



(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)



1-0044769

(51)^{2020.01} H03M 13/13; H04L 1/00

(13) B

(21) 1-2020-01947

(22) 14/11/2018

(86) PCT/KR2018/013919 14/11/2018

(87) WO2019/098677 23/05/2019

(30) 62/587,451 16/11/2017 US; 62/591,763 28/11/2017 US; 62/592,354 29/11/2017 US;
62/593,221 30/11/2017 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/08/2020 389A

(71) LG ELECTRONICS INC. (KR)

128, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-Gu Seoul 07336, Republic of Korea

(72) NOH, Kwangseok (KR); KIM, Bonghoe (KR); SHIN, Jongwoong (KR); KO,
Hyunsoo (KR); KIM, Dongkyu (KR).

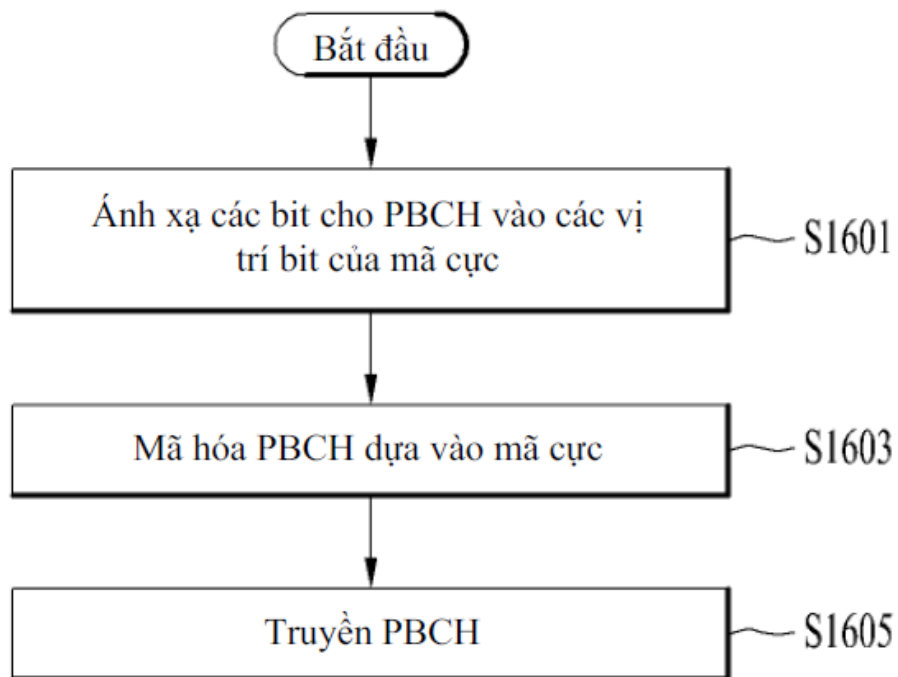
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ TRUYỀN ĐỀ TRUYỀN KÊNH PHÁT RỘNG
VẬT LÝ (PBCH), VÀ PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ THU ĐỀ THU PBCH

(21) 1-2020-01947

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị truyền để truyền kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH), và phương pháp và thiết bị thu để thu PBCH. Trong hệ thống truyền thông không dây, PBCH được mã hóa dựa vào mã cực và sau đó được truyền. Thông tin nửa khung nằm trong PBCH được ánh xạ tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit của mã cực và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB) nằm trong PBCH được ánh xạ tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực.

FIG. 15



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống truyền thông không dây, và cụ thể là, đến phương pháp và máy để truyền/thu kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Với sự xuất hiện và phổ biến của việc truyền thông máy đến máy (machine-to-machine, M2M), truyền thông loại máy (machine type communication, MTC) và nhiều thiết bị chẳng hạn như các điện thoại thông minh và các máy tính cá nhân (Personal Computer, PC) dạng bảng và công nghệ yêu cầu lượng truyền dữ liệu lớn, lưu lượng dữ liệu cần thiết trong mạng tế bào đã tăng lên nhanh chóng. Để đáp ứng lưu lượng dữ liệu tăng lên nhanh chóng như vậy, công nghệ kết tập bộ mang, công nghệ radio nhận thức, v.v. để ứng dụng một cách hữu hiệu nhiều dải tần số hơn và công nghệ đa đầu vào đa đầu ra (multiple input multiple output, MIMO), công nghệ phối hợp nhiều trạm gốc (base station, BS), v.v. để tăng dung lượng dữ liệu được truyền trên các tài nguyên tần số giới hạn đã được phát triển.

Khi nhiều thiết bị truyền thông hơn đã yêu cầu dung lượng truyền thông cao hơn, cần có băng thông rộng di động nâng cao (enhanced mobile broadband, eMBB) liên quan đến công nghệ truy cập radio (radio access technology, RAT) kế thừa. Ngoài ra, việc truyền thông loại máy cỡ lớn (massive machine type communication, mMTC) để cung cấp các dịch vụ khác nhau mọi lúc mọi nơi bằng cách kết nối các thiết bị và các đối tượng với nhau là một vấn đề chính được xem xét trong việc truyền thông thế hệ tương lai.

Hơn nữa, hệ thống truyền thông được thiết kế xét về các dịch vụ/các UE nhạy cảm với độ tin cậy và độ trễ đang được thảo luận. Việc giới thiệu RAT thế hệ tương lai đã được thảo luận bằng cách xem xét việc truyền thông eMBB, mMTC, truyền thông siêu tin cậy và độ trễ thấp (Ultra Reliable and Low Latency Communication, URLLC), và tương tự.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Do việc giới thiệu công nghệ truyền thông radio mới, nên số lượng của các thiết bị

người dùng (user equipment, UE) trong đó BS sẽ cung cấp dịch vụ trong vùng tài nguyên được quy định tăng lên và lượng dữ liệu và thông tin điều khiển mà BS sẽ truyền tới các UE tăng lên. Do lượng các tài nguyên khả dụng với BS dùng cho việc truyền thông với (các) UE bị giới hạn, nên phương pháp mới trong đó BS thu/truyền một cách hữu hiệu dữ liệu đường lên/đường xuống và/hoặc thông tin điều khiển đường lên/đường xuống nhờ sử dụng các tài nguyên radio bị giới hạn là cần thiết. Nói cách khác, khi mật độ của các nút và/hoặc mật độ của các UE tăng, phương pháp sử dụng một cách hữu hiệu các nút mật độ cao hoặc các UE mật độ cao dùng cho việc truyền thông là cần thiết.

Với sự phát triển của các công nghệ, việc khắc phục sự chậm trễ hoặc độ trễ đã trở thành thách thức quan trọng. Các ứng dụng mà hiệu suất của chúng tùy thuộc nhiều vào sự chậm trễ/độ trễ đang tăng. Theo đó, phương pháp để làm giảm sự chậm trễ/độ trễ so với hệ thống kế thừa được yêu cầu.

Trong hệ thống truyền thông mới, việc sử dụng các mã cực (Polar) được xem xét để nâng cao hiệu suất lập mã kênh. Kích thước của các mã cực thông thường lớn hơn nhiều so với kích thước của các mã khác được sử dụng cho việc lập mã kênh. Do đó, khi các mã cực được sử dụng cho việc lập mã kênh, phương pháp nâng cao tốc độ giải mã của các mã cực là cần thiết.

Các mục đích kỹ thuật mà có thể đạt được thông qua sáng chế không giới hạn ở những gì đã được mô tả cụ thể ở trên và các mục đích kỹ thuật khác không được mô tả ở đây sẽ được hiểu rõ ràng hơn bởi những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng từ phần mô tả chi tiết dưới đây.

Giải pháp kỹ thuật

Theo khía cạnh của sáng chế, có đề xuất ở đây phương pháp truyền kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) bởi thiết bị truyền trong hệ thống truyền thông không dây. Phương pháp bao gồm các bước: ánh xạ thông tin nằm trong PBCH tới các vị trí bit của mã cực có kích thước $N=512$, dựa vào chuỗi cực; mã hóa thông tin dựa vào mã cực; và truyền PBCH bao gồm thông tin. Thông tin bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB). Thông tin nửa khung là 1 bit và được ánh xạ tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực. Thông tin chỉ mục SSB là 3 bit và được ánh xạ tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất ở đây phương pháp thu kênh phát

rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) bởi thiết bị thu trong hệ thống truyền thông không dây. Phương pháp bao gồm các bước: thu PBCH; và giải mã thông tin nằm trong PBCH dựa vào mã cực có kích thước $N=512$. Thông tin được giải mã dựa vào mối tương quan ánh xạ giữa thông tin và các vị trí bit của mã cực. Thông tin bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Thông tin nửa khung là một bit và thông tin chỉ mục SSB là 3 bit. Mỗi tương quan ánh xạ bao gồm: ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực, và ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất ở đây thiết bị truyền để truyền kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) trong hệ thống truyền thông không dây. Thiết bị truyền bao gồm bộ thu phát, và bộ xử lý được kết nối có thể thao tác được với bộ thu phát. Bộ xử lý được tạo cấu hình để: ánh xạ thông tin nằm trong PBCH tới các vị trí bit của mã cực có kích thước $N=512$, dựa vào chuỗi cực; mã hóa thông tin dựa vào mã cực; và điều khiển bộ thu phát truyền PBCH bao gồm thông tin. Thông tin bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Thông tin nửa khung là một bit và bộ xử lý được tạo cấu hình để ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực. Thông tin chỉ mục SSB là 3 bit và bộ xử lý được tạo cấu hình để ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, có đề xuất ở đây thiết bị thu để thu kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) trong hệ thống truyền thông không dây. Thiết bị truyền bao gồm: bộ thu phát, và bộ xử lý được kết nối có thể thao tác được với bộ thu phát. Bộ xử lý được tạo cấu hình để: điều khiển bộ thu phát thu PBCH; và giải mã thông tin nằm trong PBCH dựa vào mã cực có kích thước $N=512$. Thông tin được giải mã dựa vào mối tương quan ánh xạ giữa thông tin và các vị trí bit của mã cực. Thông tin bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Thông tin nửa khung là một bit và thông tin chỉ mục SSB là 3 bit. Mỗi tương quan ánh xạ bao gồm: ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực, và ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực.

Theo mỗi khía cạnh của sáng chế, tổng kích thước tải trọng của PBCH bao gồm thông tin có thể là 56 bit.

Theo mỗi khía cạnh của sáng chế, chuỗi cực có thể bao gồm chuỗi sắp xếp các chỉ mục bit từ 0 đến 511 tương ứng một-một với các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy.

Theo mỗi khía cạnh của sáng chế, thông tin có thể bao gồm số khung hệ thống cho khung mà PBCH thuộc về. Theo mỗi khía cạnh của sáng chế, các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba của số khung hệ thống có thể lần lượt được ánh xạ tới các vị trí bit 441 và 469 của mã cực. Theo mỗi khía cạnh của sáng chế, 8 bit khác của số khung hệ thống có thể được ánh xạ tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

Các giải pháp kỹ thuật nêu trên chỉ là một vài phần của các ví dụ về sáng chế và các ví dụ khác trong đó các dấu hiệu kỹ thuật của sáng chế được kết hợp có thể được dẫn ra và được hiểu bởi những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng từ phần mô tả chi tiết dưới đây của sáng chế.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo (các) ví dụ của sáng chế, các tín hiệu đường lên/đường xuống có thể được truyền/được thu một cách hữu hiệu. Do đó, tổng lưu lượng của hệ thống truyền thông radio có thể được nâng cao.

Theo (các) ví dụ của sáng chế, sự chậm trễ/độ trễ xảy ra trong suốt thời gian truyền thông giữa thiết bị người dùng và trạm gốc có thể được giảm.

Theo (các) ví dụ của sáng chế, tốc độ giải mã có thể được nâng cao khi các mã cực được sử dụng cho việc lập mã kênh.

Theo (các) ví dụ của sáng chế, tỉ lệ lỗi khối (block error rate, BLER) có thể được nâng cao bằng cách cấp phát bit cụ thể tới vị trí bit cụ thể của các mã cực.

Sẽ được đánh giá cao bởi những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng rằng các hiệu quả có thể đạt được thông qua sáng chế không giới hạn ở những gì đã được mô tả cụ thể ở trên và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ ràng hơn từ phần mô tả chi tiết dưới đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, mà được bao gồm để cung cấp thêm sự hiểu biết về sáng chế, minh họa các ví dụ của sáng chế và cùng với phần minh họa dùng để giải thích nguyên lý của sáng chế.

Fig.1 minh họa thủ tục xử lý khối vận chuyển trong hệ thống LTE/LTE-A.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa sự so khớp tốc độ được thực hiện bằng cách tách

riêng khối mã được mã hóa thành phần hệ thống và phần chặn lẻ.

Fig.3 minh họa cấu trúc bên trong của bộ đệm vòng.

Fig.4 là sơ đồ khối về bộ mã hóa mã cực.

Fig.5 minh họa khái niệm về việc kết hợp kênh và việc phân chia kênh đối với sự phân cực kênh.

Fig.6 minh họa việc kết hợp kênh mức thứ N cho mã cực.

Fig.7 minh họa sự cải tiến của các đường giải mã trong quy trình giải mã danh mục L.

Fig.8 minh họa khái niệm về việc lựa chọn (các) vị trí trong đó (các) bit thông tin được cấp phát trong các mã cực.

Fig.9 minh họa việc lược bỏ và sự cấp phát bit thông tin cho các mã cực.

Fig.10 minh họa khái niệm về mã kiểm tra dư thừa tuần hoàn (cyclic redundancy check, CRC) thông thường và mã CRC được phân phối.

Fig.11 minh họa thủ tục mã hóa và thủ tục giải mã trong hệ thống LTE kế thừa.

Fig.12 minh họa cấu trúc khung.

Fig.13 minh họa cấu trúc của khối tín hiệu đồng bộ hóa và kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) (SSB).

Fig.14 minh họa thủ tục xử lý tín hiệu cho PBCH.

Fig.15 minh họa lưu đồ về việc truyền PBCH theo các ví dụ của sáng chế.

Fig.16 minh họa các trị số tỉ lệ lỗi bit (bit error rate, BER) của các chỉ mục bit đầu vào cho mã cực.

Fig.17 minh họa sự so sánh về hiệu suất giữa các vị trí bit được ví dụ theo sáng chế.

Fig.18 minh họa các trường bit thông tin thời điểm được bao gồm trong khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB).

Fig.19 là sơ đồ khối minh họa các thành phần của thiết bị truyền 10 và thiết bị thu 20 để thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Bây giờ sẽ tham khảo chi tiết các ví dụ mẫu của sáng chế, các ví dụ mà được minh họa trên các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả chi tiết, mà sẽ được đưa ra dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo, được dự định để giải thích các ví dụ mẫu của sáng chế, thay vì chỉ để thể hiện các ví dụ mà có thể được thực hiện theo sáng chế. Phần mô tả chi tiết

dưới đây bao gồm các chi tiết cụ thể để cung cấp sự hiểu biết toàn diện về sáng chế. Tuy nhiên, sẽ rõ ràng với những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng rằng sáng chế có thể được thực hiện mà không có các chi tiết cụ thể như vậy.

Trong một vài trường hợp, các cấu trúc và các thiết bị đã biết được bỏ qua hoặc được thể hiện dưới dạng sơ đồ khối, tập trung vào các dấu hiệu quan trọng của các cấu trúc và các thiết bị, để không làm khó hiểu khái niệm về sáng chế. Các số chỉ dẫn giống nhau sẽ được sử dụng trong suốt bản mô tả này để cập tới các bộ phận giống nhau hoặc tương tự.

Các kỹ thuật, các máy, và các hệ thống dưới đây có thể được áp dụng tới các hệ thống đa truy cập không dây. Các ví dụ về các hệ thống đa truy cập bao gồm hệ thống đa truy cập phân chia theo mã (code division multiple access, CDMA), hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số (frequency division multiple access, FDMA), hệ thống đa truy cập phân chia theo thời gian (time division multiple access, TDMA), hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số trực giao (orthogonal frequency division multiple access, OFDMA), hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số bộ mang đơn (single carrier frequency division multiple access, SC-FDMA), và hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số đa bộ mang (multicarrier frequency division multiple access, MC-FDMA). CDMA có thể được thể hiện nhờ công nghệ radio chẳng hạn như truy cập radio mặt đất toàn cầu (universal terrestrial radio access, UTRA) hoặc CDMA2000. TDMA có thể được thể hiện nhờ công nghệ radio chẳng hạn như hệ thống truyền thông di động toàn cầu (global system for mobile communications, GSM), dịch vụ radio gói chung (general packet radio service, GPRS), hoặc tốc độ dữ liệu nâng cao cho sự cải tiến GSM (enhanced data rates for GSM evolution, EDGE). OFDMA có thể được thể hiện nhờ công nghệ radio chẳng hạn như Viện kỹ thuật điện và điện tử (institute of electrical and electronics engineers, IEEE) 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, hoặc UTRA cải tiến (evolved UTRA, E-UTRA). UTRA là phần của hệ thống viễn thông di động toàn cầu (universal mobile telecommunications system, UMTS). Phát triển dài hạn (long term evolution, LTE) dự án đối tác thế hệ thứ ba (3rd generation partnership project, 3GPP) là phần của UMTS cải tiến (evolved UMTS, E-UMTS) nhờ sử dụng E-UTRA. 3GPP LTE ứng dụng OFDMA ở DL và SC-FDMA ở UL. LTE nâng cao (LTE-advanced, LTE-A) là phiên bản được cải tiến của 3GPP LTE. Nhằm thuận tiện cho việc mô tả, giả sử rằng sáng chế được áp dụng tới hệ thống truyền thông dựa vào 3GPP, nghĩa

là, LTE/LTE-A, NR. Tuy nhiên, các dấu hiệu kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở đây. Ví dụ, mặc dù phần mô tả chi tiết dưới đây được đưa ra dựa vào hệ thống truyền thông di động tương ứng với hệ thống 3GPP LTE/LTE-A/NR, các khía cạnh của sáng chế mà không cụ thể với 3GPP LTE/LTE-A/NR có thể áp dụng được tới các hệ thống truyền thông di động khác.

Theo các ví dụ về sáng chế được mô tả dưới đây, cách diễn tả mà thiết bị “giả sử” có thể có nghĩa là chủ thể mà truyền kênh truyền kênh phù hợp với “giả thuyết” tương ứng. Điều này cũng có thể có nghĩa là chủ thể mà thu kênh thu hoặc giải mã kênh dưới dạng phù hợp với “giả thuyết”, với giả thuyết rằng kênh đã được truyền theo “giả thuyết”.

Theo sáng chế, thiết bị người dùng (user equipment, UE) có thể là thiết bị cố định hoặc di động. Các ví dụ về UE bao gồm các thiết bị khác nhau để truyền và thu dữ liệu người dùng và/hoặc các loại thông tin điều khiển khác nhau tới và từ trạm gốc (base station, BS). UE có thể được gọi là thiết bị đầu cuối (terminal equipment, TE), trạm di động (mobile station, MS), thiết bị đầu cuối di động (mobile terminal, MT), thiết bị đầu cuối người dùng (user terminal, viết tắt là UT), trạm thuê bao (subscriber station, SS), thiết bị không dây, thiết bị hỗ trợ kỹ thuật số cá nhân (personal digital assistant, PDA), môđem không dây, thiết bị cầm tay, v.v. Ngoài ra, theo sáng chế, BS thông thường đề cập đến trạm cố định mà thực hiện việc truyền thông với UE và/hoặc BS khác, và trao đổi các loại dữ liệu và thông tin điều khiển khác nhau với UE và BS khác. BS có thể được gọi là trạm gốc nâng cao (advanced base station, ABS), nút B (node-B, NB), nút B cải tiến (evolved node-B, eNB), hệ thống thu phát gốc (base transceiver system, BTS), điểm truy cập (access point, AP), máy chủ xử lý (processing server, PS), v.v. Cụ thể là, BS của UTRAN được gọi là Node-B, BS dùng cho E-UTRAN được gọi là eNB, và BS của mạng công nghệ truy cập radio mới được gọi là gNB. Ở đây, nhằm thuận tiện cho việc mô tả, trạm gốc sẽ được gọi là BS không quan tâm đến loại hoặc phiên bản công nghệ truyền thông.

Theo sáng chế, nút đề cập đến điểm cố định có khả năng truyền/thu tín hiệu radio nhờ việc truyền thông với UE. Các loại BS khác nhau có thể được sử dụng như các nút mà không phân biệt các thuật ngữ của chúng. Ví dụ, BS, nút B (NB), e-nút B (e-node B, eNB), eNB ô nhỏ (pico-cell eNB, PeNB), eNB gia đình (home eNB, HeNB), role, bộ lặp, v.v. có thể là nút. Ngoài ra, nút có thể không là BS. Ví dụ, nút có thể là đầu từ xa radio (radio remote head, RRH) hoặc đơn vị từ xa radio (radio remote unit, RRU). RRH

hoặc RRU thông thường có mức công suất thấp hơn so với mức công suất của BS. Do RRH hoặc RRU (dưới đây gọi là RRH/RRU) thông thường được kết nối với BS qua đường dành riêng chẳng hạn như cáp quang, việc truyền thông phối hợp giữa RRH/RRU và BS có thể được thực hiện trôi chảy so với việc truyền thông phối hợp giữa các BS được kết nối bởi đường radio. Ít nhất một anten được lắp đặt trên mỗi nút. Anten có thể có nghĩa là anten vật lý hoặc có nghĩa là cổng anten hoặc anten ảo.

Theo sáng chế, ô đề cập đến vùng địa lý được quy định trong đó một hoặc nhiều nút cung cấp dịch vụ truyền thông. Theo đó, theo sáng chế, việc truyền thông với ô cụ thể có thể có nghĩa là việc truyền thông với BS hoặc nút mà cung cấp dịch vụ truyền thông tới ô cụ thể. Ngoài ra, tín hiệu DL/UL của ô cụ thể đề cập đến tín hiệu DL/UL từ/tới BS hoặc nút mà cung cấp dịch vụ truyền thông tới ô cụ thể. Nút cung cấp các dịch vụ truyền thông UL/DL tới UE được gọi là nút phục vụ và ô trong đó các dịch vụ truyền thông UL/DL được cung cấp bởi nút phục vụ được gọi cụ thể là ô phục vụ. Hơn nữa, tình trạng/chất lượng kênh của ô cụ thể đề cập đến tình trạng/chất lượng kênh của kênh hoặc liên kết truyền thông được tạo nên giữa BS hoặc nút mà cung cấp dịch vụ truyền thông tới ô cụ thể và UE. Trong hệ thống truyền thông dựa vào 3GPP, UE có thể đo trạng thái kênh DL được thu từ nút cụ thể nhờ sử dụng (các) tín hiệu tham chiếu ô cụ thể (cell-specific reference signal, CRS) được truyền trên tài nguyên CRS và/hoặc (các) tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (channel state information reference signal, CSI-RS) được truyền trên tài nguyên CSI-RS, được cấp phát bởi (các) cổng anten của nút cụ thể tới nút cụ thể.

Trong khi đó, hệ thống truyền thông dựa vào 3GPP sử dụng khái niệm về ô để quản lý các tài nguyên radio và ô được kết hợp với các tài nguyên radio được phân biệt với ô của vùng địa lý.

"Ô" của vùng địa lý có thể được hiểu là vùng phủ sóng trong đó nút có thể cung cấp dịch vụ nhờ sử dụng bộ mang và "ô" của tài nguyên radio được kết hợp với độ rộng dải tần (bandwidth, BW) mà là khoảng tần số được tạo cấu hình bởi bộ mang. Do vùng phủ sóng DL, mà là khoảng trong đó nút có khả năng truyền tín hiệu hợp lệ, và vùng phủ sóng UL, mà là khoảng trong đó nút có khả năng thu tín hiệu hợp lệ từ UE, tùy thuộc vào bộ mang mang tín hiệu, vùng phủ sóng của nút có thể được kết hợp với vùng phủ sóng của "ô" của tài nguyên radio được sử dụng bởi nút. Theo đó, thuật ngữ "ô" đôi khi có thể được sử dụng để chỉ báo vùng phủ sóng dịch vụ của nút, tài nguyên radio ở

các thời điểm khác, hoặc khoảng mà tín hiệu sử dụng tài nguyên radio có thể đạt được với cường độ hợp lệ ở các thời điểm khác.

Trong khi đó, các chuẩn truyền thông 3GPP sử dụng khái niệm về ô để quản lý các tài nguyên radio. “Ô” được kết hợp với các tài nguyên radio được định rõ bởi sự kết hợp của các tài nguyên đường xuống và các tài nguyên đường lên, nghĩa là, sự kết hợp của DL CC và UL CC. Ô có thể được tạo cấu hình bởi chỉ các tài nguyên đường xuống, hoặc có thể được tạo cấu hình bởi các tài nguyên đường xuống và các tài nguyên đường lên. Nếu sự kết tập bộ mang được hỗ trợ, sự liên kết giữa tần số bộ mang của các tài nguyên đường xuống (hoặc DL CC) và tần số bộ mang của các tài nguyên đường lên (hoặc UL CC) có thể được chỉ báo bởi thông tin hệ thống. Ví dụ, sự kết hợp của các tài nguyên DL và các tài nguyên UL có thể được chỉ báo bởi sự liên kết của loại khối thông tin hệ thống 2 (system information block type 2, SIB2). Tần số bộ mang có thể giống như tần số trung tâm của mỗi ô hoặc CC. Ô thao tác trên tần số sơ cấp có thể được gọi là ô sơ cấp (primary cell, Pcell) hoặc PCC, và ô thao tác trên tần số thứ cấp có thể được gọi là ô thứ cấp (secondary cell, Scell) hoặc SCC. Bộ mang tương ứng với Pcell ở đường xuống sẽ được gọi là CC sơ cấp đường xuống (downlink primary CC, DL PCC), và bộ mang tương ứng với Pcell ở đường lên sẽ được gọi là CC sơ cấp đường lên (uplink primary CC, UL PCC). Scell có nghĩa là ô mà có thể được tạo cấu hình sau khi hoàn thành sự thiết lập kết nối điều khiển tài nguyên radio (radio resource control, RRC) và được sử dụng để cung cấp các tài nguyên radio bổ sung. Scell có thể tạo nên tập hợp của các ô phục vụ dùng cho UE cùng với Pcell phù hợp với các khả năng của UE. Bộ mang tương ứng với Scell ở đường xuống sẽ được gọi là CC thứ cấp đường xuống (downlink secondary CC, DL SCC), và bộ mang tương ứng với Scell ở đường lên sẽ được gọi là CC thứ cấp đường lên (uplink secondary CC, UL SCC). Mặc dù UE ở trạng thái RRC được kết nối (RRC-CONNECTED state), nếu không được tạo cấu hình bởi sự kết tập bộ mang hoặc không hỗ trợ sự kết tập bộ mang, ô phục vụ đơn được tạo cấu hình bởi Pcell chỉ tồn tại.

Các chuẩn truyền thông dựa vào 3GPP định rõ các kênh vật lý DL tương ứng với các thành phần tài nguyên mang thông tin được dẫn ra từ lớp cao hơn và các tín hiệu vật lý DL tương ứng với các thành phần tài nguyên mà được sử dụng bởi lớp vật lý nhưng không mang thông tin được dẫn ra từ lớp cao hơn. Ví dụ, kênh chia sẻ đường xuống vật lý (physical downlink shared channel, PDSCH), kênh phát rộng vật lý (physical

broadcast channel, PBCH), kênh truyền đa hướng vật lý (physical multicast channel, PMCH), kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (physical control format indicator channel, PCFICH), kênh điều khiển đường xuống vật lý (physical downlink control channel, PDCCH), và kênh chỉ báo ARQ lai vật lý (physical hybrid ARQ indicator channel, PHICH) được định rõ là các kênh vật lý DL, và tín hiệu tham chiếu và tín hiệu đồng bộ hóa được định rõ là các tín hiệu vật lý DL. Tín hiệu tham chiếu (reference signal, RS), cũng được gọi là dẫn hướng, đề cập đến dạng sóng đặc biệt của tín hiệu được xác định trước được biết tới cả BS và UE. Ví dụ, RS ô cụ thể (cell-specific RS, CRS), RS UE cụ thể (UE-specific RS, UE-RS), RS định vị (positioning RS, PRS), và thông tin trạng thái kênh RS (channel state information RS, CSI-RS) có thể được định rõ là các DL RS. Trong khi đó, các chuẩn truyền thông dựa vào 3GPP định rõ các kênh vật lý UL tương ứng với các thành phần tài nguyên mang thông tin được dẫn ra từ lớp cao hơn và các tín hiệu vật lý UL tương ứng với các thành phần tài nguyên mà được sử dụng bởi lớp vật lý nhưng không mang thông tin được dẫn ra từ lớp cao hơn. Ví dụ, kênh chia sẻ đường lên vật lý (physical uplink shared channel, PUSCH), kênh điều khiển đường lên vật lý (physical uplink control channel, PUCCH), và kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (physical random access channel, PRACH) được định rõ là các kênh vật lý UL, và tín hiệu tham chiếu giải điều biến (demodulation reference signal, DM RS) dùng cho tín hiệu điều khiển/dữ liệu UL và tín hiệu tham chiếu thăm dò (sounding reference signal, SRS) được sử dụng cho phép đo kênh UL được định rõ là các tín hiệu vật lý UL.

Theo sáng chế, kênh điều khiển đường xuống vật lý (physical downlink control channel, PDCCH), kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (physical control format indicator channel, PCFICH), kênh chỉ báo yêu cầu truyền lại tự động lai vật lý (physical hybrid automatic retransmit request indicator channel, PHICH), và kênh chia sẻ đường xuống vật lý (physical downlink shared channel, PDSCH) lần lượt đề cập đến tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các thành phần tài nguyên (resource element, RE) mang thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI), tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang ký hiệu chỉ báo định dạng điều khiển (control format indicator, CFI), tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang báo nhận đường xuống (downlink acknowledgement, ACK)/ACK âm (negative ACK, NACK), và tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang dữ liệu đường xuống. Ngoài ra, kênh điều khiển đường lên vật lý (physical uplink

control channel, PUCCH), kênh chia sẻ đường lên vật lý (physical uplink shared channel, PUSCH) và kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (physical random access channel, PRACH) lần lượt đề cập đến tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang thông tin điều khiển đường lên (uplink control information, UCI), tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang dữ liệu đường lên và tập hợp của các tài nguyên thời gian tần số hoặc các RE mang các tín hiệu truy cập ngẫu nhiên. Theo sáng chế, cụ thể là, tài nguyên thời gian tần số hoặc RE mà được gán tới hoặc thuộc về PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH lần lượt được gọi là PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH RE hoặc tài nguyên thời gian tần số PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH/PUCCH/PUSCH/PRACH. Do đó, theo sáng chế, việc truyền PUCCH/PUSCH/PRACH của UE về mặt khái niệm lần lượt giống với việc truyền UCI/dữ liệu đường lên/tín hiệu truy cập ngẫu nhiên trên PUSCH/PUCCH/PRACH. Ngoài ra, việc truyền PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH của BS về mặt khái niệm lần lượt giống với việc truyền dữ liệu đường xuống/DCI trên PDCCH/PCFICH/PHICH/PDSCH.

