



(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)



1-0038994

(51)¹⁹ H03M 13/11

(13) B

-
- (21) 1-2019-05161 (22) 13/07/2017
(86) PCT/CN2017/092878 13/07/2017 (87) WO2018/227681 20/12/2018
(30) 201710454030.3 15/06/2017 CN; 201710503056.2 27/06/2017 CN
(45) 26/02/2024 431 (43) 25/02/2020 383A
(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building Bantian, Longgang District Shenzhen, Guangdong
518129, China
(72) JIN, Jie (CN); TONG, Wen (CA); WANG, Jun (CN); PETYUSHKO, Alexander
(RU); MAZURENKO, Ivan Leonidovich (RU); ZHANG, Chaolong (CN).
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA KÊNH, THIẾT BỊ TRUYỀN THÔNG, THIẾT BỊ ĐẦU CUỐI, TRẠM CƠ SỞ, HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG VÀ VẬT LƯU TRỮ MÁY TÍNH ĐỌC ĐƯỢC

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa, phương pháp giải mã, phương pháp xử lý thông tin, thiết bị truyền thông, trạm đầu cuối, trạm cơ sở, hệ thống truyền thông và vật lưu trữ máy tính đọc được. Phương pháp bao gồm các bước: mã hóa chuỗi bit đầu vào bằng cách sử dụng ma trận kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low density parity check, LDPC), trong đó ma trận LDPC thu được dựa trên đồ thị cơ sở, và đồ thị cơ sở bao gồm các ma trận con A, B, C, D, và E, trong đó ma trận con A là ma trận bao gồm m_A hàng và n_A cột, m_A và n_A là các số nguyên dương, $4 \leq m_A \leq 7$, và $n_A = 10$; ma trận con B là ma trận bao gồm m_A hàng và m_A cột, và ma trận con B bao gồm cột có trọng số bằng 3 và ma trận con B' có cấu trúc hai đường chéo; ma trận con D bao gồm m_D hàng trong ma trận F, ma trận F là ma trận bao gồm m_F hàng và $(m_A + n_A)$ cột, m_D và m_F là các số nguyên dương, $0 \leq m_D \leq m_F$, và $35 \leq m_F \leq 38$; ma trận con C là ma trận toàn 0 bao gồm m_A hàng và m_D cột; và ma trận con E là ma trận đồng nhất bao gồm m_D hàng và m_D cột. Phương pháp mã hóa, thiết bị, thiết bị truyền thông, và hệ thống truyền thông theo sáng chế có thể hỗ trợ yêu cầu mã hóa các chuỗi bit thông tin có các độ dài khác nhau.

30a

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	1	1	1	1			1			1	1	1								...	...	...		
1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							...	...	...		
2	1	1		1	1				1		1		1	1						...	...	...		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1						...	...	...		
4	1	1									1			1						...	...	...		
5	1	1				1	1				1				1					...	...	...		
6	1					1	1		1	1	1	1				1				...	...	...		
7	1	1			1	1	1				1	1				1				...	...	...		
8	1	1									1							1		...	...	...		
9		1							1		1	1								...	...	...		
10	1	1				1	1													...	...	...		
11	1							1	1					1						...	...	...		
12		1	1	1								1								...	...	...		
13	1	1							1					1						...	...	...		
14		1				1						1	1	1						...	...	...		
15	1										1	1								...	...	...		
16		1								1		1	1							...	...	...		
17		1				1						1	1							...	...	...		
18	1					1	1													...	...	...		
19	1	1									1									...	...	...		
20		1			1						1									...	...	...		
21	1								1				1							...	...	...		
22		1	1	1																...	...	...		
23	1	1		1	1															...	...	...		
24		1	1								1									...	...	...		
25	1					1														...	...	...		
26			1					1					1	1						...	...	...		
27	1							1												...	...	...		
28		1	1			1														...	...	...		
29	1			1																...	...	...		
30		1			1	1	1	1												...	...	...		
31		1													1					...	...	...		
32	1				1								1							...	...	...		
33		1	1					1			1									...	...	...		
34	1												1	1						...	...	...		
35		1			1							1								...	...	...		
36	1		1					1												...	...	...		
37											1			1						...	...	...		
38		1			1						1									...	...	...		
39	1						1					1								...	...	...		
40			1							1			1							...	...	...	1	
41		1				1					1									...	...	...		1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông, và cụ thể là, đến phương pháp mã hóa, phương pháp giải mã, phương pháp xử lý thông tin, thiết bị truyền thông, trạm đầu cuối, trạm cơ sở (base station, BS), hệ thống truyền thông và vật lưu trữ máy tính đọc được.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low density parity check, LDPC) là loại mã khối tuyến tính bao gồm ma trận kiểm tra rải rác, và khác biệt ở chỗ cấu trúc linh hoạt và độ phức tạp giải mã thấp. Do việc giải mã mã LDPC sử dụng thuật toán giải mã lặp lại song song một phần, nên mã LDPC có thông lượng cao hơn mã turbo truyền thống. Mã LDPC có thể được sử dụng làm mã sửa lỗi trong hệ thống truyền thông, để tăng độ tin cậy truyền kênh và tận dụng công suất. Mã LDPC có thể còn được áp dụng rộng rãi cho truyền thông không gian, truyền thông sợi quang, hệ thống truyền thông cá nhân, ADSL, thiết bị ghi từ tính, và thiết bị tương tự. Phương tiện mã LDPC hiện đã được xem như là một trong các phương tiện mã hóa kênh trong các hệ thống truyền thông di động 5G.

Trong các ứng dụng thực tế, các ma trận LDPC khác biệt ở chỗ các cấu trúc đặc biệt khác nhau có thể được sử dụng. Ma trận LDPC H, có cấu trúc đặc biệt, có thể thu được bằng cách mở rộng ma trận cơ sở LDPC có cấu trúc gần như tuần hoàn (quasi cycle, QC).

Nói chung, các độ dài của các chuỗi bit thông tin sẽ được mã hóa thay đổi từ hàng chục đến hàng trăm bit, và các tốc độ mã được yêu cầu bởi hệ thống truyền thông cũng thay đổi linh hoạt. Cách thức hỗ trợ mã hóa trên các chuỗi bit thông tin có các độ dài khác nhau, để thỏa mãn các yêu cầu tốc độ mã của hệ thống trở thành vấn đề cần được giải quyết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp xử lý thông tin, thiết bị truyền thông, và hệ thống truyền thông, để hỗ trợ mã hóa và giải mã các chuỗi bit thông tin có các độ dài khác nhau và thỏa mãn độ dài mã linh hoạt và các yêu cầu tốc độ mã của hệ thống truyền thông.

Theo khía cạnh thứ nhất, phương pháp mã hóa và bộ mã hóa được đề xuất. Bộ mã hóa mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC.

Theo khía cạnh thứ hai, phương pháp giải mã và bộ giải mã được đề xuất. Bộ giải mã giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC.

Theo triển khai thứ nhất của khía cạnh thứ nhất hoặc khía cạnh thứ hai, ma trận LDPC thu được dựa trên đồ thị cơ sở, và đồ thị cơ sở bao gồm ma trận con A, ma trận con B, ma trận con C, ma trận con D, và ma trận con E, trong đó

ma trận con A là ma trận bao gồm m_A hàng và n_A cột, m_A và n_A là các số nguyên dương, $4 \leq m_A \leq 7$, và $n_A = 10$;

ma trận con B là ma trận bao gồm m_A hàng và m_A cột, và ma trận con B bao gồm cột có trọng số bằng 3 và ma trận con B' having a cấu trúc hai đường chéo;

ma trận con D bao gồm m_D hàng trong ma trận F, ma trận F là ma trận bao gồm m_F hàng và $(m_A + n_A)$ cột, m_D và m_F là các số nguyên dương, $0 \leq m_D \leq m_F$ và $35 \leq m_F \leq 38$;

ma trận con C là ma trận toàn 0 bao gồm m_A hàng và m_D cột; và

ma trận con E là ma trận đồng nhất bao gồm m_D hàng và m_D cột.

Dựa vào triển khai nêu trên, theo triển khai khả thi, hai hàng liền kề bất kỳ trong 10 hàng cuối cùng in đồ thị cơ sở trực giao lẫn nhau.

Dựa vào các triển khai nêu trên, theo triển khai khả thi, 10 hàng cuối cùng trong đồ thị cơ sở bao gồm ít nhất năm nhóm, mỗi nhóm trong ít nhất năm nhóm bao gồm ít nhất hai hàng, và ít nhất hai hàng trực giao lẫn nhau.

Dựa vào triển khai bất kỳ trong các triển khai nêu trên, theo triển khai khả thi, trong ma trận F, các trọng số của chín hàng là 3, và trọng số của một hàng là 2.

Theo thiết kế, trong ma trận F, trọng số của một cột là 16, trọng số của một cột là 18, trọng số của một cột là 11, các trọng số của hai cột là 10, trọng số của một cột là 9, trọng số của một cột là 8, trọng số của một cột là 7, trọng số của một cột là 6, các trọng số của hai cột là 4, trọng số của một cột là 3, và các trọng số của hai cột là 2.

Dựa trên triển khai thứ nhất, theo triển khai khả thi khác, số đếm hàng của các hàng có cấu trúc trực giao trong ma trận F lớn hơn hoặc bằng 10, và trong ma trận F, trọng số của một cột là 16, trọng số của một cột là 18, trọng số của một cột là 11, các trọng số của hai cột là 10, trọng số của một cột là 9, trọng số của một cột là 8, trọng số của một cột là 7, trọng số của một cột là 6, các trọng số của hai cột là 4, trọng số của một cột là 3, và các trọng số của hai cột là 2.

Theo thiết kế khác, trong ma trận F, các trọng số của chín hàng là 3, và trọng số của một hàng là 2.

Theo thiết kế khác, ma trận F bao gồm ít nhất 10 hàng, và hai hàng liên kế bất kỳ trong ít nhất 10 hàng trực giao lẫn nhau.

Theo thiết kế khác, ma trận F bao gồm ít nhất năm nhóm, mỗi nhóm trong ít nhất năm nhóm bao gồm ít nhất hai hàng, và ít nhất hai hàng trực giao lẫn nhau. Một cách tùy chọn, ít nhất hai hàng có thể là các hàng liên tục. Chẳng hạn, ít nhất 10 hàng có thể là 10 hàng cuối cùng trong đồ thị cơ sở 30a.

Theo triển khai bất kỳ trong các triển khai nêu trên, nếu $m_A > 4$, các trọng số của cột khác ngoài m_A cột trong ma trận F bằng 0.

Chẳng hạn, 10 hàng có cấu trúc trực giao trong ma trận F có thể bao gồm, chẳng hạn, các hàng hoặc cột của khối ma trận bao gồm hàng 25 đến hàng 34 và cột 0 đến cột 13 trong đồ thị cơ sở 30a; hoặc 10 hàng có cấu trúc trực giao trong ma trận F có thể bao gồm, chẳng hạn, các hàng hoặc cột của khối ma trận bao gồm hàng 25 đến hàng 34 và cột 0 đến cột 16 trong đồ thị cơ sở 30a. Trong ma trận F, các hàng có thể được chuyển đổi với nhau, và cột có thể cũng được chuyển đổi với nhau.

Dựa vào các triển khai nêu trên, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là, chẳng hạn, ma trận bất kỳ trong các ma trận cơ sở 30b-1, 30b-2, 30b-3, 30b-4, 30b-5, 30b-6, 30b-7, và 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán

vị hàng/cột trên ma trận bất kỳ trong các ma trận cơ sở 30b-1, 30b-2, 30b-3, 30b-4, 30b-5, 30b-6, 30b-7, và 30b-8.

Dựa vào các triển khai nêu trên, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong ma trận bất kỳ của 30b-1 đến 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong ma trận bất kỳ của 30b-1 đến 30b-8; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể bao gồm ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong ma trận bất kỳ của 30b-1 đến 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong ma trận bất kỳ của 30b-1 đến 30b-8.

Để hỗ trợ các độ dài khối mã khác nhau, mã LDPC cần các hệ số nâng khác nhau Z. Dựa vào các triển khai nêu trên, theo triển khai khả thi, dựa trên các hệ số nâng khác nhau Z, các ma trận cơ sở tương ứng với các hệ số nâng khác nhau Z được sử dụng. Chẳng hạn, $Z = a \times 2^j$, trong đó $a \in \{2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 2 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-1; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-1. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-1.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 3 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến

cột 16 trong 30b-2; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-2. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-2.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 5 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-3; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-3. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-3.

Nếu hệ số nâng thỏa mãn một trong $Z = 7 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-4; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-4. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-4.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 9 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện

hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-5; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-5. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-5.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 11 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-6; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-6. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-6.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 13 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-7; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-7. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-7.

Nếu hệ số nâng là một hệ số thỏa mãn $Z = 15 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4$, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện

hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-8; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-8. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-8.

Ngoài ra, một cách tùy chọn, dựa vào các triển khai nêu trên, đối với các hệ số nâng Z , phần tử $P_{i,j}=f(V_{i,j},Z)$ trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở của Z có thể còn thu được theo các ma trận cơ sở của các tập nêu trên, trong đó $V_{i,j}$ là phần tử trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở của tập có hệ số nâng Z .

Chẳng hạn,

$$P_{i,j} = \begin{cases} -1 & V_{i,j} = -1 \\ \text{mod}(V_{i,j}, Z) & V_{i,j} \geq 0 \end{cases}$$

Theo triển khai khả thi khác, đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở có thể còn bao gồm ít nhất một cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn.

Theo các triển khai nêu trên, đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở của ma trận LDPC có thể thỏa mãn các yêu cầu hiệu năng của các khối mã có độ dài khối từ 20 bit đến 2560 bit.

Dựa trên các khía cạnh nêu trên hoặc triển khai khả thi bất kỳ của các khía cạnh, theo triển khai khả thi khác, phương pháp còn bao gồm bước: xác định hệ số nâng Z . Chẳng hạn, giá trị của hệ số nâng Z được xác định theo độ dài K của chuỗi đầu vào. Chẳng hạn, nếu độ dài của chuỗi đầu vào là K , giá trị nhỏ nhất thỏa mãn $10 \times Z \geq K$ có thể được xác định từ các hệ số nâng được định nghĩa trong hệ thống.

Một cách tùy chọn, ma trận LDPC có thể thu được dựa trên ma trận cơ sở tương ứng với Z , hoặc dựa trên ma trận dịch chuyển tương ứng với Z .

Đối với thiết bị truyền thông ở đầu truyền, việc mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC bao gồm bước:

mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z ; hoặc mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận, trong đó ma

trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z . Theo sáng chế, hoán vị hàng/cột đề cập đến hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc hoán vị hàng và hoán vị cột.

Đối với thiết bị truyền thông ở đầu nhận, việc giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC bao gồm các bước:

giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z ; hoặc thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z , và giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z . Theo sáng chế, hoán vị hàng/cột đề cập đến hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc hoán vị hàng và hoán vị cột.

Theo triển khai khả thi, ma trận LDPC có thể được lưu trữ trong bộ nhớ, và chuỗi đầu vào được mã hóa bằng cách sử dụng ma trận LDPC; hoặc ma trận LDPC có thể được sử dụng để mã hóa thu được bằng cách thực hiện hoán vị (hoán vị hàng/cột) hoặc nâng dựa trên ma trận LDPC.

Theo triển khai khả thi khác, các tham số có thể được lưu trữ trong bộ nhớ, và ma trận LDPC được sử dụng để mã hóa hoặc giải mã có thể thu được theo các tham số, sao cho chuỗi đầu vào có thể được mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận LDPC. Các tham số bao gồm ít nhất một trong các tham số sau: đồ thị cơ sở, ma trận cơ sở, ma trận được hoán vị thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở, ma trận được nâng dựa trên đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở, giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0 trong ma trận cơ sở, hoặc tham số bất kỳ liên quan đến việc thu thập ma trận LDPC.

Theo triển khai khả thi khác nữa, ma trận cơ sở của ma trận LDPC có thể được lưu trữ trong bộ nhớ.

Theo triển khai khả thi khác nữa, đồ thị cơ sở của ma trận LDPC được lưu trữ trong bộ nhớ, và các giá trị độ dịch của các phần tử khác 0 trong ma trận cơ sở của ma trận LDPC có thể được lưu trữ trong bộ nhớ.

Dựa trên các triển khai khả thi nêu trên, theo thiết kế khả thi, ít nhất một trong đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở được sử dụng để mã hóa hoặc giải mã LDPC thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc hoán vị

hàng và hoán vị cột trên ít nhất một trong đồ thị cơ sở và các ma trận cơ sở của ma trận LDPC.

Theo khía cạnh thứ ba, thiết bị truyền thông được đề xuất. Thiết bị truyền thông có thể bao gồm các môđun tương ứng được tạo cấu hình để thực hiện các thiết kế phương pháp nêu trên. Các môđun có thể là phần mềm và/hoặc phần cứng.

Theo thiết kế khả thi, thiết bị truyền thông theo khía cạnh thứ ba bao gồm bộ xử lý và thành phần bộ thu phát, và bộ xử lý và thành phần bộ thu phát có thể được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng theo phương pháp mã hóa hoặc giải mã nêu trên. Theo thiết kế này, nếu thiết bị truyền thông là trạm đầu cuối, BS, hoặc thiết bị mạng khác, thành phần bộ thu phát của thiết bị truyền thông có thể là bộ thu phát. Nếu thiết bị truyền thông là vi mạch băng gốc hoặc bảng mạch xử lý băng gốc, thành phần bộ thu phát của thiết bị truyền thông có thể là mạch vào/ra (input/output, I/O) của vi mạch băng gốc hoặc bảng mạch xử lý băng gốc, và được tạo cấu hình để nhận/gửi tín hiệu I/O. Thiết bị truyền thông có thể một cách tùy chọn bao gồm bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ dữ liệu và/hoặc lệnh.

Theo triển khai, bộ xử lý có thể bao gồm bộ mã hóa theo khía cạnh thứ nhất nêu trên và khối xác định. Khối xác định được tạo cấu hình để xác định hệ số nâng Z cần để mã hóa chuỗi đầu vào. Bộ mã hóa được tạo cấu hình để mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z .

Theo triển khai khác, bộ xử lý có thể bao gồm bộ giải mã theo khía cạnh thứ hai nêu trên và khối thu thập. Khối thu thập được tạo cấu hình để thu thập các giá trị mềm của mã LDPC và hệ số nâng Z . Bộ giải mã được tạo cấu hình để giải mã các giá trị mềm của mã LDPC dựa trên ma trận cơ sở H_B tương ứng với hệ số nâng Z , để thu thập chuỗi bit thông tin.

Theo khía cạnh thứ tư, thiết bị truyền thông được đề xuất. Thiết bị truyền thông bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý.

Theo thiết kế khả thi, một hoặc nhiều bộ xử lý có thể triển khai chức năng của bộ mã hóa theo khía cạnh thứ nhất. Theo thiết kế khả thi khác, bộ mã hóa theo khía cạnh thứ nhất có thể là một phần của bộ xử lý. Bên cạnh chức năng

của bộ mã hóa theo khía cạnh thứ nhất, bộ xử lý có thể còn triển khai các chức năng khác.

Theo thiết kế khả thi, một hoặc nhiều bộ xử lý có thể triển khai chức năng của bộ giải mã theo khía cạnh thứ hai. Theo thiết kế khả thi khác, bộ giải mã theo khía cạnh thứ hai có thể là một phần của bộ xử lý.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông có thể còn bao gồm bộ thu phát và anten.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông có thể còn bao gồm thành phần được tạo cấu hình để tạo khối vận tải CRC, thành phần được sử dụng để mã hóa phân đoạn khối và gắn CRC, bộ đan xen được sử dụng để đan xen, bộ điều biến được sử dụng để xử lý điều biến, hoặc tương tự.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông có thể còn bao gồm bộ giải điều biến được sử dụng cho hoạt động giải điều biến, bộ giải đan xen được sử dụng để giải đan xen, thành phần được sử dụng để giải so khớp tốc độ, hoặc tương tự. Các chức năng của các thành phần có thể được triển khai bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý.

