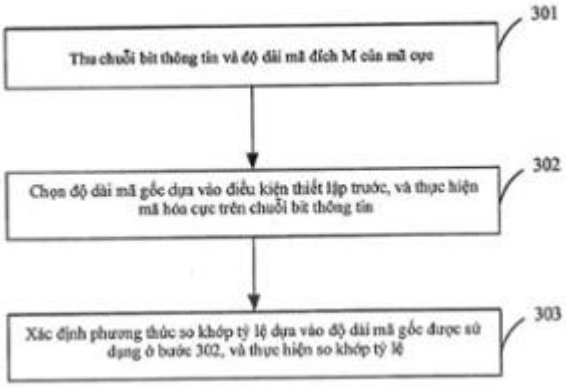
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0036227**
(51)[7] **H04L 1/00**
(13) **B**

(21) 1-2019-04282
(22) 02/01/2018
(86) PCT/CN2018/070056 02/01/2018
(87) WO 2018/127041 12/07/2018
(30) 201710007883.2 05/01/2017 CN; 201710157341.3 16/03/2017 CN
(45) 25/07/2023 424
(43) 30/01/2020 382A
(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518129, China
(72) ZHANG, Gongzheng (CN); LUO, Hejia (CN); LI, Rong (CN); CHEN, Ying (CN); QIAO, Yunfei (CN).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP LẬP MÃ CỰC, PHƯƠNG PHÁP GIẢI MÃ, THIẾT BỊ MÃ HÓA, THIẾT BỊ TRUYỀN THÔNG, THIẾT BỊ GIẢI MÃ, THIẾT BỊ KHÔNG DÂY VÀ VẬT GHI LƯU TRỮ ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp so khớp tỷ lệ, thiết bị mã hóa, thiết bị giải mã và thiết bị truyền thông. Phương pháp này bao gồm các bước: thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực; và khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2, và lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2, và rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M. Khi tổn hao khuếch đại mã hóa là khá thấp, thì phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, giảm bớt được độ phức tạp của việc mã hóa và giải mã.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông, và cụ thể hơn là đề cập đến phương pháp so khớp tỷ lệ, thiết bị mã hóa và thiết bị truyền thông.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống truyền thông, mà được sử dụng trong các hệ thống truyền thông để nâng cao độ tin cậy của việc truyền dữ liệu để bảo đảm chất lượng truyền thông. Các mã cực, được đề xuất bởi giáo sư Arikan từ Thổ Nhĩ Kỳ, là loại mã đầu tiên được chứng minh về lý thuyết là có thể đạt được dung lượng Shannon và có độ phức tạp khi mã hóa và giải mã thấp.

Mã cực là một mã khối tuyến tính. Ma trận mã hóa của mã cực là G_N, là ma trận $N \times N$.

Quy trình mã hóa để tạo ra mã cực x_1^N 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 độ dài N bit (N còn được gọi là độ dài mã gốc), G_N là ma trận lập mã, và $G_N = F_2^{\otimes(\log_2(N))}$. $F_2^{\otimes(\log_2(N))}$ là tích Kronecker của $\log_2 N$ của các ma trận F_2, và ma trận F_2 là:

$$F_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Trong quy trình mã hóa của mã cực, một số bit trong vectơ hàng u_1^N được sử dụng để mang thông tin, và các bit này được gọi là các bit thông tin. Một tập hợp chỉ mục của các bit này được biểu diễn bởi A. Các bit khác được thiết lập giá trị cố định được chấp thuận trước giữa đầu nhận và đầu truyền của mã cực, và các bit này được gọi là bit cố định hoặc bit đóng băng. Tập hợp chỉ mục gồm các bit cố định hoặc các bit đóng băng được thể hiện bởi A^c, là một 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 được tạo ra bởi các hàng trong G_N tương ứng với các chỉ mục trong tập hợp A, và $G_N(A^c)$ là ma trận con được tạo ra bởi các hàng trong G_N tương ứng với các chỉ mục trong tập hợp A^c. u_A là tập hợp bit thông tin của u_1^N, và số lượng bit thông tin trong u_A là K. u_{A^c} là tập hợp bit đóng băng của u_1^N, và số lượng bit đóng băng trong u_{A^c} là N-K. Các bit đóng băng là các bit đã biết. Giá trị của các bit đóng băng thường được thiết lập là 0, nhưng giá trị của các bit đóng băng có thể được thiết lập ngẫu nhiên, với điều kiện là đầu nhận và đầu truyền của mã cực đã được chấp thuận trước về giá trị của các bit đóng băng. Khi các bit đóng băng được thiết lập là 0, thì đầu ra mã hóa mã cực có thể được đơn giản hóa là $x_1^N = u_A G_N(A)$, trong đó $G_N(A)$ là ma trận $K \times N$.

Quy trình xây dựng mã cực là quy trình lựa chọn tập hợp A, và việc lựa chọn tập hợp A này xác định hiệu năng của mã cực. Quy trình xây dựng mã cực thường bao gồm các bước: xác định, dựa vào độ dài mã gốc N, rằng tồn tại tổng số N kênh được phân cực, trong đó mỗi trong số các kênh được phân cực này tương ứng với một hàng trên ma trận mã hóa tương ứng; tính toán độ tin cậy của mỗi trong số các kênh được phân cực này; tạo ra tập hợp chỉ mục bit thông tin A bằng cách sử dụng các chỉ mục của K kênh được phân cực thứ nhất với độ tin cậy tương đối cao, và tạo ra tập hợp chỉ mục bit đóng băng A^c bằng cách sử dụng các chỉ mục của (N–K) kênh được phân cực còn lại. Tập hợp A xác định các vị trí bit của các bit thông tin trong x_1^N, và tập hợp A^c xác định các vị trí bit của các bit đóng băng trong x_1^N.

Có thể nhận ra từ ma trận mã hóa rằng ở độ dài mã của mã cực ban đầu (mã gốc) là lũy thừa số nguyên của 2. Tuy nhiên, trong các ứng dụng thực tế, độ dài của mã cực cần được thiết lập thành độ dài mã bất kỳ, và việc này đạt được nhờ quy trình được gọi là so khớp tỷ lệ.

Theo giải pháp kỹ thuật đã biết, phương pháp chặt (puncturing) hoặc rút ngắn (shortening) được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ. Theo giải pháp kỹ thuật đã biết, mã gốc có độ dài vượt quá độ dài mã đích thường được chặt hoặc được rút ngắn trong khi mã hóa, để đạt được độ dài mã đích, và được điền vào trong khi giải mã, để phục hồi độ dài mã gốc. Kích thước đệm, độ phức tạp, và độ trễ trong khi mã hóa và giải mã liên quan đến độ dài mã gốc. Khi số lượng bit tương đối lớn được rút ngắn hoặc được

chặt (ví dụ, mã gốc được rút ngắn hoặc được chặt từ 2048 bit thành 1200 bit), thì tổng phí bổ sung do việc chặt là khá cao. Sự tăng độ dài mã đích dẫn đến sự giảm tỷ lệ mã. Ở một mặt, việc này có thể mang lại khuếch đại mã hóa; nhưng mặt khác, độ phức tạp cũng tăng do độ dài mã gốc tăng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp so khớp tỷ lệ, thiết bị mã hóa, phương pháp hủy so khớp tỷ lệ, thiết bị giải mã và thiết bị truyền thông, mà giảm bớt được độ phức tạp của việc mã hóa và giải mã cực.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp so khớp tỷ lệ cho mã cực, phương pháp này bao gồm các bước: thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực; và khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2, và lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2, và rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

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

bộ thu, được tạo cấu hình để thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực;

bộ mã hóa, được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; hoặc khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và

bộ so khớp tỷ lệ được tạo cấu hình để: lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông, thiết bị này bao gồm:

bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền thông với một thiết bị khác;

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý này được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M trong khi mã hóa cực đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2, và lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2, và rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế đề xuất phương pháp hủy so khớp tỷ lệ cho mã cực, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit LLR của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M là độ dài mã đích trong khi mã hóa cực; và

khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp; xác định vị trí của bit được lặp; bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã gốc thứ nhất N_1, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; và giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất; hoặc

khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng việc rút ngắn hoặc chặt; xác định vị trí rút ngắn hoặc chặt và LLR ở vị trí rút ngắn hoặc chặt này; phục hồi các LLR nhận được của M bit thành độ

dài mã gốc thứ hai N_2, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai có độ dài là độ dài mã gốc thứ hai N_2, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai.

Theo khía cạnh thứ năm, sáng chế đề xuất thiết bị giải mã, thiết bị này bao gồm:

bộ thu được tạo cấu hình để nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit LLR của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M là độ dài mã đích trong khi mã hóa cực;

bộ hủy so khớp tỷ lệ được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí của bit được lặp; và bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã gốc thứ nhất N_1, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; hoặc được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương pháp rút ngắn hoặc chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí rút ngắn hoặc chặt và LLR ở vị trí rút ngắn hoặc chặt này; và phục hồi các LLR nhận được của M bit thành độ dài mã gốc thứ hai N_2, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai có độ dài là độ dài mã gốc thứ hai N_2, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và

bộ giải mã, được tạo cấu hình để thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất hoặc LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai.

Theo khía cạnh thứ sáu, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông, thiết bị này bao gồm:

bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền thông với một thiết bị khác;

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M trong khi mã hóa cực đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí của bit được lặp; bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã

gốc thứ nhất N_1, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; và thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất; hoặc

khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương pháp rút ngắn hoặc chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí rút ngắn hoặc chặt và LLR ở vị trí rút ngắn hoặc chặt này; phục hồi các LLR nhận được của M bit thành độ dài mã gốc thứ hai N_2, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai có độ dài là độ dài mã gốc thứ hai N_2, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai.

Theo khía cạnh thứ bảy, sáng chế đề xuất phương pháp so khớp tỷ lệ cho mã cực, phương pháp này bao gồm các bước:

thu chuỗi bit thông tin và tỷ lệ mã thứ nhất R_1, trong đó $R_1=K/N_1$, K là số lượng các bit thông tin, $N_1=2^n$, n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$, và M là độ dài mã đích trong khi mã hóa cực;

nếu tỷ lệ mã thứ nhất R_1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai định trước R_2, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất N_1 bit được mã hóa; và lặp ít nhất một số bit trong số N_1 bit được mã hóa, thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc

nếu tỷ lệ mã thứ nhất R_1 lớn hơn tỷ lệ mã thứ hai R_2, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất N_2 bit được mã hóa, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và rút ngắn hoặc chặt N_2 bit được mã hóa, thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

Theo khía cạnh thứ tám, sáng chế đề xuất phương pháp so khớp tỷ lệ cho mã cực, và phương pháp này bao gồm các bước:

thu độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}, trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

nếu độ dài mã đích M trong khi mã hóa cực lớn hơn độ dài mã gốc lớn nhất N_{max}, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc N_{max} để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất N_{max} bit được mã hóa; và lặp ít nhất một số bit trong số N_{max} bit được mã hóa, thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc

nếu độ dài mã đích nhỏ hơn độ dài mã gốc lớn nhất N_{max}, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc N để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất N bit được mã hóa, trong đó N lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích M, và N là lũy thừa số nguyên của 2; và rút ngắn hoặc chặt N bit được mã hóa, thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

Theo khía cạnh thứ chín, sáng chế đề xuất phương pháp so khớp tỷ lệ cho mã cực, và phương pháp này bao gồm các bước:

thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực; và

lựa chọn, từ tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1 đáp ứng một điều kiện bất kỳ trong số ba điều kiện thiết lập trước dưới đây, giá trị nhỏ nhất là giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1, và sử dụng sơ đồ so khớp tỷ lệ lặp; hoặc nếu không có giá trị nào của độ dài mã gốc thứ nhất N_1 đáp ứng một điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện thiết lập trước dưới đây, thì sử dụng sơ đồ so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc chặt, trong đó ba điều kiện thiết lập trước là:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, và $R_1=K/N_1$;

độ dài mã đích lớn hơn độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}, và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 là N_{max}; và

chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2.

Tham chiếu đến khía cạnh thứ nhất, khía cạnh thứ hai, khía cạnh thứ ba, khía cạnh thứ bảy, hoặc khía cạnh thứ tám, theo một phương án thực hiện khả thi, ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất được lặp theo quy tắc thiết lập trước, và quy tắc thiết lập trước này bao gồm cách bất kỳ trong số các cách sau: theo thứ tự từ sau ra trước, theo thứ tự từ trước ra sau, theo thứ tự ngẫu nhiên, theo thứ tự đảo ngược bit từ sau ra trước, theo thứ tự đảo ngược bit từ trước ra sau, hoặc theo thứ tự giảm dần của độ tin cậy.

