



(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)



1-0052693

(51)^{2022.01} G01S 13/00

(13) B

(21) 1-2023-00590

(22) 31/01/2023

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/05/2023 422A

(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

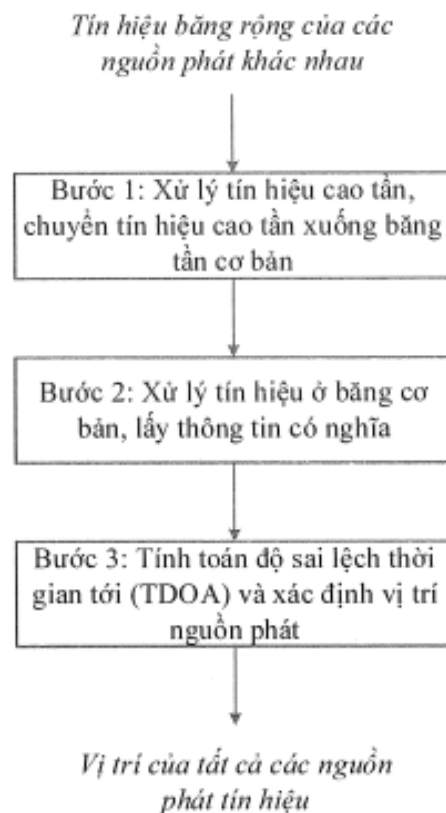
(72) ĐỒNG QUANG TRUNG (VN); Chu Quang Dân (VN); Nguyễn Bảo Quốc (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ NGUỒN PHÁT TÍN HIỆU
DỰA TRÊN TÍNH TOÁN ĐỘ LỆCH THỜI GIAN TỐI

(21) 1-2023-00590

(57) Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới. Trong đó, hệ thống được đề xuất bao gồm các khối: khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản; khối tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và định vị nguồn phát. Đồng thời, sáng chế cũng đề xuất một phương pháp mới để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu bao gồm các bước: bước 1: xử lý tín hiệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; bước 2: xử lý tín hiệu ở băng cơ bản, lấy thông tin có nghĩa; bước 3: tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và xác định vị trí nguồn phát.



Hình 4

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Hệ thống và phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới (Time Difference of Arrival - TDOA). Cụ thể, hệ thống và phương pháp được đề cập trong sáng chế được ứng dụng trong việc giám sát, phát hiện các nguồn tín hiệu gây nhiễu, các nguy cơ gây hại cho cả dân sự và quân sự.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, việc định vị các nguồn phát tín hiệu vô tuyến với mục đích xác định giám sát, phát hiện các nguồn tín hiệu gây nhiễu, các nguy cơ.... Trong các phương pháp định vị truyền thống hiện nay, khi muốn định vị một nguồn phát, cần phải biết thông tin về tần số hoạt động của nguồn phát để tiến hành thu nhận dữ liệu tín hiệu IQ (tín hiệu trực pha - in-phase/quadrature) của nguồn phát ở tần số mong muốn, sau đó, mới áp dụng được các thuật toán để xác định vị trí nguồn phát.

Các phương pháp hiện nay chủ yếu dựa trên các phương pháp xác định góc tới của tín hiệu (AoA – Angle of Arrival), hoặc dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới (Time Difference of Arrival – TDOA). Trong đó phương pháp TDOA là phương pháp hay sử dụng nhất. Có rất nhiều phương pháp TODA đã đề xuất trong quá khứ. Các phương pháp hay được sử dụng trong lý thuyết có thể kể đến phương pháp biến đổi pha (Phase Transform - PHAT), phương pháp Hassab-Boucher, phương pháp tương quan chéo (Cross-Correlation), phương pháp Pi-SCP, SCOT,.... Mỗi phương pháp có một ưu nhược điểm riêng. Tuy nhiên, tất cả các phương pháp trên (ngoại trừ phương pháp Cross-correlation), đều rất khó áp dụng trong thực tế thông tin vô tuyến: đó là các hệ thống phải giảm tần số lấy mẫu để có thể truyền dữ liệu qua sóng 3G, 4G từ các bộ thu (sensor) truyền về trung tâm xử lý dữ liệu (cách xa nhau hàng chục km) do tốc độ đường truyền bị hạn chế. Giải pháp tương quan chéo (cross-correlation) để xác định giá trị TODA là giải pháp cổ điển, có thể được dùng để xác định giá trị TDOA, nhưng độ chính xác không được cao.