Theo thiết kế khả thi, các chức năng của các thành phần có thể được triển khai bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ của đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở của mã LDPC, và các ma trận hoán vị tròn của ma trận cơ sở trong sơ đồ mã LDPC;

Fig.2 là sơ đồ cấu trúc của đồ thị cơ sở của mã LDPC;

Fig.3a là sơ đồ của đồ thị cơ sở của mã LDPC theo phương án thực hiện sáng chế;

Fig.3b-1 đến Fig.3b-8 là các hình vẽ thể hiện các sơ đồ của các ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở được thể hiện trên Fig.3a;

Fig.4 là sơ đồ hiệu năng theo phương án thực hiện sáng chế;

Fig.5 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị xử lý thông tin theo phương án thực hiện sáng chế; và

Fig.6 là sơ đồ của hệ thống truyền thông theo phương án thực hiện sáng

ché.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Theo sáng chế, các thuật ngữ “mạng” và “hệ thống” thường được trao đổi qua lại, và các thuật ngữ “thiết bị” và “trang thiết bị” cũng thường được trao đổi qua lại. Tuy nhiên, chuyên gia trong lĩnh vực có thể hiểu các ý nghĩa của nó. “Thiết bị truyền thông” có thể là vi mạch (chẳng hạn vi mạch băng gốc, hoặc vi mạch xử lý tín hiệu số, hoặc vi mạch đa năng), trạm đầu cuối, BS, hoặc thiết bị mạng khác. Trạm đầu cuối là thiết bị có chức năng truyền thông. Trạm đầu cuối có thể bao gồm thiết bị cầm tay, thiết bị trong xe, thiết bị đeo được, và thiết bị tính toán có chức năng truyền thông không dây, hoặc thiết bị xử lý khác được kết nối với modem không dây, hoặc tương tự. Trạm đầu cuối có thể có các tên khác trong các mạng khác, chẳng hạn, thiết bị người dùng (user equipment, UE), trạm di động, khối người dùng, trạm, điện thoại tế bào, thiết bị hỗ trợ số cá nhân (personal digital assistant, PDA), modem không dây, thiết bị truyền thông không dây, thiết bị cầm tay, máy tính laptop, nhóm điện thoại không dây, và trạm vòng cục bộ không dây. Để dễ mô tả, theo sáng chế, các thiết bị được gọi tắt là trạm đầu cuối. BS, cũng được gọi là thiết bị BS, là thiết bị được khai triển trong mạng truy nhập vô tuyến (radio access network, RAN) để cấp chức năng truyền thông không dây. Trong các hệ thống truy nhập vô tuyến khác, các tên của BS có thể khác nhau. Chẳng hạn, BS trong mạng viễn thông di động toàn cầu (Universal Mobile Telecommunications system, UMTS) được gọi là nút B (NodeB), BS trong mạng LTE được gọi là nút B tiến hóa (evolved NodeB, eNB, hoặc eNodeB), BS trong mạng vô tuyến mới (new radio, NR) được gọi là điểm truyền nhận (transmission reception point, TRP) hoặc nút B thế hệ tiếp theo (generation nodeB, gNB), hoặc BS trong các mạng khác nhau cũng có thể được gọi là các tên khác. Sáng chế không bị giới hạn ở đây.

Phần sau mô tả các giải pháp kỹ thuật theo các phương án thực hiện sáng chế dựa vào các hình vẽ đi kèm theo các phương án thực hiện sáng chế.

Mã LDPC thường có thể được định nghĩa bằng cách sử dụng ma trận kiểm

tra chẵn lẻ H . Ma trận kiểm tra chẵn lẻ H cho mã LDPC có thể thu được bằng cách sử dụng đồ thị cơ sở và các giá trị dịch chuyển. Đồ thị cơ sở thường có thể bao gồm $m \times n$ phần tử ma trận (mục). Đồ thị cơ sở có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng ma trận bao gồm m hàng và n cột. Giá trị của mỗi phần tử ma trận bằng 0 hoặc 1. Phần tử có giá trị bằng 0 đôi lúc cũng được gọi là phần tử 0, có thể được thay thế bằng ma trận toàn 0 (ma trận 0) có kích thước $Z \times Z$. Phần tử có giá trị bằng 1 cũng đôi lúc được gọi là phần tử khác 0, có thể được thay thế bằng ma trận hoán vị tròn có kích thước $Z \times Z$. Tức là, mỗi phần tử ma trận đại diện ma trận toàn 0 hoặc ma trận hoán vị tròn. Fig.1 thể hiện ví dụ 10a của đồ thị cơ sở của mã LDPC trong đó $m=4$ và $n=20$ và có cấu trúc QC. Nên lưu ý rằng trong bản mô tả, các chỉ mục hàng và các chỉ mục cột của đồ thị cơ sở và ma trận đều được đánh số bắt đầu từ 0. Điều này chỉ để dễ hiểu. Có thể hiểu rằng các chỉ mục hàng và các chỉ mục cột có thể theo cách khác được đánh số từ 1, và các chỉ mục hàng tương ứng và các chỉ mục cột được tăng lên 1 dựa trên các chỉ mục hàng và các chỉ mục cột được thể hiện trên bản mô tả.

Nếu giá trị của phần tử trong hàng i và cột j trong đồ thị cơ sở bằng 1, thì nó được gán giá trị dịch chuyển P_{ij} . P_{ij} là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0, nó chỉ báo rằng phần tử của 1 (phần tử khác 0) trong hàng i và cột j có thể được thay thế bằng ma trận hoán vị tròn có kích thước $Z \times Z$ tương ứng với P_{ij} . Ma trận hoán vị tròn có thể thu được bằng cách dịch chuyển tròn ma trận đồng nhất có kích thước $Z \times Z$ sang phải trong P_{ij} lần. Có thể biết rằng trong đồ thị cơ sở, mỗi phần tử có giá trị bằng 0 được thay thế bằng ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$, và mỗi phần tử có giá trị bằng 1 được thay thế bằng ma trận hoán vị tròn có kích thước $Z \times Z$ tương ứng với giá trị dịch chuyển của phần tử, sao cho ma trận kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC có thể thu được. Đồ thị cơ sở có thể được sử dụng để chỉ báo các vị trí của các giá trị dịch chuyển, và mỗi phần tử khác 0 trong đồ thị cơ sở tương ứng với giá trị dịch chuyển. Z là số nguyên dương, có thể thi thoảng cũng được gọi là hệ số nâng, và có thể cũng được gọi là kích thước nâng, hệ số nâng, hoặc tương tự. Z có thể được xác định theo kích thước khối mã được hỗ trợ bởi hệ thống và kích thước dữ liệu thông tin. Có thể được nhận biết rằng ma trận kiểm tra chẵn lẻ H có kích thước $(m \times Z) \times (n \times Z)$. Chẳng

hạn, nếu hệ số nâng $Z=4$, mỗi phần tử 0 được thay thế bằng ma trận toàn 0 4×4 11a. Nếu $P_{2,3}=2$, phần tử khác 0 trong hàng 2 và cột 3 được thay thế bằng ma trận hoán vị tròn 4×4 11d. Ma trận được thu thập bằng cách dịch chuyển vòng ma trận đồng nhất 4×4 11b sang bên phải hai lần. Nếu $P_{2,4}=0$, phần tử khác 0 trong hàng 2 và cột 4 được thay thế bằng ma trận đồng nhất 11b. Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được mô tả ở đây, và các ví dụ không bị giới hạn.

Giá trị của $P_{i,j}$ có thể phụ thuộc vào hệ số nâng Z . Do vậy, đối với phần tử 1 (phần tử khác 0) trong hàng i và cột j của đồ thị cơ sở, $P_{i,j}$ có thể khác nhau đối với các hệ số nâng khác nhau Z . Để dễ triển khai, ma trận cơ sở $m \times n$ (ma trận cơ sở) thường được định nghĩa trong hệ thống. Mỗi phần tử trong ma trận cơ sở theo phép tương ứng một – một với mỗi phần tử trong đồ thị cơ sở. Phần tử 0 trong đồ thị cơ sở có cùng vị trí trong ma trận cơ sở, và phần tử này được chỉ báo bởi -1 . Phần tử khác 0 được chỉ báo bởi 1 trong hàng i và cột j trong đồ thị cơ sở có cùng vị trí trong ma trận cơ sở, và phần tử khác 0 được chỉ báo bởi giá trị $V_{i,j}$, trong đó $V_{i,j}$ có thể là giá trị dịch chuyển được định nghĩa tương đối với hệ số nâng cụ thể hoặc định trước Z . Chẳng hạn, giá trị dịch chuyển tương đối với hệ số nâng lớn nhất $Z_{\max}$ trong tập mà có hệ số nâng Z . Theo cách này, $V_{i,j}$ có thể là giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0 trong hàng i và cột j khi hệ số nâng lớn nhất $Z_{\max}$ trong tập mà có Z được sử dụng. Theo phương án thực hiện sáng chế, ma trận cơ sở đôi lúc cũng được gọi là ma trận dịch chuyển của ma trận của đồ thị cơ sở.

$P_{i,j}$ có thể thu được dựa trên $V_{i,j}$ và Z . Chẳng hạn, có thể được biểu diễn dưới dạng $P_{i,j}=f(V_{i,j},Z)$, trong đó $f(V_{i,j},Z)$ là hàm sử dụng $V_{i,j}$ và Z làm các tham số. Chẳng hạn,

$$P_{i,j} = \begin{cases} -1 & V_{i,j} = -1 \\ \text{mod}(V_{i,j}, Z) & V_{i,j} \geq 0 \end{cases}.$$

Như được thể hiện trên Fig.1, 10b là ma trận cơ sở tương ứng với đồ thị cơ sở 10a.

Đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở của mã LDPC thường có thể bao gồm p cột tương ứng với các bit đục lỗ cài đặt sẵn, trong đó p có thể là số nguyên từ 0 đến 2. Các cột này có thể được sử dụng khi mã hóa, nhưng các bit hệ thống tương

ứng với với các bit đục lỗ cài sẵn không được gửi. Tốc độ mã hóa của ma trận cơ sở của mã LDPC thỏa mãn $R=(n-m)/(n-p)$. Đối với ma trận cơ sở bao gồm 4 hàng và 20 cột (4×20), nếu có hai cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn, tốc độ mã là $(20-4)/(20-2)=8/9$.

Đối với mã LDPC được sử dụng trong hệ thống truyền thông không dây, ma trận của đồ thị cơ sở của mã LDPC có kích thước $m \times n$, và đồ thị cơ sở có thể bao gồm năm ma trận con: A, B, C, D, và E. Trọng số của ma trận được xác định bởi số lượng các phần tử khác 0, trọng số hàng của hàng (trọng số hàng) đề cập đến số lượng phần tử khác 0 trong các hàng, và trọng số cột của cột (trọng số cột) đề cập đến số lượng phần tử khác 0 trong các cột.

Như được thể hiện trên 200 trên Fig.2: ma trận con A là ma trận bao gồm m_A hàng và n_A cột, ma trận con A có kích thước $m_A \times n_A$. Mỗi cột tương ứng với Z bit hệ thống trong mã LDPC, và bit hệ thống đôi lúc được gọi là bit thông tin.

Ma trận con B là ma trận vuông m_A hàng và m_A cột, và ma trận con B có kích thước $m_A \times m_A$. Mỗi cột tương ứng với Z bit chẵn lẻ trong mã LDPC. Như được thể hiện trên 20a trên Fig.2, ma trận con B bao gồm ma trận con B' với cấu trúc hai đường chéo, và cột ma trận có trọng số bằng 3 (viết tắt là cột trọng số 3), và cột trọng số 3 có thể được đặt ở bên trái của ma trận con B'. Ma trận con B có thể còn bao gồm một hoặc nhiều cột ma trận có các trọng số cột bằng 1 (viết tắt là cột trọng số 1). Chẳng hạn, triển khai khả thi được thể hiện trên 20b hoặc 20c trên Fig.2.

Nói chung, ma trận được tạo dựa trên các ma trận con A và B là ma trận lõi, có thể được sử dụng để hỗ trợ mã hóa tốc độ mã hóa cao.

Tiếp tục trên Fig.2, ma trận con C là ma trận toàn 0, và ma trận con C có kích thước $m_A \times m_D$. Ma trận con E là ma trận đồng nhất, và ma trận con E có kích thước $m_D \times m_D$.

Ma trận con D có kích thước $m_D \times (n_A + m_A)$, và ma trận con D có thể được sử dụng để tạo bit chẵn lẻ với tốc độ mã hóa thấp.

Có thể hiểu rằng đồ thị cơ sở được mô tả trên đây từ khía cạnh định nghĩa toán học, và do ma trận con C là ma trận toàn 0, và ma trận con E là ma trận

đồng nhất. Do vậy, theo triển khai khả thi, ma trận bao gồm ma trận con A và ma trận con B, hoặc ma trận bao gồm ma trận con A, ma trận con B, và ma trận con D có thể được sử dụng để biểu diễn đồ thị cơ sở của ma trận trong mã hóa hoặc giải mã.

Do các cấu trúc của ma trận con C và ma trận con E lần lượt được cố định, các cấu trúc của ma trận con A, ma trận con B, và ma trận con D là các yếu tố xác định ảnh hưởng hiệu năng mã hóa và giải mã của mã LDPC.

Khi ma trận LDPC với cấu trúc giống raptor được sử dụng để mã hóa, theo triển khai khả thi, một phần ma trận bao gồm ma trận con A và ma trận con B, tức là, ma trận lõi, có thể được sử dụng trước để mã hóa để thu thập một hoặc nhiều bit chắn lẻ tương ứng với ma trận con B. Sau đó toàn bộ ma trận được sử dụng để mã hóa để thu thập một hoặc nhiều bit chắn lẻ tương ứng với ma trận con E. Do ma trận con B có thể bao gồm ma trận con B' với cấu trúc hai đường chéo và cột trọng số 1. Do vậy, trong khi mã hóa, một hoặc nhiều bit chắn lẻ tương ứng với cấu trúc hai đường chéo có thể được thu thập trước, và sau đó một hoặc nhiều bit chắn lẻ tương ứng với cột trọng số 1 được thu thập.

Phần sau đề xuất ví dụ của phương pháp mã hóa. Giả sử rằng ma trận lõi bao gồm ma trận con A và ma trận con B là H_{core} , cột trọng số 1 và hàng trong đó đặt phần tử khác 0 trong cột trọng số 1 được loại bỏ khỏi H_{core} để thu thập ma trận $H_{core-dual}$. Khối ma trận trong $H_{core-dual}$ tương ứng với bit chắn lẻ được biểu diễn bởi $H_e = [H_{e1} \ H_{e2}]$, trong đó H_{e1} là cột trọng số 3, và H_{e2} có cấu trúc hai đường chéo. Theo định nghĩa của ma trận mã LDPC, $H_{core-dual} \cdot [S \ P_e]^T = 0$, trong đó S là chuỗi đầu vào và là vectơ bao gồm các bit thông tin, P_e là vectơ bao gồm bit chắn lẻ, và $[S \ P_e]^T$ chỉ báo ma trận chuyển vị bao gồm chuỗi đầu vào S và P_e . Do vậy, bit chắn lẻ tương ứng với $H_{core-dual}$ có thể được tính toán trước theo chuỗi đầu vào S và $H_{core-dual}$. Chuỗi đầu vào S bao gồm tất cả các bit thông tin. Sau đó, bit chắn lẻ tương ứng với cột trọng số 1 trong ma trận con B được tính toán theo bit chắn lẻ thu được tương ứng với $H_{core-dual}$ và chuỗi đầu vào S. Trong trường hợp này, tất cả bit chắn lẻ tương ứng với ma trận con B có thể thu được. Sau đó, bit chắn lẻ tương ứng với ma trận con E thu được bằng cách mã hóa nhờ sử dụng ma trận con D và dựa trên chuỗi đầu vào S và bit

chẵn lẻ thu được tương ứng với ma trận con B. Theo cách này, tất cả các bit thông tin và tất cả bit chẵn lẻ thu được. Các bit này tạo thành chuỗi được mã hóa, tức là, các từ mã LDPC.

Một cách tùy chọn, mã hóa LDPC có thể còn bao gồm các hoạt động rút ngắn và đục lỗ. Các bit được rút ngắn và các bit được đục lỗ không được gửi.

Việc rút ngắn này thường được thực hiện bắt đầu từ bit cuối cùng của các thông tin, và có thể được thực hiện theo các cách khác nhau. Chẳng hạn, đối với số lượng bit được rút ngắn là s_0 , s_0 bit cuối cùng trong chuỗi đầu vào S có thể được thiết lập như là bit đã biết, chẳng hạn gán bằng 0 hoặc null hoặc các giá trị khác, để thu thập chuỗi đầu vào S', và sau đó chuỗi đầu vào S' được mã hóa bằng cách sử dụng ma trận LDPC. Trong ví dụ khác, $(s_0 \bmod Z)$ bit cuối cùng trong chuỗi đầu vào S có thể được gán như là các bit đã biết, chẳng hạn gán bằng 0 hoặc null hoặc các giá trị khác, để thu thập chuỗi đầu vào S', và các cột $\left\lfloor \frac{s_0}{Z} \right\rfloor$ cuối cùng trong ma trận con A bị xóa để thu được ma trận LDPC H', và chuỗi đầu vào S' được mã hóa bằng cách sử dụng ma trận LDPC H', hoặc các cột $\left\lfloor \frac{s_0}{Z} \right\rfloor$ cuối cùng trong ma trận con A không tham gia vào việc mã hóa chuỗi đầu vào S'. Sau khi mã hóa xong, các bit được rút ngắn không được gửi.

Việc đục lỗ có thể được thực hiện trên một hoặc nhiều cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn, hoặc một hoặc nhiều bit chẵn lẻ trong chuỗi đầu vào. Việc đục lỗ một hoặc nhiều bit chẵn lẻ cũng thường từ một bit cuối cùng trong bit chẵn lẻ. Theo cách khác, việc đục lỗ các bit chẵn lẻ có thể được thực hiện theo mẫu hình đục lỗ định trước trong hệ thống. Theo triển khai khả thi, chuỗi đầu vào trước hết được mã hóa, và sau đó dựa trên số lượng p bit cần được đục lỗ, p bit cuối trong bit chẵn lẻ được chọn, hoặc p bit được chọn theo mẫu hình đục lỗ định trước trong hệ thống, trong đó p bit không được gửi. Theo triển khai khả thi khác, p cột của ma trận tương ứng với các bit được đục lỗ và p hàng trong đó phần tử khác 0 trong đó đặt các cột này có thể được xác định, và hàng và cột không tham gia mã hóa, và do vậy bit chẵn lẻ tương ứng không được tạo.

Nên lưu ý rằng các triển khai mã hóa được mô tả ở đây chỉ được sử dụng làm ví dụ. Các triển khai mã hóa đã được biết khác có thể được sử dụng theo cách khác dựa trên đồ thị cơ sở và/hoặc ma trận cơ sở theo sáng chế. Và các triển khai mã hóa không bị giới hạn theo sáng chế. Việc giải mã theo sáng chế có thể được thực hiện theo các phương pháp giải mã khác nhau, chẳng hạn, phương pháp giải mã tổng nhỏ nhất (min-sum, MS), hoặc phương pháp giải mã lan truyền niềm tin. Phương pháp giải mã MS đôi lúc có thể cũng được gọi là phương pháp giải mã MS floor. Chẳng hạn, chuỗi đầu vào được khởi tạo, và thực hiện vòng lặp. Việc dò quyết định rõ ràng được thực hiện sau vòng lặp, và kết quả quyết định rõ ràng được kiểm tra. Nếu kết quả giải mã thỏa mãn phương trình kiểm tra, giải mã thành công, vòng lặp kết thúc, và kết quả quyết định được xuất ra. Nếu kết quả giải mã không thỏa mãn phương trình kiểm tra, vòng lặp được thực hiện lại trong số lần lặp tối đa. Nếu kết quả vẫn thất bại khi đạt đến số lần lặp tối đa, giải mã thất bại. Có thể hiểu rằng nguyên lý của giải mã MS đã được biết, và các chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Nên lưu ý rằng phương pháp giải mã chỉ được sử dụng làm ví dụ ở đây, các phương pháp giải mã khác được biết có thể được sử dụng theo cách khác dựa trên đồ thị cơ sở và/hoặc ma trận cơ sở theo sáng chế, và cách thức giải mã không bị giới hạn theo sáng chế.

