

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G LTE

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ TRUYỀN THÔNG

HẢI PHÒNG - 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G LTE

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ TRUYỀN THÔNG

Sinh viên: Nguyễn Chiến Thắng

Người hướng dẫn: Th.S Đỗ Anh Dũng

HẢI PHÒNG - 2019

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Chiến Thắng – MSV : 1412103003

Lớp : ĐT1801- Ngành Điện Tử Truyền Thông

Tên đề tài : Nghiên cứu hệ thống thông tin di động 4G LTE

CÁC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

AMPS	Advanced Mobile Phone Sytem	Hệ thống điện thoại di động tiên tiến
BCCH	Broadcast Control Channel	Kênh điều khiển quảng bá
BCH	Broadcast Channel	Kênh quảng bá
DCCH	Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển dành riêng
DL-SCH	Downlink Shared Channel	Kênh chia sẻ đường xuống
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	Tốc độ số liệu tăng cường để phát triển GSM
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data	Số liệu chuyển mạch kênh tốc độ cao
HSDPA	High Speed Downlink Package Access	Truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
MAC	Medium Access Control	Điều khiển truy cập môi trường
MCCH	Multicast Control Channel	Kênh điều khiển multicast
MCH	Multicast Channel	Kênh multicast
MIMO	Multiple input Multiple Output	Đa nhập đa xuất
MTCH	Multicast Traffic Channel	Kênh lưu lượng multicast
PCCH	Paging Control Channel	Kênh điều khiển tìm gọi
PCH	Paging channe	Kênh tìm gọi
PDCP	Packet Data Convergence Protocol	Giao thức hội tụ số liệu gói
PDU	Protocol Data Unit	Đơn vị dữ liệu giao thức
PHY	Physical layer	Lớp vật lý

DTCH	Dedicated Traffic Channel	Kênh lưu lượng dành riêng
RLC	Radio Link Control	Điều khiển liên kết vô tuyến
SDU	Service Data Unit	Đơn vị dữ liệu dịch vụ
TACS	Total Access Communication System	Hệ thống giao tiếp truy cập tổng hợp
UL-SCH	Uplink shared channel	Kênh chia sẻ đường lên

MỤC LỤC

MỤC LỤC	6
LỜI NÓI ĐẦU	13
CHƯƠNG 1 - TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG & GIỚI THIỆU VỀ MẠNG 4G LTE	15
1. Tổng quan về hệ thống thông tin di động:	15
1.1.1. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất (1G)	15
1.1.2. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai (2G)	17
1.1.3. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ 3 (3G)	22
1.1. Giới thiệu về mạng 4G LTE.....	24
CHƯƠNG 2 - KIẾN TRÚC MẠNG VÀ GIAO THỨC	28
1.1. Kiến trúc mạng LTE	28
1.1.1. Tổng quan về cấu hình kiến trúc cơ bản hệ thống.....	29
1.1.2. Thiết bị người dùng (UE).....	30
1.1.3. E-UTRAN NodeB (eNodeB)	31
1.1.4. MME (Mobility Management Entity) :	33
1.1.5. Công phục vụ (S-GW)	36
2.1.6. Công mạng dữ liệu gốc (P-GW)	38
2.1.7. Chức năng chính sách và tính cước tài nguyên (PCRF).....	40
2.1.8. Máy chủ thuê bao thường trú (HSS).....	42
2.2. Các giao diện và giao thức trong cấu hình kiến trúc cơ bản của hệ thống.....	42
2.3. QoS và kiến trúc dịch vụ mạng chuyên	47
2.4. Giao thức trạng thái và chuyển tiếp trạng thái	48
2.5. Hỗ trợ tính di động liên tục	49
2.6. Kiến trúc hệ thống phát quảng bá đa điểm.....	53
CHƯƠNG 3 - TRUY CẬP VÔ TUYẾN TRONG LTE.....	55
3.1. Các chế độ truy nhập vô tuyến	58
3.2. Bảng tần truyền dẫn	58

