



(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)



1-0031399

(51)<sup>8</sup> H04L 25/03

(13) B

(21) 1-2017-04802

(22) 29/11/2017

(45) 25/03/2022 408

(43) 26/04/2018 361A

(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) Tăng Thiên Vũ (VN); Từ Tuấn Linh (VN); Lê Đức Cảnh (VN); Nguyễn Xuân Thắng (VN); Lê Ngọc Quý (VN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ KHÖI LẤY MẪU CÔNG SUẤT TRUNG BÌNH LỚN NHẤT TRONG XỬ LÝ BÙ MÉO PHI TUYẾN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp lấy mẫu công suất trung bình lớn nhất (phương pháp lấy mẫu dữ liệu MAPS) nhằm nâng cao hiệu năng của hệ thống phát tín hiệu cao tần có sử dụng bộ khuếch đại tín hiệu, cụ thể là nâng cao tỉ lệ nhiễu kênh lân cận (Adjacent Channel Leakage Power Ratio - ACLR) của tín hiệu phát. Phương pháp lấy mẫu dữ liệu MAPS bao gồm ba bước: (i) khởi tạo cửa sổ trượt; (ii) trượt cửa sổ và tính công suất trung bình; và (iii) kiểm tra kết thúc khung truyền. Sáng chế cũng đề xuất khối lấy mẫu dữ liệu MAPS để thực hiện phương pháp lấy mẫu dữ liệu MAPS, bao gồm (i) khối “hàng đợi FIFO” thực hiện chức năng cửa sổ trượt; (ii) khối “tính toán công suất trung bình”; (iii) khối “đếm mẫu” thực hiện chức năng đánh dấu vị trí cửa sổ đang được tính toán; và (iv) khối “so sánh” thực hiện so sánh công suất trung bình.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến vấn đề nâng cao chất lượng phát sóng của các thiết bị vô tuyến trong các hệ thống viễn thông, mà cụ thể là giảm tỉ lệ nhiễu kênh lân cận (Adjacent Channel Leakage Power Ratio - ACLR) ở chế độ công suất thấp và trung bình.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong các hệ thống viễn thông, bộ khuếch đại công suất (Power Amplifier - PA) thường được cấu hình để hoạt động ở gần điểm bão hòa để đảm bảo được hiệu suất hoạt động là tốt nhất. Tuy nhiên ở vùng này, đặc tuyến truyền đạt của PA là không tuyến tính, do đó gây méo phi tuyến làm ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu. Để giải quyết vấn đề này, người ta thường áp dụng kỹ thuật bù méo phi tuyến cho PA (Pre-distorter) trong các thiết bị thu phát, nhằm nâng cao hiệu suất hoạt động của PA và tăng chất lượng ACLR.

Nguyên tắc của kỹ thuật bù méo phi tuyến là lấy mẫu dữ liệu trước và sau PA để tiến hành ước lượng ra tính chất phi tuyến, qua đó tìm ra một bộ tham số để tiến hành tác động vào dữ liệu truyền nhằm bù méo phi tuyến. Việc lấy được một mẫu dữ liệu mà trong đó chứa càng nhiều thông tin về tính phi tuyến của PA thì thu được bộ tham số để bù phi tuyến càng gần thực tế, hiệu quả của quá trình bù phi tuyến càng cao.

Thông thường, PA có xu thế phi tuyến nhiều hơn ở vùng công suất cao, do đó hiệu quả bù méo phi tuyến ở vùng công suất này là rất quan trọng để đảm bảo chất lượng hoạt động của thiết bị. Vùng công suất cao tương ứng với trường hợp toàn bộ khung truyền và tài nguyên vô tuyến được cấp phát cho người sử dụng. Trong trường hợp này, do công suất trung bình trên toàn khung truyền tại bất kỳ thời điểm nào cũng cao như nhau, nên việc chọn ra một mẫu bất kỳ cũng có thể thể hiện tốt được tính chất phi tuyến của PA.

Tuy nhiên, trong thực tế, thiết bị chỉ phát công suất tối đa ở khu vực đông người và lúc cao điểm. Phần lớn thời gian còn lại, thiết bị chỉ làm việc ở trạng thái công suất thấp (chế độ phát tin quảng bá) hoặc ở trạng thái công suất trung bình (chế độ hoạt động bình thường). Khi chọn ra một mẫu dữ liệu bất kỳ, có nhiều khả năng công suất trung bình của mẫu lấy được thấp, không thể hiện đầy đủ tính chất phi tuyến của PA. Dẫn đến ước lượng tham số để bù phi tuyến trong trường hợp này sẽ không đạt hiệu quả cao, thậm chí gây ra hiệu ứng ngược (tức là làm giảm chất lượng của thiết bị phát sóng so với tình huống chưa áp dụng bù méo).

Do đó, để đảm bảo thiết bị vô tuyến luôn hoạt động ở trạng thái tốt nhất, cần có phương án lấy mẫu hiệu quả và phù hợp cho hệ thống bù méo trong trường hợp dữ liệu truyền ở vùng công suất thấp và trung bình. Để đạt được mục đích này, các tác giả sẽ đề

xuất phương pháp lấy mẫu công suất trung bình lớn nhất (Maximum Average Power Sampling - MAPS).

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Để đạt được mục đích nêu trên, các tác giả đề xuất phương pháp lấy mẫu dữ liệu công suất trung bình lớn nhất (phương pháp MAPS), bao gồm các bước sau:

(i) khởi tạo cửa sổ trượt được đặc trưng bởi hai biến số: vị trí của cửa sổ (biến  $W_{position}$ ), và công suất trung bình (biến  $W_{power}$ ), vị trí của cửa sổ chứa công suất trung bình cao nhất ( $Max\_power\_position$ ) được khởi tạo bằng 0, công suất trung bình lớn nhất ( $Max\_power$ ) được khởi tạo giá trị 0;

(ii) cửa sổ này được trượt thêm một vị trí ( $W_{position} := W_{position} + 1$ ) đồng thời công suất trung bình của cửa sổ này được tính thông qua hàm tính công suất trung bình Average Power – AP ( $W_{power} := AP(W_{position})$ ), theo cách tính sau:

$$AP = 10 \log \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N}$$

trong đó I, Q là phần thực và phần ảo của dữ liệu cần lấy mẫu, N là số lượng mẫu dữ liệu được dùng để tính toán công suất trung bình, k là biến số tăng dần đều một đơn vị; nếu công suất trung bình của cửa sổ lớn hơn công suất trung bình lớn nhất hiện tại ( $W_{power} > Max\_power$ ), giá trị  $Max\_power$  sẽ được cập nhật mới:  $Max\_power := W_{power}$ , đồng thời, vị trí cửa sổ lớn nhất được cập nhật:  $Max\_power\_position := W_{position}$ ; và

(iii) kiểm tra kết thúc khung truyền: cửa sổ trượt theo chiều tăng của thời gian, thông qua giá trị  $W_{position}$  có thể kiểm tra được khung truyền đã được tính toán hết hay chưa, nếu cửa sổ chưa trượt hết khung truyền thì tiếp tục thực hiện bước (ii), nếu cửa sổ đã trượt hết khung truyền thì trả về vị trí  $Max\_power\_position$  và kết thúc.

Các tác giả còn đề xuất khối lấy mẫu dữ liệu MAPS để thực hiện phương pháp lấy mẫu công suất trung bình lớn nhất nêu trên bằng công nghệ vi mạch số khả trình (Field Programmable Gate Array - FPGA), bao gồm các khối con sau:

(i) khối “hàng đợi FIFO” thực hiện chức năng cửa sổ trượt;

(ii) khối “tính toán công suất trung bình” thực hiện tính toán công suất theo công thức tính công suất trung bình rút gọn sau:

$$APS = \sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)$$

trong đó I, Q là phần thực và phần ảo của dữ liệu, N là số lượng mẫu dữ liệu được dùng để tính toán công suất trung bình;

- (iii) khối “đếm mẫu” thực hiện chức năng đánh dấu vị trí của số đang được tính toán; và
- (iv) khối “so sánh” thực hiện so sánh công suất trung bình.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Hình 1 là hình vẽ sơ đồ tổng quan của hệ thống bù phi tuyến.

