

Báo cáo nghiên cứu tìm hiểu về nghiệp vụ xử lý tín hiệu lớp vật lý 5G NR Sub 6 của gNodeB

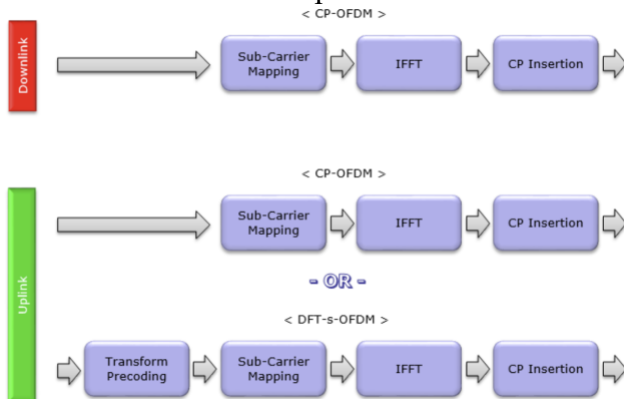
Yêu cầu: Báo cáo nghiên cứu về tổng quan về lớp vật lý 5G NR Sub 6, chức năng, luồng xử lý các kênh DL/UL và các tín hiệu vật lý.

1. Tổng quan lớp vật lý 5G NR Sub 6

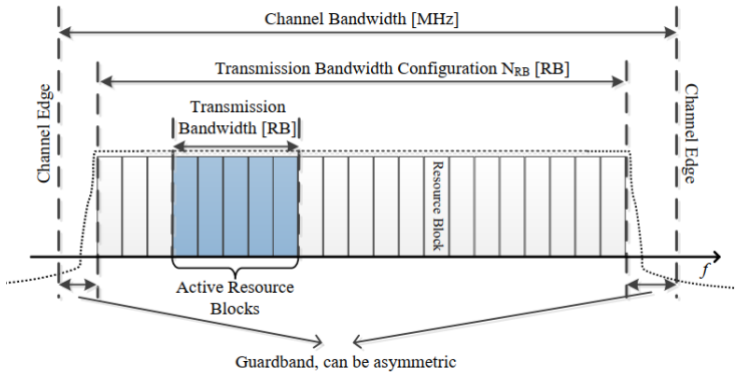
- So sánh điểm khác biệt chính lớp Vật lý LTE và 5G

Đặc trưng	LTE	5G
Use cases	Mobile broadband access (MTC later)	Nhiều trường hợp sử dụng hơn: eMBB, mMTC, URLLC
Độ trễ	~10 ms	<1 ms
Band	Dưới 6 GHz	Lên đến 60 GHz
Bandwidth	Lên tới 20 MHz	Up to 100 MHz below 6 GHz (FR1) Up to 400 MHz above 6 GHz (FR2)
Subcarrier spacing	Fixed	Variable
Phân bổ tần số	UEs cần giải mã toàn bộ BW	Sử dụng bandwidth parts
“Always on” signals	Được sử dụng: Cell specific RS, PSS,SSS, PBCH	Hạn chế always on signals (ngoại trừ SS block)

- Dạng sóng:
 - + Dạng sóng DL: CP-OFDM
 - + Dạng sóng UL: CP-OFDM + DFT-s-OFDM
 - CP-OFDM: high throughput scenarios
 - DFT-s-OFDM: power limited scenarios



- Bandwidth
 - + Bandwidth CC tối đa: 400 MHz
 - + Số subcarriers tối đa: 3300
 - + Số CCs tối đa: 16



- Numerology
 - + Scalable: $\Delta f = 2^\mu \times 15$ (kHz) \Rightarrow Hỗ trợ các dịch vụ khác nhau (eMBB, mMTC, URLLC)
 - + Được định nghĩa bởi: Khoảng cách sóng mang con (tham số μ) và Cyclic prefix (Normal/Extended)

μ	$\Delta f = 2^\mu \times 15$	Cyclic Prefix
0	15 kHz	Normal
1	30 kHz	Normal
2	60 kHz	Normal, Extended
3	120 kHz	Normal
4	240 kHz	Normal

