

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

ĐỒ ÁN NGHIÊN CỨU CỦ NHÂN

Phát triển hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR

NGUYỄN KHÁNH TRƯỜNG LỘC

loc.nkt204763@sis.hust.edu.vn

Ngành: Kỹ thuật máy tính

Giảng viên hướng dẫn: TS. Nguyễn Đình Thuận

Chữ ký GVHD

Khoa: Kỹ thuật máy tính

Trường: Công nghệ Thông tin và Truyền thông

HÀ NỘI, 06/2024

LỜI CAM KẾT

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Khánh Trường Lộc

Điện thoại liên lạc: 0941524771

Email: loc.nkt204763@sis.hust.edu.vn

Lớp: Kỹ thuật máy tính 02 - K65

Chương trình đào tạo: Kỹ thuật máy tính

Tôi - *Nguyễn Khánh Trường Lộc* - cam kết Đồ án Tốt nghiệp (ĐATN) là công trình nghiên cứu của bản thân tôi dưới sự hướng dẫn của *TS. Nguyễn Đình Thuận*. Các kết quả nêu trong ĐATN là trung thực, là thành quả của riêng tôi, không sao chép theo bất kỳ công trình nào khác. Tất cả những tham khảo trong ĐATN – bao gồm hình ảnh, bảng biểu, số liệu, và các câu trích dẫn – đều được ghi rõ ràng và đầy đủ nguồn gốc trong danh mục tài liệu tham khảo. Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với dù chỉ một sao chép vi phạm quy chế của nhà trường.

Hà Nội, ngày 30 tháng 06 năm 2024

Tác giả ĐATN

Họ và tên sinh viên

LỜI CẢM ƠN

Không có công việc nào thành công mà không có sự nỗ lực và đóng góp của nhiều người. Để hoàn thành được Đồ án nghiên cứu này, Tôi đã nhận được sự giúp đỡ, ủng hộ và khích lệ từ rất nhiều cá nhân và tập thể. Vì vậy, Tôi muốn gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc nhất đến tất cả mọi người vì đã đồng hành cùng Tôi trong suốt quá trình thực hiện Đồ án.

Trước hết, Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến cha mẹ của mình. Cha mẹ đã tạo điều kiện tốt nhất về mọi mặt, từ tinh thần đến vật chất, để Tôi có thể tập trung hoàn toàn vào việc học tập và nghiên cứu. Sự hy sinh và động viên không ngừng nghỉ của cha mẹ là nguồn động lực vô cùng quý báu, giúp Tôi vượt qua mọi khó khăn và thử thách.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến TS.Nguyễn Đình Thuận, người hướng dẫn tận tâm và nhiệt tình. Thầy đã không chỉ cung cấp hướng dẫn quý báu mà còn hỗ trợ về mặt tinh thần, đồng hành cùng Tôi trong việc nghiên cứu, tìm hiểu tài liệu và thiết kế hệ thống "Định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR". Sự tận tình và kiên nhẫn của thầy đã giúp Tôi có được những kiến thức và kỹ năng cần thiết để hoàn thành Đồ án.

Ngoài ra, Tôi cũng muốn bày tỏ lòng biết ơn đến các nghiên cứu sinh, sinh viên và cán bộ làm việc tại trung tâm Navistar - HUST. Mọi người đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất, cung cấp môi trường làm việc thuận lợi và hỗ trợ tôi trong suốt quá trình thực hiện Đồ án. Sự giúp đỡ và hỗ trợ của mọi người là yếu tố quan trọng giúp Tôi hoàn thành công việc này. Đặc biệt là bạn Nguyễn Hà Phong - 20204846 người bạn đã đồng hành trong quá trình làm đồ án.

Cuối cùng, xin cảm ơn tất cả bạn bè, đồng nghiệp và những người đã góp ý, động viên và ủng hộ Tôi trong suốt quá trình thực hiện Đồ án. Sự ủng hộ của mọi người là nguồn động lực vô giá, giúp Tôi vượt qua mọi khó khăn và đạt được thành công.

TÓM TẮT NỘI DUNG ĐỒ ÁN

Với sự phát triển của công nghệ phần mềm, thế giới đang thay đổi chóng mặt với những ứng dụng và lợi ích mà nó đem lại . Sự tiến bộ của công nghệ phần mềm trong lĩnh vực thu phát và sử lý tín hiệu cũng không ngoại lệ, công nghệ SDR(Software Defined Radio) là biểu hiện của quá trình phát triển này. Sự đa dạng ngày càng tăng của các bộ thu phát, đòi hỏi hệ thống phải có khả năng hoạt động đa hệ thống trên nhiều miền tần số khác nhau; thay vì lựa chọn phương pháp tốn kém chi phí là thiết kế và cải tiến phần cứng ASIC thì ta có thể lựa chọn một lựa chọn rẻ tiền hơn là sử dụng công nghệ SDR, khi nó có thể linh hoạt thay đổi các thông số chỉ bằng lập trình.

Mặc dù lợi thế về tính linh hoạt trong cấu hình và bảo trì, SDR vẫn là một công nghệ mới và cần thời gian để phát triển, một số nhược điểm của SDR cần phải lưu ý như dải động, độ trễ và thời gian quay vòng,... Tuy nhiên với tiềm năng hiện tại cũng đã đủ để SDR được đánh giá cao.

Tận dụng khả năng hiện có của công nghệ SDR, tôi là sinh viên Nguyễn Khánh Trường Lộc(20204763) và bạn Nguyễn Hà Phong(20204846) dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Đình Thuận đã thực hiện đồ án với đề tài là "nghiên cứ hệ thống Định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR", với mục tiêu có thể định vị vị trí các bộ phát và bộ thu, có thể linh hoạt thay đổi tần số để mô phỏng điều kiện trong thực tế.

Sinh viên thực hiện
(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	1
1.1 Tổng quan về bài toán định vị mặt đất.....	1
1.2 Các giải pháp hiện tại và hạn chế	2
1.3 Công nghệ tương đương trong ngành hàng hải.....	2
1.4 Mục tiêu và định hướng giải pháp	5
1.5 Đóng góp của đồ án	5
1.6 Bố cục đồ án	5
CHƯƠNG 2. NỀN TẢNG LÝ THUYẾT	7
2.1 Ngữ cảnh của bài toán.....	7
2.2 Các kết quả nghiên cứu tương tự	7
2.3 Hệ thống GPS	8
2.4 Tính chất của tín hiệu được sử dụng trong GPS L1.....	9
2.5 Đa truy cập theo mã - CDMA	9
2.6 Mã giả ngẫu nhiên(pseudorandom noise-PRN).....	10
2.6.1 Gold code.....	10
2.6.2 C/A code.....	10
2.6.3 P code	10
2.7 Tần số Doppler	11
2.8 Lấy mẫu(sampling)	11
2.9 Xử lý tín hiệu vệ tinh.....	12
2.9.1 Acquisition	12
2.9.2 Tracking.....	15
2.9.3 Navigation data.....	18
2.9.4 Position, Velocity and Time — PVT	20

CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT.....	22
3.1 Tổng quan giải pháp.....	22
3.2 Các thành phần của Hệ thống.....	23
3.2.1 Kiến trúc Frontend	24
CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG	26
4.1 Lập trình.....	26
4.1.1 Phát	26
4.1.2 Thu.....	27
4.1.3 Phương pháp Newton (Newton–Raphson)	29
4.2 Kết quả Demo	30
CHƯƠNG 5. THỰC NGHIỆM	33
5.1 Phần mềm cần cài đặt	33
5.2 Thiết bị thực nghiệm.....	33
5.2.1 USRP B200 mini-i	33
5.2.2 USRP N210.....	34
5.2.3 USRP N200.....	35
5.2.4 USRP X300.....	36
5.3 Phương pháp thực nghiệm	37
5.3.1 Cấu hình thiết bị	37
5.3.2 Lắp đặt và bố trí thiết bị	44
5.4 PRN code thực nghiệm.....	46
5.4.1 Sử dụng Pcode	46
5.4.2 Sử dụng C/A code	47
5.5 Lập trình.....	49
5.5.1 Tạo tín hiệu được phát đi.....	50
5.5.2 Xử lý tín hiệu thu được	51

5.6 Kết quả	54
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN	56
6.1 Kết luận	56
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	58

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1	Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở dài (LBL)	3
Hình 1.2	Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở ngắn (SBL) cho ROV	4
Hình 1.3	(a) LBL: hệ thống đường cơ sở dài. (b) SBL: hệ thống đường cơ sở ngắn. (c) USBL: hệ thống đường cơ sở cực ngắn	4
Hình 2.1	Hiệu ứng Doppler	11
Hình 2.2	Sơ đồ một kênh xử lý tín hiệu vệ tinh	12
Hình 2.3	Tương quan trong GPS	13
Hình 2.4	Sự thể hiện tương quan trong phạm vi đồ án	14
Hình 2.5	Correlation	15
Hình 2.6	Vòng lặp Code tracking đơn giản	16
Hình 2.7	Enter Caption	17
Hình 2.8	Carrier tracking	17
Hình 2.9	Hai từ đầu tiên của khung con	19
Hình 2.10	Hệ tọa độ ECEF.	20
Hình 2.11	Các phương trình tính toán tọa độ máy thu.	21
Hình 3.1	Trong trường hợp ta gửi data cùng với PRNcode ta thực hiện phép nhân thuận túy giữa Data và PRN code để tạo tín hiệu chuyền đi. Trong bộ thu(đóng vai trò xử lý tín hiệu) có sẵn PRN code tương tự, sẽ giải điều chế để tìm data.	23
Hình 3.2	Khối phát trong hệ thống.	23
Hình 3.3	Khối thu trong hệ thống.	24
Hình 3.4	Kiến trúc tổng quan thiết bị USRP.	24
Hình 4.1	Vị trí các máy thu phát trong trường hợp demo. P1,P2,P3 là các máy phát, T là máy thu.	26
Hình 4.2	Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu demo lý thuyết.	28
Hình 4.3	Phương pháp Newton	29
Hình 4.4	Tương quan với tín hiệu đã được tạo ra sẵn.	31
Hình 4.5	Kết quả demo1.	32
Hình 4.6	Kết quả demo2	32
Hình 5.1	USRP B200 mini	34
Hình 5.2	USRP N210	35

Hình 5.3	USRP N200	36
Hình 5.4	USRP X300	37
Hình 5.5	Cấu hình khi sử dụng GNU radio để truyền tín hiệu.	38
Hình 5.6	Cấu hình file source	39
Hình 5.7	Cấu hình phát với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell	40
Hình 5.8	Cấu hình GNU radio khi thu.	41
Hình 5.9	Cấu hình UHD: USRP Source khi thu tín hiệu	42
Hình 5.11	Cấu hình thu với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell	43
Hình 5.10	Cấu hình file sink để thu tín hiệu.	43
Hình 5.12	Với các thiết bị USRP N210,N200,X300 ta có thể setup như hình.	45
Hình 5.13	Với thiết bị B200mini ta có thể setup như hình.	46
Hình 5.14	Tương quan khi sử dụng Pcode.	47
Hình 5.15	Tương quan khi sử dụng C/A code.	48
Hình 5.16	Phổ của mã C/A trên miền tần, vì tín hiệu đang nằm trong miền sóng mang 400M(Hz) nên giá trị relative gain tại tần số 400M(Hz) là cao nhất. Đây là phổ đặc trưng của C/A code.	49
Hình 5.17	Vị trí máy thu phát trong thực nghiệm.	50
Hình 5.18	Giả sử tau trong phép tính (*) có giá trị bằng 100 thì mã sẽ có độ trễ như hình.	51
Hình 5.19	Phương pháp tính toán.	52
Hình 5.20	Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu thực nghiệm.	53
Hình 5.21	Nếu thay giá trị 10230 thành 1023, số đỉnh tương quan sẽ là 10. .	54
Hình 5.22	Kết quả tính toán	54

DANH MỤC THUẬT NGỮ VÀ TỪ VIẾT TẮT

Thuật ngữ	Ý nghĩa
CDMA	Đa truy nhập phân chia theo mã(Code Division Multiple Access))
DDC	chuyển đổi các mẫu IF kỹ thuật số thành các mẫu tín hiệu IQ((Digital Down Conversion)
DSP	xử lý tín hiệu số(Digital Signal Processing)
DUC	chuyển đổi các mẫu cơ sở kỹ thuật số thành các mẫu IF kỹ thuật số(Digital Up Conversion)
GNSS	Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (Global Navigation Satellite System - GNSS)
GPS	Hệ thống Định vị Toàn cầu(Global Positioning System)
LBL	Hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở dài (Long baseline acoustic positioning system)
PRN	Mã giả ngẫu nhiên (pseudorandom noise-PRN)
ROV	Phương tiện dưới nước được điều khiển từ xa(Remotely operated underwater vehicle)
SBL	Hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở ngắn(Short baseline acoustic positioning system)
SDR	Software Defined Radio
USBL	Hệ thống định vị âm thanh cơ sở siêu ngắn (Ultra-short baseline acoustic positioning system)

Thuật ngữ	Ý nghĩa
------------------	----------------

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

Sự phát triển của 5G đã thúc đẩy sự phát triển của các công nghệ đi kèm, nó như một "sự bùng nổ kỷ cambri" của ngành công nghệ thông tin vậy. Và công nghệ SDR cũng không phải ngoại lệ, trên thực tế nhiều ứng dụng tiềm năng của 5G sẽ không thể thực hiện được nếu thiếu đi công nghệ SDR.

Một trong những tiềm năng của công nghệ SDR có thể áp dụng đó là trong truyền thông vệ tinh hoặc truyền thông mặt đất. Trong truyền thông vệ tinh, khi vệ tinh được phóng ra ngoài quỹ đạo. Việc thay đổi các thành phần cứng chuyên dụng rất khó khăn và tốn kém để có thể đáp ứng sự đa dạng của các loại tín hiệu, trong thu phát. Trong truyền thông định vị mặt đất, sự phụ thuộc của công nghệ hiện tại vào GNSS(GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, NavIC) đặc biệt là GPS đã chi phối cuộc sống hàng ngày, khi những công nghệ này hoàn toàn là của nước ngoài, việc tự chủ công nghệ trong lĩnh vực này sẽ là một bước tiến đáng kể trong công cuộc phát triển và hiện đại hóa của Việt Nam, đặc biệt trong hoàn cảnh thế giới hội nhập như hiện nay.

Việc sử dụng "Hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" sẽ không hoàn toàn thay thế được hệ thống GNSS, nhưng trong một số trường hợp như GNSS có thể phải bảo trì hoặc tại những địa điểm mang tính an ninh quốc gia, tại một số điều kiện thời tiết ngăn chặn GNSS, "Hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" có thể phát huy tác dụng của mình.

1.1 Tổng quan về bài toán định vị mặt đất

Từ lâu khả năng định vị và tìm đường đã là một phần quan trọng trong quá trình phát triển nền văn minh của nhân loại, trong thương mại, quân sự,...qua đó góp phần đến những thời kì trao đổi ý tưởng và trí tuệ trong thời kì đế quốc Mông Cổ và thời đại khám phá; sự phát triển về khả năng định vị cũng góp phần vào sự trỗi dậy của các đế quốc thực dân với các hạm đội có thể vượt đại dương đến những vùng đất mới. Tuy nhiên các phương pháp sơ khai trong lịch sử luôn có những yếu điểm kèm theo; như sử dụng vị trí trăng sao chỉ có thể sử dụng vào những ngày trời quang; sử dụng la bàn thì do cực bắc địa lý và cực nam từ nằm cách nhau 17 độ, nên độ chính xác chỉ là tương đối; la bàn con quay hồi chuyển thì được cho là tồn kém đương thời; phương pháp quay số đồng hồ có thể gây ra tính toán sai nếu không tính đến sự khác biệt về giờ địa phương, múi giờ, sự thay đổi không đồng nhất của góc phương vị của Mặt trời tại thời gian khác nhau tại vùng nhiệt đới...

Hiện nay, công nghệ phổ biến nhất được sử dụng trong định vị là GNSS, đặc biệt là GPS. Tuy nhiên trong một số trường hợp đặc thù, "hệ thống định vị mặt đất

sử dụng công nghệ SDR" có thể tỏ ra hiệu quả hơn.

"Hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" có thể được dùng trong điều hướng vô tuyến cho tàu thủy và xe cộ, robot, để xác định vị trí các máy phát khẩn cấp để tìm kiếm và cứu hộ, để theo dõi động vật hoang dã và để xác định vị trí các máy phát bất hợp pháp hoặc gây nhiễu. Trong Chiến tranh, có thể dùng để định vị và chỉ đạo máy bay, tàu mặt nước và tàu ngầm.

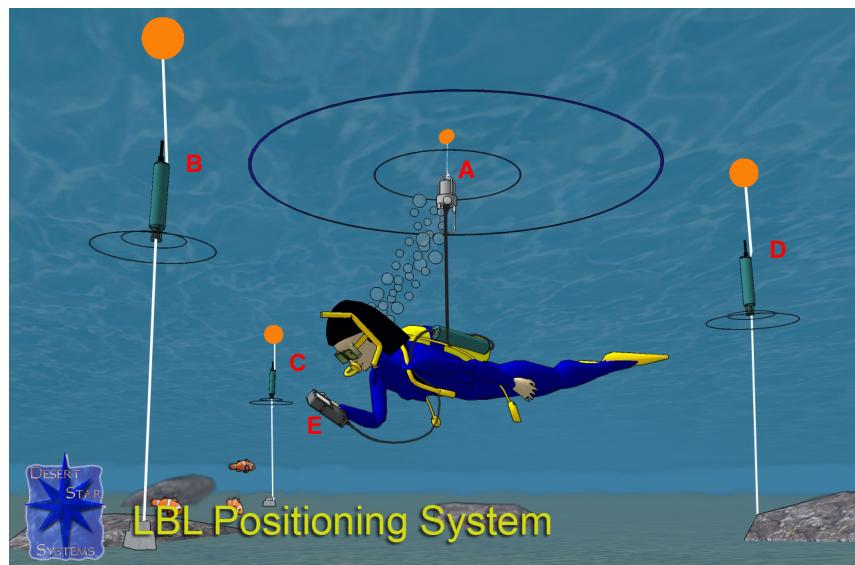
1.2 Các giải pháp hiện tại và hạn chế

Để định hướng mặt đất, hiện tại người ta thường dùng các phương pháp như: Hệ thống định vị toàn cầu (GNSS), hệ thống định vị cục bộ (RTLS),... Tuy nhiên các hệ thống này đều có nhược điểm của riêng nó. Đối với GPS, mặc dù nước Mỹ đã thương mại hóa nó vào tháng 5 năm 2000, tuy vậy GPS vẫn là một đặc quyền với nước Mỹ, họ có thể ngăn bất kỳ quốc gia nào "không thân thiện" sử dụng GPS cho mục tiêu quân sự và dân sự. Với RTLS, được thiết kế để giám sát nhân viên, việc vận chuyển, thiết bị và toàn bộ tình huống trong giới hạn được xác định nghiêm ngặt, kiểu định vị này phức tạp hơn nhiều và đòi hỏi nhiều đầu tư hơn so với định vị toàn cầu.

1.3 Công nghệ tương đương trong ngành hàng hải

Để có thể hình dung về cách giải quyết bài toán "hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" ta có thể tham khảo 3 công nghệ tương đương trong lĩnh vực hàng hải: Hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở dài (LBL - Long baseline acoustic positioning system), Hệ thống định vị âm thanh cơ sở siêu ngắn (USBL - Ultra-short baseline acoustic positioning system) và Hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở ngắn (SBL - Short baseline acoustic positioning system).

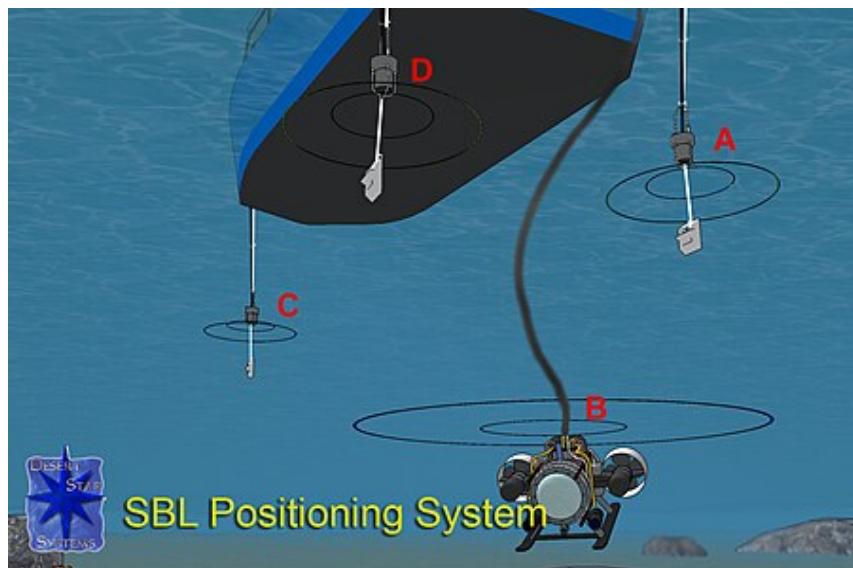
- Hệ thống LBL thường được sử dụng cho công việc khảo sát dưới nước chính xác, nơi độ chính xác hoặc độ ổn định vị trí của các hệ thống định vị dựa trên tàu (SBL, USBL) không đủ. Hệ thống LBL xác định vị trí của phương tiện hoặc thợ lặn bằng cách đo khoảng cách từ thiết bị định vị gắn trên phương tiện hoặc thợ lặn đến ba hoặc nhiều hơn các máy thu phát đặt dưới đáy biển. Những đo đạc khoảng cách này, thường được bổ sung bởi dữ liệu độ sâu từ cảm biến áp suất trên các thiết bị, sau đó được sử dụng để xác định vị trí của phương tiện hoặc thợ lặn.



Hình 1.1: Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở dài (LBL)

Figure 1.1 Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở dài (LBL)

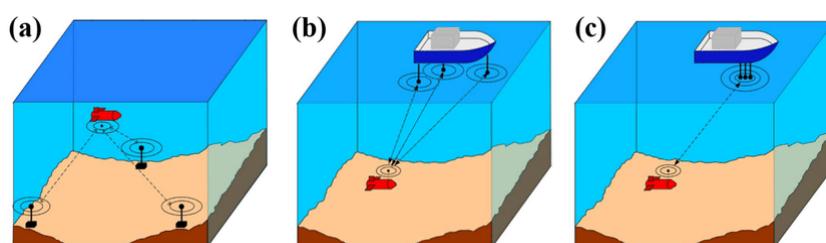
- Hệ thống đường cơ sở ngắn (SBL) xác định vị trí của mục tiêu được theo dõi, chẳng hạn như ROV, bằng cách đo khoảng cách từ mục tiêu đến ba hoặc nhiều hơn các cảm biến được hạ xuống từ tàu bề mặt nơi các hoạt động theo dõi diễn ra. Các đo đạc khoảng cách này, thường được bổ sung bởi dữ liệu độ sâu từ cảm biến áp suất, sau đó các dữ liệu này được dùng để xác định vị trí của mục tiêu. Độ chính xác của hệ thống SBL cải thiện khi khoảng cách giữa các cảm biến tăng lên. Vì vậy, khi không gian cho phép, chẳng hạn như khi vận hành từ các tàu lớn hơn hoặc bên tàu, hệ thống SBL có thể đạt được độ chính xác và độ ổn định vị trí tương tự như các hệ thống LBL gắn dưới đáy biển, làm cho hệ thống phù hợp cho công việc khảo sát chính xác cao.



