



(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)



1-0037488

(51)^{2020.01} H04L 27/00

(13) B

(21) 1-2021-06862

(22) 28/10/2021

(45) 27/11/2023 428

(43) 27/12/2021 405

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

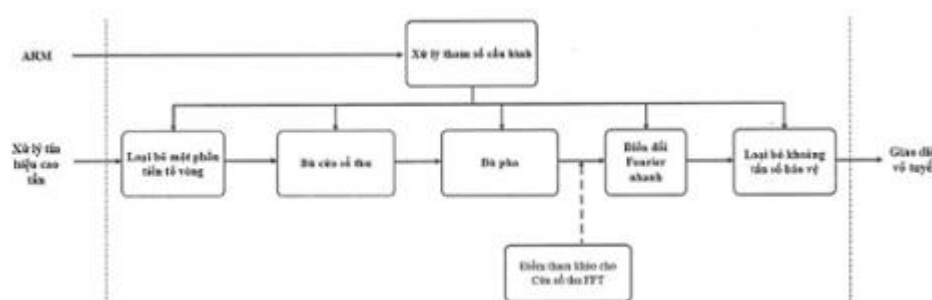
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Phạm Văn Phú (VN); Lê Huy Hoàng (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP BÙ CỬA SỔ THU CHO GIẢI ĐIỀU CHẾ GHÉP KÊNH PHÂN CHIA THEO TẦN SỐ TRỰC GIAO BẰNG RỘNG ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG VÔ TUYẾN 5G

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp bù cửa sổ thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G. Phương pháp được thực hiện qua hai bước: bước 1: phân đoạn tiền tố vòng và loại bỏ một phần tiền tố vòng, cụ thể bước này loại bỏ một phần đầu tiền tố vòng tính từ điểm bắt đầu của một biểu tượng OFDM, và một phần đuôi của một biểu tượng OFDM; bước 2: bù cửa sổ thu, cụ thể bước này sao chép phần tiền tố vòng còn lại và thay thế vào phần đuôi của biểu tượng OFDM đã bị thay đổi bởi kỹ thuật cửa sổ ở tuyến phát, hoặc do sai số đồng bộ thời gian thu phát.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất phương pháp bù cửa sổ thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G. Cụ thể, phương pháp được đề xuất nhằm cải thiện tỉ số công suất tín hiệu trên công suất tạp âm (SNR) cũng như hiệu suất hoạt động của thu giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (OFDM) trong thiết bị thu phát sóng vô tuyến (RRU) của hệ thống vô tuyến 5G.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hình 1 mô tả tuyến thu của thiết bị thu phát sóng vô tuyến (Radio Remote Unit - RRU) bao gồm các chức năng chính như sau:

- Khối ăng-ten thu tín hiệu vô tuyến 5G từ thiết bị người dùng và truyền tín hiệu nhận được tới khối chuyển đổi tương tự sang số (ADC - Analog Digital Converter).
- Khối xử lý tín hiệu cao tần (DFE) thực hiện chuyển đổi tín hiệu cao tần thành tín hiệu trung tần, tín hiệu băng tần cơ sở, chuyển tín hiệu tương tự thành tín hiệu số và truyền tín hiệu về khối giải điều chế OFDM.
- Khối giải điều chế OFDM thực hiện các chức năng giải điều chế OFDM và truyền dữ liệu tới khối giao diện vô tuyến (FH).
- Khối giao diện vô tuyến (FH) thực hiện đóng gói dữ liệu thành các bản tin và truyền tới đơn vị xử lý trung tâm (DU).
- Khối đồng bộ hệ thống thực hiện đồng bộ thời gian hệ thống.

Trong đó, Hình 2 mô tả bộ giải điều chế OFDM hiện tại dựa trên giải điều chế tín hiệu trên miền thời gian thành các biểu tượng chòm sao trên miền tần số, bao gồm các khối chức năng:

- Khối xử lý tham số cấu hình nhận các tham số cấu hình từ ARM: băng thông (RB), tần số trung tâm, khoảng cách sóng mang Δf , f_{flen} , c_{plen} .
- Khối loại bỏ tiền tố vòng (CP): thực hiện loại bỏ các mẫu tiền tố vòng giữa các biểu tượng OFDM.
- Khối bù pha: thực hiện bù lệch pha giữa RRU và UE gây ra bởi tần số thu phát ở các tần khác nhau.

- Khối biến đổi Fourier nhanh (FFT): chuyển đổi tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số.
- Khối loại bỏ khoảng tần số bảo vệ: thực hiện loại bỏ sóng mang con bảo vệ ở hai biên phổ tín hiệu có ích.

Đối với giải điều chế OFDM áp dụng cho thiết bị phát sóng vô tuyến, khoảng bảo vệ CP giữa các biểu tượng OFDM liên tiếp được thiết kế khá lớn, ví dụ đối với băng thông 100 MHz khoảng cách giữa các sóng mang con là 30 kHz, CP = 352 mẫu hoặc 288 mẫu, chiếm tối đa 8 % tài nguyên miền thời gian. Các mẫu CP này tương đối dư thừa nếu kênh truyền có trải trễ thấp. Do đó, tuyến phát của thiết bị người dùng UE (User Equipment) có thể tận dụng khoảng tiền tố vòng (CP) này để giảm bớt hiện tượng phát xạ ngoài băng gây ra bởi điều chế OFDM, điều này phụ thuộc vào nhà phát triển thiết bị di động mà có thể áp dụng các phương pháp chèn cửa sổ khác nhau đối với sản phẩm. Việc tận dụng CP bằng phương pháp cửa sổ đều có điểm chung là áp dụng một hàm cửa sổ tron vào mỗi biểu tượng OFDM và thực hiện nối chồng với biểu tượng OFDM tiếp theo liên kề. Với cách làm như vậy sẽ không còn sự gián đoạn giữa hai biểu tượng OFDM liên tiếp, do đó giảm được hiện tượng OOB. Tuy nhiên, nhược điểm của nó là trả giá bởi khả năng chống lại nhiễu ISI kém hơn do đã thay đổi một phần CP mang ý nghĩa bảo vệ giữa các biểu tượng OFDM. Để dễ hình dung, Hình 3 là một ví dụ về cách thức hoạt động của một phương pháp chèn cửa sổ phía phát. Trong đó:

- $l = 0, 1, 2, \dots$
- Tiền tố và hậu tố là các đoạn tín hiệu lần lượt ở đầu và cuối của mỗi biểu tượng OFDM được sử dụng cho việc chèn hàm cửa sổ.

Ở đây, tiền tố và hậu tố được cấu thành từ một phần tín hiệu mở rộng và một phần tín hiệu của biểu tượng OFDM. Dựa trên Hình 3 có thể thấy, quá trình áp dụng hàm cửa sổ và xếp chồng đã làm thay đổi cấu trúc dữ liệu CP và tín hiệu có nghĩa của mỗi biểu tượng OFDM. Do đó, cần một cơ chế sửa lỗi ở phía thu để có thể đảm bảo tính toàn vẹn của dữ liệu trước khi đưa vào tính toán FFT.