$\mu=0, 1$: Sync < 6GHz

Cell size: Large

Delay spread: Long

$\mu=3, 4$: Sync > 6GHz

Cell size: Small

Delay spread: Short

Large subcarrier: Reduce frequency-error and phase noise

$\mu=0, 1, 2$: Data <6GHz

$\mu=2,3$: Data >6GHz

- Cấu trúc frame

+ Frame: 10ms

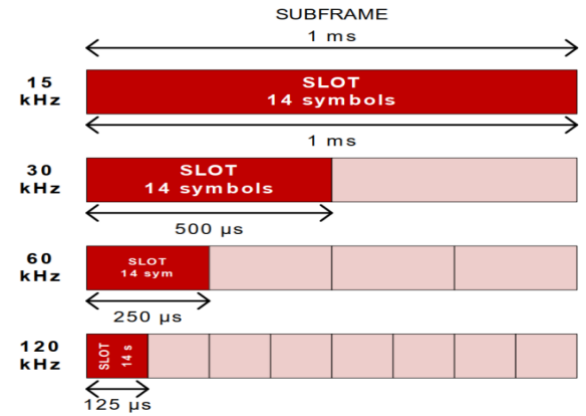
+ Subframe: 1ms

+ Slot (lập lịch dựa trên slot)

- 14 OFDM symbols
- Chiều dài slot = $1\text{ms}/2^\mu$ (tỷ lệ với khoảng cách sóng mang con)

+ Mini-Slot (lập lịch dựa trên non-slot)

- 7, 4 hoặc 2 OFDM symbols
- Để đáp ứng yêu cầu về độ trễ ngắn trong trường hợp URLLC.

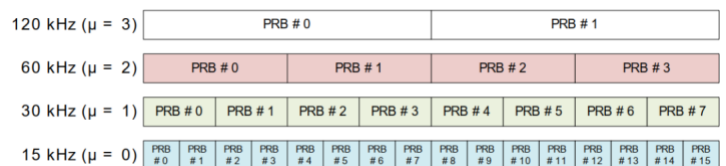
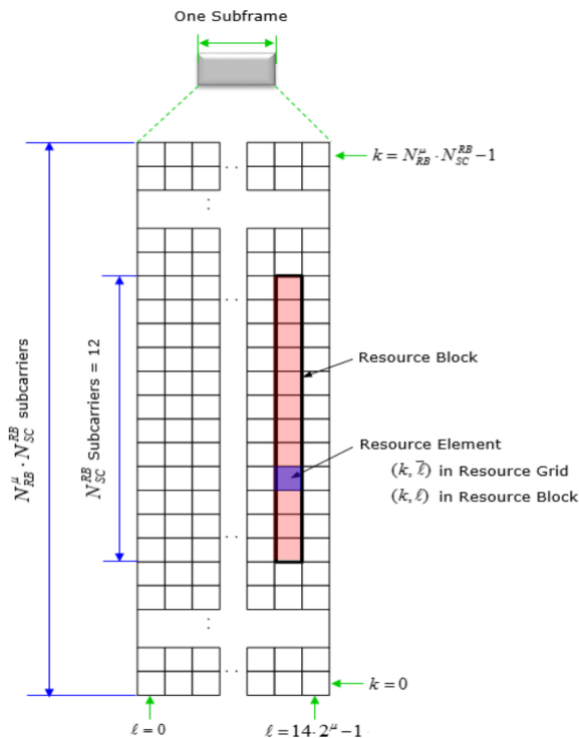


- Lưới tài nguyên

+ Resource grid: được định nghĩa bởi $N_{RB}^\mu \cdot N_{SC}^{RB}$ sóng mang con và $N_{symb}^{\text{subframe}, \mu}$ tín hiệu OFDM. Kích thước thay đổi tùy theo μ .

+ Resource elements: element trong resource grid

+ Resource block: $N_{SC}^{RB} = 12$ sóng mang con



- Bandwidth parts (BWP)

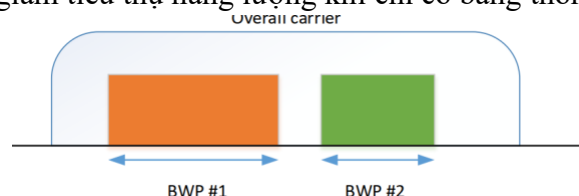
+ Một tập hợp con các RB liên kề trên một sóng mang.

