

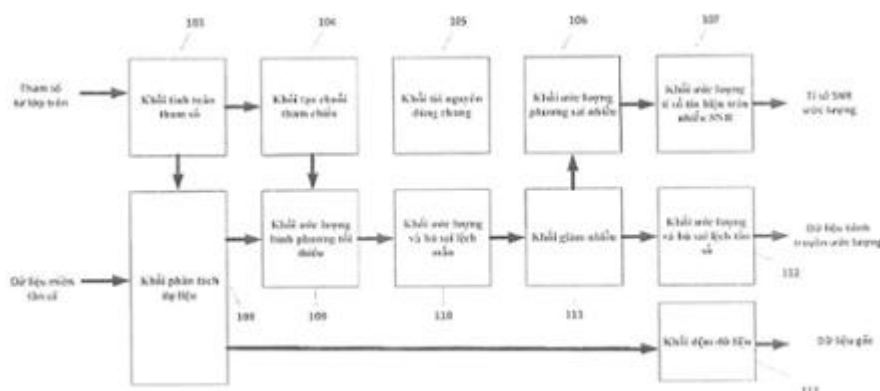


(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ 1-0042134
(51)^{2020.01} H04W 24/02; H04W 72/00; H04W 24/00 (13) B

(21) 1-2021-08500 (22) 30/12/2021
(45) 25/12/2024 441 (43) 25/05/2022 410
(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) Đinh Việt Hải (VN); Trần Văn Thống (VN); Hồ Hải Nam (VN); Phạm Anh Tuấn (VN).
(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) KHỐI ƯỚC LƯỢNG KÊNH TRUYỀN CHO KÊNH DỮ LIỆU ĐƯỜNG LÊN SỬ DỤNG THIẾT KẾ SỐ

(57) Sáng chế đề xuất khối ước lượng kênh dữ liệu đường lên - kênh PUSCH trên nền tảng thiết kế số. Kiến trúc đề xuất được phù hợp cho sử dụng nền tảng thiết kế số ở lớp vật lý cho đường lên với các phần mềm xử lý L2/L3 trên CPU sử dụng chuẩn FAPI cho giao tiếp L1/L2 và khối xử lý bit nằm trên thiết kế số; kiến trúc đáp ứng được yêu cầu xử lý đường lên với lưu lượng lớn, giảm trễ xử lý (latency) của hệ thống khi tăng số lượng UE và số lượng lớp cho lớp vật lý 5G NR.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến khối ước lượng kênh truyền cho kênh dữ liệu đường lên sử dụng thiết kế số. Cụ thể, khối ước lượng kênh truyền được đề cập liên quan đến hệ thống xử lý đường lên của thể hệ di động tiếp theo (5G NR - New Radio), nằm trên chuỗi xử lý của kênh dữ liệu vật lý đường lên (PUSCH - Physical Uplink Shared Channel).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong xử lý dữ liệu đường lên, đối với hệ thống 5G NR với phương pháp truyền dữ liệu theo chế độ phân chia trong miền thời gian (TDD - Time Division Duplex), thì số khe thời gian (slot) xử lý cho đường lên thường rất ngắn tùy thuộc vào mỗi dịch vụ yêu cầu. Ví dụ đối với khung đang sử dụng được đề xuất bởi VNET gồm DDSU (3D1S1U) hoặc DDDDDDDSU (7D1S1U) thì thời gian xử lý cho kênh dữ liệu đường lên thường rất ngắn, chỉ ba khe (slot) đối với trường hợp 3D1S1U hoặc năm khe (slot) đối với 7D1S1U, dẫn đến việc xử lý kênh dữ liệu vật lý đường lên dùng thành phần tăng tốc trên phần cứng là bắt buộc.

Trước đây, phần tăng tốc phần cứng thường được sử dụng cho phần giải mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp - LDPC (Low Density Parity-check Code), phần xử lý ước lượng kênh truyền được thực hiện trên các vi xử lý nhằm mềm dẻo trong quá trình xử lý. Tuy nhiên việc này phải dùng đến các giao tiếp giữa vi xử lý và phần tăng tốc rất phức tạp cho cả đồng bộ hệ thống, phương thức xử lý (như dùng PCIe), đồng thời phương án này không đảm bảo được độ trễ của hệ thống.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống đưa khối ước lượng kênh truyền như phần tăng tốc phần cứng, để đảm bảo độ trễ của hệ thống và luồng dữ liệu được thực hiện trên cùng một chip xử lý làm cho hệ thống ổn định và đáp ứng được thông lượng hệ thống.

Đồng thời sáng chế đề xuất phương án đưa trực tiếp các tham số từ lớp điều khiển truy cập (MAC - Media Access Control) theo chuẩn giao tiếp FAPI (Femto Application Platform Interface) lên khối xử lý ước lượng kênh truyền đảm bảo việc mềm dẻo trong quá trình xử lý với nhiều dịch vụ khác nhau và phù hợp cho bất kỳ phần mềm lớp MAC nào chạy trên vi xử lý mà sử dụng chuẩn FAPI để kết nối với lớp vật lý – PHY (Physical).

Để đạt được mục đích trên, hệ thống được đề xuất bao gồm các khối chức năng:

Khối tính toán tham số: tính toán các tham số cần thiết có các khối con khác từ tham số lớp trên.

Khối phân tách dữ liệu: phân tách ký tự mang thông tin hữu ích và ký tự mang tín hiệu tham chiếu DMRS. Ký tự chứa tín hiệu DMRS dùng để ước lượng kênh truyền, ký tự chứa thông tin hữu ích được lưu lại bộ đệm.

Khối tạo chuỗi tham chiếu: tạo chuỗi tham chiếu DMRS tương đương với tín hiệu DMRS tạo ở phía phát.

Khối ước lượng bình phương tối thiểu: khối tính kênh truyền ước lượng dùng thuật toán bình phương tối thiểu (least square).

Khối ước lượng và bù sai lệch mẫu: ước lượng sai lệch mẫu tín hiệu trong miền thời gian và bù pha kênh truyền.

Khối giảm nhiễu: loại bỏ nhiễu khỏi kênh truyền dùng bộ lọc trung bình.

Khối ước lượng phương sai nhiễu: ước lượng phương sai nhiễu bằng cách lấy tín hiệu thu DMRS trừ tín hiệu DMRS tại vị trí từ kênh truyền ước lượng được.

Khối ước lượng tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR: tính tỉ số SNR.

Khối ước lượng và bù sai lệch tần số: ước lượng sai lệch tần số và xấp xỉ kênh truyền tại vị trí của ký tự chứa thông tin hữu ích.

Khối đệm dữ liệu: bộ nhớ dùng để đệm ký tự chứa thông tin hữu ích.

Khối tài nguyên dùng chung: chứa các tài nguyên phần cứng dùng chung của các khối con khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa tổng quan xử lý của kênh dữ liệu đường lên PUSCH;

Hình 2 là hình vẽ minh họa khối xử lý ước lượng kênh truyền với đầu vào và đầu ra;

Hình 3 là hình vẽ minh họa các khối xử lý trong khối ước lượng kênh truyền;

Hình 4 là hình vẽ minh họa cấu trúc khung truyền miền thời gian và miền tần số của dữ liệu kênh PUSCH;

Hình 5 là hình vẽ minh họa cách sắp xếp tài nguyên trong một đơn vị tài nguyên vật lý (Physical Resource Block - PRB)

Hình 6 là hình vẽ minh họa khối tính toán kênh truyền ước lượng bình phương tối thiểu;

Hình 7 là hình vẽ minh họa khối ước lượng và bù sai lệch mẫu;

Hình 8 là hình vẽ minh họa khối tài nguyên dùng chung;

Hình 9 là hình vẽ minh họa khối giảm nhiễu kênh truyền;

Hình 10 là hình vẽ minh họa khối ước lượng phương sai nhiễu;

Hình 11 là hình vẽ minh họa khối ước lượng và bù sai lệch tần số;

Hình 12 là hình vẽ minh họa khối ước lượng tỉ số tín hiệu trên nền nhiễu;

Hình 13 là hình vẽ minh họa khối phân tách dữ liệu;

Hình 14 là hình vẽ minh họa khối tạo tín hiệu tham chiếu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống sáng chế đề xuất cho phần ước lượng kênh truyền cho kênh dữ liệu vật lý đường lên (PUSCH) là một trong các kênh ở lớp vật lý đường lên của mạng 5G, có chức năng mang thông tin người dùng lên các lớp cao hơn.

