



(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)



1-0036120

(51)^{2020.01} H04L 25/49; H04B 7/00

(13) B

(21) 1-2020-01142

(22) 28/02/2020

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/06/2020 387ASC

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

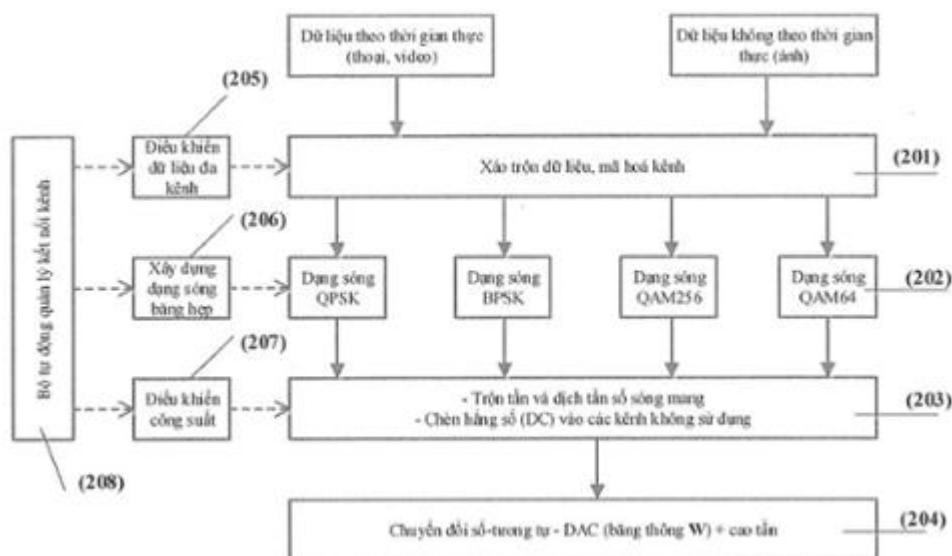
Lô D26 khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) ĐỒNG QUANG TRUNG (VN); VŨ MINH TUẤN (VN); NGUYỄN MẠNH LINH (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN TIN THÍCH NGHI TỐC ĐỘ CAO TRÊN ĐƯỜNG TRUYỀN VÔ TUYẾN SÓNG NGẮN

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp truyền tin thích nghi tốc độ cao trên môi trường sóng ngắn. Hệ thống là các khối quản lý kết nối từ bốn kênh ban đầu biết trước, sẽ thêm các kênh có chỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu (Signal Noise Ratio - SNR) tốt, loại bỏ các kênh có chỉ số SNR kém, cân bằng công suất cần thiết cho từng kênh, lựa chọn tỉ lệ mã hóa, tốc độ bit phù hợp, kích thước xáo trộn, cũng như số lượng kênh cần thiết để hệ thống truyền tin với tốc độ cao nhất. Hệ thống truyền tin thích nghi trong môi trường sóng ngắn bao gồm mười sáu mô đun (tham chiếu phần mô tả chi tiết). Bên cạnh đó, phương pháp truyền thích nghi giữa bên phát và bên thu bao gồm 4 bước. Bước 1: bên phát khởi động hệ thống với bốn tần số được chọn trước sử dụng QPSK; bước 2: đánh giá kênh truyền, bên thu thông báo cho bên phát chất lượng các kênh truyền; bước 3: truyền tin giữa các kênh truyền, đánh giá lại giá trị SNR, lựa chọn tham số kênh truyền; bước 4: thêm mới kênh truyền tốt vào hoặc loại bớt kênh truyền kém.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn. Cụ thể, sáng chế này đề cập đến một giải pháp truyền tin (thoại, ảnh, video) ở cự ly xa với tốc độ thay đổi tùy theo sự thay đổi của môi trường truyền tin. Thông tin có thể được sử dụng các dạng điều chế pha (Phase Shift Keying – PSK như: điều chế pha nhị phân - BPSK, điều chế pha trực giao - QPSK, PSK8), hay điều chế biên độ vuông góc (Quadrature Amplitude Modulation – QAM như QAM16, QAM32, QAM64, QAM256....).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong thế kỷ trước, các dạng sóng (waveform) vô tuyến sóng ngắn (dùng trong dải tần số 1,5MHz – 30MHz) đã được thiết kế cho việc truyền thoại hoặc truyền dữ liệu (ảnh, video) tốc độ thấp với trọng tâm đặt vào sự chống nhiễu của các dạng sóng. Bên cạnh tầm quan trọng của việc đảm bảo kết nối kênh truyền, lý do chính cho việc chú trọng vào sự chống nhiễu là sự thay đổi của môi trường lan truyền sóng ngắn (High Frequency – HF) trên tầng điện ly. Điều đó đã thúc đẩy các kỹ sư phát triển lên những cơ chế nhằm đối phó với các vấn đề như đa đường (multipath), như hiệu ứng dop-ler (Doppler), trong khi những người khác lại hướng tới xử lý nhiễu.

Ngày nay, nhu cầu ngày càng tăng cho việc truyền tin hiệu tốc độ cao hơn nhưng lại hiệu quả hơn, từ đó dẫn tới sự định nghĩa cho nhiều dạng sóng được sử dụng trong quân đội như chuẩn truyền tin quân sự của NATO với tốc độ mã hóa điều chế có thể đạt tới 9600 bps trong băng 3kHz, hay chuẩn truyền tin quân sự của Mỹ cho phép truyền 240kbps trên băng thông 48kHz tiếp giáp nhau. Tuy nhiên, trên thực tế, để sử dụng các dạng điều chế cao như QAM64, QAM256 hiệu quả cao, cần công suất tín hiệu trên nhiễu (Signal Noise Ratio – SNR) cao, và sự thay đổi của kênh truyền sóng ngắn rõ ràng không thể đảm bảo được tiêu chuẩn này trong một khoảng thời gian dài. Điều này lý giải sự cần thiết của các giải pháp để liên tục thích nghi (adaptive) với các thông số truyền tin nhằm

đảm bảo đạt được tỉ lệ lỗi bit thấp nhất.

Ngoài ra, do môi trường sóng ngắn rất hay được sử dụng bởi hải quân hoặc các thiết bị liên lạc dân sự (tàu cá), với băng thông sử dụng của từng thiết bị vô tuyến sóng ngắn thường là 3kHz. Do đó băng tần 1,5MHz – 30MHz phải chia cho rất rất nhiều thiết bị sóng ngắn khác nhau (tham chiếu Hình 1). Do đó, một vấn đề rất quan trọng đó là, để tìm được băng thông 12kHz tiếp giáp nhau mà không bị nhiễu môi trường hoặc không bị sử dụng bởi một thiết bị sóng ngắn nào khác dường như là điều rất khó khăn. Và việc tìm ra băng tần 24kHz hay 48kHz tiếp giáp để truyền tin tốc độ cao là điều không thể thực hiện được trong thực tế. Như vậy, việc đưa vào chuẩn truyền tin quân sự của Mỹ vào thực tế là bất khả thi.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất một hệ thống và phương pháp truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn. Trong đó, hệ thống được nhắc đến giúp xử lý số băng thông rộng W ; phương pháp được nhắc đến giúp lựa chọn các kênh truyền nhỏ không tiếp giáp trên băng thông rộng W để từ đó có thể tận dụng các kênh truyền nhỏ để truyền tin; đây có thể coi là giải pháp để thay đổi thích nghi tốc độ truyền tin dựa trên chất lượng kênh truyền.

Các kênh truyền nhỏ ở đây là các kênh truyền đều có băng thông 3kHz. Các tín hiệu PSK và QAM sẽ được điều chế bởi băng thông 3kHz, được trộn lẫn lại với nhau với các tín hiệu không mang thông tin ở các kênh băng thông 3kHz trước khi truyền lên cao tần.

Để đạt được mục đích trên, hệ thống truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn bao gồm hệ thống phát sóng ngắn băng rộng và thu sóng ngắn băng rộng, trong đó, hệ thống phát sóng ngắn băng rộng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, cụ thể bộ xử lý dữ liệu bao gồm: môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền; môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp; môđun trộn tần số và dịch tần số sóng mang; môđun chuyển đổi số-tương tự (Digital – Analog Converter- DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần. Bộ điều khiển bao gồm: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp; môđun điều khiển công suất; môđun tự động quản lý kết

nối kênh; trong khi đó, hệ thống thu sóng ngắn băng rộng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, cụ thể bộ xử lý dữ liệu bao gồm: môđun chuyển dữ liệu từ cao tần xuống băng tần cơ bản và chuyển đổi tương tự-số (Analog-Digital Converter - ADC); môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang; môđun giải mã các dạng sóng (BPSK, QPSK, QAM16, QAM64,...); môđun giải mã kênh truyền và giải xáo trộn, còn bộ điều khiển bao gồm: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền; môđun điều khiển tần số sóng mang; môđun tự động quản lý kết nối kênh.

Bên cạnh đó, phương pháp truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn bao gồm các bước: bước 1: bên phát khởi động hệ thống với bốn tần số được chọn trước sử dụng QPSK; bước 2: đánh giá kênh truyền, bên thu thông báo cho bên phát chất lượng các kênh truyền; bước 3: truyền tin giữa các kênh truyền, đánh giá lại giá trị SNR, lựa chọn tham số kênh truyền; bước 4: thêm mới kênh truyền tốt vào hoặc loại bớt kênh truyền kém.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa phân bố sử dụng phổ tần số trong băng tần 1.5MHz – 30MHz;

Hình 2 là hình vẽ minh họa hệ thống phần phát;

Hình 3 là hình vẽ minh họa hệ thống phần thu;

Hình 4 là hình vẽ minh họa kiến trúc dạng sóng truyền tin thích nghi tốc độ cao;

Hình 5 là hình vẽ giản đồ chòm sao ký tự PSK8 và chuyển các ký tự số sang ký tự PSK8;

Hình 6 là hình vẽ sơ đồ minh họa các bước thực hiện quá trình thu phát dữ liệu thích nghi tốc độ cao trong môi trường sóng ngắn;

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn bao gồm hệ thống phát sóng ngắn băng rộng và thu sóng ngắn băng rộng.