Hình 1.2: Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở ngắn (SBL) cho ROV

Figure 1.2 Phương pháp vận hành hệ thống định vị âm thanh đường cơ sở ngắn (SBL) cho ROV.

- USBL là một phương pháp định vị âm thanh dưới nước. Một hệ thống USBL bao gồm một bộ chuyển đổi (transceiver) được gắn trên một tàu, và một bộ thu phát hoặc bộ phản hồi trên một ROV. Vị trí của ROV được sử dụng để tính toán vị trí từ các khoảng cách và góc đo được bởi bộ chuyển đổi. Để tính toán vị trí dưới nước, hệ thống USBL tính cả khoảng cách và góc từ bộ chuyển đổi đến đèn hiệu dưới nước. Các góc được đo bởi bộ chuyển đổi, bao gồm một mảng các đầu dò. Đầu bộ chuyển đổi thường chứa ba hoặc nhiều đầu dò được phân tách bởi một khoảng cách cơ sở (baseline) dưới 10 cm, do đó có tên gọi "short baseline" (đường cơ sở ngắn).



Hình 1.3: (a) LBL: hệ thống đường cơ sở dài. (b) SBL: hệ thống đường cơ sở ngắn. (c) USBL: hệ thống đường cơ sở cực ngắn

Figure 1.3 Điều hướng âm thanh.

1.4 Mục tiêu và định hướng giải pháp

Đối với "hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR", điều quan trọng nhất cần giải quyết chính là khả năng xử lý tín hiệu, áp dụng hợp lý các thuật toán để có thể định vị các bộ thu phát. Hệ thống sẽ cho biết vị trí có thể ước lượng của bộ phát. Để làm được điều đó chúng ta phải phục hồi được tín hiệu C/A code(Pcode) từ bộ thu, loại bỏ các thành phần nhiễu, rồi tương quan với các mẫu tín hiệu có sẵn, từ đó ta tính được độ lệch mẫu giữa những tín hiệu thu được, sử dụng một số phương trình tính toán ta có thể có được khoảng cách từ bộ phát tới bộ thu.

Với đồ án này, trong pha thực nghiệm ta sử dụng hai bộ phát và ở giữa chúng là bộ thu, đây là điều kiện lý tưởng để giải quyết bài toán này, bài toán sẽ cần được mở rộng thêm nữa để có thể áp dụng trong điều kiện thực tế. Với pha demo, ta sử dụng 3 máy phát và 1 máy thu ở giữa chúng.

1.5 Đóng góp của đồ án

Bản thân công nghệ SDR đã là một sự phát triển quan trọng trong lĩnh vực công nghệ, việc áp dụng công nghệ SDR vào một hệ thống có nhiệm vụ định vị sẽ mang lại nhiều tiềm năng trông thấy, ví dụ như:

1. Đầu tiên đó là sự linh hoạt. Công nghệ SDR có thể giúp thu phát các tín hiệu ở nhiều tần số khác nhau, hoàn toàn không phụ thuộc vào cấu hình khó thay đổi của phần cứng chuyên dụng.
2. Tiếp theo đó là sự bảo mật trong truyền thông, khi mà không có sự phụ thuộc vào GNSS và sự cấu hình thông số linh hoạt làm việc truyền thông an toàn hơn.
3. Và với sự có mặt của SDR, hệ thống sẽ dễ dàng được áp dụng trong đời sống dân sự và quân sự.
4. Và với sự có mặt của SDR, hệ thống sẽ dễ dàng được áp dụng trong đời sống dân sự và quân sự như tìm kiếm cứu hộ, dẫn đường tàu thủy, máy bay, xác định bộ thu bất hợp pháp.

1.6 Bô cục đồ án

Phần còn lại của báo cáo đồ án ứng dụng này được tổ chức như sau:

Chương 2 sẽ trình bày về nền tảng kiến thức truyền thông vệ tinh, những kiến thức nền tảng cho đồ án của tôi như các pha Acquisition, Tracking, Navigation data, PVT. Những đoạn mã tôi đã thử nghiệm truyền trong không gian như C/A code, Pcode. Chương này có nhiệm vụ làm cơ sở cho các phần tiếp theo của đồ án.

Chương 3 sẽ đề cập đến phương pháp thực hiện đồ án, bao gồm cách tiếp cận và

giải quyết các vấn đề logic trong bài toán. Tôi sẽ trình bày một cái nhìn tổng quan về bộ thu phát SDR (Software-Defined Radio).

Chương 4 là phần demo của đồ án. Phần này giả lập vị trí máy thu phát và tính toán lại vị trí của máy thu, để người đọc có thể hình dung được phương pháp xử lý bài toán.

Chương 5 là phần thực nghiệm thực tế của đồ án, nơi tôi sẽ mô tả về các thiết bị đã sử dụng và các thông số kỹ thuật của chúng. Tôi sẽ giải thích cách cấu hình và lắp đặt các thiết bị này, cùng với những kinh nghiệm thực tế đã thu được. Thông tin về cách thức vận hành và tối ưu hóa hệ thống sẽ được chia sẻ, giúp người đọc hiểu rõ hơn về quá trình thực hiện và các bước cần thiết để đạt được kết quả mong muốn. Cuối chương là kết quả thực nghiệm của đồ án.

Chương 6 kết luận về tiềm năng, khả năng phát triển thêm và hạn chế của đồ án.

CHƯƠNG 2. NỀN TẢNG LÝ THUYẾT

Trong phần nền tảng lý thuyết, ngoài việc làm rõ các kiến thức nền tảng của hệ thống ta đang xây dựng, ta cũng sẽ phải lấm rõ các kiến thức tổng quan về truyền thông vệ tinh vì hệ thống được xây dựng trên nền tảng truyền thông vệ tinh.

2.1 Ngữ cảnh của bài toán

Trong những hoàn cảnh đặc biệt khi hệ thống định vị toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite System) gặp khó khăn hoặc bị gián đoạn, hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR (Software-Defined Radio) trở thành giải pháp thay thế hiệu quả và linh hoạt. Công nghệ SDR cho phép các thiết bị định vị linh hoạt trong việc thu nhận và xử lý tín hiệu từ các trạm phát sóng mặt đất, thay vì phụ thuộc vào tín hiệu từ các vệ tinh quay quanh Trái Đất. Sự linh hoạt này đặc biệt quan trọng trong các tình huống mà tín hiệu vệ tinh bị cản trở hoặc không thể truy cập được. Điều này mang lại nhiều lợi ích trong các tình huống như thiên tai, khi các vệ tinh có thể bị hỏng hoặc không hoạt động, hoặc trong môi trường chiến tranh, khi tín hiệu vệ tinh có thể bị gây nhiễu hoặc bị chặn. Trong các khu vực có tín hiệu GNSS bị nhiễu loạn hoặc bị chặn bởi các thiết bị gây nhiễu, hệ thống định vị mặt đất sử dụng SDR có thể tiếp tục cung cấp thông tin định vị chính xác và kịp thời.

Ngoài ra, công nghệ SDR còn giúp giảm chi phí và tăng tính linh hoạt cho hệ thống định vị. Việc sử dụng phần mềm để điều chỉnh và quản lý tín hiệu cho phép các nhà phát triển dễ dàng tích hợp và nâng cấp hệ thống mà không cần thay đổi phần cứng. Điều này làm giảm chi phí bảo trì và nâng cấp, đồng thời tăng khả năng mở rộng và phát triển của hệ thống. Công nghệ SDR cũng cho phép tích hợp với các hệ thống thông tin và viễn thông khác, tạo ra một hệ thống định vị và liên lạc toàn diện, đáp ứng được nhiều nhu cầu và ứng dụng khác nhau, nhưng sự cần thiết của một hệ thống năng lượng thấp, định vị trong nhà, thành phần của hệ thống thực tế ảo, kỹ thuật quay phim(motion capture, match moving), ...

2.2 Các kết quả nghiên cứu tương tự

Đã có nhiều nghiên cứu về các hệ thống định vị khác nhau, trên cơ sở phát triển thêm từ GPS hoặc phát triển độc lập. Thường thì chúng có thể áp dụng trong một số trường hợp nhất định, ta có thể xem xét một vài hệ thống định vị mới sau đây:

- Với định vị từ tính(Magnet) người ta tạo ra các dịa thường từ trường trong nhà bằng cách sử dụng chúng làm dấu hiệu nhận dạng vị trí đặc biệt, tuy nhiên phương pháp này cần nhiều thiết bị để tạo ra các điểm từ trường đặc biệt trong ngôi nhà, đôi khi từ trường cùng gây ra nhiễu với tín hiệu vô tuyến khác.
- Với định vị bằng wifi nó sử dụng các đặc điểm của các điểm truy cập Wi-Fi

gần đó để xác định vị trí của thiết bị. Nó triển nhanh chóng với sự gia tăng của các điểm truy cập không dây trong các khu vực đô thị. Tuy nhiên, độ chính xác phụ thuộc vào sự chính xác của cơ sở dữ liệu và số lượng điểm truy cập Wi-Fi được phát hiện.

Với "hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" số lượng thiết bị sử dụng là tối thiểu với chi phí đầu tư hợp lý. Hệ thống sẽ không phụ thuộc vào cơ sở dữ liệu có sẵn như định vị bằng wifi, cũng có thể áp dụng trên phạm vi lớn hơn định vị từ tính.

2.3 Hệ thống GPS

Hệ thống Định vị Toàn cầu (GPS) hoạt động dựa trên mạng lưới các vệ tinh quay quanh Trái Đất và các thiết bị nhận tín hiệu từ các vệ tinh này. GPS bao gồm 32 vệ tinh chính và một số vệ tinh dự phòng, tất cả đều quay quanh Trái Đất ở độ cao khoảng 20,200 km. Các vệ tinh này di chuyển theo quỹ đạo xác định và phát sóng vô tuyến liên tục, chứa thông tin về định vị, điều hướng và định giờ. Mỗi vệ tinh được trang bị đồng hồ nguyên tử rất chính xác để đảm bảo độ chính xác của tín hiệu thời gian. Các tín hiệu này được gửi xuống mặt đất và chứa dữ liệu mã hóa, có bao gồm vị trí của vệ tinh và thời gian tín hiệu được phát.

Máy thu GPS trên mặt đất nhận tín hiệu từ ít nhất 4 vệ tinh để xác định vị trí của mình. Khi nhận tín hiệu từ một vệ tinh, máy thu tính toán thời gian mà tín hiệu đã truyền từ vệ tinh đến máy thu. Thời gian này được sử dụng để tính khoảng cách từ máy thu đến vệ tinh, dựa trên vận tốc ánh sáng. Tuy nhiên, do đồng hồ trên máy thu GPS không chính xác bằng đồng hồ nguyên tử trên vệ tinh, có một sai số thời gian cần được hiệu chỉnh. Do đó, máy thu cần nhận tín hiệu từ ít nhất 4 vệ tinh để có thể giải quyết hệ phương trình với 4 ẩn số: tọa độ x,y,z của vị trí máy thu và sai số thời gian b.

Với dữ liệu từ 4 vệ tinh, máy thu giải hệ phương trình để xác định vị trí của mình. Vị trí này thường được biểu diễn dưới dạng tọa độ địa lý như vĩ độ, kinh độ và độ cao.

Ngoài việc định vị, GPS còn được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác như dẫn đường cho phương tiện giao thông, điều khiển tự động, khảo sát và đo đạc địa chính, cũng như trong các hoạt động cứu hộ và cứu nạn. GPS cũng đóng vai trò quan trọng trong việc đồng bộ hóa thời gian cho các mạng viễn thông và hệ thống tài chính. Hệ thống GPS có thể hoạt động trong 24 giờ mỗi ngày, ở mọi nơi trên thế giới, và cung cấp thông tin vị trí với độ chính xác cao, thường trong phạm vi vài mét.

2.4 Tính chất của tín hiệu được sử dụng trong GPS L1

Các vệ tinh GPS phát ra hai tín hiệu vô tuyến công suất thấp trên các dải tần L1 và L2. Dải tần L là một phần của phổ điện từ, bao gồm sóng cực ngắn, và trải rộng từ 0,39 GHz đến 1,55 GHz. Trong đó, tần số L1, với tần số 1575,42 MHz (tương đương với 10,23 MHz nhân với 154), thuộc dải UHF (Ultra High Frequency), là tần số quan trọng nhất được sử dụng cho mục đích định vị.

GPS dân sự sử dụng chủ yếu tần số L1 cho các ứng dụng định vị, bởi vì phần lớn các ứng dụng GPS trên thế giới hiện nay đều dựa vào tín hiệu truyền đi trên tần số này. Tại thời điểm hiện tại, có bốn tín hiệu chính được truyền bởi hệ thống GPS trên tần số L1. Các tín hiệu này bao gồm: L1 C/A-Code, P(Y)-Code, tín hiệu mã hóa M-Code và tín hiệu L1C.

Tín hiệu L1 chứa hai mã "giả ngẫu nhiên" (pseudo-random), đó là mã Protected (P) và mã Coarse/Acquisition (C/A). Mỗi vệ tinh GPS đều có một mã truyền dẫn riêng biệt, điều này cho phép các máy thu GPS nhận dạng và phân biệt được tín hiệu từ từng vệ tinh cụ thể. Mục đích của các mã tín hiệu này là để tính toán chính xác khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu GPS. Thông qua việc tính toán khoảng cách này, máy thu GPS có thể xác định được vị trí của mình trên bề mặt Trái Đất.

Table 2.1 Đặc tính tín hiệu trên dải tần L1.

GNSS System	GPS	GPS	GPS	GPS
Service Name	C/A	L1C	P(y) Code	M-Code
Centre Frequency	1575.42 MHz	1572.42 MHz	1575.42 MHz	1575.42 MHz
Access Technique	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Signal Component	Data	Data/Pilot	Data	N.A.
Modulation	BPSK(1)	TMBOC(6,1,1/11)	BPSK(10)	$BOC_s in (10, 5)$
Sub-carrier frequency [MHz]	-	1.023 1.023 & 6.138	-	10.23
Code frequency	1.023 MHz	1.023 MHz	10.23 MHz	5.115 MHz
Primary PRN Code length	1023	10230	6.19×10^{12}	N.A.
Code Family	Gold Codes	Weil Codes	Combination and short-cycling of M-sequences	N.A.
Secondary PRN Code length	-	- 1800	-	N.A.
Date rate	50 bps/ 50sp	50 bps/100 sps -	50 bps/ 50 sps	N.A.
Minimum Received Power [dBW]	-158.5	-157	-161.5	N.A.

Bảng 2.1: Đặc tính tín hiệu trên dải tần L1

2.5 Đa truy cập theo mã - CDMA

Đa truy cập phân chia theo mã (CDMA) là một phương thức truy cập kênh được sử dụng bởi nhiều công nghệ truyền thông vô tuyến khác nhau . CDMA là một ví dụ về đa truy cập , trong đó nhiều máy phát có thể gửi thông tin đồng thời

qua một kênh liên lạc. CDMA tối ưu hóa việc sử dụng băng thông sẵn có khi truyền trên toàn bộ dải tần và không giới hạn dải tần của người dùng.

2.6 Mã giả ngẫu nhiên(pseudorandom noise-PRN)

Mã nhiễu giả ngẫu nhiên (PRN) là một thành phần quan trọng của hệ thống định dựa trên đa truy cập phân chia mã (CDMA). PRN là tín hiệu tương tự như nhiễu đáp ứng một số tiêu chuẩn về tính ngẫu nhiên thống kê . Mã nhiễu giả ngẫu nhiên bao gồm một chuỗi các xung xác định sẽ tự lặp lại sau chu kỳ của nó. Trên thực tế, nó không phải ngẫu nhiên mà là một loại số giả ngẫu nhiên. Một trong những lý do ta muốn một mã có vẻ ngẫu nhiên là để đảm bảo bạn có các đặc tính tự tương quan tốt.

2.6.1 Gold code

Gold code, còn được gọi là mã Vàng , là một loại chuỗi nhị phân , được sử dụng trong viễn thông (CDMA) và điều hướng vệ tinh (GPS). Mã vàng có giới hạn các mối tương quan chéo nhỏ trong một tập hợp, điều này rất cần thiết khi nhiều thiết bị phát sóng trong cùng một dải tần.

2.6.2 C/A code

Mã C/A là một loại Golde code, một chuỗi bit có độ dài cụ thể được mã hóa thành tín hiệu truyền đi trong truyền thông CDMA, để phân biệt các bộ phát. C/A code không phải là phương tiện để phát thông tin . Chúng mang dữ liệu thô mà từ đó máy thu GPS lấy được số đo thời gian và khoảng cách(nghĩa là chúng gần như trực giao). Mã C/A hiện chỉ được truyền trên tần số L1.Mã C/A PRN có chu kỳ 1023 chip được truyền ở tốc độ 1,023 Mchip/s, khiến mã lặp lại sau mỗi 1 mili giây. Chu kỳ 1 ms của mã C/A tương ứng với khoảng cách 299,8 km và mỗi chip tương ứng với khoảng cách 293 m.

2.6.3 P code

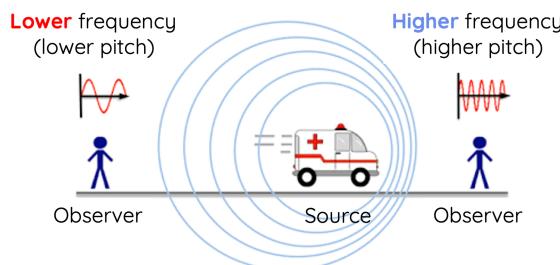
P code, hay còn gọi là Precise code, là một chuỗi các số 1 và 0 được tạo ra với tốc độ 10,23 triệu bit mỗi giây. Nó được truyền trên cả hai tần số L1 và L2 và có độ dài rất lớn, kéo dài 37 tuần (2×10^{14} bit). Mỗi vệ tinh GPS được gán một phần của P code và lặp lại phần đó mỗi 7 ngày, giúp thiết bị GPS phân biệt tín hiệu của các vệ tinh khác nhau.

Sự khác biệt lớn khác là trong khi Mã C/A được truyền trên một tần số duy nhất (L 1), Mã P được truyền trên hai tần số (L1 & L2). Sự khác biệt về tốc độ chip đóng góp rất ít vào việc tăng độ chính xác cơ bản của P-Code vì sự khác biệt về mức công suất (công suất mã C/A cao hơn 3 dB so với công suất P-Code) bù đắp một phần cho chênh lệch tốc độ chip. Vì lỗi chính trong GPS là do lỗi trễ tầng điện ly từ vệ tinh đến người dùng, nên Mã P chính xác hơn nhiều so với Mã C/A vì có thể

thực hiện hiệu chỉnh tầng điện ly bằng cách đo sự khác biệt về độ trễ truyền giữa hai tần số. (L1 & L2). Vì lý do này, khi sử dụng một máy thu GPS duy nhất trong các ứng dụng điều hướng, P-Code sẽ vượt trội hơn C/A-Code rất nhiều.

2.7 Tần số Doppler

Trong trường hợp máy thu hoặc máy phát có chuyển động ta cần phải lưu ý đến tần số Doppler. Tần số Doppler được gây ra bởi hiệu ứng Doppler, sự thay đổi tần số do máy thu đang chuyển động so với máy phát. So với tần số phát ra, tần số thu được cao hơn trong quá trình tiến đến gần nguồn phát, giống hệt nhau tại thời điểm đi ngang qua và thấp hơn khi ra xa nguồn phát.



Hình 2.1: Hiệu ứng Doppler

Figure 2.1 Hình ảnh mô tả hiệu ứng Doppler.

2.8 Lấy mẫu(sampling)

Trong xử lý tín hiệu, lấy mẫu là chuyển đổi một tín hiệu liên tục thành một tín hiệu rời rạc. Đối với các tín hiệu khác nhau theo thời gian, ví dụ $x(t)$ là một tín hiệu liên tục được lấy mẫu, và việc lấy mẫu được thực hiện bằng cách đo các giá trị của tín hiệu liên tục ở thời điểm T , T được gọi là khoảng thời gian lấy mẫu. Như vậy chúng ta có được một chuỗi các mẫu vô hạn và chúng ta biểu thị chuỗi này bằng $x(nT_s)$, trong đó n nhận tất cả các giá trị nguyên.

Hoạt động lấy mẫu được mô tả bởi công thức toán học như sau:

$$x_\delta(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s)\delta(t - nT_s)$$

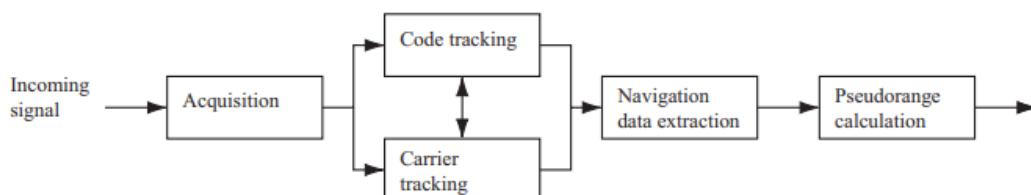
$x(t)$ là tín hiệu sẽ được lấy mẫu và $x_\delta(t)$ là tín hiệu đã được lấy mẫu theo T_s .

Khi lấy mẫu tín hiệu chúng ta phải chú ý đến hiện tượng aliasing. Đây là sự chồng chéo của các thành phần tần số do tốc độ mẫu dưới tốc độ Nyquist. Sự chồng chéo này dẫn đến méo khi tín hiệu được tái tạo từ các mẫu khiến tín hiệu được tái tạo khác với tín hiệu liên tục ban đầu.

2.9 Xử lý tín hiệu vệ tinh

Xử lý tín hiệu vị vệ tinh được thực hiện thông qua một cấu trúc chia thành các kênh, áp dụng cho cả GPS và Galileo. Trước khi gán kênh cho các vệ tinh được nhìn thấy. Hai phương pháp phổ biến để tìm kiếm các vệ tinh ban đầu: warm start và cold start.

- Warm start: Trong phương pháp này, bộ thu sử dụng dữ liệu almanac đã được lưu trữ về vị trí cuối cùng tính toán bởi bộ thu. Dữ liệu này sẽ giúp ta xác định vị trí xấp xỉ của các vệ tinh ở thời điểm hiện tại. Vị trí của các vệ tinh này sau đó được kết hợp với vị trí của bộ thu trong một thuật toán để xác định các vệ tinh có thể nhìn thấy. Tuy nhiên, Warm start có hai nhược điểm chính.
 - Thứ nhất, nếu bộ thu đã đi xa kể từ khi tắt nguồn, vị trí của bộ thu có thể không chính xác và các vệ tinh được dự đoán sẽ chính xác với thực tế.
 - Thứ hai, dữ liệu almanac có thể đã cũ, không cung cấp được vị trí chính xác của các vệ tinh. Trong cả hai trường hợp, ta sẽ sử dụng cold start để khắc phục các nhược điểm đó.
- Cold start: Trong khởi động lạnh, bộ thu không dựa vào bất kỳ thông tin lưu trữ nào mà bắt đầu từ đầu để tìm kiếm các vệ tinh. Quá trình tìm kiếm này được gọi là acquisition.



