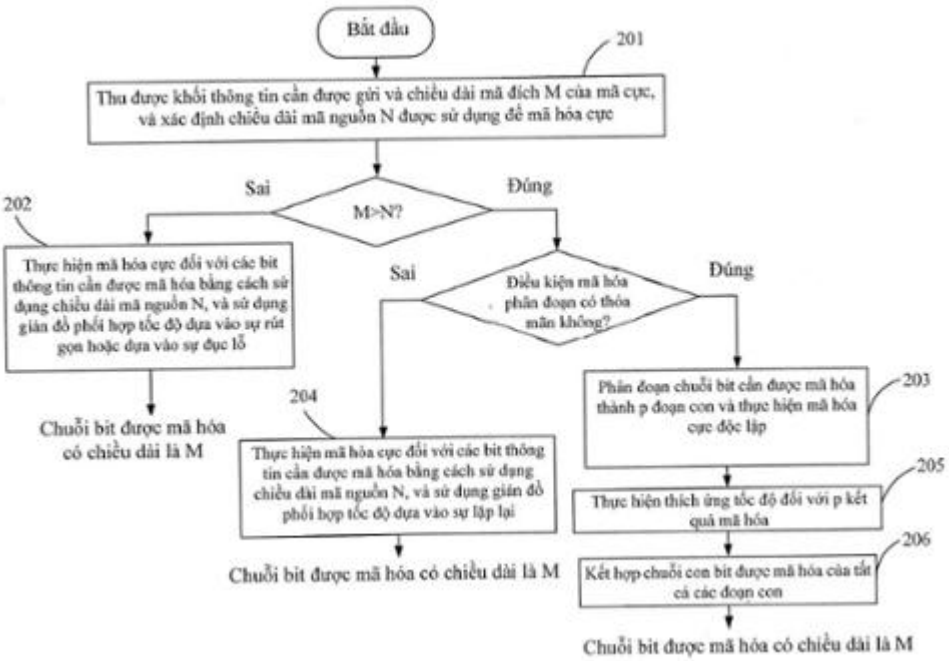
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0037930**
(51)[7] **H04L 1/00**; H03M 13/13
(13) **B**

(21) 1-2019-05916
(22) 24/03/2018
(86) PCT/CN2018/080394 24/03/2018
(87) WO 2018/171790 27/09/2018
(30) 201710184922.6 24/03/2017 CN
(45) 25/12/2023 429
(43) 30/01/2020 382A
(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518129, China
(72) XU, Chen (CN); LI, Rong (CN); ZHANG, Gongzheng (CN); ZHOU, Yue (CN); HUANG, Lingchen (CN).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ MÃ HÓA, PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ GIẢI MÃ, VẬT GHI LƯU TRỮ ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Các phương án của sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa cực và thiết bị mã hóa, phương pháp giải mã, thiết bị giải mã, và vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính. Phương pháp này bao gồm các bước: thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2. Phương pháp mã hóa có thể giảm thời gian sử dụng của giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại, và giảm tổn hao hiệu suất gây ra bởi sự lặp lại.


Bắt đầu
201
Thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực, và xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực
Sai
M>N?
Đúng
202
Thực hiện mã hóa cực đối với các bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ phối hợp tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ
Sai
Điều kiện mã hóa phân đoạn có thỏa mãn không?
Đúng
Phân đoạn chuỗi bit cần được mã hóa thành p đoạn con và thực hiện mã hóa cực độc lập
203
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M
204
Thực hiện mã hóa cực đối với các bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ phối hợp tốc độ dựa vào sự lặp lại
205
Thực hiện thích ứng tốc độ đối với p kết quả mã hóa
206
Kết hợp chuỗi con bit được mã hóa của tất cả các đoạn con
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Các phương án của sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông, và cụ thể hơn, đến phương pháp mã hóa cực, thiết bị mã hóa, phương pháp giải mã, và thiết bị giải mã, và vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống truyền thông, mã hóa kênh thường được sử dụng để cải thiện độ tin cậy của việc truyền dữ liệu, để đảm bảo chất lượng truyền thông. Mã cực (Polar code) được đề xuất bởi giáo sư Arikan người Thổ Nhĩ Kỳ là mã tốt đầu tiên được chứng minh về mặt lý thuyết là có khả năng đạt được giới hạn Shannon và có độ phức tạp mã hóa và giải mã thấp. Mã cực là mã khối tuyến tính. Ma trận mã hóa của mã cực là G_N, và quy trình mã hóa của mã cực là $x_1^N = u_1^N G_N$, trong đó $u_1^N = (u_1, u_2, \ldots, u_N)$ là vectơ hàng nhị phân có chiều dài là N (cụ thể, chiều dài mã nguồn), G_N là ma trận $N \times N$, $G_N = F_2^{\otimes(\log_2(N))}$, và $F_2^{\otimes(\log_2(N))}$ được định nghĩa là tích Kronecker (Kronecker) của $\log_2 N$ các ma trận F_2.

Ma trận này là $F_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$.

Trong quy trình mã hóa mã cực, một số bit trong u_1^N được sử dụng để mang thông tin và được gọi là các bit thông tin, và tập hợp các chỉ số của các bit này được ký hiệu là A; và các bit khác là tập hợp giá trị cố định được tán thành sơ bộ bởi đầu thu và đầu phát và được gọi là các bit cố định hoặc các bit đóng băng (frozen bits), và tập hợp các chỉ số của các bit này được biểu diễn bởi A^c là tập hợp bù của A. Quy trình mã hóa của mã cực tương đương với: $x_1^N = u_A G_N(A) \oplus u_{A^c} G_N(A^C)$. Ở đây, $G_N(A)$ là ma trận con của G_N và thu được dựa vào các hàng tương ứng với các chỉ số trong tập hợp A, và $G_N(A^C)$ là ma trận con của G_N và thu được dựa vào các hàng tương ứng với các chỉ số của tập hợp A^C.

u_{A} là tập hợp các bit thông tin trong u_1^N, và số lượng các bit thông tin là K. u_{A^c} là tập hợp các bit cố định trong u_1^N, số lượng các bit cố định là (N–K), và các bit cố định là các bit đã biết. Các bit cố định này thường được thiết lập là 0. Tuy nhiên, các bit cố định có thể được thiết lập là giá trị bất kỳ miễn là giá trị này được tán thành sơ bộ bởi đầu thu và đầu phát. Khi các bit cố định được thiết lập là 0, thì đầu ra mã hóa của mã cực có thể được đơn giản hóa dưới dạng: $x_1^N = u_{\mathrm{A}} G_N(\mathrm{A})$, là ma trận $K \times N$.

Quy trình xây dựng mã cực là quy trình chọn tập hợp A. Điều này xác định hiệu suất của mã cực. Quy trình xây dựng mã cực thường là: xác định, dựa vào chiều dài mã nguồn N, rằng có tổng N kênh cực lần lượt tương ứng với N hàng của ma trận mã hóa, tính độ tin cậy của các kênh cực, sử dụng các chỉ số của K kênh cực đầu tiên có độ tin cậy tương đối cao làm các phần tử trong tập hợp A, và sử dụng các chỉ số của (N–K) kênh cực còn lại làm các phần tử trong tập hợp chỉ số A^c của các bit cố định. Vị trí của các bit thông tin được xác định dựa vào tập hợp A, và vị trí của các bit cố định được xác định dựa vào tập hợp A^c.

Có thể biết được từ ma trận mã hóa rằng chiều dài mã của mã cực ban đầu (mã nguồn) tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên, và trong ứng dụng thực tế, sự thích ứng tốc độ cần được thực hiện để triển khai mã cực có chiều dài mã bất kỳ.

Hiện nay, có ba giản đồ thích ứng tốc độ chính cho mã cực: đục lỗ (Puncturing), rút gọn (Shortening), và lặp lại (Repetition). Trong hai giản đồ đầu tiên, xác định được rằng chiều dài mã nguồn tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên và lớn hơn hoặc bằng chiều dài mã đích M, vị trí đục lỗ hoặc rút gọn được xác định theo quy tắc định trước, và bit được mã hóa ở vị trí tương ứng được xóa để thực hiện thích ứng tốc độ. Tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) ở vị trí tương ứng được phục hồi theo quy tắc định trước trước khi giải mã, để triển khai thích ứng giảm tốc độ.

Để đạt được sự cân bằng giữa hiệu suất và độ phức tạp mã hóa, giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại có thể được xác định, theo quy tắc được tán thành, để sử dụng trong một hệ thống truyền thông. Mã cực được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn được lặp lại để thu được chiều dài mã đích lớn hơn chiều dài mã nguồn, nhờ đó thực hiện thích ứng tốc độ mã cực. Sự khác biệt giữa sự lặp lại với đục lỗ hoặc rút gọn nằm ở chỗ,

chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã nguồn được gửi nhiều lần theo thứ tự cụ thể cho đến khi đạt được chiều dài mã đích, để thực hiện thích ứng tốc độ. Ở phía bộ giải mã, các LLR ở các vị trí lặp lại được xếp chồng để thực hiện thích ứng giảm tốc độ, và việc giải mã được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn được xác định. Sự thích ứng tốc độ được thực hiện theo cách lặp lại có thể làm giảm độ phức tạp của việc giải mã, và giảm độ trễ và vùng triển khai phần cứng. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, sự lặp lại gây ra tổn hao hiệu suất cụ thể đối với mã cực.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án của sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa, thiết bị mã hóa, phương pháp giải mã, và thiết bị giải mã, để làm giảm số lần sử dụng của giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại, và giảm tổn hao hiệu suất gây ra bởi sự lặp lại.

Theo khía cạnh thứ nhất, phương pháp mã hóa cực được đề xuất, phương pháp này bao gồm các bước:

thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; và

xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực; khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin này thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có chiều dài lần lượt là chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có chiều dài lần lượt là chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ nhất, phương pháp này bao gồm các bước: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ nhất, phương pháp này bao gồm các bước: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Với tham chiếu đến phương án bất kỳ của khía cạnh thứ nhất và tất cả các phương án thực hiện khả dĩ nêu trên của khía cạnh thứ nhất, theo phương án thực hiện khả dĩ thứ ba của khía cạnh thứ nhất, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là K1, K2, …, Kp, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích tương ứng lần lượt là M1, M2, …, Mp, Kc = K1 + K2 + … + Kp, M = M1 + M2 + … + Mp, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm khối thông tin, và Kc lớn hơn hoặc bằng chiều dài K của khối thông tin; và phương pháp này bao gồm các bước: đối với mỗi Mi, nếu chiều dài mã đích Mi của đoạn con tương ứng với Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Ki thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi, trong đó i = 1, 2, …, p.

Với tham chiếu đến phương án thực hiện khả dĩ thứ ba của khía cạnh thứ nhất, theo phương án thực hiện khả dĩ thứ tư của khía cạnh thứ nhất, phương pháp này bao gồm các bước: nếu chiều dài mã đích Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Mi, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ ba có chiều dài là Ni, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ ba này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi; hoặc nếu chiều dài mã đích Mi nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn Ni, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Ki, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ tư, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ tư này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

Theo khía cạnh thứ hai, thiết bị mã hóa được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

bộ phận thu, được tạo cấu hình để thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực;

bộ phận mã hóa, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2;

bộ phận thích ứng tốc độ, được tạo cấu hình để thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và

bộ phận kết hợp, được tạo cấu hình để kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ hai, bộ phận mã hóa được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ hai, bộ phận mã hóa được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Với tham chiếu đến phương án bất kỳ của khía cạnh thứ hai và tất cả các phương án thực hiện khả dĩ nêu trên của khía cạnh thứ hai, theo phương án thực hiện khả dĩ thứ ba của khía cạnh thứ hai, bộ phận mã hóa được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa

mãn điều kiện định trước, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Mi, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ ba có chiều dài là Ni; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ ba này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi; hoặc bộ phận mã hóa được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích Mi nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn Ni, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Ki, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ tư; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ tư này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

Theo khía cạnh thứ ba, thiết bị mã hóa khác được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và bộ xử lý, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực thi, thì thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ ba, bộ xử lý được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ ba, bộ xử lý được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực

hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Với tham chiếu đến phương án bất kỳ của khía cạnh thứ ba và tất cả các phương án thực hiện khả dĩ nêu trên của khía cạnh thứ ba, theo phương án thực hiện khả dĩ thứ ba của khía cạnh thứ ba, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là K1, K2, …, Kp, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích tương ứng lần lượt là M1, M2, …, Mp, Kc = K1 + K2 + … + Kp, M = M1 + M2 + … + Mp, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm khối thông tin, và Kc lớn hơn hoặc bằng chiều dài K của khối thông tin; và bộ xử lý được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, nếu chiều dài mã đích Mi của đoạn con tương ứng với Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Ki thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi, trong đó i = 1, 2, …, p.

Theo khía cạnh thứ tư, thiết bị mã hóa khác nữa được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một đầu vào, được tạo cấu hình để nhận khối thông tin; bộ xử lý tín hiệu, được tạo cấu hình để: thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M; và ít nhất một đầu ra, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ tư, bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ tư, bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Với tham chiếu đến phương án bất kỳ của khía cạnh thứ tư và tất cả các phương án thực hiện khả dĩ nêu trên của khía cạnh thứ tư, theo phương án thực hiện khả dĩ thứ ba của khía cạnh thứ tư, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là K1, K2, …, Kp, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích tương ứng lần lượt là M1, M2, …, Mp, Kc = K1 + K2 + … + Kp, M = M1 + M2 + … + Mp, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm khối thông tin, và Kc lớn hơn hoặc bằng chiều dài K của khối thông tin; và bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, nếu chiều dài mã đích Mi của đoạn con tương ứng với Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Ki thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi, trong đó i = 1, 2, …, p.

Theo khía cạnh thứ năm, phương pháp giải mã mã cực được đề xuất, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình mã hóa cực, khi chiều dài

mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ tách biệt đối với p đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ năm, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để mã hóa p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích lần lượt là M1, M2, …, Mp, và các chiều dài bit thông tin tương ứng là K1, K2, …, Kp; và phương pháp này bao gồm các bước: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm chuỗi LLR của đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện thích ứng giảm tốc độ và giải mã riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã tương ứng của p đoạn con này, và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để thu được Ki bit thông tin tương ứng; hoặc đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là Ni, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được kết quả giải mã của đoạn con tương ứng với Mi.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ năm, phương pháp này bao gồm bước: khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì phục hồi LLR ở vị trị đục lỗ hoặc vị trí rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được chuỗi bit được giải mã.

Theo khía cạnh thứ sáu, thiết bị giải mã được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

bộ phận nhận, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực; bộ phận thích ứng giảm tốc độ, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định

trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; bộ phận giải mã, được tạo cấu hình để thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và bộ phận đầu ra, được tạo cấu hình để kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ sáu, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để mã hóa p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích lần lượt là M1, M2, …, Mp, và các chiều dài bit thông tin tương ứng là K1, K2, …, Kp; và bộ phận thích ứng giảm tốc độ được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm chuỗi LLR của đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này; bộ phận giải mã được tạo cấu hình để giải mã các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã tương ứng của p đoạn con này; và bộ phận kết hợp được tạo cấu hình để kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để thu được Ki bit thông tin tương ứng; hoặc bộ phận thích ứng giảm tốc độ được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là Ni; và bộ phận giải mã được tạo cấu hình để giải mã chuỗi LLR có chiều dài là Ni, để thu được kết quả giải mã của đoạn con tương ứng với Mi.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ sáu, bộ phận thích ứng giảm tốc độ được tạo cấu hình để: khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là N, và bộ phận giải mã được tạo cấu hình để giải mã chuỗi LLR có chiều dài là N, để thu được chuỗi bit được giải mã.

Theo khía cạnh thứ bảy, thiết bị giải mã được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và bộ xử lý, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực

thi, nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này; thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ bảy, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để mã hóa p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích lần lượt là M1, M2, …, Mp, và các chiều dài bit thông tin tương ứng là K1, K2, …, Kp; và bộ xử lý được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm chuỗi LLR của đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện thích ứng giảm tốc độ và giải mã riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã tương ứng của p đoạn con này, và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để thu được Ki bit thông tin tương ứng; hoặc bộ xử lý này được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là Ni, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được kết quả giải mã của đoạn con tương ứng với Mi.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ bảy, bộ xử lý được tạo cấu hình để: khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được chuỗi bit được giải mã.

Theo khía cạnh thứ tám, thiết bị giải mã được đề xuất, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một đầu vào, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã

là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực; bộ xử lý tín hiệu, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình mã hóa, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này; thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; và ít nhất một đầu ra, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được giải mã thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ nhất của khía cạnh thứ tám, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để mã hóa p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích lần lượt là M1, M2, …, Mp, và các chiều dài bit thông tin tương ứng là K1, K2, …, Kp; và bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm chuỗi LLR của đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện thích ứng giảm tốc độ và giải mã riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã tương ứng của p đoạn con này, và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để thu được Ki bit thông tin tương ứng; hoặc bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là Ni, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được kết quả giải mã của đoạn con tương ứng với Mi.

Theo phương án thực hiện khả dĩ thứ hai của khía cạnh thứ tám, bộ xử lý tín hiệu được tạo cấu hình để: khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được chuỗi bit được giải mã.

Theo một khía cạnh hoặc phương án thực hiện bất kỳ trong số các khía cạnh hoặc phương án thực hiện nêu trên, tham số mã hóa bao gồm một trong số: tốc độ mã hóa R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, chiều dài K của khối thông tin,

hoặc chiều dài mã đích M; và điều kiện định trước bao gồm một trong số: đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước; đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước; hoặc đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước.

Theo một khía cạnh hoặc phương án thực hiện bất kỳ trong số các khía cạnh hoặc phương án thực hiện nêu trên, phương pháp này bao gồm bước: xác định chiều dài mã nguồn $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên, $\min(\cdot)$ biểu thị giá trị cực tiểu được trả về, và N_{max} biểu thị chiều dài mã nguồn được hỗ trợ bởi hệ thống cực đại.

