(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) **1-0044796**

(51)[7] **H04L 1/18**; H03M 13/11

(13) **B**

(21) 1-2019-04768
(22) 30/01/2018
(86) PCT/CN2018/074574 30/01/2018
(87) WO 2018/141240 09/08/2018
(30) 201710064621.X 04/02/2017 CN
(45) 25/04/2025 445
(43) 25/11/2019 380A
(71) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518129, China
(72) MA, Liang (CN); ZENG, Xin (CN); WEI, Yuejun (CN); COZZO, Carmela (US).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ THỰC HIỆN VIỆC SO KHỚP TỶ LỆ

(21) 1-2019-04768

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị xử lý thông tin, thiết bị truyền thông, thiết bị đầu cuối, trạm gốc, phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính và hệ thống truyền thông. Thiết bị truyền thông được tạo cấu hình để thu nhận vị trí bắt đầu của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng, và xác định chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa dựa trên độ dài của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu. Giá trị của vị trí bắt đầu là một giá trị trong số $\{p_0, p_1, p_2..., p_{k_{max}-1}\}$, với $0 \le p_k < N_{CB}$, p_k là số nguyên, k là số nguyên, $0 \le k < k_{max}$, N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa, và k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4. Do chuỗi bít dùng cho lần truyền ban đầu hoặc lần truyền lại được xác định một cách chính xác, nên hiệu suất giải mã của thiết bị truyền thông ở đầu nhận được nâng cao sau khi nhận chuỗi bít, tỷ lệ giải mã thành công cũng được nâng cao, và số lần truyền lại được giảm thêm nữa.

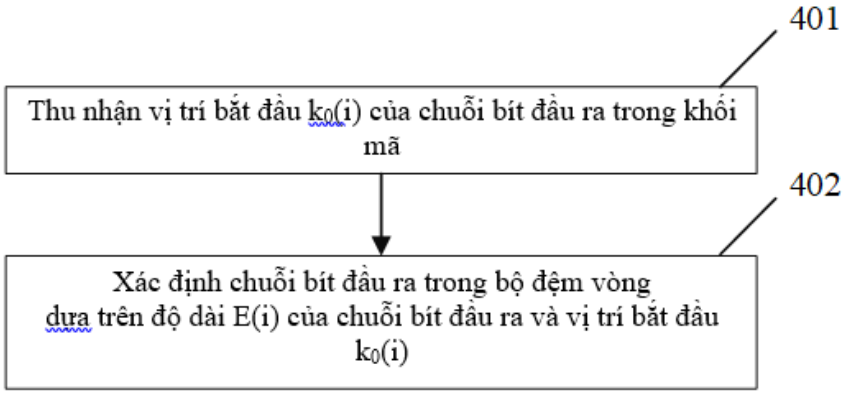

Fig.4

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Các phương án của sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông, và cụ thể, đến phương pháp và thiết bị xử lý thông tin, thiết bị truyền thông và hệ thống truyền thông.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống truyền thông không dây, công nghệ yêu cầu phát lại tự động lai ghép (Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ) là công nghệ quan trọng có khả năng cải tiến đáng kể độ tin cậy của việc liên kết dữ liệu.

Mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low density parity check, LDPC) là loại mã khối tuyến tính có ma trận kiểm tra thưa, và đặc trưng là cấu trúc linh hoạt và độ phức tạp giải mã thấp. Do mã LDPC sử dụng thuật toán giải mã lặp song song một phần, nên mã LDPC có thông lượng cao hơn mã turbo thông thường. Mã LDPC cũng có thể được sử dụng như mã sửa lỗi thế hệ kế tiếp cho các hệ thống truyền thông và có thể được sử dụng để cải tiến độ tin cậy truyền kênh và sử dụng công suất; và có thể được áp dụng rộng rãi cho các hệ thống truyền thông trong không gian, truyền thông bằng sợi quang, truyền thông cá nhân, ADSL, thiết bị ghi từ tính và tương tự. Hiện nay, trong truyền thông di động thế hệ thứ 5, sơ đồ mã LDPC được xem như một trong những sơ đồ mã hóa kênh.

Để hỗ trợ các độ dài mã và tỷ lệ mã khác nhau, thiết bị truyền thông thực hiện việc so khớp tỷ lệ sau khi mã hóa kênh để điều chỉnh tỷ lệ mã của khối được mã hóa và thu được chuỗi bít cần gửi nhằm so khớp tỷ lệ mã giải mã. Trong quá trình so khớp tỷ lệ, thiết bị truyền thông có thể thực hiện thêm việc tỉa bít (bit puncturing) trên các khối được mã hóa LDPC được tạo ra sau khi mã hóa, nhằm tăng tỷ lệ mã; hoặc thực hiện việc lặp lại bít trên các khối được mã hóa LDPC được tạo ra sau khi mã hóa nhằm giảm tỷ lệ mã.

Trong quá trình so khớp tỷ lệ, thiết bị truyền thông tại một đầu truyền chọn chuỗi bít cần gửi, thực hiện các việc xử lý như đan xen và ánh xạ lên chuỗi bít và gửi chuỗi bít đã được xử lý đến thiết bị truyền thông ở đầu nhận. Thiết bị truyền thông ở đầu nhận thực hiện việc kết hợp và giải mã trên các giá trị mềm của chuỗi bít và các bít kênh mềm

(soft channel bit) được lưu trữ trong khi giải mã để thu được khối mã.

Theo giải pháp kỹ thuật đã biết, khi thiết bị truyền thông ở đầu truyền sử dụng phương pháp so khớp tỷ lệ hiện có, thì hiệu suất HARQ tương đối kém.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án của sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị xử lý thông tin, thiết bị truyền thông và hệ thống truyền thông để nâng cao hiệu suất HARQ.

Theo khía cạnh thứ nhất, phương pháp xử lý thông tin trong hệ thống truyền thông được đề xuất. Phương pháp này bao gồm các bước:

thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa; và

xác định chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(i)$, với khối được mã hóa được lưu trữ trong một bộ đệm vòng, và i là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0.

Theo khía cạnh thứ hai, phương pháp xử lý thông tin trong một hệ thống truyền thông được đề xuất. Phương pháp này bao gồm các bước:

thu nhận một vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít mềm có độ dài là E(i) được lưu trữ trong bộ đệm mềm (soft buffer); và

kết hợp và lưu trữ chuỗi bít mềm trong bộ đệm mềm bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$.

Theo một cách thực hiện khả thi của khía cạnh thứ nhất hoặc khía cạnh thứ hai, đối với việc truyền lại, cụ thể, với $i>0$, $k_0(i)$ được xác định dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của một chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và độ dài $E(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước. $k_0(i)=(k_0(i-1)+F(i-1)) \bmod N_{CB}$. N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa, và $F(i-1)$ là số lượng bít cần thiết để thu nhận một cách tuần tự các bít đầu ra $E(i-1)$ từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$.

Theo cách thực hiện này, các chuỗi bít đầu ra của hai lần truyền liền kề sẽ tiếp nối nhau, và không có bít lặp nào tồn tại giữa hai chuỗi bít đầu ra, sao cho khi các chuỗi bít đầu ra đó được gửi đến thiết bị truyền thông ở đầu nhận, hiệu suất giải mã tương đối tốt có thể đạt được.

Theo một cách thực hiện khả thi dựa trên cách thực hiện trên đây, nếu một bít ở

vị trí cuối trong khối mã hóa được truyền đi, $k_0(i) = \left(k_0(i-1) + F(i-1) + E_{offset}\right) mod\ N_{CB}$; nếu không, $k_0(i)=(k_0(i-1)+F(i-1)) \bmod N_{CB}$.

Theo cách thực hiện này, sau khi tất cả các bít đã được truyền đi, số lượng bít lặp được giảm bớt, do đó giảm được tổn thất hiệu suất giải mã.

Theo một cách thực hiện khả thi khác của khía cạnh thứ nhất hoặc khía cạnh thứ hai, giá trị của $k_0(i)$ là p_k, p_k là một giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, $0 \le p_k < N_{CB}$, p_k là số nguyên, k là số nguyên, $0 \le k < k_{max}$, N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa, và k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4.

Ví dụ, $k_{max} = 2^n$, và n là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; hoặc $k_{max} = Nb$, và Nb là số lượng cột của một ma trận cơ sở.

Theo một cách thực hiện khả thi khác dựa trên khía cạnh thứ nhất hoặc khía cạnh thứ hai hoặc cách thực hiện trên đây, nếu $k = 0$, $p_0 = l \cdot z$, với l là số nguyên, và $0 \le l < Nb$; hoặc nếu $0 < k < k_{max}$, $p_k = (p_{k-1} + S)\ mod\ N_{CB}$. S là số nguyên. Ví dụ, $S = \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rfloor$, hoặc $S = \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rceil$, hoặc S=z, với z là kích thước nâng của khối được mã hóa. $\lceil\ \rceil$ chỉ việc làm tròn lên thành số nguyên, và $\lfloor\ \rfloor$ chỉ việc làm tròn xuống thành số nguyên.

Bằng cách sử dụng $S = \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rfloor$ hoặc $S = \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rceil$ làm ví dụ, p_k thỏa mãn $p_k = \left(p_{k-1} + \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rfloor\right) mod N_{CB}$ hoặc $p_k = \left(p_{k-1} + \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rceil\right) mod N_{CB}$. Một ví dụ khác, p_k thỏa mãn $p_k = \left(p_0 + \left\lfloor \frac{N_{CB} \cdot k}{k_{max}} \right\rfloor\right) mod N_{CB}$, $p_k = \left(p_0 + \left\lceil \frac{N_{CB} \cdot k}{k_{max}} \right\rceil\right) mod N_{CB}$, $p_k = \left(p_0 + k \cdot \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rfloor\right) mod N_{CB}$, hoặc $p_k = \left(p_0 + k \cdot \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rceil\right) mod N_{CB}$.

Trong ví dụ trong đó S=z và z là kích thước nâng của khối được mã hóa, $p_k = (k \cdot z)\ mod\ N_{CB}$. Theo cách thực hiện này, giá trị của k_{max} có thể bằng Nb, và Nb là số lượng cột của ma trận cơ sở.

Phương pháp nêu trên có thể được áp dụng cho nhiều tỷ lệ mã truyền ban đầu khác nhau, sao cho khoảng cách giữa những lần truyền phiên bản dư không thay đổi quá nhiều hoặc không có một lượng bít lặp lớn, qua đó đạt được hiệu suất tương đối ổn định.

Theo một cách thực hiện khả thi khác của khía cạnh thứ nhất hoặc khía cạnh thứ hai, giá trị của $k_0(i)$ là p_k, p_k là một giá trị của $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, $0 \le p_k < N_{CB}$, p_k là số nguyên, k là số nguyên, $0 \le k < k_{max}$, N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa, và k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4.

Ví dụ, $k_{max} = 2^n$, và n là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; hoặc $k_{max} = Nb$, và Nb là số lượng cột của một ma trận cơ sở.

Nếu $p_k > (Nb - Mb + j) * z$, p_k thỏa mãn $p_k - p_{k-1} \le p_{k+1} - p_k$, với $p_{m+1}=(Nb - Mb + j) * z$, $0<m+1<k<k_{max}-1$, j là số lượng các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 (weight-2 columns) trong khối được mã hóa hoặc j là số lượng các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không bị tỉa trong khối được mã hóa, và z là kích thước nâng của khối được mã hóa.

Nếu $p_k < (Nb - Mb + j) * z$, p_k thỏa mãn $p_k = \left(p_0 + \left\lfloor \frac{(p_{m+1} - p_0) \cdot k}{m+1} \right\rfloor\right) mod p_{m+1}$ hoặc $p_k = \left(p_0 + \left\lceil \frac{(p_{m+1} - p_0) \cdot k}{m+1} \right\rceil\right) mod p_{m+1}$, với $p_{m+1}=(Nb - Mb + j) * z$, $0<k<m+1$, j là số lượng các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 trong khối được mã hóa hoặc j là số lượng các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không bị tỉa (punctured) trong khối được mã hóa, và z là kích thước nâng của khối được mã hóa.

Theo phương pháp này, các vị trí bắt đầu được phân bố dày hơn tại các vị trí gần với các bít thông tin hơn, và các vị trí bắt đầu được phân bố thưa hơn tại các vị trí gần với bít cuối cùng của khối được mã hóa hơn.

Theo các cách thực hiện trên đây, k_{max} có thể là số nguyên lớn hơn 4. Ví dụ, $k_{max}=5$; hoặc $k_{max} = 2^n$, và k_{max} bằng 8 hoặc lớn hơn 8, ví dụ, 8 hoặc 16, với n là số nguyên lớn hơn 2. Một ví dụ khác, $k_{max} = Nb$, và Nb là số lượng cột của ma trận cơ sở của khối được mã hóa. Việc tăng k_{max} có thể làm giảm khoảng cách giữa các vị trí bắt đầu của các phiên bản dư. Phiên bản dư được xác định dựa trên vị trí bắt đầu cũng có thể tăng hiệu suất giải mã của thiết bị truyền thông ở đầu nhận.

Theo một cách thực hiện khả thi khác dựa trên cách thực hiện bất kỳ trong số các cách thực hiện trên đây, đối với việc truyền lại, cụ thể là, đối với i>0, vị trí bắt đầu $k_0(i)$

được xác định dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đó và độ dài $E(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đó.

Theo một cách thực hiện khả thi, để giảm số lượng các bít dư được lặp lại, p_k là giá trị tối thiểu thỏa mãn $p_k \geq ((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod \, N_{CB})$; hoặc nếu $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$ lớn hơn giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$.

Theo một cách thực hiện khả thi khác, để đáp ứng yêu cầu giải mã tuần tự, p_k là giá trị cực đại thỏa mãn $p_k \leq ((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$; hoặc nếu $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$ nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$.

Theo một cách thực hiện khả thi khác, để bù tổn hao hiệu suất giải mã do lặp bít và bỏ qua các bít dư, nếu $p_0 \leq ((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB}) \leq p_{k_{max}-1}$, p_k là một giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có hiệu số nhỏ nhất với $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$; hoặc nếu $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$ nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ hoặc $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB})$ lớn hơn giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ và giá trị lớn nhất $p_{k_{max}-1}$ trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có hiệu số nhỏ hơn với $((k_0(i-1)+F(i-1)) \bmod N_{CB})$.

Theo một cách thực hiện khả thi khác, để bù tổn hao hiệu suất giải mã do lặp bít và bỏ qua các bít dư, vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đó, độ dài $E(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đó, và số lượng lần truyền i.