Hình 2 là hình vẽ minh họa trường hợp chọn mẫu đối với các khung dữ liệu có công suất cao.

Hình 3 là hình vẽ minh họa chọn mẫu đối với các khung dữ liệu có công suất thấp và trung bình.

Hình 4 là lưu đồ thuật toán thể hiện chi tiết phương án chọn mẫu theo phương pháp MAPS.

Hình 5 là hình vẽ cấu trúc của khối lấy mẫu dùng cho phương pháp MAPS được triển khai trên FPGA.

Hình 6 là hình vẽ của sơ đồ cấu trúc triển khai hệ thống bù phi tuyến truyền thống.

Hình 7 là hình vẽ minh họa hệ đo sử dụng đo đặc chất lượng hệ thống.

Hình 8 là hình vẽ thể hiện kết quả đo trong trường hợp phát công suất lớn (ETM 3.1) sử dụng phương án lấy mẫu ngẫu nhiên.

Hình 9 là hình vẽ thể hiện kết quả đo trong trường hợp phát công suất tối thiểu (ETM 2.0) sử dụng phương án lấy mẫu ngẫu nhiên.

Hình 10 là hình vẽ thể hiện kết quả đo trong trường hợp phát công suất lớn nhất (ETM 3.1) sử dụng khối lấy mẫu MAPS.

Hình 11 là hình vẽ thể hiện kết quả đo trong trường hợp phát công suất tối thiểu (ETM 2.0) sử dụng khối lấy mẫu MAPS.

Hình 12 là hình vẽ thể hiện tổng hợp kết quả của ba trường hợp: không bù méo phi tuyến, bù méo phi tuyến sử dụng phương án lấy mẫu ngẫu nhiên và bù méo phi tuyến sử dụng MAPS trong trường hợp công suất phát thấp.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Trước khi mô tả chi tiết phương pháp lấy mẫu theo sáng chế, xin được giới thiệu tổng quan về kỹ thuật bù méo phi tuyến cho một hệ thống thu phát vô tuyến có sử dụng khuếch đại tín hiệu.

Hình 1 mô tả chung hệ thống bù méo phi tuyến cho bộ khuếch đại tín hiệu. Trong đó có các thành phần chính sau:

- Bộ khuếch đại công suất thực hiện chức năng khuếch đại tín hiệu, tác nhân chính gây ra hiện tượng méo phi tuyến, ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu;

- Khối lấy mẫu dữ liệu có chức năng lấy mẫu dữ liệu trước và sau bộ khuếch đại công suất, mẫu dữ liệu được lấy từ khối này chứa thông tin về tính chất phi tuyến của hệ thống tại thời điểm tiến hành lấy mẫu dữ liệu; mẫu dữ liệu càng tốt, khả năng bù phi tuyến càng cao (sáng chế sẽ giúp nâng cao chất lượng của khối lấy mẫu này).
- Khối ước lượng tham số sử dụng mẫu dữ liệu được lấy từ khối lấy mẫu dữ liệu để tiến hành tính toán, ước lượng ra một bộ tham số áp dụng cho bù méo phi tuyến. Để tính toán ra được bộ tham số này, khối ước lượng tham số áp dụng mô hình phi tuyến Voltera (dưới đây) để mô hình hóa hệ thống phi tuyến và thuật toán xấp xỉ bình phương tối thiểu (Least Square - LS) để giải các phương trình nhằm tìm ra bộ tham số bù phi tuyến.

$$y(n) = \sum_{k=1, odd}^K \sum_{m=0}^M a_{km} x(n-m) |x(n-m)|^{k-1} \quad (\text{mô hình phi tuyến Voltera})$$

trong đó, K là bậc của đa thức Voltera, M là độ sâu có nhớ của đa thức Voltera (Memory Depth),  $a_{km}$  là các hệ số của mô hình phi tuyến,  $x(n)$  là dữ liệu đầu vào và  $y(n)$  là dữ liệu đầu ra của hệ thống phi tuyến.

- Khối bù méo phi tuyến sẽ sử dụng bộ tham số thu được từ khối ước lượng tham số để tác động trực tiếp lên dữ liệu truyền để tiến hành bù méo phi tuyến trước khi dữ liệu được đưa vào khối khuếch đại công suất.

Độ chính xác của một bộ tham số được sử dụng để bù méo lên tín hiệu trước bộ khuếch đại công suất phụ thuộc rất nhiều vào mẫu dữ liệu được lấy từ khối lấy mẫu dữ liệu. Mẫu dữ liệu có công suất trung bình càng cao, thể hiện được càng tốt độ méo của tín hiệu trước và sau bộ khuếch đại thì hiệu quả của việc bù méo càng tốt. Ngược lại, đối với mẫu dữ liệu công suất thấp, tính chất phi tuyến của bộ khuếch đại không được thể hiện làm cho khối ước lượng tham số ước lượng sai, chất lượng bù méo phi tuyến sẽ giảm mạnh, dẫn đến ACLR suy giảm theo.

Trong trường hợp hệ thống hoạt động ở công suất lớn, khung truyền dữ liệu có công suất trung bình cao, việc chọn ra được một mẫu dữ liệu tốt để ước lượng tham số trong khung truyền đó là tương đối đơn giản. Hình 2 là một ví dụ về trường hợp công suất trung bình của khung truyền dữ liệu rất cao, chọn ngẫu nhiên một mẫu trên khung truyền cũng có thể sử dụng để ước lượng tham số (mẫu 1 và mẫu 2 ngẫu nhiên trên khung truyền đều có công suất trung bình cao, và đều có thể sử dụng để ước lượng tham số).

Tuy nhiên, trong môi trường vận hành thực tế, đa phần thời gian hệ thống thu phát sẽ hoạt động ở mức công suất trung bình và thấp. Trong các trường hợp như vậy, việc lấy ra ngẫu nhiên được một mẫu đủ tốt, thể hiện được tính phi tuyến của bộ khuếch đại công suất là tương đối khó khăn. Hình 3 mô tả trong miền thời gian hình dạng của một khung truyền dữ liệu trong trường hợp hệ thống thu phát hoạt động ở công suất thấp. Dễ thấy rằng, trong các mẫu dữ liệu, có thể tồn tại các trường hợp sau:

- Mẫu 1 công suất trung bình là rất thấp, không thể hiện được tính chất phi tuyến của bộ khuếch đại công suất;
- Mẫu 2 có công suất trung bình cao hơn mẫu 1, có thể thể hiện được một phần tính chất phi tuyến của bộ khuếch đại công suất, nhưng sẽ không đạt hiệu quả bù méo tốt nhất.
- Mẫu 3 là mẫu dữ liệu có công suất trung bình lớn nhất trong các mẫu dữ liệu, thể hiện tốt nhất tính chất phi tuyến của hệ thống, dẫn đến chất lượng bù méo phi tuyến đạt được là lớn nhất.

Qua ví dụ chọn mẫu với khung truyền có công suất thấp này, bài toán đặt ra cho khối lấy mẫu dữ liệu là làm thế nào để tìm được mẫu dữ liệu số 3. Liên quan đến vấn đề chọn mẫu này, các tác giả đề xuất phương pháp lấy mẫu dữ liệu, qua đó có thể tìm ra được mẫu dữ liệu có công suất trung bình lớn nhất trong một khung truyền dữ liệu, được gọi là phương pháp MAPS (Maximum Average Power Sampling).