Trong nội dung sáng chế, sẽ đề xuất một hệ thống và một phương pháp hoàn toàn mới để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên phương pháp TDOA. Phương pháp

này đã được kiểm nghiệm thực tế, và đã được so sánh thực tế với các phương pháp khác trong lý thuyết. Ngoài ra, phương pháp này có thể ứng dụng để xác định vị trí nguồn phát tín hiệu nhảy tần, do các tín hiệu nhảy tần thường có dạng điều chế FM và điều chế QPSK.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích thứ nhất của sáng chế là đề xuất một hệ thống xác định nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới bao gồm các khối:

Khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản: thực hiện xác định các tham số của nguồn phát tín hiệu (tần số trung tâm, băng thông tín hiệu), lọc tín hiệu cao tần với băng thông xác định ở trên để nâng cao độ chính xác khi xác định giá trị TODA, giảm tần số lấy mẫu của tín hiệu IQ để làm giảm dung lượng dữ liệu truyền qua cáp quang hoặc qua mạng 3G, 4G;

Khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản: thực hiện tiền xử lý dữ liệu IQ, chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu IQ, lọc dữ liệu sau quá trình chuẩn hóa, nội suy tín hiệu ở tần số lấy mẫu băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz và chuyển dữ liệu sau lọc sang miền tần số sử dụng biến đổi Fourier;

Khối tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và định vị nguồn phát: thực hiện tính toán tương quan trong miền tần số để xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu và xác định vị trí nguồn phát tín hiệu thông qua giá trị (TDOA) cho từng cặp bộ thu.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp xác định nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới. Để đạt được mục đích thứ hai như đã nêu, sáng chế đề xuất một giải pháp xử lý tín hiệu IQ tại băng cơ bản, lọc lấy thông tin có nghĩa để xử lý, thay vì dùng tín hiệu IQ thông thường ở băng cơ bản, từ đó nâng cao hiệu năng xử lý, không bị ảnh hưởng bởi nhiễu. Ngoài ra, sáng chế cũng đề xuất một phương pháp xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA). Với phương pháp mới, thì sẽ giải quyết vấn đề tài nguyên xử lý của hệ thống, đảm bảo chỉ cần một hệ thống có tốc độ xử lý vừa phải là có thể xác định được tọa độ vị trí nguồn phát. Phương pháp được đề xuất bao gồm các bước:

Bước 1: xử lý tín hiệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; tại bước này, thực hiện chuyển tín hiệu tương tự sang tín hiệu IQ sử dụng bộ chuyển đổi

ADC, và chuyển sang miền tần số để xác định các tham số nguồn phát như tần số trung tâm và băng thông; lọc tín hiệu bằng bộ lọc để loại bớt nhiễu và sau đó giảm tần số lấy mẫu để có thể truyền qua cáp quang và qua mạng 3G, 4G;

Bước 2: xử lý tín hiệu ở băng cơ bản, lấy thông tin có nghĩa; tại bước này, tiến hành tiền xử lý dữ liệu thông qua sử dụng pha tín hiệu; chuẩn hóa công suất tín hiệu sao cho công suất trung bình của tất cả các tín hiệu thu được đều bằng nhau; lọc tín hiệu để loại bớt nhiễu; sau đó chuyển tín hiệu sang miền tần số

Bước 3: tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và xác định vị trí nguồn phát; tại bước này, xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu thông qua thuật toán mới; từ các giá trị TDOA cho từng cặp bộ thu khác nhau và vị trí của các trạm thu (sensor) sẽ xác định được vị trí nguồn phát.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 mô tả hình vẽ hệ thống định vị nguồn phát tín hiệu trong vùng giám sát. Mỗi một vùng giám sát cần ít nhất ba bộ thu (sensor) khác nhau và đặt cách xa nhau. Các bộ thu có thể đặt cách nhau tới 10km, và các bộ thu truyền dữ liệu IQ về bộ xử lý trung tâm thông qua cáp quang hoặc đường truyền 3G, 4G;

Hình 2 mô tả kiến trúc các khối của hệ thống xác định vị trí nguồn phát tín hiệu thông qua tính toán độ lệch thời gian tới;

Hình 3 mô tả việc xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên phương pháp TDOA;

Hình 4 mô tả các bước xử lý từ lúc thu được các tín hiệu cao tần đến khi xác định được vị trí của các nguồn phát tín hiệu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế thông qua diễn giải và hình vẽ kèm theo. Hệ thống và phương pháp đề xuất được áp dụng kiến trúc phân bố vị trí các ký tự tham chiếu như tham chiếu Hình 2, Hình 3, Hình 4 như thể hiện tại ví dụ sau đây chỉ có tác dụng làm rõ và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với giải pháp kỹ thuật.

Tham chiếu Hình 1, một hệ thống định vị nguồn phát tín hiệu là một hệ thống có ít nhất ba trạm thu đặt cách nhau khoảng 7-10km. Trong đó nguồn phát tín hiệu sẽ phát một tín hiệu, và tín hiệu này là vô hướng, truyền đến ba trạm thu. Các trạm thu (sensor)

sẽ thu dữ liệu IQ phát đi từ cùng một nguồn phát tín hiệu như có độ trễ đến các trạm thu là khác nhau. Dữ liệu IQ từ các trạm thu ở xa sẽ được truyền về trạm thu trung tâm, thông qua sóng 3G hoặc 4G. Từ giá trị sai lệch thời gian tới (TDOA) đến các trạm thu khác nhau, và vị trí các trạm thu (sensor) là biết trước, ta sẽ xác định được vị trí nguồn phát tín hiệu.

