



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

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

(11)



1-0053743

(51)⁷ G06F 19/00

(13) B

(21) 1-2019-06745

(22) 29/11/2019

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/02/2020 383A

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

Lô D26 khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

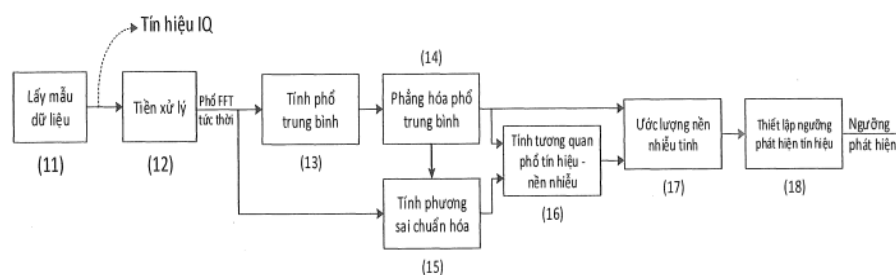
(72) Nguyễn Văn Thọ (VN); Nguyễn Quang An (VN); Nguyễn Phan Khánh Hà (VN);
Nguyễn Văn Khải (VN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP THIẾT LẬP NGUỒN THÍCH NGHI SỬ DỤNG CHO PHÁT
HIỆN TÍN HIỆU THỜI GIAN THỰC TRONG HỆ THỐNG TRÌNH SÁT VÔ
TUYÊN BĂNG RỘNG

(21) 1-2019-06745

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp thiết lập ngưỡng thích nghi sử dụng cho phát hiện tín hiệu thời gian thực trong hệ thống trinh sát vô tuyến băng rộng. Đặc trưng của sáng chế là mô tả chi tiết các bước thực hiện để xác định ngưỡng cho việc phát hiện tín hiệu, và được tác giả tối ưu quá trình tính toán cho hệ thống trong quá trình xác định ngưỡng của tín hiệu băng rộng. Sáng chế đề xuất gồm các bước: bước 1: tính năng lượng phổ trung bình của M khung phổ liên tiếp; bước 2: phẳng hóa phổ trung bình với kích thước cửa sổ là $2Q$; bước 3: tính phương sai chuẩn hóa phổ năng lượng; bước 4: xây dựng mối tương quan giữa năng lượng phổ tín hiệu với nền nhiễu; bước 5: xây dựng phương pháp ước lượng nền nhiễu tĩnh; bước 6: thiết lập ngưỡng phát hiện tín hiệu.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thiết lập ngưỡng thích nghi sử dụng cho việc phát hiện tín hiệu thời gian thực trong hệ thống trình sát vô tuyến băng rộng với khả năng lựa chọn cơ chế tự động xác định ngưỡng theo đặc tính của tín hiệu và bán tự động trong quá trình sử dụng, quan sát, đánh giá môi trường thực tiễn của trắc thủ để nâng cao độ tin cậy phát hiện tín hiệu dựa trên sự kết hợp của kỹ thuật phân tích phổ biến đổi Fourier FFT (Fast Fourier Transform) tốc độ cao cùng với xử lý xác suất tin cậy, tương quan tín hiệu và nền nhiễu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phân tích phổ là kỹ thuật biến đổi tín hiệu trong miền thời gian sang miền tần số trải phổ trong một dải tần số liên tục nhằm giúp người dùng có thể quan sát các tần số đang được sử dụng trong dải tần và có các quyết định xử lý với tín hiệu. Tín hiệu trên dải phổ có một số đặc trưng như tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR (signal to noise ratio), dải động SFDR (spurious free dynamic range), băng thông. Đặc tính phổ của tín hiệu phụ thuộc vào các dạng điều chế khác nhau, công suất phát, ăng ten, môi trường truyền dẫn và khoảng cách từ nguồn phát tới trạm thu. Kỹ thuật phát hiện tín hiệu hiện nay chủ yếu sử dụng phương pháp thiết lập ngưỡng tín hiệu dựa trên công suất của dải phổ và so sánh với các phổ tín hiệu để xác định băng thông tín hiệu rồi dùng để phân tích dạng điều chế. Khả năng phát hiện tín hiệu phụ thuộc vào các yếu tố như công suất, dạng điều chế, khả năng chống tác chiến điện tử của nguồn phát và thuật toán phát hiện tín hiệu, độ nhạy trạm thu.

Hiện nay, trên thế giới có nhiều thuật toán và các sản phẩm phân tích phổ, phát hiện tín hiệu khác nhau, trong đó, kỹ thuật phân tích phổ hiệu quả nhất hiện nay là FFT khá đơn giản cho việc thực thi, kỹ thuật phát hiện tín hiệu hiệu quả yêu cầu là phải thích nghi được với sự thay đổi của nền phổ. Kỹ thuật phát hiện tín hiệu được chia làm hai nhánh chính là ước lượng ngưỡng tín hiệu cục bộ và ngưỡng tín hiệu toàn cục. Ngưỡng tín hiệu cục bộ (ngưỡng mềm) là ngưỡng được sử dụng để tham chiếu với một hoặc một

số điểm phổ trong dải. Về bản chất kỹ thuật tính ngưỡng cục bộ hoạt động bằng cách thay đổi giá trị ngưỡng được tính toán trên từng mẫu tín hiệu trong một dải đo đặc. Trong khi đó kỹ thuật tính ngưỡng tín hiệu toàn cục (ngưỡng cứng) là ngưỡng được sử dụng để tham chiếu với toàn bộ điểm phổ trong dải. Kỹ thuật tính ngưỡng toàn cục tính toán một giá trị ngưỡng đơn thông qua một số lượng mẫu tiếp giáp trong một cửa sổ nhất định. Ngưỡng được tính toán trong kỹ thuật tính ngưỡng toàn cục là khác so với khái niệm ngưỡng cố định. Trong việc thiết lập ngưỡng cố định thì giá trị ngưỡng được thiết lập trước và không thay đổi thậm chí khi thay đổi tập tín hiệu đầu vào nhưng với kỹ thuật tính ngưỡng toàn cục thì giá trị ngưỡng mới sẽ được tính toán liên tiếp cho mỗi phổ được đo đặc mới. Các thuật toán được sử dụng trong hai kỹ thuật tính ngưỡng hiện nay có một số hạn chế như sau:

