



(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)



1-0033967

(51)⁷ G01S 13/32

(13) B

(21) 1-2017-04786

(22) 28/11/2017

(45) 25/11/2022 416

(43) 25/10/2018 367A

(73) Tập đoàn Viễn thông Quân Đội (VN)

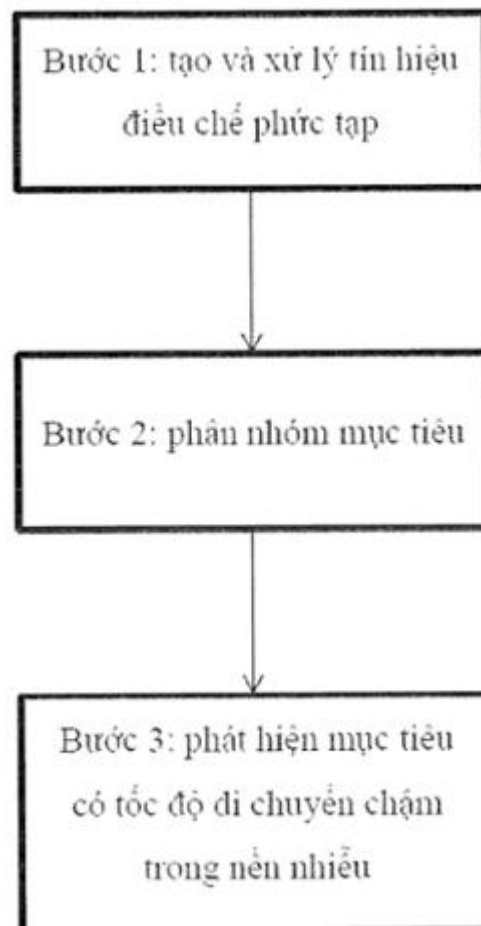
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Lưu Hoài Nam (VN); Trần Vũ Hợp (VN); Đồng Xuân Hoàng (VN); Nguyễn Đức Dương (VN); Lê Trung Đức (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN MỤC TIÊU DI CHUYỂN CHẬM ỨNG DỤNG TRONG ĐÀI RA ĐA CẢNH GIỚI BỜ

(57) Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ khắc phục được các hạn chế của các phương pháp đã biết, đồng thời giúp cho việc xác định mục tiêu được nhanh chóng, hiệu quả và có độ chính xác cao. Phương pháp này bao gồm các bước, cụ thể: bước 1: tạo và xử lý tín hiệu điều chế phức tạp; bước 2: phân nhóm mục tiêu; bước 3: phát hiện mục tiêu có tốc độ di chuyển chậm trong nền nhiễu.



Lĩnh vực đề cập của sáng chế

Sáng chế đề cập đến phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ. Cụ thể, phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ là một phương pháp tổng thể và đồng bộ từ việc nghiên cứu ra các loại tín hiệu thăm dò có độ phân giải cao đến việc tự động cấu hình ngưỡng thích nghi phát hiện mục tiêu và việc kết hợp với việc tự động xây dựng bản đồ địa vật số nhằm phát hiện ra những mục tiêu di chuyển chậm hoặc neo đậu trên nền nhiễu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, các đài ra đa cảnh giới bờ băng tần X hầu hết vẫn sử dụng công nghệ khuếch đại ống phóng chân không do chi phí sản xuất thấp, công suất phát lớn trong khi kích thước nhỏ gọn. Nhược điểm của việc sử dụng công nghệ này là chỉ phát được các loại tín hiệu đơn giản và không tương can. Do vậy hệ thống xử lý sẽ có độ phân giải thấp và không phân biệt được các mục tiêu với địa vật nhỏ, mục tiêu di chuyển chậm với nhiễu.

Vì vậy, cần thiết có một phương pháp mới khắc phục được các nhược điểm trên nhưng vẫn phát hiện được mục tiêu di chuyển chậm trên nền nhiễu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ khắc phục được các hạn chế của các phương pháp đã biết, đồng thời giúp cho việc xác định mục tiêu được nhanh chóng, hiệu quả và có độ chính xác cao.

Để thực hiện được mục đích này, phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ được thực hiện qua ba bước, cụ thể: bước 1: tạo và xử lý tín hiệu điều chế phức tạp; bước 2: phân nhóm mục tiêu; bước 3: phát hiện mục tiêu có tốc độ di chuyển chậm trong nền nhiễu.

Trong sáng chế này, đài ra đa của nhóm tác giả sử dụng công nghệ khuếch đại bán dẫn (Sử dụng khuếch đại bằng các tranzitor bán dẫn) cho phép tạo được ra tín hiệu thăm dò điều chế phức tạp có độ phân giải cao (nhỏ hơn 3m sau xử lý) nhờ đó dễ dàng phân loại được tín hiệu phản xạ về từ các dạng mục tiêu và nhiễu.

Ngoài ra việc sử dụng công nghệ khuếch đại bán dẫn cho phép sử dụng phương pháp xử lý tương quan nhằm lấy được các thông tin về tần số doppler của mục tiêu và xác định vận tốc hướng tâm từ đó phân loại được mục tiêu thành hai nhóm riêng biệt: nhóm mục tiêu có tốc độ di chuyển lớn và nhóm mục tiêu di chuyển chậm trong nền nhiễu.

