



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0023506

(51)⁷ G01S 13/00; G01S 7/00; G01S 5/32

(13) B

(21) 1-2017-04239

(22) 25/10/2017

(45) 27/04/2020 385

(43) 26/02/2018 359A

(73) TẬP ĐOÀN VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

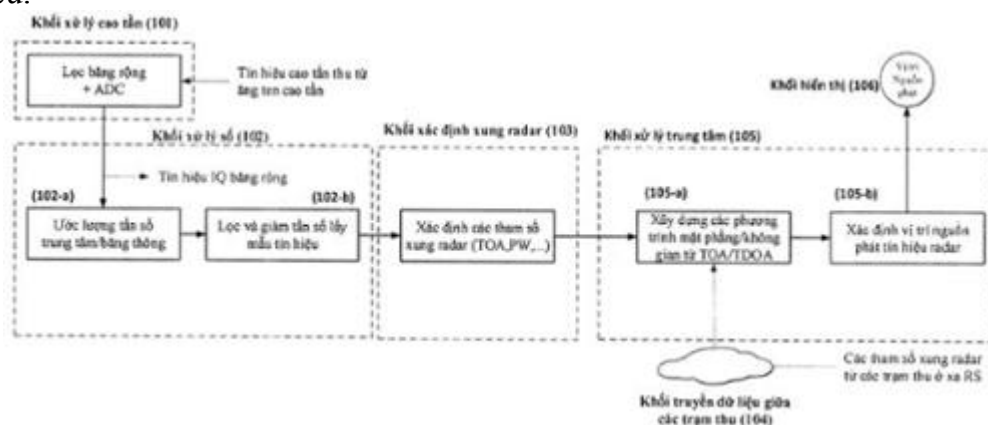
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Đồng Quang Trung (VN); Nguyễn Hoàng Linh (VN)

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ NGUỒN PHÁT TÍN HIỆU
RAĐA TRONG KHÔNG GIAN BA CHIỀU

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều bằng các phép tính toán số học đơn giản, từ đó tăng tốc độ tính toán, giảm thiểu bộ nhớ cần thiết, tăng khả năng định vị nhiều nguồn phát cùng lúc. Hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều bao gồm các khối: khối xử lý cao tần, khối xử lý số, khối xác định xung radar, khối truyền dữ liệu giữa các trạm thu, khối xử lý trung tâm, khối hiển thị. Phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều dựa trên sự kết hợp của hai phương pháp: phương pháp xác định thời gian đến của tín hiệu radar và phương pháp xác định độ sai lệch thời gian đến cụ thể bao gồm các bước sau: bước 1: thiết lập hệ thống định vị; bước 2: thu tín hiệu xung radar; bước 3: xử lý tín hiệu xung radar; bước 4: ước lượng tần số trung tâm; bước 5: lọc và giảm tốc độ lấy mẫu tín hiệu; bước 6: kiểm tra tính chính xác của xung radar; bước 7: xác định tham số xung radar; bước 8: ước lượng thời gian đến TOA; bước 9: xác định tọa độ mục tiêu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp định vị nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều. Cụ thể, hệ thống và phương pháp định vị nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều đề cập đến quá trình giám sát, theo dõi các mục tiêu sử dụng tín hiệu radar như là tín hiệu để liên lạc. Các mục tiêu có thể là các máy bay dân sự, máy bay quân sự, hệ thống tàu biển, hệ thống radar thời tiết, radar điều khiển hỏa lực.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hệ thống định vị các nguồn phát tín hiệu radar với mục đích giám sát, phát hiện các nguồn tín hiệu, theo dõi các nguy cơ, giám sát đường hàng không dân dụng, ... thường bao gồm ít nhất ba bộ thu (định vị trong không gian hai chiều) và ít nhất bốn bộ thu (định vị trong không gian ba chiều) được đặt ở các vị trí cách nhau tối thiểu 10km. Các phương pháp thường được sử dụng trong định vị là phương pháp xác định độ sai lệch thời gian tới (Time Difference Of Arrival - TDOA), phương pháp xác định góc tới (Angle of Arrival - AOA), phương pháp dựa trên thời gian tới (Time Of Arrival - TOA),... Phương pháp TOA được sử dụng trong trường hợp các tín hiệu tự động quảng bá giám sát phụ thuộc ADS-B (Automatic Dependant Surveillance - Broadcast), khi mà bản tin gửi từ tín hiệu ADS-B đã chứa thông tin thời gian mà ở đó bản tin được gửi đi. Do đó, các trạm thu chỉ cần đo thời gian bản tin gửi đến trạm thu sẽ xác định được vị trí của máy bay. Tuy nhiên, trong trường hợp các máy bay gửi bản tin không chứa trường thông tin mà ở đó bản tin được gửi đi, thì phương pháp TOA lại không hiệu quả. Lúc này phương pháp TDOA kết hợp với TOA tại đó thời gian bắt đầu máy bay gửi bản tin đi là không biết tại các trạm thu, là phương pháp hiệu quả tốt nhất bây giờ.

Phương pháp TDOA trong tín hiệu thông tin thường được sử dụng đó là phương pháp tương quan, tức là tương quan chéo hoặc tương quan có sử dụng trọng số giữa tín hiệu I/Q (in-phase/quadrature) thu ở các cặp bộ thu khác nhau. Giá trị TDOA thu được được sử dụng để giải phương trình giao điểm giữa các đường hypebon trong không gian hai chiều.

Tuy nhiên, đối với vấn đề định vị nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều, có tọa độ (x,y,z) sẽ gặp một số hạn chế:

- Bảng thông tin tín hiệu radar là lớn $\rightarrow$ tần số lấy mẫu tín hiệu là lớn ($\sim$ MSps $\rightarrow$ GSps). Khi sử dụng phương pháp TDOA bằng tính toán tương quan giữa các tín hiệu I/Q của xung radar sẽ dẫn đến hạn chế là cần yêu cầu bộ nhớ lưu trữ mẫu tín hiệu của khối xử lý trung tâm là rất lớn, chưa kể đến việc tính toán tương quan trên số lượng mẫu lớn

sẽ yêu cầu tốc độ cao của xử lý khối xử lý trung tâm. Ngoài ra còn một hạn chế nữa đó là để truyền dữ liệu I/Q giữa các bộ thu ở xa về bộ thu xử lý trung tâm, cần một đường truyền dữ liệu có tốc độ rất lớn (cỡ Gbps trở lên).

- Từ giá trị TDOA tính toán, để giải phương trình giao điểm ba đường hypebon trong không gian ba chiều để xác định tọa độ mục tiêu (x,y,z) sẽ phức tạp hơn tính toán giao điểm ba đường hypebon trong không gian hai chiều, với tọa độ (x,y) . Lúc này các phương pháp thường được sử dụng đó là nhân chia trên ma trận, tính toán các ma trận nghịch đảo. Phương pháp tính ma trận với 3 biến sẽ phức tạp hơn rất nhiều so với tính toán trên hai biến. Ngoài ra, việc tính toán trên ma trận sẽ gây trở ngại nữa đó là khả năng tính toán chậm, khó định vị nhiều mục tiêu cùng lúc.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để khắc phục hạn chế khi xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar, sáng chế này giới thiệu một hệ thống và phương pháp mới đơn giản và hiệu quả để định vị mục tiêu. Phương pháp để định vị các nguồn phát tín hiệu xung radar sử dụng kết hợp cả phương pháp xác định thời gian đến của tín hiệu (TOA) và phương pháp xác định độ sai lệch thời gian đến (TDOA). Ngoài ra để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar cần xác định giao điểm ba đường hypebon trong không gian ba chiều, bằng phương pháp với các phép tính toán số học đơn giản, không cần phải dựa trên nhân chia ma trận, từ đó tăng tốc độ tính toán, giảm thiểu bộ nhớ cần thiết, tăng khả năng định vị nhiều nguồn phát cùng lúc. Triển khai hệ thống đơn giản, không cần đường truyền Gbps dữ liệu IQ giữa các bộ thu về khối xử lý trung tâm.

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều, bao gồm các khối sau: khối xử lý cao tần, khối xử lý số, khối xác định xung radar, khối truyền dữ liệu giữa các trạm thu, khối xử lý trung tâm, khối hiển thị.

