



(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)



1-0024762

(51)^{2019.01} H04B 7/00; H04B 17/00; H04B 17/364

(13) B

(21) 1-2018-02600

(22) 15/06/2018

(45) 27/07/2020 388

(43) 27/08/2018 365A

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VIETTEL) (VN)
Số 1 Trần Hữu Dực, Mỹ Đình 2, Nam Từ Liêm, Hà Nội

(72) Đặng Văn Quân (VN); Từ Tuấn Linh (VN); Nguyễn Tiến Sáng (VN); Lê Ngọc Quý (VN); Nguyễn Xuân Thắng (VN); Phan Thanh Trung (VN).

(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG TÍNH TOÁN ĐỘ TRỄ TÍN HIỆU DƯỚI TRÊN TÍNH TƯƠNG QUAN CỦA HAI TÍN HIỆU TRONG THIẾT BỊ THU PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống tính toán tự động độ trễ dựa trên tính tương quan của hai tín hiệu (Correlation Based Delay Time Computation - CoDT) trong thiết bị thu phát sóng vô tuyến nhằm nâng cao độ chính xác của phép đo trễ, đồng thời giảm thời gian tính toán và do đó nâng cao khả năng đồng bộ khung của thiết bị đầu cuối và trạm thu phát sóng vô tuyến.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống tự động tính toán độ trễ tín hiệu dựa trên tính tương quan của hai tín hiệu trong thiết bị thu phát sóng vô tuyến (Remote Radio Head – RRH).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống thông tin di động, quá trình đồng bộ khung đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo trao đổi các thông tin điều khiển, trong quá trình thiết lập kết nối thiết bị người dùng vào hệ thống. Các thiết bị người dùng có khoảng cách tới trạm thu phát sóng khác nhau sẽ có độ trượt khung khác nhau. Việc ước lượng khoảng thời gian trượt khung này được điều chỉnh dần theo từng khoảng thời gian 1 khung (1 mili giây), nhưng luôn dựa trên một khoảng trễ thiết lập ban đầu là khoảng thời gian trễ của tín hiệu trên chính RRH. Cần lưu ý rằng khoảng thời gian trượt khung của mỗi thiết bị người dùng bao gồm 2 thành phần: thời gian trễ trên RRH (ví dụ khoảng 20 micro giây) và thời gian truyền sóng trong môi trường vô tuyến (từ 0 đến 6 micro giây). Do vậy, khoảng thời gian trễ trên RRH chiếm tỉ trọng lớn và phải được xác định tương đối chính xác. Nếu xác định độ trễ xử lý tín hiệu trên RRH thiếu chính xác sẽ ảnh hưởng đến khả năng đồng bộ khung của cả hệ thống thông tin di động.

Thông thường, việc tính toán độ trễ này được thực hiện một cách thủ công. Cụ thể, phương pháp tính toán thủ công này sẽ thực hiện tính toán độ trễ của từng bước xử lý trong RRH. Độ trễ tổng cộng trên RRH này được xác định bằng tổng độ trễ của các khối xử lý thành phần.

Theo phương pháp tính toán thủ công này, độ trễ của từng khối xử lý thành phần được xác định bằng cách đếm số lượng xung nhịp tương ứng và quan sát độ tương quan của tín hiệu trước và sau khối xử lý thành phần đó. Phương pháp tính toán thủ công này dễ gây sai số ở từng khối xử lý thành phần và theo đó là sai số trong độ trễ tổng cộng trên RRH. Ngoài việc phải thao tác nhiều bước và mất nhiều thời gian thì sai số tính toán này còn gây suy giảm khả năng đồng bộ khung của cả hệ thống, theo đó là khả năng thiết lập cuộc gọi và chất lượng dịch vụ của hệ thống thông tin di động cũng bị suy giảm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu và đề xuất phương pháp tính toán tự động độ trễ của tín hiệu trên RRH. Việc tính toán tự động này sẽ giảm thiểu được sai số do chủ quan của con người, đồng thời giảm được thời gian thực hiện thao tác tính toán độ trễ trong quá trình phát triển sản phẩm. Việc nâng cao độ chính xác tính toán thời gian trễ trên RRH sẽ giúp quá trình ước lượng khoảng thời gian trượt khung giữa trạm thu phát sóng và các thiết bị người dùng được chính xác hơn, nhờ đó nâng cao khả năng đồng bộ khung của hệ thống thông tin di động.

