**Báo cáo nghiên cứu tìm hiểu về tuyến kênh Uplink 5G NR Sub 6**

***Yêu cầu***: Báo cáo nghiên cứu, tìm hiểu tuyến kênh Uplink 5G NR Sub 6 bao gồm kênh PRACH, PUCCH, PUSCH, tín hiệu SRS

**1. Kênh PRACH** **(Physical Random Access Channel)**

**1.1. Tổng quan kênh PRACH**

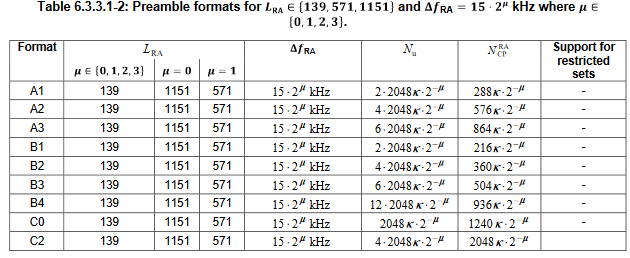
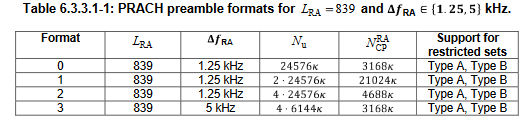
**1.2. Cấu trúc kênh PRACH và thuật toán của các module trong kênh PRACH**

**\* Sequence generation**

- Tập hợp của random-access preambles được tạo bời

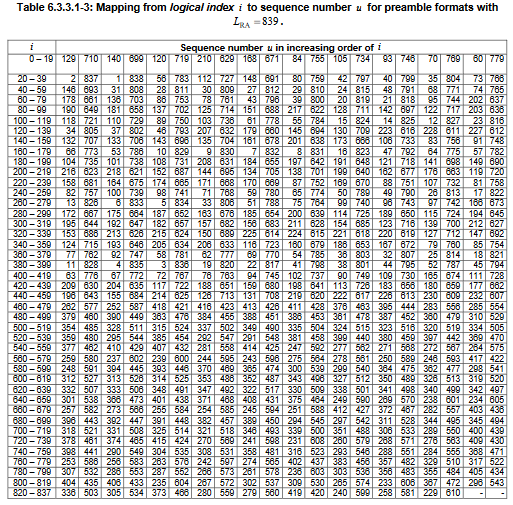
Từ đố, biểu diễn miền tần số được tạo bởi

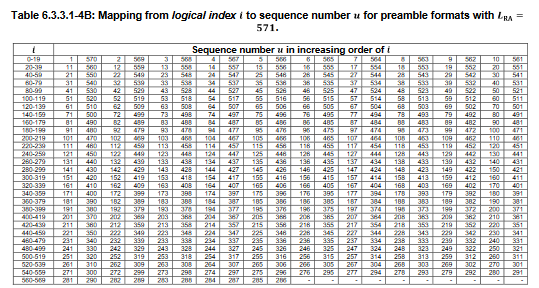
với phụ thuộc vào PRACH preamble format được cho bởi Bảng 6.3.3.1-1 và 6.3.3.1-2.



- Có 64 preamble được định nghĩa trong mỗi time-frequency PRACH occasion, được đánh số theo thứ tự tăng của increasing cyclic shift đầu tiên của logical root sequence, và sau đó theo thứ tự tăng của hệ số logical root sequence, bắt đầu từ hệ số thu được từ tham số lớp cao hơn *prach-RootSequenceIndex* hoặc *rootSequenceIndex-BFR* hoặc bởi *msgA-PRACH-RootSequenceIndex*  nếu được cấu hình và một type-2 random-access procedure được khởi tạo.