Đối với bộ giải điều chế OFDM hệ thống hiện tại, phần dữ liệu CP mỗi biểu tượng OFDM sẽ bị loại bỏ hoàn toàn. Điều này chỉ phù hợp nếu ở phía UE không sử dụng phương pháp cửa sổ. Trong trường hợp UE sử dụng cửa sổ ở tuyến phát, các mẫu mang thông tin có nghĩa bị xếp chồng ở phần hậu tố và không bị loại bỏ, dẫn đến sai lệch các biểu tượng chòm sao sau khi giải điều chế.

Ngoài ra, giải điều chế OFDM dựa trên việc đồng bộ thời gian hệ thống để phân tách ranh giới giữa các biểu tượng OFDM liên tiếp từ đó xác định được cửa sổ thu xử lý FFT. Tuy nhiên, trong thực tế việc đồng bộ hoàn hảo thời gian giữa RU và các UE là bất khả thi, điều này làm cho bộ giải điều chế OFDM trở nên nhạy cảm với độ lệch thời gian.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp khắc phục được các vấn đề nêu trên. Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp bù cửa sổ thu FFT nhằm cải thiện chất lượng bộ giải điều chế OFDM hiện tại, từ đó làm tăng chất lượng và độ tin cậy của tuyến thu. để đạt được mục đích trên, sáng chế đề xuất bao gồm 2 bước sau:

Bước 1: phân đoạn tiền tố vòng và loại bỏ một phần tiền tố vòng.

- Loại bỏ một phần tiền tố vòng tính từ điểm bắt đầu của một biểu tượng OFDM.
- Loại bỏ một phần tiền tố vòng ở phần đuôi của một biểu tượng OFDM.

Bước 2: bù cửa sổ thu.

- Sao chép phần tiền tố vòng còn lại và thay thế vào phần đuôi của biểu tượng OFDM đã bị thay đổi bởi kỹ thuật cửa sổ ở tuyến phát, hoặc do sai số đồng bộ thời gian thu phát.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả các thành phần chức năng của hệ thống thu vô tuyến RRU.

Hình 2 là hình vẽ mô tả các thành phần chức năng của giải điều chế OFDM truyền thống.

Hình 3 là hình vẽ mô tả kỹ thuật xếp chồng cửa sổ giữa các biểu tượng OFDM liên tiếp.

Hình 4 là hình vẽ mô tả phương pháp bù cửa sổ thu trước khi thực hiện biến đổi FFT.

Hình 5 là hình vẽ mô tả giải điều chế OFDM dựa trên phương pháp bù cửa sổ theo sáng chế.

Hình 6 là hình vẽ mô tả giao diện phương pháp bù cửa sổ.

Hình 7 là hình vẽ mô tả các trạng thái của tín hiệu Valiout của khối loại bỏ tiền tố vòng.

Hình 8 là hình vẽ mô tả các thành phần chức năng của khối bù cửa sổ thu.

Hình 9 là hình vẽ mô tả các trạng thái tín hiệu cho phép ghi W_{rEn} .

Hình 10 là hình vẽ giản đồ thời gian mô tả hoạt động khối điều khiển ghi.

Hình 11 là hình vẽ mô tả các trạng thái tín hiệu SW_{En} .

Hình 12 là hình vẽ giản đồ thời gian mô tả hoạt động khối điều khiển đọc.

Hình 13 là hình vẽ mô tả sơ đồ đánh giá hiệu quả của phương pháp bù cửa sổ thu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống thu tín hiệu 5G chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như kênh truyền, các phần tử phản cứng do đó tín hiệu truyền tới bộ giải điều chế OFDM vẫn xảy ra xác suất bị trễ τ mẫu mặc dù đã đồng bộ giữa RRU và UE, điều này dẫn đến mất đi tính toàn vẹn dữ liệu trước khi xử lý lý FFT. Tham chiếu Hình 4, trước khi đưa vào khối FFT, các biểu tượng OFDM được bù theo hai bước được trình bày như trên nhằm mục đích bảo toàn tính toàn vẹn của dữ liệu lớn nhất có thể. Hệ số phân đoạn μ được sử dụng nhằm chỉ ra một phần CP bị loại bỏ nếu $\mu = 1$ có nghĩa là loại bỏ toàn bộ CP, thành phần bị loại bỏ này nằm trong khu vực chịu ảnh hưởng bởi trải trễ và quá trình chèn hàm cửa sổ ở tuyến phát. Phần còn lại của CP được giữ lại để bù vào cuối của biểu tượng OFDM, lý do thao tác này là việc thực hiện cửa sổ và đồng bộ không hoàn hảo đã làm thay đổi dữ liệu tại phần đuôi của biểu tượng OFDM nên cần được bù ngược lại dựa trên tính chất CP là bản sao chép dữ liệu từ cuối lên đầu của mỗi biểu tượng OFDM ở tuyến phát. Để áp dụng được phương pháp trên ta có ràng buộc giữa các tham số như sau:

$$\begin{cases} CP \cdot (1 - \mu) \geq \frac{W}{2} \\ \tau + \frac{W}{2} \leq CP \cdot \mu \end{cases} \quad (2.1)$$

Trong đó:

- CP là tiền tố vòng của mỗi biểu tượng OFDM, đơn vị là mẫu;
- W là độ dài của khu vực áp dụng phương pháp chèn hàm cửa sổ, đơn vị là mẫu.

Dựa trên ràng buộc trên, chúng ta có thể thấy để có thể bù được ảnh hưởng bởi sai lệch, tham số μ phải thỏa mãn bất đẳng thức đầu tiên của (2.1). Ràng buộc giữa trải trễ (nhiều ISI) và độ dài của cửa sổ tuyến phát được thể hiện qua bất đẳng thức thứ hai của (2.1). Trong triển khai thực tế, do các tham số của (2.1) như τ và W thường bị ẩn đi ở tuyến thu nên để đơn giản hóa tham số μ được chọn cố định không phụ thuộc bằng thông hệ thống. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp bù cửa sổ này là nếu trải trễ lớn hơn độ dài CP thì quá trình bù sẽ không hiệu quả do không thể loại bỏ hoàn toàn thành phần sai

lệch bởi quá trình chèn của số ở tuyến phát và nhiễu ISI ra khỏi tín hiệu trước khi thực hiện xử lý FFT.

Tham chiếu Hình 5, sáng chế đề xuất phương pháp giải điều chế OFDM dựa trên phương pháp bù cửa sổ, trong đó sáng chế đề xuất thay thế khối loại bỏ tiền tố vòng thành khối loại bỏ một phần tiền tố vòng và thêm khối chức năng bù của số thu trước khối biến đổi Fourier nhanh (FFT), cụ thể phương pháp được thực hiện trên các khối như sau:

- Khối loại bỏ một phần tiền tố vòng: phân đoạn tiền tố vòng của biểu tượng OFDM thành hai phần theo tỉ lệ dựa trên hệ số μ và loại bỏ phần đầu tiền tố vòng và phần đuôi của mỗi biểu tượng OFDM.
- Khối bù cửa sổ thu: sao chép và thay thế phần dữ liệu còn lại của tiền tố vòng vào phần đuôi của biểu tượng OFDM đã được loại bỏ từ khối tiền tố vòng

Tham chiếu Hình 6 mô tả chi tiết các tín hiệu mà phương pháp bù cửa sổ nhận được từ xử lý tín hiệu cao tần (DFE), được giải thích cụ thể trong Bảng 1.

