



(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)



1-0042158

(51)^{2020.01} H04W 48/00

(13) B

(21) 1-2020-02099

(22) 13/04/2020

(45) 25/12/2024 441

(43) 27/07/2020 388

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

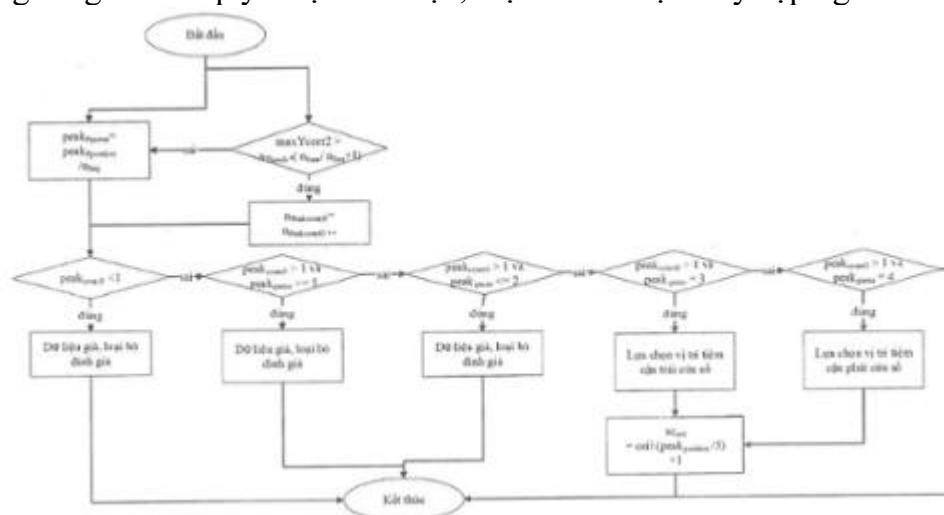
Lô D26 khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội.

(72) NGUYỄN TRUNG TIẾN (VN); LƯƠNG XUÂN HÀO (VN); LÊ TRƯỜNG GIANG (VN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP DÒ HIỆU CHỈNH VÀ LOẠI BỎ TÍN HIỆU TRUY CẬP NGẪU NHIÊN GIẢ TRONG HỆ THỐNG TRẠM THU PHÁT GỐC VÔ TUYẾN BẰNG THÔNG HỢP INTERNET VẠN VẬT KẾT NỐI NB-IOT

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát vô tuyến bằng thông hợp internet vạn vật kết nối NB-IoT bao gồm ba bước: bước 1: thiết lập tham số khởi tạo, tiến hành sinh dữ liệu tham chuẩn và lọc giảm mẫu dữ liệu kênh vật lý truy cập ngẫu nhiên bằng thông hợp internet vạn vật kết nối (PRACH-NB-IoT hay NPRACH) dò hiệu chỉnh ban đầu; bước 2: thực hiện loại bỏ khoảng dữ liệu bảo vệ, chuỗi tiền tố lặp và phân tách dữ liệu từng mẫu ký tự, và biến đổi FFT theo từng mẫu ký tự; bước 3: dò tìm sóng mang khởi tạo theo cửa sổ, so sánh và hiệu chỉnh ngưỡng đưa ra quyết định dữ liệu, loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT (băng thông hẹp internet vạn vật kết nối - Narrow Band Internet of Things) giúp giải mã chính xác, tối ưu và tăng hiệu năng xử lý hệ thống kể cả trong điều kiện vùng phủ rộng và công suất phát thiết bị nhỏ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các hệ thống viễn thông nói chung và hệ thống thu phát vô tuyến eNodeB hỗ trợ hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT nói riêng hiện nay thì nhu cầu về kết nối và truyền dẫn dữ liệu cho các thiết bị quan trắc, cảm biến ... là rất lớn, trong khi băng thông sử dụng cho NB-IoT lại không lớn cỡ 180 KHz, do vậy việc can nhiễu giữa các thiết bị trong quá trình truy cập ngẫu nhiên gây ra các hiệu ứng xấu làm hệ thống thu phát vô tuyến eNodeB phát hiện nhầm các yêu cầu không có thực của các tín hiệu giả. Hệ quả là tiêu tốn nhiều tài nguyên, xử lý sai các tác vụ và làm giảm chỉ số KPI (Key Performance Indicator - Chỉ số hiệu quả) mạng. Như vậy việc dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT đóng vai trò quan trọng trong nâng cao hiệu quả hoạt động mạng lưới, giảm can nhiễu của các thiết bị người dùng (end-user) và dò tìm chính xác các yêu cầu truy cập có thực, tăng dung lượng hệ thống.

Hiện nay, có một số giải pháp của các hãng sản xuất thiết bị như NOKIA, ERICSON, HUAWEI cũng sử dụng phương pháp phát hiện đỉnh tín hiệu dữ liệu để tìm kiếm được dữ liệu người dùng truy cập ngẫu nhiên thực. Phương pháp này được mô tả như sau: thiết lập một tham số khởi tạo theo chuẩn cho hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT, tạo chuỗi dữ liệu mẫu tham khảo, tiến hành đánh giá tương quan tín hiệu chuỗi thu được với chuỗi dữ liệu mẫu tham khảo và xác định độ lệch miền thời gian. Sau đó bù giá trị lệch miền thời gian vào dữ liệu thu và so sánh giá trị đỉnh năng lượng thu được với giá trị ngưỡng giải mã dữ liệu kênh vật lý truy cập ngẫu

nguyên băng thông hẹp internet vạn vật kết nối (Physical Random Access Channel Narrow Band Internet of Things – PRACH NB-IoT). Nếu giá trị này lớn hoặc bằng giá trị ngưỡng sẽ đưa ra quyết định đây là dữ liệu yêu cầu người dùng thực. Từ đó cấp tài nguyên cho dữ liệu người dùng này.

Gần đây, ERICSSON bổ sung thêm phương pháp phân tách dữ liệu truy cập ngẫu nhiên băng thông hẹp internet vạn vật kết nối PRACH-NB-IoT nhận được theo từng nhóm mẫu ký tự, thực hiện thống kê trên từng nhóm mẫu ký tự giá trị lệch thời gian và chuẩn hóa giá trị này để bù cho từng nhóm mẫu ký tự, sau đó tiến hành tương quan tín hiệu mẫu để thu được dữ liệu công suất đỉnh và so sánh ngưỡng giá trị quyết định dữ liệu thực hay giả.

Tuy nhiên, các giải pháp nêu trên có một số nhược điểm sau:

- Các giải pháp nêu trên bị giới hạn do chỉ xử lý dữ liệu truy cập ngẫu nhiên vạn vật kết nối mà không thể loại bỏ được trong trường hợp đi kèm dữ liệu khác như dữ liệu LTE (Long Term Evolution).
- Việc quyết định dữ liệu thực hay giả phụ thuộc vào duy nhất một ngưỡng tín hiệu làm giảm độ chính xác trong giải mã đặc biệt trong trường hợp có nhiều dữ liệu người dùng cùng truy cập.
- Ngoài ra, việc không có cơ chế dò tìm điều chỉnh cũng làm tăng tỷ lệ giải mã sai hoặc bỏ sót dữ liệu thực mà người dùng gửi lên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu kênh truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT, giải quyết vấn đề phát hiện nhầm hoặc sai dữ liệu người dùng trong mạng lưới từ đó đảm bảo chất lượng dữ liệu thu và giải mã tín hiệu chính xác, giúp tối ưu tài nguyên xử lý hệ thống. Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT bao gồm ba bước:

- Bước 1: thiết lập tham số khởi tạo, tiến hành sinh dữ liệu tham chuẩn và lọc giảm mẫu dữ liệu PRACH-NB-IoT hay NPRACH (Narrow Physical Random

Access Channel- Kênh vật lý truy cập ngẫu nhiên băng thông hẹp) dò hiệu chỉnh ban đầu;

- bước 2: thực hiện loại bỏ khoảng dữ liệu bảo vệ, chuỗi tiền tố lặp và phân tách dữ liệu từng mẫu ký tự, và biến đổi cửa sổ lọc FFT (Fast Fourier Transform – Biến đổi nhanh theo Fourier) theo từng mẫu ký tự;
- bước 3: dò tìm sóng mang khởi tạo theo cửa sổ, so sánh và hiệu chỉnh ngưỡng đưa ra quyết định dữ liệu, loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả.

Theo phương pháp của sáng chế là sử dụng bộ lọc giảm mẫu thích ứng để lọc phần dữ liệu chứa tín hiệu vô tuyến NB-IoT. Sau đó sử dụng cơ chế dò tìm cửa sổ và hiệu chỉnh đặc biệt cho tín hiệu truy cập ngẫu nhiên dành riêng cho hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT, thực hiện so sánh với các kỳ vọng đã được chuẩn hóa và ngưỡng đánh giá tín hiệu để loại bỏ tín hiệu ngẫu nhiên giả, chính là điểm mấu chốt để dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả tổng quan thiết lập một hệ thống đồng bộ thiết bị người dùng UE với hệ thống khối xử lý băng gốc BBU (Baseband Unit)/khối vô tuyến từ xa RRU (Remote Radio Unit) áp dụng phương pháp của sáng chế;

Hình 2 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả luồng dữ liệu xử lý giữa bộ xử lý lớp vật lý chứa phần xử lý chính của sáng chế và các thành phần khác trong hệ thống;

Hình 3 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả các thành phần chính và luồng xử lý của bộ lọc giảm mẫu và dò hiệu chỉnh lần đầu;

Hình 4 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật và luồng xử lý của phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu giả;

Hình 5 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật chuẩn hóa dữ liệu và lấy mẫu đầu vào bộ lọc;

Hình 6 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật chuẩn hóa dữ liệu và phân chia khung dữ liệu theo từng nhóm ký tự và thực hiện biến đổi nhanh Fourier ngược iFFT trên từng nhóm ký tự đó;

Hình 7 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật lọc giảm mẫu và định dạng dữ liệu sau bộ lọc thích ứng dữ liệu đầu vào;

Hình 8 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật chuẩn hóa dữ liệu và dò tìm hệ số bộ lọc thích ứng dữ liệu cần lọc;

Hình 9 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật loại bỏ dữ liệu bảo vệ và chuỗi tiền tố lặp;

Hình 10 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật tính toán và quyết định ngưỡng tín hiệu dựa theo cường độ tín hiệu và băng thông hệ thống;

Hình 11 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật tính toán lọc cửa sổ và phương pháp xác định tín hiệu thực và loại bỏ tín hiệu giả;

Hình 12 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật chi tiết các bước quyết định căn cứ vào đầu ra mô tả hình 12;

Hình 13 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật dò lọc lần hai đối với trường hợp chỉ tìm ra một đỉnh dữ liệu có năng lượng đạt tiêu chuẩn;

Hình 14 là hình vẽ dạng sơ đồ khối mô tả giải thuật dò lọc lần hai đối với trường hợp chỉ tìm ra nhiều hơn hai đỉnh dữ liệu có năng lượng đạt tiêu chuẩn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong tối ưu hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến băng thông hẹp internet vạn vật kết nối việc đánh giá và giải mã chính xác dữ liệu trong điều kiện môi trường vô tuyến phức tạp có vai trò quan trọng, để thực hiện được việc giải mã tối ưu cần khắc phục được các nhược điểm của phương pháp giải mã hiện tại và có khả năng dò hiệu chỉnh và loại bỏ các tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả cần trải qua các bước mô tả chi tiết sáng chế dưới đây.

Tham chiếu hình 1, biểu diễn tổng quan một hệ thống đầy đủ đáp ứng được yêu cầu thực hiện các bước của phương pháp hiệu chỉnh và điều khiển công suất tuyến thu

thích ứng theo môi trường truyền dẫn trong hệ thống thu phát vô tuyến eNodeB. Trong hệ thống này, khối xử lý băng gốc BBU bao gồm ba khối mạch xử lý băng gốc (Baseband Card - BBC) được kết nối với khối vô tuyến từ xa RRU thông qua chuẩn giao diện truyền sóng dùng chung (Common Public Radio Interface – CPRI), và một khối mạch điều khiển giao vận (Control Transport Card - CTC) cung cấp xung nhịp (clock) đồng bộ lấy từ nguồn vệ tinh định vị toàn cầu (Global Position Satellite - GPS) hoặc nguồn đồng bộ 1588. Ngoài ra, một số thông tin cấu hình khởi tạo cho việc thiết lập trạng thái sẵn sàng tạo dữ liệu và dò tìm dữ liệu truy cập ngẫu nhiên của thiết bị NB-IoT. Thiết bị người dùng UE của IoT (Internet of Things – vạn vật kết nối) đóng vai trò như thiết bị đầu cuối tạo ra dữ liệu yêu cầu qua môi trường vô tuyến gửi tới trạm thu phát vô tuyến eNodeB thông qua đầu ăng-ten thu của khối vô tuyến từ xa RRU, hệ thống hiện tại có bốn ăng-ten thu (RX1, RX2, RX3, RX4).