Mã LDPC có thể thu được dựa trên đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở, giới hạn trên của hiệu năng mã LDPC có thể được xác định bằng cách thực hiện tiến hóa mật độ trên đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở. Hàm ~~tăng~~ lỗi của mã LDPC được xác định dựa trên giá trị dịch chuyển trong ma trận cơ sở. Việc cải tiến hiệu năng mã hóa và hiệu năng giải mã và hạ thấp hàm ~~tăng~~ lỗi là một trong các mục đích thiết kế đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở. Trong hệ thống truyền thông không dây, các độ dài mã được thay đổi rộng rãi. Chẳng hạn, độ dài mã có thể là 40 bit, 1280 bit, hoặc tương tự. Fig.3a và Fig.3b-1 đến Fig.3b-8 là các ví dụ của đồ thị cơ sở và các ma trận cơ sở của ma trận lỗi của mã LDPC. Các ví dụ có thể thỏa mãn các yêu cầu hiệu năng của các khối mã có độ dài khối từ 20 bit đến 2560 bit. Để dễ hiểu và mô tả, các chỉ mục cột và các chỉ mục hàng lần lượt được thể hiện ở phía trên cùng và phía tận cùng bên trái trên Fig.3a và

Fig.3b-1 đến Fig.3b-8.

Fig.4 là sơ đồ hiệu năng dựa trên mã LDPC được thể hiện trên Fig.3a và Fig.3b-1 đến Fig.3b-8. An LDPC 1 chỉ báo mã LDPC thu được bằng cách mã hóa dựa trên ma trận cơ sở tương ứng với đồ thị cơ sở 30a, và LDPC 2 chỉ báo mã LDPC được sử dụng chung được sử dụng để so sánh. Tọa độ ngang chỉ báo độ dài của chuỗi bit thông tin, và đơn vị độ dài là bit. Tọa độ thẳng đứng chỉ báo tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký hiệu (E_s/N_0). Các đường cong hiệu năng chỉ báo hiệu năng của tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký hiệu cho LDPC 1 và LDPC 2 trong trường hợp của các độ dài chuỗi bit thông tin khác nhau khi BLER bằng 0,0001. Có thể biết rằng ở BLER tương tự, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký hiệu của LDPC 1 nhỏ hơn tỷ lệ của LDPC 2 trong trường hợp của các độ dài chuỗi bit thông tin khác nhau, tức là, hiệu năng của LDPC 1 tốt hơn hiệu năng của LDPC 2.

Fig.3a thể hiện ví dụ của đồ thị cơ sở 30a của mã LDPC. Ma trận của đồ thị cơ sở 30a có 42 hàng và 52 cột. Trên hình vẽ, 0 đến 51 ở hàng trên cùng chỉ báo các chỉ mục cột, và 0 đến 41 ở cột tận cùng bên trái chỉ báo các chỉ mục hàng.

Trên đồ thị cơ sở 30a, ma trận con A tương ứng với các bit hệ thống và có m_A hàng và 10 cột, trong đó $4 \leq m_A \leq 7$. Chẳng hạn, nếu $m_A = 4$, ma trận con A bao gồm các phần tử trong hàng 0 đến hàng 3 và cột 0 đến cột 9 trong đồ thị cơ sở 30a. Trong ví dụ khác, nếu $m_A > 4$, sử dụng $m_A = 7$ làm ví dụ, ma trận con A bao gồm các phần tử trong hàng 0 đến hàng 6 và cột 0 đến cột 9 trong đồ thị cơ sở 30a.

Ma trận con B tương ứng với bit chẵn lẻ, có m_A hàng và m_A cột, và bao gồm các phần tử trong hàng 0 đến hàng $(m_A - 1)$ và cột 10 đến cột $(10 + m_A - 1)$ trong đồ thị cơ sở 30a.

Ma trận con A và ma trận con B tạo thành ma trận lõi của đồ thị cơ sở của mã LDPC, tức là, ma trận bao gồm m_A hàng và $(m_A + n_A)$ cột. Ma trận có thể được sử dụng để mã hóa tốc độ mã cao. Để dễ mô tả, sử dụng $m_A = 7$ làm ví dụ dưới đây, ma trận lõi của đồ thị cơ sở của mã LDPC là 7 hàng và 17 cột.

Ma trận con A có thể bao gồm hai cột tương ứng với các bit đực lỗ cài sẵn. Sau khi đực lỗ, tốc độ mã có thể được hỗ trợ bởi ma trận lõi bằng $10/(17-2)=2/3$.

Ma trận con B bao gồm một cột trọng số 3, tức là, trọng số cột của cột 0 của ma trận con B (cột 10 của ma trận lõi) bằng 3. Ma trận bao gồm cột 1 đến cột 3 (cột 11 đến cột 13 trong ma trận lõi) và hàng 0 đến hàng 3 trong ma trận con B có cấu trúc hai đường chéo. Ma trận con B còn bao gồm ba cột trọng số 1.

Bằng cách sử dụng $m_A=7$ làm ví dụ, ma trận lõi của đồ thị cơ sở 30a bao gồm hai hàng có các trọng số bằng 10, hai hàng có các trọng số bằng 8, hai hàng có các trọng số bằng 6, và một hàng có trọng số bằng 4. Tức là, hàng các trọng số của các hàng trong ma trận lõi bao gồm ma trận con A và ma trận con B lần lượt là 8, 10, 8, 10, 4, 6, và 6. Nên lưu ý rằng các hàng trong ma trận lõi có thể được chuyển đổi, chẳng hạn, hàng 0 được chuyển với hàng 2, hàng 1 được chuyển với hàng 3, và tương tự. Mỗi hàng trong ma trận lõi có thể là một trong các hàng được thể hiện trong hàng 0 đến hàng 6 và cột 0 đến cột 16 trong ma trận lõi của đồ thị cơ sở 30a. Các hàng có thể được chuyển đổi với nhau, và cột có thể cũng được chuyển đổi với nhau. Chẳng hạn, cột 8 có thể được chuyển đổi với cột 14 trong ma trận lõi. Nên lưu ý rằng, chỉ các ví dụ được nêu ở đây. Trong ứng dụng thực, hoán vị cột và hoán vị hàng có thể được thiết kế linh hoạt dựa trên yêu cầu hệ thống.

Có thể hiểu rằng do ở ma trận, các hàng có thể được chuyển đổi với nhau, cột có thể cũng được chuyển đổi với nhau, hoán vị hàng không thay đổi các trọng số của cột, và hoán vị cột không thay đổi các trọng số của các hàng, số lượng các phần tử khác 0 trong ma trận không thay đổi. Sau khi hoán vị hàng và hoán vị cột, các trọng số của các hàng trong đồ thị cơ sở không thay đổi. Việc sử dụng đồ thị cơ sở thu được sau khi hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc hoán vị hàng và hoán vị cột không thay đổi hiệu năng.

Nên lưu ý rằng theo sáng chế, việc hiệu năng không bị ảnh hưởng nghĩa là: Nói chung, tác động là chấp nhận được và nằm trong khoảng dung sai. Chẳng hạn, trong một số kịch bản hoặc trong một số khoảng, hiệu năng được hạ thấp trong khoảng cho phép. Tuy nhiên, trong một số kịch bản hoặc một số khoảng,

hiệu năng được cải thiện. Nói chung, không tác động lên hiệu năng.

Đối với đồ thị cơ sở cho trước hoặc ma trận cơ sở cho trước của mã LDPC, tác độ lên hiệu năng gây bởi rất ít chỉnh sửa đối với các phần tử ma trận thường là chấp nhận được. Chẳng hạn, theo triển khai, rất ít chỉnh sửa có thể được thực hiện dựa trên ma trận lõi của đồ thị cơ sở 30a. Chẳng hạn, trọng số của một hàng là lớn hơn hoặc bằng 2 và nhỏ hơn hoặc bằng 5, và các trọng số của sáu hàng khác lớn hơn hoặc bằng 6 và nhỏ hơn hoặc bằng 12. Có thể hiểu rằng dựa vào giải pháp theo sáng chế, các trọng số của một số hàng có thể được tăng hoặc giảm đi 1 hoặc 2. Điều này không bị giới hạn theo sáng chế.

Để thu thập các tốc độ mã linh hoạt, ma trận con C, ma trận con D, và ma trận con E có các kích thước tương ứng có thể được thêm vào dựa trên ma trận lõi. Do ma trận con C là ma trận toàn 0 và ma trận con E là ma trận đồng nhất, các kích thước của các ma trận được xác định theo các tốc độ mã, và các cấu trúc của các ma trận tương đối cố định. Hiệu năng mã hóa và hiệu năng giải mã bị ảnh hưởng chính bởi ma trận lõi và ma trận con D. Các tốc độ mã khác nhau có thể thu được bằng cách thêm hàng và cột dựa trên ma trận lõi để tạo các ma trận con tương ứng C, D, và E. Chẳng hạn, ma trận lõi của đồ thị cơ sở 30a có thể được sử dụng làm ma trận lõi, và các ma trận con tương ứng C, D, và E được thêm vào để thỏa mãn các yêu cầu mã hóa hoặc giải mã cho các tốc độ mã khác nhau.

Số đếm cột m_D của ma trận con D là tổng của số đếm cột của ma trận con A và số đếm cột của ma trận con B, và số đếm hàng của ma trận con D chủ yếu liên quan đến tốc độ mã. Việc sử dụng đồ thị cơ sở 30a làm ví dụ, nếu $m_A=4$, số đếm cột tương ứng của ma trận con D là $(n_A + m_A)=14$, hoặc nếu $m_A=7$, số đếm cột tương ứng của ma trận con D là $(n_A + m_A)=17$. Nếu tốc độ mã được hỗ trợ bởi mã LDPC là R_m , đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở của mã LDPC có kích thước $m \times n$, trong đó $n = n_A / R_m + p$ và $m = n - n_A = n_A / R_m + p - n_A$. Nếu tốc độ mã nhỏ nhất $R_m=1/5$, và số lượng p cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn bằng 2, việc sử dụng đồ thị cơ sở 30a làm ví dụ, $n=52$ và $m=42$. Số đếm hàng m_D của ma trận con D có thể lên tới $m - m_A=42 - m_A$, và nếu $m_A=4$, $0 \leq m_D \leq 38$,

hoặc nếu $m_A=7$, $0 \leq m_D \leq 35$.

Để dễ mô tả, ma trận F m_F hàng và $(m_A + n_A)$ cột có thể được định nghĩa, sao cho ma trận con D có thể bao gồm m_D hàng trong ma trận F , trong đó $0 \leq m_D \leq m_F$, và $35 \leq m_F \leq 38$. Vẫn sử dụng $m_A=7$ làm ví dụ, trong đồ thị cơ sở 30a, $m_A + m_D=42$. Nếu $m_D=35$, một cách tương ứng, ma trận con D bao gồm 35 hàng và 17 cột. Cụ thể là, ma trận con D là ma trận F , và tốc độ mã được hỗ trợ bởi mã LDPC tương ứng bằng $10/50=1/5$. Có thể nhận biết rằng đối với $m_A=7$, ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 17 trong đồ thị cơ sở 30a là ma trận F . Đối với $m_A=4$, ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 13 trong đồ thị cơ sở 30a là ma trận F . Nên lưu ý rằng, chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và sáng chế không bị giới hạn ở đây. m_A có thể theo cách khác là giá trị nguyên bất kỳ từ 4 đến 7, và số đếm cột của ma trận F cũng thay đổi tương ứng.

Theo sáng chế, nếu có nhiều nhất một phần tử khác 0 trong cùng cột ở hai hàng lân cận trong đồ thị cơ sở, hai hàng trực giao lẫn nhau. Ở các cột khác mà khác với một số cột đối với hai hàng lân cận trong đồ thị cơ sở, nếu có nhiều nhất một phần tử khác 0 trong cùng cột của cột còn lại đối với hai hàng lân cận trong đồ thị cơ sở, hai hàng gần như trực giao.

Ma trận F có thể bao gồm các hàng có cấu trúc gần như trực giao và ít nhất hai hàng có cấu trúc trực giao. Chẳng hạn, ma trận F bao gồm ít nhất 15 hàng thỏa mãn cấu trúc gần như trực giao. Trong các cột khác ngoài f cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn trong hai hàng liên kế bất kỳ trong 15 hàng, có nhiều nhất một phần tử khác 0 trong cùng cột, tức là, khối ma trận bao gồm các cột khác ngoài cột tương ứng với các bit đục lỗ cài sẵn trong ít nhất 15 hàng trong ma trận F có cấu trúc trực giao. Ma trận F có thể còn bao gồm 10 đến 20 hàng thỏa mãn cấu trúc trực giao. Trong các hàng này, có nhiều nhất một phần tử khác 0 trong cùng cột trong hai hàng liên kế bất kỳ. Cụ thể là, cũng có nhiều nhất một phần tử khác 0 trong cột đục lỗ có sẵn.

Chẳng hạn, bằng cách sử dụng đồ thị cơ sở 30a làm ví dụ, 10 hàng cuối cùng trong ma trận F có cấu trúc trực giao, các trọng số của chín hàng là 3, và

trọng số của một hàng là 2. Việc phân tán trọng số cột của ma trận F có thể là: trọng số của một cột là 16, trọng số của một cột là 18, trọng số của một cột là 11, các trọng số của hai cột là 10, trọng số của một cột là 9, trọng số của một cột là 8, trọng số của một cột là 7, trọng số của một cột là 6, các trọng số của hai cột là 4, trọng số của một cột là 3, và các trọng số của hai cột là 2. Nếu $m_A > 4$, các trọng số của cột khác trong ma trận F bằng 0.

Bằng cách sử dụng $m_A = 7$ làm ví dụ, trong ví dụ của ma trận F trong đồ thị cơ sở 30a, các trọng số hàng của ma trận F lần lượt là 5, 3, 4, 4, 4, 3, 4, 4, 3, 4, 4, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 4, 2, 3, 2, 4, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, và 3.

Do ma trận con E là ma trận đồng nhất, các trọng số của các hàng trong đồ thị cơ sở 30a lần lượt là 8, 10, 8, 10, 4, 6, 6, 6, 4, 5, 5, 5, 4, 5, 5, 4, 5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 4, 4, 3, 5, 3, 4, 3, 5, 3, 4, 4, 4, 4, 3, 4, 4, 4, và 4.

Vẫn sử dụng $m_A = 7$ làm ví dụ, nếu $m_D = 15$, ma trận con D trong đồ thị cơ sở của mã LDPC có thể bao gồm 15 hàng và 17 cột. Ma trận con D có thể là ma trận bao gồm hàng 0 đến hàng 14 trong ma trận F trong đồ thị cơ sở 30a, tức là, hàng 7 đến hàng 21, và cột 0 đến cột 16 trong đồ thị cơ sở 30a. Tốc độ mã được hỗ trợ bởi mã LDPC tương ứng là $10/30 = 1/3$. Tức là, ở tốc độ mã, đồ thị cơ sở của mã LDPC tương ứng với ma trận bao gồm hàng 0 đến hàng 21 và cột 0 đến cột 31 trong đồ thị cơ sở 30a. Ma trận con E là ma trận đồng nhất bao gồm 15 hàng và 15 cột, và ma trận con C là ma trận toàn 0 bao gồm 7 hàng và 15 cột.

Nếu $m_D = 25$, ma trận con D trong đồ thị cơ sở của mã LDPC có 25 hàng và 17 cột. Ma trận con D có thể là ma trận bao gồm hàng 0 đến hàng 24 trong ma trận F trong đồ thị cơ sở 30a, tức là, hàng 7 đến hàng 31, và cột 0 đến cột 16 trong đồ thị cơ sở 30a. Tốc độ mã được hỗ trợ bởi mã LDPC tương ứng là $10/40 = 1/4$. Tức là, ở tốc độ mã, đồ thị cơ sở của mã LDPC tương ứng với ma trận bao gồm hàng 0 đến hàng 31 và cột 0 đến cột 41 trong đồ thị cơ sở 30a. Ma trận con E là ma trận đồng nhất bao gồm 25 hàng và 25 cột, và ma trận con C là ma trận toàn 0 bao gồm 7 hàng và 25 cột.

Phần còn lại có thể suy ra tương tự, và các chi tiết không được mô tả lần lượt.

Nên lưu ý rằng trong đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở của mã LDPC, các hàng có thể được chuyển đổi với nhau, và cột có thể cũng được chuyển đổi với nhau. Chẳng hạn, trong đồ thị cơ sở 30a, hàng 34 có thể được chuyển đổi với hàng 36, và cột 44 có thể được chuyển đổi với cột 45. Trong ví dụ khác, ma trận con D bao gồm m_D hàng trong ma trận F, m_D hàng không thể được chuyển đổi, hoặc một hoặc nhiều m_D hàng có thể được chuyển đổi, ma trận con E vẫn có cấu trúc đường chéo, và hoán vị hàng hoặc hoán vị cột không được thực hiện trên ma trận con E. Chẳng hạn, hàng 27 được chuyển đổi với hàng 29 trong ma trận F, ma trận con D bao gồm m_D hàng trong ma trận F, và ma trận con E vẫn có cấu trúc đường chéo. Ma trận F là ma trận gần như trực giao trước khi hoán vị hàng, và vẫn là ma trận gần như trực giao bằng cách thực hiện hoán vị hàng. Có thể hiểu rằng nếu đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở bao gồm ma trận con D, khi cột trong ma trận lõi được chuyển đổi, các cột tương ứng trong ma trận con D cũng cần được chuyển đổi.

Như được thể hiện trên Fig.3b-1 đến Fig.3b-8, các ma trận cơ sở 30b-1 đến 30b-8 là các ví dụ của các ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a. Phần tử khác 0 trong hàng i và cột j trong đồ thị cơ sở 30a có cùng vị trí trong ma trận của các ma trận cơ sở 30b-1 đến 30b-8, và giá trị của phần tử khác 0 là giá trị dịch chuyển $V_{i,j}$. Phần tử 0 trong ma trận dịch chuyển được biểu diễn bằng cách sử dụng -1 hoặc null. Một phần tử tương ứng với ma trận con D trong ma trận cơ sở có thể bao gồm m_D hàng trong ma trận dịch chuyển của ma trận F, và các giá trị của m_D có thể được lựa chọn theo các tốc độ mã khác nhau. Ma trận dịch chuyển tương ứng với ma trận con D bao gồm m_D hàng trong ma trận dịch chuyển của ma trận F.

Theo triển khai khả thi, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong ma trận bất kỳ trong các ma trận từ 30b-1 đến 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong ma trận bất kỳ trong các ma trận 30b-1 đến 30b-8; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể bao gồm ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0

đến cột 14 trong ma trận bất kỳ trong các ma trận 30b-1 đến 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong ma trận bất kỳ trong các ma trận 30b-1 đến 30b-8.

Để hỗ trợ các độ dài khối khác nhau, mã LDPC cần các hệ số nâng khác nhau Z . Chẳng hạn, các hệ số nâng $Z = a \times 2^j$, trong đó $a \in \{2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$ có thể được phân chia thành tám tập được thể hiện trên bảng 1:

Bảng 1

Tập 1	$Z = 2 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
Tập 2	$Z = 3 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
Tập 3	$Z = 5 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$
Tập 4	$Z = 7 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$
Tập 5	$Z = 9 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$
Tập 6	$Z = 11 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5$
Tập 7	$Z = 13 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4$
Tập 8	$Z = 15 \times 2^j$, trong đó $j = 0, 1, 2, 3, 4$

Để đảm bảo hiệu năng mã LDPC trong các độ dài khối khác nhau, dựa trên các tập của các hệ số nâng khác nhau Z , các ma trận cơ sở tương ứng với các tập của các hệ số nâng khác nhau Z có thể được sử dụng riêng rẽ.

Theo triển khai khả thi:

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 1, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-1; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-1. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-1, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện

hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-1.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 2, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-2; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-2. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-2, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-2.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 3, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-3; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-3. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-3, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-3.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 4, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-4; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-4. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-4, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-4.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 5, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-5; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-5. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-5, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-5.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 6, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-6; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-6. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-6, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-6.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 7, ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-7; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-7. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-7, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-7.

Nếu hệ số nâng Z là một hệ số nâng trong tập 8, ma trận dịch chuyển của

ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 7 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 16 trong 30b-8; hoặc ma trận dịch chuyển của ma trận F có thể là ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận bao gồm hàng 4 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 14 trong 30b-8. Một cách tương ứng, ma trận cơ sở của đồ thị cơ sở 30a có thể là ma trận được thể hiện trên 30b-8, hoặc ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột trên ma trận được thể hiện trên 30b-8.