Phương pháp MAPS sử dụng cửa sổ chọn mẫu trượt trên khung truyền dữ liệu theo chiều tăng dần của thời gian. Tại mỗi thời điểm di chuyển của cửa sổ trượt, công suất trung bình của mẫu dữ liệu nằm trên đó sẽ được tính toán và dựa trên đó để tìm ra được cửa sổ có công suất trung bình lớn nhất.

Cụ thể, như được thể hiện trong Hình 3, cửa sổ trượt này sẽ trượt từ trái qua phải (chiều tăng của thời gian). Giả sử tại thời điểm cửa sổ nằm tại vị trí của mẫu 1, công suất trung bình hiện tại là lớn nhất. Khi cửa sổ đến vị trí của mẫu 2, do công suất trung bình của mẫu 2 cao hơn mẫu 1 nên cho đến thời điểm đó, mẫu 2 sẽ được chọn để thay thế cho mẫu 1. Do khung truyền dữ liệu vẫn chưa kết thúc tại vị trí của mẫu 2, nên cửa sổ tiếp tục được trượt sang phải theo chiều tăng của thời gian. Đến vị trí của mẫu 3, do công suất trung bình của mẫu 3 lớn hơn so với mẫu 2 (và là lớn nhất cho đến thời điểm đó), nên mẫu 3 sẽ được chọn để thay thế cho mẫu 2. Tính từ thời điểm cửa sổ đi qua mẫu 3, cửa sổ tiếp tục được trượt đi, nhưng do không tồn tại cửa sổ nào có công suất trung bình cao hơn mẫu 3, vì vậy cho đến hết khung truyền, mẫu 3 sẽ được chọn để sử dụng cho khối ước lượng tham số. Các bước để chọn ra được mẫu có công suất trung bình lớn nhất bao gồm:

- Khởi tạo cửa sổ trượt và biến số chứa công suất trung bình lớn nhất,  $Max\_power$ ;
- Di chuyển cửa sổ trượt này và tính toán công suất trung bình của mẫu dữ liệu nằm trên cửa sổ trượt đó sau đó tìm vị trí mẫu có công suất trung bình lớn nhất;
- Kiểm tra xem cửa sổ trượt này đã trượt hết một khung truyền dữ liệu hay chưa. Nếu đã trượt hết một khung truyền thì trả về vị trí của cửa sổ có công suất lớn nhất, nếu chưa trượt hết thì tiến hành lại bước trên.

Các bước nêu trên cấu thành phương pháp MAPS hiệu quả để chọn ra được mẫu dữ liệu phù hợp nhất cho việc tính toán bộ tham số, đảm bảo chất lượng của khối bù méo phi tuyến trong mọi tình huống.

Phần sau đây sẽ mô tả phương pháp MAPS chi tiết hơn bằng lưu đồ thuật toán đồng thời mô tả thực tế triển khai MAPS trên FPGA và thiết bị thu phát sóng vô tuyến.

Phương án lấy mẫu và khôi lấy mẫu sẽ được tích hợp vào một hệ thống bù phi tuyến để tiến hành kiểm tra và đánh giá hiệu quả của kỹ thuật MAPS. Phương pháp MAPS được sử dụng trong khối lấy mẫu bao gồm ba bước chính đã được đề cập trên đây sẽ được mô tả chi tiết hơn nhờ lưu đồ thuật toán trong Hình 4. Trong lưu đồ thuật toán này, nội dung chi tiết của ba bước của phương pháp MAPS như sau:

#### Bước 1: Khởi tạo cửa sổ trượt

Khởi tạo cửa sổ đặc trưng bởi hai biến số: vị trí của cửa sổ (biến  $W_{position}$ ); và công suất trung bình (biến  $W_{power}$ ). Vị trí của cửa sổ chứa mẫu dữ liệu có công suất trung bình lớn nhất (biến  $Max\_power\_position$ ) được khởi tạo bằng 0; công suất trung bình lớn nhất (biến  $Max\_power$ ) được khởi tạo giá trị 0;

#### Bước 2: Trượt cửa sổ và tính công suất trung bình

Cửa sổ được trượt thêm một vị trí ( $W_{position} := W_{position} + 1$ ) đồng thời công suất trung bình của cửa sổ này được tính thông qua hàm tính công suất trung bình Average Power – AP ( $W_{power} := AP(W_{position})$ ). Cách triển khai hàm AP sẽ được trình bày trong phần dưới đây.

Nếu công suất trung bình của cửa sổ lớn hơn công suất trung bình lớn nhất hiện tại ( $W_{power} > Max\_power$ ), giá trị  $Max\_power$  sẽ được cập nhật mới:  $Max\_power := W_{power}$ . Cùng lúc đó, vị trí cửa sổ lớn nhất được cập nhật:  $Max\_power\_position := W_{position}$ .

#### Bước 3: Kiểm tra kết thúc khung truyền

Cửa sổ trượt theo chiều tăng của thời gian, thông qua giá trị  $W_{position}$  có thể kiểm tra được liệu cửa sổ đã trượt hết khung truyền hay chưa. Nếu cửa sổ chưa trượt hết khung truyền thì tiếp tục thực hiện bước 2 nêu trên, nếu đã trượt hết khung truyền thì trả về vị trí  $Max\_power\_position$  và kết thúc.

Dựa trên lưu đồ thuật toán này, phương pháp MAPS được triển khai trên FPGA, được gọi là khối lấy mẫu MAPS. Cấu trúc của khối lấy mẫu theo sáng chế được thể hiện trong Hình 5. Trong khối lấy mẫu MAPS có các thành phần chính sau:

*Khối con "Hàng đợi FIFO":*

Khối này thực hiện chức năng của cửa sổ trượt. Khi có một mẫu dữ liệu mới đến FIFO, mẫu này sẽ được lưu lại đồng thời mẫu trước đó sẽ được đẩy ra khỏi hàng đợi. Tuần tự tất cả các mẫu dữ liệu của khung truyền sẽ đi qua hết FIFO. Chiều sâu (FIFO Depth) của hàng đợi này phụ thuộc vào số lượng của mẫu dữ liệu cần lấy. Trong trường hợp triển khai khối lấy mẫu theo sáng chế, số lượng mẫu cần lấy là  $N = 8192$ .

### Khối con tính toán công suất:

Khối tính toán công suất tiến hành tính toán công suất của mẫu dữ liệu lưu trữ tại một thời điểm trong hàng đợi. Công thức tính công suất trung bình của mẫu dữ liệu gồm N mẫu như sau:

$$AP = 10 \log \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N}$$

Trong đó I, Q là phần thực và phần ảo của dữ liệu cần lấy mẫu, N là số lượng mẫu dữ liệu được dùng để tính toán công suất trung bình, k là biến số tăng dần đều một đơn vị. Mục đích của khối lấy mẫu là tìm ra được mẫu dữ liệu có công suất trung bình lớn nhất, bản chất là phép so sánh. Dễ dàng nhận thấy, đối với hai số dương bất kì a, b:

$$a < b \leftrightarrow \log(a) < \log(b)$$

Do vậy, kết quả của khối tính toán công suất được sử dụng cho phép so sánh, bản chất là chỉ cần thực hiện phép toán:

$$APS = \sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)$$

Công thức này là công thức chính được sử dụng để triển khai cho khối tính toán công suất (hàm AP – Average Power đã được nêu trong lưu đồ thuật toán trong Hình 4). Việc rút gọn điều kiện tính toán cho khối tính toán công suất sẽ giúp việc triển khai khối này trên FPGA được đơn giản và hiệu quả hơn.