Khi p = 2, N_{max} = 1024, và mã hóa cực là mã hóa cực PC được sử dụng làm ví dụ, và điều kiện định trước là một trong số:

đối với R = 1/12, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên trong đoạn [330, 370];

đối với R = 1/6, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên trong đoạn [345, 365];

đối với R = 1/4, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên trong đoạn [370, 380];

đối với R = 1/3, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên trong đoạn [450, 460];

đối với R = 2/5, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên trong đoạn [500, 510];

đối với R = 1/12, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên trong đoạn [314, 354];

đối với R = 1/6, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên trong đoạn [329, 349];

đối với R = 1/4, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt3,

trong đó Kt3 là số nguyên trong đoạn [354, 364];

đối với R = 1/3, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên trong đoạn [434, 444];

đối với R = 2/5, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên trong đoạn [484, 494];

đối với R = 1/12, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên trong đoạn [3768, 4248];

đối với R = 1/6, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên trong đoạn [1974, 2094];

đối với R = 1/4, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên trong đoạn [1416, 1456];

đối với R = 1/3, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên trong đoạn [1302, 1332]; hoặc

đối với R = 2/5, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên trong đoạn [1210, 1235].

Trong một ví dụ, ngưỡng nêu trên có thể là một trong số: Kc1 = 360, Kc2 = 360, Kc3 = 380, Kc4 = 460, Kc5 = 510, Kt1 = 344, Kt2 = 344, Kt3 = 364, Kt4 = 444, Kt5 = 494, Mt1 = 4128, Mt2 = 2064, Mt3 = 1456, Mt4 = 1332, hoặc Mt5 = 1235.

Khi p = 2, N_{max} = 1024, và mã hóa cực là mã hóa cực CA được sử dụng làm ví dụ, và điều kiện định trước là một trong số:

đối với R = 1/12, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên trong đoạn [310, 340];

đối với R = 1/6, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên trong đoạn [350, 365];

đối với R = 1/4, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên trong đoạn [410, 450];

đối với R = 1/3, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên trong đoạn [470, 495];

đối với R = 2/5, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên trong đoạn [520, 530];

đối với R = 1/12, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên trong đoạn [291, 321];

đối với R = 1/6, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên trong đoạn [331, 346];

đối với R = 1/4, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên trong đoạn [391, 431];

đối với R = 1/3, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên trong đoạn [451, 476];

đối với R = 2/5, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên trong đoạn [501, 511];

đối với R = 1/12, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên trong đoạn [3492, 3852];

đối với R = 1/6, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên trong đoạn [1986, 2076];

đối với R = 1/4, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên trong đoạn [1564, 1724];

đối với R = 1/3, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên trong đoạn [1353, 1428]; hoặc

đối với R = 2/5, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên trong đoạn [1253, 1278].

Trong một ví dụ, ngưỡng nêu trên có thể là một trong số: Kc1 = 320, Kc2 = 360, Kc3 = 430, Kc4 = 490, Kc5 = 530, Kt1 = 301, Kt2 = 341, Kt3 = 411, Kt4 = 471, Kt5 =

511, Mt1 = 3612, Mt2 = 2046, Mt3 = 1644, Mt4 = 1413, hoặc Mt5 = 1278.

Theo khía cạnh thứ chín, thiết bị truyền thông được đề xuất, thiết bị này bao gồm: bus, bộ xử lý, vật ghi lưu trữ, giao diện bus, bộ điều hợp mạng, giao diện người sử dụng, và ăng ten.

Bus được tạo cấu hình để nối bộ xử lý, vật ghi lưu trữ, giao diện bus, và giao diện người sử dụng.

Bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp mã hóa theo khía cạnh thứ nhất hoặc phương án thực hiện bất kỳ của khía cạnh thứ nhất, hoặc được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp giải mã theo khía cạnh thứ năm hoặc phương án thực hiện bất kỳ của khía cạnh thứ năm.

Vật ghi lưu trữ được tạo cấu hình để lưu trữ hệ điều hành, và, dữ liệu cần được gửi hoặc dữ liệu nhận được.

Giao diện bus được nối với bộ điều hợp mạng.

Bộ điều hợp mạng được tạo cấu hình để thực hiện chức năng xử lý tín hiệu của lớp vật lý trong mạng truyền thông không dây.

Giao diện người sử dụng được tạo cấu hình để nối với thiết bị đầu vào người sử dụng.

Ăng ten được tạo cấu hình để gửi và nhận tín hiệu.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính được đề xuất. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính này lưu trữ lệnh, và khi lệnh này chạy trên máy tính, thì máy tính này được cho phép thực hiện các phương pháp theo các khía cạnh nên trên.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, sản phẩm chương trình máy tính bao gồm lệnh được đề xuất, và khi sản phẩm chương trình máy tính này chạy trên máy tính, thì máy tính này được cho phép thực hiện các phương pháp theo các khía cạnh nên trên.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, chương trình máy tính được đề xuất, và khi chương trình máy tính này chạy trên máy tính, thì máy tính này được cho phép thực hiện các phương pháp theo các khía cạnh nên trên.

Theo các phương án của sáng chế, khi chiều dài mã đích vượt quá chiều dài mã nguồn được xác định theo quy tắc được tán thành, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì mã hóa phân đoạn độc lập được thực hiện đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, nhờ đó làm giảm xác suất sử dụng giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại, và làm giảm tổn hao hiệu suất gây ra bởi sự lặp lại.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là sơ đồ giản lược của quy trình cơ bản về truyền thông không dây giữa đầu phát và đầu thu;

FIG.2 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa theo một phương án của sáng chế;

FIG.3 là lưu đồ giản lược của phương pháp giải mã theo một phương án của sáng chế;

FIG.4 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa cực Arikan và phương pháp giải mã;

FIG.5 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa cực PC và phương pháp giải mã;

FIG.6 là lưu đồ giản lược của phương pháp giải mã PC-CA-SCL;

FIG.7 là sơ đồ so sánh hiệu suất giải mã giữa mã hóa cực PC thông thường và mã hóa phân đoạn cực PC;

FIG.8 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa cực CA và phương pháp giải mã;

FIG.9 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa cực CA khác và phương pháp giải mã;

FIG.10 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa cực CA khác nữa và phương pháp giải mã;

FIG.11 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa 1100 theo một phương án

của sáng chế;

FIG.12 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa khác 1200 theo một phương án của sáng chế;

FIG.13 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa khác nữa 1300 theo một phương án của sáng chế;

FIG.14 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1400 theo một phương án của sáng chế;

FIG.15 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1500 theo một phương án của sáng chế;

FIG.16 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1600 theo một phương án của sáng chế; và

FIG.17 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị truyền thông 1700 theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

FIG.1 là quy trình cơ bản của truyền thông không dây. Ở đầu phát, tín hiệu được gửi từ nguồn tín hiệu sau khi quá trình mã hóa nguồn, mã hóa kênh, và điều biến số được thực hiện tuần tự đối với tín hiệu này. Ở đầu thu, tín hiệu được kết xuất đến nơi chứa tín hiệu sau khi quá trình điều biến số, mã hóa kênh, và mã hóa nguồn được thực hiện tuần tự đối với tín hiệu này. Mã cực có thể được sử dụng để mã hóa/giải mã kênh. Chiều dài mã của mã cực ban đầu (mã nguồn) tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên. Do đó, trong ứng dụng thực tế, thích ứng tốc độ cần được thực hiện để triển khai mã cực có chiều dài mã bất kỳ. Như được thể hiện trên FIG.1, ở đầu phát, thích ứng tốc độ được thực hiện sau quá trình mã hóa kênh, để triển khai chiều dài mã đích bất kỳ; và ở đầu thu, thích ứng giảm tốc độ được thực hiện trước quá trình mã hóa kênh.

Các giải pháp kỹ thuật theo các phương án của sáng chế có thể được áp dụng cho hệ thống truyền thông 5G, và cũng có thể được áp dụng cho các hệ thống truyền thông khác nhau khác, chẳng hạn như: hệ thống truyền thông di động toàn cầu (GSM, Global System of Mobile communications), hệ thống đa truy nhập chia mã (CDMA, Code

Division Multiple Access), hệ thống đa truy nhập chia mã băng thông rộng (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), dịch vụ vô tuyến gói tổng hợp (GPRS, General Packet Radio Service), hệ thống tiến hóa dài hạn (LTE, Long Term Evolution), hệ thống song công chia tần (FDD, Frequency Division Duplex) LTE, hệ thống song công chia thời (TDD, Time Division Duplex) LTE, và hệ thống viễn thông di động toàn cầu (UMTS, Universal Mobile Telecommunications System).

Trong một số trường hợp, trong một hệ thống truyền thông, chiều dài mã nguồn thường được xác định theo quy tắc được tán thành. Khi chiều dài mã nguồn được xác định lớn hơn chiều dài mã đích, thì giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ có thể được sử dụng để thực hiện thích ứng tốc độ. Khi chiều dài mã nguồn được xác định nhỏ hơn chiều dài mã đích, thì giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại có thể được sử dụng để thực hiện thích ứng tốc độ. Tuy nhiên, giản đồ dựa vào sự lặp lại gây ra tổn hao hiệu suất. Trong một số hệ thống truyền thông, chiều dài mã nguồn cực đại được sử dụng cho mã cực còn có thể được chỉ định. Ví dụ, chỉ định được rằng chiều dài mã nguồn đường xuống cực đại là 512 và chiều dài mã nguồn đường lên cực đại là 1024 trong một hệ thống truyền thông. Do giới hạn về chiều dài mã nguồn cực đại được sử dụng để mã hóa mã cực, nên khi chiều dài mã đích lớn hơn N_{max}, chỉ cần gửi mã cực có chiều dài mã N_{max} nhiều lần có thể gây ra tổn hao hiệu suất, và nhiều bit lặp lại làm cho tổn hao lớn hơn.

Việc thực hiện mã hóa đoạn và sau đó kết hợp đối với mã cực cũng gây ra tổn hao hiệu suất. Tuy nhiên, dưới điều kiện cụ thể (ví dụ, khi tốc độ mã hóa nguồn, cụ thể là, K/N, tương đối lớn), mức tăng mã hóa do mã hóa phân đoạn mang lại, bù lại cho tổn thất do mã hóa phân đoạn đến một mức độ nào đó. Do đó, dưới điều kiện cụ thể (ví dụ, khi tốc độ mã hóa của mỗi đoạn trong quá trình mã hóa phân đoạn lớn hơn tốc độ mã hóa nguồn cụ thể), hiệu suất trong quá trình mã hóa phân đoạn tốt hơn hiệu suất trong giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại.

Theo sáng chế, khi tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì mã hóa phân đoạn được thực hiện đối với các bit thông tin cần được mã hóa, để làm giảm tổn hao hiệu suất mã cực gây ra bởi giản đồ thích ứng tốc độ hiện có (sự lặp lại). Khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì mã hóa cực có thể được thực hiện dựa vào chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N, và sau đó quá trình đục lỗ hoặc rút gọn được thực hiện để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

FIG.2 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa theo một phương án của sáng chế. Phương pháp này bao gồm các bước sau.

201. Thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực, và xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực.

Chiều dài của khối thông tin là K, tốc độ mã hóa là R, $M = \mathrm{INT}(K/R)$, và INT biểu thị sự làm tròn.

203. Khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn được xác định trong bước 201, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước (cũng được gọi là điều kiện mã hóa phân đoạn), thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con này lần lượt là K1, K2, …, Kp, và Kc = K1 + K2 + … + Kp.

Cụ thể là, các chiều dài mã đích sau khi mã hóa cực độc lập được thực hiện đối với p đoạn con lần lượt là M1, M2, …, Mp, trong đó M = M1 + M2 + … + Mp. Xác định được, dựa vào M1, M2, …, Mp, rằng các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này lần lượt là N1, N2, …, Np. Mã hóa cực được thực hiện riêng biệt đối với p đoạn con bằng cách sử dụng các chiều dài mã nguồn N1, N2, …, Np.

Cụ thể là, đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, khi Mi > Ni, mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni đối với đoạn con tương ứng với Mi, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Ni, và sau đó, giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng. Khi Mi ≤ Ni, thì mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni đối với đoạn con tương ứng với Ki, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Ni, và sau đó, giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ được sử dụng.

Có nhiều cách xác định chiều dài mã nguồn N, và ba cách được mô tả dưới đây:

(1) Nếu chiều dài mã nguồn cực đại N_{max} được chỉ định trong một hệ thống truyền thông, thì giá trị của chiều dài mã nguồn có thể được xác định theo

$N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$. Cụ thể là, khi $M > N_{max}$, $N = N_{max}$ được xác định, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N, và ít nhất một số bit được lặp lại, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M. Khi $M \leq N_{max}$, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng $N = 2^{\lceil \log_2 M \rceil}$, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ được sử dụng, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên.

(2) Giá trị nhỏ hơn chiều dài mã đích và thỏa mãn tốc độ mã hóa nguồn nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng tốc độ mã hóa ưu tiên được chọn đối với N, ngược lại $N = 2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ được chọn, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên. Tốc độ mã hóa nguồn được định nghĩa là R0 = K/N, trong đó $N = 2^n$, n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$, và K là chiều dài của khối thông tin. Ví dụ, ngưỡng tốc độ mã hóa có thể được thiết lập là 1/6 hoặc 1/4. Giả sử rằng ngưỡng tốc độ mã hóa là 1/4, M = 288, và K = 40, thì giá trị của N thỏa mãn K/N nhỏ hơn 1/4 là 256. Trong trường hợp này, N = 256. Nếu K = 80, thì không giá trị nào nhỏ hơn hoặc bằng 256 và thỏa mãn 80/N nhỏ hơn hoặc bằng 1/4 có thể được chọn đối với N, bằng tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên. Trong trường hợp này, $N = 2^{\lceil \log_2 M \rceil} = 512$ có thể được xác định.

(3) Giá trị nhỏ hơn chiều dài mã đích và thỏa mãn $M \leq N * (1 + \delta)$ ưu tiên được chọn đối với N, ngược lại $N = 2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ được chọn, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên. δ có thể là hằng số, ví dụ, có thể được thiết lập là 1/8, 1/4, hoặc 3/8. δ có thể là giá trị liên quan đến tốc độ mã hóa nguồn, và $\delta = \text{FUNCTION}(R0)$, trong đó R0 = K/N, và K là chiều dài của khối thông tin và thường giảm theo mức tăng của R0. Hàm δ liên quan đến tốc độ mã hóa R có thể được trình bày dưới dạng: $\delta = \beta \times (1 - R0)$, trong đó β là hằng số định trước, ví dụ, β có thể là 1/2, 3/8, 1/4, 1/8, hoặc 1/16. Nói cách khác, δ là hàm tuyến tính của R0. Giá trị lớn hơn của R0 biểu thị giá trị nhỏ hơn của δ, cụ thể là, biểu thị số lượng bit lặp lại cho phép nhỏ hơn. Hàm δ liên quan đến tốc độ mã hóa R có thể được trình bày dưới dạng: $\delta = \beta \times (1 - R0)^2$, trong đó β là hằng số, ví dụ, β có thể là 1/2. Nói cách khác, δ là hàm bậc hai của R0. Giá trị lớn hơn của R0 biểu thị giá trị nhỏ hơn của δ, cụ thể là, biểu thị số lượng bit lặp lại cho phép nhỏ hơn.

Ba cách này áp dụng được cho việc chọn chiều dài mã nguồn cho chuỗi bit

thông tin cần được mã hóa, và cũng áp dụng được để chọn chiều dài mã nguồn cho đoạn con thu được sau khi phân đoạn.

205. Thực hiện thích ứng tốc độ tương ứng riêng biệt đối với p đoạn con, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài là các chiều dài mã đích tương ứng của các đoạn con này. Cụ thể là, nếu chiều dài mã đích Mi của mỗi đoạn con lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, thì ít nhất một số bit của chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Ni được lặp lại, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi. Nếu chiều dài mã đích Mi của mỗi đoạn con nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn Ni, thì giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự đục lỗ hoặc dựa vào sự rút gọn được sử dụng để xóa bit được mã hóa ở vị trí đục lỗ hoặc vị trí rút gọn, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

206. Kết hợp p chuỗi bit được mã hóa thu được trong bước 205, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, sau khi p đoạn con thu được thông qua sự phân đoạn trong bước 203, một đoạn con, có tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, trong p đoạn con này có thể được phân đoạn thêm thành p đoạn con, và mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập được thực hiện đối với p đoạn con này.

Cụ thể là, đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu chiều dài mã đích Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì đoạn con tương ứng với Mi được phân đoạn thêm thành p đoạn con, mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập được thực hiện đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và p chuỗi bit được mã hóa này được kết hợp, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi. Nếu chiều dài mã đích Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, nhưng tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni đối với đoạn con tương ứng với Mi, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ ba có chiều dài là Ni, và ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ ba này được lặp lại, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi. Nếu chiều dài mã đích Mi nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn cực đại Ni, thì mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni đối với đoạn con tương ứng với Ki, để thu được chuỗi bit được mã hóa, và chuỗi bit được mã hóa này được rút gọn hoặc được đục

lỗ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

Một cách tùy ý, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn được xác định trong bước 201, nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước (điều kiện mã hóa phân đoạn), thì bước 204 có thể được thực hiện.

204. Thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại. Cụ thể là, chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N thu được sau khi mã hóa cực, và ít nhất một số bit của chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N được lặp lại, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì bước 202 có thể được thực hiện.

202. Thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ. Cụ thể là, chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N thu được sau khi mã hóa cực, và chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là N được rút gọn hoặc được đục lỗ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

FIG.3 là lưu đồ giản lược của phương pháp giải mã theo một phương án của sáng chế. Phương pháp này bao gồm các bước sau.

301. Nhận các LLR tương ứng với các bit thông tin cần được giải mã, và xác định chiều dài mã nguồn N, trong đó chiều dài của các bit thông tin cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực.

Đầu thu có thể thu được, bằng cách sử dụng thông tin lập lịch của hệ thống, tham số mã hóa, ví dụ, các giá trị chẳng hạn như K, M, R, và N, lên quan đến phía bộ mã hóa. Đầu thu cũng có thể xác định chiều dài mã đích M dựa vào các LLR nhận được.

303. Khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N được xác định trong bước 301, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước (cũng được gọi là điều kiện mã hóa phân đoạn), thì phân đoạn chuỗi LLR tương ứng với các bit thông tin cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p

đoạn con này. Cụ thể là, chuỗi LLR tương ứng với các bit thông tin cần được giải mã được phân đoạn thành p đoạn con, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2. Tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được giải mã là M, và các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là M1, M2, …, Mp, trong đó M = M1 + M2 + … + Mp.