Trong sáng chế này, khối xử lý số sử dụng khối kiểm tra tính chính xác xung radar (khối kiểm tra xung radar) với bộ đếm, dựa trên đặc tính hình thang của các xung radar đẳng công suất, hệ thống cho phép xác định đó có phải xung radar hay không với độ chính xác cao ở nền nhiễu lớn với các phép tính và so sánh đơn giản.

Trong sáng chế này, khối xử lý trung tâm CS dựa trên các thông tin tín hiệu radar từ 4 bộ thu gửi về (3 bộ thu ở xa + 1 bộ thu ở gần) để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều dựa trên sự kết hợp của 2 phương pháp: phương pháp xác định thời gian đến của tín hiệu radar (TOA) và phương pháp xác định độ sai lệch thời gian đến (TDOA), cụ thể bao gồm các bước sau: bước 1: thiết lập hệ thống định vị; bước 2: thu tín

hiệu xung radar; bước 3: xử lý tín hiệu xung radar; bước 4: ước lượng tần số trung tâm; bước 5: lọc và giảm tốc độ lấy mẫu tín hiệu; bước 6: kiểm tra tính chính xác của xung radar; bước 7: xác định tham số xung radar; bước 8: ước lượng thời gian đến TOA; bước 9: xác định tọa độ mục tiêu.

Trong sáng chế này, để giải quyết vấn đề xác định giá trị độ sai lệch thời gian tới TDOA, thay vì sử dụng phương pháp tương quan truyền thống (tương quan chéo, tương quan có trọng số), sáng chế sẽ sử dụng phương pháp xác định thời gian đến TOA của xung radar, dựa trên đặc tính sườn lên/sườn xuống của xung radar, từ đó sẽ tìm được độ sai lệch thời gian tới TDOA, quá trình tính toán này sẽ được thực hiện song song trong khối xác định xung radar tại các trạm thu ở xa RS (remote station) và tại trạm thu trung tâm CS (center station).

Trong sáng chế này, phương pháp xác định giá trị TOA trong khối sử dụng bộ trễ và hệ số nhân cùng với phép tính công suất tức thời đơn giản cho phép xác định giá trị TOA mà không cần phải tính toán tương quan, điều này làm cho hệ thống xử lý và bộ nhớ lưu trữ cũng trở nên đơn giản, gọn nhẹ, không yêu cầu tốc độ xử lý phải nhanh.

Trong sáng chế này, phương pháp định vị nguồn phát tín hiệu radar dựa trên kết hợp cả tính toán TOA và TDOA để giải các phương trình mặt phẳng thay vì giải các phương trình hypebon trong không gian ba chiều trong khối xử lý trung tâm CS, cho phép định vị được tọa độ nguồn phát bằng việc giải 3 phương trình TDOA với 3 ẩn (x, y, z) với độ chính xác cao, bằng các phép tính toán số học đơn giản. Các phép toán là các phép số học, không cần đến các phép toán nhân chia trên ma trận, tính ma trận nghịch đảo. Điều này cho phép phương pháp triển khai dễ dàng trên các ngôn ngữ lập trình phần cứng, thời gian xử lý nhanh, cho phép tăng khả năng định vị nhiều mục tiêu cùng một lúc.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: Sơ đồ minh họa phương pháp định vị nguồn tín hiệu radar trong không gian ba chiều.

Hình 2: Sơ đồ minh họa hệ thống định vị nguồn tín hiệu radar trong không gian ba chiều.

Hình 3: Hình ảnh minh họa kiến trúc hệ thống định vị nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều.

Hình 4: Hình ảnh minh họa mô hình tín hiệu xung radar theo thời gian.

Hình 5: Hình ảnh minh họa luồng xử lý xác định thời điểm bắt đầu TOA của xung.

Hình 6: Hình ảnh minh họa kiến trúc xử lý biến đổi Fourier sử dụng SDF-Radix 2.

Hình 7: Hình ảnh minh họa kiến trúc luồng tính toán speed FFT với 4 đầu vào và 4 đầu ra

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều bao gồm các khối sau: khối xử lý cao tần 101, khối xử lý số 102, khối xác định xung radar 103, khối truyền dữ liệu giữa các trạm thu 104, khối xử lý trung tâm 105, khối hiển thị 106, cụ thể:

- Khối xử lý cao tần 101:

Mỗi một bộ thu (bộ thu trung tâm CS và ba bộ thu ở xa RS) đều được trang bị ăng ten cao tần băng rộng và khối xử lý cao tần 101. Khối xử lý cao tần gồm hai khối con:

- a. Bộ lọc thông thấp băng rộng loại bỏ bớt nhiễu cao tần (101a).
- b. Khối chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số ADC (Analog Digital Converter) (101b).

Chức năng của 2 khối con trong khối xử lý cao tần: sau khi nhận được tín hiệu cao tần từ nguồn phát ở đầu vào ăng ten cao tần, khối xử lý cao tần 101 sẽ tiến hành lọc tín hiệu băng rộng về băng thông mong muốn (101a) và thực hiện chuyển đổi tín hiệu cao tần sang tín hiệu số sử dụng bộ ADC (101b). Tín hiệu đầu ra khỏi ADC sẽ là tín hiệu IQ băng rộng và được đưa đến khối xử lý số 102.

Khối xử lý cao tần có thể quan sát được băng thông siêu rộng (~ hàng trăm MHz) bằng cách sử dụng ADC tốc độ lấy mẫu cao tới GSps, phát hiện và xử lý được 1 triệu xung radar trong 1 giây.

- Khối xử lý số 102:

Mỗi một bộ thu (bộ thu trung tâm CS và 3 bộ thu ở xa RS) đều được trang bị khối xử lý số 102. Khối xử lý số gồm các khối con:

- a. Bộ biến đổi nhanh Fourier với kiến trúc speed FFT 4 đầu vào và 4 đầu ra (102-a).
- b. Bộ xác định tần số trung tâm và băng thông của tín hiệu IQ băng hẹp (102-b).
- c. Bộ lọc thông thấp tín hiệu IQ băng hẹp sử dụng bộ lọc FIR (102-c).

Sau khi nhận được tín hiệu IQ từ khối xử lý cao tần 101, khối xử lý số 102 sẽ thực hiện các chức năng: thực hiện biến đổi nhanh Fourier (102-a) với kiến trúc speed FFT được đề xuất trong sáng chế với 4 đầu vào và 4 đầu ra tăng tốc độ xử lý, xác định tần số phát của đài radar (102-b), băng thông của tín hiệu IQ của xung đài radar, chuyển tín hiệu băng rộng thành các tín hiệu băng hẹp (102-c), lọc bớt nhiễu tín hiệu và đưa đến khối xác định xung radar 103.

- Khối xác định xung radar 103:

Mỗi một bộ thu (bộ thu trung tâm CS và các bộ thu ở xa RS) đều được trang bị khối xác định xung radar 103, gồm 2 khối con:

- a. Khối kiểm tra tính chính xác của xung radar (103-a): kiểm tra xem tín hiệu thu được có phải là xung radar hay là nhiễu.
- b. Xác định tham số xung radar (103-b).

Khối xác định xung radar 103 có chức năng: nhận các tín hiệu bằng hợp và ít nhiễu từ khối xử lý số 102, sẽ thực hiện kiểm tra tính chính xác của xung radar (103-a) và thực hiện phát hiện các thông số liên quan đến tín hiệu radar như: thời gian đến của tín hiệu radar (TOA), độ rộng xung,...(103-b). Các thông tin liên quan đến tín hiệu radar sẽ được đóng gói thành các bản tin và gửi qua các khối truyền nhận dữ liệu 104 để gửi về khối xử lý trung tâm CS 105. Khối xác định xung radar sẽ trang bị các bộ trễ và hệ số nhân để xác định thời gian đến của tín hiệu radar TOA và độ rộng xung....

- Khối truyền nhận dữ liệu 104:

Các trạm thu ở xa RS đều được trang bị một khối truyền nhận dữ liệu 104. Riêng trạm thu trung tâm CS 105 được trang bị ba khối truyền nhận dữ liệu 104. Mỗi một khối truyền nhận dữ liệu 104 ở trạm thu trung tâm CS sẽ kết nối truyền nhận dữ liệu với từng trạm thu ở xa RS.

