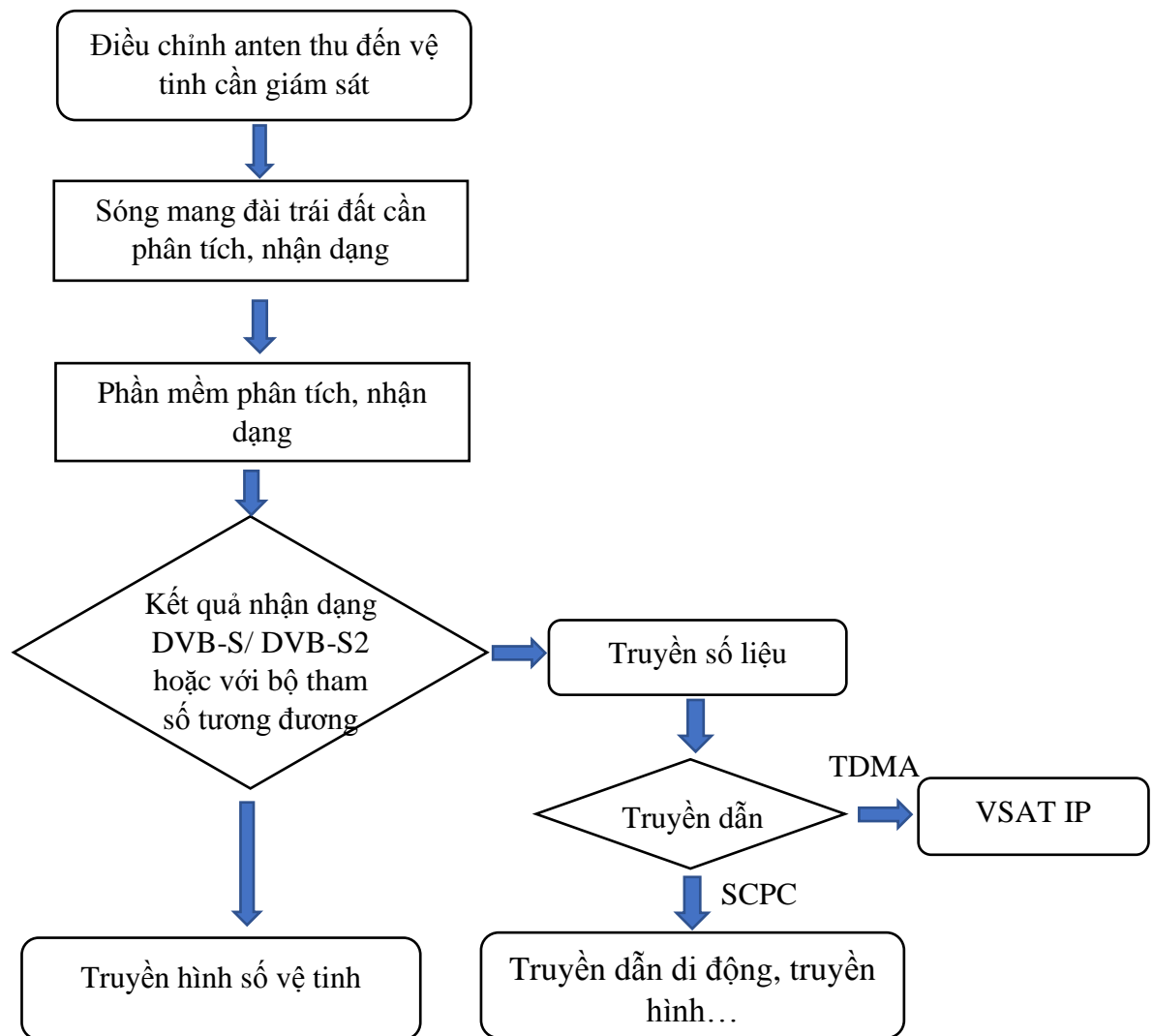
PFD thường thay đổi không chỉ theo tần số mà còn theo thời gian, giá trị lớn nhất của nó phải được xác định. Điều này có thể được thực hiện bằng ghi lại tín hiệu đầu ra của đồng hồ đo công suất trong một khoảng thời gian ở tần số quan tâm.

2.2. Phân tích, phân loại và nhận dạng tín hiệu của đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh

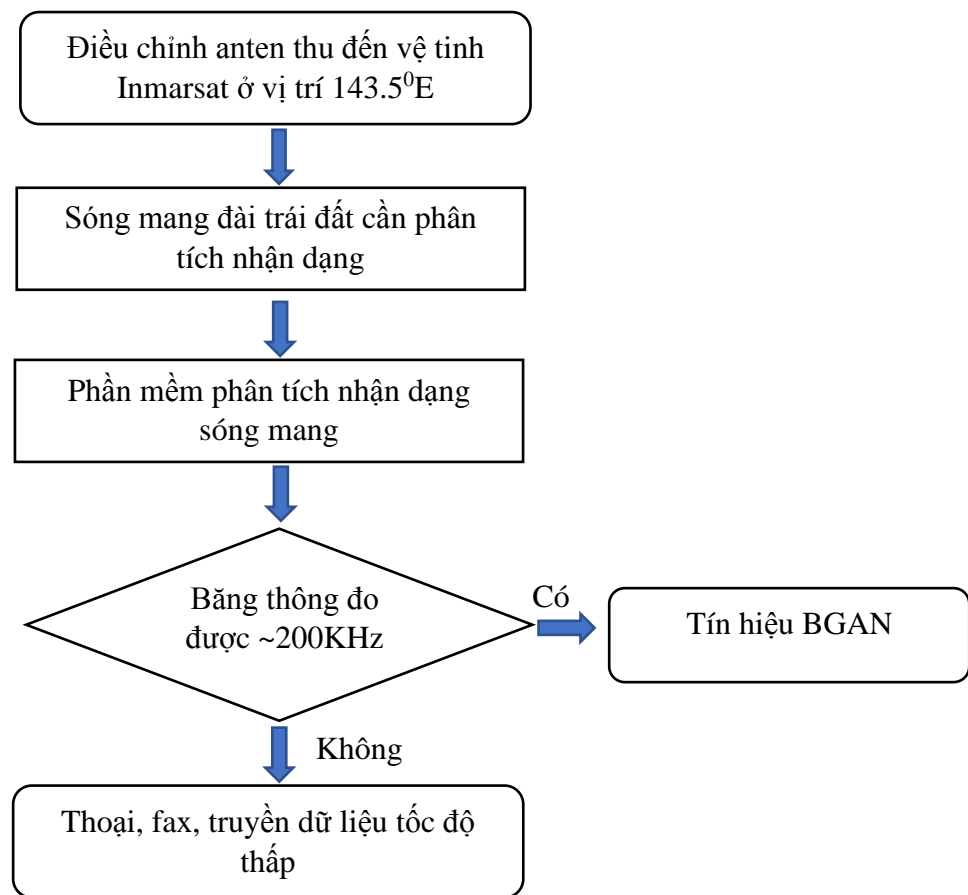
ITU [13] khuyến nghị việc phân tích, phân loại và nhận dạng tín hiệu dựa trên các thông tin thu thập được như sau về:

- Nhận dạng loại điều chế.
- Loại mã hóa nguồn và mã hóa kênh (VD: RS, Turbo, LDPC...).
- Kỹ thuật đa truy nhập (FDMA, TDMA, CDMA, SDMA).
- Nhận dạng sóng mang DVB (DVB-CID). DVB-CID là số nhận dạng duy nhất để xác định nguồn phát tín hiệu vệ tinh theo ETSI TS 103 129.
- Code rate và symbol rate.
- Loại giao thức kết nối (VD: IP, DCME...).
- Hệ thống thông tin (VD: DVB-S, DVB-S2, COMTECH...).
- Loại mạng kết nối (VD: SkyWAN, iDirect, LinkWay/LinkStar...).

Thông tin qua vệ tinh địa tĩnh tại Việt Nam chủ yếu có 3 loại hình dịch vụ: Truyền hình số qua vệ tinh với chuẩn hiện đang sử dụng DVB-S, DVB-S2; truyền số liệu qua vệ tinh (kênh thuê riêng, VSAT IP, truyền dẫn di động, truyền dẫn truyền hình, phòng chống thiên tai, truyền dẫn phục vụ hàng không, truyền dẫn thông tin liên lạc vùng sâu xa, biển đảo, giàn khoan); thông tin di động thương mại qua vệ tinh sử dụng qua vệ tinh Inmarsat và Thuraya.



Hình 2.4. Lưu đồ nhận dạng truyền hình số vệ tinh và truyền số liệu

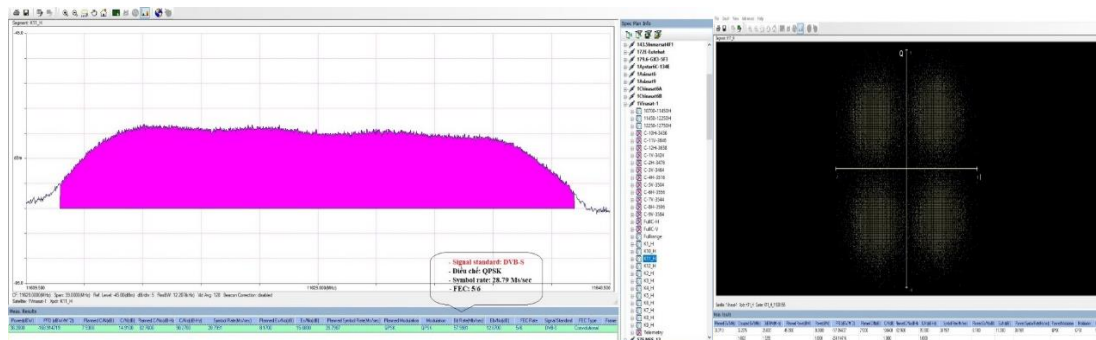


Hình 2.5. Lưu đồ nhận dạng di động qua vệ tinh địa tĩnh

2.2.1. Dịch vụ truyền hình số vệ tinh DVB-S

Điều chế DVB-S được thiết kế cho các dịch vụ DTH qua vệ tinh, đòi hỏi có khả năng chống nhiễu. Do đó, các nhà phát triển tiêu chuẩn DVB-S đã quyết định tập trung mục tiêu thiết kế của họ vào công suất hơn là hiệu quả phổ tần. Điều này có nghĩa là việc sử dụng chòm sao QPSK làm điều chế DVB-S.

Mã hóa kênh: Mã kênh được sử dụng bởi tiêu chuẩn DVB-S là mã nổi một cấp, bao gồm mã Reed-Solomon bên ngoài (255,239, $T = 8$) và mã chập bên trong với tỷ lệ 1/2 và độ dài liên kết là 7. Mã chập có thể được đánh thủng để có được tỷ lệ thích hợp nhất và sửa lỗi cho một dịch vụ nhất định. Các tỷ lệ có sẵn là 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 và 7/8, cho hiệu suất phổ tần tối đa là 1,75 bit /s/Hz [8].



Hình 2.6. Phân tích nhận dạng truyền hình số vệ tinh DVB-S bằng tần Ku vệ tinh VINASAT 1

2.2.2. Truyền hình số vệ tinh DVB-S2

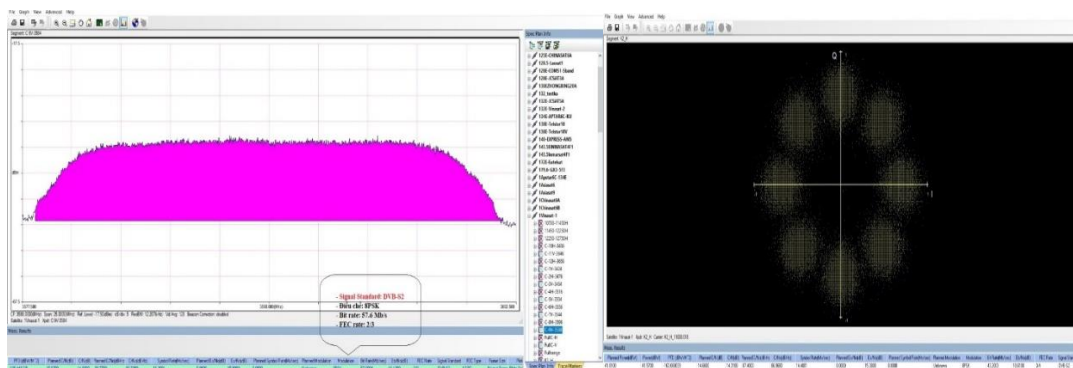
Chuẩn DVB-S2 sử dụng các kỹ thuật thích ứng liên kết bằng ACM, kết hợp điều chế bậc cao với các kỹ thuật mã hóa tiên tiến. Tính năng này, khi được sử dụng với tính năng nén video nâng cao (ví dụ: MPEG-4), có thể kích hoạt các dịch vụ HDTV. DVB-S2 được tạo ra để tương thích ngược với DVBS để cho phép các nhà khai thác tiếp tục sử dụng DVB-S khi họ nâng cấp mạng của họ; do đó có thể cung cấp cho các máy thu mới hơn, tiên tiến hơn, thông qua khả năng thích ứng liên kết của ACM. Bảng 2.1 cho thấy sự cải thiện dung lượng đạt được khi nâng cấp từ DVB-S lên DVB-S2. Hệ thống ví dụ trong Bảng 2.1 gợi ý rằng độ lợi tốc độ bit hữu ích có thể tăng tới 36% và việc sử dụng DVB-S2 có thể cung cấp thêm 3 kênh SDTV hoặc một kênh HDTV bổ sung với băng thông 27,5 MHz [8].

Bảng 2.1. Bảng so sánh DVB-S với DVB-S2 đối với truyền hình quảng bá

Satellite EIRP	51 dBW		53.7 dBW	
Hệ thống	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Điều chế và tỷ lệ mã	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8-PSK 2/3
Symbol rate (Mbaud)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	30.9 ($\alpha = 0.2$)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
C/N (27.5 MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Tỷ lệ bit hữu ích (Mbit/s)	33.8	46 (tăng 36%)	44.4	58.8 (tăng 32%)
Số chương trình SDTV	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Số chương trình HDTV	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

Điều chế: DVB – S2 sử dụng 4 sơ đồ điều chế khác nhau: QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK. Trong đó QPSK và 8PSK được sử dụng cho các ứng dụng quảng bá do chúng là loại điều chế có đường bao không đổi (constant envelope) và có thể hoạt động với các bộ phát đáp không tuyến tính trên vệ tinh ở gần điểm bão hòa. Còn 16APSK và 32APSK hướng tới các ứng dụng chuyên nghiệp, có thể được sử dụng cho quảng bá nhưng đòi hỏi mức C/N cao và phải áp dụng phương pháp tiền sửa méo (pre – distortion) trong trạm up-link để giảm thiểu tính phi tuyến của bộ phát đáp.

Mã hóa kênh: DVB-S2 sử dụng mã nối một cấp, bao gồm mã bên ngoài BCH và mã bên trong LDPC. Mã LDPC - có độ dài có thể là 16 200 hoặc 64 800 bit, tùy thuộc vào ứng dụng được chọn - hoạt động rất tốt, có hiệu suất gần với giới hạn Shannon. Mã bên ngoài BCH hoạt động kiểm tra lại sự xuất hiện của tầng lỗi, thường được thấy trong các chương trình mã hóa với bộ giải mã lặp đi lặp lại. Tỷ lệ mã ghép là thích nghi và có các tỷ lệ $1/5$, $1/4$, $1/3$, $2/5$, $1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$, $8/9$ và $9/10$. Nhận dạng tín hiệu truyền hình số vệ tinh DVB-S2.



Hình 2.7. Phân tích nhận dạng truyền hình số vệ tinh DVB-S2 bằng tần Ku vệ tinh VINASAT 1

Ngoài ra nhận dạng tín hiệu truyền hình còn có thể tham khảo trên website quốc tế để biết thông tin về tần số, kênh chương trình, điều chế, dạng tín hiệu như địa chỉ website: <https://www.lyngsat.com>.

11517 H tp 8 Ku		(BBTV Channel 7 feeds)		DVB-S	4702-3/4		K Ketkaev 100819
11523 H tp 8 Ku		(BBTV Channel 7 feeds)		DVB-S	4702-3/4		K Ketkaev 100408
11531 H tp 8 Ku		(feeds)		DVB-S	2500-3/4		K Ketkaev 100819
11549 H tp 9 Ku	K+	K+	P	DVB-S	28500-5/6	-1 3.5	Bulek Sps 170927
		MTV 1	F S		1	201	33 Vie
		MTV 2	F S		2	202	102 Vie
		MTV 5	F S		5	235	135 Vie
		MTV Hyundai Home Shopping	F S		122	222	122 Vie
		VOV 1	F S		21		516 Vie
11589 H tp 10 Ku	K+	K+	P	DVB-S	28800-3/4	-1000 3.5	Bulek Sps 170929
		MTV 9	F S		2017	177	108 Vie
11629 H tp 11 Ku	K+	K+	P	DVB-S	28800-3/4	-1100 3.5	Bulek Sps 181008
11669 H tp 12 Ku	K+	VGS Shop	F S		2118	178	112 Vie
		K+	P	DVB-S2	30000-3/4 8PSK	-1300 7.9	Bulek Sps 171201

Vinasat 1 © LyngSat, last updated 2020-10-31 - <https://www.lyngsat.com/Vinasat-1.html>

Hình 2.8. Nhận dạng tín hiệu qua đối chiếu dữ liệu trên lyngsat.com

Một giải pháp khác cũng có thể lựa chọn để nhận dạng tín hiệu truyền hình là các thiết bị thu giải mã kênh truyền hình vệ tinh. Những thiết bị này thu tín hiệu ở băng L (tín hiệu được đưa xuống băng L qua bộ downconverter). Người dùng chỉ cần nhập tần số trung tâm của kênh, thiết bị sẽ giải mã được nội dung kênh truyền hình, dạng tín hiệu.