Tham chiếu đến khía cạnh thứ tư, khía cạnh thứ năm, hoặc khía cạnh thứ sáu, theo một phương án thực hiện khả thi, vị trí lặp được xác định theo quy tắc thiết lập trước, và quy tắc thiết lập trước này bao gồm cách bất kỳ trong số các cách sau: theo thứ tự từ sau ra trước, theo thứ tự từ trước ra sau, theo thứ tự ngẫu nhiên, theo thứ tự

đảo ngược bit từ sau ra trước, theo thứ tự đảo ngược bit từ trước ra sau, hoặc theo thứ tự giảm dần của độ tin cậy.

Tham chiếu đến khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ sáu, theo một phương án thực hiện khả thi, điều kiện thiết lập trước là: tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã đích nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó tỷ lệ mã thứ nhất $R_1=K/N_1$, K là lượng các bit thông tin cần được mã hóa, $N_1=2^n$, và n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Theo một phương án thực hiện khả thi, độ dài mã gốc thứ nhất là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Theo một phương án thực hiện khả thi, giá trị của tỷ lệ mã thứ hai là 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11 hoặc 3/11.

Tham chiếu đến khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ sáu, theo một phương án thực hiện khả thi, điều kiện thiết lập trước là: độ dài mã đích lớn hơn độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}. Theo một phương án thực hiện khả thi, độ dài mã gốc thứ nhất là N_{max}. Theo một phương án thực hiện khả thi, N_{max} là 8192, 4096, 2048, 1024, 512, 256, 128 hoặc 64.

Tham chiếu đến tất cả các khía cạnh nêu trên, theo một phương án thực hiện khả thi, độ dài mã gốc thứ hai là lũy thừa số nguyên nhỏ nhất của 2 lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích.

Tham chiếu đến khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ sáu, theo một phương án thực hiện khả thi, điều kiện thiết lập trước là: ít nhất một trong số các điều kiện sau đây được đáp ứng, và giá trị nhỏ nhất trong tập hợp gồm tất cả các giá trị được xác định của độ dài mã gốc thứ nhất mà đáp ứng điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện sau đây được sử dụng làm giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, và $R_1=K/N_1$;

độ dài mã đích này lớn hơn độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}, và $N_1=N_{max}$; hoặc

chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

Tham chiếu đến khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ sáu, theo một phương án thực hiện khả thi, điều kiện thiết lập trước là: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2. Theo một phương án thực hiện khả thi, chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước được biểu thị bởi một trong số sau:

$$M \leq N_1 * (1 + \delta);$$

$$\frac{M}{N_1} \leq (1 + \delta);$$

$$M - N_1 \leq N_1 * \delta; \text{ hoặc}$$

$$\frac{M - N_1}{N_1} \leq \delta.$$

Theo một phương án thực hiện khả thi, δ là hằng số, ví dụ, giá trị có thể là 1/8, 1/4, hoặc 3/8.

Theo một phương án thực hiện khả thi, giá trị của δ là hàm của tỷ lệ mã thứ nhất R_1, δ giảm khi R_1 tăng, và $R_1 = \frac{K}{N_1}$.

Theo một phương án thực hiện khả thi, quan hệ theo hàm số giữa δ và tỷ lệ mã thứ nhất R_1 là:

$\delta = \beta * (1 - R_1)$, hoặc $\delta = \beta^*(1-R_1)^2$, trong đó β là hằng số, ví dụ, β có thể là 1/2, 3/8, 1/4, 1/8 hoặc 1/16.

Theo một phương án thực hiện khả thi, quan hệ theo hàm số giữa δ và tỷ lệ mã thứ nhất R_1 là:

$$\delta = \begin{cases} a, \text{ Nếu } R_1 < R_3 \\ 0, \text{ Nếu } R_1 \geq R_3 \end{cases}, \text{ trong đó}$$

a là hằng số và có thể là 1/16, 1/4, 3/8, 1/2, hoặc tương tự, R_3 là ngưỡng tỷ lệ mã và là hằng số, và R_3 có thể là 1/4, 1/6, 1/3, 1/5, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11, 3/11 hoặc tương tự.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, 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 thực hiện phương pháp được mô tả trong các khía cạnh nêu trên.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính bao gồm lệnh, và khi sản phẩm chương trình máy tính này chạy trên máy tính, thì máy tính này thực hiện phương pháp được mô tả trong các khía cạnh nêu trên.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất chương trình máy tính, và khi chương trình máy tính này chạy trên máy tính, thì máy tính này thực hiện phương pháp được mô tả trong các khía cạnh nêu trên.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông bao gồm:

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp được mô tả trong khía cạnh thứ nhất, khía cạnh thứ tư, khía cạnh thứ bảy, khía cạnh thứ tám, hoặc khía cạnh thứ chín, hoặc thực hiện phương án thực hiện khả thi bất kỳ của khía cạnh thứ nhất, khía cạnh thứ tư, khía cạnh thứ tám hoặc khía cạnh thứ chín.

Trong các phương án thực hiện của sáng chế, phương thức so khớp tỷ lệ nào sẽ được sử dụng được xác định dựa vào độ dài mã đích. Khi điều kiện thiết lập trước được đáp ứng, thì việc lặp được sử dụng. Vì độ dài mã gốc nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích, nên khi độ dài mã đích không phải là lũy thừa số nguyên của 2, thì độ dài mã gốc được sử dụng nhỏ hơn độ dài mã gốc được xác định trong việc rút ngắn hoặc chặt. Điều này có thể đáp ứng được yêu cầu thực hiện mã hóa và giảm bớt độ phức tạp mã hóa và giải mã, nhờ đó giảm bớt được độ trễ. Khi độ dài mã đích không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì việc rút ngắn hoặc chặt được sử dụng. Theo cách tương ứng, phía bộ giải mã xác định phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng bởi phía bộ mã hóa, và thực hiện hủy so khớp tỷ lệ và giải mã. Theo các phương án thực hiện của sáng chế, có thể đạt được sự cân bằng mong muốn giữa tổn hao khuếch đại mã hóa và độ phức tạp của mã hóa.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ sơ lược của quy trình cơ bản của truyền thông không dây giữa đầu truyền và đầu nhận;

Fig.2 là sơ đồ sơ lược của thiết bị mã hóa 200 theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.3 là lưu đồ sơ lược của phương pháp so khớp tỷ lệ theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.4 là sơ đồ sơ lược của đệm tuần hoàn theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.5 là đồ thị của việc so sánh hiệu năng giữa phương thức so khớp tỷ lệ lặp và phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn được xác định ở kênh AWGN nhờ sử dụng ngưỡng tỷ lệ mã;

Fig.6 là đồ thị của việc so sánh hiệu năng giữa phương thức so khớp tỷ lệ lặp và phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn được xác định ở kênh AWGN nhờ sử dụng độ dài mã gốc lớn nhất;

Fig.7 là sơ đồ sơ lược của thiết bị truyền thông 700 theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.8 là sơ đồ sơ lược của thiết bị giải mã 800 theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.9 là lưu đồ sơ lược của phương pháp hủy so khớp tỷ lệ theo một phương án thực hiện của sáng chế; và

Fig.10 là hình vẽ so sánh hiệu năng giữa phương thức lặp và phương thức chặt được sử dụng khi M=160 và K có các giá trị khác nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện quy trình cơ bản của truyền thông không dây. Ở đầu truyền, tín hiệu từ nguồn tín hiệu được mã hóa nguồn, được mã hóa kênh, được so khớp tỷ lệ, được ánh xạ điều biến và sau đó được truyền đến đầu nhận. Ở đầu nhận, sau khi hủy ánh xạ giải điều biến, hủy so khớp tỷ lệ, giải mã kênh và giải mã nguồn, tín hiệu này được xuất đến đích tín hiệu. Trong mã hóa kênh và giải mã kênh, quy trình lập mã cực như được mô tả ở trên có thể được sử dụng. Vì độ dài mã của mã cực ban đầu (mã gốc) là lũy thừa số nguyên của 2, trong các ứng dụng thực tế, độ dài mã có thể cần được điều chỉnh thành độ dài mã khác. Điều này có thể đạt được nhờ so khớp tỷ lệ. Như được thể hiện trên Fig.1, ở đầu truyền, việc so khớp tỷ lệ được thực hiện sau khi

mã hóa kênh, để đạt được độ dài mã đích bất kỳ. Ở đầu nhận, việc hủy so khớp tỷ lệ được thực hiện trước khi giải mã kênh, để phục hồi mã cực về độ dài ban đầu của nó.

Các giải pháp kỹ thuật theo các phương án thực hiện 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, như hệ thống toàn cầu cho truyền thông di động (GSM, Global System for Mobile communications), hệ thống đa truy cập phân mã (CDMA, Code Division Multiple Access), hệ thống đa truy cập phân mã băng rộng (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), Công nghệ dịch vụ vô tuyến gói tổng hợp (GPRS, General Packet Radio Service), hệ thống công nghệ phát triển dài hạn (LTE, Long Term Evolution), hệ thống song công chia tần số (FDD, Frequency Division Duplex) LTE, hệ thống song công chia thời gian (TDD, Time Division Duplex) LTE, và hệ thống viễn thông di động toàn cầu (UMTS, Universal Mobile Telecommunication System).

Theo phương pháp so khớp tỷ lệ cho mã cực được đề xuất theo một phương án thực hiện của sáng chế, độ dài mã gốc nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích (lớn hơn số lượng các bit thông tin) và là lũy thừa số nguyên của 2 được xác định, mã cực được xây dựng và được mã hóa dựa vào độ dài mã gốc được xác định, và bit được mã hóa được lặp, để thu được độ dài mã đích, và để thực hiện so khớp tỷ lệ trên mã cực. Quy trình so khớp tỷ lệ và quy trình hủy so khớp tỷ lệ là như sau:

(1) Xác định độ dài mã gốc $N=2^n$ nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích M và là lũy thừa số nguyên của 2 ($n \leq \log_2 M$, và n là số nguyên), trong đó độ dài mã đích M được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và tỷ lệ mã R, và M=INT(K/R), trong đó INT biểu thị việc làm tròn.

(2) Xây dựng mã cực có độ dài mã gốc là N và số lượng các bit thông tin là K, và mã hóa mã cực này, để thu được chuỗi bit được mã hóa.

(3) Lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa dựa vào chuỗi thiết lập trước, cho đến khi thu được độ dài mã đích M, để thu được các bit cần truyền đã trải qua việc so khớp tỷ lệ.

(4) Đầu nhận thu các LLR của M bit, xác định vị trí của bit được lặp, và kết hợp tỷ lệ hợp lý lôgarit (Tiếng Anh: Log-Likehood Ratio, viết tắt là LLR) ở vị trí lặp, để

thu được các LLR của N bit cần được giải mã, và để thực hiện hủy so khớp tỷ lệ; và sau đó thực hiện việc giải mã dựa vào các LLR của N bit cần được giải mã.

Trong việc lặp được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ, vì độ dài mã gốc nhỏ hơn độ dài mã đích, và độ dài mã gốc nhỏ hơn độ dài mã gốc trong giải pháp được sử dụng theo giải pháp kỹ thuật đã biết, nên độ phức tạp của mã hóa và giải mã được giảm đi.

Khi độ dài mã gốc lớn hơn, thì hiệu năng thu được bởi khuếch đại mã hóa là cao hơn, nhưng độ phức tạp cũng cao hơn. Sự giảm tỷ lệ mã thu được khi tăng độ dài mã gốc, sự nâng cao hiệu năng giảm đi đạt được bởi khuếch đại mã hóa. Do đó, vấn đề cân bằng khuếch đại mã hóa và độ phức tạp có thể được giải quyết hơn nữa nhờ việc sử dụng tham số mã hóa. Ví dụ, điều kiện có thể được thiết lập cho độ dài mã đích. Khi điều kiện này được đáp ứng, thì phương thức lặp được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ. Nói cách khác, độ dài mã gốc nhỏ hơn độ dài mã đích. Trong trường hợp này, độ phức tạp là tương đối thấp, và tổn hao khuếch đại do việc lặp nằm trong phạm vi chấp nhận được. Khi điều kiện cụ thể không được đáp ứng, thì phương thức chặt hoặc rút ngắn được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ. Trong trường hợp này, độ dài mã gốc được xác định lớn hơn độ dài mã đích, và độ dài mã đích thu được bằng cách rút ngắn hoặc chặt. Trong trường hợp này, độ phức tạp là tương đối cao, nhưng tổn hao khuếch đại được giảm đi.