Chẳng hạn, giá trị của hệ số nâng Z được xác định dựa trên độ dài K của chuỗi đầu vào. Chẳng hạn, nếu độ dài của chuỗi đầu vào là K, giá trị nhỏ nhất mà thỏa mãn $10 \times Z \geq K$ có thể được xác định từ các hệ số nâng được định nghĩa trong hệ thống và được sử dụng làm giá trị của hệ số nâng của ma trận. Ngoài ra, ma trận cơ sở tương ứng có thể được lựa chọn theo hệ số nâng được xác định.

Một cách tương tự, các hàng trong ma trận cơ sở có thể cũng được chuyển đổi với nhau, và cột trong ma trận cơ sở có thể cũng được chuyển đổi với nhau. Nếu ít nhất một trong hoán vị hàng hoặc hoán vị cột được thực hiện trên đồ thị cơ sở, hoán vị tương tự cũng được thực hiện trên các hàng hoặc các cột tương ứng trong ma trận cơ sở.

Có thể hiểu rằng theo sáng chế, cấu trúc gần như trực giao không bị giới hạn ở chỉ hai hàng lân cận. Ma trận bao gồm cấu trúc gần như trực giao có thể được thiết kế theo cách khác để bao gồm các nhóm, mỗi nhóm bao gồm ít nhất hai hàng, chẳng hạn, 3 hàng hoặc 4 hàng, và các hàng được bao gồm trong mỗi nhóm gần như trực giao.

Trong sơ đồ đường cong hiệu năng được thể hiện trên Fig.4, LDPC 1 chỉ báo rằng mã LDPC thu được bằng cách mã hóa dựa trên ma trận cơ sở tương ứng với đồ thị cơ sở 30a, và LDPC 2 chỉ báo mã LDPC được sử dụng chung được sử dụng để so sánh. Tọa độ ngang chỉ báo độ dài của chuỗi bit thông tin, và đơn vị độ dài là bit. Tọa độ dọc là tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký hiệu (E_s/N_0). Các đường cong hiệu năng chỉ báo hiệu năng của tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký

hiệu cho LDPC 1 và LDPC 2 trong trường hợp của các độ dài chuỗi bit thông tin khác nhau khi BLER bằng 0,0001. Có thể biết rằng ở cùng BLER, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu ký hiệu của LDPC 1 nhỏ hơn tỷ lệ của LDPC 2 trong trường hợp của các độ dài chuỗi bit thông tin khác nhau, tức là, hiệu năng của LDPC 1 tốt hơn hiệu năng của LDPC 2.

Ở phương pháp mã hóa theo phương án thực hiện sáng chế, bộ mã hóa sẽ mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC có thể là đồ thị cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên, và ma trận cơ sở của ma trận LDPC có thể là ma trận cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên. Chuỗi đầu vào của bộ mã hóa có thể là chuỗi bit thông tin, hoặc có thể là chuỗi bit thông tin thu được qua ít nhất một loại xử lý sau: đính kèm các bit CRC hoặc chèn các bit đệm.

Ngoài ra, phương pháp bao gồm bước: xác định hệ số nâng Z . Giá trị của hệ số nâng Z có thể được xác định dựa trên độ dài K của chuỗi đầu vào. Chuỗi bit thông tin đôi lúc có thể cũng được gọi là khối mã, và có thể thu được qua phân đoạn khối mã trên khối vận tải. Nếu độ dài của chuỗi bit thông tin là K , giá trị nhỏ nhất thỏa mãn $10 \times Z \geq K$ có thể được xác định từ các hệ số nâng được định nghĩa trong hệ thống làm giá trị của hệ số nâng Z . Chẳng hạn, nếu $K=128$ và các hệ số nâng được định nghĩa trong hệ thống bao gồm các hệ số nâng trong các tập trong bảng 1, chẳng hạn, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 112, 120, 128, 144, 160, 176, 192, 208, 224, 240, và 256, có thể được xác định rằng Z là 13 và trong tập 7. Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ không tạo ra giới hạn.

Theo thiết kế khả thi khác, Kb có thể là số đếm cột của cột tương ứng với các bit thông tin trong ma trận cơ sở của mã LDPC. Trong tập hệ số nâng được hỗ trợ, giá trị nhỏ nhất Z_0 mà thỏa mãn $Kb \cdot Z_0 \geq K$ có thể được xác định làm giá trị của hệ số nâng Z . Trong đồ thị cơ sở 30a, số đếm cột Kb_{max} của cột tương ứng với các bit thông tin là 10, và giả sử rằng tập hệ số nâng được hỗ trợ bởi đồ thị cơ sở 30a là {24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 112, 120, 128, 144, 160, 176, 192, 208, 224, 240, 256, 288, 320, 352,

384}.

Nếu độ dài K của chuỗi đầu vào là 529 bit, Z bằng 26. Nếu độ dài K của chuỗi đầu vào là 5000 bit, Z bằng 240. Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ này không tạo giới hạn.

Trong ví dụ khác, giá trị của Kb có thể cũng thay đổi với giá trị của K , nhưng giá trị của Kb không vượt quá số đếm cột của cột tương ứng với các bit thông tin trong ma trận cơ sở của mã LDPC. Chẳng hạn, các ngưỡng khác nhau có thể được thiết lập cho Kb .

Thiết kế khả thi như sau: Nên lưu ý rằng các giá trị ngưỡng 640, 560, hoặc 192 ở đây chỉ là ví dụ. Các giá trị khác có thể được thiết kế theo yêu cầu thiết kế hệ thống.

```
if (K>640), Kb =10;
elseif (K>560), Kb=9;
elseif (K>192), Kb =8;
else Kb= 6; end
```

Trong đó hệ số nâng Z có thể được xác định bởi bộ mã hóa theo độ dài K của chuỗi đầu vào, hoặc có thể thu được bởi bộ mã hóa từ các thực thể khác (chẳng hạn bộ xử lý).

Theo thiết kế khả thi, giá trị của bit đệm có thể là null, hoặc 0, hoặc các giá trị khác được định nghĩa trong hệ thống. Sau khi mã hóa, các bit đệm có thể được nhận diện và không được gửi. Sáng chế không bị giới hạn ở đây.

Việc mã hóa, bởi bộ mã hóa, chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC H có thể là mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC H tương ứng với hệ số nâng Z .

Theo triển khai khả thi, chuỗi đầu vào là $c = \{c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}\}$, độ dài của chuỗi đầu vào c là K , và chuỗi đầu ra thu được sau khi chuỗi đầu vào c được mã hóa bởi bộ mã hóa là $d = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1}\}$, trong đó K là số nguyên lớn hơn 0, và K có thể là bội số nguyên của hệ số nâng Z .

Chuỗi đầu ra d bao gồm K_0 bit trong chuỗi đầu vào c và các bit chẵn lẻ trong chuỗi bit chẵn lẻ w , trong đó K_0 là số nguyên lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng K . Độ dài của chuỗi bit chẵn lẻ w là $N - K_0$, trong đó $w = \{w_0, w_1, w_2, \dots,$

$w_{N-K_0-1}\}$.

Chuỗi bit chẵn lẻ w và chuỗi đầu vào c thỏa mãn công thức (1):

$$H \times \begin{bmatrix} c^T \\ w^T \end{bmatrix} = 0^T \quad (1),$$

trong đó $c^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}]^T$, c^T là vector chuyển vị của vector bao gồm các bit trong chuỗi đầu vào, và $w^T = [w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N-K_0-1}]^T$, w^T là vector chuyển vị của vector bao gồm các bit trong chuỗi bit chẵn lẻ, trong đó 0^T là vector cột, và các giá trị của tất cả các phần tử của 0^T là 0.

H là ma trận LDPC thu được dựa trên đồ thị cơ sở bất kỳ được mô tả theo các phương án thực hiện nêu trên, đồ thị cơ sở của H có m hàng và n cột, và có thể là đồ thị cơ sở 30a được nêu theo các phương án thực hiện nêu trên.

Theo thiết kế, đồ thị cơ sở của H bao gồm p cột đục lỗ lặp sẵn, trong đó p là số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0, và các bit thông tin tương ứng với p cột đục lỗ lặp sẵn không được xuất ra, và chuỗi đầu ra không bao gồm các bit thông tin tương ứng với p cột đục lỗ lặp sẵn. Trong trường hợp này, $K_0 = K - p \cdot Z$. Chẳng hạn, nếu $p=2$, $K_0 = K - 2 \cdot Z$ và độ dài của chuỗi bit chẵn lẻ w là $N + 2 \cdot Z - K$. Nếu p cột đục lỗ lặp sẵn tham gia vào mã hóa, $K_0 = K$ và độ dài của chuỗi bit chẵn lẻ w là $N - K$.

Một cách tương ứng, H có thể có M hàng và $(N + p \cdot Z)$ cột hoặc M hàng và N cột, và kích thước của đồ thị cơ sở của H là: $m = M/Z$ hàng và $n = \frac{(N + p \cdot Z)}{Z}$ cột.

Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC H có thể được biểu diễn như là $[H_{BG}$

$H_{BG,EXT}]$, trong đó $H_{BG,EXT} = \begin{bmatrix} 0_{m_c \times n_c} \\ I_{n_c \times n_c} \end{bmatrix}$, $0_{m_c \times n_c}$ đại diện ma trận toàn 0 có

kích thước $m_c \times n_c$, và $I_{n_c \times n_c}$ đại diện ma trận đồng nhất có kích thước $n_c \times n_c$.

Do K_b có thể thay đổi với K , H_{BG} bao gồm K_b cột tương ứng với các bit thông tin trong H_{BG2} và bao gồm cột 10 đến cột $(10 + m_A - 1)$ trong H_{BG2} , số đếm cột trong H_{BG2} bằng $10 + m_A$, trong đó $4 \leq m_A \leq 7$. Chẳng hạn, nếu $K_b \in \{6, 8, 9\}$, H_{BG} có thể thu được sau khi cột K_b đến cột 9 được xóa khỏi H_{BG2} . Nếu $K_b = 10$, $H_{BG} = H_{BG2}$.

Theo thiết kế khả thi, $0_{m_c \times n_c}$ là ma trận con C trong đồ thị cơ sở theo các phương án thực hiện nêu trên, và $I_{n_c \times n_c}$ là ma trận con E theo các phương án thực hiện nêu trên, sao cho $H_{BG2} = \begin{bmatrix} A & B \\ & D \end{bmatrix}$, trong đó A, B, và D lần lượt là các ma trận con A, B, và D trong đồ thị cơ sở theo các phương án thực hiện nêu trên. Do vậy, $m_c=7$, $0 \leq n_c \leq 35$, số đếm hàng trong H_{BG2} nhỏ hơn hoặc bằng 42 và lớn hơn hoặc bằng 4, và số đếm cột trong H_{BG2} bằng 17.

Theo thiết kế khả thi khác, do cột 14 đến cột 16 là cột trọng số 1 và phần tử khác 0 trong các cột này trong hàng 4 đến hàng 6, do vậy, $m_c=6$, $0 \leq n_c \leq 36$, và số đếm cột trong H_{BG2} bằng 16; hoặc $m_c=5$, $0 \leq n_c \leq 37$, và số đếm cột trong H_{BG2} bằng 15; hoặc $m_c=4$, $0 \leq n_c \leq 38$, và số đếm cột trong H_{BG2} bằng 14.

Một cách tương ứng, ma trận LDPC H có thể được biểu diễn bằng $H=[H_1 H_2]$.

H_1 có thể thu được bằng cách thay thế mỗi phần tử 0 trong H_{BG} với ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$, và thay thế mỗi phần tử khác 0 với ma trận hoán vị tròn h_{ij} có kích thước $Z \times Z$, trong đó ma trận hoán vị tròn h_{ij} thu được bằng cách dịch chuyển tròn ma trận đồng nhất có kích thước $Z \times Z$ sang phải P_{ij} lần, và h_{ij} có thể cũng được biểu diễn by $I(P_{ij})$, trong đó i là chỉ mục hàng và j là chỉ mục cột. Theo thiết kế khả thi, $P_{ij} = \text{mod}(V_{ij}, Z)$, trong đó V_{ij} là phần tử khác 0 trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở tương ứng với chỉ mục tập hệ số nâng tương ứng với Z .

H_2 có thể thu được bằng cách thay thế mỗi phần tử 0 trong $H_{BG,EXT}$ với ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$ và thay thế mỗi phần tử khác 0 với ma trận đồng nhất có kích thước $Z \times Z$.

Bộ mã hóa có thể thực hiện mã hóa và xuất ra theo nhiều cách. Đồ thị cơ sở 30a được nêu theo các phương án thực hiện nêu trên được sử dụng làm ví dụ để mô tả dưới đây. Đồ thị cơ sở có tối đa 42 hàng và tối đa 52 cột, và bao gồm hai cột đục lỗ lấp sẵn. Để dễ mô tả, theo sáng chế, đồ thị cơ sở có nhiều hàng nhất và nhiều cột nhất đôi lúc được gọi là đồ thị cơ sở hoàn chỉnh.

Cách thức 1

Mã hóa được thực hiện dựa trên đồ thị cơ sở hoàn chỉnh, sao cho nhiều bit chẵn lẻ nhất có thể thu được. Trong trường hợp này, $m=42$ và $n=52$, mà tương ứng với hàng 0 đến hàng 41 và cột 0 đến cột 51 trong đồ thị cơ sở nêu trên.

Một cách tương ứng, đối với ma trận LDPC H , M bằng $42 \times Z$, và nếu chuỗi đầu ra bao gồm các bit thông tin tương ứng với cột tương ứng với các bit đọc lỗi cài sẵn, $N=(42+Kb) \times Z$; hoặc nếu chuỗi đầu ra không bao gồm $2 \times Z$ bit thông tin tương ứng với các bit đọc lỗi cài sẵn, $N=(40+Kb) \cdot Z$.

Các bit thông tin và bit chẵn lẻ cần được gửi có thể được xác định từ chuỗi đầu ra được tạo bởi bộ mã hóa trong quá trình xử lý tiếp theo.

Cách thức 2

Mã hóa được thực hiện dựa trên một số hàng và một số cột trong đồ thị cơ sở hoàn chỉnh. Hàng và cột có thể được lựa chọn, dựa trên tốc độ mã cần được gửi, hoặc số lượng bit thông tin và số lượng bit chẵn lẻ cần được gửi, hoặc tương tự, từ đồ thị cơ sở hoàn chỉnh để mã hóa.

Chẳng hạn, tốc độ mã bằng $2/3$, $m=7$, và $n=17$, tức là, mã hóa được thực hiện dựa trên hàng 0 đến hàng 6 và cột 0 đến cột 16 trong đồ thị cơ sở nêu trên 30a.

Một cách tương ứng, đối với ma trận LDPC H , $M=7 \times Z$, và nếu chuỗi đầu ra bao gồm các bit thông tin tương ứng với cột đọc lỗi lắp sẵn, $N=17 \times Z$; hoặc nếu chuỗi đầu ra không bao gồm các bit thông tin tương ứng với cột đọc lỗi lắp sẵn, $N=15 \times Z$.

Trong ví dụ khác, tốc độ mã bằng $5/6$, $m=4$, và $n=14$.

Trong ví dụ khác, tốc độ mã bằng $1/5$, $m=42$, và $n=52$.

Có thể nhận biết rằng kích thước của đồ thị cơ sở của H là $4 \leq m \leq 42$ và $14 \leq n \leq 52$. Một cách tương ứng, đối với ma trận LDPC H , $4 \times Z \leq M \leq 42 \times Z$ và $(4+Kb) \times Z \leq N \leq (42+Kb) \times Z$.

Chẳng hạn, nếu Z bằng 13 và trong tập 7, mã hóa được thực hiện trên chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC thu được dựa trên ma trận cơ sở 3b-7 tương ứng với tập 7.

Theo thiết kế khác, phần tử P_{ij} trong hàng i và cột j của ma trận cơ sở của hệ số nâng Z có thể cũng thỏa mãn mối quan hệ sau:

$$P_{i,j} = \begin{cases} -1 & V_{i,j} = -1 \\ \text{mod}(V_{i,j}, Z) & V_{i,j} \geq 0 \end{cases}, \text{ trong đó}$$

$V_{i,j}$ có thể là giá trị dịch chuyển của phần tử trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở của tập mã có Z , tức là, giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0 trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở của hệ số nâng lớn nhất trong tập mã có Z .

Chẳng hạn, bằng cách sử dụng ví dụ trong đó Z bằng 13, phần tử $P_{i,j}$ trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở Z thỏa mãn:

$$P_{i,j} = \begin{cases} -1 & V_{i,j} = -1 \\ \text{mod}(V_{i,j}, Z) & V_{i,j} \geq 0 \end{cases}, \text{ trong đó}$$

$V_{i,j}$ là giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0 trong hàng i và cột j trong ma trận cơ sở 3b-7.

Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ này không tạo giới hạn theo sáng chế.

Theo các triển khai nêu trên, ma trận cơ sở H_B của ma trận LDPC H có thể là ma trận cơ sở bất kỳ được nêu theo các phương án thực hiện nêu trên hoặc ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoặc hoán vị cột, hoặc hoán vị hàng và hoán vị cột trên ma trận cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC bao gồm ít nhất ma trận con A và ma trận con B, và có thể còn bao gồm ma trận con C, ma trận con D, và ma trận con E. Đối với mỗi ma trận con, tham khảo các phần mô tả theo các phương án thực hiện nêu trên, và các chi tiết không được mô tả lại ở đây. Chắc chắn là, ma trận cơ sở H_B có thể theo cách khác là ma trận cơ sở mà đồ thị cơ sở giống như đồ thị cơ sở 30a. Sáng chế không bị giới hạn ở đây.

Theo triển khai khả thi, ma trận cơ sở H_B của mã LDPC có thể được lưu trữ trong bộ nhớ, và bộ mã hóa thu được ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z , để mã hóa chuỗi đầu vào. Theo triển khai khả thi khác, do có các ma trận cơ sở H_B của mã LDPC, không gian lưu trữ tương đối lớn bị chiếm khi các ma trận cơ sở được lưu trữ theo các cấu trúc ma trận. Đồ thị cơ sở của mã LDPC có thể theo cách khác được lưu trữ trong bộ nhớ, và các giá trị độ dịch của các phần tử khác 0 trong các ma trận cơ sở có thể được lưu trữ theo hàng hoặc theo cột, và sau đó ma trận LDPC có thể thu được dựa trên đồ thị cơ sở và các giá trị dịch

chuyển của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z .

Đồ thị cơ sở có thể chỉ báo các vị trí của phần tử khác 0 trong mỗi ma trận cơ sở. Theo triển khai khả thi khác, việc lưu trữ đồ thị cơ sở có thể là lưu trữ các vị trí của phần tử khác 0 trong đồ thị cơ sở. Vị trí của phần tử khác 0 có thể được chỉ báo bởi hàng và cột trong đó đặt phần tử khác 0, chẳng hạn, vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng, hoặc vị trí hàng của phần tử khác 0 trong cột. Theo triển khai khả thi khác, việc lưu trữ đồ thị cơ sở cũng có thể là lưu trữ các vị trí của các phần tử 0 trong đồ thị cơ sở. Tương tự, vị trí của phần tử 0 có thể cũng được chỉ báo bởi hàng và cột mà trong đó đặt phần tử 0, chẳng hạn, vị trí cột của phần tử 0 trong hàng, hoặc vị trí hàng của phần tử 0 trong cột. Do vậy, các vị trí của các phần tử khác 0 có thể thu được bằng cách loại trừ các vị trí của các phần tử 0. Lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ này không tạo giới hạn theo sáng chế.

Theo thiết kế, các tham số liên quan đến đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở có thể được biểu diễn trong bảng. Chẳng hạn, các tham số hoặc các bảng liên quan có thể được lưu trữ trong một hoặc nhiều bộ nhớ. Các tham số liên quan chẳng hạn chỉ mục hàng trong đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở và chỉ mục cột trong đó đặt phần tử khác 0 được đọc từ bộ nhớ, để thu thập đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở. Một cách tùy chọn, trọng số hàng của mỗi hàng, và giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0 trong mỗi hàng có thể được lưu trữ.

Phần sau sử dụng Fig.3a làm ví dụ để mô tả. Đối với đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở khác theo sáng chế, tham khảo thiết kế tương tự.