2.2.3. Truyền dữ liệu vệ tinh

Truyền phát dữ liệu vệ tinh đề cập đến việc sử dụng vệ tinh trong các cấu hình tương tác điểm-đa điểm hoặc đa điểm để truyền thông tin ở dạng kỹ thuật số. Các công ty đa quốc gia lớn hoặc các tổ chức quốc tế có văn phòng ở các vùng sâu vùng xa tận dụng các dịch vụ phát sóng vệ tinh để thu thập và phát sóng dữ liệu, truyền hình ảnh và thoại, tương tác máy tính hai chiều và truy vấn cơ sở dữ liệu giữa các trạm từ xa này và trung tâm điều hành chính. Điển hình là dịch vụ VSAT, VSAT được sử dụng để cung cấp dịch vụ truyền dữ liệu một chiều hoặc hai chiều, dịch vụ thoại điểm - điểm và dịch vụ truyền phát video. Mạng VSAT phù hợp cho các mạng tập trung với máy chủ trung tâm và một số thiết bị đầu cuối phân tán theo địa lý. Ví dụ điển hình là các doanh nghiệp vừa và nhỏ có văn phòng trung tâm, các tổ chức ngân hàng có chi nhánh trên toàn quốc, hệ thống đặt chỗ và bán vé máy bay, v.v. VSATs mang lại nhiều lợi thế khác nhau, như phạm vi khu vực địa lý rộng, độ tin cậy cao, chi phí thấp, độc lập với liên lạc trên mặt đất cơ sở hạ tầng, cấu hình mạng linh hoạt... Tuy nhiên, VSATs bị vấn đề chính về độ trễ giữa truyền và nhận dữ liệu (khoảng 250 ms) khi sử dụng vệ tinh GEO.

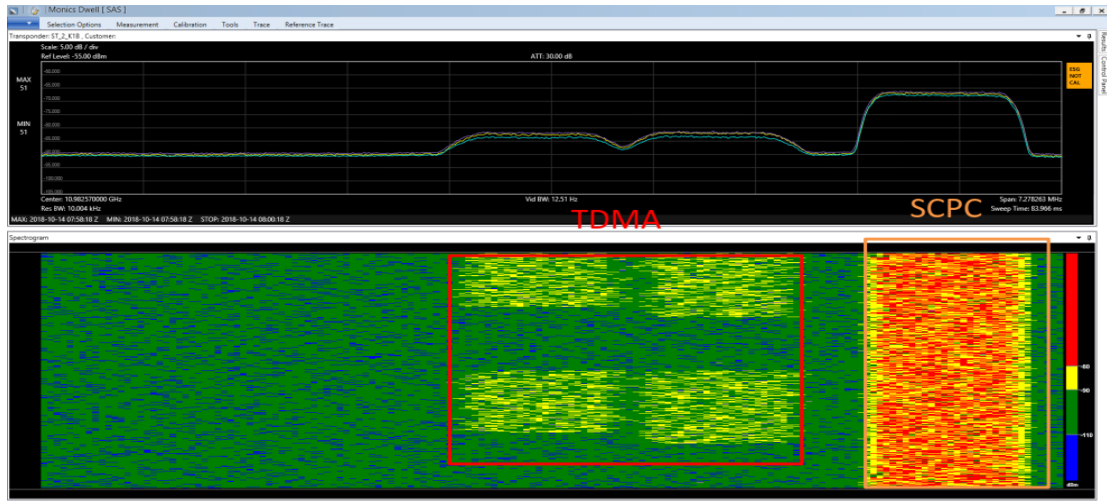
Mạng VSAT có thể truyền với tốc độ 64–1024 kbps (64 kbps cho mỗi đầu cuối từ xa) theo hướng đi và 64–256 kbps (1,2 đến 16 kbps cho mỗi đầu cuối từ xa) theo hướng vào. Do đó, mạng VSAT nói chung hỗ trợ các dịch vụ dữ liệu, video và thoại.

Mạng VSAT có nhiều cấu hình mạng khác nhau, nhưng cấu hình được sử dụng phổ biến nhất là cấu hình sao cho cả mạng một chiều và hai chiều và cấu hình lưới cho hai chiều.

Mạng hình sao một chiều là những mạng mà thông tin chỉ được truyền theo một hướng từ trạm trung tâm đến các đầu cuối ở xa. Không có sự chuyển giao thông tin từ trạm từ xa đến trạm trung tâm hoặc đến các trạm ở xa khác. Dịch vụ vệ tinh quảng bá BSS thường sử dụng cấu hình mạng này. Ngoài ra, mạng hình sao hai chiều cho phép truyền thông tin theo cả hai hướng, nhưng trong trường hợp này thông tin không thể truyền trực tiếp từ thiết bị đầu cuối VSAT này sang thiết bị đầu cuối VSAT khác mà được định tuyến qua trạm trung tâm.

Đối với mạng VSAT dạng lưới, các thiết bị đầu cuối từ xa có thể truyền dữ liệu trực tiếp với nhau mà không cần thông qua trung tâm. Các mạng lưới này đặc biệt thích hợp cho các tập đoàn lớn, nơi các cơ sở tại địa phương cần tiếp xúc với các cơ sở ở các khu vực khác. Các dịch vụ thường được sử dụng là dịch vụ thoại, truyền hình hội nghị.

Mạng VSAT thường sử dụng sơ đồ TDM/TDMA để truyền dữ liệu. Do đó, trong hầu hết các mạng VSAT, dữ liệu gửi đi được gửi gần như liên tục dưới dạng gói dữ liệu sử dụng sơ đồ TDM (ghép kênh phân chia theo thời gian). Mỗi gói chứa nguồn và địa chỉ đích và được truyền qua liên kết chung. Ở đầu nhận, mỗi thiết bị đầu cuối VSAT xác định gói của nó bằng địa chỉ đích. Dữ liệu đến được truyền từ các trạm từ xa khác nhau sử dụng TDMA (đa truy nhập phân chia theo thời gian), do đó cho phép nhiều (10–1000) VSAT chia sẻ cùng một liên kết truyền thông. Mỗi thiết bị đầu cuối VSAT chỉ truyền dữ liệu trong một khoảng thời gian nhỏ trong một đầu vào được chỉ định trước khe kênh hoặc trong bất kỳ khe kênh đầu vào nào. Các loại điều chế thường được sử dụng là QPSK, 8PSK và 16QAM.



Hình 2.9. Sử dụng chức năng Waterfall để nhận biết tín hiệu TDMA

2.2.4. Dịch vụ di động qua vệ tinh

Thông tin di động qua vệ tinh thuộc nghiệp vụ vệ tinh di động, và được phân bổ tần số ở băng L (1.5GHz) và S (2.5GHz) đối với các vệ tinh địa tĩnh. Mạng vệ tinh cung cấp một loạt các dịch vụ điện thoại, dữ liệu và fax cho người dùng di động.

Kiến trúc tổng thể của điện thoại MSS, với bốn cấp độ hoạt động. Mỗi cấp độ này đóng góp nhiều vào chức năng và đầu tư của toàn bộ hệ thống:

- Chùm sao vệ tinh, bao gồm một số lượng vệ tinh hoạt động cung cấp dịch vụ trên vùng phủ sóng. Chúng có thể sử dụng bất kỳ cách sắp xếp chùm sao quỹ đạo nào có thể có.

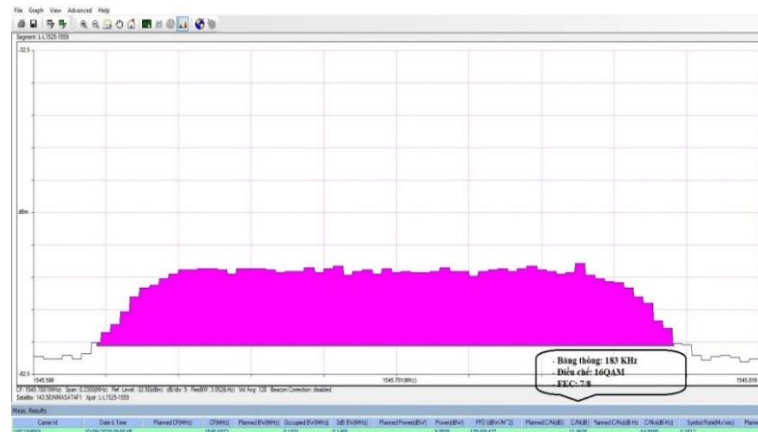
- Các thiết bị đầu cuối của người dùng thuộc nhiều loại: phương tiện, thiết bị cầm tay, có thể vận chuyển, tàu và máy bay và thiết bị đầu cuối cố định.

- Các trạm Gateway cho phép lưu lượng truy cập giữa người dùng và mạng công cộng, đồng thời quản lý dịch vụ trên cơ sở nhất quán. Cũng được coi là các thiết bị TT&C để điều khiển và giám sát các vệ tinh.

- Mạng mặt đất để giải quyết các nhu cầu dịch vụ của người sử dụng. Chúng bao gồm PSTN, Internet và các mạng khác, cả công cộng và cá nhân.

Đối với liên kết chuyển tiếp (từ vệ tinh đến thiết bị đầu cuối) và liên kết trở lại (từ đầu cuối tới vệ tinh). Nhiều hệ thống MSS gán băng tần C-xuống-L cho liên kết chuyển tiếp và băng tần L-tới-C cho liên kết trả về.

Điện hình cho dịch vụ này là hệ thống vệ tinh Inmarsat 4F series cung cấp dịch vụ thoại, fax, dữ liệu, internet, dữ liệu tốc độ cao BGAN có vùng phủ toàn cầu với 3 vệ tinh địa tĩnh ở vị trí quỹ đạo 4F1 vị trí quỹ đạo 143.5E có vùng phủ Việt Nam, 4F2 vị trí quỹ đạo 25E, 4F3 ở vị trí quỹ đạo 98W.



Hình 2.10. Phân tích, nhận dạng tín hiệu qua vệ tinh Inmarsat 4F1

Hệ thống vệ tinh Thraya gồm 3 vệ tinh: Thuraya 3 ở vị trí quỹ đạo 98.5E có vùng phủ Việt Nam, Thuraya 2 ở vị trí 44E, Thuraya 1 ở vị trí 163W. Sử dụng băng tần 1525-1559MHz cho đường xuống, 1625-1660MHz cho đường lên, tại Việt Nam chủ yếu cung cấp dịch vụ thoại với băng thông 31.25KHz, điều chế CQPSK.

2.3. Kết luận chương 2

Chương 2 đã nghiên cứu đưa ra được các bài đo tín hiệu của đài trái đất cần định vị và đưa ra được lưu đồ thực hiện phân tích, nhận dạng các tín hiệu sóng mang khác nhau thông tin qua vệ tinh địa tĩnh kết hợp sử dụng một số công cụ hỗ trợ khác như qua thông tin công khai trên trang lyngsat.com hoặc qua đầu giải mã đối với tín hiệu truyền hình số vệ tinh, cũng như phân tích nhận dạng các kỹ thuật truyền dẫn SCPC hay TDMA sử dụng để thông tin liên lạc. Việc phân tích, nhận dạng sóng mang được thực hiện qua phần mềm kiểm soát chuyên dụng như của hãng Kratos, Glowlink hoặc máy phân tích phổ đa năng, máy phân tích vector.

Việc đưa ra các bài đo để xác định tham số sóng mang của đài trái đất đưa vào giải pháp định vị, phân loại, nhận dạng sóng mang của đài trái đất nhằm đưa ra đặc điểm của từng loại sóng mang của từng đài trái đất phục vụ việc đưa ra giải pháp phù hợp để xác định vị trí của đài trái đất thực hiện trong Chương 3.

GIẢI PHÁP ĐỊNH VỊ VÀ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐÀI TRÁI ĐẤT THÔNG QUA VỆ TINH ĐỊA TĨNH TẠI VIỆT NAM

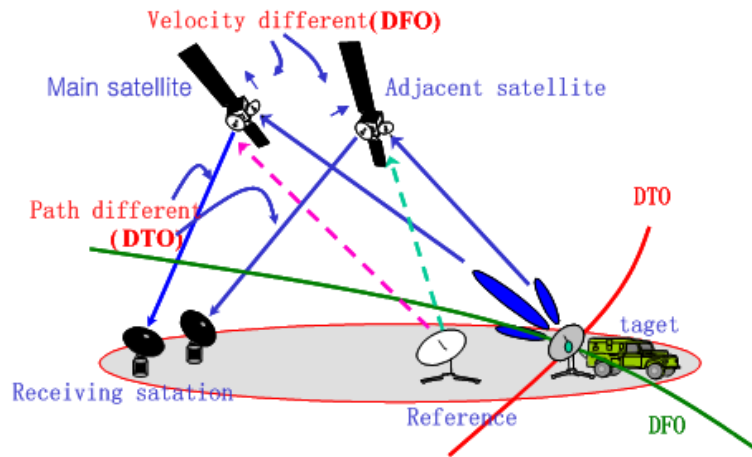
Chương này giới thiệu giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh theo các nghiên cứu, báo cáo, khuyến nghị của ITU [11], [8], [9], [10], [13] và giới thiệu về hệ thống định vị và xác định đài trái đất của các nước trên thế giới. Tình hình cấp phép, hoạt động và can nhiễu và giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh đài trái đất tại Việt Nam.

3.1. Tham khảo một số giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế giới và của ITU

3.1.1. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế của ITU

3.1.1.1. Định vị đài trái đất sử dụng 2 vệ tinh địa tĩnh

Đây là phương pháp phổ biến để định vị đài trái đất hiện nay, dựa trên phép đo FDOA và TDOA với hai vệ tinh địa tĩnh.

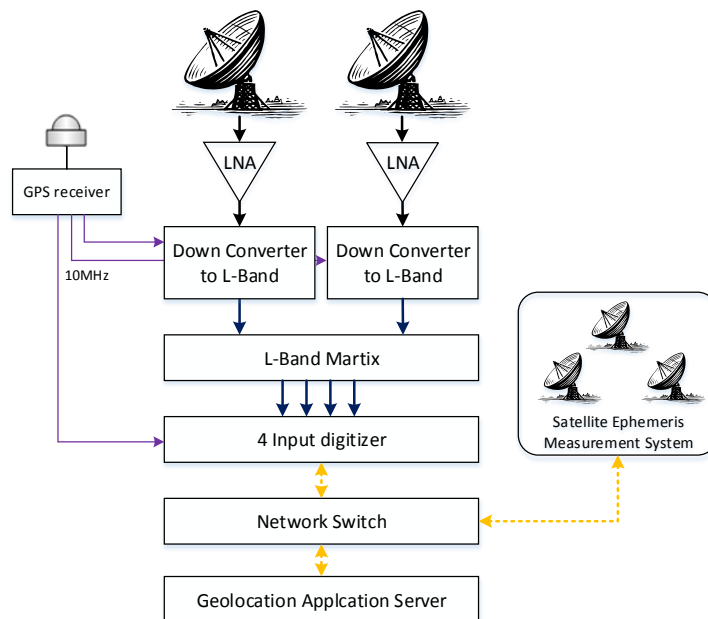


Hình 3.1. Sơ đồ định vị đài trái đất sử dụng 2 vệ tinh địa tĩnh

Vệ tinh chính là vệ tinh nhận được nhiều, còn được gọi là vệ tinh "nạn nhân". Vệ tinh liên kế được đặt gần vệ tinh chính, nơi các bộ phát đáp của nó có thể được sử dụng để đo dải nhiễu bên. Phép đo TDOA cho kết quả chênh lệch thời gian của tín hiệu gây nhiễu đến hai máy thu trên mặt đất giám sát thông qua vệ tinh chính và vệ tinh liên kế. Phép đo FDOA thu được sự chênh lệch tần số của tín hiệu giao thoa đến

hai máy thu qua hai vệ tinh một cách riêng biệt. Giao điểm của các đường TDOA và FDOA thường được trình bày dưới dạng một khu vực hình elip xác định khu vực đặt đài phát.

Cấu hình hệ thống định vị điển hình sử dụng hai vệ tinh GSO bao gồm tối thiểu hai chuỗi thu RF gồm 02 Anten thu cùng băng tần, phân cực, khuếch đại tín hiệu LNA, chuyển xuống băng cơ sở L qua bộ Downconverter đưa vào cổng ma trận chọn cổng, bộ số hóa tín hiệu và máy chủ ứng dụng định vị. Chuỗi RF có thể sử dụng bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA) và bộ đổi tần xuống băng L.

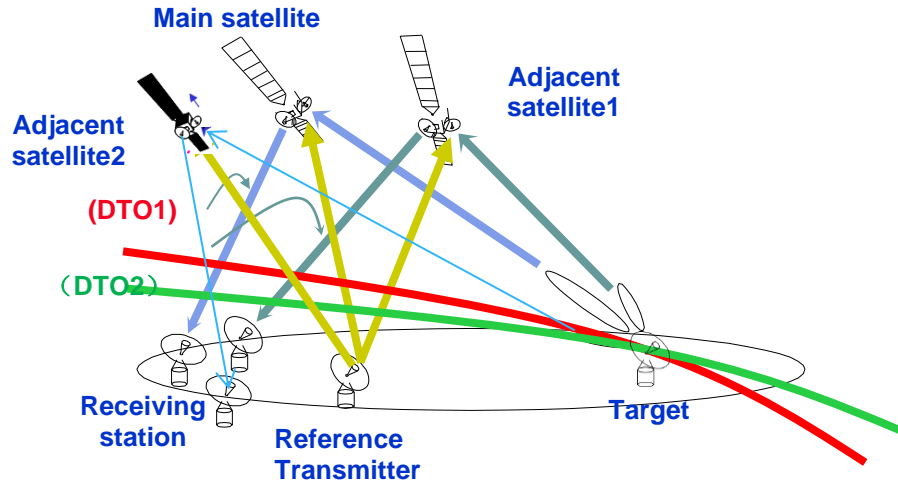


Hình 3.2. Sơ đồ khối hệ thống thiết bị

3.1.1.2. Định vị đài trái đất sử dụng 3 vệ tinh địa tĩnh

Một hạn chế của phương pháp định vị sử dụng hai vệ tinh GSO là việc không đảm bảo của đường FDOA, nó có thể dao động lên xuống đặc biệt trong trường hợp dữ liệu thiên văn vệ tinh không chính xác. Sự dao động này dẫn đến độ chính xác kém. Sử dụng dữ liệu đo lường từ nhiều trạm tham chiếu đã biết sẽ làm giảm ảnh hưởng của dữ liệu thiên văn vệ tinh không chính xác, tuy nhiên không thể loại bỏ hoàn toàn nó.