Thứ nhất, các thuật toán tính ngưỡng hiện tại thường tập trung vào phát hiện một số dải tần nhất định, mật độ tín hiệu và băng thông nhỏ và độ phân giải băng thông thấp, dạng tín hiệu điều chế theo một kịch bản được định nghĩa sẵn, nền nhiễu phẳng lý tưởng và để có độ tin cậy cao cần yêu cầu dải động lớn. Trong khi đó, yêu cầu của việc phân tích phổ và phát hiện tín hiệu cần được sử dụng trong một dải tần rộng và thời gian thực thay đổi liên tục, chuyển đổi các dải tần giám sát cũng thường xuyên thay đổi, mỗi dải tần số lại có những đặc trưng riêng về các thông số như mật độ tín hiệu, băng thông, dạng điều chế khác nhau và phải đáp ứng môi trường truyền, phương thức truyền tín hiệu khác nhau. Dòng thuật toán ngưỡng mềm hình thái học (Morphological) thích hợp để sử dụng cho dải tần số thấp dưới dải VHF vì khả năng thiết lập ngưỡng cao để tránh nhiễu nền. Đặc trưng dải tần này là sử dụng dạng điều chế AM, PSK, QAM với băng thông đa số nhỏ hơn 20 KHz và thường dùng cho mục đích thoại, mật độ đối tượng sử dụng và biến đổi của nền nhiễu trong dải tần này rất lớn. Trong khi đó, thuật toán ngưỡng cứng như FCME, ROHT, Otsu, MOA thích hợp sử dụng cho dải tần UHF vì sử dụng trong mạng viễn thông, thông tin được điều chế OFDM băng thông 30Mhz đến 40Mhz dùng cho mục đích truyền số liệu, nền nhiễu phẳng. Ngoài yêu cầu phát hiện đối với các tín hiệu có tần số cố định, yêu cầu đặt ra cũng phải phát hiện được những tín hiệu có những đặc trưng riêng trong đó một số dạng điều chế được sinh ra để tránh khả năng giám sát, bắt bám, phân loại và tác chiến điện tử như nhảy tần hay trải phổ cũng yêu cầu phải phát hiện tín hiệu. Nhảy tần là kỹ thuật mà dữ liệu được phát lên nhiều tần số khác

nhau, trong đó tín hiệu mang thông tin được nhảy từ tần số này sang tần số khác trong một khoảng thời gian nhất định. Đây là một kỹ thuật rất hiệu quả trong việc tránh bắt bám và phân loại vì vậy đòi hỏi quá trình phát hiện tín hiệu phải liên tục ước lượng chính xác thời gian tồn tại của tín hiệu trên mỗi tần số. Nhảy tần có thể sử dụng ở trên nhiều dải tần khác nhau hay trong phần tiếp giáp giữa các dải gây ra khó phát hiện do đó đòi hỏi kỹ thuật phát hiện tín hiệu phải thích nghi mạnh với các dải tần. Trái phổ là kỹ thuật mang dữ liệu được phát lên một dải tần số rộng và liên tục, công suất phát của tín hiệu được phân bổ lên toàn dải này dẫn đến khó phát hiện ra tín hiệu vì trên dải phổ không có sự biến đổi rõ ràng về công suất, dải công suất này không chênh lệch so với nền nhiễu quá nhiều. Để phát hiện tín hiệu cho những loại tín hiệu sử dụng các kỹ thuật này đòi hỏi một phương pháp phát hiện tín hiệu hiệu quả, bám nền nhiễu hơn và khả năng thích nghi cao đối với từng loại tín hiệu.

Thứ hai, khả năng thực thi giám sát phổ và phát hiện tín hiệu thời gian thực bằng thông rộng của mỗi thuật toán phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác, thời gian thực hiện của thuật toán và tài nguyên về năng lực xử lý của trạm thu trong và sau quá trình phát hiện tín hiệu. Thuật toán ngưỡng cứng như FCME, ROHT, Otsu, MOA dựa trên cơ sở xác suất trung bình để triển khai và thực thi nhưng bù lại số lượng tín hiệu phát hiện sai phụ thuộc vào việc sử dụng khi triển khai thực tiễn của trắc thủ, sự biến động và bằng phẳng của nền nhiễu. Số lượng tín hiệu phát hiện sai nhiều gây ảnh hưởng đến quá trình tính toán băng thông và nhận dạng tín hiệu thời gian thực (tiêu hao vào tài nguyên, năng lực xử lý của hệ thống). Dòng thuật toán ngưỡng mềm CFAR khá dễ thực hiện nhưng chỉ tập trung xử lý các xung radar không liên tục và mật độ tín hiệu trong dải rất thấp. Dòng thuật toán ngưỡng mềm hình thái học (Morphological) phát hiện tín hiệu khá hiệu quả nhưng tốn quá nhiều tài nguyên về năng lực xử lý trong việc ước lượng ngưỡng tín hiệu vì có nhiều vòng lặp, độ phức tạp lớn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để khắc phục những hạn chế của các kỹ thuật trên, nhóm tác giả đề xuất một phương pháp mới hiệu quả trong ước lượng ngưỡng phát hiện tín hiệu bám nền nhiễu và tự động thích nghi với sự biến đổi của dải tần, đáp ứng được yêu cầu phát hiện tín hiệu thời gian thực với độ chính xác cao (phát hiện tín hiệu thích nghi với SNR lớn hơn

hoặc bằng 4dBm). Quá trình thiết lập ngưỡng và thay đổi thích nghi được thực hiện nhanh và liên tục với hồi tiếp của biến động dải phổ tự động. Phương pháp còn hỗ trợ thiết lập nền nhiễu có sự can thiệp của trắc thủ trong quá trình sử dụng, quan sát, đánh giá môi trường thực tiễn các dải tần nhằm tăng hiệu quả phát hiện và mục đích sử dụng của trắc thủ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế là đề xuất phương pháp thiết lập ngưỡng thích nghi sử dụng cho phát hiện tín hiệu thời gian thực được sử dụng để phát hiện tín hiệu trên băng rộng nhằm khắc phục những hạn chế của các thuật toán thiết lập ngưỡng phát hiện tín hiệu trong việc bám nền và thích nghi với dải tần. Sáng chế vận dụng kết hợp lý thuyết xác suất thống kê về nền nhiễu và kỹ thuật xử lý tương quan nhiễu – tín hiệu để ước lượng nền nhiễu, xây dựng và đánh giá tương đối ảnh hưởng của dải tần lên nền phổ, xây dựng cơ chế đánh giá trực quan, tương đối dựa trên việc quan sát, đánh giá của nền nhiễu – tín hiệu với ngưỡng phát hiện nhằm lựa chọn mức ảnh hưởng của tín hiệu lên ngưỡng.