Chẳng hạn, các tham số trong đồ thị cơ sở 30a có thể được biểu diễn trong bảng 2.

Bảng 2

Chỉ mục hàng	Trọng số hàng (mức độ hàng/trọng số hàng)	Chỉ mục cột của phần tử khác 0 (vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng)
0	8	0, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11
1	10	0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
2	8	0, 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13
3	10	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13
4	4	0, 1, 11, 14
5	6	0, 1, 5, 7, 11, 15
6	6	0, 5, 7, 9, 11, 16
7	6	1, 5, 7, 11, 13, 17
8	4	0, 1, 12, 18
9	5	1, 8, 10, 11, 19
10	5	0, 1, 6, 7, 20
11	5	0, 7, 9, 13, 21
12	4	1, 3, 11, 22
13	5	0, 1, 8, 13, 23
14	5	1, 6, 11, 13, 24
15	4	0, 10, 11, 25
16	5	1, 9, 11, 12, 26
17	5	1, 5, 11, 12, 27
18	4	0, 6, 7, 28
19	4	0, 1, 10, 29
20	4	1, 4, 11, 30
21	4	0, 8, 13, 31
22	3	1, 2, 32
23	4	0, 3, 5, 33
24	4	1, 2, 9, 34
25	3	0, 5, 35
26	5	2, 7, 12, 13, 36
27	3	0, 6, 37
28	4	1, 2, 5, 38
29	3	0, 4, 39
30	5	2, 5, 7, 9, 40
31	3	1, 13, 41
32	4	0, 5, 12, 42
33	4	2, 7, 10, 43
34	4	0, 12, 13, 44
35	4	1, 5, 11, 45
36	4	0, 2, 7, 46
37	3	10, 13, 47
38	4	1, 5, 11, 48
39	4	0, 7, 12, 49
40	4	2, 10, 13, 50
41	4	1, 5, 11, 51

Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ này không tạo giới hạn. Các tham số liên quan của đồ thị cơ sở hoặc ma trận cơ sở khác theo sáng chế có thể cũng được biểu diễn trong bảng tương tự. Có thể hiểu rằng đồ thị cơ sở 30a và bảng 2 nêu trên nhằm giúp hiểu các thiết kế của đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở. Các dạng biểu diễn của đồ thị cơ sở và ma trận cơ sở không bị giới hạn chỉ ở các dạng biểu diễn của đồ thị cơ sở 30a và bảng 2 nêu trên. Các biến thể khả thi khác có thể được bao gồm.

Theo triển khai, các tham số liên quan có thể là chỉ mục cột, trọng số cột, và chỉ mục hàng trong đó đặt phần tử khác 0; hoặc chỉ mục cột, trọng số cột, và chỉ mục hàng trong đó đặt phần tử 0. Việc sử dụng dạng bảng 3 làm ví dụ, bảng 3 thể hiện chỉ các vị trí của hai cột của đồ thị cơ sở. Các cột khác có thể được suy ra tương tự, và các chi tiết không được mô tả lần lượt. Cột 14 đến cột 51 có thể là cột trọng số 1, và có thể theo cách khác không được lưu trữ. Chỉ mục hàng của phần tử khác 0 được tính toán theo chỉ mục cột.

Bảng 3

Chỉ mục cột	Trọng số cột	Chỉ mục hàng của phần tử khác 0
0	22	0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 32, 34, 36, 39
1	23	0, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 28, 35, 38, 41
...	...	...

Theo triển khai, tham số “trọng số hàng” hoặc “trọng số cột” trong bảng 2 hoặc bảng 3 có thể bị bỏ qua theo cách khác. Theo cột hoặc các hàng trong đó phần tử khác 0 trong đó đặt hàng hoặc cột, số lượng phần tử khác 0 trong hàng hoặc cột được nhận biết. Do vậy, trọng số hàng hoặc trọng số cột cũng được nhận biết.

Theo triển khai, các giá trị tham số trong “Chỉ mục cột của phần tử khác 0” trong bảng 2 và các giá trị tham số trong “Chỉ mục hàng của phần tử khác 0” trong bảng 3 có thể được sắp xếp theo thứ tự khác thay vì thứ tự tăng dần, giả sử rằng giá trị tham số được đánh chỉ mục về cột của phần tử khác 0 hoặc được đánh chỉ mục cho hàng của phần tử khác 0.

Theo triển khai, bảng 2 hoặc bảng 3 có thể còn bao gồm cột “Giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0”. Các giá trị tham số trong cột “Giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0” theo phép tương ứng một – một với các giá trị tham số trong “Chỉ mục cột của phần tử khác 0”. Bảng 5 có thể còn bao gồm cột “Giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0”. Các giá trị tham số trong cột “Giá trị dịch chuyển của phần tử khác 0” theo phép tương ứng một – một với các giá trị tham số trong “Chỉ mục hàng của phần tử khác 0”.

Theo thiết kế, để tiết kiệm không gian lưu trữ, vị trí của phần tử khác 0 trong một phần với cấu trúc định nghĩa tương đối trong đồ thị cơ sở, có thể được tính toán theo vị trí hàng và chỉ mục cột, và có thể không được lưu trữ. Chẳng hạn, ma trận con E là ma trận đường chéo, và bao gồm các phần tử khác 0 chỉ trên đường chéo của ma trận. Chỉ mục cột của phần tử khác 0 có thể được tính toán theo chỉ mục hàng, hoặc chỉ mục hàng của phần tử khác 0 có thể cũng được tính toán theo chỉ mục cột. Sử dụng đồ thị cơ sở 30a làm ví dụ, đối với cột trọng số 1 trong hàng m_e , trong đó $m_e \geq 4$, chỉ mục cột của phần tử khác 0 là cột $(m_e + K_b)$, Trong trường hợp này, $K_b = 10$. Chẳng hạn, chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 là cột 14. Trong ví dụ khác, cấu trúc hai đường chéo B' trong ma trận con B được đặt trong hàng 0 đến hàng 3 và cột 11 đến cột 13 trong đồ thị cơ sở 30a. Cột vị trí của phần tử khác 0 có thể được tính toán theo chỉ mục hàng, hoặc chỉ mục hàng của phần tử khác 0 có thể cũng được tính toán theo chỉ mục cột. Đối với hàng m_B , nếu $0 < m_B < 3$, các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng bao gồm cột $(m_B + K_b)$ và cột $(m_B + K_b + 1)$; và nếu $m_B = 0$ hoặc $m_B = 3$, chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng bao gồm cột $(m_B + K_b)$.

Như được thể hiện trên bảng 4, bảng 4 thể hiện các tham số trong các hàng trong đồ thị cơ sở 30a. Các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong cột 0 đến cột 13 có thể được lưu trữ. Tuy nhiên, các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong cột 14 đến cột 52 không được lưu trữ, tức là, chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong cột trọng số 1 không được lưu trữ. Bảng 4 có thể được sử dụng để chỉ báo H_{BG2} bao gồm 14 cột:

Bảng 4

Chỉ mục hàng	Trọng số hàng	Chỉ mục cột của phân tử khác 0
0	8	0, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11
1	10	0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
2	8	0, 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13
3	10	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13
4	3	0, 1, 11
5	5	0, 1, 5, 7, 11
6	5	0, 5, 7, 9, 11
7	5	1, 5, 7, 11, 13
8	3	0, 1, 12
9	4	1, 8, 10, 11
10	4	0, 1, 6, 7
11	4	0, 7, 9, 13
12	3	1, 3, 11
13	4	0, 1, 8, 13
14	4	1, 6, 11, 13
15	3	0, 10, 11
16	4	1, 9, 11, 12
17	4	1, 5, 11, 12
18	3	0, 6, 7
19	3	0, 1, 10
20	3	1, 4, 11
21	3	0, 8, 13
22	2	1, 2
23	3	0, 3, 5
24	3	1, 2, 9
25	2	0, 5
26	4	2, 7, 12, 13
27	2	0, 6
28	3	1, 2, 5
29	2	0, 4
30	4	2, 5, 7, 9
31	2	1, 13
32	3	0, 5, 12
33	3	2, 7, 10
34	3	0, 12, 13
35	3	1, 5, 11
36	3	0, 2, 7
37	2	10, 13
38	3	1, 5, 11
39	3	0, 7, 12
40	3	2, 10, 13
41	3	1, 5, 11

Chắc chắn, đối với các tham số được lưu trữ H_{BG2} bao gồm 15 cột, các tham số của hàng 0 đến hàng 3 và cột 5 đến cột 41 giống như các tham số trong bảng

4. Trọng số hàng của hàng 4 là trọng số hàng của hàng 4 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 4. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 bao gồm các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 trong bảng 4 và chỉ mục cột 4, tức là, 0, 1, 11, và 14. Đối với các tham số được lưu trữ H_{BG2} bao gồm 16 cột, các tham số của hàng 0 đến hàng 3 và cột 6 đến cột 41 giống như các tham số trong bảng 4. Trọng số hàng của hàng 4 là trọng số hàng của hàng 4 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 4. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 bao gồm các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 trong bảng 4 và chỉ mục cột 14, tức là, 0, 1, 11, và 14. Trọng số hàng của hàng 5 là trọng số hàng của hàng 5 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 6. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 5 bao gồm các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 5 trong bảng 4 và vị trí mà có chỉ mục cột là 15, tức là, 0, 1, 5, 7, 11, và 15.

Đối với các tham số được lưu trữ H_{BG2} bao gồm 17 cột, các tham số của hàng 0 đến hàng 3 và cột 7 đến cột 41 giống như các tham số trong bảng 4. Trọng số hàng của hàng 4 là trọng số hàng của hàng 4 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 4. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 bao gồm các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 4 trong bảng 4 và chỉ mục cột 14, tức là, 0, 1, 11, và 14. Trọng số hàng của hàng 5 là trọng số hàng của hàng 5 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 6. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 5 bao gồm các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 5 trong bảng 4 và chỉ mục cột 15, tức là, 0, 1, 5, 7, 11, và 15. Trọng số hàng của hàng 6 là trọng số hàng của hàng 6 trong bảng 4 cộng 1, tức là, 6. Các vị trí cột của phần tử khác 0 trong hàng 6 bao gồm các chỉ mục cột của phần tử khác 0 trong hàng 6 trong bảng 4 và chỉ mục cột 16, tức là, 0, 5, 7, 9, 11, và 16, như được thể hiện trên bảng 5.

Bảng 5

Chỉ mục hàng	Trọng số hàng	Chỉ mục cột của phân tử khác 0
0	8	0, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11
1	10	0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
2	8	0, 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13
3	10	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13
4	4	0, 1, 11, 14
5	6	0, 1, 5, 7, 11, 15
6	6	0, 5, 7, 9, 11, 16
7	5	1, 5, 7, 11, 13
8	3	0, 1, 12
9	4	1, 8, 10, 11
10	4	0, 1, 6, 7
11	4	0, 7, 9, 13
12	3	1, 3, 11
13	4	0, 1, 8, 13
14	4	1, 6, 11, 13
15	3	0, 10, 11
16	4	1, 9, 11, 12
17	4	1, 5, 11, 12
18	3	0, 6, 7
19	3	0, 1, 10
20	3	1, 4, 11
21	3	0, 8, 13
22	2	1, 2
23	3	0, 3, 5
24	3	1, 2, 9
25	2	0, 5
26	4	2, 7, 12, 13
27	2	0, 6
28	3	1, 2, 5
29	2	0, 4
30	4	2, 5, 7, 9
31	2	1, 13
32	3	0, 5, 12
33	3	2, 7, 10
34	3	0, 12, 13
35	3	1, 5, 11
36	3	0, 2, 7
37	2	10, 13
38	3	1, 5, 11
39	3	0, 7, 12
40	3	2, 10, 13
41	3	1, 5, 11

Trong các thiết kế nêu trên, mỗi cột “trọng số hàng” là tùy chọn. Theo thiết kế khả thi, trong đồ thị cơ sở, 1 và 0 trong mỗi hàng hoặc mỗi cột có thể được

xem là các số nhị phân. Không gian lưu trữ có thể được tiết kiệm bằng các lưu trữ các số nhị phân làm các số thập phân hoặc các số thập lục phân. Việc sử dụng đồ thị bất kỳ trong các đồ thị cơ sở nêu trên làm ví dụ, đối với mỗi hàng, các vị trí của phần tử khác 0 trong 26 cột trước đó hoặc 27 cột trước đó có thể được lưu trữ bằng cách sử dụng bốn số thập lục phân. Chẳng hạn, nếu 14 cột trước đó trong hàng 0 là 11110010011100, các vị trí của phần tử khác 0 trong hàng 0 có thể được ký hiệu là 0xF2 và 0x70, tức là, mỗi tám cột tạo thành số thập lục phân. Đối với hai cột cuối cùng trong hàng 0, số thập lục phân tương ứng có thể thu được bằng cách đệm các số 0 để đạt được bội số nguyên 8 bit. Chắc chắn là, số thập lục phân tương ứng có thể theo cách khác thu được bằng cách đệm các số 0 trước 11110010011100 để đạt bội số nguyên 8 bit. Các hàng khác có thể được suy ra tương tự, và các chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ không giới hạn theo sáng chế.

Khi chuỗi bit thông tin được mã hóa, ma trận LDPC H được sử dụng để mã hóa có thể thu được bằng cách mở rộng ma trận cơ sở H_B theo Z. Đối với mỗi phần tử khác 0 P_{ij} trong ma trận cơ sở H_B , ma trận hoán vị tròn h_{ij} có kích thước $Z \times Z$ được xác định, trong đó h_{ij} là ma trận hoán vị tròn thu được bằng cách dịch chuyển tròn ma trận đồng nhất cho P_{ij} lần. Ma trận kiểm tra chẵn lẻ H thu được bằng cách thay thế mỗi phần tử khác 0 P_{ij} với h_{ij} và thay thế mỗi phần tử 0 trong ma trận cơ sở H_B với ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$.

Trong hệ thống truyền thông, mã LDPC có thể thu được bằng cách mã hóa bằng cách sử dụng phương pháp nêu trên. Sau khi thu được mã LDPC, thiết bị truyền thông có thể còn thực hiện một hoặc nhiều hoạt động sau: thực hiện so khớp tốc độ trên mã LDPC; đan xen, theo sơ đồ đan xen, mã LDPC thu được bằng cách thực hiện so khớp tốc độ; giải điều biến mã LDPC được đan xen theo phương tiện điều biến thu thập chuỗi bit B; và gửi chuỗi bit B.

Ở phương pháp giải mã theo phương án thực hiện khác của sáng chế, bộ giải mã giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC có thể là đồ thị cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên. Ma trận cơ sở H_B của ma trận LDPC có thể là ma trận cơ sở bất kỳ trong các ví dụ

nêu trên. Chuỗi đầu vào của bộ giải mã có thể là chuỗi giá trị mềm của mã LDPC.

Ngoài ra, phương pháp bao gồm bước: xác định hệ số nâng Z . Thiết bị truyền thông ở đầu nhận có thể nhận tín hiệu bao gồm mã LDPC, thu thập chuỗi giá trị mềm của mã LDPC trong tín hiệu, và xác định hệ số nâng Z tương ứng.

Việc giải mã, bởi bộ giải mã, chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC có thể là giải mã chuỗi giá trị mềm của mã LDPC bằng cách sử dụng ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z .

Giải mã là quá trình đảo của mã hóa. Do vậy, đối với các phần mô tả ma trận LDPC H và đồ thị cơ sở của ma trận LDPC, tham khảo các phương án thực hiện mã hóa nêu trên. Trong khi giải mã, giải mã có thể theo cách khác được thực hiện dựa trên đồ thị cơ sở hoàn chỉnh, hoặc dựa trên một số hàng và cột của đồ thị cơ sở hoàn chỉnh. Ma trận cơ sở H_B của ma trận LDPC có thể là ma trận cơ sở bất kỳ theo các phương án thực hiện nêu trên hoặc ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoặc hoán vị cột, hoặc cả hoán vị hàng lẫn hoán vị cột trên ma trận cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC bao gồm ít nhất ma trận con A và ma trận con B, và có thể còn bao gồm ma trận con C, ma trận con D, và ma trận con E. Đối với mỗi phần, tham khảo các phần mô tả theo các phương án thực hiện nêu trên, và các chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Theo thiết kế khả thi, ma trận cơ sở H_B của mã LDPC có thể được lưu trữ trong bộ nhớ, và các giá trị mềm của mã LDPC có thể được giải mã bằng cách thu được ma trận LDPC tương ứng với hệ số nâng Z .

Theo triển khai khả thi khác, do có các ma trận cơ sở của mã LDPC, không gian lưu trữ tương đối lớn bị chiếm khi các ma trận cơ sở được lưu trữ theo các cấu trúc ma trận. Đồ thị cơ sở của mã LDPC có thể theo cách khác được lưu trữ trong bộ nhớ, và các giá trị độ dịch của các phần tử khác 0 trong các ma trận cơ sở có thể được lưu trữ theo hàng hoặc theo cột, và sau đó ma trận LDPC có thể thu được dựa trên đồ thị cơ sở và các giá trị dịch chuyển của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z .

Đối với cách thức lưu trữ đồ thị cơ sở, đồ thị cơ sở có thể được lưu trữ theo các cách khác nhau được mô tả theo các phương án thực hiện mã hóa nêu trên. Nên lưu ý rằng chỉ các ví dụ được nêu ở đây, và các ví dụ này không tạo giới hạn.

Giải mã là quá trình ngược với mã hóa, và ma trận cơ sở H_B được sử dụng trong khi giải mã có cùng đặc tính với ma trận cơ sở theo các phương án thực hiện phương pháp mã hóa. Để thu thập ma trận LDPC H bằng cách nâng ma trận cơ sở H_B , tham khảo các phương án thực hiện phương pháp mã hóa.

Trong hệ thống truyền thông, trước phương pháp giải mã, thiết bị truyền thông có thể còn thực hiện một hoặc nhiều hoạt động sau: nhận tín hiệu bao gồm mã LDPC, và thực hiện giải điều biến, giải đan xen, và thực hiện giải so khớp tốc độ trên tín hiệu, để thu thập các giá trị mềm của mã LDPC.

Theo triển khai khả thi, một hoặc nhiều các tham số sau có thể được lưu trữ:

tham số được sử dụng để thu thập ma trận cơ sở bất kỳ H_B được mô tả theo các triển khai nêu trên. Ma trận cơ sở H_B có thể thu được dựa trên các tham số; chẳng hạn, các tham số có thể bao gồm một hoặc nhiều tham số sau: các giá trị dịch chuyển trong ma trận cơ sở, hệ số nâng, đồ thị cơ sở của ma trận cơ sở, tốc độ mã, hoặc tương tự;

ma trận cơ sở H_B , vốn là một trong các ma trận cơ sở bất kỳ được mô tả theo các triển khai nêu trên;

ma trận thu được sau khi thực hiện nâng dựa trên ma trận cơ sở H_B ;

ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột dựa trên ma trận cơ sở bất kỳ H_B được mô tả theo các triển khai nêu trên, trong đó theo sáng chế, hoán vị hàng/cột đề cập đến hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc hoán vị hàng và hoán vị cột; và

ma trận thu được bằng cách thực hiện nâng dựa trên ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột.

Theo triển khai khả thi, trong quá trình mã hóa hoặc quá trình giải mã, mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC có thể được thực hiện theo một hoặc nhiều cách thức sau:

i. Thu thập ma trận cơ sở H_B dựa trên (a) nêu trên, và thực hiện mã hóa hoặc

giải mã dựa trên ma trận cơ sở H_B thu được; hoặc thực hiện hoán vị hàng/cột dựa trên ma trận cơ sở H_B thu được, và thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột, trong đó việc thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận cơ sở có thể một cách tùy chọn còn bao gồm thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận được nâng của ma trận cơ sở;

ii. Thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận cơ sở được lưu trữ (ma trận cơ sở được lưu trữ H_B , hoặc ma trận cơ sở được lưu trữ thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột dựa trên ma trận cơ sở H_B) trong (b) hoặc (d); hoặc thực hiện hoán vị hàng/cột dựa trên ma trận cơ sở được lưu trữ, và thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng/cột, trong đó việc thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận cơ sở có thể một cách tùy chọn còn bao gồm thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên ma trận được nâng của ma trận cơ sở; và

iii. Thực hiện mã hóa hoặc giải mã dựa trên (c) hoặc (e).