Khối truyền nhận dữ liệu 104 có chức năng, nhiệm vụ chính là nhận các gói dữ liệu chứa các thông tin liên quan đến tín hiệu radar từ khối xác định xung radar 103, sau đó truyền các gói dữ liệu này sang khối xử lý trung tâm CS 105. Khối truyền nhận dữ liệu 104 còn có nhiệm vụ khác là “cánh tay” điều khiển các bộ thu (RS) từ khối xử lý trung tâm CS 105 bằng các bản tin điều khiển. Khối truyền nhận dữ liệu 104 thường có thể là đường truyền cáp quang, cáp đồng, hoặc các bộ thu phát chuyên biệt. Các trạm ở xa (RS) có thể xử lý và gửi về trạm trung tâm CS hàng triệu xung radar trong 1 giây.

- Khối xử lý trung tâm CS 105:

Khối xử lý trung tâm 105 chỉ được trang bị ở trạm thu trung tâm CS. Khối xử lý trung tâm CS 105 gồm hai khối con:

- a. Xây dựng các phương trình mặt phẳng/không gian 105-a.
- b. Xác định nguồn phát tín hiệu radar 105-b.

Sau khi nhận được các gói dữ liệu từ các trạm thu ở xa (RS) gửi về thông qua khối truyền nhận dữ liệu 104, khối xử lý trung tâm CS 105 thực hiện các tính toán TOA/TDOA (105-a) và thực hiện phương pháp tính toán số học để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar (105-b). Các trạm thu được đồng bộ về mặt thời gian thông qua hệ thống định vị toàn cầu GPS chính xác đến từng phần tỉ giây (nano-second) để đảm bảo các giá trị TOA tính toán ở trên được tham chiếu đến cùng chung một gốc tọa độ thời gian.

- Khối hiển thị 106:

Khối hiển thị 106 chỉ được trang bị ở trạm thu trung tâm CS.

Toàn bộ quá trình xử lý sẽ được thực hiện trên máy tính để xác định nguồn phát tín hiệu. Sau khi xác định được vị trí của nguồn phát tín hiệu radar, thông tin sẽ được gửi lên khối hiển thị 106 để hiển thị thông tin ra ngoài. Khối hiển thị sẽ có một bản đồ địa cầu mô phỏng trái đất, và từng vị trí nguồn phát xung radar sẽ được hiển thị trên bản đồ địa cầu.

Phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều dựa trên kết hợp của hai phương pháp: phương pháp xác định thời gian đến của tín hiệu radar (TOA) và phương pháp xác định độ sai lệch thời gian đến (TDOA), bao gồm các bước: bước 1: thiết lập hệ thống định vị; bước 2: thu tín hiệu xung radar, thu nhận bản tin xung (Khối xử lý cao tần 101); bước 3: xử lý tín hiệu xung radar (Khối xử lý số 102); bước 4: ước lượng tần số trung tâm (Khối xử lý số 102); bước 5: lọc băng hẹp và giảm tốc độ lấy mẫu tín hiệu (Khối xử lý số 102); bước 6: kiểm tra tính chính xác của xung radar (Khối xác định xung radar 103); bước 7: xác định tham số xung radar (Khối xác định xung radar 103); bước 8: ước lượng thời gian đến TOA (Khối xử lý trung tâm CS 105); bước 9: xác định tọa độ mục tiêu (Khối xử lý trung tâm CS 105). Cụ thể như sau:

- Bước 1: thiết lập hệ thống định vị.

Tham chiếu hình 3, hệ thống định vị gồm nhiều bộ thu khác nhau được đặt cách nhau tối thiểu 10km. Cấu hình tối thiểu của một hệ thống định vị bao gồm bốn bộ thu, trong đó có ba bộ thu ở xa RS gồm RS1, RS2, RS3 đặt cách xa ở cự ly $\geq 10\text{km}$ so với trạm xử lý trung tâm CS, và tại trạm xử lý trung tâm CS được trang bị thêm một bộ thu gọi là bộ thu trung tâm. Tất cả các bộ thu được đồng bộ về mặt thời gian sử dụng tín hiệu của hệ thống định vị toàn cầu GPS, chính xác đến từng phần tỉ giây (nano-second).

Tham chiếu hình 3 biểu diễn kiến trúc một hệ thống định vị nguồn phát tín hiệu radar. Nguồn phát tín hiệu radar có thể được trang bị trên máy bay (tín hiệu IFF, tín hiệu ADS-B, radar trên máy bay không người lái, drone...), hoặc trang bị trên tàu biển, trên mặt đất... Hệ thống định vị là hệ thống thụ động, nghĩa là chỉ có chức năng thu tín hiệu radar và không có chức năng phát tín hiệu radar. Mỗi bộ thu sẽ trang bị một ăng ten cao tần để thu tín hiệu xung radar. Ngoài ra, mỗi trạm thu xa RS được trang bị một khối thu nhận dữ liệu giữa các trạm thu 104 (tham chiếu hình 2), tại trạm thu trung tâm CS có ba khối thu nhận dữ liệu giữa các trạm thu 104, với mục đích thực hiện giao tiếp giữa các trạm thu ở xa với trạm thu trung tâm CS.

- Bước 2: thu tín hiệu xung radar.

Radar trên nguồn phát như máy bay, tàu bay, tàu thủy... phát tín hiệu ra không gian, bốn trạm thu mặt đất sẽ thu cùng một tín hiệu xung radar tại các ăng ten cao tần (Khối xử lý cao tần 101), cùng xử lý tín hiệu radar thu được thông qua tất cả các khối từ khối xử lý cao tần

101 đến khối xử lý số và khối xác định xung radar 103. Quá trình thu nhận và tính toán trong các khối xử lý cao tần 101, khối xử lý số 102, khối xác định xung radar 103 cần tốc độ xử lý nhanh.

- Bước 3: xử lý tín hiệu xung radar ở ba trạm xử lý ở xa và tại trạm xử lý trung tâm.

Sau khi nhận được tín hiệu từ các nguồn phát RS, khối xử lý cao tần 101 sẽ lọc tín hiệu băng rộng về băng thông mong muốn và thực hiện chuyển đổi tín hiệu cao tần sang tín hiệu số sử dụng bộ ADC (Analog Digital Converter), tốc độ lấy mẫu $\sim$ GSps do băng thông tín hiệu radar rất lớn ($\sim$ hàng trăm MHz). Tín hiệu đầu ra khỏi ADC sẽ là tín hiệu IQ và được đưa đến khối xử lý số 102 để tiếp tục bước 4.

- Bước 4: ước lượng tần số trung tâm, băng thông sử dụng biến đổi speed FFT (thực hiện trong khối xử lý số 102).

Đầu vào của khối xử lý số 102 là tín hiệu cao tần IQ băng rộng đã đi qua bộ chuyển đổi tương tự - số ADC (Analog to Digital Converter). Tín hiệu IQ băng rộng này là tổng hợp các tín hiệu IQ băng hẹp với các tần số khác nhau, mỗi một tín hiệu IQ băng hẹp tương ứng với một nguồn phát tín hiệu radar. Do đó, ước lượng các tần số trung tâm trong tín hiệu IQ băng rộng tức là phát hiện tất cả các nguồn phát tín hiệu radar đang hoạt động. Nhiệm vụ này được thực hiện bằng các bước nhỏ sau:

- Tính biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform – FFT) để chuyển tín hiệu IQ băng rộng từ miền thời gian sang miền tần số (khối 102-a).
- So sánh công suất tín hiệu IQ băng rộng trong miền tần số với một ngưỡng xác định trước để xác định tín hiệu IQ băng hẹp. Các tín hiệu IQ băng hẹp được phát hiện khi năng lượng tín hiệu lớn hơn ngưỡng.
- Từ việc so sánh tín hiệu với ngưỡng, thông tin về tần số trung tâm và băng thông của tín hiệu cũng được xác định.