Theo cách thực hiện trên đây, $F(i-1)$ là số lượng bít cần thiết để thu nhận một cách tuần tự các bít đầu ra $E(i-1)$ từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$.

Theo một cách thực hiện khả thi khác dựa trên cách thực hiện bất kỳ trong số các cách thực hiện trên đây, vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định dựa trên số vị trí bắt đầu phiên bản dư $rv_{idx}(i)$.

Ví dụ, đối với việc truyền lại thích ứng, số phiên bản dư $rv_{idx}(i)$ có thể thu được qua việc gửi tín hiệu.

Một ví dụ khác, đối với việc truyền lại thích ứng hoặc truyền lại không thích ứng, số vị trí bắt đầu phiên bản dư rv_{idx} có thể thu được dựa trên chuỗi số vị trí bắt đầu phiên bản dư và số lượng lần truyền i.

Chuỗi số vị trí bắt đầu phiên bản dư được truy xuất từ bộ nhớ, hoặc chuỗi đánh số các vị trí bắt đầu phiên bản dư được xác định dựa trên một tỷ lệ mã truyền ban đầu, hoặc chuỗi số vị trí bắt đầu phiên bản dư được xác định dựa trên độ dài của chuỗi bít đầu ra và kích thước nâng z.

Theo khía cạnh thứ ba, thiết bị xử lý thông tin trong hệ thống truyền thông được đề xuất. Thiết bị này bao gồm:

bộ phận thu nhận, được tạo cấu hình để thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của một chuỗi bít đầu ra trong một khối được mã hóa; và

bộ phận xử lý, được tạo cấu hình để xác định chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(i)$, với khối được mã hóa được lưu trữ trong một bộ đệm vòng, và i là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0.

Thiết bị này có thể được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất hoặc theo cách thực hiện khả thi bất kỳ của khía cạnh thứ nhất. Để biết chi tiết, xem phần mô tả về khía cạnh trên đây.

Theo một thiết kế khả thi, thiết bị xử lý thông tin theo sáng chế có thể bao gồm mô-đun được tạo cấu hình tương ứng để thực hiện khía cạnh thứ nhất hoặc cách thực hiện khả thi bất kỳ của khía cạnh thứ nhất trong thiết kế về phương pháp trên đây. Mô-đun này có thể là phần mềm và/hoặc phần cứng.

Theo khía cạnh thứ tư, thiết bị xử lý thông tin trong hệ thống truyền thông được sử dụng. Thiết bị này bao gồm:

bộ phận thu nhận, được tạo cấu hình để thu vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít mềm có độ dài E(i) được lưu trữ trong bộ đệm mềm; và

bộ phận xử lý, được tạo cấu hình để kết hợp và lưu trữ chuỗi bít mềm thu được

trong bộ đệm mềm bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$.

Thiết bị có thể được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ hai hoặc theo cách thực hiện khả thi bất kỳ theo khía cạnh thứ hai. Để biết chi tiết, xem phần mô tả về khía cạnh trên đây.

Theo một thiết kế khả thi, thiết bị xử lý thông tin theo sáng chế có thể bao gồm mô-đun được tạo cấu hình phù hợp để thực hiện theo khía cạnh thứ hai hoặc theo cách thực hiện khả thi bất kỳ của khía cạnh thứ hai trong thiết kế về phương pháp trên đây. Mô-đun này có thể là phần mềm và/hoặc phần cứng.

Theo khía cạnh thứ năm, thiết bị xử lý thông tin trong hệ thống truyền thông được sử dụng. Thiết bị bao gồm bộ mã hóa, bộ so khớp tỷ lệ và bộ thu-phát tín hiệu.

Bộ mã hóa được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu thông tin.

Bộ so khớp tỷ lệ bao gồm thiết bị xử lý thông tin theo khía cạnh thứ ba, được tạo cấu hình để xác định chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên.

Bộ thu-phát được tạo cấu hình để gửi tín hiệu tương ứng với chuỗi bít đầu ra từ bộ so khớp tỷ lệ.

Theo khía cạnh thứ sáu, thiết bị truyền thông được sử dụng. Thiết bị truyền thông bao gồm bộ giải mã, bộ khử so khớp tỷ lệ và bộ thu-phát tín hiệu.

Bộ thu-phát được tạo cấu hình để nhận tín hiệu tương ứng với chuỗi bít mềm của chuỗi bít đầu ra trong cách nêu trên.

Bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã các bít kênh mềm trong bộ đệm mềm.

Bộ khử so khớp tỷ lệ bao gồm thiết bị xử lý thông tin trong khía cạnh thứ tư được tạo cấu hình để kết hợp và lưu trữ các bít kênh mềm của chuỗi bít đầu ra trong cách nêu trên trong bộ đệm mềm.

Theo khía cạnh thứ bảy, một phương án của sáng chế đề xuất hệ thống truyền thông. Hệ thống này bao gồm thiết bị truyền thông theo khía cạnh thứ năm và thiết bị truyền thông theo khía cạnh thứ sáu.

Theo một khía cạnh khác, một phương án của sáng chế đề xuất phương tiện lưu trữ máy tính bao gồm chương trình được thiết kế để thực thi các khía cạnh trên đây.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, sản phẩm chương trình máy tính bao gồm các lệnh được đề xuất. Khi được chạy trên máy tính, sản phẩm chương trình máy tính làm cho máy tính thực hiện các phương pháp theo các khía cạnh trên đây.

Theo phương pháp và thiết bị xử lý thông tin, thiết bị truyền thông, và hệ thống truyền thông theo các phương án của sáng chế, chuỗi bít đầu ra dùng cho việc truyền ban đầu hoặc việc truyền lại được xác định một cách chính xác nhằm nâng cao hiệu suất giải mã của thiết bị truyền thông ở đầu nhận sau khi nhận chuỗi bít mềm của chuỗi bít đầu ra, nâng cao tỷ lệ giải mã thành công, và giảm thêm nữa số lần truyền lại.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ giản lược của ma trận cơ sở của mã LDPC và các ma trận hoán vị;

Fig.2 là sơ đồ cấu trúc giản lược của ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC;

Fig.3 là sơ đồ cấu trúc của hệ thống truyền thông theo một phương án của sáng chế;

Fig.4 là lưu đồ của phương pháp xử lý thông tin theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.5-1 là sơ đồ giản lược của khối được mã hóa theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.5-2 là sơ đồ giản lược của khối được mã hóa theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.5-3 là sơ đồ giản lược của khối được mã hóa theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.6 là lưu đồ của phương pháp xử lý thông tin theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.7 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị xử lý thông tin theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.8 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị xử lý thông tin theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.9 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị truyền thông theo một phương án khác của

sáng chế; và

Fig.10 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị truyền thông theo một phương án khác của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần dưới đây mô tả các giải pháp kỹ thuật trong các phương án của sáng chế dựa vào các hình vẽ kèm theo trong các phương án của sáng chế.

Fig.1 là sơ đồ giản lược của ma trận cơ sở của mã LDPC trong hệ thống truyền thông và các ma trận hoán vị. Ma trận cơ sở của mã LDPC bao gồm m_H*n_H phần tử, trong đó m_H là số hàng của ma trận cơ sở và n_H là số cột của ma trận cơ sở. Nếu ma trận cơ sở được nâng lên bằng cách dùng z như kích thước nâng, thì có thể thu được ma trận kiểm tra chẵn lẻ H kích thước (m_H*z)*(n_H*z). Cụ thể, ma trận kiểm tra chẵn lẻ H có m_H*n_H khối. Mỗi khối thu được bằng cách thực hiện dịch vòng trên ma trận đơn vị có kích thước z*z. Kích thước nâng z thường được xác định dựa trên kích thước khối mã được hệ thống chấp nhận và lượng dữ liệu thông tin. Fig.1 thể hiện ma trận cơ sở, có cấu trúc QC, của mã LDPC, trong đó m_H=13, và n_H=38. Tỷ lệ mã của ma trận cơ sở là (n_H–m_H)/n_H=0,6579. Nếu kích thước nâng z=4, mỗi phần tử có giá trị –1 trong ma trận được nâng lên thành một ma trận toàn 0 có kích thước 4*4, và các phần tử khác được nâng lên thành các ma trận hoán vị có kích thước 4*4. Ma trận hoán vị có thể thu được bằng cách thực hiện dịch vòng trên một ma trận đơn vị I với một số lần tương ứng, và số lần dịch chuyển bằng với giá trị của phần tử ma trận tương ứng. Như được thể hiện trên Fig.1, ma trận hoán vị tương ứng thu được sau khi phần tử có giá trị 0 trong ma trận cơ sở đã được nâng là một ma trận đơn vị I có kích thước 4*4, một ma trận hoán vị tương ứng thu được sau khi một phần tử có giá trị 1 đã được nâng lên là một ma trận thu được bằng cách dịch chuyển một lần một ma trận đơn vị, v.v.. Các nội dung chi tiết sẽ không được mô tả lại ở đây.

Sau khi được nâng, ma trận cơ sở có thể được sử dụng như một ma trận kiểm tra chẵn lẻ để mã hóa hoặc giải mã mã LDPC. Một mã LDPC có độ dài mã n_H và độ dài chuỗi thông tin k_c được ghi nhận như một mã LDPC (n_H, k_c) và có thể được xác định một cách duy nhất bằng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ H là một ma trận thưa, trong đó mỗi hàng của ma trận kiểm tra H là một ràng buộc phương trình

kiểm tra chẵn lẻ và tương ứng với j bít được mã hóa, mỗi cột là một bít được mã hóa bị ràng buộc bởi m_H phương trình kiểm tra chẵn lẻ, và bất kỳ hai phương trình kiểm tra chẵn lẻ nào đều có cùng không quá một bít được mã hóa. Một ví dụ về ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC và phương trình kiểm tra chẵn lẻ tương ứng được đưa ra trong công thức (1) sau đây:

$$\begin{matrix} & v_0 & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 & v_7 & v_8 & v_9 & & \\ \mathbf{H} = & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_0 & \\ & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & c_1 & \\ & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & c_2 & \\ & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & c_3 & \\ & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & c_4 & \end{matrix} \rightarrow \begin{cases} v_0 + v_1 + v_2 + v_3 = 0 \\ v_0 + v_4 + v_5 + v_6 = 0 \\ v_1 + v_4 + v_7 + v_8 = 0 \\ v_2 + v_5 + v_6 + v_9 = 0 \\ v_3 + v_7 + v_8 + v_9 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Fig.2 thể hiện một ví dụ về ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của mã LDPC. Như được thể hiện trên Fig.2, ma trận kiểm tra chẵn lẻ bao gồm một ma trận hạt nhân và ba phần ma trận mở rộng. Dữ liệu thông tin có thể được mã hóa và giải mã bằng cách sử dụng bốn ma trận kiểm tra chẵn lẻ: ma trận hạt nhân; ma trận kiểm tra chẵn lẻ 1 chứa ma trận hạt nhân và phần ma trận mở rộng 1; ma trận kiểm tra chẵn lẻ 2 chứa ma trận hạt nhân, phần ma trận mở rộng 1 và phần ma trận mở rộng 2; ma trận đầy đủ chứa ma trận hạt nhân, phần ma trận mở rộng 1, phần ma trận mở rộng 2 và phần ma trận mở rộng 3. Mỗi ma trận kiểm tra chẵn lẻ có cấu trúc kiểu Raptor. Phần tương ứng với các bít chẵn lẻ có cấu trúc đôi, gồm một cấu trúc hai đường chéo và một cấu trúc cột trọng số-1 (weight-1 column). Ma trận hạt nhân thường chứa một phần cấu trúc hai đường chéo. Nếu lượng bít thông tin trước khi mã hóa là k, và độ dài mã của một khối LDPC được mã hóa được tạo trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ là n, tỷ lệ mã là k_c/n_H. các khối LDPC được mã hóa có các tỷ lệ mã khác nhau có thể thu được bằng cách sử dụng các ma trận kiểm tra chẵn lẻ khác nhau để giải mã. Có thể hiểu là trong các khối được mã hóa, từ mã LDPC được tạo trên cơ sở ma trận đầy đủ có độ dài mã lớn nhất và có tỷ lệ mã thấp nhất R_{min}; từ mã LDPC được tạo trên cơ sở ma trận hạt nhân có độ dài mã nhỏ nhất và có tỷ lệ mã cao nhất R_{max}; từ mã LDPC được tạo trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ 1 có tỷ lệ mã R_1; và từ mã LDPC được tạo trên cơ sở ma trận kiểm tra chẵn lẻ 2 có tỷ lệ mã R_2, với $R_{min} < R_2 < R_1 < R_{max}$. Cần lưu ý rằng trong ví dụ nêu trên, ma trận đầy đủ, ma trận hạt nhân, ma trận kiểm tra chẵn lẻ 1, hoặc ma trận kiểm tra chẵn lẻ 2, tất cả đều có thể

sử dụng như một ma trận cơ sở của mã LDPC, vốn có thể được nâng theo kích thước nâng để thu được một ma trận cho việc mã hóa hoặc giải mã.

Trong hệ thống truyền thông, việc truyền dữ liệu thông tin giữa các thiết bị truyền thông (ví dụ các trạm gốc hoặc các thiết bị đầu cuối) dễ bị nhiễu và bị lỗi, do môi trường truyền sóng vô tuyến rất phức tạp và hay thay đổi. Để gửi dữ liệu thông tin một cách đáng tin cậy, thiết bị truyền thông ở đầu truyền sẽ thực hiện việc xử lý như: gắn CRC, mã hóa kênh, so khớp tỷ lệ, và đan xen trên dữ liệu thông tin, ánh xạ các bít đã được mã hóa được đan xen thành các ký hiệu điều biến, và gửi các ký hiệu điều biến đến một thiết bị truyền thông tại đầu nhận. Sau khi nhận được các ký hiệu điều biến, thiết bị nhận sẽ thực hiện một cách tương ứng việc khử đan xen, khử so khớp tỷ lệ, giải mã, và CRC để phục hồi dữ liệu thông tin. Các quy trình nêu trên có thể giảm các lỗi truyền và nâng cao độ tin cậy của việc truyền dữ liệu.