Sáng chế đề xuất phương pháp tính toán tự động độ trễ dựa trên tính tương quan của hai tín hiệu (Correlation Based Delay Time Computation - CoDT). Phương pháp CoDT theo sáng chế giúp nâng cao độ chính xác trong phép tính độ trễ của tín hiệu trên RRH, nhờ đó góp phần nâng cao khả năng đồng bộ khung của hệ thống thông tin di động. Phương pháp CoDT theo sáng chế bao gồm các bước sau:

(i) lấy mẫu tín hiệu tuyến phát và tuyến thu, sau đó lưu trữ mẫu dữ liệu này vào bộ nhớ;

(ii) tính công suất kiểu dBFS (P_{dBFS}) của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức sau:

$$P_{dBFS} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N} \quad (1);$$

trong đó:

N là số mẫu tín hiệu được lấy ở bước (i);

I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần I, Q của mẫu dữ liệu thứ k trong mảng dữ liệu thu thập được;

(iii) cân bằng công suất trung bình của tín hiệu có công suất nhỏ hơn theo công thức sau:

$$\begin{aligned} TX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{RX} - P_{TX}}{20}} TX & \text{ khi } P_{TX} < P_{RX} \\ TX & \text{ khi } P_{TX} > P_{RX} \end{cases} \\ RX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{TX} - P_{RX}}{20}} RX & \text{ khi } P_{TX} > P_{RX} \\ RX & \text{ khi } P_{TX} < P_{RX} \end{cases} \end{aligned} \quad (2);$$

trong đó:

P_{TX} là công suất (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến phát;

P_{RX} là công suất (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến thu;

TX là biên độ của tín hiệu tuyến phát;

RX là biên độ của tín hiệu tuyến thu;

(iv) tính độ trễ của tín hiệu tuyến phát và tín hiệu tuyến thu theo công thức:

$$r[D] = \max\{r_{TXRX}[n]\} = \max\left\{\sum_{k=0}^{N-n-1} TX[k] RX[k-n]\right\} \quad (3);$$

trong đó:

n là số nguyên và $0 \leq n < N$;

D là giá trị trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu, đơn vị là xung nhịp;

$r[D]$ là giá trị lớn nhất của chuỗi r_{TXRX} ;

r_{TXRX} là phép tương quan của tín hiệu tuyến phát (TX) và tuyến thu (RX);

(v) kiểm tra tính tương quan của hai tín hiệu thông qua công thức sau:

$$CF = \frac{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k)}{\sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(TX(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k) \right)^2}} \quad (5);$$

trong đó:

$$M = N-D;$$

CF là hệ số tương quan giữa hai tín hiệu tuyến phát và tuyến thu;

RX' là biên độ tín hiệu tuyến thu đã bù một lượng trễ D , tức là $RX'[k] = RX[k+D]$, với $k \in [0 : M-1]$.

Để thực hiện phương pháp CoDT trên thực tế, các tác giả sáng chế đã xây dựng hệ thống tính toán độ trễ của tín hiệu trong thiết bị thu phát sóng vô tuyến (hệ thống CoDT) bao gồm 5 khối xử lý sau:

(i) khối lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu để lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu của tuyến phát và tuyến thu;

(ii) khối tính toán công suất số để tính toán công suất số trung bình theo công thức (1);

- (iii) khối cân bằng công suất để cân bằng công suất trung bình theo công thức (2);
- (iv) khối tính toán độ trễ để tính toán độ trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (3); và
- (v) khối kiểm tra tính tương quan để kiểm tra tính tương quan của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (5).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa các thành phần xử lý tín hiệu gây ra trễ trên RRH.

Hình 2 là lưu đồ thể hiện các bước thực hiện của phương pháp CoDT theo sáng chế.

Hình 3 là hình vẽ mô tả hệ thống thu phát sóng vô tuyến áp dụng hệ thống CoDT.

Hình 4 là hình vẽ minh họa sơ đồ thí nghiệm sử dụng hệ thống CoDT.

Hình 5 là ảnh chụp kết quả chạy chương trình tính toán độ trễ theo phương pháp CoDT.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây sẽ mô tả chi tiết phương pháp tính toán độ trễ dựa trên tính tương quan của hai tín hiệu (phương pháp CoDT) và hệ thống để thực hiện phương pháp này trên RRH.

Tổng thời gian trễ xử lý tín hiệu trong RRH bao gồm thời gian trễ xử lý của toàn tuyến phát và thời gian trễ xử lý của toàn tuyến thu. Trong mỗi tuyến phát và thu đều có sự tham gia của trễ xử lý số và trễ trên phần mạch tương tự. Hình 1 minh họa các thành phần xử lý tín hiệu gây ra trễ trên RRH, bao gồm các thành phần sau:

- khối xử lý số tuyến phát thực hiện xử lý tín hiệu số trên tuyến phát;
- khối xử lý số tuyến thu thực hiện xử lý tín hiệu số trên tuyến thu;
- mạch tương tự tuyến phát thực hiện xử lý tín hiệu tương tự tuyến phát; và
- mạch tương tự tuyến thu thực hiện xử lý tín hiệu tương tự tuyến thu.