Để đảm bảo phân biệt được chính xác các mục tiêu di chuyển chậm trong nền nhiễu, nhóm mục tiêu di chuyển chậm phía trên được đồng thời đi qua 3 phương pháp phân biệt mục tiêu khác nhau. Kết quả việc xác định có / không mục tiêu di chuyển chậm được tổng hợp từ ba khối phát hiện độc lập: khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp ổn định tỉ lệ báo động làm bằng phương pháp thống kê bậc 3 chiều (OS-CFAR 3 dimension); khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp thống kê đặc trưng phân bố nhiễu; khối phát hiện mục tiêu dựa vào bản đồ địa vật số hóa.

Mô tả văn tắt hình vẽ

Hình 1: sơ đồ khối thể hiện các bước thực hiện phương pháp.

Hình 2: tổng quan mô hình phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ.

Hình 3: kết quả xử lý cho tín hiệu thăm dò độ phân giải cao.

Hình 4: giải pháp phân loại mục tiêu theo tốc độ di chuyển.

Hình 5: giải pháp thống kê đặc trưng phân bố nhiễu.

Hình 6: giải pháp phát hiện mục tiêu theo thuật toán CFAR ba chiều.

Hình 7: kết quả phát hiện mục tiêu dựa vào bản đồ địa vật số.

Hình 8: sơ đồ khối thể hiện các bước tạo và xử lý tín hiệu điều chế phức tạp

Hình 9: giải pháp phân loại doppler mục tiêu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu Hình 1 và Hình 2, phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ chia làm ba bước xử lý bao gồm:

- Bước 1: tạo và xử lý tín hiệu điều chế phức tạp;

Mục đích của việc sử dụng tín hiệu điều chế phức tạp nhằm giúp khâu xử lý nén xung cho kết quả tín hiệu sau có độ phân giải cao lên đến 2,5m và tỷ số nén lớn $K_n = 35\text{dB}$. Tham chiếu Hình 3, hình ảnh cho thấy kết quả xử lý tín hiệu từ khi thăm dò đến khi xử lý nén xung và xử lý nén xung kết hợp cửa sổ trọng số.

Một trong những tín hiệu điều chế phức tạp thường được sử dụng trong hệ thống ra đa là tín hiệu điều tần tuyến tính:

$$S(t) = e^{j2\pi(f_0 t + \frac{\mu}{2} t^2)} \quad (1.1)$$

Trong đó:

t : thời gian phát tín hiệu;

f_0 : tần số tín hiệu của sóng mang;

μ : hệ số điều tần tuyến tính.

Khi sử dụng tín hiệu phát là tín hiệu điều chế phức tạp. Đầu ra của bộ nén xung nằm ở bên thu sẽ được tính toán như sau:

$$S(t, f_d) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t') S^*(t' - t) e^{j2\pi f_d t'} dt' \quad (1.2)$$

Trong đó:

t : độ trễ theo trục thời gian;

f_d : tần số doppler do sự chuyển động tương đối của mục tiêu;

t' : biến thời gian tín hiệu trả về.

Do đặc tính của tín hiệu điều chế phức tạp sau nén xung có tỷ số búp chính/búp phụ thấp. Do vậy nhóm tác giả đã đưa phương pháp sử dụng cửa sổ trọng số Nuttall trong quá trình nén giúp tăng hiệu quả của tỷ số búp chính/ búp phụ. Khi đó, kết quả của phương pháp này thu được:

$$S(t, f_d) = W(t) * \int_{-\infty}^{+\infty} s(t') S^*(t' - t) e^{j2\pi f_d t'} dt' \quad (1.3)$$

Trong đó:

$W(t)$: cửa sổ trọng số Nuttall.

Ưu điểm của việc sử dụng tín hiệu có độ phân giải cao giúp chi tiết hóa các xung phản xạ từ mục tiêu tàu thuyền nhỏ (chiều ngang 2 -5m đối với tàu đánh cá) và các phản xạ từ gợn sóng biển. Tuy nhiên nhược điểm của việc sử dụng tín hiệu điều chế phức tạp là khối lượng tính toán rất lớn. Do vậy nhóm tác giả đã sử dụng hai cấu trúc bộ tính toán hiệu năng cao cho hệ thống bao gồm:

- + Cấu trúc FPGA kết hợp với thiết bị tổ hợp tần số DDS tại module tạo tín hiệu thăm dò.

- + Cấu trúc GPU hiệu năng cao (lên đến 5TFLOPS) để xử lý thuật toán nén xung.

Ngoài ra để đảm bảo hệ thống hoàn toàn đồng bộ và tương can về pha. Nhóm tác giả phải sử dụng đến hệ thống xung nhịp đồng bộ chuẩn 10 Mhz có độ sai số cực kỳ thấp (0,02 ppm).

Tham chiếu Hình 8, để thực hiện bước này, các khối được sử dụng bao gồm:

- + Khối tạo tín hiệu điều chế phức tạp có độ phân giải cao: tín hiệu phát được tạo thông qua thiết bị tổ hợp tần số DDS. Tùy theo chế độ phát, FPGA gửi các thông tin điều khiển tới DDS và tạo ra tín hiệu mong muốn.