### Bộ đếm mẫu

Bản chất bộ đếm mẫu là thanh ghi có độ rộng 32 bit và bộ cộng (adder). Khi nhận được tín hiệu “bắt đầu”, bộ đếm tiến hành tăng dần 1 đơn vị theo số lượng mẫu đưa vào khối lấy mẫu. Dựa vào giá trị đếm được của “Bộ đếm mẫu”, khối lấy mẫu có thể xác định được vị trí hiện tại của cửa sổ lấy mẫu. Bộ đếm mẫu còn có chức năng báo hiệu hết khung truyền. Thông thường một khung truyền có số lượng mẫu là 1.228.800, bộ đếm gửi một tín hiệu đến khối so sánh để báo hiệu hết khung truyền.

### Khối so sánh

Khối so sánh là nơi lưu trữ giá trị Max\_power (trong thanh ghi độ rộng 32 bit). Giá trị Max\_power này được so sánh với công suất hiện tại của cửa sổ trượt, đã được tính bằng “Khối tính toán công suất”. Nếu công suất Max\_power nhỏ hơn công suất hiện tại, Max\_power và vị trí cửa sổ đó sẽ được khối so sánh cập nhật. Đến cuối khung truyền dữ liệu, các giá trị này sẽ được gửi đến thanh ghi lưu trữ trong quá trình chờ xử lý ước lượng.

Khối lấy mẫu với các thành phần được mô tả trên đây được triển khai trên FPGA, sau đó được tích hợp vào hệ thống bù phi tuyến. Hệ thống bù phi tuyến này sẽ được triển khai và tích hợp trên thiết bị thực tế để đo đạc và đánh giá. Trong phần Các ví dụ thực hiện

sáng chế dưới đây, các tác giả sẽ giới thiệu về quá trình tích hợp và đo đặc hệ thống bù méo phi tuyến nơi chứa khối lấy mẫu MAPS.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Khối lấy mẫu MAPS sẽ được tích hợp vào một hệ thống bù méo phi tuyến (bao gồm các thành phần chính đã được giới thiệu tổng quan trong phần “Mô tả chi tiết sáng chế”). Hệ thống bù méo phi tuyến này được triển khai thành một hệ thống phối hợp hoạt động giữa FPGA, phần mềm và phần cứng tương tự. Cụ thể như sau:

- Phần mềm chạy trên lõi vi xử lý ARM thực hiện chức năng ước lượng tham số dựa trên mô hình phi tuyến Volterra và phương pháp xấp xỉ bình phương tối thiểu (LS – Least Square);
- Triển khai khối bù méo phi tuyến và triển khai khối lấy mẫu MAPS trên FPGA (đây là phần trọng tâm của sáng chế);
- Phần mạch tương tự, chứa bộ khuếch đại công suất và chip chuyển đổi dữ liệu từ miền tương tự sang miền số (Analog Digital Converter - ADC) sử dụng cho truyền tải dữ liệu sau PA về khối lấy mẫu.

Hệ thống bù méo phi tuyến được tích hợp lên khối thu phát tín hiệu cao tần 4G (Radio Remote Head - RRH) do VTTEK - Viettel sản xuất, cấu hình chi tiết của hệ thống như sau:

- Băng tần (Bandwidth): 10 MHz
- Dải tần làm việc (Band) 3, tần số phát trung tâm 1860 MHz.
- Tốc độ mẫu dữ liệu số trên đường truyền (Sample rate): 122,88 Msps (Mega sample per second)

Chip sử dụng cho quá trình triển khai hệ thống thuộc dòng Zynq7000 của hãng Xilinx, trong đó bao gồm:

- 01 chip FPGA, Kintex7 (dòng 7-series, fbg035-676)
- 02 lõi vi xử lý ARM CortexA9

Hệ thống phát tín hiệu này sẽ được tiến hành đo đặc theo một hệ đo được mô tả trong Hình 7. Trong đó có các thành phần chính như:

- Khối xử lý và thu phát tín hiệu cao tần RRH, nơi chứa hệ thống bù méo phi tuyến (gồm khối lấy mẫu).
- Máy phát dữ liệu thực hiện nhiệm vụ phát dữ liệu cần được kiểm tra đánh giá đến RRH thông qua một cáp quang sử dụng chuẩn truyền dẫn CPRI.
- Máy phân tích phổ là máy sử dụng để tiến hành đo đặc kết quả bù méo phi tuyến của hệ thống.

- Máy tính cá nhân, được kết nối với RRH nhằm nhiệm vụ thực hiện quan sát quá trình chạy của hệ thống bù méo phi tuyến.

Đối với hệ thống này, các tác giả tiến hành đo đặc so sánh hiệu năng của hai trường hợp: trường hợp 1 sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên cũ; trường hợp 2 sử dụng phương pháp MAPS. Dữ liệu được phát từ máy phát sử dụng để đánh giá chất lượng bao gồm: dữ liệu có công suất trung bình cao (ETM 3.1); dữ liệu có công suất trung bình thấp (ETM 2.0). Tham số sử dụng để so sánh chất lượng giữa các trường hợp là tỉ lệ nhiễu kênh lân cận (tức là tham số ACLR).

*Trường hợp 1: Hệ thống bù phi tuyến sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên*

Đối với dữ liệu ở công suất cao (ETM 3.1), kết quả đo được ở máy đo được thể hiện trên Hình 8.

Đối với dữ liệu ở công suất thấp (ETM 2.0), kết quả đo được ở máy đo được thể hiện trên Hình 9.

*Trường hợp 2: Hệ thống bù phi tuyến sử dụng phương pháp lấy mẫu dựa trên tiêu chuẩn công suất trung bình lớn nhất*

Đối với dữ liệu ở công suất cao (ETM 3.1), kết quả đo được ở máy đo được thể hiện trên Hình 10.

Đối với dữ liệu ở công suất thấp (ETM 2.0), kết quả đo được ở máy đo được thể hiện trên Hình 11.

Kết quả đo đặc của các trường hợp được tổng hợp lại trong Bảng 1 dưới đây.

*Bảng 1. Kết quả đo của hệ thống bù phi tuyến trong các trường hợp*

| ETM | Hệ thống       | ACLR Dưới (dBc) | ACLR Trên (dBc) | Công suất phát PA (dBm) | Đánh giá đạt chuẩn |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------|
| 3.1 | Không bù       | -34,1           | -35,0           | 46,3                    | Không              |
|     | Phương pháp cũ | -60,2           | -59,7           | 46,1                    | Có                 |
|     | MAPS           | -60,1           | -60,9           | 46,2                    | Có                 |
| 2.0 | Không bù       | -38,7           | -40,4           | 35,3                    | Không              |
|     | Phương pháp cũ | -48,1           | -48,6           | 35,5                    | Có                 |
|     | MAPS           | -53,0           | -53,5           | 35,7                    | Có                 |

Có thể nhận thấy rằng, đối với trường hợp dữ liệu kiểm tra có công suất trung bình trên toàn khung truyền là cao, hai phương án lấy mẫu cho kết quả không sai khác nhau nhiều. Do công suất trung bình của bất cứ mẫu dữ liệu nào trên khung truyền đều có thể thể hiện tốt tính chất phi tuyến của bộ khuếch đại công suất.

Ngược lại, chênh lệch chất lượng của hệ thống bù méo phi tuyến được thể hiện rõ hơn khi hệ thống kiểm tra sử dụng dữ liệu có công suất trung bình thấp (ETM 2.0). Đối với phương án ngẫu nhiên, khả năng lấy được mẫu dữ liệu có công suất thấp là rất cao, trong trường hợp lấy được mẫu có công suất thấp, tính phi tuyến của PA không được thể hiện dẫn đến chất lượng bù méo phi tuyến thấp rõ rệt. Trong khi đó, phương pháp MAPS đảm bảo được rằng trong mọi trường hợp đều chọn được mẫu có công suất lớn nhất, thể hiện rõ nhất tính chất phi tuyến của PA, do đó hiệu suất bù méo phi tuyến cao hơn hẳn.

