



(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)



1-0039143

(51)⁷ H04B 17/00; G06T 7/00

(13) B

(21) 1-2018-04861

(22) 30/10/2018

(45) 25/03/2024 432

(43) 25/10/2019 379A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

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

(72) Nguyễn Phan Khánh Hà (VN); Nguyễn Quý Hà (VN); Trần Ngọc Tú (VN); Nguyễn Thái Bình (VN).

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

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TỰ ĐỘNG GIÁM SÁT PHỔ TÍN HIỆU BĂNG RỘNG

(57) Sáng chế đề xuất một hệ thống và phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng trong đó hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng gồm các khối: khối tạo ảnh phổ nhị phân, khối phát hiện tín hiệu và khối bám tín hiệu; phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu bao gồm các bước: bước 1: tạo ảnh phổ nhị phân với tín hiệu băng rộng đầu vào, bước 2: đối với mỗi ảnh phổ nhị phân, tạo các khung đánh dấu tín hiệu; bước 3: bám (theo dõi) và cập nhật các thông số đặc trưng theo thời gian cho các tín hiệu đã phát hiện trong ảnh phổ nhị phân.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới hệ thống và phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng (Wideband Spectrum Sensing). Cụ thể, hệ thống và phương pháp tự động phát hiện, định vị, xác định các thông số đặc trưng và theo dõi sự biến đổi theo thời gian của các tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần trong một phổ tín hiệu băng rộng dựa trên các kỹ thuật xử lý ảnh áp dụng cho ảnh phổ nhị phân (Binary Spectrogram).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Giám sát phổ tín hiệu (Spectrum Sensing) với mục đích phát hiện, định vị và xác định các thông số đặc trưng của các nguồn phát tín hiệu mong muốn, nguồn nhiễu, các nguy cơ khác... xuất hiện trong một dải tần vô tuyến có vai trò quan trọng trong các lĩnh vực an ninh, bảo đảm trật tự, an toàn xã hội. Giám sát phổ tín hiệu có thể được phân loại thành hai dạng chính là giám sát phổ tín hiệu băng hẹp (Narrowband Spectrum Sensing) và giám sát phổ tín hiệu băng rộng (Wideband Spectrum Sensing).

Các phương pháp giám sát phổ tín hiệu băng hẹp cho phép phát hiện các tín hiệu vô tuyến trong một dải tần băng hẹp quan sát (từ vài trăm Hertz (Hz) đến vài chục KiloHertz). Điểm hạn chế của cách tiếp cận này là tại mỗi thời điểm chỉ cung cấp được thông tin về tín hiệu trong một phần nhỏ của toàn bộ dải tần cần giám sát (có thể đến vài trăm MegaHertz). Do đó, các phương pháp này không cung cấp được thông tin tổng thể về toàn bộ dải tần cần giám sát và có thể bỏ sót các nguy cơ, các nguồn nhiễu xuất hiện trong dải tần cần giám sát nhưng ở ngoài dải tần băng hẹp đang quan sát; đặc biệt trong trường hợp các nguy cơ hoặc nhiễu này là các tín hiệu nhảy tần (là các tín hiệu có tần số thay đổi liên tục ngẫu nhiên trong một dải tần rộng và thời gian xuất hiện ở một tần số là rất ngắn chỉ từ vài miligiây đến vài chục miligiây).

Vì những hạn chế trên, các phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng gần đây được đề xuất cho phép đồng thời phát hiện các tín hiệu vô tuyến trong toàn bộ dải tần băng rộng cần quan sát (từ vài chục MegaHertz đến vài trăm MegaHertz) để nâng cao hiệu quả giám sát phổ tín hiệu. Các phương pháp này phát hiện sự xuất hiện của các tín hiệu trong phổ băng rộng dựa trên hàm mật độ phổ công

suất (Power Spectral Density - PSD). Hàm mật độ phổ công suất là cách thức biểu diễn công suất của các thành phần tần số của tín hiệu trong dải tần quan sát. Cách tiếp cận này tuy cho phép dễ dàng giám sát các tín hiệu trong phổ băng rộng nhưng không cho phép theo dõi sự biến đổi của các tín hiệu theo thời gian do chỉ quan tâm đến chiều tần số của tín hiệu mà không quan tâm đến chiều thời gian. Bên cạnh đó, cách tiếp cận này đòi hỏi xử lý trong từng khoảng thời gian nhỏ (time slot) dẫn đến khối lượng tính toán lớn.

Trong sáng chế này, tác giả đề xuất một hệ thống và phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng dựa trên áp dụng các kỹ thuật xử lý ảnh đối với ảnh phổ nhị phân (binary spectrogram) để phát hiện, định vị, xác định các thông số đặc trưng và theo dõi sự biến thiên của các tín hiệu vô tuyến tần số cố định và nhảy tần trong một dải tần băng rộng cần quan sát.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất một hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng, hệ thống này bao gồm các khối: khối tạo ảnh phổ nhị phân, khối phát hiện tín hiệu và khối bám tín hiệu.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất một phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng, phương pháp này bao gồm các bước như sau: bước 1: tạo ảnh phổ nhị phân đối với tín hiệu băng rộng đầu vào. Ảnh phổ nhị phân là hình ảnh biểu diễn giá trị mật độ phổ công suất tín hiệu đã được thiết lập ngưỡng (để chuyển thành giá trị nhị phân 0 hoặc 1) biến đổi theo thời gian; bước 2: tạo các khung đánh dấu tín hiệu; bước 3: bám (theo dõi) và cập nhật các thông số đặc trưng theo thời gian cho các tín hiệu. Kết quả đầu ra của hệ thống là các khung đánh dấu tín hiệu phát hiện được trên ảnh phổ nhị phân và các thông số đặc trưng tín hiệu bao gồm: tần số trung tâm, băng thông thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc của tín hiệu.

Trong sáng chế này, do dựa trên việc sử dụng ảnh phổ để quan sát tín hiệu theo cả hai chiều tần số và thời gian, phương pháp đề xuất cho phép theo dõi, bám và cập nhật thông số các tín hiệu phát hiện biến đổi theo thời gian; từ đó cung cấp thông tin đầy đủ và nhanh chóng về dải tần băng rộng cần quan sát. Bên cạnh đó, phương pháp

đề xuất thao tác dựa trên ảnh phổ nhị phân đầu vào (chỉ gồm các giá trị 0 và 1) nên đơn giản, xử lý nhanh và có thể ứng dụng vào các hệ thống giám sát thời gian thực.

Trong sáng chế này, giải pháp đề xuất có tính tổng quát cao, có thể áp dụng cho các loại tín hiệu khác nhau có thể biểu diễn dưới dạng tần số-thời gian như tín hiệu vô tuyến, tín hiệu phổ thoại (speech), tín hiệu phổ âm thanh (acoustic, sound).... với độ rộng phổ băng rộng bất kỳ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: hình ảnh minh họa kiến trúc hệ thống tự động giám sát phổ băng rộng đề xuất;

Hình 2: hình ảnh minh họa kiến trúc khối tạo ảnh phổ nhị phân trong hệ thống đề xuất;

Hình 3: hình minh họa kiến trúc khối đánh dấu tín hiệu trong hệ thống đề xuất;

Hình 4: hình ảnh minh họa kiến trúc khối băm tín hiệu trong hệ thống đề xuất;

Hình 5: hình ảnh minh họa luồng xử lý băm tín hiệu;

Hình 6: hình ảnh minh họa ảnh phổ nhị phân tạo ra sau khối tạo ảnh phổ nhị phân;

Hình 7: hình ảnh minh họa kết quả đầu ra hệ thống đề xuất;

Hình 7a: các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần;

Hình 7b: các thông số đặc trưng tín hiệu;

Hình 8: hình ảnh minh họa kết quả đầu ra quá trình loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần và loại bỏ các thành phần tín hiệu tần số cố định khỏi ảnh phổ nhị phân;

Hình 9: hình ảnh minh họa quá trình xác định được vị trí các thành phần tín hiệu tần số cố định;

Hình 10: hình ảnh minh họa các thông số của một khung đánh dấu tín hiệu;

Hình 11: hình ảnh minh họa kết quả trước (Hình 11a) và kết quả sau (Hình 11b) sau khối băm tín hiệu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Để đạt được mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất một hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng, tham chiếu Hình 1, hệ thống này bao gồm các khối: khối tạo ảnh phổ nhị phân 101, khối phát hiện tín hiệu 102 và khối bám tín hiệu 103. Cụ thể:

Khối tạo ảnh phổ nhị phân 101:

Tín hiệu vô tuyến băng rộng tương tự (liên tục theo thời gian) $s(t)$ được thu bởi các bộ thu vô tuyến (sử dụng ăngten dải rộng và phần cứng thu cao tần). Tín hiệu này sau đó được đưa qua khối chuyển đổi tương tự số để lấy mẫu và số hóa dữ liệu. Tín hiệu băng rộng đầu vào của hệ thống $s[n]$ là tín hiệu đã được lấy mẫu và số hóa (biểu diễn dưới dạng số) như sau: $s[n] = s(\frac{n}{B_{wide}})$, trong đó B_{wide} là độ rộng dải tần băng rộng cần quan sát.