Chiều dài mã nguồn N và giản đồ thích ứng tốc độ tương ứng được xác định theo quy tắc được tán thành. Phương pháp cụ thể giống với phương pháp được sử dụng ở phía bộ mã hóa, và đối với nội dung chi tiết, có thể thực hiện tham chiếu đến ba cách được mô tả trong bước 203 trong quy trình này.

Cụ thể là, xác định được rằng các chiều dài mã nguồn của các đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np. Đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, khi Mi > Ni, xác định được rằng đầu phát thực hiện thích ứng tốc độ dựa vào giản đồ lặp lại, và các LLR ở các vị trí lặp lại được xếp chồng, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là Ni. Khi Mi ≤ Ni, xác định được rằng đầu phát thực hiện thích ứng tốc độ theo cách rút gọn hoặc đục lỗ, và LLR ở vị trí rút gọn hoặc đục lỗ (mà giá trị cố định được tán thành được thiết lập) được phục hồi, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là Ni.

305. Thực hiện giải mã SCL độc lập đối với p đoạn con, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này. Cụ thể là, giải mã SCL được thực hiện đối với các LLR được thích ứng tốc độ của p đoạn con này, để thu được p kết quả giải mã.

306. Kết hợp các kết quả giải mã, thu được trong bước 305, của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã cuối cùng.

Một cách tùy ý, sau khi p đoạn con thu được thông qua sự phân đoạn trong bước 303, một đoạn con, có tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, trong p đoạn con có thể được phân đoạn thêm thành p đoạn con, thích ứng giảm tốc độ và giải mã được thực hiện riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này, và các kết quả giải mã này được kết hợp.

Một cách tùy ý, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước (điều kiện mã hóa phân đoạn), thì bước 304 có thể được thực hiện.

304. Xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích

ứng tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này.

Một cách tùy ý, nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì bước 302 có thể được thực hiện.

302. Phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này.

Theo phương pháp mã hóa và phương pháp giải mã theo các phương án của sáng chế, p đoạn con có thể là các đoạn con đều nhau. Ví dụ, tổng chiều dài của chuỗi bit cần được mã hóa là Kc, chiều dài của mỗi đoạn con là Kc/p, và chiều dài mã đích tương ứng của mỗi đoạn con là M/p. Nếu Kc hoặc M không chia hết cho p, thì sự điều chỉnh được thực hiện một chút. Theo các loại khác nhau của các phương pháp mã hóa cực, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa có thể chỉ bao gồm khối thông tin cần được gửi, tức là, Kc = K. Theo cách khác, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa có thể bao gồm khối thông tin và bit CRC. Trong trường hợp này, Kc = K + L_{CRC}, trong đó Lcrc là chiều dài bit CRC.

Tham số mã hóa được mô tả trong bản mô tả này bao gồm một hoặc nhiều trong số: tốc độ mã hóa R, chiều dài mã đích M, chiều dài mã nguồn N, chiều dài K của khối thông tin, chiều dài bit CRC L_{CRC}, và tham số tương tự. Điều kiện định trước (điều kiện mã hóa phân đoạn) theo sáng chế có thể bao gồm một điều kiện bất kỳ trong số:

(1) Đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước.

(2) Đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước.

(3) Đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước.

Khối thông tin được đề cập trong bản mô tả này là thông tin cần được gửi thực tế trong một hệ thống truyền thông. “Chuỗi bit thông tin cần được mã hóa" được mô tả theo các phương án của sáng chế là chuỗi bao gồm thông tin được mang bằng cách sử dụng các bit thông tin tương ứng với tập hợp các chỉ số bit thông tin trong quá trình mã hóa

cực. “Chiều dài" trong bản mô tả này có thể được gọi là "số lượng".

Mã cực được mô tả theo các phương án của sáng chế bao gồm nhưng không bị giới hạn ở mã cực Arikan, và theo cách khác có thể là mã cực CA, mã cực PC, hoặc mã cực PC-CA. Mã cực Arikan là mã cực ban đầu, không được ghép nối với mã khác, và chỉ bao gồm các bit thông tin và các bit đóng băng. Mã cực CA là mã cực được ghép nối với mã kiểm tra phần dư tuần hoàn (Cyclic Redundancy Check, viết tắt là CRC). Mã cực PC là mã cực được ghép nối với mã chẵn lẻ (Parity Check, viết tắt là PC). Mã cực PC-CA là mã cực được ghép nối với cả mã CRC và mã PC. Mã cực PC, mã cực CA, và mã cực PC-CA nâng cao hiệu suất của mã cực bằng cách ghép nối mã cực Arikan với các mã khác nhau.

“Nếu M lớn hơn chiều dài mã nguồn N" được mô tả trong bản mô tả này có thể được biểu diễn tương đương với "nếu $2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ lớn hơn chiều dài mã nguồn N". Vì chiều dài mã nguồn tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên, từ góc độ hiệu quả, "M lớn hơn chiều dài mã nguồn N" có thể chắc chắn được suy ra từ "$2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ lớn hơn chiều dài mã nguồn N"; ngược lại, "$2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ lớn hơn chiều dài mã nguồn N" cũng có thể chắc chắn được suy ra từ "M lớn hơn chiều dài mã nguồn N", trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên.

Với tham chiếu đến các loại khác nhau của các cách mã hóa mã cực, phần tiếp theo mô tả phương pháp mã hóa và giải mã theo các phương án khác nhau. Theo cùng một phương án, phương pháp mã hóa và phương pháp giải mã được kết hợp để mô tả, nhưng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu rằng phương pháp mã hóa ở đầu phát và phương pháp giải mã ở đầu thu là các quy trình tương ứng với nhau và độc lập với nhau. Để dễ dàng cho việc mô tả, theo tất cả các phương án được mô tả dưới đây, p = 2, tức là, hai đoạn bằng nhau thu được thông qua sự phân đoạn.

Cách (1) được mô tả trong bước 201 của phương pháp mã hóa được sử dụng làm ví dụ của cách xác định chiều dài mã nguồn. Giả sử rằng chiều dài mã nguồn cực đại N_{max} được chỉ định trong một hệ thống truyền thông. Giá trị của chiều dài mã nguồn được sử dụng trong mỗi quy trình mã hóa được xác định theo $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$. Cụ thể là, khi $M > N_{max}$, thì $N = N_{max}$, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại thường được sử dụng. Tuy nhiên, trong bản mô tả này, việc xem liệu có thực hiện mã hóa phân đoạn hay không còn được xác định, để làm giảm tổn hao gây ra bởi sự lặp lại. Do đó, nếu giá

trị của N được xác định theo $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$, trong phương pháp mã hóa và phương pháp giải mã theo sáng chế, "khi M lớn hơn N" có thể được đơn giản hóa dưới dạng "khi $M > N_{max}$ hoặc $2^{\lceil \log_2 M \rceil} > N_{max}$". Nếu xác định được rằng tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phương pháp mã hóa phân đoạn được sử dụng. Nếu tham số mã hóa không thỏa mãn điều kiện định trước, thì mã hóa cực được thực hiện một lần vẫn bằng cách sử dụng $N = N_{max}$, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng. Khi $M \leq N$, thì $N = 2^{\lceil \log_2 M \rceil} \leq N_{max}$. Do đó, "khi $M \leq N$" có thể được đơn giản hóa dưới dạng "khi $M \leq N_{max}$ hoặc $2^{\lceil \log_2 M \rceil} \leq N_{max}$". Trong trường hợp này, mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng $N=2^{\lceil \log_2 M \rceil}$, và phương pháp thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ được sử dụng để thu được chiều dài mã đích. Do đó, khi "M lớn hơn N" được thay thế bằng "$2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ lớn hơn N_{max}", và "M nhỏ hơn hoặc bằng N" được thay thế bằng "$2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ nhỏ hơn hoặc bằng N_{max}"; hoặc chắc chắn là khi "M lớn hơn N" có thể được thay thế bằng "M lớn hơn N_{max}", và "M nhỏ hơn hoặc bằng N" có thể được thay thế bằng "M nhỏ hơn hoặc bằng N_{max}", các mục tiêu của sáng chế vẫn có thể đạt được theo các phương án sau đây.

Đối với mã cực Arikan, các bit thông tin chỉ mang khối thông tin, và do đó chiều dài của khối thông tin là số lượng bit thông tin. Mã hóa phân đoạn mã cực được thực hiện đối với chuỗi bit cần được mã hóa có chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại N_{max} và thỏa mãn điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực, và đầu thu thực hiện giải mã và kết hợp các kết quả giải mã. FIG.4 là lưu đồ giản lược của phương pháp mã hóa và phương pháp giải mã cực Arikan. Quy trình mã hóa và giải mã bao gồm các bước sau:

(1) Xác định chiều dài mã đích M bằng cách sử dụng tài nguyên vật lý được cấp phát hoặc số lượng K bit thông tin và tốc độ mã hóa R, ví dụ, $M = \mathrm{INT}(K/R)$, trong đó INT biểu thị sự làm tròn.

(2) Xác định chiều dài mã nguồn $N = \min(2^n, N_{max})$ dựa vào chiều dài mã đích M, trong đó n là số nguyên cực tiểu lớn hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Nói cách khác, $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên, $\min(\cdot)$ biểu thị giá trị cực tiểu được trả về, và N_{max} biểu thị chiều dài mã nguồn được hỗ trợ bởi hệ thống cực

đại.

(3) Nếu $2^{\lceil \log_2 M \rceil}$ lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại N_{max}, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực thỏa mãn, thì phân đoạn thông tin thành đoạn con 0 và đoạn con 1, và thực hiện mã hóa mã cực riêng biệt, tức là, thực hiện mã hóa phân đoạn mã cực riêng biệt đối với đoạn con 0 và đoạn con 1 bằng cách sử dụng (K_+, M_+) và (K_-, M_-), trong đó $K = K_+ + K_-$, và $M = M_+ + M_-$. K_+ là số lượng bit thông tin của đoạn con 0, K_- là số lượng bit thông tin của đoạn con 1, M_+ là chiều dài mã đích của đoạn con 0, và M_- là chiều dài mã đích của đoạn con 1. Nếu chiều dài mã nguồn của đoạn con 0 hoặc đoạn con 1 vẫn lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực thỏa mãn, thì sự phân đoạn được tiếp tục. Khi điều kiện mã hóa phân đoạn không thỏa mãn, thì giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng.

Ở đây, K_+ tương ứng với K1 được đề cập ở trên, K_- tương ứng với K2 được đề cập ở trên, M_+ tương ứng với M1 được đề cập ở trên, và M_- tương ứng với M2 được đề cập ở trên. Để dễ dàng cho việc mô tả trong phần tiếp theo, K_+ và K_- lần lượt biểu diễn K1 và K2, và M_+ và M_- lần lượt biểu diễn M1 và M2.

Điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực được xác định bởi tốc độ mã hóa R và chiều dài K của khối thông tin, chiều dài mã đích M, hoặc chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa. Đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước, hoặc chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước. Các điều kiện của các tham số khác nhau tương ứng với các ngưỡng khác nhau, và việc thiết lập các ngưỡng cho các giá trị N_{max} khác nhau có thể cũng khác nhau.

(4) Thực hiện thích ứng tốc độ. Nếu mã hóa phân đoạn được thực hiện trong bước (3), thì kết hợp chuỗi bit được mã hóa thu được bằng cách mã hóa tất cả các đoạn con, để thu được chuỗi bit được mã hóa cuối cùng.

(5) Đầu thu thực hiện thích ứng giảm tốc độ tương ứng, cuối cùng giải mã thông tin của các đoạn con theo quy tắc mã hóa, và hoàn thành việc kết hợp thông tin.

Mã hóa phân đoạn mã cực áp dụng được cho quy tình mã hóa và giải mã cực PC. Lưu đồ giản lược được thể hiện trên FIG.5 bao gồm các bước sau:

(1) Xác định chiều dài mã đích M bằng cách sử dụng tài nguyên vật lý được cấp phát hoặc số lượng K bit thông tin và tốc độ mã hóa R, ví dụ, $M = \mathrm{INT}(K/R)$, trong đó INT biểu thị sự làm tròn. Ví dụ, nếu K = 30, và R = 1/6, M = 180.

(2) Xác định chiều dài mã nguồn $N = \min(2^n, N_{max})$ dựa vào chiều dài mã đích M, trong đó n là số nguyên cực tiểu lớn hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Nói cách khác, $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên, $\min(\cdot)$ biểu thị giá trị cực tiểu được trả về, và N_{max} biểu thị chiều dài mã nguồn được hỗ trợ bởi hệ thống cực đại. Ví dụ, nếu M = 180, và N_{max} = 1024, thì n = 8, N = min(256, 1024) = 256. Ví dụ khác, nếu M = 1800, và N_{max} = 1024, thì n = 11, và N = min(2048, 1024) = 1024.

(3) Nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực PC thỏa mãn, thì thực hiện mã hóa phân đoạn mã cực mã cực đối với chuỗi bit cần được mã hóa, cụ thể là, thực hiện mã hóa mã cực PC riêng biệt đối với đoạn con 0 và đoạn con 1 bằng cách sử dụng (K_+, M_+) và (K_-, M_-), trong đó $K + L_{CRC} = K_+ + K_-$, $M = M_+ + M_-$, L_{CRC} là chiều dài bit CRC, $K_+ = \lceil (K + L_{CRC})/2 \rceil$, $K_- = K + L_{CRC} - K_+$, $M_+ = \lceil M/2 \rceil$, và $M_- = M - M_+$. Nếu chiều dài mã nguồn của đoạn con vẫn lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực PC thỏa mãn, thì sự phân đoạn được tiếp tục. Nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại N_{max}, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực PC không thỏa mãn, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng $N = N_{max}$, và cách thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng. Nếu 2^n nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn cực đại N_{max}, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng $N = 2^n$, và cách thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ được sử dụng.

Ở đây, mã cực PC được ghép nối với bit CRC, cũng được gọi là mã cực PC-CA, được sử dụng làm ví dụ, và bit CRC có thể được sử dụng để hỗ trợ trong quá trình giải mã PC-SCL (hiệu chỉnh lỗi). Đối với mã cực PC thuần, bit CRC không được sử dụng để hỗ trợ trong quá trình giải mã PC-SCL, nhưng có thể được sử dụng để hiệu chỉnh lỗi sau khi giải mã.

Điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực PC được xác định bởi tốc độ mã hóa R và chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, chiều dài K của khối thông tin, hoặc chiều dài mã đích M, trong đó Kc tương ứng với số lượng bit thông tin được sử dụng trong lệnh mã cực. Các điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực PC ở các tốc độ mã

hóa khác nhau được thể hiện trong bảng 1. Bảng 1 liệt kê các giá trị tốc độ mã hóa khác nhau và các điều kiện mã hóa phân đoạn tương ứng với các tốc độ mã hóa này. Tuy nhiên, không phải tất cả các tốc độ mã hóa và các điều kiện mã hóa phân đoạn tương ứng với các tốc độ mã hóa này có thể được liệt kê. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể đề ra điều kiện mã hóa phân đoạn thích hợp ở tốc độ mã hóa khác.

Bảng 1

R	1 [12]	1/6	1/4	1/3	2/5
K_c	$\geq Kc1$	$\geq Kc2$	$\geq Kc3$	$\geq Kc4$	$\geq Kc5$
K	$\geq Kt1$	$\geq Kt2$	$\geq Kt3$	$\geq Kt4$	$\geq Kt5$
M	$\geq Mt1$	$\geq Mt2$	$\geq Mt3$	$\geq Mt4$	$\geq Mt5$

Nếu $N_{max} = 1024$, thì giá trị của Kc1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [330, 370]; giá trị của Kc2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [345, 365]; giá trị của Kc3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [370, 380]; giá trị của Kc4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [450, 460]; và giá trị của Kc5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [500, 510].

Nếu $N_{max} = 1024$, thì giá trị của Kt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [314, 354]; giá trị của Kt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [329, 349]; giá trị của Kt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [354, 364]; giá trị của Kt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [434, 444]; và giá trị của Kt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [484, 494].

Nếu $N_{max} = 1024$, thì giá trị của Mt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [3768, 4248]; giá trị của Mt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1974, 2094]; giá trị của Mt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1416, 1456]; giá trị của Mt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1302, 1332]; và giá trị của Mt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1210, 1235].

Nếu $N_{max} = 1024$, trong một ví dụ, thì Kc1 = 360, Kc2 = 360, Kc3 = 380, Kc4 =

460, Kc5 = 510, Kt1 = 344, Kt2 = 344, Kt3 = 364, Kt4 = 444, Kt5 = 494, Mt1 = 4128, Mt2 = 2064, Mt3 = 1456, Mt4 = 1332, hoặc Mt5 = 1235. Các điều kiện mã hóa phân đoạn được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2 N_{max} = 1024

R	1/12	1/6	1/4	1/3	2/5
K_c	≥ 360	≥ 360	≥ 380	≥ 460	≥ 510
K	≥ 344	≥ 344	≥ 364	≥ 444	≥ 494
M	≥ 4128	≥ 2064	≥ 1456	≥ 1332	≥ 1235

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Kc1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [200, 220]; giá trị của Kc2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [205, 225]; giá trị của Kc3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [210, 220]; giá trị của Kc4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [120, 240]; và giá trị của Kc5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [265, 275].

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Kt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [184, 204]; giá trị của Kt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [189, 209]; giá trị của Kt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [194, 214]; giá trị của Kt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [214, 224]; và giá trị của Kt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [249, 259].

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Mt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [2208, 2448]; giá trị của Mt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1134, 1254]; giá trị của Mt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [776, 856]; giá trị của Mt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [642, 672]; và giá trị của Mt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [623, 648].

