



(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)



1-0053176

(51)^{2022.01} H04B 17/00

(13) B

(21) 1-2023-08083

(22) 15/11/2023

(45) 25/11/2025 452

(43) 26/02/2024 431

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỆN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

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

(72) TRẦN XUÂN MẠNH (VN); HOÀNG ĐÌNH HẢI TRUYỀN (VN); NGUYỄN QUANG LINH (VN); TRẦN MINH CẢNH (VN); NGUYỄN VĂN SƠN (VN); NGUYỄN TIẾN SÁNG (VN); NGUYỄN XUÂN THẮNG (VN); NGUYỄN PHI ĐẮC (VN); VŨ TUẤN ĐỨC (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG TUYẾN PHÁT THỜI GIAN THỰC CHO HỆ THỐNG THU PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN 5G

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp đo lường chất lượng tuyến phát thời gian thực ứng dụng cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G cho phép phát hiện lỗi tức thì, từ đó có phương án khắc phục đảm bảo hệ thống luôn trong tình trạng hoạt động ổn định. Phương pháp được thực hiện qua ba bước: bước 1: phát – thu tín hiệu tham chiếu trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G; bước 2: ước lượng đáp ứng kênh truyền của từng kênh phát, tính toán công suất tín hiệu nhận về trên từng kênh; bước 3: đánh giá tình trạng kênh phát.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất phương pháp đo lường chất lượng tuyến phát thời gian thực ứng dụng cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G. Cụ thể, phương pháp được đề xuất nhằm giúp thiết bị thu phát sóng vô tuyến 5G (RRU – Radio Remote Unit) có thể tự đo đạc, đánh giá chất lượng tuyến phát trong thời gian hoạt động, không cần thêm thiết bị đo lường bên ngoài.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hình 1 mô tả các thành phần xử lý trên tuyến phát của thiết bị thu phát sóng 5G, vai trò của các khối chức năng được mô tả chi tiết như sau:

- Khối giao diện số tốc độ cao (Front Haul – FH): thực hiện bóc tách dữ liệu nhận được từ các bản tin gửi từ đơn vị xử lý trung tâm (Distribution Unit – DU 5G NR).
- Khối xử lý trung tâm trên RRU (Advanced Reduced instruction set computer Machines – ARM): thực hiện sinh chuỗi dữ liệu tham chiếu cho tất cả các kênh của ăng-ten và tính toán các thông số ước lượng kênh truyền cho các kênh ăng-ten phát.
- Khối điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM): thực hiện biến đổi tín hiệu từ miền tần số sang miền thời gian và điều chế OFDM.
- Khối giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao OFDM: thực hiện biến đổi tín hiệu từ miền thời gian sang tần số và giải điều chế OFDM.
- Khối xử lý số tín hiệu: thực hiện một số quá trình làm tốt chất lượng dữ liệu như lọc, nâng tốc độ lấy mẫu lên tần số trung tần (Intermediate Frequency – IF), bù méo phi tuyến.
- Bộ chuyển đổi số sang tương tự: tín hiệu số sau khi được xử lý số để làm tốt chất lượng sẽ được gửi tới bộ chuyển đổi số sang tương tự (Digital Analog Converter – DAC), tại đây tín hiệu số sẽ được chuyển đổi sang tương tự sau đó nâng tần lên tần số phát để thực hiện các xử lý cao tần tiếp theo.

- Bộ chuyển đổi tương tự sang số (Analog Digital Converter – ADC): tín hiệu tương tự tại đây sẽ được hạ tần, lấy mẫu và chuyển đổi sang dạng số trước khi được gửi về phần xử lý số tín hiệu qua giao diện vô tuyến.
- Giao diện vô tuyến: thực hiện giao tiếp dữ liệu số giữa phần xử lý số tín hiệu và các thành phần chuyển đổi như ADC/DAC.
- Bộ khuếch đại công suất: thực hiện khuếch đại công suất của tín hiệu phát trước khi phát xạ ra ngoài môi trường.
- Lọc cao tần: thực hiện lọc bỏ các tín hiệu không mong muốn, ngoài băng thông trước khi phát xạ ra môi trường qua ăng-ten.
- Khôi ăng-ten: ngoài chức năng phát xạ tín hiệu ra ngoài môi trường thì trên ăng-ten cũng được thiết kế thêm chức năng để trích ngược một phần tín hiệu từ các kênh phát rồi cộng lại với nhau. Tín hiệu sau khi cộng này được truyền về theo đường dữ liệu phản hồi. Hình 2 mô tả chi tiết việc trích xuất tín hiệu từ tám kênh phát về đường dữ liệu phản hồi tại ăng-ten.

Đối với khung truyền/nhận cơ bản của hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G tại chế độ bán song công (Time Duplexing Division – TDD) được định nghĩa là một khoảng thời gian kéo dài 10ms. Trong 10ms này, khung được chia thành hai mươi khe thời gian nhỏ hơn có độ dài 0,5ms; với mỗi khe thời gian tương ứng sẽ được quy định để thực hiện chức năng thu và phát hoặc cả hai. Với mỗi khe thời gian 0,5ms, khung lại tiếp tục được chia nhỏ hơn thành các ký hiệu phát có độ dài trung bình là 33us.

Hệ thống thu phát sóng vô tuyến hoạt động trong thời gian dài sẽ có thể xảy ra một số tình trạng sau:

- Suy giảm chất lượng tuyến phát do tuổi thọ của các linh kiện bán dẫn.
- Mất phối hợp trở kháng giữa các thành phần ghép nối.
- Quá trình phân cực của bộ khuếch đại công suất trên các kênh không thành công.
- Cáp cao tần bị đứt, suy giảm chất lượng theo thời gian.
- Bộ khuếch đại công suất bị hỏng.

Các nguyên nhân này đều dẫn đến một hệ quả đó là làm suy giảm chất lượng tín hiệu phát ra (mất hẳn hoặc chất lượng kém). Tuy nhiên, sau khi đã triển khai thiết bị ngoài các trạm thu phát sóng vô tuyến thì việc phát hiện và kiểm tra sẽ rất khó khăn. Hơn nữa,

việc phát hiện phải kịp thời để có phương án xử lý nhanh, tránh ảnh hưởng tới người dùng dịch vụ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp để giải quyết vấn đề được nêu trên. Cụ thể, sáng chế sẽ cung cấp một phương pháp đo lường chất lượng kênh phát thời gian thực và cho phép thực hiện liên tục trong thời gian hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G hoạt động mà không cần thêm sự hỗ trợ của thiết bị đo lường khác và không ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ. Từ việc đánh giá chất lượng liên tục, có thể kịp thời phát hiện vấn đề của tuyến phát để đưa ra phương án khắc phục kịp thời. Để thực hiện điều này, sáng chế đề xuất bao gồm ba bước sau:

Bước 1: phát – thu tín hiệu tham chiếu trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G.

- Thực hiện phát dữ liệu tham chiếu lần lượt lên từng kênh phát của hệ thống và thu dữ liệu về trên đường phản hồi của ăng-ten.
- Dữ liệu phản hồi ứng với từng lần phát của các kênh phát khác nhau sẽ dùng để đánh giá mức độ tác động lên tín hiệu.