- + Khối tạo tín hiệu điều chế phức tạp tương can: tín hiệu tương can là tín hiệu liên hợp phức của tín hiệu phát. Nhóm tác giả sử dụng công cụ MATLAB để tạo ra tín hiệu tương can, sau đó lưu tín hiệu này vào bộ nhớ GPU sử dụng cho quá trình nén xung.

- + Khối nén xung với cửa sổ trọng số: nhân chập tín hiệu số hóa nhận về từ ra đa và tín hiệu tương can kết hợp với cửa sổ trọng số Nuttall, kết quả đầu ra là tín hiệu nén xung.

- Bước 2: phân nhóm mục tiêu;

Hiệu ứng doppler xảy ra khi mục tiêu di chuyển tương đối so với đài. Giá trị doppler tỷ lệ với vận tốc hướng tâm của mục tiêu.

Tham chiếu Hình 3 và Hình 4, để phân chia mục tiêu thành hai nhóm theo tốc độ di chuyển, dữ liệu sau khi qua bộ nén xung sẽ được đi vào bộ phát hiện mục tiêu chuyển động MTD (Moving Target Detector). Là một chuỗi các băng lọc doppler liên tiếp nhau để lọc các mục tiêu theo vận tốc hướng tâm. Tham chiếu Hình 9, nhóm tác giả sử dụng phương pháp FFT các xung sau khi nén theo chiều phương vị để xác định doppler của

mục tiêu, các mục tiêu có tốc độ di chuyển thấp (doppler thấp) tương ứng sẽ nằm ở băng lọc thấp, các mục tiêu có tốc độ di chuyển lớn (doppler cao) sẽ nằm ở băng lọc cao. Đối với mục tiêu biển, tốc độ di chuyển của mục tiêu rất chậm (nhỏ hơn 12 km/h). Do sóng biển được hình thành bởi tác dụng của gió và mây cũng di chuyển bằng với tốc độ của gió. Trong điều kiện thời tiết bình thường gió cấp độ hai có tốc độ di chuyển 6-11 km/h. Vì vậy tín hiệu nhiễu hình thành bởi phản xạ từ sóng biển và mây mưa xuất hiện đồng thời trong nhóm tín hiệu phản xạ từ mục tiêu di chuyển chậm. Do vậy, sau khi đã phân nhóm mục tiêu, việc phát hiện mục tiêu di chuyển chậm trong nền nhiễu mà không nhầm lẫn với các địa vật nhỏ là vấn đề tiếp theo cần thực hiện.

Để thực hiện được bước này, nhóm tác giả đề xuất sử dụng các khối sau: khối tạo tích lũy tương can; khối phân loại theo băng lọc.

- Bước 3: Phát hiện mục tiêu có tốc độ di chuyển chậm trong nền nhiễu;

Để phát hiện mục tiêu trong nhiễu nhóm sử dụng đồng thời cả ba khối phát hiện. Kết quả đầu ra được tổng hợp từ ba khối phát hiện độc lập:

+ Khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp ổn định tỉ lệ báo động làm bằng phương pháp thống kê bậc ba chiều (OS-CFAR 3 Dimension): Tham chiếu Hình 6, đây là giải pháp phân tích công suất tín hiệu thu được theo không gian ba chiều: chiều cự ly, chiều phương vị và chiều doppler được sản sinh từ quá trình tính toán của khối phát hiện mục tiêu di chuyển (MTD). Quá trình phân tích công suất tín hiệu sẽ thực hiện thuật toán sắp xếp dữ liệu ma trận ba chiều theo thứ tự tăng dần của công suất từ đó tính toán ra phần tử tối ưu đại diện cho công suất của nhiễu nền. Phần tử đại diện cho công suất nhiễu nền sẽ được sử dụng ngưỡng phát hiện tối ưu. Việc xác định được ngưỡng phát hiện tối ưu sẽ giúp ổn định xác suất phát hiện và giảm hiện tượng báo động làm. Do giới hạn công nghệ, các đài ra đa thế hệ cũ thường chỉ thực hiện được thuật toán CFAR một chiều cự ly, trong khi thực tế mục tiêu biển là mục tiêu khối nằm phân bố trong cả ba trục tọa độ phương vị, cự ly, doppler do đó phương pháp CFAR một chiều cự ly kém chính xác.

+ Khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp thống kê đặc trưng phân bố nhiễu: Tham chiếu Hình 5, giải pháp này sử dụng lý thuyết xác suất thống kê để phân tích đặc trưng của tín hiệu, từ đó sẽ xác định đó là tín hiệu nhiễu hay tín hiệu mục tiêu. Qua kết

qua phân tích chúng ta thấy nhiều sóng biển phân bố theo hàm mật độ xác suất Log Normal, Nhiều mây mưa phân bố theo hàm Rayleigh, nhiều địa vật phân bố theo hàm Weibull. Từ việc phân tích hàm mật độ xác suất ta sẽ tìm được điểm kỳ vọng toán học của nhiều. Khi mục tiêu có giá trị công suất lớn hơn kỳ vọng toán học một lượng V_T đảm bảo sao cho $P_{fa} = 10^{-6}$ thì ta xác định đó là mục tiêu.