Trong một ví dụ, nếu N_{max} = 512, thì Kc1 = 210, Kc2 = 220, Kc3 = 220, Kc4 = 235, Kc5 = 270, Kt1 = 194, Kt2 = 204, Kt3 = 204, Kt4 = 219, Kt5 = 254, Mt1 = 2328, Mt2 = 1224, Mt3 = 816, Mt4 = 657, hoặc Mt5 = 635. Các điều kiện mã hóa phân đoạn được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3

R	1/12	1/6	1/4	1/3	2/5
K_c	≥ 210	≥ 220	≥ 220	≥ 235	≥ 270
K	≥ 194	≥ 204	≥ 204	≥ 219	≥ 254
M	≥ 2328	≥ 1224	≥ 816	≥ 657	≥ 635

Đối với điều kiện định trước trong bản mô tả này, cụ thể là, điều kiện mã hóa phân đoạn, mỗi giá trị R trong các bảng 1 đến 3 và ngưỡng Kc tương ứng với giá trị R này cấu thành điều kiện mã hóa phân đoạn, mỗi giá trị R và ngưỡng K tương ứng với giá trị R này cấu thành điều kiện mã hóa phân đoạn, và mỗi giá trị R và ngưỡng M tương ứng với giá trị R này cấu thành điều kiện mã hóa phân đoạn. Do đó, trong các bảng 1 đến 3, các điều kiện mã hóa phân đoạn được thể hiện cùng nhau chỉ để dễ trình bày. Tuy nhiên, điều này không có nghĩa là mỗi bảng trong số toàn bộ các bảng được sử dụng là một điều kiện mã hóa phân đoạn. Nói cách khác, điều này không có nghĩa là các điều kiện được liệt kê trong các bảng cần được thỏa mãn cùng một lúc.

Giả sử rằng N_{max} = 1024, và điều kiện mã hóa phân đoạn là Kc lớn hơn ngưỡng định trước. Ví dụ, nếu K = 401, thì Lcrc = 16, N = 1024, R = 1/6, và M = 2406, Kc = K + Lcrc = 417. Theo bảng 2, điều kiện mã hóa phân đoạn là Kc ≥ 360, và điều kiện mã hóa phân đoạn được thỏa mãn. Trong trường hợp này, $K_+ = [(401 + 16)/2] = 209$, $K_- = 417 - 209 = 208$, $M_+ = 2406/2 = 1203$, và $M_- = 2406 - 1203 = 1203$. Mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng tham số mã hóa (Kc, M), và do đó mã hóa cực được thực hiện đối với hai đoạn con bằng cách sử dụng (209, 1203) và (208, 1203). Đối với hai đoạn con này, các chiều dài mã nguồn của hai đoạn con này thu được trong bước (2) là N = N_{max} = 1024, và M > N ($2^{\lfloor \log_2 M \rfloor} > Nmax$). Trong trường hợp này, điều kiện mã hóa phân đoạn không được thỏa mãn. Do đó, sự phân đoạn không được tiếp tục, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng: 179 (1203–1024) bit trong 1024 bit được mã hóa được lặp lại, để thu được 1203 bit được mã hóa.

Giả sử rằng N_{max} = 1024, và điều kiện mã hóa phân đoạn là Kc lớn hơn ngưỡng định trước. Ví dụ, nếu K = 800, thì Lcrc = 16, N = 1024, M = 2400, R = 1/3, Kc = K +

Lcrc = 816, và điều kiện phân đoạn $Kc \geq$ 460 được thỏa mãn, $K_+ = (800 + 16)/2 = 408$, $K_- = 816 - 408 = 408$, $M_+ = 2400/2 = 1200$, và $M_- = 2400 - 1200 = 1200$. Mã hóa cực được thực hiện đối với hai đoạn con bằng cách sử dụng (408, 1200) và (408, 1200). Các chiều dài mã nguồn thu được trong bước (2) là N = 1024. Trong trường hợp này, điều kiện lặp lại và điều kiện mã hóa phân đoạn được thỏa mãn, và sự phân đoạn được tiếp tục. Một đoạn (408, 1200) trong số hai đoạn này được sử dụng làm ví dụ, $K_+ = 204$, $M_+ = 600$, $K_- = 204$, $M_- = 600$, và mã hóa cực được thực hiện bằng cách sử dụng (204, 600). Các chiều dài mã nguồn thu được trong bước (2) là $N = 1024 > M$. Do đó, giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự đục lỗ hoặc dựa vào sự rút gọn được sử dụng: 1024 bit được mã hóa được đục lỗ hoặc được rút gọn thành 600 bit được mã hóa.

(4) Thực hiện thích ứng tốc độ; và nếu mã hóa phân đoạn xảy ra, thì kết hợp các chuỗi bit được mã hóa của các đoạn con, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

(5) Sau khi truyền kênh, đầu thu xử lý chuỗi LLR nhận được (chuỗi LLR tương ứng với các bit cần được giải mã) dựa vào thông tin lập lịch theo quy tắc được tán thành.

a. Sau khi biết được tham số mã hóa (K, M, R, N), đầu thu xác định xem liệu điều kiện mã hóa phân đoạn có thỏa mãn hay không theo bước (3), và nếu điều kiện mã hóa phân đoạn này thỏa mãn, thì phân đoạn chuỗi LLR nhận được thành hai đoạn và thực hiện xử lý riêng biệt trong các bước tiếp theo.

(i) Giả sử rằng $N_{max} = 1024$, K = 400, M = 2400, R = 1/6, N = 1024, $2^{\lceil \log_2 M \rceil} = 4096 > 1024$, Kc = 400 + 16 = 416 > 360, và điều kiện lặp lại và điều kiện phân đoạn thỏa mãn, thì chuỗi LLR nhận được có chiều dài là 2400 được phân đoạn thành hai đoạn để xử lý.

(ii) Giả sử rằng $N_{max} = 1024$, K = 200, M = 2400, R = 1/12, N = 1024, $2^{\lceil \log_2 M \rceil} = 4096 > 1024$, Kc = 216 < 360, và điều kiện mã hóa phân đoạn không thỏa mãn, thì giải mã phân đoạn không được thực hiện đối với chuỗi LLR nhận được có chiều dài là 2400.

(iii) Giả sử rằng $N_{max} = 1024$, K = 200, M = 800, R = 1/4, N = 1024, $2^{\lceil \log_2 M \rceil} = 1024 = N_{max}$, và điều kiện phân đoạn không thỏa mãn, thì giải mã phân đoạn không được thực hiện đối với chuỗi LLR nhận được có chiều dài là 800.

b. Theo giản đồ thích ứng tốc độ, các giá trị không hoặc vô cùng được thêm vào các LLR, hoặc sự xếp chồng được thực hiện đối với các LLR (tương ứng với giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự đục lỗ, hoặc dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự lặp lại), để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ.

(i) Giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng, và các LLR ở 176 (1200 – 1024) vị trí lặp lại được xếp chồng theo chế độ lặp lại. Cuối cùng, chiều dài chuỗi LLR của mỗi đoạn là 1024, và có hai đoạn.

(ii) Giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng, và các LLR ở 1376 (2400 – 1024) vị trí lặp lại được xếp chồng theo chế độ lặp lại, để thu được chuỗi LLR có chiều dài là 1024.

(iii) Giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn được sử dụng, và các giá trị vô cùng được thêm vào các LLR. Chuỗi LLR có chiều dài là 800 được phục hồi theo chế độ rút gọn, và các giá trị vô cùng được thiết lập ở 224 (1024 – 800) vị trí rút gọn, để thu được chuỗi LLR có chiều dài là 1024.

(6) Nếu mã hóa phân đoạn được thực hiện ở phía bộ mã hóa, thì đầu thu thực hiện giải mã PC-SCL độc lập đối với các LLR của các đoạn con thu được trong bước (5), để kết xuất kết quả giải mã của mỗi đoạn con, và cuối cùng kết hợp các kết quả giải mã của hai đoạn con này. Trong trường hợp này, bit CRC không được sử dụng để hỗ trợ trong quá trình giải mã PC-SCL.

Theo cách tùy ý, đối với giải mã PC-SCL của mỗi đoạn con, tham chiếu đến FIG.6. Trong trường hợp này, bit CRC được sử dụng để hỗ trợ việc giải mã. Bộ giải mã PC-SCL có thể kết xuất L_p mẩu thông tin ứng viên và L_p giá trị PM, kết hợp tổng $2L_p$ đường dẫn ứng viên của đoạn con 0 và đoạn con 1 theo cặp, để thu được $L_p \times L_p$ đường dẫn ứng viên, và cộng các giá trị PM của các đường dẫn ứng viên của hai đoạn con và trong mỗi đường dẫn thu được thông qua sự kết hợp. $L_p \times L_p$ đường dẫn ứng viên được lưu trữ theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần của giá trị PM, T_p đường dẫn ứng viên tối ưu được chọn để kiểm tra CRC, và đường dẫn thứ nhất vượt qua sự kiểm tra được chọn làm đầu ra giải mã; hoặc kiểm tra CRC được thực hiện đối với tất cả T_p đường dẫn ứng viên, và đường dẫn, trong các đường dẫn ứng viên vượt qua sự kiểm tra, có giá trị PM tối ưu được chọn, trong đó $T_p \leq L_p \times L_p$, L_p bằng số lượng danh sách ứng viên của PC-SCL, và

T_p là số lượng đường dẫn ứng viên tham gia vào lựa chọn kiểm tra CRC.

Ví dụ, một bộ giải mã PC-SCL kết xuất tám mẩu thông tin ứng viên và tám giá trị PM. Tổng 16 mẩu thông tin ứng viên được kết xuất bởi hai bộ giải mã được kết hợp theo cặp, để thu được 64 mẩu thông tin ứng viên, và các giá trị PM tương ứng được cộng. 64 mẩu thông tin ứng viên này được sắp xếp theo thứ tự tăng dần của giá trị PM, và tám mẩu thông tin ứng viên tối ưu được chọn để kiểm tra CRC. Trong trường hợp này, $\log_2(8) = 3$ bit cần được thêm vào bit CRC ban đầu để đảm bảo tỷ lệ báo động giả (False Alarm Rate, FAR). Việc kiểm tra bắt đầu từ đường dẫn ứng viên tối ưu, và đường dẫn thứ nhất vượt qua sự kiểm tra được chọn làm đầu ra giải mã.

FIG.7 là sơ đồ kết quả mô phỏng bước thiết lập điều kiện mã hóa phân đoạn bằng cách sử dụng Kc khi $N_{max} = 1024$, và thể hiện sự so sánh giữa hiệu suất giải mã của mã hóa cực PC thông thường và hiệu suất giải mã của mã hóa phân đoạn cực PC ở các tốc độ mã hóa khác nhau. Trên FIG.7, Kc = 380, đường nét liền thể hiện hiệu suất giải mã của mã hóa phân đoạn, và đường nét đứt thể hiện hiệu suất giải mã của mã hóa cực PC thông thường. Có thể thấy được rằng, ở cùng tốc độ mã hóa, hiệu suất giải mã của mã hóa phân đoạn cao hơn hiệu suất giải mã của mã hóa cực PC thông thường.

Mã hóa phân đoạn mã cực áp dụng được cho quy trình mã hóa và giải mã cực CA, như được thể hiện trên FIG.8, và quy trình này có thể bao gồm các bước sau:

(1) Xác định chiều dài mã đích M bằng cách sử dụng tài nguyên vật lý được cấp phát hoặc số lượng K bit thông tin và tốc độ mã hóa R, ví dụ, $M = \mathrm{INT}(K/R)$, trong đó INT biểu thị làm tròn lên.

(2) Xác định chiều dài mã nguồn $N = \min(2^n, N_{max})$ dựa vào chiều dài mã đích M, trong đó n là số nguyên cực tiểu lớn hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Nói cách khác, $N = \min(2^{\lceil \log_2 M \rceil}, N_{max})$, trong đó $\lceil \cdot \rceil$ biểu thị sự làm tròn lên, $\min(\cdot)$ biểu thị giá trị cực tiểu được trả về, và N_{max} biểu thị chiều dài mã nguồn được hỗ trợ bởi hệ thống cực đại.

(3) Nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì thực hiện mã hóa phân đoạn mã cực đối với chuỗi bit cần được

mã hóa, cụ thể là, thực hiện riêng biệt mã hóa mã cực CA đối với đoạn con 0 và đoạn con 1 bằng cách sử dụng (K_+, M_+) và (K_-, M_-), trong đó $K + L_{CRC} = K_+ + K_-$, $M = M_+ + M_-$, L_{CRC} là chiều dài bit CRC, $K_+ = 2^n$, $K_- = K + L_{CRC} - K_+$, $M_+ = \lceil (K + L_{CRC})/2 \rceil$, và $M_- = M - M_+$.

Trong một ví dụ, chiều dài bit CRC có thể là 19. Nếu chiều dài mã nguồn của đoạn con vẫn lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì sự phân đoạn được tiếp tục; ngược lại, phương pháp thích ứng tốc độ khác được sử dụng.

Nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại N_{max}, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA không thỏa mãn, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng $N = N_{max}$, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự lặp lại được sử dụng. Nếu 2^n nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn cực đại N_{max}, thì mã hóa được thực hiện bằng cách sử dụng $N = 2^n$, và giản đồ thích ứng tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ được sử dụng.

(4) Thực hiện thích ứng tốc độ; và nếu mã hóa phân đoạn xảy ra, thì kết hợp các chuỗi bit được mã hóa của các đoạn con, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

(5) Đầu thu thực hiện thích ứng giảm tốc độ, và thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các đoạn con, để kết xuất L_p đường dẫn ứng viên của các đoạn con và L_p giá trị PM, trong đó L_p là kích thước của danh sách ứng viên, kết hợp $2L_p$ đường dẫn ứng viên đoạn con theo cặp, để thu được $L_P \times L_P$ đường dẫn ứng viên, và chọn T_p đường dẫn ứng viên tối ưu dựa vào các giá trị PM. Mã cực CA được ghép nối với bit CRC để hỗ trợ giải mã SCL. Do đó, kiểm tra CRC có thể bắt đầu từ một đường dẫn, trong T_P đường dẫn ứng viên, có giá trị PM tối ưu, và đường dẫn thứ nhất vượt qua kiểm tra CRC được chọn làm đầu ra giải mã, trong đó $T_p \leq L_p \times L_p$.

Điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA được xác định bởi tốc độ mã hóa R và chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, chiều dài K của khối thông tin, hoặc chiều dài mã đích M, trong đó Kc tương ứng với số lượng bit thông tin được sử dụng trong lệnh mã cực.

Nếu N_{max} = 1024, thì giá trị của Kc1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [310, 340]; giá trị của Kc2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [350, 365]; giá trị của Kc3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [410, 450]; giá trị của Kc4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [470, 495]; và giá trị của Kc5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [520, 530].

Nếu N_{max} = 1024, thì giá trị của Kt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [291, 321]; giá trị của Kt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [331, 346]; giá trị của Kt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [391, 431]; giá trị của Kt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [451, 476]; và giá trị của Kt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [501, 511].

Nếu N_{max} = 1024, thì giá trị của Mt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [3492, 3852]; giá trị của Mt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1986, 2076]; giá trị của Mt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1564, 1724]; giá trị của Mt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1353, 1428]; và giá trị của Mt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1253, 1278].

Nếu N_{max} = 1024, trong một ví dụ, thì Kc1 = 320, Kc2 = 360, Kc3 = 430, Kc4 = 490, Kc5 = 530, Kt1 = 301, Kt2 = 341, Kt3 = 411, Kt4 = 471, Kt5 = 511, Mt1 = 3612, Mt2 = 2046, Mt3 = 1644, Mt4 = 1413, hoặc Mt5 = 1278. Các điều kiện mã hóa phân đoạn cực CA được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4

R	1/12	1/6	1/4	1/3	2/5
K_c	≥ 320	≥ 360	≥ 430	≥ 490	≥ 530
K	≥ 301	≥ 341	≥ 411	≥ 471	≥ 511
M	≥ 3612	≥ 2046	≥ 1644	≥ 1413	≥ 1278

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Kc1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [170, 190]; giá trị của Kc2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [185, 195]; giá trị của Kc3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [210, 230]; giá trị của Kc4 có thể là số nguyên nằm

trong đoạn [250, 260]; và giá trị của Kc5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [270, 280].

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Kt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [151, 171]; giá trị của Kt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [166, 176]; giá trị của Kt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [191, 211]; giá trị của Kt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [231, 241]; và giá trị của Kt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [251, 261].

Nếu N_{max} = 512, thì giá trị của Mt1 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [1812, 2052]; giá trị của Mt2 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [996, 1056]; giá trị của Mt3 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [764, 844]; giá trị của Mt4 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [693, 723]; và giá trị của Mt5 có thể là số nguyên nằm trong đoạn [693, 723].

Trong một ví dụ, nếu N_{max} = 512, thì Kc1 = 180, Kc2 = 190, Kc3 = 220, Kc4 = 255, Kc5 = 275, Kt1 = 161, Kt2 = 171, Kt3 = 201, Kt4 = 236, Kt5 = 256, Mt1 = 1932, Mt2 = 1026, Mt3 = 804, Mt4 = 708, hoặc Mt5 = 640. Các điều kiện mã hóa phân đoạn được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5

R	1/12	1/6	1/4	1/3	2/5
K_c	≥ 180	≥ 190	≥ 220	≥ 255	≥ 275
K	≥ 161	≥ 171	≥ 201	≥ 236	≥ 256
M	≥ 1932	≥ 1026	≥ 804	≥ 708	≥ 640

FIG.8 mô tả phương pháp mã hóa và giải mã phân đoạn cực CA. Theo một phương án khác, như được thể hiện trên FIG.9, trong quá trình mã hóa phân đoạn cực CA, các bit thông tin cần được mã hóa bao gồm bit CRC thông thường được sử dụng để kiểm tra lỗi, nhưng không bao gồm bit CRC được sử dụng để hỗ trợ giải mã SCL. Sau khi khối thông tin có chiều dài là $K+L_{CRC}$ được phân đoạn thành đoạn con 0 và đoạn con 1, thì bit CRC được sử dụng để hỗ trợ giải mã SCL có thể được phân đoạn thành hai đoạn lần lượt là được

thêm vào đoạn con 0 và đoạn con 1, và mã hóa độc lập được thực hiện. Nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì khối thông tin được phân đoạn thành hai đoạn, và chiều dài của đoạn con 0 là K_+, và chiều dài của đoạn con 1 là K_-. Mỗi bit CRC có chiều dài L_{CRC2} lần lượt được thêm vào đoạn con 0 và đoạn con 1, và mã hóa phân đoạn mã cực được thực hiện riêng biệt bằng cách sử dụng (K_++L_{CRC2}, M_+) và (K_-+ L_{CRC}+L_{CRC2}, M_-), trong đó $K + L_{CRC} = K_+ + L_{CRC}+K_-$, $M = M_+ + M_-$, và L_{CRC} là chiều dài bit CRC của các bit CRC được sử dụng để kiểm tra lỗi, L_{CRC2} là chiều dài bit CRC của các bit CRC được sử dụng để hỗ trợ giải mã SCL. Nếu chiều dài mã nguồn của đoạn con vẫn lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì sự phân đoạn được tiếp tục; ngược lại, phương pháp thích ứng tốc độ khác được sử dụng. Đầu thu thực hiện thích ứng giảm tốc độ, thực hiện giải mã CA-SCL độc lập đối với các đoạn con, để kết xuất kết quả giải mã của mỗi đoạn con, và cuối cùng kết hợp các kết quả giải mã của hai đoạn con này.