- Trong trường hợp 64 preambles không được tạo từ một chuỗi root Zadoff-Chu đơ, một chuỗi preamble bổ sung được tạo từ chuỗi ban đầu với hệ số logic liên tiếp đến khi tất cả 64 chuỗi được tìm thấy. Thứ tự logical root sequence là tuần hoàn, hệ số logic 0 là liên tục tới . Số chuỗi *u*  được thu từ logical root sequence index trong bảng 6.3.3.1-3 to 6.3.3.1-4B





- Cyclic shift được cho bởi

+ V

+ V loại A và B

+ V loại B

với được cho bởi bảng 6.3.3.1-5 to 6.3.3.1-7, tham số lớp cao hơn *msgA*-*RestrictedSetConfig*, qyết định loại ; nếu không thì, tham số lơp cao hơn *restrictedSetConfig* quyết định loại restricted sets và Bảng 6.3.3.1-1 và 6.3.3.1-2 loại sets hỗ trợ cho preamble formats khác nhau

- Giá trị được cho bởi

với *q* là số nguyên không âm nhỏ nhất thỏa mãn (*qu*)mod =1. Tham số cho

của dịch chuyển tuần hoàn phụ thuộc vào

**\* Mapping to physical resources**

- Preamble sequence sẽ được ánh xạ tới tài nguyên vật ý

với là hệ số tỷ lệ biên độ (amplitude scaling factor) để tuân theo transmit power và *p*=4000 là cổng anten. Baseband signal generation sẽ theo phần và sử dụng các tham số trong Bảng 6.3.3.1-1 hoặc Bảng 6.3.3.1-2 với được cho bởi Bảng 6.3.3.2-1

- Random access preambles có thể chỉ được truyền trong tài nguyên thời gian cho bởi bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-4 và phụ thuộc vào FR1 hoặc FR2 và loại phổ. Chỉ số cấu hình PRACH trong Bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-4

+ Với Bảng 6.3.3.2-3 được cho bởi tham số lớp cao hơn *prach-ConfigurationIndex*, hoặc bởi *msgA-PRACH-ConfigurationIndex* nếu được cấu hình

+ Với Bảng 6.3.3.2-2 và Bảng 6.3.3.2-4 được cho bởi tham số lớp cao hơn *prach-ConfigurationIndex*, hoặc bởi *msgA-PRACH-ConfigurationIndex* nếu được cấu hình

- Với IAB-MT part của một IAB-node,

+ Nếu *prach-ConfigurationPeriodScaling-IAB* được cấu hình, biến *x*  được dùng trong của Bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-4 sẽ được thay bằng và δ được cho bởi tham số lớp cao hơn *prach-ConfigurationPeriodScaling-IAB* và IAB-node để

+ Nếu *prach-ConfigurationFrameOffset-IAB* được cấu hình, biến *y*  được dùng trong của Bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-4 sẽ được thay bằng và được cho bởi tham số lớp cao hơn *prach-ConfigurationFrameOffset-IAB* và biến *x*  được dùng trong

+ Nếu *prach-ConfigurationSOffset-IAB* được cấu hình, số subframe sn từ Bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-3 và số slot sn từ Bảng 6.3.3.2-4 sẽ được thay bằng (sn +)mod L với được cho bởi tham số lớp cao *prach-ConfigurationSOffset-IAB* và L là số subframe trong frame khi dùng Bảng 6.3.3.2-2 tới Bảng 6.3.3.2-3 và số slot trong 1 frame cho khoảng cách sings mang con 60kHz khi dùng Bảng 6.3.3.2-4

- Random access preambles có thể chỉ được truyền trong tài nguyên tần số được cho bởi tham số lớp cao hơn *msg1-FrequencyStart* hoặc *msgA-RO-FrequencyStart* nếu được cấu hình. PRACH frequency resources ∈ {0,1, … , M-1} với M bằng the tham số lớp cao hơn *msg1-FDM* hoặc *msgA- RO-FDM* nếu đươc cấu hình, và được đánh số theo thứ tự tăng trong initial uplink bandwidth part trong suốt khởi tao ban đầu, bắt đầu từ tấn số thấp nhất. Nếu không thì, được đánh số theo thứ tự tăng trong active uplink bandwidth part trong suốt khởi tao ban đầu, bắt đầu từ tấn số thấp nhất.