3.3. Các băng tần được hỗ trợ	59
3.4. Kỹ thuật đa truy nhập cho đường xuống OFDMA.....	61
3.4.1. OFDM	61
3.4.2. Các tham số OFDMA	64
3.4.3. Truyền dẫn dữ liệu hướng xuống	67
1- Các kênh điều khiển hướng xuống	68
3.5. Kỹ thuật đa truy nhập đường lên LTE SC-FDMA.....	69
3.5.3. Truyền dẫn dữ liệu hướng lên	72
3.6. Tổng quan về kỹ thuật đa ăng ten MIMO.....	76
3.6.1. Đơn đầu vào Đơn đầu ra (SISO)	77
3.6.2. Đơn đầu vào đa đầu ra (SIMO)	78
3.6.3. Đa đầu vào đơn đầu ra (MISO)	78
3.6.4. Đa đầu vào đa đầu ra (MIMO)	78
3.6.5. Ăng ten MIMO trong 4G LTE	81
3.6.5.I. Chế độ truyền dẫn đa ăng ten đường xuống LTE.....	82
3.6.5.2. Chế độ đa ăng ten hướng lên LTE	84
CHƯƠNG 4 - LỚP VẬT LÝ LTE.....	86
4.1. Các kênh truyền tải và ánh xạ của chúng tới các kênh vật lý	86
4.2. Điều chế.....	88
4.3. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng lên.....	89
4.4. Truyền dẫn dữ liệu người dùng hướng xuống.....	95
4.5. Truyền dẫn tín hiệu lớp vật lý hướng lên.....	99
4.5.1. Kênh điều khiển đường lên vật lý (PUCCH)	101
4.5.2. Cấu hình PUCCH.....	102
4.5.3. Báo hiệu điều khiển trên PUSCH	102
4.6. Cấu trúc PRACH (Kênh truy nhập ngẫu nhiên vật lý)	106
4.7. Truyền dẫn báo hiệu lớp vật lý hướng xuống	108
4.7.1. Kênh chỉ thị định dạng điều khiển vật lý (PCFICH)	108

4.7.2.	Kênh điều khiển hướng xuống vật lý (PCDCH)	109
4.7.3.	Kênh chỉ thị HARQ vật lý (PHICH).....	111
4.7.4.	Các chế độ truyền dẫn hướng xuống	111
4.7.5.	Kênh quảng bá vật lý (PBCH).....	112
4.7.6.	Tín hiệu đồng bộ	113
4.8.1.	Thủ tục HARQ.....	114
4.8.2.	Ứng trước định thời.....	116
4.8.3.	Điều khiển công suất.....	117
4.8.4.	Nhắn tin	118
4.8.5.	Thủ tục báo cáo phản hồi kênh.....	118
4.8.6.	Hoạt động chế độ bán song công.....	119
4.8.7.	Các lớp khả năng của UE và các đặc điểm được hỗ trợ	120
4.9.	Đo lường lớp vật lý	121
4.9.1.	Đo lường eNodeB	121
4.9.2.	Đo lường UE.....	122
4.10.	Cấu hình tham số lớp vật lý.....	122
	CHƯƠNG 5 - CÁC THỦ TỤC TRUY NHẬP	124
5.1.	Thủ tục dò tìm ô.....	124
5.1.1.	Các bước của thủ tục dò tìm ô	124
5.1.2.	Cấu trúc thời gian/tần số của tín hiệu đồng bộ.....	126
5.1.3.	Dò tìm ban đầu và dò tìm ô lân cận	128
5.2.	Truy nhập ngẫu nhiên	130
5.2.1.	Bước 1 : Truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên	132
5.2.2.	Bước 2 : Đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên	136
5.2.3.	Bước 3: Nhận dạng thiết bị đầu cuối	137
5.2.4.	Bước 4: Giải quyết tranh chấp.....	138
	KẾT LUẬN.....	140

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1 Sự phân bố tần số trong hệ thống GSM.....	18
Hình 2.1 Phát triển kiến trúc 3GPP.....	28
Hình 2.2 Kiến trúc và các thành phần mạng	29
Hình 2.2. Kiến trúc hệ thống cho mạng chỉ có E-UTRAN.....	33
Hình 2.4 Nguyên tắc hoạt động của MME	35
Hình 2.5 Kết nối S-GW tới các nút logic khác.....	37
Hình 2.6: P-GW kết nối tới các node logic khác và các chức năng chính	40
Hình 2.7: PCRF kết nối tới các nút logic khác & các chức năng chính	41
Hình 2.8: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng điều khiển trong EPS	43
Hình 2.9: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người dùng trong EPC	45
Hình 2.10: Các ngăn xếp giao thức mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng cho giao diện X2.....	46
Hình 2.11 Kiến trúc dịch vụ mang truyền EPS	48
Hình 2.12. Trạng thái của UE và chuyển tiếp trạng thái	49
Hình 2.13. Hoạt động chuyển giao	51
Hình 2.14. Khu vực theo dõi cập nhật cho UE ở trạng thái RRC rảnh rỗi.....	52
Hình 2.15. Khu vực dịch vụ eMBMS và các khu vực MBSFN.....	54
Hình 2.16 Kiến trúc logic eMBMS.....	55
Hình 2.17 Kiến trúc mặt phẳng người dùng eMBMS cho đồng bộ nội dung	56
Bảng 3.1 Các băng tần vận hành E-UTRAN (TS 36.101).....	61
Hình 3.1 Biểu diễn tần số-thời gian của một tín hiệu OFDM.....	62
Hình 3.2 Sự tạo ra ký hiệu OFDM có ích sử dụng IFFT	62
Hình 3.3 Sự tạo ra chuỗi tín hiệu OFDM.....	63
Hình 3.4 Cấp phát sóng mang con cho OFDM & OFDMA	63
Hình 3.5 Cấu trúc khung loại 1.....	64
Hình 3.6 Cấu trúc khung loại 2.....	65