Về nguyên lý chung, để xác định được khoảng thời gian trễ tổng cộng, cần phải tạo ra một vòng tín hiệu kín từ tuyến phát trở lại tuyến thu (lưu ý rằng thời gian trễ xử lý của phần mạch số thường chiếm tỉ trọng lớn so với thời gian trễ trên phần mạch tương tự). Sau đó, so sánh sự tương quan tín hiệu giữa hai điểm và khoảng thời gian trễ khi tín hiệu truyền giữa hai điểm đó. Cụ thể, trong Hình 1, khi kết nối đầu ra của mạch tương tự tuyến phát với đầu vào của mạch tương tự tuyến thu bằng dây dẫn tín hiệu, độ trễ tín hiệu trên

RRH được tính là trễ giữa tín hiệu đầu ra khỏi xử lý số tuyến thu (điểm đánh số 2) so với tín hiệu đầu vào khỏi xử lý số tuyến phát (điểm đánh số 1) (bỏ qua trễ truyền tín hiệu trên dây dẫn do trễ này rất nhỏ).

Như được thể hiện trên Hình 2, phương pháp CoDT theo sáng chế bao gồm 5 bước sau:

Bước 1: Lấy mẫu và lưu trữ tín hiệu tuyến phát và tuyến thu

Đầu tiên, hệ thống CoDT lấy mẫu dữ liệu I và Q ở miền số tại điểm đầu vào khỏi xử lý số tuyến phát và điểm đầu ra khỏi xử lý số tuyến thu, số lượng mẫu là N nằm trong khoảng từ 1000 đến 62500 mẫu. Sau đó các mẫu dữ liệu này được lưu vào bộ nhớ.

Bước 2: Tính công suất kiểu dBFS

Công suất trung bình của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu được tính theo công thức (1) dưới đây:

$$P_{dBFS} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N} \quad (1);$$

trong đó:

N là số mẫu tín hiệu được lấy ở Bước 1;

I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần I, Q của mẫu dữ liệu thứ k trong mảng dữ liệu thu thập được.

Bước 3: Cân bằng công suất trung bình của tín hiệu có công suất thấp

Thực hiện so sánh giá trị công suất trung bình của tuyến phát và tuyến thu để tính giá trị chênh lệch công suất và nâng công suất của tín hiệu có công suất trung bình thấp hơn theo công thức (2) dưới đây:

$$\begin{aligned} TX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{RX}-P_{TX}}{20}} TX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \\ TX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \end{cases} \\ RX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{TX}-P_{RX}}{20}} RX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \\ RX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \end{cases} \end{aligned} \quad (2);$$

trong đó:

P_{TX} là công suất trung bình (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến phát;

P_{RX} là công suất trung bình (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến thu;

TX là biên độ của tín hiệu tuyến phát; và

RX là biên độ của tín hiệu tuyến thu.

Theo đó, trong trường hợp công suất trung bình của tuyến phát nhỏ hơn công suất trung bình của tuyến thu ($P_{TX} < P_{RX}$), công suất của tuyến phát được điều chỉnh để đạt mức công suất tương đương tuyến thu. Ngược lại, trong trường hợp công suất trung bình của tuyến thu nhỏ hơn công suất trung bình của tuyến phát ($P_{RX} < P_{TX}$), công suất tuyến thu được điều chỉnh để đạt mức công suất tương đương tuyến phát.

Bước 4: Tính độ trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu

Trễ xử lý của RRH bao gồm trễ xử lý miền số của tuyến phát, trễ xử lý miền số của tuyến thu và trễ của mạch tương tự. Giá trị trễ này được gọi là D và được tính dựa vào biên độ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (3) sau đây:

$$r[D] = \max\{r_{TXRX}[n]\} = \max\left\{\sum_{k=0}^{N-n-1} TX[k] RX[k-n]\right\} \quad (3);$$

trong đó:

n là số nguyên và $0 \leq n < N$;

D là giá trị trễ giữa tín hiệu tuyến phát và tuyến thu;

$r[D]$ là giá trị lớn nhất của chuỗi r_{TXRX} ; và

r_{TXRX} là phép toán tương quan giữa tín hiệu tuyến phát (TX) và tuyến thu (RX).