Theo một phương án khác, như được thể hiện trên FIG.10, trong quá trình mã hóa phân đoạn cực CA, các bit thông tin cần được mã hóa không bao gồm bit CRC bất kỳ. Tuy nhiên, sau khi khối thông tin có chiều dài là K được phân đoạn thành đoạn con 0 và đoạn con 1, thì bit CRC được sử dụng để hỗ trợ giải mã SCL được phân đoạn thành hai đoạn lần lượt là được thêm vào đoạn con 0 và đoạn con 1, và mã hóa độc lập được thực hiện. Do đó, nếu 2^n lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì khối thông tin được phân đoạn thành hai đoạn. Chiều dài của đoạn con 0 là K_+, và chiều dài của đoạn con 1 là K_-. Mỗi bit CRC có chiều dài L_{CRC2} lần lượt được thêm vào đoạn con 0 và đoạn con 1, và mã hóa phân đoạn mã cực được thực hiện riêng biệt bằng cách sử dụng (K_++L_{CRC2}, M_+) và (K_-+L_{CRC2}, M_-), trong đó $K = K_+ - K_-$, $M = M_+ + M_-$, $K_+ = [K/2]$, $K_- = K - K_+$, $M_+ = [M/2]$, $M_- = M - M_+$, và $Kc = K$. Nếu chiều dài mã nguồn của đoạn con vẫn lớn hơn chiều dài mã nguồn cực đại, và điều kiện mã hóa phân đoạn mã cực CA thỏa mãn, thì sự phân đoạn được tiếp tục. Ngược lại, phương pháp thích ứng tốc độ khác được sử dụng. Đầu thu thực hiện thích ứng giảm tốc độ, thực hiện giải mã CA-SCL độc lập đối với các đoạn con, để kết xuất kết quả giải mã của mỗi đoạn con, và cuối cùng kết hợp các kết quả giải mã của hai đoạn con này.

Các số chỉ dẫn được sử dụng trong các bước của phương pháp được mô tả trong bản

mô tả này chỉ được sử dụng là các ký hiệu, và không biểu thị thứ tự để thực hiện các bước này.

Sự đục lỗ được mô tả theo các phương án của sáng chế bao gồm đục lỗ gần đều (Quasi-Uniform Puncturing, viết tắt là QUP). Trước tiên, xác định được rằng chiều dài mã nguồn tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên và lớn hơn hoặc bằng chiều dài mã đích, và sau đó chế độ đục lỗ (vị trí đục lỗ) được xác định dựa vào chiều dài mã nguồn và chiều dài mã đích. Chế độ đục lỗ có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng chuỗi nhị phân $(00 \ldots 011 \ldots 1)$, trong đó "0" biểu diễn vị trí đục lỗ, và "1" biểu thị vị trí mà đục lỗ không được thực hiện. Dung lượng kênh tương ứng với vị trí đục lỗ được thiết lập là 0 (hoặc xác suất lỗi được thiết lập là 1 hoặc tỉ lệ tín hiệu-nhiễu (SNR, Signal-to-Noise Ratio) được thiết lập là vô cùng nhỏ), độ tin cậy của các kênh cực được tính bằng cách sử dụng phương pháp khai căn mật độ, xấp xỉ Gaussian, hoặc khớp hàm tuyến tính, và các kênh cực được sắp xếp dựa vào các độ tin cậy này, để xác định các vị trí của bit thông tin và bit cố định (bit đóng băng). Phía bộ mã hóa xóa bit được mã hóa ở vị trí đục lỗ, để thu được mã cực.

Theo giản đồ rút gọn (Shorten) mã cực được mô tả trong bản mô tả này, xác định được rằng chiều dài mã nguồn tăng theo lũy thừa 2 của một số nguyên và lớn hơn hoặc bằng chiều dài mã đích. Bit được mã hóa ở vị trí rút gọn (Shorten) chỉ liên quan đến bit cố định. Quy trình bao gồm các bước: tính độ tin cậy của các kênh cực dựa vào chiều dài mã nguồn, sau đó xác định vị trí rút gọn, định vị bit cố định trên kênh cực tương ứng, xác định, từ các kênh cực còn lại dựa vào các độ tin cậy, các vị trí của bit thông tin và bit đóng băng (bit cố định), và xóa bit được mã hóa ở vị trí rút gọn, để thu được mã cực, để thực hiện thích ứng tốc độ. Trong giản đồ mã hóa dựa vào sự rút gọn và thích ứng tốc độ, độ tin cậy của kênh cực không cần được tính lại dựa vào vị trí rút gọn, mà bit cố định được định vị trên kênh cực tương ứng với vị trí rút gọn này, nhờ đó giảm đáng kể độ phức tạp của lệnh mã cực.

FIG.11 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa 1100 theo sáng chế, và thiết bị mã hóa 1100 bao gồm:

bộ phận thu 1101, được tạo cấu hình để thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực;

bộ phận mã hóa 1102, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử

dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2;

bộ phận thích ứng tốc độ 1103, được tạo cấu hình để thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và

bộ phận kết hợp 1104, được tạo cấu hình để kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ phận mã hóa 1102 còn được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ phận mã hóa 1102 còn được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ phận mã hóa 1102 còn được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Mi, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ ba có chiều dài là Ni; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ ba này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

Một cách tùy ý, bộ phận mã hóa 1102 còn được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích Mi nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn Ni, thì thực hiện, bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn Ni, mã hóa cực đối với đoạn con tương ứng với Ki, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ tư; và bộ phận thích ứng tốc độ được tạo cấu hình để rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ tư này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là Mi.

FIG.12 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa 1200 khác theo sáng chế, và thiết bị mã hóa 1200 bao gồm:

bộ nhớ 1201, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý 1202, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực thi, thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ xử lý 1202 còn được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ xử lý 1202 còn được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là K1, K2, …, Kp, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích tương ứng lần lượt là M1, M2, …, Mp, Kc = K1 + K2 + … + Kp, M = M1 + M2 + … + Mp, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm khối thông tin, và Kc lớn hơn hoặc bằng chiều dài K của khối thông tin. Bộ xử lý 1202 còn được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, nếu chiều dài mã đích Mi của đoạn con tương ứng với Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Ki thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi, trong đó i = 1, 2, …, p.

Thiết bị mã hóa trên FIG.12 có thể còn bao gồm bộ phát (không được thể hiện trên hình vẽ này), được tạo cấu hình để truyền chuỗi bit được mã hóa thu được bởi bộ xử lý và có chiều dài là M.

FIG.13 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị mã hóa 1300 khác nữa theo sáng chế, và thiết bị mã hóa 1300 bao gồm:

ít nhất một đầu vào 1301, được tạo cấu hình để nhận khối thông tin;

bộ xử lý tín hiệu 1302, được tạo cấu hình để: thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực, khi chiều dài mã đích M lớn hơn N, nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p kết quả mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con này; và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M; và

ít nhất một đầu ra 1303, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

Một cách tùy ý, bộ xử lý tín hiệu 1302 còn được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin không thỏa mãn điều kiện định trước, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có chiều dài là N, và lặp lại ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, bộ xử lý tín hiệu 1302 còn được tạo cấu hình để: nếu chiều dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài mã nguồn N, thì thực hiện mã hóa cực đối với chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ hai, và rút gọn hoặc đục lỗ chuỗi bit được mã hóa thứ hai này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

Một cách tùy ý, tổng chiều dài của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa là Kc, các chiều dài bit thông tin của p đoạn con lần lượt là K1, K2, …, Kp, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để thực hiện mã hóa cực độc lập đối với p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích tương ứng lần lượt là M1, M2, …, Mp, Kc = K1 + K2 + … + Kp, M = M1 + M2 + … + Mp, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm khối thông tin, và Kc lớn hơn hoặc bằng chiều dài K của khối thông tin; và

bộ xử lý tín hiệu 1302 còn được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, nếu chiều dài mã đích Mi của đoạn con tương ứng với Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Ki thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện mã hóa và thích ứng tốc độ độc lập đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa tương ứng, và kết hợp p chuỗi bit được mã hóa này, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài mã đích là Mi, trong đó i = 1, 2, …, p.

Thiết bị mã hóa trên FIG.13 có thể còn bao gồm bộ phát (không được thể hiện trên hình vẽ này), được tạo cấu hình để truyền chuỗi bit được mã hóa được kết xuất bởi ít nhất một đầu ra và có chiều dài là M.

Các thiết bị mã hóa trên FIG.11 đến FIG.13 trong bản mô tả này có thể là thiết bị bất kỳ có chức năng truyền thông không dây, ví dụ, điểm truy nhập, trạm, thiết bị người sử dụng, hoặc trạm cơ sở. Đối với các chức năng được thực hiện bởi các thành phần

trong các thiết bị mã hóa và phương pháp thực thi cụ thể, tham chiếu đến FIG.2, FIG.4, FIG.5, FIG.8 đến FIG.10, và các phần mô tả liên quan theo các phương án của chúng. Nội dung chi tiết không được mô tả lần nữa ở đây.

FIG.14 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1400 theo sáng chế, và thiết bị giải mã 1400 bao gồm:

bộ phận nhận 1401, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực;

bộ phận thích ứng giảm tốc độ 1402, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình giải mã, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2;

bộ phận giải mã 1403, được tạo cấu hình để thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và

bộ phận đầu ra 1404, được tạo cấu hình để kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã.

FIG.15 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1500 theo sáng chế, và thiết bị giải mã 1500 bao gồm:

bộ nhớ 1501, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý 1502, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực thi, thì nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực; xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình giải mã, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt

đối với p đoạn con này; thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2.

FIG.16 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị giải mã 1600 theo sáng chế, và thiết bị giải mã 1600 bao gồm:

ít nhất một đầu vào 1601, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực;

bộ xử lý tín hiệu 1602, được tạo cấu hình để: xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng trong quá trình giải mã, khi chiều dài mã đích M lớn hơn chiều dài mã nguồn N, nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này; thực hiện giải mã SCL độc lập đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này; và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; và

ít nhất một đầu ra 1603, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được giải mã thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

Một cách tùy ý, các chiều dài mã nguồn được sử dụng để mã hóa p đoạn con lần lượt là N1, N2, …, Np, các chiều dài mã đích lần lượt là M1, M2, …, Mp, và các chiều dài bit thông tin tương ứng lần lượt là K1, K2, …, Kp.

Bộ xử lý tín hiệu 1602 còn được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn thêm chuỗi LLR của đoạn con tương ứng với Mi thành p đoạn con, thực hiện thích ứng giảm tốc độ và giải mã riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được các kết quả giải mã tương ứng của p đoạn con này, và kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để thu được Ki bit thông tin tương ứng.

Bộ xử lý tín hiệu 1602 còn được tạo cấu hình để: đối với mỗi Mi, trong đó i = 1, 2, …, p, nếu Mi lớn hơn chiều dài mã nguồn Ni, và tham số mã hóa của đoạn con tương ứng với Mi không thỏa mãn điều kiện định trước, thì xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là Ni, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được kết quả giải mã của đoạn con tương ứng với Mi.

Một cách tùy ý, bộ xử lý tín hiệu 1602 còn được tạo cấu hình để: khi chiều dài mã đích M nhỏ hơn chiều dài mã nguồn N, thì phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng giảm tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này, để thu được chuỗi bit được giải mã.

Mỗi thiết bị giải mã trên FIG.14 đến FIG.16 trong bản mô tả này có thể là thiết bị bất kỳ có chức năng truyền thông không dây, ví dụ, điểm truy nhập, trạm, thiết bị người sử dụng, hoặc trạm cơ sở. Đối với các chức năng được thực hiện bởi các thành phần trong các thiết bị giải mã và phương pháp thực thi cụ thể, tham chiếu đến FIG.3 đến FIG.6, FIG.8 đến FIG.10, và các phần mô tả liên quan theo các phương án của chúng. Nội dung chi tiết không được mô tả lần nữa ở đây.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu rằng phương pháp mã hóa hoặc phương pháp giải mã theo sáng chế có thể được thực hiện bởi phần cứng hoặc sự kết hợp của phần cứng và phần mềm. Trong nhiều trường hợp, thiết bị truyền thông trong một hệ thống truyền thông có cả chức năng gửi và chức năng nhận, và không chỉ có thể đóng vai trò là đầu phát để gửi thông tin đến đầu thu, mà còn đóng vai trò là đầu thu để nhận thông tin được gửi bởi đầu phát. Do đó, thiết bị truyền thông này có cả chức năng mã hóa và chức năng giải mã. Thiết bị truyền thông có thể được tạo cấu hình dưới dạng hệ thống xử lý đa năng, ví dụ, thường được gọi là chip. Hệ thống xử lý đa năng này bao gồm: một hoặc nhiều bộ vi xử lý cung cấp chức năng xử lý, và bộ nhớ ngoài đóng vai trò là ít nhất một phần của vật ghi lưu trữ. Tất cả các thành phần này có thể được nối với mạch hỗ trợ khác bằng cách sử dụng kiến trúc bus bên ngoài.

Thiết bị truyền thông có thể bao gồm ASIC (Application-Specific Integrated Circuit, mạch tích hợp chuyên dụng) có bộ xử lý, giao diện bus, và giao diện người sử dụng; và ít nhất phần của vật ghi lưu trữ được tích hợp trong một chip. Theo cách khác, thiết bị truyền thông có thể bao gồm một hoặc nhiều FPGA (Field Programmable Gate

Array, mảng cổng lập trình được dạng trường), PLD (Programmable Logic Device, thiết bị logic lập trình được), bộ điều khiển, máy trạng thái, cổng logic, thành phần phần cứng rời rạc, mạch thích hợp khác bất kỳ, hoặc sự kết hợp bất kỳ của các mạch có khả năng thực hiện các chức năng khác nhau được mô tả trong bản mô tả này.

FIG.17 là sơ đồ cấu trúc giản lược của thiết bị truyền thông 1700 (thiết bị truyền thông chẳng hạn như điểm truy nhập, trạm cơ sở, trạm, hoặc thiết bị đầu cuối) theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên FIG.17, thiết bị truyền thông 1700 có thể được thực hiện bằng cách sử dụng bus 1701 dưới dạng kiến trúc bus chung. Dựa vào ứng dụng cụ thể và tổng thể ràng buộc thiết kế đối với thiết bị truyền thông 1700, bus 1701 có thể bao gồm số lượng bus và cầu liên kết bất kỳ. Bus 1701 nối các mạch khác nhau với nhau. Các mạch này bao gồm bộ xử lý 1702, vật ghi lưu trữ 1703, và giao diện bus 1704. Vật ghi lưu trữ 1703 được tạo cấu hình để lưu trữ hệ điều hành, dữ liệu cần được gửi, và dự liệu nhận được. Một cách tùy ý, thiết bị truyền thông 1700 nối bộ điều hợp mạng 1705 và các thành phần tương tự thông qua bus 1701 bằng cách sử dụng giao diện bus 1704. Bộ điều hợp mạng 1705 có thể được tạo cấu hình để: thực hiện chức năng xử lý tín hiệu của lớp vật lý trong mạng truyền thông không dây, và gửi hoặc nhận tín hiệu tần số vô tuyến bằng cách sử dụng ăng ten 1707. Giao diện người sử dụng 1706 có thể được nối với các thiết bị đầu vào của người sử dụng khác nhau chẳng hạn như bàn phím, màn hiển thị, chuột, hoặc cần điều khiển. Bus 1701 có thể còn được nối với các mạch khác nhau chẳng hạn như nguồn thời gian, thiết bị ngoại vi, bộ điều chỉnh điện áp, hoặc mạch quản lý năng lượng. Các mạch này đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, và do đó nội dung chi tiết không được mô tả ở đây.

Bộ xử lý 1702 chịu trách nhiệm về việc quản lý bus và thực hiện xử lý chung (bao gồm thực thi phần mềm được lưu trữ trong vật ghi lưu trữ 1703). Bộ xử lý 1702 có thể được thực hiện bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý đa năng và/hoặc bộ xử lý chuyên dụng. Các ví dụ về bộ xử lý bao gồm bộ vi xử lý, bộ vi điều khiển, DSP, hoặc mạch khác có thể thực thi phần mềm. Phần mềm có thể được biên dịch dưới dạng lệnh, dữ liệu, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng theo nghĩa rộng, bất kể là phần mềm này được gọi là phần mềm, phần sụn, phần mềm trung gian, vi mã, ngôn ngữ mô tả phần cứng, hoặc tên khác.

Như được thể hiện trên FIG.17, vật ghi lưu trữ 1703 tách biệt với bộ xử lý 1702.

Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể dễ dàng hiểu rằng vật ghi lưu trữ 1703 hoặc phần bất kỳ của vật ghi lưu trữ 1703 có thể được đặt bên ngoài thiết bị truyền thông 1700. Ví dụ, vật ghi lưu trữ 1703 có thể bao gồm đường truyền, dạng sóng mang được điều biến bằng cách sử dụng dữ liệu, và/hoặc sản phẩm máy tính tách biệt với nút không dây. Tất cả các vật ghi này truy nhập được bởi bộ xử lý 1702 bằng cách sử dụng giao diện bus 1704. Theo cách khác, vật ghi lưu trữ 1703 hoặc một phần bất kỳ của vật ghi lưu trữ 1703 có thể được tích hợp vào bộ xử lý 1702, ví dụ, có thể là bộ nhớ cache và/hoặc thanh ghi đa năng.