Đối với các thuật ngữ và các công nghệ mà không được mô tả chi tiết theo sáng chế, có thể tham khảo tài liệu chuẩn về 3GPP LTE/LTE-A, ví dụ, 3GPP TS 36.211, 3GPP TS 36.212, 3GPP TS 36.213, 3GPP TS 36.321, và 3GPP TS 36.331 và tài liệu chuẩn về 3GPP NR, ví dụ, 3GPP TS 38.211, 3GPP TS 38.212, 3GPP TS 38.213, 3GPP TS 38.214, 3GPP TS 38.300 và 3GPP TS 38.331. Ngoài ra, đối với các mã cực và nguyên lý mã hóa và giải mã nhờ sử dụng các mã cực, có thể tham khảo 'E. Arıkan, "Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels," ((E. Arıkan, "Sự phân cực kênh: Phương pháp xây dựng các mã đạt được dung lượng cho các kênh không nhớ đầu vào nhị phân đối xứng,") trong các giao dịch IEEE về lý thuyết thông tin, tập 55, số 7, các trang 3051-3073, tháng 7 năm 2009'.

Khi nhiều thiết bị truyền thông hơn đã yêu cầu dung lượng truyền thông cao hơn, cần có băng thông rộng di động nâng cao liên quan đến công nghệ truy cập radio (radio access technology, RAT) kế thừa. Ngoài ra, việc truyền thông loại máy cỡ lớn để cung cấp các dịch vụ khác nhau không phân biệt thời gian và địa điểm bằng cách kết nối các thiết bị và các đối tượng với nhau là một vấn đề chính được xem xét trong việc truyền thông thế hệ tương lai. Hơn nữa, thiết kế hệ thống truyền thông trong đó các dịch vụ/các

UE nhạy cảm với độ tin cậy và độ trễ được xem xét đang được thảo luận. Việc giới thiệu RAT thế hệ tương lai đã được thảo luận bằng cách xem xét việc truyền thông băng thông rộng di động nâng cao, MTC cỡ lớn, truyền thông siêu tin cậy và độ trễ thấp (Ultra Reliable and Low Latency Communication, URLLC), và tương tự. Trong 3GPP hiện nay, nghiên cứu về hệ thống truyền thông di động thế hệ tương lai sau EPC đang được triển khai. Theo sáng chế, công nghệ tương ứng được gọi là RAT mới (new RAT, NR) hoặc 5G RAT, nhằm thuận tiện.

Hệ thống truyền thông NR yêu cầu rằng hiệu suất tốt hơn nhiều so với hệ thống thế hệ thứ tư (fourth generation, 4G) kế thừa được hỗ trợ về tốc độ dữ liệu, dung lượng, độ trễ, sự tiêu thụ năng lượng, và chi phí. Theo đó, hệ thống NR cần đạt được tiến bộ về độ rộng dải tần, phổ, năng lượng, hiệu quả truyền tín hiệu, và chi phí trên mỗi bit. NR cần sử dụng các dạng sóng hữu hiệu để đáp ứng các yêu cầu này.

Fig.1 minh họa thủ tục xử lý khối vận chuyển trong hệ thống LTE/LTE-A.

Để cho phía thu sửa các lỗi mà các tín hiệu trải qua trong kênh, phía truyền mã hóa thông tin nhờ sử dụng mã sửa lỗi chuyển tiếp và sau đó truyền thông tin được mã hóa. Phía thu giải điều biến tín hiệu thu được và giải mã mã sửa lỗi để nhờ đó khôi phục thông tin được truyền bởi phía truyền. Theo thủ tục giải mã này, các lỗi trong tín hiệu thu được được gây ra bởi kênh được sửa.

Dữ liệu đến khối lập mã dưới dạng của nhiều nhất hai khối vận chuyển mỗi khoảng thời gian truyền (transmission time interval, TTI) trong mỗi ô DL/UL. Các bước lập mã dưới đây có thể được áp dụng tới mỗi khối vận chuyển của ô DL/UL:

- gắn kiểm tra dư thừa tuần hoàn (cyclic redundancy check, CRC) với khối vận chuyển;
- gắn sự phân đoạn khối mã và CRC với khối mã;
- lập mã kênh;
- so khớp tốc độ; và
- ghép nối khối mã.

Mặc dù các loại mã sửa lỗi khác nhau là khả dụng, mã turbo đã được sử dụng chủ yếu trong hệ thống LTE/LTE-A kế thừa. Mã turbo được thực hiện bởi bộ mã hóa chập hệ thống đệ quy và bộ đan xen. Đối với việc thực hiện thực tế của mã turbo, bộ đan xen được sử dụng để tạo điều kiện thuận lợi việc giải mã song song và hoán vị đa thức bậc hai (quadratic polynomial permutation, QPP) là loại đan xen. Được biết rằng bộ đan xen

QPP duy trì hiệu suất tốt chỉ cho khối dữ liệu có kích thước cụ thể. Được biết rằng hiệu suất của mã turbo tăng với kích thước khối dữ liệu lớn hơn. Trong hệ thống truyền thông thực tế, khối dữ liệu có kích thước định trước hoặc lớn hơn được chia thành các khối dữ liệu nhỏ hơn và sau đó được mã hóa, để tạo điều kiện thuận lợi việc thực hiện lập mã thực tế. Các khối dữ liệu nhỏ hơn được gọi là các khối mã. Trong khi các khối mã thông thường có cùng kích thước, một trong số các khối mã có thể có kích thước khác do kích thước giới hạn của bộ đan xen QPP. Việc lập mã sửa lỗi được thực hiện trên mỗi khối mã có kích thước bộ đan xen định trước và sau đó việc đan xen được thực hiện để làm giảm tác động của các lỗi chùm mà được tạo ra trong suốt thời gian truyền qua kênh radio. Khối mã được đan xen và được sửa lỗi được truyền bằng cách được ánh xạ tới tài nguyên radio thực tế. Lượng các tài nguyên radio được sử dụng cho việc truyền thực tế được chỉ định. Vì vậy, các khối mã được mã hóa được so khớp tốc độ với lượng các tài nguyên radio. Thông thường, sự so khớp tốc độ được thực hiện nhờ việc lược bỏ hoặc việc lặp lại. Ví dụ, nếu lượng các tài nguyên radio, nghĩa là, số lượng của các bit truyền có khả năng được truyền trên các tài nguyên radio, là M và nếu chuỗi bit được lập mã, nghĩa là, số lượng của các bit đầu ra của bộ mã hóa, là N , trong đó M khác với N , sau đó sự so khớp tốc độ được thực hiện để thích ứng độ dài của chuỗi bit được lập mã tới M . Nếu $M > N$, sau đó tất cả hoặc phần của các bit của chuỗi bit được lập mã được lặp lại để thích ứng độ dài của chuỗi được so khớp tốc độ tới M . Nếu $M < N$, sau đó phần của các bit của chuỗi bit được lập mã được lược bỏ để thích ứng độ dài của chuỗi được so khớp tốc độ tới M và các bit được lược bỏ được loại trừ khỏi việc truyền.

Cụ thể, trong hệ thống LTE/LTE-A, sau khi dữ liệu được truyền được mã hóa nhờ sử dụng việc lập mã kênh có tỉ lệ mã cụ thể (ví dụ, $1/3$), tỉ lệ mã của dữ liệu được truyền được điều chỉnh nhờ thủ tục so khớp tốc độ bao gồm việc lược bỏ và việc lặp lại. Khi mã turbo được sử dụng như mã kênh trong hệ thống LTE/LTE-A, thủ tục thực hiện việc lập mã kênh và so khớp tốc độ trên mỗi khối mã trong thủ tục xử lý khối vận chuyển như được minh họa trên Fig.1 được minh họa trên Fig.2.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa sự so khớp tốc độ được thực hiện bằng cách tách riêng khối mã được mã hóa thành phần hệ thống và phần chẵn lẻ.

Như được minh họa trên Fig.2, tỉ lệ mã mẹ của bộ mã hóa turbo LTE/LTE-A là $1/3$. Để nhận được các tỉ lệ mã khác, nếu cần thiết, việc lặp lại hoặc lược bỏ phải được thực hiện, mà được thực hiện bởi môđun so khớp tốc độ. Môđun so khớp tốc độ bao

gồm ba bộ đan xen được gọi là khối con cho ba dòng đầu ra của bộ mã hóa turbo và phần cắt bớt và lựa chọn bit, mà được thực hiện bởi bộ đệm vòng. Bộ đan xen khối con dựa vào bộ đan xen hàng cột cổ điển với 32 hàng và sự hoán vị trong cột độ dài 32. Các bit của mỗi trong số ba dòng được ghi từng hàng vào ma trận có 32 cột (số lượng của các hàng tùy thuộc vào kích thước dòng). Các bit giả được đệm về phía trước của mỗi dòng để lấp đầy hoàn toàn ma trận. Sau khi hoán vị cột, các bit được đọc ra từ ma trận theo từng cột.

Fig.3 minh họa cấu trúc bên trong của bộ đệm vòng.

Bộ đệm vòng là phần quan trọng nhất của môđun so khớp tốc độ, khiến có thể thực hiện việc lược bỏ và việc lặp lại của mã mẹ. Dựa vào Fig.2, các bit hệ thống được đan xen được ghi vào bộ đệm vòng theo chuỗi, với bit thứ nhất của dòng bit hệ thống được đan xen ở đầu của bộ đệm. Các dòng bit chẵn lẻ được đan xen và được xen kẽ được ghi vào bộ đệm theo chuỗi, với bit thứ nhất của dòng cạnh bit cuối cùng của dòng bit hệ thống được đan xen. Các bit được lập mã (tùy thuộc vào tỉ lệ mã) được đọc ra nối tiếp từ điểm bắt đầu nhất định được xác định bởi các điểm phiên bản dư (redundancy version, RV) trong bộ đệm vòng. Nếu các bit được lập mã đến cuối của bộ đệm vòng và nhiều bit được lập mã hơn cần thiết cho việc truyền (trong trường hợp tỉ lệ mã nhỏ hơn so với 1/3), thì thiết bị truyền vòng lại và tiếp tục ở đầu của bộ đệm vòng.

HARQ, mà là viết tắt của ARQ lai (Hybrid ARQ), là cơ chế sửa lỗi dựa vào việc truyền lại của các gói, mà được phát hiện với các lỗi. Gói được truyền đến thiết bị thu sau sự chậm trễ lan truyền nhất định. Thiết bị thu đưa ra ACK trong trường hợp việc truyền không lỗi hoặc NACK trong trường hợp phát hiện một vài lỗi. ACK/NACK được đưa ra sau một vài thời gian xử lý và được gửi lại thiết bị truyền và đến thiết bị truyền sau sự chậm trễ lan truyền. Trong trường hợp của NACK, sau sự chậm trễ xử lý nhất định trong thiết bị truyền, gói được mong muốn sẽ được gửi lại. Các bit, mà được đọc ra từ bộ đệm vòng và được gửi nhờ việc truyền lại, là khác nhau và tùy thuộc vào vị trí của RV. Có bốn RV (0, 1, 2, và 3), mà định rõ vị trí của điểm bắt đầu ở đó các bit được đọc ra từ bộ đệm vòng. Dựa vào Fig.3, với số lượng của các lần truyền lại tăng lên, RV trở nên cao hơn và do đó các bit hệ thống ít hơn và các bit chẵn lẻ nhiều hơn được đọc ra từ bộ đệm vòng dùng cho việc truyền lại.

NR cung cấp các tốc độ cao hơn và vùng phủ sóng tốt hơn so với 4G hiện nay. NR thao tác ở dải tần số cao và được yêu cầu để đề nghị các tốc độ lên tới 1 Gb/s cho hàng

chục các sự kết nối hoặc hàng chục Mb/s cho hàng chục nghìn các sự kết nối. Để đáp ứng các yêu cầu của hệ thống NR như vậy, việc giới thiệu sơ đồ lập mã được cải tiến hơn so với sơ đồ lập mã kế thừa đang được thảo luận. Do việc truyền thông dữ liệu phát sinh trong môi trường kênh không hoàn thiện, nên việc lập mã kênh đóng vai trò quan trọng trong việc đạt được tốc độ dữ liệu cao hơn cho việc truyền thông nhanh và không lỗi. Mã kênh được lựa chọn cần cung cấp hiệu suất tỉ lệ lỗi khối cao (block error ratio, BLER) cho các độ dài khối và các tỉ lệ mã của khoảng cụ thể. Ở đây, BLER được định rõ là tỉ lệ của số lượng của các khối lỗi thu được với tổng số lượng của các khối được gửi. Trong NR, độ phức tạp tính toán thấp, độ trễ thấp, chi phí thấp, và độ linh hoạt cao hơn được yêu cầu cho sơ đồ lập mã. Hơn nữa, năng lượng được giảm trên mỗi bit và hiệu quả vùng được nâng cao cần thiết để hỗ trợ tốc độ dữ liệu cao hơn. Các ví dụ sử dụng cho các mạng NR là băng thông rộng di động nâng cao (enhanced mobile broadband, eMBB), mạng lưới vạn vật kết nối Internet (Internet of things, IoT) cỡ lớn, và truyền thông siêu tin cậy và độ trễ thấp (ultra-reliable and low latency communication, URLLC). eMBB bao gồm việc truy cập Internet với các tốc độ dữ liệu cao để cho phép nhiều ứng dụng đa phương tiện, các ứng dụng và lưu trữ đám mây, và thực tế giải trí được tăng lên. Các ứng dụng IoT cỡ lớn bao gồm các mạng cảm biến dày đặc cho các gia đình/các tòa nhà thông minh, giám sát sức khỏe từ xa, và theo dõi hậu cần. URLLC bao gồm các ứng dụng quan trọng mà yêu cầu độ tin cậy siêu cao và độ trễ thấp, chẳng hạn như tự động hóa công nghiệp, các xe không người lái, phẫu thuật từ xa, và các lưới thông minh.

Mặc dù nhiều sơ đồ lập mã với hiệu suất dung lượng cao ở các độ dài khối lớn là khả dụng, nhiều trong số các sơ đồ lập mã này không thể hiện thích hợp hiệu suất tốt tuyệt vời trong khoảng rộng của các độ dài khối và các tỉ lệ mã. Tuy nhiên, các mã turbo, các mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low-density parity check, LDPC), và các mã cực thể hiện hiệu suất BLER hứa hẹn trong khoảng rộng của các tỉ lệ lập mã và các độ dài mã và do đó được xem xét để được sử dụng trong hệ thống NR. Khi nhu cầu về các trường hợp khác nhau chẳng hạn như eMBB, IoT cỡ lớn, và URLLC đã tăng, sơ đồ lập mã cung cấp hiệu quả lập mã kênh lớn hơn so với trong các mã turbo là cần thiết. Ngoài ra, sự gia tăng số lượng nhiều nhất của các thuê bao có khả năng được chứa bởi kênh, nghĩa là, sự gia tăng về dung lượng, đã được yêu cầu.

Các mã cực là các mã đưa ra khuôn khổ mới có khả năng giải quyết các vấn đề của

các mã kênh kế thừa và đã được phát minh bởi Arikan ở trường đại học Bilkent (tham khảo: E. Arikan, "Sự phân cực kênh: Phương pháp xây dựng các mã đạt được dung lượng cho các kênh không nhớ đầu vào nhị phân đối xứng," trong các giao dịch IEEE về lý thuyết thông tin, tập 55, số 7, trang 3051-3073, tháng 7 năm 2009). Các mã cực là các mã đạt được dung lượng thứ nhất với các độ phức tạp mã hóa và giải mã thấp, mà đã được chứng minh về mặt toán học. Các mã cực vượt trội các mã turbo về các độ dài khối lớn trong khi không có dòng lỗi nào có mặt. Dưới đây, việc lập mã kênh nhờ sử dụng các mã cực được gọi là lập mã cực.

Các mã cực được biết đến là các mã có khả năng đạt được dung lượng của kênh không nhớ rời rạc nhị phân được đưa ra. Điều này có thể đạt được chỉ khi kích thước khối đủ lớn. Nghĩa là, các mã cực là các mã có khả năng đạt được dung lượng của kênh nếu kích thước N của các mã tăng vô hạn. Các mã cực có độ phức tạp mã hóa và giải mã thấp và có thể được giải mã thành công. Các mã cực là loại của các mã sửa lỗi khối tuyến tính. Nhiều sự ghép nối đệ quy là các khối xây dựng cơ bản cho các mã cực và là các cơ sở cho việc xây dựng mã. Việc chuyển đổi vật lý của các kênh trong đó các kênh vật lý được chuyển đổi thành các kênh ảo xảy ra và việc chuyển đổi như vậy dựa vào các sự ghép nối đệ quy. Nếu nhiều kênh được nhân lên và được tích lũy, thì hầu hết các kênh có thể trở nên tốt hơn hoặc xấu hơn. Ý tưởng cơ bản về các mã cực là sử dụng các kênh tốt. Ví dụ, dữ liệu được gửi qua các kênh tốt ở tỉ lệ 1 và dữ liệu được gửi qua các kênh xấu ở tỉ lệ 0. Nghĩa là, nhờ sự phân cực kênh, các kênh vào trạng thái được phân cực từ trạng thái thông thường.

Fig.4 là sơ đồ khối về bộ mã hóa mã cực.

Fig.4(a) minh họa môđun gốc của mã cực, cụ thể là, kết hợp kênh mức thứ nhất cho việc lập mã cực. Trên Fig.4(a), W_2 biểu thị toàn bộ kênh tương đương nhận được bằng cách kết hợp hai kênh không nhớ rời rạc đầu vào nhị phân (binary-input discrete memoryless channel, B-DMC), W_s . Ở đây, u_1 và u_2 là các bit nguồn đầu vào nhị phân và y_1 và y_2 là các bit được lập mã đầu ra. Việc kết hợp kênh là thủ tục ghép nối các B-DMC song song.

Fig.4(b) minh họa ma trận gốc F cho môđun gốc. Các bit nguồn đầu vào nhị phân u_1 và u_2 được đưa vào tới ma trận gốc F và các bit được lập mã đầu ra x_1 và x_2 của ma trận gốc F có mối tương quan sau đây.

Phương trình 1

$$\begin{bmatrix} u_1 & u_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \end{bmatrix}$$

Kênh W_2 có thể đạt được dung lượng đối xứng $I(W)$ mà là tỉ lệ cao nhất. Trong B-DMC W , dung lượng đối xứng là thông số quan trọng mà được sử dụng để đo tỉ lệ và là tỉ lệ cao nhất trong đó việc truyền thông tin cậy có thể xảy ra trên kênh W . B-DMC có thể được định rõ như sau.

Phương trình 2

$$I(W) = \sum_{y \in Y} \sum_{x \in X} \frac{1}{2} W(y|x) \log \frac{w(y|x)}{\frac{1}{2} w(y|0) + \frac{1}{2} w(y|1)}$$

Có thể tổng hợp hoặc tạo ra tập hợp thứ hai của N kênh đầu vào nhị phân trong số N bản sao độc lập của B-DMC W được đưa ra và các kênh có các đặc tính $\{W_N^{(i)}: 1 \leq i \leq N\}$. Nếu N tăng, có xu hướng đối với phần của các kênh có dung lượng xấp xỉ tới 1 và đối với các kênh còn lại có dung lượng xấp xỉ tới 0. Điều này được gọi là sự phân cực kênh. Nói cách khác, sự phân cực kênh là quy trình tạo ra tập hợp thứ hai của N kênh $\{W_N^{(i)}: 1 \leq i \leq N\}$ nhờ sử dụng N bản sao độc lập của B-DMC W được đưa ra. Hiệu quả của sự phân cực kênh có nghĩa là, khi N tăng, tất cả các mục dung lượng đối xứng $\{I(W_N^{(i)})\}$ có xu hướng tới 0 hoặc 1 đối với tất cả ngoại trừ phân số biến mất của các chỉ mục i . Nói cách khác, khái niệm sau sự phân cực kênh trong các mã cực đang biến đổi N bản sao (nghĩa là, N lần truyền) của kênh có dung lượng đối xứng là $I(W)$ (ví dụ, kênh nhiễu Gaussian trắng cộng sinh) thành các kênh xa nhất có dung lượng sát với 1 hoặc 0. Trong số N kênh, phân số $I(W)$ sẽ là các kênh hoàn hảo và phân số $1-I(W)$ sẽ là các kênh nhiễu hoàn toàn. Tiếp theo, các bit thông tin được truyền chỉ qua các kênh tốt và các bit được đưa vào các kênh khác được đóng băng tới 1 hoặc 0. Lượng phân cực kênh tăng cùng với độ dài khối. Sự phân cực kênh bao gồm hai giai đoạn: giai đoạn kết hợp kênh và giai đoạn phân chia kênh.

Fig.5 minh họa khái niệm về việc kết hợp kênh và việc phân chia kênh đối với sự phân cực kênh. Như được minh họa trên Fig.5, khi N bản sao của kênh gốc W được kết hợp thích hợp để tạo ra kênh vectơ W_{vec} và sau đó được phân chia thành các kênh được phân cực mới, các kênh được phân cực mới được phân loại thành các kênh có dung lượng $C(W)=1$ và các kênh có $C(W)=0$ nếu N đủ lớn. Trong trường hợp này, do các bit đi qua các kênh có dung lượng kênh $C(W)=1$ được truyền mà không có lỗi, nên tốt hơn là truyền các bit thông tin qua đó và, do các bit đi qua các kênh có dung lượng $C(W)=0$

không thể vận chuyển thông tin, nên tốt hơn là vận chuyển các bit được đóng băng, mà là các bit vô nghĩa, qua đó.

Dựa vào Fig.5, các bản sao của B-DMC W được đưa ra được kết hợp theo cách đệ quy để đưa ra kênh véctor W_{vec} được đưa ra bởi $X_N \rightarrow Y_N$, trong đó $N=2^n$ và n là số nguyên bằng hoặc lớn hơn 0. Sự đệ quy luôn bắt đầu ở mức thứ 0 và $W_1 = W$. Nếu n là 1 ($n=1$), điều này có nghĩa là mức đệ quy thứ nhất trong đó hai bản sao độc lập của W_1 được kết hợp. Nếu hai bản sao trên được kết hợp, kênh $W_2: X_2 \rightarrow Y_2$ nhận được. Xác suất chuyển tiếp của kênh mới W_2 này có thể được biểu diễn bởi phương trình sau.

Phương trình 3

$$W_2(y_1, y_2 | u_1, u_2) = W(y_1 | u_1 \oplus u_2) W(y_2 | u_2)$$

Nếu kênh W_2 nhận được, hai bản sao của kênh W_2 được kết hợp để nhận được bản sao đơn của kênh W_4 . Sự đệ quy như vậy có thể được biểu diễn bởi $W_4: X_4 \rightarrow Y_4$ có xác suất chuyển tiếp sau.

Phương trình 4

$$W_4(y_1^4 | u_1^4) = W_2(y_1^2 | u_1 \oplus u_2, u_3 \oplus u_4) W_2(y_3^2 | u_2, u_4)$$

Trên Fig.5, G_N là ma trận tạo kích thước N . G_2 tương ứng với ma trận gốc F được minh họa trên Fig.4(b). G_4 có thể được biểu diễn bởi ma trận sau.

Phương trình 5

$$G_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{\otimes 2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Ở đây, $\otimes$ biểu thị sản phẩm Kronecker, $A^{\otimes n} = A \otimes A^{\otimes (n-1)}$ đối với tất cả $n \geq 1$, và $A^{\otimes 0} = 1$.

Mối tương quan giữa u^{N_1} đầu vào với G_N và x^{N_1} đầu ra của G_N trên Fig.5(b) có thể được biểu diễn là $x^{N_1} = u^{N_1} G_N$, trong đó $x^{N_1} = \{x_1, \dots, x_N\}$, $u^{N_1} = \{u_1, \dots, u_N\}$

Khi N B-DMC được kết hợp, mỗi B-DMC có thể được thể hiện theo cách đệ quy. Nghĩa là, G_N có thể được chỉ báo bởi phương trình sau.

Phương trình 6

$$G_N = B_N F^{Wn}$$

Ở đây, $N=2^n$, $n \geq 1$, $F^{\otimes n} = F \otimes F^{\otimes (n-1)}$, và $F^{\otimes 0} = 1$. B_N là ma trận hoán vị được biết đến là thao tác đảo ngược bit và $B_N = R_N(I_2 \otimes B_{N/2})$ và có thể được tính toán đệ quy. I_2 là ma trận nhận dạng hai chiều và sự đệ quy này được khởi tạo tới $B_2=I_2$. R_N là bộ đan xen đảo ngược bit và được sử dụng để ánh xạ $s^{N_1} = \{s_1, \dots, s_N\}$ đầu vào tới $x^{N_1} = \{s_1, s_3, \dots, s_{N-1}, s_2, \dots, s_N\}$ đầu ra. Bộ đan xen đảo ngược bit có thể không được bao gồm ở phía truyền. Mỗi tương quan của phương trình được minh họa trên Fig.6.

Fig.6 minh họa việc kết hợp kênh mức thứ N cho mã cực.

Quy trình định rõ kênh tương đương cho đầu vào cụ thể sau khi kết hợp N B-DMC W được gọi là việc phân chia kênh. Việc phân chia kênh có thể được biểu diễn là xác suất chuyển tiếp kênh được chỉ báo bởi phương trình sau.

Phương trình 7

$$W_N^i(y_1^N, u_1^{i-1} | u_i) = \sum_{u_{i+1}} \frac{1}{2^{N-1}} W_N(y_1^N | u_1^N)$$

Sự phân cực kênh có các đặc tính sau:

> Bảo toàn: $C(W^-) + C(W^+) = 2C(W)$,

> Cực hạn: $C(W^-) \leq C(W) \leq C(W^+)$.

Khi việc kết hợp kênh và việc phân chia kênh được thực hiện, định lý sau đây có thể nhận được.

* Định lý: Đối với B-DMC W bất kỳ, các kênh $\{W_N^{(i)}\}$ được phân cực theo nghĩa sau. Đối với $\delta \in \{0,1\}$ cố định bất kỳ, khi N đến vô hạn qua các công suất là 2, phân số của các chỉ mục $i \in \{1, \dots, N\}$ đối với dung lượng kênh $I(W_N^{(i)}) \in (1-\delta, 1]$ đi đến $I(W)$ và phân số của i đối với dung lượng kênh $I(W_N^{(i)}) \in [0, \delta)$ đi đến $1-I(W)$. Do đó, nếu $N \rightarrow \infty$, sau đó các kênh nhiều hoàn toàn hoặc được phân cực không có nhiều. Các kênh này có thể được nhận ra một cách chính xác bởi phía truyền. Do đó, các kênh xấu được cố định và các bit không được cố định có thể được truyền trên các kênh tốt.

Nghĩa là, nếu kích thước N của các mã cực là vô hạn, kênh có nhiều nhiều hoặc không có nhiều, đối với bit đầu vào cụ thể. Điều này có cùng ý nghĩa rằng dung lượng của kênh tương đương đối với bit đầu vào cụ thể được chia thành 0 hoặc $I(W)$.

Các đầu vào của bộ mã hóa cực được chia thành các kênh bit trong đó dữ liệu thông tin được ánh xạ và các kênh bit trong đó dữ liệu thông tin không được ánh xạ. Như được nêu trên, theo định lý của mã cực, nếu từ mã của mã cực đi đến vô hạn, các kênh bit đầu vào có thể được phân loại thành các kênh không nhiều và các kênh nhiều.

Do đó, nếu thông tin được cấp phát tới các kênh bit không nhiều, dung lượng kênh có thể nhận được. Tuy nhiên, trong thực tế, từ mã có độ dài vô hạn không thể được tạo cấu hình, các độ tin cậy của các kênh bit đầu vào được tính toán và các bit dữ liệu được cấp phát tới các kênh bit đầu vào theo thứ tự của các độ tin cậy. Theo sáng chế, các kênh bit trong đó các bit dữ liệu được cấp phát được gọi là các kênh bit tốt. Các kênh bit tốt có thể là các kênh bit đầu vào trong đó các bit dữ liệu được ánh xạ. Các kênh bit trong đó dữ liệu không được ánh xạ được gọi là các kênh bit được đóng băng. Trị số đã biết (ví dụ, 0) được đưa vào tới các kênh bit được đóng băng và sau đó việc mã hóa được thực hiện. Các trị số bất kỳ mà được biết tới phía truyền và phía thu có thể được ánh xạ tới các kênh bit được đóng băng. Khi việc lược bỏ hoặc việc lặp lại được thực hiện, thông tin về các kênh bit tốt có thể được sử dụng. Ví dụ, các vị trí của các bit từ mã (nghĩa là, các bit đầu ra) tương ứng với các vị trí của các bit đầu vào trong đó các bit thông tin không được cấp phát có thể được lược bỏ.

Sơ đồ giải mã của các mã cực là sơ đồ giải mã hủy bỏ liên tiếp (successive cancellation, SC). Sơ đồ giải mã SC thu nhận xác suất chuyển tiếp kênh và sau đó tính toán tỉ lệ khả năng (likelihood ratio, LLR) của các bit đầu vào nhờ sử dụng xác suất chuyển tiếp kênh. Trong trường hợp này, xác suất chuyển tiếp kênh có thể được tính toán dưới dạng đệ quy nếu các thủ tục kết hợp kênh hoặc phân chia kênh sử dụng các đặc tính của dạng đệ quy. Do đó, trị số LLR cuối cùng cũng có thể được tính toán dưới dạng đệ quy. Thứ nhất, xác suất chuyển tiếp kênh $W_N^{(i)}(y_1^N, u_1^{i-1} | u_i)$ của bit đầu vào u_i có thể nhận được như sau. u_1^i có thể được phân chia lần lượt thành các chỉ mục lẻ và các chỉ mục chẵn như được thể hiện là $u_{1,o}^i, u_{1,e}^i$. Xác suất chuyển tiếp kênh có thể được chỉ báo bởi các phương trình sau.