Đầu ra của khối này là ảnh phổ nhị phân của dải tần băng rộng cần quan sát. Ảnh phổ nhị phân là hình ảnh biểu diễn mật độ phổ công suất của tín hiệu đã được thiết lập ngưỡng (để chuyển thành giá trị nhị phân) biến đổi theo thời gian.

Tham chiếu Hình 2, khối tạo ảnh nhị phân 101 gồm có các khối con là: khối phân đoạn tín hiệu 201, khối tính toán mật độ phổ công suất tín hiệu 202, khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 và khối nhị phân hóa phổ tín hiệu 204.

Khối phân đoạn tín hiệu 201 gồm một bộ tạo hàm cửa sổ $w[n]$ có kích thước L (thường chọn L là số lũy thừa của 2), một bộ xử lý tính toán cho phép lấy cửa sổ chuỗi tín hiệu băng rộng đầu vào $s[n]$ với hàm cửa sổ đã tạo ra và một bộ phân đoạn chia dữ liệu tín hiệu băng rộng đầu vào thành M khối dữ liệu, mỗi khối có kích thước L mẫu dữ liệu.

Khối tính toán mật độ phổ công suất 202 có chức năng tính toán biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform - FFT) cho mỗi khối dữ liệu kích thước L , từ kết quả phép biến đổi này, giá trị mật độ phổ công suất sẽ được suy ra. Phép biến đổi Fourier nhanh được sử dụng tham khảo nội dung được đề xuất trong bài báo “Một thuật toán cho tính toán các chuỗi Fourier phức bằng máy tính” (“An Algorithm for

the Machine Calculation of Complex Fourier Series”) của J. W. Cooley và J. W. Tukey công bố trên tạp chí “Toán học của sự tính toán” (“Mathematics of Computation”), quyển 19, số 90, xuất bản năm 1965 (từ trang 297 đến trang 301). Đầu vào của khối tính toán mật độ phổ công suất là M khối dữ liệu, mỗi khối có kích thước L . Đầu ra của khối này là M khối chứa kết quả biến đổi Fourier nhanh, cũng là biểu diễn mật độ phổ công suất của M khối dữ liệu bằng rộng đầu vào. Dữ liệu mật độ phổ công suất được gửi đến cả khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 và khối nhị phân hóa phổ tín hiệu 204.

Đầu vào của khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 là M khối mật độ phổ công suất của tín hiệu bằng rộng. Khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 gồm bộ ước lượng thực hiện thuật toán cho phép ước lượng nền nhiễu. Đầu ra của khối này là ngưỡng phát hiện tín hiệu được ước lượng trên mật độ phổ công suất của tín hiệu bằng rộng.

Khối nhị phân hóa phổ tín hiệu 204 là M khối mật độ phổ công suất của tín hiệu bằng rộng và ngưỡng phát hiện tín hiệu được ước lượng tương ứng. Khối này so sánh giá trị mật độ phổ công suất bằng rộng với ngưỡng để nhị phân hóa mật độ phổ công suất của tín hiệu bằng rộng. Đầu ra của khối này là ảnh phổ nhị phân bằng rộng gồm M khối mật độ phổ công suất của tín hiệu bằng rộng đã nhị phân hóa (chỉ có giá trị 0 hoặc 1), mỗi khối có kích thước là L mẫu.

Hình 6 minh họa ảnh phổ nhị phân đầu ra của khối tạo ảnh phổ nhị phân có kích thước M hàng x L cột, các điểm giá trị 1 có màu sáng, trong khi các điểm giá trị 0 có màu đậm hơn.

Khối phát hiện tín hiệu 102:

Ảnh phổ nhị phân đầu ra của khối tạo ảnh phổ nhị phân 101 là đầu vào cho khối phát hiện tín hiệu 102. Khối phát hiện tín hiệu 102 có chức năng tạo các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần trên ảnh phổ nhị phân sử dụng các khối riêng biệt nhau. Tham chiếu Hình 3, cấu trúc của khối phát hiện tín hiệu 102 gồm có sáu khối con như sau:

- Khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần 301: khối này loại bỏ các thành phần có khả năng là tín hiệu nhảy tần trong ảnh phổ nhị phân I . Kết quả đầu ra

của khối là ảnh phổ nhị phân I_f đã loại bỏ các thành phần có khả năng là tín hiệu nhảy tần, chỉ giữ lại các thành phần khả năng là tín hiệu tần số cố định cho các xử lý tiếp theo.

- Khối xác định vị trí các tín hiệu tần số cố định 302: khối này có đầu vào là ảnh phổ nhị phân I_f . Khối này có các khối triển khai thuật toán xử lý ảnh để chia ảnh I_f thành các ảnh con tương ứng với mỗi tín hiệu tần số cố định và thực hiện định vị vị trí của tín hiệu trong từng ảnh con. Đầu ra là thông tin vị trí tần số, thời gian của từng tín hiệu tần số cố định trong mỗi ảnh con.
- Khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu tần số cố định 303: khối này ánh xạ thông tin vị trí các tín hiệu tần số cố định đã xác định trong mỗi ảnh con (là đầu ra của khối xác định vị trí các tín hiệu tần số cố định 302) sang ảnh phổ I ban đầu, đồng thời tạo ra một khung chữ nhật để đánh dấu vị trí các tín hiệu tần số định trên ảnh phổ nhị phân này.
- Khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần 304: khối này loại bỏ các thành phần có khả năng là tín hiệu tần số cố định trong ảnh phổ nhị phân đầu vào I . Kết quả đầu ra của khối này là ảnh phổ nhị phân I_h đã loại bỏ các thành phần khả năng là tín hiệu tần số cố định, chỉ giữ lại các thành phần khả năng là tín hiệu nhảy tần cho các xử lý tiếp theo.
- Khối xác định vị trí các tín hiệu tần số nhảy tần 305: khối này có đầu vào là ảnh phổ nhị phân I_h . Đầu tiên, khối này thực hiện một thuật toán xử lý ảnh để chia ảnh I_h thành các ảnh con. Ứng với mỗi ảnh con, khối triển khai các thuật toán xử lý ảnh bao gồm: biến đổi hình thái (morphology) và dán nhãn thành phần liên thông (connected-component labelling) để xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần trong mỗi ảnh con.
- Khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu nhảy tần 306: khối này ánh xạ thông tin vị trí các tín hiệu nhảy tần đã xác định trong mỗi ảnh con (là đầu ra của khối xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần 305) sang ảnh phổ nhị phân I ban đầu, đồng thời tạo một khung chữ nhật để đánh dấu vị trí các tín hiệu nhảy tần trên ảnh phổ nhị phân này.

Khối bám tín hiệu 103:

Mục đích của khối bám tín hiệu 103 là theo dõi sự thay đổi của các tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần qua các ảnh phổ nhị phân liên tiếp nhau để cập nhật

khung đánh dấu và các thông số đặc trưng của các tín hiệu phát hiện được cho người dùng. Đầu vào của khối này là các khung đánh dấu tín hiệu F_i và H_i trong ảnh phổ nhị phân hiện tại I_i và các khung đánh dấu tín hiệu F_{i-1} và H_{i-1} với ảnh phổ nhị phân nhận được trước đó I_{i-1} . Lưu ý là để đảm bảo tính liên tục, hai ảnh phổ nhị phân liên tiếp I_{i-1} và I_i được lấy trùng lặp nhau $N_{overlap}$ khối dữ liệu.

