



(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)



1-0027427

(51)⁸ H04B 7/00; H03F 1/00

(13) B

(21) 1-2018-02599

(22) 15/06/2018

(45) 25/02/2021 395

(43) 25/02/2019 371A

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

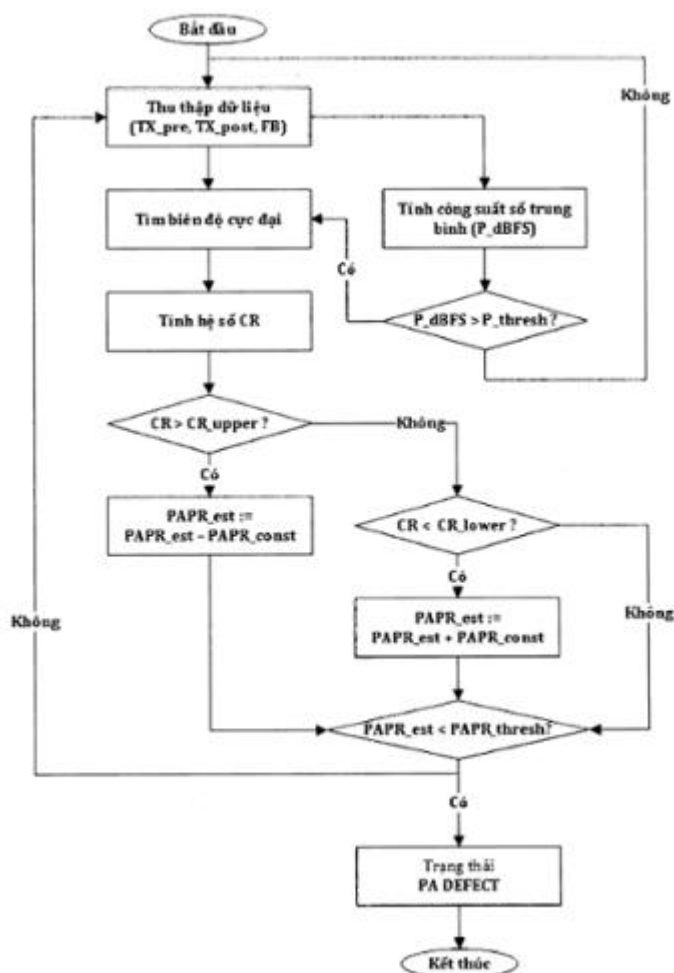
Số 1 Trần Hữu Dực, Mỹ Đình 2, Nam Từ Liêm, Hà Nội

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

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỶ LỆ NÉN TÍN HIỆU THEO SỰ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu hay còn gọi là tối ưu hóa hệ số nén tín hiệu (Compress Ratio Optimization - CROPT) theo sự biến đổi chất lượng của bộ khuếch đại công suất bằng cách điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình theo trạng thái hoạt động của bộ khuếch đại công suất này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu theo sự biến đổi chất lượng của bộ khuếch đại công suất. Phương pháp theo sáng chế đảm bảo duy trì dịch vụ được liên tục trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại công suất bị suy giảm bằng cách giảm chất lượng tín hiệu phát ra ở mức chấp nhận được. Và ngược lại, trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại tốt, thì phương pháp theo sáng chế sẽ tự động điều chỉnh tỉ số nén tín hiệu để đảm bảo chất lượng tín hiệu phát ra là tốt nhất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bộ khuếch đại công suất (Power Amplifier - PA) trên thiết bị thu phát sóng vô tuyến (Radio Remote Head – RRH) đóng vai trò quan trọng trong việc phát sóng tín hiệu ra môi trường vô tuyến. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành trên mạng lưới, chất lượng của PA có thể bị suy giảm do:

- Các phần tử, mạch tích hợp (Integrated Circuit – IC) trong mạch bị suy yếu sau thời gian dài hoạt động ở cường độ cao; hoặc
- Tác động sai của người vận hành vào hệ thống dẫn đến PA bị quá tải.

Thực tế, trong quá trình cung cấp dịch vụ, khi người dùng thực hiện trao đổi dữ liệu với trạm phát sóng, bộ khuếch đại công suất sẽ hoạt động ở gần điểm bão hòa. Trong trường hợp PA bị suy giảm chất lượng, ví dụ giảm mức đỉnh công suất, khi đó mức công suất đỉnh của tín hiệu đầu vào vượt quá mức giới hạn công suất đỉnh cho phép của PA. Lúc này, PA phải hoạt động sâu trong vùng bão hòa. Tình trạng này sẽ dẫn đến hai hậu quả sau:

- Tín hiệu đường phát sau khuếch đại bị méo phi tuyến làm cho chất lượng tín hiệu đầu thu tại thiết bị người dùng suy giảm, ví dụ biên độ vec-tơ lỗi (Error Vector Magnitude - EVM) tăng lên, gây ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ của thiết bị người dùng;
- Bên cạnh đó, chỉ số tỷ lệ rò kênh lân cận (Adjacent Channel Leakage Ratio - ACLR) suy giảm dưới chuẩn cho phép gây ảnh hưởng đến chất lượng của các nhà mạng khác hoạt động ở tần số lân cận. Đồng thời hiệu suất làm việc của PA rất thấp, gây nóng PA dẫn đến hỏng tầng khuếch đại chính của PA trong thời gian rất ngắn.

Trong thực tế, khi PA đã bị hỏng, sẽ phải thay thế bằng RRH khác làm tăng chi phí, chưa kể việc cung cấp dịch vụ sẽ bị gián đoạn trong thời gian dài.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để khắc phục các nhược điểm nêu trên, các tác giả đã nghiên cứu và đề xuất phương pháp điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu trong trường hợp bộ khuếch đại công suất bị suy giảm

chất lượng. Khi đó, RRH vẫn có thể tiếp tục được sử dụng trên mạng lưới, đảm bảo dịch vụ không bị gián đoạn, tận dụng tối đa RRH trong điều kiện cho phép, với chất lượng dịch vụ ở mức độ chấp nhận được.