Tham chiếu hình 2, mô tả chi tiết hoạt động của khối xử lý băng gốc BBU trên khối mạch xử lý băng gốc BBC, đây chính là vị trí được cài đặt để triển khai chi tiết phương pháp sáng chế bao gồm bộ xử lý lớp vật lý mang thông tin và phương pháp hoạt động của sáng chế cho việc dò hiệu chỉnh và loại bỏ các tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả đồng thời trao đổi thông tin với các khối khác trong hệ thống, được thực hiện lần lượt như sau:

- Thực hiện trao đổi dữ liệu giữa thiết bị người dùng UE và hệ thống thu phát vô tuyến eNodeB sau khi hạ tần và chuyển đổi về dạng số qua giao diện truyền sóng dùng chung CPRI;
- Khối xử lý lớp vật lý sẽ lấy dữ liệu trên vùng lưu trữ dữ liệu giao diện truyền sóng dùng chung CPRI thực hiện giải mã và chuyển kết quả sau giải mã thông qua khối giao tiếp giữa các trình (Inter-process Communication - IPC) vào vùng nhớ truy cập chung;
- Trên vùng nhớ truy cập chung này, bộ xử lý lớp truy cập điều khiển trung gian (Medium Access Control –MAC) sẽ lấy thông tin giải mã gửi các thông tin lập lịch xuống cho bộ xử lý lớp vật lý chuẩn bị tạo dữ liệu như ở hình 3;
- Thực hiện tiếp nhận dữ liệu sau giải mã và truy cập theo phương pháp của sáng chế như ở hình 3 và hình 4;

- Thực hiện dò hiệu chỉnh và lọc ra các dữ liệu thực lưu vào vùng nhớ dùng chung để sẵn sàng gửi lên bộ xử lý lớp truy cập điều khiển trung gian MAC, đồng thời loại bỏ các dữ liệu giả;

Gửi các kết quả cập nhật cuối cùng cho điều khiển lớp cao hơn để sẵn sàng cho thiết bị người dùng UE truy cập.

Trong khi hình 1 và hình 2 thể hiện tổng quan thiết lập hệ thống và vị trí để triển khai phương pháp, từ hình 3 đến hình 14 thể hiện nội dung của các bước thực hiện phương pháp được đề cập trong sáng chế, cụ thể như sau:

Bước 1: thiết lập tham số khởi tạo, tiến hành sinh dữ liệu tham chuẩn và lọc giảm mẫu dữ liệu PRACH-NB-IoT hay NPRACH dò hiệu chỉnh ban đầu.

Tham chiếu hình 3, tại bước này, tổng quan của bước này được thực hiện lần lượt như sau:

- a) Thiết lập tham số khởi tạo cần thiết cho hệ thống như số lượng ăng-ten đầu vào và băng thông cũng như các thông tin liên quan tới cấu hình chuỗi dữ liệu;
 - b) Tạo dữ liệu tham khảo với cấu hình thiết lập tạo dữ liệu tham khảo với bộ cấu hình cho mười hai giá trị đại diện sóng mang khởi tạo có giá trị $Y_{ref}(t)$;
 - c) Thực hiện lọc dữ liệu giảm mẫu tương ứng với NPRACH so với PRACH LTE như sử dụng khoảng cách sóng mang $\Delta f_{RA} = 3,75$ KHz nên chu kì sẽ bị lẻ so với chuẩn 1ms thông thường ví dụ như định dạng 0 là 5,4 ms và định dạng 1 là 6,4 ms. Lúc này dữ liệu được tại đầu thu là $I_q(t)$, khởi tạo giá trị bộ lọc IndexFilter (chỉ số bộ lọc), IndexFilter = 0, Thực hiện lựa chọn mẫu có giá trị với thuật toán mô tả như ở hình 5;
 - d) Thực hiện phân chia thành từng nhóm khung dữ liệu có độ dài theo cửa sổ lọc tfft. Với việc phân chia dữ liệu nâng cao hiệu năng xử lý giải mã và giảm thời gian xử lý trong bộ xử lý lớp vật lý, thực hiện chi tiết với thuật toán mô tả như ở hình 6;
- Thực hiện biến đổi iFFT dữ liệu cho từng nhóm dữ liệu;

- e) Tiến hành hiện lọc lấy mười hai điểm xung quanh phổ của NPRACH trên mỗi mẫu ký tự thực hiện iFFT (Giải thuật chi tiết mô tả trong hình 7);
- f) Sau đó chèn bốn điểm mẫu không (zero) còn lại vào cuối cho đủ mười sáu điểm. Sau khi lọc được mười sáu điểm thì thực hiện biến đổi lại FFT mười sáu điểm đó (Giải thuật chi tiết mô tả trong hình 7);
- g) Thực hiện biến đổi FFT cho dữ liệu $N_{prachGridFilter1}$ thu được dữ liệu miền thời gian $N_{prachGridTd}$. Tính toán giá trị biên độ năng lượng lớn nhất và vị trí positionF của dữ liệu $N_{prachGridTd}$. Từ số suy ra giá trị thực của bộ lọc được áp dụng theo bảng công thức dưới;
- h) Thay thế giá trị bộ lọc thu được giá trị IndexFilterActual (chỉ số bộ lọc thực sau tính toán) cho giá trị IndexFilter tiến hành thực hiện lặp lại các bước trên thu được dữ liệu sau lọc giảm mẫu là dữ liệu chứa chỉ có NPRACH (Thuật toán chi tiết mô tả ở hình 8).

Cụ thể chi tiết bước 1 được trình bày như sau:

Tham chiếu hình 5, các điểm a, b, c ở trên được thực hiện qua ba công đoạn dưới đây:

+ Công đoạn 1: thực hiện khởi tạo thiết lập hệ thống với số lượng ăng-ten đầu vào, bộ cấu hình dịch tần subcarrierOffset (dịch tần sóng mang), thời điểm bắt đầu t_{start} và bảng thông tương ứng;

+ Công đoạn 2: thiết lập tạo dữ liệu tham khảo với bộ cấu hình cho mười hai giá trị đại diện sóng mang khởi tạo có giá trị $Y_{ref}(t)$,

+ Công đoạn 3: thực hiện lọc dữ liệu giảm mẫu tương ứng với NPRACH so với PRACH LTE như sử dụng khoảng cách sóng mang $\Delta f_{RA} = 3,75$ KHz nên chu kì sẽ bị lẻ so với chuẩn 1ms thông thường ví dụ như định dạng 0 là 5,4 ms và định dạng 1 là 6,4 ms.

- Khởi tạo giá trị bộ lọc (chỉ số bộ lọc - IndexFilter = 0), thực hiện lựa chọn mẫu có giá trị như công thức dưới:

$$X(t) = \begin{bmatrix} Iq(t_i + 1) \\ Iq(t_i + 2) \\ \vdots \\ Iq(t_i + 8t_{\text{sample}}) \end{bmatrix}, 1 \leq t \leq 8t_{\text{sample}}$$

với giá trị:

$$t_i = t_{\text{sample}} \times t_{\text{start}}$$

$$t_{sf} = t_{\text{symbol}} \times 4 \times t_{\text{fft}}$$

trong đó:

- $Iq(t)$ là dữ liệu đầu vào;
- $X(t)$ là dữ liệu được lựa chọn mẫu chuẩn bị cho bước lọc ban đầu;
- t_i là điểm dữ liệu bắt đầu của cửa sổ lọc;
- t_{sf} là độ dài dữ liệu cần thực hiện lọc giảm mẫu;
- t_{symbol} là số lượng khung dữ liệu sau khi được phân chia theo chiều dài cửa sổ lọc;
- t_{start} là cấu hình điểm bắt đầu truyền dữ liệu kênh NPRACH;
- t_{fft} là kích thước cửa sổ lọc theo băng thông;
- t_{sample} là số lượng mẫu trong đơn vị 1ms dữ liệu;

▪ thực hiện phân chia thành từng nhóm khung dữ liệu có độ dài theo cửa sổ lọc t_{fft} theo công thức dưới:

$$Y(i, j) = \begin{bmatrix} X(1) & X(t_{\text{fft}} + 1) & \dots & X(t_{sf} - t_{\text{fft}} + 1) \\ X(2) & X(t_{\text{fft}} + 2) & \dots & X(t_{sf} - t_{\text{fft}} + 2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(t_{\text{fft}}) & X(t_{\text{fft}} \times 2) & \dots & X(t_{sf}) \end{bmatrix}$$

$$1 \leq i \leq t_{\text{fft}}$$

$$1 \leq j \leq 4 \times t_{\text{symbol}}$$

trong đó:

- $Y(i, j)$ là ma trận khung dữ liệu sau phân chia khung và cửa sổ lọc t_{fft} ;
- $X(t)$, t_{fft} , t_{symbol} , t_{sf} được mô tả như trên;

▪ sau đó biến đổi nhanh Fourier ngược (inverse Fast Fourier Transform – iFFT) dữ liệu cho từng nhóm dữ liệu

$$N_{prachGridFd} = \sum_{i=1}^{N=t_{fft}} \sum_{j=1}^{4 \times t_{symbol}} Y(i, j) * e^{j2\pi \Delta f_{RA} (\frac{1}{N})}$$

trong đó:

- $N_{prachGridFd}$ là dữ liệu của mỗi nhóm ký tự được biến đổi iFFT;
- N là số điểm biến đổi iFFT chính bằng của số lọc t_{fft} ;
- Δf_{RA} là khoảng cách sóng mang con cho NPRACH;
- $Y(i, j)$, t_{symbol} , t_{fft} được mô tả như trên;

Tham chiếu hình 5, hình 6 và hình 7, các điểm d, điểm e, điểm f, điểm g và điểm h được liệt kê ở trên được thực hiện lần lượt bằng cách tiến hành lọc lấy mười hai điểm xung quanh phổ của NPRACH trên mỗi mẫu ký tự thực hiện biến đổi iFFT. Sau đó chèn bốn điểm mẫu không (zero) còn lại vào cuối cho đủ mười sáu điểm. Sau khi lọc được mười sáu điểm thì thực hiện biến đổi lại FFT mười sáu điểm đó. Dữ liệu biểu diễn theo công thức dưới:

$$N_{prachGridFilter} = \begin{bmatrix} N_{prachGridFd}(\text{IndexFilter} + 1) \\ N_{prachGridFd}(\text{IndexFilter} + 2) \\ \vdots \\ N_{prachGridFd}(\text{IndexFilter} + 16) \end{bmatrix}$$

$$N_{prachGridFilter2} = \begin{bmatrix} N_{prachGridFd}(t_{fft} - N_{prachOffset} + 1) \\ N_{prachGridFd}(t_{fft} - N_{prachOffset} + 2) \\ \vdots \\ N_{prachGridFd}(t_{fft}) \end{bmatrix}$$

$$N_{prachGridFilter1} = \begin{bmatrix} N_{prachGridFilter}(1) \\ N_{prachGridFilter}(2) \\ \vdots \\ N_{prachGridFilter}(12 - N_{prachOffset}) \\ \text{zeros}(4) \\ N_{prachGridFilter2} \end{bmatrix}$$

trong đó:

- IndexFilter là giá trị khởi tạo hệ số lọc;
- $N_{prachGridFilter}$ là tiền xử lý lọc khởi tạo mười sáu mẫu tính từ thời điểm khởi tạo lọc;
- $N_{prachGridFilter2}$ là số mẫu lọc tính từ vị trí dịch phổ $N_{prachOffset}$ tới điểm cuối cùng của số lọc t_{fft} ;
- $N_{prachGridFilter1}$ là cửa sổ lọc sau dịch phổ và chèn mẫu $N_{prachGridFilter}$, và $N_{prachGridFilter2}$, zeros(4);
- $N_{prachOffset}$ là giá trị dịch phổ của NPRACH. Do dữ liệu NPRACH được ánh xạ tùy thuộc vào vị trí subcarrierOffset trên lưới tài nguyên, có giá trị tra theo bảng vị trí $N_{prachOffset}$ theo subcarrierOffset;
- zeros(4) là chèn mẫu không vào bộ lọc;
- $N_{prachGridFd}$, t_{fft} được mô tả như trên;

▪ Thực hiện biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform – FFT) cho dữ liệu $N_{prachGridFilter1}$ thu được dữ liệu miền thời gian $N_{prachGridTd}$

$$N_{prachGridTd} = \text{fft}(N_{prachGridFilter1})$$

Tham chiếu hình 8, điểm i được liệt kê ở trên được thực hiện bằng cách lặp chỉ số trong phạm vi số lượng mẫu là $t_{fft} * t_{symbol}$, tính toán giá trị biên độ năng lượng lớn nhất theo công thức:

$$\text{MaxPower} = \text{Max}(|N_{prachGridTd}| * |N_{prachGridTd}|)$$

Trong đó giá trị lớn nhất được tính theo bình phương biên độ của dữ liệu.