Tham chiếu Hình 4, khối bám tín hiệu 103 gồm các khối con:

- Khối nối khung đánh dấu tín hiệu 401: thực hiện thuật toán để đánh giá mức độ trùng lặp của các khung đánh dấu tín hiệu trong ảnh phổ nhị phân I_i và trong ảnh phổ nhị phân I_{i-1} ; sau đó, nối các khung trùng nhau thành một khung để đánh dấu cho tín hiệu.
- Khối điều chỉnh tần số trung tâm và trích xuất các thông số đặc trưng tín hiệu 402: đầu vào của khối này là ảnh nhị phổ nhị phân hiện tại trong đó các khung đánh dấu tín hiệu bị trùng nhau đã được nối lại. Khối này áp dụng thuật toán điều chỉnh lại vị trí chính giữa và độ rộng của các khung đánh dấu tín hiệu sao cho đường thẳng trung tâm theo chiều dọc của khung đánh dấu tín hiệu (ứng với tần số trung tâm) chứa số lượng điểm 1 lớn nhất (thao tác này bảo đảm khung đánh dấu tín hiệu bao trọn và phần công suất lớn nhất tín hiệu được phát hiện nằm chính giữa khung). Sau đó, dựa trên khung đánh dấu tín hiệu đã hiệu chỉnh, các thông số đặc trưng của tín hiệu được trích xuất.

Kết quả đầu ra của khối điều chỉnh tần số trung tâm và trích xuất các thông số đặc trưng tín hiệu 402, cũng là kết quả của khối bám tín hiệu 103 và toàn hệ thống là các khung đánh dấu tín hiệu (tần số cố định và nhảy tần) phát hiện được trên ảnh phổ nhị phân và các thông số đặc trưng của tín hiệu. Kết quả này được minh họa trong Hình 7a và Hình 7b. Hình 7a minh họa các khung chữ nhật đánh dấu tín hiệu trên ảnh phổ nhị phân. Hình 7b minh họa kết quả các thông số đặc trưng tương ứng của tín hiệu được trích xuất ra.

Để đạt được mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất một phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng bao gồm các bước: bước 1: tạo ảnh phổ nhị phân với tín hiệu băng rộng đầu vào; bước 2: tạo các khung đánh dấu tín hiệu trên ảnh phổ nhị phân; bước 3: bám (theo dõi) và cập nhật các thông số đặc trưng theo thời gian cho các

tín hiệu. Phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng đề xuất dựa trên hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng nêu trên, cụ thể như sau:

Bước 1: tạo ảnh phổ nhị phân với tín hiệu băng rộng đầu vào:

Tín hiệu băng rộng thu từ ăngten sẽ khi qua mạch cao tần trong bộ thu, ở đây thực hiện các thao tác như lọc, khuếch đại tín hiệu, trộn tần... tạo ra một tín hiệu tương tự, biểu diễn bởi điện áp biến đổi theo thời gian $s[t]$. Tín hiệu tương tự này là đầu vào cho khối chuyển đổi tương tự-số (Analog-to-Digital Converter) ở mạch số. Khối chuyển đổi tương tự-số thực hiện các thao tác sau để chuyển tín hiệu tương tự $s[t]$ sang tín hiệu số hóa $s[n]$:

1) lấy mẫu (rời rạc hóa) tín hiệu $s[t]$, tức là đo giá trị tín hiệu $s[t]$ ở các khoảng thời gian lấy mẫu bằng nhau;

2) lượng tử hóa, tức là xấp xỉ tập các giá trị lấy mẫu của tín hiệu $s[t]$ với một tập xác định các giá trị rời rạc;

3) mã hóa, tức là biểu diễn bằng một giá trị số, ví dụ số nguyên cho mỗi mức giá trị lượng tử của tín hiệu. Kết quả đầu ra của khối chuyển đổi tương tự-số, cũng là đầu vào của hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng được đề xuất trong sáng chế này là tín hiệu băng rộng đã được lấy mẫu và số hóa $s[n]$: $s[n] = s(\frac{n}{B_{wide}})$, trong đó B_{wide} là độ rộng dải tần băng rộng cần quan sát.

Tham chiếu Hình 2, đầu tiên, tín hiệu băng rộng đầu vào $s[n]$ được phân đoạn và lấy cửa sổ thực hiện trong khối phân đoạn tín hiệu 201 bằng cách trượt hàm cửa sổ $w[n]$ có chiều dài L dọc theo $s[n]$ và thực hiện nhân tương ứng từng giá trị của hàm $w[n]$ với từng giá trị của $s[n]$ để tạo ra M khối dữ liệu tín hiệu băng rộng $s_m[n]$, mỗi khối có kích thước L mẫu. Quá trình này được biểu diễn theo (CT1):

$$s_m[n] = w[n] \times s[mL + n] \text{ với } m = 0, 1, \dots, M - 1; n = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (\text{CT1})$$

Tiếp theo, mật độ phổ công suất của mỗi khối dữ liệu tín hiệu băng rộng được tính toán sử dụng khối tính toán mật độ phổ công suất tín hiệu 202 sử dụng phép biến đổi Fourier nhanh theo (CT2):

$$P_m[k] = 10 \times \log_{10} \left| \sum_{n=0}^{L-1} s_m[n] \times e^{-\frac{j2\pi kn}{L}} \right|^2 \text{ với } k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (\text{CT2})$$

Khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 đối với mỗi khối dữ liệu tín hiệu băng rộng áp dụng giải pháp được đề xuất trong bài báo: “Tự động ước lượng nền nhiễu của phổ trong sự hiện diện của các tín hiệu” (“Automatic Noise Floor Spectrum Estimation in the Presence of Signals”) của M. J. Ready, M. L. Downey và L. J. Corbalis công bố trên kỷ yếu “Hội nghị ASILOMAR” xuất bản năm 1997 (từ trang 877 đến trang 881) để ước lượng nền nhiễu $F_m[k]$. Nền nhiễu $F_m[k]$ được định nghĩa là tổng các nguồn nhiễu và tín hiệu không mong muốn đo được trong một hệ thống thu. Do việc ước lượng nền nhiễu thường có sai lệch và các tín hiệu thu bị thăng giáng nhanh, thay vì trực tiếp dùng nền nhiễu để phát hiện tín hiệu, người ta thường định nghĩa ngưỡng phát hiện tín hiệu bằng nền nhiễu cộng thêm một giá trị dịch (offset) trong thang đo decibel (dB). Các thành phần phổ có mật độ phổ công suất lớn hơn hoặc bằng giá trị ngưỡng phát hiện sẽ được phát hiện là tín hiệu mong muốn; ngược lại, các thành phần này được xem là nhiễu không mong muốn và không được hệ thống phát hiện. Ngưỡng phát hiện tín hiệu $D_m[k]$ là đầu ra của khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu 203 được tính toán theo công thức (CT3):

$$D_m[k](dB) = F_m[k](dB) + T_{offset}(dB) \quad (\text{CT3})$$

trong đó, T_{offset} là giá trị dịch so với nền nhiễu, đơn vị là dB, được thiết lập trước (thông thường có giá trị từ 6dB đến 20dB). Việc thiết lập giá trị T_{offset} dựa trên đặc thù của các tín hiệu băng rộng mà hệ thống cần giám sát và bảo đảm sự cân bằng giữa tăng độ nhạy phát hiện tín hiệu mong muốn (T_{offset} có giá trị nhỏ) và giảm xác suất phát hiện nhầm nhiễu thành các tín hiệu (T_{offset} có giá trị lớn).

Cuối cùng, ảnh phổ nhị phân I có kích thước $M \times L$ tương ứng với mật độ phổ công suất của M khối dữ liệu tín hiệu băng rộng (mỗi khối có kích thước L mẫu) được tạo ra bằng cách so sánh từng giá trị mật độ phổ công suất của tín hiệu băng rộng $P_m[k]$ với giá trị ngưỡng phát hiện tín hiệu $D_m[k]$ (nếu mật độ phổ công suất lớn hơn ngưỡng phát hiện tín hiệu, điểm ảnh có giá trị 1, ngược lại sẽ có giá trị 0) theo (CT4):

$$X_m[k] = \begin{cases} 1, & \text{nếu } P_m[k] > D_m[k] \\ 0, & \text{nếu } P_m[k] \leq D_m[k] \end{cases} \quad (\text{CT4})$$

Việc so sánh này được thực hiện tự động bằng phần mềm trong khối nhị phân hóa phổ tín hiệu 204.