Theo đó, tham chiếu Hình 2, hệ thống phát sóng ngắn băng rộng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, cụ thể như sau:

Bộ xử lý dữ liệu bao gồm: môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền 201;

môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 202; môđun trộn tần số và dịch tần số sóng mang 203; môđun chuyển đổi số-tương tự (Digital – Analog Converter- DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần 204.

Bộ điều khiển bao gồm: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh 205; môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 206; môđun điều khiển công suất 207; môđun tự động quản lý kết nối kênh 208.

Hệ thống có thể bao gồm Z môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp (PSK, QAM) ($1 \leq Z \leq 20$), nhưng chỉ có một môđun chuyển đổi DAC và dữ liệu lên cao tần. Các đường nét đứt là các đường trao đổi thông tin điều khiển. Tham chiếu Hình 2, các đường nét liền là trao đổi thông tin dữ liệu có nghĩa (thoại, video, ảnh). Nội dung chi tiết các môđun trong hai bộ trên như sau:

- Môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền 201.

Luồng bit dữ liệu từ người dùng có thể là dữ liệu theo thời gian thực (thoại, video) hoặc dữ liệu không theo thời gian thực (ảnh) được đưa xuống môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền 201. Môđun này thực hiện ba nhiệm vụ: xáo trộn vị trí của các bit trong luồng bit dữ liệu; thực hiện mã hoá kênh truyền; phân chia luồng dữ liệu bit sau khi thực hiện mã hoá kênh truyền thành N luồng bit khác nhau.

Môđun này thực hiện phân tán dữ liệu từ vị trí này sang vị trí khác, và vị trí mới càng ngẫu nhiên càng tốt, để giảm vấn đề nhiễu tác động cục bộ lên dữ liệu tại phía thu.

Quá trình mã hoá kênh truyền có thể được thực hiện bằng các loại mã sửa sai hiệu năng cao như mã chập (Convolutional Code), mã tu-bô (Turbo Code), mã sửa sai kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low Density Parity-Check - LDPC). Đây là các mã sửa sai phổ biến trên thế giới về khả năng sửa lỗi bit bị lỗi trong quá trình truyền.

Mỗi luồng bit sau khi bị phân chia sẽ bao gồm M bit (tùy thuộc vào tốc độ bit cho phép của từng kênh 3kHz tại từng khối của môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 202 và được điều khiển bởi môđun điều khiển dữ liệu đa kênh 205, và mỗi luồng bit sẽ được đưa xuống các môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 202 khác nhau (BPSK, QPSK, PSK8, QAM16, QAM32, QAM64, QAM256,...).

- Môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp (trong khối xử lý dữ liệu).

Luồng bit nhận từ môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền 201 sẽ được sử dụng để điều chế thành luồng dữ liệu đồng pha vuông góc (IQ – Inphase Quadrature) dựa vào các dạng điều chế phù hợp (PSK, QAM) cho từng băng thông hẹp (được điều khiển bởi môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 206 trong bộ điều khiển). Môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 202 thực hiện các chức năng sau: chuyển luồng bit sang tín hiệu đồng pha vuông góc (IQ- Inphase-Quadrature) tương ứng phù hợp cho băng thông; chèn các ký tự điều khiển (tín hiệu đồng bộ kênh, đồng bộ tham số, tín hiệu hỗ trợ).

Tuỳ thuộc vào tốc độ bit cho phép ở từng kênh truyền 3kHz, luồng bit sẽ được chuyển sang tín hiệu IQ (PSK, QAM) tương ứng. Các tín hiệu IQ nhận được sẽ được sắp xếp trong kiến trúc khung thông tin truyền tin. Xung quanh các tín hiệu IQ này sẽ được chèn các ký tự điều khiển để đồng bộ khung, đồng bộ tần số, và đồng bộ các tham số.

- Môđun trộn tần số và dịch tần số sóng mang 203.

Luồng tín hiệu IQ của dạng sóng (waveform) sau khi đã được xây dựng tương ứng cho từng băng thông, sẽ được đưa vào môđun trộn tần số và dịch tần số sóng mang 203. Môđun này sẽ thực hiện các nhiệm vụ: lọc tín hiệu băng hẹp (3kHz) cho từng băng thông được sử dụng; dịch tần số sóng mang cho từng băng hẹp 3kHz từ tần số 0Hz sang các tần số $f_0, f_1, \dots$ là các tần số trung tâm của băng thông 3kHz đã được lựa chọn; chèn các tín hiệu DC (các hằng số) cho vào các băng thông không sử dụng; trộn lẫn các tín hiệu f_i được phân chia ghép nối về mặt tần số thành một tín hiệu IQ với băng thông tổng là W .

Hệ thống truyền tin trong sáng chế sẽ đề xuất một giải pháp quan sát băng thông rộng W để lựa chọn ra Z băng thông nhỏ, mỗi băng thông nhỏ là 3kHz để truyền tin. Mỗi băng thông nhỏ được đặc trưng bởi một tần số trung tâm f_i với $i = 0 \rightarrow Z-1$. Dữ liệu IQ sau khi lọc băng hẹp cho từng băng thông được sử dụng sẽ được trộn với tần số sóng mang f_i tương ứng. Còn đối với các kênh không được sử dụng để truyền tin, ta sẽ không truyền tín hiệu IQ trên đó, mà chỉ truyền một hằng số (DC). Mục đích của việc truyền hằng số trên kênh không được sử dụng là để tính toán tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu (Signal Noise Ratio – SNR) của kênh truyền đó. Giá trị SNR sẽ được sử dụng bởi môđun tự động quản lý kết nối kênh để đưa ra quyết định xem có dùng kênh đó để truyền dữ liệu không.

Các tín hiệu f_i sẽ được trộn lẫn về mặt tần số (hay còn gọi là ghép kênh tần số (Frequency Division Multiplexing - FDM) tạo thành tín hiệu IQ của băng thông tổng W trước khi đưa sang môđun chuyển đổi DAC.

- Môđun chuyển đổi số-tương tự (DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần 204.

Tín hiệu sau khi được trộn lẫn, sẽ được đưa qua bộ chuyển đổi số-tương tự (DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần với tần số trung tâm F_0 truyền đi trên kênh truyền ($1,5\text{MHz} \leq F_0 \leq 30\text{MHz}$). Môđun chuyển đổi số-tương tự (DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần với băng thông W mong muốn dễ dàng thực hiện trong thực tế. Tín hiệu cao tần là tín hiệu có sóng mang F_0 là tần số trung tâm của băng thông W .

- Môđun điều khiển dữ liệu đa kênh 205.

Môđun này sẽ tính toán dựa theo số lượng bit đầu vào (bit dữ liệu theo thời gian thực và không theo thời gian thực) và dựa vào tốc độ bit cho phép cho từng kênh, từ đó xác định số lượng bit cần thiết cho mỗi kênh 3kHz là bao nhiêu bit. Số lượng bit cho mỗi kênh 3kHz sẽ quyết định dạng điều chế từng kênh, quyết định tỉ lệ mã hoá cho từng loại mã sửa sai tương ứng, và kích thước bộ xáo trộn phù hợp để xáo trộn hoàn toàn các dữ liệu từ người dùng đưa xuống (dữ liệu theo thời gian thực hoặc không theo thời gian thực). Trong đó tốc độ bit cho phép cho từng kênh được đánh giá dựa trên SNR thu được ở trên kênh đó.

- Môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp (trong bộ điều khiển) 206.

Môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp 206 chịu trách nhiệm tạo ra các dạng sóng cho từng kênh 3kHz tương ứng với các dạng điều chế (PSK, QAM). Môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp sẽ gán cho từng kênh một chỉ số thứ tự của dạng sóng, một chỉ số tương ứng với dạng điều chế (PSK, QAM) mà kênh đó hỗ trợ.

- Môđun điều khiển công suất 207.

Môđun điều khiển công suất sẽ đánh giá biên độ của tín hiệu f_i trước khi trộn, từ đó căn chỉnh công suất cho từng tín hiệu f_i riêng biệt để đảm bảo:

- + Đối với các kênh truyền QAM256, QAM64 sẽ cần truyền công suất cao hơn các kênh truyền BPSK hoặc QPSK để chống lại nhiễu do đường truyền, và

ngược lại.

- + Tổng công suất của tất cả các kênh tại các thời điểm khác nhau luôn không đổi và là hằng số. Hay công suất của tín hiệu cao tần F_0 luôn là hằng số.
- Môđun tự động quản lý kết nối kênh 208.

Môđun tự động quản lý kết nối kênh sẽ quản lý ba khối: bộ điều khiển dữ liệu đa kênh, bộ xây dựng các dạng sóng băng hẹp, khối điều khiển công suất.

Môđun tự động quản lý kết nối kênh sẽ đánh giá SNR của tất cả các kênh 3kHz trong băng thông tổng W , từ giá trị SNR của từng kênh, bộ quản lý kết nối sẽ quyết định bao nhiêu kênh 3kHz được phép sử dụng để truyền tin, cùng với đó là những tần số trung tâm f_i ($1 \leq i \leq 20$) nào cần thiết để truyền tin. Tương ứng với đó là số lượng các dạng sóng (PSK, QAM) được sử dụng để truyền tin. Bên cạnh đó, môđun tự động quản lý kết nối kênh sẽ quyết định dạng điều chế (PSK, QAM) nào được sử dụng cho từng dạng sóng, và sẽ quyết định công suất phù hợp cho từng kênh 3kHz đã được lựa chọn để truyền tin.