Hệ thống truyền thông 300 được thể hiện trên Fig.3 có thể được áp dụng rộng rãi vào nhiều loại hình truyền thông như truyền thông giọng nói và truyền thông dữ liệu. Hệ thống truyền thông có thể bao gồm nhiều thiết bị truyền thông không dây. Để tránh nhầm lẫn, Fig.3 chỉ thể hiện một thiết bị truyền thông 30 và một thiết bị truyền thông 31. Các thông tin kiểm soát hoặc thông tin dữ liệu được gửi và nhận như một chuỗi thông tin giữa thiết bị truyền thông 30 và thiết bị truyền thông 31. Thiết bị truyền thông 30 hoạt động như thiết bị truyền thông ở đầu truyền dữ liệu, để gửi chuỗi thông tin trong các khối truyền tải (transmission block, TB), và gắn các bít CRC vào mỗi khối truyền tải. Nếu kích thước của một khối truyền tải với gắn CRC vượt quá độ dài khối mã lớn nhất, khối truyền tải cần được phân đoạn thành nhiều khối mã (code block, CB). Các bít CRC khối mã cũng có thể được gắn vào mỗi khối mã, hoặc các bít CRC trong nhóm khối mã có thể được gắn vào mỗi nhóm khối mã, và các bít lấp đầy có thể bổ sung thêm vào mỗi khối mã. Thiết bị truyền thông 30 thực hiện việc mã hóa kênh trên mỗi khối mã, ví dụ, thực hiện việc mã hóa LDPC để thu được khối được mã hóa tương ứng. Mỗi khối được mã hóa bao gồm các bít thông tin và các bít chẵn lẻ. Nếu các bít thông tin chứa một bít lấp đầy, thì bít lấp đầy này thường được biểu diễn là "rỗng" (Null).

Khối được mã hóa hoặc khối được mã hóa mà trên đó việc sắp xếp bít đã được thực hiện được lưu trữ trong một bộ đệm vòng của thiết bị truyền thông 30, và thiết bị

truyền thông 30 thu được liên tiếp các bít đầu ra từ khối được mã hóa được lưu trữ trong bộ đệm vòng để thu được một chuỗi bít đầu ra. Bít đầu ra là một bít không phải bít lấp đầy trong khối được mã hóa, và do đó chuỗi bít đầu ra không chứa bất kỳ bít lấp đầy nào. Chuỗi bít đầu ra được gửi sau khi được đan xen và được ánh xạ vào các ký hiệu điều biến. Khi thực hiện việc truyền lại, thiết bị truyền thông 30 chọn một chuỗi bít đầu ra khác từ khối được mã hóa trong bộ đệm vòng và gửi một chuỗi bít đầu ra khác. Nếu việc thu các bít đầu ra sau đó đạt đến bít cuối cùng của bộ đệm vòng, việc chọn bít đầu ra sẽ tiếp tục bắt đầu từ một bít bắt đầu của bộ đệm vòng.

Sau khi giải điều biến và khử đan xen ký hiệu điều biến nhận được, thiết bị truyền thông 31 lưu trữ các giá trị mềm của chuỗi bít đầu ra nhận được ở vị trí tương ứng trong bộ đệm mềm (soft buffer). Nếu phải truyền lại, thiết bị truyền thông 31 sẽ kết hợp các giá trị mềm của các chuỗi bít đầu ra trong tất cả các lần truyền lại và lưu trữ các giá trị mềm đã được kết hợp trong bộ đệm mềm. Việc kết hợp ở đây có nghĩa là nếu vị trí của các bít đầu ra nhận được trong hai lần truyền dữ liệu giống hệt như nhau, các giá trị mềm của các bít đầu ra nhận được trong hai lần truyền dữ liệu sẽ được kết hợp lại. Các vị trí trong bộ đệm mềm của thiết bị truyền thông 31 tương ứng một-một với các vị trí trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng của thiết bị truyền thông 30. Cụ thể, nếu vị trí của bít đầu ra trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng của thiết bị truyền thông 30 là một bít ở vị trí thứ p, vị trí của giá trị mềm của bít đầu ra trong bộ đệm mềm của thiết bị truyền thông 31 cũng là một bít ở vị trí thứ p.

Thiết bị truyền thông 31 giải mã tất cả các giá trị mềm trong bộ đệm mềm để thu được khối mã của một chuỗi thông tin. Thiết bị truyền thông 31 có thể thu nhận một kích thước khối truyền tải. Do đó, số lượng khối mã mà một khối truyền tải được phân đoạn thành và độ dài của mỗi khối mã có thể được xác định. Nếu khối mã bao gồm một phân đoạn bít CRC, thiết bị truyền thông 31 còn có thể sử dụng phân đoạn bít CRC đó để kiểm tra khối mã. Thiết bị truyền thông 31 ghép tất cả các khối mã thành một khối truyền tải, và còn thực hiện việc kiểm tra và ghép các khối truyền tải để cuối cùng thu được chuỗi thông tin. Có thể hiểu rằng thiết bị truyền thông 31 thực hiện quy trình ngược với phương pháp xử lý thông tin do thiết bị truyền thông 30 thực hiện.

Cần lưu ý rằng trong các phương án của sáng chế, thiết bị truyền thông 30 có thể

là thiết bị mạng, chẳng hạn như trạm gốc trong hệ thống truyền thông, và tương ứng, thiết bị truyền thông 31 có thể là thiết bị đầu cuối. Theo cách khác, thiết bị truyền thông 30 có thể là thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, và tương ứng, thiết bị truyền thông 31 có thể là thiết bị mạng, chẳng hạn như trạm gốc trong hệ thống truyền thông.

Để dễ hiểu, một số thuật ngữ được sử dụng trong sáng chế được mô tả dưới đây.

Trong sáng chế này, các thuật ngữ "mạng" và "hệ thống" thường được sử dụng thay thế lẫn nhau, tuy nhiên người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng có thể hiểu nghĩa của các thuật ngữ nêu trên. Thiết bị đầu cuối là một thiết bị có chức năng truyền thông, và có thể bao gồm thiết bị cầm tay có chức năng truyền thông không dây, thiết bị gắn trong xe, thiết bị mang trên người, thiết bị tính toán hoặc thiết bị xử lý khác được kết nối với một bộ điều biến-giải điều biến (modem) không dây. Thiết bị đầu cuối có thể có các tên khác nhau trong các mạng khác nhau, ví dụ: thiết bị người dùng, trạm di động, bộ phận thuê bao, trạm, điện thoại cầm tay, thiết bị hỗ trợ kỹ thuật số cá nhân, bộ điều biến-giải điều biến không dây, thiết bị truyền thông không dây, thiết bị cầm tay, máy tính xách tay, điện thoại không dây, hoặc trạm lặp vòng không dây cục bộ. Để dễ dàng mô tả, thiết bị đầu cuối thường được gọi là đầu cuối trong sáng chế này. Trạm gốc (base station, BS) còn được gọi là thiết bị trạm gốc và là một thiết bị được triển khai trong một mạng truy cập vô tuyến để cung cấp chức năng truyền thông không dây. Trong các hệ thống truy cập không dây khác nhau, trạm gốc có thể có các tên khác nhau. Ví dụ, trạm gốc trong một mạng hệ thống viễn thông di động toàn cầu (Universal Mobile Telecommunication System, UMTS) được gọi là Nút B (NodeB), trạm gốc trong mạng LTE được gọi là Nút B tiến hóa (evolved NodeB, eNB hoặc eNodeB), trạm gốc trong một mạng vô tuyến mới (new radio, NR) được gọi là điểm nhận truyền (transmission reception point, TRP) hoặc một Nút B thế hệ (generation NodeB, gNB) tiếp theo, hoặc trạm gốc trong nhiều mạng phát triển khác cũng có thể có các tên khác. Sáng chế không bị giới hạn ở các thuật ngữ nêu trên.

Fig.4 là lưu đồ giản lược của phương pháp xử lý thông tin theo một phương án của sáng chế. Phương pháp này có thể được áp dụng vào hệ thống truyền thông. Hệ thống truyền thông bao gồm thiết bị truyền thông 30 và thiết bị truyền thông 31. Phương pháp này có thể được thực thi bằng thiết bị truyền thông 30 và bao gồm các bước sau.

401: Thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của một chuỗi bít đầu ra trong một khối được mã hóa.

Trong thiết bị truyền thông 30, khối được mã hóa được lưu trữ trong một bộ đệm vòng. Kích thước của khối được mã hóa có thể được đại diện bằng N_{CB}. Khối được mã hóa cũng có thể bao gồm một hoặc nhiều bít lấp đầy. Khi khối được mã hóa được truyền ban đầu hoặc được truyền lại, thiết bị truyền thông 30 sẽ xác định, trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng, chuỗi bít đầu ra được dùng để truyền ban đầu hoặc truyền lại. Chuỗi bít đầu ra không bao gồm bất kỳ bít lấp đầy nào. Mô tả một cách dễ hiểu hơn, lần truyền thứ i chỉ lần truyền ban đầu hoặc một lần truyền lại, i=0 chỉ lần truyền ban đầu, i>0 chỉ lần truyền lại, với i là số nguyên. Ví dụ, i=1 chỉ lần truyền lại thứ nhất, i=2 chỉ lần truyền lại thứ hai, v.v.. Giới hạn trên của các lần truyền lại tùy thuộc vào số lần truyền lại tối đa của hệ thống. Chuỗi bít đầu ra cho mỗi lần truyền ban đầu hoặc mỗi lần truyền lại có thể là phiên bản dư của khối được mã hóa. $k_0(i)$ chỉ vị trí bắt đầu của chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ i trong khối được mã hóa của bộ đệm vòng, và mà cũng có thể được xem như vị trí bắt đầu của phiên bản dư rv(i) đối với lần truyền lại thứ i.

402: Xác định chuỗi bít đầu ra trong một bộ đệm vòng dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(i)$.

Thiết bị truyền thông 30 có thể xác định chuỗi bít đầu ra dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ i và vị trí bắt đầu $k_0(i)$ thu được trong bước 401. Ví dụ, thiết bị truyền thông 30 tuần tự thu được số lượng các bít E(i) bắt đầu từ bít thứ (k0(i)) của khối được mã hóa như chuỗi bít đầu ra. Chuỗi bít đầu ra không bao gồm một bít lấp đầy nào; do đó, nếu thiết bị truyền thông 30 thu được, như chuỗi bít đầu ra, số lượng các bít E(i) trong số lượng các bít F(i) bắt đầu từ bít thứ (k0(i)) của khối được mã hóa, một lượng các bít lấp đầy bằng F(i)–E(i). Do đó, vị trí cuối của chuỗi bít đầu ra là $k_0(i)+F(i)$. F(i) là số lượng bít cần thiết để thu nhận một cách tuần tự các bít đầu ra E(i) từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i)$. F(i) là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0.

Ví dụ, sau khi gửi một chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền ban đầu, nghĩa là lần truyền thứ 0, thiết bị truyền thông 30 nhận được báo nhận phủ định NACK từ thiết bị truyền thông 31. Thiết bị truyền thông 30 cần xác định vị trí bắt đầu $k_0(1)$ của chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ 1, nghĩa là phiên bản dư rv(1) thứ 1. Do đó, thiết bị truyền

thông thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(1)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa được lưu trữ trong bộ đệm vòng, và xác định chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ 1, cụ thể, phiên bản dư rv(1), dựa trên độ dài E(1) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(1)$. Thiết bị truyền thông 30 gửi chuỗi bít đầu ra rv(1) đến thiết bị truyền thông 31. Nếu thiết bị truyền thông 30 nhận NACK từ thiết bị truyền thông 31, thiết bị truyền thông 30 cần xác định vị trí bắt đầu $k_0(2)$ của chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ 2, cụ thể, phiên bản dư thứ 2 rv(2), và xác định chuỗi bít đầu ra đối với lần truyền thứ 2 dựa trên độ dài E(2) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(2)$, nghĩa là xác định phiên bản dư rv(2). Phần còn lại có thể được suy luận theo cách tương tự. Thiết bị truyền thông có thể chấm dứt việc truyền lại khối được mã hóa cho đến khi đạt số lần truyền lại tối đa hoặc cho đến khi thiết bị truyền thông 30 nhận được báo nhận khẳng định ACK từ thiết bị truyền thông 31. Tất nhiên, thiết bị truyền thông 30 có thể thực hiện các lần truyền lại mà không cần phải xem xét đến NACK hoặc ACK từ thiết bị truyền thông 31.

Trong quá trình giải mã, thiết bị truyền thông 31 ở đầu nhận cần thực hiện việc kết hợp và giải mã trên các bít kênh mềm trong lần truyền ban đầu và trên các bít kênh mềm của các phiên bản dư. Đối với khối được mã hóa thu nhận được qua việc mã hóa LDPC, số lượng bít lặp hoặc bít được bỏ qua giữa các phiên bản dư cần phải giảm đi để nâng cao hiệu suất giải mã của thiết bị truyền thông ở đầu nhận.

Khối LDPC được mã hóa trong Fig.5-1 được dùng làm ví dụ. Giả định rằng tỷ lệ mã của một ma trận hạt nhân của khối LDPC được mã hóa trước khi tỉa là 0,89, và tỷ lệ mã thấp nhất được khối mã LDPC chấp nhận là 0,33. Khối LDPC được mã hóa bao gồm các bít thông tin và các bít dư. Các bít thông tin bao gồm các bít sẽ được tỉa có hệ thống và các bít thông tin không thể tỉa. Các bít dư bao gồm các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không thể tỉa, các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và có thể tỉa, và các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-1 và có thể tỉa. Tỉa cũng có thể là không gửi. Một bít được tỉa là một bít không được gửi, và một bít không thể bị tỉa có nghĩa là bít đó cần được gửi. Các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 tương ứng với cột trong phần cấu trúc hai đường chéo trong ma trận kiểm tra chẵn lẻ, hoặc nói cách khác, tương ứng với cột trong phần cấu trúc hai đường chéo trong ma trận hạt nhân. Chuỗi bít đầu ra e_0 bao gồm các bít thông tin không được tỉa và các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa có tỷ lệ mã cao nhất.

Có nhiều kích thước ảnh hưởng đến hiệu suất giải mã của mã LDPC. Ví dụ, trong quá trình giải mã mã LDPC, phần dư không phải các bít thông tin thường cần được chọn theo thứ tự mã hóa để tạo thành từ mã cho việc giải mã. Một ví dụ khác, đối với mã LDPC, các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 được tỉa để thu được tỷ lệ mã cao hơn tỷ lệ mã ban đầu được hỗ trợ bởi ma trận hạt nhân. Trong suốt quá trình truyền lại, các bít chẵn lẻ được tỉa tương ứng với các cột trọng số-2 cần được truyền lại trước tiên, kế tiếp là các bít chẵn lẻ được tỉa trong phần cột trọng số-1 cột được gửi. Một ví dụ khác, trong suốt quá trình truyền lại, tỷ lệ của các bít dư được lặp lại có cao hơn chỉ báo hiệu suất giải mã kém hơn.