+ Một UE có thể được cấu hình với tối đa 4 BWP, nhưng chỉ có một BWP hoạt động tại một thời điểm.

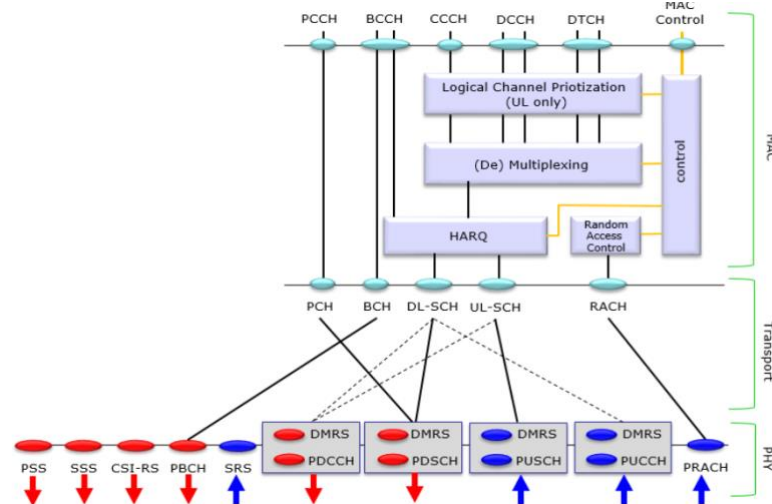
+ UE không nhận được dữ liệu bên ngoài BWP đang hoạt động

+ BWP giải quyết các vấn đề sau:

- Thiết bị có thể không nhận được BW đầy đủ
- Thích ứng băng thông: giảm tiêu thụ năng lượng khi chỉ có băng thông hẹp yêu cầu

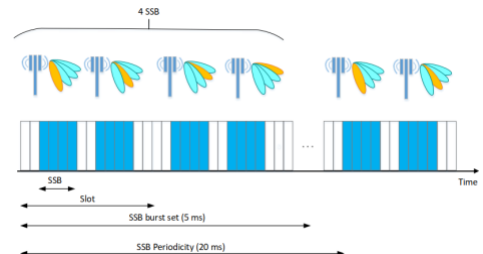
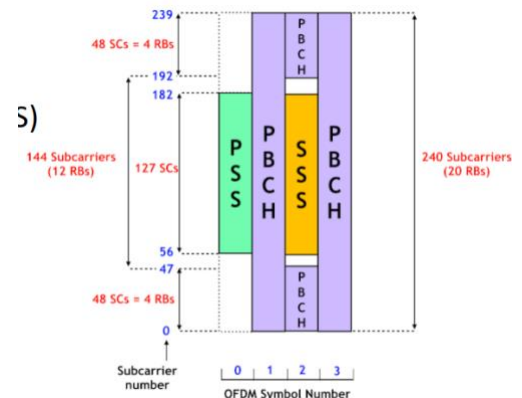