Bước 2: tạo các khung đánh dấu tín hiệu:

Ảnh phổ nhị phân sau khi được tạo ra ở khối tạo ảnh phổ nhị phân 101 được đưa vào khối phát hiện tín hiệu 102 để tạo các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và nhảy tần. Để phát hiện và tạo khung đánh dấu tín hiệu với hai loại tín hiệu tần số cố định và nhảy tần, do đặc tính khác nhau nên các khối xử lý và cách thức xử lý khác nhau được áp dụng, cụ thể:

Đối với phát hiện tín hiệu tần số cố định:

- Ảnh phổ nhị phân I được đưa vào khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần 301. Tham chiếu Hình 8, nhánh phía trên minh họa quá trình xử lý loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần trong ảnh phổ nhị phân I để tạo ra ảnh phổ nhị phân I_f là ảnh đã loại bỏ các thành phần có khả năng là tín hiệu nhảy tần trong ảnh I . Việc loại bỏ các thành phần có thể là tín hiệu nhảy tần được thực hiện theo nguyên tắc thiết lập các cột trong ảnh phổ nhị phân I có tổng số điểm giá trị 1 nhỏ hơn một ngưỡng xác định trước là $(T_{f,c} \times \text{số hàng của } I)$, với giá trị của $T_{f,c}$ nằm trong khoảng $[0,1]$; thành các cột có giá trị toàn 0, cụ thể là:

Thiết lập: $I_f \leftarrow I$

Thiết lập: $I_f(x, y) \leftarrow 0$ nếu $\sum_y I_f(x, y) < T_{f,c} \times M$ (CT5)

- Dựa trên kết quả đầu ra của khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần 301 là ảnh phổ nhị phân I_f , vị trí các thành phần tín hiệu tần số cố định được xác định sử dụng khối xác định vị trí các tín hiệu tần số cố định 302, thực hiện theo các bước cụ thể sau:
 - + Chia ảnh phổ nhị phân I_f thành N_f ảnh con theo chiều dọc: $\{I_f^{(k)}\}$ theo nguyên tắc hai ảnh con được phân tách với nhau bởi tối thiểu $T_{f,0}$ cột chứa toàn giá trị 0 trong ảnh phổ nhị phân I , với $T_{f,0}$ là một ngưỡng thiết lập trước.

- + Ứng với mỗi ảnh con $I_f^{(k)}$ có thể xem như chứa một tín hiệu tần số cố định được phát hiện, để loại bỏ ảnh hưởng của nhiễu có thể gây ảnh hưởng đến kết quả ước lượng thông số thời điểm bắt đầu và kết thúc của tín hiệu, ứng với mỗi hàng trong ảnh con, các điểm có khả năng là nhiễu được thiết lập về giá trị 0 nếu thỏa mãn điều kiện theo (CT6):

$$\text{Nếu } I_f^{(k)}(x, y) = 1 \text{ và } \sum_x I_f^{(k)}(x, y) < T_{f,r} \times L_k \quad (\text{CT6})$$

trong đó, L_k là số cột của ảnh con $I_f^{(k)}$ và $T_{f,r}$ là một ngưỡng thiết lập trước, có giá trị nằm trong khoảng $[0, 1]$.

Hình 9 minh họa quá trình xác định các thành phần tín hiệu tần số cố định. Từ ảnh phổ nhị phân I_f , ba ảnh con sẽ được chia ra theo quy tắc đầu tiên ở trên. Ứng với mỗi ảnh con, các điểm ảnh trong các hàng chứa ít thành phần tín hiệu sẽ được thiết lập về 0 tuân theo (CT6); tiếp theo, các hàng chứa toàn điểm 0 (không có tín hiệu) sẽ được loại bỏ khỏi các ảnh con.

Ứng với mỗi tín hiệu tần số cố định trong mỗi ảnh con $I_f^{(k)}$, khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu tần số cố định 303 ánh xạ tọa độ vị trí tín hiệu trong các ảnh con sang tọa độ vị trí tín hiệu toàn cục trong ảnh phổ nhị phân I đầu vào của khối phát hiện tín hiệu 102 để thu được một khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định trên ảnh I được biểu diễn là $F(x_k, y_k, w_k, h_k)$; trong đó, (x_k, y_k) là tọa độ điểm cao nhất bên trái của khung; w_k và h_k lần lượt là chiều rộng và chiều cao của khung.

Hình 10 minh họa kết quả các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định là kết quả đầu ra của khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu tần số cố định 303.

Đối với phát hiện tín hiệu nhảy tần:

- Ảnh phổ nhị phân I được đưa vào khối loại bỏ các thành phần tín hiệu tần số cố định 304 theo nguyên tắc thiết lập các cột trong ảnh phổ nhị phân I có tổng số điểm giá trị 1 lớn hơn một ngưỡng thiết lập trước là $(T_{h,c} \times \text{số hàng của } I)$ với giá trị của $T_{h,c}$ nằm trong khoảng $[0, 1]$; thành các cột có giá trị 0, cụ thể như sau:

$$\text{Thiết lập: } I_h \leftarrow I$$

$$\text{Thiết lập: } I_h(x, y) \leftarrow 0 \text{ nếu } \sum_y I_h(x, y) < T_{h,c} \times M \quad (\text{CT7})$$

Tham chiếu Hình 8, nhánh phía dưới minh họa quá trình xử lý loại bỏ các thành phần tín hiệu tần số cố định trong ảnh phổ nhị phân I để tạo ra ảnh phổ nhị phân I_h là ảnh phổ nhị phân đã loại bỏ các thành phần có khả năng là tín hiệu tần số cố định trong ảnh I áp dụng quy tắc theo (CT7).

- Dựa trên kết quả đầu ra của khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần 304 là ảnh phổ nhị phân I_h , vị trí các thành phần tín hiệu tần số nhảy tần được xác định sử dụng khối xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần 305, thực hiện theo các bước sau:
 - + Chia ảnh phổ nhị phân I_h thành N_h ảnh con theo chiều dọc: $\{I_h^{(k)}\}$ theo nguyên tắc hai ảnh con được phân tách với nhau bởi tối thiểu $T_{h,c}$ cột chứa toàn giá trị 0 trong ảnh phổ nhị phân I , với $T_{h,0}$ là một ngưỡng thiết lập trước.
 - + Ứng với mỗi ảnh con $I_h^{(k)}$, để giảm ảnh hưởng của nhiễu tác động trước khi thực hiện xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần, các phép toán biến đổi hình thái (morphology) là phép đóng ảnh (closing) và phép mở ảnh (opening) sẽ được thực hiện trên mỗi ảnh con. Phép đóng ảnh giúp làm trơn đường bao và lấp đầy các lỗ nhỏ trong các vùng có tín hiệu nhảy tần, trong khi, phép mở ảnh loại bỏ các đoạn lồi lõm (nhiều) trong ảnh. Các phép biến đổi hình thái là các kỹ thuật rất phổ biến và hiệu quả trong xử lý ảnh, được áp dụng trong hệ thống dựa trên giải pháp trình bày trong sách “Xử lý ảnh số” (“Digital Image Processing”) của R. C. Gonzalez và R. E. Woods, tái bản lần 2, Nhà xuất bản Prentice-Hall xuất bản năm 1992 (từ trang 520 đến 532).
 - + Sau khi khử nhiễu, các khối tương ứng với các tín hiệu nhảy tần trong mỗi ảnh con được xác định vị trí nhờ sử dụng kỹ thuật dán nhãn thành phần liên thông (connected-component labeling). Kỹ thuật dán nhãn thành phần liên thông là một thuật toán phổ biến trong xử lý ảnh cho phép gán một nhãn duy nhất cho những thành phần (vùng) có kết nối (liên thông) với nhau trong một ảnh nhị phân theo một tiêu chuẩn được định nghĩa. Hệ thống đề xuất sử dụng một kỹ thuật dán nhãn thành phần liên thông tham khảo giải pháp trình bày trong bài báo “Một thuật toán dán nhãn thành phần liên thông đơn giản

và hiệu quả”(“A Simple and Efficient Connected Components Labeling Algorithm”) của L. D. Stefano và A. Bulgarelli công bố trên kỷ yếu “Hội nghị quốc tế về phân tích và xử lý ảnh lần thứ 10” (“10th International Conference on Image Analysis and Processing) xuất bản năm 1999 (từ trang 322 đến trang 327): Ứng với mỗi ảnh con $I_h^{(k)}$, mỗi điểm trong ảnh này sẽ được gán bởi một trong các số nguyên từ 1 đến N_h , trong đó N_h là số tín hiệu nhảy tần ước lượng. Tất cả các điểm ảnh trong một khối liên thông (ứng với một tín hiệu nhảy tần) sẽ được gán chung một nhãn. Đầu ra sau bước này là các tập $\{S_k\}, k = 1, 2, \dots, N_k$ xác định vị trí của các tín hiệu nhảy tần trong mỗi ảnh con, với mỗi tập S_k chứa tọa độ (x, y) của các điểm có giá trị 1 trong khối liên thông.