Việc lưu trữ theo sáng chế có thể lưu trữ trong một hoặc nhiều bộ nhớ. Một hoặc nhiều bộ nhớ có thể được đặt riêng rẽ, hoặc có thể được tích hợp vào bộ mã hóa, bộ giải mã, bộ xử lý, vi mạch, thiết bị truyền thông, hoặc trạm đầu cuối. Theo cách khác, một số trong một hoặc nhiều bộ nhớ có thể được đặt riêng rẽ, và các bộ nhớ còn lại được tích hợp vào bộ mã hóa, bộ giải mã, bộ xử lý, vi mạch, thiết bị truyền thông, hoặc trạm đầu cuối. Loại bộ nhớ có thể là vật lưu trữ ở dạng bất kỳ. Điều này không bị giới hạn theo sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ cấu trúc của thiết bị truyền thông 500. Thiết bị 500 có thể được tạo cấu hình để triển khai phương pháp được mô tả theo các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Có thể tham khảo các phần mô tả theo các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Thiết bị truyền thông 500 có thể là vi mạch, BS, trạm đầu cuối, hoặc các thiết bị mạng khác.

Thiết bị truyền thông 500 bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý 501. Bộ xử lý 501 có thể là bộ xử lý đa năng, bộ xử lý chuyên dụng, hoặc tương tự. Chẳng hạn, bộ xử lý 501 có thể là bộ xử lý băng gốc hoặc khối xử lý trung tâm (central processing unit, CPU). Bộ xử lý băng gốc có thể được tạo cấu hình để

xử lý giao thức truyền thông và dữ liệu truyền thông. CPU có thể được tạo cấu hình để: điều khiển thiết bị truyền thông (chẳng hạn BS, trạm đầu cuối, hoặc vi mạch), thực thi chương trình phần mềm, và xử lý dữ liệu của chương trình phần mềm.

Theo thiết kế khả thi, thiết bị truyền thông 500 bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý 501. Một hoặc nhiều bộ xử lý 501 có thể triển khai chức năng của bộ mã hóa nêu trên. Theo thiết kế khả thi khác, bộ mã hóa nêu trên có thể là một phần của bộ xử lý 501. Bên cạnh chức năng của bộ mã hóa, bộ xử lý 501 có thể còn triển khai chức năng khác.

Thiết bị truyền thông 500 mã hóa chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC có thể là đồ thị cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên, hoặc đồ thị cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc cả hoán vị hàng và hoán vị cột trên đồ thị cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Ma trận cơ sở H_B của ma trận LDPC có thể là ma trận cơ sở bất kỳ theo các phương án thực hiện nêu trên, hoặc ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc cả hoán vị hàng và hoán vị cột trên ma trận cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Chuỗi đầu vào của bộ mã hóa có thể là chuỗi bit thông tin.

Theo thiết kế khả thi, một hoặc nhiều bộ xử lý 501 có thể triển khai chức năng của bộ giải mã nêu trên. Theo thiết kế khả thi khác, bộ giải mã nêu trên có thể là một phần bộ xử lý 501.

Thiết bị truyền thông 500 có thể được tạo cấu hình để giải mã chuỗi đầu vào bằng cách sử dụng ma trận LDPC. Đồ thị cơ sở của ma trận LDPC có thể là đồ thị cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên, hoặc đồ thị cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc cả hoán vị hàng và hoán vị cột trên đồ thị cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Ma trận cơ sở H_B của ma trận LDPC có thể là ma trận cơ sở bất kỳ trong các ví dụ nêu trên, hoặc ma trận cơ sở thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc cả hoán vị hàng lẫn hoán vị cột trên ma trận cơ sở bất kỳ được mô tả trên đây. Chuỗi đầu vào của bộ giải mã có thể là chuỗi giá trị mềm.

Theo thiết kế khả thi tùy chọn, bộ xử lý 501 có thể còn bao gồm các lệnh

503. Các lệnh có thể được thực thi trên bộ xử lý, sao cho thiết bị truyền thông 500 thực hiện phương pháp được mô tả theo các phương án thực hiện phương pháp nêu trên.

Theo thiết kế khả thi khác, thiết bị truyền thông 500 có thể còn bao gồm mạch. Mạch này có thể triển khai chức năng của bộ mã hóa, chức năng của bộ giải mã, hoặc các chức năng của bộ mã hóa và bộ giải mã theo các phương án thực hiện phương pháp nêu trên.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông 500 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ nhớ 502. Bộ nhớ lưu trữ các lệnh 504, và các lệnh có thể được thực thi trên bộ xử lý, sao cho thiết bị truyền thông 500 thực hiện phương pháp được mô tả theo các phương án thực hiện phương pháp nêu trên. Một cách tùy chọn, bộ nhớ có thể còn lưu trữ dữ liệu. Một cách tùy chọn, bộ xử lý có thể còn lưu trữ các lệnh và/hoặc dữ liệu. Bộ xử lý và bộ nhớ có thể được đặt riêng rẽ, hoặc có thể được tích hợp với nhau. Một cách tùy chọn, một hoặc nhiều bộ nhớ 502 có thể lưu trữ các tham số liên quan đến ma trận cơ sở, Chẳng hạn, giá trị dịch chuyển, đồ thị cơ sở, ma trận thu được qua nâng dựa trên đồ thị cơ sở, mỗi hàng trong ma trận cơ sở, và hệ số nâng. Một cách tùy chọn, một hoặc nhiều bộ nhớ 502 có thể lưu trữ ma trận cơ sở hoặc ma trận thu được qua nâng dựa trên ma trận cơ sở.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông 500 có thể còn bao gồm bộ thu phát 505 và anten 506. Bộ xử lý 501 có thể được gọi là khối xử lý. Bộ xử lý 501 điều khiển thiết bị truyền thông (trạm đầu cuối hoặc BS). Bộ thu phát 505 có thể được gọi là khối bộ thu phát, mạch bộ thu phát, bộ thu phát, hoặc tương tự, và được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng truyền và nhận của thiết bị truyền thông bằng cách sử dụng anten 506.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông 500 có thể còn bao gồm thành phần được tạo cấu hình để tạo khối vận chuyển CRC, thành phần được sử dụng để phân đoạn khối mã và đính kèm CRC, bộ đan xen được sử dụng để đan xen, bộ điều biến được sử dụng để xử lý điều biến, hoặc tương tự. Các chức năng của các thành phần có thể được triển khai bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý 501.

Một cách tùy chọn, thiết bị truyền thông 500 có thể còn bao gồm bộ giải điều biến được sử dụng cho hoạt động giải điều biến, bộ giải đan xen được sử dụng để giải đan xen, thành phần được sử dụng để giải so khớp tốc độ, hoặc tương tự. Các chức năng của các thành phần có thể được triển khai bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ xử lý 501.

Fig.6 là sơ đồ của hệ thống truyền thông 600. Hệ thống truyền thông 600 bao gồm thiết bị truyền thông 60 và thiết bị truyền thông 61. Dữ liệu thông tin được nhận và gửi giữa thiết bị truyền thông 60 và thiết bị truyền thông 61. Thiết bị truyền thông 60 và thiết bị truyền thông 61 có thể là thiết bị truyền thông 500, hoặc thiết bị truyền thông 60 và thiết bị truyền thông 61 lần lượt bao gồm thiết bị truyền thông 500 để nhận và gửi dữ liệu thông tin. Trong ví dụ, thiết bị truyền thông 60 có thể là trạm đầu cuối, và một cách tương ứng, thiết bị truyền thông 61 có thể là BS. Trong ví dụ khác, thiết bị truyền thông 60 là BS, và một cách tương ứng, thiết bị truyền thông 61 có thể là trạm đầu cuối.

Chuyên gia trong lĩnh vực có thể còn hiểu rằng các khối lô gic minh hoạt khác và các bước được liệt kê theo các phương án thực hiện sáng chế có thể được triển khai bằng cách sử dụng phần cứng điện tử, phần mềm máy tính, hoặc tổ hợp của nó. Liệu các chức năng có được triển khai bằng cách sử dụng phần cứng hoặc phần mềm tùy thuộc vào các ứng dụng cụ thể và yêu cầu thiết kế của toàn bộ hệ thống. Đối với mỗi ứng dụng cụ thể, chuyên gia trong lĩnh vực có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để triển khai các chức năng. Tuy nhiên, việc triển khai này không nên được hiểu là vượt quá phạm vi bảo hộ của các phương án thực hiện sáng chế.

Các khối lô gic và các mạch minh họa khác nhau được mô tả theo các phương án thực hiện sáng chế có thể triển khai hoặc vận hành các chức năng được mô tả bằng cách sử dụng bộ xử lý chung, bộ xử lý tín hiệu số, mạch tích hợp ứng dụng cụ thể (application-specific integrated circuit, ASIC), mảng cổng dạng trường lập trình được (field programmable gate array, FPGA) hoặc thiết bị lô gic lập trình được khác, cổng rời rạc hoặc lô gic tranzito, linh kiện phần cứng rời rạc, hoặc thiết kế của tổ hợp bất kỳ của nó. Bộ xử lý chung có thể là bộ vi xử lý. Một cách tùy chọn, bộ xử lý chung cũng có thể là bộ xử lý truyền

thông bất kỳ, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, hoặc máy trạng thái. Bộ xử lý có thể cũng được triển khai bởi tổ hợp của các thiết bị tính toán, chẳng hạn bộ xử lý tín hiệu số và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý có lõi bộ xử lý tín hiệu số, hoặc cấu hình tương tự khác bất kỳ.

Các bước của các phương pháp hoặc các thuật toán được mô tả theo các phương án thực hiện sáng chế có thể được nhúng trực tiếp vào phần cứng, các lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, hoặc tổ hợp của nó. Bộ nhớ có thể là RAM, bộ nhớ nhanh, ROM, EPROM, EEPROM, thanh ghi, đĩa cứng, đĩa từ tháo được, CD-ROM, hoặc phương tiện lưu trữ có dạng khác bất kỳ theo giải pháp kỹ thuật đã biết. Chẳng hạn, bộ nhớ có thể kết nối với bộ xử lý sao cho bộ xử lý có thể đọc thông tin từ bộ nhớ và viết thông tin vào bộ nhớ. Theo cách khác, bộ nhớ có thể còn được tích hợp vào bộ xử lý. Bộ xử lý và bộ nhớ có thể được đặt trong ASIC, và ASIC có thể được đặt trong UE. Theo cách khác, bộ xử lý và bộ nhớ có thể được đặt trong các thành phần khác nhau của UE.

Với các phần mô tả của các phương án thực hiện nêu trên, chuyên gia trong lĩnh vực có thể hiểu rõ rằng sáng chế có thể được triển khai bởi phần cứng, firmware hoặc tổ hợp của nó. Khi sáng chế được triển khai bằng cách sử dụng chương trình phần mềm, tất cả hoặc một phần sáng chế có thể được triển khai ở dạng sản phẩm chương trình máy tính. Sản phẩm chương trình máy tính bao gồm một hoặc nhiều các lệnh máy tính. Khi các lệnh máy tính được nạp vào và thực thi trên máy tính, các thủ tục hoặc các chức năng theo các phương án thực hiện sáng chế được tạo đầy đủ hoặc một phần. Khi sáng chế được triển khai bởi chương trình phần mềm, các lệnh nêu trên có thể được được lưu trữ phương tiện máy tính đọc được hoặc được truyền dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trong phương tiện máy tính đọc được. Máy tính có thể là máy tính đa năng, máy tính dành riêng, mạng máy tính, hoặc thiết bị lập trình được khác. Các lệnh máy tính có thể được lưu trữ trong vật lưu trữ máy tính đọc được hoặc có thể được truyền từ vật lưu trữ máy tính đọc được sang vật lưu trữ máy tính đọc được khác. Phương tiện máy tính đọc được bao gồm vật lưu trữ máy tính và phương tiện truyền thông, trong đó phương tiện truyền thông bao gồm phương tiện bất kỳ cho phép chương trình máy tính được truyền từ một điểm sang điểm

khác. Phương tiện lưu trữ có thể là phương tiện khả dụng bất kỳ mà máy tính truy nhập được. Phần sau nêu ví dụ nhưng không giới hạn: Phương tiện máy tính đọc được có thể bao gồm RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM, hoặc phương tiện lưu trữ đĩa quang hoặc phương tiện lưu trữ đĩa khác, hoặc thiết bị lưu trữ từ tính khác, hoặc phương tiện khác bất kỳ có thể mang hoặc lưu trữ mã chương trình mong đợi ở dạng các lệnh hoặc cấu trúc dữ liệu và có thể được truy nhập bởi máy tính. Ngoài ra, kết nối bất kỳ có thể được định nghĩa thích hợp làm phương tiện máy tính đọc được. Chẳng hạn, nếu phần mềm được truyền từ website, máy chủ hoặc nguồn từ xa khác bằng cách sử dụng cáp đồng trục, sợi/cáp quang, cáp xoắn, đường thuê bao số (digital subscriber line, DSL) hoặc các công nghệ không dây chẳng hạn tia hồng ngoại, vô tuyến và vi sóng, cáp đồng trục, sợi/cáp quang, cáp xoắn, DSL hoặc các công nghệ không dây chẳng hạn tia hồng ngoại, vô tuyến và vi sóng được bao gồm khi cố định phương tiện có chúng. Chẳng hạn, disk và disc được sử dụng bởi sáng chế bao gồm compact disc (CD), đĩa laze, đĩa quang, DVD, đĩa mềm và đĩa Blue-ray, trong đó disk thường sao chép dữ liệu bằng phương tiện từ tính, và disc sao chép dữ liệu quang học bằng phương tiện laze. Tổ hợp nêu trên cũng nên được bao gồm trong phạm vi bảo hộ của phương tiện máy tính đọc được.

Kết luận, phần được mô tả trên đây chỉ là các ví dụ của các phương án thực hiện của các giải pháp kỹ thuật theo sáng chế, mà không được nhằm giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế. Chính sửa bất kỳ, thay thế tương đương, hoặc cải tiến được thực hiện mà xa rời nguyên lý của sáng chế sẽ nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp mã hóa kênh cho hệ thống truyền thông không dây, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

xác định hệ số nâng Z ;

xác định ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng từ các ma trận cơ sở;

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low density parity check LDPC) trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa;

trong đó mỗi ma trận trong các ma trận cơ sở bao gồm 42 hàng và 52 cột, các phần tử (i, j) trong các hàng và các cột sau đây tương ứng với ma trận hoán vị tròn có kích thước $Z \times Z$, và các phần tử khác trong các hàng sau tương ứng với ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$, trong đó i là chỉ số hàng; j là chỉ số cột, và cả i lẫn j là các số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0:

$i = 0, j = 0, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11$;

$i = 1, j = 0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12$;

$i = 2, j = 0, 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13$;

$i = 3, j = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13$;

$i = 4, j = 0, 1, 11, 14$;

$i = 5, j = 0, 1, 5, 7, 11, 15$;

$i = 6, j = 0, 5, 7, 9, 11, 16$;

$i = 7, j = 1, 5, 7, 11, 13, 17$;

$i = 8, j = 0, 1, 12, 18$;

$i = 9, j = 1, 8, 10, 11, 19$;

$i = 10, j = 0, 1, 6, 7, 20$;

$i = 11, j = 0, 7, 9, 13, 21$;

$i = 12, j = 1, 3, 11, 22$;

$i = 13, j = 0, 1, 8, 13, 23$;

$i = 14, j = 1, 6, 11, 13, 24$;

$i = 15, j = 0, 10, 11, 25$;

$i = 16, j = 1, 9, 11, 12, 26$;

$i = 17, j = 1, 5, 11, 12, 27$;

$i = 18, j = 0, 6, 7, 28;$
 $i = 19, j = 0, 1, 10, 29;$
 $i = 20, j = 1, 4, 11, 30;$
 $i = 21, j = 0, 8, 13, 31;$
 $i = 22, j = 1, 2, 32;$
 $i = 23, j = 0, 3, 5, 33;$
 $i = 24, j = 1, 2, 9, 34;$
 $i = 25, j = 0, 5, 35;$
 $i = 26, j = 2, 7, 12, 13, 36;$
 $i = 27, j = 0, 6, 37;$
 $i = 28, j = 1, 2, 5, 38;$
 $i = 29, j = 0, 4, 39;$
 $i = 30, j = 2, 5, 7, 9, 40;$
 $i = 31, j = 1, 13, 41;$
 $i = 32, j = 0, 5, 12, 42;$
 $i = 33, j = 2, 7, 10, 43;$
 $i = 34, j = 0, 12, 13, 44;$
 $i = 35, j = 1, 5, 11, 45;$
 $i = 36, j = 0, 2, 7, 46;$
 $i = 37, j = 10, 13, 47;$
 $i = 38, j = 1, 5, 11, 48;$
 $i = 39, j = 0, 7, 12, 49;$
 $i = 40, j = 2, 10, 13, 50;$
 $i = 41, j = 1, 5, 11, 51.$

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa LDPC trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm bước:

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và m hàng và n cột của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa LDPC trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa, trong đó $4 \leq m \leq 42$, $14 \leq n \leq 52$.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm bước:

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận được hoán vị của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa, trong đó ma trận được hoán vị của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z tương ứng với ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc các hoán vị hàng và cột trên ma trận cơ sở.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm các bước:

thay thế riêng rẽ mỗi phần tử trong ma trận cơ sở bằng ma trận hoán vị tròn tương ứng $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$, hoặc ma trận toàn 0 tương ứng có kích thước $Z \times Z$ để thu được ma trận LDPC H ; và

mã hóa chuỗi đầu vào dựa trên ma trận LDPC H để thu được chuỗi được mã hóa.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó:

chuỗi đầu vào được biểu diễn dưới dạng $c = \{c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}\}$, chuỗi được mã hóa được biểu diễn dưới dạng $d = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1}\}$, chuỗi được mã hóa d bao gồm $K-2 \cdot Z$ bit trong chuỗi đầu vào c và các bit chẵn lẻ trong chuỗi chẵn lẻ w , chuỗi chẵn lẻ được biểu diễn dưới dạng $w = \{w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N+2 \cdot Z - K - 1}\}$; trong đó K là chiều dài của chuỗi đầu vào, N là chiều dài của chuỗi đầu ra, K là bội số nguyên của Z , N thỏa mãn $N = (40 + Kb) \cdot Z$, và Kb là một trong $\{6, 8, 9, 10\}$.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó $K = 10 \cdot Z$, $N = 50 \cdot Z$.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó:

chuỗi chẵn lẻ w và chuỗi đầu vào c thỏa mãn: $H \times \begin{bmatrix} c^T \\ w^T \end{bmatrix} = 0^T$,

trong đó $c^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}]^T$, $w^T = [w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N+2Z-K-1}]^T$, 0^T là vector cột, và các giá trị của tất cả các phần tử của 0^T bằng 0.

8. Phương pháp theo điểm 4, trong đó:

ma trận hoán vị tròn $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$ tương ứng với ma trận thu được bằng cách xê dịch vòng tròn ma trận đơn vị có kích thước $Z \times Z$ sang bên phải $P_{i,j}$ lần, trong đó $P_{i,j} = \text{mod}(V_{i,j}, Z)$, và $V_{i,j}$ là giá trị độ lệch của phần tử của hàng thứ i và cột thứ j trong ma trận cơ sở tương ứng với ma trận hoán vị tròn $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hệ số nâng Z thỏa mãn: $Z = a \times 2^j$, $a \in \{2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$, trong đó:

$a=2, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; hoặc,

$a=3, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; hoặc,

$a=5, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$; hoặc,

$a=7, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=9, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=11, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=13, j=0, 1, 2, 3, 4$; hoặc,

$a=15, j=0, 1, 2, 3, 4$.