Sáng chế đề xuất phương pháp điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu hay còn gọi là tối ưu hóa hệ số nén tín hiệu (Compress Ratio Optimization – CROPT) để giảm thiểu thời gian gián đoạn dịch vụ khi chất lượng bộ khuếch đại công suất bị suy giảm bằng cách điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình theo trạng thái hoạt động của bộ khuếch đại công suất này.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp CROPT bao gồm các bước xử lý như sau:

- (i) thu thập dữ liệu tuyến phát và tuyến phản hồi;
- (ii) tính công suất số trung bình tuyến phản hồi P_{dBFS} 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 lượng mẫu thu thập được trong mảng dữ liệu; và
- I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần dữ liệu I, Q thứ k của mảng dữ liệu;

- (iii) tìm biên độ cực đại của dữ liệu tuyến phát tại hai vị trí: trước và sau khối bù méo phi tuyến theo công thức sau:

$$\begin{cases} TX_pre_{\max} = \max_i \{TX_pre(i) | i = 1 \rightarrow N\} \\ TX_post_{\max} = \max_i \{TX_post(i) | i = 1 \rightarrow N\} \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:

- TX_pre là mẫu tín hiệu ở vị trí trước khối bù méo phi tuyến;
- TX_post là mẫu tín hiệu ở vị trí sau khối bù méo phi tuyến; và
- N là số lượng mẫu thu thập được;

- (iv) tính hệ số nén tín hiệu (Compression Ratio - CR) theo công thức sau:

$$CR = 20 \log_{10} \frac{TX_post_{\max}}{TX_pre_{\max}} \quad (4); \text{ và}$$

- (v) thực hiện điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình dựa trên giá trị CR tính được theo công thức sau:

$$\begin{cases} PAPR_des = PAPR_des & khi \quad CR_lower \leq CR \leq CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des - PAPR_const & khi \quad CR > CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des + PAPR_const & khi \quad CR < CR_lower \end{cases} \quad (5)$$

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống điều chỉnh hệ số nén tín hiệu để cân bằng chất lượng các bộ khuếch đại công suất sử dụng phương pháp CROPT bao gồm 5 khối xử lý sau:

(i) khối thu thập dữ liệu;

(ii) khối tính toán công suất số trung bình 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 lượng mẫu thu thập được trong mảng dữ liệu; và
- I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần dữ liệu I, Q thứ k của mảng dữ liệu;

(iii) khối tìm biên độ cực đại theo công thức sau:

$$\begin{cases} TX_pre_max = \max_i \{TX_pre(i) | i = 1 \rightarrow N\} \\ TX_post_max = \max_i \{TX_post(i) | i = 1 \rightarrow N\} \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:

- TX_pre là mẫu tín hiệu ở vị trí trước khối bù méo phi tuyến;
- TX_post là mẫu tín hiệu ở vị trí sau khối bù méo phi tuyến; và
- N là số lượng mẫu thu thập được;

(iv) khối tính hệ số nén tín hiệu theo công thức sau:

$$CR = 20 \log_{10} \frac{TX_post_max}{TX_pre_max} \quad (4); \text{ và}$$

(v) khối điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình theo công thức sau:

$$\begin{cases} PAPR_des = PAPR_des & khi \quad CR_lower \leq CR \leq CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des - PAPR_const & khi \quad CR > CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des + PAPR_const & khi \quad CR < CR_lower \end{cases} \quad (5).$$

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả hệ thống thu phát sóng vô tuyến áp dụng phương pháp CROPT theo sáng chế.

Hình 2 là hình vẽ mô tả lưu đồ của phương pháp CROPT theo sáng chế.

Hình 3 là hình vẽ mô tả sơ đồ thí nghiệm sử dụng hệ thống CROPT.

Hình 4 thể hiện kết quả thí nghiệm trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại công suất kém có sử dụng phương pháp CROPT theo sáng chế.

Hình 5 thể hiện kết quả so sánh ACLR trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại công suất kém.

Hình 6 thể hiện kết quả thí nghiệm trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại công suất tốt sử dụng phương pháp CROPT theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 là hình vẽ mô tả hệ thống thu phát sóng vô tuyến áp dụng phương pháp CROPT theo sáng chế bao gồm các thành phần sau:

- Khối giảm tỷ lệ đỉnh tín hiệu thực hiện giảm tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình của tín hiệu phát.
- Khối bù méo phi tuyến có chức năng làm méo trước tín hiệu trong miền số để bù méo phi tuyến gây ra bởi các bộ khuếch đại công suất và nâng cao chất lượng của tín hiệu.
- Mạch tương tự tuyến phát thực hiện chức năng xử lý tín hiệu tuyến phát, bao gồm các chức năng chuyển đổi số sang tương tự, lọc và trộn tín hiệu lên cao tần.
- Mạch tương tự tuyến phản hồi thực hiện chức năng xử lý tín hiệu tuyến phản hồi, bao gồm các chức năng chuyển đổi tín hiệu từ cao tần về băng tần cơ sở, chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số.
- Hệ thống CROPT thực hiện thuật toán điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu.

Phương pháp điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu theo sáng chế bao gồm 5 bước được mô tả trong lưu đồ như được thể hiện trong Hình 2. Cụ thể như sau:

Bước 1: Thu thập dữ liệu

Đầu tiên, thực hiện lấy mẫu tín hiệu tại ba vị trí: vị trí trước khối bù méo phi tuyến (TX_{pre}); vị trí sau khối bù méo phi tuyến (TX_{post}) và tuyến phản hồi (FB). Số lượng mẫu thu thập được là N mẫu với giá trị đủ lớn. Các mẫu dữ liệu TX_{pre} và TX_{post} được đưa tới khối tìm biên độ cực đại trong khi các mẫu dữ liệu FB được đưa tới khối tính công suất số trung bình.

Bước 2: Tính công suất số trung bình đường phản hồi

Tại bước này, công suất số trung bình của mảng dữ liệu FB được tính theo công thức (1):

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

trong đó

- N là số lượng mẫu trong mảng dữ liệu;
- I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần dữ liệu I, Q thứ k của mảng dữ liệu.

Sau khi tính được công suất trung bình trong miền số theo công thức (1), giá trị này được so sánh với giá trị ngưỡng là P_thresh (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2) để đảm bảo mức công suất tín hiệu vào cho thuật toán. Giá trị P_thresh xác định ranh giới vùng làm việc tuyến tính và phi tuyến của bộ khuếch đại công suất.

Trường hợp giá trị công suất trung bình trong miền số tính được lớn hơn hoặc bằng mức P_thresh , khi đó, bộ khuếch đại công suất được xác định là làm việc ở vùng phi tuyến, gần điểm bão hòa làm suy giảm chất lượng tín hiệu.