- Sau khi xác định được vị trí các tín hiệu nhảy tần nhờ dán nhãn thành phần liên thông, khối xác định khung đánh dấu các tín hiệu nhảy tần 306 ánh xạ tọa độ vị trí tín hiệu trong ảnh các con sang tọa độ vị trí tín hiệu toàn cục trong ảnh phổ nhị phân I đầu vào của khối phát hiện tín hiệu 101 để thu được một khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định trên ảnh I được biểu diễn $H(x_k, y_k, w_k, h_k)$.

Bước 3: bám (theo dõi) và cập nhật các thông số đặc trưng theo thời gian cho các tín hiệu:

Các tín hiệu được phát hiện trong mỗi ảnh phổ nhị phân sẽ được liên tục theo dõi trong các ảnh phổ nhị phân tiếp theo để bảo đảm thông tin về các tín hiệu được liên tục cập nhật. Giả sử hai ảnh phổ nhị phân liên tiếp nhau theo thời gian là I_{i-1} và I_i chồng lẫn nhau $N_{overlap}$ hàng, trong ảnh I_{i-1} sau bước 2, các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và các khung đánh dấu tín hiệu nhảy tần thu được là F_{i-1} và H_{i-1} ; trong ảnh I_i sau bước 2, các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và các khung đánh dấu tín hiệu nhảy tần thu được là F_i và H_i ; tham chiếu Hình 4, quá trình bám các tín hiệu cụ thể như sau:

- Thực hiện nối khung đánh dấu tín hiệu sử dụng khối nối khung đánh dấu tín hiệu 401 để bảo đảm các khung của cùng một tín hiệu được nối lại với nhau và thông số của tín hiệu được cập nhật:
 - + Khung đánh dấu tín hiệu mới được phát hiện trong ảnh hiện tại I_i : $(x', y', w', h') \in \{F_i, H_i\}$ sẽ được nối (kết hợp) với khung đánh dấu tín hiệu

cũ đã phát hiện trong ảnh I_{i-1} : $(x, y, w, h) \in \{F_{i-1}, H_{i-1}\}$ nếu mức độ trùng lặp về diện tích của hai khung lớn hơn một ngưỡng thiết lập trước.

- + Hai khung nếu thỏa mãn điều kiện sẽ nối sẽ được kết hợp với nhau tạo thành một khung mới theo điều kiện mô tả trong (CT8):

$$\begin{aligned} x' &\leftarrow \min(x, x'), \\ y' &\leftarrow \min(y, y'), \\ w' &\leftarrow \max(x + w, w' + x') - \min(x, x'), \\ h' &\leftarrow \max(y + h, y' + h') - \min(y, y') \end{aligned} \quad (CT8)$$

- Sau khi nối khung, khối điều chỉnh tần số trung tâm và trích xuất các thông số đặc trưng tín hiệu 402 điều chỉnh lại vị trí trung tâm và độ rộng khung đánh dấu sao cho khung đánh dấu tín hiệu nằm chính giữa phần tập trung công suất lớn nhất của tín hiệu và bao trọn tín hiệu trên ảnh phổ nhị phân.

Sau bước tám các tín hiệu được phát hiện, kết quả đầu ra của cả hệ thống là:

- Các khung đánh dấu tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần trên ảnh phổ nhị phân có dạng (x, y, w, h) ; trong đó, (x, y) là tọa độ điểm bên trái trên cùng của khung; w là độ rộng và h là độ cao của khung.
- Các thông số đặc trưng của tín hiệu bao gồm: tần số trung tâm $f_{\text{trung tâm}} = (x + \frac{w}{2}) \times \frac{B_{\text{wide}}}{L}$; băng thông của tín hiệu: $B = w \times \frac{B_{\text{wide}}}{L}$; thời điểm bắt đầu của tín hiệu: $t_{\text{bd}} = y \times \frac{L}{B_{\text{wide}}}$; thời điểm kết thúc của tín hiệu: $t_{\text{kt}} = (y + h) \times \frac{L}{B_{\text{wide}}}$; trong đó, B_{wide} là độ rộng băng tần băng rộng cần quan sát và L là chiều rộng của một ảnh phổ nhị phân (kích thước một đoạn dữ liệu băng rộng).

Hình 11a và Hình 11b minh họa kết quả trước và sau khi thực hiện tám các tín hiệu được phát hiện.

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. Hệ thống tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng bao gồm các khối:

khối tạo ảnh phổ nhị phân: khối này gồm các khối con: khối phân đoạn tín hiệu, khối tính toán mật độ phổ công suất tín hiệu, khối ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu và khối nhị phân hóa phổ tín hiệu; khối này nhận dữ liệu đầu vào là tín hiệu băng rộng có thể là tín hiệu vô tuyến, tín hiệu thoại, tín hiệu âm thanh... đã được lấy mẫu và số hóa, thực hiện biến đổi để tạo ra ảnh phổ nhị phân (binary spectrogram); tại khối này, tín hiệu được phân đoạn và lấy cửa sổ bằng một bộ tạo hàm cửa sổ - là một bộ xử lý tính toán cho phép lấy cửa sổ chuỗi tín hiệu băng rộng đầu vào với một hàm cửa sổ đã tạo ra và một bộ phân đoạn chia dữ liệu tín hiệu băng rộng đầu vào thành các khối dữ liệu; tính toán mật độ phổ công suất tín hiệu băng rộng bằng thực hiện phép biến đổi fourier nhanh; ước lượng ngưỡng phát tín hiệu bằng một bộ xử lý thực hiện thuật toán tự động ước lượng nền nhiễu; và thực hiện so sánh giá trị mật độ phổ công suất tín hiệu băng rộng với ngưỡng phát hiện tín hiệu để nhị phân hóa mật độ phổ công suất của tín hiệu băng rộng;

khối phát hiện tín hiệu: khối này bao gồm các khối con: khối loại bỏ các thành phần tín hiệu nhảy tần, khối xác định vị trí các tín hiệu tần số cố định, khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu tần số cố định, khối loại bỏ các thành phần tín hiệu tần số cố định, khối xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần, khối tạo khung đánh dấu các tín hiệu nhảy tần; khối này nhận dữ liệu đầu vào là ảnh phổ nhị phân, áp dụng các kỹ thuật xử lý ảnh để tạo ra các khung đánh dấu các tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần trên ảnh phổ nhị phân này; tại khối này, triển khai thuật toán xử lý ảnh để chia ảnh phổ nhị phân thành các ảnh con tương ứng với mỗi tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần, xác định vị trí của tín hiệu trong từng ảnh con và ánh xạ thông tin vị trí các tín hiệu tần số cố định đã xác định trong ảnh con vào ảnh phổ nhị phân ban đầu để tạo ra một khung chữ nhật đánh dấu vị trí các tín hiệu tần số cố định; cuối cùng, sử dụng thuật toán xử lý ảnh bao gồm: biến đổi hình thái, dán nhãn thành phần liên thông để xác định vị trí các tín hiệu nhảy tần và ánh xạ thông tin vị trí các tín hiệu nhảy tần đã xác định trong ảnh con vào ảnh phổ nhị phân ban đầu để tạo ra một khung chữ nhật đánh dấu vị trí các tín hiệu nhảy tần;

khối tám tín hiệu: khối này bao gồm các khối con: khối nổi khung đánh dấu tín hiệu và khối điều chỉnh tần số trung tâm và trích xuất các thông số đặc trưng tín hiệu; khối này có chức năng bám (theo dõi) sự thay đổi theo thời gian của các tín hiệu đã phát hiện trong các ảnh phổ nhị phân liên tiếp nhau để cập nhật khung đánh dấu và các thông số đặc trưng cho các tín hiệu phát hiện; tại khối này, thực hiện thuật toán đánh giá mức độ trùng lặp của các khung đánh dấu tín hiệu, nối các khung trùng nhau thành một khung; áp dụng thuật toán điều chỉnh lại vị trí chính giữa và độ rộng của các khung đánh dấu tín hiệu sao cho đường thẳng trung tâm theo chiều dọc của khung đánh dấu tín hiệu (ứng với tần số trung tâm) chứa số lượng điểm 1 lớn nhất; dựa trên khung đánh dấu tín hiệu đã hiệu chỉnh, các thông số đặc trưng của tín hiệu được trích xuất.

2. Phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng bao gồm các bước:

bước 1: tạo ảnh phổ nhị phân với tín hiệu băng rộng đầu vào bằng các bước sau đây: phân đoạn tín hiệu băng rộng đầu vào thành các khối dữ liệu có số mẫu bằng nhau, tính toán mật độ phổ công suất của từng khối dữ liệu, tính toán ngưỡng phát hiện tín hiệu và so sánh mật độ phổ công suất của từng khối dữ liệu với ngưỡng phát hiện tín hiệu để tạo ra ảnh phổ nhị phân; việc phân đoạn tín hiệu được thực hiện bằng cách trượt hàm cửa sổ để tạo ra khối dữ liệu tín hiệu băng rộng; giá trị ngưỡng phát hiện tín hiệu được xác định bằng giá trị nền nhiễu ước lượng cộng với một giá trị dịch so với nền nhiễu T_{offset} (giá trị dịch T_{offset} tốt nhất khi đạt giá trị thuộc khoảng từ 6dB đến 20dB); khi so sánh từng giá trị mật độ phổ công suất của tín hiệu băng rộng với giá trị ngưỡng phát hiện tín hiệu, nếu mật độ phổ công suất tín hiệu lớn hơn ngưỡng phát hiện tín hiệu, điểm ảnh phổ nhị phân có giá trị 1, ngược lại sẽ có giá trị 0;

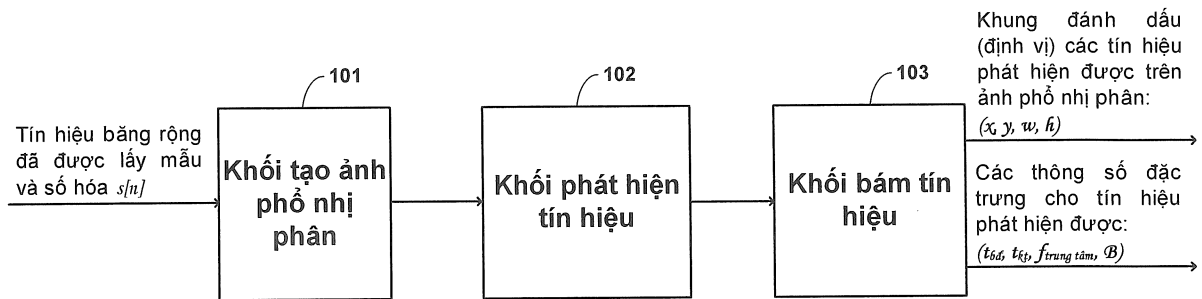
bước 2: tạo các khung đánh dấu tín hiệu trên ảnh phổ nhị phân sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh; cụ thể, nhiệm vụ của bước này là phát hiện tần số cố định và phát hiện tần số nhảy tần, trong đó:

việc phát hiện tần số cố định: ảnh phổ nhị phân đã loại bỏ các tín hiệu tần số nhảy tần và được chia thành các ảnh con theo chiều dọc bởi nguyên tắc thiết lập các cột trong ảnh phổ nhị phân sao cho tổng số điểm giá trị 1 nhỏ hơn một ngưỡng xác định; sau đó thực hiện ánh xạ tọa độ các tín hiệu trong các ảnh con sang tọa độ toàn cục trong ảnh phổ nhị phân đầu vào;

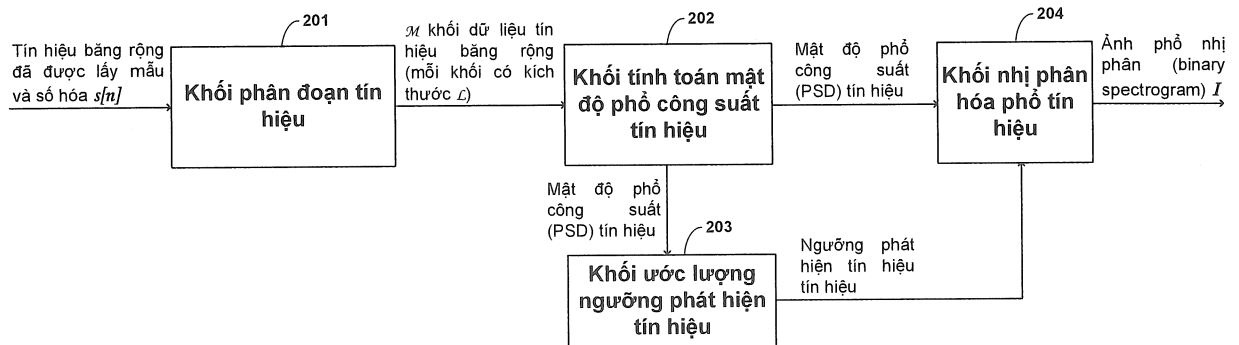
việc phát hiện tín hiệu tần số nhảy tần: ảnh phổ nhị phân đã loại bỏ các tín hiệu tần số cố định và được chia thành các ảnh con theo chiều dọc bởi nguyên tắc thiết lập các cột trong ảnh phổ nhị phân có tổng số điểm giá trị 1 lớn hơn một ngưỡng xác định; ứng với mỗi ảnh con, thực hiện các phép biến đổi hình thái thích hợp và sử dụng kỹ thuật dán nhãn thành phần liên thông để xác định vị trí; sau đó ánh xạ tọa độ tín hiệu trong các ảnh con sang tọa độ toàn cục trong ảnh phổ nhị phân đầu vào;

bước 3: bám (theo dõi) và cập nhật các thông số đặc trưng theo thời gian cho các tín hiệu đã phát hiện trong ảnh phổ nhị phân theo các bước sau đây: hai khung đánh dấu tín hiệu ở hai ảnh phổ nhị phân liên tiếp nhau sẽ được nối (kết hợp lại làm một khung) nếu diện tích trùng nhau của chúng lớn hơn một ngưỡng định trước; với mỗi khung đánh dấu tín hiệu, vị trí chính giữa và độ rộng khung được điều chỉnh để khung đánh dấu tín hiệu bao trọn tín hiệu và phần công suất tín hiệu lớn nhất nằm chính giữa khung; cuối cùng, các thông số đặc trưng của tín hiệu được trích xuất.

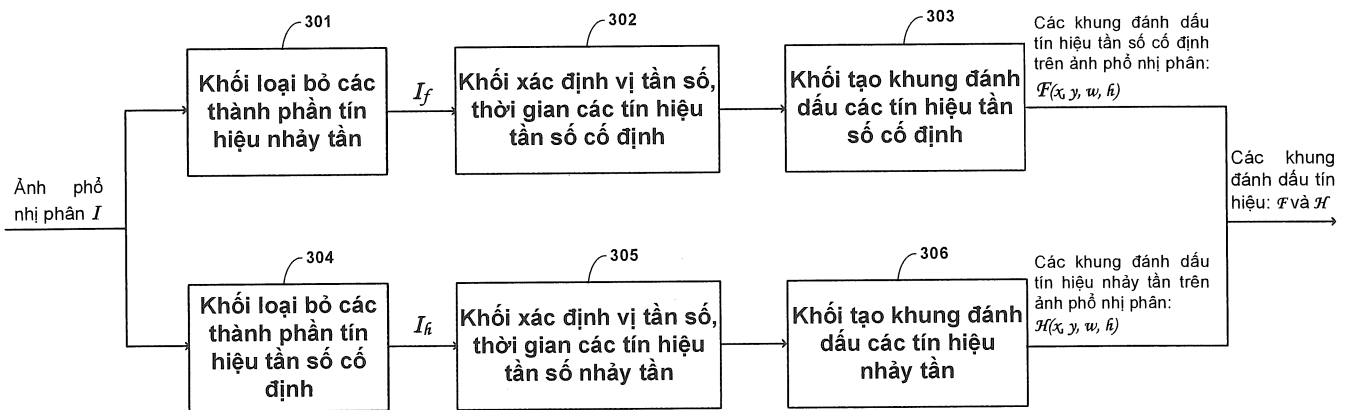
3. Phương pháp tự động giám sát phổ tín hiệu băng rộng theo điểm 2, trong đó đầu ra là các khung đánh dấu vị trí của tín hiệu tần số cố định và tín hiệu nhảy tần và các thông số đặc trưng cho các tín hiệu bao gồm: tần số trung tâm, băng thông, thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc của tín hiệu.