Phần xử lý kênh PUSCH gồm ba thành phần chính, tham chiếu Hình 1: khối biến đổi fourier 101 có chức năng loại bỏ phần dữ liệu bảo vệ (cyclic prefix) và thực hiện biến đổi fourier chuyển tín hiệu băng gốc từ miền thời gian sang miền tần số. Khối ước lượng kênh truyền 102 có chức năng ước lượng thông tin kênh truyền, để loại bỏ kênh truyền khỏi tín hiệu gốc và khôi phục tín hiệu phát. Khối xử lý bit 103 có chức năng giải mã và xác thực tính đúng đắn của chuỗi dữ liệu. Phần đề xuất của sáng chế là khối thực hiện ước lượng kênh truyền 102 trong hệ thống. Cụ thể:

Khối ước lượng kênh truyền 102, tham chiếu Hình 2, có ba chức năng chính: ước lượng thông tin kênh truyền, ước lượng thông tin nhiễu, ước lượng thông tin tỉ số tín hiệu trên nhiễu (SNR), từ đó loại bỏ ảnh hưởng của kênh truyền và nhiễu khỏi tín hiệu gốc, thu được tín hiệu xấp xỉ tín hiệu phát. Khối ước lượng kênh truyền 102 gồm có hai đầu vào: tham số lớp trên từ lớp MAC 105, và dữ liệu ở miền tần số từ khối biến đổi fourier 101, đầu ra gồm dữ liệu gốc và dữ liệu kênh truyền ước lượng.

Tín hiệu đường lên đầu vào cho khối biến đổi fourier 101 là tín hiệu băng gốc trong miền thời gian, có cấu trúc như Hình 4, với đơn vị là khe thời gian (một khe thời gian trong khung truyền TDD). Một đơn vị khe thời gian gồm 14 khe thời gian nhỏ hơn gọi là ký tự 115, mỗi ký tự gồm hai thành phần chính là dữ liệu OFDM 117 với 4096 mẫu và lớp bảo vệ 116 (Cyclic Prefix - CP), với CP đầu tiên có 352 mẫu, các CP còn lại có 288 mẫu. Khối biến đổi fourier 101 sẽ loại bỏ thành phần CP và giữ lại dữ liệu OFDM 4096 điểm 118 trong mỗi ký tự, sau đó thực hiện phép biến đổi Fourier 4096 điểm để chuyển dữ liệu này về miền tần số 4096 điểm 119, sau cùng là thực hiện tráo phở giữa 2048 điểm dữ liệu đầu với 2048 điểm dữ liệu sau được 4096 điểm dữ liệu hoàn chỉnh 120. Như vậy ngõ ra của khối biến đổi fourier 101, tức là ngõ vào khối ước lượng kênh truyền 102, sẽ gồm 14 ký tự liên tiếp nhau, mỗi ký tự có 4096 mẫu như mô tả 121. Trong 14 ký tự này có 1 loại ký tự đặc biệt có tên là tín hiệu tham chiếu (Demodulation Reference Signal - DMRS), được dùng cho mục đích ước lượng kênh truyền. Các ký tự còn lại không cần thiết cho khối ước lượng kênh truyền 102.

Tham số lớp trên là các tham số cấu hình cho kênh PUSCH nhận từ lớp MAC của mạng 5G, các tham số này bao gồm các tham số cho khối ước lượng kênh truyền và tham số cho khối xử lý bit, các tham số này được nằm trong bản tin cấu hình đường lên (Uplink_config) theo chuẩn FAPI giữa giao tiếp PHY/MAC. Các tham số đặc trưng cho khối ước lượng kênh truyền bao gồm:

Tên tham số	Giá trị
OFDM đầu tiên (first symbol)	0
Số lượng OFDM (NSymbols)	1-14
PRB đầu tiên (First RB)	0-272
Số lượng PRB (NRbs)	1-273
Phương pháp sắp xếp miền thời gian (Mapping Type)	A,B
Phương pháp sắp xếp miền tần số (Resource Allocation Type)	Loại 0, Loại 1
Phương pháp sắp xếp DMRS (DMRS Configuration Type)	Loại 1, Loại 2
Vị trí ký tự đầu tiên của DMRS (DMRS TypeA Position)	2,3
Vị trí ký tự của các DMRS còn lại (DMRS Additional Position)	pos0,pos1,pos2,pos3
Hệ số tạo chuỗi tham chiếu DMRS (NScId_Nid)	0-65535
Hệ số tạo chuỗi tham chiếu DMRS (Nscid)	0,1
Vị trí chuỗi tham chiếu trong miền không gian (DMRS Port Index)	0,1

Với đầu vào như trên, hệ thống ước lượng kênh truyền xử lý như sau:

Trong một khe thời gian có hai loại dữ liệu: một là dữ liệu OFDM ký tự chứa thông tin hữu ích, hai là OFDM ký tự mang tín hiệu tham chiếu DMRS.

Tín hiệu tham chiếu DMRS là loại tín hiệu được phía phát thêm vào để thực hiện ước lượng kênh truyền ở phía thu. Tín hiệu DMRS này đều có thể tạo ở cả hai phía phát và thu, là cơ chế đặc biệt để phía thu có thể ước lượng kênh truyền, từ đó xấp xỉ kênh truyền ở các ký tự chứa thông tin hữu ích.

Mô hình truyền dữ liệu: $y = Hx + w$

Trong đó:

- y là tín hiệu thu được, có dạng ma trận là $[NR \times N_{layers}]$;
- x là tín hiệu phát, có dạng ma trận là $[NT \times N_{layers}]$;
- H là thông tin kênh truyền $[NR \times NT]$;
- w là nhiễu ở phía thu, có dạng ma trận là $[NR \times N_{layers}]$;
- NR , NT , N_{layers} tương ứng là số ăng-ten thu, phát và số lớp dữ liệu.

Ở đây, ta cố định mô hình truyền với một ăng-ten phát, bốn ăng-ten thu và một lớp dữ liệu, ta có x có dạng $[1 \times 1]$, H có dạng $[4 \times 1]$, y có dạng $[4 \times 1]$, w có dạng $[4 \times 1]$.

Vì tín hiệu tham chiếu DMRS được dùng chung ở cả phía phát và thu, nên ta có thể tạo lại tín hiệu này ở phía thu để ước lượng kênh truyền H . Với tín hiệu DMRS tạo ở phía thu là $\hat{x}$, có dạng $[1 \times 1]$, theo phương pháp bình phương tối thiểu với nhiễu w xấp xỉ là 0, ta có kênh truyền ước lượng $\widehat{H}_{LS}$ như sau :

$$\widehat{H}_{LS} = y\hat{x}'(\hat{x}\hat{x}')' = \frac{y\hat{x}'}{\|\hat{x}\|^2}$$

Trong đó :

- $()'$: là phép chuyển vị và liên hiệp ma trận phức;
- $\|.\|$: là phép mô-đun số phức.

Vì tín hiệu băng gốc có thể bị sớm hoặc trễ trong quá trình truyền nên gây ra làm sai lệch vị trí lấy mẫu tại bước lược bỏ CP và biến đổi Fourier, nên ta cần ước lượng sai số này để bù vào thông tin kênh truyền ước lượng $\widehat{H}_{LS}$. Theo như tính chất biến đổi fourier, sai lệch mẫu trong miền thời gian tương ứng với sai lệch pha trong miền tần số

$$x(t - t_0) \xrightarrow{F.T} e^{-i2\pi kt_0}.X(k)$$

Độ lệch pha trong miền tần số chính là sai lệch kênh truyền giữa hai vị trí sóng mang con DMRS liên tiếp :

$$e^{-i2\pi kmt_0} = \widehat{H}_{LS}(km). \widehat{H}_{LS}'(km + m) ,$$

với m là khoảng cách giữa hai sóng mang con DMRS liên tiếp.

Từ đó, sai số mẫu t_0 được tính như sau :

$$t_0 = \frac{-1}{2\pi m} \angle \left(\frac{1}{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} \widehat{H}_{LS}(km). \widehat{H}_{LS}'(km + m) \right)$$

Mỗi điểm kênh truyền ước lượng $\widehat{H}_{LS}$ được bù sai lệch mẫu t_0 như sau :

$$\widehat{H}_{TO}(k) = \widehat{H}_{LS}(k). e^{-i2\pi kt_0}$$

Để loại bỏ ảnh hưởng của nhiễu khối kênh truyền, cho kênh truyền $\widehat{H}_{TO}$ qua bộ lọc trung bình có kích thước cửa sổ là 3:

$$\widehat{H}_{LSM}(k) = \frac{1}{3} \sum_{h=k-1}^{k+1} \widehat{H}_{TO}(h)$$

Kênh truyền sau khi được lọc nhiễu được khôi phục lại sai lệch mẫu như ban đầu bằng cách:

$$\widehat{H}_{LSMTO}(k) = \widehat{H}_{LSM}(k) \cdot e^{i2\pi kt_0}$$

Tiếp theo, cần ước lượng sai lệch tần số ε của kênh truyền gây ra bởi hiệu ứng doppler cũng nhưng sai lệch thiết bị phát và thu.