Bảng 1: mô tả tham số vào ra của phương pháp bù của số

Tín hiệu	Mô tả
$cplen$	Số mẫu tiền tố vòng (CP)
μ	Tham số tỉ lệ phân đoạn tiền tố vòng (CP) nhận từ ARM
$ffflen$	Tham số kích thước FFT
x_1	Tín hiệu báo có dữ liệu từ khối DFE
x_2	Dữ liệu số nhận từ khối DFE
y_2	Dữ liệu sau xử lý truyền tới khối bù pha
y_1	Tín hiệu báo hiệu có dữ liệu đầu ra truyền tới khối bù pha

Trong đó:

w_{frac} : số lượng mẫu tiền tố vòng (CP) bị loại bỏ;

$ffflen$: kích thước biến đổi Fourier nhanh (FFT);

μ : tỉ lệ phân đoạn tiền tố vòng (CP);

$cplen$: số mẫu tiền tố vòng (CP);

DataLen: chiều dài dữ liệu bằng tổng của kích thước FFT, số mẫu tiền tố vòng bị loại bỏ;

w_{rem}: số lượng mẫu tiền tố vòng không bị loại bỏ;

cnt: giá trị đếm dựa trên tổng của kích thước biến đổi FFT, số mẫu tiền tố vòng (CP);

Wr_{En}: tín hiệu cho phép ghi dữ liệu;

Wr_{Addr}: tín hiệu địa chỉ ghi;

SW_{en}: tín hiệu điều khiển lựa chọn phần dữ liệu bù cửa sổ;

Rd_{Addr}: tín hiệu địa chỉ đọc.

Nội dung của phương pháp bù cửa sổ số thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G được trình bày cụ thể như sau:

Bước 1: phân đoạn tiền tố vòng và loại bỏ một phần tiền tố vòng; bước này được thực hiện cụ thể như sau:

Khối loại bỏ một phần tiền tố vòng (Hình 6) nhận tỉ lệ phân đoạn μ từ ARM và thực hiện quy đổi giá trị này thành giá trị số nguyên w_{frac} biểu diễn số mẫu tiền tố vòng bị loại bỏ bằng phép nhân, và truyền w_{frac} .

$$w_{frac} = \mu \times cplen \quad (2.2)$$

Khối loại bỏ một phần tiền tố vòng nhận giá trị w_{frac} , $ffflen$ từ khối xử lý tham số cấu hình thực hiện phép tính tạo ra giá trị cnt , w_{rem} như sau:

$$DataLen = ffflen + w_{frac}; cnt = ffflen + cplen - 1; w_{rem} = cplen - w_{frac} \quad (2.3)$$

Khối loại bỏ phân đoạn tiền tố vòng nhận tín hiệu x_I từ khối xử lý tín hiệu cao tần (DFE) (Hình 6), kích hoạt bộ đếm dữ liệu từ 0 đến giá trị đếm cnt , thực hiện phân đoạn tiền tố vòng (CP) thành hai đoạn w_{frac} , w_{rem} và loại bỏ phần dữ liệu có chiều dài w_{frac} và w_{rem} lần lượt ở đầu và cuối của mỗi biểu tượng OFDM. Tín hiệu đầu ra y_I của khối này chuyển từ trạng thái mức lô-gic từ “0” (báo hiệu các phần dữ liệu bị loại bỏ) sang “1” truyền tới khối bù cửa sổ thu, được mô tả cụ thể dựa trên sơ đồ trạng thái (Hình 7).

Bước 2: bù cửa sổ thu; tại bước này, để đáp ứng được mục đích đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu trước xử lý FFT thì khối bù cửa sổ thu thực hiện sao chép và thay thế phần dữ liệu còn lại của tiền tố vòng (CP) vào phần đuôi của biểu tượng OFDM đã được loại bỏ

bởi khối loại bỏ phân đoạn tiền tố vòng bằng cách sử dụng một bộ nhớ đệm (RAM) để lưu lại w_{rem} mẫu dữ liệu tiền tố vòng còn lại, Hình 8 mô tả sơ đồ khối chức năng bao gồm:

- Bộ nhớ RAM: lưu w_{rem} mẫu dữ liệu.
- Điều khiển ghi: mục đích khối này là tạo ra tín hiệu điều khiển Wr_{En} cho phép ghi toàn bộ phần dữ liệu gồm w_{rem} mẫu của tiền tố vòng vào RAM, Wr_{En} với 2 trạng thái mức lô-gic “0” và “1” (cho phép ghi dữ liệu vào RAM) được mô tả trong Hình 9 và Hình 10 là giản đồ thời gian nên ta sử dụng một bộ đếm từ 0 đến cnt. Tín hiệu Wr_{En} kích hoạt bộ đếm tạo các địa chỉ ghi Wr_{Addr} có dải địa chỉ từ 0 đến w_{rem}
- Điều khiển đọc: mục đích khối này tạo tín hiệu địa chỉ đọc phần dữ liệu từ RAM. Trong khối điều khiển đọc nhận giá trị đếm Cnt nhận từ khối Điều khiển ghi với mục đích tạo ra tín hiệu SW_{En} với 2 trạng thái mức lô-gic “0” và “1” được mô tả trong Hình 11. Tín hiệu SW_{En} kích hoạt bộ đếm tạo địa chỉ đọc Rd_{Addr} có dải địa chỉ từ 0 đến w_{rem} . Tín hiệu đầu ra y_1 của khối điều khiển đọc tích cực với mức lô-gic “1” báo hiệu có dữ liệu tại đầu ra khối Điều khiển đọc bằng cách thực hiện phép lô-gic XOR giữa tín hiệu đầu vào x_1 và tín hiệu Wr_{En} . Để dễ hình dung về nguyên lý hoạt động khối điều khiển đọc, Hình 12 là giản đồ thời gian mô tả cách thức hoạt động của toàn bộ tín hiệu khối điều khiển đọc.
- Khối ghép kênh nhận tín hiệu điều khiển SW_{en} mức lô-gic “1” từ khối Điều khiển ghi thực hiện thay thế phần dữ liệu ở phần đuôi của biểu tượng OFDM bằng cách đọc w_{rem} mẫu dữ liệu đã từ RAM.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để chứng minh tính đúng đắn và hiệu quả, sáng chế được tích hợp vào sản phẩm RU 5G do VHT – Viettel sản xuất để triển khai đánh giá thử nghiệm. Hệ thống thử nghiệm này có bộ thông số kỹ thuật như được thể hiện 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	Tốc độ lấy mẫu	122,88	Mbps
7	Khoảng cách sóng mang con	30	KHz

Hình 13 là hình vẽ mô tả hệ thống thử nghiệm để đánh giá hiệu quả hoạt động của phương pháp bù cửa sổ thu theo sáng chế dựa nền tảng FPGA, sử dụng dòng chip ZynQ UltraScale+ của hãng Xilinx. Máy phát tạo tín hiệu 5G và thực hiện phát tín hiệu này truyền tới khối ADC khi nhận được xung đồng bộ 0,01 giây từ FPGA. Quan sát dữ liệu giải điều chế OFDM trên DU.