Sáng chế đề xuất gồm các bước: bước 1: tính năng lượng phổ trung bình của M khung phổ liên tiếp; bước 2: phẳng hóa phổ trung bình với kích thước cửa sổ là $2Q$; bước 3: tính phương sai chuẩn hóa phổ năng lượng; bước 4: xây dựng mối tương quan giữa năng lượng phổ tín hiệu với nền nhiễu; bước 5: xây dựng phương pháp ước lượng nền nhiễu tinh; bước 6: thiết lập ngưỡng phát hiện tín hiệu. So với các phương pháp phát hiện tín hiệu truyền thống, phương pháp mới bổ sung cơ chế xác định ảnh hưởng của dải tần lên nền phổ và cơ chế đánh giá trực quan nền nhiễu – tín hiệu với ngưỡng dựa trên việc thiết lập các tham số đánh giá ảnh hưởng. Trong quá trình sử dụng, trắc thủ còn có thể cấu hình thêm việc tăng giảm giá trị ngưỡng cục bộ tại một dải tần nhỏ được cấu hình để gia tăng hiệu năng và mục đích sử dụng. Các khung phổ FFT được tính toán thời gian thực và tương quan với ngưỡng phát hiện tín hiệu và là cơ sở để thực hiện thay đổi thích nghi so với giá trị ngưỡng hiện tại. Việc đánh giá chất lượng các tín hiệu phụ thuộc tương đối vào tỉ lệ tín hiệu phát hiện đúng trên tổng số tín hiệu phát hiện được trong từng dải tần được đưa ra sử dụng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: là sơ đồ tổng quan quá trình thiết lập ngưỡng;

Hình 2: là hình minh họa năng lượng phổ tín hiệu thu được (bước 1);

Hình 3: là hình minh họa quá trình tính phổ trung bình của M khung phổ (bước 1);

Hình 4: là hình minh họa kết quả của quá trình làm phẳng phổ trung bình (bước 2);

Hình 5: là hình minh họa kết quả của quá trình tính sai số trung bình của dải phổ (bước 3);

Hình 6: là hình minh họa kết quả của quá trình phẳng hóa sai số trung bình của dải phổ (bước 3);

Hình 7: là hình minh họa kết quả của việc xây dựng tương quan tín hiệu ảnh với nền nhiễu (bước 4);

Hình 8: là hình minh họa kết quả của việc xác định nền nhiễu thô của dải phổ với Q là 16 (bước 5);

Hình 9: là hình minh họa kết quả của việc xác định nền nhiễu tinh của dải phổ (bước 5);

Hình 10: là hình minh họa kết quả của việc xác định ngưỡng phát hiện tín hiệu với $\theta = 4$ (bước 6).

Mô tả chi tiết sáng chế

Một trong những cách tiếp cận thông thường trong việc phân tích tín hiệu đó là dựa vào biểu đồ về năng lượng trong các băng tần số.

Tham chiếu vào Hình 1, khối thu thập dữ liệu 11 có nhiệm vụ thu thập, xây dựng cơ sở dữ liệu tín hiệu thô từ các nguồn tín hiệu vô tuyến khác nhau để cung cấp cho khối tiền xử lý 12. Khối thu thập dữ liệu 11 có thể thu thập dữ liệu từ các nguồn khác nhau như từ các hệ thống trinh sát, từ các cơ sở dữ liệu về các loại tín hiệu sẵn có.

Tham chiếu vào Hình 1, khối tiền xử lý 12 có đầu vào là dữ liệu IQ từ khối thu thập dữ liệu 11. Dữ liệu này đi qua các bước tiền xử lý sau: loại bỏ các điểm dị thường trong dữ liệu IQ; tính biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform hay viết tắt là

FFT) để chuyển tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số; Sau đó tính năng lượng của phổ tín hiệu và làm dữ liệu đầu vào cho các khối tính toán phổ trung bình 13.

Cụ thể quá trình tiền xử lý như sau: tín hiệu $x_k = s_k + noise_k$ với s_k là tín hiệu trong miền tần số và $noise_k$ là các thành phần nhiễu Gauss, lượng tử, nhiệt luôn ảnh hưởng tới các mẫu tín hiệu với giá trị thay đổi trong một khoảng kì vọng. Giả sử N tín hiệu thu được (tín hiệu phức) $x = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$ trong miền thời gian sẽ được chuyển đổi sang miền tần số $X = \{X_0, X_1, \dots, X_{N-1}\}$ theo công thức FFT (1) để sử dụng cho việc ước lượng mức nhiễu (với N là chiều dài FFT, N là bội số của 2):

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{\frac{-j2\pi kn}{N}} \quad (1)$$

Với k là chỉ số thể hiện mẫu tín hiệu lấy mẫu thứ k trong N tín hiệu thu được để tính toán (k từ 0 đến $N-1$).

Phổ công suất hay công suất của tín hiệu đo tại tần số tương ứng với tín hiệu X_k được tính như sau:

$$P_k = |X_k|^2$$

Phổ công suất logarit của các tín hiệu $P = \{P_0, P_1, \dots, P_{N-1}\}$ [dBm] đo tại tần số tương ứng với tín hiệu X_k được tính như sau:

$$P_k[dB] = 10 * \log_{10}\left(\frac{P_k}{P_y}\right)$$

$$P_k[dB] = 10 * \log_{10}(|X_k|^2)$$

$$P_k[dBm] = 30 + P_k[dB]$$

$$P_k[dBm] = 30 + 10 * \log_{10}(Re(X_k)^2 + Im(X_k)^2) \quad (2)$$

Trong đó:

- $P_k[dB]$ là phổ công suất của tín hiệu thứ X_k được biểu thị theo đơn vị Decibel (dB)
- $P_k[dBm]$ là phổ công suất của tín hiệu thứ X_k được biểu thị theo đơn vị Decibel -milliwatt(dBm) được sử dụng trong các bước tiếp theo.
- P_y là công suất tham chiếu với đơn vị tính bằng Watt hoặc miliwatt.

- Re là phần thực của tín hiệu phức X (Real);
- Im là phần ảo của tín hiệu phức X (Imaginary).