Thiết bị mã hóa 200 được thể hiện trên Fig.2 có thể thực hiện việc mã hóa và so khớp tỷ lệ. Như được thể hiện trên Fig.3, việc mã hóa và so khớp tỷ lệ có thể bao gồm các quy trình sau.

301. Thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực.

Bước này có thể được thực hiện bởi bộ thu 201 trên Fig.2. Bộ thu 201 thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực. Độ dài mã đích có thể được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và tỷ lệ mã được sử dụng R. Ví dụ, nếu số lượng các bit thông tin là 20, và tỷ lệ mã là 1/8, thì độ dài mã đích là 160.

302. Chọn độ dài mã gốc dựa vào điều kiện thiết lập trước, và mã hóa cực trên chuỗi bit thông tin.

Cụ thể, khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ mã hóa 202 sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết

xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất có độ dài N_1. N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2.

Khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ mã hóa 202 sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai có độ dài N_2. N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2.

303. Xác định phương thức so khớp tỷ lệ dựa vào độ dài mã gốc được sử dụng trong bước 302, và thực hiện so khớp tỷ lệ.

Khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, vì độ dài mã gốc N_1 được sử dụng trong bước 302 nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích, nên bộ so khớp tỷ lệ 203 lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M.

Khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì độ dài mã gốc N_2 được sử dụng trong bước 302 lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích, và một cách tương ứng, bộ so khớp tỷ lệ 203 rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M.

Khi phương thức lặp được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ, thì việc lặp có thể được thực hiện theo quy tắc thiết lập trước, cho đến khi thu được độ dài mã đích M, để thu được mã cực đích. Quy tắc thiết lập trước này có thể bao gồm quy tắc bất kỳ trong số các quy tắc sau: theo thứ tự từ sau ra trước, theo thứ tự từ trước ra sau, theo thứ tự ngẫu nhiên, theo thứ tự đảo ngược bit từ sau ra trước, theo thứ tự đảo ngược bit từ trước ra sau, theo thứ tự giảm dần của độ tin cậy, hoặc tương tự. Thứ tự đảo ngược bit để biến đổi số nguyên thập phân (chỉ mục của bit được mã hóa) thành dạng nhị phân, phủ định thứ tự của các phần tử của số nhị phân, và biến đổi số nhị phân được phủ định thành số thập phân. Số mới thu được là giá trị có thứ tự đảo ngược bit của số ban đầu. Ở đây độ tin cậy là độ tin cậy của kênh được phân cực tương ứng với bit được mã hóa. Việc thực hiện lặp dựa vào thứ tự giảm dần của độ tin cậy chỉ ra rằng bit được mã hóa quan trọng hơn cần được ưu tiên lặp. N_1 bit được mã hóa có thể được lưu trữ, theo quy tắc thiết lập trước nêu trên, trong đệm tuần hoàn được thể hiện trên Fig.4, và bit được mã hóa được đọc từ đệm tuần hoàn theo thứ tự trong quá trình so khớp tỷ lệ, cho đến khi thu được độ dài mã đích M. Giả sử rằng N_1 là 128, và M là 160, thì 32

bit được mã hóa cần được lặp. 128 bit được mã hóa được sắp xếp dựa vào độ tin cậy và sau đó được lưu trữ trong đệm tuần hoàn. Các bit từ thứ nhất đến thứ 128 được đọc theo thứ tự, và sau đó 32 bit được đọc, để thu được mã cực có độ dài 160.

Độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước được mô tả trong bước 302 và bước 303 có thể là tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã gốc thứ nhất N1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2. Tỷ lệ mã thứ nhất R_1 ở đây bằng K/N_1. K là số lượng các bit thông tin, $N_1=2^n$, và n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Cụ thể, N_1 là lũy thừa số nguyên của 2 và nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích M. Tỷ lệ mã thứ hai là ngưỡng tỷ lệ mã và được sử dụng để xác định phương thức so khớp tỷ lệ.

Cụ thể, nếu $R_1 \leq R_2$, độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn độ dài mã đích được sử dụng để mã hóa, để kết xuất N_1 bit được mã hóa, và ít nhất một số bit trong số N_1 bit được mã hóa được lặp, để thu được mã cực đích có độ dài M. Nếu $R_1 > R_2$, thì lũy thừa số nguyên nhỏ nhất của 2 mà lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích được sử dụng làm độ dài mã gốc thứ hai N_2, để mã hóa chuỗi bit thông tin và kết xuất N_2 bit được mã hóa, và N_2 bit được mã hóa được rút ngắn hoặc được chặt, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M. Độ dài mã gốc được xác định bằng cách so sánh tỷ lệ mã thứ nhất và tỷ lệ mã thứ hai. Một cách tương ứng, phương thức so khớp tỷ lệ được xác định. Tỷ lệ mã thứ hai cũng có thể được gọi là ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc. Giá trị của ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc có thể được thiết lập tùy thuộc vào trường hợp ứng dụng thực tế. Trong phương án thực hiện của sáng chế, ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc có thể được thiết lập linh hoạt thành giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1 tùy thuộc vào trường hợp ứng dụng. Ví dụ, giá trị của R_2 là 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11 hoặc 3/11, nhưng không giới hạn ở đó. Giá trị của R_2 không bị giới hạn ở các ví dụ nêu trên, cũng như không bị giới hạn ở dạng phân số được sử dụng ở đây, và có thể được thiết lập thành giá trị có dấu thập phân như 0,167 chẳng hạn.

Việc xác định ngưỡng tỷ lệ mã có thể làm cân bằng sự khuếch đại mã hóa và độ phức tạp. Fig.5 thể hiện sự so sánh hiệu năng giữa phương thức so khớp tỷ lệ lặp và phương thức rút ngắn được sử dụng trong kênh tạp nhiễu Gaussian trắng cộng sinh (Additive White Gaussian Noise, viết tắt là AWGN) khi số lượng các bit thông tin là 40 và các tỷ lệ mã khác nhau được sử dụng. Độ dài mã đích M tương ứng với hai

đường nét liền là 224. Hộp hình vuông chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, 128 bit (độ dài mã gốc thứ nhất N_1) thu được nhờ mã hóa, và 96 bit được lặp, để thu được 224 bit (độ dài mã đích). Dấu hoa thị "*" chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn được sử dụng, và 256 bit (độ dài mã gốc thứ hai N_2) thu được nhờ mã hóa và được rút ngắn 32 bit để thu được 224 bit (độ dài mã đích). Ngưỡng tỷ lệ mã R_2 bằng 1/4 được sử dụng làm ví dụ. Trong trường hợp này, $R_1=K/N_1=40/128>1/4$, và $R_1 \leq R_2$ không được đáp ứng. Do đó, phương thức chặt hoặc rút ngắn có thể được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ. Có thể rút ra rằng, khi tỷ lệ lỗi khối là 10^{-3}, thì tổn hao khuếch đại mã hóa trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp xấp xỉ bằng 0,3 dB. Khi tỷ lệ mã cao hơn, thì độ dài mã gốc nhỏ hơn, và tổn hao khuếch đại mã hóa cao hơn. Do đó, khi tỷ lệ mã thứ nhất lớn hơn ngưỡng tỷ lệ mã, thì phương thức rút ngắn hoặc chặt là thích hợp.

Độ dài mã đích tương ứng với hai đường nét đứt trên Fig.5 là 288. Dấu hoa thị "*" chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, 256 bit (độ dài mã gốc thứ nhất N_1) thu được nhờ mã hóa, và 32 bit được lặp, để thu được 288 bit. Vòng tròn "o" chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn được sử dụng, và 512 bit (độ dài mã gốc thứ hai N_2) thu được nhờ mã hóa và được rút ngắn bởi 224 bit để thu được 288 bit. Có thể rút ra rằng sự khuếch đại mã hóa trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp tương đương với sự khuếch đại mã hóa trong phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn; tuy nhiên, độ dài mã gốc trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp chỉ bằng một nửa độ dài mã gốc trong phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn. Do đó, độ trễ mã hóa và giải mã và độ phức tạp trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp thấp hơn đáng kể so với các độ trễ này trong phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn. Ngưỡng tỷ lệ mã R_2 bằng 1/4 được sử dụng làm ví dụ. Trong trường hợp này, $R_1=K/N_1=40/256<1/4$, và điều kiện thiết lập trước $R_1 \leq R_2$ được đáp ứng. Do đó, phương thức so khớp tỷ lệ lặp được xác định. Khi tỷ lệ mã thấp hơn, thì độ dài mã lớn hơn, và sự khuếch đại mã hóa là gần hơn; tuy nhiên, phương thức so khớp tỷ lệ lặp có thể làm giảm đáng kể độ phức tạp và giảm bớt độ trễ.

Trong phương án thực hiện này của sáng chế, $N_1=2^n$, trong đó n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Ví dụ, khi M=224, 7 thu được bằng cách thực hiện phép làm tròn trên $\log_2 M$, và về lý thuyết, giá trị của n có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 7. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.5, trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp, số nguyên

lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$ được chọn cho n. Cụ thể, $N_1=2^7=128$. Trong trường hợp này, $R_1>R_2$. Nếu giá trị nhỏ hơn được xác định cho N_1, thì R_1 là lớn hơn, và R_1 chắc chắn lớn hơn R_2. nếu R_2 được thiết lập thành 1/6, thì $R_1>R_2$. Trong trường hợp này, không có giá trị khả dụng nào của N_1 có thể đáp ứng được phương thức so khớp tỷ lệ lặp. Theo một ví dụ khác, khi M=288, 8 thu được bằng cách thực hiện phép làm tròn trên $\log_2 M$, và về lý thuyết, giá trị của n có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 8. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.5, trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp, số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$ được xác định cho n. Cụ thể, $2^8=256$, và điều kiện $R_1 \leq R_2$ được đáp ứng. Trong trường hợp này, nếu N_1 bằng 128, điều kiện $R_1 \leq R_2$ không được đáp ứng. Nếu ngưỡng tỷ lệ mã R_2 được thiết lập là 1/7, bất kể là N_1 bằng 256 hay 128, thì điều kiện $R_1 \leq R_2$ không được đáp ứng. Trong trường hợp này, phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc chặt được sử dụng.

Theo một ví dụ khác, giả sử số lượng K bit thông tin bằng 200, độ dài mã đích M bằng 2400, và ngưỡng tỷ lệ mã R_2 bằng 1/4. Giá trị lớn nhất của N_1 có thể là 2048, 1024, 512 hoặc tương tự. Một cách tương ứng, R_1 là 200/2048, 200/1024 hoặc 200/512. Nếu N_1 là 2048 hoặc 1024, thì $R_1 \leq R_2$ được đáp ứng, và phương thức so khớp tỷ lệ lặp có thể được sử dụng. Khi ít nhất hai độ dài mã gốc đáp ứng được điều kiện thiết lập trước, thì độ dài mã gốc có độ phức tạp mã hóa và giải mã thấp nhất, nghĩa là, độ dài mã gốc nhỏ nhất, có thể được xác định. Trong ví dụ này, nếu cả hai giá trị 2048 và 1024 đều đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì 1024 được xác định là giá trị của N_1. Nói cách khác, khi xác định được rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp cần được sử dụng, thì độ dài mã gốc dự phòng nhỏ nhất mà đáp ứng điều kiện thiết lập trước được ưu tiên xác định là độ dài mã gốc thứ nhất.

Trong phương án thực hiện này của sáng chế, với điều kiện là giá trị của N_1 có thể đáp ứng được $R_1 \leq R_2$, thì phương thức so khớp tỷ lệ lặp được xác định; và chỉ khi không có giá trị nào của N_1 đáp ứng $R_1 \leq R_2$, thì phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc chặt mới được sử dụng.

Độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước được mô tả trong bước 302 có thể là: xác định được rằng độ dài mã đích M lớn hơn hoặc bằng độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}. Giá trị của N_{max} có thể được thiết lập linh hoạt, tùy thuộc vào trường hợp ứng dụng thực tế, thành lũy thừa số nguyên của 2, chẳng hạn

như 2048, 1024, 512, 256, 128, 64 hoặc 32. Điều này không bị giới hạn. Ở đây, giá trị của N_{max} không có giới hạn trên, mà được xác định tùy thuộc vào trường hợp ứng dụng. Ví dụ, trong một số trường hợp ứng dụng, ví dụ, trong một kênh dữ liệu, nếu độ dài mã đích đạt đến 6000 hoặc 12000, thì giá trị của N_{max} có thể lớn hơn. Ví dụ, giá trị có thể là 4096 hoặc 8192. Nếu xác định được rằng phương thức lặp cần được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ và độ dài mã gốc thứ nhất là N_{max}, thì đầu truyền xây dựng và mã hóa mã cực có độ dài N_{max}, và lặp $(M–N_{max})$ bit, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài mã đích M. Đầu nhận kết hợp LLR tín hiệu ở vị trí lặp, phục hồi tín hiệu nhận được về độ dài mã gốc N_{max}, và sau đó thực hiện giải mã.

Ví dụ, N_{max}=2048, độ dài mã đích M bằng 600, và $M<N_{max}$. Trong trường hợp này, phương thức rút ngắn hoặc chặt được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ, và là lũy thừa số nguyên nhỏ nhất của 2 mà lớn hơn 600, cụ thể là 1024, được xác định là độ dài mã gốc. Mã cực được xây dựng dựa vào độ dài mã gốc 1024 và độ dài mã đích 600, và 1024 bit thu được nhờ mã hóa và được rút ngắn hoặc được chặt bởi 424 bit, để thu được 600 bit đích.

Ví dụ, N_{max}=1024, độ dài mã đích M bằng 2400, và $M>N_{max}$. Trong trường hợp này, phương thức lặp được sử dụng để thực hiện so khớp tỷ lệ, và xác định được rằng độ dài mã gốc là 1024. Mã cực được xây dựng dựa vào độ dài mã gốc 1024, 1024 bit thu được nhờ mã hóa, và 1376 bit thu được nhờ việc lặp, để thu được mã cực đích 2400-bit.Nếu N_{max}=2048, $M>N_{max}$ vẫn được đáp ứng. Mã cực có thể được xây dựng dựa vào độ dài mã 2048, 2048 bit thu được nhờ mã hóa, và 352 bit được lặp, để thu được mã cực đích 2400-bit.

Nếu trong một hệ thống, số lượng lớn nhất của các bit thông tin là 200, và tỷ lệ mã nhỏ nhất là 1/12, thì độ dài mã đích là 2400. Theo phương thức so khớp tỷ lệ thông thường, việc mã hóa cần được thực hiện cho đến khi thu được 4096 bit, và sau đó việc chặt hoặc rút ngắn được thực hiện, để thu được 2400 bit. Theo các giải pháp theo sáng chế, sự khuếch đại mã hóa được xem xét. 2048/1024 bit thu được nhờ mã hóa, và sau đó 2400 bit thu được nhờ việc lặp. So với phương thức so khớp tỷ lệ thông thường, hầu như không có tổn hao khuếch đại mã hóa (khi 1024 bit thu được nhờ mã hóa, tổn hao khuếch đại mã hóa nằm trong phạm vi 0,1 dB). Tuy nhiên, theo phương diện về độ phức tạp, so với bộ đệm để thực hiện mã hóa để thu được 4096 bit, bộ đệm để thực

hiện mã hóa để thu được 2048 hoặc 1024 bit giảm thành 1/2 hoặc 1/4. Độ phức tạp vận hành giảm đi đáng kể, và độ trễ giải mã có thể giảm đi khoảng 20% hoặc 50%.

Fig.6 thể hiện việc so sánh hiệu năng giữa phương thức so khớp tỷ lệ lặp và phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn được sử dụng trên kênh AWGN. Một lượng K bit thông tin là bằng 200. Trên hình vẽ này, độ dài mã đích M tương ứng với nhóm đường nét liền là 1184. Độ dài mã gốc tương ứng với hộp hình vuông là 1024, và 160 bit được lặp, để thu được 1184 bit. Độ dài mã gốc tương ứng với dấu hoa thị "*" hoặc vòng tròn "o" là 2048, và 1184 bit thu được nhờ rút ngắn. Có thể nhận ra từ Fig.6 là sự khuếch đại mã hóa trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp tương đương với sự khuếch đại mã hóa trong phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn.

Độ dài mã đích tương ứng với nhóm đường nét đứt trên Fig.6 là 2400. Độ dài mã gốc tương ứng với một hộp hình vuông là 1024, và 1376 bit thu được nhờ việc lặp, để thu được 2400 bit. Độ dài mã gốc tương ứng với dấu hoa thị "*" là 2048, và 352 bit được lặp, để thu được 2400 bit. Độ dài mã gốc tương ứng với vòng tròn "o" là 4096 bit, và 2400 bit thu được nhờ rút ngắn. Có thể nhận ra từ Fig.6 rằng sự khuếch đại mã hóa dựa vào 2048 bit theo phương thức lặp tương đương với sự khuếch đại mã hóa trong phương thức rút ngắn, và tổn hao khuếch đại mã hóa dựa vào 1024 bit trong phương thức lặp nằm trong 0,05 dB so với trong phương thức rút ngắn. Tuy nhiên, so với phương thức rút ngắn, khi độ dài mã đích không phải là lũy thừa số nguyên của 2, thì độ dài mã gốc được sử dụng trong phương thức so khớp tỷ lệ lặp giảm đi ít nhất một nửa. Do đó, kích thước của bộ đệm cần thiết có thể được giảm đi đáng kể, độ phức tạp của hoạt động mã hóa và giải mã giảm, và độ trễ giảm.

Quy trình chặt được mô tả trong phương án thực hiện này của sáng chế bao gồm việc chặt gần đều (Quasi-Uniform Puncture, viết tắt là QUP). Trước tiên, xác định được rằng độ dài mã gốc là lũy thừa số nguyên của 2 lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích. Sau đó, việc chặt (vị trí chặt) được xác định dựa vào độ dài mã gốc và độ dài mã đích. Kiểu chặt có thể được biểu thị bằng cách sử dụng chuỗi nhị phân $(00\ldots011\ldots1)$, và xác định được rằng "0" biểu thị vị trí chặt và "1" biểu thị vị trí không được chặt. Dung lượng kênh tương ứng với vị trí chặt được thiết lập là 0 (hoặc sai số có thể được thiết lập là 1, hoặc tỷ lệ tín hiệu trên tạp nhiễu SNR được thiết lập rất nhỏ). Độ tin cậy của các kênh được phân cực được tính toán bằng cách sử dụng phương pháp như phát

triển mật độ, phép xấp xỉ Gaussian, hoặc hồi quy tuyến tính và được phân loại, 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 nằm ở vị trí chặt, để thu được mã cực.

Quy trình rút ngắn (Shorten) mã cực được mô tả theo sáng chế như sau: Xác định được rằng độ dài mã gốc là lũy thừa số nguyên của 2 lớn hơn hoặc bằng độ dài mã đích. Bit được mã hóa ở vị trí rút ngắn (Shorten) chỉ liên quan đến bit cố định. Quy trình bao gồm: Độ tin cậy của các kênh được phân cực được tính toán dựa vào mã gốc, sau đó vị trí rút ngắn được xác định, bit cố định được thiết lập trong kênh được phân cực tương ứng, các vị trí của bit thông tin và bit đóng băng (bit cố định) trong kênh được phân cực còn lại được xác định dựa vào độ tin cậy, và bit được mã hóa ở vị trí rút ngắn được xóa, để thu được mã cực, và để thực hiện so khớp tỷ lệ. Theo phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn, độ tin cậy của các kênh được phân cực không cần thiết phải được tính toán lại dựa vào vị trí rút ngắn, nhưng bit cố định được thiết lập trong kênh được phân cực tương ứng với vị trí rút ngắn. Việc này làm giảm đáng kể độ phức tạp của việc xây dựng mã cực.

Như được thể hiện trên Fig.7, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông 700 khác có thể thực hiện việc mã hóa và so khớp tỷ lệ. Thiết bị truyền thông 700 bao gồm:

bộ thu phát 701 được tạo cấu hình để truyền thông với một thiết bị khác;

bộ nhớ 702 được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý 703 được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M trong khi mã hóa cực đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2, và lặp ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, để thu được mã cực đích thứ nhất có độ dài M; hoặc khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ hai N_2 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ hai, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2, và rút ngắn hoặc chặt chuỗi bit được mã hóa thứ hai, để thu được mã cực đích thứ hai có độ dài M. Bộ thu phát 701, bộ nhớ 702 và bộ xử lý 703 được nối bằng cách sử dụng bus.

Việc xác định xem độ dài mã đích M có đáp ứng điều kiện thiết lập trước hay không và việc thực hiện so khớp tỷ lệ tương ứng giống như được mô tả ở trên. Việc lặp hoặc rút ngắn hoặc chặt được sử dụng có thể được xác định bằng cách sử dụng ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc hoặc độ dài mã gốc lớn nhất, sao cho sự khuếch đại mã hóa và độ phức tạp được cân bằng. Quy trình lặp và quy trình rút ngắn hoặc chặt có thể giống như được mô tả ở trên.

Trong một số phương án thực hiện, thiết bị truyền thông có cả chức năng mã hóa và chức năng giải mã. Khi dùng làm bộ gửi, thiết bị truyền thông thực hiện quy trình mã hóa và so khớp tỷ lệ. Khi dùng làm bộ thu, thiết bị truyền thông thực hiện quy trình hủy so khớp tỷ lệ và giải mã. Thiết bị truyền thông này bao gồm chip dải tần cơ sở. Chip dải tần cơ sở này bao gồm bộ mã hóa và bộ giải mã. Bộ mã hóa có thể được tạo cấu hình để thực hiện chức năng giống như chức năng của thiết bị mã hóa nêu trên, và bộ giải mã có thể thực hiện chức năng giống như chức năng của thiết bị giải mã nêu trên. Thiết bị truyền thông bao gồm một bộ phận có chức năng truyền thông không dây hai chiều, như trạm cơ sở hoặc thiết bị người dùng chẳng hạn.

Thiết bị giải mã 800 được thể hiện trên Fig.8 có thể được tạo cấu hình để thực hiện hủy so khớp tỷ lệ và giải mã theo phương án này. Như được thể hiện trên Fig.9, quy trình hủy so khớp tỷ lệ và giải mã bao gồm các bước sau.

901. Nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit (Log-Likehood Ratio, viết tắt là LLR) của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M là độ dài mã đích trong khi mã hóa cực.

Bộ thu 801 nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit LLR của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M giống với độ dài mã đích được sử dụng bởi phía bộ mã hóa để thực hiện mã hóa cực.

902. Xác định, dựa vào độ dài mã đích M, phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng bởi phía bộ mã hóa, và thực hiện hủy so khớp tỷ lệ.

Khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ hủy so khớp tỷ lệ 802 xác định rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ, xác định vị trí của bit được lặp, và bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã gốc thứ nhất N_1, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2.

Khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ hủy so khớp tỷ lệ 802 xác định rằng phía bộ mã hóa sử dụng phương pháp rút ngắn hoặc chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ, xác định vị trí rút ngắn hoặc chặt và LLR ở vị trí rút ngắn hoặc chặt, và phục hồi các LLR, được tiếp nhận bởi bộ thu 801, của M bit thành độ dài mã gốc thứ hai N_2, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai có độ dài là độ dài mã gốc thứ hai N_2, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2.

Nếu phía bộ mã hóa sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ, thì phía bộ giải mã thực hiện tương ứng hủy so khớp tỷ lệ theo quy tắc lặp được thiết lập trước bởi cả phía bộ mã hóa lẫn phía bộ giải mã. Ví dụ, nếu quy tắc lặp của phía bộ mã hóa là theo thứ tự từ sau ra trước, trong quá trình so khớp tỷ lệ, thì các LLR của $M–N_1$ bit cuối cùng trong M bit được bổ sung vào và kết hợp, để thu được các LLR của N_1 bit cần được giải mã.

Nếu phía bộ mã hóa sử dụng phương thức rút ngắn để thực hiện so khớp tỷ lệ, thì bộ hủy so khớp tỷ lệ 802 sử dụng bit ở vị trí rút ngắn là bit đã biết, thiết lập LLR tương ứng là vô hạn, và phục hồi LLR, cùng với LLR nhận được ở vị trí không được rút ngắn, thành độ dài mã gốc.