Việc đánh giá hiệu quả của phương pháp theo sáng chế sẽ dựa trên tỉ lệ lỗi bit *BLER* (Tổng số khối dữ liệu lỗi trên tổng số khối dữ liệu đã truyền với tỉ lệ cho phép không lớn hơn 2,5 %) và tỉ số chất lượng *SNR* (cụ thể là so sánh tỷ số công suất của tín hiệu mong muốn trên tổng công suất nhiễu của hệ thống).

Thử nghiệm 1: thay đổi trải trễ τ , tỉ lệ phân đoạn μ , công suất tín hiệu.

Thử nghiệm đầu tiên, tương ứng với mỗi giá trị trải trễ τ và tỉ lệ phân đoạn μ thực hiện thay đổi công suất phát tín hiệu cho đến khi tỉ lệ lỗi bit BLER lớn hơn mức 2,5 %, quan sát giá trị độ nhạy thu trước và sau khi kích hoạt khối cửa sổ thu đã làm tăng độ nhạy thu khoảng 1,5 dBm.

Việc thay đổi trải trễ τ đến khi giá trị này bằng với độ dài CP (352 mẫu hoặc 288 mẫu) thì độ nhạy thu bị suy giảm và không đạt chất lượng cho phép (không được lớn hơn mức -96 dBm với tỉ lệ lỗi BLER không lớn hơn 2,5%) mặc dù đã áp dụng phương pháp bù cửa sổ.

Bảng 3: kết quả độ nhạy thu với trường hợp thay đổi tham số trải trễ τ

μ (%) \ τ (mẫu)	0	10	20	30	40	50
0	-97,5	-97,5	-97,7	-98,6	-98,9	-99
72	-97,4	97,5	-97,7	-98,6	-98,9	-99
144	-97,2	-97,2	-97,5	-98,4	-98,9	-98,9
216	-96,3	96,3	-96,8	-97	-97,4	-97,4

288	-94,9	-95,1	-95,2	-95,3	-95,3	-95,3
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Thử nghiệm 2: thay đổi trải trễ τ , tỉ lệ phân đoạn μ và cố định công suất tín hiệu.

Thử nghiệm tiếp theo, thay đổi giá trị trải trễ τ và μ , cố định công suất từ máy phát là -50 [dBm], quan sát tỉ số công suất tín hiệu có ích trên công suất tạp âm SNR [dB].

Bảng 4: kết quả tỉ số SNR [dB] với trường hợp thay đổi tham số trải trễ τ

τ (mẫu) \ μ (%)	0	10	20	30	40	50
0	13	13,3	13,5	18,6	19,8	20,5
72	12,9	13,2	13,3	15,9	19,6	20,5
144	12,2	13,1	13, 1	15,7	17,7	18,3
216	10,6	11,5	11,6	11,9	12,2	12,2
288	7,1	7,1	7,2	7,2	7,9	7,9

Trường hợp trải trễ τ nhỏ hơn một nửa chiều dài CP, quan sát tỉ số SNR cho thấy trước và sau khi kích hoạt khối cửa sổ thu đã làm tăng chất lượng SNR lên khoảng 7,5 dB

Trường hợp trải trễ τ lớn hơn một nửa chiều dài CP, quan sát tỉ số SNR cho thấy trước và sau khi kích hoạt khối cửa sổ thu không làm tăng chất lượng SNR .

Hai thử nghiệm nêu trên cho thấy hiệu quả thực tiễn của phương pháp bù cửa sổ thu đã nâng cao tỉ số công suất tín hiệu trên công suất tạp âm SNR cũng như cải thiện độ nhạy tín hiệu thu so với trường hợp không áp dụng phương pháp này. Ngoài ra, kết quả thực nghiệm cũng chỉ ra rằng, các tham số chất lượng hoạt động tốt nhất với hệ số phân đoạn μ là 50%, tương ứng với trải trễ τ nhỏ hơn một nửa chiều dài tiền tố vòng (CP).

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp và khối bù cửa sổ thu đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng tín hiệu giải điều chế của RRU. Nâng cao tỉ số công suất tín hiệu trên công suất tạp âm (SNR), cải thiện độ nhạy thu. Ngoài ra, phương pháp bù công suất này được triển khai trên FPGA nên khả năng cải thiện chất lượng cho tuyến thu RRU có độ chính xác cao, độ trễ ngắn và có thể tùy biến theo mọi yêu cầu đặt ra.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp bù cửa sổ thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G, bao gồm các bước:

bước 1: phân đoạn tiền tố vòng và loại bỏ một phần tiền tố vòng; bước này được thực hiện cụ thể như sau:

khối loại bỏ một phần tiền tố vòng nhận tỉ lệ phân đoạn μ từ ARM và thực hiện quy đổi giá trị này thành giá trị số nguyên w_{frac} biểu diễn số mẫu tiền tố vòng bị loại bỏ bằng phép nhân, và truyền w_{frac} :

$$w_{frac} = \mu \times cplen$$

khối loại bỏ một phần tiền tố vòng nhận giá trị w_{frac} , $ffflen$ từ khối xử lý tham số cấu hình thực hiện phép tính tạo ra giá trị cnt , w_{rem} như sau:

$$DataLen = ffflen + w_{frac}; cnt = ffflen + cplen - 1; w_{rem} = cplen - w_{frac}$$

khối loại bỏ phân đoạn tiền tố vòng nhận tín hiệu x_l từ khối xử lý tín hiệu cao tần (DFE), kích hoạt bộ đếm dữ liệu từ 0 đến giá trị đếm cnt , thực hiện phân đoạn tiền tố vòng (CP) thành hai đoạn w_{frac} , w_{rem} và loại bỏ phần dữ liệu có chiều dài w_{frac} và w_{rem} lần lượt ở đầu và cuối của mỗi biểu tượng OFDM; tín hiệu đầu ra y_l của khối này chuyển từ trạng thái mức lô-gic từ “0” (báo hiệu các phần dữ liệu bị loại bỏ) sang “1” truyền tới khối bù cửa sổ thu, được mô tả cụ thể dựa trên sơ đồ trạng thái;

bước 2: bù cửa sổ thu; tại bước này, để đáp ứng được mục đích đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu trước xử lý FFT thì khối bù cửa sổ thu thực hiện sao chép và thay thế phần dữ liệu còn lại của tiền tố vòng (CP) vào phần đuôi của biểu tượng OFDM đã được loại bỏ bởi khối loại bỏ phân đoạn tiền tố vòng bằng cách sử dụng một bộ nhớ đệm (RAM) để lưu lại w_{rem} mẫu dữ liệu tiền tố vòng còn lại.

2. Phương pháp bù cửa sổ thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G theo điểm 1, trong đó: để áp dụng được phương pháp, ràng buộc giữa các tham số như sau:

$$\begin{cases} CP \cdot (1 - \mu) \geq \frac{W}{2} \\ \tau + \frac{W}{2} \leq CP \cdot \mu \end{cases}$$

trong đó:

μ là hệ số phân đoạn tiền tố vòng (CP), $\mu \in [0, 1]$;

τ là độ lệch thời gian, gây ra bởi đồng bộ không hoàn hảo của máy thu, đơn vị tính theo mẫu;

CP là tiền tố vòng của biểu tượng OFDM, đơn vị là mẫu;

W là độ dài của khu vực áp dụng phương pháp chèn cửa sổ ở phía phát, đơn vị là mẫu.