Phương trình 8

$$\begin{aligned}
 & W_{2N}^{(2i-1)}(y_1^{2N}, u_1^{2i-1} | u_{2i-1}) \\
 &= \sum_{u_{2i}^{2N}} \frac{1}{2^{2N-1}} W_{2N}(y_1^{2N} | u_1^{2N}) \\
 &= \sum_{u_{2i,o}^{2N}, u_{2i,e}^{2N}} \frac{1}{2^{2N-1}} W_N(y_1^N | u_{1,o}^{2N} \oplus u_{i,e}^{2N}) W_N(y_{N+1}^{2N} | u_{1,e}^{2N}) \\
 &= \sum_{u_{2i}} \frac{1}{2} \sum_{u_{2i+1,e}^{2N}} \frac{1}{2^{N-1}} W_N(y_{N+1}^{2N} | u_{1,e}^{2N}) \cdot \sum_{u_{2i+1,o}^{2N}} \frac{1}{2^{N-1}} W_N(y_1^N | u_{1,o}^{2N} \oplus u_{i,e}^{2N}) \\
 &= \sum_{u_{2i}} \frac{1}{2} W_N^{(i)}(y_1^N, u_{1,o}^{2i-2} \oplus u_{i,e}^{2i-2} | u_{2i-1} \oplus u_{2i}) \cdot W_N^{(i)}(y_{N+1}^{2N}, u_{1,e}^{2i-2} | u_{2i}) \\
 & \text{where } W_N^{(i)}(y_1^N, u_1^{i-1} | u_i) = \sum_{u_{i+1}} \frac{1}{2^{N-1}} W_N(y_1^N | u_1^N).
 \end{aligned}$$

Phương trình 9

$$\begin{aligned}
 & \mathcal{W}_{2N}^{(2i)}(y_1^{2N}, u_1^{2i-1} | u_{2i}) \\
 &= \sum_{u_{2i+1}^{2N}} \frac{1}{2^{2N-1}} \mathcal{W}_{2N}(y_1^{2N} | u_1^{2N}) \\
 &= \sum_{u_{2i+1,o}^{2N}, u_{2i+1,e}^{2N}} \frac{1}{2^{2N-1}} \mathcal{W}_N(y_1^N | u_{1,o}^{2N} \oplus u_{i,e}^{2N}) \mathcal{W}_N(y_{N+1}^{2N} | u_{1,e}^{2N}) \\
 &= \frac{1}{2} \sum_{u_{2i+1,e}^{2N}} \frac{1}{2^{N-1}} \mathcal{W}_N(y_{N+1}^{2N} | u_{1,e}^{2N}) \cdot \sum_{u_{2i+1,o}^{2N}} \frac{1}{2^{N-1}} \mathcal{W}_N(y_1^N | u_{1,o}^{2N} \oplus u_{i,e}^{2N}) \\
 &= \frac{1}{2} \mathcal{W}_N^{(i)}(y_1^N, u_{1,o}^{2i-2} \oplus u_{i,e}^{2i-2} | u_{2i-1} \oplus u_{2i}) \cdot \mathcal{W}_N^{(i)}(y_{N+1}^{2N}, u_{1,e}^{2i-2} | u_{2i})
 \end{aligned}$$

Bộ giải mã cực tìm kiếm thông tin và tạo ra $u^{\wedge N_1}$ của u^{N_1} dự đoán nhờ sử dụng các trị số (ví dụ, các bit thu, các bit được đóng băng, v.v.) đã biết đối với các mã cực. LLR được định rõ như sau.

Phương trình 10

$$L_N^{(i)}(y_1^N, u_1^{i-1}) = \frac{\mathcal{W}_N^{(i)}(y_1^N, u_1^{i-1} | u_i = 0)}{\mathcal{W}_N^{(i)}(y_1^N, u_1^{i-1} | u_i = 1)}$$

LLR có thể được tính toán đệ quy như sau.

Phương trình 11

$$\begin{aligned}
 L_N^{(2i-1)}(y_1^N, \hat{u}_1^{2i-2}) &= \frac{L_{N/2}^{(i)}(y_1^{N/2}, \hat{u}_{1,o}^{2i-2} \oplus \hat{u}_{1,e}^{2i-2}) \cdot L_{N/2}^{(i)}(y_{N/2+1}^N, \hat{u}_{1,e}^{2i-2}) + 1}{L_{N/2}^{(i)}(y_1^{N/2}, \hat{u}_{1,o}^{2i-2} \oplus \hat{u}_{1,e}^{2i-2}) + L_{N/2}^{(i)}(y_{N/2+1}^N, \hat{u}_{1,e}^{2i-2})} \\
 L_N^{(2i)}(y_1^N, \hat{u}_1^{2i-1}) &= [L_{N/2}^{(i)}(y_1^{N/2}, \hat{u}_{1,o}^{2i-2} \oplus \hat{u}_{1,e}^{2i-2})]^{1-2\hat{u}_{2i-1}} \cdot L_{N/2}^{(i)}(y_{N/2+1}^N, \hat{u}_{1,e}^{2i-2})
 \end{aligned}$$

Việc tính toán đệ quy của các LLR được truy nguyên đến độ dài mã là 1 với LLR $L^{(1)}_1(y_i) = W(y_i|0)/W(y_i|1)$. $L^{(1)}_1(y_i)$ là thông tin mềm được quan sát từ kênh.

Độ phức tạp của bộ mã hóa cực và bộ giải mã SC thay đổi với độ dài N của các mã cực và được biết đến là có $O(M \log N)$. Giả sử rằng K bit đầu vào được sử dụng cho mã cực độ dài N , tỉ lệ lập mã trở thành N/K . Nếu ma trận tạo của bộ mã hóa cực có kích thước tải trọng dữ liệu N là G_N , bit được mã hóa có thể được biểu diễn là $x^{N_1} = u^{N_1} G_N$. Giả sử rằng K bit trong số u^{N_1} tương ứng với các bit tải trọng, chỉ mục hàng của G_N tương ứng với các bit tải trọng là i , và chỉ mục hàng của G_N tương ứng với các bit $(N-K)$ là F . Khoảng cách ít nhất các mã cực có thể được đưa ra là $d_{\min}(C) = \min_{i \in I} 2^{wt(i)}$, trong đó $wt(i)$ là số lượng của 1s nằm trong sự mở rộng nhị phân của i và $i=0,1,\dots,N-1$.

Việc giải mã danh mục SC (SC list, SCL) là sự mở rộng của bộ giải mã SC cơ bản. Theo loại bộ giải mã này, L đường giải mã được xem xét đồng thời trong mỗi giai đoạn giải mã. Ở đây, L là số nguyên. Nói cách khác, trong trường hợp của các mã cực, thuật

toán giải mã danh mục L là thuật toán để theo dõi đồng thời L đường trong quy trình giải mã.

Fig.7 minh họa sự cải tiến của các đường giải mã trong quy trình giải mã danh mục L. Nhằm thuận tiện cho việc mô tả, giả sử rằng số lượng của các bit mà sẽ được xác định là n và tất cả các bit không được đóng băng. Nếu kích thước danh mục L là 4, mỗi mức bao gồm nhiều nhất 4 nút với các đường mà tiếp tục về phía dưới. Các đường bị gián đoạn được thể hiện bởi các đường chấm trên Fig.7. Quy trình xử lý trong đó các đường giải mã cải tiến về việc giải mã danh mục L bây giờ sẽ được mô tả dựa vào Fig.7. i) nếu việc giải mã danh mục L được bắt đầu, bit không được đóng băng thứ nhất có thể hoặc là 0 hoặc là 1. ii) việc giải mã danh mục L tiếp tục. Các bit không được đóng băng thứ hai có thể hoặc là 0 hoặc là 1. Do số lượng của các đường không lớn hơn $L=4$, việc cắt bớt là chưa cần thiết. iii) Việc xem xét tất cả các tùy chọn đối với các kết quả bit thứ nhất (nghĩa là, bit của mức thứ nhất), bit thứ hai (nghĩa là, bit của mức thứ hai), và bit thứ ba (nghĩa là, bit của mức thứ ba) trong 8 đường giải mã mà là quá mức bởi vì $L=4$. iv) 8 đường giải mã được cắt bớt tới $L (=4)$ đường hứa hẹn. V) 4 đường hoạt động tiếp tục bằng cách xem xét hai tùy chọn của bit không được đóng băng thứ tư. Trong trường hợp này, số lượng của các đường được nhân đôi, nghĩa là, 8 đường mà quá mức bởi vì $L=4$. vi) 8 đường được cắt bớt lại tới $L (=4)$ đường tốt nhất. Theo ví dụ trên Fig.7, 4 từ mã ứng viên 0100, 0110, 0111, và 1111 nhận được và một trong số các từ mã được xác định là từ mã giống nhất với từ mã gốc. Theo cách tương tự như quy trình giải mã thông thường, ví dụ, theo quy trình cắt bớt hoặc quy trình xác định từ mã cuối cùng, đường trong đó tổng của các trị số tuyệt đối LLR là lớn nhất có thể được lựa chọn là đường còn lại. Nếu CRC có mặt, đường còn lại có thể được lựa chọn qua CRC.

Trong khi đó, việc giải mã SCL được CRC hỗ trợ là việc giải mã SCL nhờ sử dụng CRC và nâng cao hiệu suất của các mã cực. CRC là kỹ thuật được sử dụng rộng rãi nhất trong việc phát hiện lỗi và việc sửa lỗi trong lĩnh vực lý thuyết thông tin và lập mã. Ví dụ, nếu khối đầu vào của bộ mã hóa sửa lỗi có K bit và độ dài của các bit thông tin là k, và độ dài của các chuỗi CRC là m bit, sau đó $K = k+m$. Các bit CRC là phần của các bit nguồn dùng cho mã sửa lỗi. Nếu kích thước của các mã kênh được sử dụng cho việc mã hóa là N, tỉ lệ mã R được định rõ là $R=K/N$. Việc giải mã SCL được CRC hỗ trợ dùng để phát hiện đường không lỗi trong khi thiết bị thu xác nhận mã CRC đối với mỗi đường. Bộ giải mã SCL đưa ra các chuỗi ứng viên tới bộ phát hiện CRC. Bộ phát hiện CRC

phản hồi kết quả kiểm tra để hỗ trợ việc xác định từ mã.

Mặc dù phức tạp khi so sánh với thuật toán SC, nhưng việc giải mã SCL hoặc việc giải mã SCL được CRC hỗ trợ có ưu điểm về hiệu suất giải mã tuyệt vời. Để biết thêm các chi tiết về thuật toán giải mã danh mục X của các mã cực, xem 'I. Tal and A. Vardy, "List decoding of polar codes," (I. Tal và A. Vardy, "Giải mã danh mục của các mã cực,") trong Kỷ yếu của Hội thảo quốc tế IEEE về lý thuyết thông tin, các trang 1-5, tháng 7 năm 2011'.

Trong các mã cực, thiết kế mã độc lập với kênh và do đó không toàn diện đối với các kênh mờ dần di động. Ngoài ra, các mã cực có nhược điểm về sự ứng dụng giới hạn bởi vì các mã gần đây đã được đưa ra và chưa được phát triển. Nghĩa là, việc lập mã cực đã đề xuất đến bây giờ có nhiều phần mà đã không được định rõ để áp dụng tới hệ thống truyền thông không dây. Do đó, sáng chế đề xuất phương pháp lập mã cực thích hợp cho hệ thống truyền thông không dây.

Fig.8 minh họa khái niệm về việc lựa chọn (các) vị trí trong đó (các) bit thông tin được cấp phát trong các mã cực.

Trên Fig.8, giả sử rằng kích thước N của các mã mẹ là 8, nghĩa là, kích thước N của các mã cực là 8, và tỉ lệ mã là 1/2.

Trên Fig.8, $C(W_i)$ biểu thị dung lượng của kênh W_i và tương ứng với độ tin cậy của các kênh mà các bit đầu vào của mã cực trải qua. Khi các dung lượng kênh tương ứng với các vị trí bit đầu vào của mã cực như được minh họa trên Fig.8, các độ tin cậy của các vị trí bit đầu vào được xếp hạng như được minh họa trên Fig.8. Để truyền dữ liệu ở tỉ lệ mã là 1/2, thiết bị truyền cấp phát 4 bit cấu thành dữ liệu tới 4 vị trí bit đầu vào có các dung lượng kênh cao trong số 8 vị trí bit đầu vào (nghĩa là, các vị trí bit đầu vào được biểu thị là U_4, U_6, U_7 , và U_8 trong số các vị trí bit đầu vào từ U_1 đến U_8 trên Fig.8) và đóng băng các vị trí bit đầu vào còn lại. Ma trận tạo G_8 tương ứng với mã cực trên Fig.8 như sau. Ma trận tạo G_8 có thể nhận được dựa vào phương trình 6.

Phương trình 12

$$G_8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Các vị trí bit đầu vào được biểu thị từ U_1 đến U_8 trên Fig.8 tương ứng từng vị trí với các hàng từ hàng cao nhất đến hàng thấp nhất của G_8 . Dựa vào Fig.8, có thể được đánh giá rằng bit đầu vào tương ứng với U_8 ảnh hưởng tất cả các bit được lập mã đầu ra. Mặt khác, có thể được đánh giá rằng bit đầu vào tương ứng với U_1 ảnh hưởng chỉ Y_1 trong số các bit được lập mã đầu ra. Dựa vào phương trình 12, khi các bit nguồn đầu vào nhị phân từ U_1 đến U_8 được nhân với G_8 , hàng trong đó các bit đầu vào xuất hiện ở tất cả các bit đầu ra là hàng thấp nhất $[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$ trong đó tất cả các thành phần là 1, trong số các hàng của G_8 . Trong khi đó, hàng trong đó các bit nguồn đầu vào nhị phân xuất hiện ở chỉ một bit đầu ra là hàng trong đó một thành phần là 1 trong số các hàng của G_8 , nghĩa là, hàng $[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$ trong đó trọng lượng hàng là 1. Ngoài ra, có thể được đánh giá rằng hàng trong đó trọng lượng hàng là 2 phản ánh các bit đầu vào tương ứng với hàng ở hai bit đầu ra. Dựa vào Fig.8 và phương trình 12, U_1 đến U_8 tương ứng từng vị trí với các hàng của G_8 và các chỉ mục bit để phân biệt giữa các vị trí đầu vào của U_1 đến U_8 , nghĩa là, các chỉ mục bit để phân biệt giữa các vị trí đầu vào, có thể được gán tới các hàng của G_8 .

Dưới đây, đối với các mã cực, có thể được giả sử rằng các chỉ mục bit từ 0 đến $N-1$ được cấp phát tuần tự tới các hàng của G_N bắt đầu từ hàng cao nhất có trọng lượng hàng nhỏ nhất đối với N bit đầu vào. Ví dụ, dựa vào Fig.8, chỉ mục bit 0 được cấp phát tới vị trí đầu vào của U_1 , nghĩa là, hàng thứ nhất của G_8 và chỉ mục bit 7 được cấp phát tới vị trí đầu vào của U_8 , nghĩa là, hàng cuối cùng của G_8 . Tuy nhiên, do các chỉ mục bit được sử dụng để chỉ báo các vị trí đầu vào của mã cực, nên sơ đồ khác với sơ đồ cấp phát nêu trên có thể được sử dụng. Ví dụ, các chỉ mục bit từ 0 đến $N-1$ có thể được cấp phát bắt đầu từ hàng thấp nhất có trọng lượng hàng lớn nhất.

Trong trường hợp của các chỉ mục bit đầu ra, như được minh họa trên Fig.8 và phương trình 12, có thể được giả sử rằng các chỉ mục bit từ 0 đến $N-1$ hoặc các chỉ mục bit từ 1 đến N được gán tới các cột từ cột thứ nhất có trọng lượng cột lớn nhất tới cột cuối cùng có trọng lượng cột nhỏ nhất trong số các cột của G_N .

Trong các mã cực, việc thiết đặt của các bit thông tin và các bit được đóng băng là một trong số các thành phần quan trọng nhất trong cấu hình và hiệu suất của mã cực. Nghĩa là, việc xác định các thứ hạng của các vị trí bit đầu vào có thể là thành phần quan trọng trong hiệu suất và cấu hình của mã cực. Đối với các mã cực, các chỉ mục bit có thể phân biệt các vị trí đầu vào và đầu ra của mã cực. Theo sáng chế, chuỗi nhận được

bằng cách đánh số các độ tin cậy của các vị trí bit theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần được gọi là chuỗi chỉ mục bit. Nghĩa là, chuỗi chỉ mục bit biểu diễn các độ tin cậy của các vị trí bit đầu vào hoặc đầu ra của mã cực theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần. Thiết bị truyền đưa các bit thông tin vào các bit đầu vào có các độ tin cậy cao dựa vào chuỗi chỉ mục bit đầu vào và thực hiện việc mã hóa nhờ sử dụng mã cực. Thiết bị thu có thể phân biệt các vị trí đầu vào trong đó các bit thông tin được cấp phát hoặc các vị trí đầu vào trong đó các bit được đóng băng được cấp phát, nhờ sử dụng chuỗi chỉ mục bit đầu vào giống hoặc tương đương. Nghĩa là, thiết bị thu có thể thực hiện việc giải mã cực nhờ sử dụng chuỗi chỉ mục bit đầu vào mà giống với hoặc tương ứng với chuỗi chỉ mục bit đầu vào được sử dụng bởi thiết bị truyền và sử dụng mã cực tương ứng. Trong phần mô tả dưới đây, có thể giả sử rằng chuỗi chỉ mục bit đầu vào được định trước sao cho (các) bit thông tin có thể được cấp phát tới (các) vị trí bit đầu vào có các độ tin cậy cao. Theo sáng chế, chuỗi chỉ mục bit đầu vào cũng được gọi là chuỗi cực.

Fig.9 minh họa việc lược bỏ và sự cấp phát bit thông tin cho các mã cực. Trên Fig.9, F biểu thị bit được đóng băng, D biểu thị bit thông tin, và 0 biểu thị bit bỏ qua.

Trong số các bit được lập mã, trường hợp trong đó bit thông tin được thay đổi tới bit được đóng băng có thể xảy ra theo chỉ mục hoặc vị trí của bit được lược bỏ. Ví dụ, nếu các bit được lập mã đầu ra đối với mã mẹ $N=8$ sẽ được lược bỏ theo thứ tự Y8, Y7, Y6, Y4, Y5, Y3, Y2, và Y1 và tỉ lệ mã đích là $1/2$, sau đó Y8, Y7, Y6, và Y4 được lược bỏ, U8, U7, U6, và U4 chỉ được kết nối với Y8, Y7, Y6, và Y4 được đóng băng tới 0, và các bit đầu vào này không được truyền, như được minh họa trên Fig.9. Bit đầu vào được thay đổi tới bit được đóng băng bằng cách lược bỏ của bit được lập mã được gọi là bit bỏ qua hoặc bit rút ngắn và vị trí đầu vào tương ứng được gọi là vị trí bỏ qua hoặc vị trí rút ngắn. Rút ngắn là phương pháp so khớp tốc độ của việc chèn bit đã biết vào vị trí bit đầu vào được kết nối với vị trí của bit đầu ra được mong muốn được truyền trong khi duy trì kích thước của thông tin đầu vào (nghĩa là, kích thước của các khối thông tin). Việc rút ngắn có thể bắt đầu từ đầu vào tương ứng với cột trong đó trọng lượng cột là 1 trong ma trận tạo G_N và việc rút ngắn tiếp theo có thể được thực hiện đối với đầu vào tương ứng với cột trong đó trọng lượng cột là 1 trong ma trận còn lại từ đó cột và hàng trong đó trọng lượng cột là 1 được loại bỏ. Để ngăn ngừa tất cả các bit thông tin khỏi được lược bỏ, bit thông tin mà lẽ ra đã được cấp phát tới vị trí bit thông tin có thể được cấp phát lại theo thứ tự của độ tin cậy cao nằm trong tập hợp của các vị trí bit được

đóng băng.

Trong trường hợp của mã cực, việc giải mã thông thường có thể được thực hiện theo thứ tự sau.

1. (Các) bit có các độ tin cậy thấp được khôi phục đầu tiên. Mặc dù độ tin cậy khác nhau theo cấu trúc của bộ giải mã, do chỉ mục đầu vào trong bộ mã hóa (dưới đây gọi là chỉ mục bit đầu vào bộ mã hóa hoặc chỉ mục bit) có trị số thấp thường có độ tin cậy thấp, nên việc giải mã thông thường được thực hiện bắt đầu từ chỉ mục bit đầu vào bộ mã hóa thấp.

> 2. Khi có bit đã biết cho bit được khôi phục, bit đã biết được sử dụng cùng với bit được khôi phục hoặc quy trình xử lý của 1 được bỏ qua và bit đã biết dùng cho vị trí bit đầu vào cụ thể được sử dụng ngay lập tức, nhờ vậy khôi phục bit thông tin, mà là bit không được biết. Bit thông tin có thể là bit thông tin nguồn (ví dụ, bit của khối vận chuyển) hoặc bit CRC.

Fig.10 minh họa khái niệm về mã CRC thông thường và mã CRC được phân phối. Fig.10(a) minh họa CRC thông thường và Fig.10(b) minh họa CRC được phân phối.

Trong các mã cực, phương pháp giải mã danh mục CRC được hỗ trợ (CRC-aided list, CAL) được sử dụng rộng rãi do hiệu suất giải mã cao của nó. Theo phương pháp giải mã CAL, L (trong đó, L là số nguyên dương) chuỗi bit thông tin ứng viên $\{u_i: i=1, \dots, L\}$ đầu tiên được giải mã. Sau đó, việc kiểm tra CRC (CRC-CHECK) đối với các chuỗi bit thông tin ứng viên được thực hiện sao cho chuỗi ứng viên trải qua kiểm tra CRC được lựa chọn là chuỗi bit thông tin được giải mã.

Thông thường, các bit CRC được bố trí sau các bit thông tin như được minh họa trên Fig.10(a). Do đó, bộ giải mã thông thường giải mã tất cả các bit thông tin và sau đó thực hiện việc kiểm tra CRC đối với các bit thông tin được giải mã. Tuy nhiên, CRC được phân phối gần đây đã được đề xuất để nâng cao tốc độ giải mã của phương pháp giải mã CAL. Trong CRC được phân phối, các bit CRC được phân phối một cách thích hợp trên các bit thông tin như được minh họa trên Fig.10(b). Nếu CRC được phân phối được sử dụng như được minh họa trên Fig.10(b), bộ giải mã có thể giải mã phần (ví dụ, khối con thông tin của K_1 bit) của các bit thông tin và phần (ví dụ, khối CRC của J_1 bit) trong quy trình giải mã CAL và thực hiện việc kiểm tra CRC nhờ sử dụng các khối được giải mã. Trong trường hợp này, nếu việc kiểm tra CRC đối với tất cả L chuỗi bit thông tin ứng viên lỗi, bộ giải mã có thể thông báo lỗi và dừng giải mã. Nghĩa là, khi CRC

được phân phối được sử dụng, có thể thực hiện sự kết thúc giải mã sớm trong quy trình giải mã CAL. Nếu việc giải mã tín hiệu thu được có thể được kết thúc sớm, thiết bị thu có thể xác định xem tín hiệu thu được là tín hiệu hay không, và vì vậy thiết bị thu tăng tốc độ phát hiện tín hiệu của nó. Hơn nữa, do lỗi của tín hiệu thu được có thể được phát hiện nhanh, nên việc truyền lại đối với tín hiệu thu được hoặc việc truyền lại tiếp theo theo sau tín hiệu thu được có thể được thực hiện nhanh.

Fig.11 minh họa thủ tục mã hóa và thủ tục giải mã trong hệ thống LTE kế thừa. Cụ thể là, Fig.11(a) minh họa thủ tục mã hóa bao gồm quy trình xáo trộn và Fig.11(b) minh họa thủ tục giải mã bao gồm quy trình giải xáo trộn.

Dựa vào Fig.11(a), thiết bị truyền chèn mã CRC vào khối vận chuyển hoặc khối mã (S1101a) và xáo trộn các bit đầu vào nhận được nhờ sử dụng chuỗi xáo trộn (S1103a). Thiết bị truyền mã hóa kênh các bit đầu vào được xáo trộn (S1105a) để tạo ra các bit được lập mã và đan xen kênh các bit được lập mã (S1107a). Dựa vào Fig.11(b), thiết bị thu thu nhận các bit được lập mã từ các bit thu được dựa vào mô hình đan xen kênh được áp dụng trong thủ tục mã hóa hoặc mô hình đan xen kênh tương ứng ở đó (S1107b) và giải mã kênh các bit được lập mã (S1105b) để nhận được các bit được xáo trộn. Thiết bị thu giải xáo trộn các bit được xáo trộn nhờ sử dụng chuỗi xáo trộn (S1103b) để nhận được chuỗi của các bit được giải mã (dưới đây gọi là chuỗi bit được giải mã). Thiết bị thu kiểm tra xem các lỗi có xảy ra trong chuỗi bit được giải mã nhờ sử dụng các bit CRC trong chuỗi bit được giải mã (S1101b) hay không. Nếu CRC dùng cho chuỗi bit được giải mã lỗi, thiết bị thu xác định rằng việc giải mã của tín hiệu thu được đã lỗi. Nếu CRC dùng cho chuỗi bit được giải mã thành công, thiết bị thu xác định rằng thủ tục giải mã đã thành công và có thể nhận được khối vận chuyển hoặc khối mã bằng cách loại bỏ các bit CRC khỏi chuỗi bit được giải mã.

Trên Fig.11(a), việc tạo CRC (S1101a), việc tạo chuỗi (S1102a), việc xáo trộn (S1103a), việc mã hóa kênh (S1105a), và việc đan xen kênh (S1107a) có thể được thực hiện lần lượt bởi bộ tạo mã CRC, bộ tạo chuỗi, bộ xáo trộn, bộ mã hóa kênh, và bộ đan xen kênh. Bộ tạo mã CRC, bộ tạo chuỗi, bộ xáo trộn, bộ mã hóa kênh, và bộ đan xen kênh có thể cấu thành phần của bộ xử lý của thiết bị truyền và có thể được tạo cấu hình để được thao tác dưới sự điều khiển của bộ xử lý của thiết bị truyền. Trên Fig.11(b), việc kiểm tra CRC (S1101b), việc tạo chuỗi (S1102b), việc giải xáo trộn (S1103b), việc giải mã kênh (S1105b), và việc đan xen kênh (S1107b) có thể được thực hiện lần lượt

bởi bộ kiểm tra CRC, bộ tạo chuỗi, bộ giải xáo trộn, bộ giải mã kênh, và bộ đan xen kênh. Bộ kiểm tra CRC, bộ tạo chuỗi, bộ giải xáo trộn, bộ giải mã kênh, và bộ đan xen kênh có thể cấu thành phần của bộ xử lý của thiết bị thu và có thể được tạo cấu hình để được thao tác theo sự điều khiển của bộ xử lý của thiết bị thu. Trong hệ thống LTE kế thừa, bộ xáo trộn tạo ra chuỗi m nhờ sử dụng ID UE, ID ô, và/hoặc chỉ mục khe và sau đó xáo trộn các bit đầu vào bao gồm các bit thông tin và các bit CRC, mà được đưa vào tới bộ xáo trộn, nhờ sử dụng chuỗi m. Bộ giải xáo trộn tạo ra chuỗi m nhờ sử dụng ID UE, ID ô, và/hoặc chỉ mục khe và sau đó giải xáo trộn các bit đầu vào bao gồm các bit thông tin và các bit CRC, mà được đưa vào tới bộ giải xáo trộn, nhờ sử dụng chuỗi m.

(Một vài) quy trình xử lý của thủ tục mã hóa hoặc (một vài) quy trình xử lý của thủ tục giải mã có thể được bỏ qua theo các loại của các kênh vận chuyển hoặc các loại của thông tin điều khiển. Thậm chí trong hệ thống NR cũng như hệ thống LTE kế thừa, thủ tục mã hóa hoặc giải mã giống với thủ tục mã hóa hoặc giải mã được minh họa trên Fig.11 được sử dụng. Tuy nhiên, hệ thống LTE và hệ thống NR có thể sử dụng các sơ đồ lập mã khác nhau trong quy trình mã hóa/giải mã kênh. Ví dụ, hệ thống LTE kế thừa sử dụng các sơ đồ lập mã kênh được liệt kê trên bảng 1 và bảng 2 dưới đây, trong đó hệ thống NR được mong muốn sử dụng mã LDPC và mã cực cho việc lập mã kênh. Bảng 1 liệt kê các sơ đồ lập mã kênh và các tỉ lệ lập mã đối với các khối vận chuyển, được sử dụng trong hệ thống LTE. Bảng 2 liệt kê các sơ đồ lập mã kênh và các tỉ lệ lập mã đối với thông tin điều khiển, được sử dụng trong hệ thống LTE.

Bảng 1

TrCH	Sơ đồ mã hóa	Tỉ lệ mã hóa
UL-SCH	Lập mã Turbo	1/3
DL-SCH		
PCH		
MCH		
SL-SCH		
SL-DCH		
BCH	Lập mã xoắn móc đuôi	1/3
SL-BCH		

Bảng 2

Thông tin điều khiển	Sơ đồ mã hóa	Tỉ lệ mã hóa
DCI	Lập mã xoắn móc đuôi	1/3
CFI	Mã khối	1/16
HI	Mã lặp lại	1/3
UCI	Mã khối	Khả dụng
	Lập mã xoắn móc đuôi	1/3
SCI	Lập mã xoắn móc đuôi	1/3

Để biết thêm các chi tiết về thủ tục mã hóa và thủ tục giải mã của hệ thống LTE kế thừa, có thể tham khảo 3GPP TS 36.211, 3GPP TS 36.212, 3GPP 36.331, và/hoặc 3GPP TS 36.331. Để biết thêm các chi tiết về thủ tục mã hóa và thủ tục giải mã của hệ thống NR, có thể tham khảo 3GPP TS 38.211, 3GPP TS 38.212, 3GPP TS 38.213, 3GPP TS 38.214, và/hoặc 3GPP TS 38.331.

Fig.12 minh họa cấu trúc khung. Cấu trúc khung được minh họa trên Fig.12 hoàn toàn là ví dụ và số lượng của các khung con, số lượng của các khe, và/hoặc số lượng của các ký hiệu trong khung có thể được thay đổi khác nhau. Trong hệ thống NR, số học OFDM (ví dụ, khoảng cách bộ mang con (subcarrier spacing, SCS)) có thể được tạo cấu hình khác giữa các ô được kết tập cho một UE. Do đó, khoảng thời gian ((thời gian tuyệt đối) của tài nguyên thời gian (nghĩa là, khung con, khe, hoặc khoảng thời gian truyền (transmission time interval, TTI)) bao gồm cùng số lượng của các ký hiệu có thể được tạo cấu hình khác giữa các ô được kết tập. Ở đây, các ký hiệu có thể bao gồm các ký hiệu OFDM (hoặc các ký hiệu CP-OFDM), các ký hiệu SC-FDMA (hoặc các ký hiệu OFDM trải biến đổi Fourier rời rạc (discrete Fourier transform-spread-OFDM, DFT-s-OFDM)).