Như được thể hiện trên Fig.5-2, có bốn giá trị vị trí bắt đầu là p_0, p_1, p_2, và p_3. Trong lần truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra, cụ thể, phiên bản dư 0, được thu nhận bắt đầu từ vị trí bắt đầu thứ 0 p_0. Trong lần truyền lại thứ 1, chuỗi bít đầu ra, cụ thể, phiên bản dư 1, thu được bắt đầu từ vị trí bắt đầu thứ 1 p_1. Phiên bản dư 0 và phiên bản dư 1 không liên tục. Một lượng lớn các bít bị bỏ qua không được truyền, và đặc biệt là các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 không được chọn. Sau khi nhận hai phiên bản dư, thiết bị truyền thông ở đầu nhận thực hiện việc kết hợp và giải mã. Tuy nhiên, do các bít dư bị bỏ qua trong Fig.5-2 không được truyền đến thiết bị truyền thông ở đầu nhận, các bít dư không thể được chọn trước các bít dư trong phiên bản dư 1 để tạo từ mã cho việc giải mã. Kết quả là hiệu suất giải mã bị giảm đi rất nhiều. Ngoài ra, các bít bị bỏ qua trên Fig.5-2 cũng bao gồm các bít chẵn lẻ được tỉa tương ứng với các cột trọng số-2, điều đó làm giảm thêm hiệu suất giải mã.

Như được thể hiện trên Fig.5-3, trong lần truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra, cụ thể, phiên bản dư 0, được thu nhận bắt đầu từ vị trí bắt đầu thứ 0 p_0. Trong lần truyền lại thứ 1, chuỗi bít đầu ra, cụ thể, phiên bản dư 1, được thu nhận bắt đầu từ vị trí bắt đầu thứ 1 p_1. Mặc dù phiên bản dư 0 và phiên bản dư 1 là liên tục, nhưng nếu tỷ lệ mã của lần truyền ban đầu tương đối thấp, thì sẽ có số lượng bít lặp tương đối lớn, dẫn đến tổn thất hiệu suất giải mã.

Trong bước 401, giá trị của $k_0(i)$ có thể là p_k, và p_k là một giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$. Nói cách khác, có k_{max} giá trị vị trí bắt đầu. $0 \leq p_k < N_{CB}$, p_k là số nguyên, k là số nguyên, $0 \leq k < k_{max}$, N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa,

và k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4. Ví dụ, $k_{\max} = 2^n$, và n là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; hoặc $k_{max} = Nb$, và Nb là số lượng cột của ma trận cơ sở.

Chỉ số dưới k trong p_k có thể là số vị trí bắt đầu của phiên bản dư rv_{idx}.

$\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được định nghĩa theo nhiều cách. Ví dụ, tập hợp có thể là một tập hợp chỉ bao gồm các phần tử $p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}$, hoặc có thể là một tập hợp con của một tập hợp khác. các phần tử trong tập hợp $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được sắp xếp theo một thứ tự cụ thể, hoặc có thể không được sắp xếp theo một thứ tự cụ thể. Điều này không bị giới hạn cụ thể trong sáng chế.

Trong cách thực hiện khả thi thứ nhất, k_{max} giá trị $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được phân bổ đều dựa trên các hiệu số. Hiệu số giữa hai giá trị a và b có thể được biểu diễn bằng $|a - b|$, và $||$ biểu diễn việc tính toán giá trị tuyệt đối. Đối với giá trị của vị trí bắt đầu của khối được mã hóa trong bộ đệm vòng, nếu $p_k \geq p_{k-1}$, thì hiệu số giữa p_k và p_{k-1} là $|p_k - p_{k-1}|$; và nếu $p_k < p_{k-1}$, hiệu số giữa p_k và p_{k-1} là $|(p_k + N_{CB}) - p_{k-1}|$. Ví dụ, hiệu số là một số nguyên S. Hiệu số giữa hai giá trị liền kề là S. Nếu k>0, p_k có thể được tính dựa trên giá trị trước đó p_{k-1}. Ví dụ, p_k thỏa mãn $p_k = (p_{k-1} + S) \, mod N_{CB}$. Theo cách khác, p_k có thể được tính dựa trên p_0, và p_k thỏa mãn $p_k = (p_0 + k \cdot S) \, mod N_{CB}$. p_0 có thể là bội số nguyên của kích thước nâng, và $p_0 = l \cdot z$, trong đó l là số nguyên, và $0 \leq l < Nb$. Nếu p_0=0, phương trình có thể được đơn giản hóa như là p_k thỏa mãn $p_k = (k \cdot S) \, mod N_{CB}$.

k_{max} giá trị $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được thiết đặt dựa trên kích thước N_{CB} của khối được mã hóa. S có thể bằng $\left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{\max}} \right\rfloor$ hoặc $\left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{\max}} \right\rceil$. Trong trường hợp này, nếu k>0, p_k thỏa mãn $p_k = \left(p_{k-1} + \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rfloor\right) mod \; N_{CB}$, hoặc $p_k = \left(p_{k-1} + \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{max}} \right\rceil\right) mod \; N_{CB}$. Một ví dụ khác, p_k thỏa mãn $p_k = \left(p_0 + \left\lfloor \frac{N_{CB} \cdot k}{k_{max}} \right\rfloor\right) mod \; N_{CB}$, $p_k = \left(p_0 + \left\lceil \frac{N_{CB} \cdot k}{k_{max}} \right\rceil () \, mod \, N_{CB}\right)$, $p_k = \left(p_0 + k \cdot \left\lfloor \frac{N_{CB}}{k_{\max}} \right\rfloor\right) \bmod N_{CB}$, hoặc

$$p_k = \left(p_0 + k \cdot \left\lceil \frac{N_{CB}}{k_{\max}} \right\rceil \right) \bmod N_{CB}$$

$\lceil \rceil$ chỉ việc làm tròn lên thành số nguyên, và $\lfloor \rfloor$ chỉ việc làm tròn xuống thành số nguyên. Ví dụ, 2,1 được làm tròn lên thành 3, và được làm tròn xuống thành 2.

Trong ví dụ trong đó khối được mã hóa có độ dài là 215 bít, k_{max} bằng 8, và hiệu số giữa các giá trị liền kề là $\left\lfloor \frac{215}{8} \right\rfloor$ =26 bít, nếu p_0 =0, các giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ thỏa mãn $p_k = \left\lfloor \frac{N_{CB} \cdot k}{k_{max}} \right\rfloor mod N_{CB}$, và bằng {0, 26, 52, 78, 104, 130, 156, 182}. Có thể hiểu rằng trong ví dụ trên, các phần tử trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được phân phối theo thứ tự tăng dần theo các khoảng cách bằng nhau. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ nhằm mục đích mô tả, và sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này. Ví dụ, các phần tử trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ cũng có thể được sắp xếp theo thứ tự giảm dần, và hiệu số giữa các phần từ liền kề cũng có thể có các giá trị khác.

Một ví dụ khác, $k_{max} = Nb$, và Nb là số lượng cột của ma trận cơ sở. N_{CB} được thu nhận dựa trên $Nb \cdot z$ và có thể được tỉa theo lựa chọn. Do đó, hiệu số giữa các giá trị liền kề có thể bằng z. Đối với bất kỳ giá trị p_k, $p_k = (k \cdot z) \, mod \, N_{CB}$. Ví dụ, nếu Nb=50 và z=4, các giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ thỏa mãn $p_k = (k \cdot z) \, mod \, N_{CB}$, và bằng {0, 4, 8, ..., 196}. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ dùng để mô tả, và sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này.

Việc tăng k_{max} có thể làm giảm khoảng cách giữa các vị trí bắt đầu của các phiên bản dư. Phiên bản dư được xác định theo vị trí bắt đầu cũng có thể giúp tăng hiệu suất giải mã của thiết bị truyền thông ở đầu nhận. Ví dụ, k_{max} có thể là số nguyên lớn hơn 4. Ví dụ, k_{max}=5; hoặc $k_{max} = 2^n$, và k_{max} bằng 8 hoặc lớn hơn 8, ví dụ 8 hoặc 16, với n là số nguyên lớn hơn 2. Một ví dụ khác, $k_{max} = Nb$, và Nb là số cột của ma trận cơ sở của khối được mã hóa. Đây chỉ là một ví dụ dùng để mô tả, và sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này.

Trong phương pháp nêu trên, khoảng cách giữa các lần truyền phiên bản dư

không thay đổi nhiều, hoặc không bao gồm số lượng bít lặp lớn. Do đó, phương pháp nêu trên có thể được áp dụng cho nhiều tỷ lệ mã truyền ban đầu khác nhau và có hiệu suất tương đối ổn định.

Theo cách thực hiện khả thi thứ hai, k_{max} giá trị $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được thiết đặt theo cách khác sao cho hiệu số giữa các giá trị liền kề được thay đổi.

Ví dụ, p_{m+1} được dùng làm điểm phân cách, k_{max}–m–2 giá trị sau p_{m+1} có thể được thiết đặt theo cách trong đó hiệu số giữa các giá trị liền kề theo thứ tự tăng dần như được mô tả trên đây, k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4. Ví dụ, $p_{m+2} - p_{m+1} \leq p_{m+3} - p_{m+2}$. m+1 giá trị giữa p_0 và p_{m+1} có thể được phân bố đều dựa trên hiệu số, mà, ví dụ, có giá trị bằng $\left\lfloor \frac{p_{m+1}-p_0}{m+1} \right\rfloor$ hoặc bằng $\left\lceil \frac{p_{m+1}-p_0}{m+1} \right\rceil$; hoặc có thể được thiết đặt theo cách khác trong đó hiệu số giữa các giá trị liền kề được thay đổi. Điều này không bị giới hạn ở đây. Ví dụ, nếu k_{max} =4, theo $p_{m+2} - p_{m+1} \leq p_{m+3} - p_{m+2}$, và chỉ số dưới m+3 trong p_{m+3} nhỏ hơn hoặc bằng k_{max}-1, nghĩa là m+3≤3, khi đó m = 0, và do đó p_2- p_1≤ p_3- p_2. Có thể thấy ngay là đối với cách trong đó các hiệu số giữa các giá trị liền kề được thay đổi, p_2- p_1< p_3- p_2, đối với cách trong đó các hiệu số giữa các giá trị liền kề là chẵn, p_2- p_1= p_3- p_2.

Ví dụ, trong suốt quá trình truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra có tỷ lệ mã cao được thu nhận, bao gồm các bít thông tin và các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa, ví dụ, e_0 trong Fig.5-1. Độ dài của chuỗi bít đầu ra là $E_0 = (Nb - Mb + j) * z$, trong đó j là số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 hoặc số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa. Giá trị của p_{m+1} có thể là $(Nb - Mb + j) * z$.

Nếu $p_k > (Nb - Mb + j) * z$, p_k thỏa mãn $p_k - p_{k-1} \leq p_{k+1} - p_k$, với m+1<k<$k_{max}$–1. Như được mô tả trên đây, k_{max} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 4. Nếu k_{max} =4, k_{max}-1=3, nghĩa là m+1<k<3, do k là số nguyên, nên k=2, m = 0. Do đó p_2- p_1≤ p_3- p_2.

Nếu $p_k < (Nb - Mb + j) * z$, hiệu số giữa các giá trị liền kề trong số m+1 giá trị giữa p_0 và p_{m+1} bằng $\left\lfloor \frac{p_{m+1}-p_0}{m+1} \right\rfloor$ hoặc bằng $\left\lceil \frac{p_{m+1}-p_0}{m+1} \right\rceil$. Ví dụ, với k<m+1, p_k

thỏa mãn $p_k = \left(p_0 + \left\lfloor \frac{(p_{m+1}-p_0)\cdot k}{m+1} \right\rfloor\right) mod p_{m+1}$ hoặc $p_k = \left(p_0 + \left\lfloor \frac{(p_{m+1}-p_0)\cdot k}{m+1} \right\rfloor\right) mod p_{m+1}$.

Nếu $p_k = (Nb - Mb + j) * z$, điều đó có nghĩa là p_k=p_{m+1}, và k=m+1.

Theo phương pháp này, các vị trí bắt đầu được phân bố dày đặc hơn ở vị trí gần các bít thông tin hơn, và các vị trí bắt đầu được phân bố thưa hơn ở vị trí gần với bít cuối cùng của khối được mã hóa hơn.

Ma trận cơ sở được thể hiện trên Fig.1 được dùng làm ví dụ. Nb=38, Mb=13, và z=4. Bốn cột cuối cùng trong ma trận hạt nhân H_k là một phần của cấu trúc hai đường chéo, cụ thể, các cột tương ứng của các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2. Do đó, số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 là bốn. Nếu hai cột không được tỉa, số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa là hai. Nếu j là số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2, E_{r0}=116. Nếu j là số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa, E_{r0}=108. Trong ví dụ trong đó j là số lượng bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không được tỉa, k_{max} bằng 8, và khối được mã hóa có độ dài bằng 152 bít, p_4=E_{r0}=108, p_0=2, và ba giá trị p_1, p_2, và p_3 nằm giữa p_0 và p_4. Hiệu số giữa hai giá trị liền kề là $\left\lfloor \frac{106}{4} \right\rfloor$=26. Ba giá trị p_5, p_6, và p_7 nằm giữa p_4 và bít cuối cùng của khối được mã hóa, với hiệu số giữa các giá trị nêu trên theo thứ tự giảm dần. Các hiệu số tuần tự là 6, 10, và 14. k_{max} giá trị là {2, 28, 54, 80, 108, 114, 124, 138}. Cần lưu ý rằng việc phân bố các phần tử trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ theo thứ tự tăng dần chỉ là một ví dụ trong sáng chế này. Có thể hiểu là sáng chế này không bị giới hạn ở ví dụ trên, các phần tử trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có thể được phân bố theo cách khác theo thứ tự giảm dần, và khoảng cách giữa các phần tử liền kề trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ theo cách khác có thể có giá trị khác.

Đối với giá trị p_k trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, $k_0(i)$ trong bước 401 có thể được xác định theo nhiều cách.

Dựa trên cách thực hiện thứ nhất hoặc cách thực hiện thứ hai, trong cách thực hiện khả thi thứ ba, nếu i>0, vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i-$

1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước.