Để đạt được kết quả chính xác hơn, một phương pháp định vị sử dụng ba vệ tinh của GSO dựa trên các phép đo TDOA đã được phát triển. Tuy nhiên, trong thực tế có thể khó tìm được hai vệ tinh kế cận phù hợp để hỗ trợ phương pháp này.



Hình 3.3. Sơ đồ định vị dải trái đất sử dụng 3 vệ tinh địa tĩnh

Cấu hình hệ thống định vị điển hình sử dụng ba vệ tinh GSO khá giống với hệ thống định vị sử dụng hai vệ tinh GSO. Hệ thống này bao gồm ba chuỗi nhận RF gồm gồm 03 anten thu cùng băng tần, phân cực, bộ số hóa tín hiệu và máy chủ ứng dụng định vị. Chuỗi RF có thể sử dụng bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA) và bộ đổi tần xuống băng L. Một hệ thống định vị có thể sử dụng 03 vệ tinh ưu điểm cho kết quả định vị chất lượng hơn hệ thống sử dụng 02 vệ tinh nhưng còn tùy thuộc tài nguyên sẵn có các vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh, mục tiêu, đối tượng quản lý, kinh phí thực hiện.

3.1.1.3. Định vị dải trái đất sử dụng 1 vệ tinh địa tĩnh

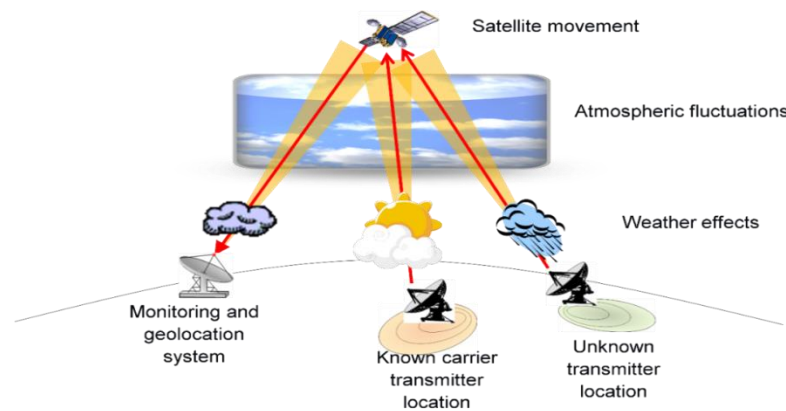
Như đã được trình bày trên, có các hệ thống định vị thương mại hiện có sẵn từ các nhà sản xuất khác nhau. Hạn chế chính của các nguyên tắc định vị này là sự cần thiết phải có ít nhất một vệ tinh lân cận đủ gần để có thể nhận được tín hiệu từ búp sóng phụ từ dải trái đất để hỗ trợ tính toán.

Mặc dù hàng trăm vệ tinh của GSO đang hoạt động, một số vẫn bị “cô lập”, có nghĩa là vệ tinh liên kế tiếp theo cách nhau hơn 10 độ. Trong trường hợp này, tín hiệu từ búp sóng phụ dải trái đất quá nhỏ để có thể đo lường được.

Phương pháp định vị sử dụng 1 vệ tinh địa tĩnh và mối tương quan với các máy phát đã biết trên Trái đất:

Kỹ thuật này dựa trên thực tế là mức của một tín hiệu vệ tinh, được truyền từ một trạm đường lên nhất định trên trái đất đến vệ tinh và xuống một trạm thu, thay đổi theo thời gian do một số yếu tố:

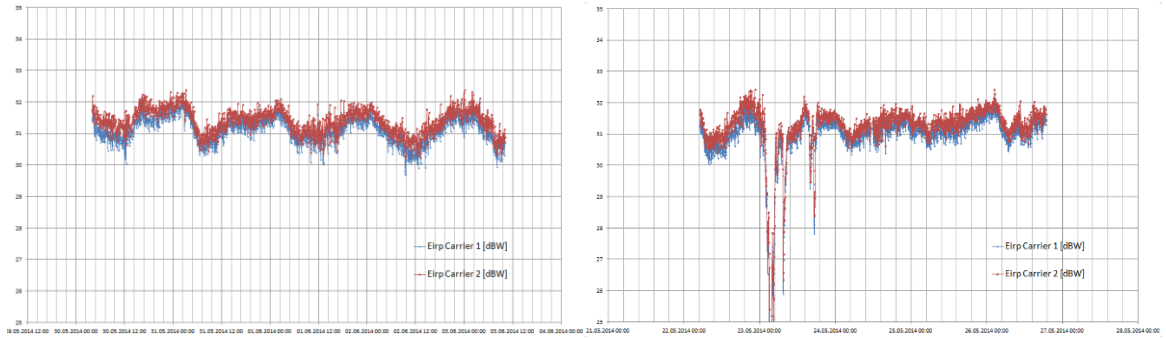
- + Chuyển động của vệ tinh;
- + Điều kiện khí quyển và thời tiết (ở phía đường lên và đường xuống);
- + Thay đổi công suất bộ khuếch đại và căn chỉnh ăng ten tại trạm đường lên;



Hình 3.4. Định vị sử dụng một vệ tinh qua mối tương quan với đài tham chiếu

Có thể giả định rằng các tín hiệu được truyền từ cùng một trạm đường lên hoặc từ cùng một khu vực địa lý sẽ hiển thị các biến thể công suất giống nhau trong cùng một khung thời gian, trong khi các tín hiệu truyền từ các khu vực địa lý khác nhau sẽ hiển thị các biến thể công suất khác nhau trong cùng một khung thời gian.

Hình 3.5 đầu cho thấy công suất của hai tín hiệu (đỏ và xanh) được truyền từ cùng một trạm đường lên trong khoảng thời gian bốn ngày. Có thể xác định rõ ràng sự thay đổi theo chu kỳ 24 giờ do chuyển động của vệ tinh. Hình 3.5 thứ hai cho thấy sự thay đổi công suất do ảnh hưởng của thời tiết (dữ liệu tăng đột biến). Trong cả hai trường hợp, công suất gần như giống nhau vì cả hai tín hiệu đều được truyền từ cùng một ăng-ten đường lên.



Hình 3.5. Đối chiếu biến thiên về công suất gây ra bởi chuyển động vệ tinh và hiệu ứng thời tiết

Với phương pháp này, để xác định vị trí của một tín hiệu gây nhiễu, các điểm tương đồng giữa tín hiệu gây nhiễu và các tín hiệu đã biết khác phải được tính toán. Điều này thường được thực hiện trong miền tần số bằng cách tương quan các tín hiệu hoặc các phần của chúng. Do đó, thuật toán tương quan là quan trọng nhất đối với phương pháp này về độ chính xác, hiệu quả và thành công của định vị.

Khái niệm này được áp dụng khi nhiều tín hiệu khác nhau được truyền từ cùng một trạm đường lên hoặc trong cùng khu vực địa lý với nguồn gây nhiễu. Tất cả các tín hiệu (bao gồm cả tín hiệu gây nhiễu) từ khu vực đó có thể được theo dõi lâu dài bởi một hệ thống giám sát sóng mang và đo được các thay đổi đối với tín hiệu gây nhiễu về công suất, tần số hoặc băng thông (ví dụ do ảnh hưởng của thời tiết) có thể tương quan với các tín hiệu gây nhiễu khác (giả định) máy phát cục bộ. Trong trường hợp tương quan thuận, có thể xác định rằng vị trí của máy phát nhiễu đường lên là trùng hoặc gần với vị trí của máy phát tương quan.

Thách thức trong phương pháp này nằm ở phương pháp tiếp cận tương quan và chiến lược giám sát, vì các phép đo thường không được thực hiện chính xác tại cùng một thời điểm (ví dụ, đồng bộ so với phép đo “vòng tròn”). Điều này sẽ ảnh hưởng đáng kể đến khả năng nhận được các kết quả tương quan có ý nghĩa vốn yêu cầu các phép đo tham số đồng bộ hơn.

3.1.1.4. Điều kiện thực hiện định vị

Đối với các phương pháp định vị sử dụng nhiều vệ tinh, vệ tinh chính và vệ tinh liên kề không được quá gần (gây khó khăn cho việc đo TDOA) và cũng không

quá xa (khiến mức tín hiệu trong vệ tinh liền kề quá thấp không thể đo đạc được), và tín hiệu trên vệ tinh liền kề cần ở cùng dải tần và phân cực với tín hiệu trên vệ tinh chính. Dữ liệu về thiên văn của các vệ tinh này là không thể thiếu để xác định vị trí chính xác. Khoảng cách góc vệ tinh chính đến liền kề được khuyến nghị được trình bày trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Sự tách biệt góc vệ tinh chính đến liền kề so với dải tần số đường lên và kích thước ăng ten trạm phát mặt đất

Antenna Size (m)	C Band 6 GHz	X band 8 GHz	Ku Band 14 GHz	Ka Band 27.5 GHz	Ka Band 31 GHz
1.2	<15°	<15°	<15°	<10°	<9°
3	<15°	<15°	<15°	<10°	<8°
4.5	<13°	<13°	<12°	<8°	<7°
7.3	<12°	<11°	<10°	<7°	<5°
9	<10°	<10°	<10°	<6°	<3°
16	<10°	<9°	<8°	<3°	
32	<10°	<7°	<3°		

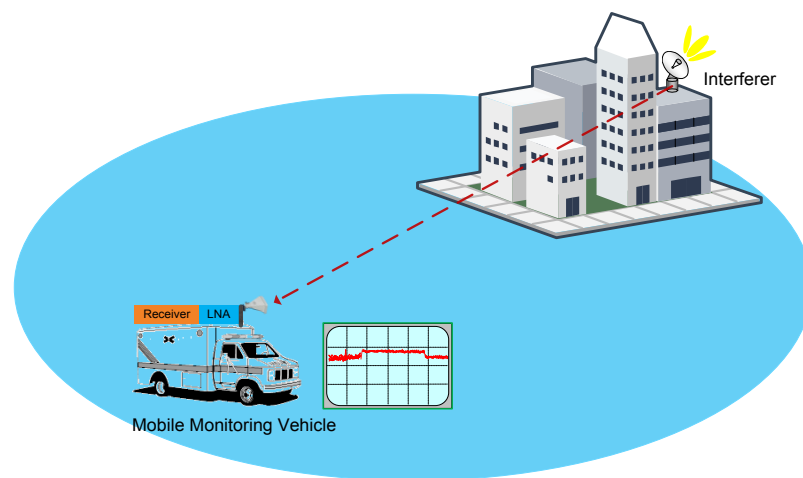
Vệ tinh chính và vệ tinh liền kề không được ở trên cùng một vị trí quỹ đạo, trừ khi có dữ liệu thiên văn vệ tinh rất chính xác. Vùng phủ của bộ phát đáp trong cả vệ tinh chính và vệ tinh lân cận phải bao phủ đồng thời cả trạm phát và trạm thu

Trạm tham chiếu: Một máy phát đường lên tham chiếu được sử dụng để phát ra tín hiệu tham chiếu tại một vị trí đã biết (vĩ độ, kinh độ và độ cao chính xác) và với các thông số đã biết (tần số, băng thông, phân cực) tới các vệ tinh chính hoặc lân cận. Tín hiệu tham chiếu thường là tín hiệu đã được điều chế nhưng tốt nhất là tín hiệu trải phổ.

Tín hiệu tham chiếu có thể được sử dụng để loại bỏ các sai số cố hữu trong khi đo TDOA và FDOA, chẳng hạn như sai số trôi của bộ dao động nội của bộ phát đáp và lỗi dữ liệu thiên văn vệ tinh. Nếu dữ liệu thiên văn vệ tinh không đủ chính xác (tải xuống từ Internet), cần sử dụng ba đến năm tín hiệu tham chiếu để có được kết quả định vị địa lý chính xác.

3.1.1.5. Phương thức xác định đài trái đất dựa trên so sánh mức tín hiệu thu được

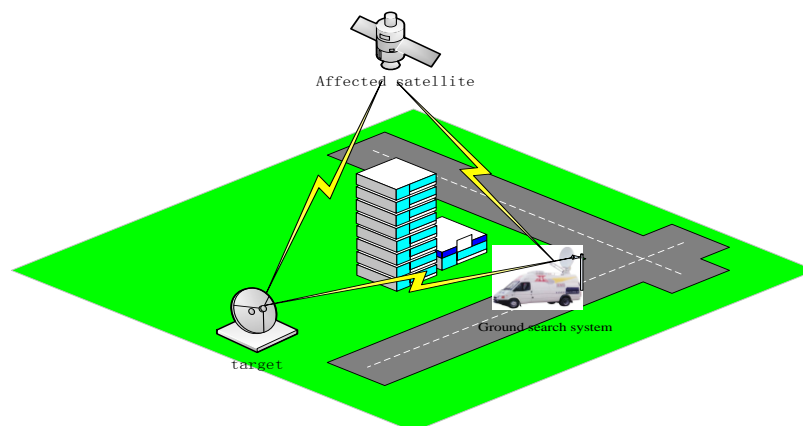
Cách tiếp cận thông thường để tìm kiếm vị trí đài phát bắt đầu với khu vực được xác định bởi hệ thống định vị, liên quan đến tín hiệu homing và đạt được bằng cách thực hiện một số phép đo POA từ nhiều vị trí để thu hẹp dần khu vực cho đến khi tìm thấy chính xác đài phát. Nhược điểm của phương pháp này là đường truyền sóng vô tuyến có thể bị ảnh hưởng rất nhiều bởi môi trường điện từ trường phức tạp, và do đó có thể cần thêm thời gian để tìm ra các vị trí tốt nhất trong tầm nhìn thẳng tới đài phát. Ngoài ra, sự phức tạp trong việc xác định vị trí của các đài phát tăng lên đáng kể khi các đài này hoạt động ở dải tần số cao hơn



Hình 3.6. Xác định vị trí đài phát dựa trên so sánh mức tín hiệu thu được

3.1.1.6. Phương thức xác định đài phát sử dụng thuật toán tương quan chéo để cải thiện độ nhạy của hệ thống

Phương pháp định vị vị trí đài phát sử dụng thuật toán tương quan chéo được trình bày trong Hình 3.7 dưới đây:



Hình 3.7. Tìm kiếm trên mặt đất sử dụng các thuật toán tương quan chéo trong hệ thống định vị kết hợp vệ tinh - đài mặt đất

Thay vì sử dụng một máy phân tích phổ, bộ DSP được sử dụng để thu các tín hiệu bên dưới tầng nhiễu, do đó độ nhạy của hệ thống giám sát có thể được cải thiện. Ăng-ten cố định hoặc ăng-ten thu gắn trên xe, cả hai đều hướng đến vệ tinh bị nhiễu, được thiết lập để thu tín hiệu nhiễu chính trong tần số đường xuống. Đồng thời, búp sóng phụ của anten đài phát mặt đất đường lên được nhận bởi một ăng ten định hướng di động hoặc gắn trên xe. Hai tín hiệu được thu thập đồng bộ và truyền qua mạng không dây để đo tương quan chéo dựa trên hàm không rõ ràng chéo (Hàm CAF – Cross Ambiguity Function). Ăng ten định hướng quay một góc nhất định sau đó là quá trình tương quan. Sau khi xoay 360°, người vận hành có thể tìm hướng của máy phát khi SNR tương quan của cả hai kênh (không gian và mặt đất) đạt cực đại, ngay cả khi mức tín hiệu mặt đất quá yếu để có thể quan sát được trên máy phân tích phổ. Nếu đỉnh tương quan được hiển thị trong kết quả, điều đó có nghĩa là đài phát tương đối gần và đỉnh cực đại biểu thị hướng của nguồn nhiễu.

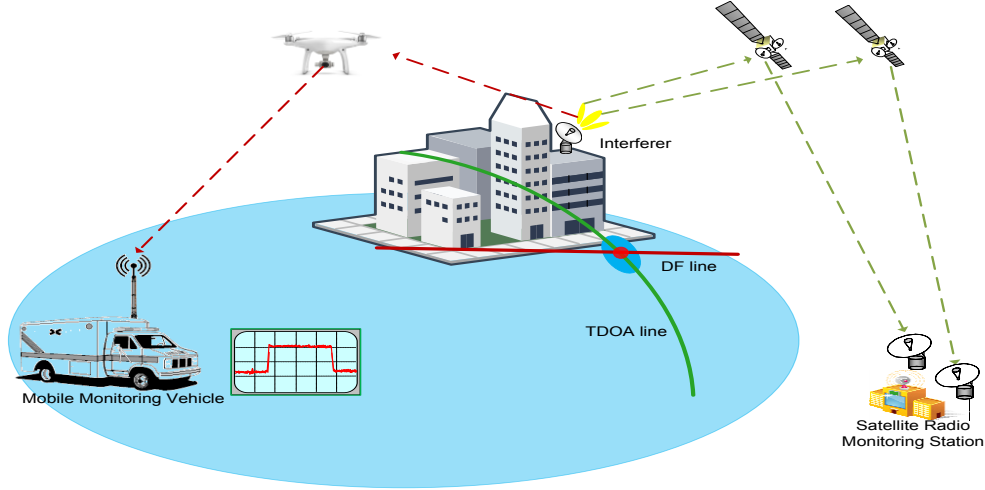
3.1.1.7. Phương thức xác định đài trái đất sử dụng thiết bị bay UAV

Phương pháp này được áp dụng sẽ có hiệu quả tốt đối với kiểm soát diện rộng trong khu vực kết quả định vị từ hệ thống định vị vệ tinh do có thể thu được các búp sóng phụ gần với búp sóng chính với tăng ích lớn và trong diện kiện tầm nhìn thẳng.