Trường hợp giá trị công suất trung bình trong miền số tính được thấp hơn mức P_thresh , khi đó, bộ khuếch đại công suất được xác định là làm việc ở vùng tuyến tính. Lúc này, một tập mẫu mới sẽ được thu thập và thực hiện lại bước 1.

Bước 3: Tìm biên độ cực đại của tín hiệu tuyến phát

Bước này sẽ thực hiện tìm biên độ cực đại của hai mảng dữ liệu TX_pre và TX_post theo biểu thức (2).

$$\begin{cases} TX_pre_{\max} = \max_i \{TX_pre(i) | i = 1 \rightarrow N\} \\ TX_post_{\max} = \max_i \{TX_post(i) | i = 1 \rightarrow N\} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó, N là số lượng mẫu thu thập được trong các mảng dữ liệu. Các giá trị tính được theo biểu thức (2) sẽ được sử dụng để tính toán hệ số nén tín hiệu ở bước 4.

Bước 4: Tính hệ số nén tín hiệu CR

Để đánh giá trạng thái hoạt động của PA, cần dùng hệ số nén tín hiệu CR được xác định là tỷ lệ biên độ cực đại của tín hiệu trước và sau khối bù méo phi tuyến. Do công suất của tín hiệu tỷ lệ với bình phương biên độ, nên từ hai giá trị $TX_pre_{\max}; TX_post_{\max}$ đã tính được ở bước 3, có thể tính được hệ số CR theo công thức (3).

$$CR = \frac{TX_post_{\max}^2}{TX_pre_{\max}^2} \quad (3)$$

Để thuận tiện hơn trong quá trình tính toán, giá trị CR theo công thức (3) có thể được quy đổi sang thang đo deciBel theo công thức (4)

$$CR = 20 \log_{10} \frac{TX_post_{\max}}{TX_pre_{\max}} \quad (4)$$

Bước 5: Thực hiện điều chỉnh tuyến tính tỷ số công suất đỉnh tín hiệu

Dựa vào giá trị CR tính được ở bước 4, bước này thực hiện điều chỉnh tuyến tính giá trị PAPR đầu vào để thay đổi chất lượng của tín hiệu phát theo công thức (5):

$$\begin{cases} PAPR_des = PAPR_des & \text{khi } CR_lower \leq CR \leq CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des - PAPR_const & \text{khi } CR > CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des + PAPR_const & \text{khi } CR < CR_lower \end{cases} \quad (5)$$

Cụ thể, nếu giá trị CR tính được ở bước 4 thấp hơn giá trị ngưỡng CR tối thiểu CR_lower (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2), tức là bộ khuếch đại công suất đang hoạt động ở vùng tuyến tính, khi đó, thực hiện tăng PAPR của tín hiệu đầu vào khối bù méo phi tuyến một lượng không đổi $PAPR_{const}$ (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2). Việc tăng PAPR đầu vào của tín hiệu nhằm tận dụng tối đa vùng làm việc tuyến tính của bộ khuếch đại công suất. Hơn nữa, tỷ số công suất đỉnh tín hiệu đầu vào cao làm cho tín hiệu đầu ra giảm, tỷ lệ đỉnh bị cắt ít hơn, dẫn đến EVM của tín hiệu giảm xuống.

Nếu giá trị CR tính được ở bước 4 cao hơn giá trị ngưỡng CR tối đa CR_upper (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2), tức là bộ khuếch đại công suất đang làm việc ở vùng phi tuyến, khi đó, thực hiện giảm PAPR của tín hiệu đầu vào khối bù méo phi tuyến một lượng không đổi $PAPR_{const}$ (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2). Việc giảm PAPR đầu vào của tín hiệu sẽ đẩy bộ khuếch đại công suất làm việc ở vùng tuyến tính, do đó, làm giảm tỷ lệ rò kênh lân cận ACLR.

Tuy nhiên, đối với các bộ khuếch đại công suất có điểm bão hoà thấp, việc giảm PAPR đầu vào của tín hiệu quá mức sẽ gây sai số tín hiệu lớn (EVM của tín hiệu tăng lên) ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ. Do đó, giá trị $PAPR_des$ tính toán theo công thức (5) sẽ được so sánh với giá trị $PAPR_thresh$ (giá trị cụ thể được nêu trong Bảng 2). Nếu giá trị $PAPR_des$ thấp hơn giá trị $PAPR_thresh$ (tức là PAPR đã giảm nhiều nhưng hệ số nén tín hiệu vẫn duy trì ở mức cao) thì trạng thái của bộ khuếch đại công suất được xác định là “PA DEFECT” (nghĩa là PA bị lỗi) và kết thúc thuật toán.

Như vậy, phương pháp điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh tín hiệu bao gồm Bước 1 đến Bước 5 trên đây, có thể tối ưu hóa hệ số nén tín hiệu một cách tự động, đây cũng là mục đích chính của sáng chế.

Để hiện thực hóa các bước tính toán nêu trên, các tác giả đề xuất hệ thống gồm năm khối xử lý sau:

- Khối thu thập dữ liệu;
- Khối tính toán công suất số trung bình;
- Khối tìm biên độ cực đại;
- Khối tính hệ số nén tín hiệu; và
- Khối thực hiện điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh tín hiệu.

Tương ứng với năm bước tính toán đã mô tả trên đây, chức năng của các khối này được mô tả chi tiết như sau:

1. Khối thu thập dữ liệu

Khối này thực hiện lấy 16384 mẫu dữ liệu I và Q tại ba vị trí: trước khối bù méo phi tuyến, sau khối bù méo phi tuyến và đường phản hồi. Trong đó, các mẫu dữ liệu I, Q đường phản hồi được đưa tới khối tính toán công suất số trung bình, còn các mẫu dữ liệu I, Q trước và sau khối bù méo phi tuyến được đưa tới khối tìm biên độ cực đại.

2. Khối tính toán công suất số trung bình

Khối tính toán công suất số trung bình nhận dữ liệu I, Q từ đường phản hồi, đồng thời tính công suất số trung bình theo công thức (1). Giá trị công suất số tính được (P_{dBFS}) được so sánh với giá trị công suất ngưỡng cho trước (P_{thresh}). Nếu P_{dBFS} nhỏ hơn P_{thresh} , thì một mẫu dữ liệu mới sẽ được thu thập. Nếu P_{dBFS} lớn hơn hoặc bằng P_{thresh} , thì một tín hiệu điều khiển sẽ được gửi tới khối tìm biên độ cực đại.