Dựa vào Fig.12, trong hệ thống NR, các việc truyền đường lên và đường xuống được tổ chức thành các khung. Mỗi khung có khoảng thời gian $T_f = 10$ ms (mili giây). Mỗi khung được chia thành hai nửa khung, trong đó mỗi khung của các nửa khung có khoảng thời gian 5 ms. Mỗi nửa khung bao gồm 5 khung con, trong đó khoảng thời gian T_{sf} trên mỗi khung con là 1 ms. Mỗi khung con được chia thành các khe và số lượng của các khe trong khung con tùy thuộc vào khoảng cách bộ mang con. Mỗi khe bao gồm 14

hoặc 12 ký hiệu OFDM dựa vào tiền tố tuần hoàn (cyclic prefix, CP). Trong CP thông thường, mỗi khe bao gồm 14 ký hiệu OFDM và, trong CP được mở rộng, mỗi khe bao gồm 12 ký hiệu OFDM. Bảng dưới đây thể hiện số lượng của các ký hiệu OFDM trên mỗi khe, số lượng của các khe trên mỗi khung, và số lượng của các khe trên mỗi CP thông thường, theo khoảng cách bộ mang con $\Delta f = 2^u \cdot 15$ kHz.

Bảng 3

u	$N_{\text{ký hiệu}}^{\text{khe}}$	$N_{\text{khe}}^{\text{khung}, u}$	$N_{\text{khe}}^{\text{khung con}, u}$
0	14	10	1
1	14	20	2
2	14	40	4
3	14	80	8
4	14	160	16

Bảng dưới đây thể hiện số lượng của các ký hiệu OFDM trên mỗi khe, số lượng của các khe trên mỗi khung, và số lượng của các khe trên mỗi CP được mở rộng, theo khoảng cách bộ mang con $\Delta f = 2^u \cdot 15$ kHz.

Bảng 4

u	$N_{\text{ký hiệu}}^{\text{khe}}$	$N_{\text{khe}}^{\text{khung}, u}$	$N_{\text{khe}}^{\text{khung con}, u}$
2	12	40	4

Khe bao gồm nhiều ký hiệu (ví dụ, 14 hoặc 12 ký hiệu) trong miền thời gian. Đối với mỗi số học (nghĩa là, khoảng cách bộ mang con) và bộ mang, lưới tài nguyên của các bộ mang con $N_{\text{lưới}, x}^{\text{kích thước}, u} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ và các ký hiệu OFDM $N_{\text{ký hiệu}}^{\text{khung con}, u}$ được định rõ, bắt đầu ở khối tài nguyên chung (CRB) $N_{\text{lưới}}^{\text{bắt đầu}, u}$ được chỉ báo bởi việc truyền tín hiệu lớp cao hơn (nghĩa là, việc truyền tín hiệu điều khiển tài nguyên radio (radio resource control, RRC)), trong đó $N_{\text{lưới}, x}^{\text{kích thước}, u}$ là số lượng của các khối tài nguyên (resource block, RB) trong lưới tài nguyên và chỉ số dưới x là DL cho đường xuống và UL cho đường lên. $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ là số lượng của các bộ mang con trên mỗi RB. Trong hệ thống truyền thông không dây dựa vào 3GPP, $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ thông thường là 12. Có một lưới tài nguyên cho cổng anten được đưa ra p , cấu hình khoảng cách bộ mang con u , và hướng truyền (DL hoặc UL). Độ rộng dải tần bộ mang $N_{\text{lưới}}^{\text{kích thước}, u}$ đối với cấu hình khoảng cách bộ mang con u được đưa ra bởi thông số lớp cao hơn (nghĩa là, thông số RRC). Mỗi thành

phần trong lưới tài nguyên cho cổng anten p và cấu hình khoảng cách bộ mang con u được gọi là thành phần tài nguyên (resource element, RE) và một ký hiệu phức tạp có thể được ánh xạ tới mỗi RE. Mỗi RE trong lưới tài nguyên được nhận dạng duy nhất bởi chỉ mục k trong miền tần số và chỉ mục l biểu diễn vị trí ký hiệu liên quan đến điểm tham chiếu trong miền thời gian. Trong hệ thống NR, RB được định rõ bởi 12 bộ mang con liên tiếp trong miền tần số. Trong hệ thống NR, các RB được phân loại thành các CRB và các khối tài nguyên vật lý (physical resource block, PRB). Các CRB được đánh số từ 0 trở nên trong miền tần số cho cấu hình khoảng cách bộ mang con u . Trung tâm của bộ mang con 0 của CRB 0 cho cấu hình khoảng cách bộ mang con u trùng với 'điểm A' mà dùng làm điểm tham chiếu chung cho các lưới khối tài nguyên. Các PRB được định rõ nằm trong phần độ rộng dải tần (bandwidth part, BWP) và được đánh số từ 0 đến $N^{\text{kích thước}}_{\text{BWP},i}-1$, trong đó i số lượng của phần độ rộng dải tần. Mỗi tương quan giữa khối tài nguyên vật lý n_{PRB} trong phần độ rộng dải tần i và khối tài nguyên chung n_{CRB} như sau: $n_{\text{PRB}} = n_{\text{CRB}} + N^{\text{kích thước}}_{\text{BWP},i}$, trong đó $N^{\text{kích thước}}_{\text{BWP},i}$ là khối tài nguyên chung trong đó phần độ rộng dải tần bắt đầu liên quan đến CRB 0. BWP bao gồm các RB liên tiếp trong miền tần số. Bộ mang có thể bao gồm nhiều nhất N (ví dụ, 5) BWP. Trong hệ thống truyền thông không dây dựa vào 3GPP, nếu UE được bật hoặc mới vào ô, UE thực hiện thủ tục tìm kiếm ô ban đầu của việc thu nhận sự đồng bộ hóa thời gian và tần số với ô và phát hiện nhận dạng ô vật lý $N^{\text{ID}}_{\text{ID}}$ của ô. Vì vậy, UE có thể thiết lập sự đồng bộ hóa với BS bằng cách thu các tín hiệu đồng bộ hóa, nghĩa là, tín hiệu đồng bộ hóa sơ cấp (primary synchronization signal, PSS) và tín hiệu đồng bộ hóa thứ cấp (secondary synchronization signal, SSS), từ BS và nhận được thông tin chẳng hạn như nhận dạng ô (identity, ID). UE, mà đã giải điều biến tín hiệu DL bằng cách thực hiện thủ tục tìm kiếm ô nhờ sử dụng SSS và đã xác định các thông số thời gian và tần số cần thiết để truyền tín hiệu UL ở thời điểm chính xác, có thể truyền thông với BS chỉ sau khi thu nhận thông tin hệ thống cần thiết cho cấu hình hệ thống của UE từ BS. Trong hệ thống truyền thông không dây dựa vào 3GPP, thông tin hệ thống được tạo cấu hình bởi khối thông tin chính (master information block, MIB) và các khối thông tin hệ thống (system information block, SIB). Mỗi SIB bao gồm tập hợp của các thông số được kết hợp về mặt chức năng với nhau. Các SIB được phân loại thành khối thông tin chính (master information block, MIB), loại SIB 1 (SIB1), và các SIB khác, theo các thông số mà mỗi khối bao gồm. MIB bao gồm các thông số được truyền thường xuyên nhất mà cần thiết

cho UE để thực hiện việc truy cập ban đầu tới mạng của BS. UE có thể thu MIB qua kênh phát rộng (ví dụ, PBCH). Sau khi tìm kiếm ô ban đầu, UE có thể thực hiện thủ tục truy cập ngẫu nhiên để hoàn thành việc truy cập tới BS. Vì vậy, UE có thể truyền đoạn đầu trên kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (physical random access channel, PRACH) và thu tin nhắn phản hồi tới đoạn đầu trên PDCCH và PDSCH. Để tham chiếu, trong thủ tục truy cập ngẫu nhiên dựa vào tranh chấp, UE có thể truyền đoạn đầu RACH (tin nhắn 1 (message 1, msg1)) nhờ sử dụng tài nguyên PRACH và BS có thể truyền phản hồi truy cập ngẫu nhiên (random access response, RAR) (msg2) tới đoạn đầu RACH. UE có thể truyền msg3 (ví dụ, yêu cầu kết nối RRC) nhờ sử dụng cấp quyền UL trong RAR và BS có thể truyền tin nhắn giải quyết tranh chấp (msg4) tới UE. Khi hoàn thành thủ tục nêu trên, UE có thể thực hiện việc thu PDCCH/PDSCH và việc truyền PUSCH/PUCCH như thủ tục truyền tín hiệu UL/DL thông thường.

Trong hệ thống LTE/LTE-A kế thừa, PSS/SSS được truyền đa hướng. Trong khi đó, phương pháp được xem xét trong đó gNB mà sử dụng sóng milimét (millimeter wave, mmWave) truyền tín hiệu chẳng hạn như PSS/SSS/PBCH qua việc tạo chùm (beamforming, BF) trong khi quét các hướng chùm. Việc truyền/thu của tín hiệu trong khi quét các hướng chùm được gọi là quét chùm (beam sweeping) hoặc quét chùm (beam scanning). Theo sáng chế, “quét chùm (beam sweeping)” biểu diễn hành vi của bộ truyền và “quét chùm (beam scanning)” biểu diễn hành vi của bộ thu. Ví dụ, giả sử rằng gNB có thể có nhiều nhất N hướng chùm, gNB truyền tín hiệu chẳng hạn như PSS/SSS/PBCH trong mỗi trong số N hướng chùm. Nghĩa là, gNB truyền tín hiệu đồng bộ hóa chẳng hạn như PSS/SSS/PBCH theo mỗi hướng trong khi các hướng quét mà gNB có thể có hoặc gNB mong muốn hỗ trợ. Theo cách khác, khi gNB có thể tạo nên N chùm, một nhóm chùm có thể được tạo cấu hình bằng cách nhóm một vài chùm và PSS/SSS/PBCH có thể được truyền/được thu đối với mỗi nhóm chùm. Trong trường hợp này, một nhóm chùm bao gồm một hoặc nhiều chùm. Tín hiệu chẳng hạn như PSS/SSS/PBCH được truyền theo cùng hướng có thể được định rõ là một khối đồng bộ hóa (synchronization, SS) và các khối SS có thể có mặt trong một ô. Khi các khối SS có mặt, các chỉ mục khối SS có thể được sử dụng để phân biệt giữa các khối SS. Ví dụ, nếu PSS/SSS/PBCH được truyền theo 10 hướng chùm trong một hệ thống, PSS/SSS/PBCH được truyền theo cùng hướng có thể cấu thành một khối SS và có thể được hiểu rằng 10 khối SS có mặt trong hệ thống. Theo sáng chế, chỉ mục chùm có thể được hiểu là chỉ mục khối SS.

Fig.13 minh họa cấu trúc của khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Khe có thể bao gồm lớn nhất hai SSB.

Dựa vào Fig.13, SSB bao gồm 4 ký hiệu OFDM liên tiếp. PSS, PBCH, SSS/PBCH, và PBCH được truyền trên các ký hiệu OFDM tương ứng. PSS có thể được sử dụng cho (các) UE để phát hiện ID ô nằm trong nhóm ID ô và SSS có thể được sử dụng cho (các) UE để phát hiện nhóm ID ô. PBCH được sử dụng cho (các) UE để phát hiện chỉ mục (thời gian) SSB và nửa khung và bao gồm MIB. PBCH bao gồm thành phần tài nguyên dữ liệu (resource element, RE) và tín hiệu tham chiếu giải điều biến (demodulation reference signal, DMRS) RE trên mỗi ký hiệu OFDM. 3 DMRS RE có mặt trong mỗi RB và 3 RE dữ liệu có mặt giữa các DMRS RE. Trong hệ thống dựa vào 3GPP, RB được định rõ là 12 bộ mang con liên tiếp trong miền tần số. Mỗi RE được định rõ bởi một bộ mang con trong miền tần số và một ký hiệu OFDM trong miền thời gian.

SSB được truyền định kỳ ở chu kỳ SSB. Chu kỳ SSB cơ bản được sử dụng cho sự lựa chọn ô ban đầu được định rõ là 20 ms. Sau khi truy cập ô, chu kỳ SSB có thể được thiết đặt tới một trong số {5 ms, 10 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms, 160 ms}. Tập hợp chùm SSB được tạo cấu hình ở phần bắt đầu của mỗi chu kỳ SSB. Tập hợp chùm SSB bao gồm cửa sổ thời gian 5 ms và SSB có thể được truyền nhiều nhất L lần nằm trong tập hợp chùm SSB. Vị trí ứng viên của SSB có thể được xác định trước nằm trong tập hợp chùm SSB. Số lượng nhiều nhất L của các việc truyền của SSB có thể được đưa ra như sau theo dải tần số của bộ mang.

- Đối với khoảng tần số lên tới 3 GHz, $L = 4$
- Đối với khoảng tần số từ 3 GHz đến 6 GHz, $L = 8$
- Đối với khoảng tần số từ 6 GHz đến 52,6 GHz, $L = 64$

UE có thể thực hiện việc thu nhận đồng bộ hóa DL (ví dụ, phát hiện ranh giới ký hiệu OFDM/khe/nửa khung), ký hiệu nhận dạng ô (ID) (ví dụ, thu nhận ký hiệu nhận dạng ô vật lý (physical cell identifier, PCID), sắp xếp chùm dùng cho việc truy cập ban đầu, thu nhận MIB, và phép đo DL, dựa vào SSB.

Số khung mà SSB được phát hiện thuộc về có thể được nhận dạng bởi thông tin số khung hệ thống (system frame number, SFN) nằm trong PBCH và số lượng nửa khung mà SSB được phát hiện thuộc về có thể được nhận dạng bởi thông tin chỉ báo nửa khung (dưới đây gọi là HF) nằm trong PBCH. Ví dụ, khi phát hiện PBCH bao gồm HF=0, UE có thể xác định rằng SSB mà PBCH thuộc về được chứa ở nửa khung thứ nhất nằm

trong khung. Khi phát hiện PBCH bao gồm HF=1, UE có thể xác định rằng SSB mà PBCH thuộc về được chứa ở nửa khung thứ hai nằm trong khung.

Vị trí thời gian SSB được tạo chỉ mục (chỉ mục SSB) theo thứ tự tăng dần về thời gian từ 0 đến $L-1$ nằm trong tập hợp chùm SSB (nghĩa là, nửa khung). Khi $L > 4$, 3 bit ít quan trọng nhất (các LSB) trong số 6 chỉ mục bit SSB có thể được truyền nhờ sử dụng một trong số 8 chuỗi PBCH-DMRS khác nhau và 3 bit quan trọng nhất (các MSB) trong số 6 chỉ mục bit SSB có thể được truyền nhờ thông tin chỉ mục SSB được bao gồm trong PBCH. Khi $L=4$, chỉ mục SSB 2 bit có thể được chỉ báo nhờ sử dụng 8 chuỗi PBCH-DMRS. Khi $L=4$, do 8 chuỗi PBCH-DMRS có thể chỉ báo tổng cộng 3 bit, một bit còn lại sau khi chỉ báo chỉ mục SSB trong số 3 bit có khả năng được chỉ báo bởi 8 chuỗi PBCH-DMRS có thể được sử dụng để chỉ báo nửa khung. Ở 6 GHz hoặc lớn hơn, 3 bit cho chỉ mục SSB trong PBCH có thể được sử dụng để mang 3 MSB của chỉ mục SSB. Ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn, do chỉ mục SSB 3 bit hoặc chỉ mục SSB 2 bit có thể được nhận dạng bởi 3 bit được truyền tín hiệu bởi các chuỗi PBCH-DMRS, 3 bit cho chỉ mục SSB trong PBCH có thể được sử dụng như các bit được giữ lại ở 3 GHz hoặc nhỏ hơn.

Fig.14 minh họa thủ tục xử lý tín hiệu của PBCH.

Đối với việc truyền PBCH trong khung, nội dung PBCH, nghĩa là, thông tin qua PBCH, được xáo trộn. PBCH được xáo trộn nhờ sử dụng chuỗi xáo trộn thứ nhất và CRC được chèn vào PBCH được xáo trộn. PBCH được chèn CRC được đan xen, được mã hóa, và được so khớp tốc độ, để nhận được PBCH được mã hóa. Chuỗi xáo trộn thứ nhất là chuỗi vàng được khởi tạo bởi ID ô vật lý và được xác định nhờ sử dụng các LSB thứ hai và thứ ba của SFN trong đó PBCH được truyền. PBCH được mã hóa được xáo trộn lại nhờ sử dụng chuỗi xáo trộn thứ hai. Chuỗi xáo trộn thứ hai được khởi tạo dựa vào ID ô vật lý và 3 LSB của chỉ mục SSB. PBCH được mã hóa được xáo trộn nhờ sử dụng chuỗi xáo trộn thứ hai được truyền trên tài nguyên thời gian tần số nhờ sự điều biến và ánh xạ RE, như được minh họa trên Fig.13.

Theo cách giống như trong hệ thống LTE/LTE-A kế thừa, UE mà mong muốn thực hiện việc truy cập ban đầu tới ô cụ thể trong hệ thống NR thu MIB cho ô qua PBCH từ BS thao tác/điều khiển ô và thu các SIB và các thông số điều khiển tài nguyên radio (radio resource control, RRC) qua PDSCH. Các trường bit của PBCH có thể bao gồm (các) bit đã được biết tới UE, chẳng hạn như các bit SFN (trong đó SFN được biết tiên nghiệm cho các trường hợp chuyển vùng) và các bit được giữ lại. Trong hệ thống NR,

các mã cực được sử dụng cho việc lập mã kênh của PBCH. Nếu (các) bit đã được biết được sử dụng tốt trong suốt thời gian mã hóa cực, hiệu suất lập mã kênh có thể được nâng cao. Nếu kích thước bit đã được biết (nghĩa là, số lượng của các bit được biết) là K_n , kích thước bit được đóng băng trở thành $N-K+K_n$. Ở đây, N là kích thước của mã cực (nghĩa là, kích thước mã mẹ của các mã cực) và K là kích thước của các khối thông tin đầu vào mã cực, nghĩa là, số lượng của các bit thông tin được đưa vào tới mã cực. Ví dụ, việc mã hóa cực cho thông tin của các bit ' $K-K_n$ ' được thực hiện dựa vào chuỗi cực sau đây (xem chuỗi cực được định rõ trong 3GPP TS 38.212 V1.0.0).

Chuỗi cực

W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I
0	0	128	518	256	94	384	214	512	364	640	414	768	819	896	966
1	1	129	54	257	204	385	309	513	654	641	223	769	814	897	755
2	2	130	83	258	298	386	188	514	659	642	663	770	439	898	859
3	4	131	57	259	400	387	449	515	335	643	692	771	929	899	940
4	8	132	521	260	608	388	217	516	480	644	835	772	490	900	830
5	16	133	112	261	352	389	408	517	315	645	619	773	623	901	911
6	32	134	135	262	325	390	609	518	221	646	472	774	671	902	871
7	3	135	78	263	533	391	596	519	370	647	455	775	739	903	639
8	5	136	289	264	155	392	551	520	613	648	796	776	916	904	888
9	64	137	194	265	210	393	650	521	422	649	809	777	463	905	479
10	9	138	85	266	305	394	229	522	425	650	714	778	843	906	946
11	6	139	276	267	547	395	159	523	451	651	721	779	381	907	750
12	17	140	522	268	300	396	420	524	614	652	837	780	497	908	969
13	10	141	58	269	109	397	310	525	543	653	716	781	930	909	508
14	18	142	168	270	184	398	541	526	235	654	864	782	821	910	861
15	128	143	139	271	534	399	773	527	412	655	810	783	726	911	757
16	12	144	99	272	537	400	610	528	343	656	606	784	961	912	970
17	33	145	86	273	115	401	657	529	372	657	912	785	872	913	919
18	65	146	60	274	167	402	333	530	775	658	722	786	492	914	875
19	20	147	280	275	225	403	119	531	317	659	696	787	631	915	862
20	256	148	89	276	326	404	600	532	222	660	377	788	729	916	758
21	34	149	290	277	306	405	339	533	426	661	435	789	700	917	948
22	24	150	529	278	772	406	218	534	453	662	817	790	443	918	977
23	36	151	524	279	157	407	368	535	237	663	319	791	741	919	923
24	7	152	196	280	656	408	652	536	559	664	621	792	845	920	972
25	129	153	141	281	329	409	230	537	833	665	812	793	920	921	761
26	66	154	101	282	110	410	391	538	804	666	484	794	382	922	877
27	512	155	147	283	117	411	313	539	712	667	430	795	822	923	952
28	11	156	176	284	212	412	450	540	834	668	838	796	851	924	495
29	40	157	142	285	171	413	542	541	661	669	667	797	730	925	703
30	68	158	530	286	776	414	334	542	808	670	488	798	498	926	935
31	130	159	321	287	330	415	233	543	779	671	239	799	880	927	978

W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I
32	19	160	31	288	226	416	555	544	617	672	378	800	742	928	883
33	13	161	200	289	549	417	774	545	604	673	459	801	445	929	762
34	48	162	90	290	538	418	175	546	433	674	622	802	471	930	503
35	14	163	545	291	387	419	123	547	720	675	627	803	635	931	925
36	72	164	292	292	308	420	658	548	816	676	437	804	932	932	878
37	257	165	322	293	216	421	612	549	836	677	380	805	687	933	735
38	21	166	532	294	416	422	341	550	347	678	818	806	903	934	993
39	132	167	263	295	271	423	777	551	897	679	461	807	825	935	885
40	35	168	149	296	279	424	220	552	243	680	496	808	500	936	939
41	258	169	102	297	158	425	314	553	662	681	669	809	846	937	994
42	26	170	105	298	337	426	424	554	454	682	679	810	745	938	980
43	513	171	304	299	550	427	395	555	318	683	724	811	826	939	926
44	80	172	296	300	672	428	673	556	675	684	841	812	732	940	764
45	37	173	163	301	118	429	583	557	618	685	629	813	446	941	941
46	25	174	92	302	332	430	355	558	898	686	351	814	962	942	967
47	22	175	47	303	579	431	287	559	781	687	467	815	936	943	886
48	136	176	267	304	540	432	183	560	376	688	438	816	475	944	831
49	260	177	385	305	389	433	234	561	428	689	737	817	853	945	947
50	264	178	546	306	173	434	125	562	665	690	251	818	867	946	507
51	38	179	324	307	121	435	557	563	736	691	462	819	637	947	889
52	514	180	208	308	553	436	660	564	567	692	442	820	907	948	984
53	96	181	386	309	199	437	616	565	840	693	441	821	487	949	751
54	67	182	150	310	784	438	342	566	625	694	469	822	695	950	942
55	41	183	153	311	179	439	316	567	238	695	247	823	746	951	996
56	144	184	165	312	228	440	241	568	359	696	683	824	828	952	971
57	28	185	106	313	338	441	778	569	457	697	842	825	753	953	890
58	69	186	55	314	312	442	563	570	399	698	738	826	854	954	509
59	42	187	328	315	704	443	345	571	787	699	899	827	857	955	949
60	516	188	536	316	390	444	452	572	591	700	670	828	504	956	973
61	49	189	577	317	174	445	397	573	678	701	783	829	799	957	1000
62	74	190	548	318	554	446	403	574	434	702	849	830	255	958	892
63	272	191	113	319	581	447	207	575	677	703	820	831	964	959	950

W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I
64	160	192	154	320	393	448	674	576	349	704	728	832	909	960	863
65	520	193	79	321	283	449	558	577	245	705	928	833	719	961	759
66	288	194	269	322	122	450	785	578	458	706	791	834	477	962	1008
67	528	195	108	323	448	451	432	579	666	707	367	835	915	963	510
68	192	196	578	324	353	452	357	580	620	708	901	836	638	964	979
69	544	197	224	325	561	453	187	581	363	709	630	837	748	965	953
70	70	198	166	326	203	454	236	582	127	710	685	838	944	966	763
71	44	199	519	327	63	455	664	583	191	711	844	839	869	967	974
72	131	200	552	328	340	456	624	584	782	712	633	840	491	968	954
73	81	201	195	329	394	457	587	585	407	713	711	841	699	969	879
74	50	202	270	330	527	458	780	586	436	714	253	842	754	970	981
75	73	203	641	331	582	459	705	587	626	715	691	843	858	971	982
76	15	204	523	332	556	460	126	588	571	716	824	844	478	972	927
77	320	205	275	333	181	461	242	589	465	717	902	845	968	973	995
78	133	206	580	334	295	462	565	590	681	718	686	846	383	974	765
79	52	207	291	335	285	463	398	591	246	719	740	847	910	975	956
80	23	208	59	336	232	464	346	592	707	720	850	848	815	976	887
81	134	209	169	337	124	465	456	593	350	721	375	849	976	977	985
82	384	210	560	338	205	466	358	594	599	722	444	850	870	978	997
83	76	211	114	339	182	467	405	595	668	723	470	851	917	979	986
84	137	212	277	340	643	468	303	596	790	724	483	852	727	980	943
85	82	213	156	341	562	469	569	597	460	725	415	853	493	981	891
86	56	214	87	342	286	470	244	598	249	726	485	854	873	982	998
87	27	215	197	343	585	471	595	599	682	727	905	855	701	983	766
88	97	216	116	344	299	472	189	600	573	728	795	856	931	984	511
89	39	217	170	345	354	473	566	601	411	729	473	857	756	985	988
90	259	218	61	346	211	474	676	602	803	730	634	858	860	986	1001
91	84	219	531	347	401	475	361	603	789	731	744	859	499	987	951
92	138	220	525	348	185	476	706	604	709	732	852	860	731	988	1002
93	145	221	642	349	396	477	589	605	365	733	960	861	823	989	893
94	261	222	281	350	344	478	215	606	440	734	865	862	922	990	975
95	29	223	278	351	586	479	786	607	628	735	693	863	874	991	894

W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I	W	I
96	43	224	526	352	645	480	647	608	689	736	797	864	918	992	1009
97	98	225	177	353	593	481	348	609	374	737	906	865	502	993	955
98	515	226	293	354	535	482	419	610	423	738	715	866	933	994	1004
99	88	227	388	355	240	483	406	611	466	739	807	867	743	995	1010
100	140	228	91	356	206	484	464	612	793	740	474	868	760	996	957
101	30	229	584	357	95	485	680	613	250	741	636	869	881	997	983
102	146	230	769	358	327	486	801	614	371	742	694	870	494	998	958
103	71	231	198	359	564	487	362	615	481	743	254	871	702	999	987
104	262	232	172	360	800	488	590	616	574	744	717	872	921	1000	1012
105	265	233	120	361	402	489	409	617	413	745	575	873	501	1001	999
106	161	234	201	362	356	490	570	618	603	746	913	874	876	1002	1016
107	576	235	336	363	307	491	788	619	366	747	798	875	847	1003	767
108	45	236	62	364	301	492	597	620	468	748	811	876	992	1004	989
109	100	237	282	365	417	493	572	621	655	749	379	877	447	1005	1003
110	640	238	143	366	213	494	219	622	900	750	697	878	733	1006	990
111	51	239	103	367	568	495	311	623	805	751	431	879	827	1007	1005
112	148	240	178	368	832	496	708	624	615	752	607	880	934	1008	959
113	46	241	294	369	588	497	598	625	684	753	489	881	882	1009	1011
114	75	242	93	370	186	498	601	626	710	754	866	882	937	1010	1013
115	266	243	644	371	646	499	651	627	429	755	723	883	963	1011	895
116	273	244	202	372	404	500	421	628	794	756	486	884	747	1012	1006
117	517	245	592	373	227	501	792	629	252	757	908	885	505	1013	1014
118	104	246	323	374	896	502	802	630	373	758	718	886	855	1014	1017
119	162	247	392	375	594	503	611	631	605	759	813	887	924	1015	1018
120	53	248	297	376	418	504	602	632	848	760	476	888	734	1016	991
121	193	249	770	377	302	505	410	633	690	761	856	889	829	1017	1020
122	152	250	107	378	649	506	231	634	713	762	839	890	965	1018	1007
123	77	251	180	379	771	507	688	635	632	763	725	891	938	1019	1015
124	164	252	151	380	360	508	653	636	482	764	698	892	884	1020	1019
125	768	253	209	381	539	509	248	637	806	765	914	893	506	1021	1021
126	268	254	284	382	111	510	369	638	427	766	752	894	749	1022	1022
127	274	255	648	383	331	511	190	639	904	767	868	895	945	1023	1023

Bảng nêu trên thể hiện chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N_{\max}-1}$ và độ tin cậy $W(Q_i^{N_{\max}})$ của chuỗi cực. Trong bảng nêu trên, W biểu thị $W(Q_i^{N_{\max}})$ và I biểu thị $Q_i^{N_{\max}}$. Cụ thể, chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N_{\max}-1} = \{Q_0^{N_{\max}}, Q_1^{N_{\max}}, \dots, Q_{N_{\max}-1}^{N_{\max}}\}$ được đưa ra bởi bảng nêu trên, trong đó $0 \leq Q_i^{N_{\max}} \leq N_{\max}-1$ biểu thị chỉ mục bit trước khi mã hóa cực đối với $i=0,1,\dots,N_{\max}-1$ và $N_{\max} = 1024$. Chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N_{\max}-1}$ là thứ tự tăng dần của độ tin cậy $W(Q_0^{N_{\max}}) < W(Q_1^{N_{\max}}) < \dots < W(Q_{N_{\max}-1}^{N_{\max}})$, trong đó $W(Q_i^{N_{\max}})$ biểu thị độ tin cậy của chỉ mục bit $Q_i^{N_{\max}}$. Ví dụ, dựa vào bảng nêu trên, độ tin cậy $W(Q_i^{N_{\max}})=3$ của chỉ mục bit $Q_i^{N_{\max}}=4$ thấp hơn so với độ tin cậy $W(Q_i^{N_{\max}})=7$ của chỉ mục bit $Q_i^{N_{\max}}=3$. Nghĩa là, bảng nêu trên liệt kê, theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy, các chỉ mục bit từ 0 đến 1023 mà lần lượt chỉ báo 1024 vị trí đầu vào của mã cực $N_{\max}=1024$. Đối với khối thông tin bất kỳ được mã hóa tới N bit, cùng chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N-1} = \{Q_0^N, Q_1^N, Q_2^N, \dots, Q_{N-1}^N\}$ được sử dụng. Chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N-1}$ là tập hợp con của chuỗi cực $\mathbf{Q}_0^{N_{\max}-1}$ với tất cả các thành phần

$Q_i^{N_{\max}}$ của các trị số ít hơn so với N , được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy $W(Q_0^N) < W(Q_1^N) < W(Q_2^N) < \dots < W(Q_{N-1}^N)$. Ví dụ, khi $N=8$, chuỗi cực Q_0^7 bao gồm các thành phần $Q_i^{N_{\max} < 8}$ trong số các thành phần của chuỗi cực $Q_0^{N_{\max}-1}$ và các thành phần $Q_i^{N_{\max} < 8}$ được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy $W(0) < W(1) < W(2) < W(4) < W(3) < W(5) < W(6)$.

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả dựa vào chuỗi cực $Q_0^{N_{\max}-1}$ được đưa ra bởi bảng về <chuỗi cực>.