Giả sử một tín hiệu $s(t)$ truyền đi từ nguồn phát. Giả sử tín hiệu thu được tại trạm thu thứ nhất và trạm thu thứ hai lần lượt là $y_1(t)$ và $y_2(t)$:

$$\begin{aligned}y_1(t) &= s(t) + n_1(t), \\ y_2(t) &= s(t + \Delta\tau) + n_2(t),\end{aligned}$$

Như vậy, quá trình xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) giữa hai trạm thu thứ nhất và thứ hai là quá trình xác định giá trị $\Delta\tau$.

Tham chiếu Hình 2, hệ thống xác định nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới bao gồm các khối: khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản 101; khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản 102; khối tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và định vị nguồn phát 103. Trong đó:

Trong khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản 101: sử dụng hệ thống màn hình giám sát phổ tần số băng rộng từ hàng chục MHz đến hàng trăm MHz, trong đó bao phủ toàn bộ dải tần giám sát, và bao phủ nhiều nguồn phát nhảy tần cùng hoạt động. Trong màn hình giám sát phổ tần số băng rộng này, sẽ xuất hiện hàng chục đến hàng trăm nguồn phát tín hiệu. Thông thường một nguồn phát tín hiệu có băng thông rộng cỡ vài chục kHz đến vài trăm kHz, và các nguồn phát có thể được sử dụng các dạng điều chế từ tương tự (AM, FM) đến các dạng điều chế số (FSK, ASK, BPSK, QAM,...). Nên một vùng giám sát có thể giám sát vài chục đến vài trăm nguồn phát nhảy tần cùng lúc. Khối này sẽ thực hiện các chức năng:

- Xác định các tham số của các nguồn phát tín hiệu: tần số trung tâm, băng thông của tín hiệu. Quá trình xác định tham số của tín hiệu có thể sử dụng biến đổi Fourier rời rạc, hoặc có thể sử dụng các phương pháp hình học để xác định tham số nguồn phát tín hiệu.
- Lọc tín hiệu cao tần thu được với băng thông tương ứng được xác định ở bước trên. Quá trình lọc nhiễu tín hiệu là quá trình nâng cao tỉ lệ công suất tín hiệu trên

tạp (SNR – Signal to Noise Ratio), từ đó nâng cao độ chính xác khi xác định giá trị TDOA.

- Giảm tần số lấy mẫu của tín hiệu IQ. Từ đó làm giảm dung lượng dữ liệu truyền qua cáp quang hoặc qua mạng 3G, 4G. Quá trình làm giảm tần số lấy mẫu phù hợp với các hệ thống truyền tin trong thực tế, nhưng sẽ làm giảm độ chính xác xác định giá trị độ sai lệch thời gian tới (TDOA). Tần số lấy mẫu càng cao, thì độ chính xác định vị càng cao, tần số lấy mẫu càng thấp, thì độ chính xác định vị càng kém. Trong trường hợp tần số lấy mẫu cỡ vài trăm kHz, thì một số thuật toán xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) trong lý thuyết là cho kết quả ước lượng sai số rất rất lớn, như các thuật toán: Phase Transform - PHAT, Hassab-Boucher, phương pháp Pi-SCP, SCOT....

Trong khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản 102: dữ liệu sau quá trình giảm tần số lấy mẫu sẽ qua các bước xử lý:

- Tiền xử lý dữ liệu IQ.
- Chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu IQ sau quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ.
- Lọc dữ liệu sau quá trình chuẩn hóa công suất.
- Nội suy tín hiệu ở tần số lấy mẫu ở băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz.
- Chuyển dữ liệu sau lọc từ miền thời gian sang miền tần số sử dụng biến đổi Fourier.

Những tính năng quan trọng mà nội dung sáng chế được đề xuất đó là bốn bước đầu tiên trong khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản 102, bao gồm: tiền xử lý dữ liệu IQ, chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu IQ sau quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ, lọc dữ liệu sau quá trình chuẩn hóa. Quá trình nội suy tín hiệu ở tần số lấy mẫu ở băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz.

Quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ rất quan trọng. Quá trình này loại bỏ những dữ liệu không có ích, ví dụ như trong tín hiệu điều chế tần số (Frequency Modulation – FM) của tổng đài taxi thì băng thông dữ liệu có ích chỉ có 3,4kHz; trong khi băng thông thực tế của tín hiệu tổng đài lại tận 25kHz. Như vậy qua quá trình tiền xử lý dữ liệu, thì có thể tiết kiệm được:

$$10\log_{10}\left(\frac{25kHz}{3,4kHz}\right)=8,7(dB)$$

Chuẩn hóa công suất dữ liệu để đảm bảo các tín hiệu thu bởi các phần cứng của các bộ thu khác nhau sẽ có công suất trung bình bằng nhau trước khi tính toán xác định giá trị TODA.