- Với quy trình với truy cập kênh chia sẻ phổ, với , một UE được cung cấp bởi tham số lớp cao hơn *msg1-FrequencyStart* hoặc *msgA-RO-FrequencyStart* nếu được cấu hình, và tham số lớp cao hơn *msg1-FDM* hoặc *msgA-RO-FDM* nếu được cấu hình, một random access preamble được giữ với 1 RB set đơn. RB set được định nghĩa là khi UE không được cung cấp *intraCellGuardBandsPerSCS* cho 1 sóng mang UE

- Với quy trình với truy cập kênh chia sẻ phổ, với hoặc 1151 và Type-2 random access, UE được cung cấp với tham số lớp cao hơn *msgA-RO-FDM* bằng 1

- Khoảng cách sóng mang: 15kHz cho FR1 và 60kHz cho FR2

- Với mục đích chuyển giao handover để 1 target cell trong paired hoặc unpaired spectrum với target cell sử dụng Lmax=4, trị tuyệt dối của khác nhau thời gian giữa radio frame *i* tại cell hiện tại và radio frame *i* tại target cell ít hơn 1536000, nếu chu kì association pattern không bằng 10ms

- Với mục đích inter frequency handover với source cell là paired hoặc unpaired spectrum và target cell trong unpaired spectrum và sử dụng Lmax=8, trị tuyệt dối của khác nhau thời gian giữa radio frame *i* tại cell hiện tại và radio frame *i* tại target cell ít hơn 76800

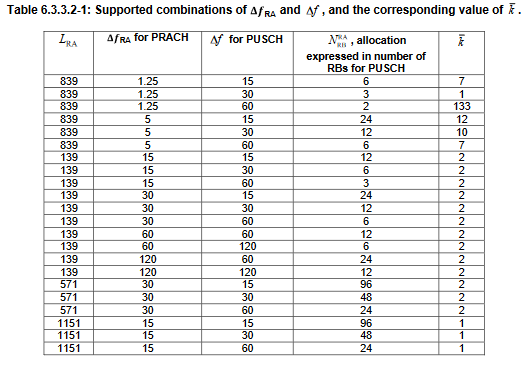
**\* OFDM baseband signal generation for PRACH**

- Tín hiệu thời gian liên tục tại antenna port p cho kênh PRACH

+

với và

+ được cho bởi bảng 6.3.3.2-1



+ là khoảng cách sóng mang con của intial uplink bandwidth part trong suốt truy nhập khởi đầu. Nếu không thì là khoảng cách sóng mang con của active uplink bandwidth part

+ là giá trị lớn nhất của trong các cấu hình khoảng cách sóng mang con bởi thành phần lớp cao *scs-SpecificCarrierList*

+ là RB được đánh số nhỏ nhất của intial uplink bandwidth partvà được vận chuyển bởi tham số lớp cao hơn *initialUplinkBWP* trong suốt truy nhập khởi đầu (intial access). Nếu không thì là RB được đánh số nhỏ nhất của active uplink bandwidth part và được vận chuyển bởi tham số lớp cao hơn *initialUplinkBWP* trong suốt truy nhập khởi đầu (intial access)

+ là tần số offset của lowest PRACH transmission occasion trong miền tần số với physical RB 0 của active uplink bandwidth part. Số lượng được cho bởi tham số lớp cao hơn *msgA-RO-FrequencyStart* nếu được cấu hinhg và một type-2 random-access procedure được khởi tạo, nếu không thì bởi *msg1-FrequencyStart*

+ là chỉ số PRACH transmission occasion trong miền tần số cho một PRACH transmission occasion trong một time instance

+ là số RB và được cho bởi phân bổ thành phần biểu diễn trong số RBs của kênh PUSCH trong bảng 6.3.3.2-1

+ là chỉ số CRB bắt đầu của uplink RB set *n* tương ứng với số . RB set được định nghĩa là khi UE không được cung cấp *IntraCellGuardBandsPerSCS*  cho một sóng mang UL