Để dễ mô tả, hướng từ vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đến bít cuối cùng (bít thứ (N_{CB}–1)) của khối được mã hóa được xác định là hướng từ đầu đến cuối, và hướng từ vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước đến bít bắt đầu (bít thứ 0) của khối được mã hóa được xác định là hướng từ cuối đến đầu.

Ví dụ, để giảm lượng bít dư lặp lại, vị trí bắt đầu k_0(i) có thể được thu nhận theo hướng từ đầu đến cuối dựa trên vị trí bắt đầu k_0(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước. Chuỗi bít đầu ra không có bít lấp đầy nào; do đó, nếu F(i–1) là số lượng bít cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ k_0(i–1), vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra thu được trước đó là (k_0(i–1)+F(i–1)–1) mod N_{CB}. Giá trị p_k của vị trí bắt đầu thứ nhất theo hướng từ đầu đến cuối từ vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra được xác định lần trước được sử dụng như k_0(i). Nếu vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra được xác định lần trước lớn hơn giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, thì p_k là giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$.

Có thể hiểu rằng p_k là giá trị tối thiểu thỏa mãn $p_k \geq ((k_0(i-1) + F(i-1)) mod N_{CB})$. Nếu không có giá trị nào trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ thỏa mãn $p_k \geq ((k_0(i-1) + F(i-1)) \, mod \, N_{CB})$, nói cách khác, $((k_0(i-1) + F(i-1)) \, mod \, N_{CB})$ lớn hơn giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$.

Các giá trị {2, 28, 54, 80, 108, 114, 124, 138} trong cách thực hiện nêu trên được dùng làm ví dụ. Vị trí bắt đầu k_0(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 2, và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước bằng 25 bít. Có 5 bít lấp đầy; do đó, số lượng bít F(i–1) cần thiết để tuần tự thu nhận các bít đầu ra E(i–1) từ khối được mã hóa bắt đầu từ k_0(i–1) lần trước là 30. Đối với chuỗi bít đầu ra k_0(i) cho lần truyền thứ i, k_0(i)=54 nếu phương pháp để xác định vị trí bắt đầu theo hướng từ đầu đến

cuối trong phương án này được sử dụng. Nếu vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 124, độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước bằng 30 bít và không có bít lấp đầy nào, thì số lượng bít cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$ lần trước là 30, và $k_0(i)=2$. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ, và sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này.

Một ví dụ khác, để đáp ứng yêu cầu giải mã tuần tự, vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định theo hướng từ cuối đến đầu dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước. Chuỗi bít đầu ra không có bít lấp đầy nào; do đó, nếu F(i–1) là số lượng bít cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$, thì vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra thu được trong lần truyền trước là $(k_0(i-1)+F(i-1)-1) \bmod N_{CB}$. Giá trị p_k của vị trí bắt đầu đầu tiên theo hướng từ cuối đến đầu từ vị trí cuối cùng của chuỗi bít đầu ra thu nhận được trong lần truyền trước được sử dụng làm $k_0(i)$. Nếu vị trí cuối của chuỗi bít đầu ra thu nhận được trong lần truyền trước nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$. Có thể hiểu rằng p_k là giá trị tối đa thỏa mãn $p_k \leq \left((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB}\right)$. Nếu không có giá trị nào trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ thỏa mãn $p_k \leq \left((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod N_{CB}\right)$, nói cách khác, $((k_0(i-1)+F(i-1)) \, mod \, N_{CB})$ nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$.

Các giá trị {2, 28, 54, 80, 108, 114, 124, 138} trong phương án nêu trên và độ dài của khối được mã hóa bằng 152 bít vẫn được dùng làm ví dụ. Vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 2, và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 25 bít. Có 5 bít lấp đầy. Do đó, số lượng bít F(i–1) cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$ lần trước là 30. Đối với chuỗi bít đầu ra $k_0(i)$ cho lần truyền thứ i, $k_0(i)=28$ nếu sử dụng phương pháp thu nhận vị trí bắt đầu theo hướng từ cuối đến đầu. Nếu vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 124, thì độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 20 bít, và có chín bít lấp đầy, số lượng bít F(i–1) cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$ lần trước là 29, và

$k_0(i)$=138. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ, và sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này.

Một ví dụ khác, để bù tổn thất hiệu suất giải mã do việc lặp lại các bít và bỏ qua các bít dư gây ra, dựa vào kết quả thu nhận $k_0(i)$ theo hướng từ cuối đến đầu và thu nhận $k_0(i)$ theo hướng từ đầu đến cuối trong hai ví dụ nêu trên, giá trị của một trong hai kết quả mà có hiệu số nhỏ hơn với vị trí cuối của chuỗi bít đầu ra thu được trong lần trước sẽ được sử dụng làm $k_0(i)$. Nếu $p_0 \le \left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right) \le p_{k_{max}-1}$, p_k là một giá trị trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có hiệu số nhỏ nhất với $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$; hoặc nếu $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$ nhỏ hơn giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ hoặc $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$ lớn hơn giá trị lớn nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$, p_k là một trong giá trị nhỏ nhất trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ và giá trị lớn nhất $p_{k_{max}-1}$ trong $\{p_0, p_1, p_2 \ldots, p_{k_{max}-1}\}$ có hiệu số nhỏ hơn với $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$. Theo một cách thực hiện khả thi, p_{k+} và p_{k-} có thể được xác định trước tiên. p_{k+} là giá trị của vị trí bắt đầu đầu tiên theo hướng từ đầu đến cuối từ vị trí sau cùng của chuỗi bít đầu ra thu được lần trước, p_{k-} là giá trị của vị trí bắt đầu đầu tiên theo hướng từ cuối đến đầu từ vị trí sau cùng của chuỗi bít đầu ra thu được lần trước, và p_k là p_{k+} hoặc p_{k-} có hiệu số nhỏ hơn với $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod\ N_{CB}\right)$. Nếu hiệu số giữa p_{k+} và $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$ bằng hiệu số giữa p_{k-} và $\left((k_0(i-1)+F(i-1))\, mod N_{CB}\right)$, p_k có thể được chọn tùy ý từ hai giá trị trên, hoặc dựa theo hướng xác định giá trị.

Các giá trị {2, 28, 54, 80, 108, 114, 124, 138} trong phương án nêu trên và độ dài của khối được mã hóa bằng 152 bít vẫn được dùng làm ví dụ. Vị trí bắt đầu $k_0(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 2, và độ dài $E(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước là 26 bít. Số lượng bít $F(i-1)$ cần thiết để tuần tự thu nhận $E(i-1)$ bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$ lần trước là 30. Đối với chuỗi bít đầu ra $k_0(i)$ cho lần truyền thứ i, $k_0(i)$=28 nếu sử dụng phương pháp trong phương án này để thu nhận vị trí bắt đầu. Nếu $k_0(i-1)$ là 124 bít, độ dài $E(i-1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước bằng 29 bít, và số lượng bít $F(i-1)$ cần thiết để tuần tự thu được $E(i-1)$

bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i-1)$ lần trước là 30, giá trị thu được theo hướng từ đầu đến cuối là p_0 =2, hiệu số giữa p_0 và $((k_0(i-1)+F(i-1))\,mod N_{CB}$) là 1, giá trị được xác định theo hướng từ cuối ra đầu là p_7=138, và hiệu số giữa p_7 và $((k_0(i-1)+F(i-1))\,mod N_{CB}$) là 15. Do đó, $k_0(i)=p_0$=2. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ, và sáng chế này không bị giới hạn ở ví dụ này.

Một ví dụ khác, để bù tổn thất hiệu suất giải mã do việc lặp lại các bít và bỏ qua các bít dư gây ra, hướng để thu vị trí bắt đầu $k_0(i)$ trong lần truyền thứ i được xác định dựa trên sự tương ứng giữa số lần truyền i và hướng để thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$, và vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được thu nhận dựa trên vị trí sau cùng của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và hướng được xác định để thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$. Bảng của số lần truyền i và hướng để thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$, ví dụ, Bảng 1, có thể là được thiết đặt trong thiết bị truyền thông. Số lượng lần truyền lại lớn nhất là ba, và không cần thiết đặt hướng thu nhận cho lần truyền ban đầu.

Bảng 1

Số lượng lần truyền	Hướng thu
1	đầu đến cuối
2	cuối đến đầu
3	cuối đến đầu

Các giá trị {2, 28, 54, 80, 108, 114, 124, 138} trong phương án nêu trên và độ dài của khối được mã hóa bằng 152 bít vẫn được sử dụng làm ví dụ. Nếu vị trí bắt đầu $k_0(0)$ của một chuỗi bít đầu ra cho lần truyền ban đầu là 2, độ dài E(0) của chuỗi bít đầu ra cho lần truyền ban đầu là 20 bít, và số bít lấp đầy là 10, F(0)=30 bít. Giả định là có cùng số lượng bít lấp đầy mỗi lần chuỗi bít đầu ra được thu nhận, chuỗi bít đầu ra cho mỗi lần truyền có cùng độ dài, và vị trí bắt đầu được thu nhận bằng cách sử dụng sự tương ứng trong Bảng 1 trên đây. Đối với chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ 1, vị trí bắt đầu $k_0(1)$ được thu nhận theo hướng từ đầu đến cuối, và $k_0(1)$=54. Đối với chuỗi bít đầu ra

cho lần truyền thứ 2, vị trí bắt đầu $k_0(2)$ được thu nhận theo hướng từ cuối đến đầu, và $k_0(2)=80$. Đối với chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ 3, vị trí bắt đầu $k_0(3)$ được thu nhận, và $k_0(3)=108$. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ, và sáng chế này không bị giới hạn ở ví dụ này.

"Cuối đến đầu " và "đầu đến cuối" trong các hướng thu nhận có thể được chỉ báo bằng cách sử dụng các giá trị số cụ thể, và không giới hạn ở cách diễn đạt thành văn. Ví dụ, 0 chỉ "cuối đến đầu", và 1 chỉ "đầu đến cuối "; hoặc sử dụng một cách diễn đạt bằng số khác. Sự tương ứng giữa số lượng lần truyền i và hướng thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ có thể được xác định theo cách khác dưới một hình thức khác. Phương án này của sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ này.

Hướng thu nhận vị trí bắt đầu của chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ i có thể được xác định dựa trên số lần truyền i. Vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định theo hướng từ cuối đến đầu dựa trên hướng thu nhận vị trí bắt đầu của chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ i, vị trí bắt đầu $k_0(i–1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước, và độ dài $E(i–1)$ của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước.

Theo cách thực hiện thứ nhất hoặc cách thực hiện thứ hai, theo cách thực hiện khả thi thứ tư, thứ tự theo đó vị trí bắt đầu được thu nhận trong mỗi lần truyền có thể được xác định, và thứ tự chọn giá trị của chỉ số dưới k trong p_k trong mỗi lần truyền cũng có thể được quy định. Thứ tự này có thể được chỉ báo cho thiết bị truyền thông ở đầu nhận, hoặc có thể được lưu trữ trước trong thiết bị truyền thông ở đầu truyền và thiết bị truyền thông ở đầu nhận.

Chỉ số dưới k trong p_k có thể là số vị trí bắt đầu phiên bản dư rv_{idx}, số vị trí bắt đầu phiên bản dư trong lần truyền thứ i có thể được biểu diễn bằng $rv_{idx}(i)$, và vị trí bắt đầu $k_0(i)$ có thể được xác định dựa trên số vị trí bắt đầu của phiên bản dư $rv_{idx}(i \bmod k_{max})$.

Phương pháp thu nhận vị trí bắt đầu theo thứ tự cố định có thể được sử dụng. Trong một phương án, thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} có thể được xác định. Số lượng giá trị theo thứ tự chọn giá trị có thể là k_{max}, hoặc có thể là số lượng lần truyền lại lớn nhất R_{max}. Ví dụ, khi $k_{max}=8$, thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} tuần tự là 0, 3, 6, 2, 5, 7, 4, và 1. Đối với lần truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra được xác định bắt đầu từ bít thứ p_0. Đối với lần

truyền thứ nhất, $k_0(1)=p_3$, và một chuỗi bít đầu ra được xác định bắt đầu từ bít thứ p_3. Đối với lần truyền thứ hai, $k_0(2)=p_6$, và chuỗi bít đầu ra được xác định bắt đầu từ bít thứ p_6. Các trường hợp còn có thể được suy luận bằng cách so sánh. Đối với lần truyền thứ k_{max}, chuỗi bít đầu ra lại được xác định bắt đầu từ bít thứ p_0. Cụ thể, đối với lần truyền thứ i, $k=rv_{idx}(i \bmod k_{max})$, và $k_0(i)=p_k$. Một ví dụ khác, số lượng lần truyền lại tối đa R_{max} là 3, và tập hợp thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} là {0, 2, 3, 1}. Trong trường hợp này, đối với lần truyền ban đầu, và chuỗi bít đầu ra được xác định bắt đầu từ bít thứ p_0. Đối với lần truyền thứ nhất , $k_0(1)=p_2$, và chuỗi bít đầu ra được xác định bắt đầu từ bít thứ p_3. Đối với lần truyền thứ hai, $k_0(2)$ bằng p_3. Đối với lần truyền thứ i, $k=rv_{idx}(i \bmod R_{max})$, và $k_0(i)=p_k$.

Ngoài ra, thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} cũng có thể được xác định dựa trên giá trị của tỷ lệ mã truyền ban đầu, hoặc có thể được xác định dựa trên độ dài E của một chuỗi bít đầu ra cho mỗi lần truyền và kích thước nâng z. Trong truyền hợp truyền lại không thích ứng, độ dài của một chuỗi bít đầu ra trong lần truyền ban đầu bằng với độ dài của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền lại. Ví dụ, thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} được xác định dựa trên $\left\lfloor \frac{E}{z} \right\rfloor$.

Ví dụ, $k_{max}=8$, và một ma trận LDPC 66*82 được sử dụng. Số lượng cột của các bít thông tin là 16. Đối với khối được mã hóa, tham khảo Bảng 2 về sự tương ứng giữa thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} và tỷ lệ mã của lần truyền ban đầu. Ví dụ, $R_0 \geq 0{,}8$, và thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} là {0, 2, 4, 6}.