Để đảm bảo được hiện thống chạy được với tốc độ hàng GSps, băng thông xử lý rộng, thì quá trình biến đổi FFT cần được thực hiện để tối ưu hoá lại quá trình tính toán sao cho tốc độ nhanh nhất. Với các phương pháp tính toán FFT phổ biến hiện nay là biến đổi Radix-2 SDF (Tham chiếu hình 6), hoặc có thể sử dụng Radix-4 SDF hoặc cao hơn. Trong các phương pháp tính toán FFT radix-2,4,8 thì chỉ có một đầu vào và một đầu ra. Trong nội dung sáng chế, khối biến đổi FFT đã được đề xuất (tham chiếu hình 7) là kiến trúc speed FFT, trong đó, có bốn đầu vào cùng lúc và bốn đầu ra cùng lúc, để tăng tốc độ tính toán. Kiến trúc biến đổi FFT tận dụng kiến trúc Radix-2 SDF, với bốn luồng Radix-2 SDR được xử lý song song. Kiến trúc speed FFT có thể xử lý tốc độ lấy mẫu GSps.

- Bước 5: Lọc và giảm tốc độ lấy mẫu tín hiệu (khối xử lý số 102-b, 102-c).

Sau khi xác định được các tần số đang hoạt động trong băng rộng ở bước trên, chuỗi xử lý DDC (Down Digital Converter) sẽ thực hiện chuyển tín hiệu IQ băng rộng về các tín hiệu IQ băng hẹp tương ứng với các tần số trung tâm được xác định ở bước 4. Sau đó tín hiệu IQ băng hẹp sẽ được lọc bớt nhiễu với băng thông tương ứng được xác định cũng ở bước 4, và được giảm tần số lấy mẫu. Việc lọc tín hiệu được thực hiện bằng bộ lọc FIR (Finite Impulse Response) với các tham số được tính toán từ tần số trung tâm và băng thông của tín hiệu. Sau bộ lọc FIR, các tín hiệu IQ băng hẹp được giảm tần số trích mẫu. Các tín hiệu IQ băng hẹp với tần số trích mẫu phù hợp sẽ được truyền đến khối xử lý xác định xung radar 103. Khối xác định xung radar 103 gồm hai bước: bước kiểm tra tính chính xác của xung radar và bước ước lượng các tham số xung radar.

- Bước 6: kiểm tra tính chính xác của xung radar (thực hiện bởi khối 103-a)

Các tín hiệu $s[n]$ có biên độ lớn hơn giá trị biên độ ngưỡng (*Ngưỡng biên độ A_{th}*) được ước lượng ở trên sẽ được coi là một mẫu thu được của xung radar. Một bộ đếm được sử dụng để điều khiển quá trình xác định số mẫu xung radar. Nếu như một số lượng mẫu liên tiếp $s[n]$ có biên độ đều vượt qua ngưỡng A_{th} , và số lượng mẫu này vượt qua giá trị lớn nhất được cấu hình sẵn bởi bộ đếm, thì xung tín hiệu thu được sẽ được xác định là một xung radar hợp lý.

Có ba điểm cần chú ý:

- Giá trị A_{th} sẽ lớn hơn biên độ đỉnh của nhiễu, nhưng nhỏ hơn biên độ nhỏ nhất A_{min} của xung radar mong muốn thu được.
- Giá trị lớn nhất được cấu hình sẵn bởi bộ đếm thường được cấu hình bằng một nửa độ rộng xung bé nhất ($= (1/2) * PW_{min}$).
- Giá trị độ trễ δ của tín hiệu $s[n]$ được thiết lập giá trị lớn hơn giá trị lớn nhất bởi bộ đếm ($> (1/2) * PW_{min}$).

Khi số lượng mẫu liên tiếp $s[n]$ có biên độ vượt ngưỡng A_{th} thỏa mãn điều kiện của bộ đếm thì cổng sẽ mở và cho tín hiệu $s[n]$ (sau khi bị trễ) đi qua, và đi đến khối *Ước lượng giá trị TOA* để ước lượng thời gian đến TOA.

Một điểm lợi khi sử dụng bộ đếm đó là có thể được dùng để loại bỏ vấn đề đa điểm trong quá trình xác định giá trị TOA (nhiều điểm cùng đạt giá trị $A/2$ – trong hình 4) do nhiễu gây ra.

- Bước 7: xác định tham số xung radar (khối 103-b)

Tham chiếu hình 4 và hình 5, khối xác định tham số tín hiệu xung radar 103-b thực hiện trích xuất các thông số liên quan đến xung radar như: thời gian đến (TOA), độ rộng xung radar, độ rộng sườn lên/sườn xuống của xung, ...

Trong nội dung của sáng chế, ta sẽ chỉ quan tâm chính đến tham số thời gian đến TOA.

Phương pháp sẽ xác định giá trị TOA của các tín hiệu radar đẳng công suất.

Các tín hiệu radar hiện nay đều là các tín hiệu đẳng công suất ($I^2 + Q^2$ là hằng số), và có thể được chia thành các dạng tín hiệu có pha liên tục như: tín hiệu điều chế FM, CW; hoặc có dạng tín hiệu có pha rời rạc như: các tín hiệu điều chế bởi mã Costas, Frank, Barker, điều chế đa pha (polyphase), điều chế đa thời gian (polytime),...

Hình 4 biểu diễn mô hình tín hiệu xung radar với biên độ là A . Xung radar đẳng công suất được giả định biểu diễn bằng hình thang. Trước và sau khi xung radar xuất hiện sẽ là các tín hiệu nhiễu. Độ rộng sườn lên là trong khoảng thời gian t_r . Trong trường hợp lý tưởng, không có nhiễu, giá trị thời gian đến TOA sẽ là điểm chính giữa của sườn lên, điểm mà xung radar đạt giá trị $A/2$. Độ rộng xung PW là khoảng thời gian giữa thời gian đến TOA và thời gian kết thúc của xung (Time Of Ending – TOE). Giả thuyết là tín hiệu radar mong muốn thu được trong hệ thống định vị có độ rộng xung nhỏ nhất là PW_{min} .

Quá trình ước lượng giá trị thời gian đến TOA (*xác định TOA*) được bắt đầu bằng cách ước lượng công suất tín hiệu nhiễu trước khi xung radar bắt đầu xuất hiện. Từ công suất tín hiệu nhiễu thu được, ta sẽ đặt ra một ngưỡng biên độ (A_{th}), có công suất lớn hơn công suất đỉnh của nhiễu, để xác định một tín hiệu thu được có phải xung radar hay là nhiễu.

Kiến trúc khối xử lý xác định thời gian đến TOA của xung (*xác định TOA*) trong hình 4 được thể hiện chi tiết trong hình 5. Khối xử lý xác định tham số xung radar sẽ trang bị các bộ trễ và hệ số nhân để xác định thời gian đến của tín hiệu radar TOA và độ rộng xung....

Tín hiệu $s[n] = I_n + Q_n$ đầu tiên sẽ đi qua khối điều khiển xác định tín hiệu IQ thu được có phải là xung radar hay không (Bộ 1: *Kiểm tra xung radar – khối 103-a*). Sau khi đã xác định chính xác đó là xung radar, thì tín hiệu $s[n]$ sẽ được đưa qua khối xác định giá trị thời gian đến TOA (Bộ 2: *Xác định giá trị TOA – khối 103-b*).

- Bước 8: ước lượng thời gian đến TOA (Khối xử lý trung tâm 105).

Tín hiệu xung $s[n]$ sau khi đã được khẳng định là xung radar thu được sẽ đi vào trong khối ước lượng thời gian đến TOA. Tại đây tín hiệu xung $s[n]$ sẽ được tính công suất tức thời, thay vì tính biên độ xung tức thời. Điểm lợi của phương pháp đó là tránh phải sử dụng hàm căn bậc hai trong tính toán biên độ, điều này dẫn đến thuật toán dễ dàng triển khai trên ngôn ngữ lập trình phân cứng.

Công suất xung $s[n]$ sẽ được đưa qua hai nhánh: nhánh trên là để tính toán hàm lớn nhất (max) để tìm điểm lớn nhất đối với công suất xung tức thời đầu vào cho chuỗi xung tiến tới xung đầu vào thứ n :

$$f_{\max}(|s[n]|^2) = \max\{|s[k]|^2\}, \quad k \leq n \quad (1)$$

Điểm lợi của phương pháp sử dụng hàm lớn nhất đó là hạn chế vấn đề biên độ xung tức thời thay đổi do nhiễu.