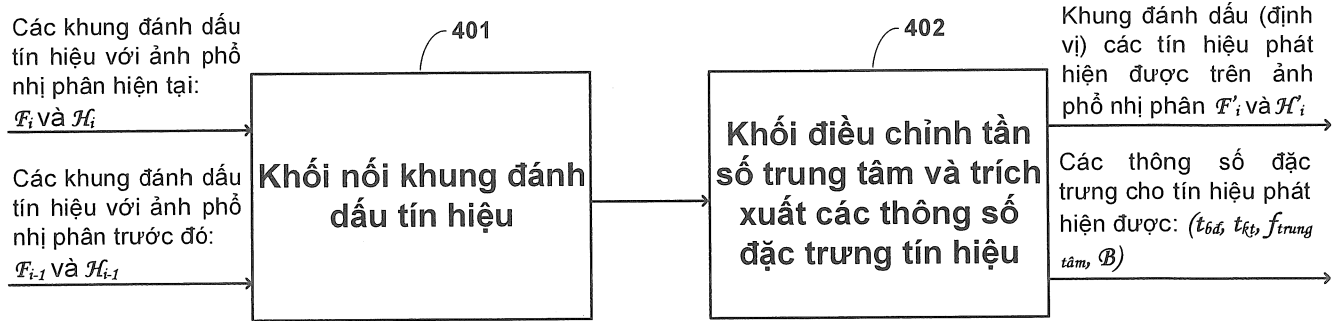
Hình 1



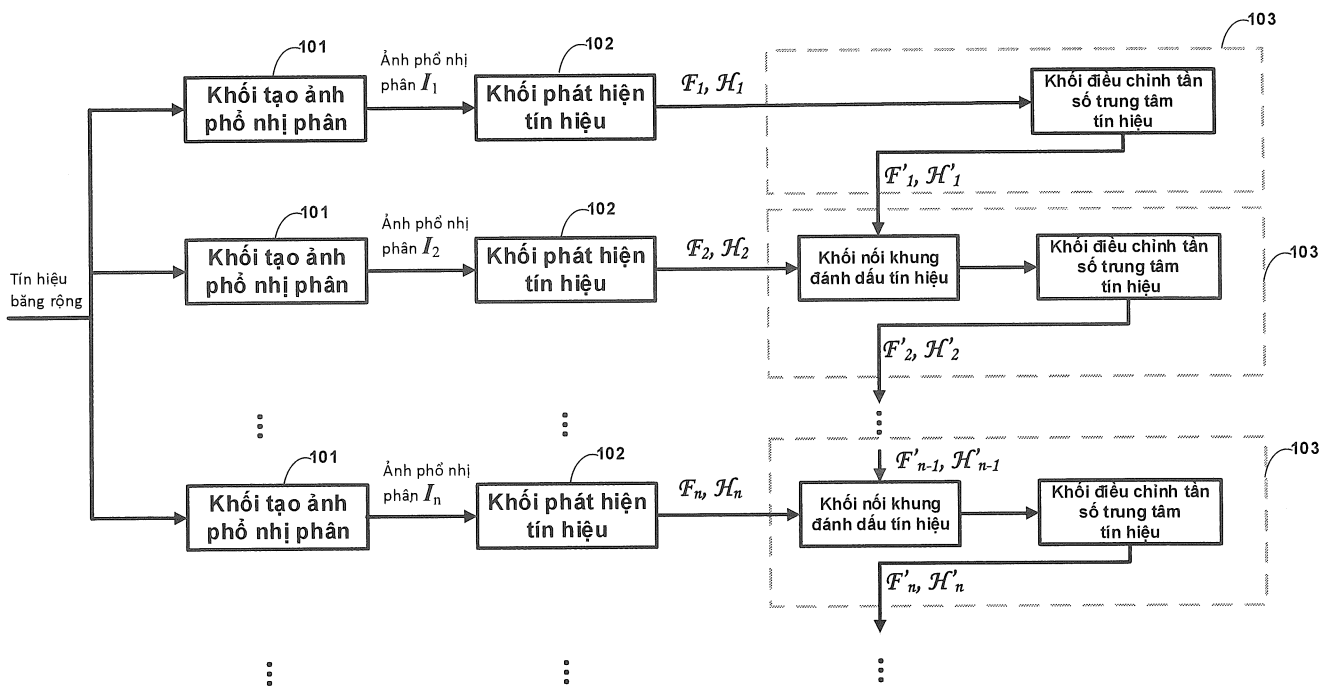
Hình 2



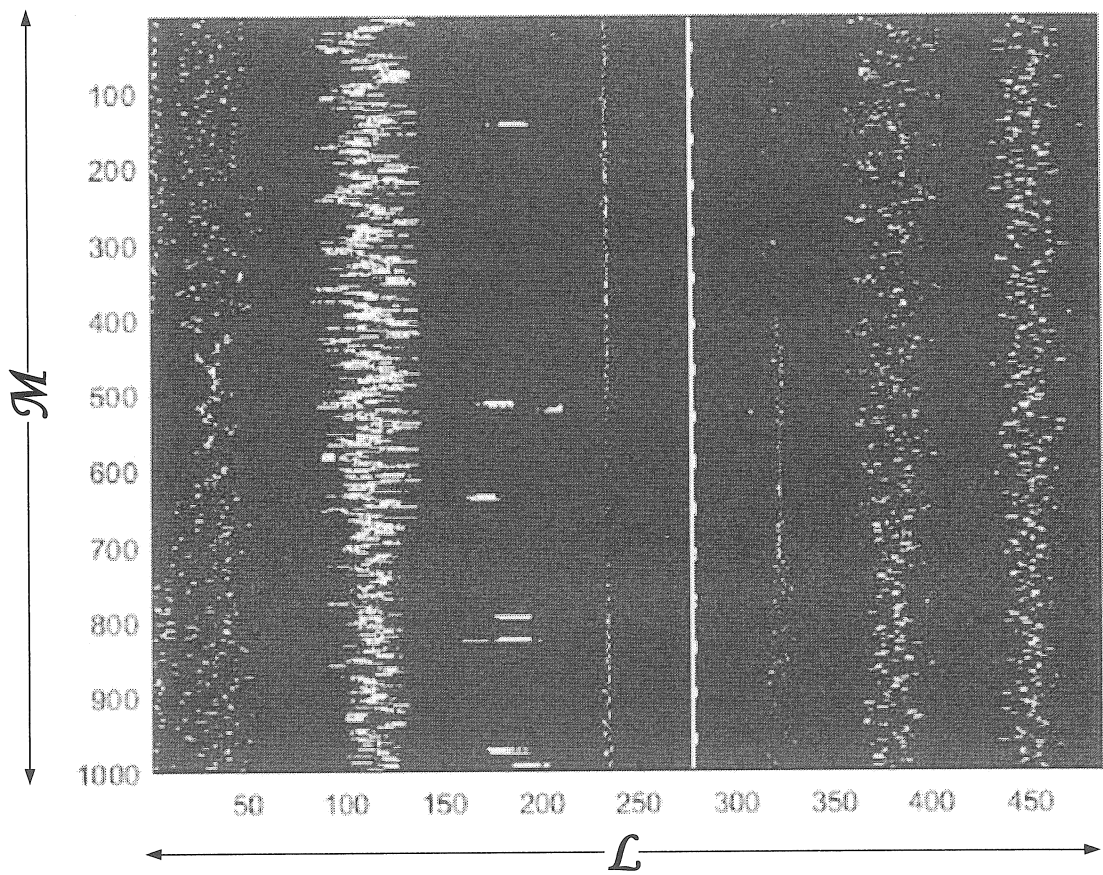
Hình 3



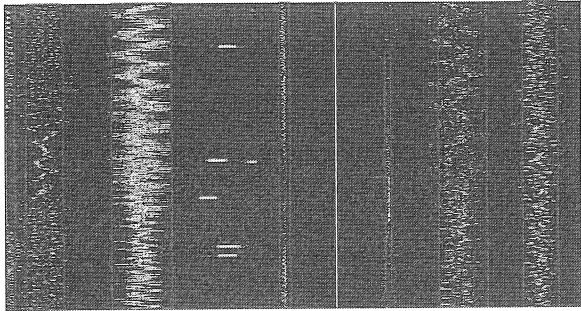
Hình 4



Hình 5



Hình 6

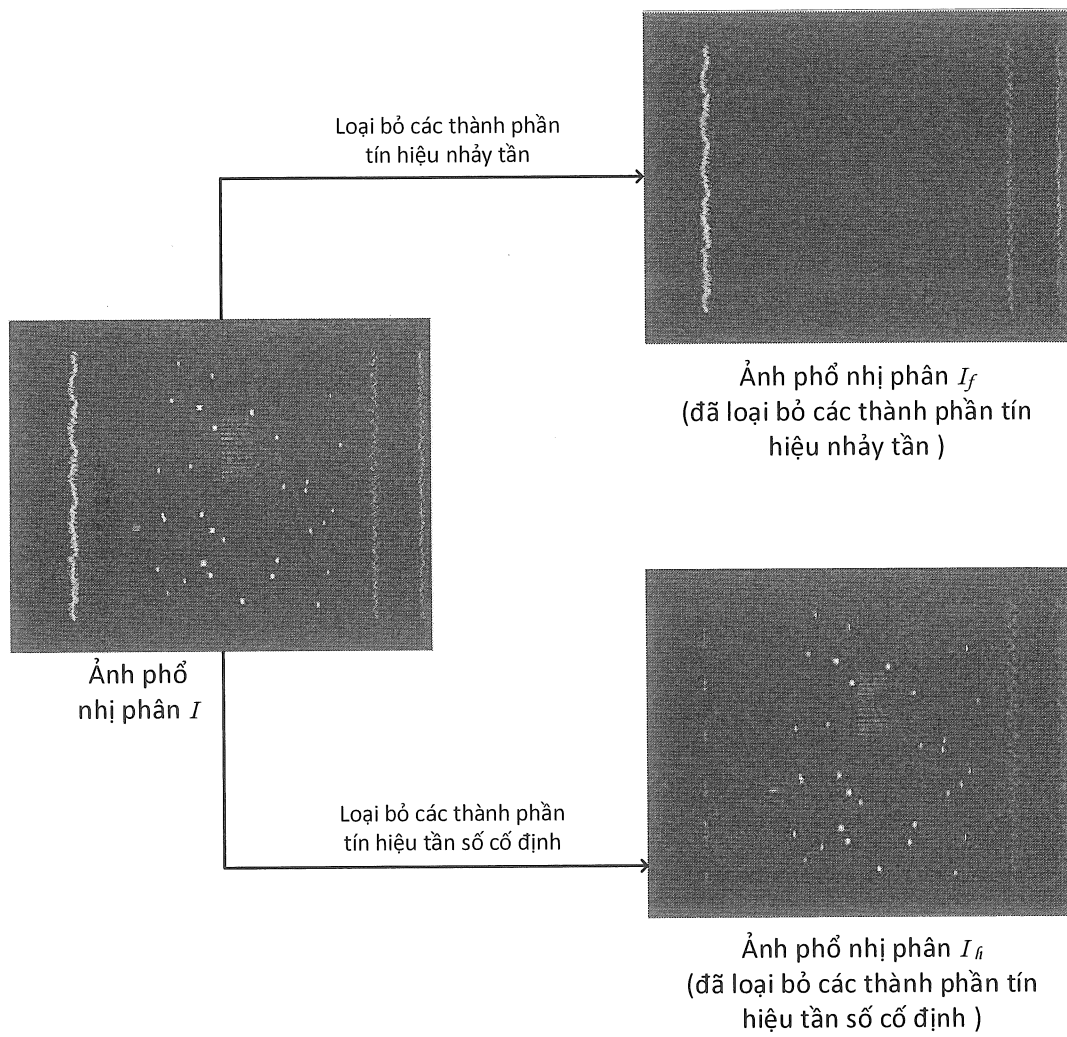


Hình 7a

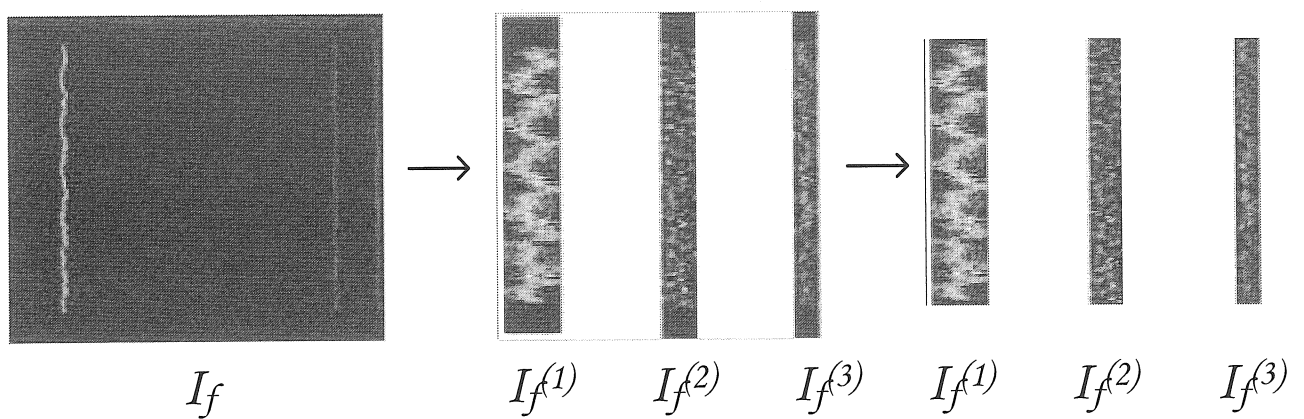
STT	Thời điểm bắt đầu t_H (mili giây)	Thời điểm kết thúc t_K (mili giây)	Tần số trung tâm $f_{\text{trung tâm}}$ (Hertz)	Băng thông Δ (Hertz)