3. Khối tìm biên độ cực đại

Khối tìm biên độ cực đại thực hiện tìm biên độ cực đại của hai mảng dữ liệu trước và sau khối bù méo phi tuyến theo công thức (2). Sau đó, dựa vào tín hiệu điều khiển được đưa tới từ khối tính toán công suất, các giá trị biên độ cực đại tính toán được được đưa tới khối tính hệ số CR.

4. Khối tính hệ số CR

Dựa vào các giá trị biên độ cực đại tính được ở khối tìm biên độ cực đại, hệ số nén tín hiệu CR được tính toán theo công thức (4). Giá trị CR tính toán được là cơ sở để thực hiện thuật toán điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu.

5. Khối thực hiện thuật toán điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh tín hiệu

Dựa vào giá trị CR tính toán được, khối thực hiện thuật toán điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu thực hiện điều chỉnh giá trị PAPR đầu vào ($PAPR_{des}$) theo một giá trị không đổi cho trước theo công thức (5). Để đảm bảo tính liên tục, khối thực hiện thuật toán điều chỉnh tiến hành đọc giá trị công suất trung bình và hệ số CR theo chu kỳ 1 giây. Như vậy, giá trị $PAPR_{des}$ sẽ được căn chỉnh để đảm bảo hệ số CR tính được luôn nằm trong dải từ CR_{lower} đến CR_{upper} .

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để chứng minh hiệu quả của sáng chế, hệ thống CROPT theo sáng chế được tích hợp vào vi mạch số khả trình FPGA Soc Zynq - 7000 (Field Programmable Gate Array - FPGA) trên thiết bị thu phát sóng cao tần 4G do VTTEK - Viettel sản xuất. Hệ thống này sử dụng kiến trúc kết hợp xử lý dữ liệu đồng thời trên FPGA và vi xử lý có tập lệnh rút gọn tiên tiến (Advanced Reduced Instructions Set Computer Machine - ARM). Cụ thể, khối thu thập dữ liệu, khối tính toán công suất số trung bình, khối tìm biên độ cực đại được triển

khai trên FPGA trong khi khối tính hệ số nén CR và khối điều chỉnh PAPR được triển khai bằng phần mềm nhúng trên vi xử lý ARM.

Các tham số cấu hình cho hệ thống được liệt kê trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1: Các tham số cấu hình hệ thống

Băng thông tín hiệu	10 MHz
Băng tần tín hiệu phát	Band 3 (1805 MHz – 1880 MHz)
Tốc độ mẫu dữ liệu	122,88 Msps
Công suất phát	40 dBm

Chip được sử dụng cho quá trình triển khai hệ thống thuộc dòng Zynq – 7000 của hãng Xilinx, trong đó bao gồm:

- 01 chip FPGA, Kintex7; và
- 02 lõi vi xử lý ARM CortexA9.

Các tham số cấu hình cho hệ thống CROPT theo sáng chế được liệt kê trong Bảng 2 dưới đây:

Bảng 2: Các tham số cấu hình cho hệ thống CROPT

Tham số	Ý nghĩa tham số	Giá trị cấu hình
P_{thresh}	Ngưỡng công suất số trung bình	7 dB
CR_{upper}	Ngưỡng CR tối đa	1,7 dB
CR_{lower}	Ngưỡng CR tối thiểu	1,3 dB
$PAPR_{const}$	Hằng số điều chỉnh PAPR	0,1 dB
$PAPR_{thresh}$	Ngưỡng PAPR	5,5 dB

Hệ thống kiểm tra phương pháp và hệ thống CROPT này được mô tả trong Hình 3. 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 Test Model - ETM*) thông qua dây cáp quang sử dụng chuẩn CPRI;
- Khối thu phát tín hiệu cao tần RRH tích hợp khối điều chỉnh tỷ lệ nén tín hiệu;
- Máy phân tích phổ N9030 đo chất lượng tín hiệu của RRH;
- Máy tính kết nối với máy phân tích phổ và RRH để thu thập, phân tích dữ liệu các thông số cần thiết trong quá trình kiểm tra.

Các tác giả tiến hành thí nghiệm với RRH có 2 bộ khuếch đại công suất có chất lượng khác nhau. Bộ thứ nhất có công suất đỉnh tín hiệu thấp, theo giả định trường hợp bộ khuếch đại công suất bị suy giảm chất lượng. Bộ thứ hai hoạt động bình thường với tham số PAPR bằng 7dB để theo dõi sự thay đổi của tỷ lệ nén tín hiệu. Mẫu dữ liệu kiểm tra được phát từ khối xử lý băng gốc BBU do VTTEK – Viettel sản xuất gồm có các mẫu dữ liệu có công

suất trung bình cao (ETM 3.1, ETM 3.2 và ETM 3.3). Ba mẫu dữ liệu này được sử dụng để kiểm tra biên độ vec-tơ lỗi (Error Vector Magnitude - EVM) của tuyến phát – tham số đánh giá sự biến đổi của chất lượng tín hiệu. Theo đó, giá trị EVM tăng tương ứng với tình trạng suy giảm chất lượng tín hiệu phát, và ngược lại EVM giảm tương ứng với việc cải thiện chất lượng tín hiệu phát.

Thí nghiệm 1: Trường hợp bộ khuếch đại công suất có chất lượng kém

Kết quả đo được của thí nghiệm 1 được mô tả trong Hình 4. Thông thường, nếu xảy ra tình trạng chất lượng PA suy giảm, nếu vẫn hoạt động ở mức công suất phát định mức, chỉ số CR tăng nhanh tới giá trị 4 - 6 dB (nét đứt) tương ứng với việc hoạt động trong vùng quá bão hòa của PA, lúc này cho dù khối bù méo hoạt động cũng không thể đảm bảo được chất lượng bức xạ công suất ngoài băng (ACLR) (Hình 5). Nếu tình trạng này kéo dài, PA sẽ hoạt động ở vùng hiệu suất rất thấp, nhiệt độ tăng nhanh dẫn đến hỏng hoàn toàn PA, việc thay thế thiết bị sẽ làm gián đoạn dịch vụ trên hệ thống.