Kết quả đo đạc cho thấy sự cải thiện chất lượng của hệ thống bù méo phi tuyến khi áp dụng phương pháp lấy mẫu dựa trên tiêu chuẩn công suất trung bình lớn nhất (phương pháp MAPS). Chứng minh được sự hiệu quả thực tế của sáng chế.

### **Hiệu quả đạt được của sáng chế**

Phương pháp lấy mẫu và khôi lấy mẫu cho hệ thống bù méo phi tuyến sử dụng tiêu chuẩn công suất trung bình lớn nhất đã giải quyết được bài toán đảm bảo hiệu năng hoạt động tốt của hệ thống thu phát sóng cao tần có sử dụng bộ khuếch đại tín hiệu. Cải thiện rõ rệt chất lượng của tuyến phát trong trường hợp công suất phát thấp và trung bình đồng thời vẫn duy trì được hiệu năng của hệ thống trong trường hợp công suất cao.

Ngoài ra, phương pháp lấy mẫu này có thể được triển khai trên phần cứng số khả trình tốc độ cao (FPGA) nhằm nâng cao tốc độ bù méo phi tuyến, đáp ứng hiệu năng đối với các trường hợp thay đổi nhanh của dữ liệu truyền.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp lấy mẫu dữ liệu công suất trung bình lớn nhất (phương pháp MAPS), bao gồm các bước sau:

(i) khởi tạo cửa sổ trượt được đặc trưng bởi hai biến số: vị trí của cửa sổ (biến  $W_{position}$ ), và công suất trung bình (biến  $W_{power}$ ), vị trí của cửa sổ chứa công suất trung bình lớn nhất ( $Max\_power\_position$ ) được khởi tạo bằng 0, công suất trung bình lớn nhất ( $Max\_power$ ) được khởi tạo giá trị 0;

(ii) cửa sổ này được trượt thêm một vị trí ( $W_{position} := W_{position} + 1$ ) đồng thời công suất trung bình của cửa sổ này được tính thông qua hàm tính công suất trung bình Average Power – AP ( $W_{power} := AP(W_{position})$ ), theo cách tính sau:

$$AP = 10 \log \frac{\sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)}{N}$$

trong đó I, Q là phần thực và phần ảo của dữ liệu cần lấy mẫu, N là số lượng mẫu dữ liệu được dùng để tính toán công suất trung bình, k là biến số tăng dần đều một đơn vị; nếu công suất trung bình của cửa sổ lớn hơn công suất trung bình lớn nhất hiện tại ( $W_{power} > Max\_power$ ), giá trị  $Max\_power$  sẽ được cập nhật mới:  $Max\_power := W_{power}$ , đồng thời, vị trí của cửa sổ lớn nhất được cập nhật:  $Max\_power\_position := W_{position}$ ; và

(iii) kiểm tra kết thúc khung truyền: cửa sổ trượt theo chiều tăng của thời gian, thông qua giá trị  $W_{position}$  có thể kiểm tra được khung truyền đã được tính toán hết hay chưa, nếu cửa sổ chưa trượt hết khung truyền thì tiếp tục thực hiện bước (ii) nêu trên, nếu cửa sổ đã trượt hết khung truyền thì trả về vị trí  $Max\_power\_position$  và kết thúc.

2. Khối lấy mẫu dữ liệu để thực hiện phương pháp lấy mẫu dữ liệu công suất trung bình lớn nhất (MAPS) theo điểm 1, khối lấy mẫu này bao gồm các khối con sau:

(i) khối “hàng đợi FIFO” thực hiện chức năng cửa sổ trượt; tất cả các mẫu dữ liệu của khung truyền sẽ được đi qua hết khối này theo đặc điểm vào trước ra trước;

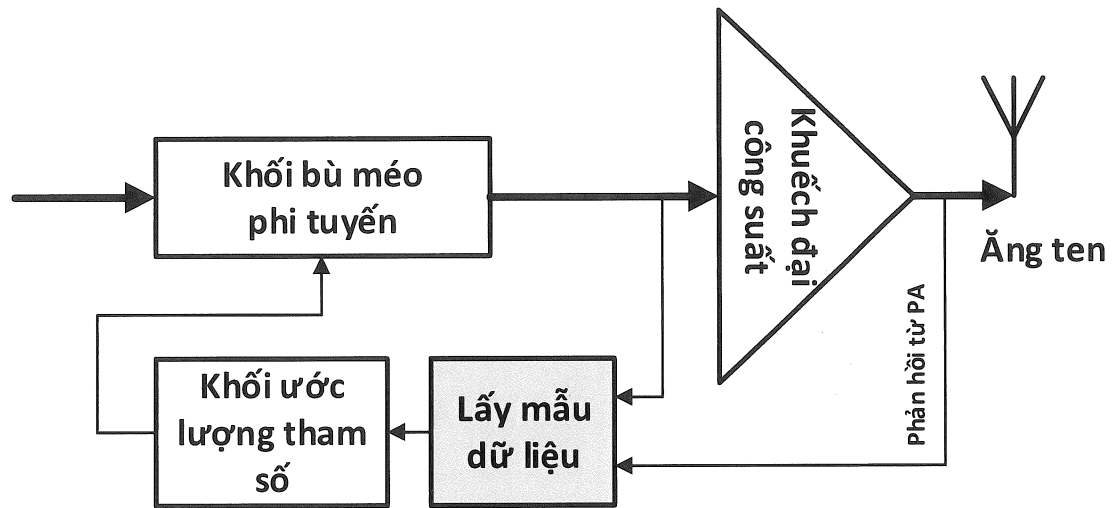
(ii) khối “tính toán công suất trung bình” thực hiện tính toán công suất theo công thức:

$$APS = \sum_{k=0}^N (I_k^2 + Q_k^2)$$

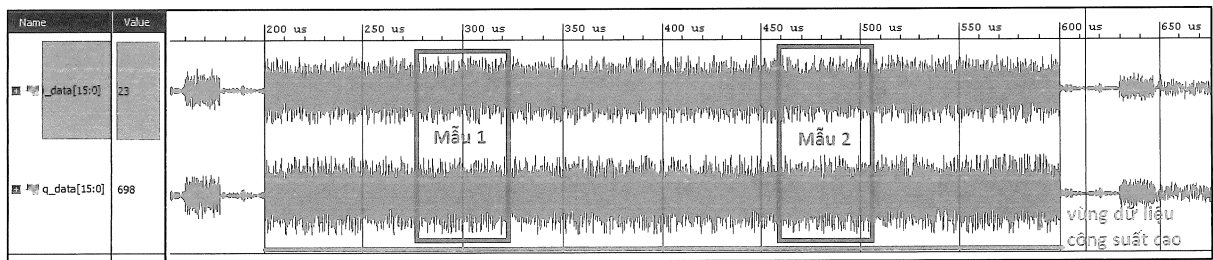
trong đó I, Q là phần thực và phần ảo của dữ liệu, N là số lượng mẫu dữ liệu được dùng để tính toán công suất trung bình;

(iii) khối “đếm mẫu” thực hiện chức năng đánh dấu vị trí cửa sổ đang được tính toán; và

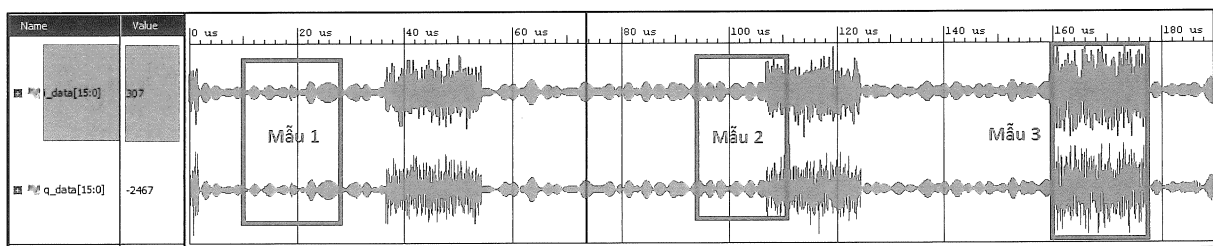
(iv) khối “so sánh” thực hiện so sánh công suất trung bình tính được tại khối “tính toán công suất trung bình” để tìm được vị trí của mẫu dữ liệu có giá trị công suất trung bình lớn nhất của tín hiệu được lấy mẫu.