Bước 2: ước lượng đáp ứng kênh truyền của từng kênh phát, tính toán công suất tín hiệu nhận về trên từng kênh.

- Từ tín hiệu tham chiếu thu về được sau khi phát lần lượt lên từng kênh phát, thực hiện tính đáp ứng kênh truyền.
- Tính toán công suất của tín hiệu thu về.

Bước 3: đánh giá tình trạng kênh phát

- Dựa trên công suất tín hiệu nhận được trên từng kênh ta sẽ đánh giá tình trạng của kênh phát theo các ngưỡng được cấu hình từ trước.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: là hình vẽ mô tả các thành phần chức năng trên tuyến phát của hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G (RRU);

Hình 2: là hình vẽ mô tả cách thức trích xuất tín hiệu phản hồi về từ ăng-ten;

Hình 3: là hình vẽ mô tả luồng xử lý tín hiệu tham chiếu trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G (RRU);

Hình 4: là hình vẽ mô tả cách thức tạo chuỗi dữ liệu tham chiếu miền thời gian;

Hình 5: là hình vẽ mô tả khung truyền OFDM của hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G và cách thức trích xuất tín hiệu phản hồi tại chế độ thu phát bán song công;

Hình 6: là hình vẽ mô tả cách thức triển khai của sáng chế trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G (RRU);

Hình 7: là hình vẽ mô tả hệ thống thí nghiệm khảo sát công suất của VHT.

Mô tả chi tiết sáng chế

Khi vận hành của hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G trong khoảng thời gian dài có hai bộ phận dễ bị hỏng hóc nhất đó là cáp cao tần và bộ khuếch đại công suất. Để phát hiện được tình trạng này trong thực tế không phải là điều dễ dàng vì thiết bị thu phát sóng vô tuyến được triển khai rất cao, nếu không có các hệ đo lường chuyên dụng sẽ không phát hiện được.

Trong sáng chế này, sử dụng một tín hiệu tham chiếu để phát lần lượt lên các kênh phát của ăng-ten, dựa trên công suất tín hiệu phản hồi về qua kênh phản hồi để tính toán và đánh giá chất lượng của kênh phát. Điều này cho phép thực hiện giám sát một cách liên tục để đưa ra cảnh báo kịp thời cho hệ thống.

Hình 3 mô tả tham số vào/ra của các khối xử lý của phương pháp đo lường chất lượng tuyến phát trong hệ thống như trong bảng 1.

Bảng 1: các tham số vào/ra tại các khối xử lý

Tín hiệu	Mô tả
N_{sub}	Tham số cho biết số lượng sóng mang con trên băng thông của hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G.
L	Tham số cho biết lần lặp lại của quá trình tính toán hệ số điều chỉnh pha dữ liệu.

N_{cell_ID}	Tham số định danh cho thiết bị thu phát sóng vô tuyến 5G.
N_{ant}	Tham số cho biết số lượng đường thu/phát của ăng-ten.
M	Số lượng điểm tính toán biến đổi Fourier nhanh (iFFT/FFT).
X_n^k	Chuỗi tín hiệu tham chiếu miền tần số. Với k là chỉ số của sóng mang con, n là chỉ số kênh ăng-ten phát.
N_{cp}	Kích thước tiền tố vòng (Cyclic Prefix – CP) cho việc điều chế/giải điều chế OFDM.
$x(t)$	Chuỗi dữ liệu tham chiếu miền thời gian, do các kênh được phát cùng một loại dữ liệu nên ta không cần phân biệt theo chỉ số của kênh ăng-ten.
$x_n(t)$	Chuỗi dữ liệu tham chiếu miền thời gian được điều khiển phát lần lượt ra từng kênh ăng-ten mong muốn. Với n là chỉ số kênh ăng-ten được phát dữ liệu ra.
$y_n^i(t)$	Chuỗi dữ liệu tham chiếu được thu về từ kênh phản hồi. Với i là chỉ số lần lặp, n là chỉ số kênh ăng-ten.
$Y_{n,i}^k$	Chuỗi dữ liệu tham chiếu miền tần số thu về từ kênh phản hồi. Với k là chỉ số sóng mang con, n là chỉ số kênh ăng-ten, i là chỉ số lần lặp tính toán.
H_n^k	Mã trận đáp ứng kênh truyền của các kênh ăng-ten. Với k là chỉ số sóng mang con, n là chỉ số kênh ăng-ten.
P_{Thr}	Ngưỡng đánh giá công suất, ngưỡng này dùng để đánh giá công suất tín hiệu phát ra trên từng kênh phát được thu về tại kênh phản hồi.

$Diff_{Thr}$	Ngưỡng sai lệch công suất, ngưỡng này dùng để đánh giá công suất tín hiệu phát ra trên từng kênh phát được thu về tại kênh phản hồi so với kênh có công suất tín hiệu nhận về lớn nhất.
P_n^k	Công suất tín hiệu trên từng sóng mang con nhận được. Với k là chỉ số sóng mang con, n là chỉ số kênh ăng ten.
P_n	Công suất tín hiệu trên kênh từng kênh ăng-ten nhận về. Với n là chỉ số kênh ăng ten.
$maxP_{N_ant}$	Giá trị của kênh ăng-ten có công suất lớn nhất trong số N_ant được phát.
$diffP_n$	Giá trị sai khác tuyệt đối về công suất nhận về trên các kênh ăng-ten so với giá trị $maxP_{N_ant}$. Với n là chỉ số kênh ăng ten.

Nội dung chi tiết của các bước trong sáng chế được trình bày cụ thể như sau (tham chiếu Hình 3):

Bước 1: phát – thu tín hiệu tham chiếu trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G. Tín hiệu tham chiếu miền tần số được tạo ra tại khối xử lý trung tâm trên RRU (ARM) với các thông số đầu vào là: số sóng mang con (N_{sub}), số lượng kênh ăng-ten (N_{ant}), số lần lặp (L), số điểm tính toán biến đổi Fourier nhanh (M), tham số định danh thiết bị vô tuyến (N_{cell_ID}). Bước này được trình bày cụ thể như sau:

Tín hiệu tham chiếu được sinh ra từ chuỗi Zadoff-Chu (ZC), có thể thay đổi bằng thông số dựa vào thông số N_{sub} , khi thay đổi thông số N_{cell_ID} ta sẽ có được các chuỗi ZC trực giao với nhau. Điều này giúp cho các thiết bị thu phát sóng vô tuyến 5G tại các vùng lân cận nhau không bị hiện tượng nhiễu chéo lên nhau trong quá trình phát dữ liệu tham chiếu.

Chuỗi ZC - $s(n)$ phục vụ sinh dữ liệu tham chiếu được tạo ra theo cách thức như sau:

$$s(n) = e^{jN_{cell_ID}k\hat{r}_{u,v}(n)}, 0 \leq n \leq N_{sub} - 1$$

$\hat{r}_{u,v}(n)$ được gọi là chuỗi cơ sở, chuỗi này sẽ được sinh ra theo công thức sau:

$$\hat{r}_{u,v}(n) = x_q(n \bmod N_{SC}^{RS}), 0 \leq n \leq N_{sub} - 1$$

Giá trị N_{SC}^{RS} luôn bé hơn giá trị số sóng mang con trong băng thông hệ thống (N_{sub}), giá trị này được định nghĩa trong chuẩn 3GPP theo từng băng thông.