Nếu phía bộ mã hóa sử dụng phương thức chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ, thì bộ hủy so khớp tỷ lệ 802 sử dụng bit tương ứng với vị trí chặt là bit đã biết để xử lý, thiết lập tỷ lệ hợp lý lôgarit tương ứng là 0, và phục hồi tỷ lệ hợp lý lôgarit, cùng với LLR nhận được ở vị trí không được chặt, thành độ dài mã gốc.

903. Thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã đã trải qua việc hủy so khớp tỷ lệ.

Khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ giải mã 803 thực hiện tương ứng việc giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất.

Khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì bộ giải mã 803 thực hiện tương ứng việc giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai.

Giống như phía bộ mã hóa, độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước được mô tả trong bước 902 và bước 903 có thể là tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ

hai được thiết lập trước R_2. Tỷ lệ mã thứ nhất R_1 ở đây bằng K/N_1. K là số lượng các bit thông tin, $N_1=2^n$, và n là số nguyên nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$. Quy trình xác định N_1 giống như ở phía bộ mã hóa. Tỷ lệ mã thứ hai cũng có thể được xem là ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc và được thiết lập trước ở phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã. Giá trị của R_2 giống như giá trị ở phía bộ mã hóa, và có thể là 1/4 hoặc 1/6. Ví dụ, R_2 ở phía bộ mã hóa là 1/4, và cũng là 1/4 ở phía bộ giải mã. Khi $R_1 \leq R_2$, xác định được rằng phía bộ mã hóa sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp, và độ dài mã gốc được sử dụng là N_1. Khi $R_1 > R_2$, xác định được rằng phía bộ mã hóa sử dụng việc phương thức rút ngắn hoặc chặt.

Theo cách khác, điều kiện thiết lập trước có thể là như sau: độ dài mã gốc lớn nhất N_{max} được thiết lập, và độ dài mã đích M được so sánh với độ dài mã gốc lớn nhất. Nếu $M \geq N_{max}$ được đáp ứng, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ, và do đó phía bộ giải mã thực hiện tương ứng phương thức hủy so khớp tỷ lệ. Nếu $M < N_{max}$, xác định được rằng đầu truyền sử dụng việc phương thức rút ngắn hoặc chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ, và phía bộ giải mã thực hiện tương ứng việc hủy so khớp tỷ lệ. Giống như phía bộ mã hóa, N_{max} có thể được thiết lập là lũy thừa số nguyên của 2, như 2048, 1024, 512, 256, 128, 64 hoặc 32. Điều này không bị giới hạn.

Phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã có thể được thiết lập trước để sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc phương thức so khớp tỷ lệ chặt khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước. Ví dụ, phương thức rút ngắn được sử dụng đồng đều, hoặc phương thức chặt được sử dụng đồng đều.

Thiết bị truyền thông được thể hiện trên Fig.7 còn có thể được tạo cấu hình để thực hiện quy trình hủy so khớp tỷ lệ và giải mã. Thiết bị truyền thông này bao gồm:

bộ thu phát 701 được tạo cấu hình để truyền thông với một thiết bị khác;

bộ nhớ 702 được tạo cấu hình để lưu trữ chương trình; và

bộ xử lý 703 được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ 701, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý 703 được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M trong khi mã hóa cực đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí của bit được lặp; bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR

nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã gốc thứ nhất N_1, trong đó N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; và thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất; hoặc

được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M không đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương pháp rút ngắn hoặc chặt để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí rút ngắn hoặc chặt và LLR ở vị trí rút ngắn hoặc chặt này; phục hồi các LLR nhận được của M bit thành độ dài mã gốc thứ hai N_2, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai có độ dài là độ dài mã gốc thứ hai N_2, trong đó N_2 lớn hơn hoặc bằng M, và N_2 là lũy thừa số nguyên của 2; và thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ hai.

Việc xác định xem độ dài mã đích M có đáp ứng điều kiện thiết lập trước hay không và việc thực hiện hủy so khớp tỷ lệ tương ứng giống như được mô tả ở trên. VIệc xem liệu phía bộ mã hóa sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp hay phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc chặt có thể được xác định nhờ sử dụng ngưỡng tỷ lệ mã của mã gốc hoặc độ dài mã gốc lớn nhất.

Các giải pháp theo sáng chế có thể được sử dụng trong kênh điều khiển hoặc kênh dữ liệu. Số lượng các bit thông tin tương đối nhỏ cần được gửi trong kênh điều khiển này. Do đó, theo một phương án thực hiện, khi việc mã hóa và giải mã được thực hiện, thì các độ dài mã (các độ dài mã gốc) và các phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng trong các trường hợp khác nhau có thể được liệt kê tùy thuộc vào việc độ dài mã đích có đáp ứng điều kiện thiết lập trước được mô tả theo sáng chế hay không, và được lưu trữ ở phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã. Nói cách khác, phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã không cần xác định xem độ dài mã đích có đáp ứng điều kiện thiết lập trước hay không. Thay vào đó, phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã trực tiếp đọc tham số tương ứng từ tham số tạo cấu hình theo quy tắc riêng để thực hiện việc mã hóa, so khớp tỷ lệ và hủy so khớp tỷ lệ và giải mã tương ứng. Theo một ví dụ, giả sử ngưỡng tỷ lệ mã mã gốc (tỷ lệ mã để mã hóa) được sử dụng và ngưỡng tỷ lệ mã R_2 được thiết lập là 1/4, thì tham số mã hóa được tạo cấu hình có thể được lưu trữ dưới dạng được thể hiện trong Bảng 1. Trong trường hợp này, số lượng các bit thông tin, độ dài mã đích, độ dài mã gốc và phương thức so khớp tỷ lệ được xác định theo quy tắc

thiết lập trước. Theo cách khác, phương thức so khớp tỷ lệ có thể không được thể hiện. Nếu độ dài mã gốc nhỏ hơn hoặc bằng độ dài mã đích, thì xác định được rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng. Nếu độ dài mã gốc lớn hơn độ dài mã đích, thì xác định được rằng phương thức rút ngắn hoặc chặt được sử dụng. Phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã có thể xác định một cách đồng đều xem phương thức phương thức rút ngắn hoặc chặt có được sử dụng hay không và kiểu rút ngắn hoặc kiểu chặt tương ứng. Tất nhiên, theo cách khác, phương thức so khớp tỷ lệ có thể được thể hiện trong tham số được tạo cấu hình. Cách thực hiện phương thức lặp cũng có thể được tạo cấu hình ở phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã.

Bảng 1

Số lượng K bit thông tin	Độ dài mã đích M	Độ dài mã gốc N (độ dài mã)	Phương thức so khớp tỷ lệ
...	...	...	...
40	224	256	Rút ngắn hoặc chặt
40	288	256	Lặp
...	...	...	...
200	2400	1024	Lặp
200	1200	1024	Lặp
200	800	1024	Rút ngắn hoặc chặt

Với điều kiện là điều kiện thiết lập trước được xác định, độ dài mã gốc và phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng trong từng trường hợp có thể được xác định. Ví dụ, khi R_2 là 1/6, thì các tham số mã hóa và các phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng trong các trường hợp khác nhau có thể được xác định.

Thiết bị truyền thông được mô tả trong phương án thực hiện này của sáng chế có thể là thiết bị truyền thông không dây như điểm truy cập, trạm, trạm cơ sở hoặc thiết bị đầu cuối người dùng.

Một mã cực được mô tả trong phương án thực hiện này của sáng chế bao gồm, nhưng không giới hạn ở, mã cực Arıkan, hoặc có thể là mã cực-CA hoặc mã cực-PC. Mã cực Arıkan là một mã cực ban đầu, không được ghép với mã khác, và chỉ có bit

thông tin và bit đóng băng. Mã cực-CA là mã cực được ghép với mã kiểm tra dư vòng (Cyclic Redundancy Check, viết tắt là CRC). Mã cực PC là mã cực được ghép với mã kiểm tra chẵn lẻ (Parity Check, viết tắt là PC). Mã cực PC và mã cực-CA cải thiện hiệu năng của mã cực bằng cách ghép các mã khác nhau.

"Chuỗi bit thông tin" được mô tả trong phương án thực hiện này của sáng chế cũng có thể được xem là "chuỗi bit cần được mã hóa" hoặc "tập hợp bit thông tin". Một cách tương ứng, "số lượng các bit thông tin" có thể là số lượng các bit cần được mã hóa trong chuỗi bit cần được mã hóa hoặc số lượng các phần tử trong tập hợp bit thông tin.

Độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước được mô tả theo sáng chế có thể là còn là chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước. N_1 nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2. Ví dụ, điều kiện thiết lập trước có thể là $M \leq N_1 * (1+\delta)$. Nếu độ dài mã gốc N_1 đáp ứng điều kiện này, thì xác định được rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, độ dài mã gốc thứ nhất N_1 được sử dụng để thực hiện việc mã hóa cực, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, và ít nhất một số bit trong chuỗi bit được mã hóa thứ nhất được lặp, để thu được chuỗi bit được mã hóa có độ dài mã đích. Nếu điều kiện này không được đáp ứng, thì phương thức so khớp tỷ lệ rút ngắn hoặc trên cơ sở chặt được sử dụng. Điều kiện thiết lập trước nêu trên có thể được biểu thị là $\frac{M}{N_1} \leq (1+\delta)$, $M-N_1 \leq N_1*\delta$, hoặc $\frac{M-N_1}{N_1} \leq \delta$.

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 tỷ lệ mã. δ = Hàm (R1) là hàm của $R_1 = \frac{K}{N_1}$. δ thường giảm khi R_1 tăng, và K là số lượng các bit thông tin. Nói cách khác, giá trị của δ tương quan với số lượng các bit thông tin và độ dài mã gốc.

Trong một phương án thực hiện, hàm của δ tương quan với tỷ lệ mã R_1 có thể được chỉ định là $\delta = \beta*(1-R_1)$. β là hằng số được thiết lập trước. Ví dụ, β có thể là 1/2, 3/8, 1/4, 1/8 hoặc 1/16. Nói cách khác, β là hàm tuyến tính của R_1. R_1 lớn hơn dẫn đến δ nhỏ hơn, và số lượng bit nhỏ hơn được phép lặp.

Giả sử M=160, K=80, $\beta = 1/2$, và N_1=128, R_1=80/128=0,625, và δ=1/2*(1–80/128)=0,1875. $M \leq N_1 * (1+\delta)$ được sử dụng để xác định xem có sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp hay không, và $N_1*(1+\delta)$=128*(1+0,1875)=152. Vì M=160>152, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ không được đáp ứng, phương thức so khớp tỷ lệ lặp này không được sử dụng. Thay vào đó, phương thức khác như phương thức rút ngắn hoặc chặt có thể được sử dụng. Trong các tham số nêu trên, nếu K=32 và các tham số khác được giữ không thay đổi, R_1=32/128=1/4, δ=1/2*(1–1/4)=3/8, $N_1*(1+\delta)$=128*(1+3/8)=176, M=160<176, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ được đáp ứng. Do đó, phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng. Cụ thể, độ dài mã gốc thứ nhất là 128. Chuỗi bit được mã hóa có độ dài 128 thu được nhờ mã hóa, và 32 bit trong chuỗi bit được mã hóa được lặp, để thu được độ dài mã đích 160.

Theo một phương án thực hiện khác, hàm của δ tương quan với tỷ lệ mã R có thể được chỉ định là $\delta = \beta * (1-R_1)^2$. β là hằng số. Ví dụ, β có thể là 1/2. Cụ thể, δ là hàm bậc hai của R_1. R_1 lớn hơn dẫn đến δ nhỏ hơn, và số lượng các bit nhỏ hơn được phép lặp. Giả sử M=160, K=80, $\beta = 1/2$, và N_1=128, R_1=80/128=0,625, và δ=1/2*(1–80/128)^2=0,0703125. $M \leq N_1 * (1+\delta)$ được sử dụng để xác định xem có sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp hay không, và $N_1 * (1+\delta)$=128*(1+0,0703125)=137. Vì M=160>137, và $M \leq N_1 * (1+\delta)$ không được đáp ứng, nên phương thức so khớp tỷ lệ lặp không được sử dụng. Thay vào đó, phương thức khác như phương thức rút ngắn hoặc chặt có thể được sử dụng. Trong các tham số nêu trên, nếu K=32 và các tham số khác được giữ không thay đổi, thì R_1=32/128=1/4, δ=1/2*(1–1/4)^2=9/32, $N_1*(1+\delta)$=128*(1+9/32)=164, M=160<164, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ được đáp ứng. Do đó, phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng. Cụ thể, độ dài mã gốc thứ nhất là 128. Chuỗi bit được mã hóa có độ dài 128 thu được nhờ mã hóa, và 32 bit trong chuỗi bit được mã hóa được lặp, để thu được độ dài mã đích 160.