Hình 3.7 Tài nguyên đường xuống	65
Hình 3.8 Ghép kênh thời gian – tần số OFDMA.....	67
Hình 3.9 Phát và thu OFDMA.....	68
Hình 3.10 Sơ đồ khối DFT-S-OFDM	70
Hình 3.11 Tài nguyên đường lên	71
Bảng 3.4 Các tham số cấu trúc khung đường lên (FDD&TDD).....	72
Hình 3.12 Phát & thu hướng lên LTE.....	74
Hình 3.13 So sánh OFDMA & SC-FDMA truyền một chuỗi các ký hiệu dữ liệu QPSK	75
Hình 3.14 Các chế độ truy nhập kênh vô tuyến	77
Hình 3.15 MIMO 2×2 , chưa có tiền mã hóa	79
Hình 3.16 Xử lý tín hiệu cho phân tập phát và ghép kênh không gian (MIMO)	81
Hình 3.17: Ăng ten MIMO trong chế độ hướng lên.....	85
Hình 4.1 Ánh xạ của các kênh truyền tải hướng lên tới các kênh vật lý.....	87
Hình 4.3: Các chòm điểm điều chế trong LTE.....	88
Hình 4.4: Cấp phát tài nguyên hướng lên được điều khiển bởi bộ lập biểu eNodeB	90
Hình 4.5 Cấu trúc khung LTE FDD.....	91
Hình 4.5: Cấu trúc khung LTE FDD	91
Hình 4.7: Cấu trúc khe đường lên với tiền tố vòng ngắn và dài	92
Hình 4.8 Chuỗi mã hóa kênh PUSCH.....	94
Hình 4.9 Ghép kênh của thông tin điều khiển và dữ liệu	94
Hình 4.10 Cấp phát tài nguyên đường xuống tại eNodeB	95
Hình 4.11 Cấu trúc khe đường xuống cho băng thông 1,4MHz	96
Hình 4.12 Chuỗi mã hóa kênh DL-SCH	96
Hình 4.13 Ví dụ về chia sẻ tài nguyên đường xuống giữa PDCCH & PDSCH	97

Hình 4.14 Sự tạo thành tín hiệu hướng xuống	98
Hình 4.15 Tài nguyên PUCCH.....	101
Hình 4.16 Nguyên tắc điều chế dữ liệu và điều khiển.....	103
Hình 4.17 Cấp phát các trường dữ liệu & điều khiển khác nhau trên PUSCH	104
Hình 4.18 Các dạng phân mở đầu LTE RACH cho FDD	107
Hình 4.19 Vị trí PBCH tại các tần số trung tâm.....	112
Hình 4.20 các tín hiệu đồng bộ trong khung.....	113
Hình 4.21 Vận hành LTE HARQ với 8 tiến trình	115
Hình 4.22 Định thời LTE HARQ cho một gói tin đường xuống duy nhất...	115
Hình 4.23 Điều khiển định thời hướng lên.....	116
Hình 4.24 Công suất hướng lên LTE với thay đổi tốc độ dữ liệu	117
Hình 4.25 Thủ tục báo cáo thông tin trạng thái kênh (CSI).....	118
Hình 4.26 Tự cấu hình cho PCI	123
Hình 5.1 Các tín hiệu đồng bộ sơ cấp & thứ cấp (giả thiết chiều dài tiền tố vòng bình thường).....	125
Hình 5.2 Sự hình thành tín hiệu đồng bộ trong miền tần số	127
Hình 5.3 Tổng quan về thủ tục truy nhập ngẫu nhiên	131
Hình 5.4 Minh họa cơ bản cho truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên	133
Hình 5.5 Định thời phần mở đầu tại eNodeB cho các người sử dụng truy nhập ngẫu nhiên khác nhau.....	134
Hình 5.6 Sự phát hiện phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên trong miền tần số	135

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.2 Các thông số chính của hệ thống GSM.....	18
Bảng 2.1 Các giao thức và giao diện LTE	47
Bảng 3.1 Các băng tần vận hành E-UTRAN (TS 36.101).....	61
Bảng 3.2 số lượng các khối tài nguyên cho băng thông LTE khác nhau (FDD&TDD).....	66
Bảng 3.3 Tham số cấu trúc khung đường xuống (FDD & TDD)	66

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, mạng không dây ngày càng trở nên phổ biến với sự ra đời của hàng loạt những công nghệ khác nhau như Wi-Fi (802.11), WiMax (802.16)... Cùng với đó là tốc độ phát triển nhanh, mạnh của mạng viễn thông phục vụ nhu cầu sử dụng của hàng triệu người mỗi ngày. Hệ thống di động thế hệ thứ hai, với GSM và CDMA là những ví dụ điển hình đã phát triển mạnh mẽ ở nhiều quốc gia. Tuy nhiên, thị trường viễn thông càng mở rộng càng thể hiện rõ những hạn chế về dung lượng và băng thông của các hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai. Sự ra đời của hệ thống di động thế hệ thứ ba với các công nghệ tiêu biểu như WCDMA hay HSPA là một tất yếu để có thể đáp ứng được nhu cầu truy cập dữ liệu, âm thanh, hình ảnh với tốc độ cao, băng thông rộng của người sử dụng.