Bảng 2

Tỷ lệ mã lần truyền ban đầu R_0	Thứ tự chọn giá trị của rv_{idx}
$R_0 \geq 0{,}8$	0, 2 , 4, 6
$0{,}53 \leq R_0 < 0{,}8$	0,3,6,2
$R_0 < 0{,}53$	0,4,2,6

Một ví dụ khác, k_{max}=8, và ma trận LDPC 66*82 được sử dụng. Số lượng cột của các bít thông tin là 16. Đối với khối được mã hóa, tham khảo Bảng 3 về sự tương ứng giữa thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} và tỷ lệ mã lần truyền ban đầu. Ví dụ, $20 < \left\lceil \frac{E}{z} \right\rceil \leq 30$, và thứ tự chọn giá trị của rv_{idx} là {0, 3, 6, 2}.

Bảng 3

Độ dài E của chuỗi bít đầu ra và kích thước nâng z	Thứ tự lựa chọn giá trị của rv_{idx}
$\left\lceil \frac{E}{z} \right\rceil \leq 20$	0, 2, 4, 6
$20 < \left\lceil \frac{E}{z} \right\rceil \leq 30$	0, 3, 6, 2
$\left\lceil \frac{E}{z} \right\rceil > 30$	0, 4, 2, 6

Cách này thích hợp cho việc truyền lại không thích ứng, và thông tin về vị trí bắt đầu không cần được chỉ báo cho thiết bị truyền thông ở đầu nhận trước mỗi lần gửi.

Vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa theo cách khác có thể được thu nhận dựa trên rv_{idx} được chỉ báo bởi thiết bị truyền thông ở đầu truyền. Cách này phù hợp với việc truyền lại có thích ứng.

Theo cách thực hiện khả thi thứ năm, đối với việc truyền lại, cụ thể, đối với i>0, chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ i và chuỗi bít đầu ra cho lần truyền thứ (i–1) được nối từ đầu này đến đầu kia. Theo cách thực hiện này, $k_0(i)$ được xác định dựa trên vị trí bắt đầu $k_0(i–1)$ của một chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước và độ dài E(i–1) của chuỗi bít đầu ra trong lần truyền trước. Chuỗi bít đầu ra không có bít lấp đầy nào. Do đó, F(i–1) có thể được thu nhận dựa trên $k_0(i–1)$ và E(i–1). F(i–1) là số lượng bít cần thiết để tuần tự thu nhận E(i–1) bít đầu ra từ khối được mã hóa bắt đầu từ $k_0(i–1)$. $k_0(i)=(k_0(i–1)+F(i–1)) \bmod N_{CB}$. Theo cách thực hiện này, các chuỗi bít đầu ra của hai lần truyền

liền kề là liên tiếp nhau, và không có bít lặp nào tồn tại giữa hai chuỗi bít đầu ra, sao cho khi các chuỗi bít đầu ra nêu trên được gửi đến thiết bị truyền thông ở đầu nhận, hiệu suất giải mã tương đối tốt có thể đạt được.

Ngoài ra, dựa trên cách truyền lại với kết nối từ đầu này đến đầu kia, sau khi tất cả các bít của khối được mã hóa đã được truyền một lần, độ lệch E_{offset} được cộng vào đối với mỗi lần truyền lại, cụ thể, $k_0(i) = \left(k_0(i-1) + F(i-1) + E_{offset}\right) mod\ N_{CB}$. Theo cách thực hiện này, nếu bít cuối cùng của khối được mã hóa đã được truyền, $k_0(i) = \left(k_0(i-1) + F(i-1) + E_{offset}\right) mod\ N_{CB}$; nếu không, $k_0(i)=(k_0(i-1)+F(i-1)) \bmod N_{CB}$. Theo cách này, sau khi tất cả các bít đều đã được truyền, độ lệch được cộng đối với mỗi lần truyền lại, sao cho số lượng bít lặp được giảm đi, qua đó giảm tổn thất hiệu suất giải mã.

Tùy chọn là, sau khi phương pháp xử lý thông tin được thực hiện, thiết bị truyền thông có thể xử lý thêm chuỗi bít đầu ra để chuỗi bít đầu ra được sử dụng trong quá trình gửi hoặc nhận. Ví dụ, việc xử lý bao gồm đan xen chuỗi bít đầu ra, ánh xạ chuỗi bít đầu ra vào các ký hiệu điều biến, v.v.. Về cách xử lý, tham khảo phương pháp xử lý tương ứng trong giải pháp kỹ thuật đã biết, và các nội dung chi tiết không được mô tả ở đây.

Fig.6 là lưu đồ của phương pháp xử lý thông tin theo một phương án của sáng chế. Phương pháp này có thể được áp dụng vào hệ thống truyền thông. Hệ thống truyền thông này bao gồm thiết bị truyền thông 30 và thiết bị truyền thông 31. Phương pháp này có thể được thực hiện bởi thiết bị truyền thông 31 và bao gồm các bước sau.

601: Thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít mềm có độ dài E(i) được lưu trữ trong bộ đệm mềm.

602: Kết hợp và lưu trữ chuỗi bít mềm tại bước 601 trong bộ đệm mềm bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$.

Thiết bị truyền thông 30 gửi chuỗi bít đầu ra được thu nhận trong các phương án nêu trên đến thiết bị truyền thông 31. Có thể hiểu rằng chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên là chuỗi bít đầu ra thu nhận được sau khi so khớp tỷ lệ, thiết bị truyền thông 30 có thể thực hiện các việc xử lý như đan xen và điều biến trên chuỗi bít đầu ra thu được sau khi so khớp tỷ lệ và gửi một tín hiệu tương ứng với chuỗi bít đầu ra, và thiết

bị truyền thông 31 nhận tín hiệu đầu ra và thực hiện việc điều biến và khử đan xen trên tín hiệu đầu ra để thu được chuỗi bít mềm tương ứng với chuỗi bít đầu ra. Cụ thể, một bít trong chuỗi bít đầu ra tương ứng với một bít kênh mềm (soft channel bit) trong chuỗi bít mềm. Vị trí của các bít kênh mềm lưu trữ trong bộ đệm mềm của thiết bị truyền thông 31 tương ứng một - một với các vị trí trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng của thiết bị truyền thông 30. Kích thước của bộ đệm mềm và kích thước của khối được mã hóa trong bộ đệm vòng cũng giống nhau và có thể là N_{CB}.

Ví dụ, một bít đầu ra do thiết bị truyền thông 30 gửi là 1, và sau khi truyền kênh, thiết bị truyền thông 31 thu được một bít kênh mềm tương ứng với bít đầu ra, với bít kênh mềm là 1,45. Nếu một vị trí của bít đầu ra trong khối được mã hóa là bít thứ 5, bít kênh mềm thứ 5 trong bộ đệm mềm của thiết bị truyền thông 31 là 1,45. Cần lưu ý rằng đây chỉ là ví dụ nhằm mục đích mô tả, và phương án này của sáng chế không bị hạn chế ở ví dụ này. Nếu chuỗi bít đầu ra thu được bởi thiết bị truyền thông 30 bao gồm n_c bít đầu ra, thiết bị truyền thông 31 có thể thu được n_c bít kênh mềm tương ứng. Nếu nhận được bít kênh mềm của cùng một vị trí ở hai thời điểm, thiết bị truyền thông 31 sẽ kết hợp giá trị mềm. Ví dụ, nếu một bít kênh mềm nhận được trong lần truyền thứ nhất là 1,45 và một bít kênh mềm nhận được trong lần truyền thứ hai là 0,5, sau khi kết hợp giá trị sẽ là 1,95. Cần lưu ý rằng đây chỉ là một ví dụ, và sáng chế này không bị giới hạn ở ví dụ này.

Có thể hiểu rằng vị trí bắt đầu $k_0(i)$ và cách thức để thu được vị trí đó có các đặc điểm tương ứng với các phương án nêu trên. Xin xem phần mô tả trong các phương án nêu trên, và chi tiết không được mô tả lại ở đây. Cần lưu ý rằng trong thiết bị truyền thông 30, vị trí bắt đầu liên quan đến khối được mã hóa trong bộ đệm vòng; trong thiết bị truyền thông 31, vị trí bắt đầu liên quan đến bộ đệm mềm; về phần thiết bị truyền thông 30, chuỗi bít đầu ra được xác định trong khối được mã hóa trong bộ đệm vòng, và về phần thiết bị truyền thông 31, chuỗi bít mềm nhận được được lưu trữ trong bộ đệm mềm.

Fig.7 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị xử lý thông tin 700. Thiết bị có thể được áp dụng cho thiết bị truyền thông 30 trong hệ thống truyền thông thể hiện trên Fig.3. Thiết bị 700 cũng có thể được xem như một thiết bị so khớp tỷ lệ. Thiết bị 700 có thể được

tạo cấu hình để thực hiện các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Xin xem phần mô tả trong các phương án thực hiện phương pháp nêu trên, và chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Thiết bị 700 có thể bao gồm một bộ phận thu nhận 701 và một bộ phận xử lý 702.

Bộ phận thu nhận 701 được tạo cấu hình để thu vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của một chuỗi bít đầu ra trong một khối được mã hóa. Bộ phận xử lý 702 được tạo cấu hình để xác định chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(i)$. Khối được mã hóa được lưu trữ trong một bộ đệm vòng, và i là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0. Để biết chi tiết cách xác định $k_0(i)$ và xác định chuỗi bít đầu ra dựa trên E(i) và $k_0(i)$, xin xem phần mô tả trong các phương pháp thực hiện phương án nêu trên.

Fig.8 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị xử lý thông tin 800. Thiết bị có thể được áp dụng cho thiết bị truyền thông 31 trong hệ thống truyền thông thể hiện trên Fig.3. Thiết bị 800 cũng có thể được xem như thiết bị khử so khớp tỷ lệ. Thiết bị 800 có thể được tạo cấu hình để thực hiện các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Để biết thêm chi tiết, xin xem phần mô tả trong các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Thiết bị 800 có thể bao gồm một bộ phận thu nhận 801 và một bộ phận xử lý 802.

Bộ phận thu nhận 801 được tạo cấu hình để thu vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của một chuỗi bít mềm có độ dài E(i) được lưu trữ trong một bộ đệm mềm. Bộ phận xử lý 802 được tạo cấu hình để kết hợp và lưu trữ chuỗi bít mềm thu được bởi bộ phận thu nhận 801 trong bộ đệm mềm bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$.

Fig.9 là sơ đồ cấu trúc của một thiết bị truyền thông. Thiết bị truyền thông có thể được áp dụng hệ thống truyền thông được thể hiện trong Fig.3. Thiết bị truyền thông 30 có thể bao gồm bộ mã hóa 301, bộ so khớp tỷ lệ 302, và một bộ thu-phát 303. Bộ mã hóa 301 còn được gọi là một đơn vị mã hóa, một mạch mã hóa, v.v. và chủ yếu được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu thông tin. Bộ so khớp tỷ lệ 302 còn được gọi là bộ phận so khớp tỷ lệ, mạch so khớp tỷ lệ, v.v. chủ yếu được tạo cấu hình để xác định, dựa trên khối được mã hóa được thu bởi bộ mã hóa 301 bằng cách mã hóa một chuỗi bít đầu ra sẽ được gửi, chẳng hạn, được tạo cấu hình để xác định chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên, và có thể bao gồm, ví dụ, thiết bị 700 trong Fig.7. Bộ thu-phát 303 còn được

gọi là bộ phận thu nhận-phát, thiết bị thu-phát, mạch thu-phát, v.v., và chủ yếu được tạo cấu hình để nhận và gửi các tín hiệu tầng số vô tuyến, ví dụ, được tạo cấu hình để gửi chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên đến thiết bị truyền thông 31. Thiết bị truyền thông 30 còn có thể bao gồm các bộ phận khác như bộ phận được tạo cấu hình để tạo khối truyền tải CRC, bộ phận được tạo cấu hình để thực hiện việc phân đoạn khối mã và kiểm tra CRC, một bộ đan xen, và một bộ điều biến, mỗi bộ phận có thể được tạo cấu hình phù hợp để thực hiện chức năng của các phần thuộc thiết bị truyền thông 30 trong Fig.3.

Cần lưu ý rằng thiết bị truyền thông 30 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ nhớ và một hoặc nhiều bộ xử lý. Bộ nhớ lưu trữ các lệnh. Bộ xử lý được ghép với bộ nhớ để thực thi các lệnh trong bộ nhớ nhằm thực hiện các bước được mô tả trong các phương án thực hiện phương pháp. Bộ nhớ còn có thể lưu trữ các lệnh khác để bộ xử lý thực thi nhằm thực hiện chức năng của các bộ phận khác thuộc thiết bị truyền thông 30, ví dụ, chức năng phân đoạn khối mã, kiểm tra CRC, đan xen và điều biến.

Fig.10 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị truyền thông. Thiết bị truyền thông có thể được áp dụng cho hệ thống truyền thông được thể hiện trên Fig.3. Thiết bị truyền thông 31 có thể bao gồm bộ giải mã 311, bộ khử so khớp tỷ lệ 312, và bộ thu-phát 313. Bộ khử so khớp tỷ lệ 312 còn được gọi là bộ phận khử so khớp tỷ lệ, mạch khử so khớp tỷ lệ, có thể được tạo cấu hình để kết hợp các bít kênh mềm, ví dụ, được tạo cấu hình để kết hợp và lưu trữ các bít kênh mềm của chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên trong bộ đệm mềm, và có thể bao gồm, ví dụ, thiết bị 800 trên Fig.8. Bộ giải mã 311 cũng có thể được gọi là bộ phận giải mã hoặc mạch giải mã, và chủ yếu được tạo cấu hình để giải mã tín hiệu nhận được, ví dụ, được tạo cấu hình để giải mã bít kênh mềm trong bộ đệm mềm. Bộ thu-phát 313 còn được gọi là bộ phận thu-phát, bộ thu-phát, mạch thu-phát, v.v., và chủ yếu được tạo cấu hình để nhận và gửi các tín hiệu tần số vô tuyến, ví dụ, được tạo cấu hình để nhận chuỗi bít đầu ra trong các phương án nêu trên do thiết bị truyền thông 30 gửi. Thiết bị truyền thông 31 còn có thể bao gồm các bộ phận khác, chẳng hạn như bộ phận được tạo cấu hình để thực hiện kiểm tra CRC trên khối truyền tải, bộ phận được tạo cấu hình để thực hiện việc nối khối mã, bộ giải đan xen, và bộ giải điều biến, mà có thể được tạo cấu hình tương ứng để thực hiện các chức năng của các phần của thiết bị truyền thông 31 trên Fig.3.

Cần lưu ý rằng thiết bị truyền thông 31 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ nhớ và bộ xử lý để thực hiện các chức năng của các phần của thiết bị truyền thông 31 trên Fig.3. Bộ nhớ và bộ xử lý chuyên dụng có thể được bố trí cho từng bộ phận. Theo cách khác, nhiều bộ phận dùng chung cùng một bộ nhớ và bộ xử lý.