+ Khối phát hiện mục tiêu dựa vào bản đồ địa vật số hóa: tham chiếu Hình 7, bản đồ số hóa là bản đồ tự động hình thành sau nhiều phiên đài hoạt động. Qua thời gian hoạt động, hệ thống tự động xây dựng nên một hệ thống bản đồ địa vật tối ưu. Tín hiệu phản xạ từ mục tiêu được sẽ được so sánh với bản đồ địa vật số để phân loại được chính xác phản xạ từ đất liền, hải đảo, mục tiêu neo đậu.

Sáng chế được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng các phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người 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 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. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ bao gồm 3 bước, trong đó:

bước 1: tạo và xử lý tín hiệu phức tạp; bước này có nhiệm vụ tạo ra một tín hiệu có độ phân giải cao, tỷ số nén lớn để tín hiệu dễ dàng được tiếp nhận và phân tích trong bước sau;

bước 2: phân nhóm mục tiêu; bước này có nhiệm vụ phân loại các mục tiêu có tốc độ di chuyển thấp với các mục tiêu có tốc độ di chuyển cao, cụ thể: các mục tiêu có tốc độ di chuyển thấp tương ứng sẽ nằm ở băng lọc thấp, các mục tiêu có tốc độ di chuyển lớn sẽ nằm ở băng lọc cao;

bước 3: phát hiện mục tiêu có tốc độ di chuyển chậm trong nền nhiễu; bước này sử dụng kết quả được tổng hợp từ ba khối phát hiện độc lập: khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp ổn định tỉ lệ báo động làm bằng phương pháp thống kê bậc 3 chiều (OS-CFAR 3 dimension); khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp thống kê đặc trưng phân bố nhiễu; khối phát hiện mục tiêu dựa vào bản đồ địa vật số hóa.

2. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ theo điểm 1, trong đó:

có bước 1 tạo và xử lý tín hiệu phức tạp sử dụng các khối: khối tạo tín hiệu điều chế phức tạp có độ phân giải cao; khối tạo tín hiệu điều chế phức tạp tương can; khối nén xung với cửa sổ trọng số.

3. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ theo điểm 1, trong đó:

có bước 2 phân nhóm mục tiêu sử dụng các khối: khối tạo tích lũy tương can; khối phân loại theo băng lọc.

4. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ theo điểm 1, trong đó:

có bước 3 phát hiện mục tiêu có tốc độ di chuyển chậm trong nền nhiễu sử dụng kết quả tổng hợp từ ba khối phát hiện độc lập, cụ thể:

khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp ổn định tỉ lệ báo động làm bằng phương pháp thống kê bậc 3 chiều (OS-CFAR 3 Dimension): đây là giải pháp phân tích công suất tín hiệu thu được theo không gian 3 chiều: chiều cự ly, chiều phương vị và chiều doppler được sản sinh từ quá trình tính toán của khối phát hiện mục tiêu di chuyển (MTD); quá trình phân tích công suất tín hiệu sẽ thực hiện thuật toán sắp xếp dữ liệu ma trận 3 chiều theo thứ tự tăng dần của công suất từ đó tính toán ra phần tử tối ưu đại diện cho công suất của nhiễu nền;

khối phát hiện mục tiêu dựa vào phương pháp thống kê đặc trưng phân bố nhiễu: giải pháp này sử dụng lý thuyết xác suất thống kê để phân tích đặc trưng của tín hiệu, từ đó sẽ xác định đó là tín hiệu nhiễu hay tín hiệu mục tiêu; qua kết quả phân tích chúng ta thấy nhiễu sóng biển phân bố theo hàm mật độ xác suất log normal; nhiễu mây mưa phân bố theo hàm rayleigh, nhiễu địa vật phân bố theo hàm weibull; từ việc phân tích hàm mật độ xác suất ta sẽ tìm được điểm kỳ vọng toán học của nhiễu; khi mục tiêu có giá trị công suất lớn hơn kỳ vọng toán học một ngưỡng VT đảm bảo sao cho $P_{fa} = 10^{-6}$ thì ta xác định đó là mục tiêu;

khối phát hiện mục tiêu dựa vào bản đồ địa vật số hóa: bản đồ số hóa là bản đồ tự động hình thành sau nhiều phiên bản hoạt động; qua thời gian hoạt động, hệ thống tự động xây dựng nên một hệ thống bản đồ địa vật tối ưu; tín hiệu phản xạ từ mục tiêu được sẽ được so sánh với bản đồ địa vật số để phân loại được chính xác phản xạ từ đất liền, hải đảo, mục tiêu neo đậu.

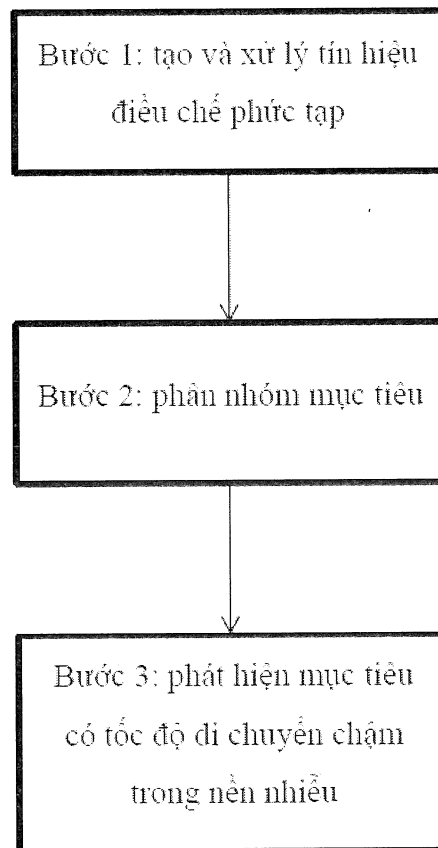
5. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài ra đa cảnh giới bờ theo điểm 1, trong đó:

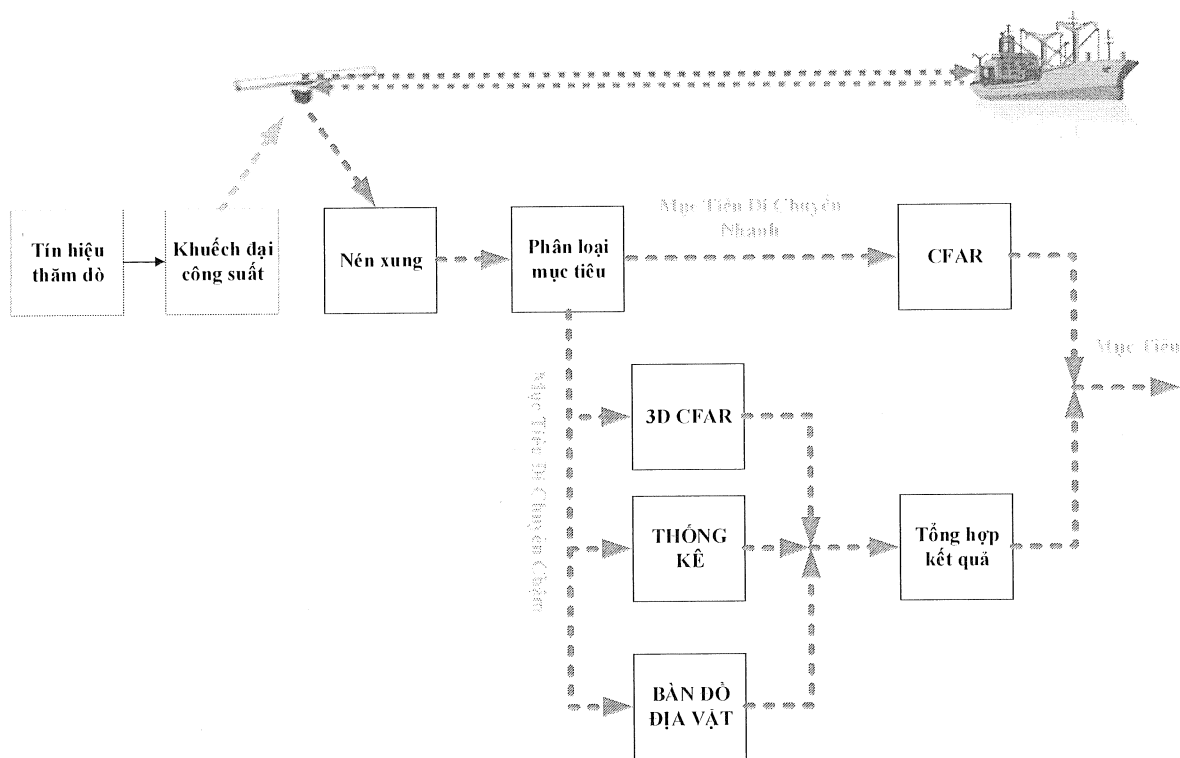
sử dụng đài ra đa có công nghệ khuếch đại bán dẫn solid-state (sử dụng khuếch đại bằng các tranzitor bán dẫn) cho phép tạo được ra tín hiệu thăm dò điều

chế phức tạp có độ phân giải cao (nhỏ hơn 3m sau xử lý) nhờ đó dễ dàng phân loại được tín hiệu phản xạ về từ các dạng mục tiêu và nhiễu.

6. Phương pháp phát hiện mục tiêu di chuyển chậm ứng dụng trong đài radar cảnh giới bờ theo điểm 1, trong đó:

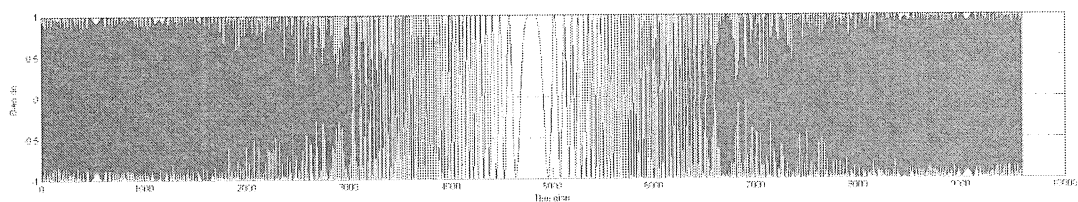
sử dụng công nghệ khuếch đại bán dẫn cho phép sử dụng phương pháp xử lý tương can nhằm lấy được các thông tin về tần số doppler của mục tiêu và xác định vận tốc hướng tâm từ đó phân loại được mục tiêu thành hai nhóm riêng biệt: nhóm mục tiêu có tốc độ di chuyển lớn và nhóm mục tiêu di chuyển chậm trong nền nhiễu.