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi} \angle \left(\frac{1}{NM} \sum_{l=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} \widehat{H}_{LSMTO}(l)(k) \cdot \widehat{H}_{LSMTO}(l+1)(k) \right)$$

Trong đó :

- N, M tương ứng là số lượng mẫu DMRS trong miền tần số và số ký tự DMRS trong miền thời gian

Nhiều được ước lượng bằng cách lấy tín hiệu thu trừ tín hiệu tái tạo từ kênh truyền ước lượng $\widehat{H}_{LSMTO}$:

$$\widehat{w} = y - \widehat{H}_{LSMTO} \cdot \hat{x}$$

Từ đó, có thể tính tỉ số tín hiệu trên nhiễu bằng công thức :

$$SNR = \frac{P(y)}{P(\widehat{w})}, \text{ với } P(.) \text{ là công suất tín hiệu}$$

Sau khi ước lượng kênh truyền $\widehat{H}_{LSMTO}$ tại vị trí của DMRS, cần xấp xỉ kênh truyền tại vị trí của các ký tự mang thông tin hữu ích

$$\widehat{H}_{FO}(i)(k) = \widehat{H}_{LSMTO}(l)(k) \cdot e^{-i\varepsilon(i-l)}$$

Trong đó :

- $k = 0, 1, \dots (N-1)$, $N=12 \cdot \text{NRbs}$;
- $i = 0, 1, \dots (\text{NSymbols} - 1)$;
- l là các ký tự DMRS.

Khối ước lượng kênh truyền 102 bao gồm các khối con như sau, tham chiếu Hình 3:

- Khối tính toán tham số 103: tính toán các tham số cần thiết có các khối con khác từ tham số lớp trên.
- Khối phân tách dữ liệu 108: phân tách ký tự mang thông tin hữu ích và ký tự mang tín hiệu tham chiếu DMRS. Ký tự chứa tín hiệu DMRS

dùng để ước lượng kênh truyền, ký tự chứa thông tin hữu ích được lưu lại bộ đệm.

- Khối tạo chuỗi tham chiếu 104: tạo chuỗi tham chiếu DMRS tương đương với tín hiệu DMRS tạo ở phía phát.
- Khối ước lượng bình phương tối thiểu 109: khối tính kênh truyền ước lượng dùng thuật toán bình phương tối thiểu (least square).
- Khối ước lượng và bù sai lệch mẫu 110: ước lượng sai lệch mẫu tín hiệu trong miền thời gian và bù pha kênh truyền.
- Khối giảm nhiễu 111: loại bỏ nhiễu khỏi kênh truyền dùng bộ lọc trung bình.
- Khối ước lượng phương sai nhiễu 106: ước lượng phương sai nhiễu bằng cách lấy tín hiệu thu DMRS trừ tín hiệu DMRS tại tại từ kênh truyền ước lượng được.
- Khối ước lượng tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR 107: tính tỉ số SNR.
- Khối ước lượng và bù sai lệch tần số 112: ước lượng sai lệch tần số và xấp xỉ kênh truyền tại vị trí của ký tự chứa thông tin hữu ích.
- Khối đệm dữ liệu 113: bộ nhớ dùng để đệm ký tự chứa thông tin hữu ích.
- Khối tài nguyên dùng chung 105: chứa các tài nguyên phần cứng dùng chung của các khối con khác.

Cụ thể:

Khối tính toán tham số 103: tính toán các tham số cần thiết cho các khối con khác từ tham số lớp trên:

- Tính giá trị c_{init} cho khối tạo chuỗi tham chiếu 104 DMRS theo công thức :

$$c_{init} = (2^{17}(14.N_{slot} + l + 1)(2.N_{ScID_Nid} + 1) + 2N_{ScID_Nid} + N_{ScId}) \bmod 31$$

- Tính vị trí tài nguyên trong miền thời gian ký tự chứa thông tin hữu ích và ký tự chứa DMRS cho khối phân tách dữ liệu 108;
 - Các ký tự chứa DMRS bao gồm vị trí ký tự đầu tiên của DMRS (DMRS TypeA Position) và vị trí ký tự của các DMRS còn lại (DMRS Additional Position)
 - Các ký tự còn lại chứa thông tin hữu ích.
- Tính vị trí tài nguyên trong miền tần số của thông tin hữu ích và tín hiệu DMRS cho khối phân tách dữ liệu 108:
 - Vùng tài nguyên trong miền tần số cho thông tin hữu ích bắt đầu PRB đầu tiên (FirstRB), vào kéo dài một khoảng giá trị NRbs. Mỗi PRB có 12 mẫu, tham chiếu Hình 5.

- Vùng tài nguyên cho tín hiệu DMRS tương tự như trên, tuy nhiên trong mỗi PRB, mẫu DMRS có cách hai cách phân bố khác nhau là DMRS loại thứ nhất 122 và DMRS loại thứ hai 123, tham chiếu Hình 5, phụ thuộc vào tham số phương pháp sắp xếp DMRS (DMRS Configuration Type). DMRS loại thứ nhất 122 phân bố ở các mẫu 0,2,4,6,8,10 trong 1PRB. DMRS loại thứ hai 123 phân bố ở các mẫu 0,1,6,7 trong 1PRB.

Khởi tạo chuỗi tham chiếu 104:

Trong thiết kế số khởi tạo chuỗi tham chiếu 104, tham chiếu Hình 14, gồm ba khối chính là bộ tạo chuỗi ngẫu nhiên 166, bộ điều chế vuông QPSK 167 và bộ nhân ma trận trực giao W 168.

Bộ tạo chuỗi ngẫu nhiên 166 có chức năng tạo chuỗi bit có dạng:

$$\begin{aligned}c(n) &= (x_1(n + N_C) + x_2(n + N_C)) \bmod 2 \\x_1(n+31) &= (x_1(n+3) + x_1(n)) \bmod 2 \\x_2(n+31) &= (x_2(n+3) + x_2(n+2) + x_2(n+1) + x_2(n)) \bmod 2\end{aligned}$$

Trong đó $x_1(0) = 1$, $x_1(n) = 0$ với $n=1, 2, \dots, 30$ và $x_2(n)$ thỏa mãn $c_{\text{init}} = \sum_{i=0}^{30} x_2(i) \cdot 2^i$, $N_C = 1600$.

Bộ điều chế QPSK 167 (Quadrature Phase Shift Keying - Bộ điều chế pha vuông góc) có chức năng điều chế chuỗi ngẫu nhiên bằng mã QPSK theo công thức:

$$d(i) = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1 - 2c(2i)) + j(1 - 2c(2i + 1))]$$

Bộ nhân ma trận trực giao W 168 nhân chuỗi điều chế QPSK với hệ số của ma trận trực giao $W = [w(0) \ w(1)]$ theo từng công thức:

$$\begin{aligned}f(2i) &= w(0) * d(2i) \\f(2i+1) &= w(1) * d(2i+1)\end{aligned}$$

Trong đó, ma trận W phụ thuộc vào tham số vị trí chuỗi tham chiếu trong miền không gian (DMRS Port Index: DMRSPi), với DMRSPi= 0 thì $W = [+1 \ +1]$, DMRSPi = 1 thì $W = [+1 \ -1]$.

Khởi phân tách dữ liệu 108:

Tham chiếu Hình 13, có đầu vào là dữ liệu đã được biến đổi sang miền tần số, bao gồm 4096 mẫu trên mỗi ký tự và 14 ký tự liên tiếp nhau. Thông tin vị trí tài nguyên nhận từ khối tính toán tham số 103 giúp xác định vị trí của tín hiệu cần phân loại.

Bộ đếm mẫu sóng mang con 163 có chức năng đếm số mẫu trên mỗi ký tự, đếm từ 0 đến 4095, bộ đếm ký tự 164 có chức năng đếm số lượng ký tự, đếm từ 0 đến 13, tăng lên một mỗi khi bộ đếm mẫu sóng mang con 163 có giá trị bằng 4095.

Từ giá trị bộ đếm mẫu sóng mang con và bộ đếm ký tự, bộ phân loại mẫu 165 với thông tin vị trí tài nguyên có thể xác định vị trí mẫu tương ứng của dữ liệu tham chiếu và dữ liệu hữu ích.

Khối tài nguyên dùng chung 105:

Tham chiếu Hình 8, có chức năng cung cấp phần tài nguyên tính toán, gồm chia, tính góc pha, tính lượng giác cosin và sin. Vì quá trình xử lý tín hiệu của các khối trong hệ thống nối tiếp nhau theo thời gian, nên không có hai phép toán nào xảy ra đồng thời, nên khối tài nguyên dùng chung 105 cung cấp giải pháp phân kênh cho khối khác để liên tiếp truy xuất phép toán trong khối này mà không cần phải cần một bộ phân cứng tính toán riêng biệt. Thiết kế đề xuất trong sáng chế này làm giảm tài nguyên của hệ thống.