Hình 2.2: Sơ đồ một kênh xử lý tín hiệu vệ tinh

Figure 2.2 Sơ đồ một kênh xử lý tín hiệu vệ tinh.

2.9.1 Acquisition

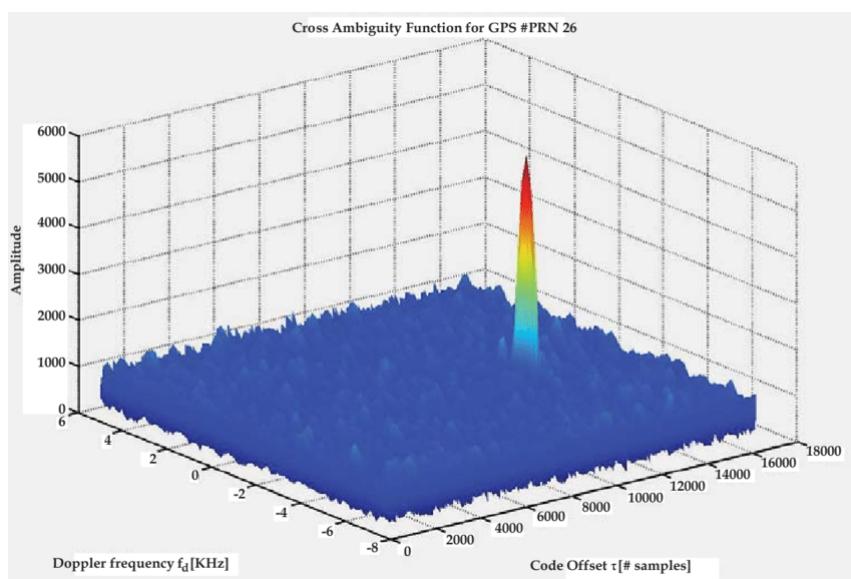
Trong xử lý tín hiệu vệ tinh, thường bao gồm các bước Acquisition, tracking, navigation data, PVT Computation. Trong đó, Acquisition là được gọi là bước khai phá tín hiệu, tracking là bước bám tín hiệu, navigation data là bước điều hướng dữ liệu và PVT Computation là bước tính toán thông số. Trong phạm vi đồ án này hiện tại, ta sẽ chỉ dùng đến Acquisition để tính toán vị trí máy thu.

Acquisition giúp ta xác định được một số thông số quan trọng như mã trại phổ PRN đặc trưng cho mỗi máy phát, tần số Doppler và độ trễ mã trại phổ. Với mỗi mã trại phổ, bộ thu thử từng giá trị tần số Doppler f_D và độ trễ τ và tương quan với

tín hiệu đến. Với từng cặp f_D và τ ta có các giao điểm trên không gian tìm kiếm, ta phát hiện vệ tinh khi tương quan có giá trị cao nhất tại điểm gần đúng nhất. Có 2 phương pháp thực hiện acquisition với GPS:

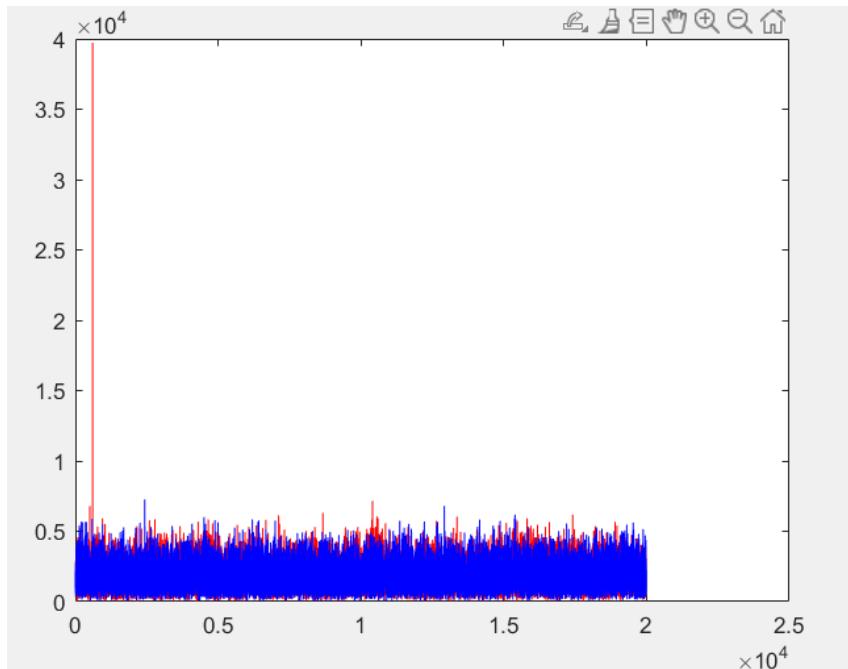
- Tìm kiếm tuần tự (serial search): quá trình duyệt qua từng điểm giao trong không gian tìm kiếm.
- Tìm kiếm sử dụng biến đổi Fourier nhanh (FFT acquisition) : quá trình tính toán song song trên nhiều điểm cùng lúc trong không gian tìm kiếm. Có 2 phương pháp sử dụng FFT là tìm kiếm song song trên chiều τ hoặc chiều f_D . Tức là mỗi lần tính trên một hàng hoặc một cột trong không gian tìm kiếm tương ứng với trục τ và f_D .

Trong đó trong phạm vi đồ án này ta sử dụng C/A code(hoặc P code) để để phát hiện ra máy phát, và các giá trị thử của độ trễ mã trại phổ có thể giúp ta suy ra được vị trí của các bộ thu. Vì giá trị vì PRN code sẽ lặp lại trong một chu kỳ mã, nên ta sẽ có các giá trị thử τ bằng với chu kỳ mã nhân với tần số lấy mẫu. Nó cũng có thể hiện tương tự như tương quan trong GPS nhưng sẽ chỉ trên 2 chiều biên độ và độ trễ τ .



Hình 2.3: Tương quan trong GPS

Figure 2.3 Tương quan trong GPS



Hình 2.4: Sự thể hiện tương quan trong phạm vi đồ án

Figure 2.4 Sự thể hiện tương quan trong phạm vi đồ án.

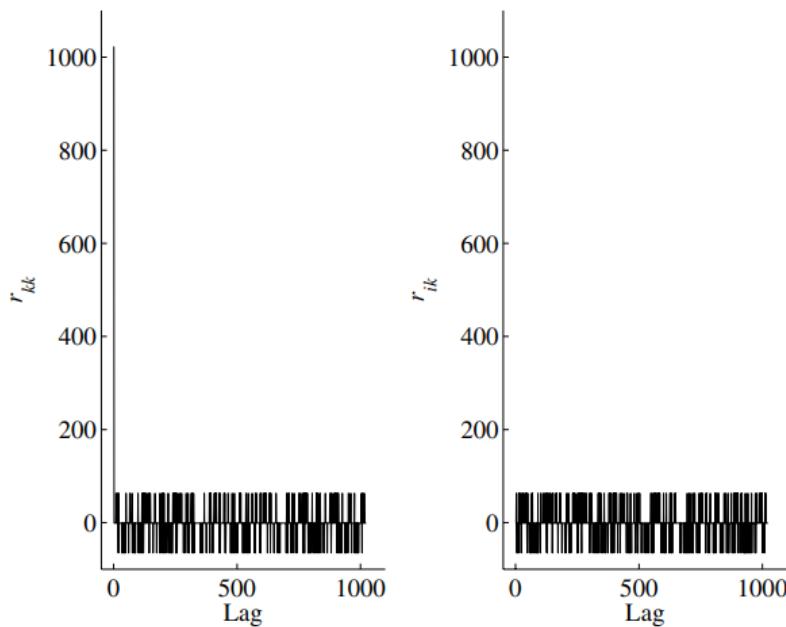
a, Tương quan(correlation)

Tương quan là thước đo mức độ tương tự của hai tín hiệu. Hàm tương quan đạt đỉnh ở độ trễ có tương quan tốt nhất giữa hai tín hiệu. Ta sử dụng C/A code để tương quan vì những đặc tính của nó. Tất cả các mã C/A gần như không tương quan với nhau. Hai mã Ci và Ck cho hai bộ phát i và k có tương quan chéo bằng 0, được biểu diễn như sau:

$$r_{ik}(m) = \sum_{l=0}^{1022} C^i(l)C^k(l+m) \simeq 0$$

C/A code khi tự tương quan với chính nó cũng có giá trị sắp sỉ 0, ngoại trừ khi độ trễ bằng 0.

$$r_{kk}(m) = \sum_{l=0}^{1022} C^k(l)C^k(l+m) \simeq 0$$



Hình 2.5: Correlation

Figure 2.5 Hình bên trái mô tả sự tự tương quan và có sự tương quan khi độ trễ bằng 0. Hình bên phải là tương quan chéo, ta thấy không có sự tương quan.

Chất lượng của mỗi tương quan bị ảnh hưởng bởi các thông số khác nhau:

- Loại tín hiệu RF nhận được (đặc biệt là băng thông của nó).
- Các đặc tính khác nhau của máy thu.
- Các đường truyền khác nhau giữa máy phát và máy thu.
- Phương pháp tương quan được áp dụng.

b, **Tự tương quan**

Tự tương quan là mối tương quan của tín hiệu với bản sao bị trễ của chính nó. Phân tích tự tương quan là một công cụ toán học để tìm các mẫu lặp lại, chẳng hạn như sự hiện diện của tín hiệu tuần hoàn bị che khuất bởi nhiễu hoặc xác định tần số cơ bản bị thiếu trong tín hiệu.

c, **Tương quan chéo**

Trong xử lý tín hiệu, tương quan chéo là thước đo mức độ giống nhau của hai chuỗi như là một hàm của sự dịch chuyển của chuỗi này so với chuỗi kia. Tương quan chéo có bản chất tương tự như phép tích chập của hai hàm.

2.9.2 Tracking

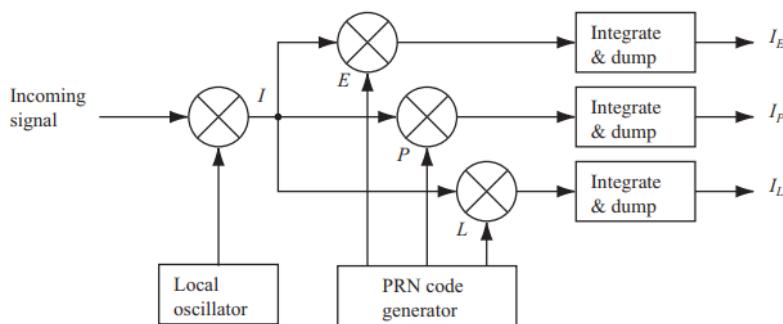
Sau bước acquisition, ta được các thông số như độ trễ mã trãi phổ và tần số Doppler tại một thời điểm duy nhất. Điều này sẽ không đủ để ta giải điều chế tín

hiệu thu được vì các tín hiệu này thay đổi theo thời gian. Do vậy bước tracking để bám theo sự thay đổi này, cho ra các thông số tại các thời điểm tương ứng.

Bước Tracking gồm hai quá trình là Code tracking và Carrier tracking được thực hiện song song với nhau.

a, Code tracking

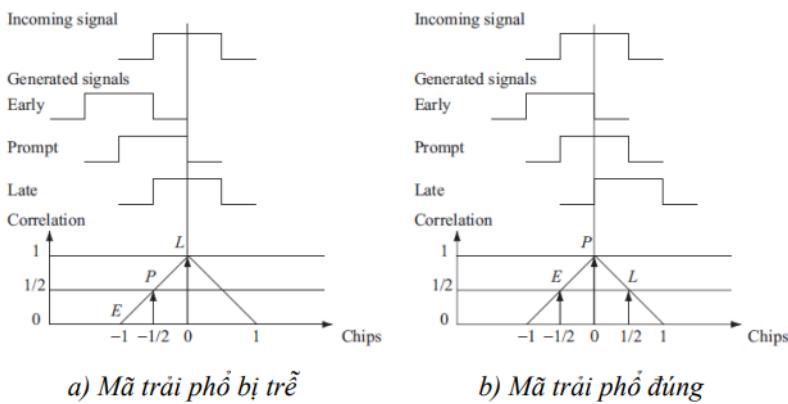
Mục tiêu của Code tracking là theo dõi code phase của một mā cù thể trong tín hiệu. Đầu ra của vòng lặp theo dõi mā này là một bản sao mā được căn chỉnh hoàn hảo. Một mā trai phổ được sinh ra bằng cách so sánh và tương quan 3 mā trai phổ lệch nhau 0.5 chip. Vòng lặp khóa trẽ(DLL) sẽ tính toán và so sánh giá trị tương quan này và điều chỉnh R_c , và điều khiển bộ sinh mā trai phổ tạo mā phù hợp.



Hình 2.6: Vòng lặp Code tracking đơn giản

Figure 2.6 Code tracking

Bước đầu tiên trong Hình là chuyển mā C/A về băng tần cơ sở bằng cách nhân tín hiệu đến với một bản sao đồng bộ hoàn hảo của sóng mang cục bộ. Sau đó, tín hiệu được nhân với ba bản sao của mā. Ba bản sao này được tạo ra với độ lệch là $\pm 1/2$ chip. Sau phép nhân thứ hai này, ba đầu ra được tích hợp và xả. Đầu ra của các phép tích hợp này là một giá trị số cho biết mức độ tương quan của bản sao mā cụ thể với mā trong tín hiệu đầu vào. Đây là mô hình Code tracking cơ sở, tuy nhiên trong thực tế có thể có lỗi pha trong sóng mang cục bộ, tín hiệu sẽ nhiều hơn, DLL khó khóa mā hơn, người ta sẽ dùng các mô hình khác, phức tạp hơn .

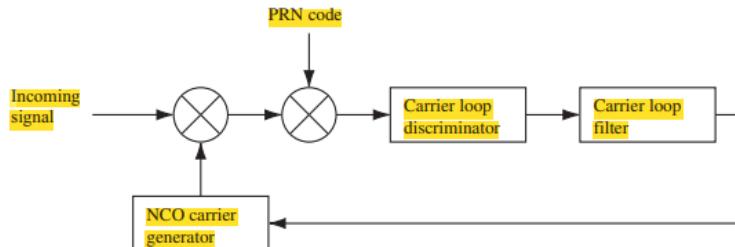


Hình 2.7: Enter Caption

Figure 2.7 Trong hình a ta thấy rằng mã trai phô được sinh ra nội bộ chậm hơn so với mã trai phô thu được và có tương quan cao nhất ở mã trễ, vì vậy cần tăng tốc độ mã trai phô. Đồ thị b, cho thấy, mã trai phô nội bộ đã đúng tốc độ.

b, Carrier tracking

Với mục đích tạo ra sóng mang có tần số và pha giống hệt với sóng mang của tín hiệu thu được. Phase này thực hiện qua hai giai đoạn qua: vòng lặp khóa pha (PLL) và vòng lặp khóa tần số(FLL).



Hình 2.8: Carrier tracking

Figure ?? Carrier tracking

Để theo dõi tín hiệu sóng mang, các vòng khóa pha (PLL) hoặc vòng khóa tần số (FLL) thường được sử dụng. Hình Carrier tracking cho thấy sơ đồ khôi cơ bản cho vòng khóa pha. Hai phép nhân đầu tiên xóa sóng mang và mã PRN của tín hiệu đầu vào. Để xóa mã PRN, đầu ra IP từ vòng lặp theo dõi mã sớm-muộn được mô tả ở trên được sử dụng. Khối phân biệt vòng lặp được sử dụng để tìm lỗi pha trên bản sao sóng mang cục bộ. Đầu ra của bộ phân biệt, là lỗi pha (hoặc một hàm của lỗi pha), sau đó được lọc và sử dụng làm phản hồi cho bộ dao động được điều khiển số (NCO), điều chỉnh tần số của sóng mang cục bộ. Bằng cách này, sóng mang cục

bộ có thể là một bản sao gần như chính xác của sóng mang tín hiệu đầu vào.

2.9.3 Navigation data

Trong GPS dữ liệu điều hướng được truyền trên tần số L1 với tốc độ bit là 50 bps, nó bao gồm các thông tin về vị trí vệ tinh, thời gian chính xác, và các thông tin khác cần thiết cho việc tính toán vị trí.

Dữ liệu điều hướng có cấu trúc là một khung dài 1500 bit, trong đó chứa 5 khung con, mỗi khung con có độ dài 300 bit. Mỗi khung con lại chứa 10 từ, mỗi từ có độ dài 30 bit. Trong cấu trúc này, các khung con 1, 2 và 3 được lặp lại trong mỗi khung để đảm bảo tính đồng bộ và độ tin cậy của thông tin. Các khung con cuối cùng, 4 và 5, có 25 phiên bản khác nhau, được gọi là các trang từ 1 đến 25. Mặc dù cấu trúc của các trang này giống nhau, nhưng dữ liệu chứa trong mỗi trang là khác nhau, cung cấp thông tin chi tiết và phong phú hơn.

Với tốc độ truyền dữ liệu là 50 bps (bit trên giây), việc truyền một khung con kéo dài 6 giây. Điều này có nghĩa là một khung hoàn chỉnh sẽ được truyền trong khoảng thời gian 30 giây. Toàn bộ thông báo điều hướng, bao gồm tất cả các trang của khung con 4 và 5, mất 12,5 phút để truyền tải hết.

Sự lặp lại của các khung con 1, 2 và 3 trong mỗi khung giúp đảm bảo rằng thiết bị nhận GPS có thể nhận được và giải mã các thông tin quan trọng ngay cả khi có nhiễu hoặc mất tín hiệu tạm thời. Các trang khác nhau trong khung con 4 và 5 cung cấp các phần của dữ liệu điều hướng chi tiết hơn

a, Phục hồi dữ liệu điều hướng

Trước khi có Navigation data để tính toán, nó được truyền qua một khối tracking block, kết quả đầu ra là của nhánh cùng pha. Theo lý thuyết nó có tốc độ 1000 sps (tức 1 sample mỗi giây), tuy nhiên vì quá trình truyền tạo ra các tín hiệu có nhiễu và yếu, nên ta tính trung bình một bit điều hướng trong 20ms, tức tốc độ của dữ liệu điều hướng là 50 bps; từ 1000spis chuyển thành 50bps, 20 giá trị liên tiếp được thay thế bằng 1. Quy trình chuyển đổi này được gọi là đồng bộ hóa bit. Trong quá trình đồng bộ hóa bit, khi thời gian của một sự chuyển đổi bit được biết, ta có thể tìm thấy tất cả các thời gian chuyển đổi bit khác. Các thời gian chuyển đổi bit này nằm cách nhau 20 ms.

b, Giải mã dữ liệu điều hướng

Trong quá trình giải mã dữ liệu GPS, cần xác định vị trí bắt đầu của một phụ khung (subframe). Vị trí này được đánh dấu bằng một preamble dài 8 bit, với mẫu

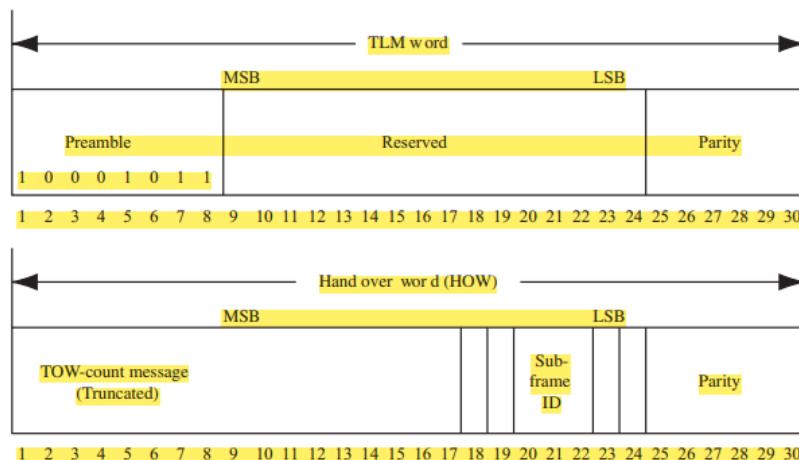
là 10001011 hoặc phiên bản đảo ngược là 01110100 do khả năng của vòng lặp Costas theo dõi tín hiệu với pha dịch 180° .

Để tìm preamble, thực hiện quá trình tương quan giữa chuỗi dữ liệu điều hướng (biểu diễn bằng -1 và 1) và preamble (cũng biểu diễn bằng -1 và 1). Giá trị tương quan tối đa là 8 khi tìm thấy preamble và -8 khi tìm thấy phiên bản đảo ngược.

Vị trí bắt đầu của phụ khung được xác nhận khi các giá trị tương quan tối đa xuất hiện cách nhau chính xác 6 giây. Nếu giá trị tương quan là -8, chuỗi dữ liệu phải được đảo ngược. Khi xác định đúng preamble, có thể trích xuất dữ liệu từ mỗi phụ khung để lấy thông tin về vị trí và thời gian.

c, Trích xuất dữ liệu điều hướng

Mỗi khung con chứa 300 bit được chia thành 10 từ 30 bit.



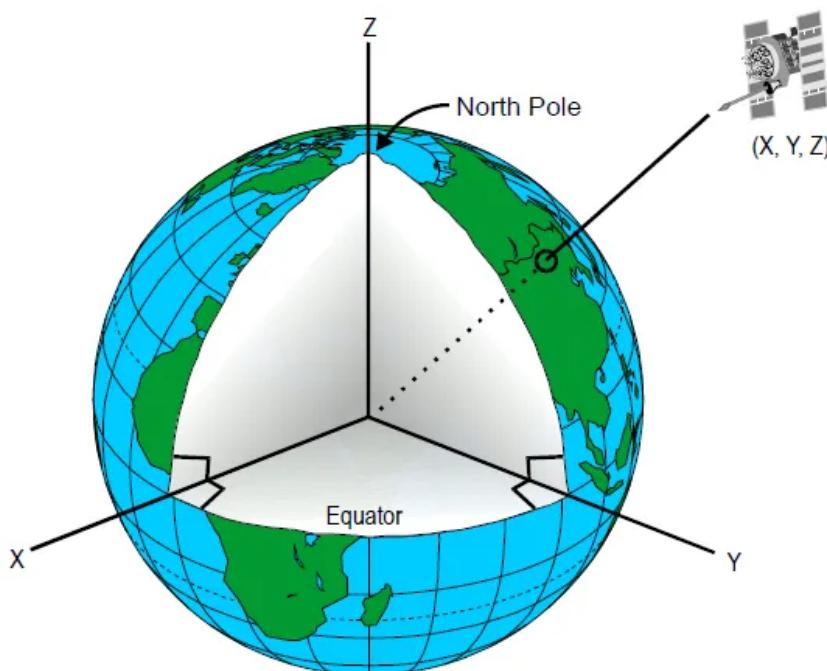
Hình 2.9: Hai từ đầu tiên của khung con

Figure 2.9 Hai từ đầu tiên của khung con.