**Hình 1**

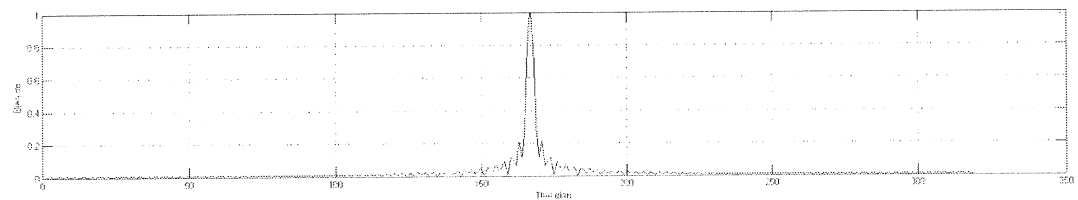


Hình 2

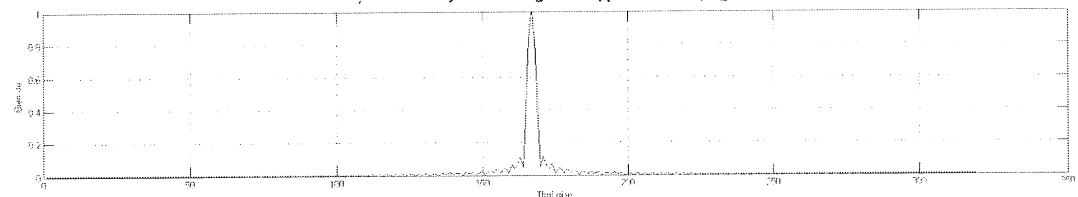
Tín hiệu thăm dò



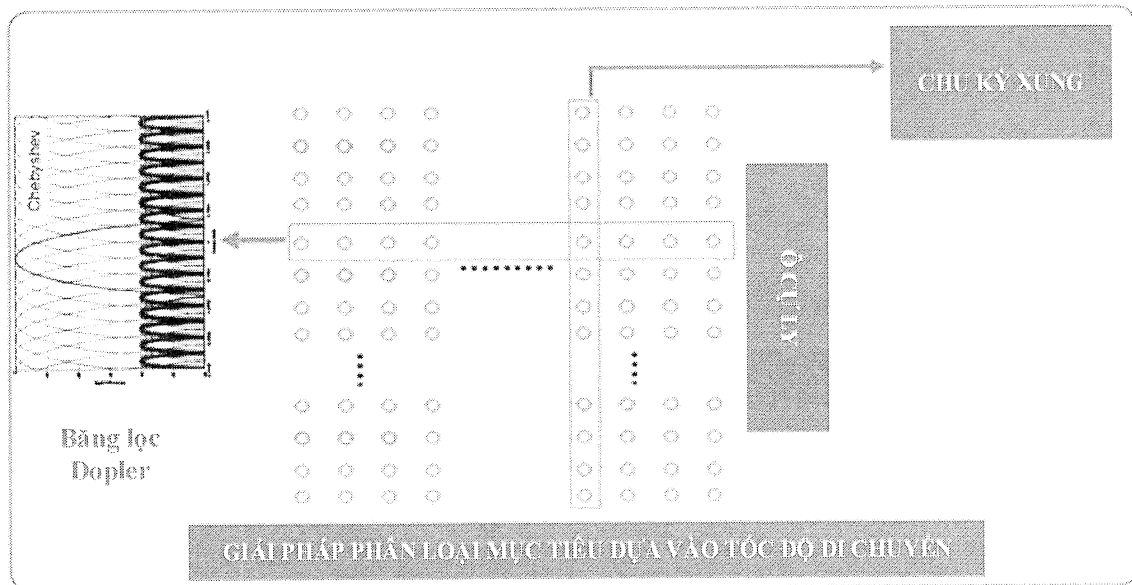
Tín hiệu sau xử lý nén xung



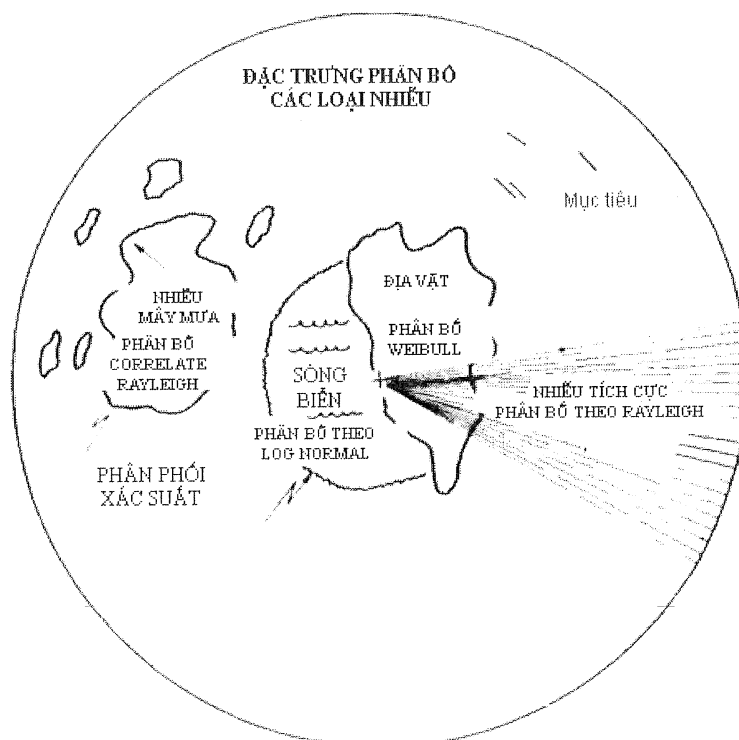
Tín hiệu sau xử lý nén xung kết hợp cửa sổ trọng số