3. Phương pháp bù cửa sổ thu cho giải điều chế ghép kênh phân chia theo tần số trực giao băng rộng ứng dụng trong hệ thống vô tuyến 5G theo điểm 1, trong đó thay thế khối loại bỏ tiền tố vòng thành khối loại bỏ một phần tiền tố vòng và thêm khối chức năng bù của sổ thu trước khối biến đổi fourier nhanh (FFT), cụ thể:

khối loại bỏ một phần tiền tố vòng (CP): phân đoạn tiền tố vòng (CP) của biểu tượng OFDM thành hai phần theo tỉ lệ dựa trên tham số μ , từ đó thiết lập đường bao cho cửa sổ thu FFT; ở đây, khối này sẽ nhận tín hiệu x_1 từ khối xử lý tín hiệu cao tần (DFE), kích hoạt bộ đếm dữ liệu từ 0 đến cnt , thực hiện phân đoạn tiền tố vòng (CP) thành 2 đoạn w_{frac}, w_{rem} và loại bỏ phần dữ liệu có chiều dài w_{frac} và w_{rem} lần lượt ở đầu và cuối của mỗi biểu tượng OFDM; tín hiệu y_1 chuyển từ trạng thái mức lô-gic từ “0” (báo hiệu các phần dữ liệu bị loại bỏ) sang “1”,

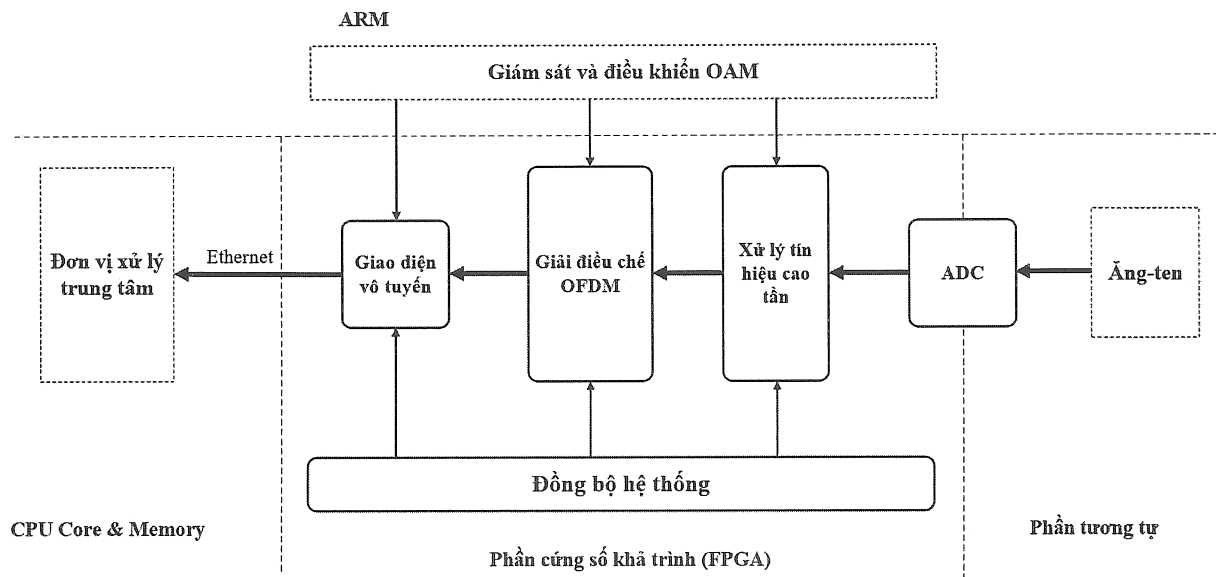
khối bù cửa sổ thu thực hiện sao chép và thay thế phần dữ liệu còn lại của tiền tố vòng (CP) vào phần đuôi của tín hiệu trước khi thực hiện FFT; khối này sẽ bao gồm:

bộ nhớ RAM: lưu w_{rem} mẫu dữ liệu;

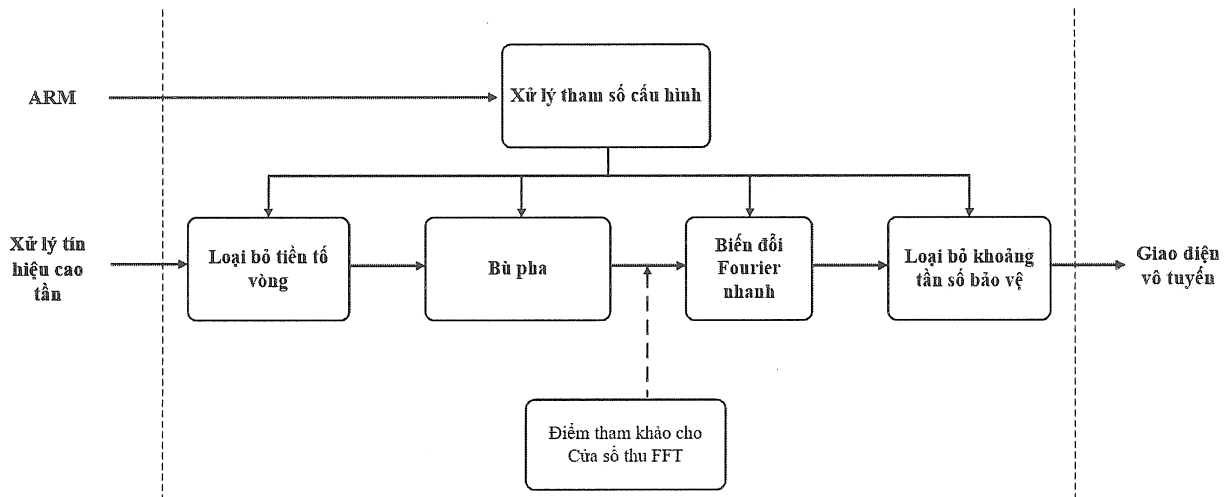
khối điều khiển ghi: tạo tín hiệu điều khiển ghi toàn bộ phần dữ liệu có chiều dài w_{rem} của tiền tố vòng (CP) vào bộ nhớ RAM; tín hiệu Wr_{En} kích hoạt bộ đếm tạo các địa chỉ ghi Wr_{Addr} có dải địa chỉ từ 0 đến w_{rem} ;

điều khiển đọc: tạo tín hiệu điều khiển đọc phần dữ liệu từ bộ nhớ RAM; tín hiệu SW_{En} kích hoạt bộ đếm tạo địa chỉ đọc Rd_{Addr} có dải địa chỉ từ 0 đến w_{rem} ; tín hiệu y_1 tích cực với mức lô-gic “1” báo hiệu có dữ liệu tại đầu ra khối; điều khiển đọc bằng cách thực hiện phép lô-gic XOR giữa tín hiệu x_1 và tín hiệu Wr_{En} ;