Sau khi tính được công suất $P_k[dBm]$ ở công thức (2), phương pháp thiết lập ngưỡng được triển khai như sau:

Bước 1: xác định năng lượng phổ trung bình của M khung phổ liên tiếp tại các điểm tần.

Tham chiếu Hình 1, khối tính toán phổ trung bình 13 tính năng lượng phổ trung bình $\overline{P}_k$ (kỳ vọng) của M khung phổ liên tiếp tại các điểm tần nhằm ổn định nhiễu ảnh hưởng lên các thành phần tần số trong dải phổ ở phương trình:

$$\overline{P}_k = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{i,k} \quad (3)$$

Với việc cộng trung bình liên tiếp các mẫu trong miền thời gian sẽ triệt tiêu được các thành phần nhiễu cơ bản. Khi chuyển tín hiệu sang miền tần số, phổ của khung thứ i là $P_{i,k}$ (được tính toán ở công thức (2)) tỉ lệ với $\log_{10}(|X_{i,k}|^2)$, trong đó $|X_{i,k}|^2 \approx |S_{i,k}|^2 + |Noise_{i,k}|^2$, $S_{i,k}$ là phổ tín hiệu và $Noise_{i,k}$ là phổ nhiễu tại điểm k ở khung tính thứ i . M khung phổ tức thời được đưa ra tính trung bình sẽ làm hội tụ phổ của thành phần nhiễu theo thời gian trên mỗi điểm phổ để tăng độ chính xác khi ước lượng nền.

Số lượng khung phổ M ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu năng của phương pháp thiết lập ngưỡng. M quá lớn sẽ ảnh hưởng đến thời gian tính toán của bộ thu, kích thước bộ đệm sử dụng tăng sẽ tăng trễ về thời gian tính toán, các xung tín hiệu có thời gian tồn tại ngắn có thể bị triệt tiêu, trong khi M quá nhỏ ảnh hưởng đến việc hội tụ thành phần nhiễu trên mỗi tần số theo thời gian, khi ấy khoảng thời gian để bắt được những nhiễu không ổn định ngắn.

Đề xuất chọn giá trị M trong khoảng từ 8 đến 64 trong đó, giá trị M tỉ lệ thuận với tốc độ lấy mẫu tín hiệu và tỉ lệ nghịch với kích thước khung phổ FFT.

Bước 2: phẳng hóa phổ trung bình với kích thước cửa sổ là 2Q.

Tham chiếu Hình 1, quá trình phẳng hóa (smooth) phổ trung bình $\wp$ với kích thước cửa sổ là $2Q$ để làm mịn khung phổ và hội tụ thêm một lần nữa các thành phần nhiễu theo các điểm tần liên tiếp với Q là bội số của 2. Giá trị của Q tỉ lệ thuận với kích thước FFT và độ phân giải tần số.

Đề xuất sử dụng giá trị Q là giá trị phân đoạn con trong N điểm FFT đang tính toán. Bản chất của bước này cũng là tính trung bình trong các phân đoạn nhỏ hơn để làm mịn phổ và bù phổ những thành phần phổ tăng giảm đột ngột do quá trình lấy mẫu và lượng tử với Q là bội số của 2. Q đề xuất trong khoảng 8 đến 32. Quá trình làm phẳng được thực hiện theo phương trình sau:

$$\wp_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k P_i + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} P_i & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} P_i & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} P_i + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} P_i & , k > N-1-Q \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: P_i là phổ biên độ của tín hiệu thứ i tính theo công thức (2);

Bước 3: tính phương sai chuẩn hóa ρ dựa trên việc phẳng hóa sai số trung bình của năng lượng tín hiệu.

Trong quá trình làm phẳng sai số trung bình của năng lượng tín hiệu trước hết cần tính sai số trung bình σ (phương sai) của M khung phổ tức thời với khung phổ trung bình đã được phẳng hóa. Mục đích của việc tính phương sai trung bình là tính sự biến động công suất của từng điểm tín hiệu trong M khung FFT được xử lý với công thức:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (P_{i,k} - \wp_k)^2} \quad (5)$$

Quá trình phẳng hóa phương sai σ thu được phương sai chuẩn hóa ρ với kích thước cửa sổ $2Q$ được thực hiện tương tự bước 2 như sau:

$$\rho_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k \sigma_i + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} \sigma_i & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} \sigma_i & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} \sigma_i + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} \sigma_i & , k > N-1-Q \end{cases} \quad (6)$$

Ý nghĩa của việc phẳng hóa phương sai là để làm mịn với mục đích làm suy yếu ảnh hưởng của các thành phần tần số có công suất biến thiên lớn, đặc biệt là các tín hiệu nhảy tần, tín hiệu mới xuất hiện và tín hiệu dừng phát. Những thành phần tần số có công suất biến thiên lớn sẽ làm dâng giá trị ngưỡng tại tần số tương ứng ở các bước sau.

Bước 4: xây dựng mối tương quan giữa năng lượng phổ tín hiệu với nền nhiễu

Chọn giá trị phổ nhỏ nhất $\wp_{\min}$ trong khoảng băng thông hiệu dụng (khoảng băng thông mang thông tin được thiết kế trong hệ thống) của khung phổ trung bình đã được phẳng hóa. Với các vị trí điểm phổ hiệu dụng của khung phổ FFT nằm trong tập hợp T (T nằm trong khoảng từ $[10\% * N; 90\%N]$), điểm phổ nhỏ nhất được chọn theo (7). Vị trí điểm phổ nhỏ nhất này tương đối sát nhất với giá trị nền nhiễu phổ nên được chọn làm điểm cơ sở để ước lượng ra nền nhiễu của M khung phổ.

$$\wp_{\min} = \min(\wp_k) \quad k \in T \quad (7)$$

Phân đoạn phổ trong khung $\wp$ để tìm các giá trị công suất đại diện δ cho các đoạn phổ tương ứng với công thức (8) phục vụ quá trình thiết lập hệ số ảnh hưởng của nền nhiễu – tín hiệu lên ngưỡng phát hiện với mục đích là giảm ảnh hưởng của điểm tần có công suất lớn đến lân cận và tăng ảnh hưởng của nền nhiễu cho ngưỡng. Sáng chế đề xuất chọn kích thước phân đoạn S là bội số của 2 và giá trị của S không quá 16.