Trong tình huống này, khi áp dụng phương pháp CROPT theo sáng chế, do phát hiện được chỉ số CR tăng cao (khoảng 2dB – nét liền), thì hệ số PAPR sẽ được điều chỉnh giảm tương ứng từ 7 dB xuống còn 6,7 dB, theo đó là giá trị của EVM bị tăng lên so với thông thường khoảng 0,6% (từ 3,9% tăng lên khoảng 4,5%). Việc điều chỉnh giảm PAPR, sẽ tránh được tình trạng PA phải hoạt động trong vùng quá bão hòa, chỉ số CR sẽ được duy trì ổn định ở giá trị chấp nhận được là 1,5 dB. Lúc này chỉ số ACLR cũng được duy trì ở mức tốt, đảm bảo PA không bị hoạt động ở vùng hiệu suất thấp, nhiệt độ PA không tăng mạnh và đảm bảo an toàn cho hệ thống.

Do đó, phương pháp CROPT theo sáng chế đảm bảo hệ thống vẫn có thể duy trì hoạt động trong tình huống PA bị suy giảm chất lượng, nhưng với chất lượng tín hiệu phát ra, cụ thể là EVM chỉ suy giảm một phần nhỏ.

Thí nghiệm 2: Trường hợp bộ khuếch đại công suất có chất lượng tốt

Kết quả thí nghiệm 2 được mô tả trong Hình 6, khi đó do công suất đỉnh của PA rất cao (tốt), nên PA làm việc trong vùng công suất tuyến tính hơn nhiều so với trường hợp PA có chất lượng kém. Tương ứng với trường hợp này, chỉ số CR chỉ ở mức nhỏ hơn 1 dB. Thông thường, khi chưa áp dụng phương pháp CROPT theo sáng chế, thì PAPR vẫn ở mức 7 dB, lúc này EVM cũng duy trì ở mức 3,9%. Và khi đó chưa tận dụng hết được khả năng tối đa của PA để có thể phát ra tín hiệu có chất lượng tốt hơn nữa.

Mặt khác, khi áp dụng phương pháp CROPT theo sáng chế, nếu chỉ số CR tính toán được còn thấp, bộ điều chỉnh sẽ tăng chỉ số PAPR và chỉ số CR cũng sẽ tăng lên một khoảng tương ứng. Việc tăng chỉ số PAPR sẽ dừng lại (ở mức 7,5 dB) khi chỉ số CR tăng đến mức cho phép (khoảng 1,5 dB). Lưu ý rằng, khi PA hoạt động với chỉ số CR ở mức an toàn là 1,5 dB, thì hệ thống hoàn toàn có thể hoạt động lâu dài, không bị ảnh hưởng đến chất lượng PA. Lúc này, nếu quan sát chỉ số EVM, cũng có thể thấy được sự cải thiện từ

3,9% xuống còn khoảng 2,9%, điều này đồng nghĩa với việc làm tăng chất lượng của tín hiệu phát ra.

Như vậy, trong tình huống chất lượng PA tốt, phương pháp CROPT theo sáng chế đã đóng vai trò nâng cao chất lượng tín hiệu phát và vẫn đảm bảo hệ thống hoạt động được ổn định, lâu dài.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp theo sáng chế là khả thi, dễ áp dụng và tận dụng được tối đa khả năng hoạt động của bộ khuếch đại công suất cũng như nâng cao chất lượng của tín hiệu. Việc triển khai phương pháp trên thực tế đã cho thấy khả năng cân bằng chất lượng tín hiệu hệ thống với điều kiện hoạt động của bộ khuếch đại công suất. Trong trường hợp chất lượng của bộ khuếch đại công suất tốt thì phương pháp đảm bảo chất lượng tín hiệu phát ra tốt hơn. Trong trường hợp chất lượng bộ khuếch đại công suất kém, phương pháp đã điều chỉnh giảm chất lượng tín hiệu (một cách hợp lý) để đảm bảo hoạt động an toàn cho thiết bị, duy trì tính liên tục của hệ thống.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều chỉnh hệ số nén tín hiệu hay còn gọi là tối ưu hóa hệ số nén tín hiệu (Compress Ratio Optimization – CROPT) theo sự biến đổi chất lượng của bộ khuếch đại công suất, bao gồm các bước sau:

(i) thu thập dữ liệu tuyến phát và tuyến phản hồi;

(ii) tính công suất số trung bình tuyến phản hồi P_{dBFS} 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 lượng mẫu thu thập được trong mảng dữ liệu; và
- I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần dữ liệu I, Q thứ k của mảng dữ liệu;

(iii) tìm biên độ cực đại của dữ liệu tuyến phát tại hai vị trí: trước và sau khối bù méo phi tuyến theo công thức sau:

$$\begin{cases} TX_pre_{\max} = \max_i \{TX_pre(i) | i = 1 \rightarrow N\} \\ TX_post_{\max} = \max_i \{TX_post(i) | i = 1 \rightarrow N\} \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:

- TX_pre là mẫu tín hiệu ở vị trí trước khối bù méo phi tuyến;
- TX_post : là mẫu tín hiệu ở vị trí sau khối bù méo phi tuyến; và
- N là số lượng mẫu thu thập được;

(iv) tính hệ số nén tín hiệu (Compression Ratio - CR) theo công thức sau:

$$CR = 20 \log_{10} \frac{TX_post_{\max}}{TX_pre_{\max}} \quad (4); \text{ và}$$

(v) thực hiện điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình dựa trên giá trị CR tính được theo công thức sau:

$$\begin{cases} PAPR_des = PAPR_des & khi \quad CR_lower \leq CR \leq CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des - PAPR_const & khi \quad CR > CR_upper \\ PAPR_des = PAPR_des + PAPR_const & khi \quad CR < CR_lower \end{cases} \quad (5)$$

2. Hệ thống dùng để thực hiện phương pháp tối ưu hóa hệ số nén tín hiệu (Compress Ratio Optimization – CROPT) theo sự biến đổi chất lượng của bộ khuếch đại công suất, bao gồm năm khối xử lý sau:

(i) khối thu thập dữ liệu;

(ii) khối tính toán công suất số trung bình 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 lượng mẫu thu thập được trong mảng dữ liệu; và
- I_k, Q_k theo thứ tự là thành phần dữ liệu I, Q thứ k của mảng dữ liệu;

(iii) khối tìm biên độ cực đại theo công thức sau:

$$\begin{cases} TX_{pre_max} = \max_i \{TX_{pre}(i) | i = 1 \rightarrow N\} \\ TX_{post_max} = \max_i \{TX_{post}(i) | i = 1 \rightarrow N\} \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:

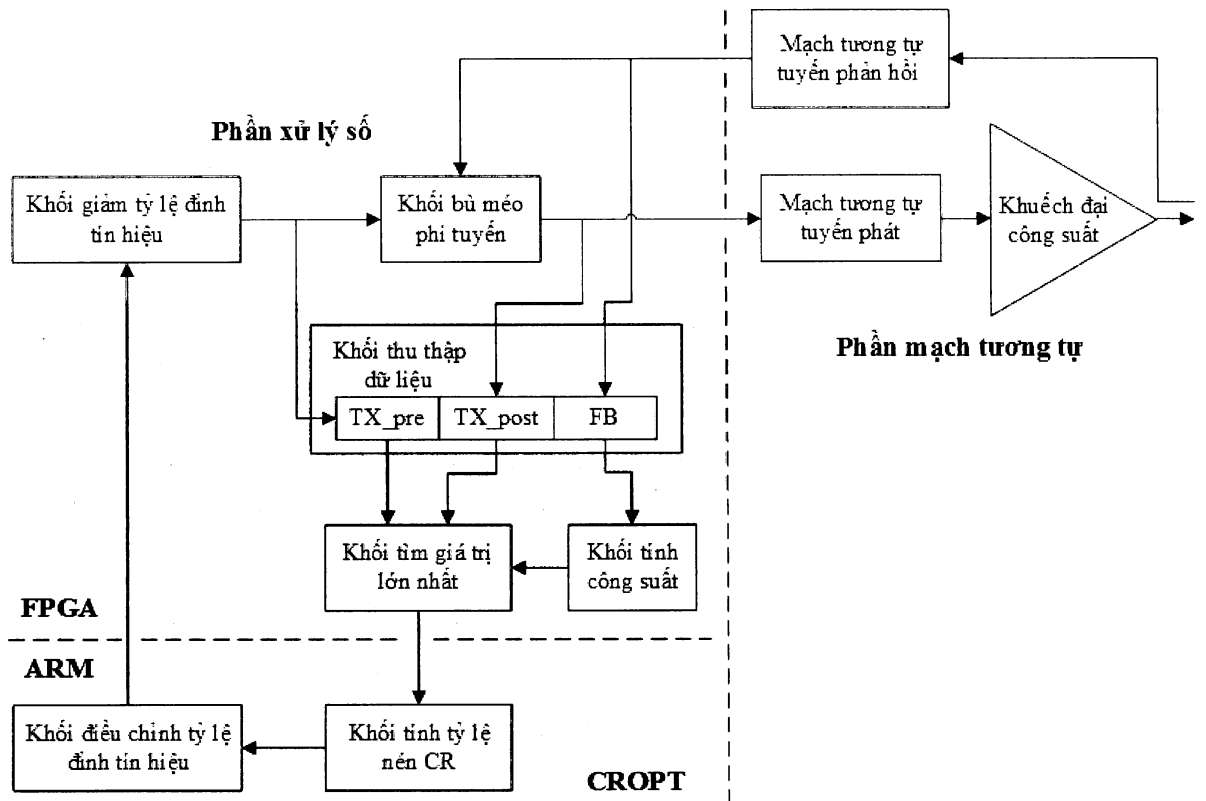
- TX_{pre} là mẫu tín hiệu ở vị trí trước khối bù méo phi tuyến;
- TX_{post} : là mẫu tín hiệu ở vị trí sau khối bù méo phi tuyến; và
- N là số lượng mẫu thu thập được;

(iv) khối tính hệ số nén tín hiệu theo công thức sau:

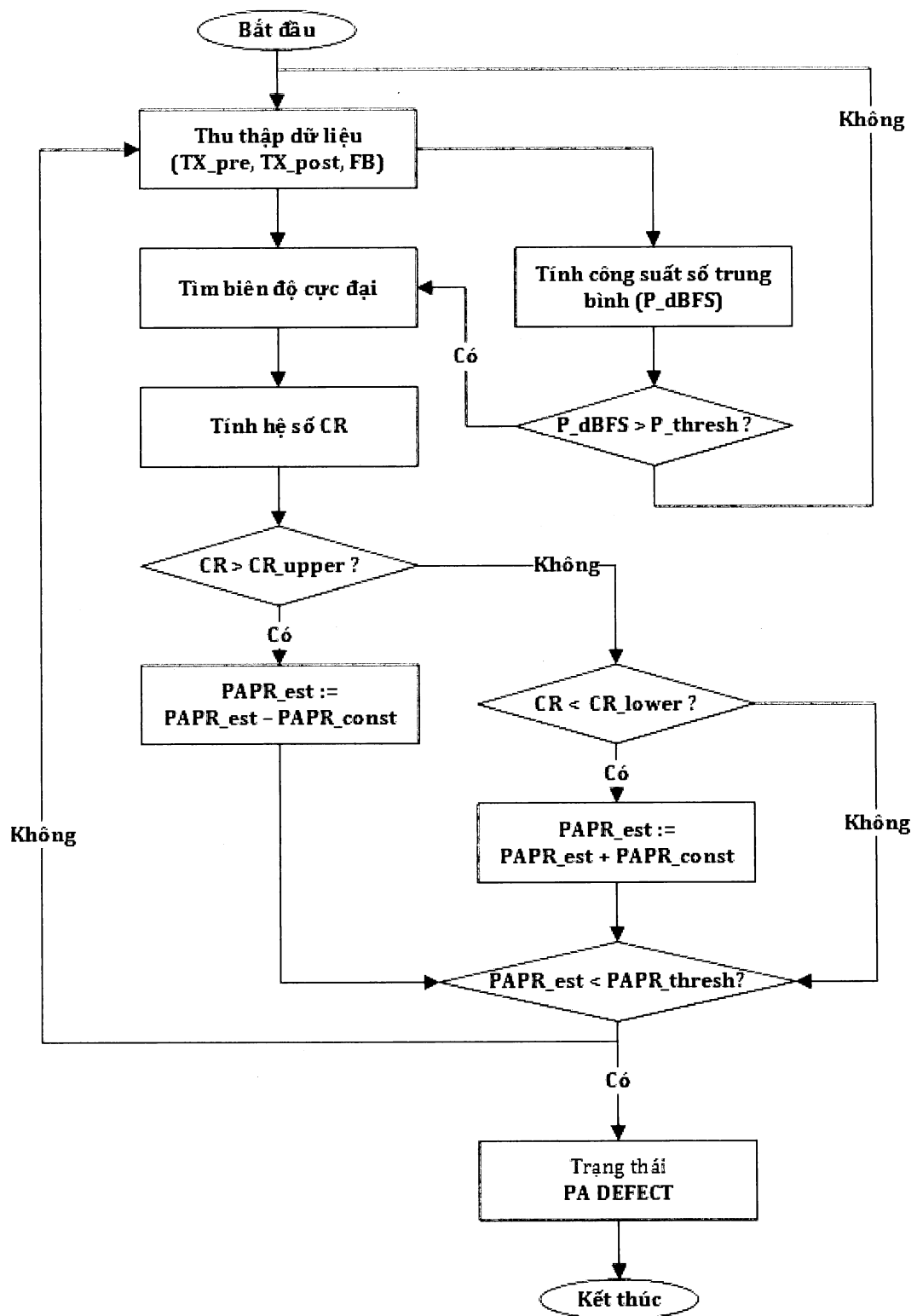
$$CR = 20 \log_{10} \frac{TX_{post_max}}{TX_{pre_max}} \quad (4); \text{ và}$$