D có đơn vị là số xung nhịp, tức là tuyến thu trễ so với tuyến phát một lượng là D xung nhịp. Từ giá trị D có thể dễ dàng quy đổi sang đơn vị thời gian theo công thức (4) sau đây:

$$d = 10^9 \times \frac{D}{\text{Sample_rate}} \quad (4);$$

trong đó:

d là giá trị trễ tính theo đơn vị nano giây;

Sample_rate là tốc độ mẫu băng gốc của dữ liệu I, Q. Sample_rate được xác định trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Bảng tra cứu tốc độ mẫu theo băng thông

Băng thông (MHz)	Sample_rate (MSPS)
20	30,72
15	23,04
10	15,76
5	7,68
3	3,84
1,4	1,92

Bước 5: Kiểm tra tính tương quan của hai tín hiệu tuyến phát và tuyến thu

Xét về lý thuyết, công thức (3) luôn trả về một giá trị D kể cả trong trường hợp tín hiệu tuyến phát và tuyến thu không tương quan. Trên thực tế, tình huống này xảy ra khi tín hiệu tuyến thu bị bão hòa hoặc có công suất quá nhỏ. Trong trường hợp này giá trị D là không đáng tin cậy và phép đo trễ cần phải thực hiện lại. Để kiểm tra tính tương quan giữa hai tín hiệu và đánh giá được giá trị D là đáng tin cậy hay không, các tác giả sáng chế sử dụng tiêu chuẩn được biểu diễn bằng công thức (5) như sau.

$$CF = \frac{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k)}{\sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(TX(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k) \right)^2}} \quad (5);$$

trong đó:

$$M = N-D;$$

CF là hệ số tương quan giữa hai tín hiệu tuyến phát và tuyến thu;

RX' là biên độ tín hiệu tuyến thu đã bù một lượng trễ D , tức là

$$RX'[k] = RX[k+D], \text{ với } k \in [0:M-1].$$

CF càng gần giá trị 1 thì độ trễ D càng đáng tin cậy và phép đo trễ càng chính xác. Ngược lại, CF càng gần bằng 0 chứng tỏ giá trị trễ D là không đáng tin cậy và cần thực hiện lại phép đo trễ. Dựa trên những kết quả đo thực nghiệm, các tác giả sáng chế lựa chọn giá trị ngưỡng bằng 0,9, cụ thể là nếu $CF \geq 0,9$, tín hiệu tuyến phát và tuyến thu là tương quan, giá trị D được trả về là kết quả của phép đo. Nếu $CF < 0,9$ tín hiệu tuyến phát

và tuyến thu là không tương quan, do đó phép đo trễ là không chính xác và cần phải thực hiện lại các bước trên.

Dựa trên phương pháp tính toán độ trễ tín hiệu được mô tả từ Bước 1 đến Bước 5 trên đây, phương pháp tính toán CoDT theo sáng chế có thể xác định tương đối chính xác thời gian trễ xử lý của tín hiệu trên tuyến phát và tuyến thu của RRH một cách tự động. Đây cũng là mục đích chính của phương pháp theo sáng chế.

Để hiện thực hóa các bước tính toán trên đây, các tác giả cũng đề xuất hệ thống bao gồm 5 khối xử lý sau (Hệ thống CoDT):

khối lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu;

khối tính toán công suất trung bình dạng dBFS;

khối cân bằng công suất trung bình;

khối tính toán độ trễ; và

khối kiểm tra tính tương quan.

Chức năng của các khối trong hệ thống này được thiết kế tương ứng với các bước tính toán của phương pháp CoDT theo sáng chế, cụ thể như sau:

(a) Khối lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu

Khối này thực hiện lấy N mẫu dữ liệu I và Q trên tuyến phát và tuyến thu, N nằm trong khoảng từ 1000 đến 62500 mẫu. Sau đó thực hiện lưu các mẫu dữ liệu này vào bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory - RAM) thông qua cơ chế truy cập bộ nhớ trực tiếp (Direct Access Memory - DMA).

(b) Khối tính toán công suất trung bình dạng dBFS

Sau khi dữ liệu tuyến phát và tuyến thu được lưu trữ vào bộ nhớ, khối tính toán công suất trung bình đọc dữ liệu I và Q, đồng thời tính công suất số dạng dBFS của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (1).

(c) Khối cân bằng công suất trung bình

Công thức (3) sẽ trả về kết quả chính xác hơn khi công suất tín hiệu tuyến phát và tuyến thu là tương đương nhau. Do đó, khối cân bằng công suất trung bình được thêm vào hệ thống CoDT để thực hiện hai nhiệm vụ: một là so sánh công suất tín hiệu tuyến phát và tuyến thu, hai là cân bằng công suất trung bình của tín hiệu có công suất nhỏ hơn theo công thức (2). Sau điều chỉnh, tín hiệu tuyến phát và tuyến thu có công suất tương đương nhau.