Cũng giống như các thuật ngữ 2G hay 3G, 4G chỉ là một từ viết tắt của cụm từ “fourth generation” (thế hệ thứ 4) để thuận tiện cho các chương trình marketing của các nhà mạng. Dịch vụ viễn thông hay kết nối không dây sử dụng công nghệ này thực ra rất khác biệt nhau và phụ thuộc vào các nhà cung cấp dịch vụ nhưng thông thường, một mạng không dây sử dụng công nghệ 4G sẽ có tốc độ nhanh hơn mạng 3G từ 4 đến 10 lần.

Hiện thế giới đang tồn tại 2 chuẩn công nghệ lõi của mạng 4G là WiMax và Long Term Evolution (LTE). WiMax là chuẩn kết nối không dây được phát triển bởi IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) còn LTE là chuẩn do 3GPP, một bộ phận của liên minh các nhà mạng sử dụng công nghệ GSM. Cả WiMax và LTE đều sử dụng các công nghệ thu phát tiên tiến để nâng cao khả năng bắt sóng và hoạt động của thiết bị, mạng lưới. Tuy nhiên, mỗi công nghệ đều sử dụng một dải băng tần khác nhau.

Mạng 4G với tốc độ cao hơn hẳn sẽ giúp cho tốc độ truyền tải của dữ liệu trên các hệ thống mạng được cải thiện đáng kể và đưa các dịch vụ cao cấp như sử dụng ứng dụng di động, trên video trực tiếp trên mạng, hội nghị truyền hình hay chơi game trực tuyến... sẽ bùng nổ thực sự.

Tuy nhiên, điểm “lợi hại” nhất của mạng 4G là nó có thể thay thế một cách hoàn hảo các đường truyền Internet cố định (kể cả đường truyền cáp quang) với tốc độ không thua kém, vùng phủ sóng rộng lớn hơn và có tính di động rất cao.

Đề tài “*Nghiên cứu hệ thống thông tin di động tiền 4G LTE (Long Term Evolution)*” của em tập trung đi vào tìm hiểu tổng quan về công nghệ LTE cũng như là những kỹ thuật và thành phần được sử dụng trong công nghệ này để có thể hiểu rõ thêm về những tiềm năng hấp dẫn mà công nghệ này mang lại và tình hình triển khai công nghệ này trên thế giới và tại VIỆT NAM .

Đề tài gồm 5 chương :

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VÀ GIỚI THIỆU CÔNG NGHỆ LTE 4

CHƯƠNG 2: KIẾN TRÚC MẠNG VÀ GIAO THỨC 4

CHƯƠNG 3: TRUY NHẬP VÔ TUYẾN TRONG LTE

CHƯƠNG 4: LỚP VẬT LÝ LTE

CHƯƠNG 5: CÁC THỦ TỤC TRUY NHẬP

Để thực hiện đề án tốt nghiệp này, em đã sử dụng những kiến thức được trang bị trong 5 năm đại học và những kiến thức chọn lọc từ các tài liệu của các thầy giáo, cô giáo trong và ngoài trường . Ngoài ra, đề án còn sử dụng những tài liệu phổ biến rộng rãi trên Internet.

Mặc dù đã rất cố gắng, nhưng do hạn chế về thời gian cũng như những hiểu biết có hạn của một sinh viên nên đề án không tránh khỏi thiếu sót. Để đề án được hoàn thiện hơn, em rất mong nhận được các ý kiến đóng góp của các thầy giáo, cô giáo cũng như các bạn sinh viên.

Sinh viên thực hiện : **Nguyễn Chiến Thắng**

CHƯƠNG 1 - TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG & GIỚI THIỆU VỀ MẠNG 4G LTE

1. Tổng quan về hệ thống thông tin di động:

Các hệ thống thông tin di động đầu tiên ra đời từ những năm 1920, khi đó điện thoại di động chỉ được sử dụng như là các phương tiện thông tin giữa các đơn vị cảnh sát ở Mỹ. Ngày 17/6/1946 hãng AT&T và Southwestern Bell giới thiệu thông tin di động đầu tiên ở Mỹ, hệ thống đầu tiên này gồm 6 kênh ở băng tần 150 MHz, là hệ thống bán song công, có độ rộng kênh là 60 KHz (gấp 2 lần kênh thông tin di động tương tự ngày nay, trong khi đó CDMA là 1.25 MHz và WCDMA là 5MHz). Khi hệ thống này ra đời và được ứng dụng vào các thành phố lớn ở Mỹ, thì nhu cầu người sử dụng vượt quá dung lượng, nên độ rộng kênh được giảm xuống còn 30 KHz. Các hệ thống di động đầu tiên này ít tiện lợi và dung lượng rất thấp so với các hệ thống hiện nay.