Ăng-ten của đài trái đất hướng lên vệ tinh, trong khi các thiết bị kiểm soát được đặt trên mặt đất nên tín hiệu ở búp sóng phụ khá yếu và khó phát hiện. Bên cạnh đó, hầu hết các bộ phát gây nhiễu đều ở khu vực đô thị, tín hiệu bị chắt bởi các tòa nhà cao tầng. Do đó, các phương pháp tìm kiếm mặt đất được đề cập trong mục 3.1.1.4 và 3.1.1.5 tốn nhiều thời gian và công sức.

Để giải quyết vấn đề tìm kiếm trong khu vực kết quả định vị, việc tìm kiếm đài trái đất bằng UAV được đề xuất, giúp tận dụng lợi thế về độ cao của UAV để tăng tầm nhìn thấy, loại bỏ các chướng ngại vật hoặc tòa nhà và cải thiện công suất thu (ăng ten thu gần với búp sóng chính của đài phát), và do đó để cải thiện xác suất thực

hiện tìm hướng. Sự kết hợp giữa kết quả định vị và tia định hướng có thể là một cách hiệu quả và thiết thực để tiếp cận đài phát như trong Hình 3.8.

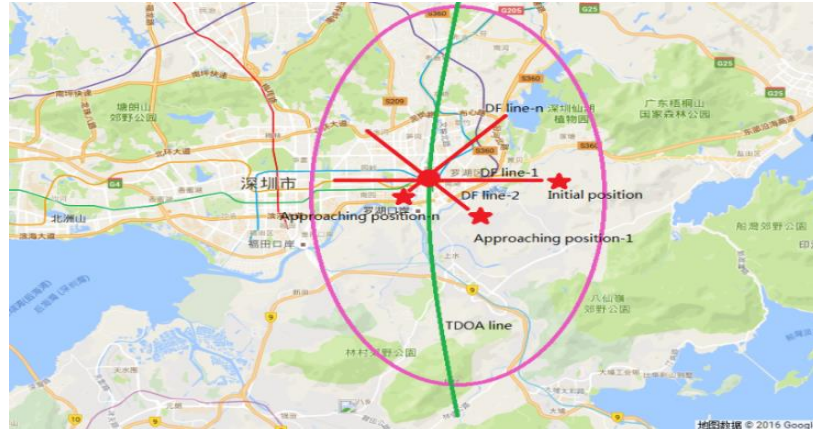


Hình 3.8. Giải pháp tìm đài phát với UAV dựa trên đường TDOA và tia định hướng

Kết quả định vị có thể được sử dụng như một thông tin ưu tiên. Đường TDOA có thể giữ được vì nó khá ổn định và chính xác. UAV thực hiện việc tìm hướng của tín hiệu đài phát thông qua quét cơ học để tạo ra đường DF. Giao điểm của đường TDOA và đường DF là vị trí của đài phát. Tải thông tin trên UAV (anten thu có hướng, bộ xử lý tín hiệu) thực hiện việc tìm hướng thông qua so sánh mức tín hiệu thu được bằng cách sử dụng ăng-ten có hướng.

Với đường TDOA được sử dụng trong kết quả định vị, giả thiết theo hướng Bắc Nam, và góc cắt lớn hơn giữa đường TDOA và đường DF có độ chính xác vị trí cao hơn, quy trình tìm kiếm đài phát được thực hiện như sau:

Sau khi có kết quả định vị vệ tinh, đến khu vực kết quả định vị và triển khai UAV ở phía Đông hoặc phía Tây của đường TDOA. Điều khiển UAV kiểm soát tín hiệu của đài phát và xác định hướng của đài phát và xác định vị trí đài phát qua điểm giao cắt với đường TDOA. Sau đó điều chỉnh vị trí của UAV để lấy một đường DF khác để giảm lỗi do tìm hướng. Sau đó điều chỉnh vị trí của UAV vài lần, dần dần tiếp cận vị trí thực của đài phát.



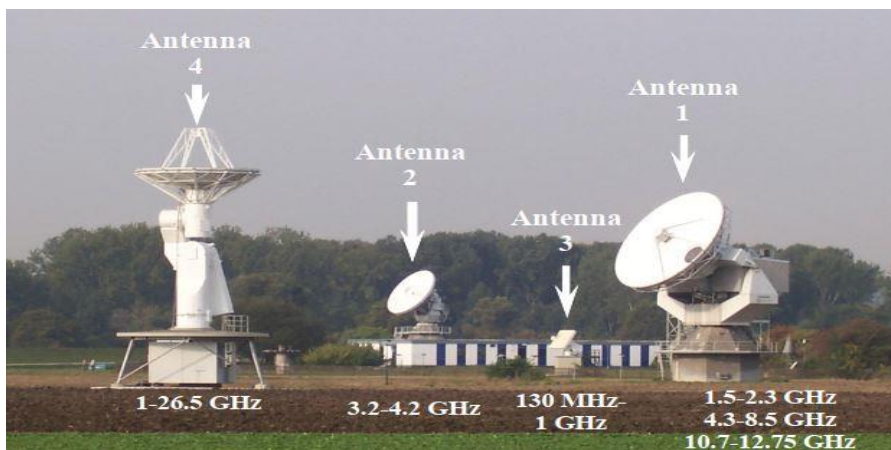
Hình 3.9. Thủ tục tìm kiếm đài trái đất

Khu vực hình elip là kết quả định vị cho biết khu vực có thể đặt đài phát, đường màu xanh lá cây là đường TDOA được giữ trong kết quả định vị, các ngôi sao màu đỏ là vị trí của UAV, các đường màu đỏ là đường DF là kết quả nhận được từ UAV, và điểm màu đỏ ở trung tâm là vị trí của đài phát.

3.1.2. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh trên thế giới

3.1.2.1. Đức

Đài kiểm soát vệ tinh Leeheim thuộc Cơ quan Mạng lưới Liên bang về Điện, Khí đốt, Viễn thông, Bru chính và Đường sắt cách Frankfurt 35km (49°51'13" N 08°23'50" E). Cung quỹ đạo kiểm soát các vệ tinh có quỹ đạo từ 67W đến 83E.



Hình 3.10. Hệ thống Ăng ten kiểm soát vệ tinh tại Đức

Hệ thống thiết bị kiểm soát:

- Ăng ten kiểm soát: Ăng ten 12m băng tần L; S; X; C; Ku (1.5-1.8; 2.1-2.3; 4.3-8.5; 10.7-12.7) GHz; Ăng ten 7m, băng tần 1-26.5GHz; Ăng ten 8.5m băng tần C; Ku (3.2-4.2; 17.7-22) GHz, điều khiển bằng máy tính; Ăng ten 1.5m băng tần 0.5-40GHz.

- Hệ thống định vị đài trái đất: Sử dụng kỹ thuật FDOA/TDOA bằng cách ghép cặp Ăng ten 7m ghép cặp với 12m/8.5m/3m. Dữ liệu thiên văn vệ tinh sử dụng miễn phí qua trang celestrak.com

- Hệ thống máy phát tham chiếu riêng cho định vị đài trái đất: Đài có 4 hệ thống tham chiếu có thể di động toàn quốc, dải tần sử dụng: uplink C:5850-6850MHz, Ku:12750-14500MHz, Ka:17300-18400 MHz.

- Hệ thống kiểm soát lưu động: Sử dụng 4 hệ thống kiểm soát kết hợp với đài vệ tinh mặt đất tham chiếu và sử dụng UAV để xác định đài phát trong vùng kết quả định vị.

3.1.2.2. Hàn Quốc

Trung tâm kiểm soát vô tuyến vệ tinh thuộc Trung tâm dịch vụ quản lý vô tuyến của Bộ khoa học và ICT Hàn Quốc. Trung tâm có vị trí ở Thành phố, Seolseong-myeon, Icheon-si, Gyeonggi-do, cách Seoul 70 km (37.2°N 126.6°E). Cung quỹ đạo kiểm soát từ 50° E to 160° W (120 vệ tinh địa tĩnh).



Hình 3.11. Hệ thống Ăng ten kiểm soát vệ tinh tại Hàn Quốc

- Ăng ten kiểm soát: 02 Ăng ten 13m cấu hình giống nhau loại Cassegrain, băng tần L; S; C; X; Ku; Ka (1.45-1.8; 2.17-2.655; 3.4-4.8; 6.7-7.75; 10.7-12.7; 17.7-21.2) GHz, track theo chương trình.

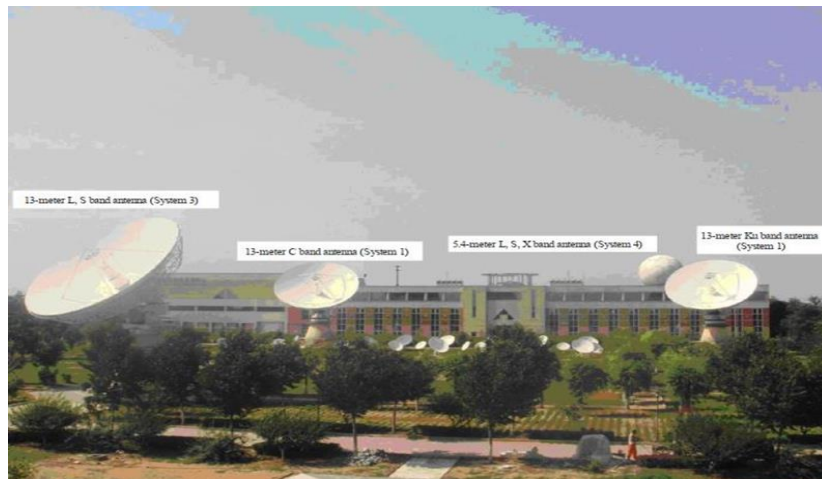
- Hệ thống định vị đài trái đất: Sử dụng kỹ thuật FDOA/TDOA bằng cách ghép cặp sử dụng 02 ăng ten full motion, Cassegrain, (1.45-1.8; 2.17-2.655; 3.4-4.8; 6.7-7.75; 10.7-12.7; 17.7-21.2) GHz.

- Sử dụng hệ thống máy phát tham chiếu riêng cho định vị đài trái đất.

- Hệ thống kiểm soát lưu động: Trung tâm có 01 xe kiểm soát vệ tinh lưu động băng tần L, S, C, X, Ku, Ka cho vệ tinh, dải tần 200 MHz ~ 40 GHz cho hệ thống vô tuyến mặt đất và các thiết bị kiểm soát xách để xác định đài phát trong vùng kết quả định vị.

3.1.2.3. Trung Quốc

- Ăng ten kiểm soát: Ăng ten 13m, băng C (3.4-4.2; 4.5-4.8) GHz; Ăng ten 13m, băng Ku (10.7-12.7) GHz; Ăng ten 7.3m băng C (3.4-4.2GHz), dự phòng cho Ăng ten 13m C-band; Ăng ten 7.3m, băng Ku (10.7-12.7GHz), dự phòng cho Ăng ten 13m Ku-band; 04 Ăng ten 7.3m, băng C, Ku (3.4-4.2; 10.7-12.75) GHz; Ăng ten 13m, băng L, S (1.45-1.75; 2.1-2.8) GHz.



Hình 3.12. Hệ thống Ăng ten kiểm soát tại Trung Quốc

- Hệ thống định vị đài trái đất: Sử dụng kỹ thuật định vị đài phát sử dụng kỹ thuật FDOA/TDOA, 02 hệ thống với 04 ăng ten 7.3m, băng C, Ku (3.4-4.2; 10.7-12.75) GHz.

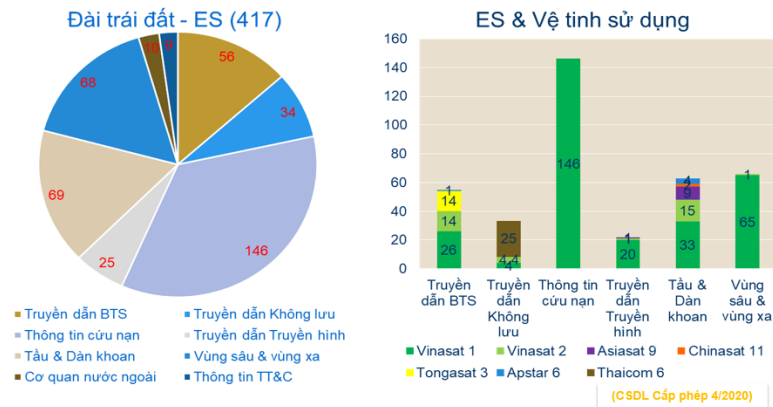
- Hệ thống máy phát tham chiếu riêng cho định vị đài trái đất: 12 máy phát tham chiếu (C, Ku-band) tại 6 Đài Kiểm soát vô tuyến điện, được phân bố hợp lý trên toàn quốc, trong đó có 2 máy phát lắp đặt tại Đài Kiểm soát vô tuyến điện Beijing

- Hệ thống kiểm soát lưu động: 02 xe kiểm soát vệ tinh lưu động dải tần từ 1-18GHz và các thiết bị kiểm soát cầm tay (máy phân tích phổ + ăng ten) và sử dụng UAV trong kiểm soát xác định đài trái đất trong vùng kết quả định vị.

3.2. Hiện trạng các mạng đài trái đất và can nhiễu thông tin vệ tinh tại Việt Nam

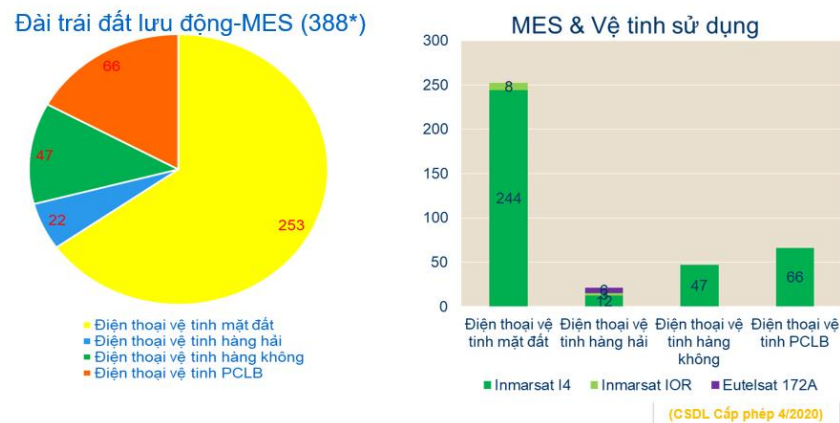
3.2.1. Hiện trạng mạng đài trái đất

- Đài trái đất cố định:



Hình 3.13. Phân bố đài trái đất cố định

- Đài trái đất lưu động:



Hình 3.14. Phân bố đài trái đất lưu động

- Đài trái đất theo băng tần:

+ Băng C, Ku:

Bảng 3.2. Mạng đài theo băng tần C, Ku

Loại mạng đài	Tổng số mạng đài								
	TT&C	Truyền dẫn BTS	Đại sứ quán	Hàng không	PCLB & TKCN	Quảng bá	Giàn khoan	VSAT IP	Tổng
PCLB và VSAT IP vùng sâu vùng xa	0	0	0	0	146	0	0	65	211
Qua vệ tinh VINASAT 1	4	26	0	4	0	23	33	0	90
Qua vệ tinh VINASAT 2	2	14	0	0	0	1	15	1	33
Qua vệ tinh nước ngoài	3	16	10	30	0	1	21	2	83

+ Băng Ka: 6 đài lưu động trên tàu biển qua vệ tinh nước ngoài (Eutelsat 172A)

3.2.2. Can nhiễu thông tin vô tuyến điện qua vệ tinh

Các bộ phát đáp vệ tinh dễ bị ảnh hưởng bởi các bộ gây nhiễu đường lên và đường xuống có chủ ý và không chủ ý. Sự can thiệp không chủ ý thường do một trong những lý do sau:

- Hoạt động không đúng dịch vụ vệ tinh được cấp phép;
- Lỗi người vận hành;
- Sự cố thiết bị;
- Nhiễu phân cực;
- Nhiễu từ vệ tinh lân cận.

Gây nhiễu có chủ ý có thể do cố ý gây nhiễu cho các mục đích chính trị hoặc tội phạm, cũng như các trạm mặt đất không có giấy phép chiếm dụng bất hợp pháp các tần số vệ tinh không hoạt động, gây suy giảm có hại hoặc gián đoạn các dịch vụ được cấp phép. Do đó, việc xác định vị trí và điều tra nhiễu vệ tinh là rất quan trọng. Mỗi loại nhiễu có các kỹ thuật đo được ưu tiên do các đặc tính tín hiệu khác nhau. Do đó, một hệ thống định vị vệ tinh phải hoạt động trên các loại tín hiệu nhiễu:

- Sóng liên tục (CW).
- Tín hiệu điều chế số, tương tự.

- TDMA/FDMA/CDMA.
- Tín hiệu kiểu Burst.
- Tín hiệu xung.
- Tín hiệu quét.