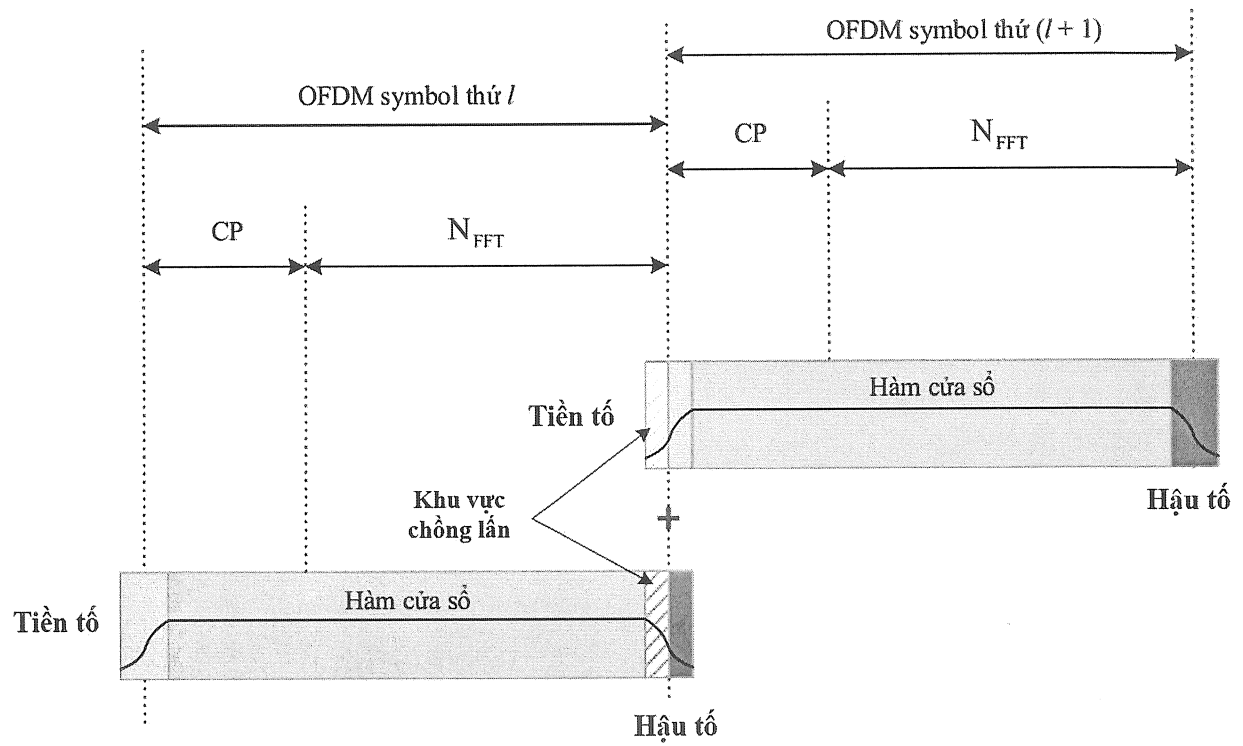
khối ghép kênh nhận tín hiệu điều khiển SW_{en} mức lô-gic “1” từ khối điều khiển đọc thực hiện thay thế phần dữ liệu x_2 ở phần đuôi của biểu tượng OFDM bằng cách đọc w_{rem} mẫu dữ liệu đã được lưu trong RAM.