Một nhiệm vụ quan trọng của môđun tự động quản lý kết nối kênh đó là dựa vào chỉ số chất lượng đường truyền (theo tham số SNR) mà bên phía thu gửi lại, môđun tự động quản lý kết nối sẽ quyết định có tiếp tục truyền dữ liệu trên kênh truyền 3kHz đó không hay là lựa chọn kênh truyền khác để truyền tin, khi mà chất lượng đường truyền kém đi. Trong trường hợp chất lượng đường truyền tốt lên, môđun tự động quản lý kết nối sẽ điều chỉnh các tham số: thay đổi dạng điều chế lên cao hơn, tăng tỉ lệ mã hoá để tăng lượng thông tin có nghĩa truyền qua kênh truyền đó.

Trong khi đó, tham chiếu Hình 3, hệ thống thu sóng ngắn băng rộng cũng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, cụ thể:

Bộ xử lý dữ liệu bao gồm: môđun chuyển dữ liệu từ cao tần xuống băng tần cơ bản và chuyển đổi tương tự-số (Analog-Digital Converter - ADC) 301; môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang 302; môđun giải mã các dạng sóng (BPSK, QPSK, QAM16, QAM64,...) 303; môđun giải mã kênh truyền và giải xáo trộn 304.

Bộ điều khiển: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh 305; môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền 306; môđun điều khiển tần số sóng mang 307; môđun tự động

quản lý kết nối kênh 308.

Trong đó, chức năng của từng môđun như sau:

- Môđun chuyển dữ liệu từ cao tần xuống băng tần cơ bản và chuyển đổi ADC 301.

Tại đầu thu, tín hiệu đồng pha vuông góc (IQ - Inphase-Quadrature) được chuyển từ tần số cao tần F_0 xuống tần số băng cơ bản, và thực hiện chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số sử dụng bộ biến đổi ADC. Việc thực hiện chuyển từ tín hiệu cao tần xuống tín hiệu băng tần cơ bản và thực hiện biến đổi ADC có thể được thực hiện dễ dàng với các phần cứng hiện nay.

- Môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang 302.

Môđun này thực hiện các chức năng, nhiệm vụ sau:

+ Lọc tín hiệu IQ băng cơ bản thu được với bộ lọc có băng thông W với mục đích loại bỏ bớt nhiễu trên kênh truyền. Bộ lọc được sử dụng trong trường hợp này thường là bộ lọc Cô-sin tăng (Root-Raised Cosine Filter).

+ Lọc từng băng lọc 3kHz cho mỗi kênh truyền tin f_i đã biết trước. Quá trình lọc băng hẹp 3kHz có thể sử dụng bộ lọc Root-Raised Cosine Filter hoặc bộ lọc thông thấp. Mục đích của quá trình này là chỉ lấy thông tin tại băng thông 3kHz của tần số f_i .

+ Trộn tần các tín hiệu băng hẹp 3kHz với các tần số f_i để đưa tín hiệu về tần số 0Hz, tín hiệu ở tần số 0Hz sẽ được sử dụng để giải điều chế, giải mã để lại luồng bit thông tin.

- Môđun giải mã các dạng sóng (BPSK, QPSK, QAM16, QAM64,...) 303.

Môđun này thực hiện quá trình đồng bộ khung dữ liệu, xác định thời điểm chính xác có dữ liệu đến, và bóc tách dữ liệu IQ mang thông tin có nghĩa. Loại bỏ những thông tin bổ trợ, những thông tin đồng bộ. Dữ liệu thông tin bổ trợ thu được sẽ được sử dụng để tính toán giá trị SNR tương ứng cho kênh truyền băng thông 3kHz đó, từ đó sẽ được dùng để cho phần phát tính toán lại chất lượng kênh truyền, và lựa chọn lại dạng điều chế phù hợp cho kênh truyền đó.

Tín hiệu IQ mang thông tin có nghĩa của tất cả các môđun giải mã các dạng sóng sẽ được giải điều chế mềm (Soft-Demodulation).

- Môđun giải mã kênh, giải xáo trộn dữ liệu 304.

Tổng hợp tất cả dữ liệu sau giải điều chế mềm của tất cả các kênh 3kHz khác nhau trong băng thông W sẽ được đưa qua khối giải mã kênh và giải mã xáo trộn dữ liệu.

Dữ liệu sau giải điều chế mềm sẽ được đưa qua môđun giải mã kênh truyền và giải xáo trộn (có thể là mã chập, mã tu-bô hoặc mã LDPC tùy thuộc vào bộ mã hoá phía phát). Dữ liệu khi được giải mã kênh truyền là luồng bit mang thông tin có nghĩa. Luồng bit này sẽ tiếp tục được xáo trộn dữ liệu trong môđun này, đưa bit dữ liệu thu được về đúng vị trí của nó, từ đó thu lại dữ liệu theo thời gian thực (video, thoại) và dữ liệu không theo thời gian thực (ảnh).

Ngoài ra, môđun giải mã kênh, giải xáo trộn dữ liệu còn thực hiện quá trình kiểm tra xem các gói tin có bị lỗi hay không. Nếu gói tin nào đó bị lỗi, môđun giải mã kênh sẽ thông báo cho khối điều khiển dữ liệu đa kênh về vị trí gói tin bị lỗi đó. Và môđun tự động quản lý kết nối kênh truyền 308 sẽ chèn thông tin gói bị lỗi đó vào trong bản tin phản hồi từ phía thu, yêu cầu phía phát gửi lại.

- Môđun điều khiển tần số sóng mang 307.

Môđun này đưa ra thông tin các tần số sóng mang f_i để môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang có thể thực hiện trộn tần số sóng mang đưa tín hiệu về tần số trung tâm 0Hz.

- Môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền 306.

Môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền thực hiện các nhiệm vụ: cung cấp các tham số để giải mã các dạng sóng cho từng môđun giải mã các dạng sóng, các tham số này phụ thuộc vào từng kênh truyền, các tham số đó có thể là: dạng điều chế (PSK, QAM), số lượng kí tự PSK, QAM mang thông tin có nghĩa trong một dạng sóng; đánh giá chất lượng kênh truyền theo giá trị SNR thu được, giá trị SNR sẽ được sử dụng để thông báo cho bên phân phát, từ đó phân phát sẽ hiệu chỉnh các tham số của dạng sóng để đảm bảo tỉ lệ lỗi bit là bé nhất nhưng tốc độ truyền là cao nhất có thể; đọc các tham số của dạng sóng: tỉ lệ mã hoá, kích thước của bộ xáo trộn và gửi cho bộ tự động quản lý kết nối đa kênh.

- Môđun điều khiển dữ liệu đa kênh 305: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh thực hiện

cung cấp các tham số tỉ lệ mã hoá, kích thước của bộ xáo trộn cho khối giải mã kênh, giải xáo trộn dữ liệu để thực hiện quá trình giải mã kênh truyền, thu lại luồng bit thông tin.

- Môđun tự động quản lý kết nối kênh 308: thực hiện các nhiệm vụ: quản lý các môđun điều khiển tần số sóng mang, môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền, môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; cung cấp các tham số cho giải mã dạng sóng: dạng điều chế cho từng dạng sóng, tỉ lệ mã hoá, kích thước bộ xáo trộn; nhận các tham số chất lượng đường truyền (SNR), thực hiện đóng gói bản tin chất lượng đường truyền cho phía phát.

Tham chiếu Hình 4, tất cả các kênh truyền 3kHz có thể được sử dụng để truyền tin đều sử dụng chung dạng sóng có kiến trúc như Hình 4. Kiến trúc dạng sóng truyền tin bao gồm các đoạn:

- Đoạn điều khiển khuếch đại tự động 401 (Automatic Level Control – ALC/ Automatic Gain Control - AGC): bao gồm N ($N = 0 \rightarrow 3$) phần giống hệt nhau và liên tiếp nhau, mỗi phần gồm 192 ký tự được điều chế sử dụng PSK8. Nếu $N=0$ thì dạng sóng không có đoạn ALC/AGC. Các ký tự điều chế PSK8 được sinh một cách ngẫu nhiên, không cần theo một quy luật cụ thể.
- Đoạn đồng bộ 402: gồm 576 ký tự được điều chế PSK8, trong đó gồm ba phần: đồng bộ thứ nhất (ĐB1), đồng bộ thứ hai (ĐB2), đồng bộ thứ ba (ĐB3) và cả bên phát và bên thu đều biết đoạn đồng bộ này. Đoạn ĐB1 gồm 192 ký tự PSK8 được sử dụng để thực hiện quá trình đồng bộ đầu tiên tại phía thu, được sử dụng để loại ước lượng và loại bỏ sai lệch tần số giữa bên phát và bên thu cũng như loại bỏ vấn đề Doppler gây ra bởi kênh truyền. Trong đó đoạn ĐB2 gồm 192 ký tự PSK8, chứa thông tin về kênh 3kHz đó trong băng thông rộng W : vị trí của kênh 3kHz trong băng thông (điểm bắt đầu của tần số sóng mang của kênh 3kHz đó), số thứ tự của kênh 3kHz trong tổng số các kênh cho phép được sử dụng của băng thông rộng W , tổng số các kênh 3kHz cho phép được sử dụng. Đoạn ĐB3, gồm 192 ký tự PSK8, chứa các thông tin cần thiết: tỉ lệ mã hoá, dạng điều chế (PSK, QAM), kích thước của bộ xáo trộn; bên phía thu sẽ sử dụng các thông tin này để thực hiện giải mã các dạng sóng. Đoạn ĐB2 và ĐB3 được sử dụng lặp đi

lập lại trong suốt quá trình truyền tin để thực hiện thay đổi thích nghi các tham số (tỉ lệ mã hoá, dạng điều chế, kích thước của bộ xáo trộn), thích nghi với sự thay đổi tốt xấu của môi trường.