2. Tổng quan tuyến kênh Downlink 5G NR



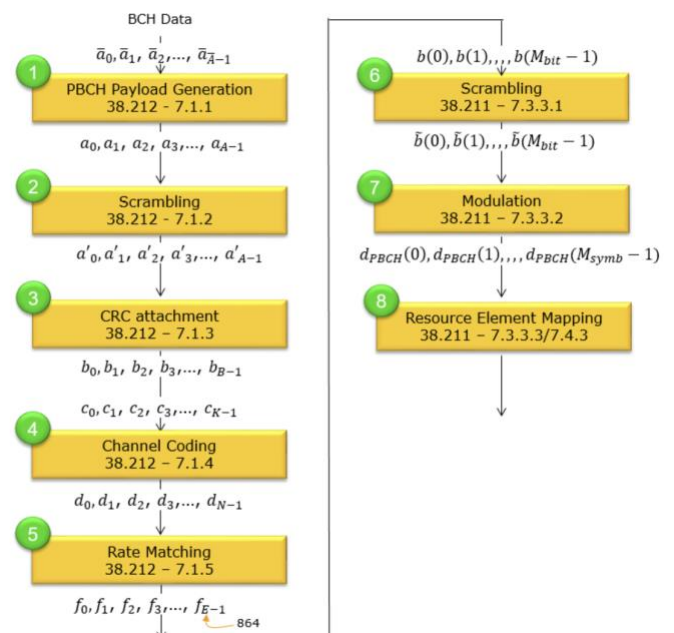
2.1. SSB – Synchronization signal Block

- Primary Synchronization Sequence (PSS)
- + Một trong 3 chuỗi có thể
- + Cung cấp ước tính thời gian
- Secondary Synchronization Sequence (SSS)
- + Một trong 336 dãy có thể
- + Cung cấp ID ô (một trong $3 \times 336 = 1008$)
- Broadcast Channel (PBCH) và DMRS
- + Gồm MIB (Master Information Block) Cell barred flag, SIB1 numerology, SFN, vị trí DMRS...
- + Bao gồm các thông tin cơ bản để thực hiện bước tiếp: giải mã SIB1 (System Information Block)
- Số lượng SSB tối đa: 4 ($f < 3\text{GHz}$), 8 ($f < 6\text{GHz}$), 64 ($f > 6\text{GHz}$)
- Mỗi SSB được định dạng bằng một chùm tia khác nhau
- UE thấy các búp sóng khác nhau với cường độ tín hiệu khác nhau



2.2. Kênh PBCH (Physical Broadcast Channel)

- Quá trình truyền tải PBCH bao gồm một loạt các bước để chuẩn bị và truyền thông tin Kênh PBCH. PBCH đóng vai trò là kênh chính mà qua đó trạm cơ sở (eNodeB trong LTE, gNodeB trong 5G) truyền MIB đến UE.
- PBCH mang thông tin quan trọng mà UE cần để giải mã các thông tin quảng bá khác và thiết lập kết nối với mạng.



2.3. Kênh PDCCH (Physical Downlink Control Channel)

- Mang DCI (Downlink Control Information)

+ Mang thông tin điều khiển được sử dụng để lập lịch dữ liệu người dùng (PDSCH hoặc PUSCH)

+ Cho biết: Dữ liệu của người dùng ở đâu? (trong miền thời gian/tần số), Sơ đồ điều chế và mã hóa, số lớp, thông tin HARQ

+ Người dùng cần giải mã DCI trước khi có thể giải mã hoặc truyền dữ liệu

DCI Format	Usage
Format 0_0	Scheduling of PUSCH in one cell
Format 0_1	Scheduling of PUSCH in one cell
Format 1_0	Scheduling of PDSCH in one cell DCI format 1_0 with CRC scrambled by C-RNTI DCI format 1_0 with CRC scrambled by RA-RNTI DCI format 1_0 with CRC scrambled by TC-RNTI
Format 1_1	Scheduling of PDSCH in one cell
Format 2_0	Notifying a group of UEs of the slot format
Format 2_1	Notifying a group of UEs of the PRB(s) and OFDM symbol(s) where UE may assume no transmission is intended for the UE
Format 2_2	Transmission of TPC commands for PUCCH and PUSCH
Format 2_3	Transmission of a group of TPC commands for SRS transmissions by one or more UEs

- CORESET (Control Resource Sets)

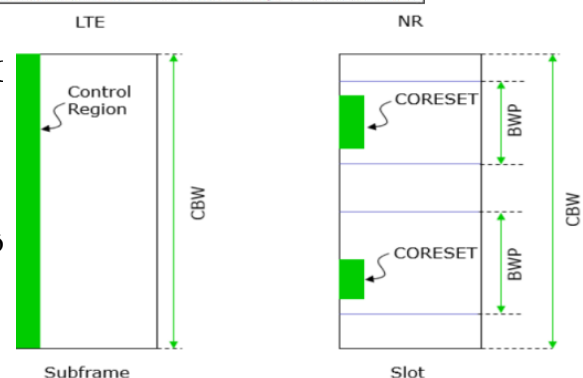
+ Tập hợp tài nguyên thời gian/tần số trong đó PDCCH có thể được truyền đi