Nhánh dưới sẽ đi qua bộ trễ với giá trị là trễ Δ mẫu tín hiệu IQ. Tín hiệu trễ sẽ đi qua bộ nhân trọng số với giá trị trọng số là -4. Giá trị độ trễ Δ của tín hiệu tức thời $|s[n]|^2$ được thiết lập giá trị lớn hơn một nửa độ rộng xung bé nhất ($> (1/2) * PW_{\min}$).

Đầu ra của cả nhánh trên và nhánh dưới đi qua bộ cộng tín hiệu sẽ tạo ra tín hiệu $Z[n]$, trước khi đưa vào bộ xác định điểm đi qua điểm 0. Giá trị $n_{\min}$ làm cho giá trị hàm $Z[n]$ tiệm cận tới giá trị 0 sẽ là điểm bắt đầu của xung (sau khi đi qua 2 bộ trễ Δ và δ). Việc áp dụng bộ nội suy tuyến tính sẽ làm tăng tính chính xác giá trị n , tại đó hàm $Z[n]$ đạt tiệm cận gần tới giá trị 0. Giá trị thời gian đến TOA của xung tín hiệu radar sẽ là:

$$TOA = n_{\min} - \Delta - \delta \quad (2)$$

Từ các giá trị TOA tính toán được, cùng với một phép toán tương tự, ta sẽ xác định được điểm kết thúc của xung (TOE), từ đó xác định được độ rộng xung.

Quá trình tính toán thời gian đến của xung radar, đến từng trạm thu RS1, RS2, RS3 và CS sẽ được tính toán cùng lúc, trên tất cả các bộ thu RS và bộ thu CS. Giả sử TOA thu được trên khối xử lý trung tâm CS và của 3 bộ thu ở xa RS1, RS2, RS3 sẽ là $TOA_0, TOA_1, TOA_2, TOA_3$. Các giá trị TOA_i được gửi qua khối thu nhận 104 về bộ xử lý trung tâm CS để thực hiện bước xác định tọa độ mục tiêu.

Phương pháp xác định TOA đơn giản, không cần tính toán tương quan truyền thống, nên không cần yêu cầu tốc độ khối xử lý trung tâm phải nhanh.

- Bước 9: xác định tọa độ mục tiêu (khối xử lý trung tâm 105).

Các tham số về xung tín hiệu sẽ được truyền qua khối truyền nhận giữa các trạm thu 104 về khối xử lý trung tâm CS 105, thực hiện các tính toán TOA/TDOA và thực hiện phương pháp tính toán số học để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar. Các trạm thu được đồng bộ về mặt thời gian thông qua GPS chính xác đến từng phần tỉ giây (nano-second) để đảm bảo các giá trị TOA tính toán ở trên được tham chiếu đến cùng chung một gốc tọa độ thời gian.

Sử dụng độ sai lệch thời gian tới (TDOA) có 2 điểm lợi quan trọng:

- Định vị nguồn phát dựa trên phương pháp TDOA không yêu cầu phải hiệu chỉnh các bộ thu.
- Phương pháp định vị dựa trên TDOA không quan tâm đến dạng điều chế của tín hiệu thu được.

Giả sử tọa độ của mục tiêu phát tín hiệu radar cần xác định vị trí sẽ là (x,y,z) là bộ tham số chưa biết. Tọa độ của các bộ thu CS, RS là các tham số đã biết (x_i, y_i, z_i) với $i = 0 \rightarrow 3$. Gốc tọa độ có thể được lựa chọn tại nơi nào đó bất kì (có thể sử dụng vị trí trạm xử lý trung tâm làm gốc tọa độ).

Thuật toán để xác định vị trí mục tiêu sẽ dựa trên tính toán thời gian tới TOA và tính toán độ sai lệch thời gian tới TDOA. Giá trị TOA được tính toán ở khối xử lý số 103-b.

Khoảng cách từ mục tiêu đến các trạm xử lý thể hiện qua phương trình TOA:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} = TOA_i * c \quad (3)$$

với c là vận tốc ánh sáng.

Sai lệch khoảng cách đến từ mục tiêu đến 2 bộ thu i,j , được thể hiện qua phương trình TDOA:

$$d_{ij} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} - \sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2 + (z - z_j)^2} \quad (4)$$

Từ 2 phương trình (3) và (4), với các tham số chưa biết (x,y,z) , ta nhận được hai phương trình mặt phẳng (được tính toán trong khối 105-a):

$$\begin{aligned} y &= A_{012} * x + B_{012} * z + C_{012} \\ y &= A_{123} * x + B_{123} * z + C_{123} \end{aligned} \quad (5)$$

Với các tham số:

$$\begin{aligned} A_{012} &= \left[\frac{d_{02}x_{10} - d_{01}x_{20}}{d_{01}y_{20} - d_{02}y_{10}} \right] \\ B_{012} &= \left[\frac{d_{02}z_{10} - d_{01}z_{20}}{d_{01}y_{20} - d_{02}y_{10}} \right] \\ C_{012} &= \left[\frac{d_{02}(d_{01}^2 + x_{01}^2 + y_{01}^2 + z_{01}^2) - d_{01}(d_{02}^2 + x_{02}^2 + y_{02}^2 + z_{02}^2)}{2(d_{01}y_{20} - d_{02}y_{10})} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} A_{123} &= \left[\frac{d_{23}x_{12} - d_{21}x_{32}}{d_{21}y_{32} - d_{23}y_{12}} \right] \\ B_{123} &= \left[\frac{d_{23}z_{12} - d_{21}z_{32}}{d_{21}y_{32} - d_{23}y_{12}} \right] \\ C_{123} &= \left[\frac{d_{23}(d_{21}^2 + x_{21}^2 + y_{21}^2 + z_{21}^2) - d_{21}(d_{23}^2 + x_{23}^2 + y_{23}^2 + z_{23}^2)}{2(d_{21}y_{32} - d_{23}y_{12})} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}
d_{ij} &= d_i - d_j; \quad x_{ij} = x_i - x_j; \quad y_{ij} = y_i - y_j; \quad z_{ij} = z_i - z_j; \\
x_{ij}^2 &= x_i^2 - x_j^2; \quad y_{ij}^2 = y_i^2 - y_j^2; \quad z_{ij}^2 = z_i^2 - z_j^2; \\
i &= 0 \rightarrow 3; \quad j = 0 \rightarrow 3; \quad i \neq j
\end{aligned} \tag{8}$$

Tại khối định vị nguồn phát tín hiệu radar (105-b), ta định nghĩa các tham số:

$$\begin{aligned}
G &= \left[\frac{B_{123} - B_{012}}{A_{012} - A_{123}} \right] \\
H &= \left[\frac{C_{123} - C_{012}}{A_{012} - A_{123}} \right] \\
I &= A_{012} * G + B_{012} \\
J &= A_{012} * H + C_{012} \\
K &= d_{02}^2 + x_{02}^2 + y_{02}^2 + z_{02}^2 + 2x_{20}H + 2y_{20}J \\
L &= 2[x_{20}G + y_{20}I + z_{20}] \\
M &= 4d_{02}^2 [G^2 + I^2 + 1] - L^2 \\
N &= 8d_{02}^2 [G(x_0 - H) + I(y_0 - J) + z_0] + 2LK \\
P &= 4d_{02}^2 [(x_0 - H)^2 + (y_0 - J)^2 + z_0^2] - K^2
\end{aligned} \tag{9}$$

Từ các tham số trên, ta tìm được tọa độ của mục tiêu như sau:

$$\begin{aligned}
z &= \frac{N}{2M} \pm \sqrt{\left(\frac{N}{2M}\right)^2 - \frac{P}{M}} \\
x &= Gz + H \\
y &= Iz + J
\end{aligned} \tag{10}$$