10. Thiết bị truyền thông bao gồm các phương tiện được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9.

11. Thiết bị truyền thông, trong đó thiết bị truyền thông bao gồm bộ xử lý và bộ nhớ được ghép nối với bộ xử lý, và bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định hệ số nâng Z ;

xác định ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng từ các ma trận cơ sở;

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số

nâng Z , mã hóa LDPC trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa;

trong đó mỗi ma trận trong các ma trận bao gồm 42 hàng và 52 cột, các phần tử (i, j) trong các hàng và các cột sau đây tương ứng với ma trận hoán vị tròn có kích thước $Z \times Z$, và các phần tử khác trong các hàng sau tương ứng với ma trận toàn 0 có kích thước $Z \times Z$, trong đó i là chỉ số hàng; j là chỉ số cột, và cả i lẫn j là các số nguyên lớn hơn hoặc bằng 0:

$i = 0, j = 0, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11;$
 $i = 1, j = 0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12;$
 $i = 2, j = 0, 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13;$
 $i = 3, j = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13;$
 $i = 4, j = 0, 1, 11, 14;$
 $i = 5, j = 0, 1, 5, 7, 11, 15;$
 $i = 6, j = 0, 5, 7, 9, 11, 16;$
 $i = 7, j = 1, 5, 7, 11, 13, 17;$
 $i = 8, j = 0, 1, 12, 18;$
 $i = 9, j = 1, 8, 10, 11, 19;$
 $i = 10, j = 0, 1, 6, 7, 20;$
 $i = 11, j = 0, 7, 9, 13, 21;$
 $i = 12, j = 1, 3, 11, 22;$
 $i = 13, j = 0, 1, 8, 13, 23;$
 $i = 14, j = 1, 6, 11, 13, 24;$
 $i = 15, j = 0, 10, 11, 25;$
 $i = 16, j = 1, 9, 11, 12, 26;$
 $i = 17, j = 1, 5, 11, 12, 27;$
 $i = 18, j = 0, 6, 7, 28;$
 $i = 19, j = 0, 1, 10, 29;$
 $i = 20, j = 1, 4, 11, 30;$
 $i = 21, j = 0, 8, 13, 31;$
 $i = 22, j = 1, 2, 32;$
 $i = 23, j = 0, 3, 5, 33;$
 $i = 24, j = 1, 2, 9, 34;$

$i = 25, j = 0, 5, 35;$
 $i = 26, j = 2, 7, 12, 13, 36;$
 $i = 27, j = 0, 6, 37;$
 $i = 28, j = 1, 2, 5, 38;$
 $i = 29, j = 0, 4, 39;$
 $i = 30, j = 2, 5, 7, 9, 40;$
 $i = 31, j = 1, 13, 41;$
 $i = 32, j = 0, 5, 12, 42;$
 $i = 33, j = 2, 7, 10, 43;$
 $i = 34, j = 0, 12, 13, 44;$
 $i = 35, j = 1, 5, 11, 45;$
 $i = 36, j = 0, 2, 7, 46;$
 $i = 37, j = 10, 13, 47;$
 $i = 38, j = 1, 5, 11, 48;$
 $i = 39, j = 0, 7, 12, 49;$
 $i = 40, j = 2, 10, 13, 50;$
 $i = 41, j = 1, 5, 11, 51.$

12. Thiết bị truyền thông theo điểm 11, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa LDPC trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm bước:

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và m hàng và n cột của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa LDPC trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa, trong đó $4 \leq m \leq 42$, $14 \leq n \leq 52$.

13. Thiết bị truyền thông theo điểm 11, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm bước:

thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận được hoán vị của ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa, trong đó ma trận được hoán vị của ma trận cơ sở tương ứng với

hệ số nâng Z tương ứng với ma trận thu được bằng cách thực hiện hoán vị hàng, hoán vị cột, hoặc các hoán vị hàng và cột trên ma trận cơ sở.

14. Thiết bị truyền thông theo điểm 11, trong đó việc thực hiện, dựa trên hệ số nâng Z và ma trận cơ sở tương ứng với hệ số nâng Z , mã hóa trên chuỗi đầu vào để thu được chuỗi được mã hóa bao gồm các bước:

thay thế riêng rẽ mỗi phần tử trong ma trận cơ sở bằng ma trận hoán vị tròn tương ứng $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$, hoặc ma trận toàn 0 tương ứng có kích thước $Z \times Z$ để thu được ma trận LDPC H ; và

mã hóa chuỗi đầu vào dựa trên ma trận LDPC H để thu được chuỗi được mã hóa.

15. Thiết bị truyền thông theo điểm 14, trong đó:

chuỗi đầu vào được biểu diễn dưới dạng $c = \{c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}\}$, chuỗi được mã hóa được biểu diễn dưới dạng $d = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{N-1}\}$, chuỗi được mã hóa d bao gồm $K \cdot Z$ bit trong chuỗi đầu vào c và các bit chẵn lẻ trong chuỗi chẵn lẻ w , chuỗi chẵn lẻ được biểu diễn dưới dạng $w = \{w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N+2 \cdot Z - K - 1}\}$; trong đó K là chiều dài của chuỗi đầu vào, N là chiều dài của chuỗi đầu ra, K là bội số nguyên của Z , N thỏa mãn $N = (40 + K \cdot b) \cdot Z$, và $K \cdot b$ là một trong $\{6, 8, 9, 10\}$.

16. Thiết bị truyền thông theo điểm 15, trong đó $K = 10 \cdot Z$, $N = 50 \cdot Z$.

17. Thiết bị truyền thông theo điểm 16, trong đó chuỗi chẵn lẻ w và chuỗi đầu vào c thỏa mãn:

$$H \times \begin{bmatrix} c^T \\ w^T \end{bmatrix} = 0^T,$$

trong đó $c^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}]^T$, $w^T = [w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N-K-1}]^T$, 0^T là vector cột, và các giá trị của tất cả các phần tử của 0^T bằng 0.

18. Thiết bị truyền thông theo điểm 14, trong đó:

ma trận hoán vị tròn $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$ tương ứng với ma trận thu được bằng cách xê dịch vòng tròn ma trận đơn vị có kích thước $Z \times Z$ sang bên phải $P_{i,j}$ lần, trong đó $P_{i,j} = \text{mod}(V_{i,j}, Z)$, và $V_{i,j}$ là giá trị độ lệch của phần tử của hàng thứ i và cột thứ j trong ma trận cơ sở tương ứng với ma trận hoán vị tròn $I(P_{i,j})$ có kích thước $Z \times Z$.

19. Thiết bị truyền thông theo điểm 11, trong đó hệ số nâng Z thỏa mãn: $Z = a \times 2^j$, $a \in \{2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$, trong đó:

$a=2, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; hoặc,

$a=3, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; hoặc,

$a=5, j=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$; hoặc,

$a=7, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=9, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=11, j=0, 1, 2, 3, 4, 5$; hoặc,

$a=13, j=0, 1, 2, 3, 4$; hoặc,

$a=15, j=0, 1, 2, 3, 4$.

20. Thiết bị truyền thông theo điểm 19, trong đó bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ một trong các tham số sau:

hệ số nâng, đồ thị cơ sở của ma trận cơ sở, tham số liên quan đến đồ thị cơ sở của ma trận cơ sở, ma trận cơ sở, ma trận hoán vị của ma trận cơ sở, tham số liên quan đến ma trận cơ sở, ma trận LDPC, ma trận sinh của ma trận LDPC, hoặc tham số liên quan đến ma trận LDPC.

21. Thiết bị truyền thông theo điểm 20, trong đó tham số liên quan đến ma trận cơ sở bao gồm một trong các tham số sau:

vị trí của phần tử khác 0 trong ma trận cơ sở, hoặc giá trị của phần tử khác 0 trong ma trận cơ sở, hoặc trọng số hàng của phần tử khác 0 của mỗi hàng, hoặc trọng số cột của phần tử khác 0 của mỗi cột, hoặc tốc độ mã.

22. Thiết bị truyền thông theo điểm 21, trong đó thiết bị còn bao gồm:

thành phần được tạo cấu hình để thực hiện so khớp tốc độ trên chuỗi được mã hóa;

thành phần được tạo cấu hình để thực hiện đan xen trên chuỗi được so khớp tốc độ; và

thành phần được tạo cấu hình để thực hiện điều biến trên chuỗi được đan xen.

23. Thiết bị đầu cuối, khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị theo điểm 10.

24. Thiết bị đầu cuối, khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 22.

25. Trạm cơ sở khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị theo điểm 10.

26. Trạm cơ sở khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 22.

27. Hệ thống truyền thông khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị đầu cuối theo điểm 23.

28. Hệ thống truyền thông khác biệt ở chỗ bao gồm thiết bị đầu cuối theo điểm 24.

29. Hệ thống truyền thông khác biệt ở chỗ bao gồm trạm cơ sở theo điểm 25.

30. Hệ thống truyền thông khác biệt ở chỗ bao gồm trạm cơ sở theo điểm 26.

31. Vật lưu trữ máy tính đọc được bao gồm các lệnh, trong đó khi các lệnh được chạy trên máy tính, khiến máy tính thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9.

1/13

10a

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

10b

2	276	50	337	422	354	305	273	191	348	220	127	373	411	340	321	0	0	-1	-1
44	209	318	295	289	300	94	174	372	411	100	92	482	185	191	420	1	0	0	-1
294	-1	213	90	461	112	46	307	221	375	19	136	469	176	377	364	0	-1	0	-1
416	135	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

$-1 \rightarrow$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$, 0 \rightarrow$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$, 1 \rightarrow$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$, 2 \rightarrow$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$, 3 \rightarrow$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
	11a		11b		11c		11d		11e

Fig.1

2/13

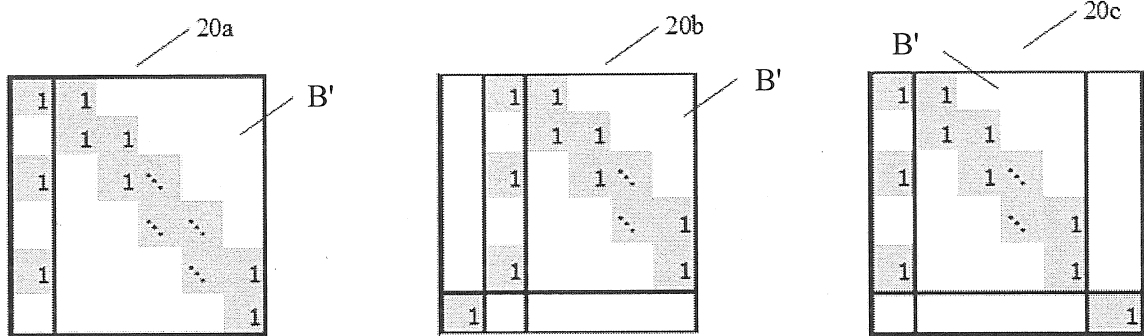
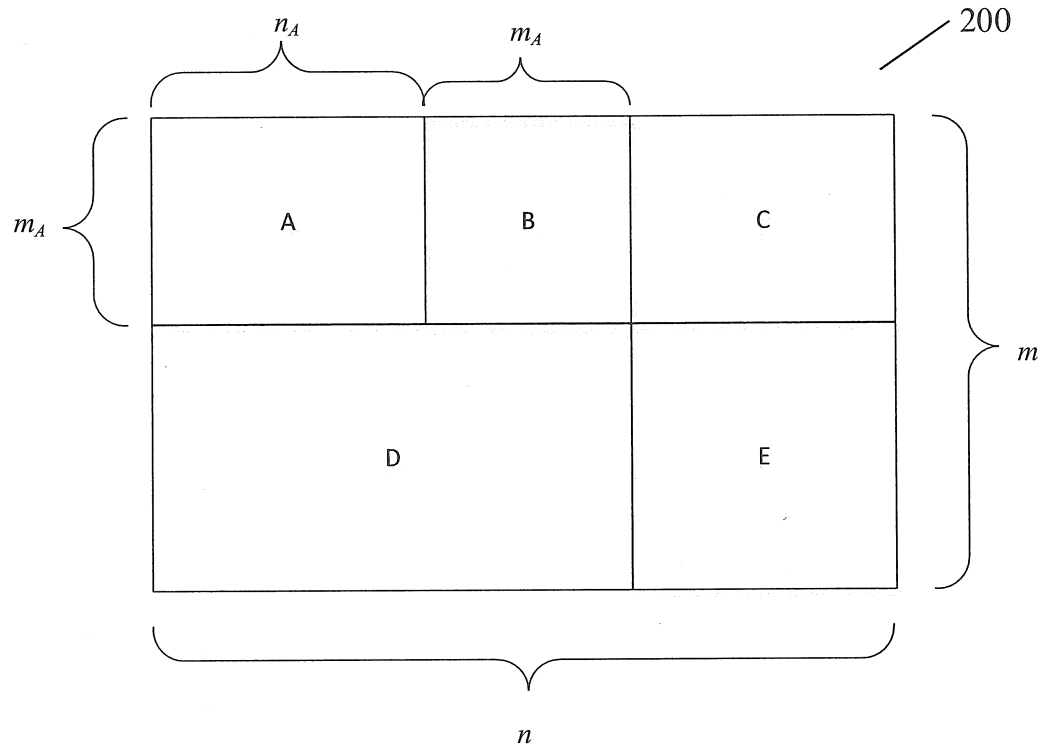


Fig.2

30a

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	1	1	1	1			1			1	1	1								...	...	...		
1	1			1	1	1	1	1	1	1		1	1							...	...	...		
2	1	1		1	1				1		1		1	1						...	...	...		
3		1	1		1	1	1	1	1	1	1			1						...	...	...		
4	1	1										1			1					...	...	...		
5	1	1				1		1				1				1				...	...	...		
6	1					1		1		1		1					1			...	...	...		
7		1				1		1				1		1				1		...	...	...		
8	1	1											1					1		...	...	...		
9		1							1		1	1								...	...	...		
10	1	1					1	1												...	...	...		
11	1							1		1				1						...	...	...		
12		1		1								1								...	...	...		
13	1	1							1					1						...	...	...		
14		1					1					1		1						...	...	...		
15	1										1	1								...	...	...		
16		1								1		1	1							...	...	...		
17		1				1						1	1							...	...	...		
18	1						1	1												...	...	...		
19	1	1									1									...	...	...		
20		1			1							1								...	...	...		
21	1								1					1						...	...	...		
22		1	1																	...	...	...		
23	1			1		1														...	...	...		
24		1	1								1									...	...	...		
25	1					1														...	...	...		
26			1				1						1	1						...	...	...		
27	1						1													...	...	...		
28		1	1			1														...	...	...		
29	1				1															...	...	...		
30			1			1		1		1										...	...	...		
31		1												1						...	...	...		
32	1					1							1							...	...	...		
33			1				1				1									...	...	...		
34	1												1	1						...	...	...		
35		1				1						1								...	...	...		
36	1		1				1													...	...	...		
37											1			1						...	...	...		
38		1				1						1								...	...	...		
39	1							1					1							...	...	...		
40			1								1			1						...	...	...	1	
41		1				1						1								...	...	...		1

Fig.3a

4/13

30b-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	121	9	19	93	-1	-1	168	-1	-1	51	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	116	-1	-1	149	111	2	21	184	140	69	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	108	180	-1	147	77	-1	-1	-1	64	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	115	81	-1	163	187	56	73	14	22	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	145	122	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	67	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	124	121	-1	-1	-1	4	-1	37	-1	-1	-1	145	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	141	-1	-1	-1	-1	185	-1	124	-1	171	-1	151	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	185	-1	-1	-1	150	-1	190	-1	-1	-1	165	-1	134	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	83	178	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	186	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	73	-1	-1	-1	-1	-1	-1	87	-1	175	123	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	16	158	-1	-1	-1	-1	179	173	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	130	-1	-1	-1	-1	-1	-1	104	-1	174	-1	-1	-1	52	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	179	-1	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	139	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	128	23	-1	-1	-1	-1	-1	-1	105	-1	-1	-1	-1	111	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	88	-1	-1	-1	-1	95	-1	-1	-1	-1	85	-1	187	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	108	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	60	98	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	130	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12	-1	35	176	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	134	-1	-1	-1	19	-1	-1	-1	-1	-1	0	127	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	1	-1	-1	-1	-1	-1	78	163	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	97	54	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	27	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	94	-1	-1	28	-1	-1	-1	-1	-1	-1	185	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	83	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	79	-1	-1	-1	-1	116	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	22	67	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	97	-1	-1	43	-1	106	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	102	104	-1	-1	-1	-1	-1	-1	169	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	171	-1	-1	-1	-1	121	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	183	-1	-1	-1	-1	148	-1	-1	-1	-1	43	160	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	108	-1	-1	-1	-1	-1	176	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	118	161	-1	-1	191	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	22	-1	-1	-1	22	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	135	-1	-1	74	-1	154	-1	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	137	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	35	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	105	-1	-1	-1	-1	116	-1	-1	-1	-1	-1	-1	132	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	146	-1	-1	-1	-1	158	-1	-1	59	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	138	125	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	73	-1	-1	-1	95	-1	-1	-1	-1	-1	128	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	47	-1	131	-1	-1	-1	-1	154	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	58	-1	-1	137	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	29	-1	-1	-1	124	-1	-1	-1	-1	-1	123	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	175	-1	-1	-1	-1	-1	-1	74	-1	-1	-1	-1	147	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	87	-1	-1	167	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	27	-1	-1	-1	17	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-1

5/13

30b-2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	121	74	89	122	-1	-1	141	-1	-1	137	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	118	-1	-1	0	25	171	133	79	173	121	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	42	121	-1	95	8	-1	-1	-1	29	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	64	110	-1	143	78	90	9	55	90	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	31	48	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	162	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	28	29	-1	-1	-1	99	-1	142	-1	-1	-1	80	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	17	-1	-1	-1	-1	38	-1	63	-1	26	-1	167	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	44	-1	-1	-1	68	-1	59	-1	-1	-1	110	-1	86	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	104	58	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	53	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	136	-1	-1	-1	-1	-1	-1	135	-1	133	142	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	153	15	-1	-1	-1	-1	109	86	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	34	-1	168	-1	-1	-1	156	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	98	-1	60	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	172	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	98	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	89	-1	-1	-1	-1	108	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	30	-1	-1	-1	-1	131	-1	-1	-1	-1	127	-1	112	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	38	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	64	77	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	110	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	42	-1	10	82	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	48	-1	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	61	161	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	90	-1	-1	-1	-1	-1	47	63	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	175	87	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	59	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	88	-1	-1	150	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	79	-1	-1	-1	-1	137	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	43	127	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	78	-1	-1	32	-1	169	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	1	150	-1	-1	-1	-1	-1	-1	13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	39	-1	-1	-1	-1	21	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	23	-1	-1	-1	-1	82	-1	-1	-1	-1	121	156	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	74	-1	-1	-1	-1	-1	166	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	22	19	-1	-1	42	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	91	-1	-1	-1	133	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	16	-1	-1	140	-1	56	-1	158	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	165	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	23	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	34	-1	-1	-1	-1	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	18	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	152	-1	-1	-1	-1	131	-1	-1	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	148	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	82	153	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	124	-1	-1	-1	48	-1	-1	-1	-1	-1	8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	128	-1	50	-1	-1	-1	-1	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	31	-1	-1	120	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	142	-1	-1	-1	119	-1	-1	-1	-1	-1	69	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	69	-1	-1	-1	-1	-1	-1	124	-1	-1	-1	-1	33	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	72	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	141	-1	-1	18	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	4	-1	-1	-1	92	-1	-1	-1	-1	-1	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-2

6/13

30b-3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	94	136	3	2	-1	-1	15	-1	-1	71	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	71	-1	-1	126	0	119	103	34	75	126	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	114	70	-1	101	9	-1	-1	-1	23	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	14	18	-1	102	105	27	91	128	117	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	33	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	96	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	40	53	-1	-1	-1	47	-1	121	-1	-1	-1	10	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	110	-1	-1	-1	-1	99	-1	149	-1	132	-1	4	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	83	-1	-1	-1	111	-1	129	-1	-1	-1	43	-1	25	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	94	41	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	87	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	135	-1	-1	-1	-1	-1	-1	11	-1	50	84	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	154	34	-1	-1	-1	-1	141	86	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	54	-1	-1	-1	-1	-1	-1	40	-1	84	-1	-1	-1	43	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	31	-1	90	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	113	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	41	86	-1	-1	-1	-1	-1	-1	16	-1	-1	-1	-1	79	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	10	-1	-1	-1	-1	28	-1	-1	-1	-1	128	-1	104	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	65	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	110	93	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	63	-1	0	33	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	35	-1	-1	-1	100	-1	-1	-1	-1	-1	86	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	129	-1	-1	-1	-1	-1	37	149	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	117	48	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	136	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	47	-1	-1	28	-1	-1	-1	-1	-1	-1	150	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	56	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	118	-1	-1	-1	-1	126	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	40	125	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	7	-1	-1	113	-1	65	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	135	16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	93	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	80	-1	-1	-1	-1	143	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	42	-1	-1	-1	-1	144	-1	-1	-1	-1	125	19	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	144	-1	-1	-1	-1	-1	100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	124	52	-1	-1	116	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	141	-1	-1	-1	120	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	68	-1	-1	33	-1	62	-1	32	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	94	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	121	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	0	-1	-1	-1	-1	133	-1	-1	-1	-1	-1	-1	92	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	6	-1	-1	-1	-1	103	-1	-1	89	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	70	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	78	127	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	63	-1	-1	-1	132	-1	-1	-1	-1	-1	36	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	99	-1	83	-1	-1	-1	-1	108	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	50	-1	-1	97	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	151	-1	-1	-1	64	-1	-1	-1	-1	-1	32	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	27	-1	-1	-1	-1	-1	-1	61	-1	-1	-1	-1	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	78	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	76	-1	-1	111	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	30	-1	-1	-1	156	-1	-1	-1	-1	-1	103	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-3