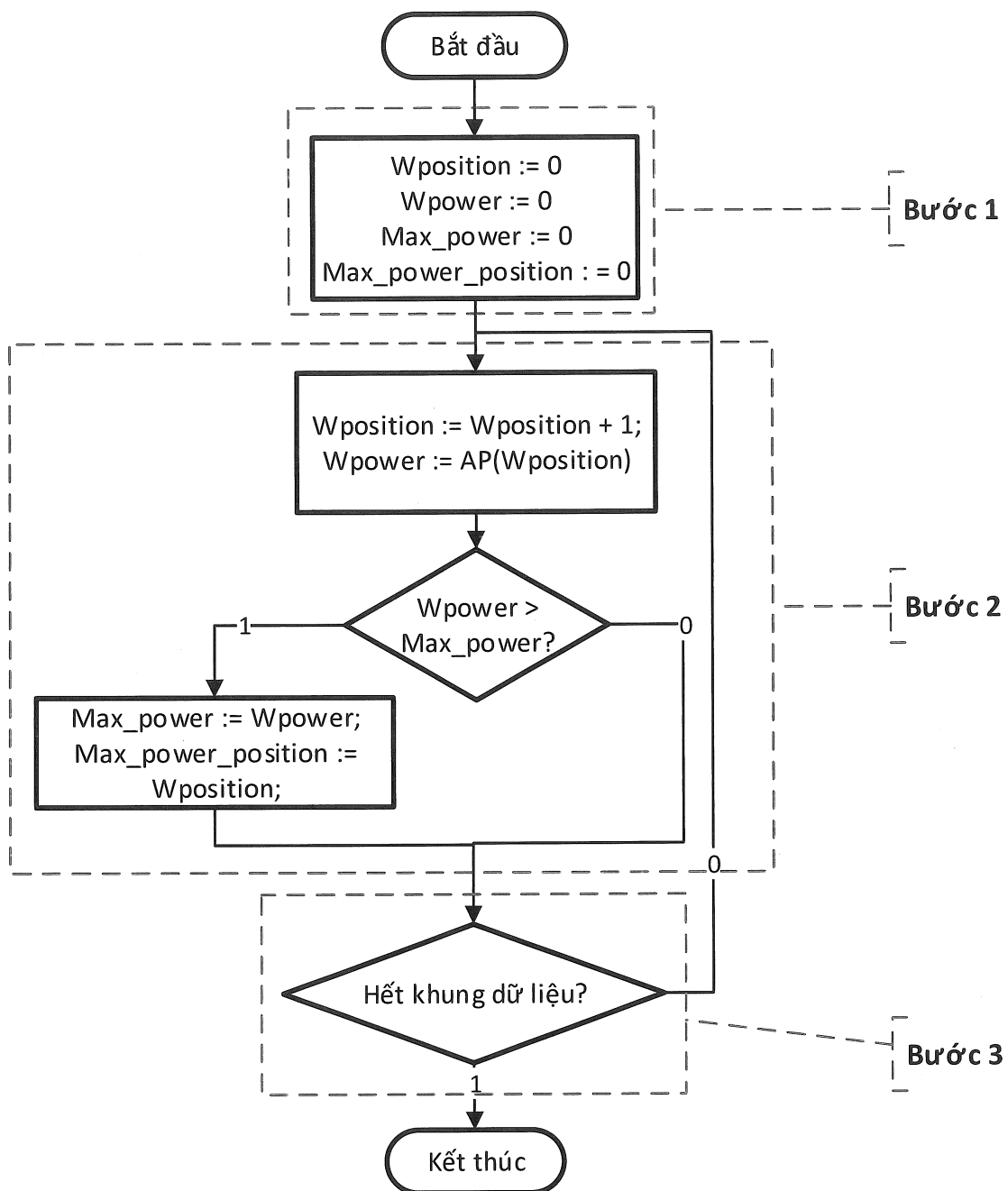
Hình 1



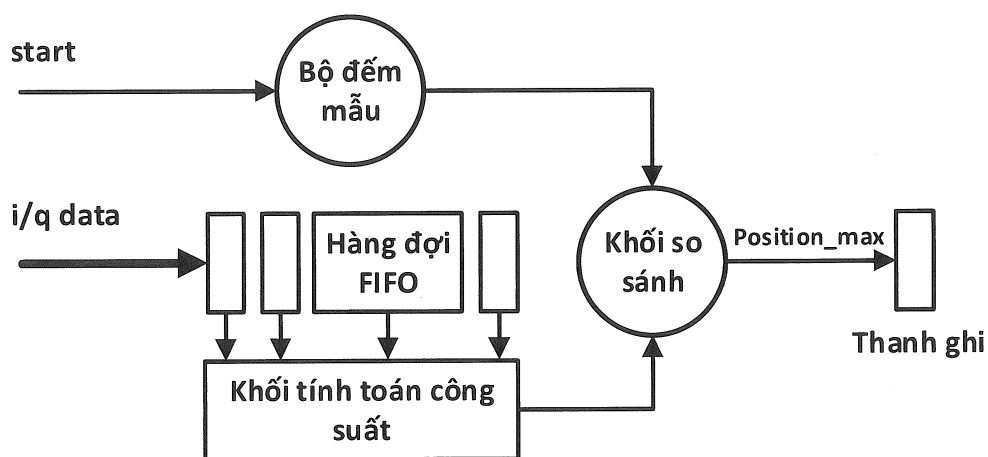
Hình 2



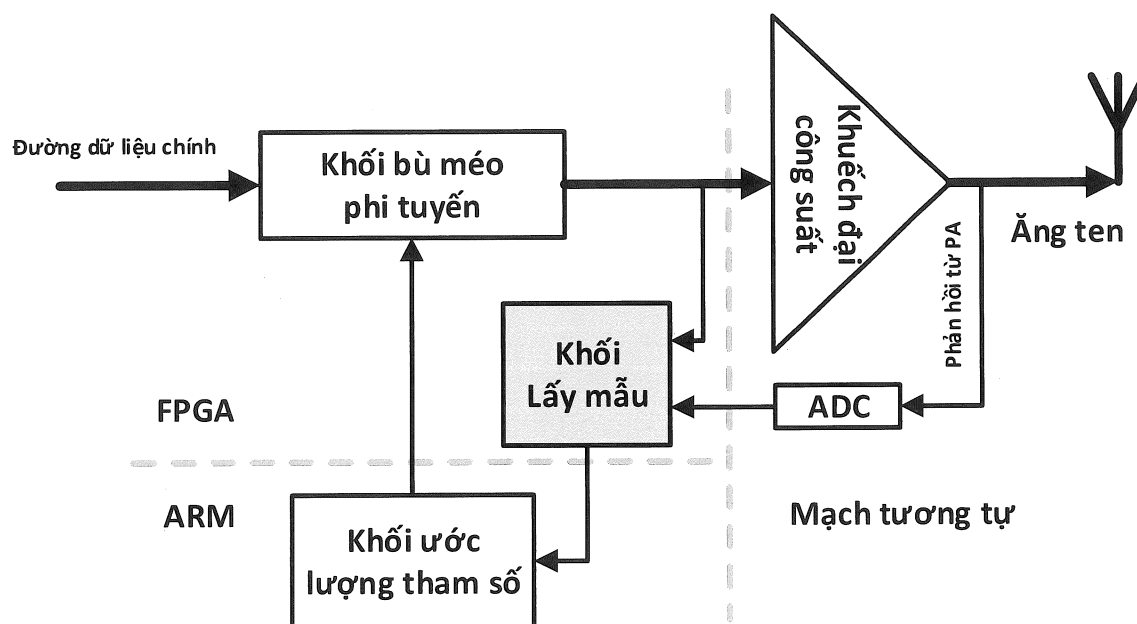
Hình 3