Trong phương trình (10), có thể ước lượng được hai giá trị tọa độ khác nhau của mục tiêu (x_a, y_a, z_a) và (x_b, y_b, z_b) . Có thể loại bỏ 1 tọa độ (x, y, z) bằng cách kiểm tra vị trí tương đối theo bề ngang (x, y) của mục tiêu so với vị trí tương đối theo bề ngang (x_b, y_b) với $i=0 \rightarrow 3$ so với bề mặt trái đất của các bộ thu CS và RS.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực, sáng chế không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả sáng chế. Sáng chế có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy, những gì được mô tả trong phần mô tả sáng chế chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều bao gồm hệ thống định vị gồm bốn bộ thu, trong đó có ba bộ thu ở xa RS (Remote Station) gồm RS1, RS2, RS3 đặt cách xa ở cự ly ≥ 10 km so với trạm xử lý trung tâm CS (Center Station), và tại trạm xử lý trung tâm CS được trang bị thêm một bộ thu gọi là bộ thu trung tâm; tất cả các bộ thu được đồng bộ về mặt thời gian sử dụng tín hiệu của hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System), chính xác đến từng phần tỉ giây (nano-second), mỗi bộ thu đều được trang bị các khối đồng nhất như nhau, bao gồm các khối:

khối xử lý cao tần thực hiện thu tín hiệu cao tần các xung radar băng rộng (băng thông hàng trăm MHz), lọc tín hiệu băng rộng thu được về băng thông mong muốn và thực hiện chuyển đổi tín hiệu cao tần sang tín hiệu số sử dụng bộ ADC (Analog Digital Converter), tốc độ lấy mẫu $\sim$ GSps; tín hiệu đầu ra khỏi ADC sẽ là tín hiệu dạng chòm sao IQ (in-phase/quadrature) và được đưa đến khối xử lý số;

khối xử lý số: nhận tín hiệu IQ từ khối xử lý cao tần, thực hiện biến đổi speed FFT, lọc và giảm tần số lấy mẫu tín hiệu băng hẹp, đưa tín hiệu IQ băng hẹp vào khối xác định xung radar;

khối xác định xung radar: nhận tín hiệu IQ từ khối xử lý số, thực hiện các bộ nhân, bộ trễ để xác định tính đúng đắn của xung radar, và thực hiện xác định các tham số xung radar ít nhất gồm thời gian đến TOA (Time of Arrival), độ rộng xung;

khối truyền dữ liệu giữa các trạm thu: ba trạm thu ở xa truyền các tham số xung radar về trạm xử lý trung tâm;

ngoài ra, tại trạm thu trung tâm, có trang bị thêm hai khối:

khối xử lý trung tâm thực hiện tính toán số học đơn giản, xây dựng các phương trình mặt phẳng, là các phương trình thay thế cho phương trình hypebon, từ đó tính toán số học xác định chính xác vị trí nguồn phát xung radar, thay vì phải giải các phương trình hypebon phức tạp;

khối hiển thị: hiển thị vị trí nguồn phát xung radar trên bản đồ;
trong đó:

khối xác định xung radar còn thực hiện:

kiểm tra tính chính xác của xung radar sử dụng bộ đếm và bộ trễ, một bộ đếm được sử dụng để điều khiển quá trình xác định số mẫu xung radar; nếu như một số lượng mẫu liên tiếp $s[n]$ có biên độ đều vượt qua ngưỡng A_{th} , và số lượng mẫu này vượt qua giá trị lớn nhất được cấu hình sẵn bởi bộ đếm, thì xung tín hiệu thu được sẽ được xác định là một xung radar hợp lý;

ước lượng thời gian đến TOA sử dụng bộ trễ và hệ số nhân cùng với phép tính công suất tức thời đơn giản cho phép xác định giá trị TOA mà không cần phải tính toán tương quan; sử dụng trực tiếp biên độ tín hiệu xung radar và dạng hình thang của tín hiệu xung radar để xác định các tham số: thời gian đến của tín hiệu radar TOA và độ rộng xung;

khối xử lý trung tâm xác định vị trí nguồn phát xung radar bằng cách giải các phương trình trong không gian, mà không cần thực hiện trên giao điểm của các đường hypebon.

2. Hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều theo điểm 1, trong đó: khối xử lý số sử dụng khối kiểm tra xung radar với bộ đếm, dựa trên đặc tính hình thang của các xung radar đẳng công suất, hệ thống cho phép xác định đó có phải xung radar hay nhiễu với độ chính xác cao ở nền nhiễu lớn với các phép tính và so sánh đơn giản; trong đó, hệ thống xác định kiểm tra xung radar không dựa trên biến đổi Fourier phức tạp, tính toán tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu, để từ đó phân tách nhiễu hay xung radar; mà hệ thống chỉ dựa trên đặc tính hình thang xung radar, nghĩa là biên độ của tín hiệu xung radar và biên độ nền nhiễu để phân tách nhiễu và xung radar.

3. Hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều theo điểm 1, trong đó: khối xử lý trung tâm CS dựa trên các thông tin tín hiệu radar từ bốn bộ thu gửi về (ba bộ thu ở xa + một bộ thu ở gần) để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar; các khối xử lý ở xa RS truyền hàng triệu bản tin (chứa các thông tin xung radar như thời gian đến TOA, độ rộng xung, tần số trung tâm) về khối xử lý trung tâm CS.

4. Phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều dựa trên sự kết hợp của các phương pháp: phương pháp xác định thời gian đến của tín hiệu radar (khối xác định xung radar), phương pháp xác định độ sai lệch thời gian đến và phương pháp tìm giao điểm ba đường hypebon (khối xử lý trung tâm) bằng các phép tính toán số học đơn giản; cụ thể bao gồm các bước sau:

bước 1: thiết lập hệ thống định vị với ba trạm thu ở xa RS và một trạm thu trung tâm CS, được đặt cách nhau tối thiểu 10km;

bước 2: thu tín hiệu xung radar bởi khối xử lý cao tần ở trạm trung tâm và ở ba trạm xử lý ở xa, với kiến trúc với khả năng thu hàng triệu bản tin/giây (thực hiện qua khối xác định xung radar);

bước 3: xử lý tín hiệu xung radar bởi khối xử lý cao tần ở ba bộ thu xa và ở bộ xử lý trung tâm; khối xử lý cao tần sẽ lọc tín hiệu băng rộng về băng thông mong muốn và thực hiện chuyển đổi tín hiệu cao tần sang tín hiệu số sử dụng bộ ADC (Analog Digital Converter), tốc độ lấy mẫu ~ GSps; tín hiệu đầu ra khỏi ADC sẽ là tín hiệu IQ và được đưa đến khối xử lý số;

bước 4: ước lượng tần số trung tâm sử dụng biến đổi Fourier sử dụng kiến trúc speed FFT với 4 đầu vào và 4 đầu ra (ở khối xử lý số tại ba trạm thu ở xa và tại trạm thu trung tâm); cụ thể cần thực hiện; tính biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform – FFT) để chuyển tín hiệu IQ băng rộng từ miền thời gian sang miền tần số; so sánh công suất tín hiệu IQ băng rộng trong miền tần số với một ngưỡng xác định trước để xác định tín hiệu IQ băng hẹp. Các tín hiệu IQ băng hẹp được phát hiện khi năng lượng tín hiệu lớn hơn ngưỡng; từ việc so sánh tín hiệu với ngưỡng, thông tin về tần số trung tâm và băng thông của tín hiệu cũng được xác định;

bước 5: lọc và giảm tốc độ lấy mẫu tín hiệu (khối xử lý số tại ba trạm thu ở xa và tại trạm thu trung tâm); được thực hiện bằng bộ lọc FIR (Finite Impulse Response) với các tham số được tính toán từ tần số trung tâm và băng thông của tín hiệu; các tín hiệu IQ băng hẹp sau đó được giảm tần số trích mẫu;

bước 6: kiểm tra tính chính xác của xung radar sử dụng bộ đếm và bộ trễ (được thực hiện trong khối xác định xung radar tại ba trạm thu ở xa và tại trạm thu trung tâm); một bộ đếm được sử dụng để điều khiển quá trình xác định số mẫu xung radar; nếu như một số lượng mẫu liên tiếp $s[n]$ có biên độ đều vượt qua ngưỡng A_{th} , và số lượng mẫu này vượt qua giá trị lớn nhất được cấu hình sẵn bởi bộ đếm, thì xung tín hiệu thu được sẽ được xác định là một xung radar hợp lý;

bước 7: xác định tham số xung radar sử dụng bộ nhân và bộ trễ (được thực hiện trong khối xác định xung radar tại ba trạm thu ở xa và tại trạm thu trung tâm); công suất tín hiệu xung radar, biên độ tín hiệu xung radar, độ rộng sườn lên/sườn xuống của xung sử dụng ngưỡng thích nghi A_{th} và bộ đếm số lượng mẫu vượt ngưỡng để đưa ra các tham số xung radar,