7/13

30b-4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	6	11	117	94	-1	-1	36	-1	-1	2	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	63	-1	-1	100	10	4	52	13	26	97	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	3	36	-1	3	142	-1	-1	-1	34	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	88	125	-1	127	7	11	68	112	23	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	106	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	27	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	15	133	-1	-1	-1	21	-1	101	-1	-1	-1	46	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	26	-1	-1	-1	-1	34	-1	37	-1	99	-1	139	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	136	-1	-1	-1	61	-1	120	-1	-1	-1	133	-1	77	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	77	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	72	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	18	-1	-1	-1	-1	-1	-1	13	-1	77	22	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	37	102	-1	-1	-1	-1	131	103	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	103	-1	95	-1	-1	-1	103	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	65	-1	105	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	88	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	77	95	-1	-1	-1	-1	-1	-1	14	-1	-1	-1	-1	105	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	49	-1	-1	-1	-1	55	-1	-1	-1	-1	41	-1	124	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	21	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	90	22	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	129	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	9	-1	68	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	25	-1	-1	-1	143	-1	-1	-1	-1	-1	34	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	98	-1	-1	-1	-1	-1	112	78	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	51	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	86	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	67	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	101	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	135	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	52	-1	-1	-1	-1	88	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	136	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	9	-1	-1	142	-1	121	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	122	26	-1	-1	-1	-1	-1	-1	125	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	10	-1	-1	-1	-1	128	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	111	-1	-1	-1	-1	106	-1	-1	-1	-1	142	98	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	19	-1	-1	-1	-1	-1	7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	55	68	-1	-1	120	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	40	-1	-1	-1	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	126	-1	-1	113	-1	112	-1	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	107	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	130	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	2	-1	-1	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	-1	68	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	95	-1	-1	-1	-1	115	-1	-1	37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	56	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	10	16	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	12	-1	-1	-1	43	-1	-1	-1	-1	-1	15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	96	-1	116	-1	-1	-1	-1	70	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	31	-1	-1	74	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	124	-1	-1	-1	91	-1	-1	-1	-1	-1	100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	-1	121	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	101	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	24	-1	-1	37	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	88	-1	-1	-1	89	-1	-1	-1	-1	-1	23	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig. 3b-4

30b-5

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	109	223	171	209	-1	-1	4	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	36	-1	-1	236	40	226	226	157	11	204	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	15	131	-1	70	84	-1	-1	-1	170	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	135	193	-1	97	158	177	11	96	223	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	117	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	78	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	40	119	-1	-1	-1	116	-1	133	-1	-1	-1	102	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	6	-1	-1	-1	-1	37	-1	77	-1	213	-1	138	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	156	-1	-1	-1	215	-1	29	-1	-1	-1	120	-1	243	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	76	167	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	210	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	241	-1	-1	-1	-1	-1	-1	44	-1	22	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	244	221	-1	-1	-1	-1	206	250	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	194	-1	-1	-1	-1	-1	-1	174	-1	95	-1	-1	-1	199	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	66	-1	134	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	255	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	98	159	-1	-1	-1	-1	-1	-1	68	-1	-1	-1	-1	17	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	245	-1	-1	-1	-1	185	-1	-1	-1	-1	91	-1	249	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	53	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	237	103	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	214	-1	151	241	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	185	-1	-1	-1	237	-1	-1	-1	-1	-1	41	122	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	111	-1	-1	-1	-1	-1	211	225	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	150	38	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	191	-1	-1	250	-1	-1	-1	-1	-1	-1	214	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	232	-1	-1	-1	-1	76	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	147	134	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	25	-1	-1	235	-1	194	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	6	11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	173	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	11	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	6	-1	-1	-1	-1	232	-1	-1	-1	-1	226	202	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	232	-1	-1	-1	-1	-1	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	193	23	-1	-1	142	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	0	-1	-1	-1	112	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	31	-1	-1	245	-1	12	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	152	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	5	-1	-1	-1	-1	24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	132	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	80	-1	-1	-1	-1	145	-1	-1	26	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	27	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	192	73	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	84	-1	-1	-1	218	-1	-1	-1	-1	-1	201	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	164	-1	115	-1	-1	-1	-1	183	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	19	-1	-1	20	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	109	-1	-1	-1	143	-1	-1	-1	-1	-1	119	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	180	-1	-1	-1	-1	-1	-1	143	-1	-1	-1	-1	135	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	164	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	31	-1	-1	13	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	230	-1	-1	-1	167	-1	-1	-1	-1	-1	122	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-5

30b-6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	56	19	221	119	-1	-1	219	-1	-1	33	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	119	-1	-1	5	115	64	208	120	95	131	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	156	156	-1	161	84	-1	-1	-1	145	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	26	64	-1	118	197	186	106	127	186	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	171	69	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	168	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	120	154	-1	-1	-1	27	-1	212	-1	-1	-1	202	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	89	-1	-1	-1	-1	2	-1	20	-1	5	-1	218	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	239	-1	-1	-1	75	-1	165	-1	-1	-1	24	-1	20	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	229	144	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	159	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	234	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	67	129	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	178	155	-1	-1	-1	-1	217	237	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	187	-1	-1	-1	-1	-1	-1	185	-1	180	-1	-1	-1	22	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	171	-1	118	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	221	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	154	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	104	-1	-1	-1	-1	61	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	105	-1	-1	-1	-1	146	-1	-1	-1	-1	38	-1	76	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	231	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	149	173	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	145	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	196	-1	16	168	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	206	-1	-1	-1	170	-1	-1	-1	-1	-1	43	234	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	61	-1	-1	-1	-1	-1	36	109	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	16	153	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	85	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	108	-1	-1	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	31	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	118	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	97	-1	-1	-1	-1	44	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	17	188	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	16	-1	-1	52	-1	101	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	199	137	-1	-1	-1	-1	-1	-1	194	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	17	-1	-1	-1	-1	115	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	239	-1	-1	-1	-1	173	-1	-1	-1	-1	193	116	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	18	-1	-1	-1	-1	-1	171	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	88	128	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	181	-1	-1	-1	13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	231	-1	-1	177	-1	12	-1	17	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	204	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	130	-1	-1	-1	-1	214	-1	-1	-1	-1	-1	67	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	235	-1	-1	-1	-1	192	-1	-1	65	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	123	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	42	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	123	-1	-1	-1	135	-1	-1	-1	-1	-1	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	125	-1	190	-1	-1	-1	-1	90	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	78	-1	-1	190	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	90	-1	-1	-1	126	-1	-1	-1	-1	-1	234	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	164	-1	-1	-1	-1	-1	-1	134	-1	-1	-1	-1	200	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	239	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	17	-1	-1	63	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	99	-1	-1	-1	94	-1	-1	-1	-1	-1	181	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-6

10/13

30b-7

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	191	100	49	135	-1	-1	36	-1	-1	80	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	119	-1	-1	26	219	57	199	89	25	42	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	19	25	-1	6	131	-1	-1	-1	55	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	103	90	-1	140	4	38	53	29	36	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	172	35	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	17	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	96	121	-1	-1	-1	80	-1	207	-1	-1	-1	183	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	6	-1	-1	-1	-1	143	-1	86	-1	15	-1	98	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	16	-1	-1	-1	18	-1	28	-1	-1	-1	69	-1	50	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	17	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	77	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	207	-1	-1	-1	-1	-1	-1	199	-1	87	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	34	202	-1	-1	-1	-1	29	174	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	176	-1	-1	-1	-1	-1	-1	19	-1	222	-1	-1	-1	201	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	33	-1	100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	55	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	3	155	-1	-1	-1	-1	-1	-1	114	-1	-1	-1	-1	195	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	168	-1	-1	-1	-1	14	-1	-1	-1	-1	198	-1	14	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	77	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	81	212	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	26	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	31	-1	193	20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	40	-1	-1	-1	89	-1	-1	-1	-1	-1	27	194	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	33	-1	-1	-1	-1	-1	132	194	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	148	170	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	170	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	23	-1	-1	182	-1	-1	-1	-1	-1	-1	212	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	19	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	122	-1	-1	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	0	31	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	49	-1	-1	134	-1	16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	64	72	-1	-1	-1	-1	-1	-1	180	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	221	-1	-1	-1	-1	33	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	27	-1	-1	-1	-1	87	-1	-1	-1	-1	157	187	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	201	-1	-1	-1	-1	-1	72	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	219	202	-1	-1	68	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	153	-1	-1	-1	196	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	68	-1	-1	217	-1	131	-1	93	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	193	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	141	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	82	-1	-1	-1	-1	138	-1	-1	-1	-1	-1	-1	204	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	142	-1	-1	-1	-1	53	-1	-1	144	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	79	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	93	54	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	188	-1	-1	-1	135	-1	-1	-1	-1	-1	205	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	177	-1	124	-1	-1	-1	-1	66	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	57	-1	-1	62	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	45	-1	-1	-1	97	-1	-1	-1	-1	-1	150	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	105	-1	-1	-1	-1	-1	-1	10	-1	-1	-1	-1	223	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	200	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	129	-1	-1	216	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	208	-1	-1	-1	32	-1	-1	-1	-1	-1	53	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig. 3b-7

11/13

30b-8

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	...	...	50	51
0	153	19	47	79	-1	-1	19	-1	-1	90	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
1	58	-1	-1	201	157	100	42	46	15	19	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
2	48	160	-1	172	169	-1	-1	-1	169	-1	1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
3	-1	38	2	-1	196	50	192	81	98	85	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
4	169	94	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	8	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
5	20	76	-1	-1	-1	102	-1	136	-1	-1	-1	186	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
6	121	-1	-1	-1	-1	160	-1	180	-1	161	-1	172	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	...	...	...	-1	-1
7	-1	104	-1	-1	-1	109	-1	109	-1	-1	-1	106	-1	81	-1	-1	-1	0	-1	...	...	...	-1	-1
8	107	133	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	197	-1	-1	-1	-1	-1	0	...	...	...	-1	-1
9	-1	49	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4	-1	164	128	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
10	165	172	-1	-1	-1	-1	11	148	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
11	85	-1	-1	-1	-1	-1	-1	111	-1	161	-1	-1	-1	113	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
12	-1	84	-1	128	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	198	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
13	54	129	-1	-1	-1	-1	-1	-1	10	-1	-1	-1	-1	59	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
14	-1	165	-1	-1	-1	-1	77	-1	-1	-1	-1	125	-1	131	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
15	74	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	72	48	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
16	-1	160	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	134	-1	194	93	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
17	-1	194	-1	-1	-1	78	-1	-1	-1	-1	-1	158	91	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
18	193	-1	-1	-1	-1	-1	19	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
19	71	134	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
20	-1	5	-1	-1	49	-1	-1	-1	-1	-1	-1	159	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
21	61	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	48	-1	-1	-1	-1	82	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
22	-1	162	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
23	37	-1	-1	201	-1	174	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
24	-1	191	176	-1	-1	-1	-1	-1	-1	178	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
25	191	-1	-1	-1	-1	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
26	-1	-1	94	-1	-1	-1	-1	83	-1	-1	-1	-1	-1	142	198	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
27	188	-1	-1	-1	-1	-1	176	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
28	-1	44	68	-1	-1	33	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
29	10	-1	-1	-1	91	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
30	-1	-1	62	-1	-1	17	-1	135	-1	39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
31	-1	187	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	58	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
32	166	-1	-1	-1	-1	166	-1	-1	-1	-1	-1	-1	191	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
33	-1	-1	126	-1	-1	-1	-1	73	-1	-1	153	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
34	140	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	97	180	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
35	-1	198	-1	-1	-1	69	-1	-1	-1	-1	-1	202	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
36	45	-1	30	-1	-1	-1	-1	134	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	162	-1	-1	170	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
38	-1	28	-1	-1	-1	109	-1	-1	-1	-1	-1	198	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
39	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	44	-1	-1	-1	-1	82	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	-1
40	-1	-1	157	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	47	-1	-1	96	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	0	-1
41	-1	142	-1	-1	-1	58	-1	-1	-1	-1	-1	73	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	...	...	...	-1	0

Fig.3b-8

12/13

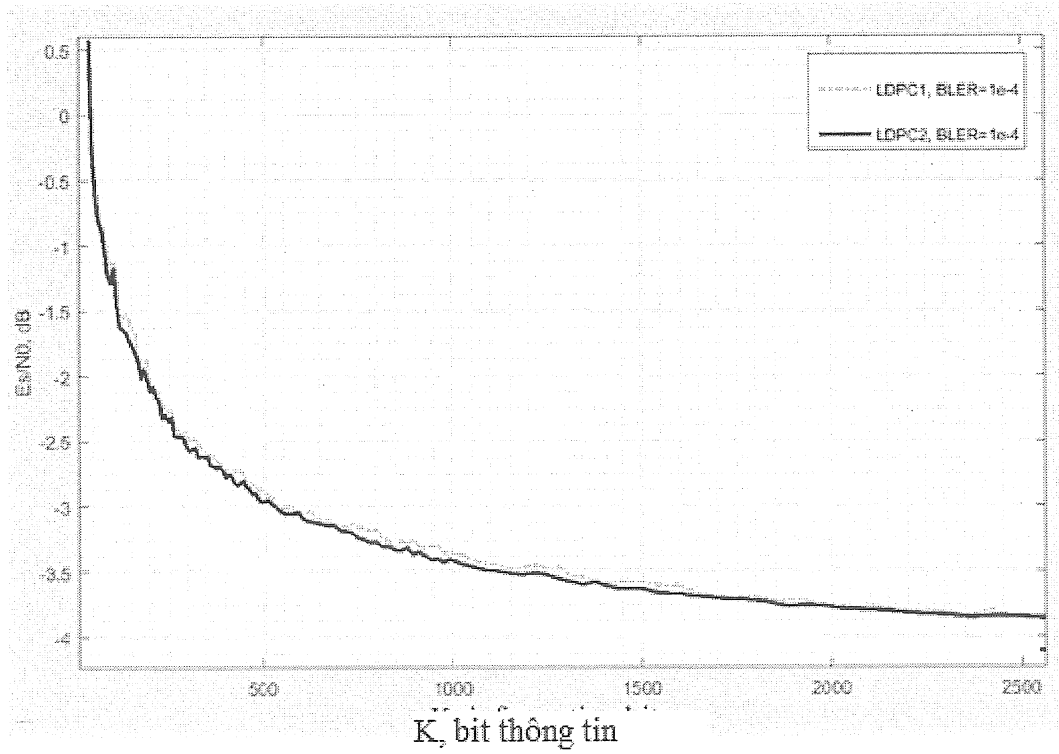


Fig.4

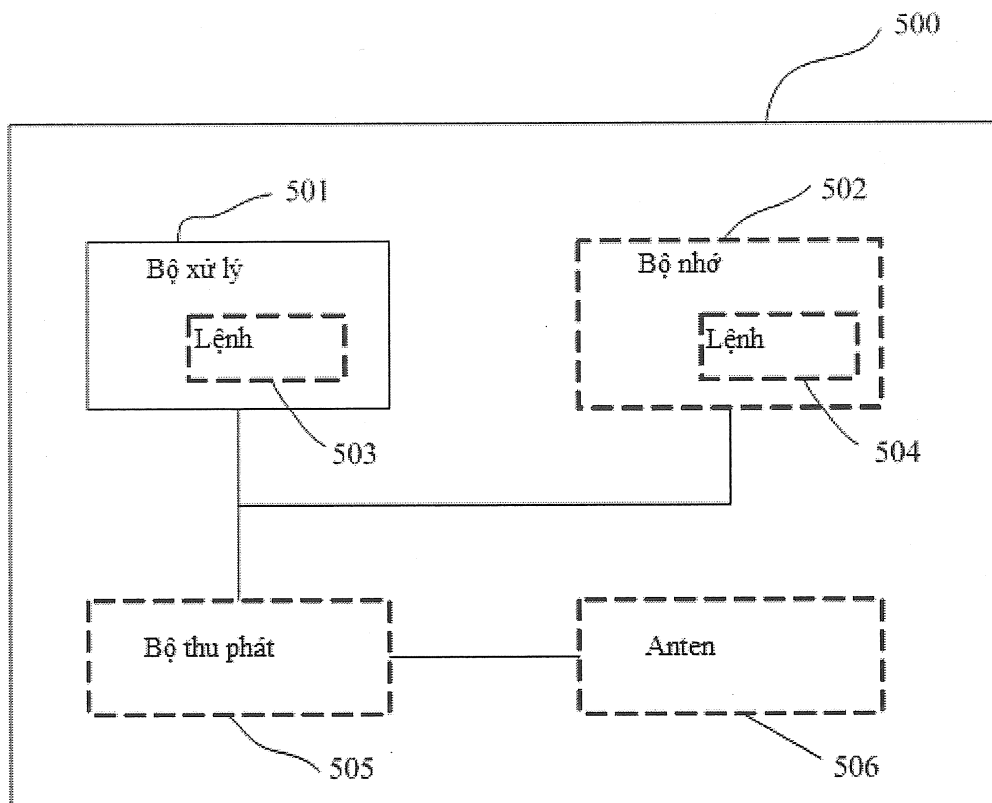


Fig.5

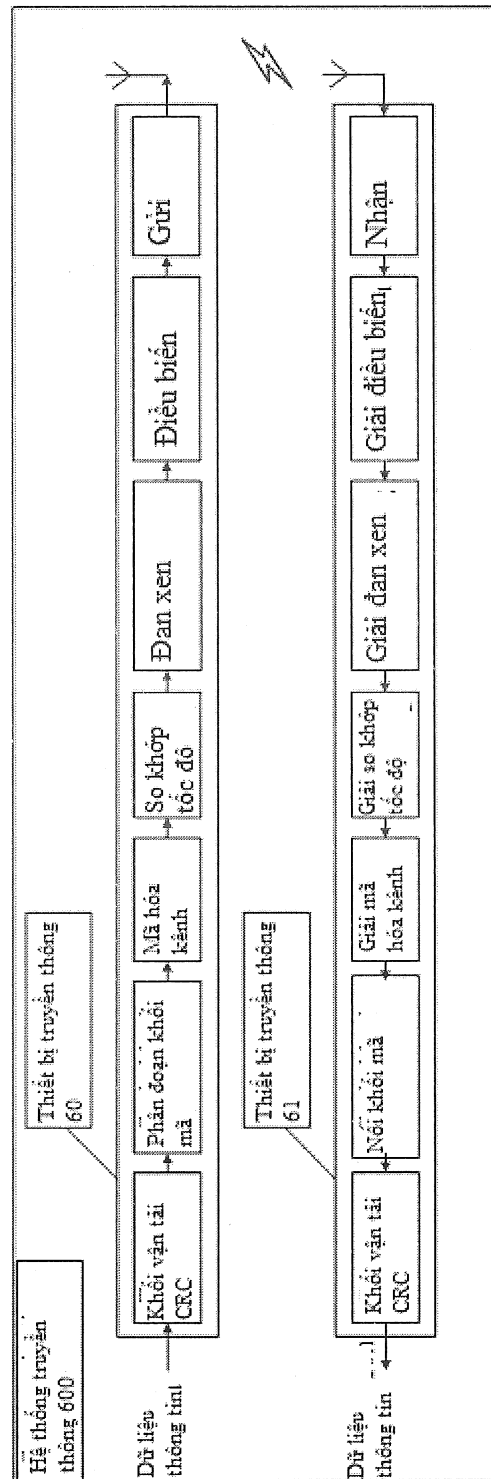


Fig.6