- tính toán giá trị biên độ năng lượng lớn nhất và vị trí tìm kiếm được biên độ năng lượng lớn nhất của dữ liệu $N_{prachGridTd}$, từ số suy ra giá trị thực của bộ lọc được áp dụng theo bảng công thức:

$$\text{IndexFilterActual} = \text{position}F - \text{toffset}$$

Bảng thông 20 MHz	Bảng thông 15 MHz	Bảng thông 10 MHz	Bảng thông 5 MHz	Bảng thông 3 MHz
toffset = 12	toffset = 7	toffset = 2	toffset = -3	toffset = -8

trong đó :

- IndexFilterActual là giá trị bộ lọc được tính để lọc ra toàn bộ dữ liệu NPRACH;
- positionF là vị trí tìm kiếm được biên độ năng lượng lớn nhất của dữ liệu $N_{prachGridTd}$;
- toffset: là độ lệch tương đối phổ tín hiệu phụ thuộc vào băng thông;
- Thay thế giá trị bộ lọc thu được giá trị IndexFilterActual như trên cho giá trị IndexFilter tiến hành thực hiện lặp lại các bước trên thu được dữ liệu sau lọc giảm mẫu là dữ liệu chứa chỉ có NPRACH.

Kết thúc bước 1, tham chiếu hình 4, tổng quan các bước 2 và bước 3 được trình bày cụ thể theo thứ tự thực hiện như sau:

- Thực hiện loại bỏ padding (phần dữ liệu chèn dư thừa) và loại bỏ chuỗi tiền tố lặp với độ dài của chuỗi tiền tố lặp phụ thuộc vào băng thông và định dạng giá trị độ dài chuỗi tiền tố lặp N_{cp} theo băng băng thông và định dạng giá trị;
- Thực hiện định dạng dữ liệu nhận được theo từng nhóm ký tự và ký tự ;
- Chuẩn hóa dữ liệu và thực hiện biến đổi FFT theo kích thước cửa sổ phụ thuộc vào băng thông;
- Khởi tạo bộ hệ số cửa sổ dò tìm theo giá trị lệch tần số hệ thống;
- Tính toán giá trị ngưỡng phụ thuộc vào băng thông và giá trị cường độ tín hiệu thu, giải thuật chi tiết và công thức mô tả ở hình 10;
- Tính tương quan tín hiệu từ chuỗi tín hiệu tham khảo sinh ra từ bước tạo dữ liệu tham khảo với cấu hình thiết lập tạo dữ liệu tham khảo với bộ cấu hình cho mười hai giá trị đại diện sóng mang khởi tạo có giá trị $Y_{ref}(t)$ với dữ liệu sau chuẩn hóa ở bước định dạng dữ liệu nhận được theo từng nhóm ký tự và ký tự . Tiến hành tìm kiếm giá trị năng lượng lớn nhất trên từng cửa sổ, giải thuật chi tiết mô tả ở hình 11 và hình 12;
- Dò tìm sóng mang khởi tạo theo cửa sổ, so sánh và hiệu chỉnh ngưỡng đưa ra quyết định dữ liệu được mô tả chi tiết trong hình 13 và hình 14.

Cụ thể bước 2 và bước 3 như sau:

- Bước 2: thực hiện loại bỏ khoảng dữ liệu bảo vệ, chuỗi tiền tố lặp và phân tách dữ liệu từng mẫu ký tự, và biến đổi FFT theo từng mẫu ký tự. Tham chiếu hình 9, bước này bao gồm các công đoạn sau:

+ Công đoạn 1: thực hiện khởi tạo trị số các biến đếm $m=1$, $n=1$ và giá trị độ dài của khoảng bảo vệ và chuỗi tiền tố lặp theo định dạng của kênh NPRACH, trong đó

○ n_{Cp} là độ dài chuỗi tiền tố lặp với định dạng 0 $n_{Cp}=16$, định dạng 1 $n_{Cp}=64$;

○ n_{Pad} là độ dài khoảng bảo vệ độ dài 240;

+ Công đoạn 2: Tính toán độ dài cần loại bỏ khỏi dữ liệu sau lọc, cấu hình độ dài của khoảng bảo vệ, chuỗi tiền tố lặp phụ thuộc vào bảng thông và định dạng giá trị. công thức mô tả loại bỏ khoảng bảo vệ và chuỗi tiền tố lặp như sau:

$$Zr(m, n) = \begin{bmatrix} Z(n_{Rem} + 1) & Z(n_{Rem} + n_{Seq} + n_{Cp} + 1) & \dots & Z(n_{Rem} + 4n_{Seq} + 1) \\ Z(n_{Rem} + 2) & Z(n_{Rem} + n_{Seq} + n_{Cp} + 2) & \dots & Z(n_{Rem} + 4n_{Seq} + 2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z(n_{Rem} + n_{Seq}) & Z(n_{Rem} + 2n_{Seq} + n_{Cp}) & \dots & Z(n_{Rem} + 5n_{Seq} + n_{Cp}) \end{bmatrix}$$

$$1 \leq m \leq n_{Seq}$$

$$1 \leq n \leq 5$$

với giá trị:

$$n_{Rem} = n_{Cp} + n_{Pad} \times t_{start}$$

$$n_{Seq} = 64$$

trong đó:

- $Z(t)$ là dữ liệu sau lọc giảm mẫu ở trên;
- $Zr(m, n)$ là dữ liệu sau khi loại bỏ khoảng bảo vệ và chuỗi tiền tố lặp;
- n_{Rem} là độ dài cần loại bỏ gồm khoảng bảo vệ và chuỗi tiền tố lặp;
- n_{Cp} là độ dài chuỗi tiền tố lặp với định dạng 0 $n_{Cp}=16$, định dạng 1 $n_{Cp}=64$;
- n_{Pad} là độ dài khoảng bảo vệ độ dài 240;
- n_{Seq} là độ dài của 1 khung mẫu dữ liệu;

+ Công đoạn 3: định dạng dữ liệu nhận được theo từng nhóm ký tự và ký tự theo công thức dưới:

$$Z_{ym_i} = Zr(m, i)$$

+ Công đoạn 4: chuẩn hóa dữ liệu và thực hiện biến đổi FFT theo kích thước cửa sổ t_m .

$$Z_{symfft}(i) = fft\left(\frac{Z_{sym_i}}{\max\left(\sum_{j=0}^{j=n_{seq}} Z_{sym_i}(j)\right)}\right)$$

trong đó:

○ $Z_{symfft}(i)$ là dữ liệu sau biến đổi FFT theo từng khung ký tự thứ i ;

- Bước 3: dò tìm sóng mang khởi tạo theo cửa sổ, so sánh và hiệu chỉnh ngưỡng đưa ra quyết định dữ liệu, loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả. Tham chiếu hình 10, bước này bao gồm các công đoạn:

+ Công đoạn 1: tính toán và quyết định ngưỡng tín hiệu dựa theo cường độ tín hiệu và băng thông hệ thống, cụ thể thực hiện như sau:

+ Thực hiện ánh xạ giá trị ngưỡng cơ bản n_{base} theo băng thông như bảng sau:

Băng thông 20 MHz	Băng thông 15 MHz	Băng thông 10 MHz	Băng thông 5 MHz	Băng thông 3 MHz
$n_{base} = 27$	$n_{base} = 35$	$n_{base} = 49$	$n_{base} = 54$	$n_{base} = 60$

+ Đưa ra tính toán giá trị ngưỡng phụ thuộc vào băng thông và giá trị cường độ tín hiệu thu, đây là bước lọc hiệu chỉnh theo dữ liệu thời gian thực, biến đổi theo cường độ tín hiệu đầu vào, công thức mô tả như dưới:

$$n_{rssi} = \frac{\text{ceil}\left(\frac{\left(\sum_{j=0}^{j=n_{seq}} Z_{symfft}(j) * Z_{symfft}(j)\right)}{32767}\right)}{2} + 128$$

$$n_{Thresh} = 10 \times (\log_{10} n_{RB}) \times \frac{n_{rssi}}{128} + n_{base}$$

trong đó:

- n_{rssi} là giá trị cường độ tín hiệu đo được theo từng khung cửa sổ lọc ký tự;
 - n_{RB} là số tài nguyên vật lý phụ thuộc vào băng thông;
 - n_{base} là giá trị ngưỡng cơ bản phụ thuộc vào băng thông;
 - n_{Thresh} là giá trị ngưỡng tính toán được sau hiệu chỉnh;
 - $n_{seq}, Z_{symfft}(j)$, được mô tả như trên;
- + Đánh giá từ băng thông để tính ra giá trị số lượng tài nguyên vật lý n_{RB} .

Bảng tham chiếu như sau:

Băng thông 20 MHz	Băng thông 15 MHz	Băng thông 10 MHz	Băng thông 5 MHz	Băng thông 3 MHz
$n_{RB} = 100$	$n_{RB} = 75$	$n_{RB} = 50$	$n_{RB} = 25$	$n_{RB} = 15$

+ Tính tương quan tín hiệu từ chuỗi tín hiệu tham khảo sinh ra từ công đoạn 2 của bước 1 với dữ liệu sau chuẩn hóa ở công đoạn 3 của bước 2 theo công thức:

$$Y_{corr} = Y_{ref}(i) * Z_{symfft}(i)$$

+ Tham chiếu hình 12, hình 13, hình 14, tìm kiếm giá trị năng lượng lớn nhất trên từng cửa sổ, tính số đỉnh theo từng cửa sổ theo công thức dưới:

$$win_{peakcount} = \left(\max \left(\sum_{j=0}^{j=n_{windowSearch}} Y_{corr}(j) \right) > n_{Thresh} \right)$$

trong đó:

- $win_{peakcount}$ là số lượng đỉnh tín hiệu tìm thấy theo cửa sổ;
- $n_{windowSearch}$ là độ dài cửa sổ tìm kiếm phụ thuộc vào cấu hình dịch tần số subcarrierOffset;
- $n_{Thresh}, Y_{corr}(j)$ được mô tả như trên;

- nếu $\text{win}_{\text{peakcount}} = 0$ thì hoàn toàn không có dữ liệu NPRACH.
- nếu giá trị số đỉnh = 1 thực hiện đánh giá kết quả với cửa sổ lọc thứ hai, trường hợp tính $\text{peak}_{\text{count}2} > 1$ thì dữ liệu thực, còn lại là dữ liệu giả gây nhiễu bởi môi trường nên loại bỏ. Công thức mô tả cách tính như sau:

$$Y_{\text{corr}2} = (Z_{\text{symfft}}(i) * Z_{\text{symfft}}(i + 1))$$

$$\text{peak}_{\text{corr}2} = \max \left(\sum_{j=0}^{j=\text{n}_{\text{windowSearch}}} Y_{\text{corr}2}(j) \right)$$

$$\text{peak}_{\text{count}2} = \left(\text{peak}_{\text{corr}2} > n_{\text{Thresh}} \times \frac{n_{\text{base}}}{n_{\text{seq}}} \right)$$

trong đó:

- $Y_{\text{corr}2}$ là tương quan tín hiệu của hai nhóm ký tự liên tiếp;
- $\text{peak}_{\text{corr}2}$ là giá trị đỉnh năng lượng của $Y_{\text{corr}2}$ theo từng cửa sổ;
- n_{base} , n_{seq} , $n_{\text{windowSearch}}$ được mô tả như trên;
- nếu giá trị là số đỉnh = 2 thì dữ liệu thu được là thực;
- nếu giá trị số đỉnh > 2 thực hiện lặp cửa sổ để loại bỏ đỉnh giả lần hai;
 - xét vị trí của các đỉnh năng lượng $\text{peak}_{\text{count}3} < 1$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh này do là dữ liệu giả;
 - nếu $\text{peak}_{\text{count}3} > 1$ và $\text{peak}_{\text{queue}} \geq 5$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh giả;
 - nếu $\text{peak}_{\text{count}3} > 1$ và $\text{peak}_{\text{queue}} \leq 2$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh giả;
 - nếu $\text{peak}_{\text{count}3} > 1$ và $\text{peak}_{\text{queue}} = 3$ thì lựa chọn đỉnh có vị trí tiệm cận trái giá trị cửa sổ;
 - nếu $\text{peak}_{\text{count}3} > 1$ và $\text{peak}_{\text{queue}} = 4$ thì lựa chọn đỉnh có vị trí tiệm cận phải giá trị cửa sổ;

công thức mô tả:

$$\text{peak}_{\text{queue}} = \left(\frac{\text{peak}_{\text{position}}}{n_{\text{seq}}} \right)$$

$$\text{peak}_{\text{count}3} = \left(\text{peak}_{\text{corr}2} > n_{\text{Thresh}} \times \left(\frac{n_{\text{base}}}{n_{\text{seq}}} + 1 \right) \right)$$

trong đó:

- $peak_{queue}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo cửa sổ;
- $peak_{position}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo mẫu ký tự;
- $peak_{count3}$ là số lượng đỉnh tính được sau lặp cửa sổ hiệu chỉnh lần 2;
- $n_{base}, n_{seq}, n_{Thresh}$ được mô tả như trên;
- từ vị trí đỉnh tín hiệu tìm được tính toán được vị trí khởi tạo sóng mang cho toàn bộ chuỗi dữ liệu NPRACH theo công thức:

$$sc_{init} = \text{ceil}\left(\frac{peak_{position}}{5}\right) + 1$$

trong đó:

- sc_{init} là sóng mang cho chuỗi dữ liệu NPRACH thực;
- $peak_{position}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo mẫu ký tự;

Kết quả sau khi kết thúc bước 3 là loại bỏ các tín hiệu giả trong môi trường nhiễu với số lượng mẫu kiểm thử lớn. Phương pháp cũng cho thấy hiệu quả giảm đáng kể tỷ lệ tín hiệu giả giúp nâng cao hiệu năng hệ thống và giảm can nhiễu bởi các yêu cầu không cần thiết. Sau khi áp dụng đã giảm tỷ lệ tín hiệu giả từ 10 tới 12 lần, đáp ứng yêu cầu chỉ tiêu <0.1% là tín hiệu giả, trong khi hiệu quả của trường hợp không giải mã được cũng giảm 2 lần so với khi chưa áp dụng phương pháp sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Trên thực tế, hệ thống được thiết lập theo phương pháp của sáng chế đã được áp dụng trong phòng thí nghiệm và triển khai ở ngoài thực tế.

Hệ thống được cài đặt thực tế tại phòng thí nghiệm điện tử thuộc dự án eNodeB, trình tự thiết lập và áp dụng phương pháp theo sáng chế được mô tả các bước cụ thể như sau. Thiết lập hệ thống thực tế bao gồm thiết lập khối mạch điều khiển giao vận CTC/ khối mạch xử lý băng gốc BBC trong đó cài đặt phần mềm lớp vật lý có áp dụng phương pháp được mô tả ở trên do tác giả sử dụng ngôn ngữ C thực hiện trong môi trường mã nguồn mở hệ điều hành Linux; sau đó áp dụng bộ tham số thiết lập hệ

thống được nêu trong Bảng 1; khối mạch điều khiển giao vận CTC/ khối mạch xử lý băng gốc BBC kết nối với khối vô tuyến từ xa RRU hệ ăng-ten hai thu và hai phát thông qua giao diện truyền sóng dùng chung CPRI; thiết lập thiết bị người dùng hỗ trợ hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến NB-IoT (đồng thời thử nghiệm với máy phát tín hiệu giả lập NB-IoT của hãng R&S SMW20A); dữ liệu thiết bị người dùng UE trao đổi với khối vô tuyến từ xa RRU được chuyển đổi dữ liệu số sang CTC/BBC, thực hiện trên gói tin với số lượng đủ lớn với các điều kiện môi trường giả lập đánh giá so sánh việc loại bỏ tín hiệu giả giữa việc áp dụng phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu giả với không áp dụng phương pháp nêu trên,

Bảng 1: Bộ tham số thiết lập hệ thống

Loại tham số	Tham số cấu hình
Tham số chung	Băng thông hệ thống: 10 MHz Số lượng tài nguyên vật lý nRB = 50 Số lượng ăng-ten hệ thống hai. Số hiệu của tế bào phục vụ UE: Cell_ID = 0 Cờ báo nhảy tần: Hopping_mode = 0 Giá trị phục vụ giải điều chế tín hiệu tham khảo: csDMRS = 0 Hệ số dịch cho kênh dữ liệu: deltaShift = 0 Chế độ tiên tổ lặp bình thường
Tham cấu hình cho NPRACH	Độ dài tiên tổ lặp: 266.7 us, định dạng 0 Độ rộng sóng mang con: 3.75 kHz Cấu trúc nhóm ký tự gồm một CP và năm ký tự NPRACH chiếm mười hai sóng mang con Loại mô hình thử nghiệm: AWGN và EPA1 Low Doppler: 200 Hz với mô hình EPA và 0 Hz với AWGN SNR target với mô hình AWGN là -2.1 dB và EPA là 6.1 dB SNR target theo vùng phủ: + EC1: 14.25 dB + EC2: 4.25 dB + EC3: -5.75 dB

	$t_{\text{start}} = 16$ $\text{subcarrierOffset} = 12$ $n_{\text{CP}} = 16; n_{\text{Pad}} = 240;$ Tổng gói tin truyền là 10000
Tham số dẫn xuất từ bộ cấu hình cho NPRACH	Tham số dẫn xuất tối ưu hiệu chỉnh: $n_{\text{windowSearch}} = 6$ $n_{\text{base}} = 49$ $t_{\text{offset}} = 2$ $t_{\text{fft}} = 1024$ $t_{\text{sample}} = 15360$ $N_{\text{prachOffset}} = 4$

Bảng 2: Kết quả giải mã trên mô hình kênh theo chuẩn 3GPP 36.104 rel 14.0- Mục 8.5.3.2.1

Mô hình kênh và dữ liệu giải mã giả	Trước áp dụng pháp sáng chế	Sau áp dụng pháp sáng chế	Nhận xét
AWGN – 0 Hz – SNR = -2.1 dB	0.22%	0.02%	Sau khi áp dụng giảm tỷ lệ tín hiệu giả ~ 10 lần, đáp ứng yêu cầu <0.1%
EPA1 – 200 Hz – SNR = 6.1 dB	0.35%	0.03%	Sau khi áp dụng giảm tỷ lệ tín hiệu giả ~ 10 lần, đáp ứng yêu cầu <0.1%
AWGN – 0 Hz – SNR = -6.8 dB	0.8%	0.085%	Sau khi áp dụng giảm tỷ lệ tín hiệu giả ~ 10 lần, đáp ứng

			yêu cầu <0.1%
EPA1 – 200 Hz – SNR = 0.5 dB	0.17%	0.013%	Sau khi áp dụng giảm tỷ lệ tín hiệu giả ~ 12 lần, đáp ứng yêu cầu <0.1%

Bảng 3: Kết quả giải mã giả và không giải mã theo vùng phủ

Tham số đánh giá	Chỉ số giải mã trước khi áp dụng phương pháp sáng chế			Chỉ số giải mã sau khi áp dụng phương pháp sáng chế		
	EC1 SNR =14.25 dB	EC2 SNR = 4.25 dB	EC3 SNR = -5.75 dB	EC1 SNR =14.25 dB	EC2 SNR = 4.25 dB	EC3 SNR = -5.75 dB
Tỷ lệ không giải mã (Misdetecion)	41/10000	67/10000	157/10000	29/10000	24/10000	84/10000
Tỷ lệ giải mã giả (False alarm)	15/10000	25/10000	97/10000	0/10000	0/10000	12/10000

Như vậy với hai kết quả kiểm tra đánh giá so sánh trước và sau khi áp dụng phương pháp đều cho thấy hiệu quả giảm đáng kể tỷ lệ tín hiệu giả giúp nâng cao hiệu năng hệ thống và giảm can nhiễu bởi các yêu cầu không cần thiết.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp dò hiệu chỉnh và loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả trong hệ thống trạm thu phát gốc vô tuyến băng thông hẹp internet vạn vật kết nối NB-IoT bao gồm ba bước, cụ thể:

bước 1: Thực hiện lọc giảm mẫu dữ liệu truy cập ngẫu nhiên vạn vật kết nối (PRACH-NB-IoT hệ thống lọc bao gồm phần chính yếu sau:

+ thực hiện lọc dữ liệu giảm mẫu tương ứng với NPRACH so với PRACH LTE như sử dụng khoảng cách sóng mang $\Delta f_{RA} = 3,75$ KHz nên chu kỳ sẽ bị lẻ so với chuẩn 1ms thông thường ví dụ như định dạng 0 là 5,4 ms và định dạng 1 là 6,4 ms;

- khởi tạo giá trị bộ lọc (chỉ số bộ lọc - IndexFilter) IndexFilter = 0, thực hiện lựa chọn mẫu có giá trị như công thức dưới:

$$X(t) = \begin{bmatrix} Iq(t_i + 1) \\ Iq(t_i + 2) \\ \vdots \\ Iq(t_i + 8t_{sample}) \end{bmatrix}, 1 \leq t \leq 8t_{sample}$$

với giá trị:

$$t_i = t_{sample} \times t_{start}$$

$$t_{sf} = t_{symbol} \times 4 \times t_{fft}$$

trong đó:

- $Iq(t)$ là dữ liệu đầu vào;
- $X(t)$ là dữ liệu được lựa chọn mẫu chuẩn bị cho bước lọc ban đầu;
- t_i là điểm dữ liệu bắt đầu của cửa sổ lọc;
- t_{sf} là độ dài dữ liệu cần thực hiện lọc giảm mẫu;
- t_{symbol} là số lượng khung dữ liệu sau khi được phân chia theo chiều dài cửa sổ lọc;
- t_{start} là cấu hình điểm bắt đầu truyền dữ liệu kênh NPRACH;
- t_{fft} là kích thước cửa sổ lọc theo băng thông;
- t_{sample} là số lượng mẫu trong đơn vị 1ms dữ liệu;
- thực hiện phân chia thành từng nhóm khung dữ liệu có độ dài theo cửa sổ lọc t_{fft} theo công thức dưới:

$$Y(i,j) = \begin{bmatrix} X(1) & X(t_{fft} + 1) & \dots & X(t_{sf} - t_{fft} + 1) \\ X(2) & X(t_{fft} + 2) & \dots & X(t_{sf} - t_{fft} + 2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X(t_{fft}) & X(t_{fft} \times 2) & \dots & X(t_{sf}) \end{bmatrix}$$

$$1 \leq i \leq t_{fft}$$

$$1 \leq j \leq 4 \times t_{symbol}$$

trong đó:

- $Y(i,j)$ là ma trận khung dữ liệu sau phân chia khung và cửa sổ lọc t_{fft} ;
- $X(t)$, t_{fft} , t_{symbol} , t_{sf} được mô tả như trên;

▪ thực hiện biến đổi nhanh Fourier (Fast Fourier Transform – FFT) cho dữ liệu $N_{prachGridFilter1}$ thu được dữ liệu miền thời gian $N_{prachGridTd}$

$$N_{prachGridTd} = fft(N_{prachGridFilter1})$$

▪ thực hiện lặp chỉ số trong phạm vi số lượng mẫu là $t_{fft} * t_{symbol}$, tính toán giá trị biên độ năng lượng lớn nhất theo công thức:

$$MaxPower = \text{Max}(|N_{prachGridTd}| * |N_{prachGridTd}|)$$

trong đó giá trị lớn nhất được tính theo bình phương biên độ của dữ liệu

- tính toán giá trị biên độ năng lượng lớn nhất và vị trí tìm kiếm được biên độ năng lượng lớn nhất của dữ liệu $N_{prachGridTd}$, từ số suy ra giá trị thực của bộ lọc được áp dụng theo bảng công thức:

$$IndexFilterActual = positionF - toffset$$

Bảng thông 20 MHz	Bảng thông 15 MHz	Bảng thông 10 MHz	Bảng thông 5 MHz	Bảng thông 3 MHz
$t_{offset} = 12$	$t_{offset} = 7$	$t_{offset} = 2$	$t_{offset} = -3$	$t_{offset} = -8$

trong đó:

- IndexFilterActual là giá trị bộ lọc được tính để lọc ra toàn bộ dữ liệu NPRACH;
- positionF là vị trí tìm kiếm được biên độ năng lượng lớn nhất của dữ liệu $N_{prachGridTd}$;

- toffset: là độ lệch tương đối phổ tín hiệu phụ thuộc vào băng thông;
- thay thế giá trị bộ lọc thu được IndexFilterActual cho giá trị IndexFilter tiến hành thực hiện lặp lại các bước trên thu được dữ liệu sau lọc giảm mẫu là dữ liệu chứa chỉ có NPRACH;

bước 2: thực hiện loại bỏ khoảng dữ liệu bảo vệ, chuỗi tiền tố lặp và phân tách dữ liệu từng mẫu ký tự, và biến đổi FFT theo từng mẫu ký tự; bước này bao gồm một số công đoạn chuyển đổi:

+ định dạng dữ liệu nhận được theo từng nhóm ký tự và ký tự theo công thức dưới:

$$Z_{ym_i} = Zr(m, i)$$

+ chuẩn hóa dữ liệu và thực hiện biến đổi FFT theo kích thước cửa sổ t_{ff} .

$$Z_{symfft}(i) = fft\left(\frac{Z_{sym_i}}{\max\left(\sum_{j=0}^{j=n_{seq}} Z_{sym_i}(j)\right)}\right)$$

trong đó:

- $Z_{symfft}(i)$ là dữ liệu sau biến đổi FFT theo từng khung ký tự thứ i ;

bước 3: dò tìm sóng mang khởi tạo theo cửa sổ, so sánh và hiệu chỉnh ngưỡng đưa ra quyết định dữ liệu, loại bỏ tín hiệu truy cập ngẫu nhiên giả; bước này bao gồm các công đoạn:

- + công đoạn 1: tính toán và quyết định ngưỡng tín hiệu dựa theo cường độ tín hiệu và băng thông hệ thống, cụ thể thực hiện như sau:
- + thực hiện ánh xạ giá trị ngưỡng cơ bản n_{base} theo băng thông như bảng sau:

Băng thông 20 MHz	Băng thông 15 MHz	Băng thông 10 MHz	Băng thông 5 MHz	Băng thông 3 MHz
$n_{base} = 27$	$n_{base} = 35$	$n_{base} = 49$	$n_{base} = 54$	$n_{base} = 60$

+ đưa ra tính toán giá trị ngưỡng phụ thuộc vào bảng thông và giá trị cường độ tín hiệu thu, đây là bước lọc hiệu chỉnh theo dữ liệu thời gian thực, biến đổi theo cường độ tín hiệu đầu vào, công thức mô tả như dưới:

$$n_{rssi} = \frac{\text{ceil}\left(\frac{\left(\sum_{j=0}^{j=n_{seq}} Z_{symfft}(j) * Z_{symfft}(j)\right)}{32767}\right)}{2} + 128$$

$$n_{Thresh} = 10 \times (\log_{10} n_{RB}) \times \frac{n_{rssi}}{128} + n_{base}$$

trong đó:

- n_{rssi} là giá trị cường độ tín hiệu đo được theo từng khung cửa sổ lọc ký tự;
 - n_{RB} là số tài nguyên vật lý phụ thuộc vào bảng thông;
 - n_{base} là giá trị ngưỡng cơ bản phụ thuộc vào bảng thông;
 - n_{Thresh} là giá trị ngưỡng tính toán được sau hiệu chỉnh;
 - $n_{seq}, Z_{symfft}(j)$, được mô tả như trên;
- + đánh giá từ bảng thông để tính ra giá trị số lượng tài nguyên vật lý n_{RB} ,

bảng tham chiếu như sau:

Bảng thông 20 MHz	Bảng thông 15 MHz	Bảng thông 10 MHz	Bảng thông 5 MHz	Bảng thông 3 MHz
$n_{RB} = 100$	$n_{RB} = 75$	$n_{RB} = 50$	$n_{RB} = 25$	$n_{RB} = 15$

+ tính tương quan tín hiệu từ chuỗi tín hiệu tham khảo sinh ra từ công đoạn 2 của bước 1 với dữ liệu sau chuẩn hóa ở công đoạn 3 của bước 2 theo công thức:

$$Y_{corr} = Y_{ref}(i) * Z_{symfft}(i)$$

+ tìm kiếm giá trị năng lượng lớn nhất trên từng cửa sổ, tính số đỉnh theo từng cửa sổ theo công thức dưới:

$$win_{peakcount} = \left(\max \left(\sum_{j=0}^{j=n_{windowSearch}} Y_{corr}(j) \right) > n_{Thresh} \right)$$

trong đó:

- $win_{peakcount}$ là số lượng đỉnh tín hiệu tìm thấy theo cửa sổ;
- $n_{windowSearch}$ là độ dài cửa sổ tìm kiếm phụ thuộc vào cấu hình dịch tần số subcarrierOffset;
- n_{Thresh} , $Y_{corr}(j)$ được mô tả như trên;
- nếu $win_{peakcount} = 0$ thì hoàn toàn không có dữ liệu NPRACH.
- nếu giá trị số đỉnh = 1 thực hiện đánh giá kết quả với cửa sổ lọc thứ hai, trường hợp tính $peak_{count2} > 1$ thì dữ liệu thực, còn lại là dữ liệu giả gây nhiễu bởi môi trường nên loại bỏ; công thức mô tả cách tính như sau:

$$Y_{corr2} = (Z_{symfft}(i) * Z_{symfft}(i + 1))$$

$$peak_{corr2} = \max \left(\sum_{j=0}^{j=n_{windowSearch}} Y_{corr2}(j) \right)$$

$$peak_{count2} = \left(peak_{corr2} > n_{Thresh} \times \frac{n_{base}}{n_{seq}} \right)$$

trong đó:

- Y_{corr2} là tương quan tín hiệu của hai nhóm ký tự mẫu ký tự liên tiếp;
- $peak_{corr2}$ là giá trị đỉnh năng lượng của Y_{corr2} theo từng cửa sổ;
- n_{base} , n_{seq} , $n_{windowSearch}$ được mô tả như trên;
- nếu giá trị là số đỉnh = 2 thì dữ liệu thu được là thực;
- nếu giá trị số đỉnh > 2 thực hiện lặp cửa sổ để loại bỏ đỉnh giả lần hai;
 - xét vị trí của các đỉnh năng lượng $peak_{count3} < 1$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh này do là dữ liệu giả;
 - nếu $peak_{count3} > 1$ và $peak_{queue} \geq 5$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh giả;
 - nếu $peak_{count3} > 1$ và $peak_{queue} \leq 2$ thì loại bỏ dữ liệu đỉnh giả;

- nếu $peak_{count3} > 1$ và $peak_{queue} = 3$ thì lựa chọn đỉnh có vị trí tiệm cận trái giá trị cửa sổ;
- nếu $peak_{count3} > 1$ và $peak_{queue} = 4$ thì lựa chọn đỉnh có vị trí tiệm cận phải giá trị cửa sổ;

công thức mô tả:

$$peak_{queue} = \left(\frac{peak_{position}}{n_{seq}} \right)$$

$$peak_{count3} = \left(peak_{corr2} > n_{Thresh} \times \left(\frac{n_{base}}{n_{seq}} + 1 \right) \right)$$

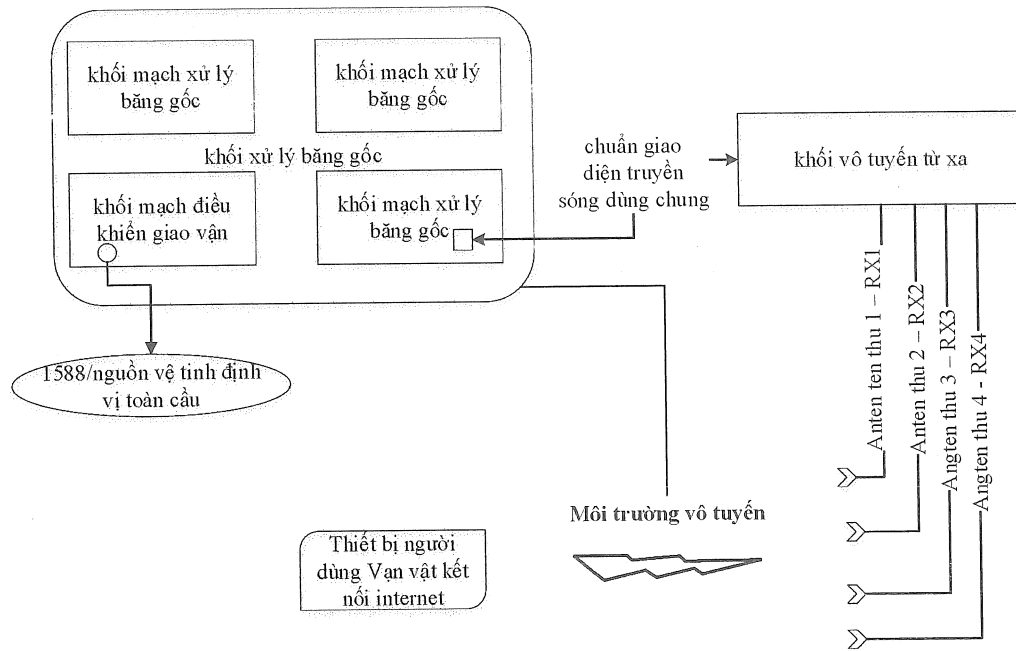
trong đó:

- $peak_{queue}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo cửa sổ;
- $peak_{position}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo mẫu ký tự;
- $peak_{count3}$ là số lượng đỉnh tính được sau lặp cửa sổ hiệu chỉnh lần 2;
- n_{base} , n_{seq} , n_{Thresh} được mô tả như trên;
- từ vị trí đỉnh tín hiệu tìm được tính toán được vị trí khởi tạo sóng mang cho toàn bộ chuỗi dữ liệu NPRACH theo công thức:

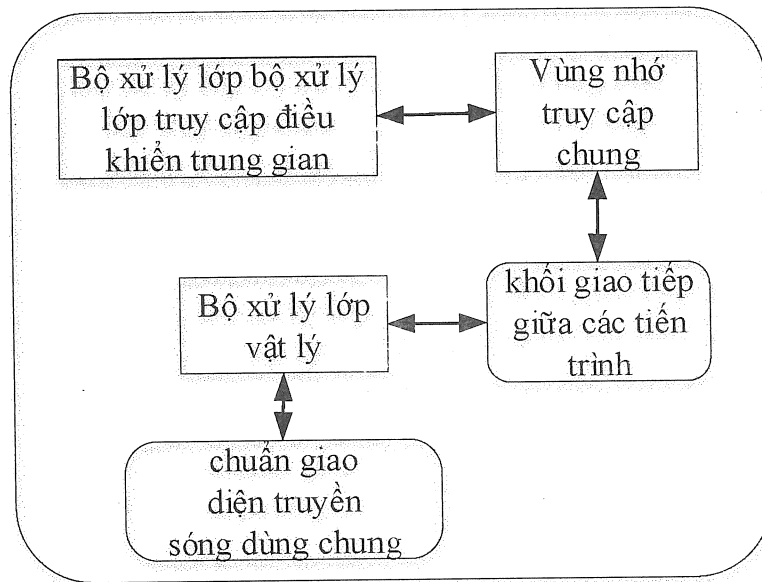
$$sc_{init} = \text{ceil} \left(\frac{peak_{position}}{5} \right) + 1$$

trong đó:

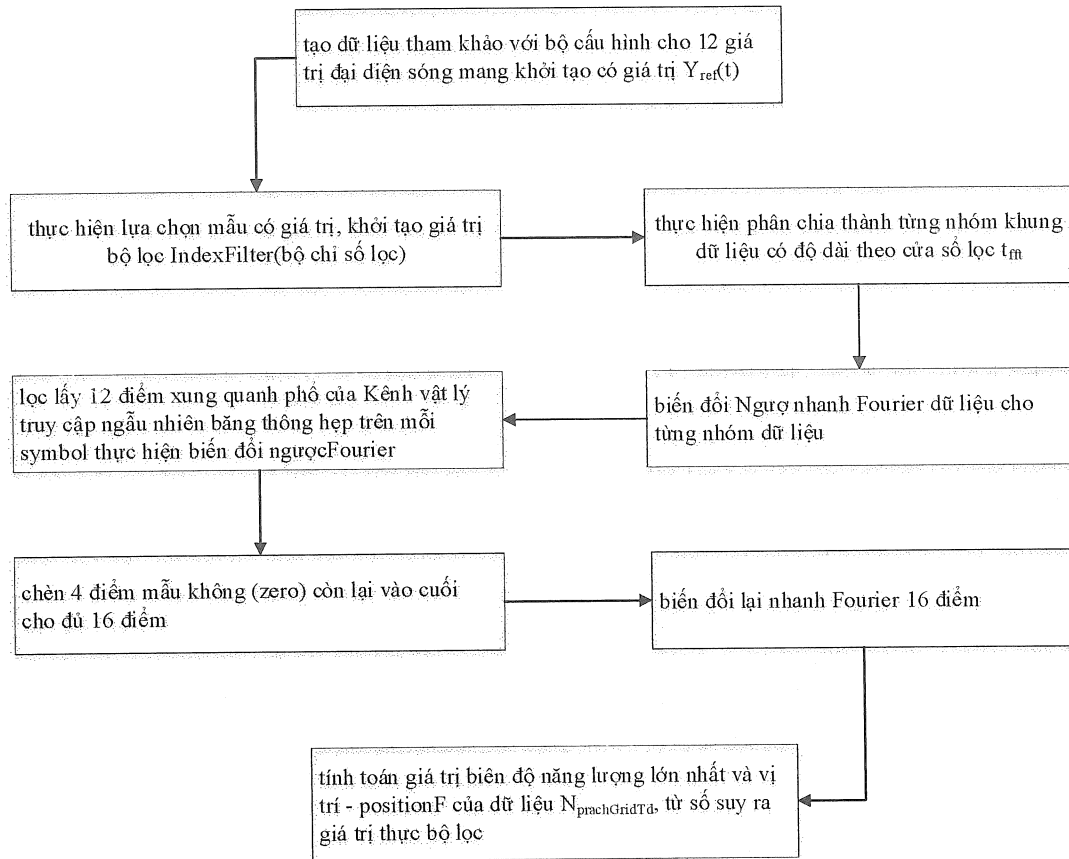
- sc_{init} là sóng mang cho chuỗi dữ liệu NPRACH thực;
- $peak_{position}$ là vị trí đỉnh tìm kiếm theo mẫu ký tự.