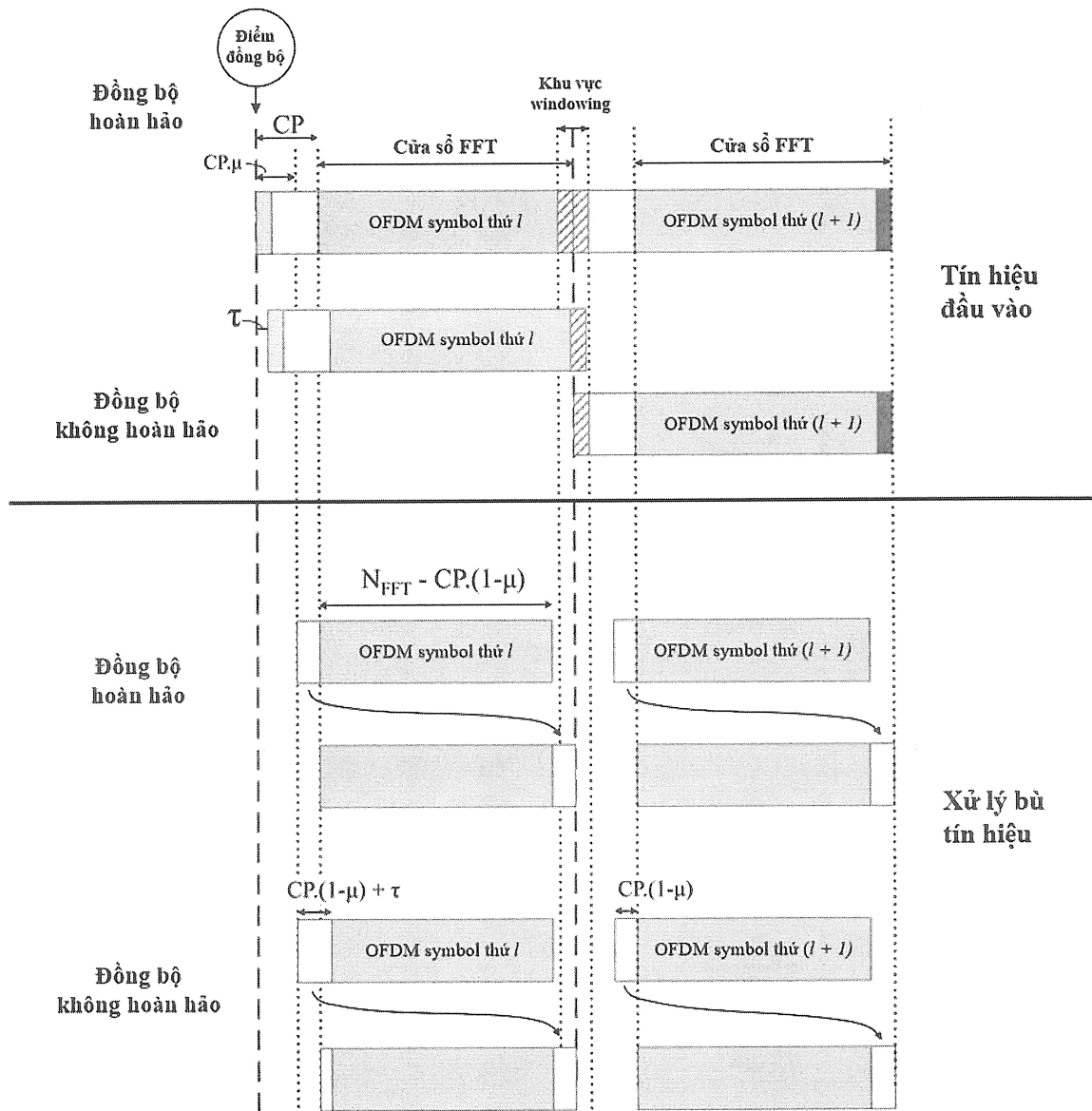
Hình 1



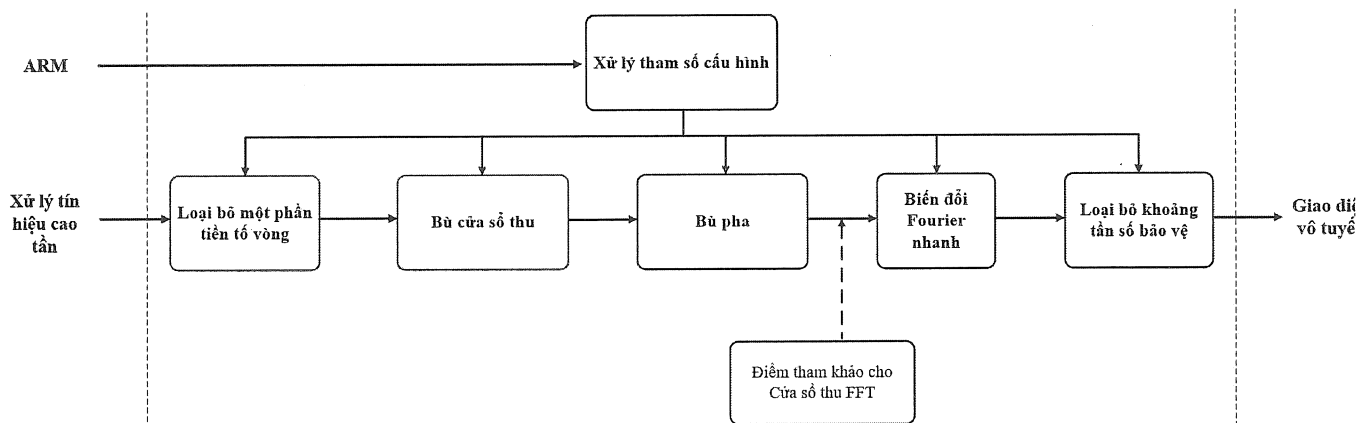
Hình 2



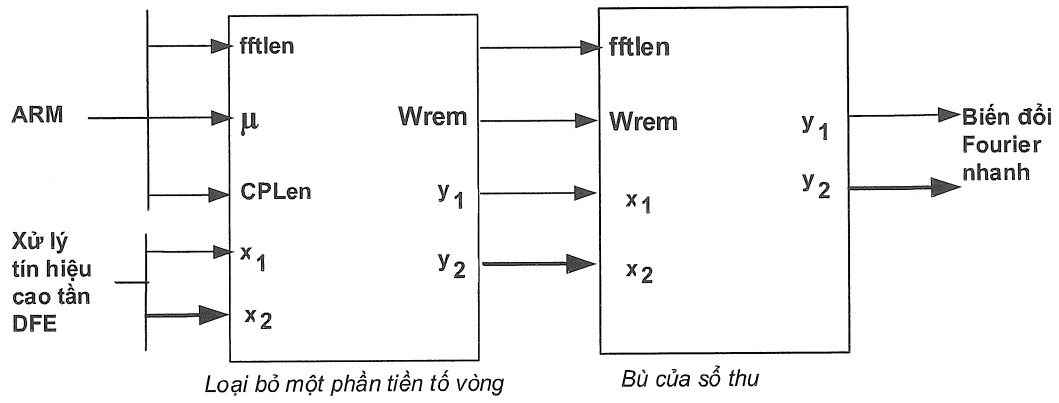
Hình 3



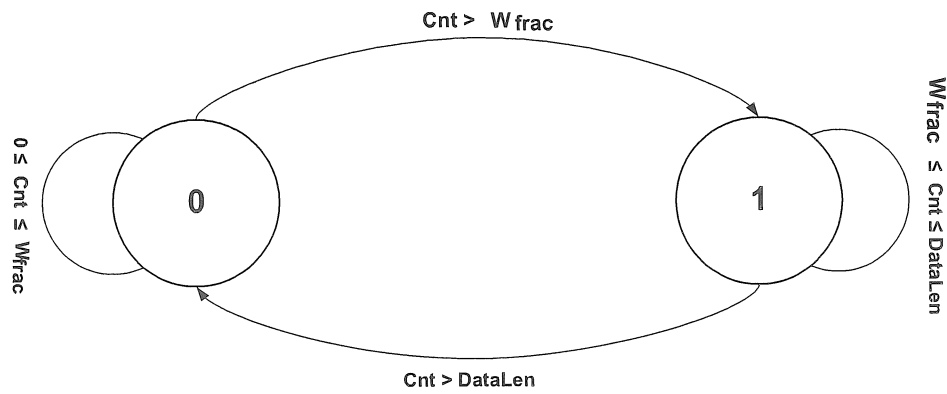
Hình 4



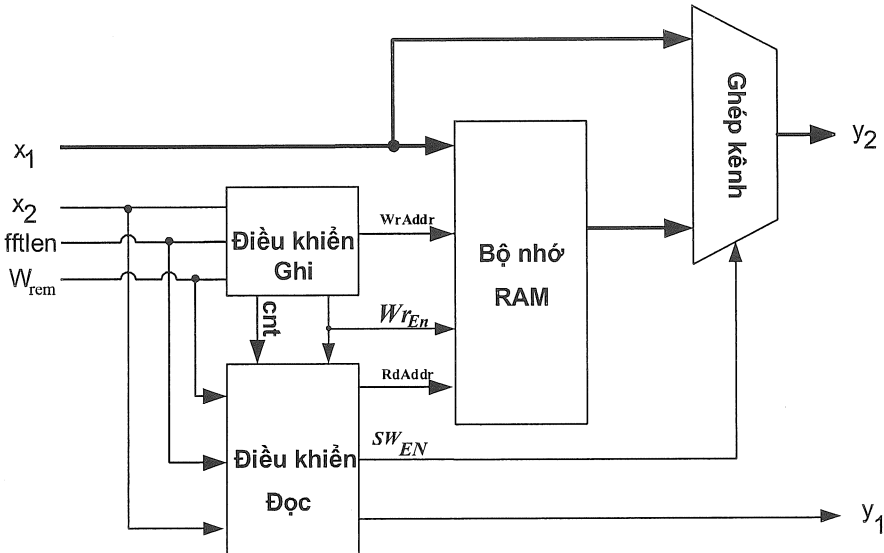
Hình 5