Theo một phương án thực hiện khác, hàm của δ tương quan với tỷ lệ mã R_1 có thể được chỉ định là:

$$\delta = \begin{cases} a, \text{Nếu } R_1 < R_3 \\ 0, \text{Nếu } R_1 \geq R_3 \end{cases}$$ Công thức (1)

δ là hàm mảnh được xác định dựa vào R_1. Nếu R_1 nhỏ hơn ngưỡng được thiết lập trước R_3, thì giá trị của δ là a, là hằng số, và giá trị có thể là 1/16, 1/4, 3/8, 1/2 hoặc tương tự. Nếu R_1 lớn hơn hoặc bằng ngưỡng R_3, thì giá trị của δ là 0. R_3 có thể là 1/4 hoặc 1/6, hoặc có thể là 1/3, 1/4, 1/5, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11, 3/11, hoặc tương tự. Giả sử M=160, K=80, R3=1/4, và N_1=128, R_1=80/128=0,625>1/4, và δ=0 dựa vào công thức (1). $M \leq N_1*(1+\delta)$ được sử dụng để xác định xem có sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp hay không, và $N_1*(1+\delta)$=128*(1+0)=128. Vì M=160>128, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ không được đáp ứng, nên phương thức so khớp tỷ lệ lặp không được sử dụng. Thay vào đó, phương thức khác như phương thức rút ngắn hoặc chặt có thể được sử dụng. Trong các tham số nêu trên, nếu K=32 và các tham số khác được giữ nguyên không thay đổi, thì R_1=32/128=1/4=R_3, giá trị của δ là 0, và phương thức so khớp tỷ lệ lặp không được sử dụng. Nếu R_3=1/6, R_1=32/128=1/4<R_3, giá trị của δ là 1/8, $N1*(1+\delta)$=128*(1+1/8)=144, M=160>144, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ không được đáp ứng. Do đó, phương thức so khớp tỷ lệ lặp không được sử dụng. Thay vào đó, phương thức khác như phương thức rút ngắn hoặc chặt có thể được sử dụng. Nếu công thức (1), R_1<R_3, và giá trị của δ là 1/2, thì $N1*(1+\delta)$=128*(1+1/2)=192, M=160<192, và $M \leq N_1*(1+\delta)$ được đáp ứng. Do đó, phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng. Cụ thể, độ dài mã gốc thứ nhất là 128, chuỗi bit được mã hóa có độ dài 128 thu được nhờ mã hóa, và 32 bit trong chuỗi bit được mã hóa được lặp, để thu được độ dài mã đích 160.

Fig.10 thể hiện việc so sánh hiệu năng giữa phương thức lặp và phương thức chặt được sử dụng khi M=160 và K có các giá trị khác nhau. Đường nét đứt chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, và đường nét liền chỉ ra rằng phương thức so khớp tỷ lệ chặt được sử dụng. Độ dài mã đích được thiết lập thành giá trị cố

định 160. Độ dài mã đích có thể thu được bằng cách thực hiện phương thức chặt dựa vào 256 (đường nét liền) hoặc thu được bằng cách thực hiện phương thức lặp dựa vào 128 (đường nét đứt). Nếu việc lặp được thực hiện dựa vào 128, thì số lượng bit cần được lặp là (160–128), nghĩa là, 32, và tỷ lệ lặp là 32/128=1/4. Có thể nhận ra từ Fig.10 là khi số lượng các bit thông tin là khác nhau, nghĩa là, các tỷ lệ mã là khác nhau, thì hiệu năng của phương thức lặp cũng khác với hiệu năng của phương thức chặt. Khi tỷ lệ mã là cao (K tương đối lớn, ví dụ, K=80), so với phương thức chặt, thì phương thức lặp có tổn hao hiệu năng rõ ràng (xấp xỉ 0,7 dB). Khi tỷ lệ mã là thấp (K tương đối nhỏ, ví dụ, K=20 hoặc K=40), thì hiệu năng của phương thức lặp tương đương với hiệu năng của phương thức chặt. Do đó, giá trị của δ được xác định dựa vào tỷ lệ mã, và δ giảm khi R_1 tăng. Khi các tổn hao hiệu năng tương đương hoặc khác nhau ít, thì phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, nhờ đó đạt được sự cân bằng mong muốn giữa tổn hao mã hóa và độ phức tạp của mã hóa.

Sáng chế đề xuất các phương án thực hiện để xác định xem độ dài mã đích M có đáp ứng điều kiện thiết lập trước hay không. Theo một phương án thực hiện khác, giá trị nhỏ nhất có thể được xác định là giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất từ tất cả các giá trị của N_1 mà đáp ứng được một điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện thiết lập trước, và phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng. Nếu không có giá trị nào của độ dài mã gốc thứ nhất đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì phương thức rút ngắn hoặc chặt được sử dụng. Giả sử M=576 và K=20, tập hợp các giá trị của N_1 tương ứng với các trường hợp trong đó phương thức so khớp tỷ lệ lặp được phép sử dụng thu được dựa vào các điều kiện thiết lập trước khác nhau.

Điều kiện thiết lập trước 1: Tỷ lệ mã thứ nhất R_1 được xác định dựa vào số lượng K bit thông tin và độ dài mã đích M nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, và $R_1=K/N_1$. Ở đây, giá trị của R_2 là 1/4, và dựa vào $R_1=K/N_1$, giá trị của N_1 đáp ứng $R_1<R_2$ là 512, 256, hoặc 128.

Điều kiện thiết lập trước 2:

Độ dài mã đích lớn hơn độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}, và N_{max} là 512. Dựa vào M=576>512, điều kiện thiết lập trước được đáp ứng, phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, và $N_1=512$.

Điều kiện thiết lập trước 3:

Chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc thứ nhất N_1 nhỏ hơn khoảng thiết lập trước, và được biểu thị bởi $M \leq N_1*(1+\delta)$. Giá trị của δ được xác định nhờ sử dụng công thức (1), a=1/8, và R_3=1/6. nếu N_1=512, R_1=20/512<R_3, và δ là 1/8, $N_1*(1+\delta)$=576, $M = N_1*(1+\delta)$, và điều kiện thiết lập trước được đáp ứng. Nếu N_1=256, R_1=20/256<R3, và δ là 1/8, $N_1*(1+\delta)$=288, $M > N_1*(1+\delta)$, và điều kiện thiết lập trước không được đáp ứng. Do đó, giá trị của N_1 được xác định dựa vào điều kiện thiết lập trước 3 và cho phép sử dụng phương thức so khớp tỷ lệ lặp 512.

Một tập hợp các giá trị của N_1 thu được dựa vào ba điều kiện thiết lập trước nêu trên {128, 256, 512}. Phương thức so khớp tỷ lệ lặp được sử dụng, giá trị nhỏ nhất 128 được xác định là giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất, chuỗi bit được mã hóa có độ dài 128 thu được nhờ mã hóa, và chuỗi bit được mã hóa được lặp, để thu được độ dài mã đích 576. Các tham số trong ba điều kiện thiết lập trước nêu trên có thể được thiết lập linh hoạt với tham chiếu đến các phương án thực hiện được đề xuất theo sáng chế.

Các bộ phận và quy trình phương pháp trong các ví dụ được mô tả trong các phương án thực hiện của sáng chế có thể được thực hiện bởi phần cứng điện tử hoặc kết hợp của phần mềm máy tính và phần mềm điện tử. Bất kể các chức năng được thực hiện bởi phần cứng hay phần mềm tùy thuộc vào các ứng dụng cụ thể và các điều kiện thiết kế bắt buộc của các giải pháp kỹ thuật. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để thực hiện các chức năng được mô tả cho từng ứng dụng cụ thể.

Trong một số phương án thực hiện được đề xuất theo sáng chế, cần hiểu rằng thiết bị và phương pháp được mô tả có thể được thực hiện theo các phương thức khác. Ví dụ, các phương án thực hiện về thiết bị được mô tả chỉ là các ví dụ. Ví dụ, sự phân chia bộ phận chỉ là sự phân chia chức năng lôgic và có thể là sự phân chia khác trong khi thực hiện thực tế. Ví dụ, các bộ phận hoặc thành phần có thể được kết hợp hoặc tích hợp vào hệ thống khác, hoặc một số bước có thể được bỏ qua hoặc không được thực hiện. Ngoài ra, các liên kết hoặc các liên kết trực tiếp hoặc các kết nối truyền thông giữa các bộ phận có thể được thực hiện dưới dạng điện, cơ khí hoặc các dạng khác.

Các bộ phận được mô tả dưới dạng các phần rời có thể tách rời về mặt vật lý hoặc không, có thể được bố trí ở một vị trí, hoặc có thể được phân bố trên các bộ phận mạng.

Ngoài ra, các bộ phận chức năng theo các phương án thực hiện của sáng chế có thể được tích hợp vào một bộ xử lý, hoặc từng bộ phận có thể tồn tại riêng về mặt vật lý, hoặc hai hoặc nhiều bộ phận có thể được tích hợp vào một bộ phận.

Tất cả hoặc một số phương án thực hiện nêu trên có thể được thực hiện nhờ sử dụng phần mềm, phần cứng, phần sụn hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Nếu phần mềm được sử dụng để thực hiện các phương án thực hiện này, tất cả hoặc một số phương án thực hiện khả thi được thực hiện dưới dạng sản phẩm chương trình máy tính. Sản phẩm chương trình máy tính này bao gồm một hoặc nhiều lệnh máy tính. Khi các lệnh chương trình máy tính được tải và thực hiện trên máy tính, tất cả hoặc một số quy trình hoặc hàm theo các phương án thực hiện của sáng chế được tạo ra. Máy tính có thể là máy tính cho mục đích chung, máy tính cho mục đích đặc biệt, mạng máy tính hoặc thiết bị lập trình được khác. Các lệnh máy tính có thể được lưu trữ trong vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, hoặc được truyền nhờ sử dụng vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính. Các lệnh máy tính 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 theo cách có dây (ví dụ, cáp đồng trục, sợi quang hoặc đường dây thuê bao kỹ thuật số (DSL (digital subscriber line))) hoặc theo cách không dây (ví dụ, tia hồng ngoại, rađiô, hoặc vi sóng). Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính có thể là vật ghi có sẵn bất kỳ có thể truy cập được bằng máy tính, hoặc có thể là thiết bị lưu trữ dữ liệu như máy chủ tích hợp có một hoặc nhiều vật ghi có sẵn (ví dụ máy chủ đám mây chẳng hạn) hoặc trung tâm dữ liệu. Vật ghi có sẵn có thể là vật ghi từ (ví dụ, đĩa mềm, đĩa cứng, băng từ, ổ đĩa flash USB, bộ nhớ chỉ đọc (ROM – Read-only Memory), hoặc bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM – Random Access Memory)), vật ghi quang (ví dụ CD hoặc DVD), hoặc vật ghi bán dẫn (ví dụ, đĩa thể rắn (SSD - Solid State Disk)).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp lập mã cực bao gồm các bước:

thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực, số lượng các bit thông tin là K, trong đó K, M là số nguyên dương; và

xác định giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N1, theo giá trị nhỏ nhất của tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc;

mã hóa cực, chuỗi bit thông tin, theo giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1, thu được chuỗi bit được mã hóa, trong đó độ dài của chuỗi bit được mã hóa là N1 và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; và

kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất;

trong đó tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc bao gồm:

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó R_1 được xác định theo chuỗi K bit thông tin và giá trị của độ dài mã gốc;

giá trị của độ dài mã gốc là độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max} trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó $N_1=2^n$, và n là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $\log_2 M$.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó giá trị của tỷ lệ mã thứ hai là 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11 hoặc 3/11.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 3, trong đó giá trị của N_{max} là 2048, 1024 hoặc 512.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 4, trong đó chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước được biểu thị bởi một trong số sau, trong đó độ dài mã gốc là N và N là lũy thừa số nguyên của 2:

$M \le N*(1+\delta)$;

$\frac{M}{N} \le (1+\delta)$;

$M-N \le N*\delta$; hoặc;

$\frac{M-N}{N} \le \delta$, trong đó

δ là hằng số hoặc là hàm của tỷ lệ mã thứ nhất R_1.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó giá trị của δ là 1/8, 1/4 hoặc 3/8.