+ Có thể có nhiều CORESET trong một sóng mang

+ Độ dài tối đa 3 symbols

+ So sánh với LTE: Không bao trùm toàn bộ băng thông

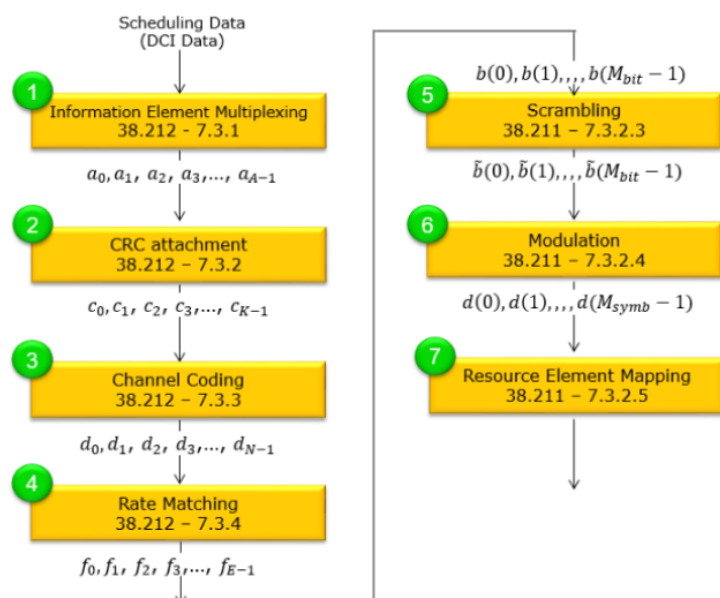
- Hỗ trợ khả năng băng thông hạn chế
- Tiết kiệm năng lượng



- Quá trình vận chuyển PDCCH

+ Mã hóa kênh: mã cực

+ Điều chế: QPSK



2.4. Kênh PDSCH (Physical Downlink Shared Channel)

- Mang dữ liệu người dùng

- Cũng có thể mang System Information Block (SIB)

- Điểm khác biệt chính với LTE: việc sử dụng mã hóa LDPC

- Lên đến 8 lớp = hỗ trợ MIMO

- Các thông số được cấu hình bởi:

+ DCI (Downlink Control Information)

+ Bản tin RRC (Radio Resource Control)

- Quy trình vận chuyển PDSCH

+ Mã hóa kênh: mã LDPC

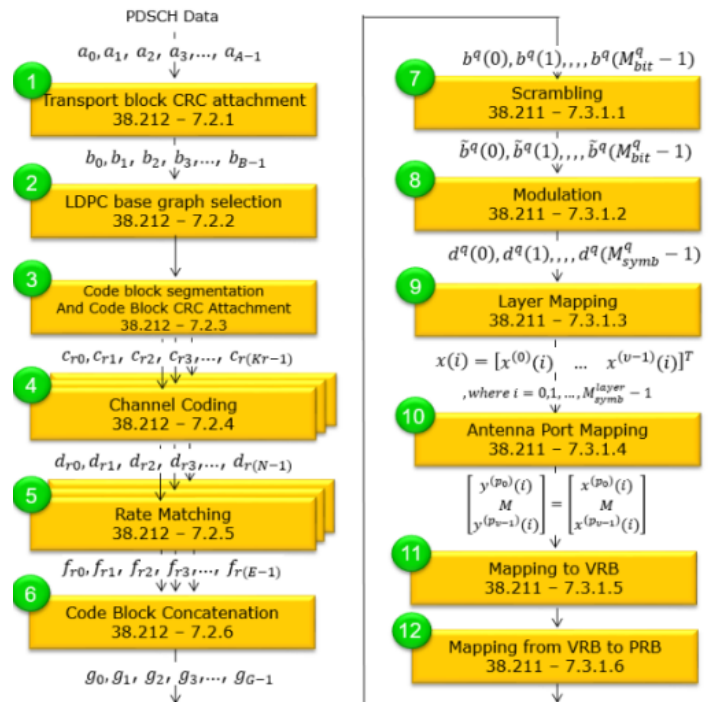
+ Điều chế: QPSK, 16/64/256QAM

+ Ánh xạ cổng anten:

- Tiền mã hóa và Beamforming => Đạt được Beamforming và ghép kênh không gian
- Sử dụng ma trận tiền mã hóa $W_{N_{antennas} \times N_{layers}}$
- DM-RS cũng phải trải qua phương trình tiền mã hóa tương tự

+ Ánh xạ PDSCH:

- Type A: slot based
- Type B: mini-slot



2.5. Downlink Physical Signal

- PSS/SSS (Primary/Secondary synchronization signal)