- Đoạn bộ trợ 403: gồm 32 kí tự sử dụng điều chế PSK8. Đoạn bộ trợ được chèn xen lẫn vào từng đoạn dữ liệu 256 kí tự (PSK, QAM), và cũng chèn xen lẫn giữa những đoạn đồng bộ (ĐB1, ĐB2, ĐB3) như là một phần của phần đồng bộ. Mục đích của đoạn bộ trợ là sử dụng để ước lượng kênh truyền, và từ đó loại bỏ các vấn đề như đa đường hoặc vấn đề chọn lọc kênh (Selective Fading Channel). Ngoài ra, đoạn bộ trợ còn được sử dụng để tính toán giá trị SNR của kênh truyền tại thời điểm thu nhận đó. Giá trị SNR sẽ được sử dụng để gửi lại cho bên phát, từ đó bên phát sẽ thay đổi các tham số (dạng điều chế, tỉ lệ mã hoá, kích thước bộ xáo trộn) để thích nghi với sự thay đổi của môi trường.
- Đoạn dữ liệu 404: gồm 256 kí tự có thể là PSK (BPSK, QPSK, PSK8) hoặc QAM (QAM16, QAM32, QAM64, QAM256,...), phụ thuộc vào kiến trúc của từng dạng sóng được sử dụng. Đoạn dữ liệu (256 ký tự) được truyền đi 72 lần trước khi tổ hợp đoạn đồng bộ (ĐB2, ĐB3) được truyền lại để thực hiện quá trình cấu hình thay đổi các tham số của dạng sóng. Bên cạnh đó, đoạn bộ trợ gồm 32 kí tự PSK8 cũng được chèn xen kẽ giữa các đoạn dữ liệu để thực hiện quá trình cân bằng kênh truyền và tính toán tỉ số SNR của kênh truyền.

Các dạng sóng khác nhau cho các kênh 3kHz khác nhau thông tin ở trường dữ liệu, thông tin ở đoạn đồng bộ ĐB2 và ĐB3. Dữ liệu thông tin (video, thoại, ảnh) được phân chia trên nhiều kênh ở nhiều tần số khác nhau (phân tập theo tần số), nên có khả năng chống nhiễu tốt, ngoài ra còn có khả năng đảm bảo dữ liệu không bị mất hết khi mà một vài kênh 3kHz bị gây nhiễu.

Tham chiếu Hình 5, các kí tự PSK8 trong phần đồng bộ cũng như trong phần ALC/AGC được sinh bằng cách chuyển các kí tự số k với $k = 0 \rightarrow 7$ sang các kí tự PSK8 với phần thực và phần ảo được tra trong bảng 1:

Ký tự số k	Góc pha	Phần thực (I)	Phần ảo (Q)
--------------	---------	---------------	-------------

0	0	1.000000	0.000000
1	$\pi/4$	0.707107	0.707107
2	$\pi/2$	0.000000	1.000000
3	$3\pi/4$	-0.707107	0.707107
4	π	-1.000000	0.000000
5	$5\pi/4$	-0.707107	-0.707107
6	$3\pi/2$	0.000000	-1.000000
7	$7\pi/4$	0.707107	-0.707107

Bảng 1: bảng chuyển đổi kí tự số sang kí tự PSK8

Tham chiếu bảng 2, mỗi kí tự (được đặt tên là dibit – tương ứng với 2 bit dữ liệu) được chuyển thành một mã Walsh gồm 32 kí tự. Mỗi tập 32 kí tự Walsh sẽ được đem tính toán phép cộng lấy phần dư 8 bằng cách ghép xen với một chuỗi Mẫu (Pattern) gồm 32 kí tự:

$$\text{Pattern}[32] = \{7, 1, 1, 3, 7, 3, 1, 5, 5, 1, 1, 6, 7, 1, 5, 4, 1, 7, 1, 6, 3, 6, 1, 0, 4, 1, 0, 7, 5, 5, 2, 6\};$$

Kết quả của phép cộng lấy phần dư giữa chuỗi 32 kí tự Walsh với chuỗi Pattern sẽ tạo ra 32 kí tự số k . Các kí tự số k này sẽ tham chiếu vào hình vẽ 5 và bảng 1 để thực hiện chuyển sang 32 kí tự PSK8.

Dibit	Chuỗi mã Walsh
Tham chiếu cho tập kí tự bình thường	
0(0)	(0000) được lặp lại 8 lần
1(0)	(0404) được lặp lại 8 lần
2(1)	(0044) được lặp lại 8 lần
3(1)	(0440) được lặp lại 8 lần
Tham chiếu cho tập kí tự ngoại lệ	
0(0)	(0000 4444) được lặp lại 4 lần
1(0)	(0404 4040) được lặp lại 4 lần
2(1)	(0044 4400) được lặp lại 4 lần
3(1)	(0440 4004) được lặp lại 4 lần

Bảng 2: bảng tham chiếu mã Walsh cho phần đồng bộ

Tham chiếu Hình 4 và Hình 5, đoạn đồng bộ thứ nhất ĐB1 bao gồm 192 ký tự PSK8 được sinh bằng cách tạo ra 6 ký tự dibit, với các ký tự dibit là các ký tự có giá trị 0 $\rightarrow$ 3 và được mã hoá bởi hai bit b0b1. Các ký tự dibit dùng cho phần đồng bộ gồm giá trị (3, 1, 1, 0, 3, 2). Các ký tự đồng bộ ĐB1 sẽ sử dụng bảng 2 để chuyển các ký tự dibit sang chuỗi 32 ký tự Walsh, và chuyển sang 32 ký tự PSK8 như bước 5.2.2. Trong đó:

- 3 ký tự dibit đầu sử dụng tham chiếu cho tập ký tự bình thường;
- 3 ký tự dibit sau sử dụng tham chiếu cho tập ký tự ngoại lệ;

Đoạn đồng bộ thứ nhất ĐB1 cả bên phát và bên thu đều biết và được sử dụng để đồng bộ, xác định điểm chính xác trong từng dạng sóng của từng kênh 3kHz. Quá trình tính toán xác định điểm đồng bộ của từng dạng sóng có thể được thực hiện ở phía thu thông qua các phép tính toán tương quan (tương quan chéo, tương quan vi sai, hay tự tương quan) giữa các ký tự PSK8 thu được với các ký tự PSK8 mà phía phát đã truyền đi.

Đoạn đồng bộ thứ hai ĐB2 bao gồm 192 ký tự PSK8 chứa thông tin về số thứ tự của kênh 3kHz trong băng thông W , và vị trí của kênh 3kHz. Trong 192 ký tự PSK8 thì có 32 ký tự cuối là ký tự bổ trợ. Đoạn đồng bộ ĐB2 thực hiện mã hoá năm ký tự dibit K0, K1, K2, K3, K4 để xác định số thứ tự kênh truyền ($1 \rightarrow n$) và vị trí của kênh truyền trong tổng số n kênh truyền đó. Các ký tự dibit K0, K1 dùng để xác định thứ tự kênh truyền, và hai ký tự dibit còn lại được dùng để xác định vị trí kênh truyền hiện tại trong tổng số n kênh truyền cho phép của hệ thống. Trong đó:

- 2 ký tự dibit đầu sử dụng tham chiếu cho tập ký tự bình thường;
- 2 ký tự dibit sau sử dụng tham chiếu cho tập ký tự ngoại lệ;
- Ký tự dibit cuối cùng K4 bằng 0 nếu số lượng kênh truyền lớn hơn hoặc bằng 3.

Các ký tự đồng bộ thứ hai ĐB2 sẽ sử dụng bảng 2 để chuyển các ký tự dibit sang chuỗi 32 ký tự Walsh, và chuyển sang 32 ký tự PSK8.

Đoạn đồng bộ ĐB2 được bên thu giải mã để từ đó xác định vị trí của kênh truyền 3kHz trong tổng số n kênh truyền. Quá trình giải mã là quá trình tính toán tương quan (tương quan chéo, tương quan vi sai, hay tự tương quan) giữa các ký tự PSK8 thu được với các ký tự PSK8 mà phía phát truyền đi.

Việc xác định vị trí kênh truyền 3kHz hiện tại và số thứ tự của kênh truyền cho phép bộ tự động quản lý kết nối kênh phía thu (4.16) xác định được các tham số của bộ xáo trộn để thực hiện quá trình giải xáo trộn trong môđun giải mã kênh, giải xáo trộn kênh.

Đoạn đồng bộ thứ ba ĐB3 bao gồm 192 ký tự PSK8 chứa thông tin dạng điều chế (PSK hoặc QAM), tốc độ bit và kích thước đoạn xáo trộn được sử dụng trong từng dạng sóng (waveform) 3kHz. Trong 192 ký tự PSK8 thì có 32 ký tự cuối là ký tự bổ trợ. Đoạn đồng bộ ĐB3 thực hiện mã hoá 18 bit thông tin. Trong đó có 6 bit đầu tiên (tương ứng với 3 số dibit) được sử dụng để chứa thông tin về tốc độ bit và kích thước của đoạn xáo trộn như tham chiếu bảng 3, bảng 4, bảng 5.