Cần lưu ý rằng thiết bị truyền thông 31 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ nhớ và một hoặc nhiều bộ xử lý. Bộ nhớ lưu trữ các lệnh. Bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ để thực thi lệnh trong bộ nhớ để thực hiện các bước được mô tả trong các phương án về phương pháp. Bộ nhớ còn có thể chứa các lệnh khác cho bộ xử lý thực thi để thực hiện các chức năng của các phần khác của thiết bị truyền thông 30, ví dụ, nối khối mã, khử đan xen và giải điều biến.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng có thể hiểu thêm rằng các bộ phận lô-gíc minh họa (illustrative logic block) và các bước (step) được liệt kê trong các phương án của sáng chế có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng điện tử, phần mềm máy tính hoặc sự kết hợp của chúng. Việc liệu các chức năng được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng hay phần mềm tùy thuộc vào các ứng dụng cụ thể và yêu cầu thiết kế của toàn bộ hệ thống. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để thực hiện các chức năng cho từng ứng dụng cụ thể, tuy nhiên cách thực hiện như vậy không được xem là nằm ngoài phạm vi của các phương án của sáng chế.

Các bộ phận và các mạch lô-gíc minh họa khác nhau được mô tả trong các phương án của sáng chế có thể thực hiện hoặc vận hành các chức năng được mô tả bằng cách sử dụng thiết kế của bộ xử lý đa năng, bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số, mạch tích hợp chuyên dụng (ASIC), mảng phần tử lô-gíc có thể tái lập trình (field programmable gate array - FPGA) hoặc một thiết bị lô-gíc lập trình được khác, phần tử cổng rời rạc hoặc mạch lô-gíc tranzito, bộ phận phần cứng rời rạc, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Bộ xử lý đa năng có thể là bộ vi xử lý. Tùy chọn là, bộ xử lý đa năng cũng có thể là bộ xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển hoặc máy trạng thái hữu hạn thông thường bất kỳ. Bộ xử lý cũng có thể được thực thi bởi sự kết hợp của các thiết bị tính toán, ví dụ, bộ xử lý tín hiệu số và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý cùng với lõi xử lý tín hiệu số, hoặc cấu hình tương tự khác bất kỳ.

Các bước của các phương pháp hoặc các thuật toán được mô tả trong các phương án của sáng chế có thể được nhúng trực tiếp trong phần cứng, trong các lệnh được bộ xử lý thi hành, hoặc là sự kết hợp các cách nêu trên. Bộ nhớ có thể là bộ nhớ RAM, bộ nhớ tác động nhanh (flash memory), bộ nhớ ROM, bộ nhớ EPROM, bộ nhớ EEPROM, thanh ghi, đĩa cứng, đĩa cứng tháo lắp được, CD-ROM, hoặc loại phương tiện lưu trữ khác bất kỳ trong lĩnh vực kỹ thuật này. Ví dụ, bộ nhớ có thể được kết nối với bộ xử lý sao cho bộ xử lý có thể đọc thông tin từ bộ nhớ và ghi thông tin vào bộ nhớ. Tùy chọn là, bộ nhớ còn có thể được tích hợp vào bộ xử lý. Bộ xử lý và bộ nhớ có thể được bố trí trong ASIC, và ASIC có thể được bố trí trong UE. Tùy chọn là, bộ xử lý và bộ nhớ có thể được bố trí trong các bộ phận khác nhau của UE.

Với các phần mô tả về các cách thực hiện trên đây, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng có thể hiểu rõ rằng sáng chế có thể được thực hiện bằng phần cứng, phần mềm hoặc kết hợp cả hai. Khi được thực hiện bằng cách sử dụng chương trình phần mềm, các phương pháp có thể được thực hiện toàn bộ hoặc một phần dưới dạng sản phẩm chương trình máy tính, và sản phẩm chương trình máy tính đó bao gồm một hoặc nhiều lệnh máy tính. Khi các lệnh máy tính được nạp và thi hành trên máy tính, thủ tục hoặc hàm theo các phương án của sáng chế đều được tạo ra toàn bộ hoặc một phần. Khi sáng chế được thực hiện bằng cách sử dụng chương trình phần mềm, các hàm trên đây có thể được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính hoặc được truyền dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trong phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính. Máy tính có thể là máy tính đa năng, máy tính chuyên dụng, mạng máy tính hoặc thiết bị có thể lập trình được khác. Các lệnh máy tính có thể được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính, hoặc có thể được truyền từ phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính này đến phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính khác. Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính bao gồm phương tiện lưu trữ máy tính và phương tiện truyền thông, trong đó phương tiện truyền thông bao gồm phương tiện bất kỳ làm cho chương trình máy tính được truyền từ nơi này đến nơi khác. Phương tiện lưu trữ có thể là phương tiện sẵn có bất kỳ có thể truy cập được vào máy tính. Phần dưới đây chỉ là ví dụ mà không phải là giới hạn: Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính có thể là RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM hoặc bộ phận lưu trữ dạng đĩa quang học khác hoặc phương tiện lưu trữ dạng đĩa, hoặc thiết bị lưu trữ từ tính khác, hoặc

phương tiện khác bất kỳ có thể được sử dụng để mang hoặc lưu trữ mã chương trình mong muốn dưới hình thức các lệnh hoặc các cấu trúc dữ liệu và có thể được truy cập bằng máy tính. Ngoài ra, kết nối bất kỳ có thể được xác định một cách phù hợp là phương tiện đọc được bằng máy tính. Ví dụ, nếu phần mềm được truyền từ một vị trí web (website), máy chủ hoặc một nguồn ở xa khác bằng cách sử dụng cáp đồng trục, cáp/sợi quang học, cáp xoắn đôi, kênh thuê bao số (DSL) hoặc các công nghệ không dây như tia hồng ngoại, rađiô và vi sóng, và cáp đồng trục, cáp/sợi quang học, cáp xoắn đôi, kênh thuê bao số (DSL) hoặc các công nghệ không dây như tia hồng ngoại, rađiô và vi sóng có trong định nghĩa về phương tiện mà các công nghệ đó thuộc về. Ví dụ, đĩa (Disk) và đĩa (disc) dùng trong sáng chế bao gồm đĩa compact (CD), đĩa lade, đĩa quang, đĩa đa năng số (digital versatile disc - DVD), đĩa mềm và đĩa Blu-ray, trong đó đĩa thường sao chép dữ liệu bằng phương tiện từ tính, và đĩa sao chép dữ liệu theo cách quang học bằng phương tiện lade. Sự kết hợp trên đây cần được đưa vào phạm vi bảo hộ của phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính.

Tóm lại, các nội dung được mô tả trên đây chỉ là các phương án làm ví dụ của giải pháp kỹ thuật của sáng chế, và không nhằm giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế. Sự cải biến, thay thế tương đương hoặc cải tiến bất kỳ không nằm ngoài nguyên lý của sáng chế sẽ nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thực hiện việc so khớp tỷ lệ trong hệ thống truyền thông, phương pháp này bao gồm các bước:

thu nhận, bởi thiết bị truyền thông, kích thước của khối được mã hóa N_{CB};

thu nhận, bởi thiết bị truyền thông, vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa, trong đó i là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0, số lượng của i chỉ báo lần truyền thứ i, giá trị của $k_0(i)$ là một giá trị trong số $\{p_0, p_1, p_2, p_3\}$, trong đó $p_0=0$, p_1, p_2, và p_3 là các số nguyên dựa trên kích thước của khối được mã hóa N_{CB}, trong đó $0<p_1<p_2<p_3\leq N_{CB}$, và $p_2-p_1<p_3-p_2$;

kết xuất, bởi thiết bị truyền thông, chuỗi bít đầu ra, trong đó chuỗi bít đầu ra bao gồm nhiều bít bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$ trong khối được mã hóa, trong đó khối được mã hóa được lưu trữ trong bộ đệm vòng (circular buffer);

tạo, bởi thiết bị truyền thông, một hoặc nhiều ký hiệu điều biến dựa trên chuỗi bít đầu ra; và

truyền, bởi thiết bị truyền thông, một hoặc nhiều ký hiệu điều biến đó.

2. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm bước xác định, bởi thiết bị truyền thông, độ dài của chuỗi bít đầu ra mà bao gồm nhiều bít đó.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó, trong lần truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra bao gồm các bít thông tin và các bít chẵn lẻ mà tương ứng với các cột trọng số-2 (weight-2 columns).

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định dựa trên số phiên bản dư.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó số phiên bản dư được thu nhận thông qua việc báo hiệu.

6. Phương pháp theo điểm 4, trong đó số phiên bản dư được thu nhận dựa trên chuỗi số phiên bản dư và số lượng của i.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó chuỗi số phiên bản dư được đọc từ bộ nhớ, hoặc chuỗi số phiên bản dư được xác định dựa trên tỷ lệ mã truyền ban đầu.

8. Thiết bị thực hiện việc so khớp tỷ lệ, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một bộ xử lý; và

phương tiện lưu trữ không tạm thời đọc được bằng máy tính được ghép nối với ít nhất một bộ xử lý và lưu trữ các lệnh lập trình để thực hiện bởi ít nhất một bộ xử lý, các lệnh này ra lệnh cho ít nhất một bộ xử lý để:

thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối được mã hóa, trong đó i là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0, số lượng của i chỉ báo lần truyền thứ i, giá trị của $k_0(i)$ là một giá trị trong số $\{p_0, p_1, p_2, p_3\}$, trong đó $0 \leq p_0 < p_1 < p_2 < p_3 \leq N_{CB}$, N_{CB} là kích thước của khối được mã hóa, và $p_2 - p_1 < p_3 - p_2$;

kết xuất chuỗi bít đầu ra, trong đó chuỗi bít đầu ra bao gồm nhiều bít bắt đầu từ vị trí bắt đầu $k_0(i)$ trong khối được mã hóa, trong đó khối được mã hóa được lưu trữ trong bộ đệm vòng;

tạo một hoặc nhiều ký hiệu điều biến dựa trên chuỗi bít đầu ra; và truyền một hoặc nhiều ký hiệu điều biến đó.

9. Thiết bị theo điểm 8, trong đó các lệnh lập trình còn ra lệnh cho ít nhất một bộ xử lý để xác định độ dài của chuỗi bít đầu ra mà bao gồm nhiều bít đó.

10. Thiết bị theo điểm 8, trong đó, trong lần truyền ban đầu, chuỗi bít đầu ra bao gồm các bít thông tin và các bít chẵn lẻ mà tương ứng với các cột trọng số-2.

11. Thiết bị theo điểm 8, trong đó vị trí bắt đầu $k_0(i)$ được xác định dựa trên số phiên bản dư.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó số phiên bản dư được thu nhận thông qua việc báo hiệu.

13. Thiết bị theo điểm 11, trong đó số phiên bản dư được thu nhận dựa trên chuỗi số phiên bản dư và số lượng của i.

14. Thiết bị theo điểm 13, trong đó chuỗi số phiên bản dư được đọc từ bộ nhớ, hoặc chuỗi số phiên bản dư được xác định dựa trên tỷ lệ mã truyền ban đầu.

210	25	103	185	48	142	147	265	104	105	82	141	122	172	159	100	148	−1	229	176	187	273	176	−1	157	1	0	−1	−1	−1	−1	−1
91	88	145	151	207	146	135	95	9	224	180	88	135	170	91	39	−1	249	62	127	−1	28	301	159	271	−1	0	0	−1	−1	−1	−1
236	215	106	148	260	293	251	139	317	107	202	108	131	188	208	−1	247	19	137	−1	176	74	−1	225	110	0	−1	0	0	−1	−1	−1
102	28	150	143	226	88	78	178	98	183	227	120	149	168	116	81	97	130	−1	220	35	−1	257	87	−1	1	−1	−1	0	−1	−1	−1
89	−1	−1	19	288	−1	−1	−1	−1	318	83	273	−1	194	146	−1	157	299	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1	−1	−1	−1
−1	168	110	−1	−1	143	233	145	100	−1	−1	−1	147	−1	−1	150	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	112	−1	85	−1	−1	0	−1	−1	−1
233	−1	145	−1	−1	−1	107	302	−1	92	−1	294	−1	−1	188	−1	272	148	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1	−1	−1
−1	187	−1	229	124	116	−1	−1	145	−1	128	−1	237	105	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1	−1	−1
−1	137	105	185	−1	133	225	−1	−1	−1	123	142	191	−1	−1	−1	−1	150	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1	−1
80	−1	−1	−1	225	−1	−1	221	120	4	−1	−1	−1	83	148	−1	169	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1	−1
110	−1	−1	−1	137	84	67	−1	−1	−1	121	−1	228	98	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	0	−1
−1	−1	−1	155	−1	−1	−1	−1	97	104	−1	50	−1	−1	114	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	140	−1	137	−1	−1	−1	−1	−1	0
−1	228	312	−1	−1	−1	−1	111	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	124	270	−1	−1	−1	−1	−1	−1	−1	114	−1	−1	−1	−1	−1	0

$$-1\rightarrow\begin{bmatrix}0&0&0&0\\0&0&0&0\\0&0&0&0\\0&0&0&0\end{bmatrix},0\rightarrow\begin{bmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix},1\rightarrow\begin{bmatrix}0&1&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\\1&0&0&0\end{bmatrix},2\rightarrow\begin{bmatrix}0&0&1&0\\0&0&0&1\\1&0&0&0\\0&1&0&0\end{bmatrix},3\rightarrow\begin{bmatrix}0&0&0&1\\1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&1&0\end{bmatrix}$$