$$\delta_j = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \wp_{S \cdot j - i} \quad j = 1, \dots, N/S \quad (8)$$

Trong đó:

- S: là số lượng mẫu tín hiệu trong một phân đoạn nhỏ (N điểm FFT, mỗi đoạn S điểm do đó có tổng cộng N/S phân đoạn)
- j: là chỉ số phân đoạn cần tính toán

- i : chỉ số đại diện cho tín hiệu thứ i

Xây dựng tham số tương quan của phổ tín hiệu Eff với nền nhiễu dựa trên ảnh hưởng của hệ số phân đoạn α và hệ số khuếch đại ảnh hưởng β được cấu hình vào công thức, các giá trị của α , β nguyên, đề xuất chọn các giá trị từ 1 đến 5. Giá trị của α được chọn sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến ngưỡng phát hiện hai tín hiệu có tần số gần nhau. Tùy vào mỗi dải tần sẽ được hiệu chỉnh giá trị α và β cho phù hợp. Với các dải tần như HF và VHF thì các giá trị α , β thường chọn từ 3 đến 5 để thích nghi với các tín hiệu công suất lớn và băng thông nhỏ. Dải UHF nền nhiễu phẳng và tín hiệu có băng thông lớn thì công suất tín hiệu sẽ trải ra, giá trị α , β thường là 1 hoặc 2 để tín hiệu sát nền dễ dàng phát hiện được tín hiệu công suất thấp và băng thông rộng.

$$Eff_{S,j-i} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\alpha \cdot \mathcal{S}_j - \mathcal{S}_{\min} + \rho_{S,j-i}}{\mathcal{S}_{S,j-i}} \right) \quad (9)$$

$$i = 1, \dots, S \quad j = 1, \dots, N/S \quad S \cdot j - i \in [0 : N - 1]$$

Bước 5: xây dựng phương pháp ước lượng nền nhiễu tinh (*Noise*).

Trước khi ước lượng được nền nhiễu tinh (*Noise*), cần ước lượng nền nhiễu thô $Noise^{raw}$ (10) cho mỗi điểm phổ trong khung phổ FFT với sự ảnh hưởng của giá trị hiệu chỉnh toàn cục γ thay đổi theo đặc tính của tín hiệu. Giá trị γ được hiệu chỉnh theo từng vị trí được triển khai trong hệ thống để phù hợp với môi trường. Nên việc xác định giá trị thông qua quan trắc dữ liệu tại nhiều thời điểm rồi tinh chỉnh cho phù hợp. Sáng chế đề xuất giá trị ngưỡng toàn cục γ từ 1 đến 8.

$$Noise_k^{raw} = \mathcal{S}_{\min} + \rho_k + Eff_k (\mathcal{S}_k - \mathcal{S}_{\min}) + \gamma \quad (10)$$

Trong đó:

- Eff_k : là hệ số được tính theo công thức (9);
- k từ 0 đến $N-1$ tương ứng với N điểm FFT đang tính toán.

Phẳng hóa nền nhiễu thô $Noise^{raw}$ để thu được nền nhiễu tinh (*Noise*) (11) của năng lượng tín hiệu với kích thước cửa sổ $2Q$ tương tự bước 1:

$$Noise_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k Noise_i^{ranw} + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} Noise_i^{ranw} & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} Noise_i^{ranw} & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} Noise_i^{ranw} + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} Noise_i^{ranw} & , k > N-1-Q \end{cases} \quad (11)$$

Bước 6: thiết lập ngưỡng phát hiện tín hiệu NF .

Trong bước này sáng chế đề xuất sử dụng thêm ngưỡng toàn cục được thiết lập trong quá trình sử dụng, đánh giá môi trường thực tiễn của trắc thủ để làm tăng độ tin cậy của quá trình xác định ngưỡng và loại bỏ những thành phần tín hiệu không mong muốn. Trắc thủ đặt giá trị ngưỡng phát hiện tín hiệu cơ sở so với nền nhiễu ước lượng được trong bước 5 một lượng giá trị phát hiện toàn cục θ cho cả khung phổ và có thể cấu hình thêm các giá trị phát hiện cục bộ Δ cho từng đoạn phổ được lựa chọn để tăng khả năng loại bỏ các loại tín hiệu không mong muốn, trong đó, $\Delta \geq 0$. Trong trường hợp không cấu hình sáng chế đề xuất các tham số, $\theta = 4, \Delta = 0$. Thiết lập ngưỡng được xác định theo công thức:

$$NF_k = Noise_k + \theta + \Delta_k \quad (12)$$

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tham chiếu từ Hình 2 đến Hình 10, là các hình minh họa quá trình và kết quả thu được khi thực hiện phương pháp của sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp thiết lập ngưỡng thích nghi sử dụng cho phát hiện tín hiệu thời gian thực trong hệ thống trinh sát vô tuyến băng rộng, phương pháp này bao gồm sáu bước như sau:

bước 1: tính năng lượng phổ trung bình của M khung phổ liên tiếp thông qua xác định trung bình cộng liên tiếp các mẫu trong miền thời gian, giá trị M thuộc khoảng từ 8 đến 64 trong đó, giá trị M tỉ lệ thuận với tốc độ lấy mẫu tín hiệu và tỉ lệ nghịch với kích thước khung phổ FFT;

bước 2: phẳng hóa phổ trung bình với kích thước cửa sổ là 2Q; giá trị của Q tỉ lệ thuận với kích thước FFT và độ phân giải tần số; giá trị của Q thuộc khoảng 8 đến 32, quá trình phẳng hóa được thực hiện:

$$\wp_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k P_i + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} P_i & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} P_i & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} P_i + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} P_i & , k > N-1-Q \end{cases}$$

bước 3: tính phương sai chuẩn hóa phổ năng lượng để xác định sự biến động công suất của từng điểm tín hiệu trong M khung FFT;

mục đích của việc tính phương sai trung bình là tính sự biến động công suất của từng điểm tín hiệu trong M khung FFT được xử lý với công thức:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (P_{i,k} - \wp_k)^2}$$

quá trình phẳng hóa phương sai σ thu được phương sai chuẩn hóa ρ với kích thước cửa sổ 2Q được thực hiện tương tự bước 2 như sau:

$$\rho_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k \sigma_i + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} \sigma_i & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} \sigma_i & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} \sigma_i + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} \sigma_i & , k > N-1-Q \end{cases}$$