Tốc độ (bps)	Kích thước đoạn xáo trộn trong 1 khung dữ liệu (~khối 256 ký tự)					
	1	3	9	18	36	72
3200	0,0,4	0,2,6	0,2,4	2,0,6	2,0,4	2,2,6
4800	0,6,2	0,4,0	0,4,2	2,6,0	2,6,2	2,4,0
6400	0,6,4	0,4,6	0,4,4	2,6,6	2,6,4	2,4,6
8000	6,0,2	6,2,0	6,2,2	4,0,0	4,0,2	4,2,0
9600	6,0,4	6,2,6	6,2,4	4,0,6	4,0,4	4,2,6
12800	6,6,2	Không hỗ trợ				

Bảng 3: giá trị 3 dibit là hàm của tốc độ bit cũng như kích thước của tốc độ bit và kích thước của hàm xáo trộn bit.

Tốc độ bit (bps)	3 bit mã hoá
3200	001
4800	010
6400	011
8000	100
9600	101
12800	110

Bảng 4. mã hoá 3 bit cho các loại tốc độ khác nhau

Kích thước hàm xáo trộn	ba bit mã hoá	Mô tả kích thước hàm xáo trộn
1 khối	001	Rất rất ngắn
3 khối	010	Rất ngắn
9 khối	011	Ngắn
18 khối	100	Vừa
36 khối	101	Dài
72 khối	110	Rất dài

Bảng 5. mã hoá 3 bit cho các loại kích thước hàm xáo trộn khác nhau

6 bit tiếp được thể hiện bằng 3 số dibit. Trong đó 3 bit đầu được thể hiện các dạng điều chế khác nhau như tham chiếu bảng 6. 3 bit còn lại để cung cấp loại mã sửa sai được sử dụng, tỉ lệ mã hoá được sử dụng cho kênh truyền 3kHz đó như tham chiếu bảng 7.

Dạng điều chế	3 bit mã hoá
BPSK	000
QPSK	001
PSK8	010
QAM16	011
QAM32	100
QAM64	101
QAM256	110

Bảng 6. mã hoá 3 bit cho các dạng điều chế khác nhau cho phần dữ liệu của từng dạng sóng (waveform) 3kHz.

Dạng mã sửa sai kênh	3 bit mã hoá
Mã chập	000
Mã tu-bô	001
Mã LDPC	010
Mã Polar	011
Chưa định nghĩa loại mã	100
	101

	110
--	-----

Bảng 7. mã hoá 3 bit cho các dạng mã sửa sai kênh truyền.

Và 6 bit còn lại thể hiện các loại tỉ lệ mã hoá kênh truyền khác nhau. Tỉ lệ mã hoá kênh truyền được định nghĩa bởi người dùng, bao gồm các tỉ lệ $1/6, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, \dots$

Đoạn hỗ trợ gồm 32 ký tự PSK8, được chèn xen lẫn vào giữa 256 ký tự dữ liệu và ở cuối mỗi đoạn đồng bộ (ĐB1, ĐB2, ĐB3) và được coi là một phần của đoạn đồng bộ đó. Chuỗi ký tự hỗ trợ được sinh ra bằng cách chuyển 32 ký tự số (k) dưới đây: 0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2 sang các ký tự PSK8 dựa vào tham chiếu bảng 1 và hình vẽ 5.

Xáo trộn bit được sử dụng là hàm xáo trộn bit theo khối dữ liệu. Mỗi một khối dữ liệu đầu được đánh số thứ tự từ 0 đến $m-1$ với m là số lượng bit đem đi xáo trộn, và m phụ thuộc vào tốc độ bit cũng như là kích thước của hàm xáo trộn như tham chiếu bảng 8 dưới đây:

Tốc độ (bps)	Kích thước đoạn xáo trộn theo số lượng khối dữ liệu (256 ký tự)					
	1	3	9	18	36	72
	Số lượng bit đầu vào của mỗi khối xáo trộn					
3200	384	1536	4608	9216	18432	36864
4800	576	2304	6912	13824	27648	55296
6400	1024	3072	9216	18432	36864	73728
8000	1280	3840	11520	23040	46080	92160
9600	1536	4608	13824	27648	55296	110592

Bảng 8. số lượng bit đầu vào hàm xáo trộn là hàm của tốc độ bit cũng như là kích thước của hàm xáo trộn theo từng khối dữ liệu

Hàm xáo trộn sẽ xáo trộn các bit trong chuỗi bit $p(0), p(1), \dots, p(v)$ bằng cách chuyển bit tại vị trí 0 sang vị trí thứ j thông qua hàm Modulo:

Vị trí $j = (j^* \text{ giá trị tăng xáo trộn}) \text{ Modulo } (\text{số lượng bit đầu vào của mỗi khối xáo trộn})$. Trong đó số lượng bit đầu vào của mỗi khối xáo trộn tham chiếu bảng 8, và giá trị tăng xáo trộn tham chiếu bảng 9:

Tốc độ (bps)	Kích thước đoạn xáo trộn theo số lượng khối dữ liệu (256 kí tự)					
	1	3	9	18	36	72
	Giá trị tăng hàm xáo trộn					
3200	97	229	805	1393	3281	6985
4800	145	361	1045	2089	5137	10273
6400	189	481	1393	3281	6985	11141
8000	201	601	1740	3481	8561	14441
9600	229	805	2089	5137	10273	17329

Bảng 9: giá trị tăng hàm xáo trộn là hàm của tốc độ bit và kích thước của hàm xáo trộn

Như đã được đề cập, kênh truyền sóng ngắn dễ thay đổi, chọn lọc kênh theo cả thời gian và cả tần số. Để đạt được tốc độ truyền tin càng cao, các kênh lan truyền sóng ngắn khác nhau cần được theo dõi riêng lẻ. Quá trình này tối ưu các thông số truyền tin nhằm đảm bảo tốc độ dữ liệu cao nhất mà vẫn đảm bảo tỉ lệ lỗi bit nhỏ nhất. Đây là vai trò của giao thức điều khiển tốc độ thích nghi, để phù hợp với sự thay đổi của môi trường, cần loại bỏ kênh truyền 3kHz ra khỏi quá trình truyền tin, hoặc thêm một kênh truyền tốt 3kHz vào quá trình truyền tin.

Cơ chế điều khiển tốc độ thích nghi được điều khiển bởi cơ chế tự động yêu cầu (Automatic Request - ARQ), tuy nhiên nó không tận dụng đặc tính ở kênh truyền như: tỉ lệ lỗi điều chế hoặc ước lượng kênh truyền. Giao thức điều khiển tốc độ thích nghi ở đây định nghĩa một tham số để sử dụng, gọi là tổ hợp kênh truyền hiệu quả nhất, gồm loại điều chế thích nghi và mức công suất tín hiệu tốt nhất. Tổ hợp này được định nghĩa bởi tập hợp giá trị $x_{i,j}$ ($x_{i,j}=1$ khi kênh truyền thứ j sử dụng tốc độ bit d_i trong tập hợp $[d_i]$ với $i=1 \dots m$ tốc độ bit có sẵn, theo thứ tự tăng dần, và $x_{i,j}=0$ ở các điều kiện còn lại).

Cho P_{tot} là giá trị tổng công suất cho tất cả các kênh truyền 3kHz được sử dụng và ma trận p^j với $j=1 \dots n$ và $i=1 \dots m$ cho mức công suất cần thiết để các kênh truyền thứ j được xem xét nhằm cho phép truyền tin chính xác sử dụng loại điều chế thứ i . Kỹ thuật điều khiển tốc độ thích nghi các kênh truyền sẽ thực hiện giải quyết vấn đề tối đa hóa sau:

$$\max \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{i,j} d_i$$

Với điều kiện ràng buộc tổng số kênh n cho phép và tổng công suất cho tất cả các kênh:

$$(C_0): x_{i,j} \in \{0;1\}, \sum_{i=1}^n x_{i,j} = 1, \forall j$$

$$(C_1): \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{i,j} p_i^j \leq P_{tot}$$

$$p_i^j \leq p_i^{j+1}, d_i > d_{i+1}, \forall i$$

Do thông tin đã có sẵn trong các trường chuỗi đồng bộ thứ hai ĐB2 và thứ ba ĐB3 của mỗi dạng sóng (waveform) truyền tin 3kHz, cơ chế điều khiển tốc độ thích nghi chỉ cần thông báo với bộ thu trong trường hợp thêm kênh truyền mới nhằm đảm bảo bộ thu sẽ xử lý kênh truyền vào một cách phù hợp nhất.

Quá trình đánh giá chất lượng kênh truyền dựa trên giá trị SNR tính toán thông qua việc sử dụng đoạn bỗ trợ gồm 32 ký tự PSK8 được truyền xen kẽ giữa các đoạn 256 ký tự dữ liệu và ở cuối mỗi đoạn đồng bộ (ĐB1, ĐB2, ĐB3). Giả sử đoạn ký tự bỗ trợ bên phát truyền đi là P_{ref} , giá trị ước lượng của kênh truyền tại các đoạn bỗ trợ là H , đoạn ký tự bỗ trợ thu được ở đầu phía thu là $\tilde{P}$. Như vậy, giá trị SNR được tính theo công thức:

$$SNR = \frac{\text{mean}|H|^2}{\text{mean}|H * P_{ref} - \tilde{P}|^2}$$

Trong đó hàm *mean* là hàm tính toán trung bình trên kích thước 32 mẫu của đoạn bổ trợ. Quá trình ước lượng giá trị SNR có thể dựa trên nhiều đoạn bổ trợ liên tiếp nhau, để tính toán ra giá trị trung bình hợp lý phù hợp với kênh truyền. Việc xây dựng bảng tham chiếu SNR và tỉ lệ mã hóa, dạng điều chế thông qua quá trình mô phỏng kênh Watterson trên Matlab, với điều kiện tỉ lệ lỗi của các khối mã hóa dữ liệu là $< 1\%$. Từ đó ta thu được bảng tham chiếu như bảng 10:

SNR	Dạng điều chế	Tỉ lệ mã hóa
-3dB	BPSK	1/3
-1dB	QPSK	1/2
2dB	PSK8	1/3
7dB	QAM64	2/3

Bảng 10: bảng tham chiếu dạng điều chế và tỉ lệ mã hóa theo giá trị SNR thu được, với điều kiện tỉ lệ lỗi của các khối mã hóa dữ liệu là $< 1\%$

Tham chiếu hình 6, phương pháp truyền tin thích nghi tốc độ cao trên môi trường sóng ngắn bao gồm bốn bước, cụ thể:

- Bước 1: bên phát khởi động hệ thống với bốn tần số được chọn trước sử dụng QPSK.