1.1.1. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất (1G)

Những năm cuối thập niên 70, hệ thống điện thoại di động thế hệ thứ nhất được phát triển, đó là hệ thống thông tin di động tương tự sử dụng phương pháp đa truy cập phân chia theo tần số FDMA (Frequency Division Multiple Access) cung cấp những dịch vụ chủ yếu là thoại. Thế hệ mạng điện thoại di động đầu tiên sử dụng các chuyển mạch tương tự, là hệ thống truyền tín hiệu tương tự.

Có thể kể đến như NMT (Nordic Mobile Telephone) của công ty Ericsson (Thụy Điển); hai versions đang tồn tại là NMT450 hoạt động tại 450 MHz band và NMT900 hoạt động tại 900 MHz band. AMPS (Advanced Mobile Phone System) là hệ thống điện thoại di động tổ ong do AT&T và công ty Motorola (Mỹ) đề xuất sử dụng năm 1982. Các hệ thống kể trên là các hệ thống 1G. Tuy nhiên các hệ thống 1G này có những hạn chế như sau: phân bố tần số rất hạn chế, dung lượng thấp, tiếng ồn khó chịu và nhiễu xảy ra khi di

động chuyên dịch trong môi trường phẳng đa tia, không đáp ứng được các dịch vụ mới hấp dẫn đối với khách hàng, không cho phép giảm đáng kể giá thành của thiết bị di động và cơ sở hạ tầng, không đảm bảo tính bí mật của các cuộc gọi, không tương thích giữa các hệ thống khác nhau, đặc biệt ở châu Âu, làm cho thuê bao không thể sử dụng được máy di động của mình ở nước khác. Bảng 1.1 liệt kê một vài thông số chính của các hệ thống di động:

Tham số	AMPS	NMT 900	NMT 450
Băng tần	800 MHz	900 MHz	450 – 470 MHz
Khoảng cách kênh	30 KHz	25 / 12.5 KHz	25 / 29 KHz
Khoảng cách song công	45 MHz	45 MHz	10 MHz
Các kênh	832	1000 (1999)	180 / 225
Loại điều chế	FM	FM	FM
Kế hoạch ô	4, 7, 12	4, 9, 12	7
Điều chế kênh điều khiển	FSK	FFSK	FFSK
Độ lệch kênh điều khiển	8 KHz	3.5 MHz	3.5 MHz
Mã kênh điều khiển	Manchester	NRZ	NRZ
Dung lượng kênh điều khiển	77000	13000	13000
Tốc độ truyền dẫn	10 Kbps	1.2 Kbps	1.2 Kbps

Bảng 1.1 Các thông số của một vài hệ thống thông tin di động

Nhược điểm của thế hệ 1G là dung lượng thấp, xác suất rớt cuộc gọi cao, khả năng chuyển cuộc gọi không tin cậy, chất lượng âm thanh kém, không có chế độ bảo mật...

1.1.2. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai (2G)

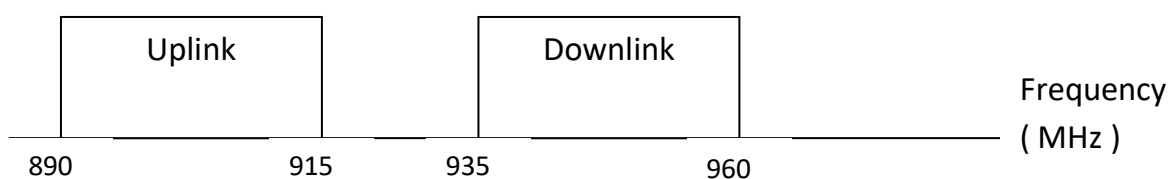
Khi số lượng thuê bao di động tăng lên nhanh chóng, hệ thống thông tin di động thứ nhất sử dụng các bộ chuyên mạch tương tự đã không còn đáp ứng được nữa. Các nhà mạng cần phải có biện pháp nâng cao dung lượng của mạng, chất lượng các cuộc đàm thoại cũng như cung cấp thêm một số lượng dịch vụ bổ sung cho mạng. Để giải quyết vấn đề này các nhà nghiên cứu áp dụng việc số hóa hệ thống điện thoại di động cùng với các kỹ thuật đa truy nhập mới, và điều này dẫn tới sự ra đời của hệ thống điện thoại di động thế hệ thứ 2 hay còn gọi tắt là 2G.