(d) Khối tính toán độ trễ

Khối tính toán độ trễ thực hiện tìm trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (3) và (4).

(e) Khối kiểm tra tính tương quan

Sau khi giá trị trễ D được tính toán, khối kiểm tra tính tương quan của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu thực hiện tính toán hệ số tương quan CF theo công thức (5). Hệ số CF sẽ được dùng làm tiêu chuẩn để đánh giá độ chính xác của phép đo trễ. Trong trường hợp $CF \geq 0,9$, quá trình tính toán độ trễ kết thúc; ngược lại trong trường hợp $CF < 0,9$, phép đo trễ sẽ được thực hiện lại.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để chứng minh hiệu quả của sáng chế, phương pháp và hệ thống tính toán độ trễ tự động CoDT được triển khai trên chip Zynq-7000 và tích hợp vào RRH. Kết quả của phép thử nghiệm sẽ giúp đánh giá hiệu quả của phương pháp theo sáng chế.

Như được thể hiện trên Hình 3, khi được tích hợp vào RRH, hệ thống CoDT gồm 5 khối con (các khối bôi đậm). Hệ thống CoDT được thiết kế để kết hợp xử lý trên cả vi mạch số khả trình (Field-Programmable Gate Array – FPGA) và vi xử lý có tập lệnh rút gọn tiên tiến (Advanced Reduced Instruction Set Computing Machine – ARM). Cụ thể, khối lấy mẫu tín hiệu và lưu trữ dữ liệu được triển khai trên FPGA; trong khi đó khối tính toán công suất, khối cân bằng công suất trung bình, khối tính trễ và khối kiểm tra tương quan được triển khai bằng phần mềm nhúng trên vi xử lý ARM. Ngoài ra, khối bộ nhớ được dùng để lưu trữ dữ liệu tuyến phát và tuyến thu, phục vụ việc trao đổi dữ liệu từ FPGA sang ARM.

Một hệ thống triển khai phương pháp tính toán độ trễ tự động được tích hợp lên khối thu phát tín hiệu cao tần 4G RRH do VTTEK – Viettel sản xuất, cấu hình chi tiết của hệ thống được nêu trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng tham số hệ thống thí nghiệm

<i>Tham số</i>	<i>Giá trị</i>
Độ rộng băng thông (bandwidth)	10 MHz
Dải tần làm việc	Băng tần 3, tần số trung tâm tuyến phát 1860 MHz
Tốc độ mẫu dữ liệu số	122,88 Msps (Mega sample per second)

Chip sử dụng cho quá trình triển khai hệ thống thuộc dòng Zynq-7000 của hãng Xilinx, trong đó bao gồm 01 chip FPGA Kintex 7 và 02 lõi vi xử lý ARM CortexA9.

Hình 4 thể hiện các thành phần của hệ thống đo để đánh giá độ chính xác đo đặc, thực hiện theo phương pháp CoDT. Các thành phần của hệ thống đo bao gồm:

nguồn phát dữ liệu có nhiệm vụ truyền mẫu dữ liệu kiểm tra tuyến phát định dạng chuẩn LTE (LTE Downlink Test Model - ETM) thông qua dây cáp quang sử dụng chuẩn CPRI (Common Public Radio Interface);

khởi thu phát tín hiệu cao tần RRH tích hợp hệ thống CoDT;

dây kết nối tín hiệu đầu ra của mạch tương tự tuyến phát với đầu vào của mạch tương tự tuyến thu;

máy tính cá nhân kết nối với RRH thông qua giao tiếp mạng làm nhiệm vụ điều khiển RRH;

thanh ghi lưu trữ kết quả của phép tính trễ và hệ số tương quan CF .

Kết quả thử nghiệm: Hệ thống RRH sử dụng phương pháp tính trễ tự động CoDT

Hình 5 là ảnh chụp kết quả đầu ra khi thực thi hệ thống CoDT trên RRH. Như vậy, đối với hệ thống RRH áp dụng phương pháp tính trễ tự động CoDT theo sáng chế, thời gian tính trễ với số lượng 10000 mẫu là 3,3 giây, nhanh hơn rất nhiều so với phương pháp đã biết trong lĩnh vực này. Hơn nữa, có thể thấy được trong Hình 5, giá trị $CF=0,948825$ chứng tỏ tín hiệu tuyến phát và tuyến thu là tương quan, do đó phép đo trễ là chính xác.