Khối tài nguyên dùng chung 105 bao gồm khối chia 137 (thực hiện phép chia), khối tính góc pha 138 (tính góc pha từ số phức), khối tính sincos 139 (tính giá trị sin và cosin từ góc pha). Khối ghép kênh 135 dùng để ghép bốn luồng dữ liệu đầu vào thành một và đẩy vào các bộ tính toán, khối phân kênh 136 dùng để phân loại kết quả từ các bộ tính toán và đẩy vào các ngõ ra tương ứng.

Khối ước lượng bình phương tối thiểu 109:

Khối này tính kênh truyền theo phương pháp bình phương tối thiểu (least square), tham chiếu Hình 6, theo công thức:

$$\widehat{H}_{LS} = y\hat{x}'(\hat{x}\hat{x}')' = \frac{y\hat{x}'}{\|\hat{x}\|^2}$$

Vì tín hiệu tham chiếu DMRS được điều chế theo QPSK có dạng $\|\hat{x}\|^2 = 1$ nên

$$\widehat{H}_{LS} = y\hat{x}'$$

Trong đó phép toán ()' là phép liên hiệp phức, tức là đảo dấu phần ảo số phức, thực hiện bởi khối liên hiệp phức 125, khối nhân phức 124 có chức năng nhân hai số phức với nhau.

Khối ước lượng và bù sai lệch mẫu 110:

Tham chiếu Hình 7, với đầu vào là kênh truyền ước lượng theo phương pháp bình phương tối thiểu HLs và đầu ra gồm kênh truyền bù pha HTo và hệ số bù pha To. Đầu vào HLs là các mẫu liên tiếp nhau, với bộ trễ một chu kỳ 126 có chức năng đệm lại mẫu trước đó, khối liên hiệp phức 129 thực hiện phép liên hiệp mẫu liền sau, sau đó hai mẫu này thực hiện nhân phức bởi khối nhân số phức 127 tạo ra kết quả sai khác mẫu. Các kết quả này tích lũy bởi khối cộng dồn 128 trước khi tính trung bình mẫu bởi khối chia 137. Sau đó, giá trị trung bình này đưa vào khối tính góc pha 138 cho ra góc pha của số phức. Khối nhân hệ số k 130 thực hiện nhân góc pha này với các chỉ số vị trí mẫu của HLs trong miền tần số, kết quả là giá trị góc pha cần bù

tương ứng với mỗi mẫu HLs. Khối tính sincos 139 biến đổi góc pha sang số phức để thực hiện bù vào mẫu HLs từ bộ đệm 131 bằng bộ nhân số phức 133. Ngoài ra, hệ số bù pha To được tính từ liên hiệp phức 132 của sai lệch pha và được lưu lại vào bộ đệm 134 để dùng cho khối phía sau.

Khối giảm nhiễu 111:

Tham chiếu Hình 9, khối giảm nhiễu 111 có chức năng giảm nhiễu cho dữ liệu ước lượng kênh truyền. Dữ liệu kênh truyền ước lượng HTo được đưa qua một bộ lọc trung bình, trong đó ba mẫu liên tiếp nhau được đệm lại bởi khối trễ một chu kỳ 140, khối trễ hai chu kỳ 141, và khối trễ ba chu kỳ 142, sau đó được đưa vào bộ cộng 143. Dữ liệu tính toán ước lượng kênh truyền được tính trung bình bằng bởi khối chia 137 trong khối tài nguyên dùng chung 105 và nhân với hệ số bù pha To bởi bộ nhân phức 144 để khôi phục lại thông tin kênh truyền chưa bù sai lệch mẫu HLsmTo.

Khối ước lượng phương sai nhiễu 106:

Tham chiếu Hình 10, khối này được tính toán bởi ba thông tin: kênh truyền ước lượng được bù pha sai lệch mẫu HLsmTo, tín hiệu DMRS được tạo từ bộ tạo chuỗi mà tham chiếu, và dữ liệu tham chiếu DMRS từ khối phân tách dữ liệu 108. Tín hiệu HLsmTo nhân với tín hiệu DMRS từ bộ tạo chuỗi bởi bộ nhân phức 145 để giả lập lại tín hiệu thu xấp xỉ ban đầu, sau đó trừ với tín hiệu thu DMRS thực tế bằng bộ trừ 146, kết quả đi qua bộ tính mô-đun phức 147 để tính biên độ nhiễu và tích lũy bằng bộ cộng dồn 148. Sau đó được đi qua khối chia 137 trong khối tài nguyên dùng chung 105 để tính trung bình, thu được phương sai nhiễu.

Khối ước lượng và bù sai lệch tần số 112:

Tham chiếu Hình 11, khối này gồm dữ liệu kênh truyền ước lượng HLsmTo là dữ liệu đã bù sai lệch mẫu và giảm nhiễu, dữ liệu này được đưa vào bộ đệm 0 cho đến bộ đệm 3 (149 150 151 152) mỗi bộ đệm lưu giá trị HLsmTo của một ký tự tín hiệu tham chiếu DMRS. Bộ ghép kênh 153 để thực hiện chọn hai kênh liên tiếp nhau trong bốn kênh đầu vào từ bốn bộ đệm, lần lượt là kênh 0 và 1, kênh 1 và 2, kênh 2 và 3; hai kênh ngõ ra được thực hiện nhân liên hiệp phức bởi các khối trễ một chu kỳ 154, khối liên hiệp phức 155, khối nhân số phức 156, cho ra kết quả là lượng sai lệch tần số và được tích lũy theo từng mẫu bởi khối cộng dồn 157. Giá trị tích lũy được chia trung bình bởi khối chia 137 trong khối tài nguyên dùng chung 105, sau đó đi vào khối tính góc pha 138 để tính góc pha sai lệch. Bộ nhân hệ số k 158 nhân góc pha sai lệch với chỉ số mẫu của kênh truyền ước lượng ra góc lệch pha tương ứng. Bộ tính sincos 139 chuyển góc pha sai lệch sang số phức. Bộ ghép kênh 160 có chức năng chọn một trong bốn kênh trừ bộ đệm để thực hiện bù pha bằng cho vào khối

nhân số phức 159 với lượng sai lệch pha đã tính trước đó, kết quả cuối cùng thu được là kênh truyền ước lượng H .

Khối ước lượng tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR 107

Tham chiếu Hình 12, tín hiệu DMRS thu được từ bộ phân tách dữ liệu được tín biên độ bằng bộ tính mô-đun phức 161 và được tích lũy bằng bộ cộng dồn 162. Giá trị này chia với phương sai nhiễu bởi khối chia 137 trong khối tài nguyên dùng chung 105 thu được tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR (Signal to Noise Ratio) của hệ thống.

Yêu cầu bảo hộ

1. Khối ước lượng kênh truyền cho kênh dữ liệu đường lên sử dụng thiết kế số bao gồm các khối chức năng:

khối tính toán tham số: tính toán các tham số cần thiết cho các khối con khác từ tham số lớp trên, cụ thể:

tính giá trị c_{init} cho khối tạo chuỗi tham chiếu DMRS theo công thức :

$$c_{init} = (2^{17}(14.N_{slot} + l + 1)(2.N_{ScID_Nid} + 1) + 2N_{ScID_Nid} + N_{ScID}) \bmod 31$$

tính vị trí tài nguyên trong miền thời gian ký tự chứa thông tin hữu ích và ký tự chứa DMRS cho khối phân tách dữ liệu;

tính vị trí tài nguyên trong miền tần số của thông tin hữu ích và tín hiệu DMRS cho khối phân tách dữ liệu;

khối tạo chuỗi tham chiếu: gồm ba khối chính là bộ tạo chuỗi ngẫu nhiên, bộ điều chế vuông QPSK và bộ nhân ma trận trực giao W, cụ thể:

bộ tạo chuỗi ngẫu nhiên có chức năng tạo chuỗi bit có dạng:

$$\begin{aligned} c(n) &= (x_1(n + N_c) + x_2(n + N_c)) \bmod 2 \\ x_1(n + 31) &= (x_1(n + 3) + x_1(n)) \bmod 2 \\ x_2(n + 31) &= (x_2(n + 3) + x_2(n + 2) + x_2(n + 1) + x_2(n)) \bmod 2 \end{aligned}$$

trong đó $x_1(0) = 1$, $x_1(n) = 0$ với $n=1, 2, \dots, 30$ và $x_2(n)$ thỏa mãn

$$c_{init} = \sum_{i=0}^{30} x_2(i) \cdot 2^i, N_c = 1600;$$

bộ điều chế vuông QPSK có chức năng điều chế chuỗi ngẫu nhiên bằng mã QPSK theo công thức:

$$d(i) = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1 - 2c(2i)) + j(1 - 2c(2i + 1))]$$

bộ nhân ma trận trực giao W 168 nhân chuỗi điều chế QPSK với hệ số của ma trận trực giao $W = [w(0) \ w(1)]$ theo từng công thức:

$$f(2i) = w(0) * d(2i)$$

$$f(2i+1) = w(1) * d(2i+1)$$

trong đó, ma trận W phụ thuộc vào tham số vị trí chuỗi tham chiếu trong miền không gian (DMRS port index: DMRSPI), với DMRSPI= 0 thì $W = [+1 \ +1]$, DMRSPI = 1 thì $W = [+1 \ -1]$;

khối phân tách dữ liệu: có đầu vào là dữ liệu đã được biến đổi sang miền tần số, bao gồm 4096 mẫu trên mỗi ký tự và 14 ký tự liên tiếp nhau; thông tin vị trí tài

nguyên nhận từ khối tính toán tham số giúp xác định vị trí của tín hiệu cần phân loại, khối này bao gồm:

bộ đếm mẫu sóng mang con có chức năng đếm số mẫu trên mỗi ký tự, đếm từ 0 đến 4095;

bộ đếm ký tự có chức năng đếm số lượng ký tự, đếm từ 0 đến 13, tăng lên một mỗi khi bộ đếm mẫu sóng mang con có giá trị bằng 4095;

bộ phân loại mẫu: từ giá trị bộ đếm mẫu sóng mang con và bộ đếm ký tự, bộ phân loại mẫu với thông tin vị trí tài nguyên có thể xác định vị trí mẫu tương ứng của dữ liệu tham chiếu và dữ liệu hữu ích;

khối tài nguyên dùng chung: có chức năng cung cấp phần tài nguyên tính toán, gồm chia, tính góc pha, tính lượng giác cosin và sin; vì quá trình xử lý tín hiệu của các khối trong hệ thống nối tiếp nhau theo thời gian, nên không có hai phép toán nào xảy ra đồng thời, nên khối tài nguyên dùng chung cung cấp giải pháp phân kênh cho khối khác để liên tiếp truy xuất phép toán trong khối này mà không cần phải cần một bộ phận cứng tính toán riêng biệt; thiết kế đề xuất trong sáng chế này làm giảm tài nguyên của hệ thống, khối này bao gồm:

khối chia: thực hiện phép chia;

khối tính góc pha: tính góc pha từ số phức

khối tính sincos: tính giá trị sin và cosin từ góc pha;

khối ghép kênh: dùng để ghép bốn luồng dữ liệu đầu vào thành một và đẩy vào các bộ tính toán,

khối phân kênh: dùng để phân loại kết quả từ các bộ tính toán và đẩy vào các ngõ ra tương ứng;

khối ước lượng bình phương tối thiểu: tính kênh truyền theo phương pháp bình phương tối thiểu (least square) theo công thức:

$$\widehat{H}_{LS} = y\dot{x}'(\dot{x}\dot{x}')' = \frac{y\dot{x}'}{\|\dot{x}\|^2}$$

vì tín hiệu tham chiếu DMRS được điều chế theo QPSK có dạng $\|\dot{x}\|^2 = 1$ nên

$$\widehat{H}_{LS} = y\dot{x}'$$

trong đó phép toán $()'$ là phép liên hiệp phức, tức là đảo dấu phần ảo số phức, thực hiện bởi khối liên hiệp phức, khối nhân phức có chức năng nhân hai số phức với nhau;

khối ước lượng và bù sai lệch mẫu: với đầu vào là kênh truyền ước lượng theo phương pháp bình phương tối thiểu HLs và đầu ra gồm kênh truyền bù pha HTo và hệ số bù pha To; đầu vào HLs là các mẫu liên tiếp nhau, với bộ trễ một chu kỳ có

chức năng đệm lại mẫu trước đó, khối liên hiệp phức thực hiện phép liên hiệp mẫu liền sau, sau đó hai mẫu này thực hiện nhân phức bởi khối nhân số phức tạo ra kết quả sai khác mẫu; các kết quả này tích lũy bởi khối cộng dồn trước khi tính trung bình mẫu bởi khối chia; sau đó, giá trị trung bình này đưa vào khối tính góc pha cho ra góc pha của số phức; khối nhân hệ số k thực hiện nhân góc pha này với các chỉ số vị trí mẫu của HLs trong miền tần số, kết quả là giá trị góc pha cần bù tương ứng với mỗi mẫu HLs; khối tính sincos biến đổi góc pha sang số phức để thực hiện bù vào mẫu HLs từ bộ đệm bằng bộ nhân số phức; ngoài ra, hệ số bù pha T_0 được tính từ liên hiệp phức của sai lệch pha và được lưu lại vào bộ đệm để dùng cho khối phía sau;

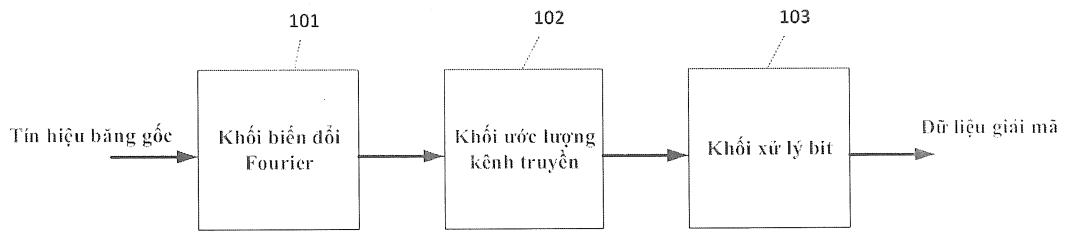
khối giảm nhiễu: có chức năng giảm nhiễu cho dữ liệu ước lượng kênh truyền; dữ liệu kênh truyền ước lượng HTo được đưa qua một bộ lọc trung bình, trong đó ba mẫu liên tiếp nhau được đệm lại bởi khối trễ một chu kỳ, khối trễ hai chu kỳ, và khối trễ ba chu kỳ, sau đó được đưa vào bộ cộng; dữ liệu tính toán ước lượng kênh truyền được tính trung bình bằng bởi khối chia trong khối tài nguyên dùng chung và nhân với hệ số bù pha T_0 bởi bộ nhân phức để khôi phục lại thông tin kênh truyền chưa bù sai lệch mẫu HLsmTo;

khối ước lượng phương sai nhiễu: được tính toán bởi ba thông tin: kênh truyền ước lượng được bù pha sai lệch mẫu HLsmTo, tín hiệu DMRS được tạo từ bộ tạo chuỗi mã tham chiếu, và dữ liệu tham chiếu DMRS từ khối phân tách dữ liệu; tín hiệu HLsmTo nhân với tín hiệu DMRS từ bộ tạo chuỗi bởi bộ nhân phức để giả lập lại tín hiệu thu xấp xỉ ban đầu, sau đó trừ với tín hiệu thu DMRS thực tế bằng bộ trừ, kết quả đi qua bộ tính mô-đun phức để tính biên độ nhiễu và tích lũy bằng bộ cộng dồn; sau đó được đi qua khối chia trong khối tài nguyên dùng chung để tính trung bình, thu được phương sai nhiễu;

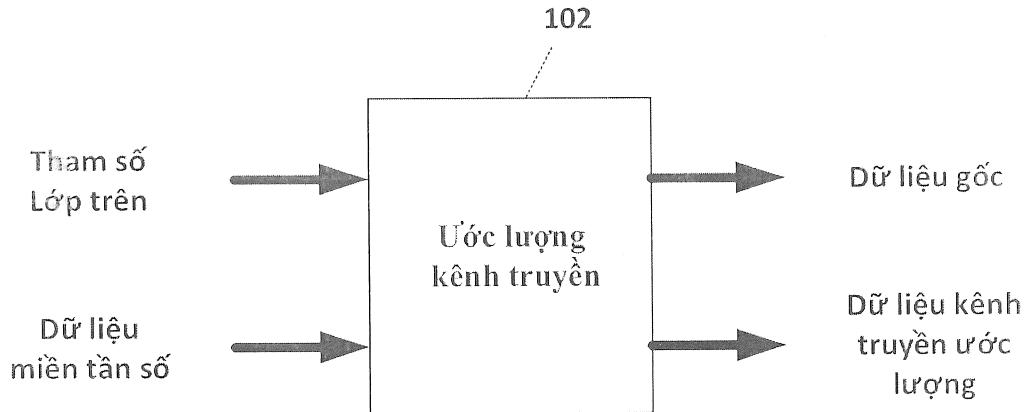
khối ước lượng và bù sai lệch tần số: gồm dữ liệu kênh truyền ước lượng HLsmTo là dữ liệu đã bù sai lệch mẫu và giảm nhiễu, dữ liệu này được đưa vào bộ đệm 0 cho đến bộ đệm 3, mỗi bộ đệm lưu giá trị HLsmTo của một ký tự tín hiệu tham chiếu DMRS; bộ ghép kênh để thực hiện chọn hai kênh liên tiếp nhau trong bốn kênh đầu vào từ bốn bộ đệm, lần lượt là kênh 0 và 1, kênh 1 và 2, kênh 2 và 3; hai kênh ngõ ra được thực hiện nhân liên hiệp phức bởi các khối trễ một chu kỳ, khối liên hiệp phức, khối nhân số phức, cho ra kết quả là lượng sai lệch tần số và được tích lũy theo từng mẫu bởi khối cộng dồn; giá trị tích lũy được chia trung bình bởi khối chia trong khối tài nguyên dùng chung, sau đó đi vào khối tính góc pha 138 để tính góc pha sai lệch; bộ nhân hệ số k nhân góc pha sai lệch với chỉ số mẫu của kênh truyền ước lượng ra góc lệch pha tương ứng; bộ tính sincos chuyển góc pha sai lệch sang số phức; bộ ghép kênh có chức năng chọn một trong bốn kênh trừ bộ đệm để

thực hiện bù pha bằng cho vào khối nhân số phức với lượng sai lệch pha đã tính trước đó, kết quả cuối cùng thu được là kênh truyền ước lượng H ;