7. Phương pháp theo điểm 5, trong đó quan hệ theo hàm số giữa δ và tỷ lệ mã thứ nhất R_1 là:

$\delta = \beta * (1 - R_1)$, hoặc $\delta = \beta * (1 - R_1)^2$, trong đó β là hằng số.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó β là 1/2, 3/8, 1/4, 1/8 hoặc 1/16.

9. Phương pháp theo điểm 5, trong đó quan hệ theo hàm số giữa δ và tỷ lệ mã thứ nhất R_1 là:

$$\delta = \begin{cases} a, \text{Nếu } R_1 < R_3 \\ 0, \text{Nếu } R_1 \geq R_3 \end{cases}$$, trong đó

a và R_3 là các hằng số.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó a là 1/16, 1/4, 3/8 hoặc 1/2.

11. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó R_3 là 1/4, 1/6, 1/3, 1/5, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11 hoặc 3/11.

12. Thiết bị truyền thông bao gồm:

bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền thông với thiết bị khác;

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý này được tạo cấu hình để thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực, số lượng các bit thông tin là K, trong đó K, M số nguyên dương; xác định giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1 theo giá trị nhỏ nhất của tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc; lập mã cực, chuỗi bit thông tin, theo giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1, để thu được chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; trong đó tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc bao gồm:

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó R_1 được xác định theo chuỗi K bit thông tin và giá trị của độ dài mã gốc;

giá trị của độ dài mã gốc là độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max} trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

13. Thiết bị truyền thông theo điểm 12, trong đó thiết bị truyền thông là trạm cơ sở, hoặc trong đó thiết bị truyền thông là thiết bị đầu cuối người dùng.

14. Thiết bị truyền thông theo điểm 12 hoặc 13, trong đó giá trị của tỷ lệ mã thứ hai là 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11 hoặc 3/11.

15. Thiết bị truyền thông theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14, trong đó giá trị của N_{max} là 2048, 1024 hoặc 512.

16. Thiết bị truyền thông theo điểm 12, trong đó chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước được biểu thị bởi một trong số sau, trong đó độ dài mã gốc là N và N là lũy thừa số nguyên của 2:

$M \le N*(1+\delta)$;

$\frac{M}{N} \le (1+\delta)$;

$M-N \le N*\delta$; hoặc;

$\frac{M-N}{N} \le \delta$, trong đó

δ là hằng số hoặc là hàm của tỷ lệ mã thứ nhất R_1.

17. Thiết bị truyền thông theo điểm 16, trong đó giá trị của δ là 1/8, 1/4 hoặc 3/8.

18. Thiết bị mã hóa bao gồm:

bộ thu được tạo cấu hình để thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực, số lượng các bit thông tin là K, trong đó K, M số nguyên dương;

bộ mã hóa được tạo cấu hình để: khi giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1 được xác định theo giá trị nhỏ nhất của tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc, thì sử dụng mã cực có độ dài mã gốc thứ nhất N_1 để mã hóa chuỗi bit thông tin, để kết xuất chuỗi bit được mã hóa thứ nhất, trong đó N_1 là lũy thừa số nguyên của 2;

trong đó tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc bao gồm:

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó R_1 được xác định theo chuỗi K bit thông tin và giá trị của độ dài mã gốc;

giá trị của độ dài mã gốc là độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max}, trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

19. Thiết bị mã hóa theo điểm 18, trong đó giá trị của tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R2 là 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10, 1/11, 1/12, 2/7, 3/8, 2/9, 3/10, 2/11, hoặc 3/11.

20. Thiết bị mã hóa theo điểm 18, trong đó giá trị của Nmax là 2048, 1024, hoặc 512.

21. Thiết bị mã hóa theo điểm 18, trong đó chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc là nhỏ hơn khoảng thiết lập trước được biểu thị bởi một trong số sau, trong đó độ dài mã gốc là N và N là lũy thừa số nguyên của 2:

$M \le N*(1+\delta)$;

$\frac{M}{N} \le (1+\delta)$;

$M-N \le N*\delta$; hoặc;

$\frac{M-N}{N} \le \delta$, trong đó

δ là hằng số hoặc là hàm của tỷ lệ mã thứ nhất R_1.

22. Thiết bị mã hóa theo điểm 21, trong đó giá trị của δ là 1/8, 1/4 hoặc 3/8.

23. Thiết bị mã hóa theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 18 đến 22, trong đó thiết bị mã hóa là trạm cơ sở, hoặc trong đó thiết bị mã hóa là thiết bị đầu cuối người dùng.

24. Thiết bị truyền thông bao gồm:

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình này được thực hiện, thì bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11.

25. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính, trong đó vật ghi này bao gồm lệnh, trong đó khi lệnh này chạy trên máy tính, thì máy tính thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 11.

26. Thiết bị không dây, trong đó thiết bị không dây này được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11.

27. Phương pháp giải mã bao gồm các bước:

nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit LLR của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M là độ dài mã đích; và

xác định giá trị nhỏ nhất của tập hợp độ dài mã gốc là giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1; và giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất theo giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1,

trong đó tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc bao gồm:

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn:

tỷ lệ mã thứ nhất R_1 nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó R_1 được xác định theo chuỗi K bit thông tin và giá trị của độ dài mã gốc;

giá trị của độ dài mã gốc là độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max} trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

28. Thiết bị giải mã bao gồm:

bộ thu được tạo cấu hình để nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit LLR của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M, trong đó M là độ dài mã đích;

bộ hủy so khớp tỷ lệ được tạo cấu hình để: khi độ dài mã đích M đáp ứng điều kiện thiết lập trước, thì xác định được rằng đầu truyền sử dụng phương thức lặp để thực hiện so khớp tỷ lệ; xác định vị trí của bit được lặp; và bổ sung và kết hợp LLR, ở vị trí lặp, trên các LLR nhận được của M bit, để thu được LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất có độ dài là độ dài mã gốc thứ nhất N_1, trong đó giá trị của độ dài mã gốc thứ nhất N_1 là giá trị nhỏ nhất của tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc, trong đó N_1 là nhỏ hơn hoặc bằng M, và N_1 là lũy thừa số nguyên của 2; và

bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã thứ nhất theo giá trị nhỏ nhất của tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc;

trong đó tập hợp các giá trị của độ dài mã gốc bao gồm:

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: tỷ lệ mã thứ nhất R_1 là nhỏ hơn hoặc bằng tỷ lệ mã thứ hai được thiết lập trước R_2, trong đó R_1 được xác định theo chuỗi K bit thông tin và giá trị của độ dài mã gốc;

giá trị của độ dài mã gốc mà là độ dài mã gốc lớn nhất được thiết lập trước N_{max} trong đó N_{max} là lũy thừa số nguyên của 2; và

giá trị của độ dài mã gốc thỏa mãn: chênh lệch giữa độ dài mã đích M và độ dài mã gốc là nhỏ hơn khoảng thiết lập trước.

29. Thiết bị truyền thông bao gồm:

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

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình được lưu trong bộ nhớ, trong đó khi chương trình được thực hiện, thì bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm 27.

30. Thiết bị truyền thông, trong đó thiết bị này được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm 27.

31. Vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính bao gồm mã chương trình, trong đó khi mã chương trình được chạy, thì phương pháp theo điểm 27 được thực hiện.

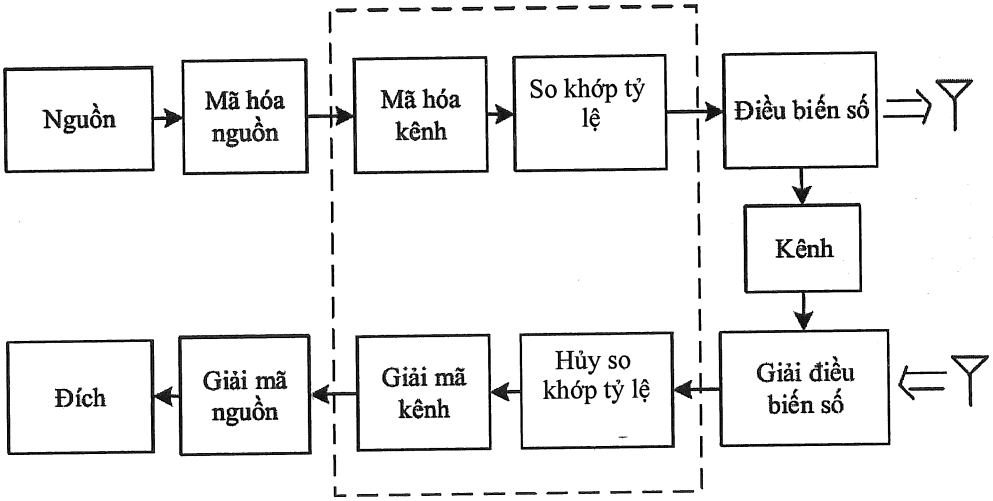

Nguồn
Mã hóa nguồn
Mã hóa kênh
So khớp tỷ lệ
Điều biến số
Kênh
Giải điều biến số
Hủy so khớp tỷ lệ
Giải mã kênh
Giải mã nguồn
Đích

FIG. 1

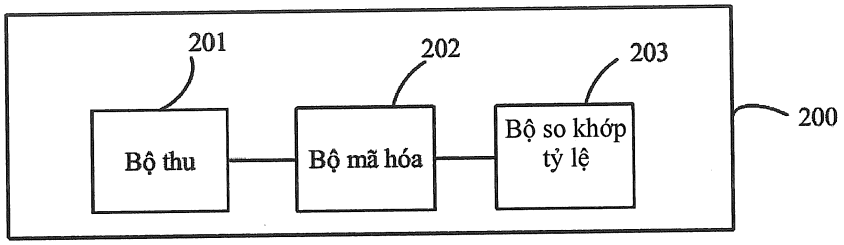

201
202
203
200
Bộ thu
Bộ mã hóa
Bộ so khớp tỷ lệ

FIG. 2

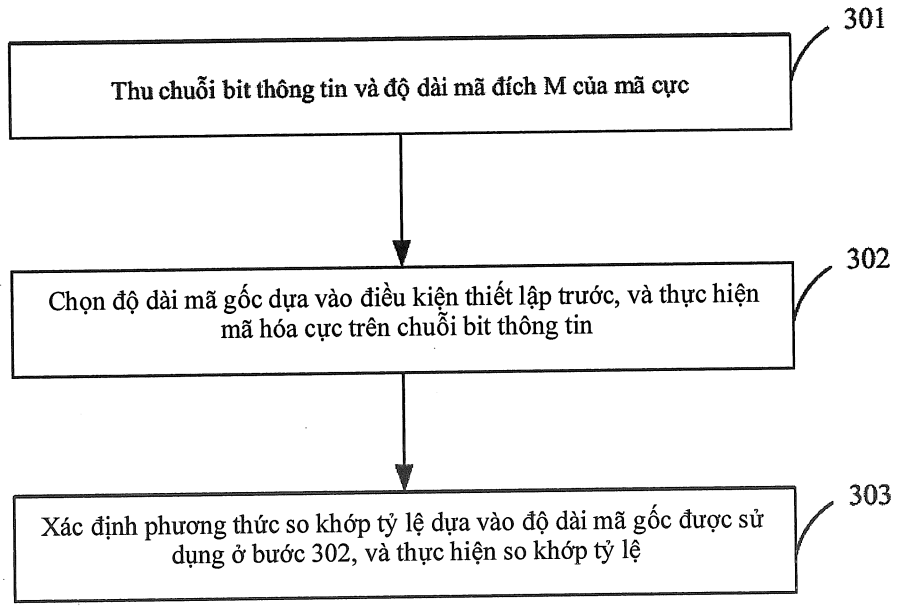

301
Thu chuỗi bit thông tin và độ dài mã đích M của mã cực
302
Chọn độ dài mã gốc dựa vào điều kiện thiết lập trước, và thực hiện mã hóa cực trên chuỗi bit thông tin
303
Xác định phương thức so khớp tỷ lệ dựa vào độ dài mã gốc được sử dụng ở bước 302, và thực hiện so khớp tỷ lệ