$x_q(m)$ được gọi là chuỗi gốc, chuỗi gốc này được tính theo công thức:

$$x_q(m) = e^{-\frac{j\pi qm(m+1)}{N_{SC}^{RS}}}, 0 \leq m \leq N_{SC}^{RS} - 1$$

Chỉ số q được tính theo công thức:

$$q = \left\lfloor \bar{q} + \frac{1}{2} \right\rfloor + v \cdot (-1)^{\lfloor 2\bar{q} \rfloor}, v = 0$$

Giá trị $\bar{q}$ được tính như sau:

$$\bar{q} = N_{SC}^{RS} \cdot \frac{u + 1}{31}, u = 0$$

Chuỗi $s(n)$ sau khi được sinh ra sẽ là một ma trận phức có kích thước là $1 \times N_{sub}$, đây cũng chính là tín hiệu tham chiếu miền tần số X_n^k , chuỗi này sẽ được chuyển sang miền thời gian bằng phép biến đổi Fourier ngược nhanh iFFT và điều chế OFDM. Tín hiệu tham chiếu miền thời gian $x(t)$ sẽ được phát lặp lại kéo dài trong hai ký hiệu OFDM (tham chiếu Hình 4).

Mỗi một khung truyền OFDM ta chỉ thực hiện truyền một lần dữ liệu tham chiếu và truyền trên một kênh ăng-ten duy nhất. Tham chiếu theo Hình 5, tín hiệu tham chiếu $x(t)$ sẽ được truyền vào ký hiệu OFDM thứ bảy và thứ tám của khe thời gian đặc biệt, do đã biết trước độ trễ của việc xử lý trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến nên sau một khoảng thời gian Δt tín hiệu tham chiếu $y_n^i(t)$ sẽ được thu về trên dữ liệu phản hồi từ ăng-ten.

Hiện tại hai ký hiệu OFDM thứ bảy và thứ tám của khe thời gian đặc biệt đang không được lập lịch để thu/phát phục vụ người dùng nên ta có thể liên tục phát/thu dữ liệu tham chiếu vào thời điểm này. Điều này chính là yếu tố giúp thực hiện việc giám sát thời gian thực liên tục của phương pháp giám sát này.

Tín hiệu $y_n^i(t)$ sẽ được thực hiện giải điều chế OFDM, biến đổi Fourier nhanh để thu được chuỗi dữ liệu tham chiếu nhận về trên miền tần số $Y_{n,i}^k$. Do đặc tính phản cứng luôn thay đổi theo các tác động bên ngoài (nhiệt độ, tần số...) nên ta cần thực hiện lặp lại

quá trình phát-thu tín hiệu này nhiều lần trên tất cả các kênh ăng-ten. Các chuỗi $Y_{n,i}^k$ sẽ được lưu lại vào bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory – RAM) của khối xử lý trung tâm trên RRU và thực hiện tính trung bình cộng theo từng kênh ăng-ten để loại bỏ ảnh hưởng của việc hệ thống dao động cũng như tăng tính chính xác của thuật toán. Áp dụng công thức tính trung bình trong toán học, mỗi một kênh ăng-ten ta sẽ thu được một chuỗi dữ liệu tham chiếu đại diện trên đường phản hồi $\bar{Y}_n^k$ được tính theo công thức:

$$\bar{Y}_n^k = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} Y_{n,i}^k, k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Tín hiệu nhận được sẽ được hiệu chuẩn hóa biên độ theo giá trị tuyệt đối của số phức $R = 1 + 1i$ theo công thức:

$$\bar{Y}_n^k = \frac{Abs(R)}{Abs(\max(\bar{Y}_n^k))} \cdot \bar{Y}_n^k, k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Mục đích của việc chuẩn hóa tín hiệu để phân tách dữ liệu nhận được với nền nhiễu của môi trường, loại bỏ ảnh hưởng của công suất phát lên tín hiệu tham chiếu.

Bước 2: ước lượng đáp ứng kênh truyền của từng kênh phát, tính toán công suất tín hiệu nhận về trên từng kênh. Bước này được thực hiện hoàn toàn trên khối xử lý trung tâm (ARM), dữ liệu tham chiếu miền tần số thu được tại bước 1 ($\bar{Y}_n^k$) và dữ liệu tham chiếu miền tần số ban đầu (X_n^k) được sử dụng để tính toán công suất tín hiệu trên từng kênh ăng-ten.

Đáp ứng kênh truyền ứng với từng kênh ăng-ten H_n^k tính trên từng sóng mang con được tính theo công thức sau:

$$H_n^k = \frac{\bar{Y}_n^k}{X_n^k} \text{ với } k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Công suất tín hiệu nhận được trên từng sóng mang con của các kênh ăng-ten được tính như sau:

$$P_n^k = (H_n^k)^2 \text{ với } k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{sub}}$$

Công suất tín hiệu của từng kênh ăng-ten chính là tổng công suất của từng sóng mang con nhận được trên kênh phản hồi:

$$P_n = \sum_{k=0}^{N_{sub}-1} P_n^k \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Công suất lớn nhất nhận được trong lần phát của N_{ant} kênh ăng-ten:

$$\max P_{N_{ant}} = \max\{P_n\} \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Sai lệch công suất của các kênh ăng-ten so với kênh có công suất lớn nhất được tính bằng công thức:

$$\text{diff}P_n = | \max P_{N_{ant}} - P_n |, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Bước 3: đánh giá tình trạng kênh phát. Bước đánh giá này được xử lý trên đơn vị xử lý trung tâm (ARM), giá trị công suất của từng công kênh ăng-ten (P_n) và độ lệch công suất của từng kênh ăng-ten so với kênh có công suất lớn nhất ($\text{diff}P_n$) được sử dụng làm đầu vào cho bước này.

Thực hiện đánh giá chất lượng kênh phát dựa vào hai tiêu chí đó là công suất tín hiệu tham chiếu nhận được và mức sai lệch công suất của các kênh phát.

Kết quả này được lưu vào bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên của khối xử lý trung tâm trên RRU và sẽ được truyền về DU 5G NR qua đường giám sát vận hành (OAM – Operation, Administration and Maintenance).

ARM thực hiện cấu hình hai tham số ngưỡng công suất tín hiệu thu về trên kênh P_{Thr} và độ lệch công suất của các kênh so với kênh có công suất thu về lớn nhất Diff_{Thr} xuống khối thực hiện đánh giá. Ngưỡng P_{Thr} được dùng để quyết định kênh phát có phát ra tín hiệu hay không, ngưỡng Diff_{Thr} sẽ cho biết kênh nào bị suy giảm chất lượng.