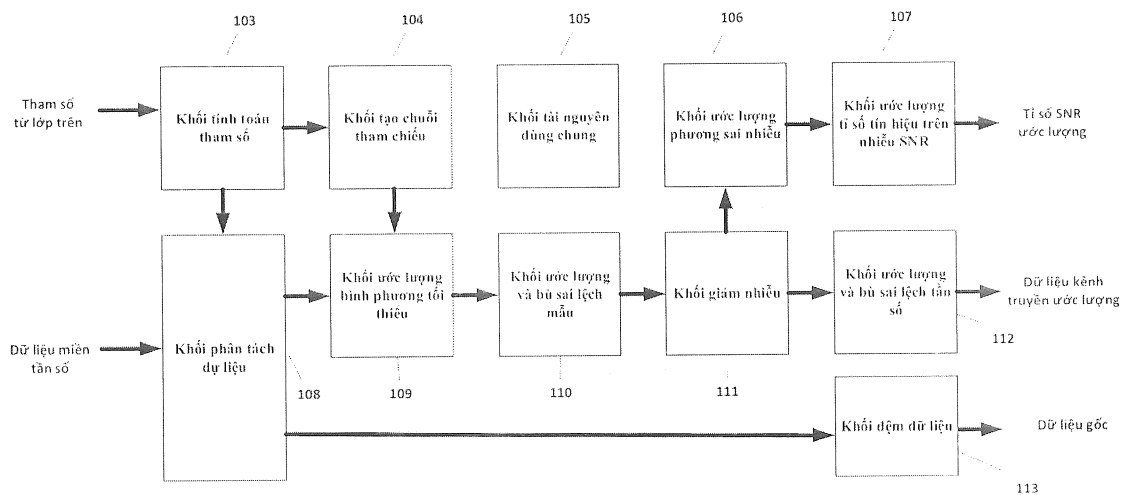
khối ước lượng tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR: tín hiệu DMRS thu được từ bộ phân tách dữ liệu được tín biên độ bằng bộ tính mô-đun phức và được tích lũy bằng bộ cộng dồn; giá trị này chia với phương sai nhiễu bởi khối chia trong khối tài nguyên dùng chung thu được tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR (signal to noise ratio) của hệ thống.



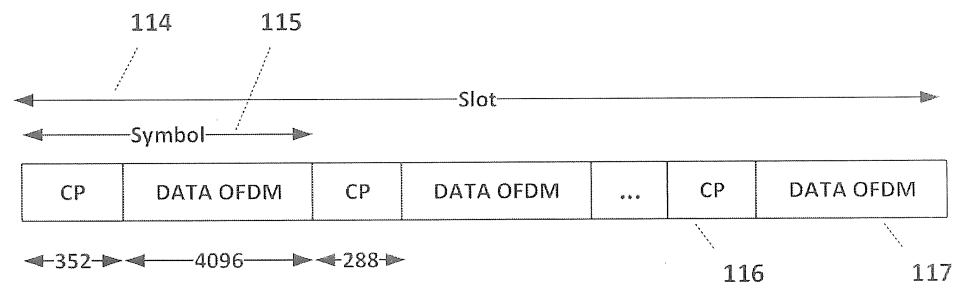
Hình 1



Hình 2



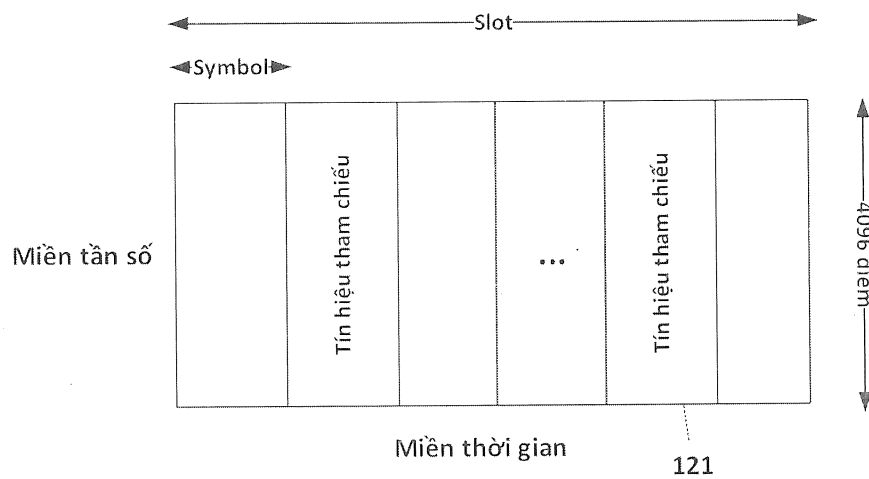
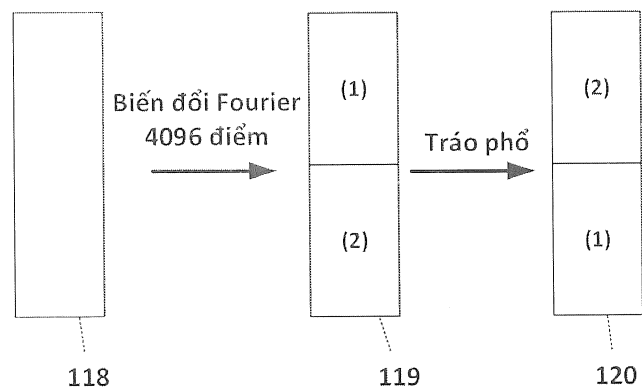
Hình 3