FIG. 3

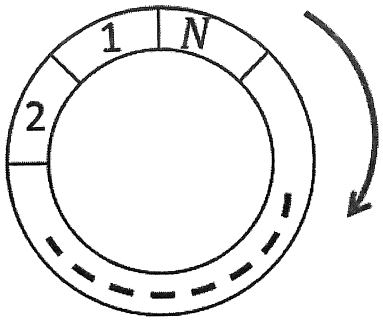

1
N
2

FIG. 4

3/6

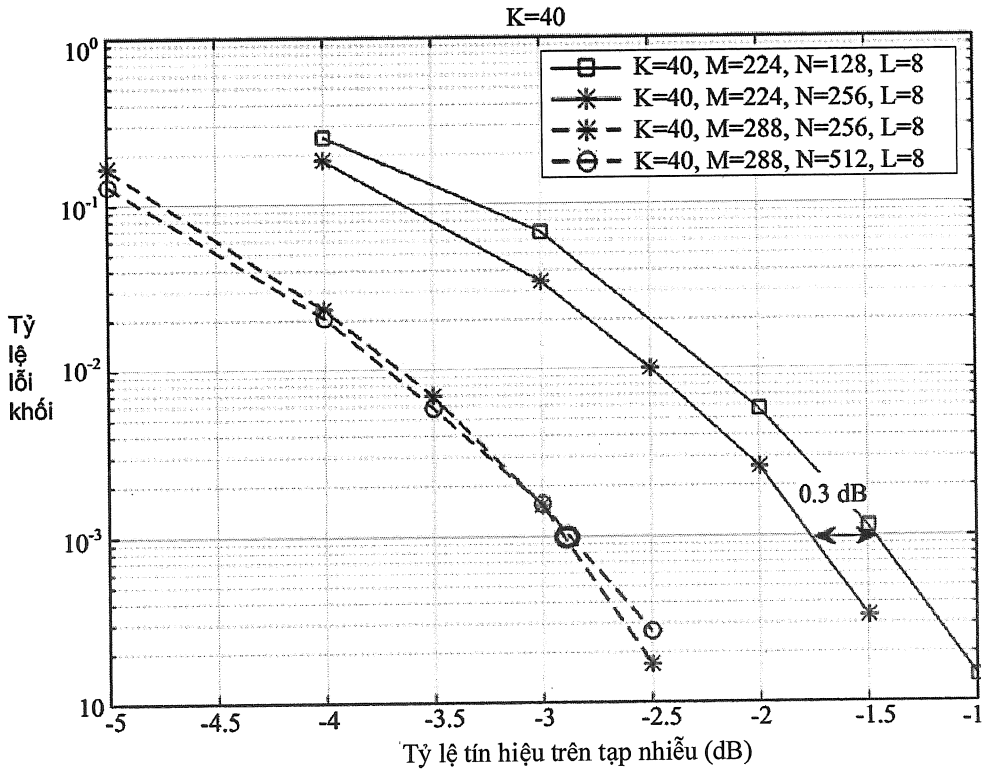

K=40
K=40, M=224, N=128, L=8
K=40, M=224, N=256, L=8
K=40, M=288, N=256, L=8
K=40, M=288, N=512, L=8
0.3 dB
Tỷ lệ lỗi khối
Tỷ lệ tín hiệu trên tạp nhiễu (dB)

FIG. 5

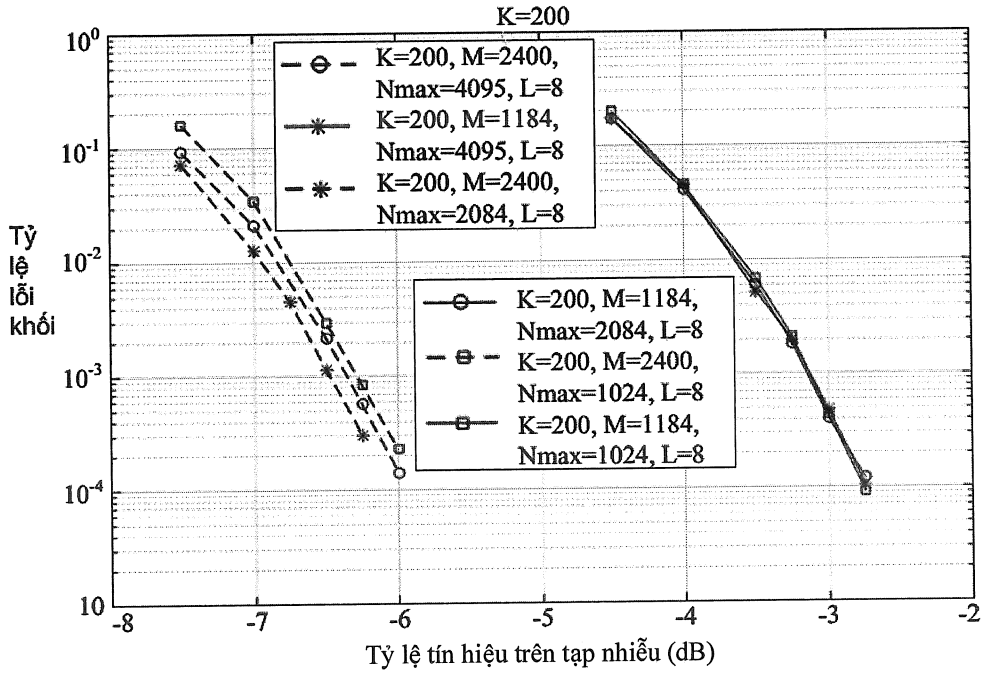

K=200
K=200, M=2400, Nmax=4095, L=8
K=200, M=1184, Nmax=4095, L=8
K=200, M=2400, Nmax=2084, L=8
K=200, M=1184, Nmax=2084, L=8
K=200, M=2400, Nmax=1024, L=8
K=200, M=1184, Nmax=1024, L=8
Tỷ lệ lỗi khối
Tỷ lệ tín hiệu trên tạp nhiễu (dB)

FIG. 6

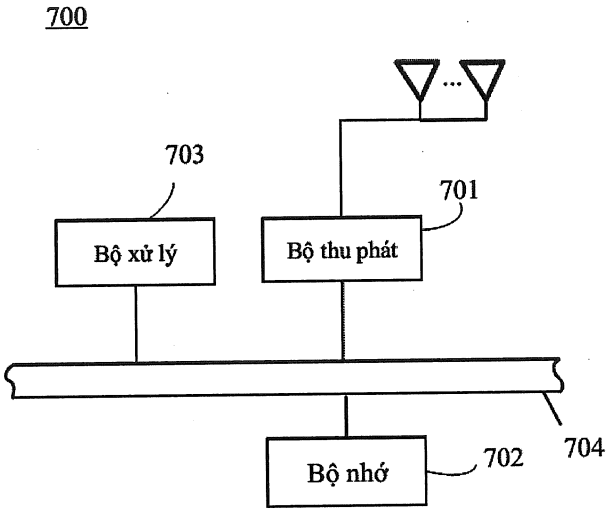

700
703
701
Bộ xử lý
Bộ thu phát
Bộ nhớ
702
704

FIG. 7

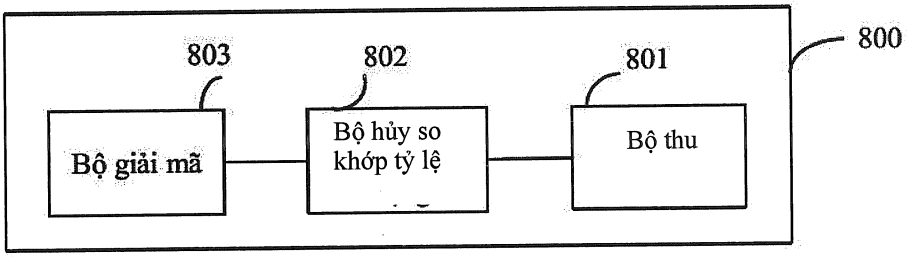

800
803
802
801
Bộ giải mã
Bộ hủy so khớp tỷ lệ
Bộ thu

FIG. 8

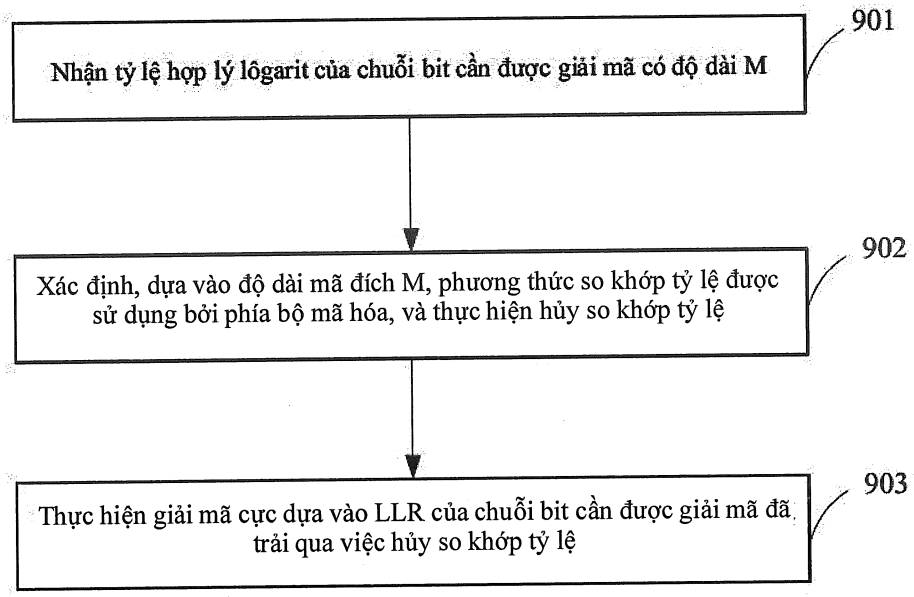

901
Nhận tỷ lệ hợp lý lôgarit của chuỗi bit cần được giải mã có độ dài M
902
Xác định, dựa vào độ dài mã đích M, phương thức so khớp tỷ lệ được sử dụng bởi phía bộ mã hóa, và thực hiện hủy so khớp tỷ lệ
903
Thực hiện giải mã cực dựa vào LLR của chuỗi bit cần được giải mã đã trải qua việc hủy so khớp tỷ lệ

FIG. 9

6/6

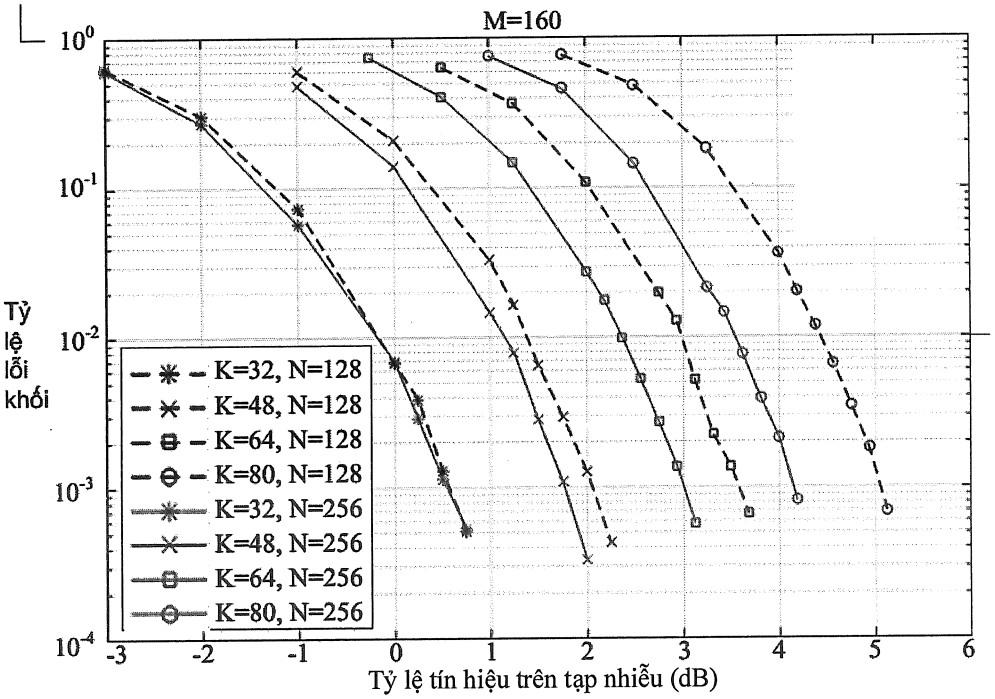

M=160
Tỷ lệ lỗi khối
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
K=32, N=128
K=48, N=128
K=64, N=128
K=80, N=128
K=32, N=256
K=48, N=256
K=64, N=256
K=80, N=256
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
Tỷ lệ tín hiệu trên tạp nhiễu (dB)

FIG. 10