TLM là từ đầu tiên trong mỗi khung con. Nó cho biết trạng thái tải lên từ Phân đoạn kiểm soát trong khi nó đang được tiến hành và chứa thông tin về tuổi của dữ liệu lịch thiên văn. Nó cũng có phần mở đầu 8 bit không đổi không đổi là 10001011 và một chuỗi giúp người nhận tìm thấy phần đầu của mỗi khung con một cách đáng tin cậy. HOW cung cấp cho người nhận thông tin về thời gian trong tuần GPS (TOW) và số lượng khung con, cùng những thông tin khác. Ngoài 24 bit dữ liệu, mỗi từ 30 bit còn chứa một mã chẵn lẻ 6 bit. Mã chẵn lẻ được sử dụng để kiểm tra xem các bit trong dữ liệu điều hướng có bị hiểu sai không.

2.9.4 Position, Velocity and Time — PVT

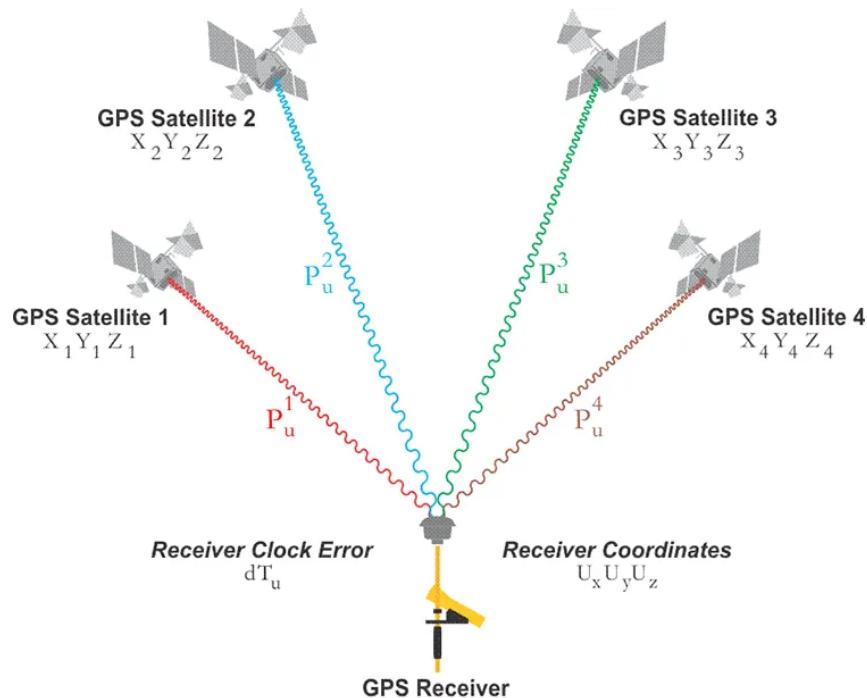
Phần lớn các tính toán GNSS sử dụng hệ tọa độ ECEF, một hệ tọa độ lối trái đất làm trung tâm và cố định với trái đất. Đây là hệ tọa độ không gian biểu diễn các vị trí quanh Trái Đất (bao gồm bề mặt, bên trong, khí quyển và không gian bên ngoài) bằng các giá trị X, Y và Z từ tâm của Trái Đất. Mặc dù các máy thu GPS/GNSS cuối cùng sẽ hiển thị vị trí dưới dạng vĩ độ và kinh độ, nhưng ban đầu, các tính toán định vị sử dụng hệ tọa độ ECEF (X, Y, Z) cho các vệ tinh và máy thu GNSS, để xác định vị trí và vận tốc.



Hình 2.10: Hệ tọa độ ECEF.

Figure 2.10 Hệ tọa độ ECEF.

Khi theo dõi được 4 hoặc nhiều vệ tinh hơn (bất kể chòm sao GNSS nào), có thể xác định được vị trí của máy thu (X, Y, Z) và sự sai lệch đồng hồ giữa máy thu và vệ tinh. Mỗi vệ tinh có một pseudorange biết trước, có thể tính được khi biết đến thời gian truyền tín hiệu. Các phương trình dưới đây cho biết các pseudoranges bằng với khoảng cách thực tế giữa các vệ tinh và máy thu, cộng thêm một lỗi do sai lệch đồng hồ của máy thu. Lỗi này bằng với tốc độ ánh sáng (ký hiệu là c) nhân với sự chênh lệch thời gian của hai đồng hồ (dT_u). Giải hệ phương trình này ta có thể tính ra vị trí máy thu.



$$P_u^1 = \sqrt{(X_1 - U_x)^2 + (Y_1 - U_y)^2 + (Z_1 - U_z)^2 + c(dT_u)}$$

$$P_u^2 = \sqrt{(X_2 - U_x)^2 + (Y_2 - U_y)^2 + (Z_2 - U_z)^2 + c(dT_u)}$$

$$P_u^3 = \sqrt{(X_3 - U_x)^2 + (Y_3 - U_y)^2 + (Z_3 - U_z)^2 + c(dT_u)}$$

$$P_u^4 = \sqrt{(X_4 - U_x)^2 + (Y_4 - U_y)^2 + (Z_4 - U_z)^2 + c(dT_u)}$$

Hình 2.11: Các phương trình tính toán tọa độ máy thu.

Figure 2.11Các phương trình tính toán tọa độ máy thu.

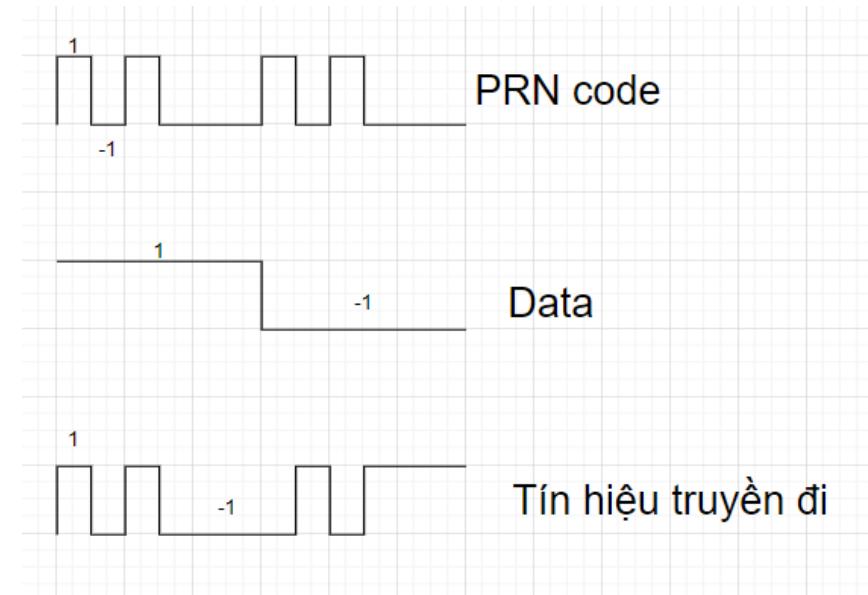
Vĩ độ và kinh độ Khi vị trí của máy thu được biết theo tọa độ ECEF (X, Y, Z), nó có thể được chuyển sang vĩ độ và kinh độ. Vĩ độ và kinh độ dựa trên một hình elip đã được chọn để gần giống với hình dạng của trái đất. Hình elip tiêu chuẩn cho GPS được xác định bởi WGS 84.[1]

CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1 Tổng quan giải pháp

Bài toán định vị mặt đất cơ sở của chúng ta hoạt động tương tự với truyền thông vệ tinh, nhưng các bộ phát USRP sẽ đóng vai trò những "vệ tinh trên mặt đất". Với bài toán định vị cơ sở, ta sẽ sử dụng nhiều hơn hoặc bằng 2 bộ phát và một bộ thu được đặt giữa chúng. Dữ liệu bộ thu (bên xử lý tín hiệu) đã biết là khoảng cách giữa hai máy phát với nhau, trong thực tế dữ liệu này có thể được truyền qua internet hoặc truyền qua tín hiệu được truyền qua không gian giữa các thiết bị USRP. Vì tín hiệu nhận được ở máy thu là tín hiệu bị trộn bởi các tín hiệu phát ra từ các máy phát, ta cần tương quan chéo tín hiệu nhận được này với những tín hiệu mẫu trong "Bộ thu mềm" để có thể phát hiện ra những máy phát nào gửi tín hiệu. Để xác định được vị trí máy thu, bước đầu tiên cần làm là tính ra độ trễ τ là số mẫu trễ giữa các C/A code(Pcode) thu được, với số mẫu trễ ta có thể tính được pseudorange, từ đó có thể tính được tọa độ máy thu.

Trong phạm vi đồ án, ta sẽ giải quyết hai trường hợp, tương ứng với Demo và thực nghiệm. Trong trường hợp demo, ta sẽ dùng 3 máy phát và một máy thu, từ pseudorange ta tính được, áp dụng phương pháp trilateration trong mặt phẳng hai chiều, ta sẽ tính được vị trí máy thu. Đối với trường hợp thực nghiệm, điều kiện 2 máy phát và 1 máy thu nằm trên cùng một đường thẳng và hai máy phát phát tín hiệu đồng thời, độ trễ tau sẽ cho biết độ lệch thời gian giữa hai lần tương quan, từ đó ta có thể tính được vị trí máy thu.

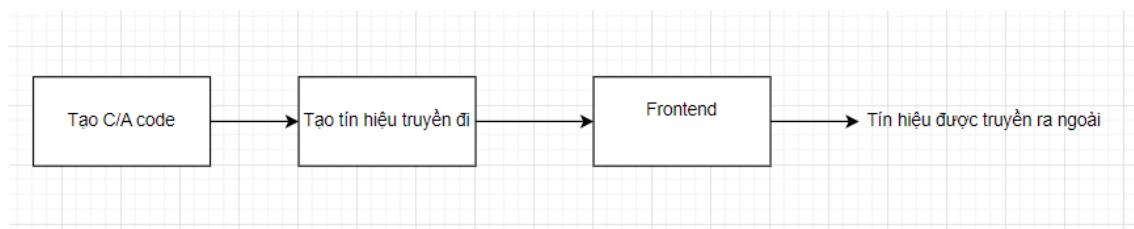


Hình 3.1: Trong trường hợp ta gửi data cùng với PRNcode ta thực hiện phép nhân thuần túy giữa Data và PRN code để tạo tín hiệu chuyền đi. Trong bộ thu (đóng vai trò xử lý tín hiệu) có sẵn PRN code tương tự, sẽ giải điều chế để tìm data.

Figure 3.1 Trường hợp gửi data cùng PRN code.

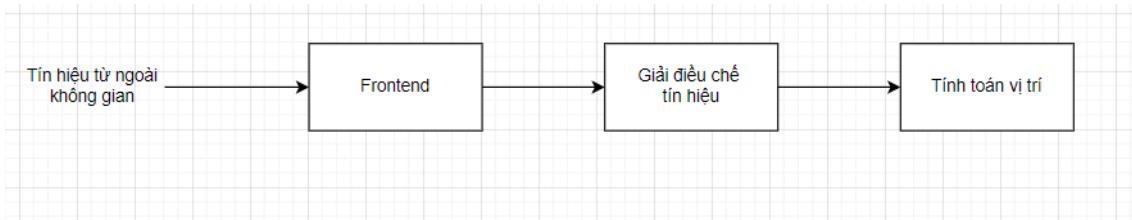
3.2 Các thành phần của Hệ thống

Hệ thống định vị bằng công nghệ SDR sẽ có hai khối, khối thu và khối phát. Trong khối phát, tín hiệu số được tạo ra đi qua Frontend sẽ thành tín hiệu tương tự để truyền qua trong không gian. Tương tự trong khối thu, tín hiệu tương tự truyền trong không gian qua Frontend sẽ thành tín hiệu số, để có thể tiếp tục xử lý trong bộ thu mềm. Điều này sẽ được thể hiện qua kiến trúc Frontend.



Hình 3.2: Khối phát trong hệ thống.

Figure 3.2 Khối phát trong bộ thu mềm.

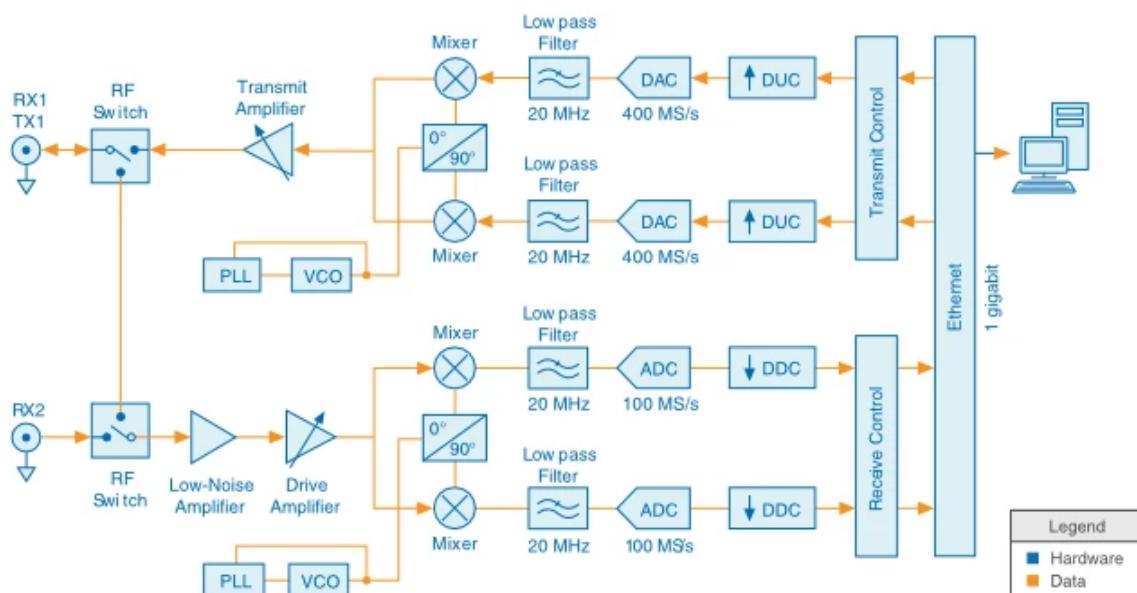


Hình 3.3: Khối thu trong hệ thống.

Figure 3.3 Khối thu trong hệ thống.

3.2.1 Kiến trúc Frontend

Mặc dù một số đặc điểm và thông số kỹ thuật có thể khác nhau giữa các mẫu, tất cả các thiết bị USRP đều sử dụng chung kiến trúc tổng quát. Theo kiến trúc SDR phổ biến, phần cứng USRP triển khai đầu cuối tương tự chuyển đổi trực tiếp với bộ chuyển đổi tương tự sang số (ADC) và bộ chuyển đổi số sang tương tự (DAC), FPGA có tính năng cố định cho các bước chuyển đổi xuống (DDC) và chuyển đổi lên (DUC).



Hình 3.4: Kiến trúc tổng quan thiết bị USRP.

Figure 3.4 Kiến trúc tổng quan thiết bị USRP.

a, Thành phần thu

Quá trình thu bắt đầu với đầu cuối tương tự có độ nhạy cao có thể nhận các tín hiệu rất nhỏ. Tín hiệu này đi qua Low Noise Amplifier được sử dụng để khuếch đại tín hiệu yếu từ anten mà không làm tăng đáng kể mức độ nhiễu, làm tăng biên

độ của tín hiệu RF yếu. Vòng lặp khóa pha (PLL) điều khiển bộ tạo dao động điều khiển bằng điện áp (VCO) để đồng hồ của thiết bị và bộ tạo dao động cục bộ (LO) có thể được khóa tần số tín hiệu tham chiếu. Sau đó, bộ trộn (Mixer) chuyển đổi tín hiệu xuống các thành phần băng cơ sở cùng pha (I) và cầu phương (Q). Bộ lọc thông thấp(Low pass filter) làm giảm nhiễu và các thành phần tần số cao trong tín hiệu.Tiếp đó khối ADC số hóa tín hiệu IQ để khối DDC làm giảm tốc độ lấy mẫu và đóng gói I và Q để truyền đến máy tính chủ bằng Gigabit Ethernet để xử lý thêm.

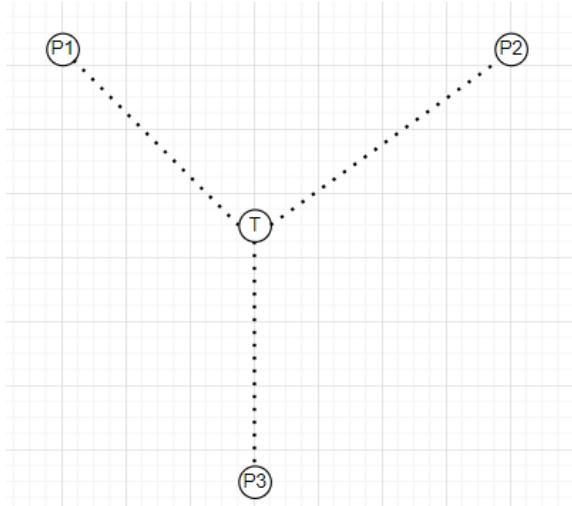
b, Thành phần phát

Quá trình phát bắt đầu với máy tính chủ, tại đó I và Q được tạo ra và truyền qua cáp Ethernet đến phần cứng USRP. DUC chuẩn bị các tín hiệu cho DAC sau đó xảy ra quá trình trộn IQ để chuyển đổi lên các tín hiệu nhằm tạo ra tín hiệu tần số RF, sau đó được khuếch đại và truyền đi.

CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

4.1 Lập trình

Trong trường hợp demo lý thuyết, ta sẽ giả sử có 3 máy phát và một máy thu.



Hình 4.1: Vị trí các máy thu phát trong trường hợp demo. P1,P2,P3 là các máy phát, T là máy thu.

Figure 4.1 Vị trí các máy thu phát trong trường hợp demo. P1,P2,P3 là các máy phát, T là máy thu.

4.1.1 Phát

Đầu tiên, ta khởi tạo các tham số như tốc độ ánh sáng (speedOfLight), tần số lấy mẫu (samplingFreq), mã C/A (codeLength), và tốc độ mã C/A (codeRate), số lượng trạm phát (NumTr) được thiết lập là 3, và số mẫu được tính dựa trên tần số lấy mẫu (numSamp). Các mã C/A code sau đó được nhân đôi và lưu trữ trong ma trận prnCode để sử dụng. Tọa độ của ba trạm phát được giả định và lưu trữ trong ma trận Xt, tọa độ của bộ thu cũng được giả định và lưu trữ trong biến Xr. Khoảng cách từ bộ thu đến mỗi trạm phát được tính bằng công thức Euclidean và lưu trữ trong mảng R. Thời gian truyền tín hiệu từ trạm phát đến bộ thu được tính bằng cách chia khoảng cách cho tốc độ ánh sáng và lưu trữ trong mảng Rt. Tiếp theo với mỗi chạm phát, tạo ra một vector tcode biểu diễn pha mã C/A của tín hiệu tại mỗi mẫu, có tính đến độ trễ do khoảng cách giữa trạm phát và bộ thu, sau đó gộp vào tín hiệu được giả lập là sẽ truyền đi signal_1Block. Sau đó ta lưu tín hiệu này vào file bin. Phần này sẽ được bạn Nguyễn Hà Phong - 20204846 làm rõ trong đồ án của mình.

4.1.2 Thu

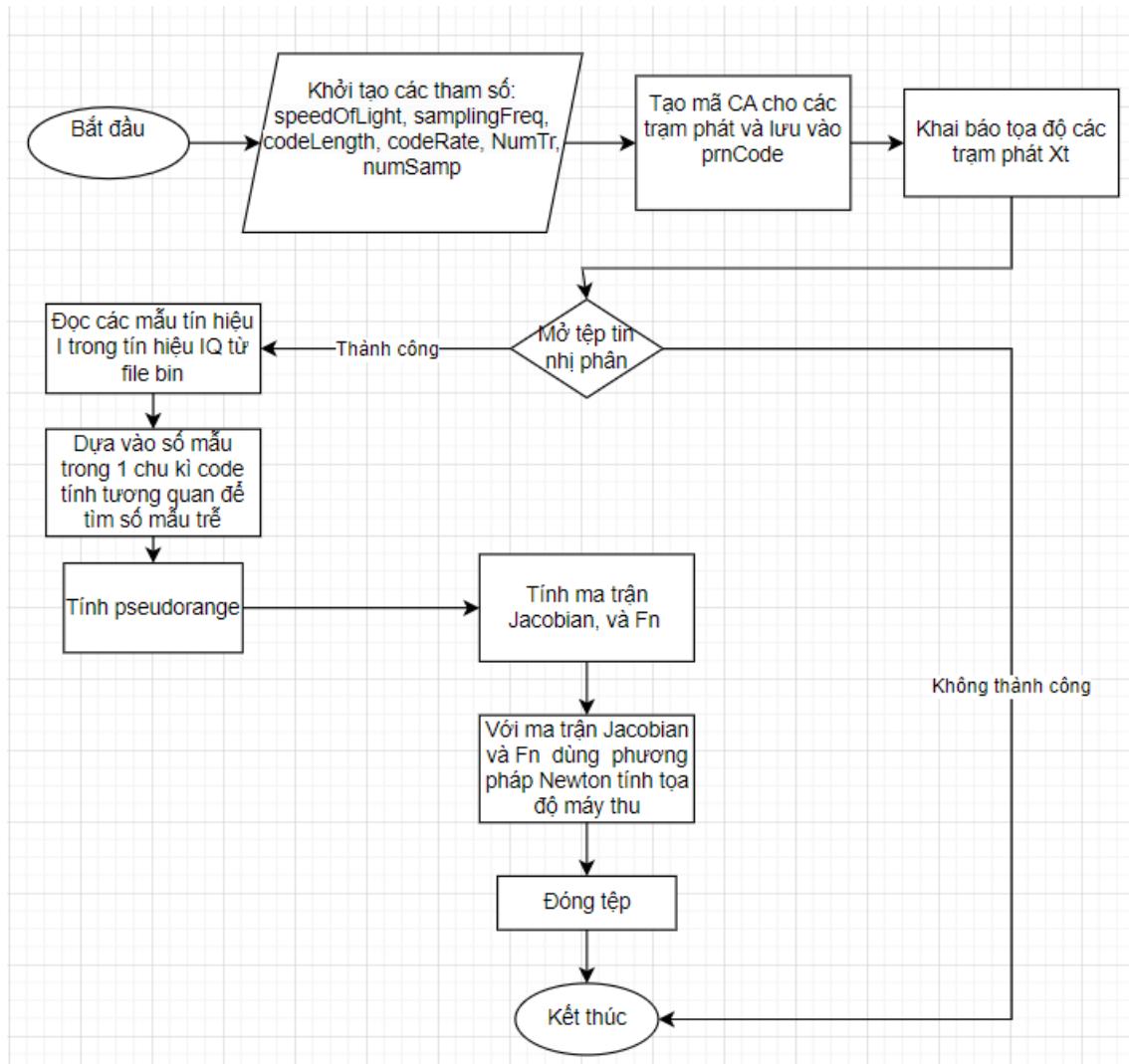
Đầu tiên ta định nghĩa các hằng số quan trọng như tốc độ ánh sáng, tần số lấy mẫu, độ dài mã, và tốc độ mã . Số lượng trạm phát được xác định là ba và số mẫu tín hiệu được tính toán dựa trên tần số lấy mẫu.