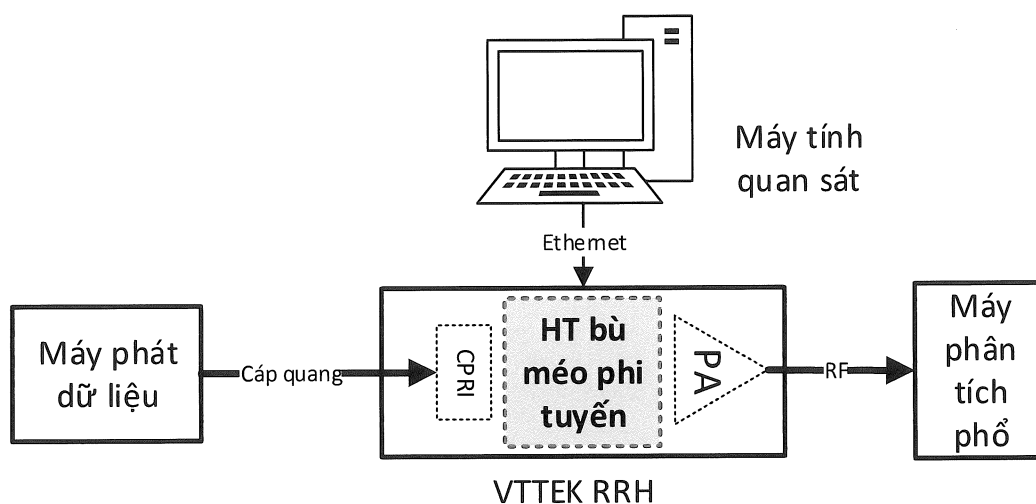
Hình 4



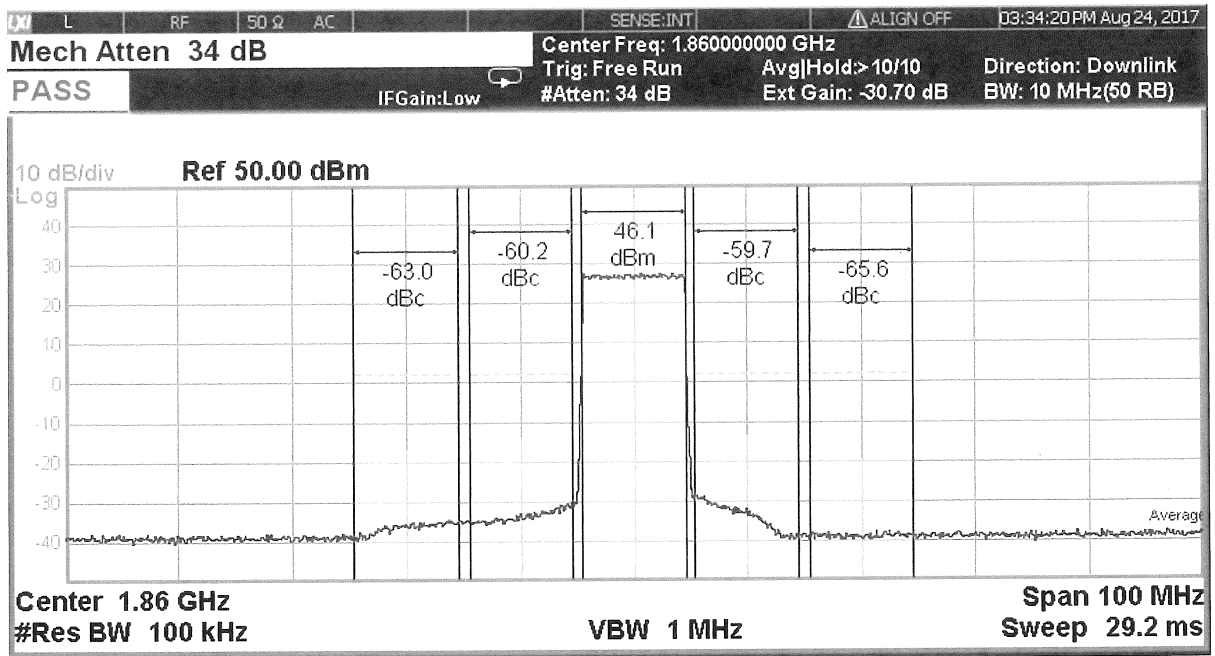
Hình 5



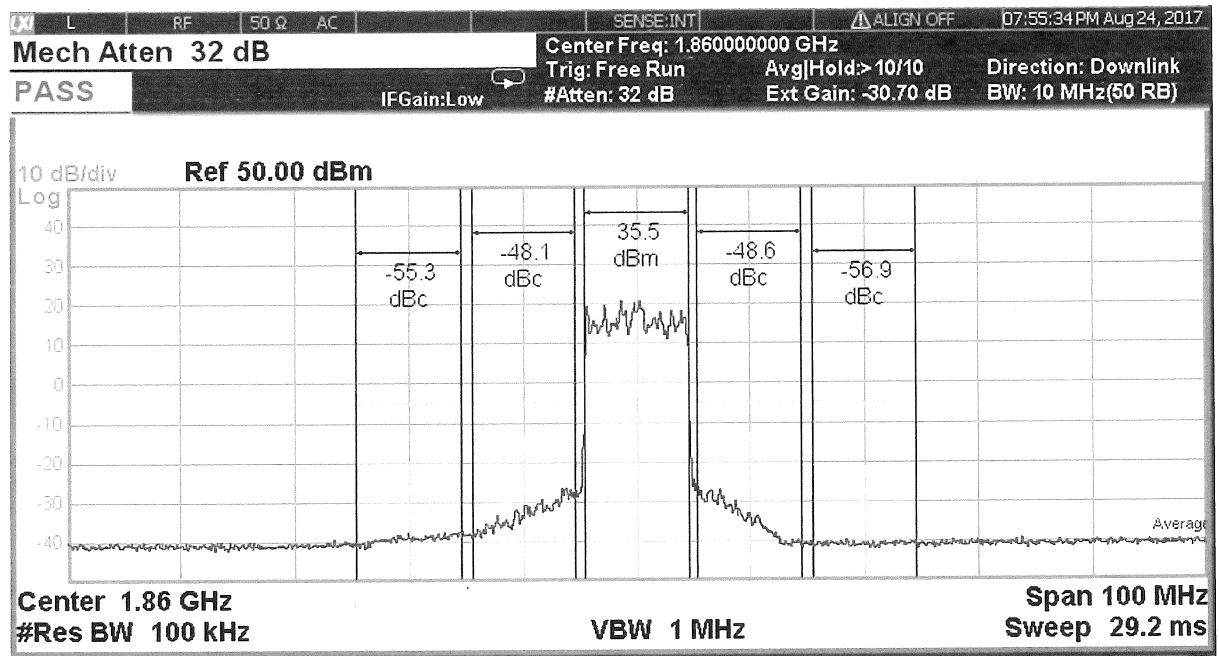
Hình 6