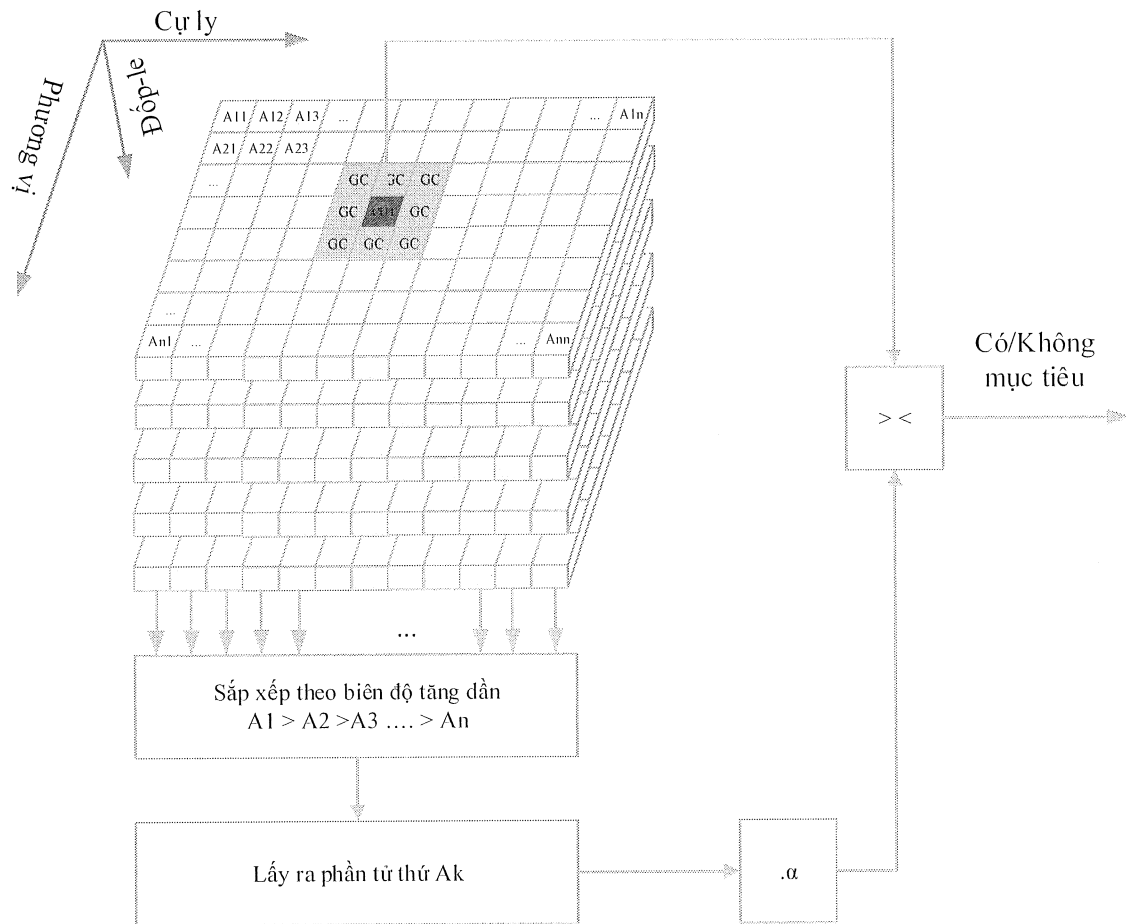
Hình 3



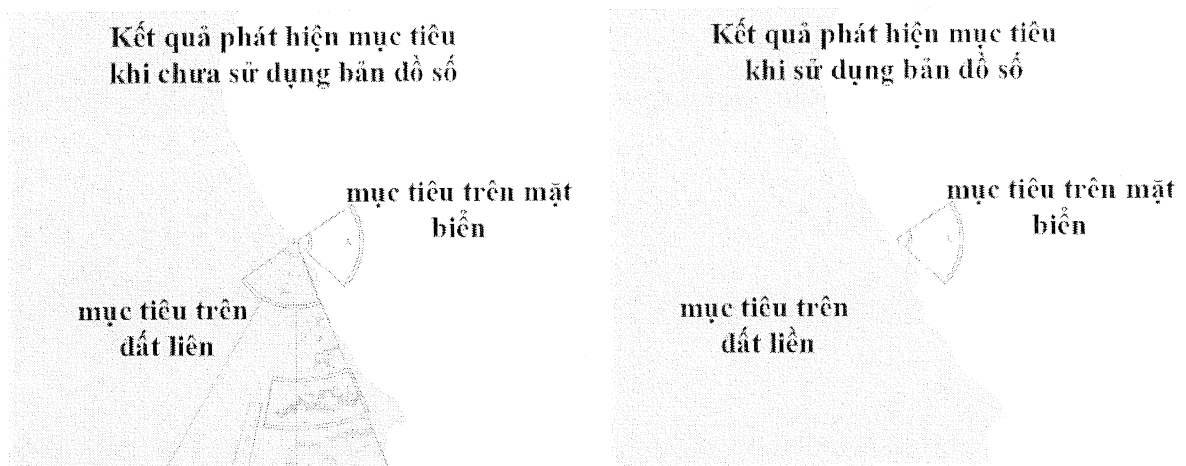
Hình 4



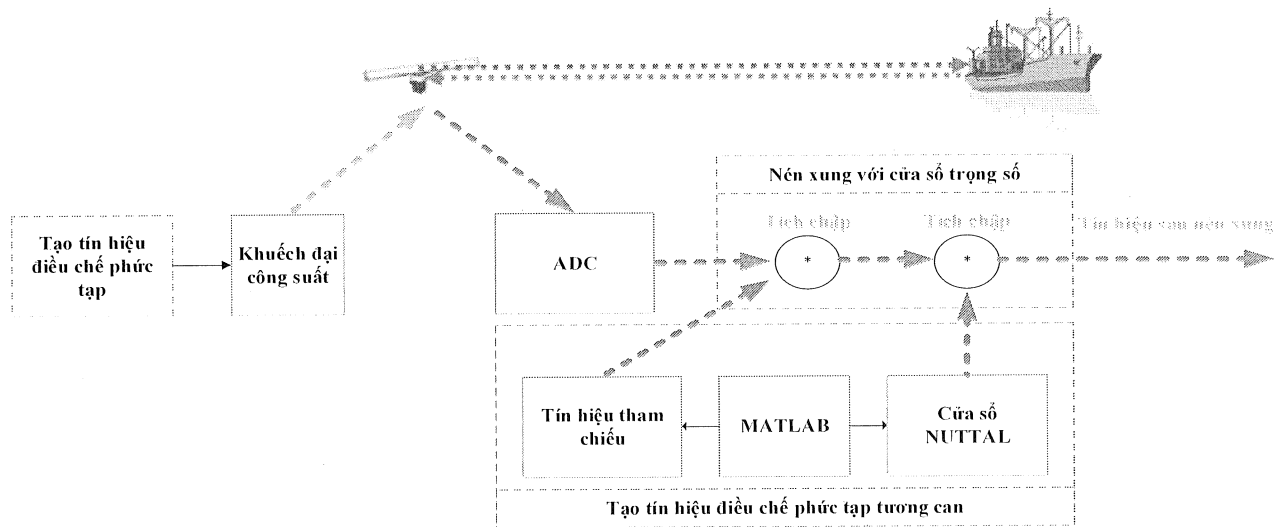