1	5.002	25.000	58.500.300	12.500
2	5.201	22.010	62.125.008	85.250
3	6.227	28.315	90.000.320	118.500
4	8.000	8.002	63.375.006	24.950
5	9.005	9.007	65.500.125	25.009

...

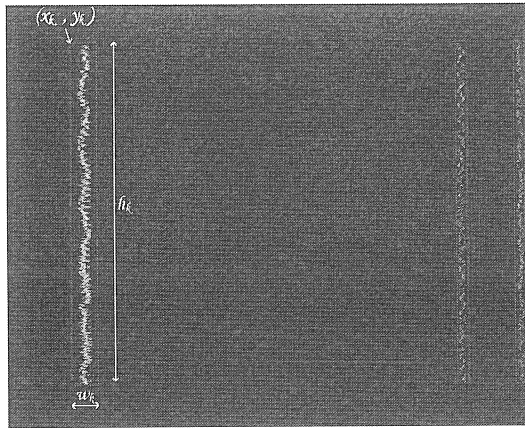
Hình 7b



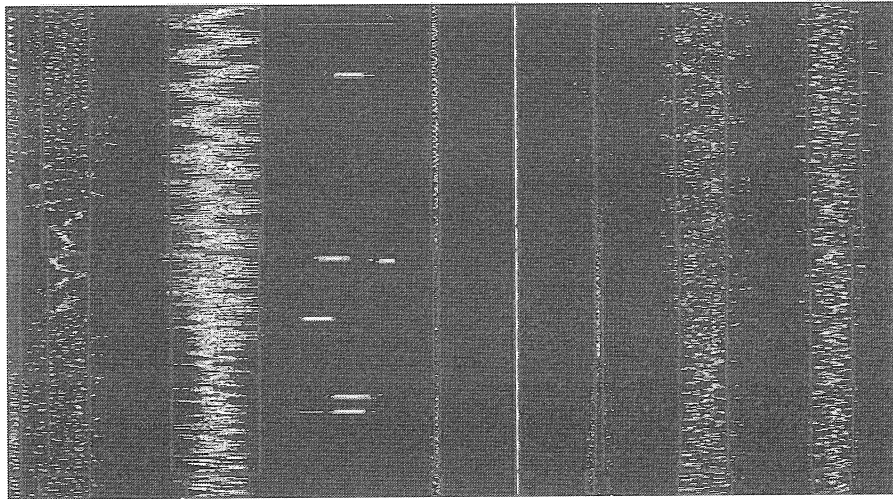
Hình 8



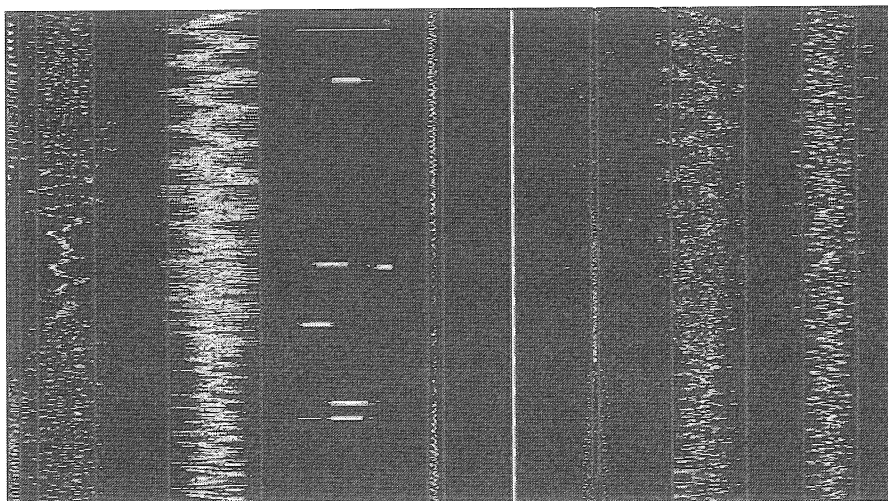
Hình 9



Hình 10



Hình 11a



Hình 11b