Bước 1 được thực hiện trong các mô đun: mô đun xây dựng dạng sóng băng hẹp 206; mô đun điều khiển dữ liệu đa kênh 205; mô đun xáo trộn dữ liệu, mã hóa kênh 201.

Trong đó, bên phát sẽ truyền thông tin trên bốn kênh truyền 3kHz đã cấu hình trước trong băng thông W sang bên thu. Đồng thời bên phát sẽ truyền đi các tham số như tỉ lệ mã hóa, tốc độ bit, dạng điều chế được truyền qua các đoạn đồng bộ thứ nhất ĐB2 và thứ ba ĐB3, để bên thu có thể giải mã, và thu nhận bản tin.

- Bước 2: đánh giá kênh truyền, bên thu thông báo cho bên phát chất lượng các kênh truyền.

Bước 2 được thực hiện trong các mô đun: mô đun giải mã dạng sóng (QPSK, BPSK, QAM256, QAM64) 303, mô đun đồng bộ/chất lượng kênh truyền 306.

Song song với quá trình bên thu thực hiện giải mã bản tin trên bốn kênh biết trước, bên thu sẽ thực hiện các nhiệm vụ sau: đánh giá chất lượng bốn kênh truyền đang được sử

dụng thông qua tính toán giá trị SNR ở trên; đánh giá chất lượng của các kênh truyền khác cho phép trong bảng thông W, lựa chọn một số kênh truyền cho chất lượng tốt nhất, lưu thông tin vào trong bộ nhớ những kênh truyền này; đồng thời thực hiện kiểm tra bản tin thu được trên bốn kênh đó, có bị lỗi không thông qua việc tính toán giá trị CRC trong từng khối; thực hiện gửi lại bản tin trả lời cho bên phát về chất lượng SNR tại bốn kênh đang được sử dụng, thông tin các khối bị lỗi.

- Bước 3: truyền tin giữa các kênh truyền, đánh giá lại giá trị SNR, lựa chọn tham số kênh truyền.

Bước 3 được thực hiện thông qua các môđun: điều khiển dữ liệu đa kênh 205, xây dựng dạng sóng băng hẹp 206, điều khiển công suất 207.

Bên phát thu nhận bản tin gửi lại từ bên thu, xác định các bản tin bị lỗi trong từng kênh, đồng thời với những giá trị SNR mà bên thu gửi lại, bên phát sẽ tham chiếu bảng 10, để lựa chọn các tham số của kênh truyền (tốc độ bit, dạng điều chế, cũng như tốc độ mã hóa phù hợp) sao cho tỉ lệ lỗi của các khối mã hóa dữ liệu là $< 1\%$.

Quá trình thực hiện bước 2 và bước 3 được lặp lại nhiều lần, với một số lượng lớn khung dữ liệu được truyền qua lại giữa bên phát và bên thu, để tăng chính xác giá trị SNR của bốn kênh truyền đó (tham chiếu bảng 11). Từ đó bên phát sẽ xác định giá trị SNR chính xác hơn của kênh truyền, và xác định một cách hiệu quả hơn tỉ lệ mã hóa, dạng điều chế cũng như tốc độ bit phù hợp cho kênh truyền đó.

- Bước 4: thêm mới kênh truyền tốt vào hoặc loại bớt kênh truyền kém.

Bước 4 được thực hiện thông qua các môđun: bộ tự động quản lý kết nối kênh 208 bên phát và bộ tự động quản lý kết nối kênh 308.

Bên thu sau nhiều lần đánh giá chất lượng các kênh truyền khác trong bảng thông W, sẽ đánh giá chính xác giá trị SNR tại các kênh truyền này. Từ đó phía thu sẽ lựa chọn một kênh truyền có giá trị SNR tốt nhất, gửi thông tin sang bên phát. Bên phát dựa vào giá trị SNR đó, sẽ: tính toán lại tốc độ bit cho bốn kênh ban đầu và kênh vừa thêm vào; tính toán lại công suất phát phù hợp cho tất cả các kênh được sử dụng; xác định tỉ lệ mã hóa, dạng điều chế cho kênh truyền vừa thêm vào; tính toán số lượng bit phù hợp để truyền trên tất cả các kênh được phép truyền; truyền thông tin trên các kênh đó.

Quá trình thêm kênh/loại bỏ kênh được lặp lại nhiều lần giữa các bước 2, 3, 4 để thêm càng nhiều kênh càng tốt (tổng số kênh tối đa cho phép là $Z \leq 20$).

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống truyền tin thích nghi tốc độ cao trên đường truyền vô tuyến sóng ngắn bao gồm hệ thống phát sóng ngắn băng rộng và thu sóng ngắn băng rộng, cả hai hệ thống này đều có cấu trúc bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, trong đó:

hệ thống phát sóng ngắn băng rộng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, trong đó:

bộ xử lý dữ liệu gồm:

môđun xáo trộn dữ liệu và mã hoá kênh truyền; môđun này thực hiện phân tán dữ liệu từ vị trí này sang vị trí khác, và vị trí mới càng ngẫu nhiên càng tốt, để giảm vấn đề nhiễu tác động cục bộ lên dữ liệu tại phía thu; bên cạnh đó, quá trình mã hoá kênh truyền có thể được thực hiện bằng các loại mã sửa sai hiệu năng cao như mã chập, mã tu-bô, mã sửa sai LDPC;

môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp PSK, QAM; môđun này sẽ chuyển luồng bit sang tín hiệu IQ tương ứng phù hợp cho băng thông, đồng thời chèn các đoạn đồng bộ thứ nhất (ĐB1), đoạn đồng bộ thứ hai (ĐB2), đoạn đồng bộ thứ ba (ĐB3), đoạn bổ trợ và đoạn dữ liệu gồm 256 ký tự (PSK hoặc QAM); trong đó các đoạn đồng bộ (ĐB2, ĐB3) thực hiện trao đổi thông tin giữa bên phát và bên thu; các thông tin bao gồm: tỉ lệ mã hóa, tốc độ bit, dạng điều chế, số lượng kênh truyền băng hẹp, vị trí kênh truyền băng hẹp trong băng thông W ; các đoạn đồng bộ được xây dựng với quá trình chuyển từ các ký tự số, các ký tự mã Walsh sang các ký tự PSK8;

môđun trộn tần số và dịch tần số sóng mang; môđun này sẽ lọc tín hiệu băng hẹp (3kHz) cho từng băng thông được sử dụng; dịch tần số sóng mang cho từng băng hẹp 3kHz từ tần số 0Hz sang các tần số $f_0, f_1, \dots$ là các tần số trung tâm của băng thông 3kHz đã được lựa chọn; chèn các tín hiệu hằng số cho vào các băng thông không sử dụng; trộn lẫn các tín hiệu f_i được phân chia ghép nối về mặt tần số thành một tín hiệu IQ với băng thông tổng là W ;

môđun chuyển đổi số-tương tự (Digital – Analog Converter- DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần; môđun này giúp chuyển đổi số-tương tự (DAC) và chuyển dữ liệu lên cao tần với băng thông W mong muốn dễ dàng thực hiện trong thực tế;

bộ điều khiển gồm:

môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; môđun này sẽ tính toán dựa theo số lượng bit đầu vào (bit dữ liệu theo thời gian thực và không theo thời gian thực) và dựa vào tốc độ bit cho phép cho từng kênh, từ đó xác định số lượng bit cần thiết cho mỗi kênh 3kHz

là bao nhiêu bit;

môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp; môđun này chịu trách nhiệm tạo ra các dạng sóng cho từng kênh 3kHz tương ứng với các dạng điều chế (PSK, QAM);

môđun điều khiển công suất; sẽ đánh giá biên độ của tín hiệu f_i trước khi trộn, từ đó căn chỉnh công suất cho từng tín hiệu f_i riêng biệt để đảm bảo: đối với các kênh truyền QAM256, QAM64 sẽ cần truyền công suất cao hơn các kênh truyền sử dụng điều chế pha nhị phân (BPSK) hoặc điều chế pha trực giao (QPSK) để chống lại nhiễu do đường truyền, và ngược lại; tổng công suất của tất cả các kênh tại các thời điểm khác nhau luôn không đổi và là hằng số;

môđun tự động quản lý kết nối kênh; môđun này sẽ đánh giá công suất tín hiệu trên nhiễu (Signal Noise Ratio – SNR) của tất cả các kênh 3kHz trong băng thông tổng W , từ giá trị SNR của từng kênh, bộ quản lý kết nối sẽ quyết định bao nhiêu kênh 3kHz được phép sử dụng để truyền tin, cùng với đó là những tần số trung tâm f_i ($1 \leq i \leq 20$) nào cần thiết để truyền tin;