Hệ thống 2G dựa trên nền tảng công nghệ kỹ thuật điện tử số, ứng dụng kỹ thuật đa truy cập phân chia theo thời gian (TDMA - Time Division Multiple Access) và đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA – Code Division Multiple Access). Hệ thống này có nhiều ưu điểm vượt trội hơn hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất vì ngoài dịch vụ thoại truyền thống.

Hệ thống 2G còn cung cấp thêm một số dịch vụ truyền dữ liệu, tuy tốc độ còn thấp. Một số hệ thống di động 2G tiêu biểu như GSM (Global System for Mobile Communication), IS-95 (Iterim Standard-95).

Trong đó GSM được sử dụng rộng rãi nhất, hệ thống thông tin di động GSM đầu tiên được triển khai vào khoảng năm 1991. GSM kết hợp kỹ thuật truy nhập TDMA và FDMA và sử dụng hai dải tần số xung quanh 900 MHz, (hình 1.1).

Băng tần đầu tiên cho đường lên hoạt động ở 890 MHz đến 915 MHz. Băng tần thứ hai dành cho đường xuống hoạt động tại 935 MHz đến 960 MHz. Mỗi kênh vật lý có băng thông là 200 KHz và có 8 khe thời gian, mỗi khe thời gian được gán cho một người sử dụng. Để tăng thêm dung lượng cho các hệ thống thông tin di động, tần số của các hệ thống được chuyển từ vùng 800 – 900 MHz vào vùng 1.8 – 1.9 GHz. Một số nước đã đưa vào sử dụng cả hai tần số (Dual Band).



Hình 1.1 Sự phân bố tần số trong hệ thống GSM

Sơ đồ đa truy nhập	TDMA
Phân bố tần số	đường lên: 890-915 MHz Đường xuống: 935-960 MHz
Băng thông kênh	200 KHz
Tốc độ điều chế dữ liệu trên kênh vô tuyến	270.8333 Kb/s
Điều chế	0.3 GMSK
Mã hoá kênh	kết hợp mã hoá khối và mã xoắn

Bảng 1.2 Các thông số chính của hệ thống GSM

Kể từ khi ra đời, các hệ thống GSM đã phát triển với một tốc độ hết sức nhanh chóng và có mặt ở nhiều quốc gia. Ở Việt Nam hệ thống thông tin di động số GSM được đưa vào từ năm 1993 và được khai thác, áp dụng rộng rãi trên toàn quốc

Có 4 chuẩn chính đối với hệ thống 2G: Hệ Thống Thông Tin Di Động Toàn Cầu (GSM); AMPS số (D-AMPS); Đa Truy Cập Phân Chia Theo Mã IS-95; và Mạng tế bào Số Cá Nhân (PDC). GSM đạt được thành công nhất và được sử dụng rộng rãi trong hệ thống 2G.

❖ GSM

GSM cơ bản sử dụng băng tần 900MHz. Sử dụng kỹ thuật đa truy nhập theo thời gian TDMA. nhưng ở đây cũng có một số những phát sinh, 2 vấn đề

quan trọng là hệ thống mô hình số 1800 (DCS 1800; cũng được biết như GSM 1800) và PCS 1900 (hay GSM 1900). Sau này chỉ được sử dụng ở Bắc Mỹ và Chilê, và DCS 1800 thì được tìm thấy ở một số khu vực khác trên thế giới. Nguyên do đầu tiên về băng tần số mới là do sự thiếu dung lượng đối với băng tần 900 MHz. Băng tần 1800MHz có thể được sử dụng ý nghĩa và phổ biến hơn đối với người sử dụng. vì thế nó đã trở nên hoàn toàn phổ biến, đặc biệt trong những khu vực đông dân cư. Vì thế đồng thời cả 2 băng tần di động đều được sử dụng, ở đây điện thoại sử dụng băng tần 1800MHz khi có thành phần khác sử dụng lên trên mạng 900MHz.

Hệ thống GSM 900 làm việc trong một băng tần hẹp, dài tần cơ bản từ (890- 960MHz). Trong đó băng tần cơ bản được chia làm 2 phần :

+ Đường lên từ (890 - 915) MHz.

+ Đường xuống từ (935 - 960)MHz.

Băng tần gồm 124 sóng mang được chia làm 2 băng, mỗi băng rộng 25MHz, khoảng cách giữa 2 sóng mang kề nhau là 200KHz. Mỗi kênh sử dụng 2 tần số riêng biệt cho 2 đường lên và xuống gọi là kênh song công. Khoảng cách giữa 2 tần số là không đổi bằng 45MHz. Mỗi kênh vô tuyến mang 8 khe thời gian TDMA và mỗi khe thời gian là một kênh vật lý trao đổi thông tin giữa MS và mạng GSM. Tốc độ từ 6.5 - 13 Kbps.