Bộ xử lý 1702 có thể được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng của bộ xử lý 1202 trên FIG.12 và bộ xử lý 1502 trên FIG.15, và bộ xử lý 1702 có thể thực hiện phương pháp mã hóa và phương pháp giải mã được mô tả trong bản mô tả này. Quy trình được thực hiện bởi bộ xử lý 1702 không được mô tả lần nữa ở đây.

Thuật toán giải mã danh sách hủy bỏ liên tiếp (SCL, Successive Cancellation List) được mô tả theo các phương án của sáng chế bao gồm thuật toán giải mã khác tương tự với thuật toán giải mã SCL, tạo ra các đường dẫn ứng viên, và bằng cách sử dụng các đường dẫn này việc mã hóa được thực hiện theo thứ tự, hoặc thuật toán được cải tiến dựa vào thuật toán giải mã SCL.

Thiết bị mã hóa và thiết bị giải mã được mô tả theo các phương án của sáng chế có thể là các thiết bị độc lập trong quá trình sử dụng thực tế, hoặc có thể là thiết bị tích hợp, được tạo cấu hình để: mã hóa thông tin cần được gửi và sau đó gửi thông tin được mã hóa, hoặc giải mã thông tin nhận được.

Trong các ví dụ được mô tả theo các phương án của sáng chế, các bộ phận và các quy trình phương pháp có thể được thực hiện bởi phần cứng điện tử hoặc sự kết hợp của phần mềm máy tính và phần cứng điện tử. Việc các chức năng được thực hiện bởi phần cứng hay phần mềm tùy thuộc vào các ứng dụng và các ràng buộc thiết kế cụ thể của các giải pháp kỹ thuật. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để thực hiện các chức năng được mô tả đối với mỗi ứng dụng cụ thể.

Theo một vài phương án được đề xuất trong bản mô tả này, cần được hiểu rằng thiết bị và phương pháp được bộc lộ có thể được thực hiện theo cách khác. Các phương

án của thiết bị được mô tả chỉ là các ví dụ. Ví dụ, việc phân chia bộ phận chỉ là phân chia chức năng logic. Trong ứng dụng thực tế, có thể có các cách phân chia khác. Ví dụ, các bộ phận hoặc các thành phần có thể được kết hợp hoặc được tích hợp trong các hệ thống khác. Một số bước trong các phương pháp có thể được bỏ qua hoặc không được thực hiện. Ngoài ra, các kết nối tương hỗ hoặc các kết nối trực tiếp hoặc các kết nối truyền thông giữa các bộ phận có thể được thực hiện thông qua một số giao diện, và các giao diện này có thể dưới dạng điện, cơ, hoặc dạng khác.

Các bộ phận này được mô tả dưới dạng các phần tách biệt có thể hoặc có thể không tách biệt về mặt vật lý, tức là, có thể được đặt ở một vị trí, hoặc có thể được phân tán trên các bộ phận mạng. Ngoài ra, các bộ phận chức năng theo các phương án của sáng chế có thể được tích hợp vào một bộ phận xử lý, hoặc mỗi trong số các bộ phận này có thể tồn tại một mình về mặt vật lý, hoặc hai hoặc nhiều hơn hai bộ phận được tích hợp vào một bộ phận.

Tất cả hoặc một số trong số các phương án nêu trên có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm, phần cứng, phần sụn, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Khi đang được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm, tất cả hoặc một số trong số các phương án này có thể được thực hiện dưới dạng sản phẩm chương trình máy tính. Sản phẩm chương trình máy tính này bao gồm một hoặc nhiều lệnh chương trình máy tính. Khi các lệnh chương trình máy tính này được tải lên và được thực thi trên máy tính, thì tất cả hoặc một số trong số các thủ tục hoặc các chức năng được mô tả theo các phương án của sáng chế được tạo ra. Máy tính có thể là máy tính đa năng, máy tính chuyên dụng, mạng máy tính, hoặc thiết bị lập trình được khác. Các lệnh máy tính có thể được được lưu trữ trong vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, hoặc có thể được truyền bằng cách sử dụng vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính. Các lệnh máy tính này có thể được truyền từ trang web, máy tính, máy chủ, hoặc trung tâm dữ liệu đến trang web, máy tính, máy chủ, hoặc trung tâm dữ liệu khác bằng dây (ví dụ, cáp đồng trục, sợi quang, hoặc đường thuê bao số (DSL, Digital Subscriber Line)) hoặc theo cách không dây (ví dụ, hồng ngoại, vô tuyến, hoặc sóng micro). Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính có thể là vật ghi có sẵn bất kỳ truy nhập được bởi máy tính, hoặc thiết bị lưu trữ dữ liệu, chẳng hạn như máy chủ hoặc trung tâm dữ liệu, tích hợp một hoặc nhiều vật ghi có sẵn. Vật ghi có sẵn có thể là vật ghi từ tính (ví dụ, đĩa mềm, đĩa cứng, băng từ, ổ đĩa nhanh USB, ROM, hoặc RAM), vật ghi quang học (ví dụ, CD hoặc DVD), vật ghi bán dẫn (ví dụ, đĩa lưu trữ thể rắn

(SSD, Solid State Disk)), hoặc các dạng vật ghi tương tự.

Các phương án nêu trên chỉ nhằm để mô tả các giải pháp kỹ thuật của sáng chế, mà không nhằm giới hạn sáng chế. Mặc dù sáng chế được mô tả chi tiết với tham chiếu đến các phương án nêu trên, nhưng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật cần hiểu rằng các phương án này vẫn có thể thực hiện các sửa đổi với các giải pháp kỹ thuật được mô tả theo các phương án nêu trên hoặc thực hiện các thay thể tương đương với một số dấu hiệu kỹ thuật của nó, mà không vượt ra khỏi phạm vi của các giải pháp kỹ thuật theo các phương án của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp mã hóa mã cực, được đặc trưng bằng cách bao gồm các bước:

thu được chuỗi bit thông tin cần được mã hóa và chiều dài mã đích M, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa này bao gồm khối thông tin có chiều dài K, chiều dài mã đích M lớn hơn N_{max}, N_{max} là chiều dài mã nguồn lớn nhất mà bằng 1024;

nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện việc mã hóa cực riêng biệt đối với p đoạn con, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2;

trong đó tham số mã hóa bao gồm một trong số sau: tốc độ mã hóa R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, chiều dài K của khối thông tin hoặc chiều dài mã đích M; và

điều kiện định trước bao gồm điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện sau:

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước thứ nhất;

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước thứ hai; hoặc

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước thứ ba.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra phần dư tuần hoàn, và:

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [310, 340];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [350, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [410, 450];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [470, 495];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [520, 530];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [291, 321];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [331, 346];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [391, 431];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [451, 476];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [501, 511];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3492, 3852];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1986, 2076];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm

trong đoạn [1564, 1724];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1353, 1428]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1253, 1278].

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra chẵn lẻ; và

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [330, 370];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [345, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [370, 380];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [450, 460];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [500, 510];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [314, 354];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [329, 349];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [354, 364];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [434, 444];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [484, 494];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3768, 4248];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1974, 2094];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1416, 1456];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1302, 1332]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1210, 1235].

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó p = 2.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó phương pháp này còn bao gồm các bước:

thực hiện thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p chuỗi bit được mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã đích của các đoạn con; và

kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

6. Thiết bị mã hóa, thiết bị này bao gồm:

bộ phận thu, được tạo cấu hình để thu được chuỗi bit thông tin cần được mã hóa

và chiều dài mã đích M của mã cực, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa này bao gồm khối thông tin có chiều dài K, chiều dài mã đích M lớn hơn N_{max}, N_{max} là chiều dài mã nguồn lớn nhất mà bằng 1024; và

bộ phận mã hóa, được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa của khối thông tin thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được mã hóa thành p đoạn con, và thực hiện việc mã hóa cực riêng biệt đối với p đoạn con này, để thu được p chuỗi bit được mã hóa có các chiều dài lần lượt là các chiều dài mã nguồn của các đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2,

trong đó tham số mã hóa bao gồm một trong số sau: tốc độ mã hóa R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa, chiều dài K của khối thông tin hoặc chiều dài mã đích M; và điều kiện định trước bao gồm điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện sau:

chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước thứ nhất;

chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước thứ hai; hoặc

chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước thứ ba.

7. Thiết bị theo điểm 6, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra phần dư tuần hoàn, và:

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [310, 340];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [350, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [410, 450];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên

nằm trong đoạn [470, 495];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [520, 530];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [291, 321];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [331, 346];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [391, 431];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [451, 476];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [501, 511];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3492, 3852];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1986, 2076];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1564, 1724];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1353, 1428]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1253, 1278].

8. Thiết bị theo điểm 6, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra chẵn lẻ; và

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [330, 370];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [345, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [370, 380];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [450, 460];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [500, 510];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [314, 354];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [329, 349];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [354, 364];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [434, 444];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [484, 494];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3768, 4248];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1974, 2094];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1416, 1456];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1302, 1332]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1210, 1235].

9. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 8, trong đó p = 2.

10. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 9, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

bộ phận thích ứng tốc độ, được tạo cấu hình để thực hiện việc thích ứng tốc độ riêng biệt đối với p chuỗi bit được mã hóa, để thu được p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ; và

bộ phận kết hợp, được tạo cấu hình để kết hợp p chuỗi bit được mã hóa được thích ứng tốc độ, để thu được chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M.

11. Thiết bị mã hóa, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực thi, thì thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.

12. Thiết bị mã hóa, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một đầu vào, được tạo cấu hình để nhận khối thông tin;

bộ xử lý tín hiệu, được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, để thu được chuỗi bit được mã hóa; và

ít nhất một đầu ra, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

13. Phương pháp giải mã, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực, chiều dài mã đích M lớn hơn N_{max}, N_{max} là chiều dài mã nguồn lớn nhất mà bằng 1024;

nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2; và

thực hiện việc giải mã SCL riêng biệt đối với các LLR của p đoạn con, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này, trong đó các kết quả giải mã bao gồm khối thông tin;

trong đó tham số mã hóa bao gồm một trong số sau: tốc độ mã hóa R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa tương ứng với khối thông tin, chiều dài K của khối thông tin, hoặc chiều dài mã đích M;

điều kiện định trước bao gồm điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện sau:

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước thứ nhất;

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước thứ hai; hoặc

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước thứ ba.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm

các bit kiểm tra phần dư tuần hoàn, và:

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [310, 340];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [350, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [410, 450];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [470, 495];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [520, 530];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [291, 321];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [331, 346];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [391, 431];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [451, 476];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [501, 511];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên

nằm trong đoạn [3492, 3852];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1986, 2076];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1564, 1724];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1353, 1428]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1253, 1278].

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra chẵn lẻ; và

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [330, 370];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [345, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [370, 380];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [450, 460];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [500, 510];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [314, 354];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [329, 349];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [354, 364];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [434, 444];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [484, 494];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3768, 4248];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1974, 2094];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1416, 1456];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1302, 1332]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1210, 1235].

16. Phương pháp theo điểm 13 đến 15, trong đó p = 2.

17. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 16, trong đó sau bước phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, phương pháp này còn bao gồm các bước:

thực hiện việc thích ứng giảm tốc độ đối với p đoạn con;

thực hiện việc giải mã SCL riêng biệt đối với các LLR của p đoạn con là: thực

hiện việc giải mã SCL riêng biệt đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ; và

phương pháp này còn bao gồm bước: kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con, để kết xuất chuỗi bit được giải mã.

18. Thiết bị giải mã, thiết bị này bao gồm:

bộ phận nhận, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa cực, chiều dài mã đích M lớn hơn N_{max}, N_{max} là chiều dài mã nguồn lớn nhất mà bằng 1024;

bộ phận thích ứng giảm tốc độ, được tạo cấu hình để: nếu tham số mã hóa thỏa mãn điều kiện định trước, thì phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện việc thích ứng giảm tốc độ riêng biệt đối với p đoạn con này, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 2;

bộ phận giải mã, được tạo cấu hình để thực hiện việc giải mã SCL riêng biệt đối với các LLR của p đoạn con, để thu được các kết quả giải mã của p đoạn con này, trong đó các kết quả giải mã bao gồm khối thông tin;

trong đó tham số mã hóa bao gồm một trong số sau: tốc độ mã hóa R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa tương ứng với khối thông tin, chiều dài K của khối thông tin, hoặc chiều dài mã đích M;

điều kiện định trước bao gồm điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện sau:

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài Kc của chuỗi bit thông tin cần được mã hóa lớn hơn ngưỡng định trước thứ nhất;

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài K của khối thông tin lớn hơn ngưỡng định trước thứ hai; hoặc

đối với tốc độ mã hóa đã cho R, chiều dài mã đích M lớn hơn ngưỡng định trước thứ ba.

19. Thiết bị theo điểm 18, chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra phần dư tuần hoàn, và:

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [310, 340];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [350, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [410, 450];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [470, 495];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [520, 530];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên nằm trong đoạn [291, 321];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [331, 346];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [391, 431];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [451, 476];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [501, 511];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3492, 3852];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1986, 2076];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1564, 1724];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1353, 1428]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1253, 1278].

20. Thiết bị theo điểm 18, trong đó chuỗi bit thông tin cần được mã hóa bao gồm các bit kiểm tra chẵn lẻ; và

ngưỡng định trước thứ nhất là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc1, trong đó Kc1 là số nguyên nằm trong đoạn [330, 370];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc2, trong đó Kc2 là số nguyên nằm trong đoạn [345, 365];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc3, trong đó Kc3 là số nguyên nằm trong đoạn [370, 380];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc4, trong đó Kc4 là số nguyên nằm trong đoạn [450, 460];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ nhất là Kc5, trong đó Kc5 là số nguyên nằm trong đoạn [500, 510];

ngưỡng định trước thứ hai là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ hai là Kt1, trong đó Kt1 là số nguyên

nằm trong đoạn [314, 354];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ hai là Kt2, trong đó Kt2 là số nguyên nằm trong đoạn [329, 349];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ hai là Kt3, trong đó Kt3 là số nguyên nằm trong đoạn [354, 364];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ hai là Kt4, trong đó Kt4 là số nguyên nằm trong đoạn [434, 444];

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ hai là Kt5, trong đó Kt5 là số nguyên nằm trong đoạn [484, 494];

ngưỡng định trước thứ ba là một trong số sau:

đối với R = 1/12, ngưỡng định trước thứ ba là Mt1, trong đó Mt1 là số nguyên nằm trong đoạn [3768, 4248];

đối với R = 1/6, ngưỡng định trước thứ ba là Mt2, trong đó Mt2 là số nguyên nằm trong đoạn [1974, 2094];

đối với R = 1/4, ngưỡng định trước thứ ba là Mt3, trong đó Mt3 là số nguyên nằm trong đoạn [1416, 1456];

đối với R = 1/3, ngưỡng định trước thứ ba là Mt4, trong đó Mt4 là số nguyên nằm trong đoạn [1302, 1332]; hoặc

đối với R = 2/5, ngưỡng định trước thứ ba là Mt5, trong đó Mt5 là số nguyên nằm trong đoạn [1210, 1235].

21. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 20, trong đó p = 2.

22. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 21, trong đó sau khi phân đoạn các LLR tương ứng với các bit cần được giải mã thành p đoạn con, thiết bị này còn bao gồm:

bộ phận thích ứng giảm tốc độ, được tạo cấu hình để thực hiện việc thích ứng

giảm tốc độ đối với p đoạn con này, trong đó bộ phận giải mã được tạo cấu hình để thực hiện việc giải mã SCL riêng biệt đối với các LLR của p đoạn con được thích ứng giảm tốc độ; và

bộ phận đầu ra, được tạo cấu hình để kết hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này, để kết xuất chuỗi bit được giải mã.

23. Thiết bị giải mã, thiết bị này bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý, được tạo cấu hình để: thực thi chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, và khi chương trình này được thực thi, thì thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 17.

24. Thiết bị giải mã, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một đầu vào, được tạo cấu hình để nhận các tỷ số log-hợp lệ (LLR, Log-Likelihood Ratio) tương ứng với các bit cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong quá trình mã hóa;

bộ xử lý tín hiệu, được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 17, để thu được chuỗi bit được giải mã; và

ít nhất một đầu ra, được tạo cấu hình để kết xuất chuỗi bit được giải mã thu được bởi bộ xử lý tín hiệu.

25. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, trong đó vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính này lưu trữ lệnh, và khi lệnh này chạy trên máy tính, thì máy tính được cho phép thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.

26. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, trong đó vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính này lưu trữ lệnh, và khi lệnh này chạy trên máy tính, thì máy tính được cho phép thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 17.