Ví dụ, để thực hiện định vị tín hiệu CW, chỉ cần các phép đo FDOA. Tuy nhiên, trong trường hợp nhiều TDMA, phải hoàn thành các phép đo tham số bổ sung để xác định trước có bao nhiêu trạm đang hoạt động và khoảng thời gian của mỗi trạm trước khi bắt đầu định vị.

Bảng 3.3. Một số trường hợp can nhiễu điển hình trên vệ tinh VINASAT

STT	Tình huống nhiễu	Bộ phát đáp bị nhiễu	Băng thông (MHz)	Tần số bị nhiễu (MHz)	C/N (dB)	Nguyên nhân và khắc phục
1	Phân cực	C1	1.0242	3425.285	14	Nhiều do 1 đài trái đất trên bộ phát đáp C10 gây sang C1. Thực hiện căn chỉnh lại anten của đài trái đất trên C10
2	ASI - Uplink (Nhiều liên vệ tinh đường lên)	C2	1	3468.66	15	Nhiều từ đài trái đất thông tin liên lạc qua vệ tinh Apstar 6C ở vị trí quỹ đạo 134 ⁰ E sang bộ phát đáp C2-VINASAT 1. Thực hiện căn chỉnh lại anten phát lên vệ tinh Apstar 6C.
3	ASI - Downlink (Nhiều liên vệ tinh đường xuống)	C9	24	3590		Anten thu vệ tinh VINASAT 1 căn chỉnh không chuẩn, thu được cả tín hiệu thông tin qua vệ tinh Apstar 6C. Thực hiện căn chỉnh lại anten thu VINSAT 1.
4	Nhiều đèn chân	C10	0.5947	3448.8219	17	Trạm phát bị lỗi thiết bị BUC. Thực hiện thay thế BUC.
5	Nhiều chạy dạng CW	C10	13	3418,2-3431,5		Do một đài trái đất dùng dịch vụ VSAT IP trên vệ tinh VINASAT 1 gây ra. Thay thế BUC
6	Sóng mang phát đồng kênh	C6	0.4	3538.7		Do một đài trái đất đã từng sử dụng tần số này trong lịch sử vô tình bật sóng mang lên để kiểm tra máy

3.3. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh

địa tĩnh tại Việt Nam

3.3.1. Giải pháp định vị

- Đối với băng Ka, có 03 vệ tinh có vùng phủ Việt Nam:

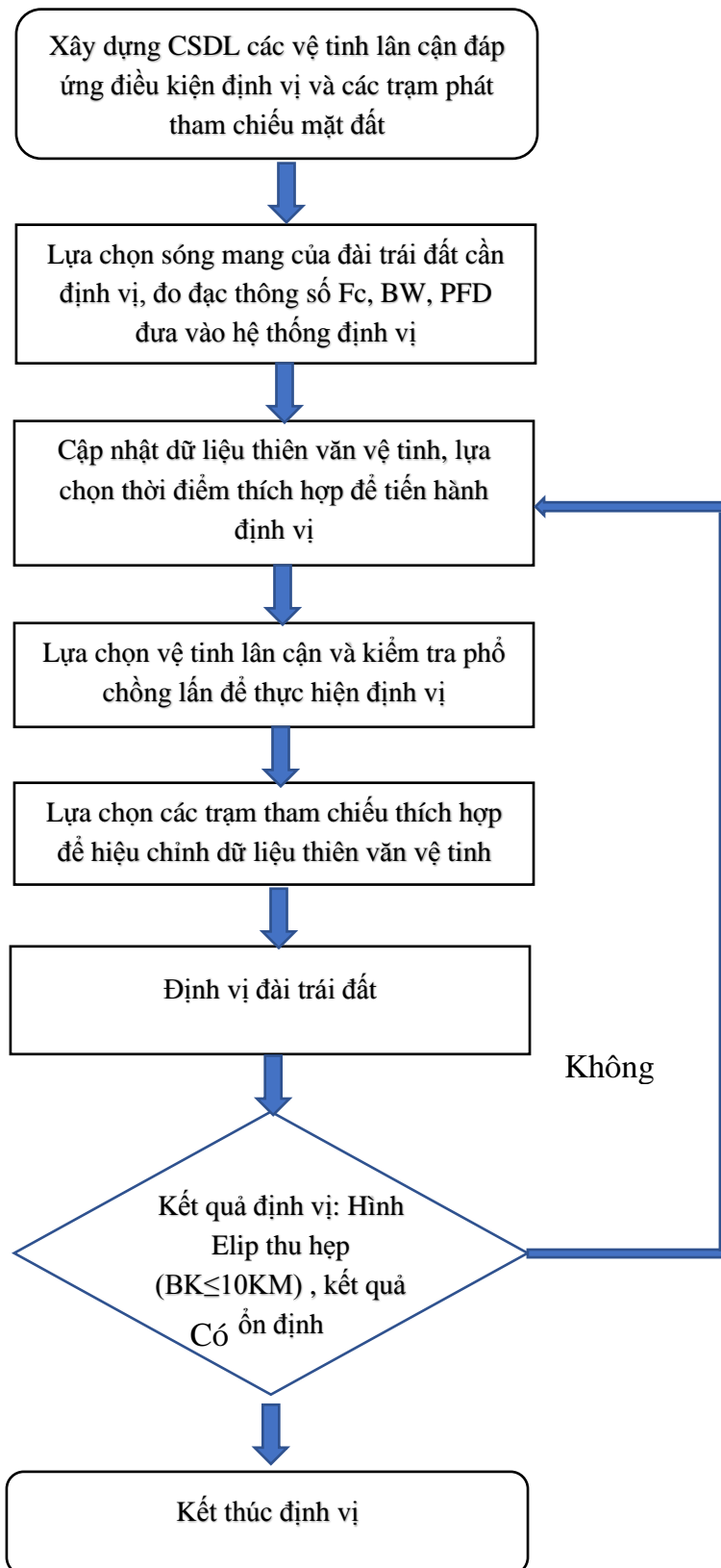
Bảng 3.4. Vệ tinh băng Ka có vùng phủ Việt Nam

STT	Tên vệ tinh	Vị trí quỹ đạo ($^{\circ}$ E)	Tín hiệu phát
1	Express AM5	145	Beacon
2	Chinasat 16	110.5	Sóng mang
3	Eutelsat 172A	172	Sóng mang

Theo Bảng 3.4 không có cặp vệ tinh lân cận đáp ứng điều kiện định vị, như vậy chỉ có thể sử dụng phương pháp định vị sử dụng 01 vệ tinh địa tĩnh với điều kiện có hệ thống các trạm tham chiếu riêng mặt đất. Hiện tại, Việt Nam chưa có vệ tinh băng Ka, bên cạnh đó vệ tinh nước ngoài sử dụng băng Ka phủ sóng Việt Nam cũng như số lượng đài mặt đất rất ít, chỉ có 06 đài trái đất lưu động, việc trang bị hệ thống định vị không mang lại hiệu quả vì đối tượng quản lý ít và lưu động ngoài biển. Do vậy, luận văn chủ yếu tập trung đưa giải pháp thực hiện đối với các đài trái đất băng C và Ku thông tin liên lạc qua vệ tinh Vinasat và với anten giám sát và định vị đặt tại Việt Nam.

Các tham số đầu vào hệ thống định vị và điều kiện định vị: Xác định đối tượng định vị là sóng mang của đài trái đất, cần đo lường các thông số đặc trưng của sóng mang như tần số, băng thông, mật độ phổ công suất/mức tín hiệu (đài trái đất sử dụng anten có kích thước càng nhỏ thì mức bức xạ của búp sóng phụ càng lớn). Để biết thời điểm định vị tốt cần cập nhật dữ liệu thiên văn các vệ tinh qua các trang cung cấp miễn phí như celestrak, space-track hoặc mua dữ liệu từ các đơn vị cung cấp. Các trạm tham chiếu cần được xây dựng và lựa chọn nhằm hiệu chỉnh dữ liệu thiên văn vệ tinh. Để thực hiện định vị các vệ tinh có cùng băng tần, phân cực, vùng phủ và góc tách biệt giữa các vệ tinh theo khuyến nghị tại Bảng 3.1, điều kiện tương tự cho anten thu mặt đất, dữ liệu thiên văn vệ tinh tốt tại thời điểm cập nhật để định vị, có hệ thống các trạm tham chiếu để phục vụ hiệu chỉnh dữ liệu thiên văn vệ tinh.

Lưu đồ giải pháp thực hiện:



Hình 3.15. Lưu đồ giải pháp thực hiện định vị

3.3.1.1. Xây dựng CSDL các vệ tinh lân cận đáp ứng điều kiện định vị và các trạm phát tham chiếu mặt đất

Đây là bước quan trọng để xác định sóng mang từ đài trái đất có thể định vị được hay không với tài nguyên vệ tinh địa tĩnh lân cận sẵn có trên quỹ đạo GEO cũng như dự đoán độ chính xác kết quả định vị thông qua mật độ các trạm tham chiếu trên vùng địa lý muốn định vị

Vệ tinh lân cận ngoài đáp ứng điều kiện định vị tại Mục 3.1.1.4, có thể sử dụng được hay không còn phụ thuộc vào các thông tin công khai của đơn vị quản lý vệ tinh (như Frequency Plan, tần số bộ dao động nội vệ tinh LO – đổi tần số từ phát sang thu) nhằm tính toán thông số đường xuống từ vệ tinh từ đài phát lên vệ tinh xuống 02 anten thu mặt đất của hệ thống định vị vệ tinh FDOA/TDOA

Với các yêu tố trên, Vệ tinh Vinasat 1 có thể sử dụng các vệ tinh lân cận sau để phục vụ định vị đài trái đất

Bảng 3.5. vệ tinh lân cận vệ tinh Vinasat đáp ứng điều kiện định vị

Vệ tinh lân cận vệ tinh VINASAT-132 E		Bảng C		Bảng Ku	
Tên vệ tinh	Vị trí quỹ đạo(°E)	Tần số phát lên vệ tinh lân cận (MHz)	Bộ phát đáp trên vệ tinh Vinasat 1 cùng băng tần	Tần số phát lên vệ tinh lân cận (MHz)	Bộ phát đáp trên vệ tinh Vinasat 1,2 cùng băng tần
Asiasat 9	122	Không có	Không có	14255-14491	19-24V: VNS2
				14255-14422.44	7-11H: VNS1
ChinaSat 6A	125	Không có	Không có	14255-14491	19-24V: VNS2
JCSat 3A	128	6447-6479	C1-V	13949.5 - 14491	17-24V: VNS2
		6431-6463	C10-H	13949.5 - 14491	5-12H: VNS1
Laosat	128.5	6489-6707	C2,4,6,8,12-H	12763-12997	19-24V: VNS2
		6489-6719	C3,5,7,9,11-V		
APSTAR 6C	134	6443-6643	C10,2,4,6,8,12-H	14255-14491	1-7V: VNS1
		6431-6643	C1,3,5,7,9,11-V		
Telstar 18 VANTAGE	138	6443-6643	C10,2,4,6,8,12-H	14255-14467	7-12H: VNS1
		6431-6642	C1,3,5,7,9,11-V	14255-14491	19-24V: VNS2
PSN 6	146	6443-6683	C10,2,4,6,8,12-H	Không có	Không có
		6447-6707	C1,3,5,7,9,11-V		

Nguồn dữ liệu lấy từ satbeams.com

Như vậy qua Bảng 3.5, tại Việt Nam có thể áp dụng cả phương pháp định vị sử dụng 2 vệ tinh hay 3 vệ tinh đáp ứng điều kiện định vị, tuy nhiên không thể bao trùm được hết dải tần hoạt động của vệ tinh Vinasat.

Đối với sử dụng các trạm tham chiếu, tùy vào năng lực trang bị có thể sử dụng hệ thống trạm riêng. Ưu điểm, linh hoạt, có thể di chuyển vào vùng định vị để tối ưu kết quả định vị, có thể chủ động điều chỉnh các tham số phát mong muốn. Nhược điểm: kinh phí đầu tư ban đầu cao. Một phương án khác có thể được sử dụng là sử dụng các đài phát đã được cấp phép để làm hệ thống các trạm tham chiếu. Ưu điểm: sử dụng đài sẵn có, không phải đầu tư thiết bị cũng như nhân lực vận hành. Nhược điểm: Kém linh hoạt, không thể có thể di chuyển vào vùng định vị để tối ưu kết quả định vị, khó điều chỉnh các tham số phát mong muốn và phụ thuộc vào điều kiện hoạt động thiết bị của khách hàng. Giải pháp sử dụng trạm tham chiếu sẵn có có thể được áp dụng tại Việt Nam, tuy nhiên việc trang bị một số lượng trạm tham chiếu theo chiều dài đất nước cũng cần phải được cân nhắc nhằm đáp ứng đòi hỏi ngày càng cao trong định vị, xác định đài trái đất.

3.3.1.2. Cập nhật dữ liệu thiên văn vệ tinh

Dữ liệu thiên văn vệ tinh (Ephemeris) dạng TLE (Two-Line Element) là một tập hợp hai dòng dữ liệu liệt kê các phần tử quỹ đạo mô tả thời gian, sự phối hợp, vị trí và vận tốc của một vật thể quay quanh Trái đất với sáu phần tử Kepler. Biểu diễn dữ liệu TLE dành riêng cho các mô hình nhiễu loạn Đơn giản hóa (SGP, SGP4, SDP4, SGP8 và SDP8).

Mạng lưới giám sát không gian của Hoa Kỳ theo dõi tất cả các vật thể có thể phát hiện trong quỹ đạo trái đất và tạo TLE tương ứng cho từng vật thể và công khai TLE của các vật thể không được phân loại từ một trang web được tài trợ, đó là Space Track. Định dạng TLE là tiêu chuẩn thực tế để phân phối các phần tử quỹ đạo của vật thể quay quanh Trái đất.

Tùy vào năng lực trang bị, dữ liệu thiên văn vệ tinh có độ chính xác cao có thể mua từ các nhà cung cấp hoặc hỗ trợ từ nhà khai thác vệ tinh. Tuy nhiên, dữ liệu thiên

văn miễn phí lấy qua trang Celestrak.com vẫn được sử dụng rộng rãi trên thế giới với việc hiệu chỉnh qua sử dụng trạm tham chiếu và công cụ phần mềm, có thể áp dụng tại Việt Nam.

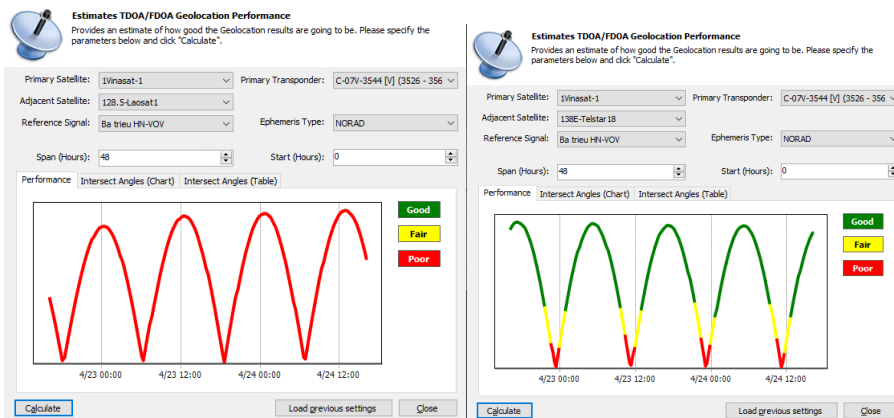
Dữ liệu thiên văn vệ tinh cần phải được cập nhật tại thời điểm định vị để thu thập các thông số hiện tại của vệ tinh về vị trí và tốc độ di chuyển để tính toán được tham số FDOA/TDOA.

3.3.1.3. Lựa chọn vệ tinh lân cận và kiểm tra phổ chồng lấn

Theo Bảng 3.5 có thể chọn phương pháp sử dụng định vị đài trái đất sử dụng 2 vệ tinh địa tĩnh hoặc 3 vệ tinh địa tĩnh đối với một số đoạn băng tần băng C, Ku nhất định trên các bộ phát đáp của vệ tinh Vinasat tùy thuộc vào năng lực của hệ thống định vị.

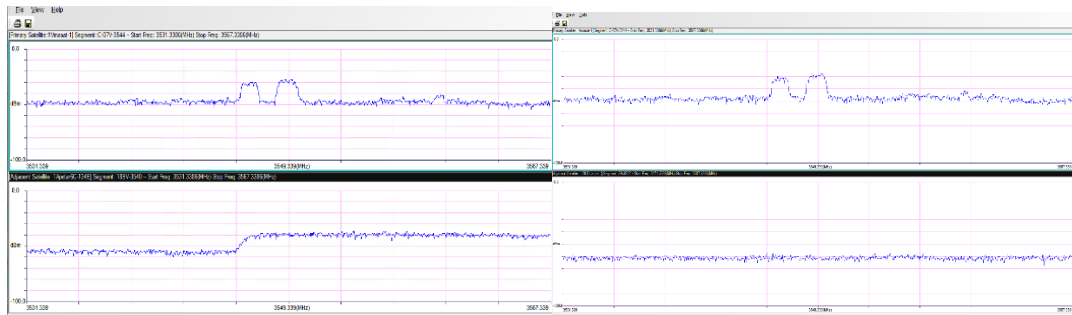
Tùy vào năng lực hệ thống định vị mà cung lựa chọn vệ tinh lân cận có thể rộng hay hẹp. Thường tín hiệu búp sóng phụ của đài phát trái đất phát lên vệ tinh lân cận xuống hệ thống thu, định vị nằm dưới nền nhiễu (thông thường từ 40-60dB dưới nền nhiễu), kỹ thuật xử lý để nâng cao độ lợi của hệ thống thu bằng cách lấy mẫu dữ liệu trong một băng thông rộng hơn, thời gian dài hơn.