hệ thống thu sóng ngắn băng rộng bao gồm bộ xử lý dữ liệu và bộ điều khiển, trong đó:

bộ xử lý dữ liệu gồm:

môđun chuyển dữ liệu từ cao tần xuống băng tần cơ bản và chuyển đổi tương tự-số (analog-digital converter - ADC); tại đầu thu, tín hiệu IQ được chuyển từ tần số cao tần F_0 xuống tần số băng cơ bản, và thực hiện chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số sử dụng bộ biến đổi ADC; việc thực hiện chuyển từ tín hiệu cao tần xuống tín hiệu băng tần cơ bản và thực hiện biến đổi ADC có thể được thực hiện dễ dàng với các phần cứng hiện nay;

môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang; môđun này sẽ lọc tín hiệu IQ băng cơ bản thu được với bộ lọc có băng thông W với mục đích loại bỏ bớt nhiễu trên kênh truyền, lọc từng băng lọc 3kHz cho mỗi kênh truyền tin f_i đã biết trước; trộn tần các tín hiệu băng hẹp 3kHz với các tần số f_i để đưa tín hiệu về tần số 0Hz, tín hiệu ở tần số 0Hz sẽ được sử dụng để giải điều chế, giải mã để lấy luồng bit thông tin;

môđun giải mã các dạng sóng (BPSK, QPSK, QAM16, QAM64,...); môđun này thực hiện quá trình đồng bộ khung dữ liệu, xác định thời điểm chính xác có dữ liệu đến, và bóc tách dữ liệu IQ mang thông tin có nghĩa; loại bỏ những thông tin bổ trợ, những thông tin đồng bộ;

môđun giải mã kênh truyền và giải xáo trộn; dữ liệu sau giải điều chế mềm sẽ

được đưa qua môđun giải mã kênh truyền và giải xáo trộn (có thể là mã chập, mã tu-bô hoặc mã LDPC tùy thuộc vào bộ mã hoá phía phát); dữ liệu khi được giải mã kênh truyền là luồng bit mang thông tin có nghĩa, luồng bit này sẽ tiếp tục được xáo trộn dữ liệu trong môđun này, đưa bit dữ liệu thu được về đúng vị trí của nó, từ đó thu lại dữ liệu theo thời gian thực (video, thoại) và dữ liệu không theo thời gian thực (ảnh); ngoài ra, môđun giải mã kênh, giải xáo trộn dữ liệu còn thực hiện quá trình kiểm tra xem các gói tin có bị lỗi hay không;

bộ điều khiển gồm:

môđun điều khiển tần số sóng mang; môđun này đưa ra thông tin các tần số sóng mang f_i để môđun lọc băng hẹp, trộn tần, và dịch tần số sóng mang có thể thực hiện trộn tần số sóng mang đưa tín hiệu về tần số trung tâm 0Hz;

môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền; môđun này cung cấp các tham số để giải mã các dạng sóng cho từng môđun giải mã các dạng sóng, đánh giá chất lượng kênh truyền theo giá trị SNR thu được, đọc các tham số của dạng sóng: tỉ lệ mã hoá, kích thước của bộ xáo trộn, dạng điều chế cho từng kênh truyền 3kHz và gửi cho bộ tự động quản lý kết nối đa kênh;

môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; môđun này thực hiện cung cấp các tham số tỉ lệ mã hoá, kích thước của bộ xáo trộn cho khối giải mã kênh, giải xáo trộn dữ liệu để thực hiện quá trình giải mã kênh truyền, thu lại luồng bit thông tin;

môđun tự động quản lý kết nối kênh; môđun này sẽ thực hiện các nhiệm vụ quản lý các môđun điều khiển tần số sóng mang, môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền, môđun điều khiển dữ liệu đa kênh, cung cấp các tham số cho giải mã dạng sóng: dạng điều chế cho từng dạng sóng, tỉ lệ mã hoá, kích thước bộ xáo trộn, ..., nhận các tham số chất lượng đường truyền (SNR), thực hiện đóng gói bản tin chất lượng đường truyền cho phía phát.

2. Phương pháp truyền tin thích nghi trên môi trường sóng ngắn được thực hiện bởi hệ thống truyền tin truyền tin thích nghi theo điểm 1, phương pháp bao gồm các bước:

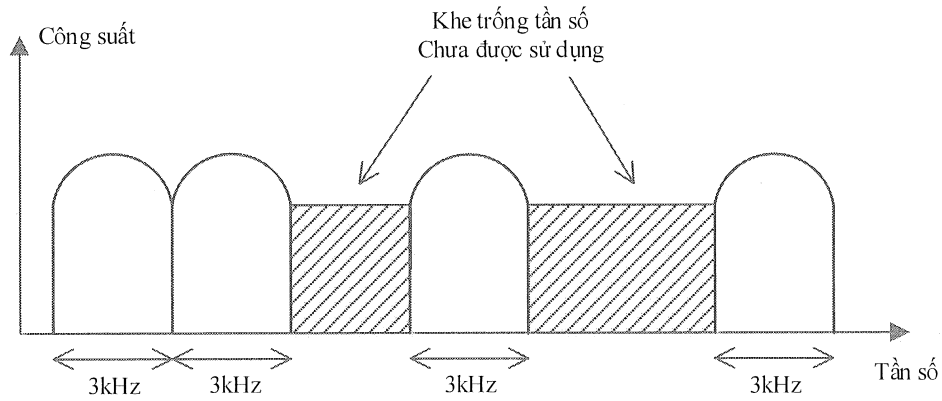
bên phát khởi động hệ thống với bốn tần số được chọn trước sử dụng QPSK; tại bước này, với tỉ lệ mã hóa, tốc độ bit, thứ tự và vị trí các kênh được mã hóa trong các đoạn đồng bộ thứ hai và thứ ba; bước 1 được thực hiện trong các môđun: môđun xây dựng các dạng sóng băng hẹp PSK, QAM; môđun điều khiển dữ liệu đa kênh; môđun xáo trộn dữ liệu và mã hóa kênh truyền;

đánh giá kênh truyền, bên thu thông báo cho bên phát chất lượng các kênh truyền;

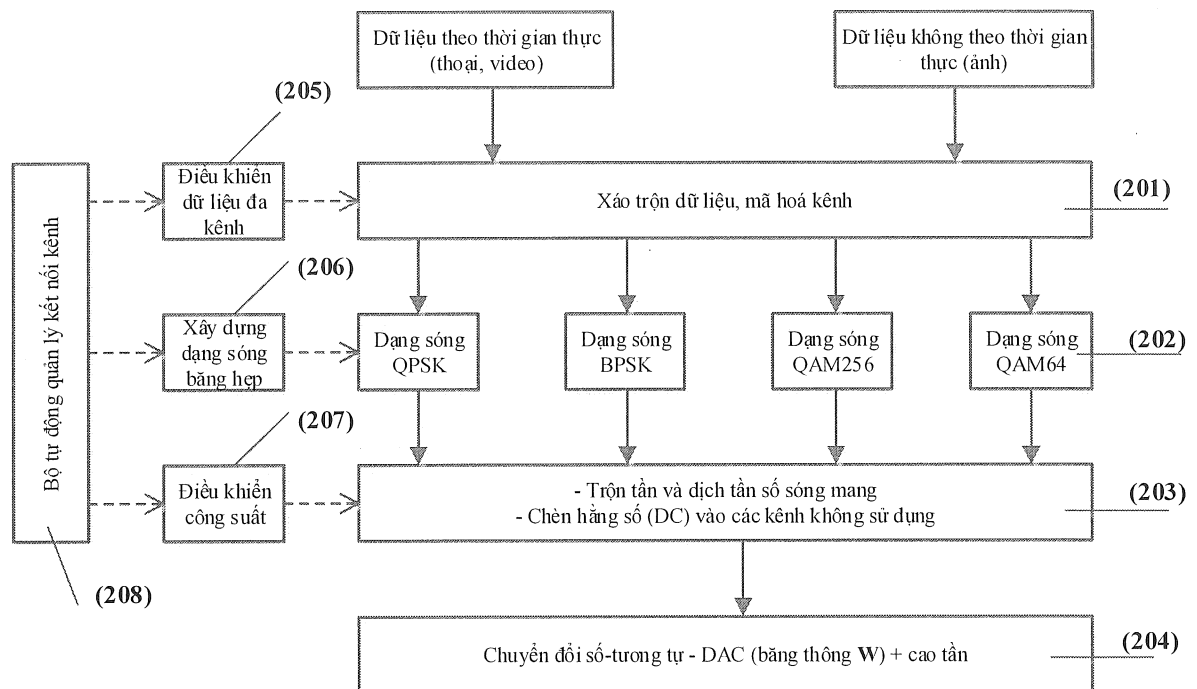
tại bước này, phía thu sẽ tính toán giá trị SNR tại bốn kênh truyền đó, đồng thời giải mã bản tin thu được tại bốn kênh trên, tính toán giá trị CRC để chỉ ra các khối dữ liệu bị lỗi; bên thu sẽ thực hiện gửi lại bản tin trả lời cho bên phát về chất lượng SNR tại bốn kênh đang được sử dụng, thông tin các khối bị lỗi; bước 2 được thực hiện trong các môđun: môđun giải mã các dạng sóng (QPSK, BPSK, QAM256, QAM64), môđun đồng bộ/đánh giá chất lượng kênh truyền;

truyền tin giữa các kênh truyền, đánh giá lại giá trị SNR, lựa chọn tham số kênh truyền; tại bước này bên phát sẽ đánh giá lại giá trị SNR thu được, lựa chọn ra tỉ lệ mã hóa, tốc độ bit, dạng điều chế phù hợp cho từng kênh truyền; bước 3 được thực hiện thông qua các môđun: môđun điều khiển dữ liệu đa kênh, môđun xây dựng dạng sóng băng hẹp PSK, QAM, môđun điều khiển công suất;