bước 4: xây dựng mối tương quan giữa năng lượng phổ tín hiệu với nền nhiễu thông qua xác định giá trị nhỏ nhất của nền phổ hiệu dụng trong khoảng 80% khung tín hiệu thực hiện FFT và phân đoạn phổ trong khung; bước này được thực hiện theo các bước sau:

xác định giá trị nhỏ nhất của nền phổ hiệu dụng trong khoảng 80% khung tín hiệu thực hiện FFT,

$$\wp_{\min} = \min(\wp_k); k \text{ trong khoảng } \left[\frac{N}{10} : \frac{9N}{10} \right]$$

phân đoạn phổ trong khung $\wp$ để tìm các giá trị công suất đại diện δ cho các đoạn phổ tương ứng phục vụ quá trình thiết lập hệ số ảnh hưởng của nền nhiễu – tín hiệu lên ngưỡng phát hiện với mục đích là giảm ảnh hưởng của điểm tần có công suất lớn đến lân cận và tăng ảnh hưởng của nền nhiễu cho ngưỡng; sáng chế đề xuất chọn kích thước phân đoạn S là bội số của 2 và giá trị của S không quá 16,

$$\delta_j = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \wp_{S \cdot j - i} \quad j = 1, \dots, N/S$$

xây dựng tham số tương quan giữa năng lượng tín hiệu lên nền nhiễu với giá trị α, β đề xuất trong khoảng từ 1 đến 5.

$$Eff_{S \cdot j - i} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\alpha \cdot \delta_j - \wp_{\min} + \wp_{S \cdot j - i}}{\wp_{S \cdot j - i}} \right)$$

$$i = 1, \dots, S \quad j = 1, \dots, N/S \quad S \cdot j - i \in [0 : N-1];$$

bước 5: xây dựng phương pháp ước lượng nền nhiễu tinh thông qua ước lượng nền nhiễu thô và phẳng hóa nền nhiễu thô trung bình; bước này được thực hiện như sau:

ước lượng nền nhiễu thô với sự ảnh hưởng của ngưỡng toàn cục, sáng chế đề xuất sử dụng giá trị ngưỡng toàn cục thay đổi γ theo đặc tính của tín hiệu với giá trị từ 1 đến 8; giá trị γ được calib theo từng vị trí được triển khai trong hệ thống cho phù hợp với môi trường;

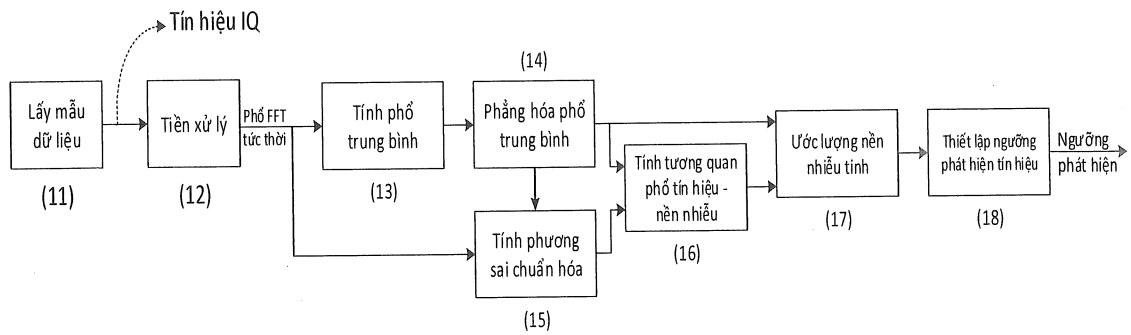
$$Noise_k^{rnv} = \varphi_{\min} + \rho_k + Eff_k (\varphi_k - \varphi_{\min}) + \gamma$$

phẳng hóa nền nhiễu thô trung bình để thu được nền nhiễu tinh:

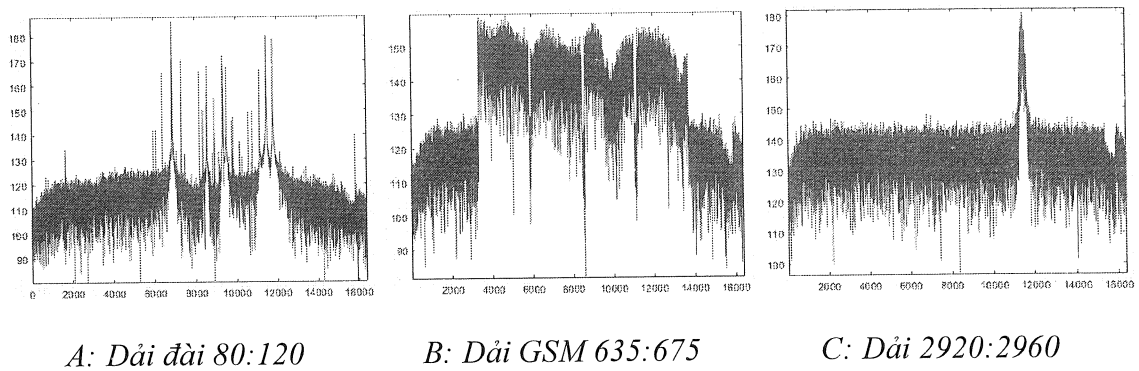
$$Noise_k = \frac{1}{2Q} \begin{cases} 2 \sum_{i=0}^k Noise_i^{rnv} + \sum_{i=k+1}^{k+Q-1} Noise_i^{rnv} & , k < Q \\ \sum_{i=k-Q+1}^{k+Q-1} Noise_i^{rnv} & , Q \leq k \leq N-1-Q \\ \sum_{i=N-1-2Q}^{N-1-Q} Noise_i^{rnv} + 2 \sum_{i=N-Q}^{N-1} Noise_i^{rnv} & , k > N-1-Q \end{cases}$$

bước 6: thiết lập ngưỡng phát hiện tín hiệu; trong bước này sáng chế đề xuất sử dụng thêm ngưỡng toàn cục được thiết lập trong quá trình sử dụng, đánh giá môi trường thực tiễn của trắc thủ để làm tăng độ tin cậy của quá trình xác định ngưỡng và loại bỏ những thành phần tín hiệu không mong muốn; trắc thủ đặt giá trị ngưỡng phát hiện tín hiệu cơ sở so với nền nhiễu ước lượng được trong bước 5 một lượng giá trị phát hiện toàn cục θ cho cả khung phổ và có thể cấu hình thêm các giá trị phát hiện cục bộ Δ cho từng đoạn phổ được lựa chọn để tăng khả năng loại bỏ các loại tín hiệu không mong muốn, trong đó, $\Delta \geq 0$; trong trường hợp không cấu hình sáng chế đề xuất các tham số, $\theta = 4, \Delta = 0$. Thiết lập ngưỡng được xác định theo công thức:

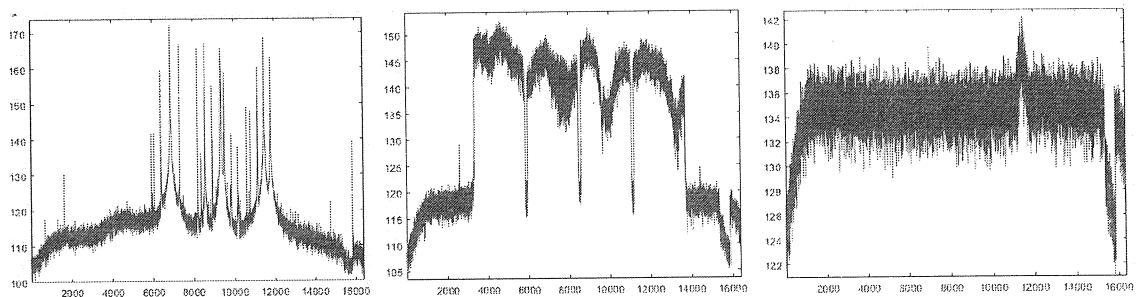
$$NF_k = Noise_k + \theta + \Delta_k.$$



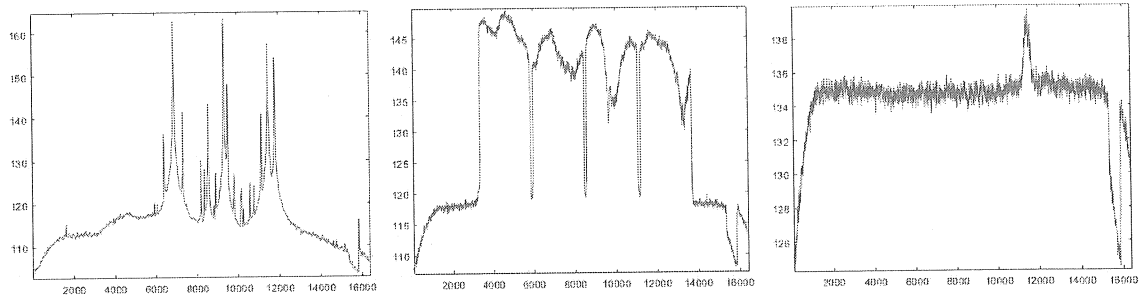
Hình 1



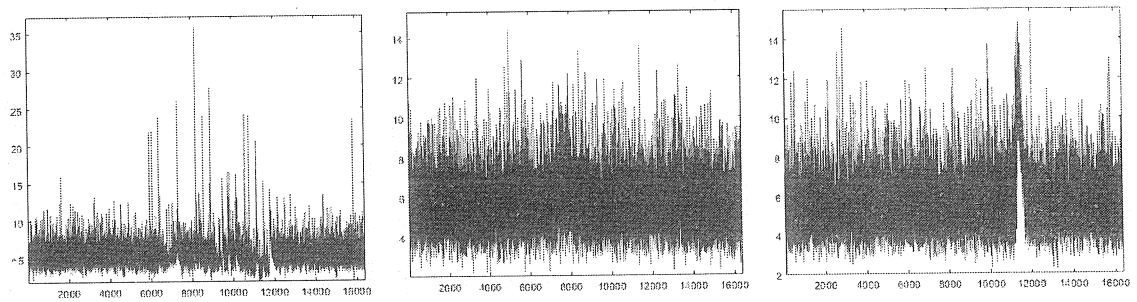
Hình 2



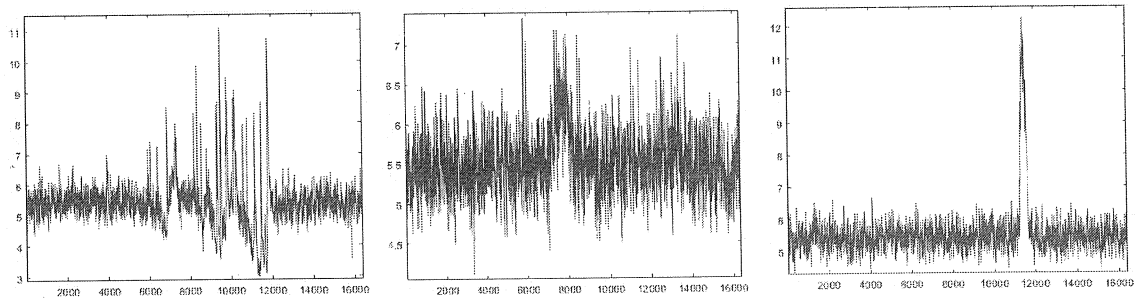
Hình 3



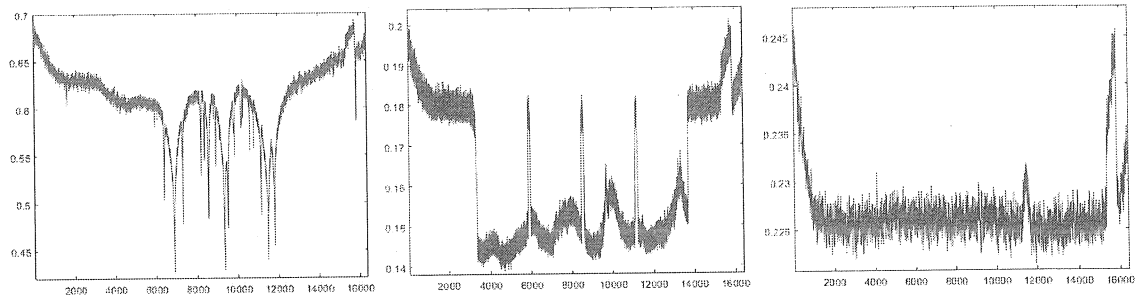
Hình 4



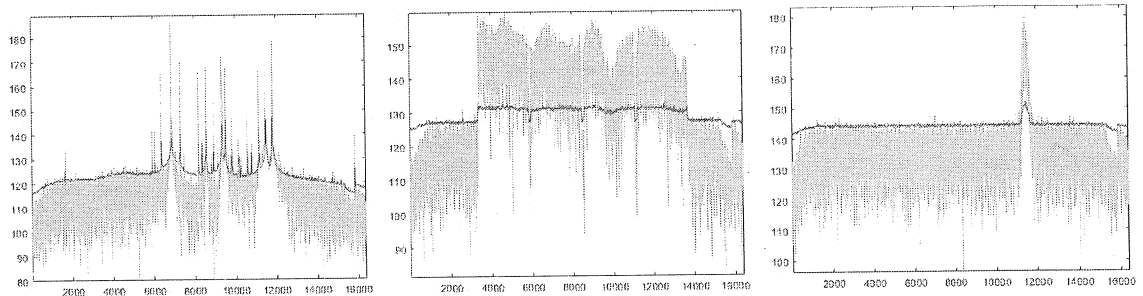