Trong điều kiện có được dữ liệu thiên văn tốt từ các nhà khai thác vệ tinh hoặc mua từ đơn vị cung cấp thứ 3, tốt nhất chọn vệ tinh lân cận cách vệ tinh chính 1-2 độ nhằm đảm bảo mức tín hiệu trên vệ tinh lân cận. Trong trường hợp sử dụng dữ liệu thiên văn vệ tinh miễn phí như từ trang celestrak.com, căn cứ trên tính toán dữ liệu thiên văn vệ tinh của cặp vinasat với vệ tinh lân cận nào tại thời điểm định vị tốt thì chọn vệ tinh lân cận tương ứng.



Hình 3.16. Dự đoán chất lượng định vị qua dữ liệu thiên văn vệ tinh cập nhật vào hệ thống định vị

Kiểm tra phổ trên vệ tinh lân cận xem có phổ sóng mang chồng lẫn đang sử dụng hay không nhằm đảm bảo S/N trên vệ tinh lân cận để có thể tính toán được tham số FDOA/TDOA. Trường hợp có phổ sóng mang chồng lẫn đang sử dụng, nếu kết quả định vị không tốt, cần lựa chọn vệ tinh lân cận khác.



Hình 3.17. Kiểm tra phổ chồng lẫn trên các vệ tinh lân cận

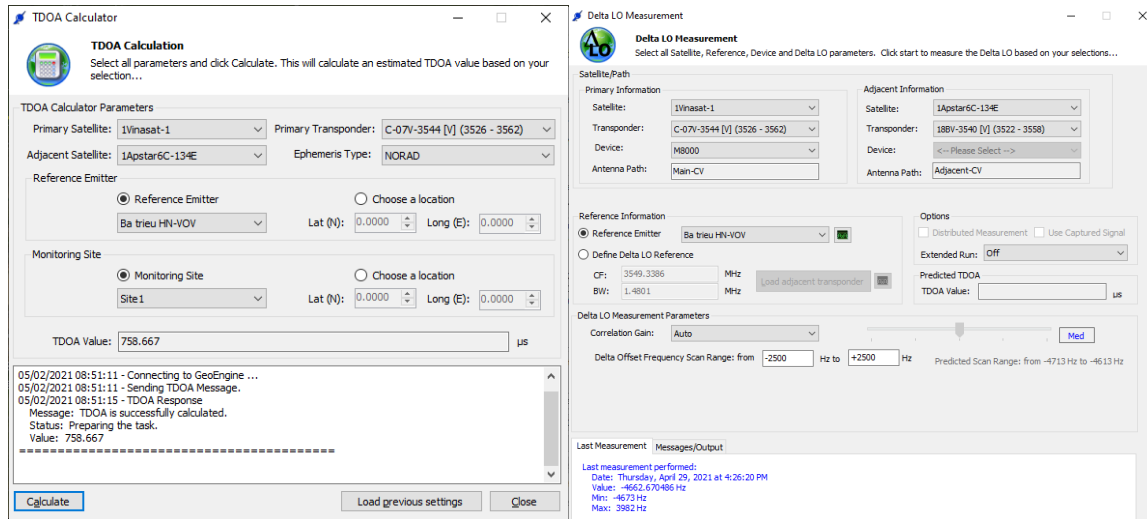
3.3.1.4. Lựa chọn các trạm tham chiếu

Để thu hẹp kết quả định vị cần chọn các trạm tham chiếu càng gần đài phát cần định vị càng tốt nhằm hiệu chỉnh dữ liệu thiên văn vệ tinh. Với hệ thống chưa có khả năng tự động tính toán để lựa chọn trạm tham chiếu tốt nhất so sánh kết quả đo đạc với kết quả đo từ đài phát cần định vị, cần chọn trạm tham chiếu ban đầu ở trung tâm đất nước sau đó tiếp tục sử dụng các trạm tham chiếu nằm trong vùng kết quả định vị hiệu chỉnh dữ liệu thiên văn đầu vào để thu hẹp vùng kết quả định vị.

Với hệ thống có tính năng trên, chỉ cần đưa các đài tham chiếu trải dài theo chiều dài đất nước, hệ thống sẽ tự động tìm ra trạm tham chiếu tốt nhất (gần với đài phát cần định vị) qua so sánh kết quả đo đạc từ đài phát cần định vị với kết quả đo đạc từ các trạm tham chiếu.

3.3.1.5. Định vị đài trái đất

Sau khi đưa vào đầu vào hệ thống các thông số đo đạc của đài trái đất và các thông số đo đạc, vị trí tọa độ của trạm phát tham chiếu, cập nhật dữ liệu thiên văn vệ tinh tại thời điểm định vị. Tính toán tham số FDOA và TDOA đối với trạm phát tham chiếu đã biết tọa độ trên trái đất, đối chiếu với tham số FDOA và TDOA của đài trái đất cần định vị, hiệu chỉnh sai số dữ liệu thiên văn vệ tinh.



Hình 3.18. Tính toán tham số FDOA/TDOA

Trường hợp vùng kết quả định vị lớn cần tiếp tục lựa chọn các trạm tham chiếu trong vùng kết quả định vị để thực hiện lại định vị. Mật độ trạm tham chiếu càng dày cho vùng kết quả định vị càng thu hẹp. Trạm tham chiếu càng gần đài trái đất cần định vị cho kết quả định vị càng chính xác. Định vị sử dụng hệ thống thiết bị định vị của Glowlink với anten thu băng tần C (3.4-4.2 GHz), Ku (10.7-12.75 GHz) 6.3m, 11m của Vertex.

3.3.1.6. Một số kết quả định vị

Bảng kết quả thực hiện tại thời điểm dữ liệu thiên văn vệ tinh tốt, sử dụng và cập nhật miễn phí qua trang celestrak.com, sử dụng cặp vệ tinh định vị với vệ tinh lân cận cùng băng tần, phân cực, vùng phủ, cách vệ tinh chính 2 độ, các trạm tham chiếu sử dụng qua các đài trái đất được cấp phép.

Bảng 3.6. Kết quả định vị đài trái đất

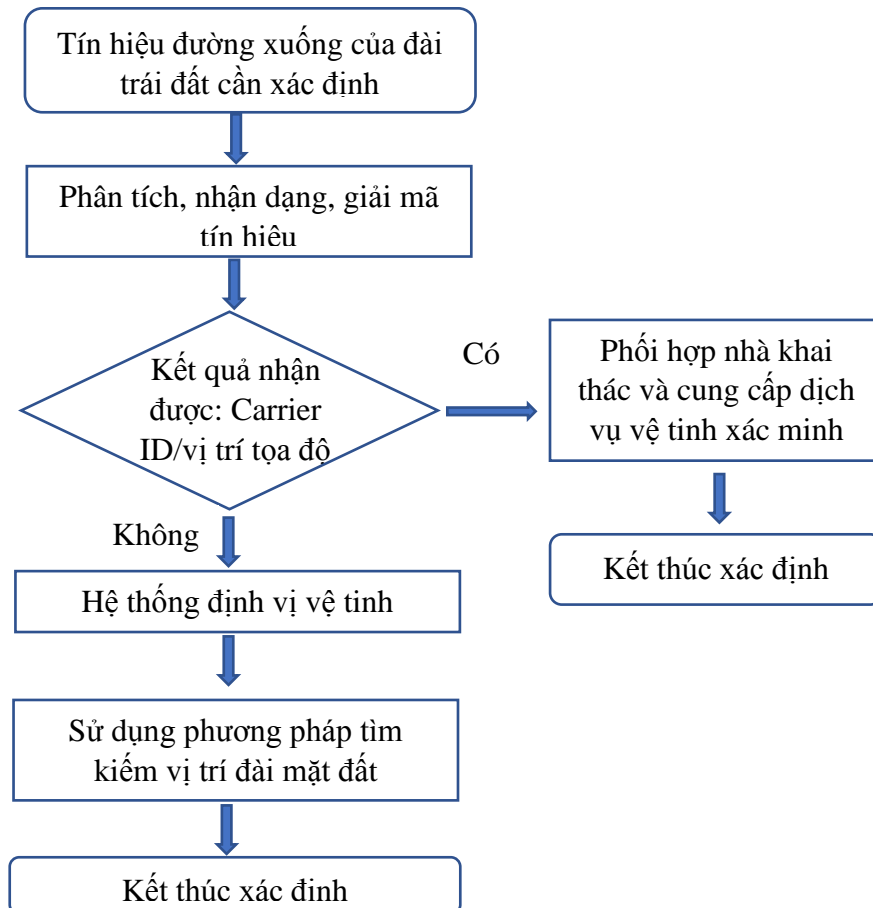
Tần số phát của đài trái đất (MHz)	Tần số thu tại anten thu (MHz)	Băng thông (MHz)	PFD (dBW/m ²)	Đường kính anten đài trái đất (m)	Khoảng cách tới trạm tham chiếu (Km)	Sai số định vị (Km)	Khu vực đặt đài trái đất
6574.33	3549.33	1.48	-165.79	3.8	3.85	1.66	Hà Nội
6482.95	3457.95	23.06	-158.97	4.8	13.24	2.86	Hà Nội
6574.33	3549.33	1.48	-165.79	3.8	17.11	3.48	Hà Nội
6517.95	3492.95	0.66	-190.45	6.3	24.56	5.20	Hà Nội
6571.75	3546.75	1.29	-161.39	3.8	30.90	6.61	Sài Gòn

6509.53	3484.53	0.38	-180.95	2.4	103.61	7.81	Biển Vũng Tàu
6623.42	3598.42	2.97	-172.49	2.4	115.33	13.62	Biển Vũng Tàu
6524.24	3499.24	0.81	-178.27	2.4	229.28	24.30	Biển Trường Sa

Đánh giá: Qua bảng kết quả có thể nhận thấy trạm tham chiếu càng gần vị trí đài trái đất cần định vị cho sai số định vị càng nhỏ phù hợp với việc sử dụng trạm tham chiếu để hiệu chỉnh dữ liệu thiên văn vệ tinh, và đường kính anten càng nhỏ cho kết quả định vị ổn định và tăng độ chính xác, khi sử dụng anten đường kính nhỏ phát xạ ở các búp sóng phụ sẽ lớn để đảm bảo tốt các điều kiện tín toán tham số tín hiệu thu được trên vệ tinh lân cận.

3.3.2. Giải pháp xác định vị trí đài trái đất

3.3.2.1. Sơ đồ xác định



Hình 3.19. Sơ đồ xác định đài trái đất

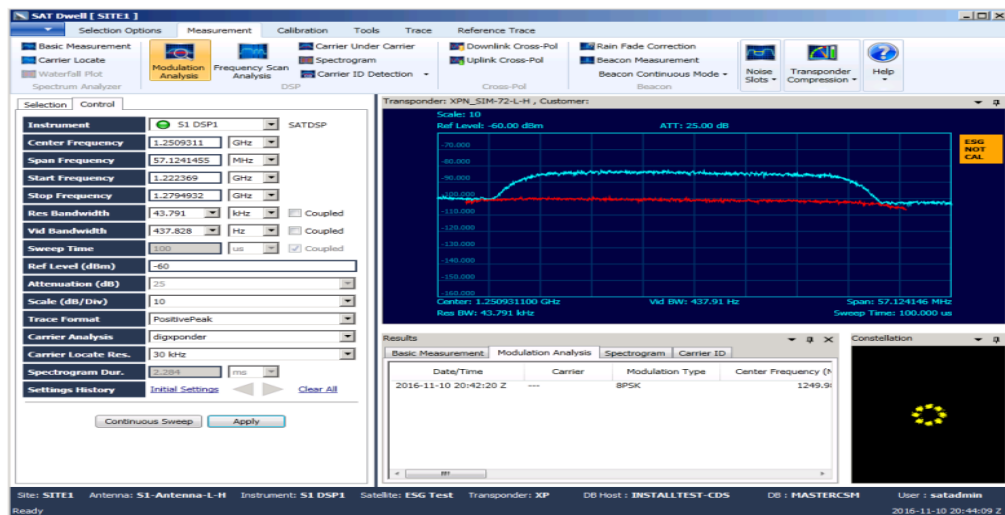
3.3.2.2. Giải pháp xác định đài trái đất qua giải mã CID và thông tin vị trí

- Giải mã CID: Yêu cầu hệ thống tích hợp bộ xử lý giải mã tín hiệu tín hiệu số và phần mềm giải mã

Hiện nay, chỉ có đài phát tín hiệu truyền hình số qua vệ tinh (DVB-S, DVB-S2) có thông tin về CID, được ETSI thông qua trong tài liệu kỹ thuật TS 103 129, trong đó đề cập CID chứa thông tin về vị trí, số điện thoại, nhà sản xuất, thuê bao... dữ liệu CID được trải phổ lên sóng mang ban đầu.

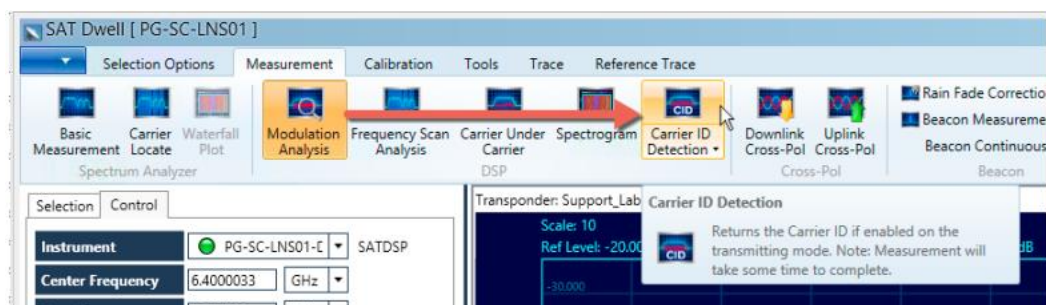
Quá trình xác định CID như sau:

Bước 1: Phân tích và giải điều chế tín hiệu



Hình 3.20. Phân tích và giải điều chế tín hiệu

Bước 2: Chọn phát hiện CID



Hình 3.21. Phát hiện CID

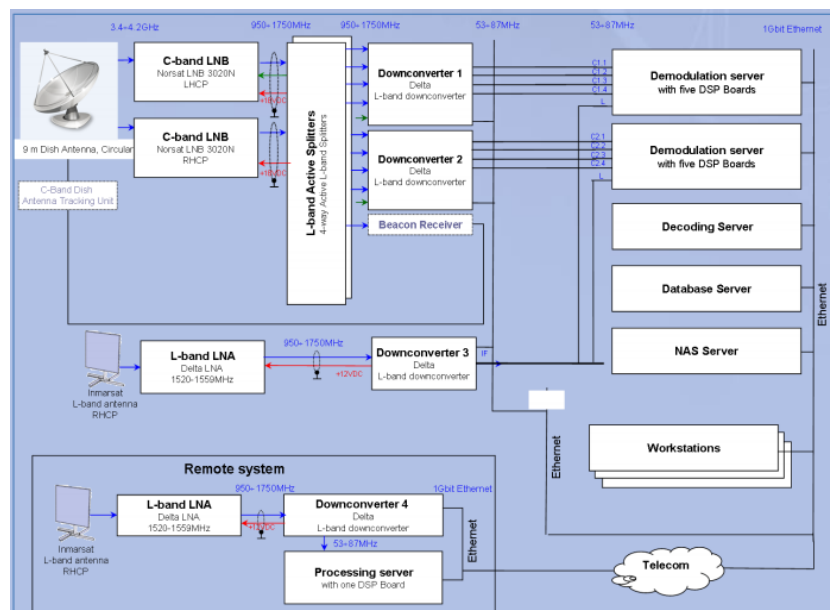
Bước 3: Nếu phát hiện có CID, giá trị duy nhất sẽ được hiển thị và giải nén thông tin về vị trí tọa độ đài phát chứa trong CID.

Basic Measurement				
Date/Time	Frequency (MHz)	Carrier ID	Latitude	Longitude
2016-09-21 17:40:29 Z	1249.99956	000639ffff090022		

Results				
Basic Measurement				
Date/Time	Frequency (MHz)	Carrier ID	Latitude	Longitude
2017-03-30 16:29:38 Z	3800.000139	000639ffff090022	37.354	121.955
2017-03-30 16:15:59 Z	3800.000139	000639ffff090022	---	---

Hình 3.22. Giải nén thông tin trong CID

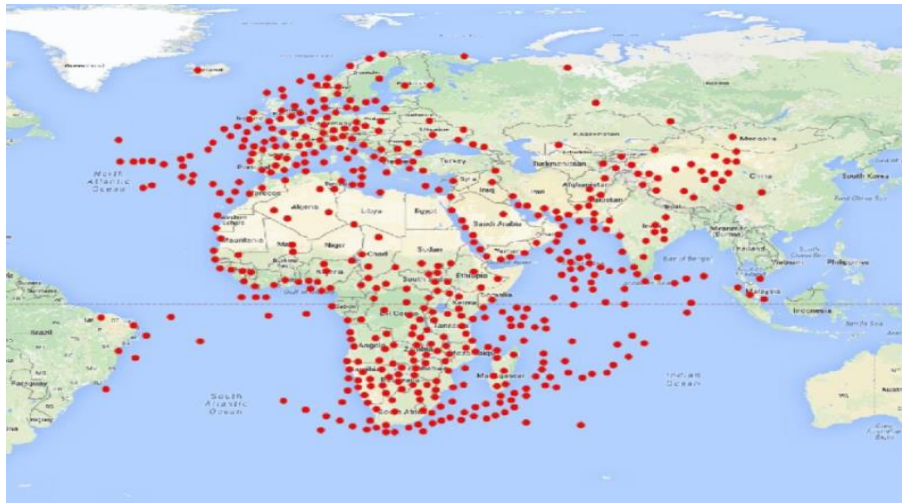
- Giải mã thông tin vị trí đối với dịch vụ di động qua vệ tinh: Hệ thống sử dụng 01 anten 9m sẽ phân tích tín đường xuống băng C (Global Beam) và anten dạng bản phẳng băng L (Tần số 1525-1660MHz, phân cực tròn, tăng ích 15dBic, beam width 35 độ, kích thước 18.970x9.570cm lưu động/481.18x243.1cm remote) để giải mã thông tin vị trí đài di động qua vệ tinh.