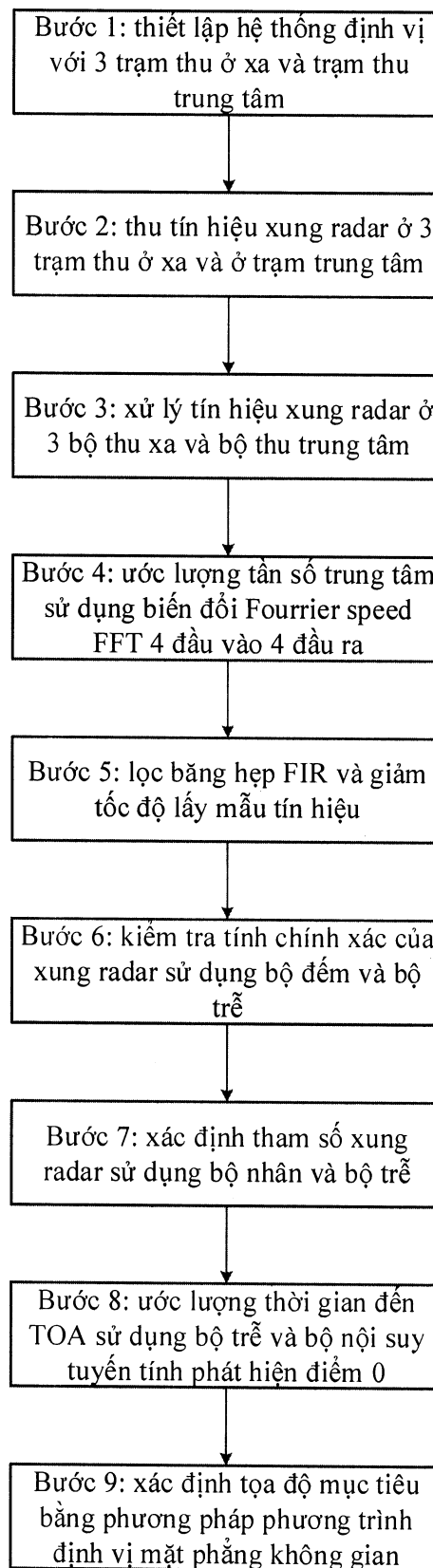
bước 8: ước lượng thời gian đến TOA (được thực hiện trong khối xác định xung radar tại 3 trạm thu ở xa và tại trạm thu trung tâm); sử dụng bộ trễ và hệ số nhân cùng với phép tính công suất tức thời đơn giản cho phép xác định giá trị TOA mà không cần phải tính toán tương quan; sử dụng trực tiếp biên độ tín hiệu xung radar và dạng hình thang của tín hiệu xung radar để xác định các tham số: thời gian đến của tín hiệu radar TOA và độ rộng xung;

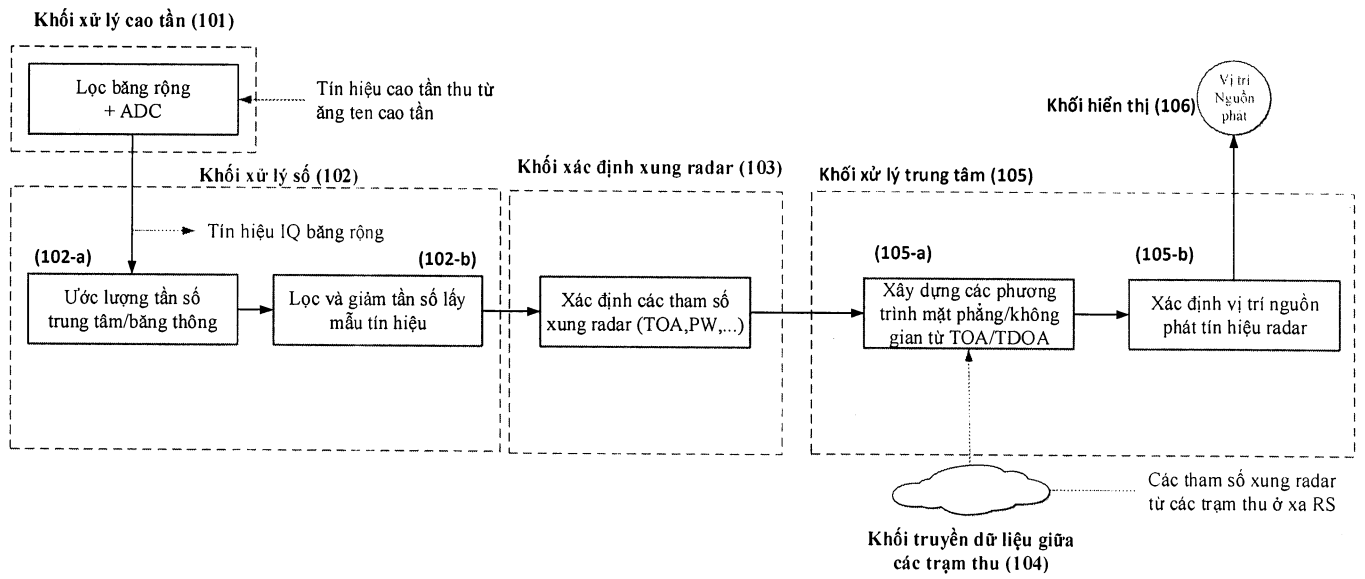
bước 9: xác định tọa độ mục tiêu (thực hiện trong khối xử lý trung tâm tại trạm xử lý trung tâm CS), cụ thể thực hiện các tính toán TOA/TDOA (Time Difference Of Arrival – độ sai lệch thời gian tới) và thực hiện phương pháp tính toán số học để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar.

5. Phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu radar trong không gian ba chiều theo điểm 4, trong đó:

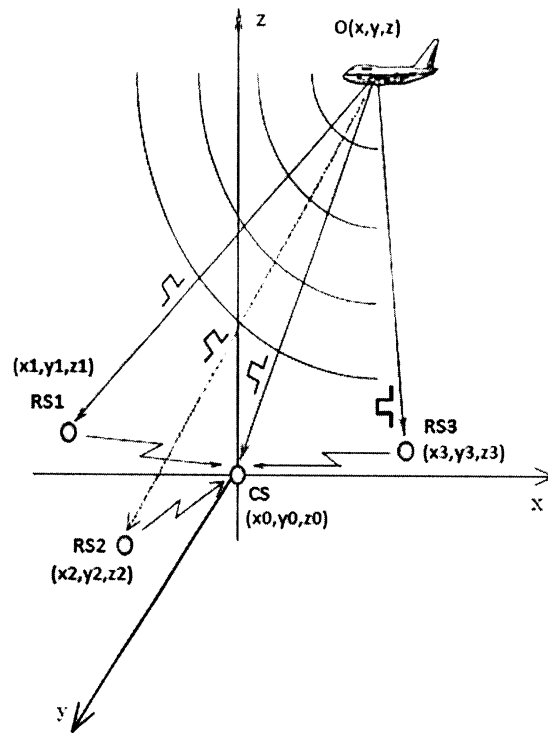
dựa trên kết hợp cả tính toán TOA và TDOA để xây dựng hai phương trình mặt phẳng, chuyển từ ba phương trình bậc hai về hai phương trình bậc nhất, chuyển từ các phương trình hypebon sang hai phương trình mặt phẳng (khối xử lý trung tâm tại trạm xử lý trung tâm CS);

giải các phương trình mặt phẳng trong không gian ba chiều trong bộ xử lý trung tâm CS, cho phép định vị được tọa độ nguồn phát bằng việc giải ba phương trình TDOA với 3 ẩn (x,y,z) với độ chính xác cao thay vì giải trực tiếp các phương trình hypebon, bằng các phép tính toán số học đơn giản, các phép toán là các phép số học.