+ Được sử dụng để đồng bộ hóa, tìm kiếm ô và chùm tia

- DM-RS (Demodulation reference signals) cho kênh PBCH/PDCCH/PDSCH

+ Được sử dụng để ước tính kênh và giải điều chế các kênh vật lý

- PT-RS (Phase-tracking reference signals): chỉ FR2

+ Bù tác động nhiễu pha cho tần số cao (mmWave)

- CSI-RS (Channel-state information reference signal)

+ Được sử dụng để nhận CSI và quản lý chùm tia

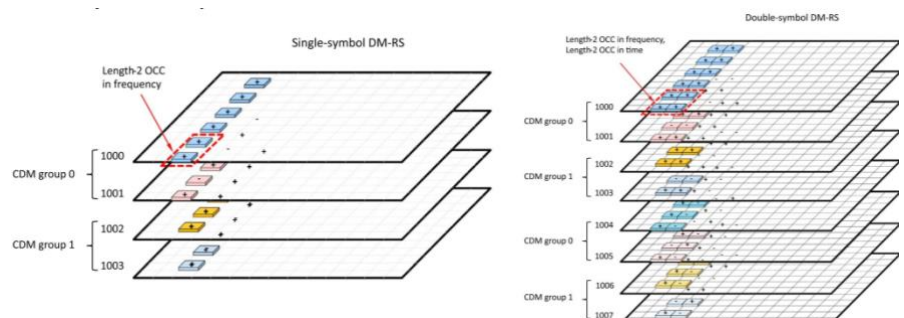
2.5.1. PDSCH DM-RS

- Chỉ xuất hiện trong khối tài nguyên PDSCH

- Cần thiết cho việc ước tính kênh để giải mã PDSCH

- Phân bổ linh hoạt: đơn/đôi, loại 1/loại 2...

- 1 đến 4 DMRS symbols trên mỗi slot



2.5.2. CSI-RS và CSI report

- CSI-RS:

+ CSI acquisition

+ Quản lý beam

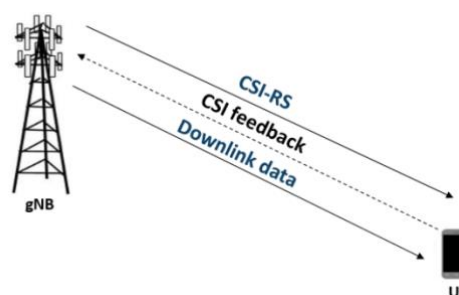
- CSI Report:

+ RI: số lớp

+ CQI: chỉ báo chất lượng kênh

+ PMI: ma trận tiền mã hóa

+ CRI: chỉ báo CSI-RS



3. Tổng quan tuyến kênh Uplink 5G NR

- Uplink Channel: Truyền từ UE đến gNodeB, gồm
 - + 3 Kênh: PRACH, PUCCH, PUSCH
 - + 2 Tín hiệu: DMRS, PTRS (optional), SRS (optional)