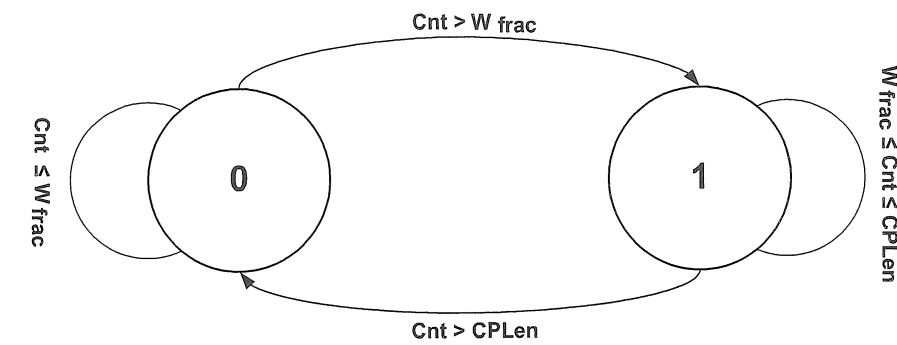
Hình 6



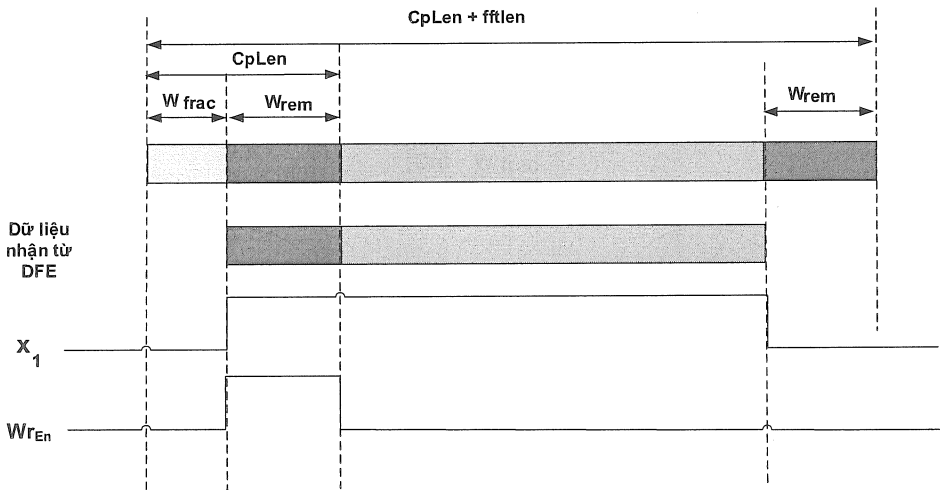
Hình 7



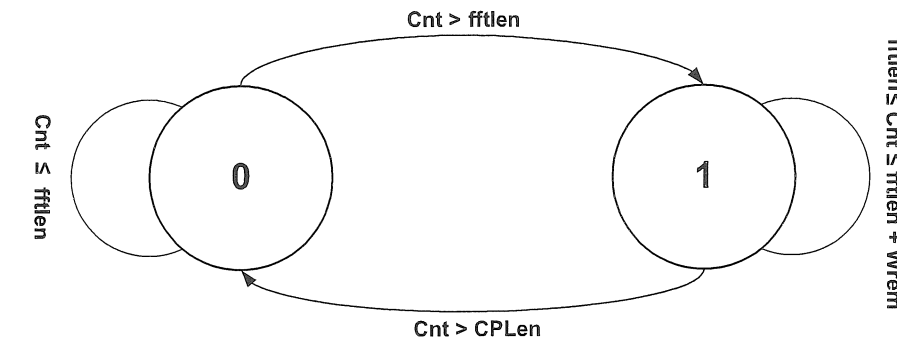
Hình 8



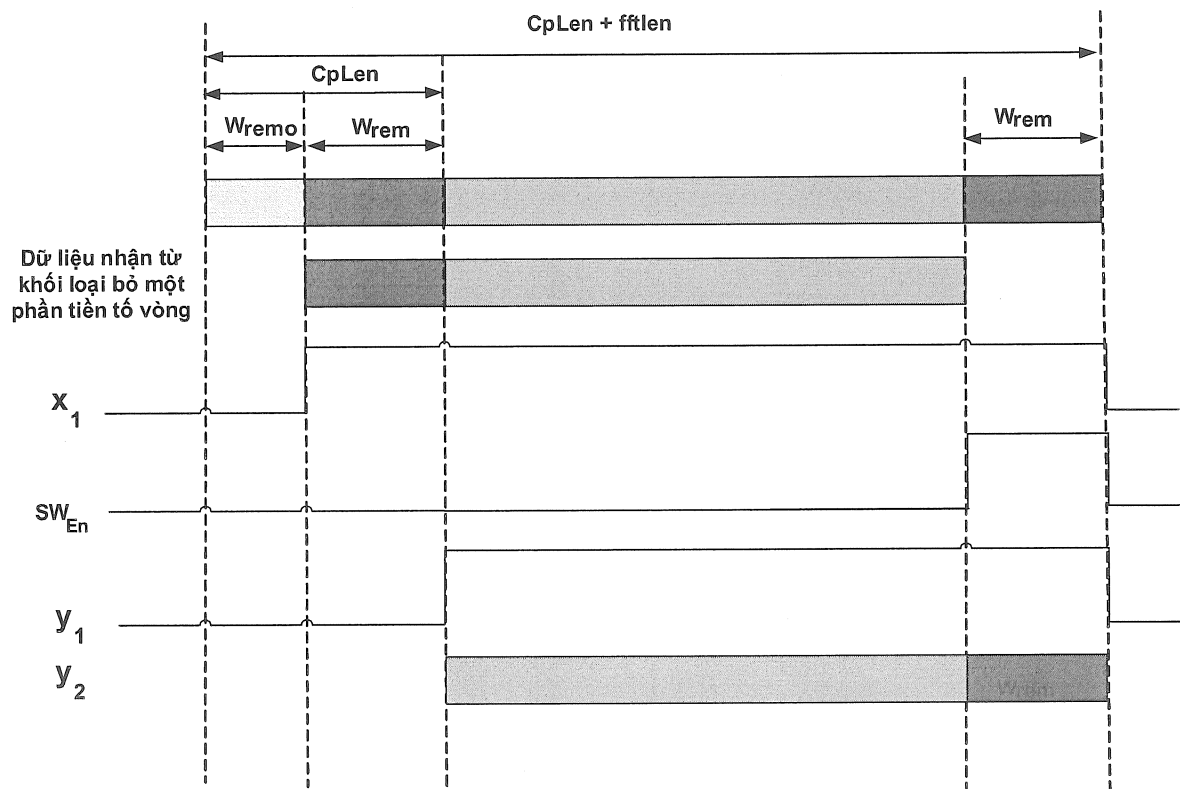
Hình 9



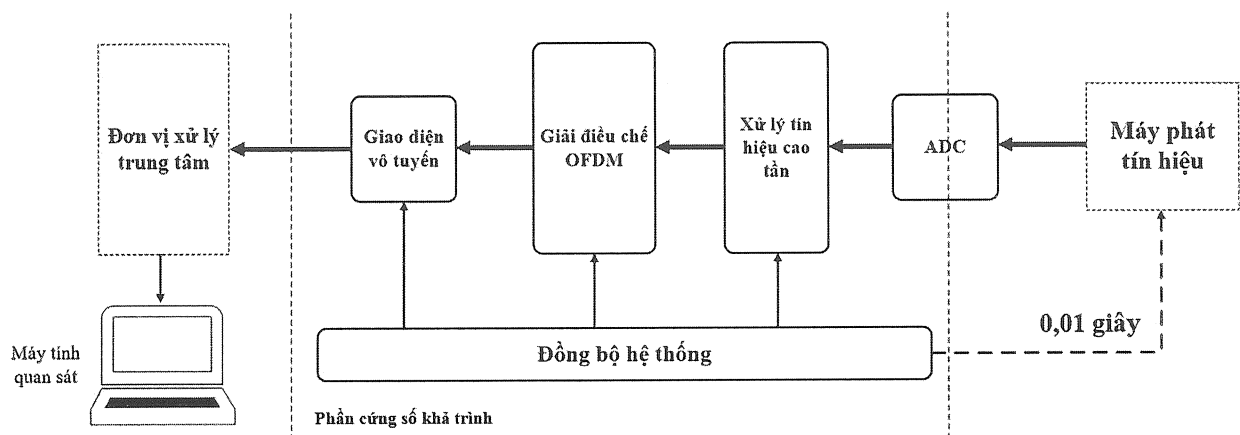
Hình 10



Hình 11



Hình 12



Hình 13