Hiệu quả có thể đạt được của sáng chế

Phương pháp và hệ thống tính toán tự động độ trễ tín hiệu trên RRH theo sáng chế dễ áp dụng và có hiệu quả cao. Phương pháp CoDT theo sáng chế đã giải quyết được vấn đề sai số trong tính độ trễ xử lý trên RRH do tính toán thủ công gây ra. Giá trị trễ tính toán chính xác hơn, giảm thiểu các sai số của phương pháp thủ công giúp nâng cao khả năng đồng bộ khung giữa trạm thu phát sóng và các thiết bị người dùng trong hệ thống thông tin di động. Ngoài ra, phương pháp CoDT theo sáng chế được triển khai trên FPGA và ARM nên kết quả tính toán có độ chính xác cao, thời gian tính toán nhỏ và có thể tùy biến theo các thay đổi của thiết kế phần cứng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tự động tính toán độ trễ tín hiệu dựa trên tính tương quan của hai tín hiệu (Correlation Based Delay Time Computation - CoDT) trong thiết bị thu phát sóng vô tuyến bao gồm các bước sau:

(i) lấy mẫu tín hiệu tuyến phát và tuyến thu, sau đó lưu trữ các mẫu dữ liệu này vào bộ nhớ;

(ii) tính công suất kiểu dBFS (P_{dBFS}) của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức sau:

$$P_{dBFS} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N} \quad (1);$$

trong đó:

N là số mẫu tín hiệu được lấy ở bước (i);

I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần I, Q của mẫu dữ liệu thứ k trong mảng dữ liệu thu thập được;

(iii) cân bằng công suất trung bình của tín hiệu có công suất nhỏ hơn theo công thức sau:

$$\begin{aligned} TX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{RX}-P_{TX}}{20}} TX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \\ TX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \end{cases} \\ RX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{TX}-P_{RX}}{20}} RX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \\ RX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

trong đó:

P_{TX} là công suất (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến phát;

P_{RX} là công suất (tính theo dBFS) của tín hiệu tuyến thu;

TX là biên độ của tín hiệu tuyến phát;

RX là biên độ của tín hiệu tuyến thu;

(iv) tính độ trễ của tín hiệu tuyến phát và tín hiệu tuyến thu theo công thức:

$$r[D] = \max\{r_{TXRX}[n]\} = \max\left\{\sum_{k=0}^{N-n-1} TX[k] RX[k-n]\right\} \quad (3);$$

trong đó:

n là số nguyên và $0 \leq n < N$;

D là giá trị trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu, đơn vị là xung nhịp;

$r[D]$ là giá trị lớn nhất của chuỗi r_{TXRX} ;

r_{TXRX} là phép tương quan của tín hiệu tuyến phát (TX) và tuyến thu (RX);

(v) kiểm tra tính tương quan của hai tín hiệu thông qua công thức:

$$CF = \frac{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k)}{\sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(TX(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k) \right)^2}} \quad (5);$$

trong đó:

$M = N-D$;

CF là hệ số tương quan giữa hai tín hiệu tuyến phát và tuyến thu;

RX' là biên độ tín hiệu tuyến thu đã bù một lượng trễ D , tức là $RX'[k] = RX[k+D]$, với $k \in [0:M-1]$.

2. Hệ thống tự động tính toán độ trễ tín hiệu CoDT, hệ thống này bao gồm 5 khối xử lý sau:

(i) khối lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu để lấy mẫu và lưu trữ dữ liệu của tuyến phát và tuyến thu;

(ii) khối tính toán công suất để tính toán công suất kiểu dBFS (P_{dBFS}) theo công thức (1):

$$P_{dBFS} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N} \quad (1);$$

(iii) khối cân bằng công suất để cân bằng công suất trung bình theo công thức (2):

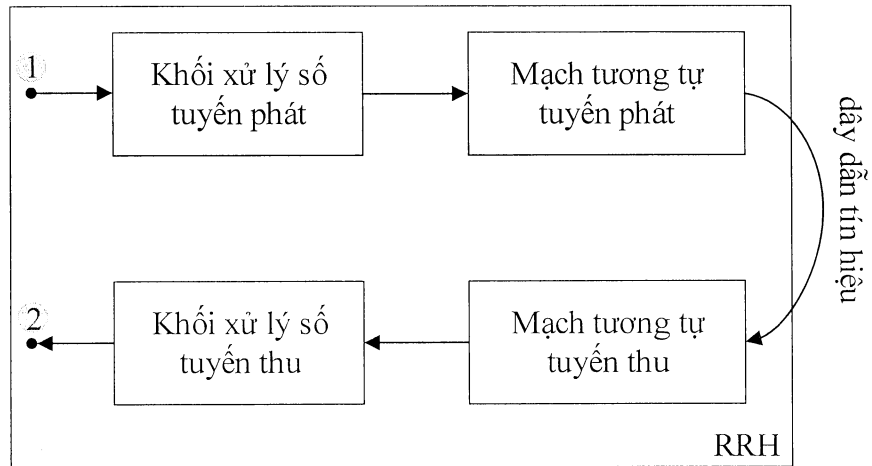
$$\begin{aligned}
TX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{RX}-P_{TX}}{20}} TX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \\ TX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \end{cases} \\
RX &:= \begin{cases} 10^{\frac{P_{TX}-P_{RX}}{20}} RX & \text{khi } P_{TX} > P_{RX} \\ RX & \text{khi } P_{TX} < P_{RX} \end{cases}
\end{aligned} \quad (2);$$