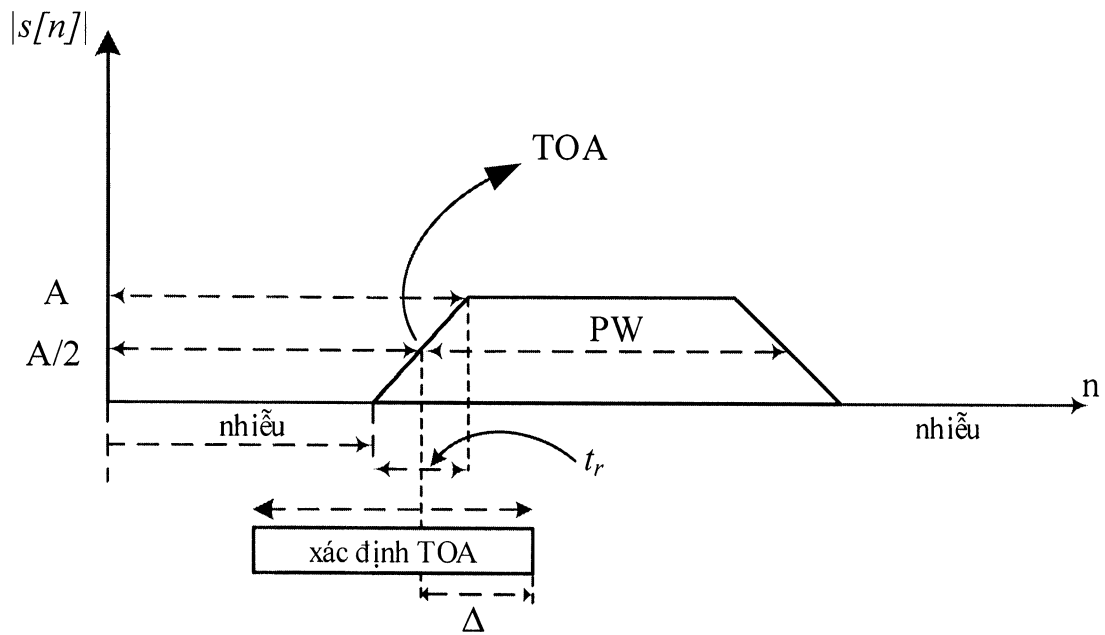
Hình vẽ**Hình 1**



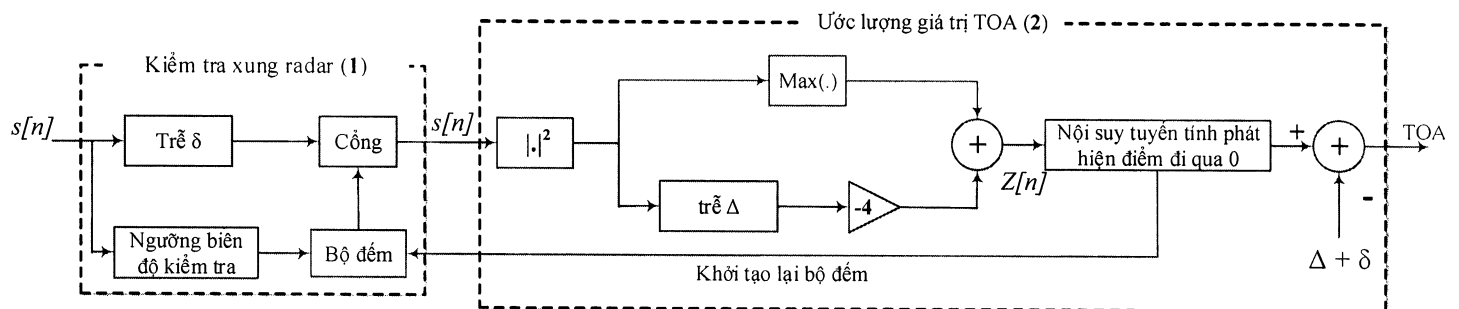
Hình 2



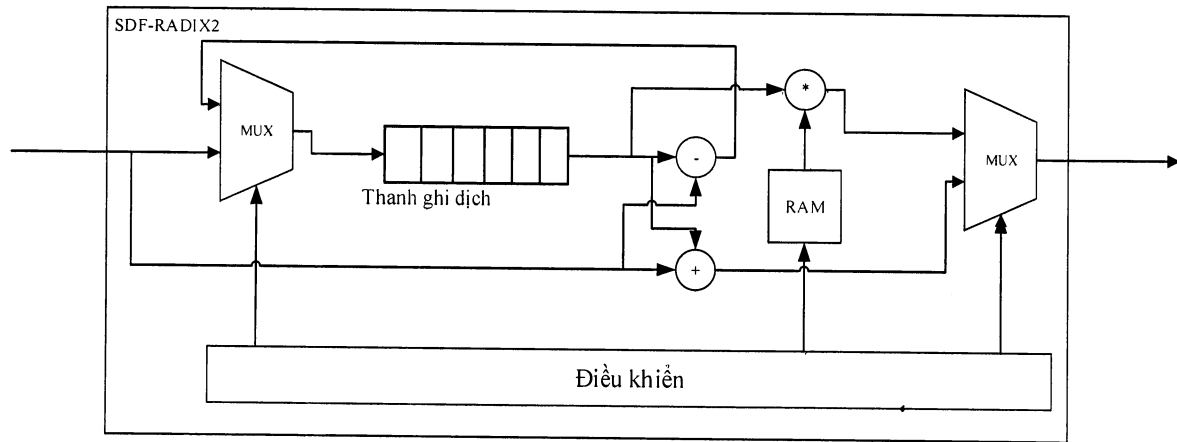
Hình 3



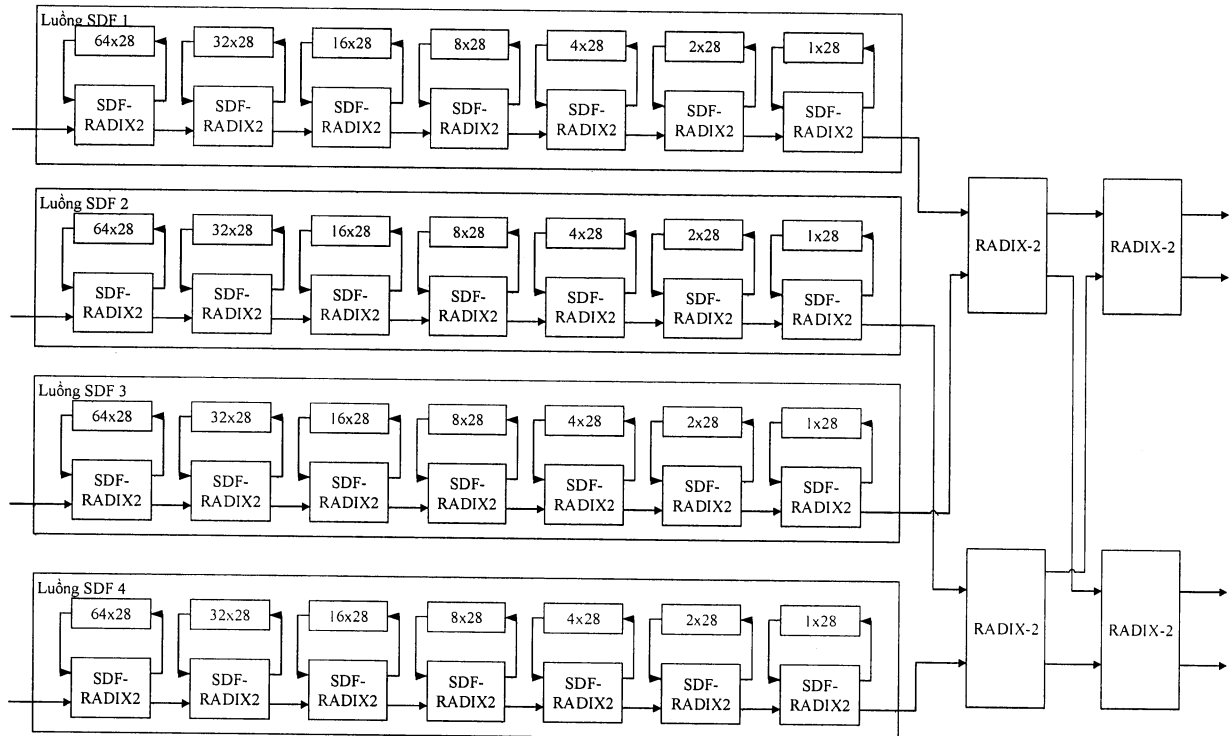
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7