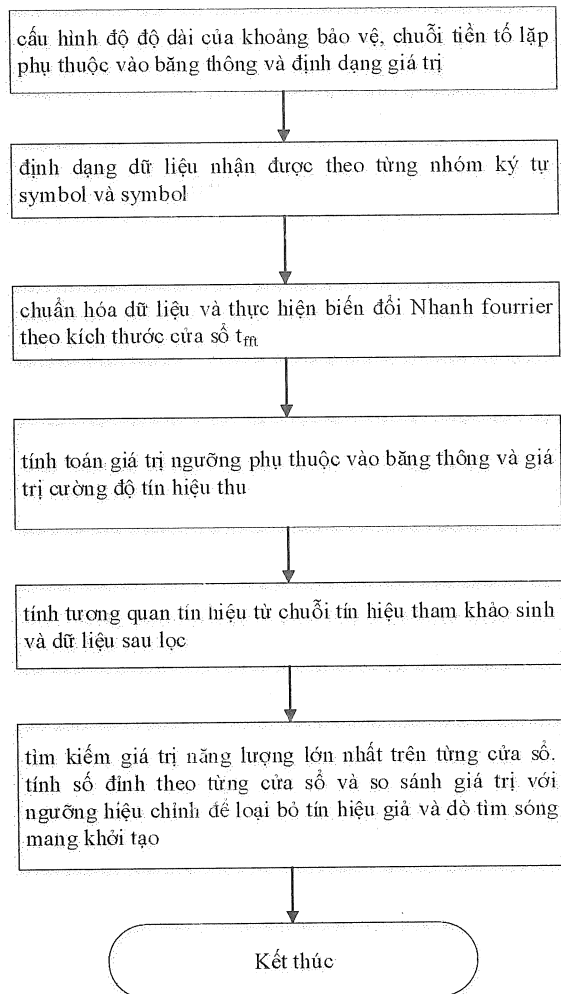
Hình 1



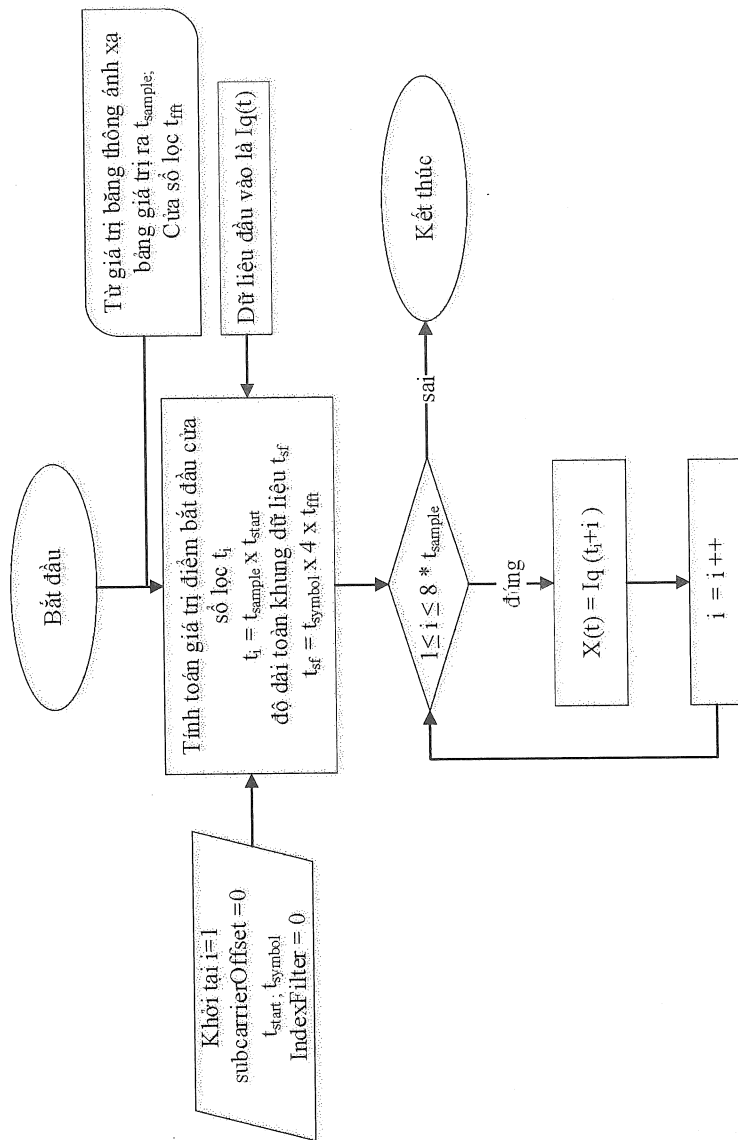
Hình 2



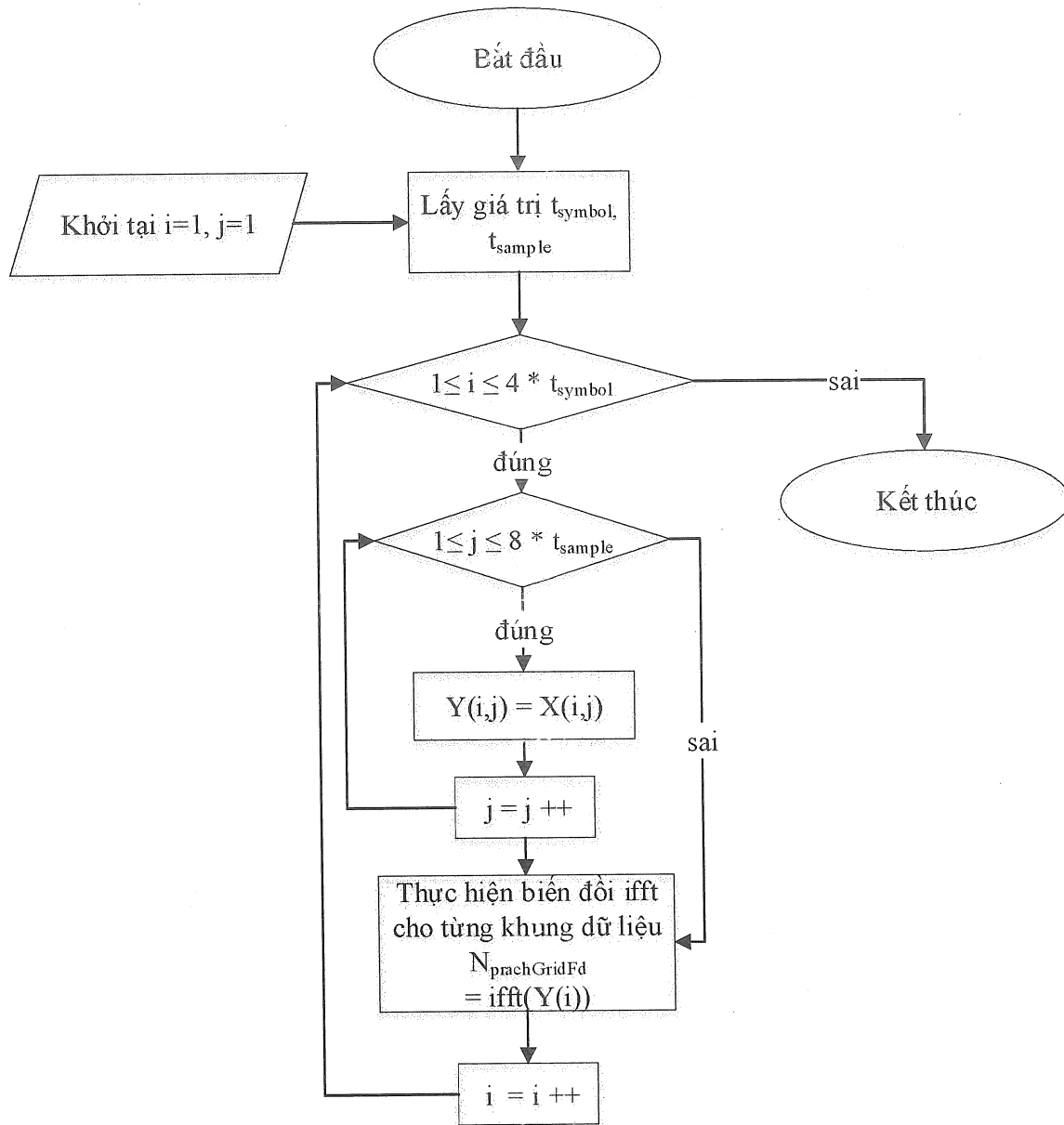
Hình 3



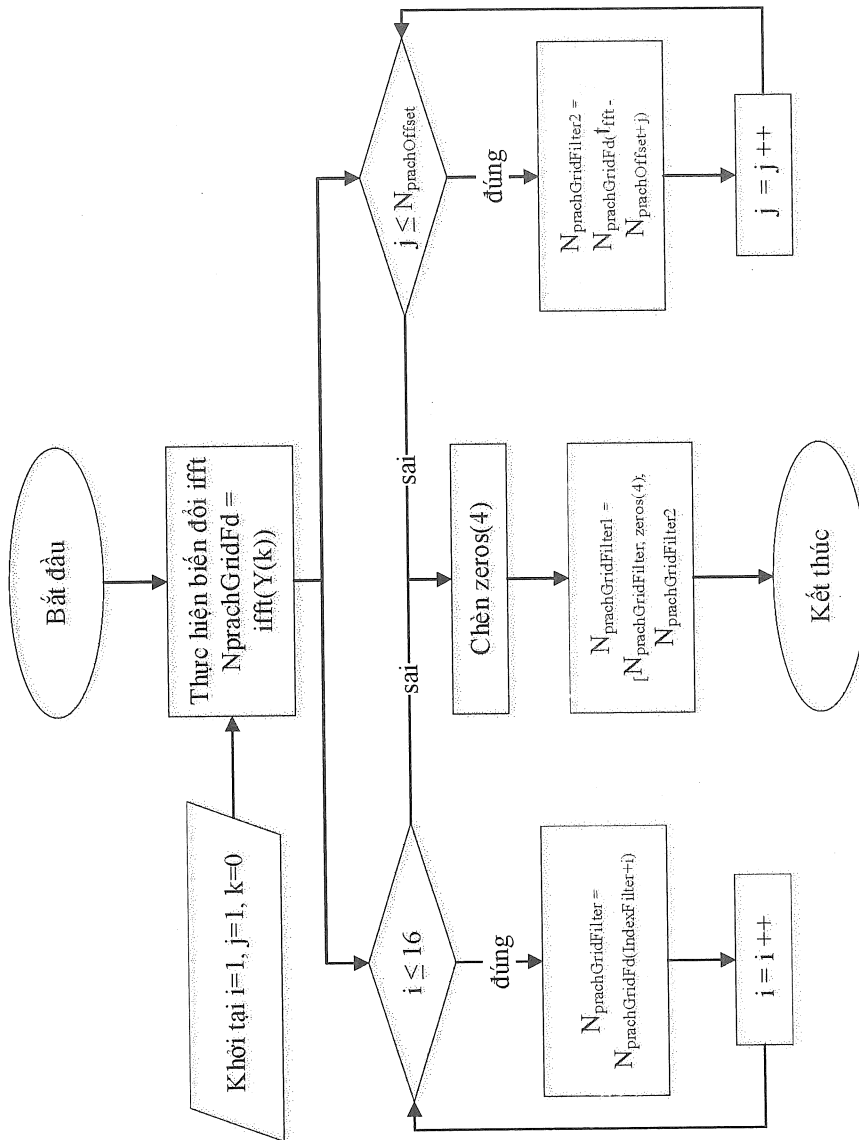
Hình 4



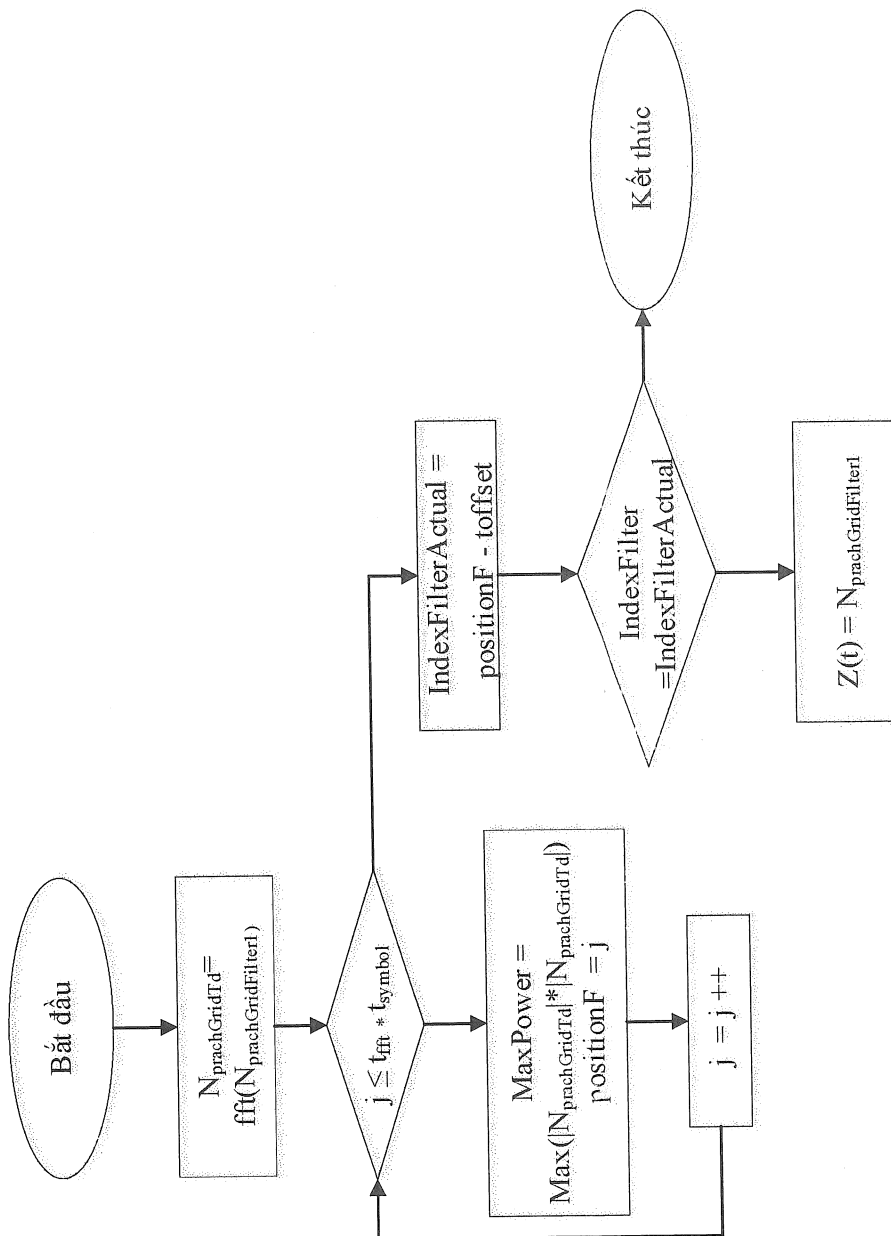
Hình 5



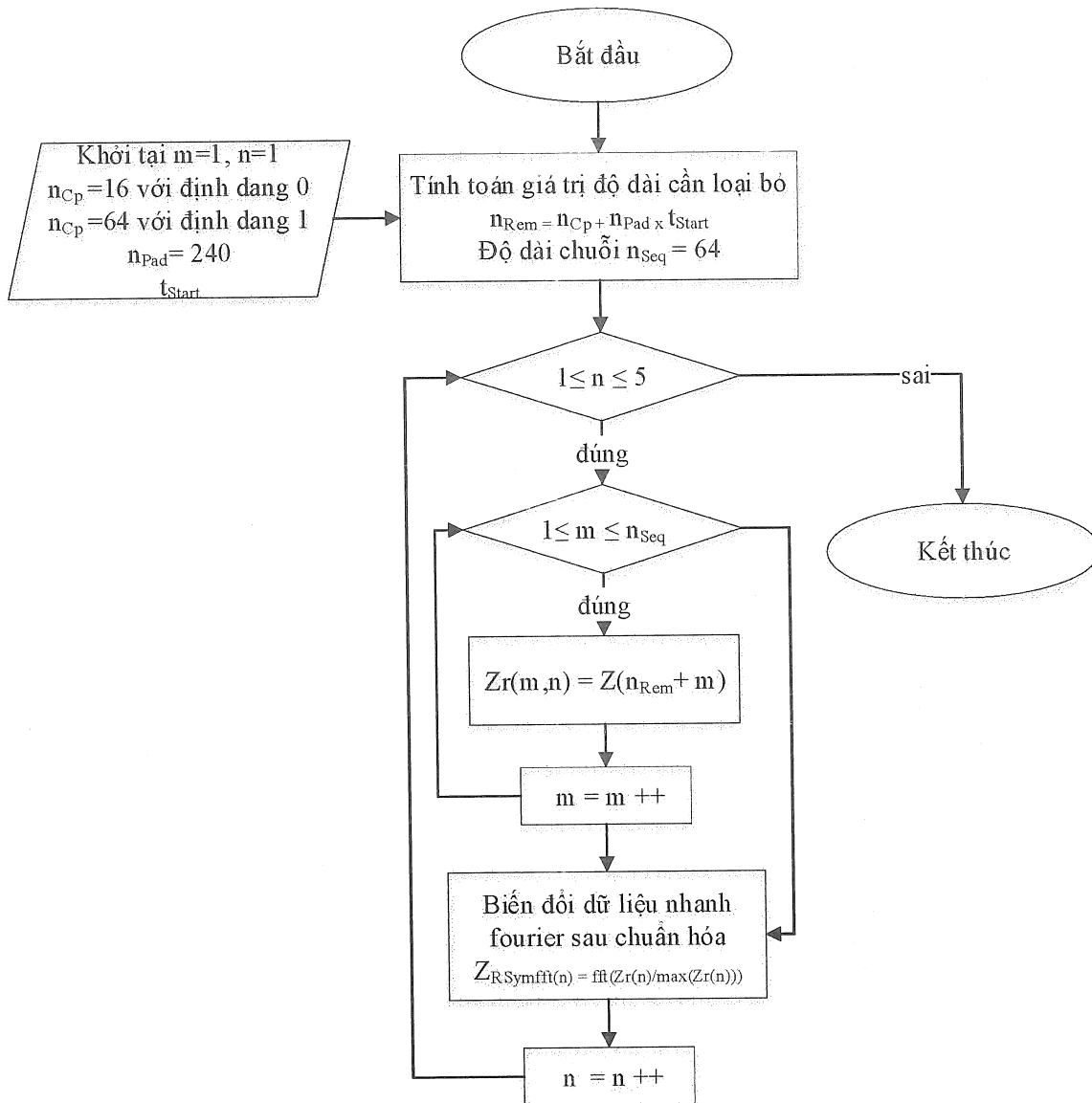