Hình 3.23. Sơ đồ hệ thống

Để tăng cường năng lực kiểm soát, phân tích, nhận dạng và giải mã của hệ thống, một số trạm remote băng L đặt ở các narrow spot beam khác nhau.

Hình 3.24. Giải mã thông tin vị trí tọa độ



Hình 3.25. Hiện thị vị trí trên bản đồ

Hiện nay, dịch vụ di động qua vệ tinh được sử dụng tại Việt Nam qua vệ tinh địa tĩnh Inmarsat 4F1 ở vị trí 143.5°E , Thuraya ở vị trí quỹ đạo 98.5°E với vị trí nằm gần vùng lõi bức sóng băng L.

3.3.2.3. Đề xuất phương pháp tìm kiếm vị trí đài mặt đất

- Phối hợp với nhà khai thác vệ tinh, cung cấp dịch vụ trong nước tắt/bật các đài phát trong khu vực kết quả định vị vệ tinh:

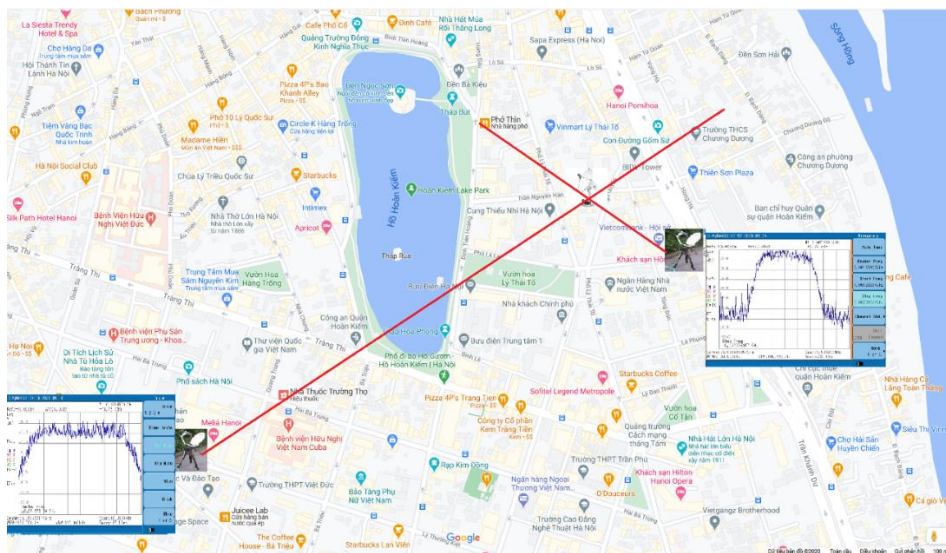
Giải pháp xác định đài trái đất gây nhiễu phân cực từ C4-H sang C5-V. Sau khi thu hẹp được kết quả định vị vệ tinh, phối hợp với nhà khai thác vệ tinh, cung cấp dịch tắt/bật các đài phát trong khu vực kết quả định vị để xác định.



Hình 3.26. Phổ và kết quả định vị

- Giải pháp so sánh mức tín hiệu thu được:

Sau khi xác định được khu vực định vị đài trái đất, tiến hành sử dụng xe kiểm soát vệ tinh hoặc anten thu có hướng, máy phân tích phổ cầm tay gọn nhẹ phù hợp với thông số thu được đài trái đất để triển khai tại các điểm cao trong khu vực kết quả định vị nhằm thu được tín hiệu đường lên của đài phát và quay anten theo các hướng để xác định hướng có mức tín hiệu thu được lớn nhất xác định hướng phát xạ, quá trình lặp lại tại các điểm cao tiếp theo qua đó xác định vị trí đài phát tại điểm giao của các tia hướng tại các điểm cao.



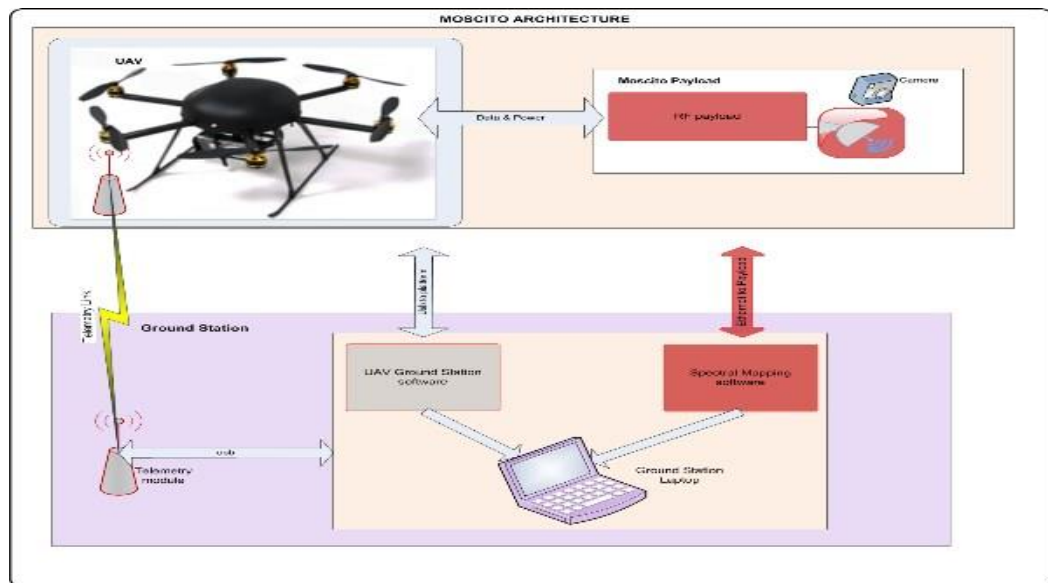
Hình 3.27. Kiểm soát tại các điểm cao xác định đài không phép

- Giải pháp sử dụng thiết bị bay không người lái UAV:

Giải pháp này hiệu quả trong khu vực đô thị hoặc kết quả định vị diện rộng, với đặc điểm thiết bị thu, kiểm soát trên cao nên không bị che chắn bởi chướng ngại vật, có thể thu được bức sóng chính hoặc bức phụ thứ nhất của đài trái đất. Tại Việt



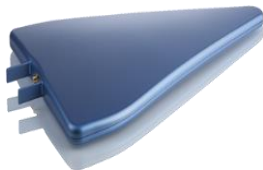
Nam, để triển khai bay UAV phục vụ xác định đài trái đất cần tuân thủ nghiêm ngặt các quy định như xin cấp phép bay, hiệp đồng và đảm bảo an toàn bay, thông báo bay.

Cấu hình hệ thống điển hình sử dụng UAV có gắn các thiết bị kiểm soát, tích hợp phần mềm phân tích dữ liệu hiển thị trên bản đồ số, cùng hệ thống kết nối mặt đất điều khiển để kiểm soát trên không để nhanh chóng thu và xác định đài phát mặt đất.



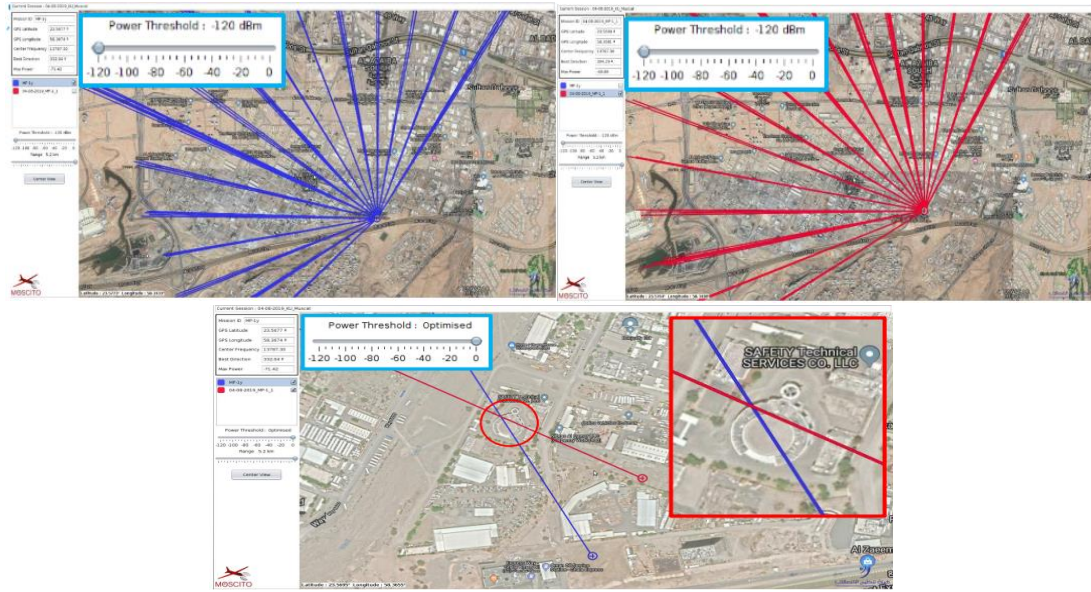
Hình 3.28. Sơ đồ hệ thống sử dụng UAV

Anten kiểm soát gắn trên UAV: Đối với phân cực tuyến tính (V/H) có thể sử dụng loại anten nhỏ gọn như anten HyperLOG 60350, Phân cực tròn sử dụng các anten

		
L-, C-, Ku 2-18 GHz Antenna LHCP, RHCP	Ka Antenna 18-40 GHz Antenna LHCP, RHCP	Dải tần 680MHz- 35GHz, khuếch đại 5dBi, phân cực V/H

Hình 3.29. Anten kiểm soát gắn trên UAV

Sử dụng phần mềm tối ưu xác định hướng thu được mức cao nhất của tín hiệu đài phát tại các điểm thu.



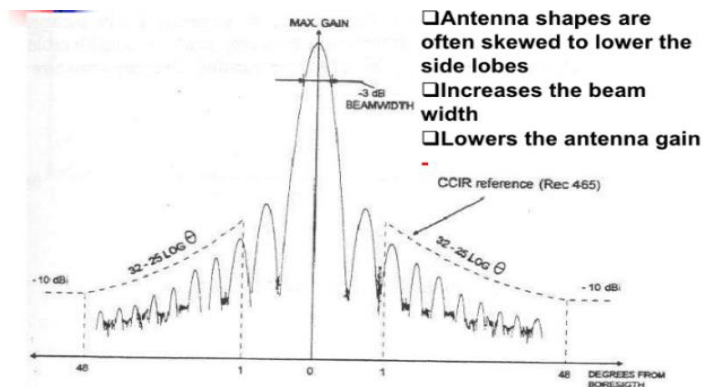
Hình 3.30. Định vị xác định vị trí đài trái đất qua UAV

3.3.2.4. Một số kết quả kiểm soát và tính toán mức tín hiệu thu được đường lên của đài trái đất khi sử dụng các phương tiện kiểm soát mặt đất

Tính toán mức tín hiệu thu được đường lên của đài trái đất khi sử dụng các phương tiện kiểm soát mặt đất nhằm tìm ra hướng tia tới tín hiệu của đài trái đất tại các vị trí kiểm soát qua so sánh mức tín hiệu thu được.

Các tính toán dựa trên giả thiết như sau:

- Anten phát của các đài trái đất tuân thủ khuyến nghị S.580, S.465, S524-9 [6], [7], [8], tính toán tại các vị trí đặt anten kiểm soát tại hướng búp sóng phụ so với trục của búp sóng chính anten phát từ góc 48^0 (theo thực tế kiểm soát rất khó có thể dùng anten thu để tiếp cận thu ở góc nhỏ hơn), sử dụng mô hình truyền sóng trong tầm nhìn thẳng (LOS – Line of Sight) trong không gian tự do.



Hình 3.31. Mẫu bức xạ anten

- Trạm VSAT phát điện hình: công suất phát 5W băng C, 4W băng Ku, băng thông 0.6MHz, anten phát băng C (đường kính 2.4m), băng Ku (đường kính 1.2m), suy hao đầu nối 0.5 dB.

- Thiết bị kiểm soát sử dụng:

+ Anten chảo thu: Đường kính 0.6m;

Độ lợi búp sóng chính (dB) = $10 \cdot \text{LOG}(n) + 20 \cdot \text{LOG}(D) + 20 \cdot \text{LOG}(f) + 20.4$

Với n – hiệu suất anten (0.62); D (m) đường kính anten; f (GHz) tần số thu

Độ rộng búp sóng chính: $70 \cdot \lambda / D$

Bảng 3.7. Tính độ rộng, độ lợi búp sóng chính của anten kiểm soát

Tần số (GHz)	Bước sóng (m)	Kích thước anten (m)	Độ rộng búp sóng chính (độ)	Độ lợi búp sóng chính
6.5	0.04615	0.6	5.38462	30.1452
14	0.02143	0.6	2.5	36.8095

+ Máy phân tích phổ N9344C: DANL (RBW=10Hz) C band với Preamp off: -130dBm, Preamp on: -140dBm; Ku band với Preamp off: -130dBm, Preamp on: -145dBm), suy hao cáp C band: 0.2dB/m, Ku band: 0.3dB/m, suy hao connector 0.2 dB/connector (sử dụng cáp 2m và 02 connector để đầu nối anten vào PTP). Span để 1Mhz.

- Băng C (uplink: 5.845 GHz – 6.725 GHz):

Bảng 3.8. Thông số trạm VSAT và anten kiểm soát băng C

Thông số trạm VSAT		Thông số đầu kiểm soát, thu đo	
Tần số phát (GHz)	6.5	Khuếch đại anten (dBi)	30.1
Công suất đầu ra BUC (dBm)	37	Suy hao (Cáp+Connector) (dB)	0.8
Khuếch đại anten phát dBi (REC 465)	-10		
Công suất đầu ra anten (dBm)	27		
Độ rộng búp sóng	1.35		

Bảng 3.9. Tính mức tín hiệu thu được tại phân tích phổ băng C

Khoảng cách (Tx-Rx) (m)	Suy hao trong không gian (dB)	Mức tín hiệu thu được tại PTP (dBm)
50	82.74	-26.94
100	88.76	-32.96
200	94.78	-38.98
500	102.74	-46.94
1000	108.76	-52.96
2000	114.78	-58.98
5000	122.74	-66.94
10000	128.76	-72.96

- Băng Ku (uplink:13.75 GHz – 14.5 GHz):

Bảng 3.10. Thông số trạm VSAT và anten kiểm soát băng Ku

Thông số trạm VSAT		Thông số đầu kiểm soát, thu đo	
Tần số phát (GHz)	14	Khuếch đại anten (dBi)	36.8
Công suất đầu ra BUC (dBm)	36	Suy hao (Cáp+Connector) (dB)	0.9
Khuếch đại anten phát dBi (REC 465)	-10		
Công suất đầu ra anten (dBm)	26		
Độ rộng búp sóng	1.25		

Bảng 3.11. Tính mức tín hiệu thu được tại phân tích phổ băng Ku

Khoảng cách (Tx-Rx) (m)	Suy hao trong không gian (dB)	Mức tín hiệu thu được tại PTP (dBm)
50	89.40	-28.00
100	95.42	-34.02
200	101.44	-40.04
500	109.40	-48.00
1000	115.42	-54.02
2000	121.44	-60.04
5000	129.40	-68.00
10000	135.42	-74.02

Bảng tính đúng khi pointing búp sóng chính của anten thu vào đỉnh của búp sóng phụ của anten phát, điều này khó thực hiện khi chưa biết giản đồ bức xạ của

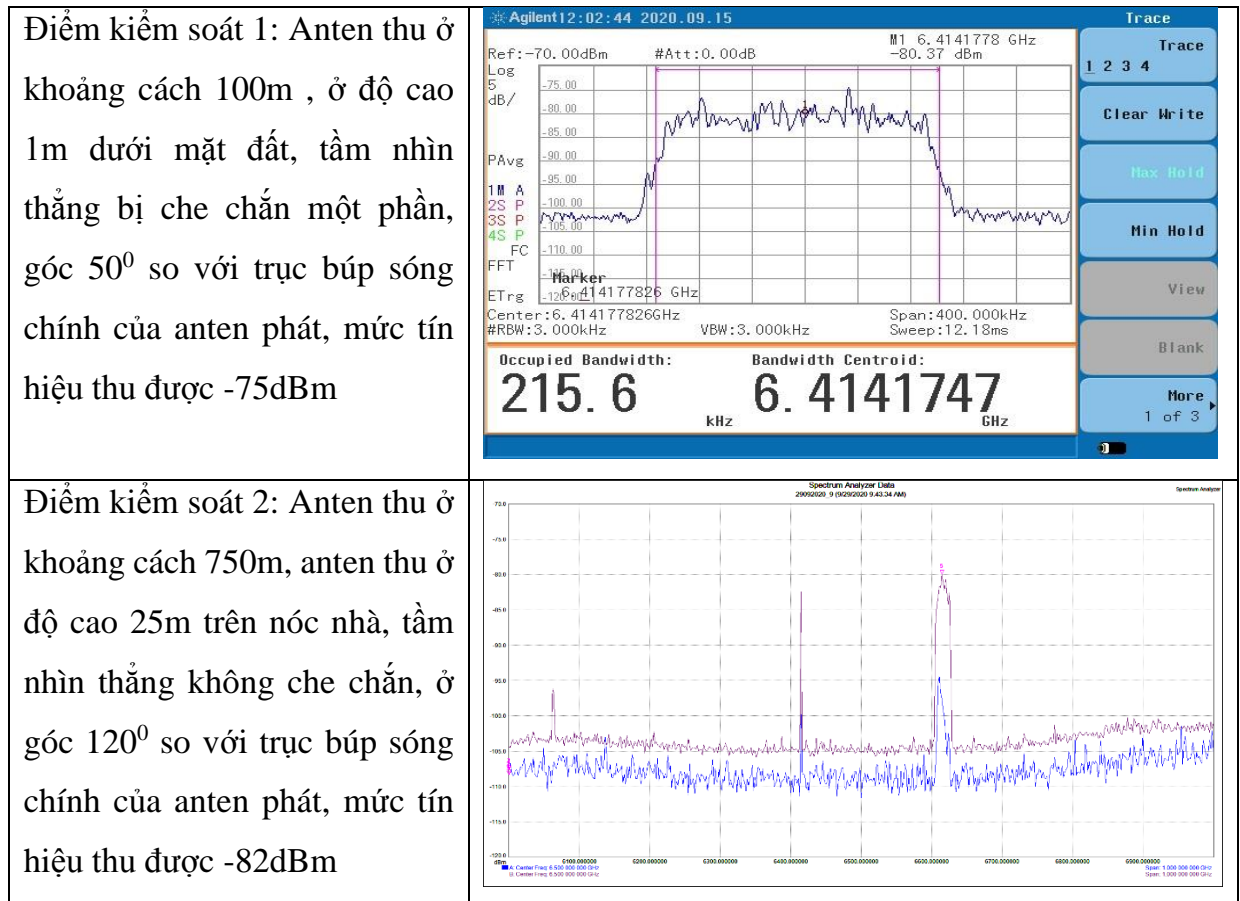
anten phát và khi ở vị trí thu xa anten phát, khi chất lượng anten phát suy giảm, độ lợi búp sóng phụ cũng sẽ giảm so với khuyến nghị S.465 [6].