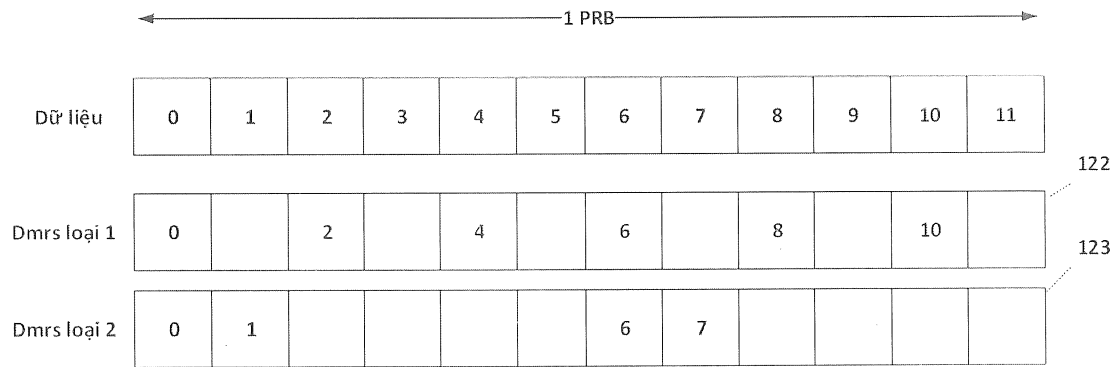
4096 điểm dữ liệu
miền thời gian

4096 điểm dữ liệu
miền tần số

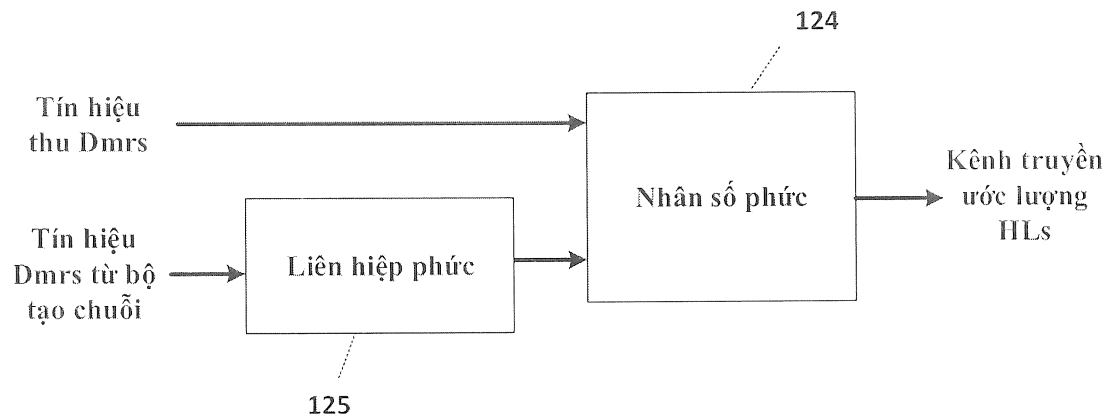
4096 điểm dữ liệu
sau khi trao đổi



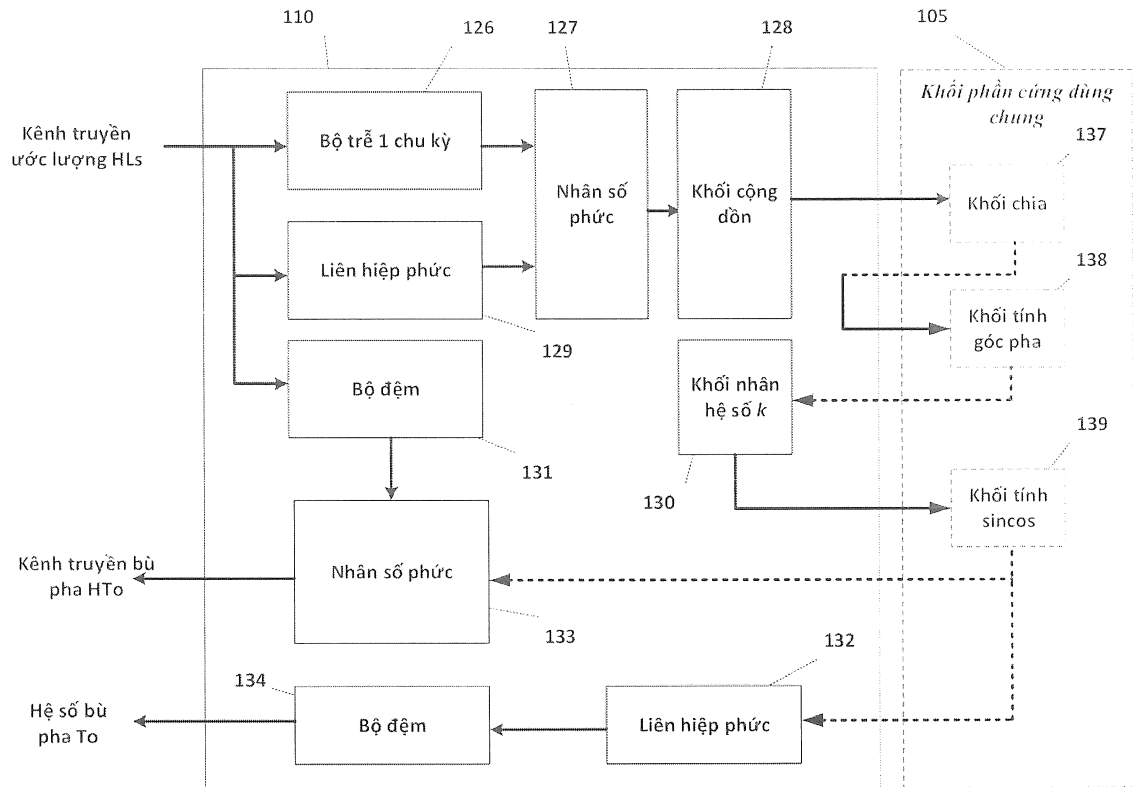
Hình 4



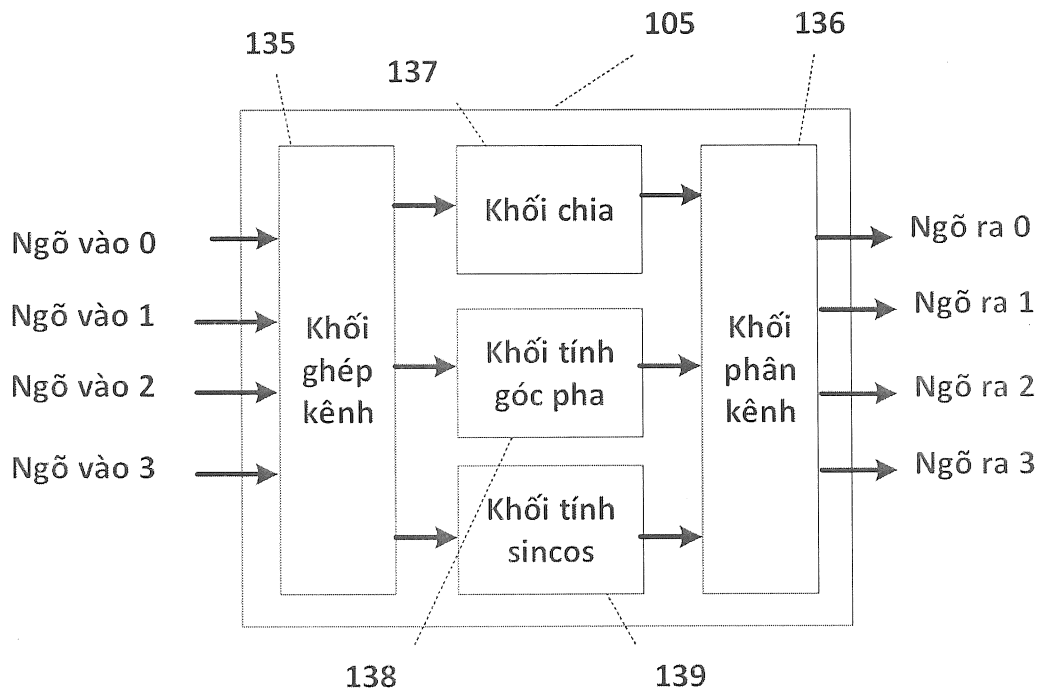
Hình 5



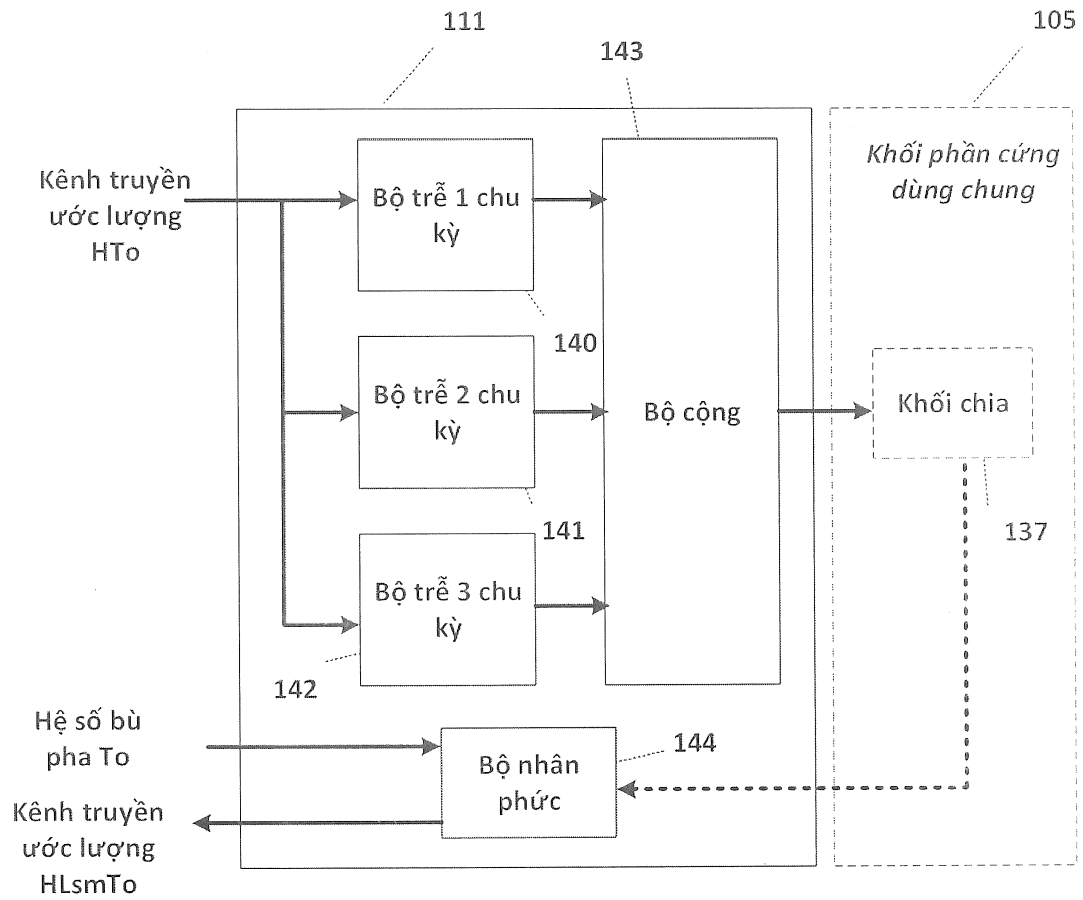