Từ năm 1989 GSM được chuyển nhượng cho Viện tiêu chuẩn viễn thông Châu Âu (ETSI) và được viện phát triển qua nhiều giai đoạn. Đến năm 1997 mới hoàn thành tiêu chuẩn đầy đủ thành GSM 2G có kết hợp với dịch vụ số liệu chuyển mạch tốc độ cao (HSCSD) và dịch vụ truyền sóng vô tuyến gói đa dụng (GPRS).

Trong đó :

❖ *HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)* - Chuyển mạch kênh tốc độ cao:

Nhược điểm các hệ thống thông tin di động sử dụng công nghệ GSM là tốc độ truyền dữ liệu chậm. Tốc độ về mặt lý thuyết là 14.4Kbps, thực tế đo

được chỉ khoảng 9.6Kbps. Do vậy khi áp dụng công nghệ HSCSD sẽ làm tăng tốc độ truyền tải dữ liệu cả hệ thống. Cốt lõi công nghệ này là việc sử dụng ghép kênh theo thời gian, một trạm di động có thể sử dụng nhiều khe thời gian cho một kết nối dữ liệu tối đa là 4 khe thời gian. Một khe thời gian có thể sử dụng tốc độ 9.6Kbps hoặc 14.4Kbps. Toàn bộ tốc độ chính là số khe thời gian nhân với tốc độ dữ liệu của một khe thời gian. HSCSD phân bố việc sử dụng khe thời gian một cách liên tục ngay cả khi không có dữ liệu truyền đi.

❖ *GPRS (General Packet Radio Service)* - Dịch vụ truyền dữ liệu theo gói:

GPRS là một hệ thống vô tuyến thuộc giai đoạn trung gian, nhưng vẫn là hệ thống 3G nếu xét về mạng lõi. GPRS cung cấp các kết nối số liệu chuyển mạch gói với tốc độ truyền lên tới 171,2Kbps (tốc độ số liệu đỉnh) và hỗ trợ giao thức Internet TCP/IP và X25, nhờ vậy tăng cường đáng kể các dịch vụ số liệu của GSM.

Việc tích hợp GPRS vào mạng GSM được thực hiện rất đơn giản. Một phần các khe trên giao diện vô tuyến dành cho GPRS, cho phép ghép kênh số liệu gói được lập lịch trình trước đối với một số trạm di động. Phần hệ trạm gốc chỉ cần nâng cấp một phần nhỏ liên quan đến khối điều khiển gói (*PCU - Packet Control Unit*) để cung cấp khả năng định tuyến gói giữa các đầu cuối di động các nút cổng (*gateway*). Một nâng cấp nhỏ về phần mềm cũng cần thiết để hỗ trợ các hệ thống mã hoá kênh khác nhau. Mạng lõi GSM được tạo thành từ các kết nối chuyển mạch kênh được mở rộng bằng cách thêm vào các nút chuyển mạch số liệu và gateway mới, được gọi là GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) và SGSN (*Serving GPRS Support Node*). GPRS là một giải pháp đã được chuẩn hoá hoàn toàn với các giao diện mở rộng và có thể chuyển thẳng lên 3G về cấu trúc mạng lõi.

❖ *EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)*: Tốc độ số liệu tăng cường để phát triển GSM: EDGE có thể phát nhiều bit gấp 3 lần GPRS trong một chu kỳ. Đây là lý do chính cho tốc độ bit EDGE cao hơn. ITU đã định

nghĩa 384kbps là giới hạn tốc độ dữ liệu cho dịch vụ để thực hiện chuẩn IMT-2000 trong môi trường không lý tưởng. 384kbps tương ứng với 48kbps trên mỗi khe thời gian, giả sử một đầu cuối có 8 khe thời gian.

EDGE là một kỹ thuật truyền dẫn 3G đã được chấp nhận và có thể triển khai trong phổ tần hiện có của các nhà khai thác TDMA và GSM. EDGE tái sử dụng băng tần sóng mang và cấu trúc khe thời gian của GSM, và được thiết kế nhằm tăng tốc độ số liệu của người sử dụng trong mạng GPRS hoặc HSCSD bằng cách sử dụng các hệ thống cao cấp và công nghệ tiên tiến khác. Vì vậy, cơ sở hạ tầng và thiết bị đầu cuối hoàn toàn phù hợp với EDGE hoàn toàn tương thích với GSM và GRPS.