Quá trình lọc dữ liệu sau khi chuẩn hóa công suất là lọc với một băng thông cố định, để giữ lại thông tin có nghĩa, lọc đi những dữ liệu không có nghĩa. Quy chuẩn về một băng thông chung cho các tín hiệu thu từ các bộ thu khác nhau.

Quá trình nội suy tín hiệu ở tần số lấy mẫu bằng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz cũng là một thành phần quan trọng của hệ thống. Nếu như tần số lấy mẫu ở băng cơ bản là 200kHz, thì lúc này nếu như quá trình tính toán tương quan đưa ra sai số một mẫu (sample), thì sai số sẽ tương ứng với sai số định vị:

$$\Delta d = \frac{c}{frequency} = \frac{299792458\left(\frac{m}{s}\right)}{200000} \approx 1500(m)$$

Với c là vận tốc ánh sáng, $frequency$ là tần số lấy mẫu.

Trong khi nếu như tần số lấy mẫu là 10MHz, thì lúc này quá trình tính toán tương quan đưa ra sai số một mẫu (sample), thì sai số tương ứng với sai số định vị chỉ còn là:

$$\Delta d = \frac{c}{frequency} = \frac{299792458\left(\frac{m}{s}\right)}{10000000} \approx 30(m)$$

Như vậy, để có thể triển khai trong thực tế, thì bắt buộc tín hiệu IQ ở cao tần phải được chuyển xuống băng tần cơ bản để có thể truyền qua 3G, 4G. Nhưng sau khi truyền dữ liệu về bộ thu trung tâm, thì dữ liệu phải được nội suy lên tần số lấy mẫu cao (trung tần) để nhận được sai số định vị thấp nhất. Tuy nhiên, chính quá trình giảm tần số lấy mẫu, và nội suy lên trung tần, thì các phương pháp như: phương pháp biến đổi pha (Phase Transform – PHAT), phương pháp Hassab-Boucher, phương pháp Pi-SCP, phương pháp SCOT... đều không cho kết quả đúng như mong muốn. Chỉ có phương pháp tương quan chéo (cross-correlation) là hoạt động, nhưng sai số định vị lớn.

Trong khối tính toán độ sai lệch thời gian tới và xác định vị trí nguồn phát 103, dữ liệu sau khi biến đổi Fourier, sẽ thực hiện qua hai bước sau:

- Tính toán tương quan trong miền tần số để xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu.
- Xác định vị trí nguồn phát tín hiệu thông qua các cặp giá trị độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu khác nhau, và thông qua vị trí của các bộ thu (sensor).

Quá trình xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) sẽ được thực hiện thông qua một thuật toán hoàn toàn mới, trong đó giá trị sai lệch thời gian tới TDOA được xác định thông qua tương quan trong miền tần số có sử dụng trọng số. Trọng số của tương quan được đề xuất trong nội dung sáng chế này là hiệu quả cho tất cả các tín hiệu của các nguồn phát khác nhau, từ tín hiệu điều chế tương tự (AM, FM, ...) cho đến tín hiệu điều chế số (PSK, QAM, OFDM, ...).

Sau khi xác định được từng giá trị TDOA tương ứng cho từng cặp trạm thu (sensor) khác nhau, thì sẽ xác định được vị trí nguồn phát. Nội dung của phương pháp xác định vị trí nguồn phát thông qua các cặp giá trị TDOA đã được đề cập nhiều trong các tài liệu, và sẽ không được đề cập chi tiết trong nội dung sáng chế.

Theo khía cạnh thứ hai của sáng chế đề cập đến phương pháp mới xác định hiệu quả vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới. Tham chiếu Hình 4, bao gồm các bước: bước 1: xử lý tín hiệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; bước 2: xử lý tín hiệu ở băng cơ bản, lấy thông tin có nghĩa; bước 3: tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và xác định vị trí nguồn phát. Cụ thể:

Bước 1: xử lý tín hiệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản. Bước này được thực hiện trong khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản 101. Cụ thể:

Tín hiệu tương tự của nguồn phát sẽ được chuyển thành tín hiệu số IQ bằng rộng bằng bộ chuyển đổi ADC (Analog-To-Digital Converter). Từ đó biến đổi Fourier tín hiệu mong muốn xác định vị trí để xác định các tham số của các nguồn phát tín hiệu: tần số trung tâm, băng thông của tín hiệu.

Tín hiệu sau đó sẽ được lọc bằng bộ lọc thông thấp FIR (Finite Impulse Response) để loại bỏ nhiễu, tăng độ chính xác khi xác định giá trị TDOA. Sau bộ lọc FIR, các tín hiệu IQ được giảm tần số lấy mẫu bằng cách xử lý qua mô đun bộ lọc nội suy (CIC - Cascaded Integrated Comb), xuống tần số lấy mẫu 200kHz với mục đích làm giảm dung

lượng dữ liệu cần phải truyền qua cáp quang hoặc qua mạng 3G, 4G. Quá trình tính toán xác định giá trị TDOA sẽ được thực hiện ở băng tần cơ bản, với tần số lấy mẫu 200kHz cho nhiều loại tín hiệu khác nhau.