Kênh phát sẽ được đánh giá là không phát ra tín hiệu (hoặc không khuếch đại tín hiệu phát ra qua khối khuếch đại công suất) khi:

$$P_n < P_{Thr} \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Kênh phát sẽ được đánh giá là bị suy giảm chất lượng (suy giảm hệ số khuếch đại tín hiệu) khi:

$$\begin{cases} P_n \geq P_{Thr} \\ \text{diff}P_n \geq \text{Diff}_{Thr} \end{cases}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Kênh phát được đánh giá hoạt động bình thường khi thỏa mãn điều kiện sau:

$$\begin{cases} P_n \geq P_{Thr} \\ diffP_n < Diff_{Thr} \end{cases}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

Kết thúc bước 3, các kênh ăng-ten có thể được đánh giá tình trạng hoạt động (hoạt động bình thường, suy giảm hệ số khuếch đại, không khuếch đại tín hiệu) dựa vào kết quả đánh giá trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để chứng minh tính đúng đắn và hiệu quả, sáng chế đã được tích hợp vào sản phẩm RRU 5G 8T8R do Tổng Công ty Công nghiệp Công nghệ cao Viettel (VHT – Viettel) sản xuất và thực hiện khảo sát đánh giá hiệu quả trong phòng thí nghiệm của VHT. Sơ đồ triển khai của sáng chế trong thiết kế RRU 5G 8T8R được mô tả trong Hình 6.

Đồng thời một thí nghiệm khảo sát thời gian dài cũng được thực hiện nhằm mục đích tìm ra ngưỡng đánh giá công suất P_{Thr} và ngưỡng sai lệch công suất $Diff_{Thr}$ phù hợp cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G của VHT – Viettel phát triển. Hình 7 mô tả hệ thống thí nghiệm của sáng chế. Việc thực hiện thí nghiệm này để khảo sát ngưỡng công suất tín hiệu thu về trên kênh từng kênh P_{Thr} và độ lệch công suất của các kênh so với kênh có công suất thu về lớn nhất $Diff_{Thr}$, từ hai ngưỡng quyết định này sẽ áp dụng trên diện rộng cho mạng lưới thiết bị được triển khai. Bộ thông số kỹ thuật được mô tả trong bảng 2.

Bảng 2: các tham số của hệ thống thử nghiệm

STT	Cấu hình	Giá trị	Đơn vị
1	Chuẩn vô tuyến	5G NR	
2	Chế độ song công	TDD	
3	Băng thông	100	MHz
4	Dải tần hoạt động	2496 – 2690	MHz
5	Tần số trung tâm	2,55	GHz
6	Số lượng kênh ăng-ten thu/phát	32	Kênh

7	Số lượng sóng mang con	3276	Sóng mang con
8	Số lần lặp tính toán	6	Lần
9	Số điểm biến đổi Fourier nhanh	4096	Điểm
10	Độ dài tiền tố vòng (CP)	288	Mẫu
11	Công suất phát tối đa trên từng kênh	40	W

Hệ đo sử dụng một DU 5G NR để phát dữ liệu theo chuẩn 3GPP liên tục trong thời gian dài xuống thiết bị thu phát sóng vô tuyến 5G. Dữ liệu sau khi được xử lý vô tuyến sẽ được phát xạ ra ngoài môi trường qua ăng-ten. Song song với việc phát dữ liệu, hệ thống cũng được thực hiện giám sát liên tục theo phương pháp đề cập trong sáng chế. Các thông số về công suất sẽ được thu thập, đánh giá và gửi về DU 5G NR qua đường giám sát OAM.

Thí nghiệm thứ nhất: sử dụng một RRU 5G 8T8R có khả năng phát ra dữ liệu bình thường ở cả tám kênh tuyến phát.

Kết quả thí nghiệm khảo sát công suất thu được trên từng kênh với các mức phát khác nhau của RRU 5G 8T8R được thể hiện dưới bảng 3 với các thông số như sau:

P_{out} : Công suất tín hiệu phát ra trên từng kênh tính theo đơn vị Oát(W).

P_1 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ nhất tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_2 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ hai tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_3 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ ba tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_4 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tư tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_5 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ năm tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_6 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ sáu tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_7 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ bảy tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_8 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tám tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

Bảng 3: mức công suất tín hiệu thu được trên từng kênh trong các trường hợp công suất phát khác nhau

P_{out} (W)	P_1 (dBm)	P_2 (dBm)	P_3 (dBm)	P_4 (dBm)	P_5 (dBm)	P_6 (dBm)	P_7 (dBm)	P_8 (dBm)
1	29,6	29,8	30	29,7	30,1	29,7	29,65	29,8
5	30,4	30,5	30,8	30,5	30,8	30,5	30,5	30,5
10	32,8	33,1	33,1	33,1	33,1	32,5	32,85	33
20	32,6	33,3	32,8	33,1	33,1	32,9	32,987	33
30	32,4	33,1	33,1	33,05	33,1	32,5	32,85	32,95
40	32,5	33,2	33,1	33	33,1	32,9	32,85	33,2

Thí nghiệm thứ hai: sử dụng một RRU 5G 8T8R có khả năng phát ra dữ liệu bình thường ở bảy kênh đầu, kênh số tám bị ngắt kết nối khỏi ăng-ten. Trường hợp này để giả lập hiện tượng có một hoặc nhiều kênh phát bị hỏng kết nối phản cứng

Kết quả thí nghiệm khảo sát công suất thu được trên từng kênh với các mức phát khác nhau của RRU 5G 8T8R được thể hiện dưới bảng 4 với các thông số như sau:

P_{out} : Công suất tín hiệu phát ra trên từng kênh tính theo đơn vị Oát(W).

P_1 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ nhất tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_2 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ hai tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_3 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ ba tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_4 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tư tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_5 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ năm tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_6 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ sáu tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_7 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ bảy tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_8 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tám tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

Bảng 4: mức công suất tín hiệu thu được trên từng kênh trong các trường hợp công suất phát khác nhau

P_{out} (W)	P_1 (dBm)	P_2 (dBm)	P_3 (dBm)	P_4 (dBm)	P_5 (dBm)	P_6 (dBm)	P_7 (dBm)	P_8 (dBm)
1	29,6	29,8	30	29,7	30,1	29,7	29,65	8

5	30,4	30,5	30,8	30,5	30,8	30,5	30,5	7,8
10	32,8	33,1	33,1	33,1	33,1	32,5	32,85	9,1
20	32,6	33,3	32,8	33,1	33,1	32,9	32,987	8,7
30	32,4	33,1	33,1	33,05	33,1	32,5	32,85	7,5
40	32,5	33,2	33,1	33	33,1	32,9	32,85	7,8

Thí nghiệm thứ ba: sử dụng một RRU 5G 8T8R có khả năng phát ra dữ liệu bình thường ở bảy kênh đầu, kênh số tám bị suy giảm hệ số khuếch đại của khối khuếch đại công suất. Trường hợp này để giả lập hiện tượng có một hoặc nhiều kênh bị suy giảm chất lượng khối khuếch đại công suất.

Kết quả thí nghiệm khảo sát công suất thu được trên từng kênh với các mức phát khác nhau của RRU 5G 8T8R được thể hiện dưới bảng 5 với các thông số như sau:

P_{out} : Công suất tín hiệu phát ra trên từng kênh tính theo đơn vị Oát(W).

P_1 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ nhất tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_2 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ hai tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_3 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ ba tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_4 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tư tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_5 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ năm tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_6 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ sáu tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_7 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ bảy tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

P_8 : Công suất tín hiệu thu được trên kênh thứ tám tính theo đơn vị đi-bi-em (dBm).