Mặc dù bit đã biết, bit đã biết có thể được sử dụng như thông tin theo thời điểm khi tín hiệu radio được truyền sao cho bit đã biết có thể trở thành bit không được biết. Ví dụ, bit SFN được sử dụng như bit đã biết chỉ trong suốt thời gian chuyển vùng. Do đó, phương pháp cố định K và sau đó việc định trước các vị trí đầu vào trong đó (các) bit đã biết được ánh xạ tới mã cực theo số lượng của các bit đã biết có thể được sử dụng. Ví dụ, bảng 5 liệt kê các vị trí bit đầu vào cho khối thông tin có kích thước $K (=10)$ được đưa vào tới mã cực trong chuỗi cực $N=512$.

Bảng 5

	Chuỗi cực
1	505
2	506
3	479
4	508
5	495
6	503
7	507
8	509
9	510
10	511

Bảng 5 thể hiện 10 thành phần đối với $K=10$ trong số các thành phần của chuỗi cực $N=512$ theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy. Dựa vào bảng nêu trên về <chuỗi cực>, các trị số của I có 10 độ tin cậy $W(Q_i^{N_{\max}})$ trong số các trị số của $I (=Q_i^{N_{\max}})$ ít hơn so với $N=512$ {479, 495, 503, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511}. Nếu {479, 495, 503, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511} được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy W ,

{505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511}, mà là tập hợp của các chỉ mục bit đối với $K=10$ trong chuỗi cực $N=512$ được thể hiện trên bảng 5, nhận được. (Các) bit đã biết và/hoặc (các) bit không được biết trong số $K=10$ có thể được sắp xếp trong các chỉ mục bit {505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} theo các ví dụ của sáng chế.

Mặc dù sáng chế được mô tả bằng cách đưa ra PBCH như ví dụ nhằm thuận tiện cho việc mô tả, nhưng sáng chế cũng có thể được áp dụng tới các kênh khác nhờ sử dụng trường ví dụ trong đó (các) bit đã biết chẳng hạn như PUCCH ngắn được bao gồm.

Giả sử rằng tập hợp của các chỉ mục bit trong chuỗi cực, đối với K_n (các) bit đã biết được xem là các bit được đồng bộ, là F_n . Đã được chấp thuận rằng PBCH có kích thước tải trọng là 56 bit trong hệ thống NR. Xét về thực tế này, (các) phương pháp (nghĩa là, phương pháp 1, phương pháp 2-a, phương pháp 2-b, phương pháp 2-c) của sáng chế để nhận được F_n cho trường hợp trong đó $K=56$, $N=512$, $M=864$, và $|F_n|=2$ (nghĩa là, $K_n=2$) được mô tả. Ở đây, M là độ dài của từ mã thực tế và có thể bằng kích thước sau khi chuỗi bit được mã hóa được so khớp tốc độ. Ví dụ, trong hệ thống NR, M dùng cho PBCH là 864. Theo sáng chế, $|S|$ biểu diễn số lượng của các thành phần trong tập hợp S . Trước phần mô tả của các phương pháp và các ví dụ về sáng chế, phương pháp thu nhận 56 thành phần (nghĩa là, các chỉ mục bit hoặc các vị trí đầu vào) cho khối thông tin $K=56$ trong số các thành phần của chuỗi cực $N=512$ bây giờ sẽ được mô tả. Nếu phương pháp được mô tả dựa vào bảng 5 được áp dụng, các trị số của I có 56 độ tin cậy cao nhất (nghĩa là, 56 chỉ mục bit tin cậy nhất) trong số các trị số của I ($=Q_i^{N_{max}}$) ít hơn so với $N=512$ là {247, 253, 254, 255, 367, 375, 379, 381, 382, 383, 415, 431, 439, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 463, 469, 470, 471, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 483, 485, 486, 487, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511}. Nếu 56 chỉ mục bit {247, 253, 254, 255, 367, 375, 379, 381, 382, 383, 415, 431, 439, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 463, 469, 470, 471, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 483, 485, 486, 487, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511} được sắp xếp theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy W , chuỗi cực mới {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511}

bao gồm 56 chỉ mục bit nhận được. Chuỗi cực {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} là tập hợp con của chuỗi cực đối với $N=512$ và cũng là tập hợp con cho chuỗi cực đối với $N_{\max}=1024$.

Fig.15 minh họa lưu đồ về việc truyền PBCH theo các ví dụ của sáng chế. Đối với việc lập mã kênh cho mã cực, các bit cho PBCH được ánh xạ tới các vị trí bit của mã cực (S1601). Hiệu suất lập mã kênh khác nhau tùy thuộc vào các vị trí bit của mã cực mà các bit của PBCH được ánh xạ. Theo sáng chế này, các bit cụ thể của các bit cho PBCH được ánh xạ tới các vị trí bit của mã cực theo (các) ví dụ của sáng chế. PBCH, cụ thể hơn là, các bit cho PBCH được mã hóa dựa vào mã cực (S1603). Các bit được mã hóa được truyền trên PBCH (S1605).

Thiết bị thu thu PBCH và giải mã các bit trong PBCH dựa vào mối tương quan ánh xạ được áp dụng trong S1601. Mối tương quan ánh xạ có thể là một trong số các ví dụ của sáng chế được mô tả dưới đây.

* Phương pháp 1. Trong chuỗi cực $Q_0^{N_{\max}-1}$, nếu tập hợp của các chỉ mục bit đối với K trong số các chỉ mục bit của chuỗi cực là $Q_{I,K}^{*N}$ và tập hợp của các chỉ mục bit khi xem xét K_n (nghĩa là, tập hợp của các chỉ mục bit đối với $K-K_n$) là Q_{I,K_n}^{*N} , sau đó tập hợp của $Q_{I,K}^{*N} \setminus Q_{I,K_n}^{*N}$ được sử dụng như (các) bit được đóng băng, trong đó $A \setminus B$ biểu thị sự chênh lệch của tập hợp B với tập hợp A , nghĩa là, $A-B$, và là tập hợp của các thành phần của tập hợp A mà không ở trong tập hợp B . Nghĩa là, đối với $F_n = Q_{I,K}^{*N} \setminus Q_{I,K_n}^{*N}$, $K=56$, $N=512$, và $K_n=|F_n|=2$ $F_n=\{441, 469\}$. Phương pháp này sử dụng chuỗi cực $Q_0^{N_{\max}-1}$ được dùng chung bởi thiết bị truyền và thiết bị thu và có thể hữu dụng khi K hoặc $|F_n|$ được thay đổi.

* Phương pháp 2. Không quan tâm đến chuỗi cực $Q_0^{N_{\max}-1}$, (các) bit làm cho tỉ lệ lỗi khối (block error rate, BLER) thấp nhất được sử dụng như (các) bit được đóng băng.

Bảng dưới đây liệt kê các trị số tỉ lệ lỗi bit (bit error rate, BER) khi BLER đích là 10^{-2} trong trường hợp $K=56$, $N=512$ và $M=864$.

Bảng 6

i	BER	i	BER	i	BER	i	BER
247	0,00465686	443	0,0061274	478	0,0095588	498	0,0115196
253	0,00343137	444	0,0083333	479	0,0058823	499	0,0112745
254	0,00367647	445	0,0073529	483	0,0085784	500	0,0102941
255	0,00367647	446	0,0061274	485	0,0093137	501	0,0090686
367	0,00220588	447	0,0056372	486	0,0115196	502	0,0112745
375	0,00563726	463	0,0039215	487	0,007598	503	0,0093137
379	0,00416667	469	0,0095588	489	0,0115196	504	0,0093137
381	0,00661765	470	0,0112745	490	0,0107843	505	0,0120098
382	0,00588235	471	0,0068627	491	0,0078431	506	0,0125
383	0,00490196	473	0,0102941	492	0,0120098	507	0,0115196
415	0,0024509	474	0,010049	493	0,0107843	508	0,0120098
431	0,00196078	475	0,0105392	494	0,0090686	509	0,0107843
439	0,0046568	476	0,0112745	495	0,0056372	510	0,0095588
441	0,0085784	477	0,0098039	497	0,007598	511	0,0071078

Bảng 6 liệt kê các trị số BER theo các chỉ mục bit. Fig.16 minh họa các trị số BER của các chỉ mục bit đầu vào cho mã cực. Trên Fig.16, $i=1,2,3,\dots,55,56$ là các chỉ mục bit {247, 253, 254, 255, 367, 375, 379, 381, 382, 383, 415, 431, 439, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 463, 469, 470, 471, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 483, 485, 486, 487, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511} đối với $K (=56)$ bit đầu vào và từng bit tương ứng với 56 chỉ mục bit {247, 253, 254, 255, 367, 375, 379, 381, 382, 383, 415, 431, 439, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 463, 469, 470, 471, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 483, 485, 486, 487, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511}. Ví dụ, trên Fig.16, $i=1$ có thể biểu diễn chỉ mục bit 247, $i=2$ có thể biểu diễn chỉ mục bit 253, và $i=3$ có thể biểu diễn chỉ mục bit 254.

Theo phương pháp 2, một vài nhóm ứng viên cho F_n được mô tả mẫu dưới đây dựa vào bảng 6 hoặc đồ thị BER trên Fig.16.

* Phương pháp 2-a. Các bit đã biết được đặt ở các vị trí có hiệu suất BER kém nhất trong số các vị trí đầu vào của mã cực. BLER chủ yếu được xác định từ các bit có BER

kém, nghĩa là, các bit có BER cao, trong số các xác suất lỗi của các bit tương ứng. Do đó, nếu các phần tương ứng, nghĩa là, các chỉ mục bit đầu vào có các BER kém, được sử dụng như các bit đã biết, do điều này giống như trường hợp trong đó các BER trong các bit tương ứng trở thành không, BLER được nâng cao. Theo phương pháp 2-a, ví dụ, $|F_n| = \{508, 506\}$.

* Phương pháp 2-b. Các bit đã biết được bố trí trong các chỉ mục bit mà thứ tự giải mã sớm hơn dựa vào thứ tự bit giải mã. Theo phương pháp 2-b, do các bit đã biết được sử dụng ở giai đoạn sớm của việc giải mã, BLER được nâng cao. Khi UE giải mã chỉ chỉ mục SSB của ô lân cận mặc dù chỉ mục SSB không là bit đã biết, nghĩa là, khi UE ưu tiên giải mã chỉ một vài bit, bit không được biết đầu tiên có thể được ánh xạ tới vị trí bit có thứ tự giải mã nhanh nhất. Nói cách khác, khi được mong muốn làm cho thiết bị thu giải mã chỉ chỉ mục của ô lân cận chẳng hạn như chỉ mục SSB mặc dù chỉ mục SSB không là bit đã biết hoặc khi được mong muốn làm cho thiết bị thu ưu tiên giải mã chỉ một phần của các bit, F_n có thể được xác định sao cho bit không được biết đầu tiên có thể được giải mã theo thứ tự bit giải mã. Như được nêu trên, trong mã cực, thông thường, việc giải mã được thực hiện tuần tự bắt đầu từ chỉ mục bit thấp trong số các chỉ mục bit đầu vào bộ mã hóa (nghĩa là, các chỉ mục bit trước khi mã hóa cực). Do đó, dựa vào các chỉ mục bit $\{441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511\}$ đối với $K=56$ trong số các chỉ mục bit của mã cực $N=512$ và BER trên Fig.16, các chỉ mục bit thấp nhất $|F_n|$ có thể được lựa chọn từ trong số các chỉ mục bit trong chuỗi cực tương ứng. Theo phương pháp 2-b, ví dụ, $|F_n| = \{247, 253\}$.

* Phương pháp 2-c. Các bit đã biết được đặt ở các vị trí mà ảnh hưởng lớn sự lan truyền lỗi. Ví dụ, theo phương pháp 2-c, (các) bit đã biết được bố trí trong (các) chỉ mục bit có các BER kém trong số các chỉ mục bit mà thứ tự giải mã là sớm trong số các chỉ mục bit của mã cực. Thông thường, do thứ tự giải mã của phần trước của mã cực, nghĩa là, thứ tự giải mã của các chỉ mục bit thấp, sớm hơn so với thứ tự giải mã của phần sau của mã cực, nghĩa là, thứ tự giải mã của các chỉ mục bit cao, vị trí bit có BER kém (nghĩa là, vị trí bit có BER cao) trong số các vị trí bit của phần trước của mã cực có thể được thay thế với bit đã biết. Do mã cực sử dụng việc giải mã liên tiếp, nếu lỗi xảy ra trong

bit giải mã, lỗi được lan truyền tới (các) bit giải mã sau của bit giải mã trong đó lỗi xảy ra, nhờ vậy làm tăng BER. Do đó, theo phương pháp 2-a, bit đã biết được ánh xạ tới vị trí bit có BER kém nhất trong số K vị trí bit, việc giải mã cho bit đã biết được thực hiện quá muộn nếu chỉ mục bit của vị trí bit có BER kém là cao sao cho khó làm giảm sự lan truyền lỗi. Ngược lại, theo phương pháp 2-c, BLER có thể được nâng cao bằng cách làm giảm xác suất lỗi được tạo ra ban đầu. Fn có thể khác nhau theo kích thước của các bit đã biết, nghĩa là, số lượng của các bit đã biết. Tuy nhiên, nếu các bit đã biết được cấp phát tới các chỉ mục bit đầu vào của phần trong đó việc giải mã được thực hiện sớm, BLER có thể được tối ưu hóa. Việc thiết đặt bit tốt nhất, nghĩa là, Fn tốt nhất, có thể được tìm kiếm bởi sự kết hợp của các chỉ mục nằm trong các chỉ mục đầu vào (nghĩa là, các chỉ mục bit) của phần trong đó việc giải mã sớm được thực hiện liên quan đến các phần khác, nghĩa là, phần ở đó thứ tự giải mã sớm hoặc bởi sự kết hợp của các chỉ mục mà xem xét một cách đồng thời các chỉ mục đầu vào của phần trong đó việc giải mã sớm được thực hiện liên quan đến các phần khác và phương pháp 2-a. Dựa vào bảng 6 và Fig.17, theo phương pháp 2-c, ví dụ, $|Fn| = \{469, 375\}$. Dựa vào bảng 6 hoặc Fig.16, mặc dù chỉ mục bit 375 có BER cao hơn so với các chỉ mục bit 367 và 379 và chỉ mục bit 469 có BER cao hơn so với các chỉ mục bit 463 và 470, các BER của các chỉ mục bit 375 và 469 trở thành 0 nếu các bit đã biết được bố trí trong các chỉ mục bit 375 và 469. Do đó, sự lan truyền lỗi của các chỉ mục bit 375 và 469 có thể được giảm.

Bảng 7 thể hiện hiệu suất của các tập hợp của các bit đã biết đối với phương pháp 1, phương pháp 2-a, phương pháp 2-b, và phương pháp 2-c. Nói cách khác, bảng 7 thể hiện các BLER cho Fn được mô tả theo phương pháp 1, phương pháp 2-a, phương pháp 2-b, và phương pháp 2-c. BLER_1, BLER_2, BLER_3, và BLER_4 lần lượt biểu diễn các BLER đối với phương pháp 1, phương pháp 2-a, phương pháp 2-b, và phương pháp 2-c. Cụ thể là, bảng 7 thể hiện các BLER tương ứng khi SNR = -9 dB, -8,5 dB, -8 dB, và -7,5.

Bảng 7

SNR[dB]	BLER_1	BLER_2	BLER_3	BLER_4
-9	0,170068	0,22779	0,197238	0,16488
-8,5	0,060368	0,082372	0,065638	0,05777
-8	0,01574	0,024251	0,018002	0,015019
-7,5	0,003189	0,005385	0,003241	0,00305

Dựa vào bảng 7, BLER_1 và BLER_4 hoàn toàn thể hiện hiệu suất tốt trong PBCH. Theo đó, phương pháp 1 hoặc phương pháp 2-c có thể được lựa chọn để xác định các vị trí đầu vào với mã cực đối với các bit của PBCH. Khi K hoặc các bit đã biết khác ngoài PBCH thay đổi, một trong số tất cả các phương pháp nêu trên có thể được lựa chọn để xác định vị trí nào của các vị trí đầu vào với thông tin tương ứng mã cực được đưa vào.

Độ dài của các bit đã biết, nghĩa là, số lượng của các bit đã biết, có thể khác nhau theo thời điểm truyền. Ví dụ, SFN được sử dụng như bit đã biết chỉ trong trường hợp chuyển vùng. Theo cách này, khi số lượng của các bit đã biết khác nhau theo thời điểm truyền hoặc tình trạng truyền, ví dụ của sáng chế có thể sử dụng riêng biệt Fn trong nhiều tập hợp con. Ví dụ, trong trường hợp của PBCH, nếu tập hợp con cho các bit được giữ lại là Fn_1 và tập hợp con cho các bit SFN là Fn_2, sau đó Fn là sự kết hợp của Fn_1 và Fn_2 ($F_n = F_{n_1} \cup F_{n_2}$) và $|F_n| = |F_{n_1}| + |F_{n_2}|$. Khi xác định Fn, có thể phát hiện tập hợp con Fn_i có hiệu suất tốt theo các đơn vị của kích thước tập hợp con. Ví dụ, nếu tập hợp con cho các bit được giữ lại là Fn_1, do các bit được giữ lại có khả năng cao được sử dụng như các bit đã biết, Fn_1 có thể đầu tiên được xác định và sau đó Fn_2 có thể được xác định. Nghĩa là, khi tạo cấu hình Fn, có thể tìm kiếm hiệu suất tốt theo các đơn vị của kích thước tập hợp con. Ví dụ, khi tập hợp con cho 2 bit được giữ lại là Fn_1, sau đó Fn_1 cho 2 bit được giữ lại có thể đầu tiên được xác định và sau đó Fn_2 bao gồm Fn_1 có thể được xác định.

Theo cách khác, Fn có thể được tạo cấu hình theo thứ tự Fn_1, Fn_2, Fn_3,..., bởi việc xem đơn vị của kích thước tập hợp con là một bit, ví dụ, bởi việc xem $|F_{n_i}| = 1$. Fn có thể được tạo cấu hình theo cách sao cho Fn_2 bao gồm Fn_1 được xác định và Fn_3 bao gồm Fn_2 được xác định. Theo phương pháp này, Fn có thể được lựa chọn tuần tự bắt đầu từ Fn_1 theo kích thước của các bit đã biết được xác định ở thời điểm truyền của thông tin tương ứng không quan tâm đến tập hợp con được sử dụng bao nhiêu lần. Ví dụ, nếu Fn_1 được tạo cấu hình để được sử dụng khi SFN được sử dụng như bit đã biết và Fn_2 được tạo cấu hình để được sử dụng khi SFN được sử dụng như bit không được biết, sau đó Fn có thể được lựa chọn theo kích thước của bit đã biết thậm chí nếu SFN là được truyền thường xuyên như bit đã biết. Ví dụ, Fn_4 có thể được sử dụng để truyền thông tin tương ứng với 4 bit đã biết và Fn_1 có thể được sử dụng để truyền thông tin tương ứng một bit đã biết.

Trong trường hợp của PBCH, ngay cả khi CRC được phân phối được áp dụng tới PBCH, khó có thể sử dụng sự kết thúc sớm cho bit không được biết trong thủ tục giải mã do tỉ lệ báo động sai (false alarm rate, FAR). Do đó, (các) bit không được biết có thể được ánh xạ tới một vài trong số các chỉ mục bit khác ngoài Fn. Tuy nhiên, ví dụ, khi thiết bị thu có thể giải mã và sử dụng chỉ phần cụ thể (ví dụ, chỉ mục SSB) mà không xem xét FAR, (các) bit đã biết có thể được ánh xạ như theo phương pháp 2-b. Trong khi đó, nếu phương pháp hạ thấp FAR của phần tương ứng qua ít nhất CRC 1 bit được sử dụng, các chỉ mục SSB có thể được ánh xạ theo thứ tự của BER thấp nhất trong số các chỉ mục đầu vào được kết nối với phần CRC tương ứng. Ví dụ, khi thiết bị thu giải mã riêng biệt chỉ chỉ mục SSB và thực hiện CRC nhờ sử dụng ít nhất CRC 1 bit đối với chỉ mục SSB được giải mã, chỉ mục SSB có thể được ánh xạ tới 3 chỉ mục bit có BER thấp nhất trong số các chỉ mục bit được kết nối với ít nhất CRC 1 bit.

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả sử dụng các trường bit của PBCH làm ví dụ.

Bảng 8 liệt kê các trường thông tin của PBCH được xem xét trong hệ thống NR. Mặc dù có một vài trường trong đó độ dài của mỗi trường bit của PBCH được sử dụng cho hệ thống NR không được xác định, nhưng các ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả dưới đây nhờ sử dụng các loại mà được đề cập thường xuyên trong quy trình đồng bộ hóa NR nhằm thuận tiện cho việc mô tả. Ví dụ, các ví dụ về sáng chế được mô tả dựa vào bảng 8. Độ dài của các bit của mỗi trường bit của PBCH, nghĩa là, số lượng của các bit của mỗi trường bit, có thể khác với độ dài được thể hiện trên bảng 8.

Bảng 8

Thông số	Số lượng của các bit
Số khung hệ thống (System frame number, SFN)	10
Thời điểm nửa khung (Half-frame, HF)	1
Chỉ mục vị trí SSB	3
Cấu hình dùng cho CORESET để lập lịch RMSI	8
RAN2	3

Dịch vị giữa vị trí miền tần số SSB và lưới khối tài nguyên vật lý (physical resource block, PRB) trong mức thành phần tài nguyên (resource element, RE)	4
Số học đường xuống được sử dụng cho RMSI, msg2/msg4 dùng cho việc truy cập ban đầu và thông tin hệ thống khác (other system information, OSI) được phát rộng	1
Sự chỉ báo của vị trí tín hiệu tham chiếu giải điều biến (demodulation reference signal, DMRS) thứ nhất	1
Dự phòng	1
CRC	24
Tổng cộng	56

Tải trọng của PBCH có thể bao gồm thông tin được thể hiện trên bảng 8. Trong tải trọng 56 bit cho PBCH, 10 bit được bao gồm trong MIB, 8 bit được bao gồm trong khối vận chuyển PBCH, và 24 bit là các bit CRC. Trên bảng 8, “SFN” biểu thị số khung hệ thống trong đó PBCH được truyền, “thời điểm nửa khung” biểu thị thông tin chỉ báo nửa khung (dưới đây gọi là HF) chỉ báo xem nửa khung mà PBCH thuộc về là nửa khung thứ nhất hay nửa khung thứ hai, “chỉ mục vị trí SSB” biểu thị thông tin về 3 MSB của chỉ mục SSB mà PBCH thuộc về, và “cấu hình dùng cho CORESET để lập lịch RMSI” biểu thị cấu hình thông tin về tập hợp tài nguyên điều khiển (control resource set, CORESET), mà là tập hợp tài nguyên trên đó PDCCH mang thông tin lập lịch về thông tin hệ thống còn lại (remaining system information, RMSI) ngoại trừ MIB (hoặc RMSI ngoại trừ MIB và SIB1) có khả năng được giám sát bởi UE. “RAN2” biểu thị thông tin được bao gồm trong PBCH dựa vào yêu cầu của nhóm làm việc liên quan đến lớp RAN2 trong số các nhóm làm việc liên quan đến sự đồng bộ hóa NR. Ví dụ, thông tin mà qua đó xem UE có thể lưu trữ trên ô trong đó PBCH được truyền có thể được nhận dạng nhanh là “RAN2” mà có thể được bao gồm trong PBCH hay không. Ví dụ, thông tin liên quan đến bật/tắt tần số chỉ báo xem tần số tương ứng trong đó PBCH được truyền

ở trạng thái bật hoặc tắt hay không và thông tin liên quan đến bật/tắt ô chỉ báo xem ô tương ứng trong đó PBCH được truyền ở trạng thái bật hoặc tắt có thể được bao gồm trong “RAN2” hay không. “Dịch vị giữa vị trí miền tần số SSB và lưới khối tài nguyên vật lý (physical resource block, PRB) ở mức thành phần tài nguyên (resource element, RE)” biểu diễn thông tin liên quan đến dịch vị tần số (dưới đây gọi là dịch vị PRB) để căn chỉnh SSB và PRB trong miền tần số khi lưới PRB cho SSB không được căn chỉnh với lưới PRB cho CRB. Ví dụ, thông tin dịch vị PRB có thể là thông tin về dịch vị bộ mang con từ bộ mang con 0 trong CRB tới bộ mang con 0 của SSB và có thể được đưa ra là mức RE (ví dụ, số lượng của các bộ mang con). “Số học đường xuống được sử dụng cho RMSI, msg2/msg4 dùng cho việc truy cập ban đầu và thông tin hệ thống khác (other system information, OSI)” được phát rộng biểu diễn thông tin về số học (ví dụ, khoảng cách bộ mang con) khả dụng cho, ví dụ, RMSI CORESET, việc truyền DL của thủ tục RACH, và thông tin SI khác.

Trong thông tin của PBCH, SFN, HF, và chỉ mục SSB là thông tin thời điểm và được truyền qua khối vận chuyển PBCH. Ví dụ, HF 1 bit, 4 LSB của SFN 10 bit, và 3 MSB của chỉ mục SSB được truyền qua khối vận chuyển PBCH. 6 MSB của SFN 10 bit có thể được bao gồm trong MIB. Trong trường hợp của SSB được truyền ở dải tần số 6 GHz hoặc lớn hơn, 3 LSB của chỉ mục SSB không được truyền qua tải trọng của PBCH và có thể được bố trí qua chuỗi PBCH-DMRS trong mỗi nửa khung. Trong trường hợp của SSB được truyền ở dải tần số 6 GHz hoặc nhỏ hơn, một vài hoặc tất cả 3 bit được sử dụng cho chỉ mục SSB trong PBCH có thể được sử dụng như các bit được giữ lại.

Đối với việc nâng cao hiệu suất của các mã cực, mặc dù các bit đã biết sẽ được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp, nhưng loại trường cấu thành các bit đã biết có thể khác nhau theo tình trạng truyền PBCH. Ví dụ, các bit đã biết đối với PBCH có thể khác nhau như sau.

> Ví dụ 1: Ở giai đoạn truy cập ban đầu, tất cả các bit của PBCH có thể là các bit không được biết.

> Ví dụ 2: Như được nêu trên, các bit SFN có thể là các bit đã biết (ví dụ, SFN được biết tiên nghiệm cho các trường hợp chuyển vùng).

> Ví dụ 3: Trong ô đích của chuyển vùng hoặc ô không đứng một mình (non-stand alone, NSA) mà sẽ được tạo cấu hình cùng với ô phục vụ khác, do thông tin hệ thống

được cung cấp tới UE nhờ ô phục vụ khác hoặc bộ mang sơ cấp (ví dụ, mà là ô LTE), thông tin chẳng hạn như bật/tắt tần số, bật/tắt ô, và CORESET có thể là (các) bit đã biết.

> Ví dụ 4: Thông tin bật/tắt dải tần số ở giai đoạn đo có thể là bit đã biết chỉ báo “bật”.

> Ví dụ 5: Giả sử rằng sự đồng bộ hóa được thích ứng, có thể giả sử rằng SFN, thời điểm HF (nghĩa là, ký hiệu chỉ báo HF) (dưới đây gọi là HF), và thông tin chỉ mục SSB giống như thông tin chỉ mục SSB trong ô. Để tham chiếu, nếu sự đồng bộ hóa thời gian của ô phục vụ và ô đích (ví dụ, sự chênh lệch giữa thời gian khi UE thu tín hiệu được truyền bởi ô phục vụ và thời gian khi UE thu tín hiệu được truyền bởi ô đích) là trị số nằm trong khoảng định trước (ví dụ, 33 μ s, 3 μ s, hoặc tối thiểu (hai ký hiệu SSB OFDM, một ký hiệu dữ liệu OFDM)), điều này có thể biểu diễn rằng sự đồng bộ hóa giữa ô phục vụ và ô đích được thích ứng. Nghĩa là, SFN, HF, và chỉ mục SSB có thể được sử dụng như các bit đã biết. Mặc dù có thể giả sử rằng thông tin khung hoặc thông tin nửa khung trong PBCH giống như thông tin khung hoặc thông tin nửa khung trong ô phục vụ nếu sự đồng bộ hóa của ô phục vụ và sự đồng bộ hóa của ô có PBCH (dưới đây gọi là ô đích) thích ứng chỉ mức nhất định theo độ chính xác của sự đồng bộ hóa (ở mức khung, mức nửa khung, mức khung con, mức khe, và/hoặc mức ký hiệu OFDM), sự đồng bộ hóa của ô phục vụ và sự đồng bộ hóa của ô đích sẽ được thích ứng một cách chính xác để giả sử rằng chỉ mục SSB bằng chỉ mục SSB trong ô phục vụ. Do đó, khó có thể giả sử chính xác rằng chỉ mục SSB của ô phục vụ bằng nhau về sự đồng bộ hóa với chỉ mục SSB của ô đích. Ví dụ, khi điều kiện đồng bộ hóa (nghĩa là, điều kiện mà UE và/hoặc BS xem xét rằng sự đồng bộ hóa thời gian của hai ô là thích hợp) là độ chi tiết khung 1/2, chỉ SFN có thể là các bit đã biết và, khi điều kiện đồng bộ hóa là độ chi tiết khung 1/4, chỉ SFN và HF có thể là các bit đã biết. Khi điều kiện đồng bộ hóa là hai khe (nghĩa là, 0,25 ms) có độ chi tiết của khoảng cách bộ mang con là 120 kHz ở 6 GHz hoặc lớn hơn, chỉ mục SSB 3 bit có thể là các bit đã biết.

Các bit đã biết có thể thay đổi theo tần số truyền cũng như tình trạng truyền của PBCH. Ví dụ, trong PBCH-DMRS mà có thể mang thông tin 3 bit, 2 bit trong số 3 bit được chỉ báo bởi PBCH-DMRS có thể được sử dụng để chỉ báo chỉ mục SSB ở 3 GHz và một bit còn lại có thể được sử dụng để chỉ báo HF ở 3 GHz. Do đó, HF có thể được sử dụng như bit đã biết ở 3 GHz hoặc nhỏ hơn.

Chỉ mục SSB có thể thao tác như các bit được giữ lại. Khi chỉ mục SSB thao tác

như các bit được giữ lại, UE có thể không hiểu các bit tương ứng. Ví dụ, các bit được sử dụng như thông tin chỉ mục SSB trong PBCH được truyền ở dải tần số 6 GHz hoặc lớn hơn có thể thao tác như các bit được giữ lại trong PBCH được truyền ở dải tần số 6 GHz hoặc nhỏ hơn. Trong trường hợp này, nếu các bit được giữ lại được xem là các bit đã biết, chỉ mục SSB có thể được sử dụng như các bit đã biết. Tuy nhiên, chỉ mục SSB có thể được xem là các bit không được biết do khả năng rằng chỉ mục SSB sẽ được sử dụng như các bit để hỗ trợ chức năng cụ thể trong tương lai.

Dưới đây, các ví dụ về các vị trí đầu vào mã cực cho PBCH sẽ được mô tả xét về các trường PBCH có khả năng được sử dụng như các bit đã biết trong số các trường của PBCH.