Tiếp theo, các mã C/A (Coarse/Acquisition) cho ba chạm phát được tạo và lưu trữ. Mỗi mã C/A được nhân đôi để tạo thành một chuỗi dài hơn, phù hợp với quá trình xử lý tín hiệu. Sau đó, tọa độ của ba trạm phát được giả định, với hai trạm đặt tại các điểm tọa độ (0,0), (500,0) và trạm thứ ba tại (0,500).

Sau đó ta đọc dữ liệu tín hiệu từ một tệp nhị phân và tách riêng phần I của tín hiệu phức. Tiếp theo, code phase được tính bằng số chip trên một mẫu tín hiệu. Tau max được xác định bằng thời gian truyền hết một mã(codeLength/codeRate) nhân với tần số lấy mẫu. Sau đó ta xác định mã đã bị dịch tau mẫu. Sau đó tương quan với tín hiệu nhân được, từ đó ta xác định được vị trí các đỉnh tương quan.

Sau đó khởi tạo quá trình tính toán vị trí bằng cách thiết lập một mảng vị trí ban đầu (giả định) và các biến quan sát. Quá trình tính toán vị trí được thực hiện bằng phương pháp lặp Newton-Raphson trong một số lần lặp đã xác định. Trong mỗi lần lặp, đoạn code sẽ tính toán ma trận Jacobian và vectơ phương trình quan sát, sau đó giải hệ phương trình để tìm sự thay đổi vị trí và cập nhật vị trí ước tính của máy thu.

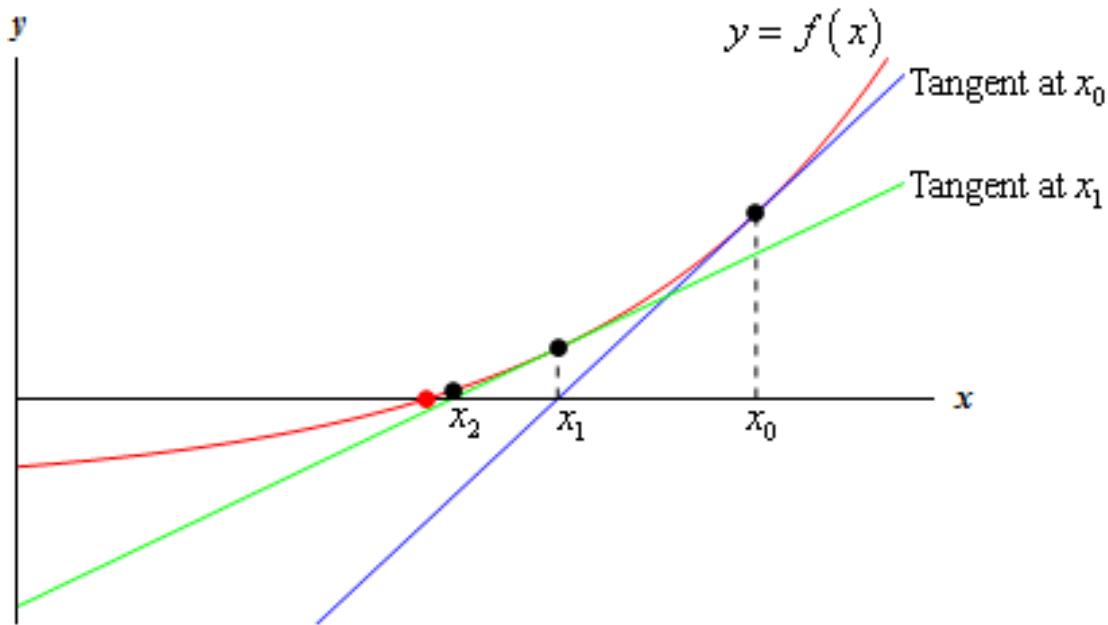
Về căn bản, phần thu của code demo hoạt động giống với phần thu của code thực nghiệm. Để tính toán tọa độ máy thu, ta cần giải 3 phương trình có dạng $\sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2} + c * \Delta_t = P_0$; trong đó P_0 là pseudorange ta đã tính toán ở trên, x_0, y_0 là các giá trị đã biết của tọa độ các máy phát, c là vận tốc ánh sáng. Ta sử dụng phương pháp Newton-Raphson để giải quyết bài toán này.



Hình 4.2: Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu demo lý thuyết.

Figure 4.2 Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu demo lý thuyết.

4.1.3 Phương pháp Newton (Newton–Raphson)



Hình 4.3: Phương pháp Newton

Figure 4.3 Phương pháp Newton Với tọa độ của các trạm phát là (X_n, Y_n) với $n = 1,2,3$ và pseudorange là P_n . Ta có hệ phương trình:

$$\sqrt{(X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2} + c * \Delta_t = P_1$$

$$\sqrt{(X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2} + c * \Delta_t = P_2$$

$$\sqrt{(X_3 - X)^2 + (Y_3 - Y)^2} + c * \Delta_t = P_3$$

Chuyển đổi phương trình trên sang dạng $F_n(X, Y, T) = 0$

$$F_n(X, Y, T) = \sqrt{(X_n - X)^2 + (Y_n - Y)^2} + c * T - P_n = 0$$

với $n = 1, 2, 3$

Tiếp theo, ta cần tính ma trận Jacobian J của hệ phương trình này. Ma trận Jacobian là ma trận các đạo hàm riêng phần của các phương trình F_n :

$$J = \begin{bmatrix} \delta F_1 / \delta X & \delta F_1 / \delta Y & \delta F_1 / \delta T \\ \delta F_2 / \delta X & \delta F_2 / \delta Y & \delta F_2 / \delta T \\ \delta F_3 / \delta X & \delta F_3 / \delta Y & \delta F_3 / \delta T \end{bmatrix}$$

Các phần tử của ma trận Jacobian được tính như sau:

$$\delta F_n / \delta X = -(X_n - X) / \sqrt{(X_n - X)^2 + (Y_n - Y)^2}$$

$$\delta F_n / \delta Y = -(Y_n - Y) / \sqrt{(X_n - X)^2 + (Y_n - Y)^2}$$

$$\delta F_n / \delta T = c$$

Phương pháp Newton-Raphson cập nhật giá trị ước tính của X, Y và T dựa trên công thức:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ T \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ T \end{bmatrix}_k - J^{-1}F$$

Trong đó:

- J^{-1} là ma trận nghịch đảo của ma trận Jacobian J.
- F là vector giá trị của phương trình F_n :

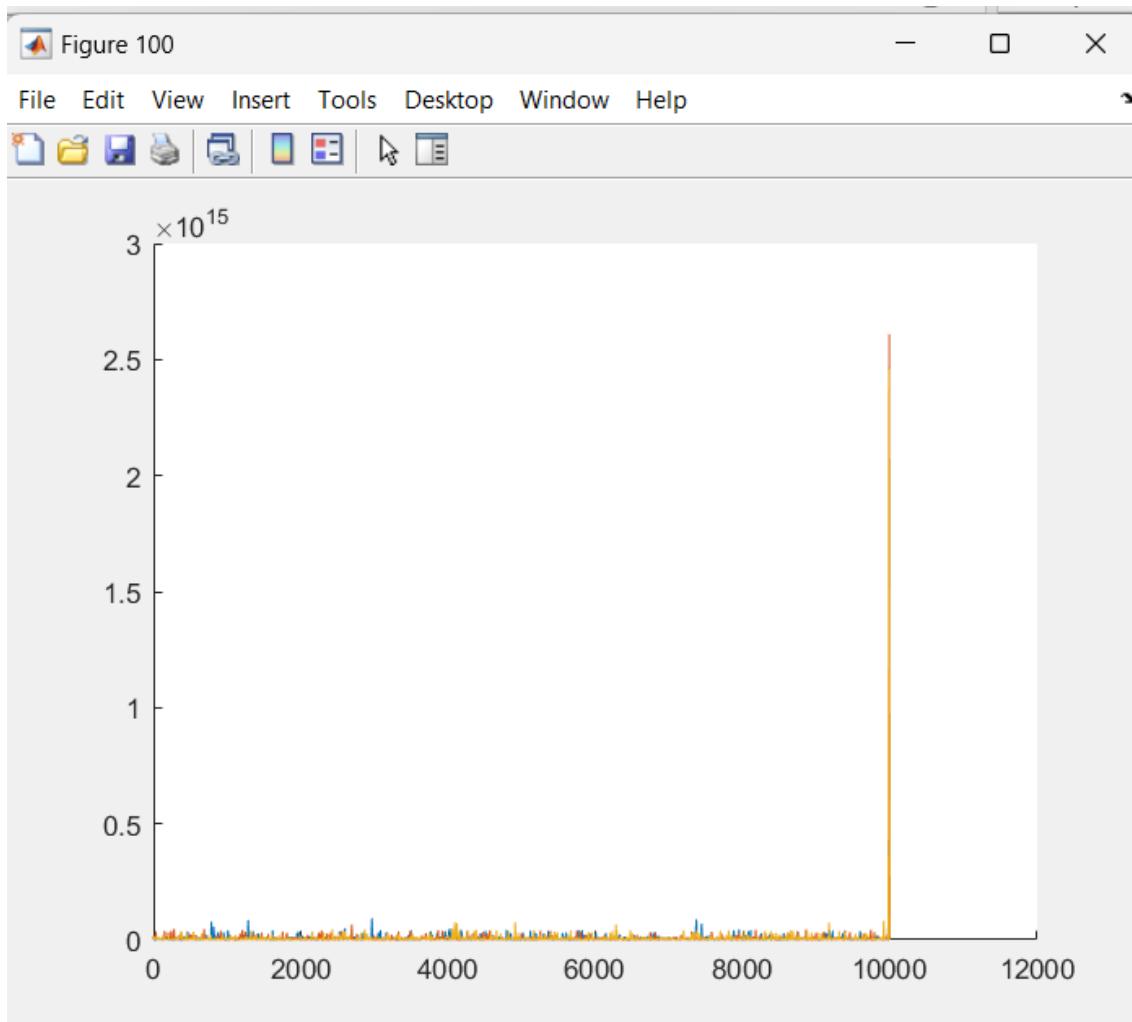
$$F = \begin{bmatrix} F_1(X, Y, T) \\ F_2(X, Y, T) \\ F_3(X, Y, T) \end{bmatrix}$$

Để tính ra giá trị X,Y,T ta sẽ sử dụng vòng lặp cập nhật các giá trị X,Y,T cho đến khi X,Y,T hội tụ đến giá trị tốt nhất. Nhưng trước tiên, ta cần khởi tạo giá trị ban đầu cho X,Y,T; tính giá trị của các phương trình F_n và ma trận Jacobian J.

4.2 Kết quả Demo

Với tọa độ 3 trạm phát [0,0],[500,0],[0,500] kết quả tính toán với code thu demo ta có được tọa độ trạm thu là [406.0955, 250.0000] rất gần với tọa độ giả định ban đầu là [400,250]; trong trường hợp thứ 2 ta giả sử 3 chạm phát có tọa độ [0,1], [549,0], [0,545] thì ta tính ra tọa độ chạm thu [428.9832, 273] cũng rất gần với tọa độ ban đầu [430,280]. Như vậy chứng tỏ hệ thống hoạt động chính xác và hiệu quả. Sử dụng các phương pháp này, hệ thống có thể được sử dụng như một phương pháp mới cung cấp định vị cho các ứng dụng đòi hỏi độ tin cậy cao.

CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG



Hình 4.4: Tương quan với tín hiệu đã được tạo ra sẵn.

Figure 4.4 Tương quan với tín hiệu đã được tạo ra sẵn.

CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

The screenshot shows the MATLAB interface. In the code editor, there is a script named 'receiver.m' containing MATLAB code for a receiver algorithm. The code involves iterative optimization to estimate signal positions. In the command window below, the user runs the script and receives output indicating successful execution and estimated receiver position.

```

53 pos      = zeros(3, 1);
54 obs=P;
55 numOfIterations=10;
56 F= zeros(NumTr, 1);
57 J= zeros(NumTr, 3);
58 for iter = 1:numOfIterations
59     for i = 1:NumTr
60         F(i)=obs(i)-sqrt((xt(i,1)-pos(1))^2+(xt(i,2)-pos(2))^2)-pos(3);
61         J(i, :) = [ (-xt(i,1) - pos(1)) / obs(i) ...
62                     (-xt(i,2) - pos(2)) / obs(i) ...
63                     1 ];
64     end
65     delta_pos = J \ F;%J^(-1)*F
66     pos = pos + delta_pos;
67 end
68 disp(['vị trí bộ thu: ', num2str(pos(1:2, :))]);

```

Command Window output:

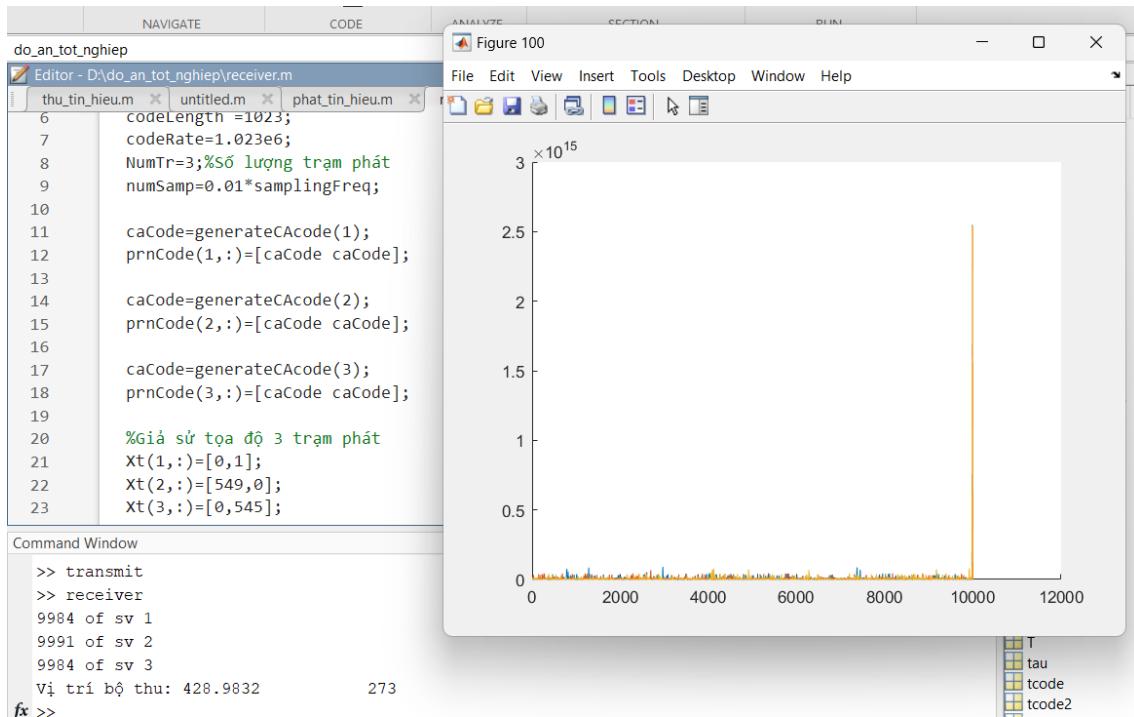
```

>> receiver
9985 of sv 1
9992 of sv 2
9985 of sv 3
vị trí bộ thu: 406.0955      250
fx >>

```

Hình 4.5: Kết quả demo1.

Figure 4.5 Kết quả demo1.



Hình 4.6: Kết quả demo2

Figure 4.5 Kết quả demo2.

CHƯƠNG 5. THỰC NGHIỆM

5.1 Phần mềm cần cài đặt

Trong quá trình thực nghiệm đồ án, ta cần cài đặt matlab phục vụ quá trình tạo và xử lý tín hiệu. Ta cần cài đặt GNU radio để thu phát tín hiệu qua các thiết bị USRP N200, USRP N210, USRP X300. Với thiết bị USRP B200mini ta cần cài đặt UHD (USRP Hardware Driver) , một phần mềm mã nguồn mở cho phép cung cấp một giao diện thống nhất cho người dùng và các nhà phát triển để tương tác với các thiết bị USRP, cho phép cấu hình, truyền và thu nhận dữ liệu RF.

5.2 Thiết bị thực nghiệm

Các thiết bị USRP được sử dụng trong thực nghiệm cho phép người dùng truyền và nhận nhiều dạng sóng tùy chỉnh và khác nhau ở nhiều tần số và cài đặt khác nhau trên nền tảng phần cứng chung.

USRP có nhiều dạng tùy thuộc vào cách sử dụng và điều kiện sử dụng. Các dòng chính của USRP bao gồm:

- Dòng Bus (B): Kết nối với máy tính chủ thông qua cổng USB.
- Dòng Network (N): Kết nối với máy tính chủ thông qua kết nối Ethernet.
- Dòng hiệu suất cao (X): Kết nối có thể là Ethernet hoặc kết nối PCI-Express x4.
- Dòng nhúng (E): Được thiết kế để hoạt động độc lập mà không cần máy tính chủ.

Trình điều khiển phần cứng USRP (UHD) là một thư viện không gian người dùng chạy trên bộ xử lý đa năng (GPP), giúp giao tiếp và kiểm soát tất cả các dòng thiết bị USRP. Các dòng USRP B, N và X gửi và nhận mẫu thông qua máy tính chủ, USRP dòng nhúng chứa GPP nội bộ nên có thể chạy mà không cần máy tính chủ.

5.2.1 USRP B200 mini-i

Digilent B200mini Ettus USRP 70MHz-6GHz SDR/Cognitive Radio là một thiết bị linh hoạt và nhỏ gọn, lý tưởng cho các ứng dụng SDR. B200mini cung cấp một phạm vi tần số rộng và một FPGA Xilinx Spartan-6 XC6SLX75 có thể được lập trình bởi người dùng. Phiên bản công nghiệp tương đương là Ettus USRP B205mini-i.

RF frontend sử dụng bộ thu phát RFIC AD9364 của Analog Devices với băng

thông tức thì 56MHz. Bảng mạch được cung cấp năng lượng qua cổng USB 3.0 tốc độ cao để truyền dữ liệu đến máy tính chủ. Ngoài ra, USRP B200mini bao gồm các cổng kết nối cho GPIO, JTAG và đồng bộ hóa với tín hiệu tham chiếu đồng hồ 10MHz hoặc tín hiệu tham chiếu thời gian PPS.[2]

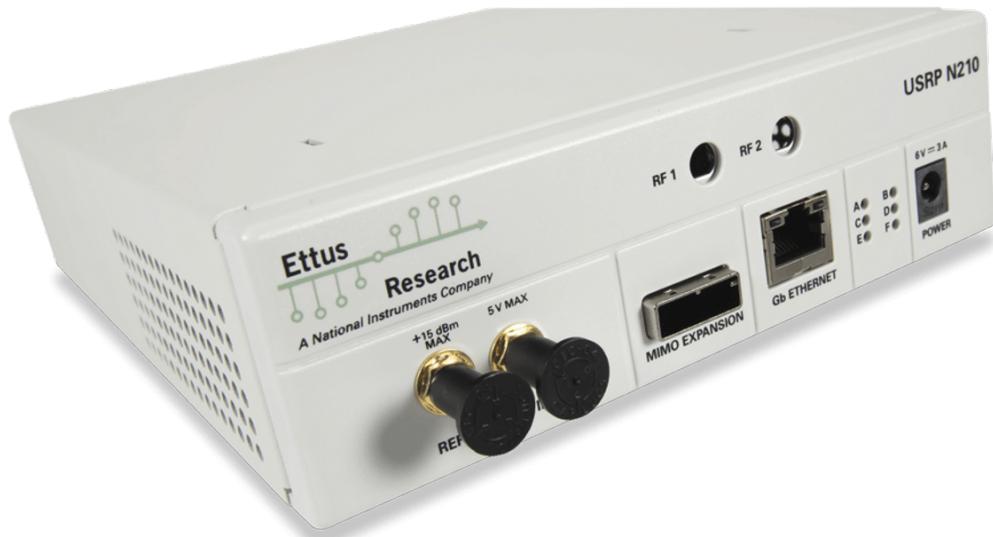


Hình 5.1: USRP B200 mini

Figure 5.1 B200mini.

5.2.2 USRP N210

USRP N210 là phiên bản nâng cao của USRP N200 bao gồm FPGA lớn hơn, tăng khả năng xử lý tối đa lên đến 100 MS/s theo cả hai hướng trong khi cung cấp các cải tiến về độ trễ xử lý. Thiết bị cung cấp khả năng xử lý dải động cao, băng thông cao. Kiến trúc thiết bị bao gồm Xilinx® Spartan® 3A-DSP 3400 FPGA, ADC kép 100 MS/s, DAC kép 400 MS/s và kết nối Gigabit Ethernet để truyền dữ liệu đến và đi từ bộ xử lý máy chủ. Thiết bị có thể truyền tối đa 50 MS/s đến và đi từ các ứng dụng máy chủ. FPGA cũng cung cấp khả năng xử lý tới 100 MS/s ở cả hướng truyền và nhận. Phần mềm FPGA có thể được tải lại thông qua giao tiếp Gigabit Ethernet.[4]



Hình 5.2: USRP N210

Figure 5.2 USRP N210.

5.2.3 USRP N200

Dòng USRP N200 cung cấp khả năng xử lý băng thông cao và dải động cao. Kiến trúc sản phẩm bao gồm FPGA Xilinx® Spartan® 3A-DSP 1800, ADC kép 100 MS/s, DAC kép 400 MS/s và kết nối Ethernet Gigabit để truyền dữ liệu tới các bộ xử lý máy chủ. Thiết kế mô-đun cho phép USRP N200 hoạt động từ DC đến 6 GHz. Cổng mở rộng cho phép nhiều thiết bị dòng USRP N200 được đồng bộ hóa và sử dụng trong cấu hình MIMO. Một mô-đun GPSDO tùy chọn cũng có thể được sử dụng để điều chỉnh đồng hồ tham chiếu USRP N200 với độ chính xác trong khoảng 0,01 ppm theo tiêu chuẩn GPS toàn cầu. USRP N200 có thể truyền tải lên tới 50 MS/s đến và từ các ứng dụng máy chủ, và người dùng có thể triển khai các chức năng tùy chỉnh trong mạch FPGA, hoặc trong lõi mềm RISC 32-bit trên bo mạch. FPGA có khả năng xử lý lên đến 100 MHz băng thông RF trong cả hai hướng truyền và nhận. Firmware của FPGA có thể được tải lại qua giao diện Ethernet Gigabit [3].

**Hình 5.3:** USRP N200

Figure 5.3 USRP N200.