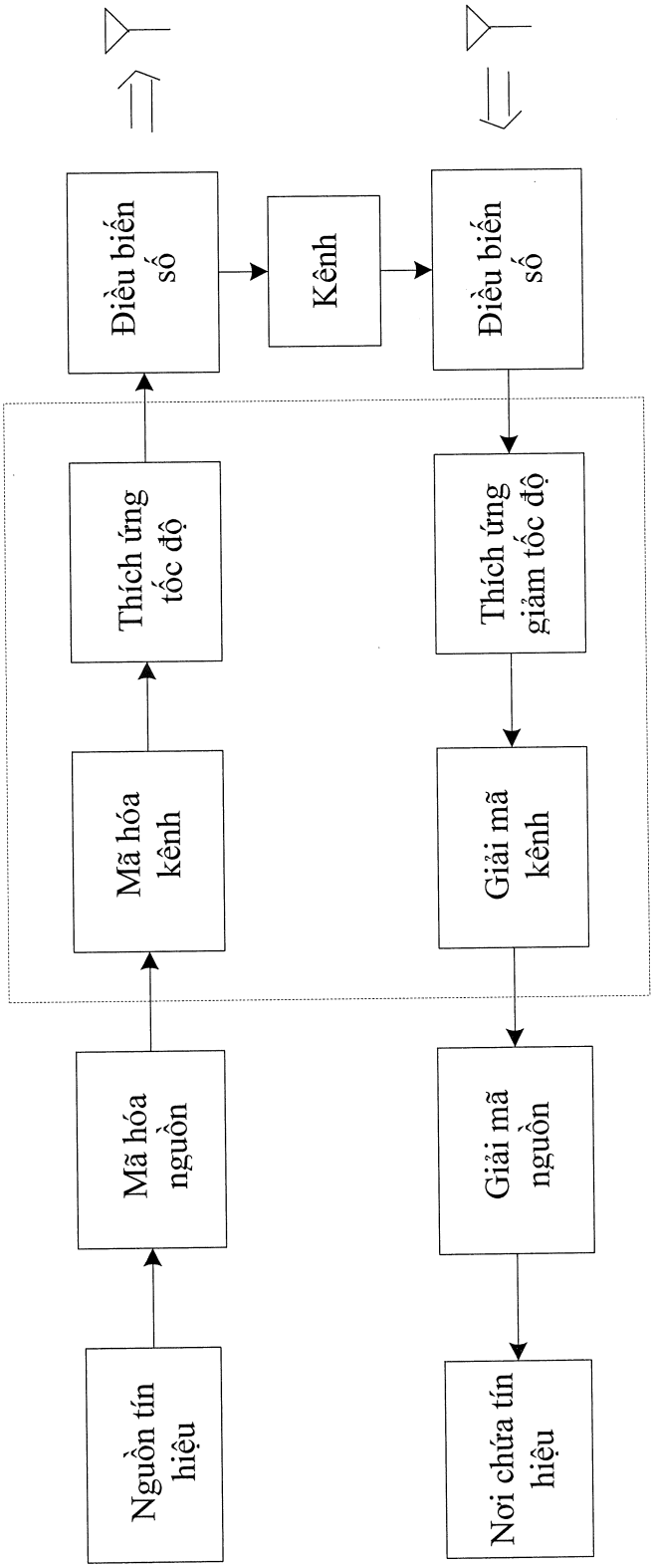

Nguồn tín hiệu
Mã hóa nguồn
Mã hóa kênh
Thích ứng tốc độ
Điều biến số
Kênh
Điều biến số
Thích ứng giảm tốc độ
Giải mã kênh
Giải mã nguồn
Nơi chứa tín hiệu

FIG. 1

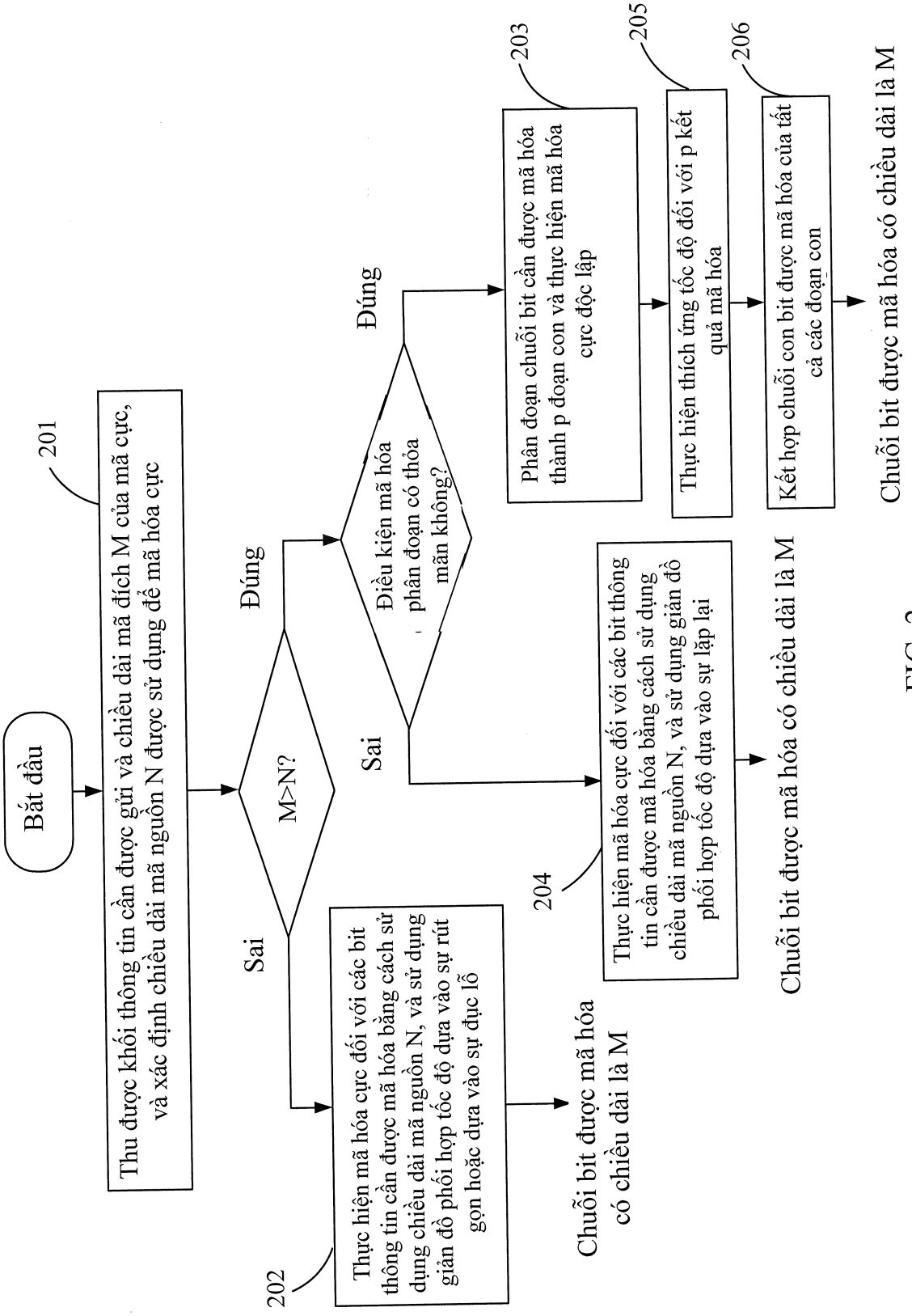

Bắt đầu
201
Thu được khối thông tin cần được gửi và chiều dài mã đích M của mã cực, và xác định chiều dài mã nguồn N được sử dụng để mã hóa cực
M>N?
Đúng
Sai
Điều kiện mã hóa phân đoạn có thỏa mãn không?
Đúng
Sai
202
Thực hiện mã hóa cực đối với các bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ phối hợp tốc độ dựa vào sự rút gọn hoặc dựa vào sự đục lỗ
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M
204
Thực hiện mã hóa cực đối với các bit thông tin cần được mã hóa bằng cách sử dụng chiều dài mã nguồn N, và sử dụng giản đồ phối hợp tốc độ dựa vào sự lặp lại
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M
203
Phân đoạn chuỗi bit cần được mã hóa thành p đoạn con và thực hiện mã hóa cực độc lập
205
Thực hiện thích ứng tốc độ đối với p kết quả mã hóa
206
Kết hợp chuỗi con bit được mã hóa của tất cả các đoạn con
Chuỗi bit được mã hóa có chiều dài là M

FIG. 2

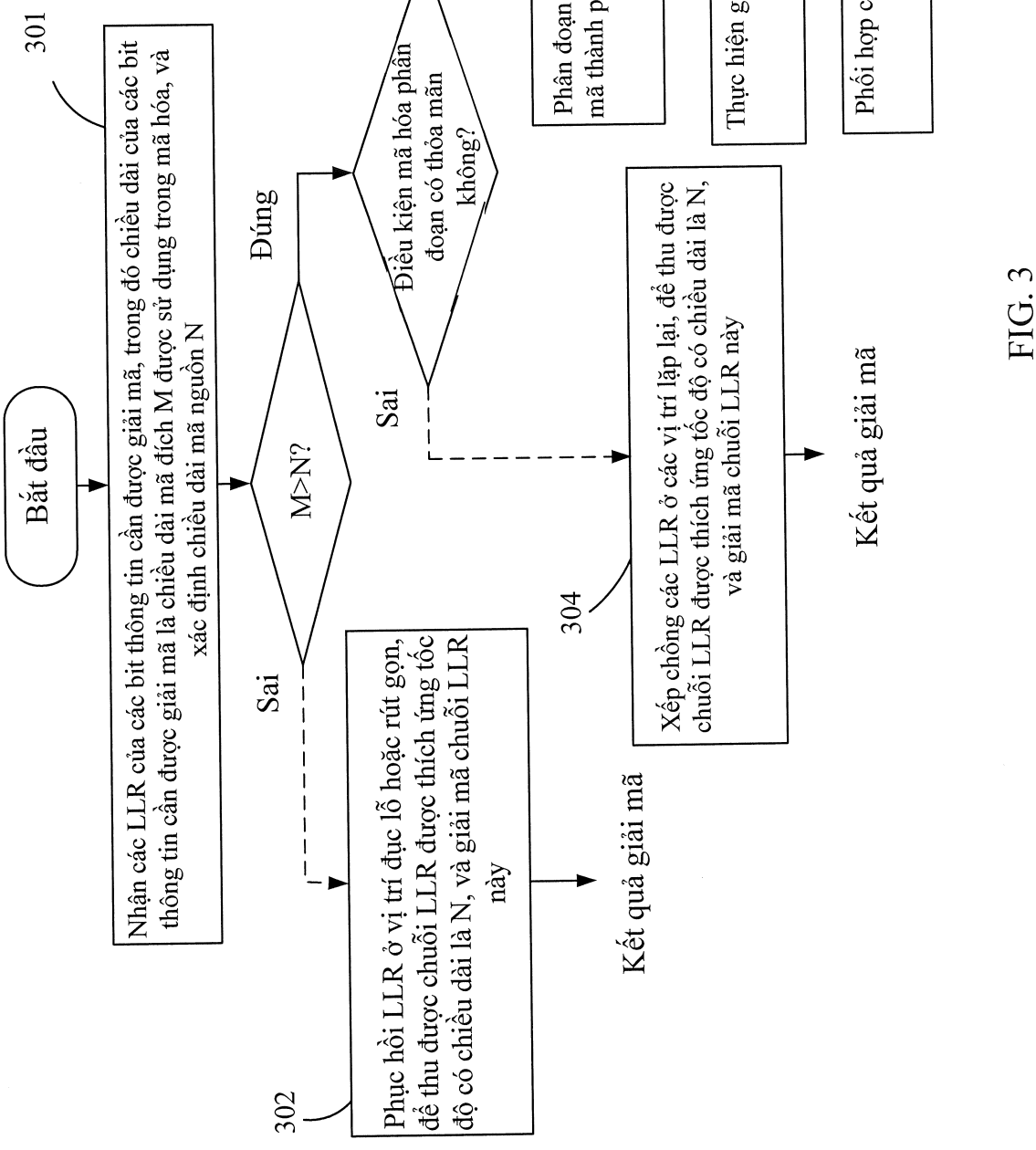

Bắt đầu
301
Nhận các LLR của các bit thông tin cần được giải mã, trong đó chiều dài của các bit thông tin cần được giải mã là chiều dài mã đích M được sử dụng trong mã hóa, và xác định chiều dài mã nguồn N
M>N?
Đúng
Sai
Điều kiện mã hóa phân đoạn có thỏa mãn không?
Đúng
Sai
303
Phân đoạn chuỗi bit thông tin cần được giải mã thành p đoạn con, và thực hiện thích ứng giảm tốc độ
305
Thực hiện giải mã SCL độc lập đối với p đoạn con này
306
Phối hợp các kết quả giải mã của p đoạn con này
Kết quả giải mã
302
Phục hồi LLR ở vị trí đục lỗ hoặc rút gọn, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này
Kết quả giải mã
304
Xếp chồng các LLR ở các vị trí lặp lại, để thu được chuỗi LLR được thích ứng tốc độ có chiều dài là N, và giải mã chuỗi LLR này
Kết quả giải mã

FIG. 3

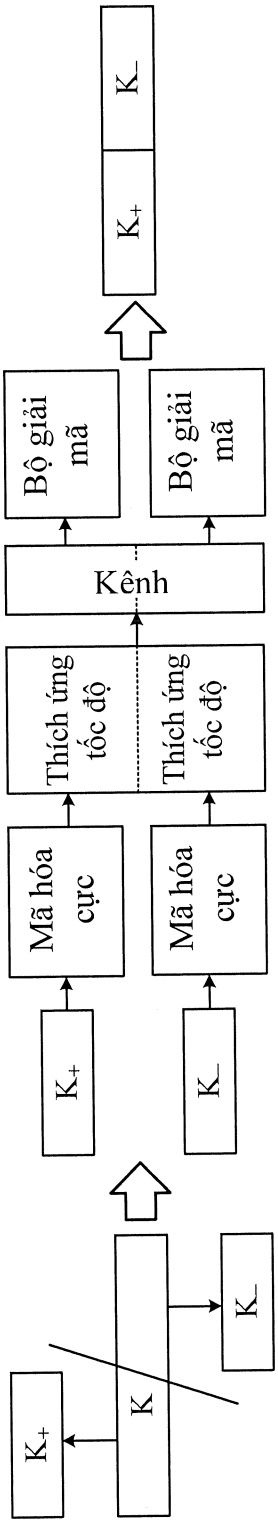

K+
K
K-
K+
K-
Mã hóa cực
Mã hóa cực
Thích ứng tốc độ
Thích ứng tốc độ
Kênh
Bộ giải mã
Bộ giải mã
K+
K-

FIG. 4

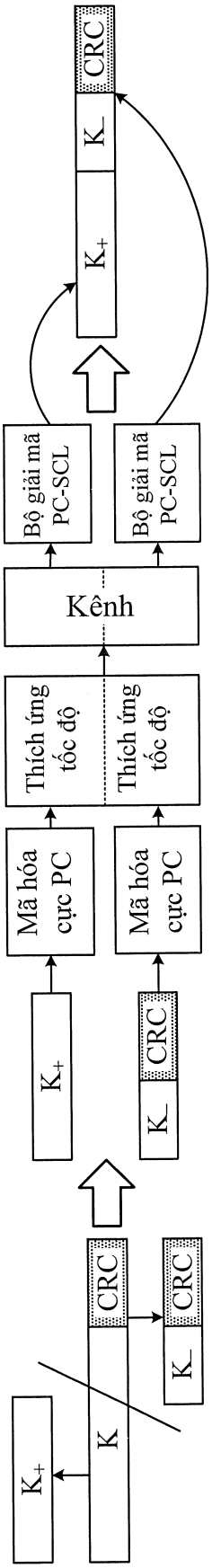

K+
K
CRC
K
CRC
K+
K
CRC
Mã hóa cực PC
Mã hóa cực PC
Thích ứng tốc độ
Thích ứng tốc độ
Kênh
Bộ giải mã PC-SCL
Bộ giải mã PC-SCL
K+
K
CRC

FIG. 5

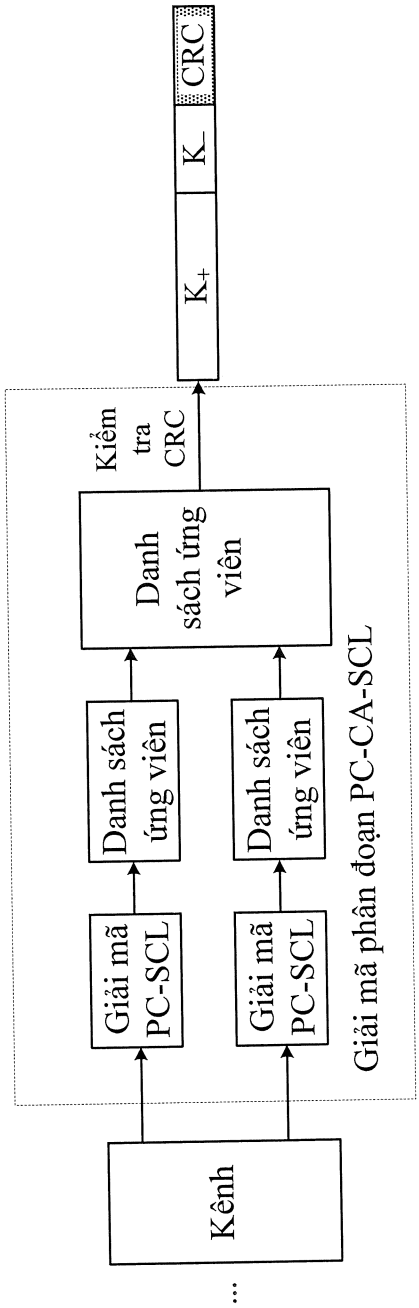

Kênh
...
Giải mã PC-SCL
Giải mã PC-SCL
Danh sách ứng viên
Danh sách ứng viên
Danh sách ứng viên
Kiểm tra CRC
Giải mã phân đoạn PC-CA-SCL
K+
K-
CRC