Bảng 5: mức công suất tín hiệu thu được trên từng kênh trong các trường hợp công suất phát khác nhau

P_{out} (W)	P_1 (dBm)	P_2 (dBm)	P_3 (dBm)	P_4 (dBm)	P_5 (dBm)	P_6 (dBm)	P_7 (dBm)	P_8 (dBm)
1	29,6	29,8	30	29,7	30,1	29,7	29,65	23,7
5	30,4	30,5	30,8	30,5	30,8	30,5	30,5	23,5
10	32,8	33,1	33,1	33,1	33,1	32,5	32,85	23,9

20	32,6	33,3	32,8	33,1	33,1	32,9	32,987	24,1
30	32,4	33,1	33,1	33,05	33,1	32,5	32,85	24,5
40	32,5	33,2	33,1	33	33,1	32,9	32,85	25,2

Từ kết quả của ba thí nghiệm trên có thể thấy công suất thu được của các kênh hoạt động bình thường đều lớn hơn 28dBm, khi bị hỏng hắc (mất kết nối) đều không vượt quá 20dBm, khoảng dao động từ 20dBm tới 28 dBm là vùng sụt giảm công suất. Công suất thu được của các kênh bình thường đều không lệch nhau quá 2dBm. Dựa vào các kết quả khảo sát này chọn ngưỡng đánh giá công suất P_{Thr} và ngưỡng sai lệch công suất $Diff_{Thr}$ như sau:

$$P_{Thr} = 28 \text{ (dBm)}, Diff_{Thr} = 2 \text{ (dBm)}$$

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp đo lường chất lượng tuyến phát thời gian thực ứng dụng cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G đóng vai trò quan trọng trong việc giám sát tình trạng hoạt động của hệ thống, cho phép phát hiện lỗi tức thì, từ đó có phương án khắc phục đảm bảo hệ thống luôn trong tình trạng hoạt động ổn định. Ngoài ra, phương pháp này được triển khai cả trên nền tảng vi xử lý (ARM) và phần cứng lô-gíc khả trình (FPGA) nên cho phép việc tính toán có độ chính xác cao, giảm thời gian trễ xử lý, tăng tính thời gian thực, tối ưu tài nguyên xử lý cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G. Hơn nữa, người thực thi có thể tùy biến các thông số cấu hình để phục vụ cho nhiều băng thông, dải tần, số lượng kênh ăng-ten khác nhau.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp đo lường chất lượng tuyến phát thời gian thực ứng dụng cho hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G, bao gồm các bước:

bước 1: phát – thu tín hiệu tham chiếu trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G, bước này được trình bày cụ thể như sau:

khởi sinh tín hiệu tham chiếu nhận các tham số từ khối xử lý trung tâm trên RRU (ARM), với RRU là hệ thống thu phát sóng vô tuyến 5G:

- số lượng sóng mang con: N_{sub}
- số lần lặp phát – thu: L
- tham số định danh cho thiết bị thu phát sóng vô tuyến 5G: N_{cell_ID}
- số lượng kênh ăng-ten: N_{ant}
- số lượng điểm biến đổi Fourier nhanh: M

chuỗi Zadoff-Chu (ZC) - $s(n)$ phục vụ sinh dữ liệu tham chiếu được tạo ra theo cách thức như sau:

$$s(n) = e^{jN_{cell_ID}k} \hat{r}_{u,v}(n), 0 \leq n \leq N_{sub}$$

$\hat{r}_{u,v}(n)$ được gọi là chuỗi cơ sở, chuỗi này sẽ được sinh ra theo công thức sau:

$$\hat{r}_{u,v}(n) = x_q(n \bmod N_{SC}^{RS}), 0 \leq n \leq N_{sub}$$

giá trị N_{SC}^{RS} luôn bé hơn giá trị số sóng mang con trong băng thông hệ thống (N_{sub}), giá trị này được định nghĩa trong chuẩn 3GPP theo từng băng thông;

$x_q(m)$ được gọi là chuỗi gốc, chuỗi gốc này được tính theo công thức:

$$x_q(m) = e^{-\frac{j\pi qm(m+1)}{N_{SC}^{RS}}}, 0 \leq m \leq N_{SC}^{RS} - 1$$

chỉ số q được tính theo công thức:

$$q = \left\lfloor \bar{q} + \frac{1}{2} \right\rfloor + v \cdot (-1)^{\lfloor 2\bar{q} \rfloor}, v = 0$$

giá trị $\bar{q}$ được tính như sau:

$$\bar{q} = N_{SC}^{RS} \cdot \frac{u+1}{31}, u = 0$$

chuỗi $s(n)$ sau khi được sinh ra sẽ là một ma trận phức có kích thước là $1 \times N_{sub}$, đây cũng chính là tín hiệu tham chiếu miền tần số X_n^k , chuỗi này sẽ được chuyển sang miền thời gian bằng phép biến đổi fourier ngược nhanh iFFT và điều chế OFDM; tín hiệu tham chiếu miền thời gian $x(t)$ sẽ được phát lặp lại kéo dài trong hai ký hiệu OFDM;

mỗi một ký hiệu OFDM chỉ thực hiện truyền một lần dữ liệu tham chiếu và truyền trên một kênh ăng-ten duy nhất; tín hiệu tham chiếu $x(t)$ sẽ được truyền vào ký hiệu OFDM thứ bảy và thứ tám của khe thời gian đặc biệt, do đã biết trước độ trễ của việc xử lý trên hệ thống thu phát sóng vô tuyến nên sau một khoảng thời gian Δt tín hiệu tham chiếu $y_n^i(t)$ sẽ được thu về trên dữ liệu phản hồi từ ăng-ten;

hiện tại hai ký hiệu OFDM thứ bảy và thứ tám của khe thời gian đặc biệt đang không được lập lịch để thu/phát phục vụ người dùng nên có thể liên tục phát/thu dữ liệu tham chiếu vào thời điểm này; điều này chính là yếu tố giúp thực hiện việc giám sát thời gian thực liên tục của phương pháp giám sát này;

tín hiệu $y_n^i(t)$ sẽ được thực hiện giải điều chế OFDM, biến đổi fourier nhanh để thu được chuỗi dữ liệu tham chiếu nhận về trên miền tần số $Y_{n,i}^k$; do đặc tính phần cứng luôn thay đổi theo các tác động bên ngoài (nhiệt độ, tần số...) nên cần thực hiện lặp lại quá trình phát-thu tín hiệu này nhiều lần trên tất cả các kênh ăng-ten; các chuỗi $Y_{n,i}^k$ sẽ được lưu lại vào bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (random access memory – RAM) của khối xử lý trung tâm trên RRU và thực hiện tính trung bình cộng theo từng kênh ăng-ten để loại bỏ ảnh hưởng của việc hệ thống dao động cũng như tăng tính chính xác của phương pháp; mỗi một kênh ăng-ten ta sẽ thu được một chuỗi dữ liệu tham chiếu đại diện trên đường phản hồi $\bar{Y}_n^k$ được tính theo công thức:

$$\bar{Y}_n^k = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} Y_{n,i}^k, k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

tín hiệu nhận được sẽ được hiệu chuẩn hóa biên độ theo giá trị tuyệt đối của số phức $R = 1 + 1i$ theo công thức:

$$\bar{Y}_n^k = \frac{Abs(R)}{Abs(\max(\bar{Y}_n^k))} \cdot \bar{Y}_n^k, k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

mục đích của việc chuẩn hóa tín hiệu để phân tách dữ liệu nhận được với nền nhiễu của môi trường, loại bỏ ảnh hưởng của công suất phát lên tín hiệu tham chiếu;

bước 2: ước lượng đáp ứng kênh truyền của từng kênh phát, tính toán công suất tín hiệu nhận về trên từng kênh:

đáp ứng kênh truyền ứng với từng kênh ăng-ten H_n^k tính trên từng sóng mang con được tính theo công thức sau:

$$H_n^k = \frac{\bar{Y}_n^k}{\bar{X}_n^k} \text{ với } k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

công suất tín hiệu nhận được trên từng sóng mang con của các kênh ăng-ten được tính như sau:

$$P_n^k = (H_n^k)^2 \text{ với } k = \overline{0, N_{sub} - 1}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

công suất tín hiệu của từng kênh ăng-ten chính là tổng công suất của từng sóng mang con nhận được trên kênh phản hồi:

$$P_n = \sum_{k=0}^{N_{sub}-1} P_n^k \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

công suất lớn nhất nhận được trong lần phát của N_{ant} kênh ăng-ten:

$$\max P_{N_{ant}} = \max\{P_n\} \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

sai lệch công suất của các kênh ăng-ten so với kênh có công suất lớn nhất được tính bằng công thức:

$$\text{diff}P_n = | \max P_{N_{ant}} - P_n |, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

bước 3: đánh giá tình trạng kênh phát

thực hiện đánh giá chất lượng kênh phát dựa vào hai tiêu chí đó là công suất tín hiệu tham chiếu nhận được và mức sai lệch công suất của các kênh phát;

kết quả này được lưu vào bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên của đơn vị xử lý trung tâm trên RRU và sẽ được truyền về DU 5G NR qua đường giám sát vận hành (OAM – operation, administration and maintenance);

ARM thực hiện cấu hình hai tham số ngưỡng công suất tín hiệu thu về trên kênh P_{Thr} và độ lệch công suất của các kênh so với kênh có công suất thu về lớn nhất $Diff_{Thr}$ xuống khối thực hiện đánh giá; ngưỡng P_{Thr} được dùng để quyết định kênh phát có phát ra tín hiệu hay không, ngưỡng $Diff_{Thr}$ sẽ cho biết kênh nào bị suy giảm chất lượng;

kênh phát sẽ được đánh giá là không phát ra tín hiệu (hoặc không khuếch đại tín hiệu phát ra qua khối khuếch đại công suất) khi:

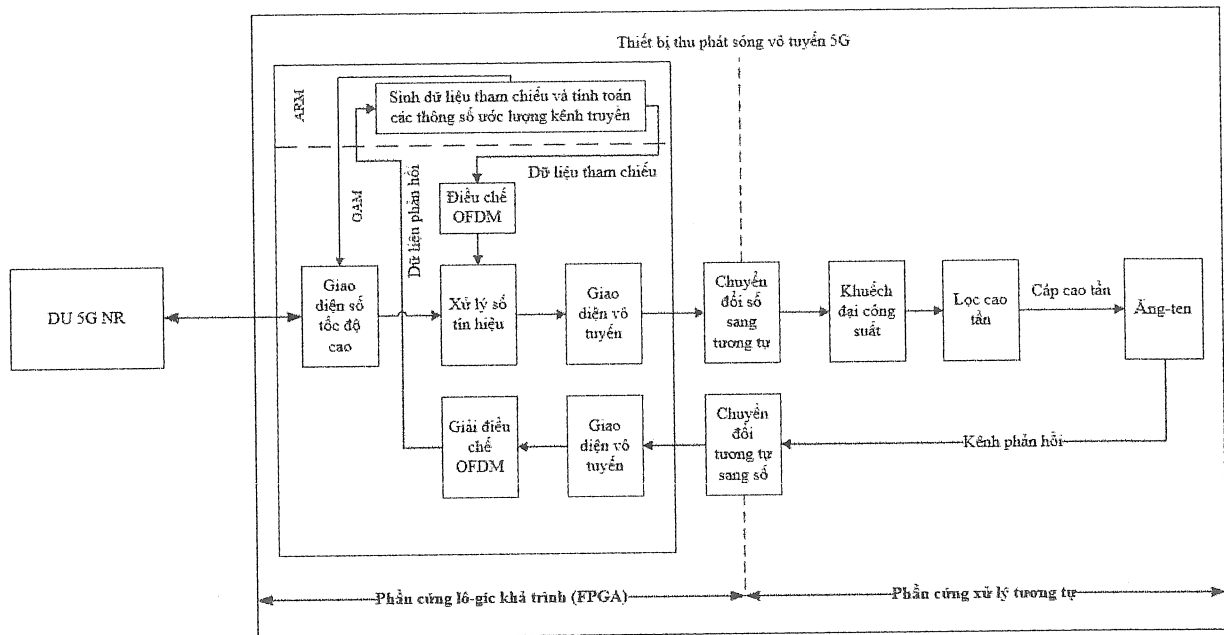
$$P_n < P_{Thr} \text{ với } n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

kênh phát sẽ được đánh giá là bị suy giảm chất lượng (suy giảm hệ số khuếch đại tín hiệu) khi:

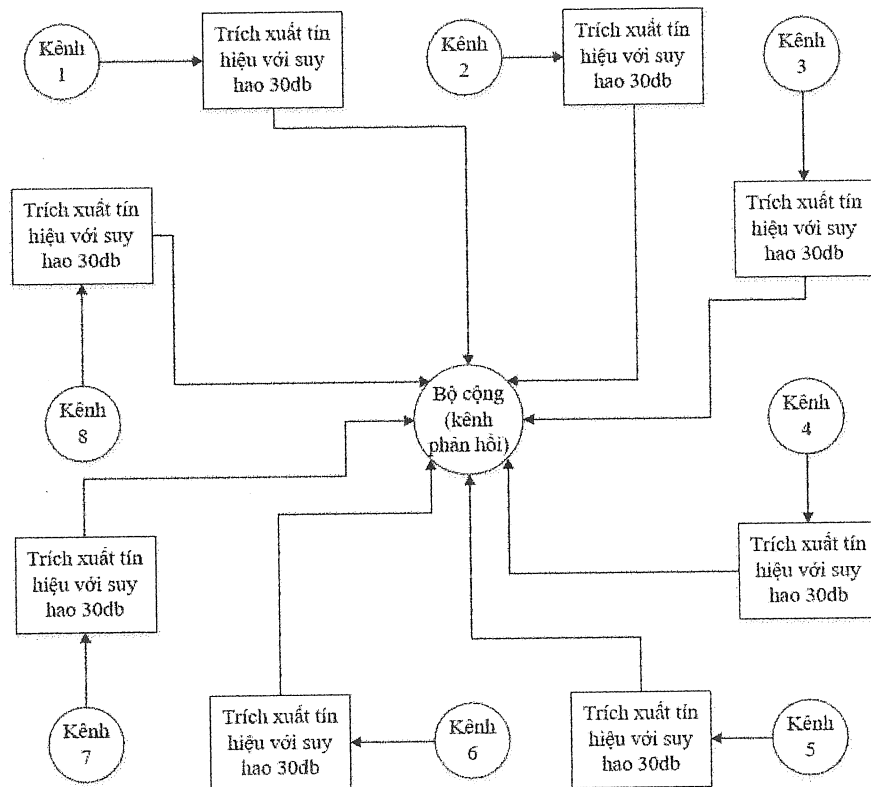
$$\begin{cases} P_n \geq P_{Thr} \\ diff P_n \geq Diff_{Thr} \end{cases}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}$$

kênh phát được đánh giá hoạt động bình thường khi thỏa mãn điều kiện sau:

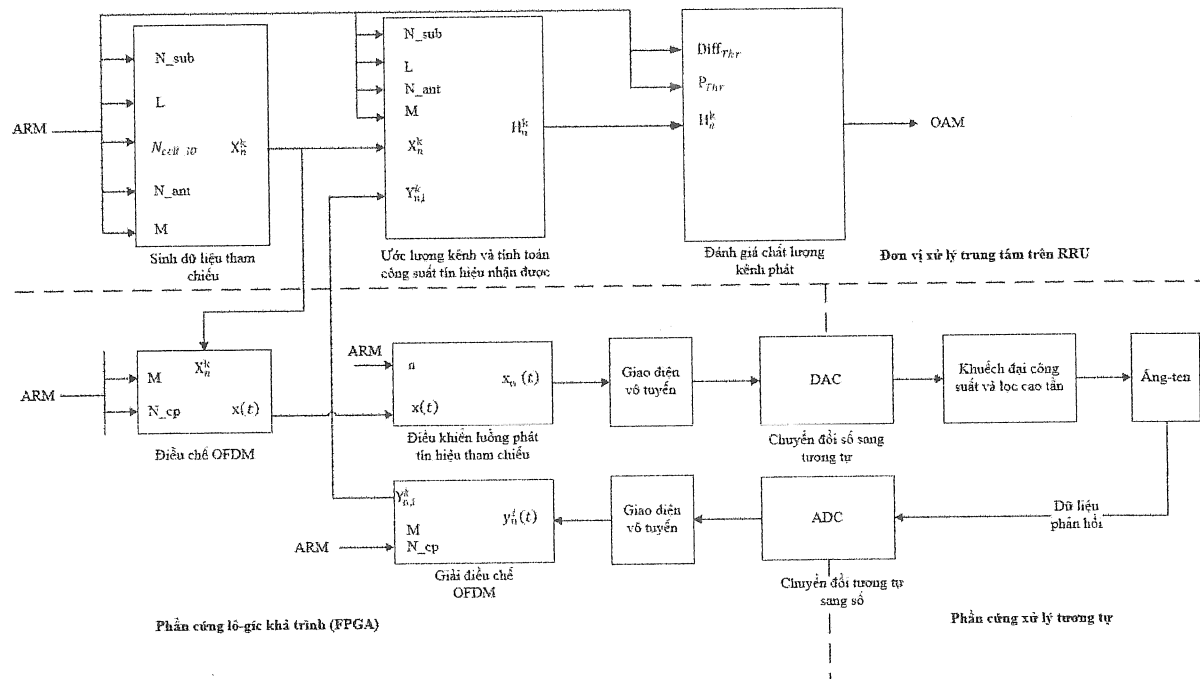
$$\begin{cases} P_n \geq P_{Thr} \\ diff P_n < Diff_{Thr} \end{cases}, n = \overline{0, N_{ant} - 1}.$$