5.2.4 USRP X300

USRP X300 là một thiết bị SDR hiệu suất cao, có thể mở rộng để thiết kế và triển khai các hệ thống truyền thông không dây thế hệ tiếp theo. Kiến trúc phần cứng kết hợp hai khe cắm băng con băng thông mở rộng bao phủ DC - 6 GHz với băng thông cơ sở lên đến 160 MHz, nhiều tùy chọn giao tiếp tốc độ cao (PCIe, 10 GigE kép, 1 GigE kép) và một Kintex-7 FPGA do người dùng lập trình. Trung tâm của USRP X300 là XC7K325T FPGA cung cấp kết nối tốc độ cao giữa tất cả các thành phần chính trong thiết bị bao gồm giao diện người dùng vô tuyến, giao diện máy chủ và bộ nhớ DDR3. Kintex-7 FPGA cung cấp thêm không gian cho các nhà phát triển để kết hợp các khối DSP tùy chỉnh và tương thích với một số lượng lớn các khuôn khổ phát triển, kiến trúc tham chiếu và dự án nguồn mở được USRP hỗ trợ.[5]



Hình 5.4: USRP X300

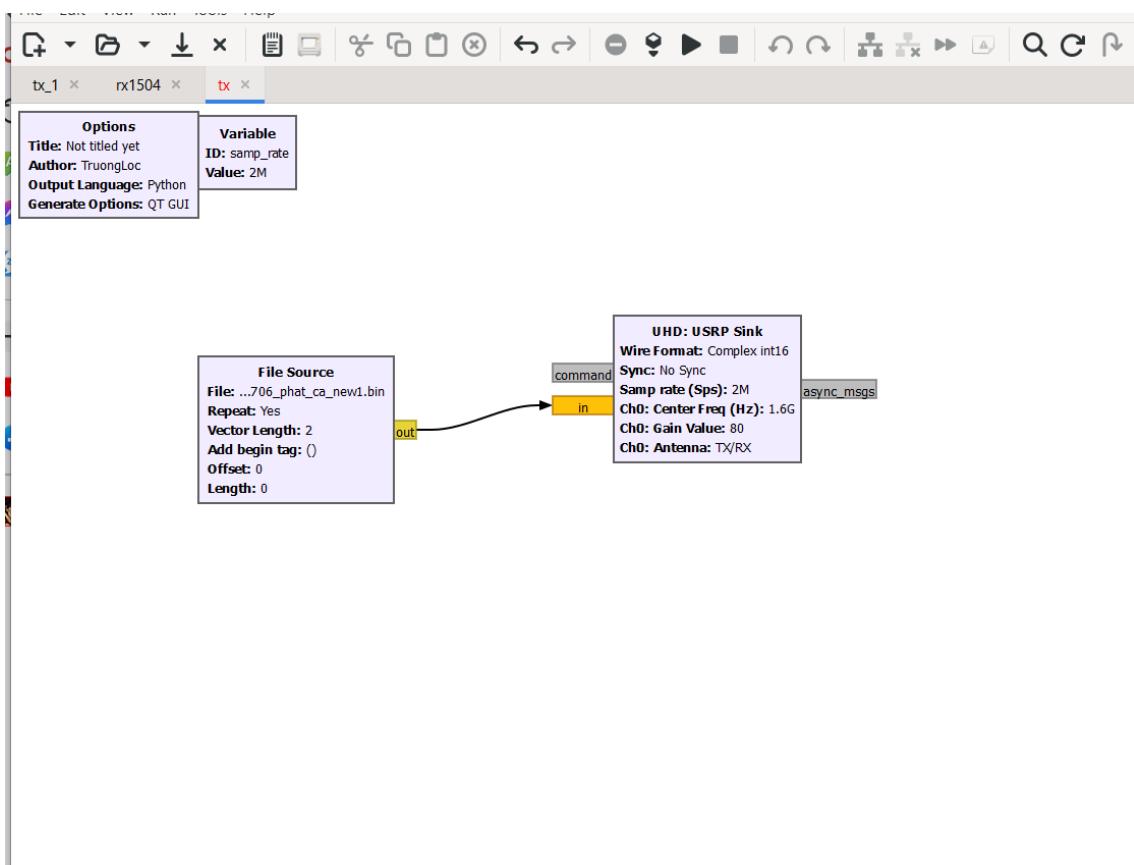
Figure 5.4 USRP X300.

5.3 Phương pháp thực nghiệm

5.3.1 Cấu hình thiết bị

a, Cấu hình thiết bị khi phát

Đối với các thiết bị USRP X300, USRP N210 và USRP N200 ta sử dụng phần mềm GNU raido để truyền phát tín hiệu.

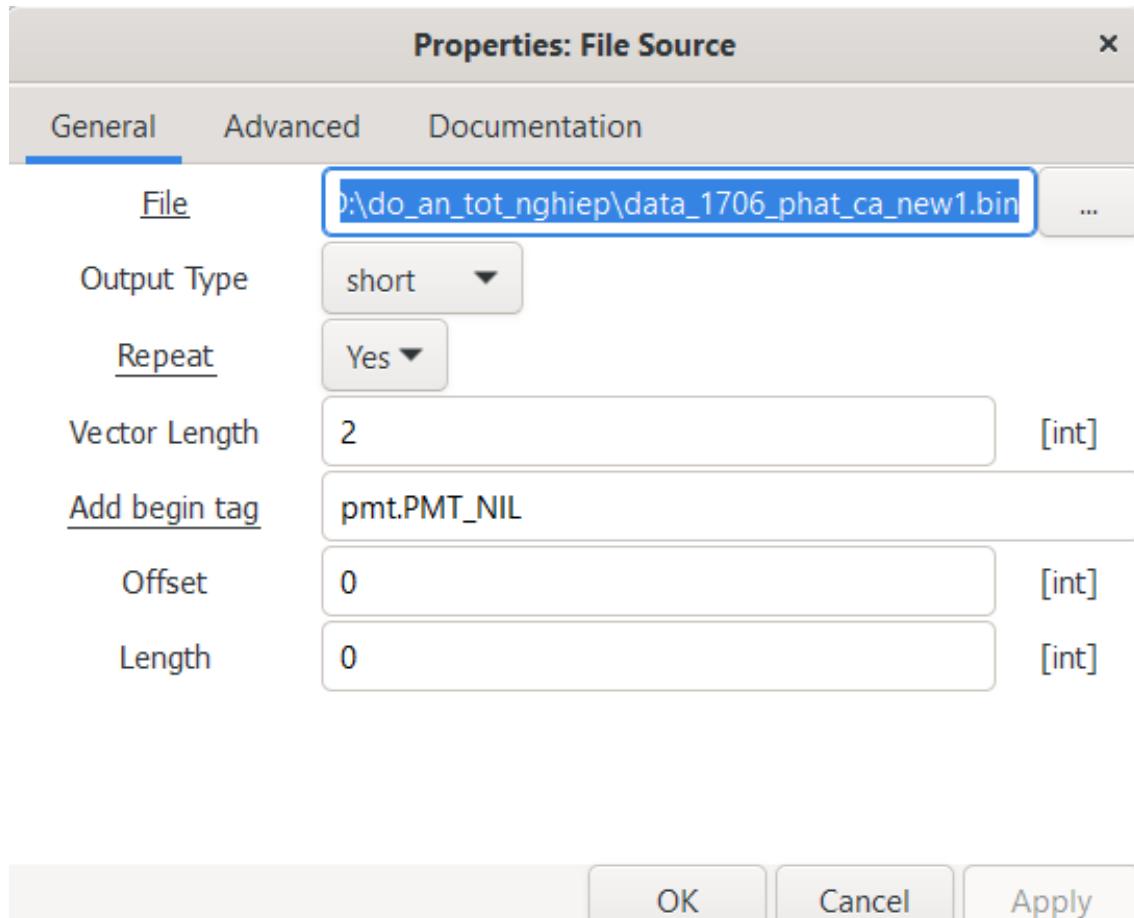


Hình 5.5: Cấu hình khi sử dụng GNU radio để truyền tín hiệu.

Figure 5.5 Cấu hình khi sử dụng GNU radio để truyền tín hiệu.

File Source trong GNU Radio dùng để đọc dữ liệu từ một file. Nó đóng vai trò như nguồn phát dữ liệu trong một chuỗi xử lý tín hiệu. File Source cho phép bạn nạp dữ liệu đã lưu từ trước vào hệ thống để thực hiện các thao tác xử lý tín hiệu số. Ta có các tham số chính sau đây:

- File Path: Đường dẫn đến file dữ liệu.
- OutPut Type: Kiểu dữ liệu đầu ra, ta đặt là "short" .
- Repeat: Tùy chọn cho phép lặp lại dữ liệu khi đến cuối file, ta đặt là "yes".
- Vector Length: xác định số lượng mẫu (samples) trong mỗi vectơ mà khối sẽ đọc từ file tại mỗi lần đọc, ta đặt là 2 vì mỗi lần Khối sẽ đọc 2 mẫu tín hiệu của IQ (e in-phase I và quadrature Q signals).



Hình 5.6: Cấu hình file source

Figure 5.6 Cấu hình file source.

UHD: USRP Sink trong GNU Radio dùng để truyền dữ liệu đến một thiết bị phần cứng USRP thông qua giao diện UHD (USRP Hardware Driver). Đây là khối đầu ra, nơi tín hiệu được xử lý được gửi đến phần cứng để phát sóng hoặc thực hiện các thao tác RF khác. Ta có các thông số cần lưu ý sau:

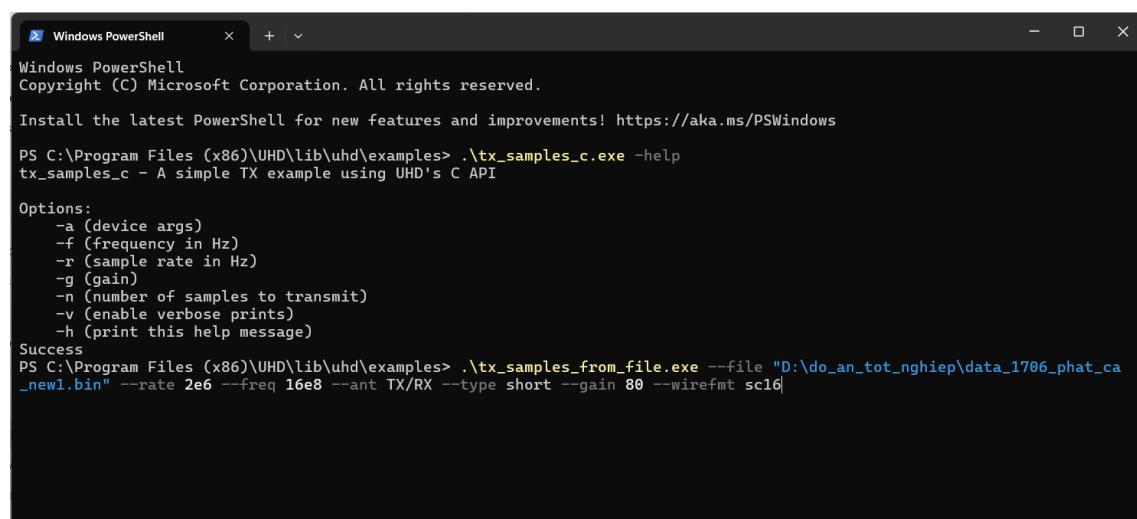
- Sample Rate: Tốc độ mẫu mà dữ liệu được truyền tới USRP, ta đặt là 2e6(tức 2 triệu mẫu trên 1 giây). Giá trị này có thể thay đổi cùng với sample rate trong code phát(tạo file bin để truyền đi), giá trị càng cao thì sai số càng nhỏ.
- Center Frequency: Tần số trung tâm là tần số chính mà tín hiệu được điều chỉnh để truyền hoặc nhận, là tần số sẽ tạo ra hoặc truyền cường độ tín hiệu lớn nhất; tùy thuộc vào độ mạnh của thiết bị, độ nhạy của ăng ten ta có thể chọn giá chỉ cho Center Frequency một giá trị thích hợp, ở đây ta đặt là 1600000000(Hz) (ta có thể thay đổi thành giá trị 400000000(Hz) trong thực tế thực nghiệm).
 - Khi Tín hiệu có tần số trung tâm thấp thường có khả năng đâm xuyên tốt hơn. Điều này có nghĩa là chúng có thể xuyên qua các vật thể như tường, cây cối, và thậm chí là đất.

- Khi Tín hiệu có tần số trung tâm cao hơn thường bị hấp thụ và phản xạ nhiều hơn bởi các vật thể trong môi trường. Với giá trị 1600000000(Hz) rất nhạy với vật cản, nên ta phải xem xét lựa chọn địa điểm thực nghiệm hợp lý, ít vật cản giữa đường truyền.
- Gain: Độ khuếch đại của bộ phát, ta đặt là 80(trong GNU radio Gain có giá trị giới hạn là 89).
- Antenna: là ăng ten ta sử dụng ở thiết bị USRP, ở đâu ta sử dụng TX/RX.

Đối với thiết bị B200mini ta có thể sử dụng matlab để phát tín hiệu. Các thông số được thiết lập như trên.

```
command1 = '"C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples\tx_samples_
-file "D:\do_an_tot_nghiep\data_1706_phat_ca_new1.bin" -
-rate 2e6 --freq 16e8 --ant TX/RX --type short --gain 80 --
wirefmt sc16 ';
```

Hoặc sử dụng Windows Powershell để thực hiện phát với B200mini.



The screenshot shows a Windows PowerShell window titled "Windows PowerShell". The command entered is:

```
PS C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples> .\tx_samples_c.exe -help
tx_samples_c - A simple TX example using UHD's C API

Options:
-a (device args)
-f (frequency in Hz)
-r (sample rate in Hz)
-g (gain)
-n (number of samples to transmit)
-v (enable verbose prints)
-h (print this help message)

Success
PS C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples> .\tx_samples_from_file.exe --file "D:\do_an_tot_nghiep\data_1706_phat_ca_new1.bin" --rate 2e6 --freq 16e8 --ant TX/RX --type short --gain 80 --wirefmt sc16
```

Hình 5.7: Cấu hình phát với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell

Figure 5.7 Cấu hình phát với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell

Giá trị các thông số được cấu hình khi thực nghiệm cho máy phát

File Source:

- OutPut Type: short.
- Repeat: yes.

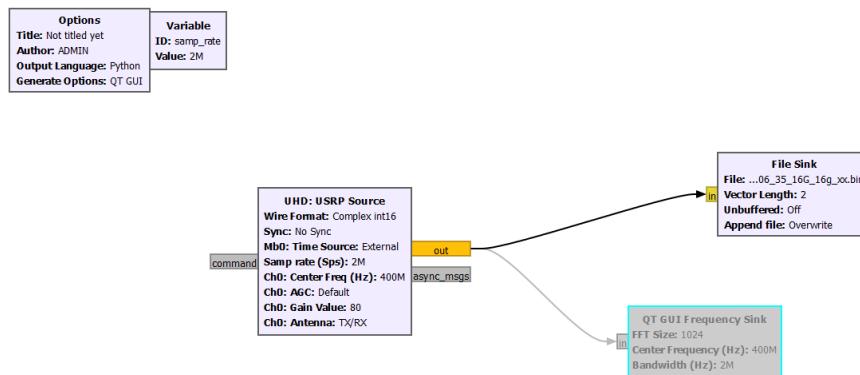
- Vector Length: 2.

USRP Sink:

- Input type: complex int16.
- Wire format: complex int16.
- Sync: No sync.
- Center frequency: 400000000(Hz).
- Gain value: 80.
- Gain type: Absolute(db).
- Antenna: TX/RX.
- Sample rate: 5000000(Hz) (Chú ý giá trị này bằng với giá trị tần số lấy mẫu ở file code tạo tín hiệu phát)

b, Cấu hình thiết bị khi thu

Tương tự với cấu hình GNU radio khi phát, với các thiết bị USRP X300, USRP N210 và USRP N200 khi thu ta sẽ sử dụng các khối UHD: USRP Source và File Sink và sẽ cần lưu ý một số thông số.



Hình 5.8: Cấu hình GNU radio khi thu.

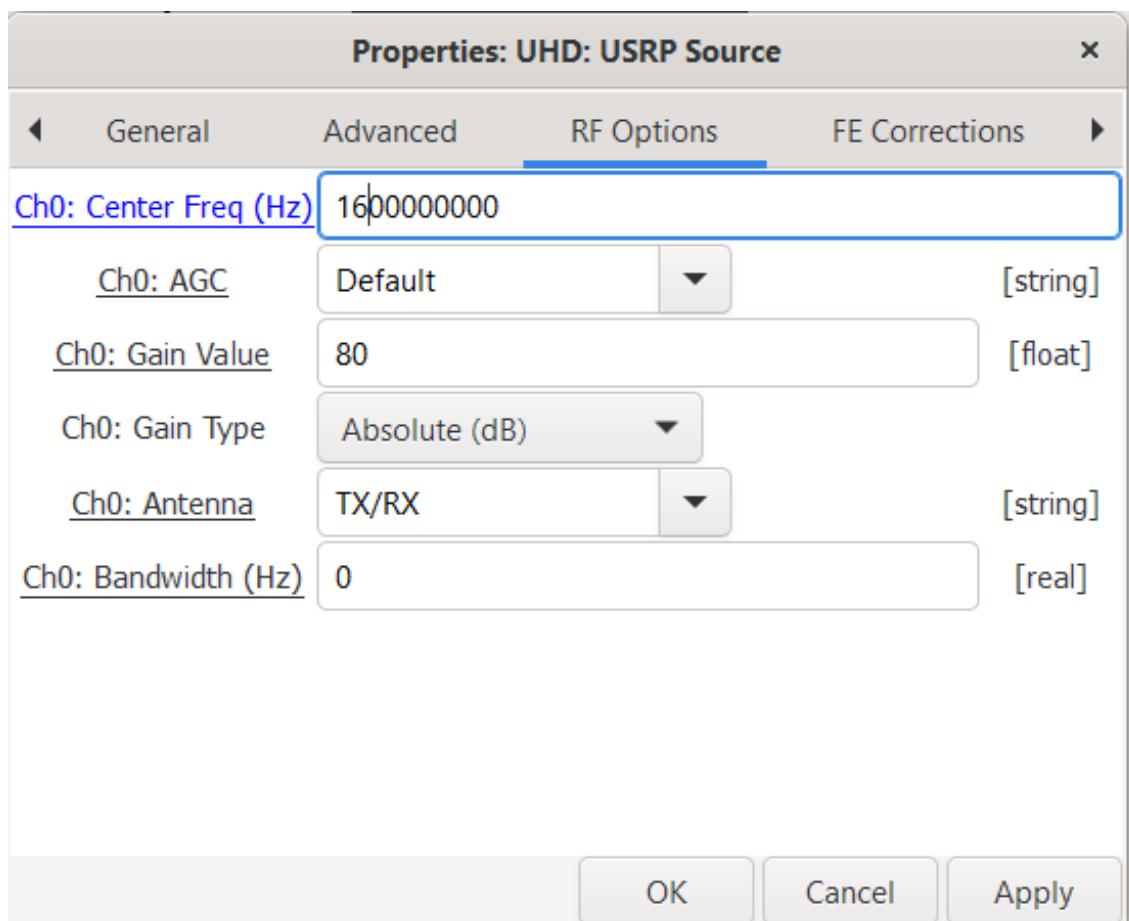
Figure 5.8

UHD: USRP Source là khối nguồn trong GNU Radio, dùng để thu tín hiệu từ thiết bị USRP (Universal Software Radio Peripheral). Tín hiệu RF thu được từ ăng-ten sẽ được chuyển đổi thành tín hiệu số (dưới dạng mẫu I/Q) để xử lý trong GNU Radio. Ta có các thông số cần lưu ý sau:

- Sample Rate: Tốc độ mẫu mà dữ liệu được truyền tới USRP, ta đặt là 2e6 (Hz).

Gía trị này có thể thay đổi, có giá trị bằng với giá trị code thu .

- Center Frequency: Tần số trung tâm là tần số chính mà tín hiệu được điều chỉnh để truyền hoặc nhận, là tần số sẽ tạo ra hoặc truyền cường độ tín hiệu lớn nhất; ở đây ta đặt là 1600000000(Hz).
- Gain: Độ khuếch đại của bộ phát, ta đặt là 80(trong GNU radio Gain có giá trị giới hạn là 89).
- Antenna: là ăng ten ta sử dụng ở thiết bị USRP, ở đâu ta sử dụng TX/RX.



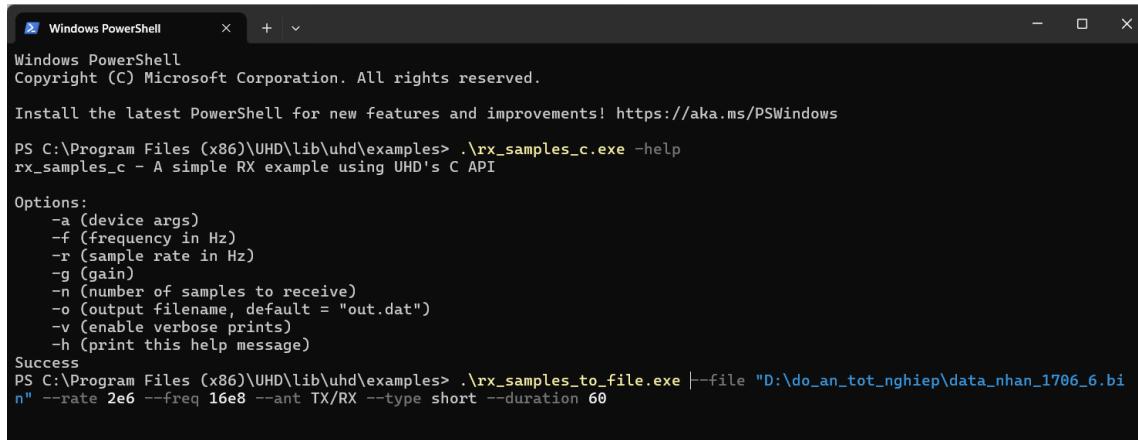
Hình 5.9: Cấu hình UHD: USRP Source khi thu tín hiệu

Figure 5.9 Cấu hình UHD: USRP Source khi thu tín hiệu

File Sink là khối đích trong GNU Radio, dùng để lưu trữ dữ liệu tín hiệu đã thu thập. Tín hiệu thu được từ USRP hoặc xử lý qua các khối khác sẽ được ghi trực tiếp vào tập tin. Ta có các thông số cần lưu ý sau:

- File Path: Đường dẫn đến file lưu dữ liệu.
- InPut Type: Kiểu dữ liệu đầu ra, ta đặt là "short" để đồng bộ với bên phát.
- Vector Length: xác định số lượng mẫu (samples) trong mỗi vectơ mà khối sẽ lưu vào file tại mỗi lần đọc, ta đặt là 2 vì mỗi lần Khối sẽ lưu 2 mẫu tín hiệu

CHƯƠNG 5. THỰC NGHIỆM



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

Install the latest PowerShell for new features and improvements! https://aka.ms/PSWindows

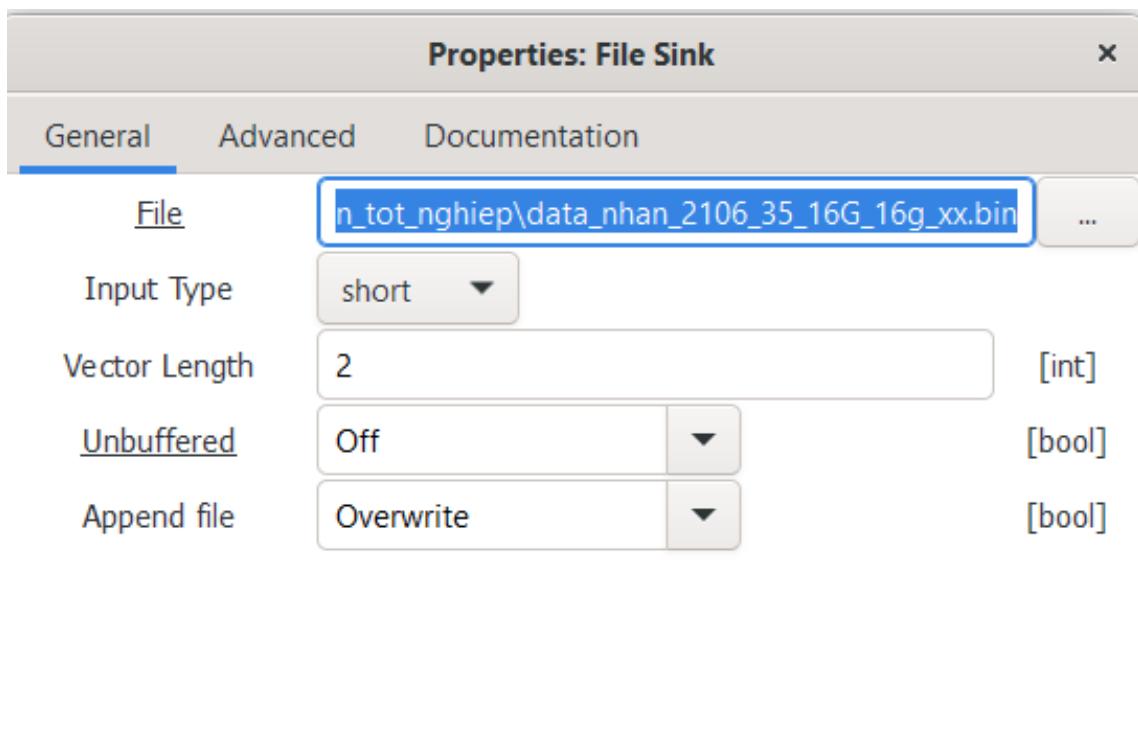
PS C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples> .\rx_samples_c.exe -help
rx_samples_c - A simple RX example using UHD's C API

Options:
-a (device args)
-f (frequency in Hz)
-r (sample rate in Hz)
-g (gain)
-n (number of samples to receive)
-o (output filename, default = "out.dat")
-v (enable verbose prints)
-h (print this help message)

Success
PS C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples> .\rx_samples_to_file.exe --file "D:\do_an_tot_nghiep\data_nhan_1706_6.bin" --rate 2e6 --freq 16e8 --ant TX/RX --type short --duration 60
```

Hình 5.11: Cấu hình thu với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell

của IQ (e in-phase I và quadrature Q signals).



Hình 5.10: Cấu hình file sink để thu tín hiệu.

Figure 5.10 Cấu hình file sink để thu tín hiệu.

Đối với thiết bị B200mini ta có thể sử dụng matlab để thu tín hiệu. Các thông số được thiết lập như trên.