Hình 6



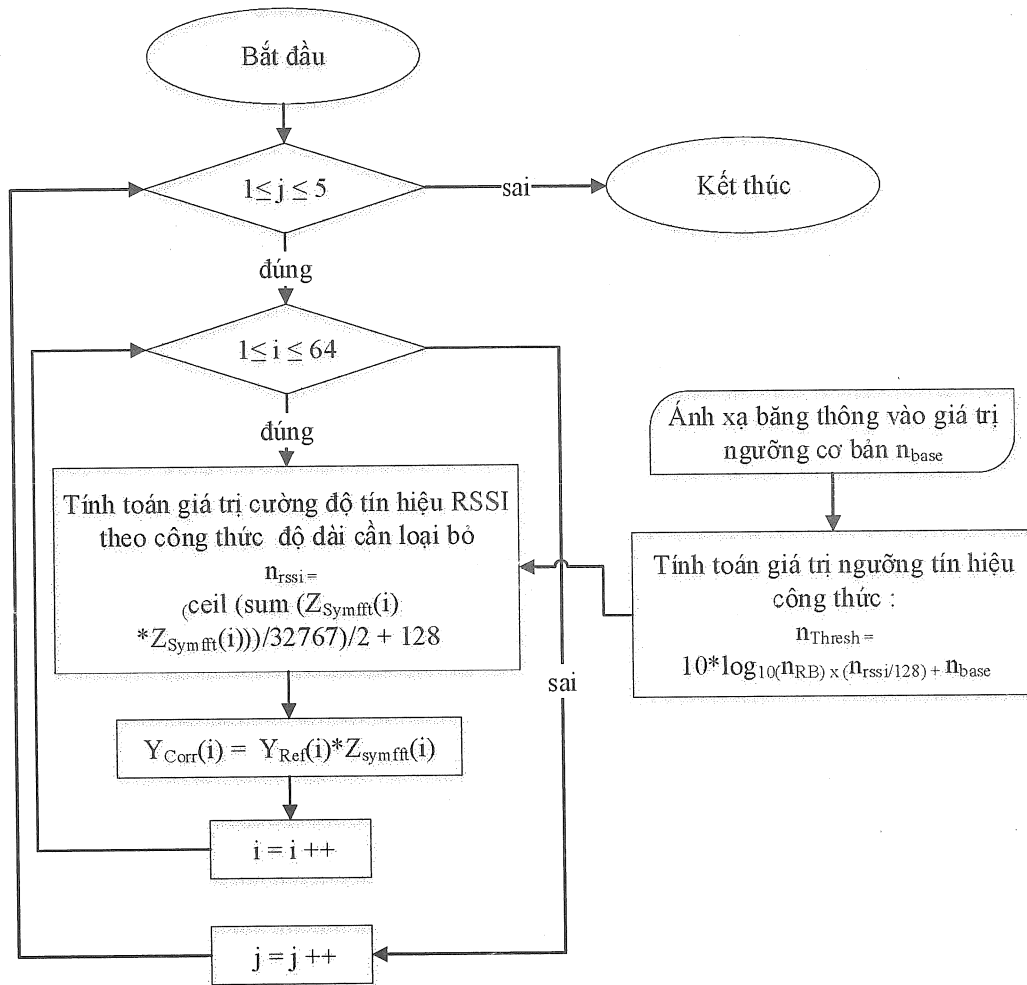
Hình 7



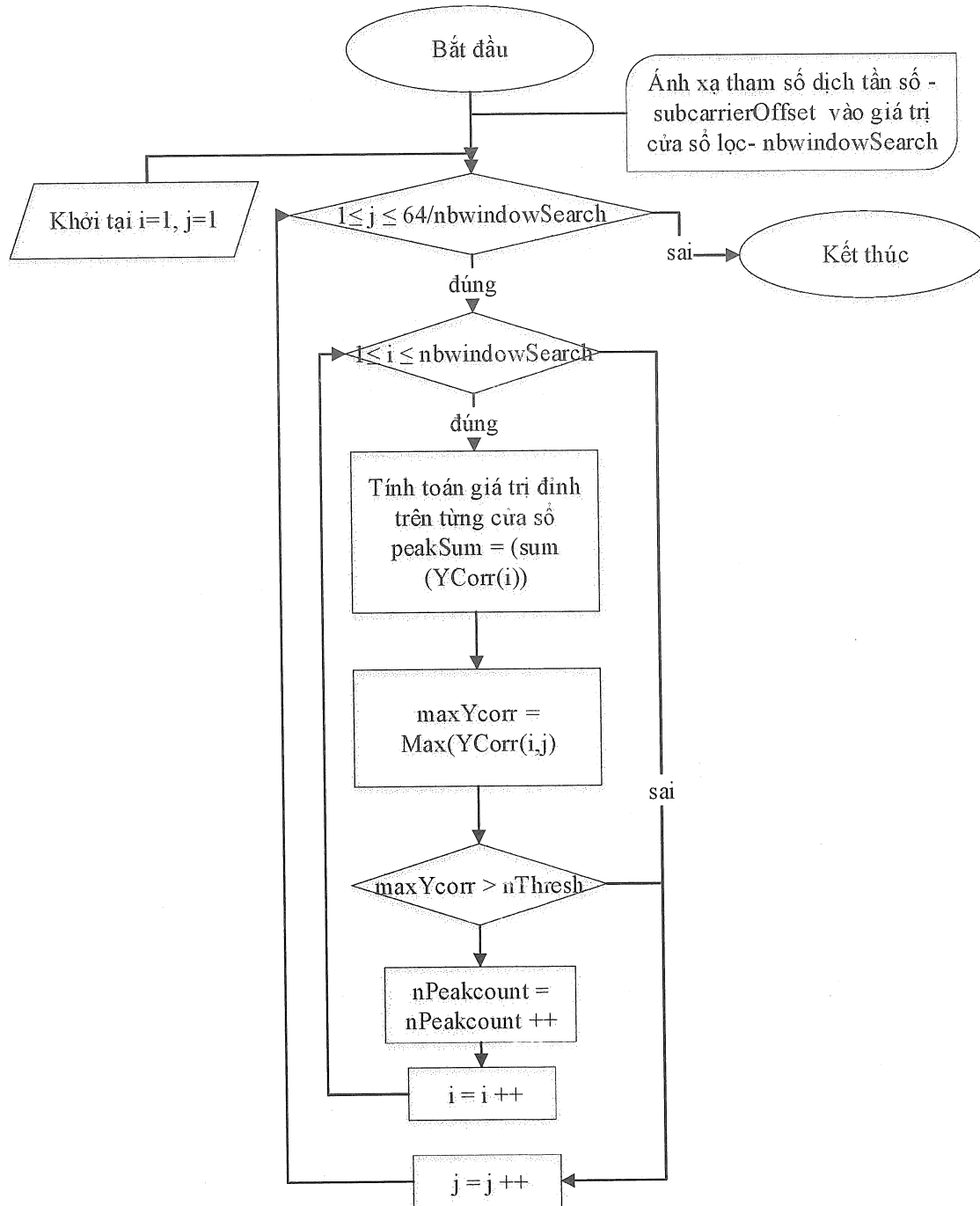
Hình 8



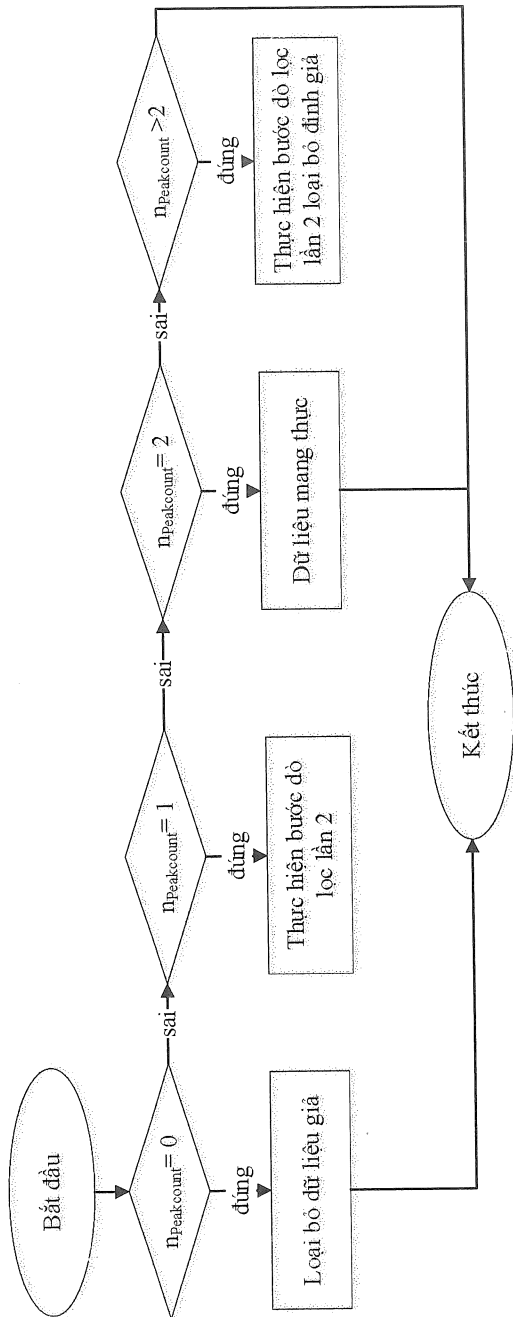
Hình 9



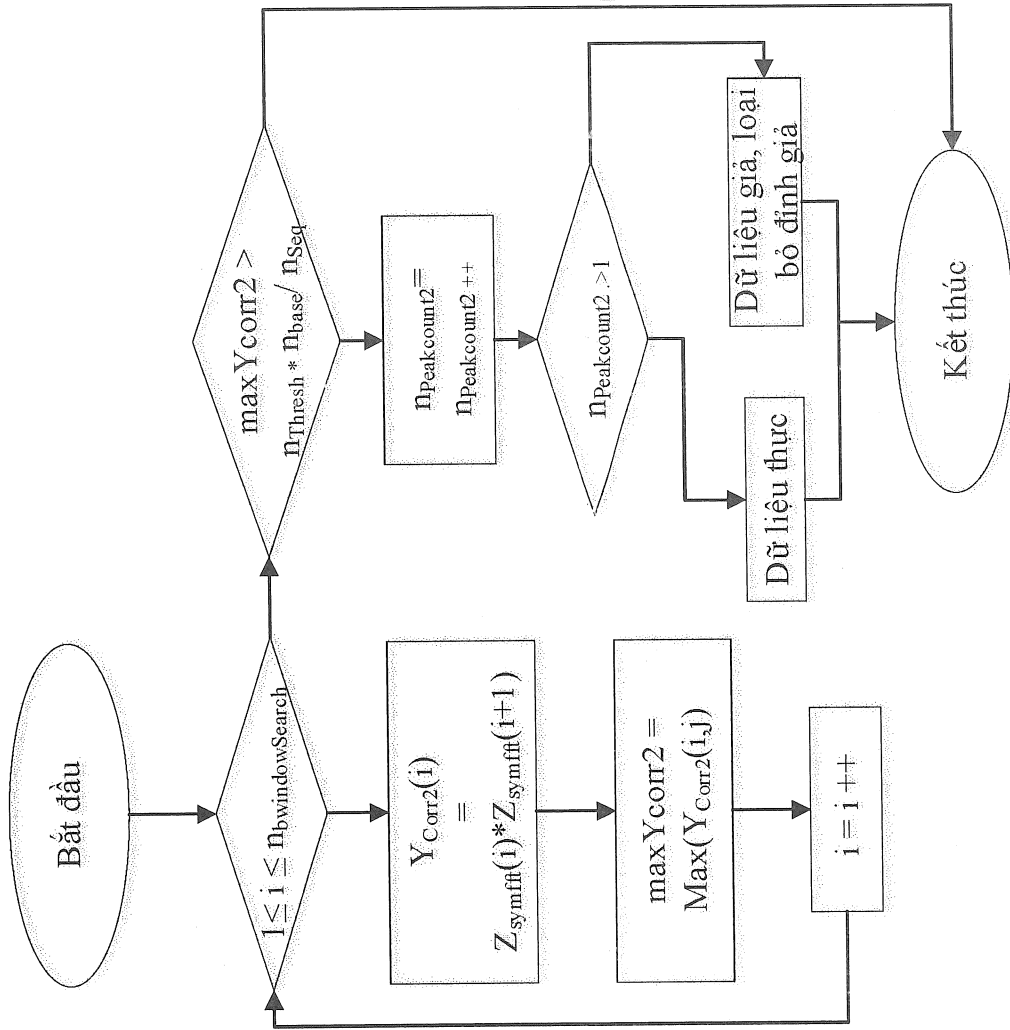
Hình 10



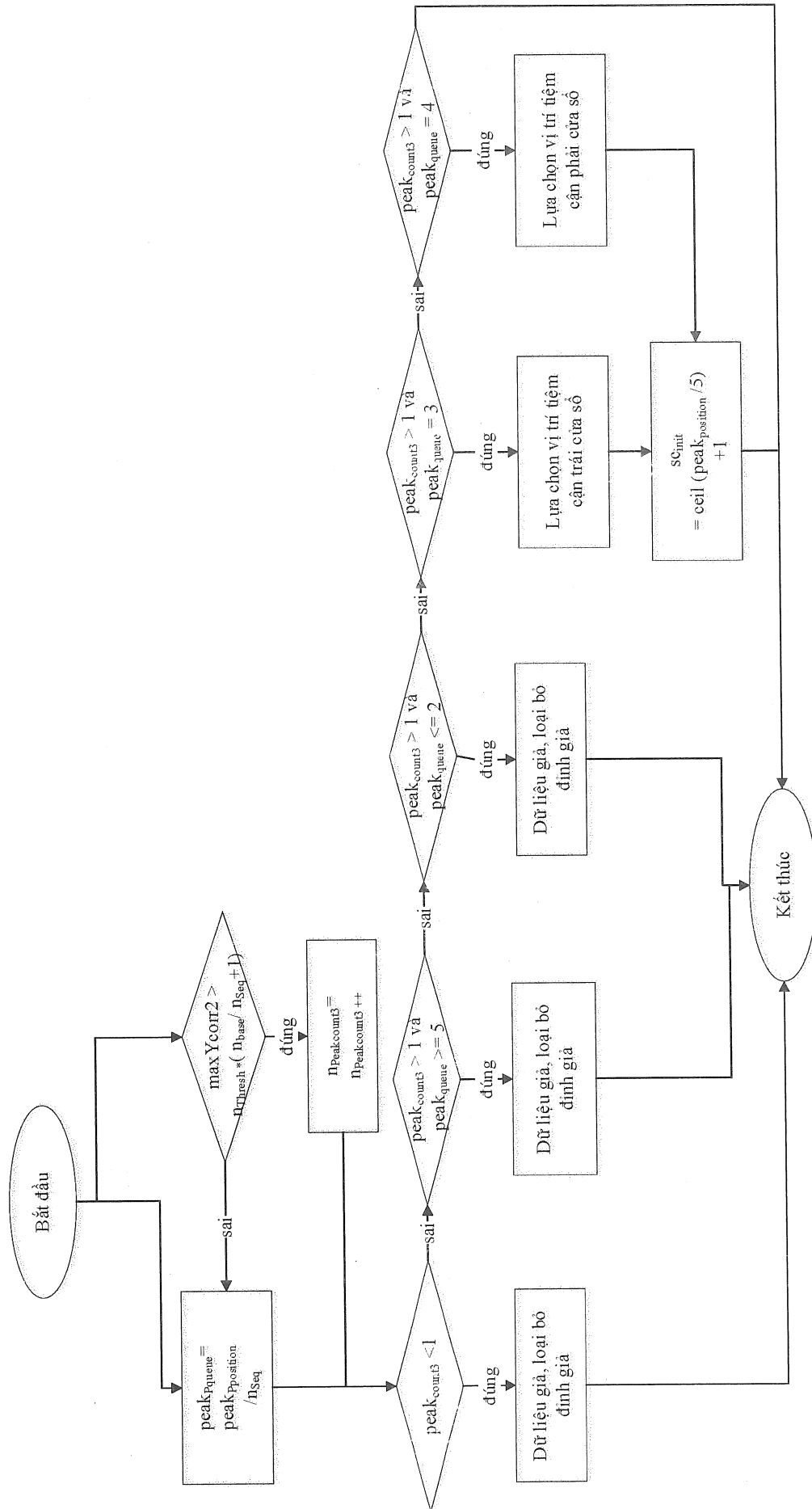
Hình 11



Hình 12



Hình 13



Hình 14