(v) khối điều chỉnh tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình theo công thức sau:

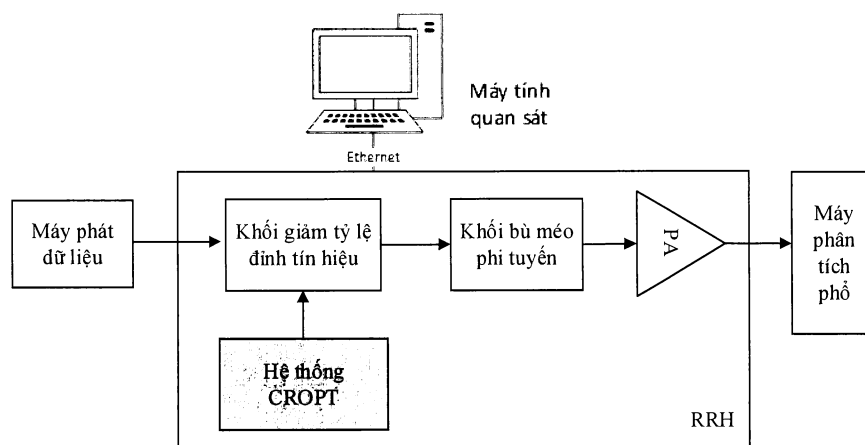
$$\begin{cases} PAPR_{des} = PAPR_{des} & \text{khi } CR_{lower} \leq CR \leq CR_{upper} \\ PAPR_{des} = PAPR_{des} - PAPR_{const} & \text{khi } CR > CR_{upper} \\ PAPR_{des} = PAPR_{des} + PAPR_{const} & \text{khi } CR < CR_{lower} \end{cases} \quad (5).$$