```
command1 = '"C:\Program Files (x86)\UHD\lib\uhd\examples\rx_samples_to_file.exe --file "D:\do_an_tot_nghiep\data_nhan_1706_6.bin" --rate 2e6 --freq 16e8 --ant TX/RX --type short --duration 60';
```

Hoặc dùng Windows PowerShell để thực hiện thu với B200 mini. Figure 5.11 Cấu hình thu với B200mini khi sử dụng Windows PowerShell.

Giá trị các thông số được cấu hình khi thực nghiệm cho máy thu

USRP Source:

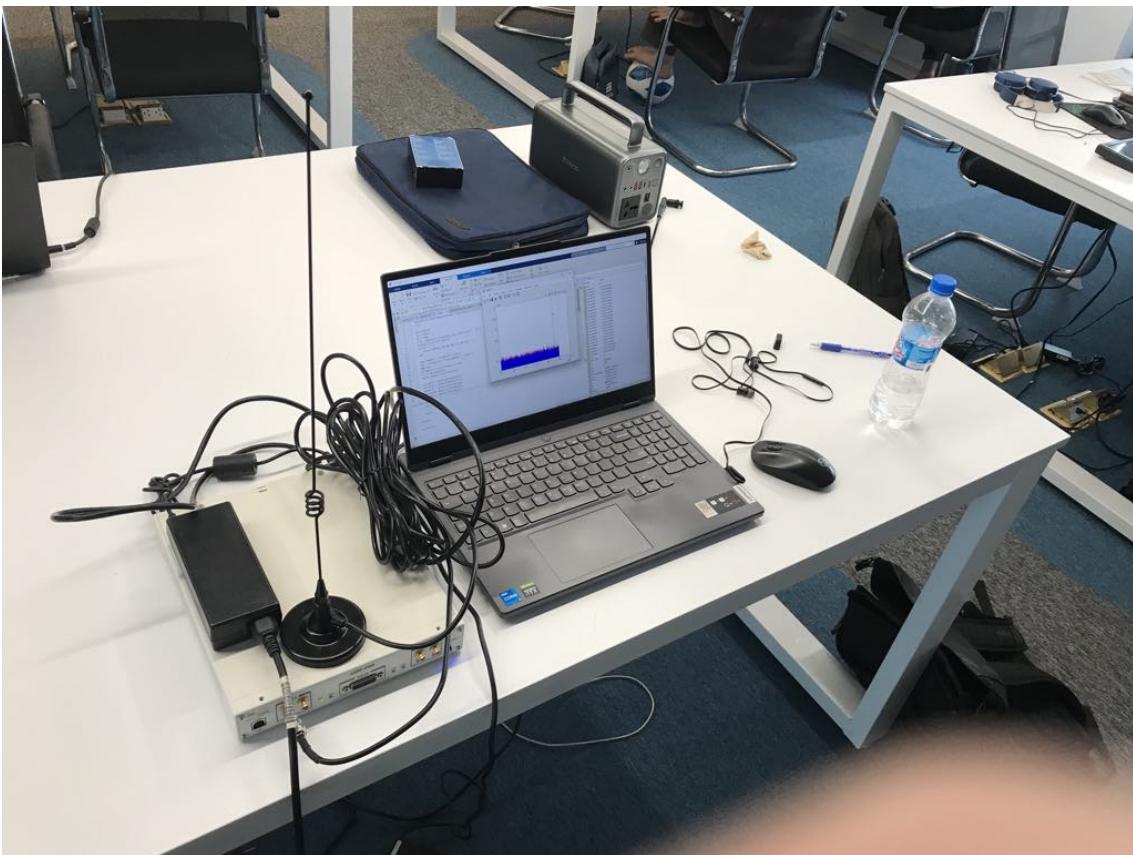
- Output type: complex int16.
- Wire format: complex int16.
- Sync: No sync.
- Center frequency: 400000000(Hz).
- Gain value: 80.
- Gain type: Absolute(db).
- Antenna: TX/RX.
- Sample rate: 10000000(Hz) (chú ý giá trị này bằng với giá trị tần số lấy mẫu ở code xử lý tín hiệu thu)

File Sink:

- IntPut Type: short.
- Vector Length: 2.

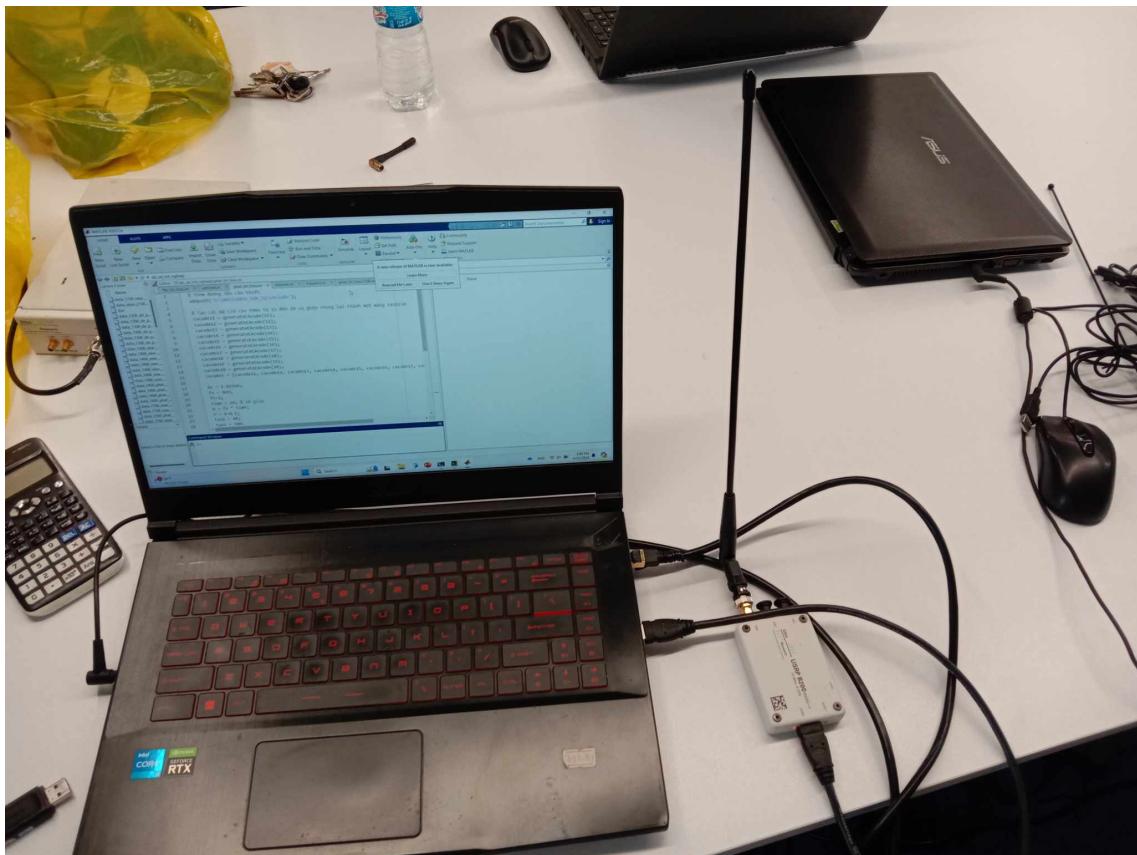
5.3.2 Lắp đặt và bố trí thiết bị

Sau khi thực nghiệm nhiều lần trong phòng lab, đồ án của tôi lựa chọn sử dụng các thiết bị USRP N200, USRP N210, USRP X300 để cho ra kết quả hợp lý nhất trong hoàn cảnh. Để thực nghiệm có kết quả chính xác nhất, ta lựa chọn một vị trí thuận lợi mà không có các tác nhân gây nhiễu. Ta có thể lắp đặt các thiết bị như sau.



Hình 5.12: Với các thiết bị USRP N210,N200,X300 ta có thể setup như hình.

Figure 5.12 Với các thiết bị USRP N210,N200,X300 ta có thể setup như hình.



Hình 5.13: Với thiết bị B200mini ta có thể setup như hình.

Figure 5.12 Với thiết bị B200 ta có thể setup như hình.

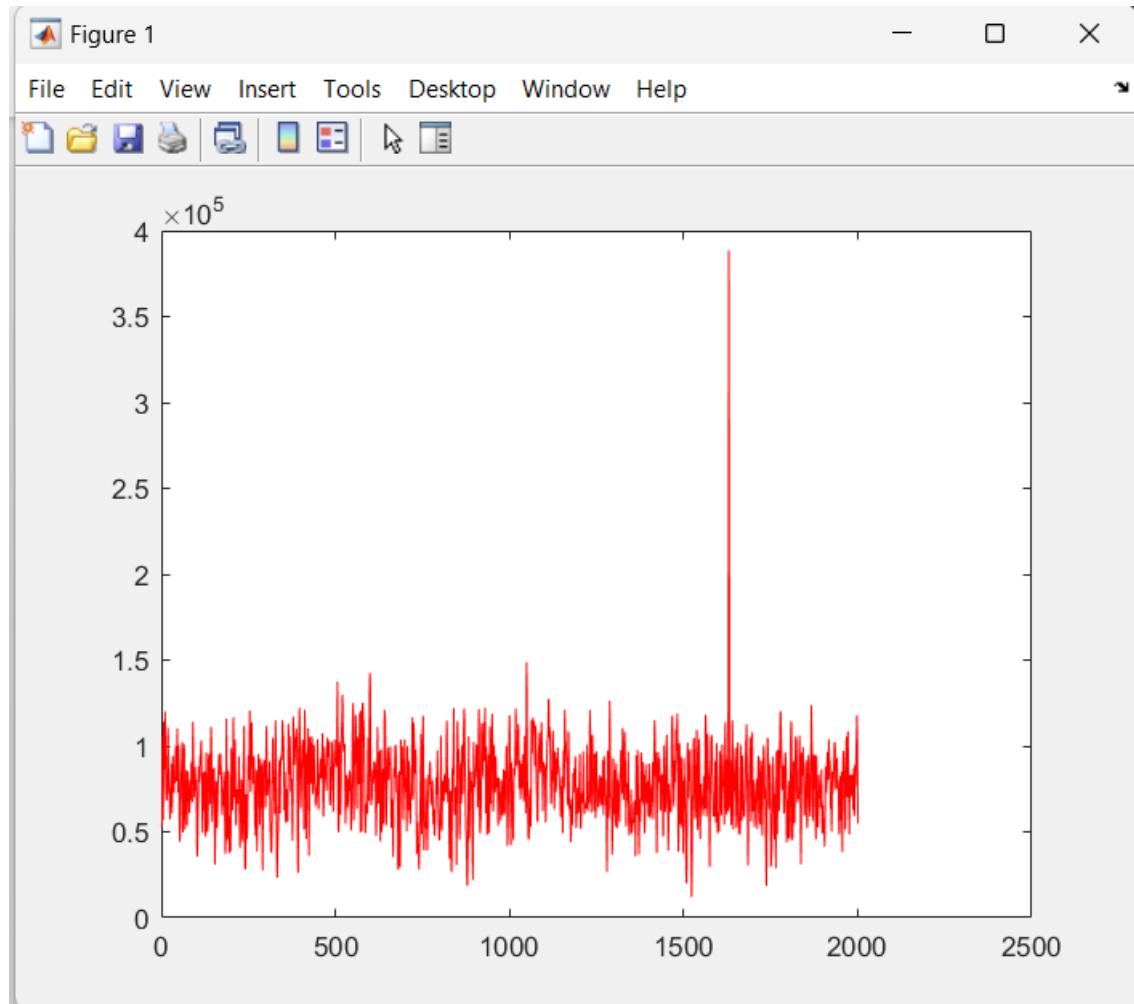
Ta nên để ý rằng, khi thiết lập trong GNU radio thuộc tính Antena là TX/RX thì tương ứng sử dụng chân RF1 trong USRP N210, N200.

5.4 PRN code thực nghiệm

5.4.1 Sử dụng Pcode

Trong matlab ta có thể sử dụng đối tượng gpsPCode để tạo P-code. Khi đó ta sẽ thiết lập các thuộc tính PRNID - ID phân biệt các máy phát, OutputCodeLength - độ dài mã trong một chu kỳ mã, InitialTime - thời gian ban đầu chỉ định số giây đã trôi qua kể từ đầu tuần. Khi sử dụng Pcode ta có thể khởi tạo độ dài mã, điều này rất hữu ích khi dò và tương quan các máy phát ở khoảng cách xa. Ta để ý rằng khi sử dụng đối tượng này để sinh Pcode thì sau mỗi lần sinh nó lại cho ra một giá trị Pcode khác với lần trước, ta sinh Pcode một lần và lưu với một file để sử dụng cho các lần truyền phát sau.

Trong quá trình thực nghiệm đồ án, Pcode đã được sử dụng nhưng C/A code được lựa chọn cho thực nghiệm cuối cùng vì các tính chất của nó đã được nhóm thực nghiệm đồ án lầm rõ. Khi phát triển thêm có thể sử dụng Pcode để nghiên cứu.

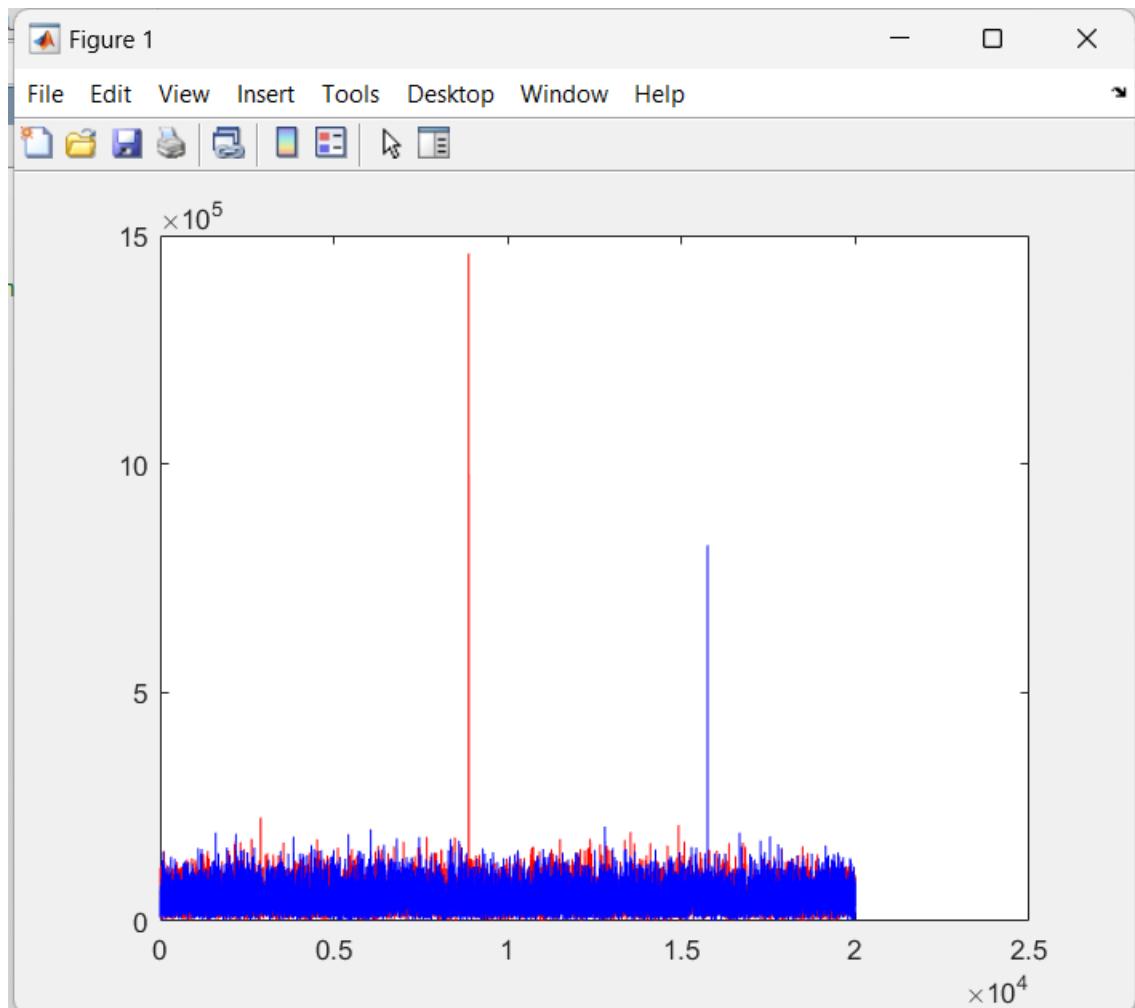


Hình 5.14: Tương quan khi sử dụng Pcode.

Figure 5.14 Tương quan khi sử dụng Pcode.

5.4.2 Sử dụng C/A code

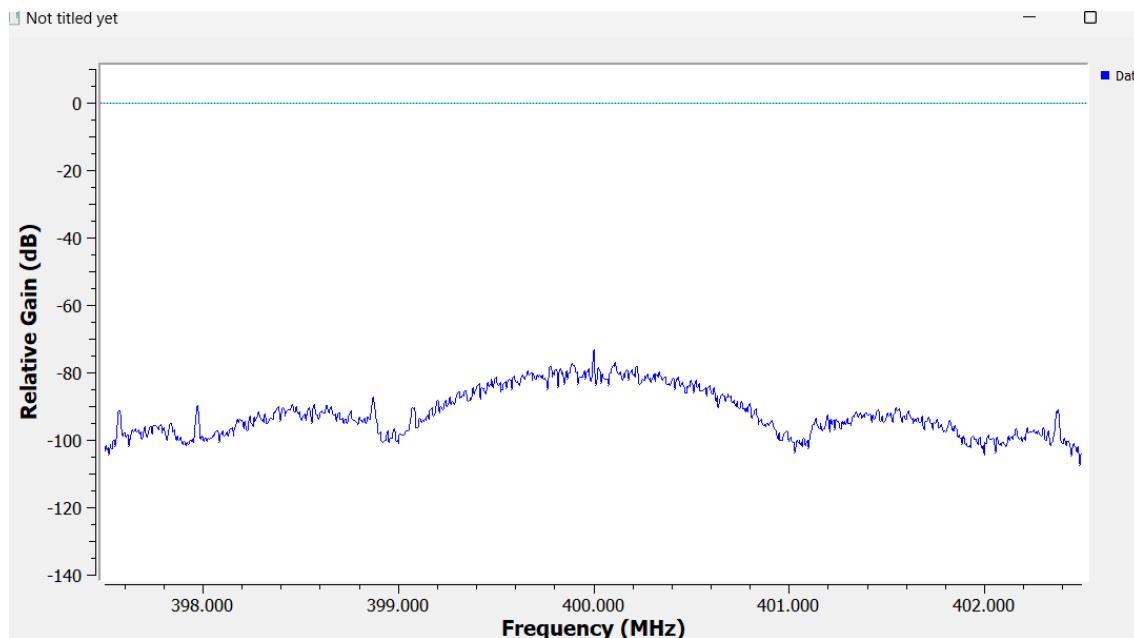
Để tạo ra C/A code ta sử dụng hàm generateCAcode đã có sẵn. Độ dài cố định là 1023 bit. Do đó để tăng độ dài như một thủ thuật để có thể tương quan rõ hơn trên một khoảng cách xa ta cần gộp các C/A code với nhau. C/A code là loại mã ta sử dụng để thực nghiệm.



Hình 5.15: Tương quan khi sử dụng C/A code.

Figure 5.15 Tương quan khi sử dụng C/A code.

Ta có thể sử dụng khối QT GUI Frequency sink để dò tín hiệu có được máy thu bắt được không.

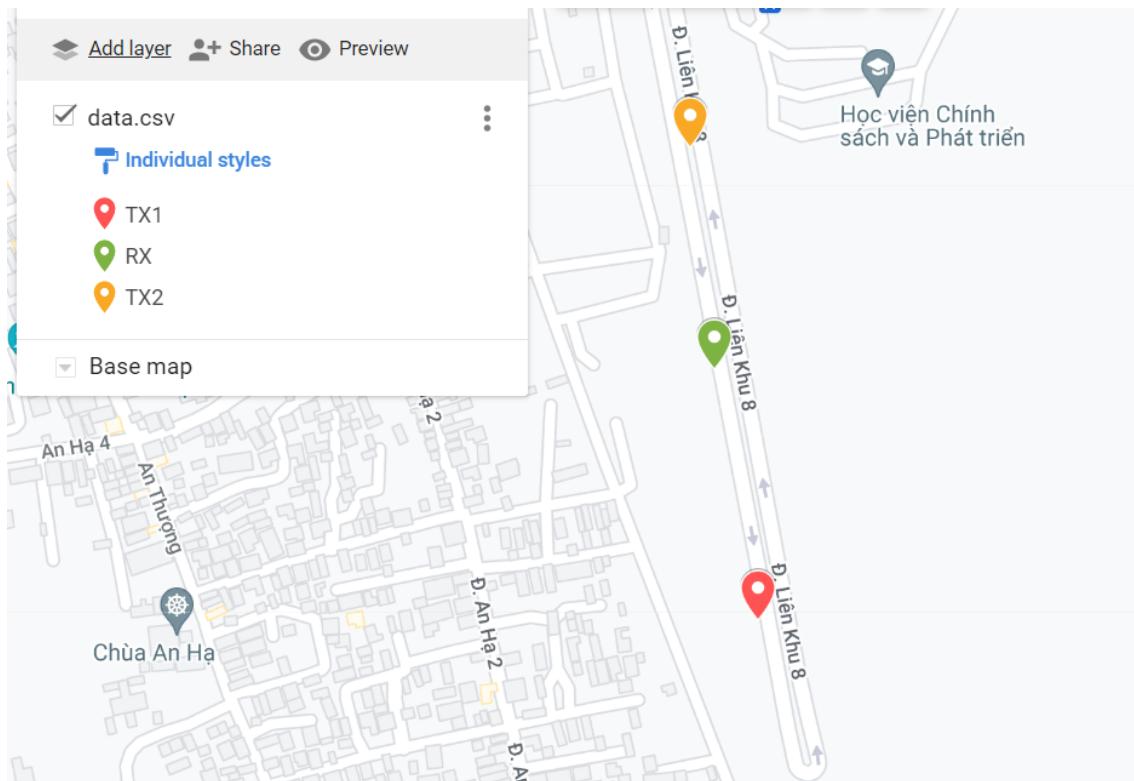


Hình 5.16: Phổ của mã C/A trên miền tần, vì tín hiệu đang nằm trong miền sóng mang 400M(Hz) nên giá trị relative gain tại tần số 400M(Hz) là cao nhất. Đây là phổ đặc trưng của C/A code.

Figure 5.16 Phổ của mã C/A trên miền tần, vì tín hiệu đang nằm trong miền sóng mang 400M(Hz) nên giá trị relative gain tại tần số 400M(Hz) là cao nhất. Relative gain là một số đo cho thấy mức độ khuếch đại hoặc suy giảm của tín hiệu ở một tần số cụ thể .

5.5 Lập trình

Trong trường hợp thực nghiệm thực tế ta sẽ sử dụng hai máy phát và một máy thu, đây là trường hợp cơ sở của bài toán.



Hình 5.17: Vị trí máy thu phát trong thực nghiệm.

Figure 5.17 Vị trí máy thu phát trong thực nghiệm.

Đây là tọa độ của các máy lần lượt theo kinh độ, vĩ độ:

- TX1: [20.9896100; 105.7110745].
- RX : [20.9911114; 105.7107914].
- TX2: [20.9924397; 105.7106347].

Để tính khoảng cách giữa các vị trí máy thu phát ta sử dụng hàm calcDistance() do bạn Hà Phong - 20204846 xây dựng.

5.5.1 Tạo tín hiệu được phát đi

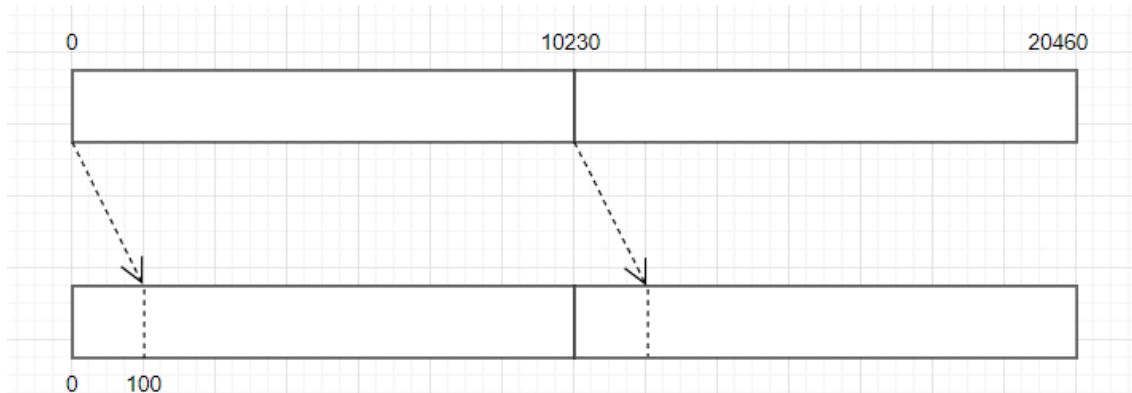
Đối với mỗi máy phát, để tạo được tín hiệu được phát đi, đầu tiên chúng ta cần tạo ra một mã C/A(Pcode). Để có tỉ lệ tương quan thành công cao hơn ta có thể ghép nhiều mã C/A code lại tạo ra một C/A code mới. Sau đó với mã C/A(Pcode) này ta chuẩn hóa chúng để tạo ra tín hiệu r. Tín hiệu r được nhân với các thành phần sin và cos để tạo ra thành phần In-phase và Quadrature tương ứng. Tín hiệu được đóng gói trong một mảng IQ và ghi vào tệp tin nhị phân. File nhị phân này được dùng để phát đi trong không gian. Sinh viên Nguyễn Hà Phong - 20204846 sẽ làm rõ vấn đề này trong đồ án của mình.

5.5.2 Xử lý tín hiệu thu được

Để thực hiện việc xử lý tín hiệu từ một tệp tin nhị phân (ta đã thu được qua thiết bị USRP) tìm kiếm tín hiệu của các máy phát. Đầu tiên, ta thiết lập các tham số hệ thống như tốc độ chipping của mã C/A (R_c), tần số lấy mẫu (f_s), và tần số dịch chuyển (f_t). Sau đó, mở tệp tin nhị phân chứa dữ liệu tín hiệu đã truyền qua không gian, đọc dữ liệu tín hiệu phức I/Q từ dữ liệu nhị phân này, đồng thời thực hiện dịch tần số tín hiệu I/Q. Tiếp theo, mã C/A cho các vệ tinh từ PRN 11 đến PRN 30 được tạo ra và tập hợp thành hai nhóm. Quá trình tìm kiếm tín hiệu được thực hiện bằng cách tính toán tương quan chéo giữa tín hiệu I/Q và mã C/A cho các giá trị dịch mẫu từ 0 đến một giá trị tối đa xác định dựa vào một chu kỳ mã C/A. Kết quả của quá trình này là xác định được giá trị cực đại của tương quan chéo và độ trễ τ tương ứng.

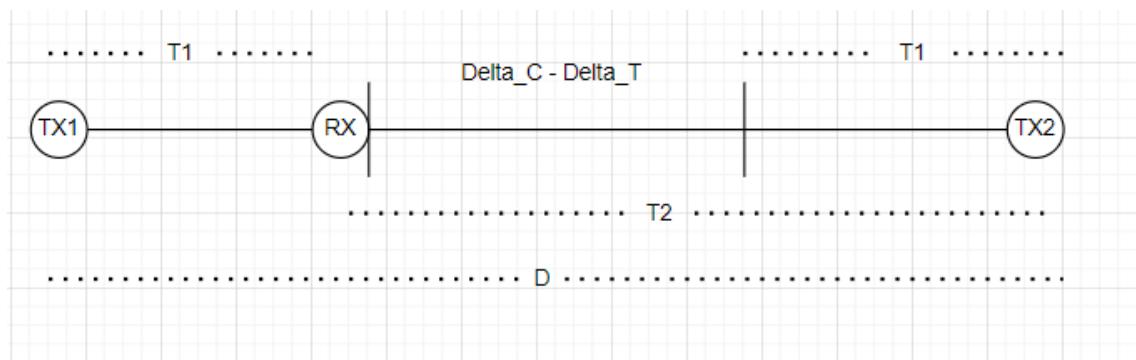
Trước khi thực hiện tính toán chính xác, dựa vào vị trí đã biết ta sẽ phải tính giá trị độ lệch thời gian phát giữa 2 trạm phát ΔT đây là thông số ta cần loại trừ và rất khó để tính toán nếu không biết trước vị trí các máy thu phát. Thông số này liên quan thời gian các máy phát được khởi động, tính thêm cả giá trị thời gian máy tính thực sự thực hiện lệnh phát tín hiệu. Trong thực tế ta cần một cơ chế đồng bộ giữa hai máy phát để loại bỏ thông số này.

Ở đây, τ_{max} được xác định bằng số mẫu trong một chu kỳ của mã C/A, vì sau mỗi chu kỳ mã C/A lại lặp lại; $\tau_{max} = f_s * 0,01$, giá trị 0,01 là do mã C/A chúng ta tạo ra được hợp lại từ 10 mã C/A khác với mục đích có khả năng tương quan cao hơn, mà mỗi mã C/A nhỏ đó có chu kỳ 1023 chip mỗi mili giây, nên mã C/A lớn sẽ có chu kỳ 10 mili giây. Trong vòng lặp các độ trễ tau, ta cần tính $lcn1$ và $lcn2$ là các mã C/A thử đã bị dịch, dùng để tương quan lần lượt từng trường hợp với mã C/A đã nhận được. Trong phép tính $lcn1 = cacodes1(\text{rem}(\text{floor}((n + \tau)/f_s * R_c), 10230) + 1)$ (*) giá trị 10230 có được là do mã C/A được sinh ra là sự hợp nhất của 10 mã C/A nhỏ hơn.



Hình 5.18: Giải sử tau trong phép tính (*) có giá trị bằng 100 thì mã sẽ có độ trễ như hình.

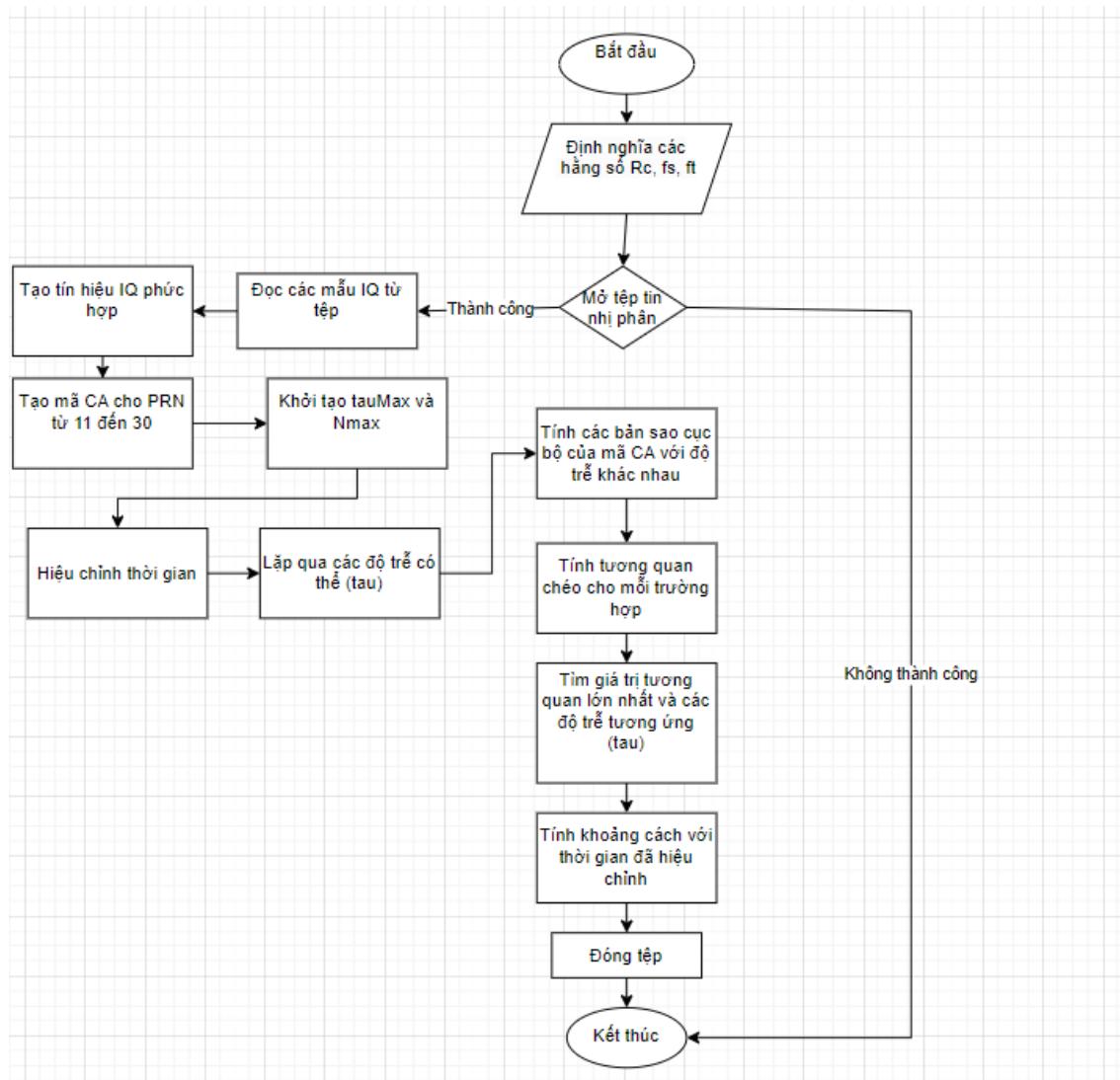
Để có thể lầm rõ phương pháp tính toán ta có thể nhìn vào hình sau:



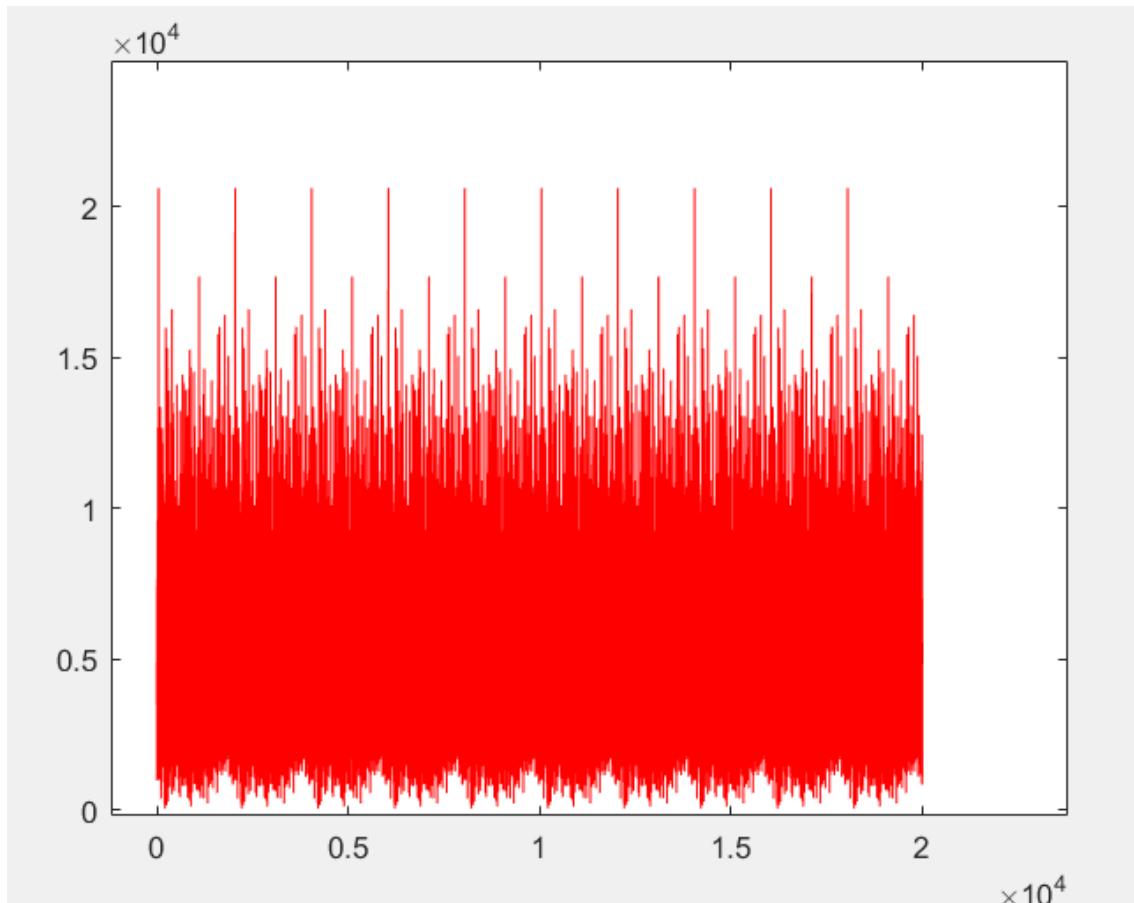
Hình 5.19: Phương pháp tính toán.

Từ hình Figure 5.19 Với T_1, T_2, D lần lượt là khoảng cách từ máy phát 1 đến máy thu , khoảng cách từ máy phát 2 đến máy thu, khoảng cách giữa hai máy phát.Trong điều kiện tối ưu cho bài toán, là hai máy phát phải phát đồng thời, đó là lý do ta đã dùng độ trễ có được khi tương quan ΔC (tính theo m) trừ đi ΔT (là là độ lệch thời gian phát giữa 2 bộ phát tính theo m) từ đó ta có thể tính được hiệu $T_2 - T_1$; với D đã có ta có thể tính được T_1, T_2 .

Figure 5.20 Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu thực nghiệm.



Hình 5.20: Lưu đồ thuật toán xử lý tín hiệu thực nghiệm.



Hình 5.21: Nếu thay giá trị 10230 thành 1023, số đỉnh tương quan sẽ là 10.

Figure 5.21 Nếu thay giá trị 10230 thành 1023, số đỉnh tương quan sẽ là 10. Vì ta đã để code lặp lại sao 1023 giá trị, nên từ đó mật độ tương quan sẽ cao hơn.

5.6 Kết quả

Từ phương pháp trên ta có kết quả như sau:

```

T1:      "169.5153"
T2:      "148.5934"
D:       "317.9437"
T1 được tính ra bằng:    "163.5005"
T2 được tính ra bằng:    "154.4432"
>>

```

Hình 5.22: Kết quả tính toán

CHƯƠNG 5. THỰC NGHIỆM

Ta thấy rằng giá trị T1 được tính ra bằng: 163.5005(m), T2 được tính ra bằng: 154.4432 có độ lệch không quá lớn so với giá trị thực T1: 169.5153 và T2: 148.5934 . Để có kết quả trình xác hơn, ta cần có các cơ chế giảm nhiễu, đồng bộ giữa hai máy phát. Với kết quả này, bước đầu là sự thành công để phát triển hệ thống.

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN

6.1 Kết luận

Đồ án "Mô phỏng hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR" đã giải quyết bài toán cơ bản với hai máy phát và một máy thu trong môi trường thực nghiệm thực tế, cũng như bài toán với ba máy phát và một máy thu trong môi trường mô phỏng. Tuy nhiên, mặc dù đã đạt được những kết quả nhất định, đồ án vẫn còn nhiều hạn chế cần phải cải tiến thêm về cả lý thuyết và lập trình để hệ thống có thể hoạt động hiệu quả trong thực tế.

Một trong những hạn chế lớn của đồ án là chưa xét đến trường hợp các máy thu và máy phát nằm ở các độ cao khác nhau. Trong thực tế, máy thu và các máy phát có thể không nằm trên cùng một mặt phẳng, điều này đòi hỏi phải áp dụng thêm một số công thức lượng giác phức tạp hơn để tính toán khoảng cách và vị trí chính xác. Khi các máy phát và máy thu không cùng nằm trên một mặt phẳng, việc xác định vị trí chính xác sẽ trở nên khó khăn hơn rất nhiều và cần các phương pháp tính toán phức tạp hơn.

Ngoài ra, đồ án cũng chưa xét đến yếu tố nhiễu trong môi trường thực nghiệm. Trong thực tế, tín hiệu định vị thường bị ảnh hưởng bởi nhiều loại nhiễu khác nhau, từ nhiễu môi trường cho đến nhiễu do các thiết bị điện tử khác gây ra. Việc chưa xét đến nhiễu có thể làm cho các kết quả của hệ thống không chính xác khi áp dụng vào các tình huống thực tế. Do đó, việc tích hợp và xử lý các yếu tố nhiễu vào trong mô hình là cần thiết để hệ thống có thể hoạt động hiệu quả trong các điều kiện thực tế đa dạng.

Khoảng cách thực nghiệm trong đồ án cũng chưa phải là khoảng cách thực tế mà hệ thống sẽ được sử dụng. Trong môi trường thực tế, khoảng cách giữa các máy phát và máy thu có thể lớn hơn nhiều so với khoảng cách trong thực nghiệm. Điều này đòi hỏi phải có các cải tiến về công suất phát, độ nhạy của máy thu, và các thuật toán xử lý tín hiệu để đảm bảo hệ thống hoạt động hiệu quả ở các khoảng cách xa hơn.

Hơn nữa, trong thực tế, hệ thống định vị có thể không chỉ truyền đi các mã C/A code mà còn phải truyền và xử lý thêm nhiều loại bản tin khác. Điều này đòi hỏi hệ thống phải có khả năng xử lý dữ liệu linh hoạt và phức tạp hơn, bao gồm cả việc xử lý, lưu trữ và truyền tải các bản tin bổ sung. Do đó, việc nâng cấp và cải tiến phần mềm cũng như phần cứng của hệ thống để đáp ứng được các yêu cầu này là rất cần thiết.

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN

Mặc dù đồ án đã đạt được những thành tựu nhất định trong việc mô phỏng hệ thống định vị mặt đất sử dụng công nghệ SDR, vẫn còn rất nhiều thách thức và hạn chế cần phải giải quyết. Việc cải tiến về lý thuyết, lập trình, xử lý nhiễu, khoảng cách thực nghiệm và khả năng xử lý bản tin là những bước quan trọng để hoàn thiện và ứng dụng hệ thống trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mike G. *Position, Velocity and Time (PVT)*. Accessed: 2024-06-26. 2020. URL: <https://medium.com/@mikeg888/position-velocity-and-time-pvt-51f4cc738b75>.
- [2] Ettus Research. *USRP B200mini*. Accessed: 2024-06-27. 2024. URL: <https://www.ettus.com/all-products/usrp-b200mini/>.
- [3] Ettus Research. *USRP N200 Kit*. Accessed: 2024-06-21. 2024. URL: <https://www.ettus.com/all-products/un200-kit/>.
- [4] Ettus Research. *USRP N210 Kit*. Accessed: 2024-06-27. 2024. URL: <https://www.ettus.com/all-products/un210-kit/>.
- [5] Ettus Research. *USRP X300 Kit*. Accessed: 2024-06-27. 2024. URL: <https://www.ettus.com/all-products/x300-kit/>.

PHỤ LỤC