Bước 2: xử lý tín hiệu ở băng cơ bản, lấy thông tin có nghĩa. Bước này được thực hiện trong khối xử lý dữ liệu ở băng cơ bản IQ 102. Cụ thể:

Quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ được thực hiện thông qua tín hiệu IQ ở tần số lấy mẫu 200kHz. Giả sử với tín hiệu IQ $y_i(k)$ thu tại trạm thu (sensor) thứ i , với $k = 0 \rightarrow n$, sau quá trình tiền xử lý dữ liệu, ta sẽ thu được tín hiệu:

$$\alpha_i(k) = \text{angle}(y_i(k+1)) - \text{angle}(y_i(k))$$

Sau bước tiền xử lý dữ liệu IQ, thì dữ liệu $\alpha_i(k)$ không còn là dữ liệu phức nữa, mà sẽ trở thành dữ liệu thực.

Từ bước này về sau, việc tính toán trên dữ liệu thực sẽ giảm ba lần số lượng tính toán xuống, đồng thời bộ nhớ cần thiết để lưu trữ dữ liệu sẽ giảm đi hai lần so với việc tính toán giá trị trên dữ liệu phức.

Chuẩn hóa công suất $\alpha_i(k)$ của cùng một nguồn phát nhưng thu ở các bộ thu (sensor) khác nhau về cùng một mức công suất, với mục đích đảm bảo giá trị hội tụ khi tính toán TDOA không bị ảnh hưởng bởi bộ khuếch đại công suất ở khối xử lý tín hiệu cao tần. Quá trình chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu $\alpha_i(k)$:

$$\beta_i(k) = \frac{\alpha_i(k)}{\sum_{j=0}^{n-1} |\alpha_i(j)|} * n$$

Lọc tín hiệu $\beta_i(k)$ bằng bộ lọc thông thấp FIR (Finite Impulse Response) với băng thông là băng thông của tín hiệu (vài chục kHz đến vài trăm kHz, tùy thuộc vào băng thông tín hiệu đó) tại tần số lấy mẫu 200kHz với mục đích làm giảm nhiễu của tín hiệu, tăng độ chính xác của phương pháp định vị sử dụng TDOA.

Tín hiệu sau lọc sẽ được nội suy ở tần số lấy mẫu ở băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz. Quá trình nội suy sẽ được thực hiện bằng cách lọc băng hẹp là băng thông của tín hiệu $\alpha_i(k)$.

Dữ liệu sau khi nội suy sẽ được chia thành các đoạn dữ liệu nhỏ hơn, và sẽ được biến đổi sang miền tần số sử dụng biến đổi Fourier nhanh bằng cách chèn thêm các ký tự 0:

$$z_i(f) = FFT(\alpha_i(k))$$

Với $z_i(f)$ là biến đổi Fourier của tín hiệu $\alpha_i(k)$.

Bước 3: tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và xác định vị trí nguồn phát. Bước này được thực hiện trong khối tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và định vị nguồn phát 103. Cụ thể:

Quá trình tính toán xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) giữa hai cặp tín hiệu thu được ở hai bộ thu khác nhau, và đều được gửi về trạm xử lý trung tâm.

Quá trình tính toán tương quan giữa hai cặp tín hiệu là quá trình tính toán tương quan ở miền tần số. Quá trình xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) được thực hiện xác định trong miền thời gian, bằng cách thực hiện biến đổi Fourier ngược (IFFT) giá trị tương quan giữa hai cặp tín hiệu trong miền tần số.

Trong nội dung sáng chế này đề xuất một phương pháp trọng số cho quá trình tính toán tương quan trong miền tần số giữa hai tín hiệu $z_1(f)$ và $z_2(f)$:

$$\begin{aligned} R_{11}(f) &= |z_1(f)|^2 \\ R_{22}(f) &= |z_2(f)|^2 \\ R_{12}(f) &= z_1(f) * conj(z_2(f)) \\ G(f) &= \frac{|R_{12}(f)|}{\sqrt[4]{R_{22}(f) * R_{11}(f)}} \end{aligned}$$

Trong đó $G(f)$ là trọng số được sử dụng cho quá trình tính toán tương quan.

Giá trị độ sai lệch thời gian tới (TDOA) $\Delta\tau$ từ nguồn phát tới hai trạm thu (sensor) tương ứng với hai tín hiệu $y_1(t)$ và $y_2(t)$ được xác định qua công thức:

$$\Delta\tau = lag\left(\max_{k=0 \rightarrow n-1} \left(abs\left(IFTT\left(G(f) * R_{12}(f)\right)\right)\right)\right)$$

Từ độ trễ thời gian tới $\Delta\tau$, ta sẽ có độ sai lệch về khoảng cách giữa hai nguồn phát thứ nhất và thứ hai là $\Delta r_{21} = \Delta\tau * c$ với c là vận tốc ánh sáng truyền trong chân không.