+ là chỉ số của RB set bao gồm PRACH transmission occasion thấp nhất trong miền tấn số được biểu diễn bởi . được cấu hình như mỗi PRACH transmission occasion được gồm đủ trong 1 RB set

+ và được cho bởi bảng 6.3.3.2-1

+ với

\* nếu kHz, n=0

\* nếu kHz, n là số lần interval ( overlap với time instance 0 khác hoặc time instance ( ms trong 1 subframe

- Vị trí bắt đầu của PRACH preamble trong 1 subframe (với kHz) hoặc trong 1 slot 60kHz (với kHz) tại t=0 và được cho bởi

với

+ với nếu kHz, nếu khoogn thì được cho bởi kHz và vị trí kí tự *l* được cho bởi

với

+ và được cho bởi bảng 6.3.3.2-2 to 6.3.3.2-4

+ là PRACH transmission occasion trong PRACH slot, được đánh số tăng từ 0 đến trong 1 RACH slot với được cho bởi bảng 6.3.3.2-2 to 6.3.3.2-4 với và được fix thành 1 với

+ được cho bởi

\* nếu kHz, =0

\* nếu kHz và khác "Number of PRACH slots within a subframe"trong Bảng 6.3.3.2-2 to 6.3.3.2-3 hoặc khác "Number of PRACH slots within a 60 kHz slot" trong Bảng 6.3.3.2-4 bằng 1 thì

\* nếu không thì

- Nếu preamble format được cho bởi Bảng 6.3.3.2-2 to 6.3.3.2-4 là A1/B1, A2/B2 hoặc A3/B thì

+ Nếu thì PRACH preamble tương ứng với PRACH preamble format từ B1, B2 và B3 được truyền đi trong PRACH transmission occasion

+ Nếu không thì PRACH preamble tương ứng với PRACH preamble format từ A1, A2 và A3 được truyền đi trong PRACH transmission occasion

**2. Kênh PUCCH (Physical Uplink Control Channel)**

**2.1. Tổng quan kênh PUCCH**

**-** Kênh PUCCH được dùng để truyền UCI (Uplink Control Information): HARQ feedback, CSI (Channel State Information) và SR (Scheduling Request).

- Kênh PUCCH tuân theo các mô-đun tương tự trong kênh PUSCH với các sửa đổi như được mô tả trong thông số kỹ thuật 3GPP TS 38.211, 38.212, 38.213 và 38.214.

**2.2. Cấu trúc kênh PUCCH và thuật toán của các module trong kênh PUCCH**

**3. Kênh PUSCH (Physical Uplink Shared Channel)**

**3.1. Tổng quan kênh PUSCH**

Mục đích chính của PUSCH:

+ Mang dữ liệu người dùng

+ Mang UCI

- Quá trình vận chuyển và lớp vật lý để truyền PUSCH: (1) Transport block CRC attachment => (2) LDPC base graph selection => (3) Code block segmentation And Code Block CRC Attachment => (4) Channel Coding => (5) Rate Matching => (6) Code Block Concatenation => (7) Data and control multiplexing => (8) Scrambling => (9) Modulation => (10) Layer Mapping => (11) Transform Precoding => (12) Precoding => (13) Mapping to VRB => (14) Mapping from VRB to PRB

- Quá trình vận chuyển PUSCH

• Transport block CRC attachment: Mã kiểm tra lỗi được đính kèm vào dữ liệu.

• LDPC base graph selection: Đồ thị LDPC thích hợp được chọn để mã hóa kênh.

• Code block segmentation And Code Block CRC Attachment: Dữ liệu được chia thành các khối nhỏ hơn, với CRC được gắn vào mỗi khối.

• Mã hóa kênh: Các khối được mã hóa để bảo vệ chống lại các lỗi trong quá trình truyền.

• Rate Matching: Dữ liệu được mã hóa được khớp với các tài nguyên truyền tải sẵn có.

• Code Block Concatenation: Các khối đã mã hóa được nối lại với nhau.