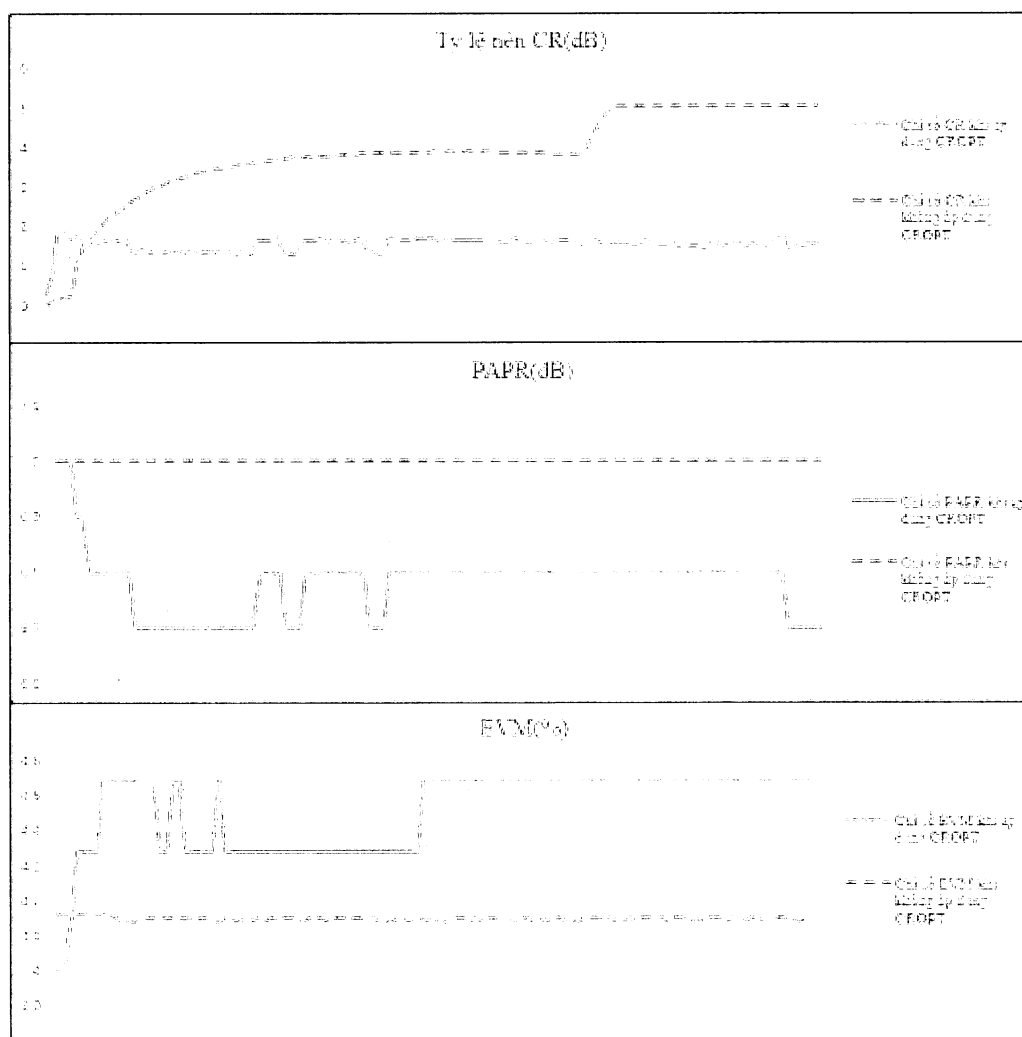
Hình 1



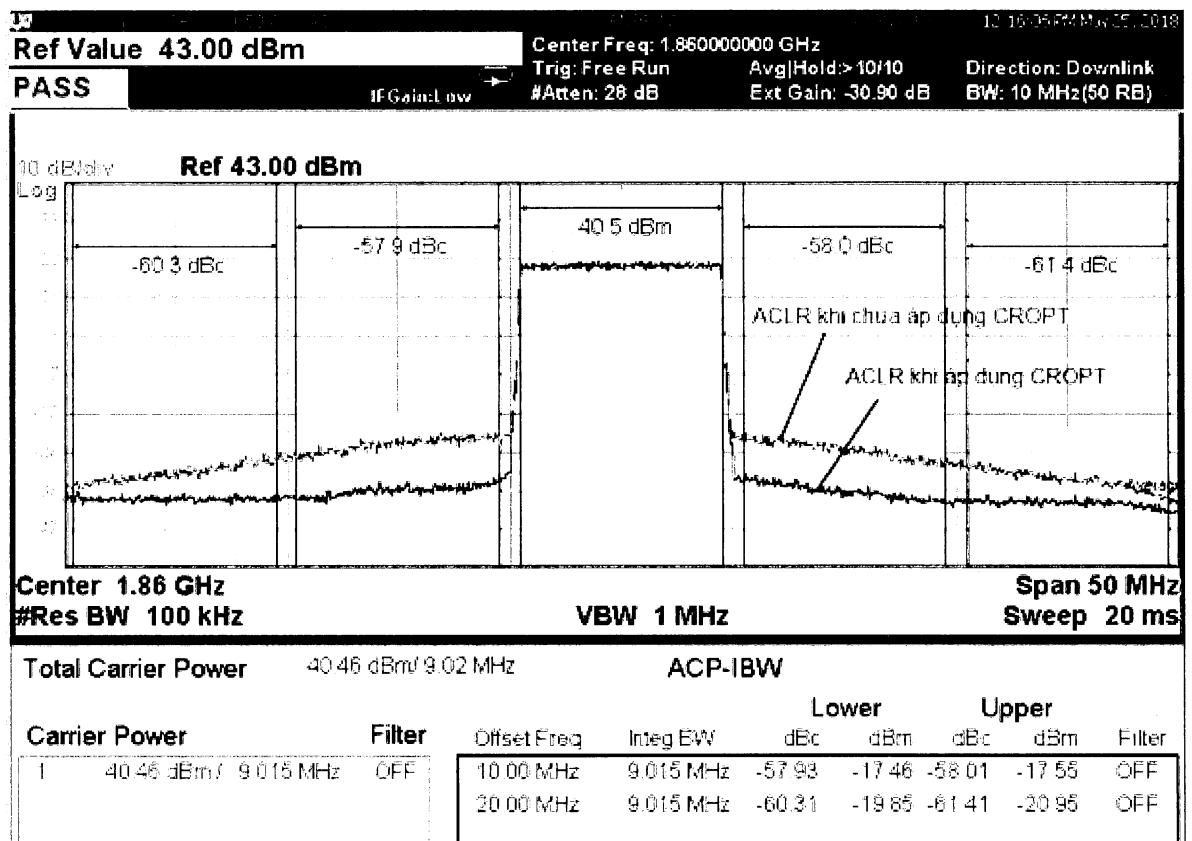
Hình 2



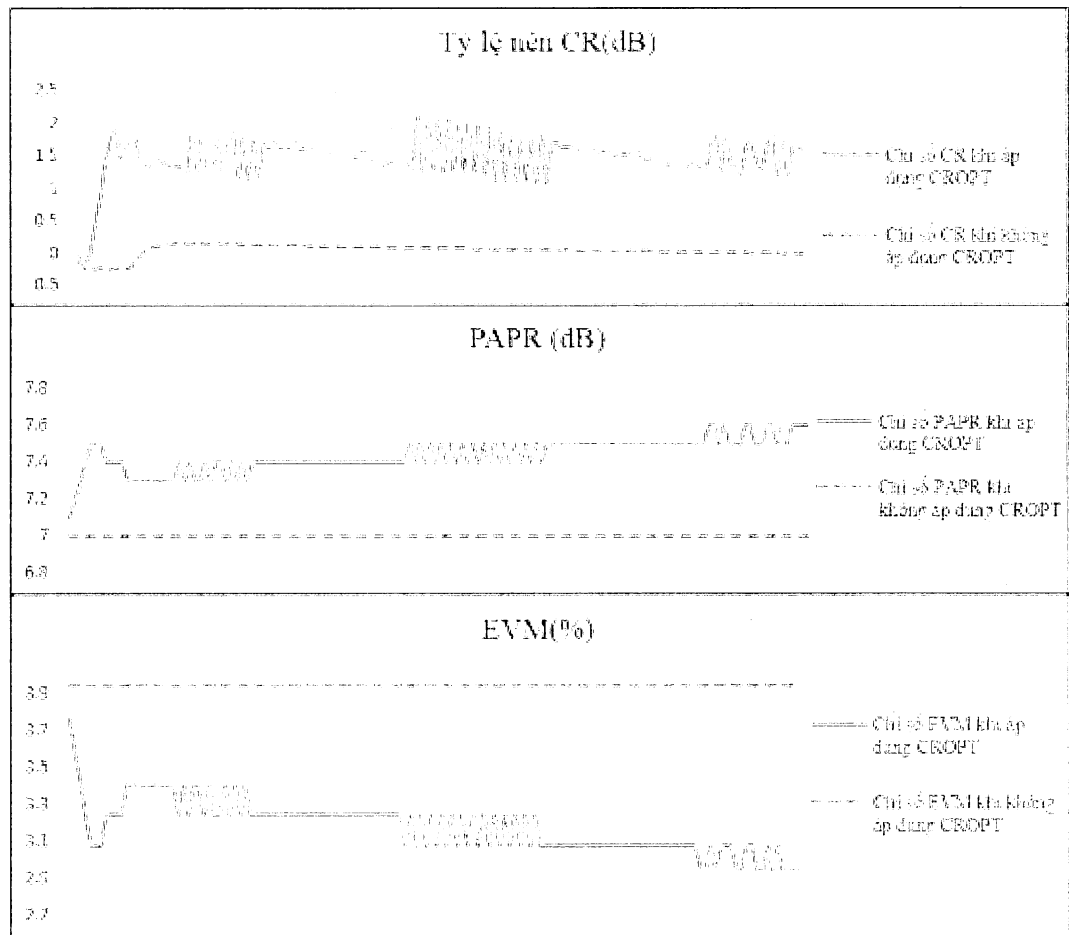
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6