3.3.2.5. Một số kết quả kiểm soát xác định đài trái đất

Sử dụng máy phân tích phổ N9344C, anten parabol FSA (1-18GHz). Kiểm soát xác định vị trí đài trái đất trong vùng kết quả định vị qua giao cắt giữa các tia hướng tới tín hiệu của đài trái đất tại các điểm thu, kiểm soát, sử dụng phương pháp so sánh mức tín hiệu tới. Địa bàn kiểm soát khu vực đô thị (Hà Nội).

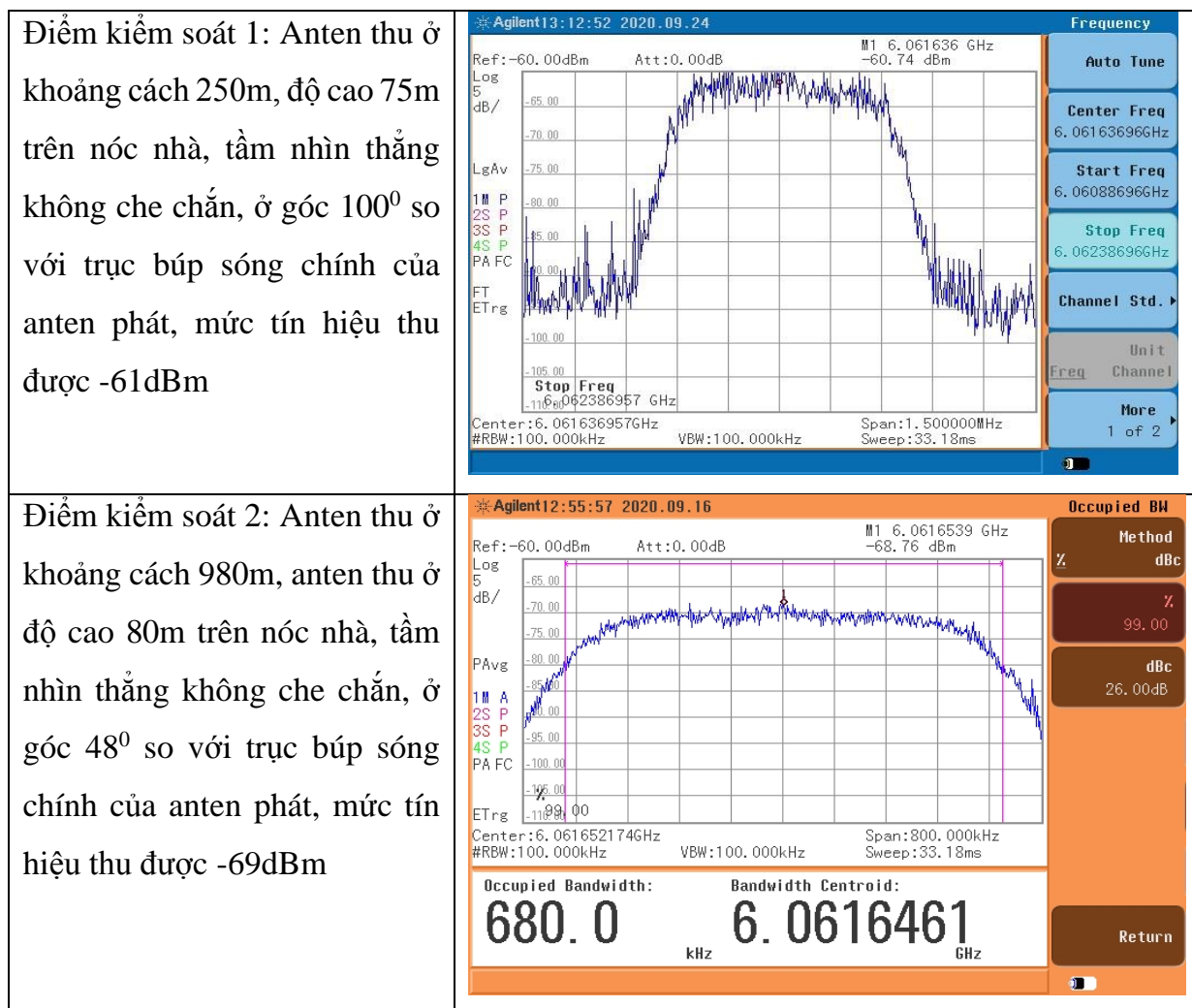
* Bảng C:

- Kiểm soát đài trái đất tần số phát 6414,17MHz, công suất phát tối đa 59,5dBW, băng thông 1MHz, độ cao anten 20m, đường kính anten 3.8m:



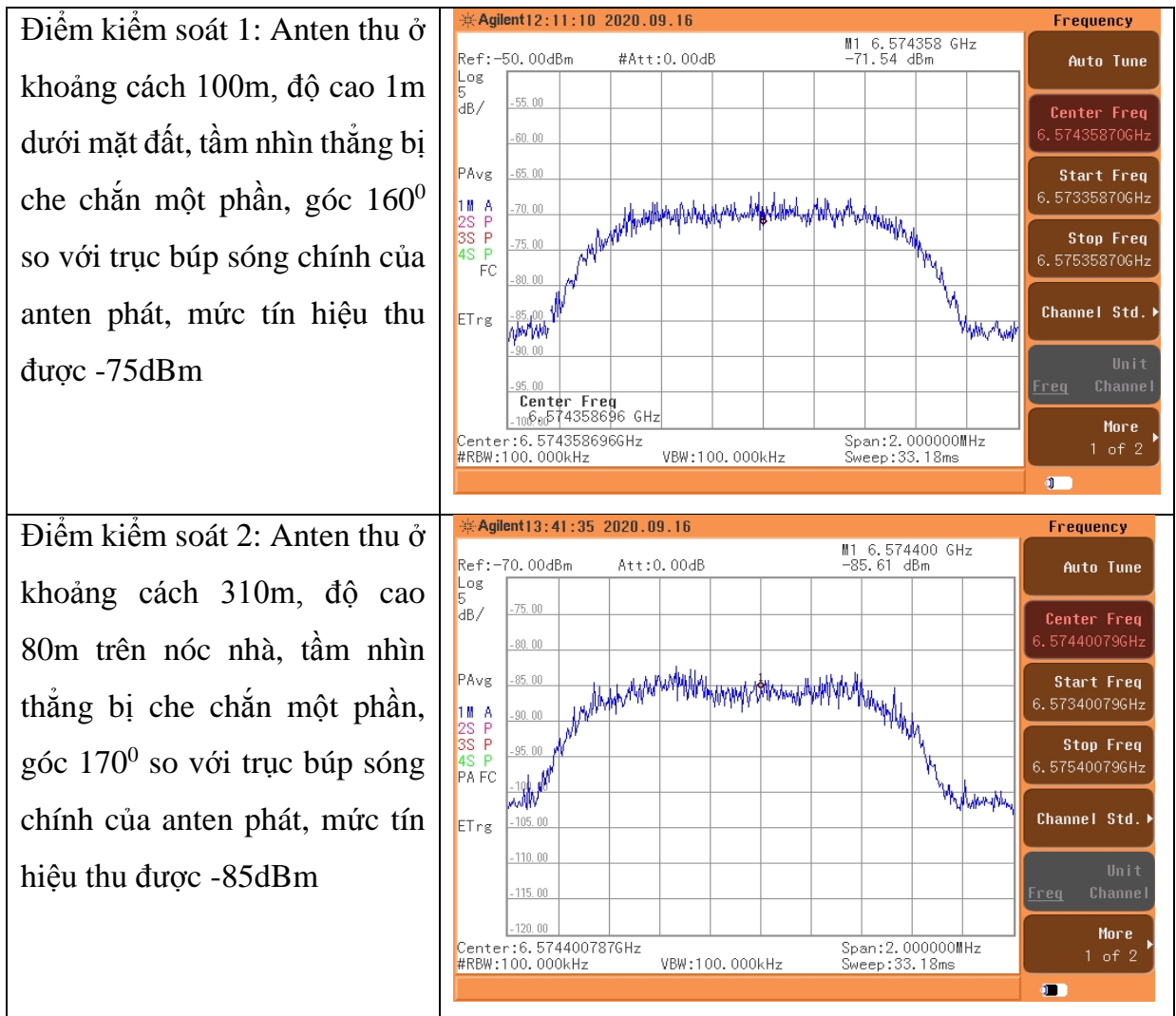
Hình 3.32. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6414,17MHz

- Kiểm soát đài trái đất tần số 6061.65 MHz, đặt ở độ cao 55m, đường kính anten 3.8m:



Hình 3.33. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6061.65 MHz

- Kiểm soát đài trái đất tần số phát 6574.29 MHz, đặt ở độ cao 20m, đường kính anten 3.8m, công suất phát tối đa 60W, băng thông 1.68MHz:



Hình 3.34. Kiểm soát xác định đài trái đất trên tần số 6574.29 MHz

* Băng Ku:

Kiểm soát đài trái đất băng Ku phát trên tần số 14.282 GHz, đặt ở độ cao 0.8m, công suất phát 4W (BUC), kích thước anten phát 1.2m, băng thông 0.8 MHz

Anten thu độ cao 1m, góc hướng 150^0 so với trục búp sóng chính của anten phát, tầm nhìn thẳng không che chắn

Bảng 3.12. Mức tín hiệu kiểm soát được băng Ku

Khoảng cách anten thu đến anten phát (m)	Mức tín hiệu thu được (dBm)
5	-40
12	-52
20	-71
30	-93

Đánh giá kết quả: Khi triển khai thực tế kiểm soát xác định vị trí đài phát, việc triển khai vị trí kiểm soát trong tầm nhìn thẳng (hoặc có thể thấy một phần anten phát) và giảm được khoảng cách đến đài phát là rất quan trọng để thu được tín hiệu trong vùng kết quả định vị vệ tinh. Việc thu tại các điểm thu khi sử dụng phương tiện kiểm soát mặt đất thường thấp hơn tính toán do suy hao pointing anten thu với đỉnh của búp sóng phụ của anten phát, suy hao không trong tầm nhìn thẳng ở môi trường đô thị, suy giảm chất lượng anten phát cũng dẫn đến suy giảm độ lợi búp sóng phụ. Xác định hướng tới của tín hiệu đài trái đất tại các điểm kiểm soát qua so sánh mức tín hiệu thu được đã xác định được vị trí đài trái đất.

3.4. Kết luận chương 3

Qua nghiên cứu kinh nghiệm của quốc tế, các nghiên cứu, khuyến nghị và báo cáo của ITU, chương 3 đã đề xuất lưu đồ giải pháp định vị và xác định đài trái đất thông tin liên lạc qua vệ tinh địa tĩnh phù hợp với thực tế hệ thống thông tin qua vệ tinh tại Việt Nam, cũng như đưa ra các kết quả tính toán và kiểm soát thực tế trong quá trình kiểm soát, định vị và xác định các đài trái đất thông tin qua vệ tinh của Việt Nam.

KẾT LUẬN

Luận văn đã trình bày đầy đủ các nội dung đề ra theo đề cương được phê duyệt, luận văn đã nghiên cứu các kỹ thuật định vị và định hướng đài phát vô tuyến điện và đưa ra được các kỹ thuật được sử dụng thông dụng và đã, đang và có thể áp dụng được tại Việt Nam. Chương 2, Luận văn đã nghiên cứu đưa ra được các bài thu đo tham số sóng mang của đài trái đất để đưa vào giải pháp định vị, đưa ra được lưu đồ thực thực hiện nhằm phân loại, nhận dạng sóng mang của đài trái đất nhằm đưa ra đặc điểm của từng loại sóng mang của từng đài trái đất phục vụ việc đưa ra giải pháp phù hợp để xác định vị trí của đài trái đất thực hiện trong Chương 3. Chương 3, qua nghiên cứu, tham khảo các giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất của ITU, một số nước trên thế giới và trên cơ sở phân tích, đánh giá các điều kiện để thực hiện định vị như hiện trạng tài nguyên sẵn có các vệ tinh địa tĩnh đáp ứng điều kiện định vị, các mạng đài VSAT, việc sử dụng các trạm tham chiếu, dữ liệu thiên văn vệ tinh tại Việt Nam cùng với đó là phân tích, đánh giá lựa chọn được các giải pháp xác định đài trái đất, Luận văn đã đưa ra được lưu đồ giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất phù hợp có tính khả thi tại Việt Nam, Luận văn đã đưa ra được các tính toán cho khả năng phát hiện, xác định đài trái đất trong các tình huống điển hình, có kết quả triển khai thực tế trên hệ thống thiết bị.

Kết quả của luận văn:

- Nghiên cứu kỹ thuật định vị và định hướng đài phát vô tuyến điện.
- Nghiên cứu các bài thu đo, phân tích, nhận dạng tín hiệu đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh.
- Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh địa tĩnh tại Việt Nam.

Khuyến nghị đề xuất

Luận văn hiện nghiên cứu thực hiện đối với các đài trái đất thông tin qua vệ tinh địa tĩnh, chưa thực hiện được đối đài trái đất thông tin với vệ tinh phi địa tĩnh như các hệ thống của Iridium, Starlink -SpaceX, OneWeb...

Hướng nghiên cứu tiếp theo

Hiện nay, thông tin liên lạc qua vệ tinh phi địa tĩnh rất phát triển cả về các loại hình dịch vụ, công nghệ như mạng internet phủ sóng toàn cầu Starlink của SpaceX, OneWeb, dự kiến tháng 9/2021 SpaceX sẽ phủ sóng mạng Internet qua chùm vệ tinh Starlink khu vực Đông Nam Á trong đó có Việt Nam, đòi hỏi yêu cầu quản lý cung cấp dịch vụ, các đài trái đất. Vì vậy cần có nghiên cứu chuyên sâu về phương thức kiểm soát, các bài thu đo phân tích, nhận dạng tín hiệu và xác định vị trí đài trái đất. Nếu có điều kiện tiếp tục nghiên cứu tiếp theo sau luận văn này, tôi kiến nghị nghiên cứu một số vấn đề sau:

1. Nghiên cứu các bài thu đo, phân tích, nhận dạng tín hiệu đài trái đất thông qua vệ tinh phi địa tĩnh
2. Nghiên cứu đánh giá và bài đo về tình huống can nhiễu giữa loại hình dịch vụ thông tin qua vệ tinh địa tĩnh và phi địa tĩnh
3. Giải pháp định vị và xác định vị trí đài trái đất thông qua vệ tinh phi địa tĩnh.

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Christopher L. Yatrakis (2001), Computing the Cross Ambiguity Function – A Review, Thesis, Binghamton University, 2001.
- [2]. Darko Musicki, Wolfgang Koch (2008), Geolocation using TDOA and FDOA measurements, 2008 11th International Conference on Information Fusion , IEEE, 2008.
- [3]. Howard Grant, Eric Salt; David Dodds (2013), Geolocation of communications satellite interference, 2013 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, IEEE, 2013.
- [4]. ITU (2011), Handbook Spectrum Monitoring, ITU, 2011.
- [5]. ITU (2016), Radio Regulations, ITU, 2016.
- [6]. ITU (2010), Recommendation ITU-R S.465-6, ITU, 2010.
- [7]. ITU (2003), Recommendation ITU-R S.580-6, ITU, 2003.
- [8]. ITU (2014), Recommendation ITU-R S.2062-0 , ITU, 2011.
- [9]. ITU (2017), Recommendation ITU-R SM.1600-3, ITU, 2017.
- [10]. ITU (2004), Recommendation ITU-R SM.1681-0, ITU, 2004.
- [11]. ITU (2017), Report ITU-R SM.2182-1, ITU, 2017.
- [12]. ITU (2018), Report ITU-R SM.2211-2, ITU, 2018.
- [13]. ITU (2018), Report ITU-R SM.2424-0, ITU, 2018.
- [14]. Karleigh J. Cameron (2018), FDOA-based passive source localization: A geometric perspective, Degree of Doctor, Colorado State University, 2018.
- [15]. Reza Zekavat and R. Michael Buehrer (2019), Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances, Wiley, 2019.