* Ví dụ vị trí trường 1: Các bit đã biết có thể được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp theo thứ tự của SFN, HF, và chỉ mục SSB đã biết. Các LSB thứ hai và thứ ba của SFN được sử dụng như hạt của chuỗi được xáo trộn thứ nhất, SFN đầu tiên có thể được ánh xạ tới các vị trí bit có các độ tin cậy thấp sao cho các LSB thứ hai và thứ ba của SFN không trải qua xáo trộn. Theo cách khác, SFN đầu tiên có thể được ánh xạ theo thứ tự của sự đồng bộ hóa theo xác suất được thích ứng tốt nhất, và HF và các chỉ mục SSB đã biết được ánh xạ theo thứ tự của sự đồng bộ hóa theo xác suất được thích ứng tốt nhất tiếp theo. Nói cách khác, do SFN của ô trong đó PBCH được truyền có xác suất cao được thích ứng với SFN của ô phục vụ, SFN trong số SFN, HF, và chỉ mục SSB đã biết đầu tiên được ánh xạ tới các vị trí bit có các độ tin cậy thấp. Ví dụ, nếu SFN là 10 bit, HF là một bit, và chỉ mục SSB đã biết là 3 bit, SFN được ánh xạ tới 10 vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp nhất trong số 56 vị trí đầu vào trong đó tải trọng 56 bit của PBCH có thể được ánh xạ, HF được ánh xạ tới vị trí đầu vào có độ tin cậy thấp nhất thứ mười một, và chỉ mục SSB đã biết được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp nhất từ thứ mười hai đến thứ mười bốn.

* Ví dụ vị trí trường 2: Các bit đã biết được ánh xạ theo thứ tự của SFN và HF. Ở ví dụ vị trí trường 1, khi trường chỉ mục SSB được sử dụng như các bit được giữ lại, các bit của trường chỉ mục SSB được ánh xạ tới các vị trí đầu vào của mã cực bởi việc xem các bit của trường chỉ mục SSB như các bit không được biết.

* Ví dụ vị trí trường 3: Các bit đã biết có thể được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp theo thứ tự của SFN, HF, chỉ mục SSB đã biết, bit bật/tắt tần số, bit bật/tắt ô, và CORESET, dựa vào ví dụ vị trí trường 1 hoặc theo thứ tự của SFN, HF, bit

bật/tắt tần số, bit bật/tắt ô, và CORESET, dựa vào ví dụ vị trí trường 2. Các trường của PBCH được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp trong số các vị trí đầu vào của mã cực theo thứ tự của các trường có khả năng trở thành các bit đã biết từ trường có khả năng cao nhất đến trường có khả năng thấp nhất. Trong một vài trường hợp, khả năng trở thành các bit đã biết có thể thay đổi theo thứ tự của bit bật/tắt tần số, SFN, HF, và CORESET.

* Ví dụ vị trí trường 4: (Các) trường của các bit đã biết trong số các trường của PBCH có thể được ánh xạ tới các vị trí đầu vào của mã cực cho PBCH dưới dạng trong đó phần (ví dụ, bit bật/tắt tần số) của bit RAN2 được chèn trong số các LSB thứ hai và thứ ba của SFN, HF, các bit còn lại của SFN, và chỉ mục SSB đã biết hoặc trong số các LSB thứ hai và thứ ba của SFN, HF, và các bit còn lại của SFN. Ví dụ, các bit đã biết có thể được ánh xạ tới các vị trí đầu vào có các độ tin cậy thấp theo thứ tự của các LSB thứ hai và thứ ba của SFN, phần (ví dụ, bit bật/tắt tần số) của các bit RAN2, HF, các bit khác của SFN, và tương tự.

Ở ví dụ vị trí trường 1, ví dụ vị trí trường 2, ví dụ vị trí trường 3, và ví dụ vị trí trường 4, thứ tự ánh xạ của các trường PBCH có khả năng trở thành các bit đã biết đã được mô tả. Nói cách khác, các vị trí đầu vào tương ứng của mã cực giữa các loại thông tin trong tải trọng PBCH đã được mô tả trong các ví dụ vị trí trường từ 1 đến 4. Tuy nhiên, các trường của PBCH có thể được ánh xạ tới các vị trí đầu vào của mã cực bởi các sự kết hợp khác nhau theo xác suất rằng các bit đã biết sẽ xảy ra ngoài thứ tự ánh xạ được mô tả ở ví dụ vị trí trường 1, ví dụ vị trí trường 2, ví dụ vị trí trường 3, và ví dụ vị trí trường 4. Các trường của PBCH cũng có thể được ánh xạ bởi hai hoặc nhiều sự kết hợp của thứ tự ánh xạ được mô tả ở ví dụ vị trí trường 1, ví dụ vị trí trường 2, ví dụ vị trí trường 3, và ví dụ vị trí trường 4.

Dưới đây, các vị trí bit của các bit đã biết và các bit không được biết theo các ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Theo các ví dụ dưới đây, một hoặc nhiều trường có khả năng là các bit đã biết trong tải trọng của PBCH có thể được đặt trong các chỉ mục bit của mã cực theo thứ tự cụ thể, nhằm nâng cao hiệu suất/độ trễ bộ giải mã PBCH.

* Ví dụ vị trí bit 1: Thông tin chỉ mục SSB có thể được đặt ở các vị trí đầu vào có thứ tự giải mã sớm trong số các vị trí đầu vào của mã cực cho PBCH. Nếu UE phản hồi công suất thu được tín hiệu tham chiếu (reference signal received power, RSRP) bằng cách giải mã chỉ mục SSB không được biết, UE có thể không cần giải mã các bit khác

ngoài chỉ mục SSB không được biết. Theo đó, chỉ mục SSB có thể được ánh xạ tới các vị trí trong đó việc giải mã được thực hiện sớm nhất (xem phương pháp 2-b). Tuy nhiên, nếu trường chỉ mục SSB được sử dụng như các bit được giữ lại có mặt ở vị trí trong đó việc giải mã được thực hiện sớm nhất, có nhược điểm là làm suy giảm hơn hiệu suất BLER. Do đó, chỉ mục SSB có thể được đặt ở các vị trí có thứ tự giải mã sớm trong số các vị trí khác ngoài các vị trí được sử dụng cho các bit đã biết. Ví dụ, khi tổng cộng của 11 bit đã biết được sử dụng cho SFN và HF, dựa vào các chỉ mục bit {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} đối với $K=56$ trong số các chỉ mục bit của mã cực đối với $N=512$, mười một vị trí có các độ tin cậy thấp nhất được bố trí theo thứ tự: {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485}. 3 chỉ mục bit có thứ tự giải mã sớm ngoại trừ {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485}, nghĩa là, 3 chỉ mục bit nhỏ nhất trong số các chỉ mục bit ngoại trừ {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485}, như sau: {254, 255, 379}.

* Ví dụ vị trí bit 2: Thông tin chỉ mục SSB có thể được đặt ở các vị trí đầu vào có thứ tự giải mã sớm trong số các vị trí đầu vào của mã cực cho PBCH và thông tin còn lại có thể được đặt ở các vị trí ngoại trừ các vị trí trong đó thông tin chỉ mục SSB được đặt. Nói cách khác, chỉ mục SSB không được biết có thể được ưu tiên ánh xạ tới các vị trí đầu vào có thứ tự giải mã sớm và các bit đã biết khác có thể được ánh xạ tới các vị trí bit ngoại trừ các vị trí bit trong đó chỉ mục SSB không được biết được ánh xạ. Ví dụ, chỉ mục SSB không được biết được ánh xạ tới các chỉ mục bit nhỏ nhất {247, 253, 254} từ {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} mà nhận được bằng cách sắp xếp tuần tự 56 chỉ mục bit, trong đó tải trọng của PBCH có thể được ánh xạ, theo thứ tự tăng dần của độ tin cậy, các LSB thứ hai và thứ ba của SFN có thể được ánh xạ tới hai chỉ mục bit {441, 469} có các độ tin cậy thấp nhất, và các bit còn lại của SFN ngoại trừ các LSB thứ hai và thứ ba của SFN có thể được ánh xạ tới 8 chỉ mục bit {367, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473} có các độ tin cậy thấp nhất trong số các chỉ mục bit ngoại trừ các chỉ mục bit trong đó chỉ

mục SSB không được biết và các LSB thứ hai và thứ ba của SFN được ánh xạ. Một bit trong số HF và một bit (ví dụ, bit liên quan đến bật/tắt tần số) của các bit RAN2 có thể được ánh xạ theo thứ tự của độ tin cậy tiếp theo. Ví dụ, một bit trong số HF và một bit liên quan đến bật/tắt tần số có thể được ánh xạ tới hai chỉ mục bit có các độ tin cậy thấp trong số các chỉ mục bit ngoại trừ các chỉ mục bit trong đó chỉ mục SSB không được biết và SFN được ánh xạ. Dựa vào {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} nhận được bằng cách sắp xếp 56 chỉ mục bit, trong đó tải trọng của PBCH có thể được ánh xạ, theo thứ tự tăng dần của độ tin cậy, HF và một bit trong số các bit RAN2 có thể được tuần tự ánh xạ tới các chỉ mục bit {474, 379} cạnh chỉ mục bit cuối cùng '473' được sử dụng cho SFN. Theo cách khác, có thể tuần tự ánh xạ HF và một bit trong số các bit RAN {379, 474} theo xác suất trở thành bit đã biết (ví dụ, khi xác suất rằng một trong số các bit RAN2 trở thành bit đã biết cao hơn so với xác suất rằng HF trở thành bit đã biết). Theo cách khác, một bit trong số HF và bit liên quan đến bật/tắt tần số, nghĩa là, một bit HF hoặc một bit liên quan đến bật/tắt tần số, có thể được ánh xạ tới vị trí cạnh chỉ mục SSB không được biết theo thứ tự giải mã. Ví dụ, một trong số HF và bit liên quan đến bật/tắt tần số được ánh xạ tới chỉ mục bit {255} có thứ tự giải mã sớm nhất ngoại trừ các chỉ mục bit {247, 253, 254} trong đó thông tin chỉ mục SSB được ánh xạ và một bit khác của HF và bit liên quan đến bật/tắt tần số có thể được ánh xạ tới {474} có độ tin cậy thấp nhất trong số các chỉ mục bit ngoại trừ {247, 253, 254}, {255}, và {367, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473} cho SFN. Tiếp theo, các bit đã biết khác có thể được ánh xạ theo thứ tự của độ tin cậy thấp (nghĩa là, từ chỉ mục bit có độ tin cậy thấp đến chỉ mục bit có độ tin cậy cao) và sau đó các bit không được biết được ánh xạ tới các chỉ mục bit từ chỉ mục bit có độ tin cậy thấp đến chỉ mục bit có độ tin cậy cao. Ví dụ, các bit còn lại của RAN2, bit bật/tắt ô, và các trường bit CORESET được ánh xạ tới các chỉ mục bit từ chỉ mục bit có độ tin cậy thấp đến chỉ mục bit có độ tin cậy cao

* Ví dụ vị trí bit 3: Thông tin chỉ mục SSB có thể được đặt ở 3 vị trí bit trong số các vị trí đầu vào {247, 253, 254, 255} có thứ tự giải mã sớm trong số các vị trí bit của bộ giải mã cực cho PBCH và HF hoặc một bit (ví dụ, thông tin liên quan đến bật/tắt tần số) của thông tin RAN2 có thể được đặt ở vị trí bit trong đó thông tin chỉ mục SSB

không được đặt trong số {247, 253, 254, 255}. Ví dụ, như ở ví dụ vị trí bit 2, 3 bit từ phần trước trong số {247, 253, 254, 255} có thứ tự giải mã sớm hơn có thể được lựa chọn cho chỉ mục SSB. Theo cách khác, {253, 254, 255} có thể được lựa chọn theo thứ tự của BER thấp (xem bảng 6 hoặc Fig.16) xét về trường hợp trong đó UE giải mã chỉ mục SSB và sử dụng nó mà không kiểm tra CRC. Khi chỉ mục SSB không được biết được ánh xạ tới {253, 254, 255}, dễ dàng thực hiện việc ánh xạ bởi vì chỉ mục SSB không được biết được ánh xạ tới các vị trí bit liên tiếp. Điều này là bởi vì, nếu chỉ mục SSB được ánh xạ tới các vị trí bit liên tiếp, các địa chỉ bộ nhớ liên tiếp có thể được sử dụng cho chỉ mục SSB và, do đó, thao tác đọc/ghi được tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện dễ dàng việc mã hóa/giải mã. Vị trí của SFN giống như vị trí ở ví dụ vị trí bit 2 và bit HF và bit liên quan đến bật/tắt tần số có thể được ánh xạ lần lượt tới {247} và {474}. Theo cách khác, vị trí của SFN có thể giống như vị trí ở ví dụ vị trí bit 2 và bit HF và bit liên quan đến bật/tắt tần số có thể được ánh xạ lần lượt tới {474} và {247}. Theo cách khác, các LSB thứ hai và thứ ba của SFN có thể được đặt ở {441, 469} và các bit còn lại của SFN có thể được đặt ở {247, 367, 375, 444, 470, 483, 415, 485}. Một bit trong số HF và một bit (ví dụ, bit liên quan đến bật/tắt tần số) trong số các bit RAN2 có thể được đặt ở {473, 474} hoặc {474, 473}.

Khi mã cực N=512 được chia thành mã con trên độ dài 256 và mã con dưới độ dài 256, các chỉ mục bit thuộc về mã con trên chỉ là {247, 253, 254, 255} trong số 56 chỉ mục bit {441, 469, 247, 367, 253, 375, 444, 470, 483, 415, 485, 473, 474, 254, 379, 431, 489, 486, 476, 439, 490, 463, 381, 497, 492, 443, 382, 498, 445, 471, 500, 446, 475, 487, 504, 255, 477, 491, 478, 383, 493, 499, 502, 494, 501, 447, 505, 506, 479, 508, 495, 503, 507, 509, 510, 511} và các chỉ mục bit còn lại thuộc về mã con dưới. Như được nêu trên, thông thường, do bộ giải mã của mã cực được thiết kế để thực hiện việc giải mã từ hàng trên đến hàng dưới của mã cực, mã con trên được giải mã sớm hơn so với mã con dưới. Do đó, nếu chỉ mục SSB và/hoặc HF, hoặc chỉ mục SSB và/hoặc bit RAN2 được đặt ở {247, 253, 254, 255}, thiết bị thu có thể giải mã chỉ mục SSB và/hoặc HF, hoặc chỉ mục SSB và/hoặc bit RAN2 được ánh xạ tới {247, 253, 254, 255} sớm hơn so với thông tin khác. Trong trường hợp này, thiết bị yêu cầu chỉ chỉ mục SSB và/hoặc HF và thiết bị yêu cầu chỉ mục SSB và/hoặc bit RAN2 có thể kết thúc hoặc hoàn thành việc giải mã của PBCH nhanh hơn so với trường hợp trong đó chỉ mục SSB và/hoặc HF, hoặc chỉ mục SSB và/hoặc bit RAN2 được ánh xạ tới các chỉ mục bit khác.

Trong trường hợp của ví dụ vị trí bit 2 trong đó chỉ mục SSB được ánh xạ tới {247, 253, 254} và HF hoặc bit RAN2 được ánh xạ tới {255}, nếu bộ giải mã mong muốn hoàn thành việc giải mã của HF (hoặc RAN2 bit), bộ giải mã sẽ thực hiện việc giải mã cho các chỉ mục bit 248, 249,...,254 bắt đầu từ 247. Ngược lại, trong trường hợp của ví dụ vị trí bit 3 trong đó chỉ mục SSB được ánh xạ tới {253, 254, 255} và HF hoặc bit RAN2 được ánh xạ tới {247}, nếu {247} được giải mã, HF hoặc bit RAN2 có thể nhận được.

Ở ví dụ vị trí bit 1, ví dụ vị trí bit 2, và ví dụ vị trí bit 3, mặc dù thông tin chỉ mục SSB, thông tin SSB và thông tin HF, hoặc thông tin SSB và thông tin RAN2 đã được mô tả là các thông số PBCH có thứ tự giải mã nhanh nhất, có thể đặt các thông số PBCH khác ngoài thông tin chỉ mục SSB, thông tin HF, và/hoặc thông tin RAN2 ở các vị trí bit của mã cực xét về thứ tự giải mã.

Fig.17 minh họa sự so sánh về hiệu suất giữa các vị trí bit được ví dụ theo sáng chế. Fig.17(a) là đồ thị minh họa các BER của 56 bit thông tin, Fig.17(b) là đồ thị minh họa các BER khi HF là bit đã biết và HF được ánh xạ tới chỉ mục bit {247}, và Fig.17(c) là đồ thị minh họa các BER khi HF là bit đã biết và HF được ánh xạ tới chỉ mục bit {255}.

Như được nêu trên, HF có thể hoặc có thể không là trị số đã biết và chỉ mục SSB có thể hoặc có thể không là trị số đã biết. Nếu chỉ HF là trị số đã biết và chỉ mục SSB không là trị số đã biết, chỉ mục SSB sẽ được giải mã bởi thiết bị thu.

Dựa vào Fig.17(b), nếu HF là trị số đã biết, chỉ mục SSB không là trị số đã biết, HF được bố trí trong chỉ mục bit {247}, và chỉ mục SSB được bố trí trong các chỉ mục bit {253, 254, 255}, do chỉ mục bit có thứ tự giải mã sớm nhất đã được sử dụng cho bit đã biết, có ưu điểm ngăn ngừa một cách hữu hiệu nhất sự lan truyền lỗi trong quy trình giải mã. Ví dụ, hiệu suất BER theo ví dụ trên Fig.17(b) trở nên tốt hơn so với hiệu suất BER được minh họa trên Fig.17(a) bởi sự ảnh hưởng của chỉ mục bit {247} có BER=0 do đặc tính giải mã SC trong đó việc giải mã của các chỉ mục được thực hiện theo thứ tự tăng dần (gần). Đối với lý do tương tự, các BER được nâng cao của 4 bit được bố trí trong các chỉ mục bit {247, 253, 254, 255} có ảnh hưởng đến hiệu suất BER của các bit được bố trí trong các chỉ mục bit khác sao cho toàn bộ hiệu suất BER của 56 bit thông tin có thể được nâng cao.

Dựa vào Fig.17(c), nếu HF là trị số đã biết, chỉ mục SSB không là trị số đã biết,

HF được bố trí trong chỉ mục bit {255}, và chỉ mục SSB được bố trí trong các chỉ mục bit {247, 253, 254}, BER của chỉ mục bit {255} trong đó HF được biết tới UE được đặt là 0 nhưng các BER của {247, 253, 254} hầu hết giống với các BER trên Fig.17(a). Theo ví dụ trên Fig.17(c), mặc dù hiệu suất BER được nâng cao đôi chút bằng cách giải mã tuần tự, HF ảnh hưởng chỉ chỉ mục bit {255} sao cho mức nâng cao về hiệu suất BER được hạ thấp khi được so sánh với Fig.17(b).

Trong khi đó, nếu chỉ mục SSB là trị số đã biết và HF là trị số không được biết, HF sẽ được giải mã bởi thiết bị thu. Nếu HF được bố trí trong chỉ mục bit {247}, thiết bị thu có thể nhận dạng trị số của HF này nhanh hơn khi được so sánh với trường hợp trong đó HF được bố trí trong chỉ mục bit {255}.

Fig.18 minh họa các trường bit thông tin thời điểm được bao gồm trong SSB.

Một vài bit trong số 3 bit được sử dụng cho chỉ mục SSB trong PBCH có thể được sử dụng cho việc sử dụng cụ thể. Ví dụ, do 3 bit của trường chỉ mục SSB không được biết có thể thao tác như các bit được giữ lại ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn, nên phần của 3 bit được sử dụng cho thông tin chỉ mục SSB ở 6 GHz hoặc lớn hơn có thể được sử dụng như thông tin khác ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn. Ví dụ, một trong số 3 bit được sử dụng cho chỉ mục SSB ở 6 GHz hoặc lớn hơn có thể được sử dụng cho thông tin dịch vị PRB ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn. Nếu một trong số 3 bit được sử dụng cho chỉ mục SSB ở 6 GHz hoặc lớn hơn được sử dụng cho thông tin dịch vị PRB ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn, thông tin dịch vị PRB có thể chỉ báo tổng cộng 32 trị số bởi 4 bit cho thông tin dịch vị PRB trên bảng 8 và một bit được giữ lại ở dưới 6 GHz. Ví dụ, nếu chỉ mục SSB không được biết được đặt ở {253, 254, 255} trong số các vị trí bit của mã cực, b3, b4, và b5, mà là 3 MSB của chỉ mục SSB trên Fig.18, có thể được ánh xạ tới {253, 254, 255} theo thứ tự b3, b4, và b5 ở 6 GHz hoặc lớn hơn. Phần của b3, b4, và b5 ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn có thể được sử dụng cho việc sử dụng cụ thể. Ví dụ, phần của b3, b4, và b5 ở 6 GHz hoặc nhỏ hơn có thể được lựa chọn cho thông tin của việc sử dụng cụ thể (dưới đây gọi là thông tin cụ thể).

> Sự lựa chọn của một bit:

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 1-1: Bit được ánh xạ tới {253} có thứ tự giải mã sớm nhất, nghĩa là, b3, có thể được lựa chọn.

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 1-2: Thông tin cụ thể có thể được đặt ở {254} hoặc {255}. Trong trường hợp này, thông tin cụ thể của mã con trên độ dài 256 và mã

con dưới độ dài 256 trong mã cực độ dài 512 được đặt ở một trong số hai bit cuối cùng của mã con trên. Khi bit được giữ lại có thể được xem như bit đã biết, nếu {254} được xem là bit đã biết, bit của {254} có thể không được mã hóa lại. Do đó, nếu bit b4 (nghĩa là, {254}) hoặc bit b5 (nghĩa là, {255}) được sử dụng cho việc sử dụng cụ thể, độ phức tạp ít nhất có thể nhận được.

> Sự lựa chọn của hai bit:

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 2-1: Các bit b3 và b4 được ánh xạ tới {253, 254} có thứ tự giải mã sớm có thể được lựa chọn.

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 2-2: Dựa vào Fig.8 ví dụ, phương pháp thao tác giải mã cho các mục lẻ u1, u3, u5, và u7 trong số u1 đến u8 khác với phương pháp thao tác giải mã cho các mục chẵn u2, u4, u6, và u8 trong số u1 đến u8. Xét về điểm này, các bit b3 và b5 được đặt ở các vị trí thấp hơn trong số 4 vị trí bit cuối cùng của mã con trên trong đó bộ giải mã có thể thực hiện cùng thao tác có thể được lựa chọn.

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 2-3: Các bit b4 và b5 có độ phức tạp giải mã ít nhất có thể được lựa chọn trong số {253, 254, 255}.

> Sự lựa chọn của 3 bit: Tất cả các bit b3, b4, và b5 được sử dụng cho thông tin cụ thể khi 3 bit được sử dụng cho thông tin cụ thể.

Để cho phần trong số các bit b3, b4, và b5 thực hiện vai trò cụ thể, các vị trí của b3, b4, và b5 có thể được thay đổi nằm trong các chỉ mục bit {253, 254, 255} cho chỉ mục SSB không được biết.

> Trường hợp trong đó b3 thực hiện vai trò cụ thể:

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-1: b3 có thể được đặt ở {253}. Do {253} là vị trí của b3, b3 được ánh xạ tới {253} mà không thay đổi vị trí.

>> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-2: Đối với cùng lý do như ví dụ sử dụng bit được giữ lại 1-2, b3 có thể được đặt ở {254} hoặc {255}.

Ngoài ra, nếu b4 hoặc b5 thực hiện vai trò cụ thể, b4 hoặc b5 có thể được đặt ở {253}, {254}, hoặc {255} như ở ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-1 và ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-2.

Như ở ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-1, khi vị trí của bit thực hiện vai trò cụ thể giống như vị trí gốc, các bit khác có thể duy trì cùng các vị trí. Tuy nhiên, như ở ví dụ sử dụng bit được giữ lại 3-2, nếu vị trí của bit thực hiện vai trò cụ thể khác với vị trí gốc, các vị trí của (các) bit khác có thể được xác định như sau.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 4-1: Trong số các bit b3, b4, và b5 của chỉ mục SSB, bit mà đã được đặt ở chỉ mục bit trong đó bit thực hiện vai trò cụ thể được đặt được đặt ở chỉ mục bit trong đó bit thực hiện vai trò cụ thể đã được đặt. Ví dụ, khi b3 là bit thực hiện vai trò cụ thể và b3 được mong muốn được đặt ở {254}, b4 mà đã được đặt ở {254} được đặt ở {253} mà là vị trí gốc của b3. Do đó, các chỉ mục bit của b4, b3, và b5 là {253, 254, 255}.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 4-2: Các bit b3, b4, và b5 của chỉ mục SSB có thể được dịch chuyển nhờ sử dụng bộ dịch chuyển tuần hoàn từ vị trí gốc của bit thực hiện vai trò cụ thể đến vị trí được thay đổi. Ví dụ, khi b3 là bit thực hiện vai trò cụ thể và b3 được mong muốn được đặt ở {254}, các vị trí bit của mã cực cho b5, b3, và b4 được đặt ở {253, 254, 255} nếu bộ dịch chuyển bên phải được sử dụng.

Khi hai bit thực hiện đồng thời vai trò cụ thể, ví dụ, khi b3 và b4 thực hiện vai trò cụ thể, các chỉ mục bit có thể được lựa chọn như sau.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-1: b3 và b4 có thể được đặt ở {253, 254} mà là các vị trí gốc. Theo cách khác, b3 và b4 có thể được đặt ở {253, 254} có thứ tự giải mã nhanh nhất.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-2: b3 và b4 có thể được đặt ở {253, 255} được đặt ở các vị trí thấp hơn trong số 4 vị trí bit cuối cùng của mã con trên, trong đó 4 vị trí bit cuối cùng là các vị trí bit trong đó bộ giải mã có thể thực hiện cùng thao tác hoặc sự tính toán.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-3: Do {254, 255} là hai vị trí bit cuối cùng của mã con trên độ dài 256 của mã cực độ dài 512 và vì vậy có độ phức tạp ít nhất, b3 và b4 có thể được đặt ở {254, 255}.

Trong các ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-1, 5-2, và 5-3, các vị trí trong đó hai bit được đặt có thể được trao đổi. Ví dụ, b3 và b4 có thể được ánh xạ tới {253, 254} hoặc {254, 255}. Đối với lý do tương tự, khi b3 và b5 hoặc b4 và b5 thực hiện vai trò cụ thể, các bit này có thể được đặt ở các vị trí bit của mã cực như ở các ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-1, 5-2, và 5-3.

Khi các vị trí của hai bit thực hiện vai trò cụ thể giống như các vị trí gốc, các vị trí của các bit khác được duy trì giống nhau. Tuy nhiên, nếu hai bit thực hiện vai trò cụ thể khác với các vị trí gốc, các vị trí của các bit khác (ví dụ, các chỉ mục bit) có thể được xác định như sau.

> Ví dụ sử dụng bit được giữ lại 6-1: Trong số các bit b3, b4, và b5 của chỉ mục SSB, các bit mà đã được đặt ở các chỉ mục bit trong đó các bit thực hiện vai trò cụ thể được đặt ở các chỉ mục bit trong đó các bit thực hiện vai trò cụ thể đã được đặt. Ví dụ, nếu b3 và b5 thực hiện vai trò cụ thể và được mong muốn được đặt ở {253, 254}, bit được đặt ở {253} được ánh xạ tới {253} mà cùng vị trí bit như vị trí bit gốc và b5 mà đã được đặt ở {255} được đặt ở {254} mà là vị trí bit gốc của b4. Sau đó, các vị trí của b3, b5, và b4 là {253, 254, 255}.

Nếu bộ dịch chuyển tuần hoàn được sử dụng mà không sử dụng sự trao đổi vị trí bit (xem ví dụ sử dụng bit được giữ lại 6-1) của mỗi bit, b3, b4, và b5 có thể được đặt ở các vị trí bit của mã cực như ở các ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-1, 5-2, và 5-3. Ví dụ, khi bộ dịch chuyển tuần hoàn bên phải được sử dụng, b3, b4, và b5, b5, b3, và b4, hoặc b4, b5, và b3 có thể được đặt ở {253, 254, 255}.

Khi hai hoặc nhiều bit thực hiện đồng thời vai trò cụ thể, phương pháp trao đổi trực tiếp các vị trí bit như ở ví dụ sử dụng bit được giữ lại 4-1 và ví dụ sử dụng bit được giữ lại 6-1 và phương pháp sử dụng bộ dịch chuyển tuần hoàn như ở các ví dụ sử dụng bit được giữ lại 5-1, 5-2, và 5-3 có thể được áp dụng đồng thời sao cho b3, b4, và b5 có thể được ánh xạ tới các vị trí bit mong muốn. Do các vị trí bit là các vị trí cho các bit đầu vào của mã cực, trong trường hợp của thông tin điều khiển đường lên (uplink control information, UCI), các bit được minh họa trên Fig.18 có thể được đặt ở các vị trí bit của mã cực xét về hiệu quả bộ đan xen được gây ra bởi CRC được phân phối. Ví dụ, nếu các bit được đưa vào tới các vị trí bit đầu vào thứ hai, thứ ba, và thứ năm trong số các vị trí bit đầu vào của bộ đan xen CRC được phân phối được tạo cấu hình để được ánh xạ tới các chỉ mục bit {253, 254, 255} của mã cực, sau đó b3, b4, và b5 được đặt ở các vị trí bit đầu vào thứ hai, thứ ba, và thứ năm của phần trước của bộ đan xen CRC được phân phối.

Fig.19 là sơ đồ khối minh họa các thành phần của thiết bị truyền 10 và thiết bị thu 20 để thực hiện sáng chế.

Thiết bị truyền 10 và thiết bị thu 20 lần lượt bao gồm các bộ thu phát 13 và 23 có khả năng truyền và thu các tín hiệu radio mang thông tin, dữ liệu, các tín hiệu, và/hoặc các tín hiệu, các bộ nhớ 12 và 22 để lưu trữ thông tin liên quan đến việc truyền thông trong hệ thống truyền thông không dây, và các bộ xử lý 11 và 21 được kết nối thao tác được với các thành phần chẳng hạn như các bộ thu phát 13 và 23 và các bộ nhớ 12 và

22 để điều khiển các thành phần và được tạo cấu hình để điều khiển các bộ nhớ 12 và 22 và/hoặc các bộ thu phát 13 và 23 sao cho thiết bị tương ứng có thể thực hiện ít nhất một trong số các ví dụ nêu trên của sáng chế. Các bộ thu phát cũng có thể được gọi là các đơn vị tần số radio (radio frequency, RF).

Các bộ nhớ 12 và 22 có thể lưu trữ các chương trình để xử lý và điều khiển các bộ xử lý 11 và 21 và có thể lưu trữ tạm thời thông tin đầu vào/đầu ra. Các bộ nhớ 12 và 22 có thể được sử dụng như các bộ đệm.