FIG. 1

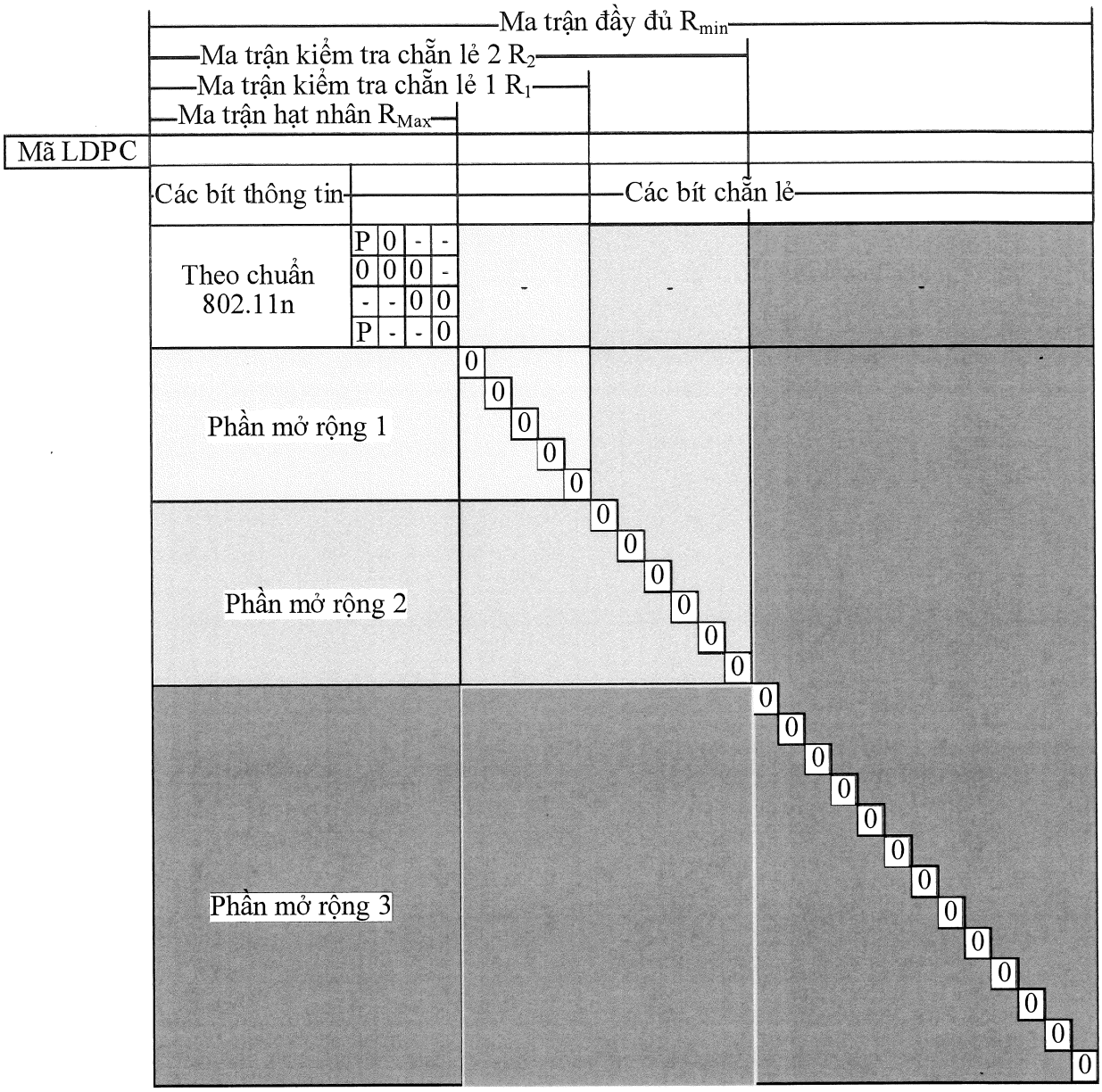
Ma trận đầy đủ R_{min}
Ma trận kiểm tra chẵn lẻ 2 R_2
Ma trận kiểm tra chẵn lẻ 1 R_1
Ma trận hạt nhân R_{Max}
Mã LDPC
Các bít thông tin
Các bít chẵn lẻ
Theo chuẩn 802.11n
Phần mở rộng 1
Phần mở rộng 2
Phần mở rộng 3

Fig.2

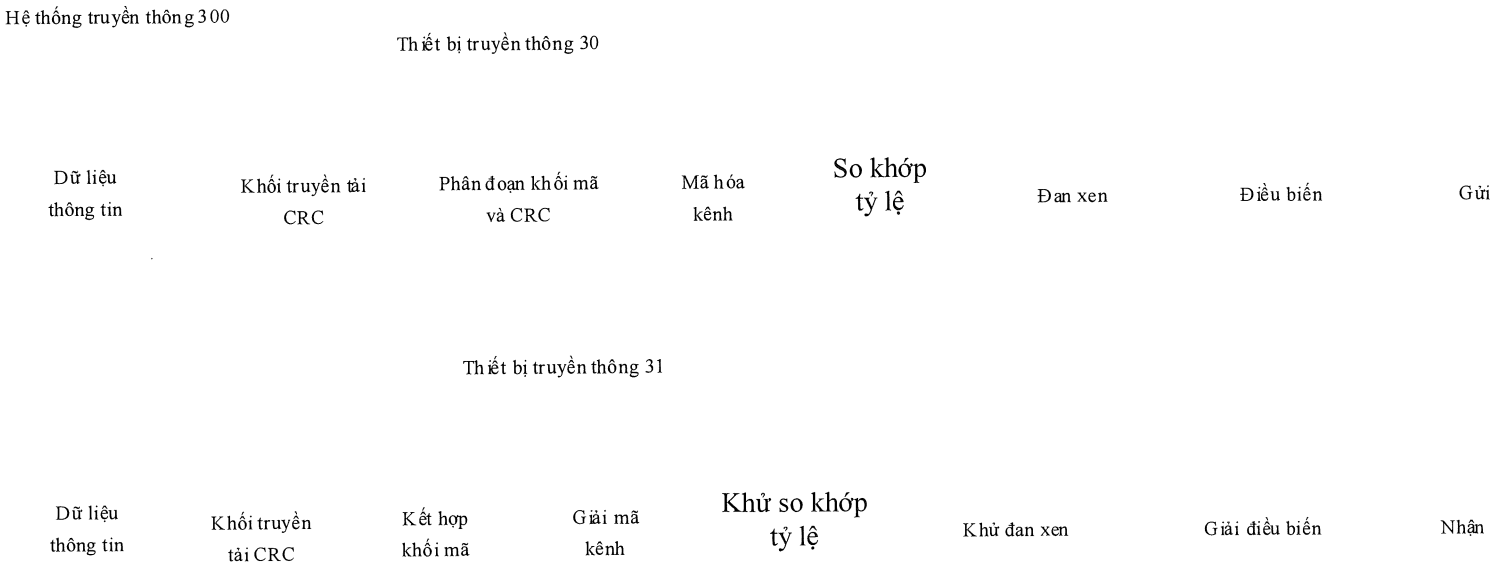
Hệ thống truyền thông 300
Thiết bị truyền thông 30
Dữ liệu thông tin
Khối truyền tải CRC
Phân đoạn khối mã và CRC
Mã hóa kênh
So khớp tỷ lệ
Đan xen
Điều biến
Gửi
Thiết bị truyền thông 31
Dữ liệu thông tin
Khối truyền tải CRC
Kết hợp khối mã
Giải mã kênh
Khử so khớp tỷ lệ
Khử đan xen
Giải điều biến
Nhận

FIG. 3

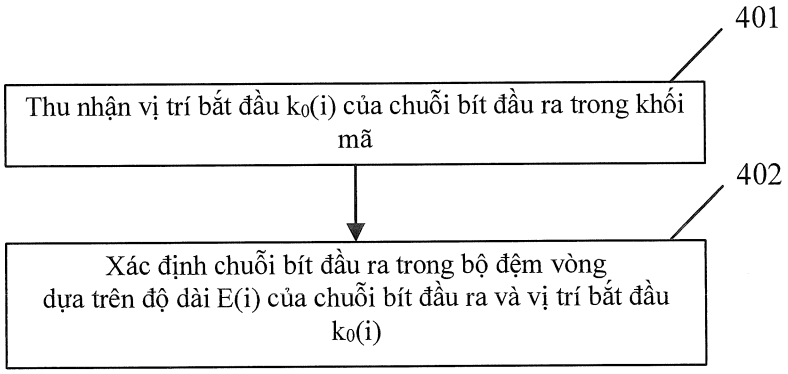
401
Thu nhận vị trí bắt đầu $k_0(i)$ của chuỗi bít đầu ra trong khối mã
402
Xác định chuỗi bít đầu ra trong bộ đệm vòng dựa trên độ dài E(i) của chuỗi bít đầu ra và vị trí bắt đầu $k_0(i)$

Fig.4

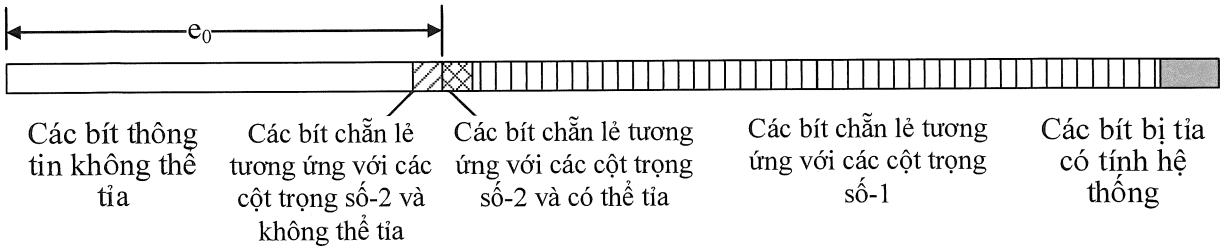
e_0
Các bít thông tin không thể tỉa
Các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và không thể tỉa
Các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-2 và có thể tỉa
Các bít chẵn lẻ tương ứng với các cột trọng số-1
Các bít bị tỉa có tính hệ thống

Fig.5-1

5/7

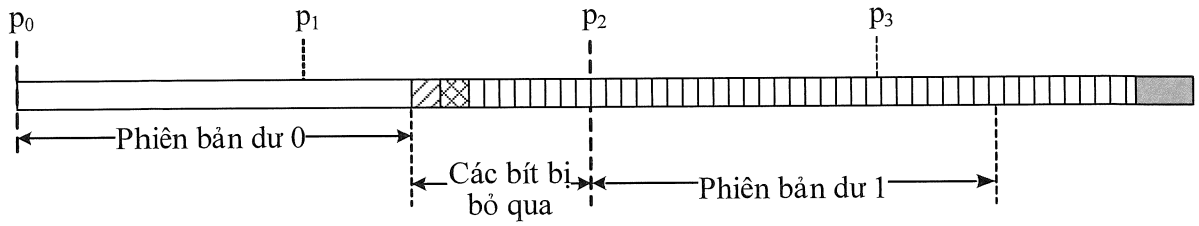

Fig.5-2

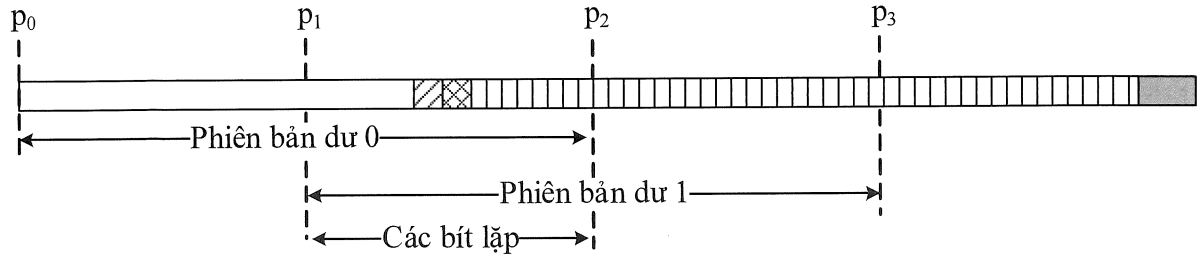

Fig.5-3

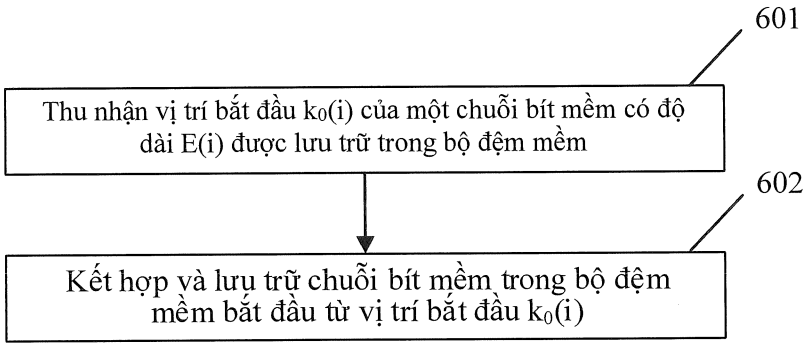
601
Thu nhận vị trí bắt đầu k0(i) của một chuỗi bít mềm có độ dài E(i) được lưu trữ trong bộ đệm mềm
602
Kết hợp và lưu trữ chuỗi bít mềm trong bộ đệm mềm bắt đầu từ vị trí bắt đầu k0(i)

Fig.6

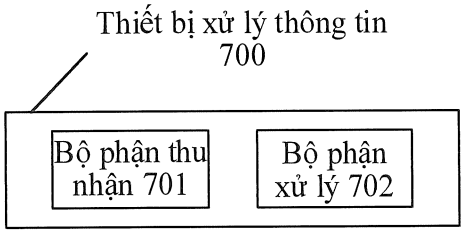
Thiết bị xử lý thông tin
700
Bộ phận thu nhận 701
Bộ phận xử lý 702

Fig.7

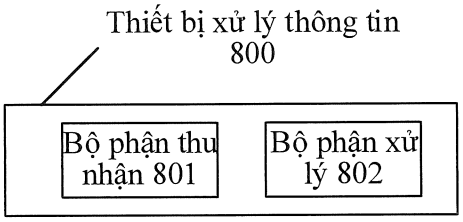

Fig.8

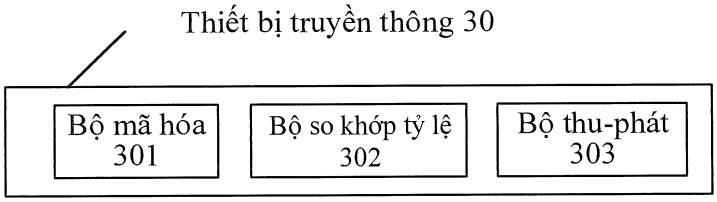

Fig.9

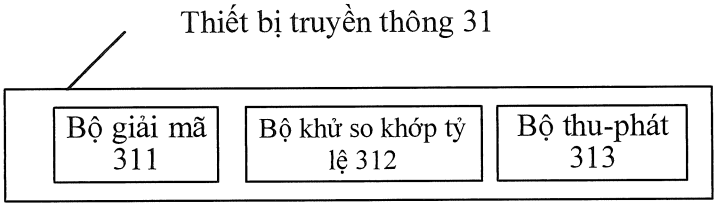

Fig.10