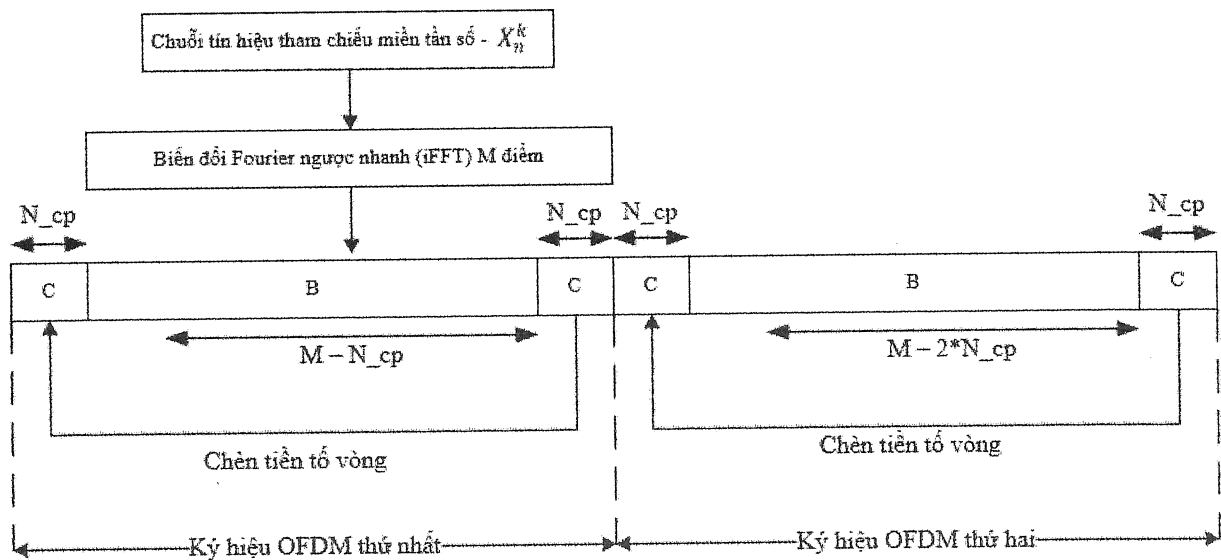
Hình 1



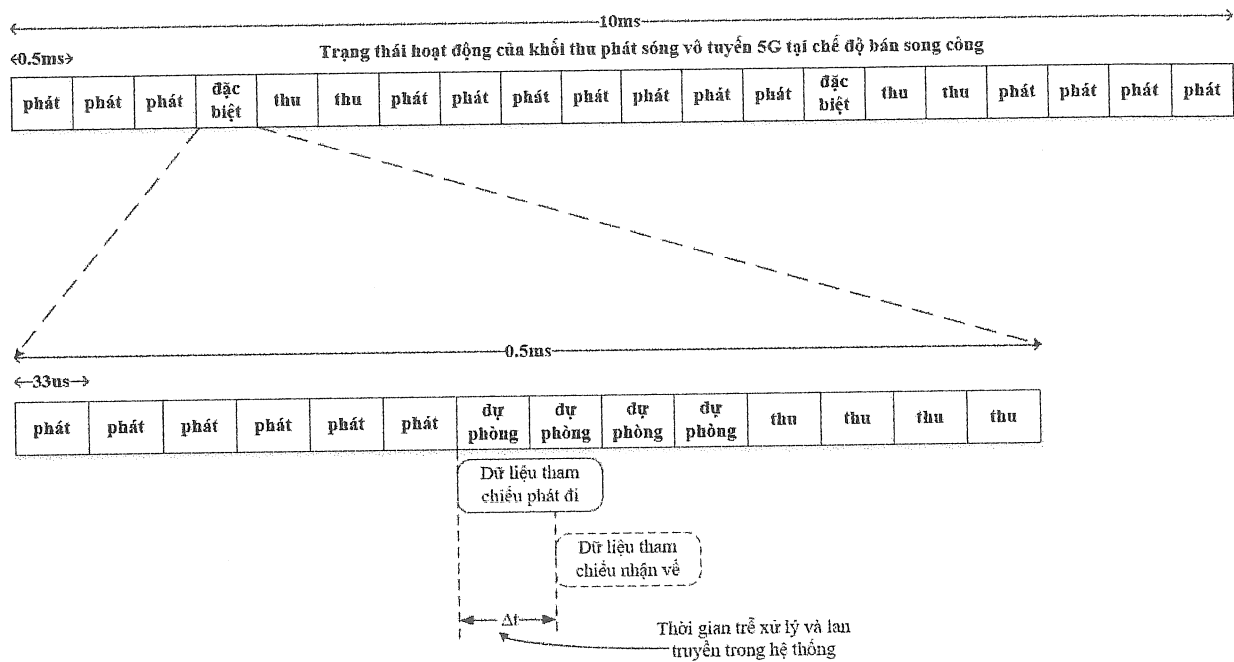
Hình 2



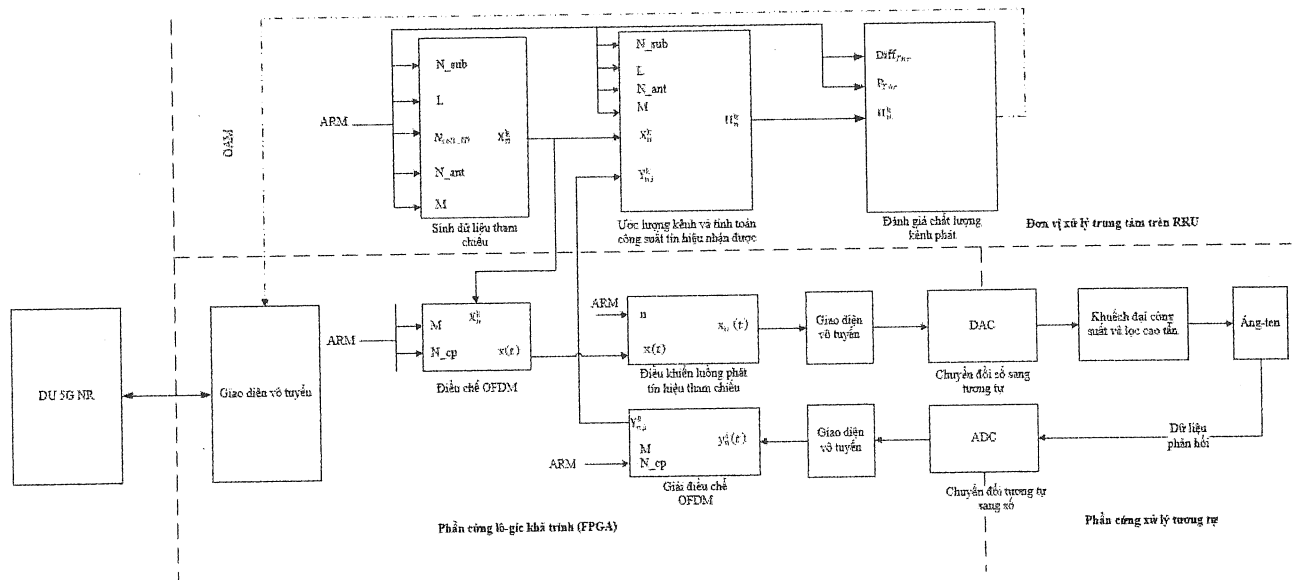
Hình 3



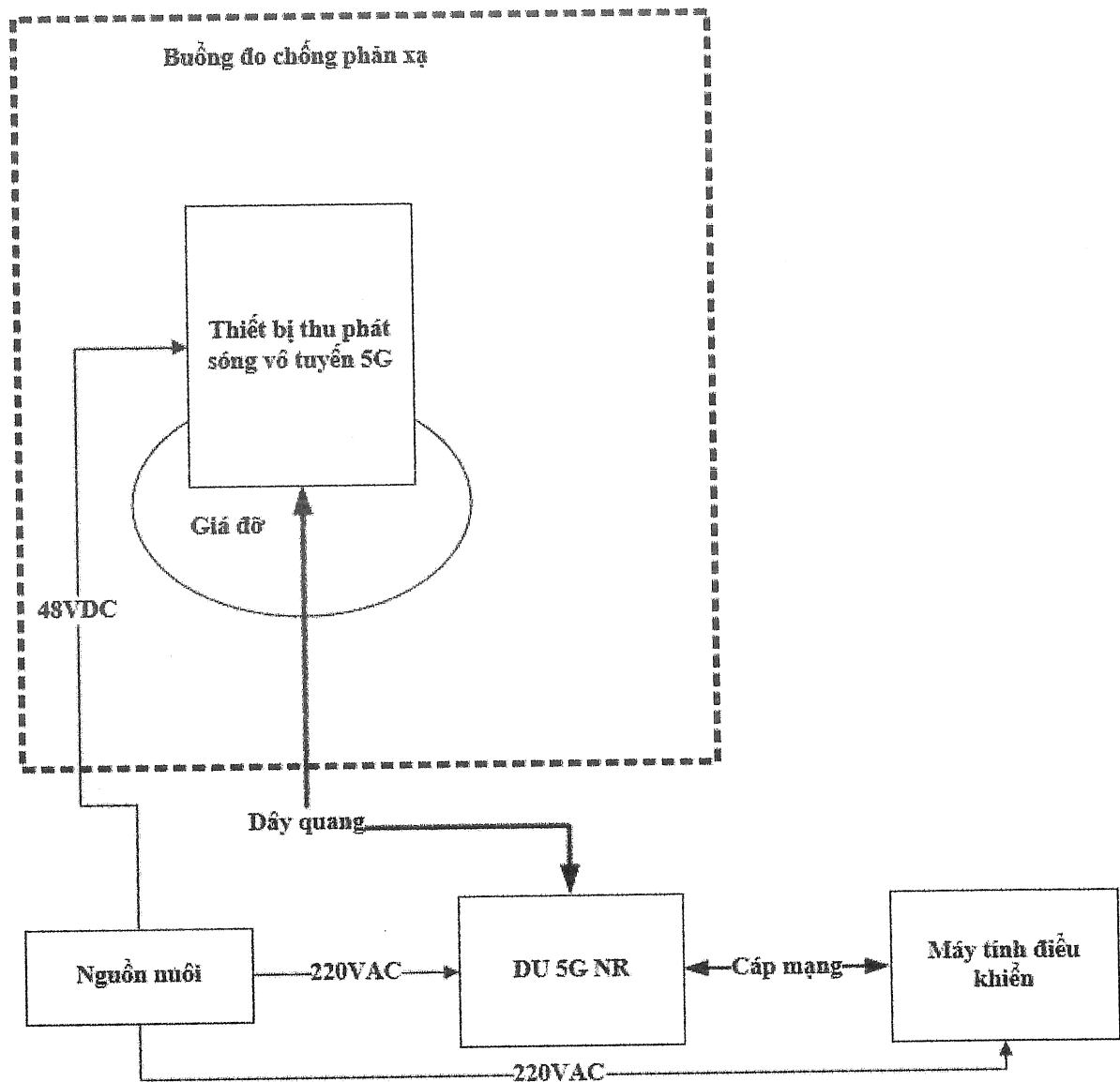
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7