(iv) khối tính toán độ trễ để tính toán độ trễ của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (3):

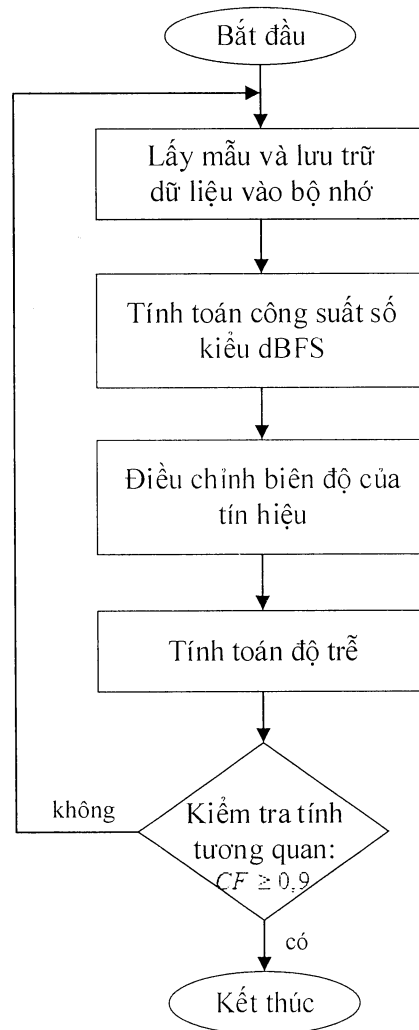
$$r[D] = \max\{r_{TXRX}[n]\} = \max\left\{\sum_{k=0}^{N-n-1} TX[k] RX[k-n]\right\} \quad (3); \text{ và}$$

(v) khối kiểm tra tính tương quan để kiểm tra tính tương quan của tín hiệu tuyến phát và tuyến thu theo công thức (5):

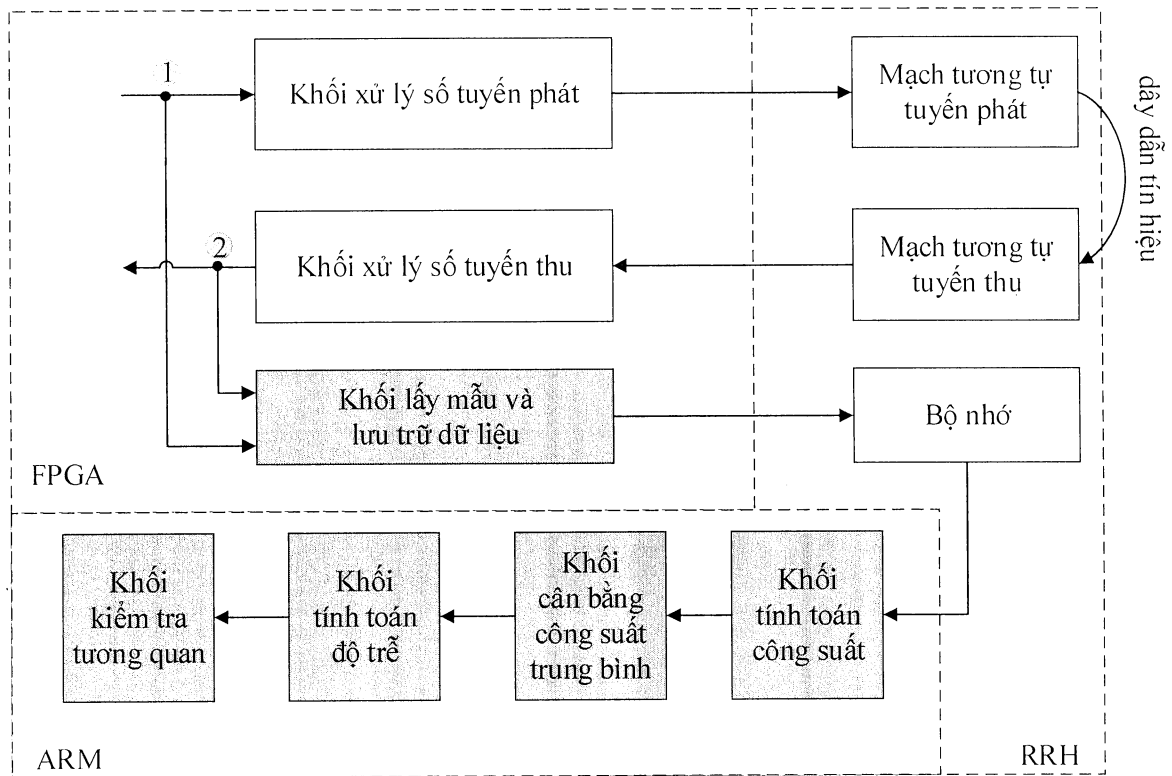
$$CF = \frac{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k)}{\sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(TX(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M TX(k) \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M \left(RX'(k) - \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M RX'(k) \right)^2}} \quad (5).$$