Từ các cặp giá trị $\Delta r_{21}, \Delta r_{31}, \Delta r_{32}$, cùng với tọa độ biết trước của ba trạm thu (sensor), ta sẽ xác định được vị trí nguồn phát tín hiệu vô tuyến $(\overline{\Delta x}, \overline{\Delta y})$. Tọa độ $(\overline{\Delta x}, \overline{\Delta y})$ là tọa độ vị trí của nguồn phát nhảy tần và sẽ được đẩy lên hiển thị trên bản đồ. Nội dung của phương pháp xác định vị trí nguồn phát thông qua các cặp giá trị TDOA đã được đề cập nhiều trong các tài liệu khác nhau (có thể xác định thông qua giao của ba đường hyperbole, như tham chiếu Hình 3), và sẽ không được đề cập chi tiết trong nội dung sáng chế.

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 xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới bao gồm:

khối xử lý dữ liệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; khối này sẽ thực hiện các chức năng:

xác định các tham số của các nguồn phát tín hiệu: tần số trung tâm, băng thông của tín hiệu; quá trình xác định tham số của tín hiệu có thể sử dụng biến đổi fourier rời rạc, hoặc có thể sử dụng các phương pháp hình học để xác định tham số nguồn phát tín hiệu;

lọc tín hiệu cao tần thu được với băng thông tương ứng được xác định ở bước trên; quá trình lọc nhiễu là quá trình nâng cao tỉ lệ công suất tín hiệu trên tạp (SNR – signal to noise ratio), từ đó nâng cao độ chính xác khi xác định giá trị độ lệch thời gian tới (TDOA);

giảm tần số lấy mẫu của tín hiệu IQ; từ đó làm giảm dung lượng dữ liệu truyền quan cáp quang hoặc qua mạng 3G, 4G.

khối xử lý dữ liệu IQ ở băng cơ bản: dữ liệu sau quá trình giảm tần số lấy mẫu sẽ qua các bước xử lý:

tiền xử lý dữ liệu IQ để loại bỏ những dữ liệu không có ích;

chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu IQ sau quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ để đảm bảo các tín hiệu thu bởi các phần cứng của các bộ thu khác nhau sẽ quy về một hệ quy chiếu trước khi tính toán xác định giá trị TODA

lọc dữ liệu sau quá trình chuẩn hóa công suất: là lọc với một băng thông cố định, để giữ lại thông tin có nghĩa, lọc đi những dữ liệu không có nghĩa; quy chuẩn về một băng thông chung cho các tín hiệu thu từ các bộ thu khác nhau;

nội suy tín hiệu ở tần số lấy mẫu ở băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz;

chuyển dữ liệu sau lọc từ miền thời gian sang miền tần số sử dụng biến đổi fourier;

khởi tính toán độ sai lệch thời gian tới và xác định vị trí nguồn phát, dữ liệu sau khi biến đổi fourier, sẽ thực hiện qua hai bước sau:

tính toán tương quan trong miền tần số để xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu (sensor) khác nhau;

xác định vị trí nguồn phát tín hiệu thông qua các cặp giá trị độ sai lệch thời gian tới (TDOA) cho từng cặp bộ thu khác nhau, và thông qua vị trí của các bộ thu (sensor);

2. Phương pháp xác định vị trí nguồn phát tín hiệu dựa trên tính toán độ lệch thời gian tới bao gồm:

bước 1: xử lý tín hiệu cao tần, chuyển tín hiệu cao tần xuống băng tần cơ bản; cụ thể:

tín hiệu tương tự của nguồn phát sẽ được chuyển thành tín hiệu số IQ bằng rộng băng bộ chuyển đổi ADC (analog-to-digital converter); từ đó biến đổi fourier tín hiệu mong muốn xác định vị trí để xác định các tham số của các nguồn phát tín hiệu: tần số trung tâm, băng thông của tín hiệu;

tín hiệu sau đó sẽ được lọc bằng bộ lọc thông thấp (FIR - finite impulse response) để loại bớt nhiễu; sau bộ lọc FIR, các tín hiệu IQ được giảm tần số lấy mẫu bằng cách xử lý qua mô đun bộ lọc nội suy (CIC - cascaded integrated comb), xuống tần số lấy mẫu 200kHz với mục đích làm giảm dung lượng dữ liệu cần phải truyền qua cáp quang hoặc qua mạng 3G, 4G; quá trình tính toán xác định giá trị TDOA sẽ được thực hiện ở băng tần cơ bản, với tần số lấy mẫu 200kHz cho nhiều loại tín hiệu khác nhau;

bước 2: xử lý tín hiệu ở băng cơ bản, lấy thông tin có nghĩa; cụ thể:

quá trình tiền xử lý dữ liệu IQ được thực hiện thông qua tín hiệu IQ ở tần số lấy mẫu 200kHz; giả sử với tín hiệu IQ $y_i(k)$ thu tại trạm thu (sensor) thứ i , với $k = 0 \rightarrow n$, sau quá trình tiền xử lý dữ liệu, ta sẽ thu được tín hiệu:

$$\alpha_i(k) = \text{angle}(y_i(k+1)) - \text{angle}(y_i(k))$$

sau bước tiền xử lý dữ liệu IQ, thì dữ liệu $\alpha_i(k)$ không còn là dữ liệu phức nữa, mà sẽ trở thành dữ liệu thực;

chuẩn hóa công suất $\alpha_i(k)$ thu ở các bộ thu (sensor) khác nhau về cùng một mức công suất; quá trình chuẩn hóa công suất luồng dữ liệu $\alpha_i(k)$:

$$\beta_i(k) = \frac{\alpha_i(k)}{\sum_{j=0}^{n-1} |\alpha_i(j)|} * n$$

lọc tín hiệu $\beta_i(k)$ bằng bộ lọc FIR với băng thông là băng thông của tín hiệu (vài chục kHz đến vài trăm kHz, tùy thuộc vào băng thông tín hiệu đó) tại tần số lấy mẫu 200kHz với mục đích làm giảm nhiễu của tín hiệu, tăng độ chính xác của phương pháp định vị sử dụng TDOA;

tín hiệu sau lọc sẽ được nội suy ở tần số lấy mẫu ở băng cơ bản sang tín hiệu ở tần số lấy mẫu 10MHz; quá trình nội suy sẽ được thực hiện bằng cách lọc băng hẹp là băng thông của tín hiệu $\alpha_i(k)$;

dữ liệu sau khi nội suy sẽ được chia thành các đoạn dữ liệu nhỏ hơn, và sẽ được biến đổi sang miền tần số sử dụng biến đổi fourier nhanh bằng cách chèn thêm các kí tự 0:

$$z_i(f) = FFT(\alpha_i(k))$$

với $z_i(f)$ là biến đổi fourier của tín hiệu $\alpha_i(k)$;

bước 3: tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và xác định vị trí nguồn phát; bước này được thực hiện trong khối tính toán độ sai lệch thời gian tới (TDOA) và định vị nguồn phát 103; cụ thể:

quá trình tính toán tương quan giữa hai cặp tín hiệu là quá trình tính toán tương quan ở miền tần số; quá trình xác định độ sai lệch thời gian tới (TDOA) được thực hiện bằng quá trình tương quan với hệ số trọng số:

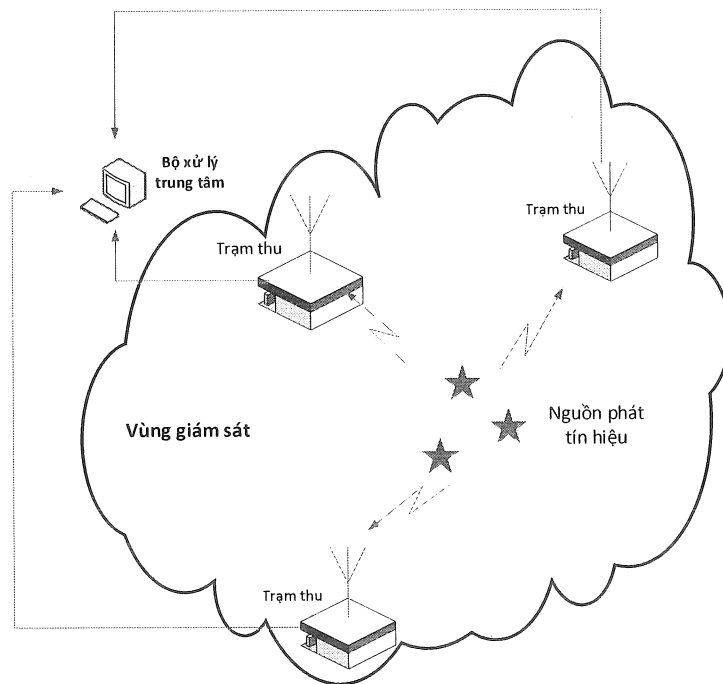
$$\begin{aligned} R_{11}(f) &= |z_1(f)|^2 \\ R_{22}(f) &= |z_2(f)|^2 \\ R_{12}(f) &= z_1(f) * conj(z_2(f)) \\ G(f) &= \frac{|R_{12}(f)|}{\sqrt[4]{R_{22}(f) * R_{11}(f)}} \end{aligned}$$

trong đó $G(f)$ là trọng số được sử dụng cho quá trình tính toán tương quan;
 giá trị độ sai lệch thời gian tới (TDOA) $\Delta\tau$ từ nguồn phát tới hai trạm thu (sensor) tương ứng với hai tín hiệu $y_1(t)$ và $y_2(t)$ được xác định qua công thức:

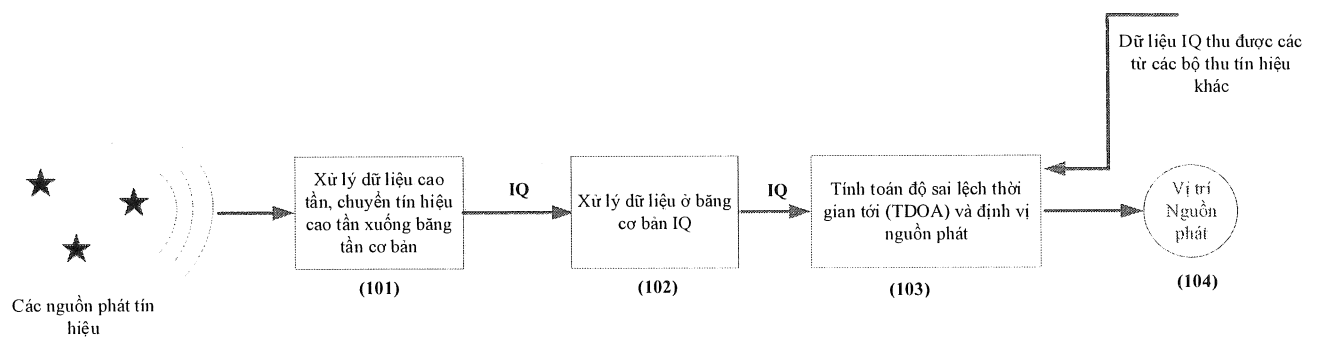
$$\Delta\tau = \arg\left(\max_{k=0 \rightarrow n-1} \left(\text{abs}\left(\text{IFFT}\left(G(f) * R_{12}(f) \right) \right) \right) \right)$$

từ độ trễ thời gian tới $\Delta\tau$, ta sẽ có độ sai lệch về khoảng cách giữa hai nguồn phát thứ nhất và thứ hai là $\Delta r_{21} = \Delta\tau * c$ với c là vận tốc ánh sáng truyền trong chân không;

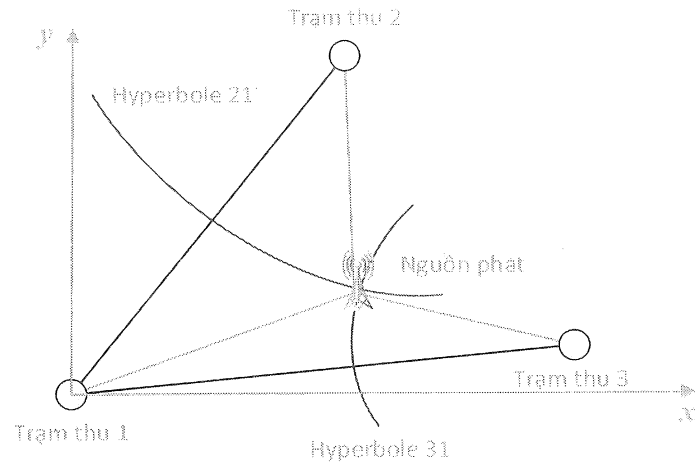
từ các cặp giá trị $\Delta r_{21}, \Delta r_{31}, \Delta r_{32}$, cùng với tọa độ biết trước của ba trạm thu (sensor), ta sẽ xác định được vị trí nguồn phát tín hiệu vô tuyến $(\overline{\Delta x}, \overline{\Delta y})$; tọa độ $(\overline{\Delta x}, \overline{\Delta y})$ là tọa độ vị trí của nguồn phát nhảy tần và sẽ được hiển thị trên bản đồ.



Hình 1

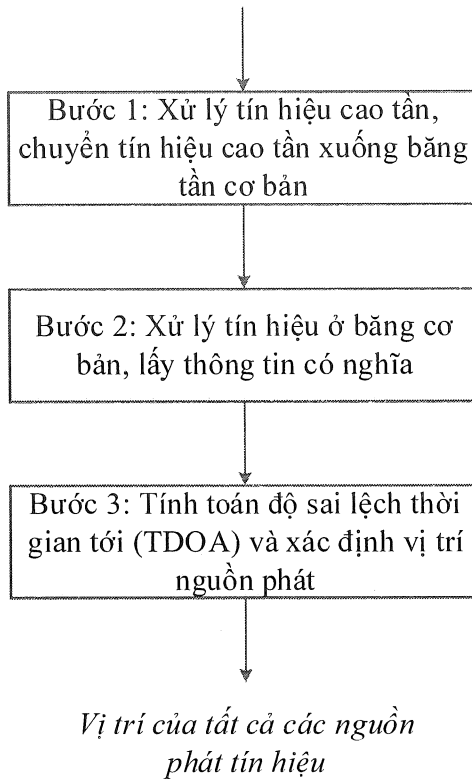


Hình 2



Hình 3

*Tín hiệu băng rộng của các
nguồn phát khác nhau*



Hình 4