• Data and control multiplexing: Thông tin điều khiển được ghép với dữ liệu.

• Scrambling: Dữ liệu được xáo trộn để tránh các mẫu predictable có thể làm giảm chất lượng tín hiệu.

• Modulation: Dữ liệu được xáo trộn được điều chế trên sóng mang.

• Ánh xạ lớp: Dữ liệu được ánh xạ qua các lớp truyền.

• Chuyển đổi tiền mã hóa: định hình lại tín hiệu miền tần số thành tín hiệu miền thời gian thông qua Biến đổi Fourier rời rạc (DFT). Bước này đặc biệt được sử dụng trong các tình huống có một lớp truyền dẫn duy nhất và rất quan trọng để cải thiện tính trực giao tín hiệu và giảm nhiễu.

• Tiền mã hóa: bước xử lý không gian trong đó tín hiệu biến đổi được điều chỉnh trước khi truyền để tối ưu hóa hiệu suất. Áp dụng một ma trận cho tín hiệu có thể nâng cao tính định hướng của nó và cải thiện khả năng thu tín hiệu ở máy thu, tính đến các điều kiện kênh và cấu hình nhiều ăng-ten

• Ánh xạ tới VRB (Khối tài nguyên ảo): Dữ liệu được ánh xạ tới các khối tài nguyên ảo trong miền tần số.

• Ánh xạ từ VRB tới PRB (Khối tài nguyên vật lý): Các khối tài nguyên ảo sau đó được ánh xạ tới các khối tài nguyên vật lý để truyền thực tế.

**3.2. Cấu trúc kênh PUSCH và thuật toán của các module trong kênh PUSCH**

**Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, Phông chữ, thiết kế

Mô tả được tạo tự động**

**(1) Transport block CRC attachment**

- Phát hiện lỗi được cung cấp cho mỗi khối vận chuyển UL-SCH thông qua 1 khối CRC

- Khối vận chuyển đầu vào đuoẹc sử dụng để tính CRC parity bít. Biếu diễn bits trong 1 khối vận chuyển truyền tới lớp 1 bởi a0, a1, a2, ..., aA-1 và parity bits bởi p0, p1, p2, ..., pL-1 với A là payload size và L là số parity bits. Bit thông tin thứ tự thấp nhất 0 được ánh xạ tới bit đáng kể nhất của khối vận chuyển

- Parity bits được tính toán và thêm vào chuỗi dữ liệu, tạo thành chuỗi mở rộng a0, a1, a2, ..., aA-1 || p0, p1, p2, ..., pL-1; tới khối vận chuyển UL-SCH bằng cách đặt L thành 24 bits và sử dụng đa thức sinh GCRC24A(D).

Nếu không thì L được đặt thành 16 và sử dụng đa thức sinh GCRC16(D).

Chuỗi bits sau CRC attachment được biểu diễn bởi b0, b1, b2, ..., bB-1 với *B=A+L*

## (2) LDPC base graph selection

- LDPC graph selection là bước cho phép mã hóa kênh hiệu quả phù hợp với kích thước khối truyền tải, đảm bảo truyền dữ liệu đáng tin cậy và hiệu suất được tối ưu hóa.

- 5G NR chỉ định hai Base Graph cho mã hóa LDPC: Base Graph 1 và Base Graph 2.

+ Mỗi Base Graph có kích thước được xác định trước, trong đó Base Graph 1 lớn hơn Base Graph 2.

+ Việc lựa chọn đồ thị cơ sở phụ thuộc vào kích thước của khối truyền tải được truyền qua PDSCH.

+ Nếu kích thước khối truyền tải lớn hơn một ngưỡng nhất định, Base Graph 1 sẽ được sử dụng; nếu không thì Base Graph 2 được sử dụng. Base Graph 2 nhỏ hơn phù hợp hơn với các khối truyền tải nhỏ hơn vì nó mang lại sự cân bằng tốt hơn giữa độ phức tạp và hiệu suất.