Hình 5



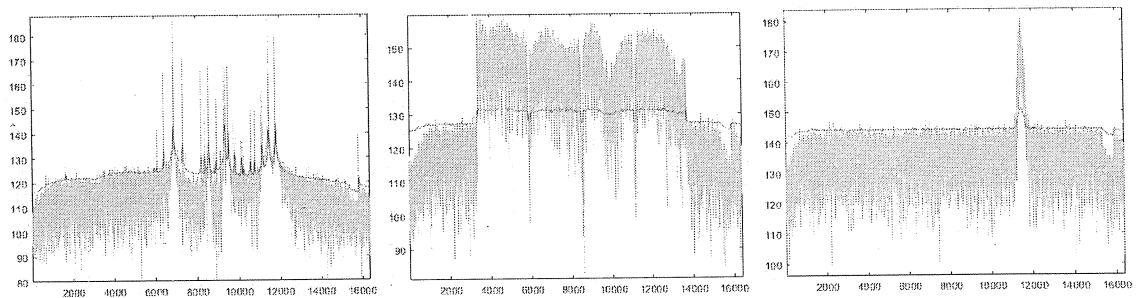
Hình 6

A: $\alpha = 3, \beta = 3$ B: $\alpha = 2, \beta = 5$ C: $\alpha = 2, \beta = 4$

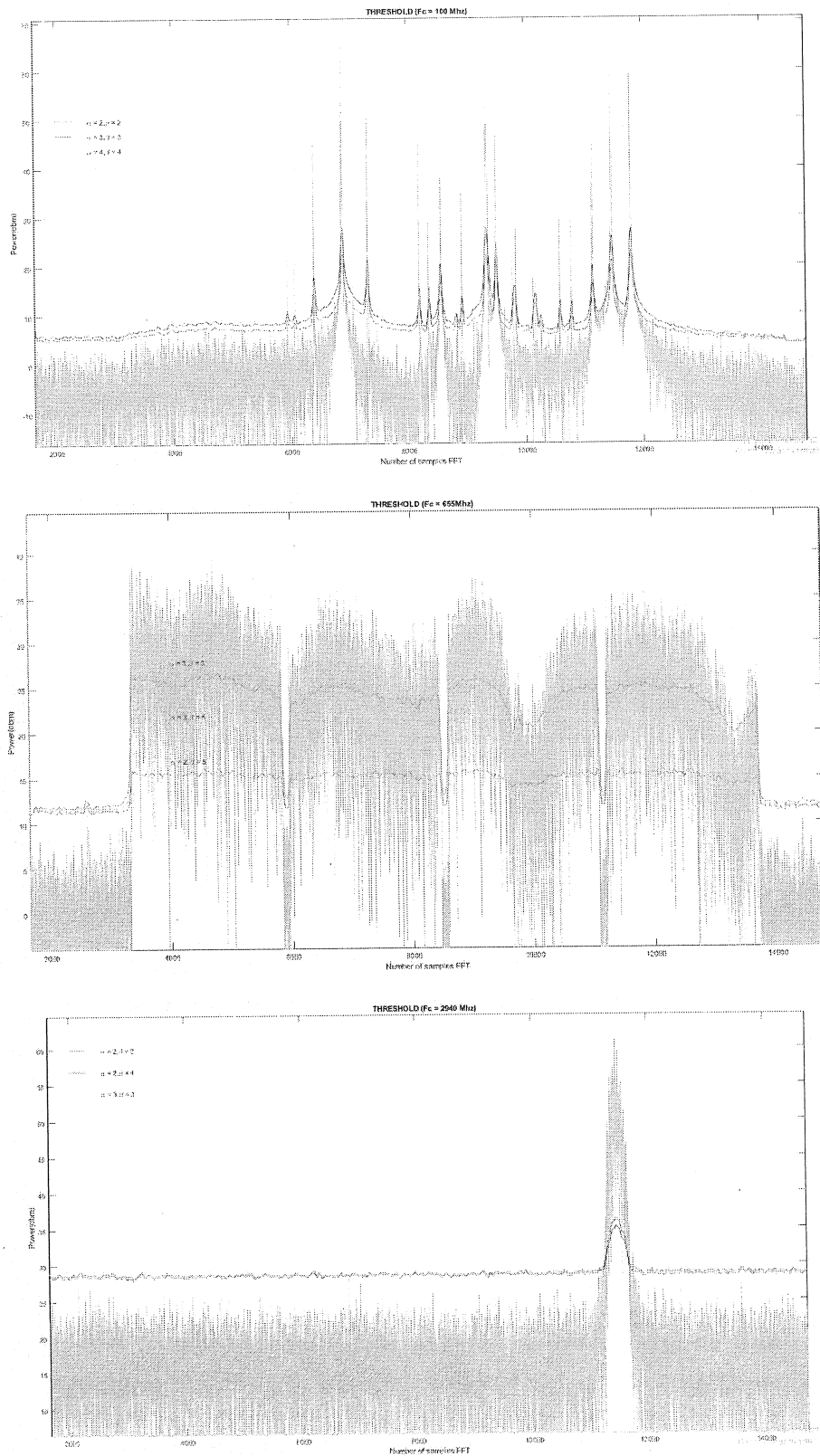
Hình 7

A: $\alpha = 3, \beta = 3, \gamma = 5$ B: $\alpha = 2, \beta = 5, \gamma = 5$ C: $\alpha = 2, \beta = 4, \gamma = 5$

Hình 8



Hình 9



Hình 10