Hình 6



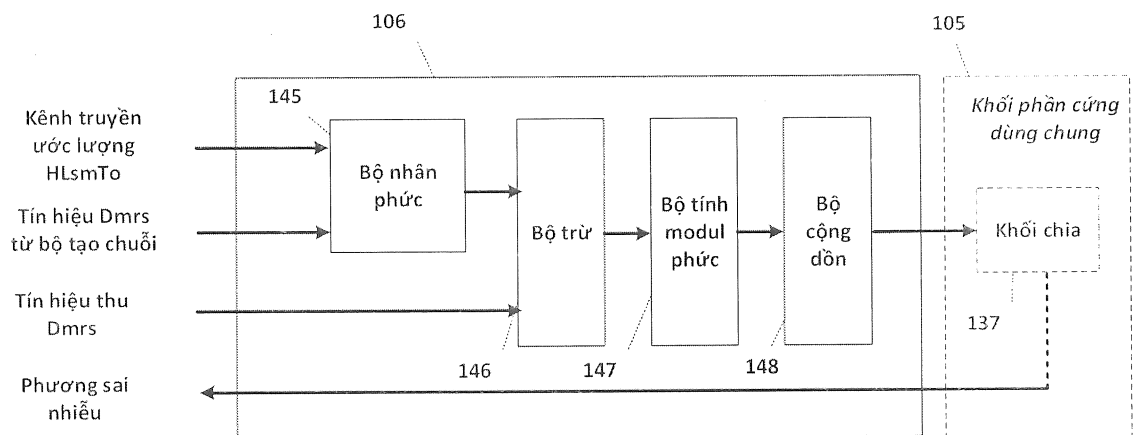
Hình 7



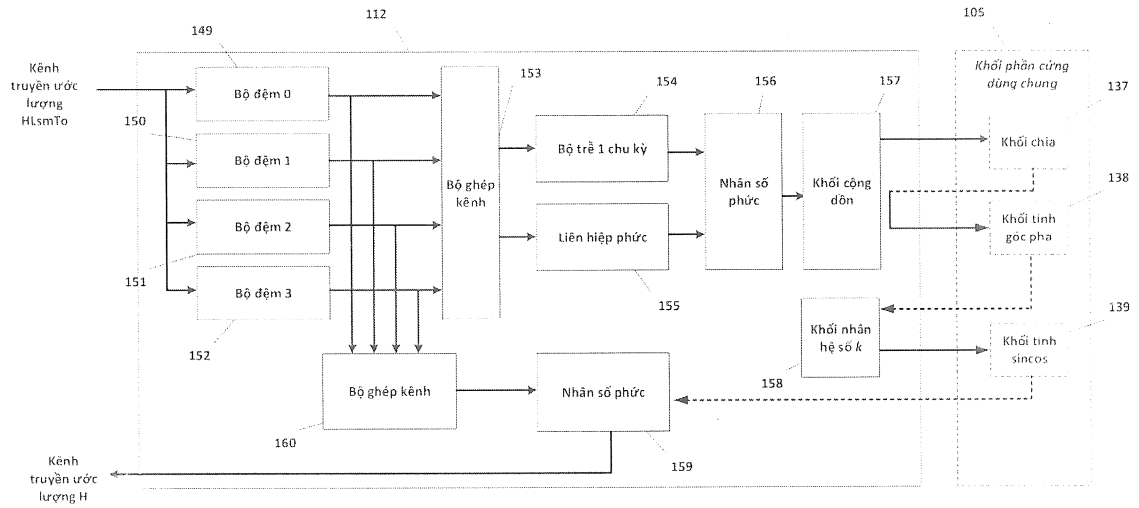
Hình 8



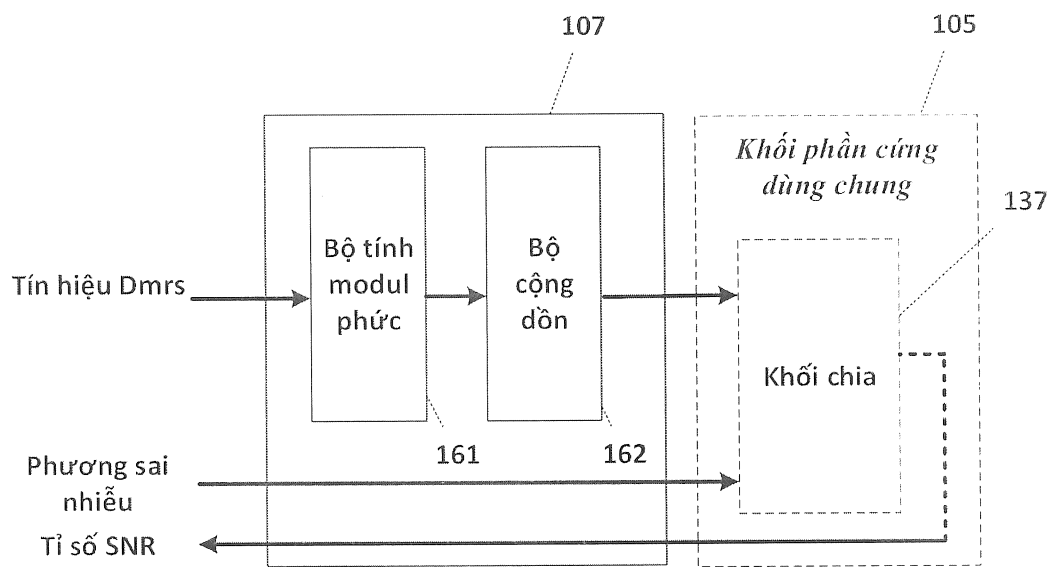
Hình 9



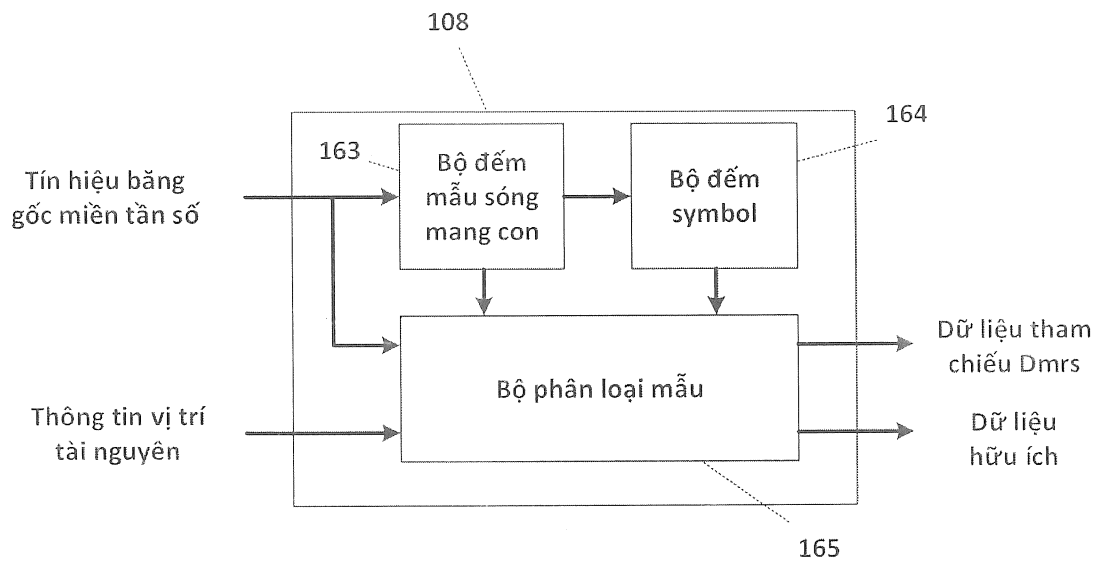
Hình 10



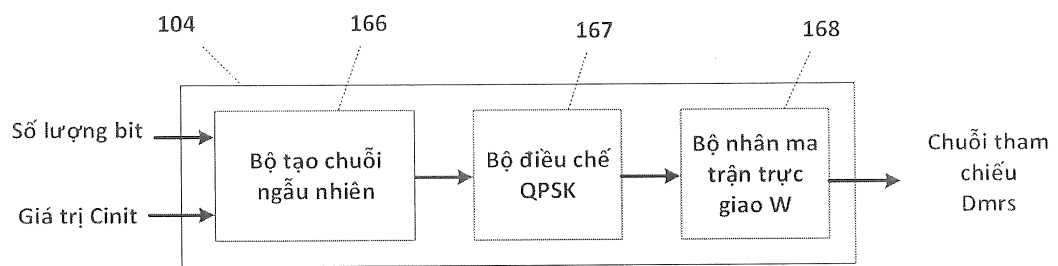
Hình 11



Hình 12



Hình 13



Hình 14