- Loại LDPC BaseGraph được xác định bởi Transport Size (A) và Code Rate (R) dựa trên các tiêu chí sau.

Ảnh có chứa văn bản, Phông chữ, ảnh chụp màn hình, hàng

Mô tả được tạo tự động

+Biểu diễn bằng hệ tọa độ:

Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, biểu đồ, hàng

Mô tả được tạo tự độngẢnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, biểu đồ, hàng

Mô tả được tạo tự động

## (3) Code block segmentation And Code Block CRC Attachment

- Các bit đầu vào cho phân đoạn khối mã được ký hiệu là b0, b1, b2, ..., bB-1 trong đó B là số bit trong khối vận chuyển (bao gồm CRC). Nếu B lớn hơn kích thước khối mã tối đa Kcb sự phân chia của chuỗi bit đầu vào được thực hiện và một chuỗi CRC thêm vào với L-24 bits được gán vào mỗi khối mã

- Low density parity check coding

+ Đối với LDPC base graph 1, maximum code block size: Kcb = 8488

+ Đối với LDPC base graph 2, maximum code block size: Kcb = 3840

+ Tổng số khối mã C được xác định như sau

*Nếu B ≤ Kcb: L=0; C=1;B’=B*

*nếu không thì: L=24; C=[B/( Kcb – L)]; B’=B+C.L*

+ Chuỗi bit đầu ra từ phân chia khối mã được biểu diễn bởi cr0,cr1,cr2,...,cr(Kr-1), trong đó r là số khối mã và Kr là số bit của số khối mã r. Số bits K trong mỗi khối mã hóa được tính là

*K’=B’/C*

*Với LDPC base graph 1, Kb=22*

*Với LDPC base graph 2*

*Nếu B>640 => Kb=10*

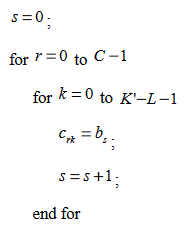
*Nếu B>650 => Kb=9*

*Nếu B>192 => Kb=8*

*Nếu không thì Kb=6*

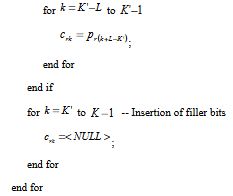
tìm giá trị nhỏ nhất của Z trong tất cả tập hợp của lifting sizes trong Bảng 5.3.2-1, biểu diễn là Zc, Kb Zc K’ và K=22 Zc với LDPC base graph 1 và K=10 Zc với LDPC base graph 2

+ Chuỗi bit crk được tính là



+ Nếu C >1

Chuỗi cr0,cr1,cr2,...,cr(Kr-1), được sử dụng để tính CRC parity bits pr0,pr1,pr2,...,pr(L-1) với đa thức sinh gCRC24B(D)



- Các bit sau khi phân đoạn khối mã được ký hiệu là cr0,cr1,cr2,...,cr(Kr-1), trong đó r là số khối mã và Kr là số bit của số khối mã r.

**(4) Channel Coding của UL-SCH**

- Khối mã được chuyển đến khối mã hóa kênh. Chuỗi it trong 1 khối mã được biểu diễn bởi cr0,cr1,cr2,...,cr(Kr-1) trong đó r là số khối mã và Kr là số bit của số khối mã r.

## - Tổng số khối mã được ký hiệu là C và mỗi khối mã được mã hóa LDPC riêng lẻ.

## - Sau khi mã hóa các bit được ký hiệu là dr0, dr1, dr2,...,dr(Nr-1).

* Parity Check Matrix: Mã LDPC được xác định bằng ma trận kiểm tra chẵn lẻ thưa thể hiện mối quan hệ giữa các bit dữ liệu và các bit chẵn lẻ. 5G NR chỉ định hai base graph (Base Graph 1 and Base Graph 2) để xây dựng ma trận kiểm tra tính chẵn lẻ, tùy thuộc vào kích thước khối truyền tải.
* Encoding: Quá trình mã hóa LDPC lấy các khối mã được phân đoạn (có CRC đính kèm) làm đầu vào và tạo ra các bit chẵn lẻ dựa trên base graph đã chọn và hệ số nâng. Các bit chẵn lẻ này sau đó được gắn vào các bit dữ liệu gốc, tạo thành từ mã được truyền qua PDSCH.