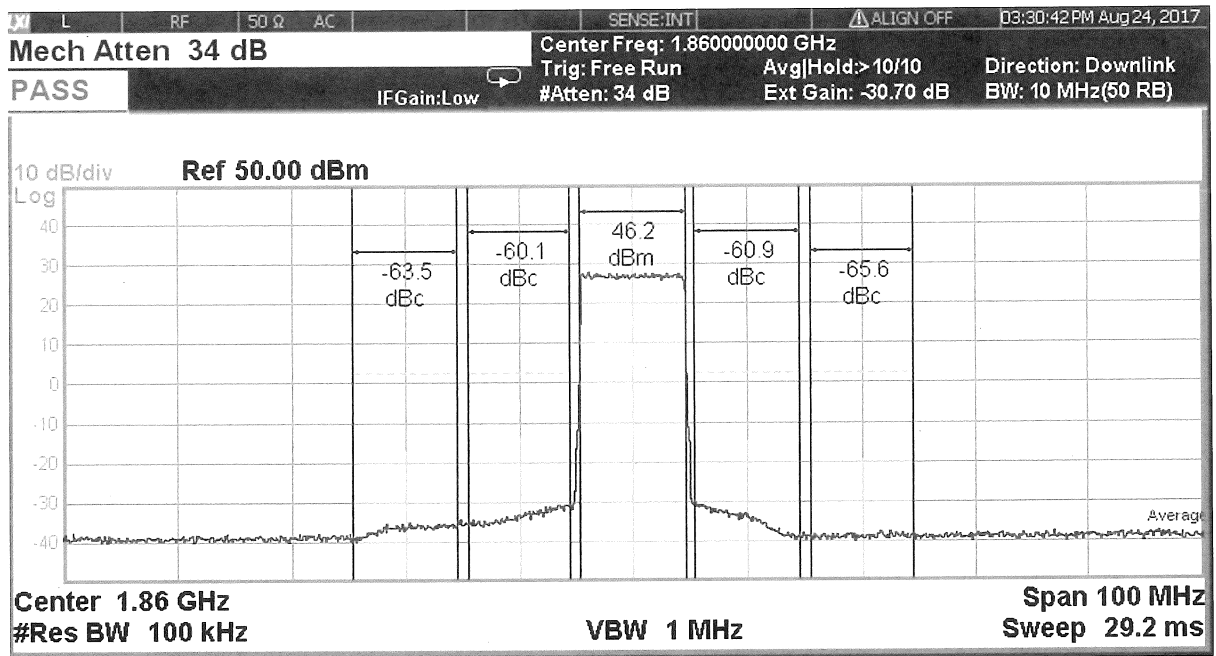
Hình 7



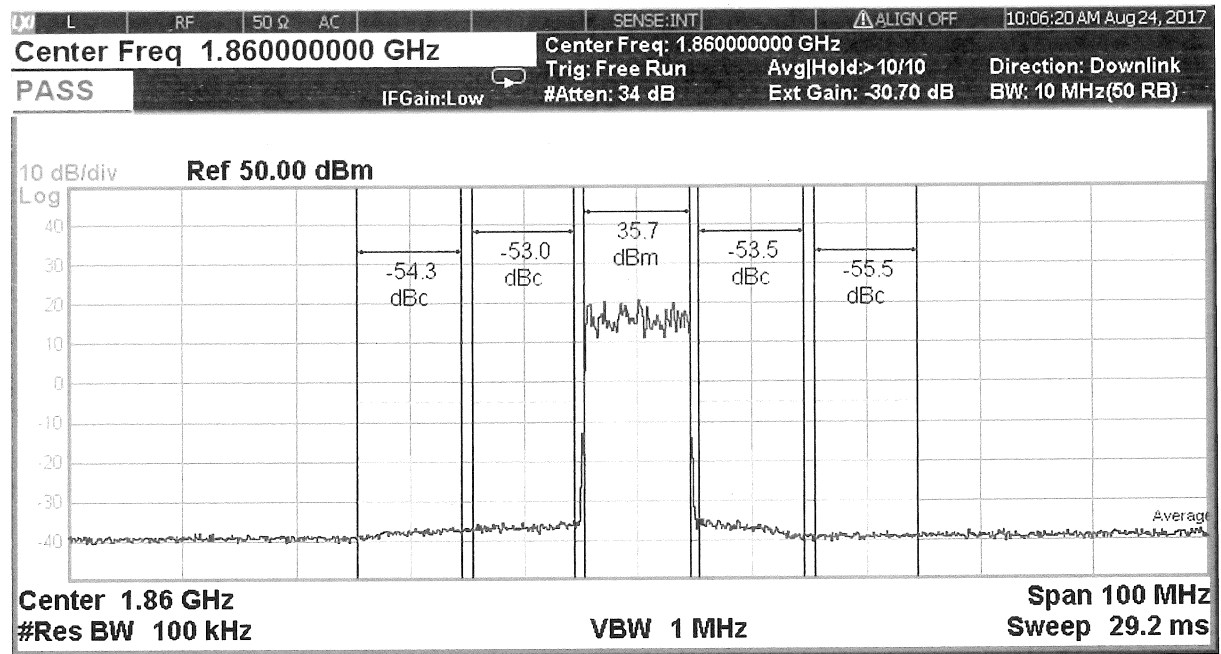
Hình 8



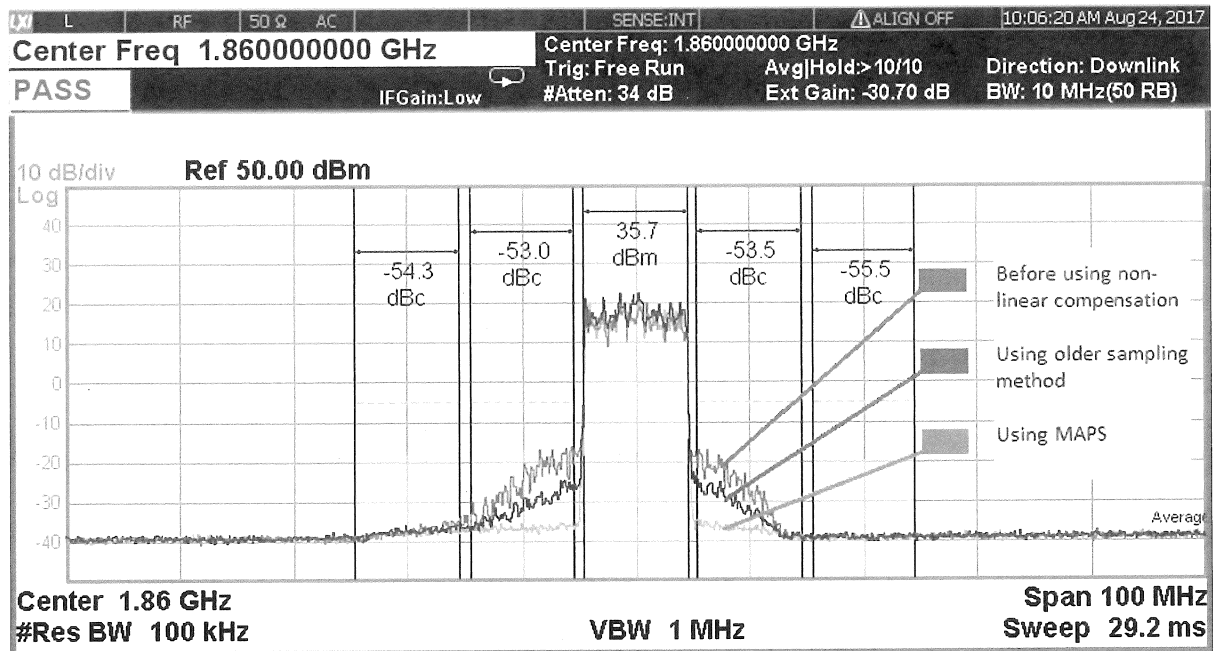
Hình 9



Hình 10



Hình 11



Hình 12