3.1. Kênh RACH

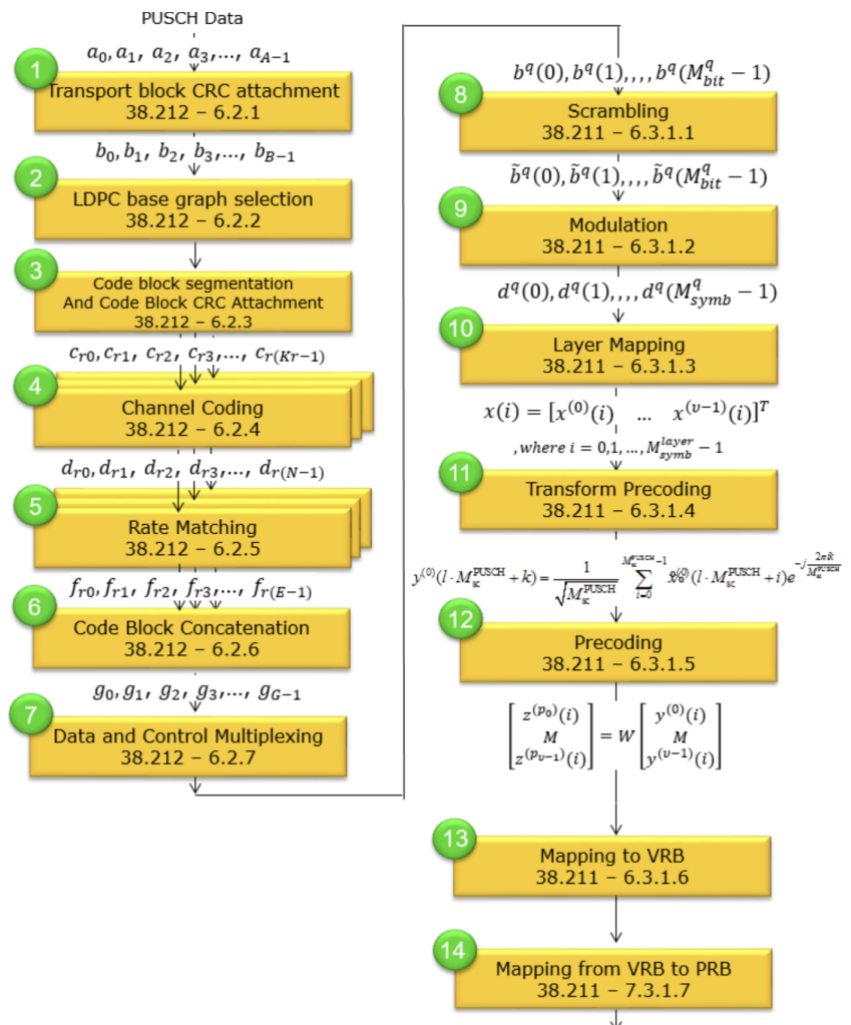
- Mục đích chính của RACH:
 - + Đạt được đồng bộ hóa liên kết UP giữa UE và gNodeB
 - + Lấy tài nguyên cho Message 3
- Khi cần RACH:
 - + Initial access, Kết nối RRC, Handover,
 - + Khi UL không được đồng bộ, quy trình thiết lập lại.
 - + Để thiết lập căn chỉnh thời gian khi bổ sung S-Cell
 - + Phục hồi sự cố chùm tia

3.2. Kênh PUCCH

- Mục đích chính của PUCCH: Mang UCI (Uplink Control Information)
- Sự khác biệt giữa PDCCH và PUCCH
 - + PDCCH mang cấu hình cho PDSCH/PUSCH
 - + PUCCH mang UCI
- UCI là gì?
 - + ACK/NACK
 - + Yêu cầu lập lịch (SR)
 - + CSI

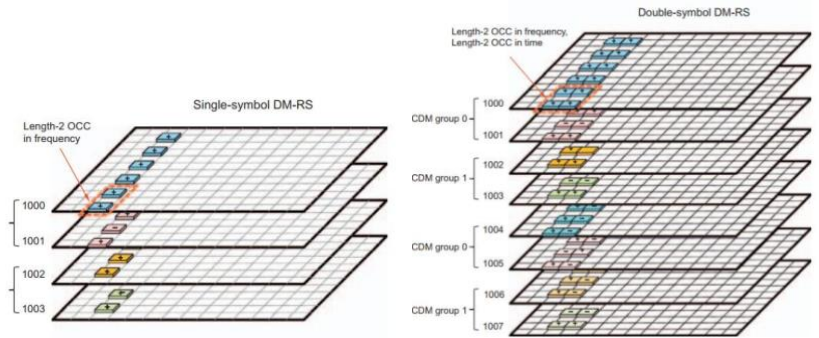
3.3. Kênh PUSCH

- Kênh phức tạp nhất trong UL
- Mục đích chính của PUSCH:
 - + Mang dữ liệu người dùng
 - + Mang UCI



3.4. Tín hiệu DMRS (Demodulation Reference Signal)

- DMRS dùng để
- + Truyền tín hiệu từ UE tới gNodeB
- thông qua kênh
- + Fading, Time offset, frequency offset
- + Doppler
- + Pilot cho ước tính kênh
- DMRS ở
- + PUSCH
- + PUCCH (tùy chọn)



3.5. Tín hiệu SRS (Sound Reference Signal)

- SRS dùng để
- + Beam forming
- + Massive MIMO