## 5) Rate Matching

- Các bit được mã hóa cho mỗi khối mã, ký hiệu là **dr0, dr1, dr2,...,dr(Nr-1)**, được phân phối đến khối Rate matching, trong đó r là số khối mã và Nr là số bit được mã hóa trong số khối mã r. Tổng số code block được ký hiệu là C và mỗi khối mã được khớp với tỷ lệ riêng với ILBRM=1.

- Sau khi rate matching, các bit được ký hiệu là fr0, fr1, fr2,...,fr(Er-1**)**, trong đó Er là số bit rate matched cho khối mã số r

- Mục đích của Rate matching là điều chỉnh tốc độ dữ liệu đầu ra của bộ mã hóa kênh (LDPC) để phù hợp với các tài nguyên sẵn có được phân bổ để truyền trong lưới tần số thời gian của PDSCH:

* Bit Collection:: Sau khi mã hóa LDPC, các bit được mã hóa (bit dữ liệu và bit chẵn lẻ) được thu thập trong bộ đệm tròn-circular buffer. Bộ đệm tròn là vùng lưu trữ tạm thời với kích thước cố định có thể giữ các bit theo kiểu vòng tròn, cho phép lựa chọn bit hiệu quả.
* Bit Selection:: Tùy thuộc vào tài nguyên PDSCH được phân bổ, một số bit cụ thể được chọn từ bộ đệm tròn. Quá trình lựa chọn bao gồm ba thao tác chính: bit interleaving, bit pruning, and bit puncturing.
  + Bit Interleaving: Sắp xếp lại thứ tự các bit để cải thiện độ tin cậy chống lại các lỗi bùng phát trong quá trình truyền.
  + Bit Pruning: Loại bỏ mọi bit dư thừa được tạo bởi bộ mã hóa LDPC
  + Bit Puncturing: Loại bỏ một số bit được mã hóa (thường là bit chẵn lẻ) nếu số lượng bit được mã hóa vượt quá tài nguyên được phân bổ.

Ảnh có chứa văn bản, Phông chữ, ảnh chụp màn hình, hàng

Mô tả được tạo tự động

## (6) Code Block Concatenation

- Đây là bước kết hợp nhiều khối mã thu được từ các bước xử lý trước đó thành một luồng dữ liệu duy nhất để truyền.

- Sau Rate Matching, các khối mã đã xử lý được kết hợp thành một luồng dữ liệu duy nhất. Việc ghép nối được thực hiện theo một thứ tự cụ thể để đảm bảo rằng bộ thu (UE) có thể tách và giải mã chính xác các khối mã riêng lẻ. Thông thường, các khối mã được nối theo thứ tự chúng được phân đoạn từ khối truyền tải ban đầu..

Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, Phông chữ, biểu tượng

Mô tả được tạo tự động

- Chuỗi bit đầu vào cho khối nối khối mã là các chuỗi fr0, fr1, fr2,...,fr(Er-1**)** với r = 0,…, C-1 và và trong đó Er là số bit khớp tốc độ cho khối mã thứ r.

- Các bit sau khi ghép khối mã được ký hiệu là g0, g1, g2,...,gG-1 trong đó G là tổng số bit được mã hóa để truyền tải.

- Việc ghép khối mã bao gồm việc ghép tuần tự các đầu ra khớp tốc độ cho các khối mã khác nhau.

Set *k* = 0 and *r* = 0

while *r* < *C*

Set *j* = 0

while *j* < *Er*

*gk* = *frj*

*k=k* +1

*j=j*+1

end while

*r=r*+1

end while

## (7) Data and control multiplexing

## - Không giống PDSCH, PUSCH có thể mang UCI (control data) nếu được cấu hình.

**4. Tín hiệu SRS**

Djjd