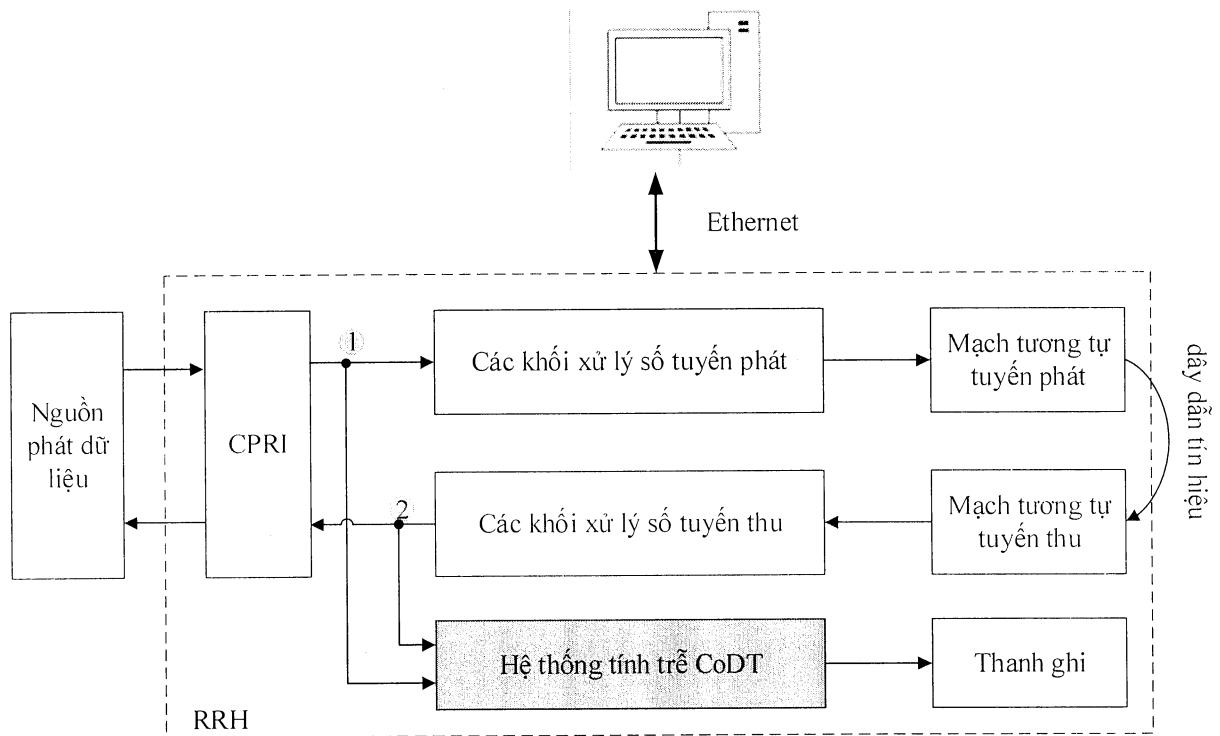
Hình 1



Hình 2



Hình 3



Hình 4

```

Tên chương trình
kênh 0
số lượng mẫu
băng thông

./CoDT 0 10000 10
Capturing data done.
Saving data into RAM done.
Calculating TX and RX power done.
TX power: -15.005887 dBFS
RX power: -23.772398 dBFS
Adjusting TX and RX amplitude done.
Calculating delay done.
Delay D = 320 sample.
Delay d = 20833 nanosecond.
Calculating CF done.
CF = 0.948825
TX and RX are correlative.
Running time: 3.311296 s

```

Hình 5