Hình 5



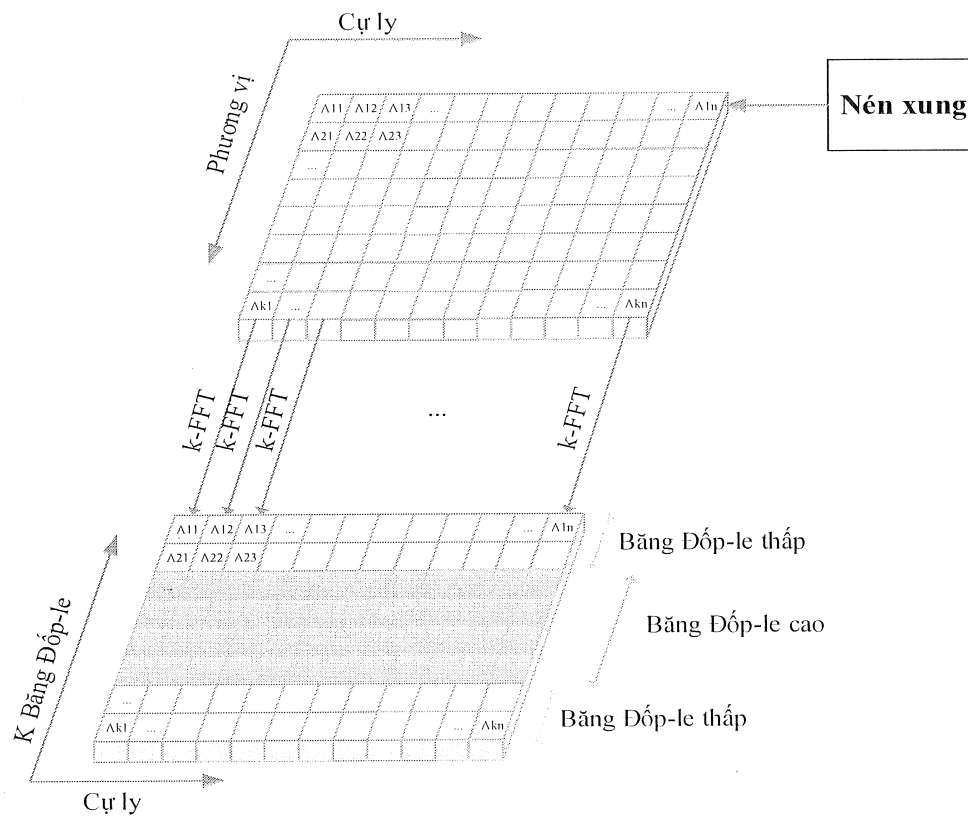
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9