**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 |

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

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

Mô tả được tạo tự động

* Numerlogy

+ Scalable: Δf = ×15 (kHz) => 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** | **Δf = ×15** | **Cyclic Prefix** | | 0 | 15 kHz | Normal | | 1 | 30 kHz | Normal | | 2 | 60 kHz | Normal, Extended | | 3 | 120 kHz | Normal | | 4 | 240 kHz | Normal | | **µ=0, 1**: Sync < 6GHz  Cell size: Large  Delay spread: Long  **µ=3, 4:** Sync > 6GHz  Cell size: Small  Delay spread: Short  Large subcarrier: Reduce frequency-error and phase noise  **µ=0, 1, 2:** Data <6GHz  **µ=2,3:** Data >6GHz |

* Cấu trúc frame

|  |  |
| --- | --- |
| + Frame: 10ms  + Subframe: 1ms  + Slot (lập lịch dựa trên slot)   * 14 OFDM symbols * Chiều dài slot= 1ms/ (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 sóng mang con và tín hiệu OFDM. Kích thước thay đổi tùy theo 𝜇.

+ Resource elements: element trong resource grid

+ Resource block: =12 sóng mang con

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

Mô tả được tạo tự động Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, Phông chữ, số

Mô tả được tạo tự động

* Bandwidth parts (BWP)

+ Một tập hợp con các RB liền 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

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

Mô tả được tạo tự động

**2. Tổng quan tuyến kênh Downlink 5G NR**

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

Mô tả được tạo tự động**

***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\*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<3GHz), 8 (f<6GHz), 64 (f>6GHz)  - 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. | Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, Phông chữ, hàng  Mô tả được tạo tự động |

***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

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

Mô tả được tạo tự động

|  |  |
| --- | --- |
| - 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 | Ảnh có chứa văn bản, ảnh chụp màn hình, Phông chữ, hàng  Mô tả được tạo tự động |

***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 * 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 symblos 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:

+ Intitial 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 | Ảnh có chứa văn bản, biểu đồ, hàng, ảnh chụp màn hình  Mô tả được tạo tự động |