Các bộ xử lý 11 và 21 thông thường điều khiển toàn bộ thao tác của các môđun khác nhau ở thiết bị truyền và thiết bị thu. Cụ thể là, các bộ xử lý 11 và 21 có thể thực hiện các chức năng điều khiển khác nhau để thực hiện sáng chế. Các bộ xử lý 11 và 21 có thể được gọi là các bộ điều khiển, các bộ vi điều khiển, các bộ vi xử lý, hoặc các máy vi tính. Các bộ xử lý 11 và 21 có thể được thực hiện bởi phần cứng, phần sụn, phần mềm, hoặc sự kết hợp của chúng. Trong cấu hình phần cứng, các mạch tích hợp chuyên dụng (application-specific integrated circuit, ASIC), các bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processor, DSP), các thiết bị xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processing device, DSPD), các thiết bị logic lập trình được (programmable logic device, PLD), hoặc các mảng cổng lập trình được dạng trường (field programmable gate array, FPGA) có thể được bao gồm trong các bộ xử lý 11 và 21. Trong khi đó, nếu sáng chế được thực hiện nhờ sử dụng phần sụn hoặc phần mềm, phần sụn hoặc phần mềm có thể được tạo cấu hình để bao gồm các môđun, các thủ tục, các chức năng, v.v. thực hiện các chức năng hoặc các thao tác của sáng chế. Phần sụn hoặc phần mềm được tạo cấu hình để thực hiện sáng chế có thể được bao gồm trong các bộ xử lý 11 và 21 hoặc được lưu trữ trong các bộ nhớ 12 và 22 để được điều khiển bởi các bộ xử lý 11 và 21.

Bộ xử lý 11 của thiết bị truyền 10 thực hiện việc điều biến và lập mã định trước cho tín hiệu và/hoặc dữ liệu được lập lịch để được truyền ra phía ngoài bởi bộ xử lý 11 hoặc bộ lập lịch được kết nối với bộ xử lý 11, và sau đó chuyển đổi dữ liệu được lập mã và được điều biến tới bộ thu phát 13. Ví dụ, bộ xử lý 11 chuyển dòng dữ liệu được truyền thành các lớp K qua việc giải đa hợp, lập mã kênh, xáo trộn, và điều biến. Dòng dữ liệu được lập mã cũng được gọi là từ mã và tương đương với khối vận chuyển mà là khối dữ liệu được cung cấp bởi lớp MAC. Một khối vận chuyển (transport block, TB) được lập mã thành một từ mã và mỗi từ mã được truyền tới thiết bị thu dưới dạng một hoặc nhiều lớp. Đối với việc chuyển đổi tăng tần số, bộ thu phát 13 có thể bao gồm bộ dao động.

Bộ thu phát 13 có thể bao gồm N_t (trong đó N_t là số nguyên dương) anten truyền.

Quy trình xử lý tín hiệu của thiết bị thu 20 là ngược của quy trình xử lý tín hiệu của thiết bị truyền 10. Dưới sự điều khiển của bộ xử lý 21, bộ thu phát 23 của thiết bị thu 20 thu các tín hiệu radio được truyền bởi thiết bị truyền 10. Bộ thu phát 23 có thể bao gồm N_r (trong đó N_r là số nguyên dương) anten thu và chuyển đổi giảm tần số mỗi tín hiệu thu được qua các anten thu thành tín hiệu dải tần cơ sở. Bộ xử lý 21 giải mã và giải điều biến các tín hiệu radio thu được qua các anten thu và khôi phục dữ liệu mà thiết bị truyền 10 được dự định để truyền.

Các bộ thu phát 13 và 23 bao gồm một hoặc nhiều anten. Anten thực hiện chức năng để truyền các tín hiệu được xử lý bởi các bộ thu phát 13 và 23 ra phía ngoài hoặc thu các tín hiệu radio từ phía ngoài để chuyển đổi các tín hiệu radio tới các bộ thu phát 13 và 23. Anten cũng có thể được gọi là cổng anten. Mỗi anten có thể tương ứng với một anten vật lý hoặc có thể được tạo cấu hình bởi sự kết hợp của nhiều hơn so với một thành phần anten vật lý. Tín hiệu được truyền từ mỗi anten không thể được phân tích thêm bởi thiết bị thu 20. RS được truyền qua anten tương ứng định rõ anten từ góc độ của thiết bị thu 20 và cho phép thiết bị thu 20 dẫn ra đánh giá kênh cho anten, không phân biệt xem kênh biểu diễn kênh radio đơn từ một anten vật lý hay kênh tổng hợp từ các thành phần anten vật lý bao gồm anten. Nghĩa là, anten được định rõ sao cho kênh mang ký hiệu của anten có thể nhận được từ kênh mang ký hiệu khác của cùng anten. Bộ thu phát hỗ trợ chức năng MIMO của dữ liệu truyền và thu nhờ sử dụng các anten có thể được kết nối với hai hoặc nhiều anten.

Thiết bị truyền 10 hoặc bộ xử lý 11 có thể được tạo cấu hình để bao gồm bộ mã hóa cực theo sáng chế. Thiết bị thu 20 và bộ xử lý 21 có thể được tạo cấu hình với bộ giải mã cực theo sáng chế.

Trong một vài trường hợp, các chức năng, các thủ tục, và/hoặc các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được thực hiện bởi chip xử lý. Chip xử lý có thể được gọi là hệ thống trên chip (system-on-chip, SoC) hoặc bộ chip. Chip xử lý có thể bao gồm bộ xử lý và bộ nhớ và có thể được lắp hoặc được lắp đặt trong mỗi trong số các thiết bị truyền thông 10 và 20. Chip xử lý có thể được tạo cấu hình để thực hiện hoặc điều khiển bất kỳ một trong số các phương pháp và các ví dụ được bộc lộ trong bản mô tả hiện tại hoặc các phương pháp hoặc các ví dụ như vậy có thể được thực hiện bởi thiết bị truyền thông trong hoặc trong đó chip xử lý được lắp/được lắp đặt hoặc được kết nối.

Thiết bị truyền 10 và/hoặc thiết bị thu 20 được minh họa trên Fig.19 có thể là thiết bị truyền thông. Bộ nhớ được bao gồm trong chip xử lý có thể được tạo cấu hình để lưu trữ mã phần mềm hoặc các chương trình bao gồm các sự chỉ báo khiến bộ xử lý hoặc thiết bị truyền thông thực hiện một vài hoặc tất cả các chức năng, các phương pháp, và các ví dụ được bộc lộ trong bản mô tả hiện tại khi được thực thi bởi bộ xử lý hoặc thiết bị truyền thông. Bộ nhớ được bao gồm trong chip xử lý có thể được tạo cấu hình để lưu trữ hoặc đệm thông tin hoặc dữ liệu được tạo ra bởi bộ xử lý của chip xử lý hoặc thông tin được khôi phục hoặc nhận được bởi bộ xử lý của chip xử lý. Một hoặc nhiều quy trình xử lý bao gồm việc truyền và việc thu thông tin hoặc dữ liệu có thể được thực hiện bởi bộ xử lý hoặc dưới sự điều khiển của bộ xử lý. Ví dụ, bộ xử lý có thể truyền tín hiệu bao gồm thông tin hoặc dữ liệu tới bộ thu phát được kết nối có thể thao tác được với hoặc được ghép nối với chip xử lý hoặc điều khiển bộ thu phát truyền tín hiệu radio bao gồm thông tin hoặc dữ liệu. Bộ xử lý có thể được tạo cấu hình để thu tín hiệu bao gồm thông tin hoặc dữ liệu từ bộ thu phát được kết nối có thể thao tác được với hoặc được ghép nối với chip xử lý và nhận được thông tin hoặc dữ liệu từ tín hiệu.

Ví dụ, bộ xử lý 11 được kết nối với hoặc được lắp ở thiết bị truyền 10 có thể được tạo cấu hình để ánh xạ các bit cụ thể của PBCH tới các vị trí bit của mã cực theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ của sáng chế. Bộ xử lý 11 có thể mã hóa PBCH hoặc điều khiển bộ mã hóa cực để mã hóa PBCH, dựa vào mã cực. Bộ xử lý 11 có thể được tạo cấu hình để truyền tín hiệu (ví dụ, tín hiệu dải tần cơ sở) bao gồm PBCH tới bộ thu phát 13 được kết nối với bộ xử lý 11. Bộ xử lý 11 có thể điều khiển bộ thu phát 13 truyền tín hiệu radio bao gồm PBCH. Bộ xử lý 21 được kết nối với hoặc được lắp ở thiết bị thu 20 có thể được tạo cấu hình để giải mã các bit của PBCH theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ của sáng chế. Ví dụ, bộ xử lý 21 có thể giải mã PBCH nhờ sử dụng mã cực hoặc điều khiển bộ giải mã cực giải mã PBCH, dựa vào mối tương quan ánh xạ giữa các bit cụ thể của PBCH và các chỉ mục bit của mã cực. Bộ xử lý 21 có thể điều khiển bộ thu phát 23 được kết nối với bộ xử lý 21 để thu tín hiệu radio bao gồm PBCH. Bộ xử lý 21 có thể điều khiển bộ thu phát 23 chuyển đổi giảm tín hiệu radio thành tín hiệu dải tần cơ sở. Bộ xử lý 21 có thể thu tín hiệu dải tần cơ sở bao gồm PBCH từ bộ thu phát 23.

Bộ xử lý 11 được kết nối với hoặc được lắp ở thiết bị truyền có thể được tạo cấu hình để ánh xạ thông tin, mà được truyền qua PBCH dựa vào chuỗi cực được dùng chung giữa thiết bị truyền và thiết bị thu, tới các vị trí bit của mã cực có kích thước

$N=512$. Thông tin có thể bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Thông tin nửa khung có thể là 1 bit và thông tin chỉ mục SSB có thể là 3 bit. Bộ xử lý 11 có thể được tạo cấu hình để ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực và ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực. Bộ xử lý 11 có thể được tạo cấu hình để mã hóa thông tin dựa vào mã cực. Bộ xử lý 11 có thể bao gồm bộ mã hóa cực được tạo cấu hình để mã hóa thông tin dựa vào mã cực. Bộ xử lý 11 có thể truyền PBCH bao gồm thông tin được mã hóa tới bộ thu phát 13. Bộ thu phát 13 có thể truyền tín hiệu radio bao gồm PBCH trên ô dưới sự điều khiển của bộ xử lý 11. Bộ xử lý 11 có thể tạo cấu hình tải trọng của PBCH bởi tổng cộng 56 bit. Thông tin nằm trong PBCH có thể bao gồm số khung hệ thống của khung trong đó PBCH được truyền. Bộ xử lý 11 có thể lần lượt được tạo cấu hình để ánh xạ bit thứ hai và các bit ít quan trọng nhất thứ ba (các LSB) của số khung hệ thống tới các vị trí bit 441 và 469 của mã cực. Bộ xử lý 11 có thể lần lượt được tạo cấu hình với 8 bit khác của số khung hệ thống tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

Bộ thu phát 23 của thiết bị thu thu tín hiệu radio bao gồm PBCH trên ô. Bộ xử lý 23 được kết nối với hoặc được lắp ở thiết bị thu có thể được tạo cấu hình để giải mã, dựa vào mã cực có kích thước $N=512$, thông tin nằm trong PBCH dựa vào chuỗi cực được dùng chung giữa thiết bị truyền và thiết bị thu. Bộ xử lý 23 có thể bao gồm bộ giải mã cực được tạo cấu hình để giải mã thông tin nằm trong PBCH dựa vào mã cực có kích thước $N=512$. Bộ xử lý 23 hoặc bộ giải mã cực có thể được tạo cấu hình để giải mã thông tin dựa vào mối tương quan ánh xạ giữa thông tin và các vị trí bit của mã cực. Thông tin có thể bao gồm thông tin nửa khung và thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (SSB). Thông tin nửa khung có thể là 1 bit và thông tin chỉ mục SSB có thể là 3 bit. Mối tương quan ánh xạ có thể bao gồm: ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit 247 trong số các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực và ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit 253, 254, và 255 của mã cực. Bộ xử lý 23 có thể được tạo cấu hình để nhận được tải trọng PBCH của tổng cộng 56 bit từ tín hiệu của PBCH. Thông tin nằm trong PBCH có thể bao gồm số khung hệ thống của khung trong đó PBCH được truyền. Mối tương quan ánh xạ còn có thể bao gồm bước: lần lượt ánh xạ các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba (các LSB) của số khung hệ thống tới các vị trí bit 441 và 469 của mã cực. Mối tương quan ánh xạ còn có thể bao gồm bước: lần lượt ánh xạ 8 bit khác của số

khung hệ thống tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực. Bộ xử lý 23 có thể nhận được số khung hệ thống bằng cách giải mã tín hiệu thu được trên tài nguyên PBCH dựa vào mối tương quan ánh xạ.

Chuỗi cực có thể là chuỗi sắp xếp các chỉ mục bit từ 0 đến 511 tương ứng một-một với các vị trí bit từ 0 đến 511 của mã cực theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy.

Như được mô tả ở trên, phần mô tả chi tiết của các ví dụ thực hiện ưu tiên của sáng chế đã được đưa ra để cho phép những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng thực hiện và thực hành sáng chế. Mặc dù sáng chế đã được mô tả dựa vào các ví dụ mẫu, những người có trình độ chuyên môn trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng sẽ đánh giá rằng các sự cải biến và các sự thay đổi khác nhau có thể được thực hiện theo sáng chế mà không trệch khỏi tinh thần và phạm vi của sáng chế được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Theo đó, sáng chế sẽ không bị giới hạn ở các ví dụ cụ thể được mô tả ở đây, nhưng sẽ được chấp thuận phạm vi rộng nhất phù hợp với các nguyên lý và các dấu hiệu mới được bộc lộ ở đây.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Các ví dụ của sáng chế có thể được sử dụng cho chip xử lý được kết nối với hoặc được lắp trong BS, UE, hoặc thiết bị truyền thông trong hệ thống truyền thông không dây, hoặc cho thiết bị khác.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) bởi thiết bị truyền trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

ánh xạ thông tin cho PBCH tới các vị trí bit đầu vào của mã cực (Polar) có kích thước $N=512$, dựa trên chuỗi cực;

mã hóa thông tin dựa trên mã cực; và

truyền PBCH bao gồm thông tin được mã hóa dựa trên mã cực,

trong đó thông tin cho PBCH bao gồm (i) thông tin nửa khung và (ii) thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB),

trong đó thông tin nửa khung là 1 bit và được ánh xạ tới vị trí bit đầu vào 247 trong số các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực dựa trên chuỗi cực, và

trong đó thông tin chỉ mục SSB là 3 bit và được ánh xạ tới các vị trí bit đầu vào 253, 254, và 255 trong số các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực dựa trên chuỗi cực.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tổng kích thước tải trọng của PBCH bao gồm thông tin là 56 bit.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chuỗi cực bao gồm chuỗi với các chỉ mục bit 0 đến 511 mà sắp xếp các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thông tin cho PBCH bao gồm số khung hệ thống (system frame number, SFN) cho khung mà PBCH thuộc về, và

trong đó bước ánh xạ thông tin cho PBCH tới các vị trí bit đầu vào của mã cực còn bao gồm lần lượt ánh xạ các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba của SFN tới các vị trí bit đầu vào 441 và 469 của mã cực, và ánh xạ 8 bit khác của SFN tới các vị trí bit đầu vào 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

5. Phương pháp thu kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) bởi thiết bị thu trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

thu PBCH; và

giải mã thông tin nằm trong PBCH dựa trên mã cực (Polar) có kích thước $N=512$,

trong đó thông tin nằm trong PBCH được giải mã dựa trên mối tương quan ánh xạ giữa thông tin và các vị trí bit đầu vào của mã cực,

trong đó thông tin nằm trong PBCH bao gồm (i) thông tin nửa khung và (ii) thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB),

trong đó thông tin nửa khung là một bit, và thông tin chỉ mục SSB là 3 bit, và

trong đó mỗi tương quan ánh xạ bao gồm: ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit đầu vào 247 trong số các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực, và ánh xạ thông tin chỉ mục SSB tới các vị trí bit đầu vào 253, 254, và 255 trong số các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó tổng kích thước tải trọng của PBCH bao gồm thông tin là 56 bit.

7. Phương pháp theo điểm 5, trong đó chuỗi cực bao gồm chuỗi với các chỉ mục bit 0 đến 511 mà sắp xếp các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy.

8. Phương pháp theo điểm 5, trong đó thông tin nằm trong PBCH bao gồm số khung hệ thống (system frame number, SFN) cho khung mà PBCH thuộc về, và

trong đó mỗi tương quan ánh xạ còn bao gồm: lần lượt ánh xạ các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba của SFN tới các vị trí bit đầu vào 441 và 469 của mã cực, và ánh xạ 8 bit khác của SFN tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

9. Thiết bị truyền được tạo cấu hình để truyền kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) trong hệ thống truyền thông không dây, thiết bị thu bao gồm:

bộ thu phát;

ít nhất một bộ xử lý; và

ít nhất một bộ nhớ máy tính có thể kết nối được, theo cách hoạt động được, với ít nhất một bộ xử lý và lưu trữ các lệnh mà, khi được thực thi bởi ít nhất một bộ xử lý, thực hiện các thao tác bao gồm:

ánh xạ thông tin cho PBCH tới các vị trí bit đầu vào của mã cực (Polar) có kích thước $N=512$, dựa trên chuỗi cực;

mã hóa thông tin dựa trên mã cực; và

truyền, qua bộ thu phát, PBCH bao gồm thông tin được mã hóa dựa trên mã cực,

trong đó thông tin cho PBCH bao gồm (i) thông tin nửa khung và (ii) thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB),

trong đó thông tin nửa khung là một bit và được ánh xạ tới vị trí bit đầu vào 247

trong số các vị trí bit 0 đến 511 của mã cực, và

trong đó thông tin chỉ mục SSB là 3 bit và được ánh xạ tới các vị trí bit đầu vào 253, 254, và 255 của mã cực.

10. Thiết bị truyền theo điểm 9,

trong đó tổng kích thước tải trọng của PBCH bao gồm thông tin là 56 bit.

11. Thiết bị truyền theo điểm 9,

trong đó chuỗi cực bao gồm chuỗi với các chỉ mục bit 0 đến 511 mà sắp xếp các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực theo thứ tự tăng dần về độ tin cậy.

12. Thiết bị truyền theo điểm 9,

trong đó thông tin bao gồm số khung hệ thống (system frame number, SFN) cho khung mà PBCH thuộc về, và

trong đó việc ánh xạ thông tin cho PBCH tới các vị trí bit đầu vào của mã cực còn bao gồm lần lượt ánh xạ các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba của SFN tới các vị trí bit đầu vào 441 và 469 của mã cực, và ánh xạ 8 bit khác của SFN tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

13. Thiết bị thu được tạo cấu hình để thu kênh phát rộng vật lý (physical broadcast channel, PBCH) trong hệ thống truyền thông không dây, thiết bị thu bao gồm:

bộ thu phát;

ít nhất một bộ xử lý; và

ít nhất một bộ nhớ máy tính có thể kết nối được, theo cách hoạt động được, với ít nhất một bộ xử lý và lưu trữ các lệnh mà, khi được thực thi bởi ít nhất một bộ xử lý, thực hiện các thao tác bao gồm:

thu, qua bộ thu phát, PBCH; và

giải mã thông tin nằm trong PBCH dựa trên mã cực (Polar) có kích thước $N=512$,

trong đó thông tin nằm trong PBCH được giải mã dựa trên mối tương quan ánh xạ giữa thông tin và các vị trí bit đầu vào của mã cực,

trong đó thông tin nằm trong PBCH bao gồm (i) thông tin nửa khung và (ii) thông tin chỉ mục khối tín hiệu đồng bộ hóa và PBCH (synchronization signal and PBCH block, SSB),

trong đó thông tin nửa khung là một bit, và thông tin chỉ mục SSB là 3 bit, và

trong đó mối tương quan ánh xạ bao gồm: ánh xạ thông tin nửa khung tới vị trí bit đầu vào 247 trong số các vị trí bit 0 đến 511 của mã cực, và ánh xạ thông tin chỉ mục

SSB tới các vị trí bit đầu vào 253, 254, và 255 trong số các vị trí bit đầu vào 0 đến 511 của mã cực.

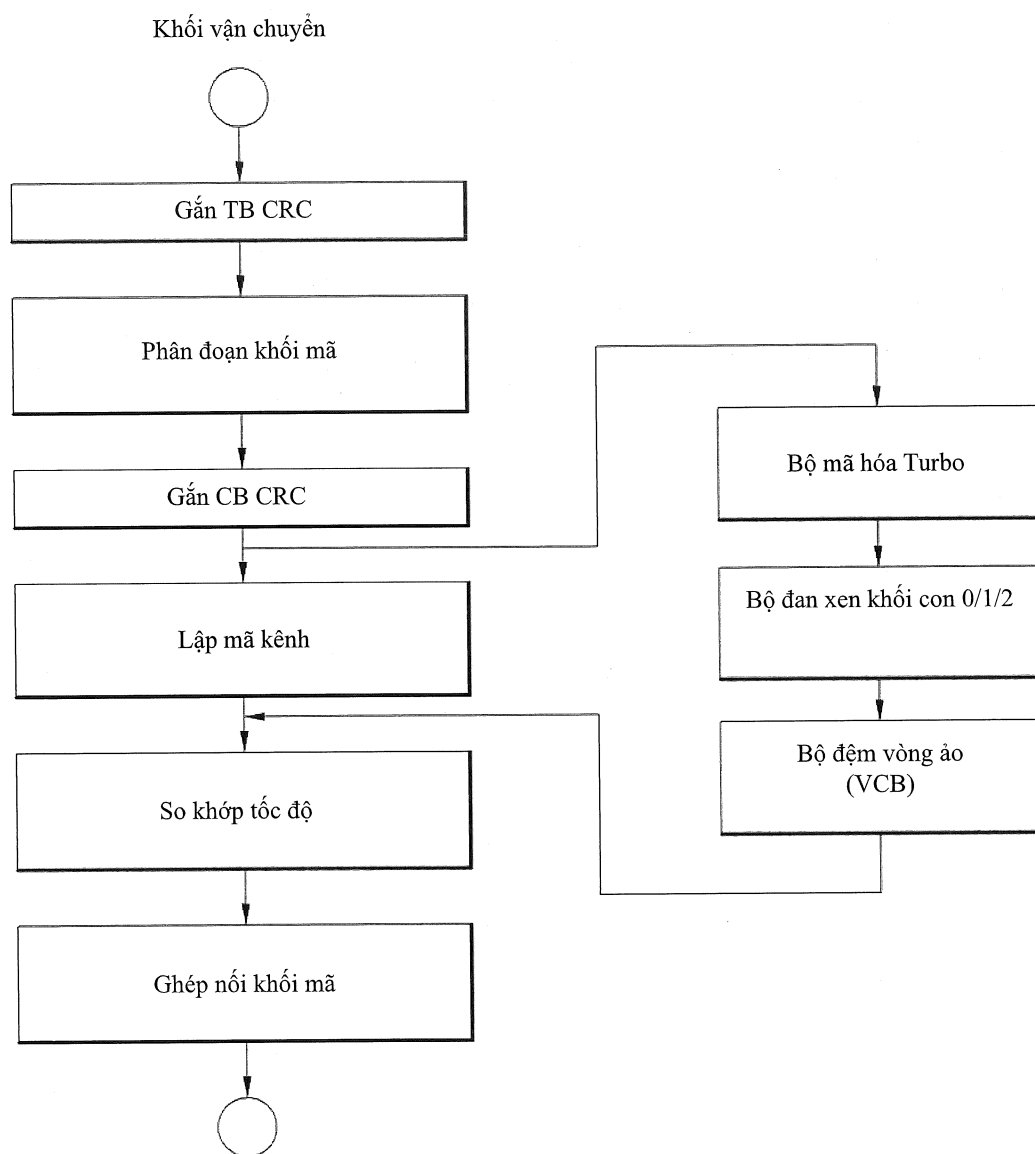
14. Thiết bị thu theo điểm 13, trong đó tổng kích thước tải trọng của PBCH bao gồm thông tin là 56 bit.

15. Thiết bị thu theo điểm 13, trong đó thông tin nằm trong PBCH bao gồm số khung hệ thống (system frame number, SFN) cho khung mà PBCH thuộc về, và

trong đó mỗi tương quan ánh xạ còn bao gồm: lần lượt ánh xạ các bit ít quan trọng thứ hai và thứ ba của SFN tới các vị trí bit 441 và 469 của mã cực, và ánh xạ 8 bit khác của SFN tới các vị trí bit 367, 375, 415, 444, 470, 473, 483 và 485 của mã cực.

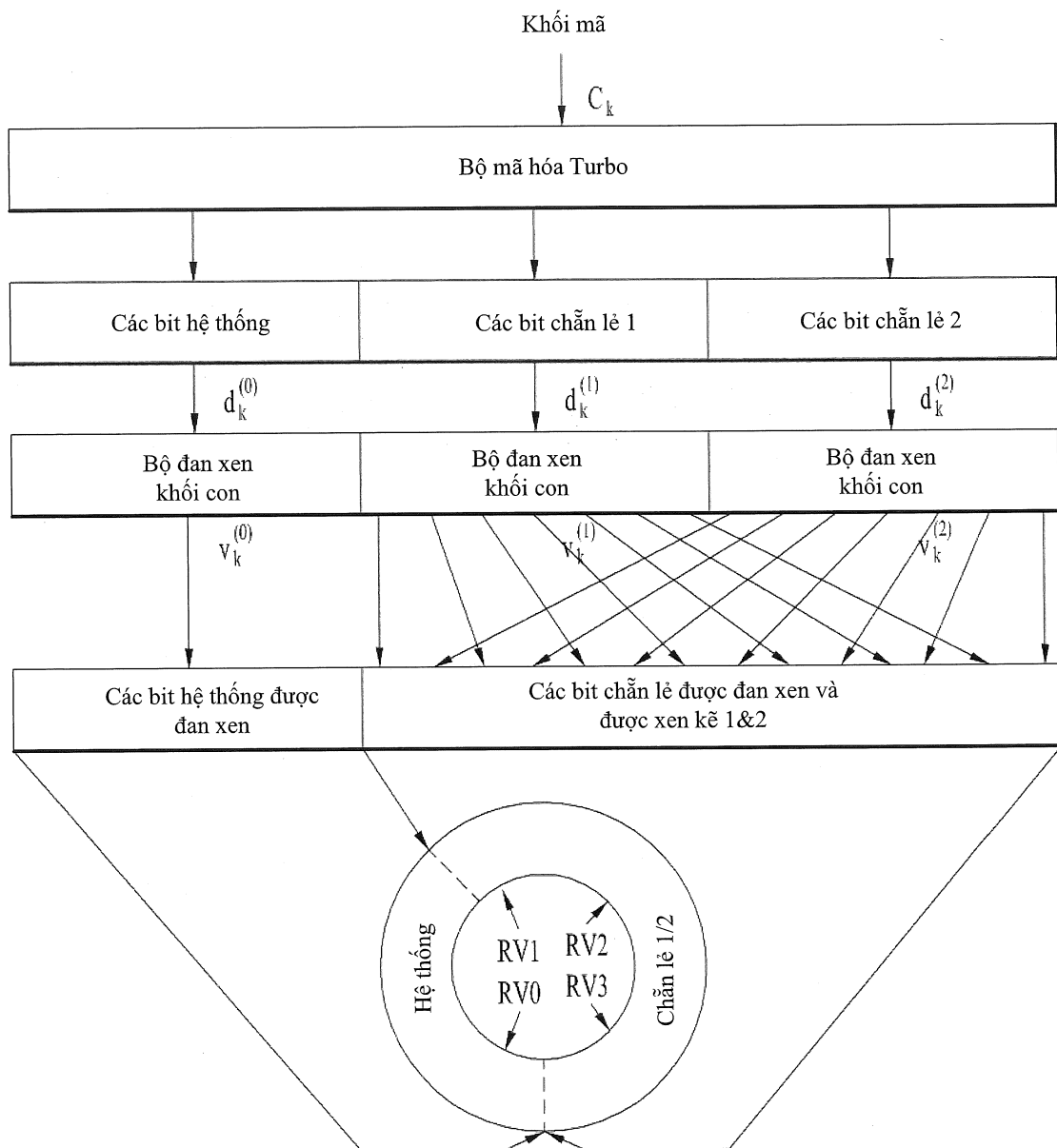
1/16

FIG. 1



2/16

FIG. 2



3/16

FIG. 3

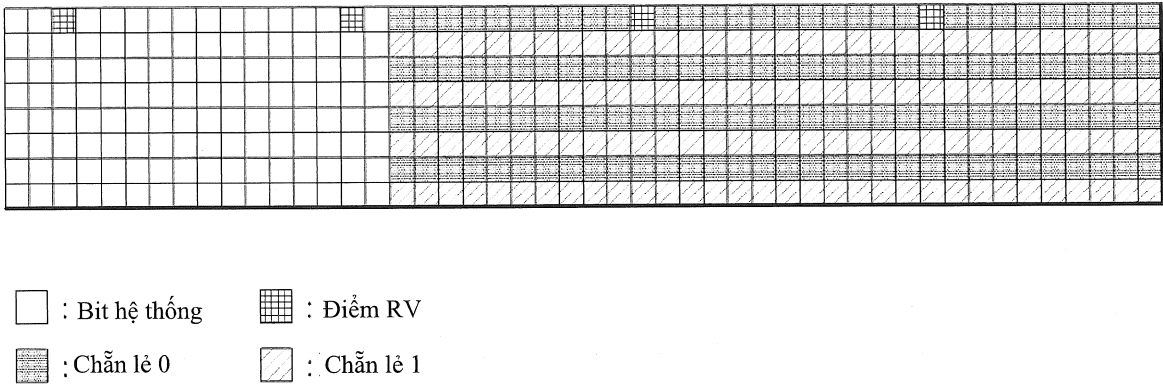
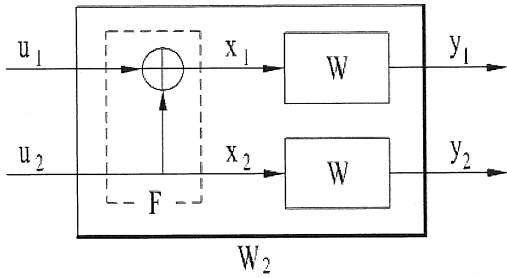