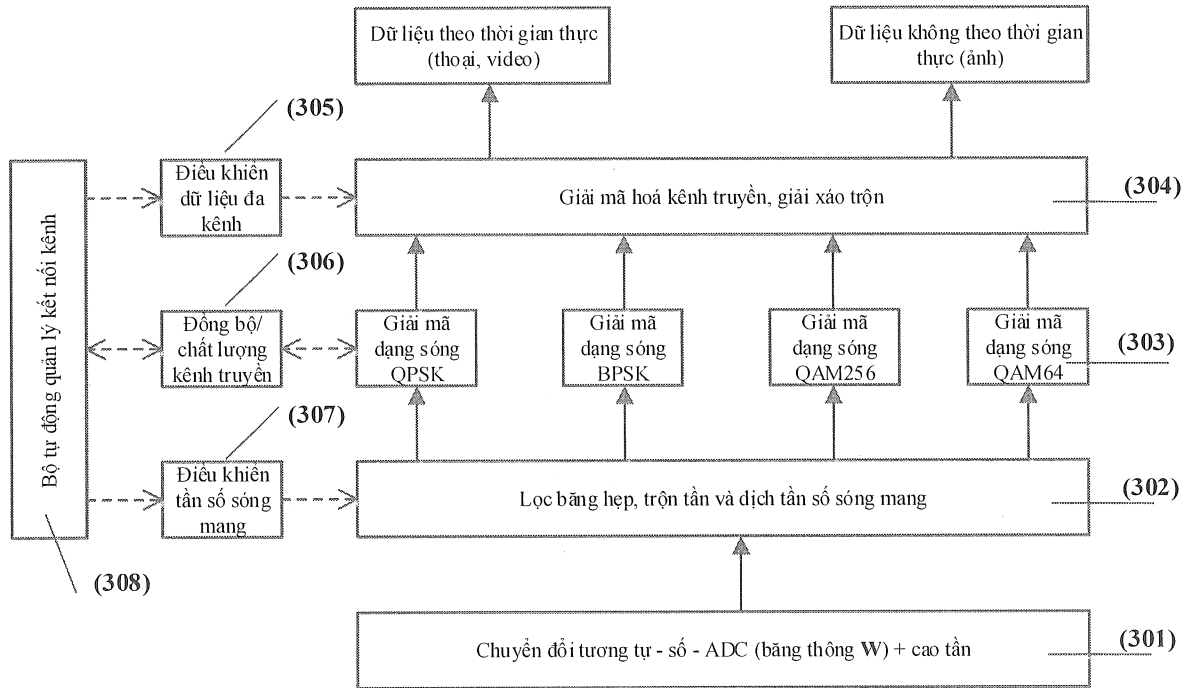
thêm mới kênh truyền tốt vào hoặc loại bớt kênh truyền kém; tại bước này bên phát sẽ thực hiện quá trình thêm mới kênh truyền hoặc loại bỏ kênh truyền không tốt thông qua giá trị SNR gửi lại từ bên thu, cân bằng công suất phát cho từng kênh, dạng điều chế phù hợp, tỉ lệ mã hóa cũng như số lượng kênh cần thiết để truyền được dữ liệu với tốc độ cao nhất; bước 4 được thực hiện thông qua các môđun: môđun tự động quản lý kết nối kênh (của hệ thống phát) và môđun tự động quản lý kết nối kênh (của hệ thống thu).



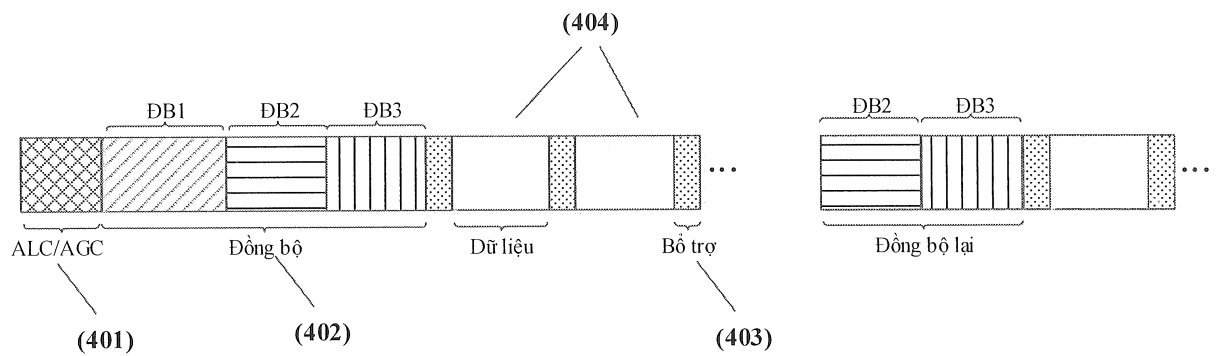
Hình 1



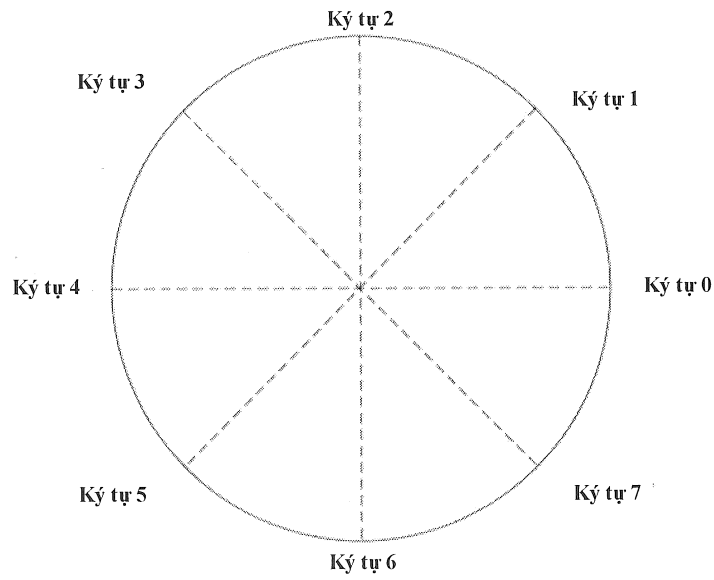
Hình 2



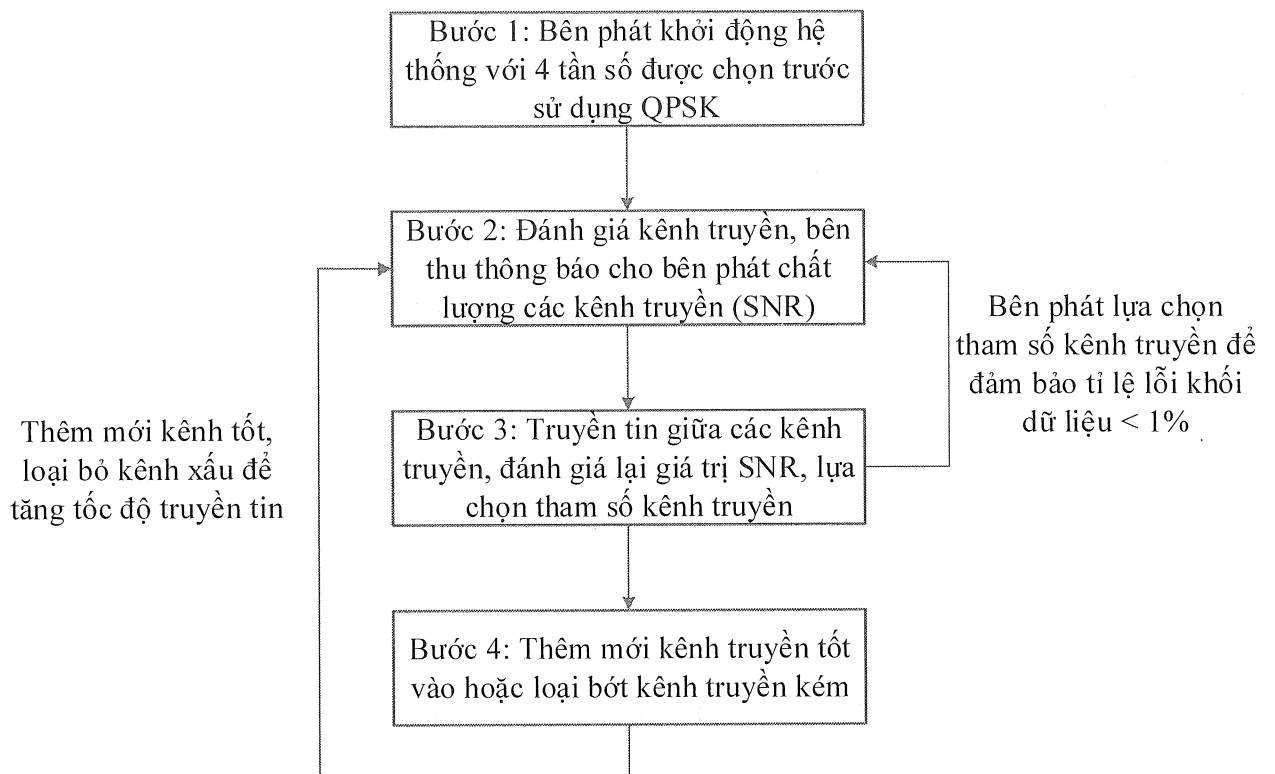
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6