FIG. 6

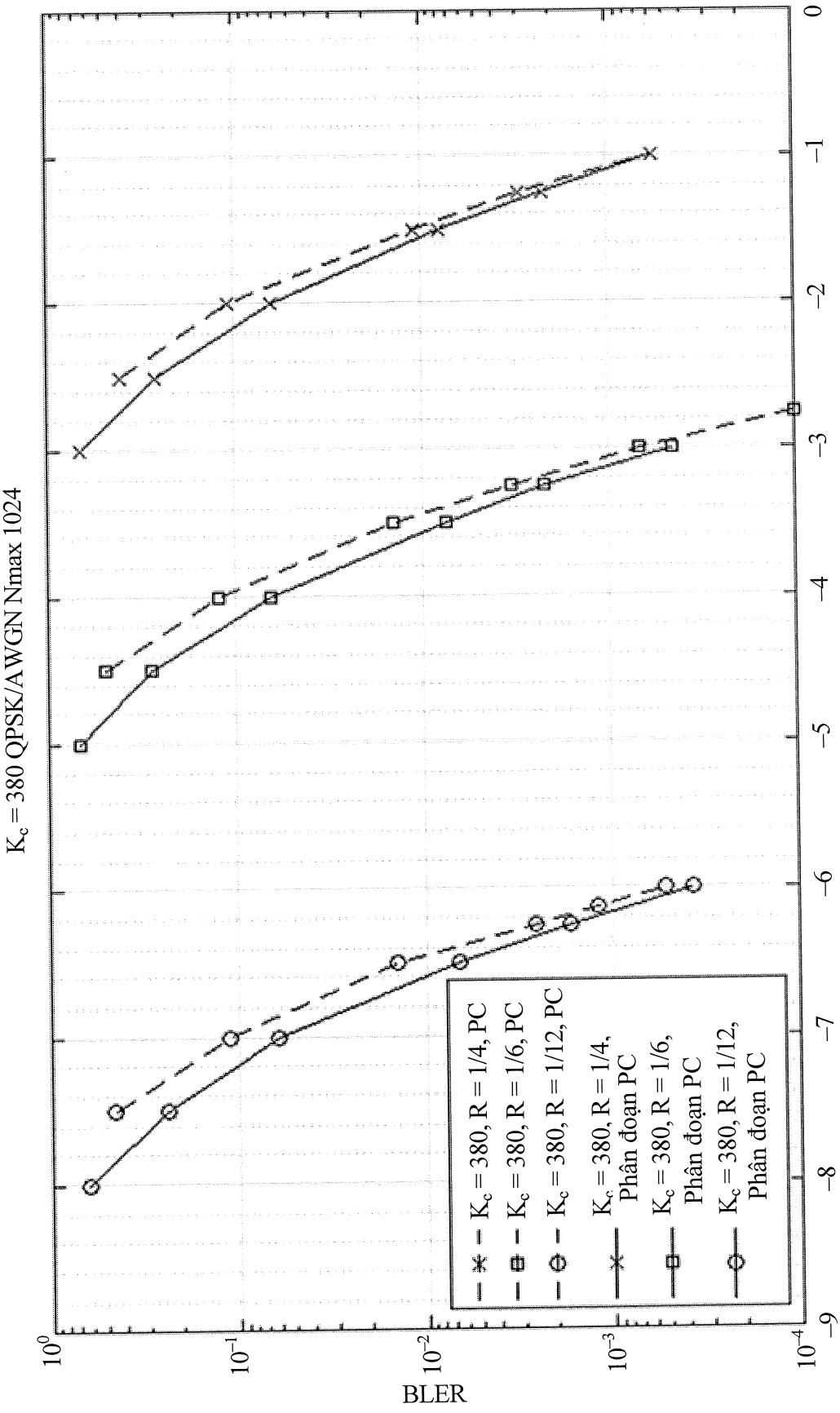

K_c = 380 QPSK/AWGN Nmax 1024
BLER
Es/N0 (dB)
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
0
–1
–2
–3
–4
–5
–6
–7
–8
–9
K_c = 380, R = 1/4, PC
K_c = 380, R = 1/6, PC
K_c = 380, R = 1/12, PC
K_c = 380, R = 1/4, Phân đoạn PC
K_c = 380, R = 1/6, Phân đoạn PC
K_c = 380, R = 1/12, Phân đoạn PC

FIG. 7

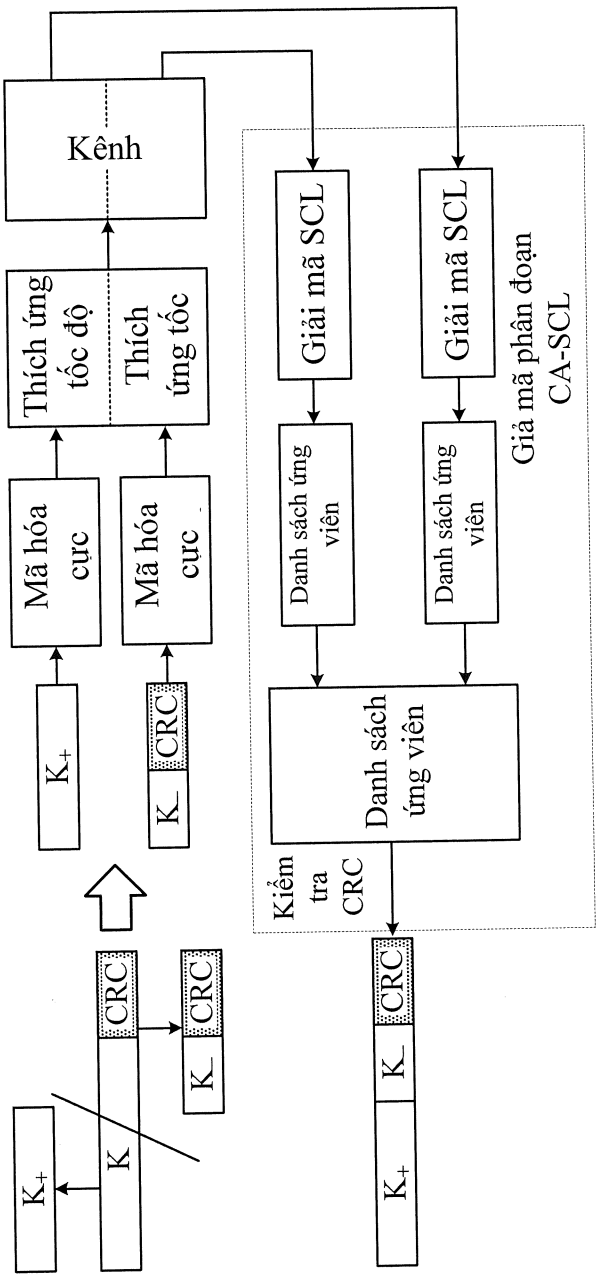

Kênh
Thích ứng tốc độ
Thích ứng tốc
Mã hóa cực
Mã hóa cực
K+
K
CRC
Giải mã SCL
Giải mã SCL
Danh sách ứng viên
Danh sách ứng viên
Giả mã phân đoạn CA-SCL
Danh sách ứng viên
Kiểm tra CRC

FIG. 8

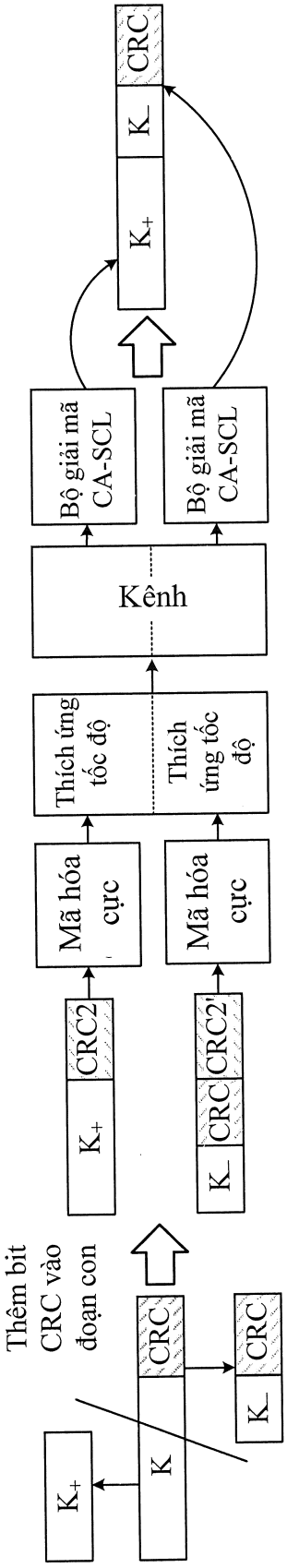

K+
K
CRC
K-
CRC
Thêm bit CRC vào đoạn con
K+
CRC2
K-
CRC
CRC2'
Mã hóa cực
Mã hóa cực
Thích ứng tốc độ
Thích ứng tốc độ
Kênh
Bộ giải mã CA-SCL
Bộ giải mã CA-SCL
K+
K-
CRC

FIG. 9

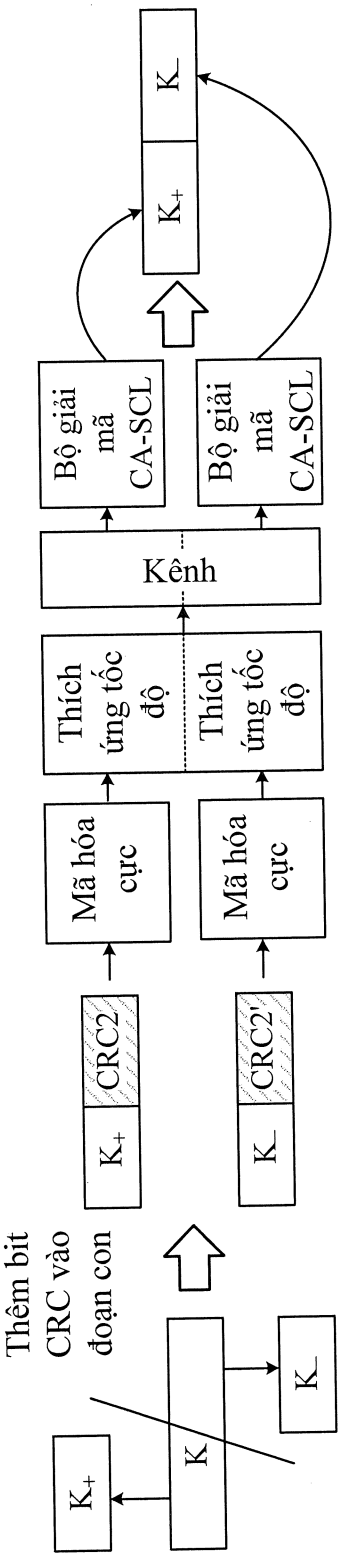

K
K+
K-
Thêm bit CRC vào đoạn con
K+
CRC2
K-
CRC2'
Mã hóa cực
Mã hóa cực
Thích ứng tốc độ
Thích ứng tốc độ
Kênh
Bộ giải mã CA-SCL
Bộ giải mã CA-SCL
K+
K-

FIG. 10

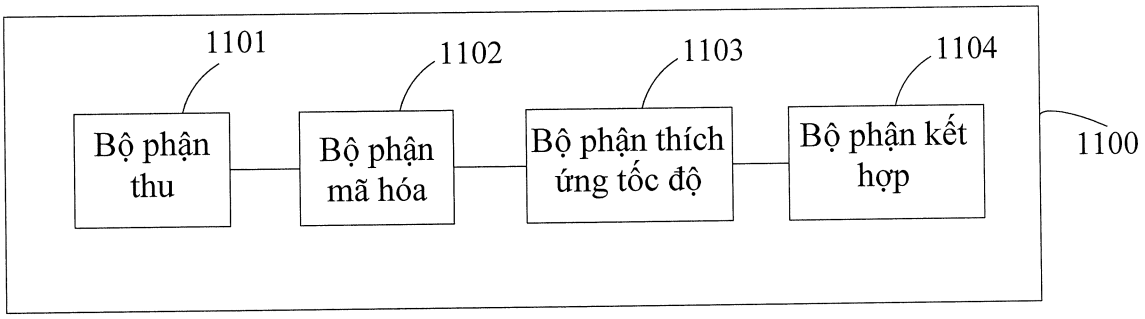


FIG.11

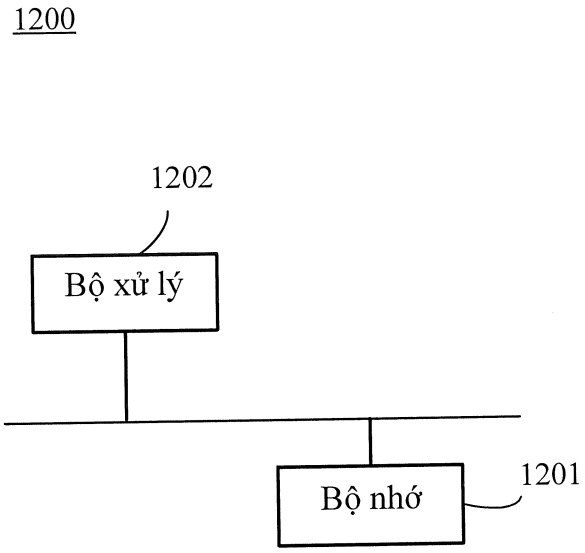


FIG.12

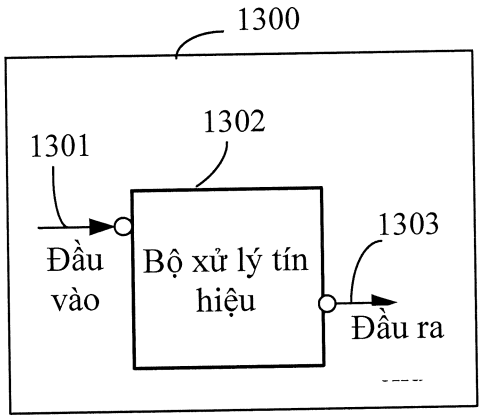


FIG.13

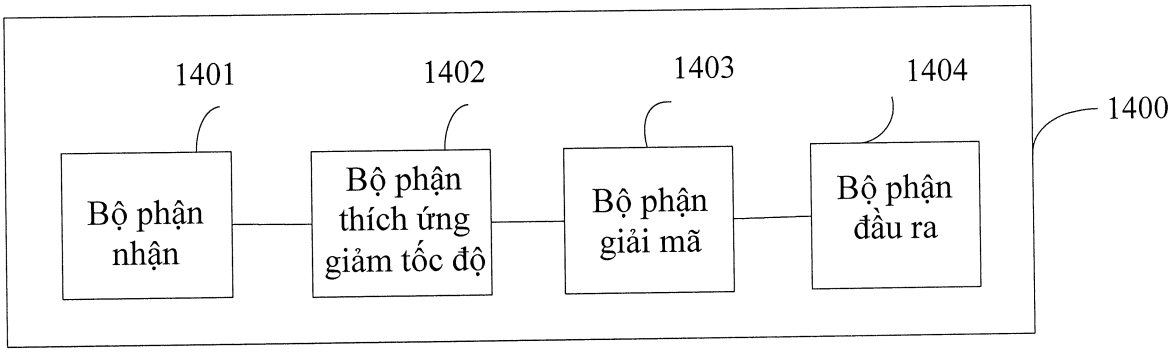


FIG.14

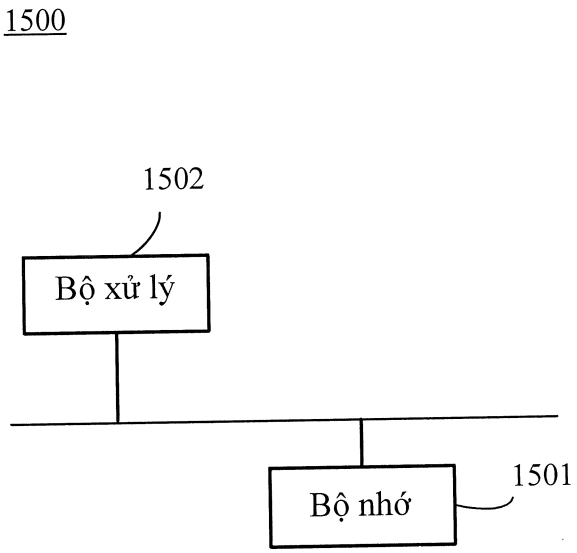


FIG.15

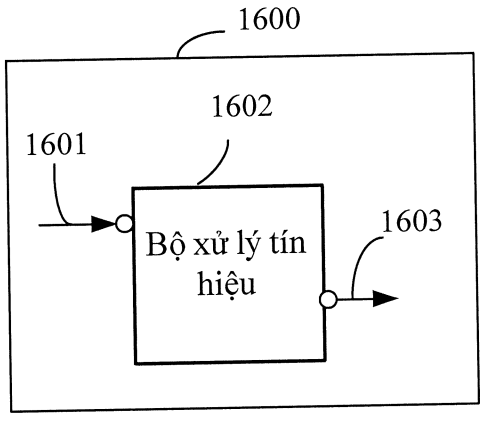


FIG.16

13/13

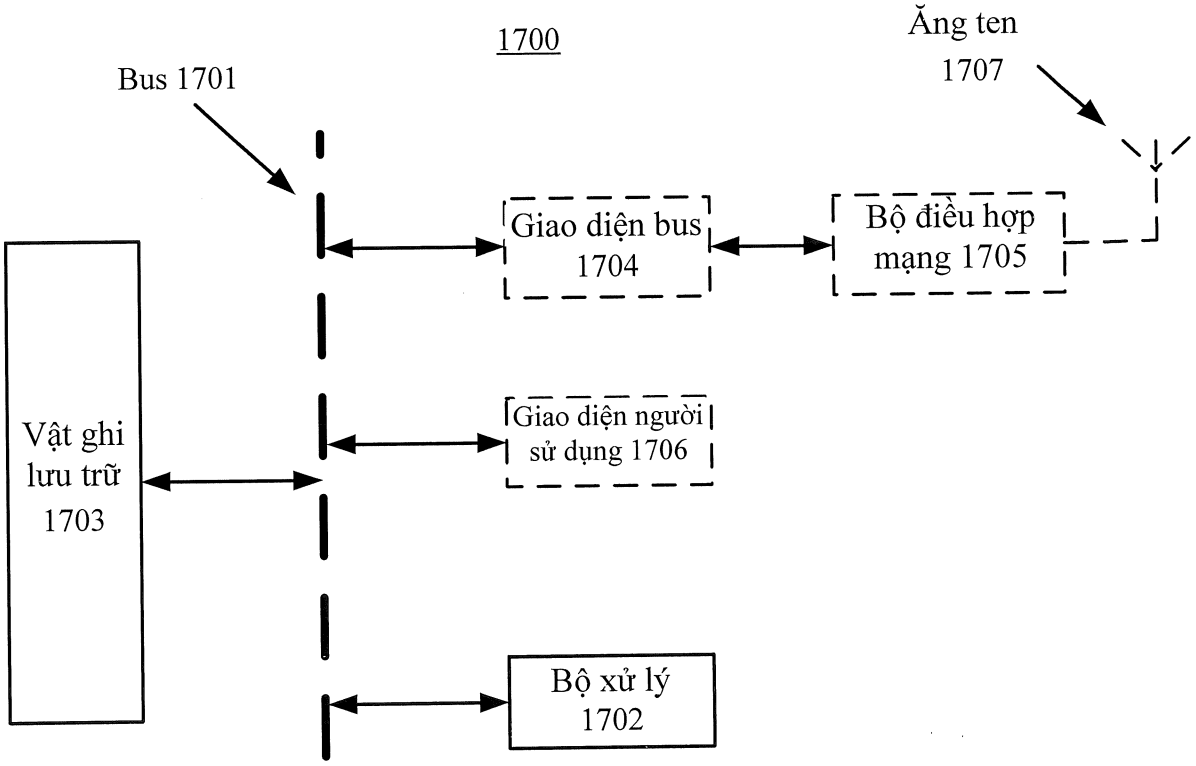

1700
Ăng ten
1707
Bus 1701
Giao diện bus
1704
Bộ điều hợp
mạng 1705
Vật ghi
lưu trữ
1703
Giao diện người
sử dụng 1706
Bộ xử lý
1702

FIG.17