FIG. 4

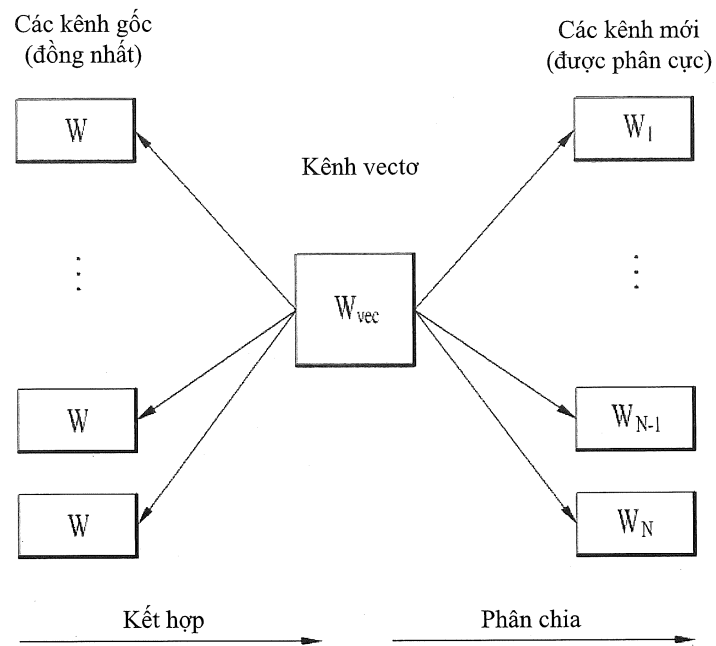


$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

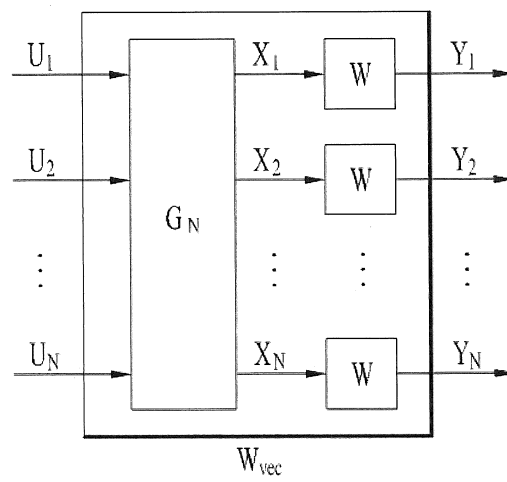
(b)

4/16

FIG. 5



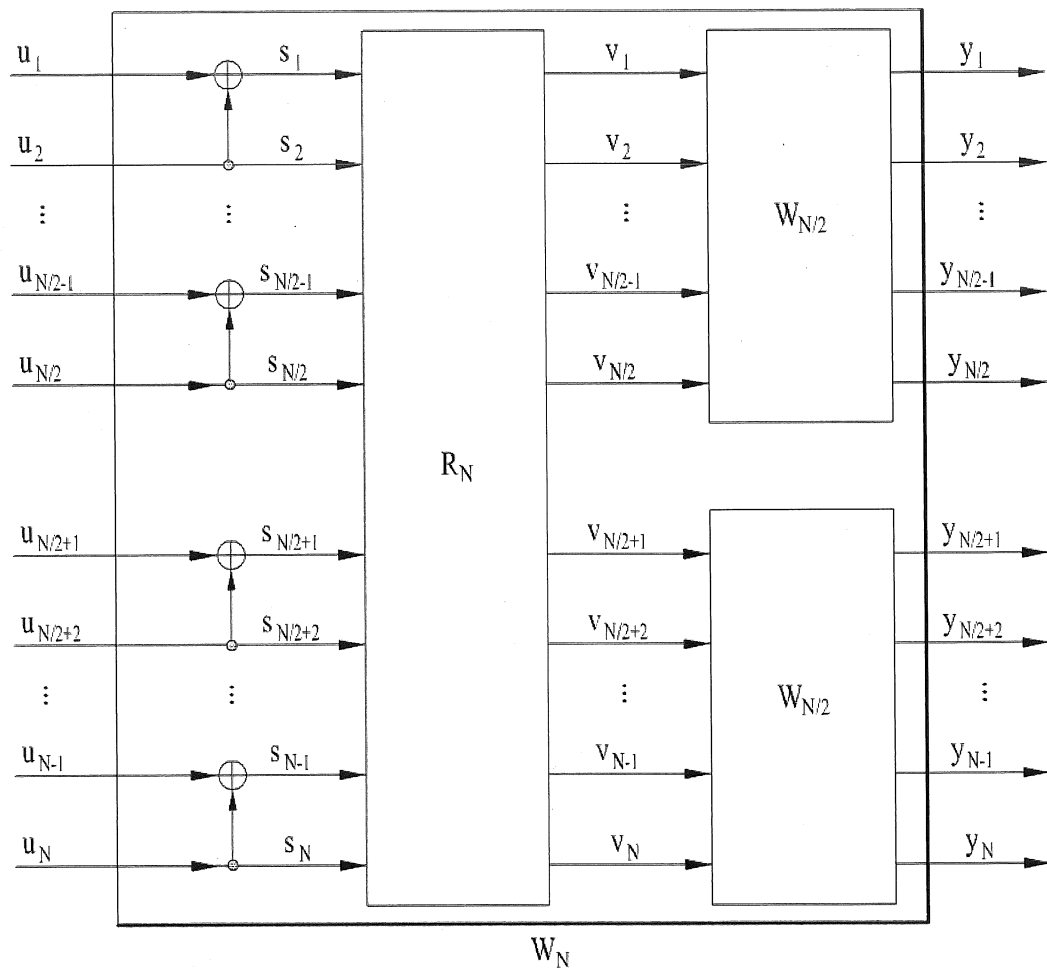
(a)



(b)

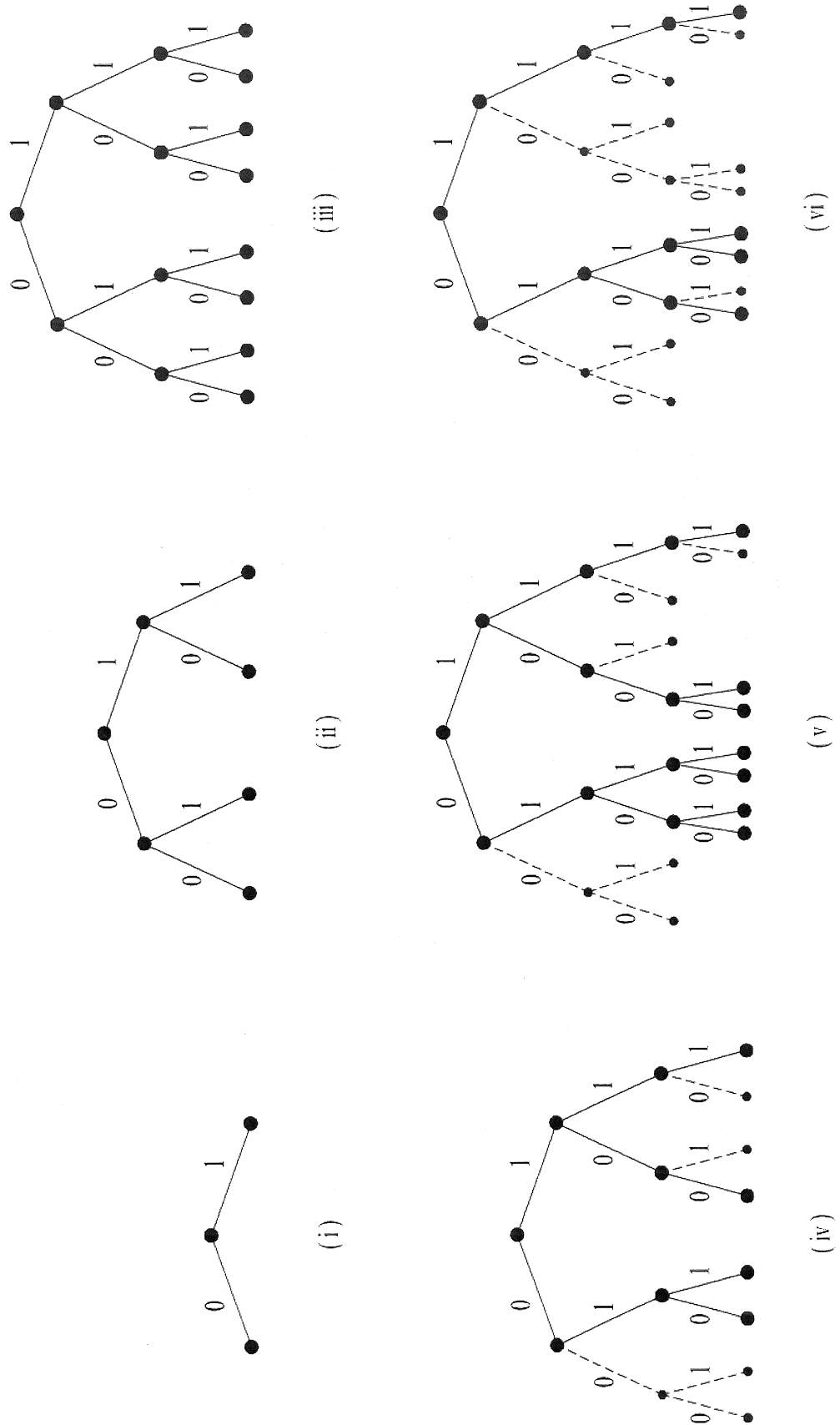
5/16

FIG. 6



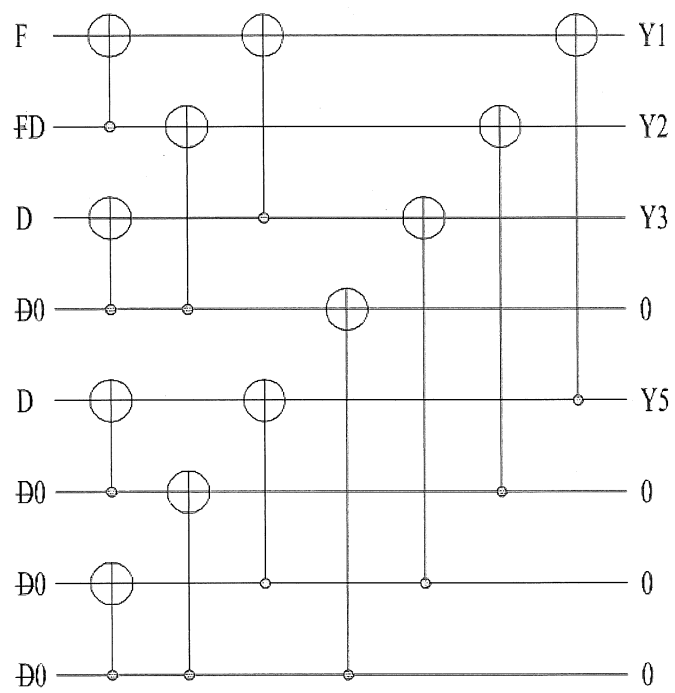
6/16

FIG. 7



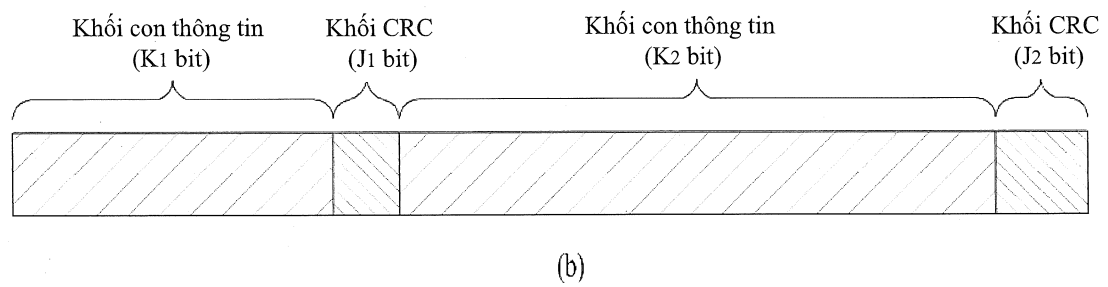
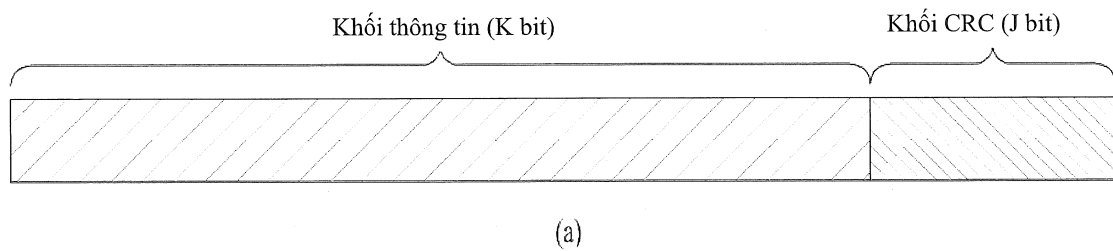
8/16

FIG. 9



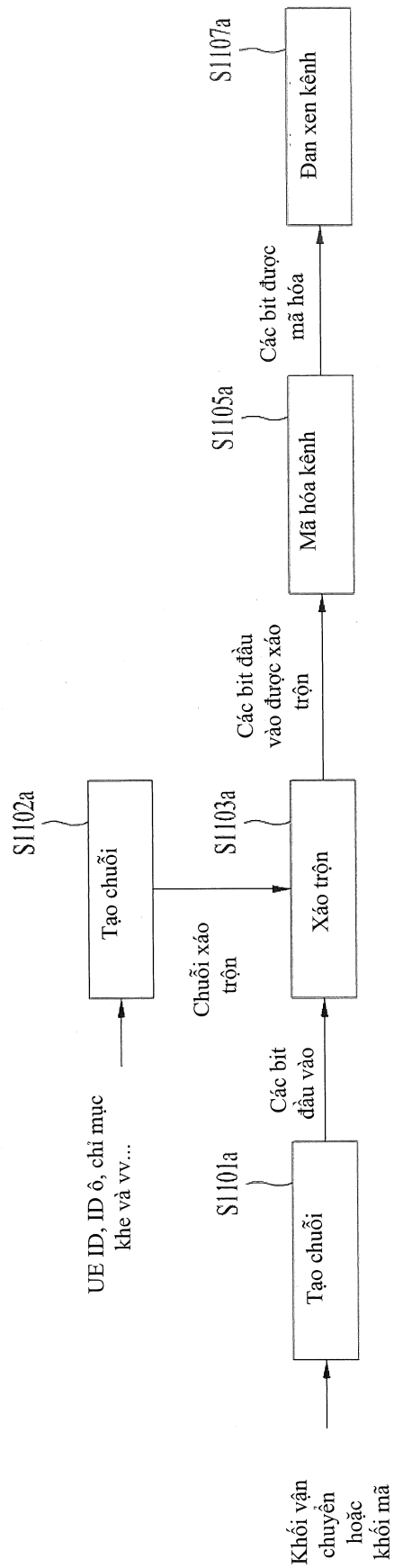
9/16

FIG. 10

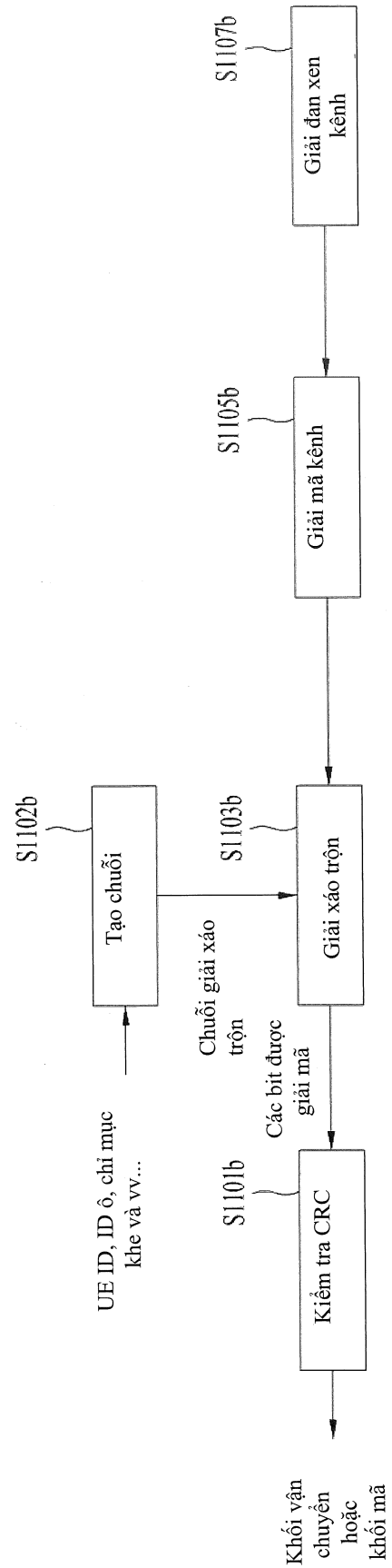


10/16

FIG. 11



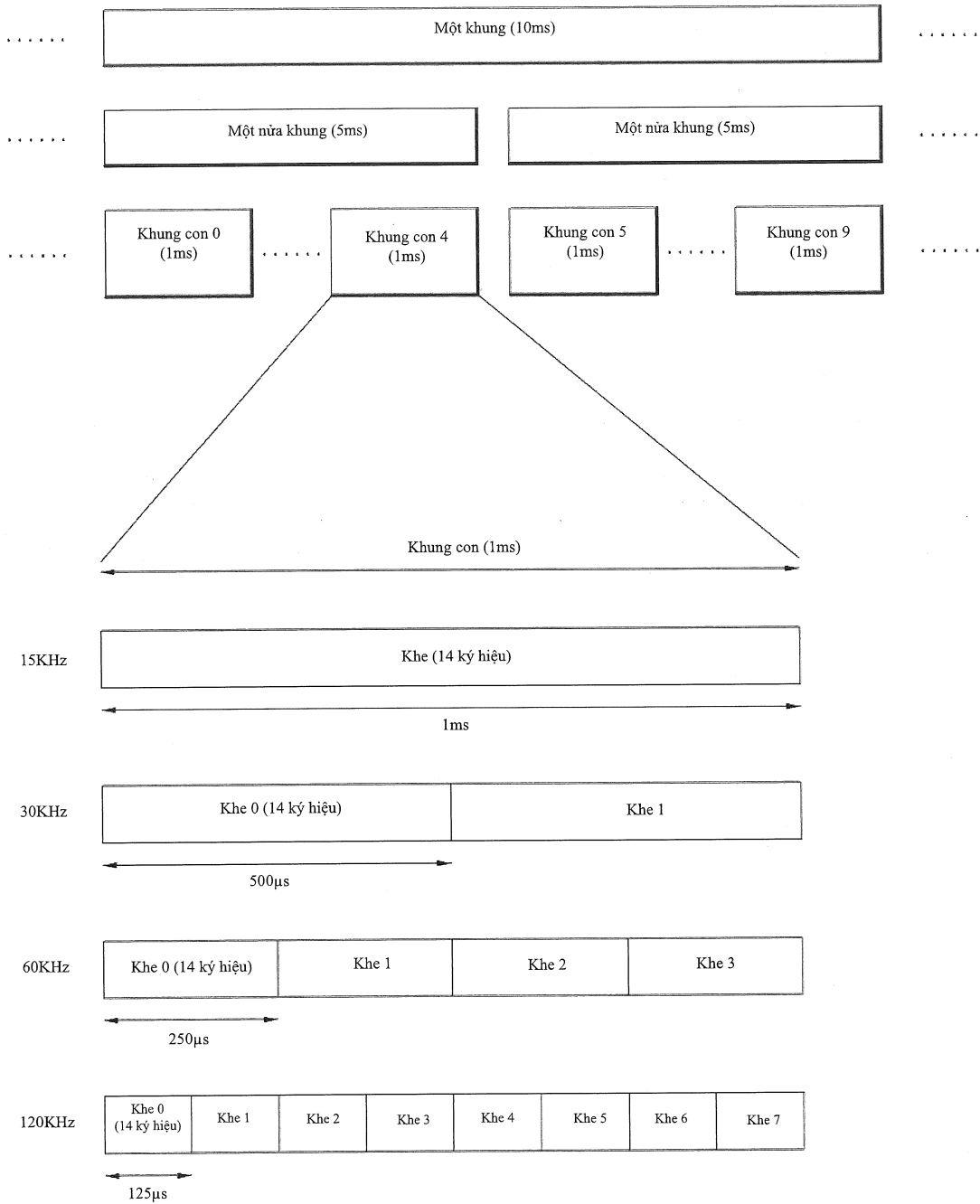
(a) Thủ tục mã hóa



(b) Thủ tục giải mã

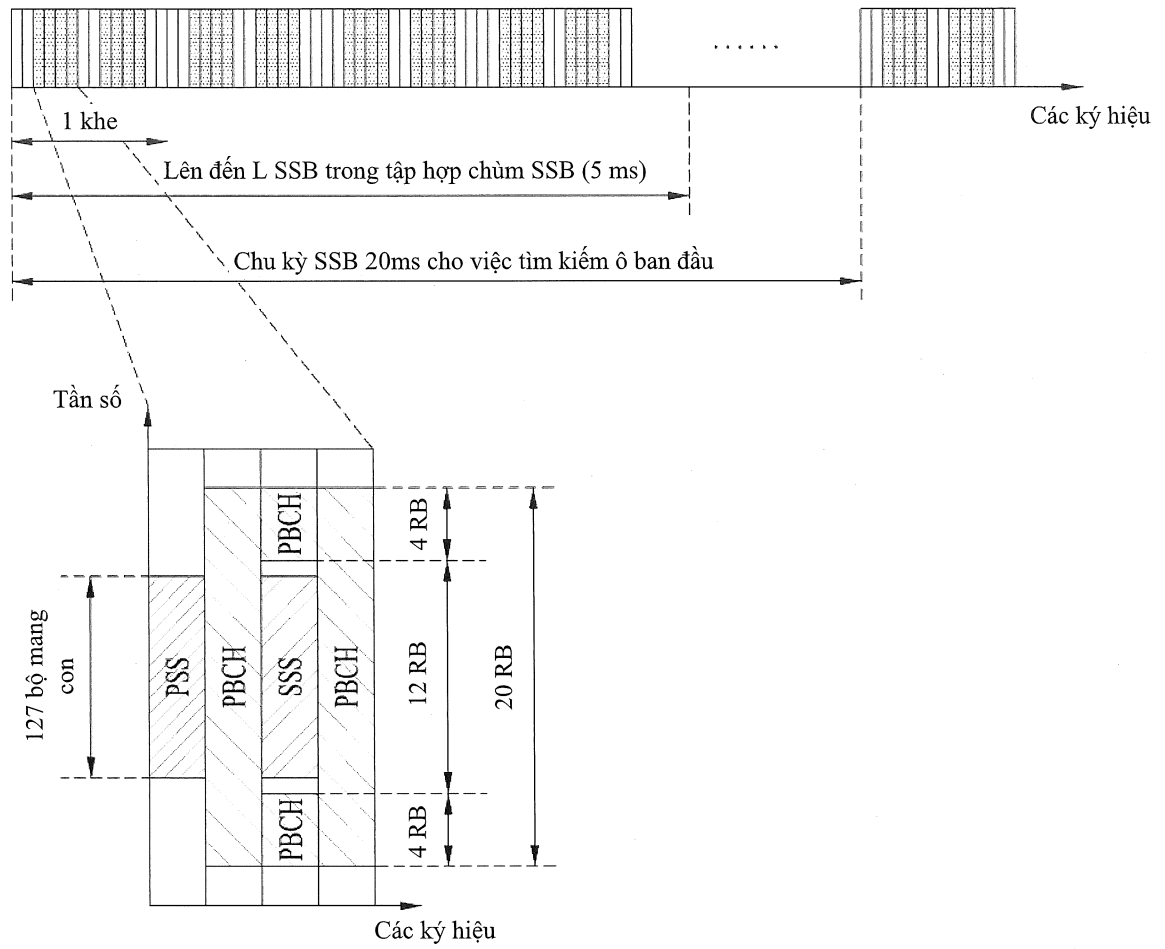
11/16

FIG. 12



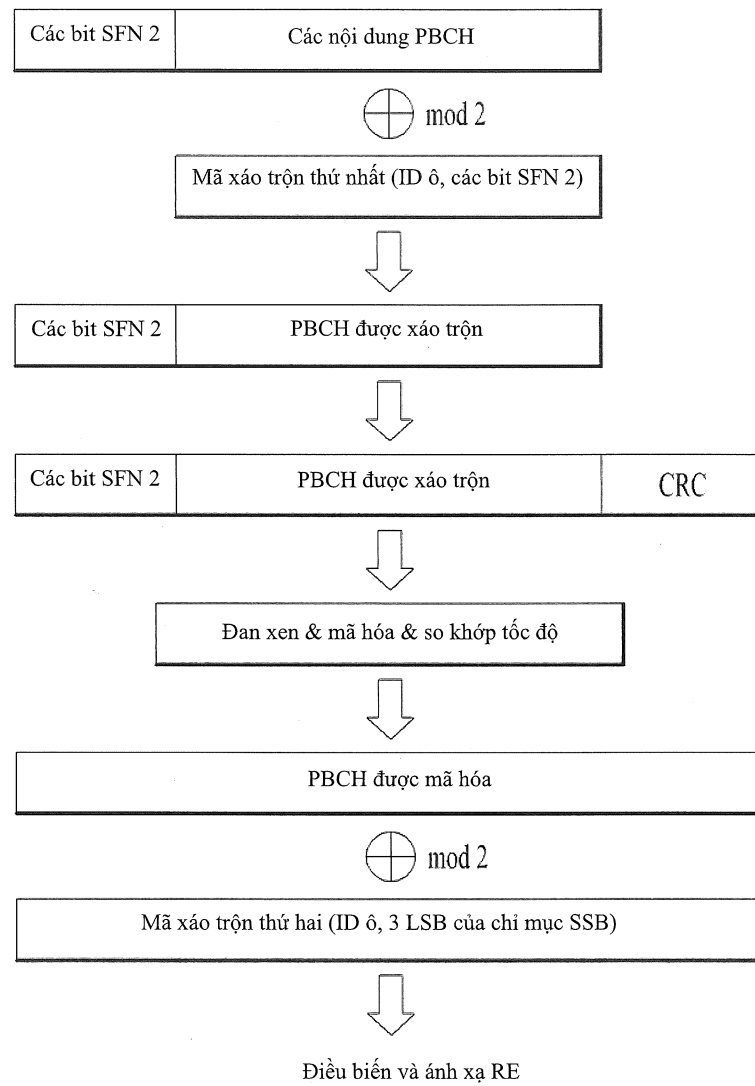
12/16

FIG. 13



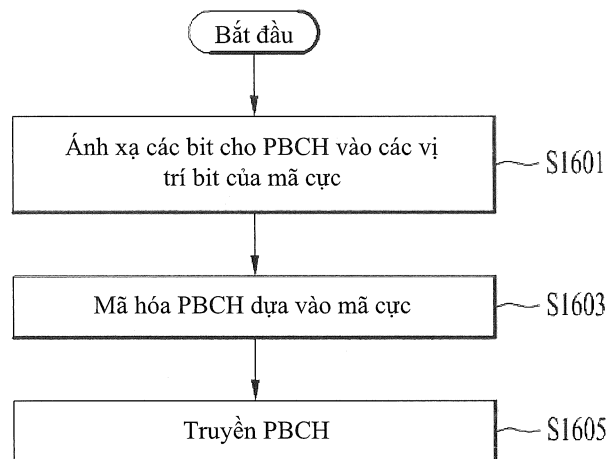
13/16

FIG. 14



14/16

FIG. 15



15/16

FIG. 16

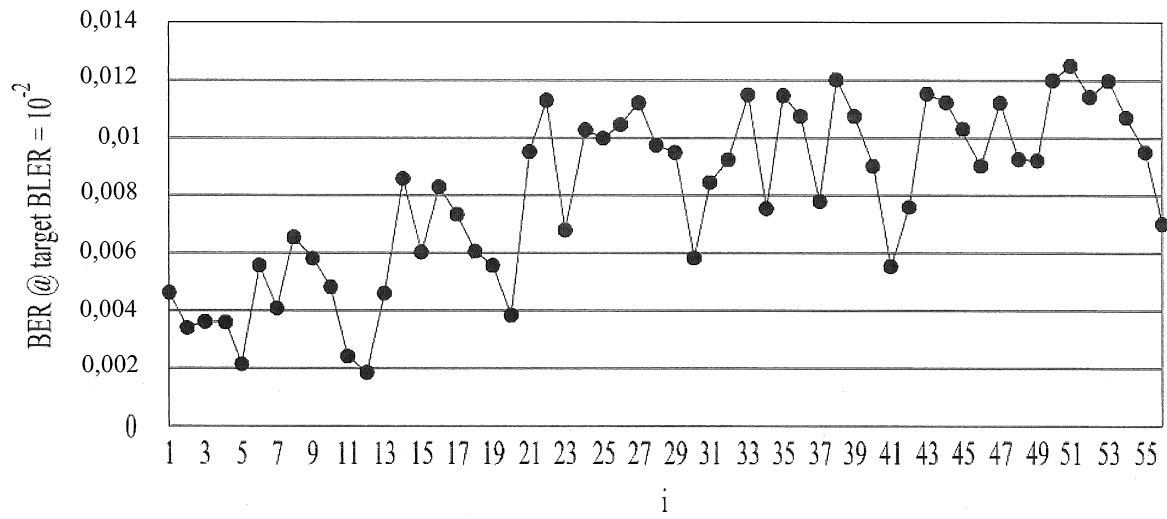
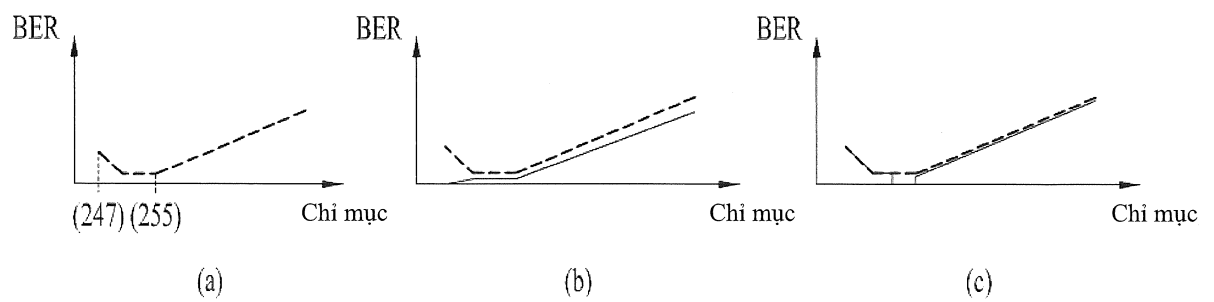


FIG. 17



16/16

FIG. 18

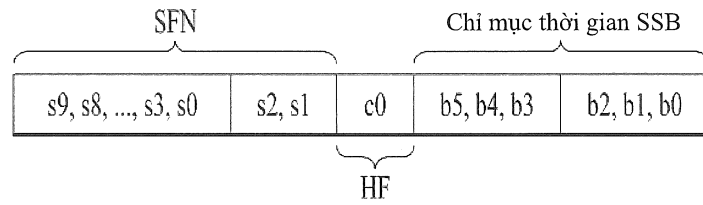


FIG. 19