❖ *IS-95*: Hệ thống mạng tế bào IS-95A được Qualcomm cho ra mắt vào những năm 1990 sử dụng kỹ thuật truy nhập vô tuyến CDMA. CDMA chia sẻ cùng một giải tần chung. Mọi khách hàng có thể nói đồng thời và tín hiệu được phát đi trên cùng một giải tần. Các kênh thuê bao được tách biệt bằng cách sử dụng mã ngẫu nhiên. Các tín hiệu của nhiều thuê bao khác nhau sẽ được mã hoá bằng các mã ngẫu nhiên khác nhau, sau đó được trộn lẫn và phát đi trên cùng một giải tần chung và chỉ được phục hồi duy nhất ở thiết bị thuê bao (máy điện thoại di động) với mã ngẫu nhiên tương ứng. IS 95A(2G) phát triển tiếp lên IS 95B(2.5G)

Một số tính năng nổi bật của thế hệ thông tin di động 2.5G:

- Các dịch vụ mạng mới và cải thiện các dịch vụ liên quan đến truyền số liệu như nén số liệu của người sử dụng, số liệu chuyển mạch kênh tốc độ cao (HSCSD: High Speed Circuit Switched Data), dịch vụ vô tuyến gói chung (GPRS: General Packet Radio Service) và số liệu 144 Kbps.
- Các tính năng liên quan đến dịch vụ tiếng như: Codec tiếng toàn tốc tăng cường (EFC: Enhanced Full Rate Codec), Codec đa tốc độ thích ứng và khai thác tự do đầu cuối các Codec tiếng.
- Các dịch vụ bổ sung như chuyển hướng cuộc gọi, hiện tên chủ gọi, chuyển

giao cuộc gọi và dịch vụ cầm gọi mới.

- Cải thiện liên quan đến dịch vụ bản tin ngắn (SMS: Short Message Service) như: Tăng dung lượng các bản tin nhắn SMS, mở rộng bảng chữ cái, mở rộng tương tác giữa các SMS.

- Các công việc liên quan đến tính cước như: các dịch vụ trả tiền thoại trước, tính cước nóng và hỗ trợ cho ưu tiên vùng gia đình.

- Tăng cường công nghệ SIM.

Mặc dù hệ thống thông tin di động 2G được coi là những tiến bộ đáng kể nhưng vẫn gặp phải các hạn chế sau: Tốc độ thấp và tài nguyên vô tuyến hạn hẹp. Vì thế cần thiết phải chuyển đổi lên mạng thông tin di động thế hệ tiếp theo để cải thiện dịch vụ truyền số liệu, nâng cao tốc độ bit và tài nguyên được chia sẻ... Mặt khác, khi các hệ thống thông tin di động ngày càng phát triển, không chỉ số lượng người sử dụng điện thoại di động tăng lên, mở rộng thị trường mà người sử dụng còn đòi hỏi các dịch vụ tiên tiến hơn không chỉ là các dịch vụ cuộc gọi thoại truyền thống và dịch vụ số liệu tốc độ thấp hiện có trong mạng hiện tại. Nhu cầu của thị trường có thể phân loại thành các lĩnh vực như: Dịch vụ dữ liệu máy tính, dịch vụ viễn thông, dịch vụ nội dung số như âm thanh hình ảnh. Những lý do trên thúc đẩy các tổ chức nghiên cứu phát triển hệ thống thông tin di động trên thế giới tiến hành nghiên cứu và đã áp dụng trong thực tế chuẩn mới cho hệ thống thông tin di động: Thông tin di động 3G

1.1.3. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ 3 (3G)

Vào năm 1992, ITU công bố chuẩn IMT-2000 (International Mobile Telecommunication -2000) cho hệ thống 3G với các ưu điểm chính được mong đợi đem lại bởi hệ thống 3G là:

- + Cung cấp dịch vụ thoại chất lượng cao.
- + Các dịch vụ tin nhắn (e-mail, fax, SMS, chat, ...).
- + Các dịch vụ đa phương tiện (xem phim, xem truyền hình, nghe

nhạc,...).

+ Truy nhập Internet (duyệt Web, tải tài liệu, ...).

+ Sử dụng chung một công nghệ thống nhất, đảm bảo sự tương thích toàn cầu giữa các hệ thống.

Để thoả mãn các dịch vụ đa phương tiện cũng như đảm bảo khả năng truy cập Internet băng thông rộng, IMT-2000 hứa hẹn cung cấp băng thông 2Mbps, nhưng thực tế triển khai chỉ ra rằng với băng thông này việc chuyển giao rất khó, vì vậy chỉ có những người sử dụng không di động mới được đáp ứng băng thông kết nối này, còn khi đi bộ băng thông sẽ là 384 Kbps, khi di chuyển bằng ô tô sẽ là 144Kbps. Các hệ thống 3G điển hình là:

❖ *UMTS (W-CDMA)*

UMTS (Universal Mobile Telephone System), dựa trên công nghệ W-CDMA, là giải pháp được ưa chuộng cho các nước đang triển khai các hệ thống GSM muốn chuyển lên 3G. UMTS được hỗ trợ bởi Liên Minh Châu Âu và được quản lý bởi 3GPP tổ chức chịu trách nhiệm cho các công nghệ GSM, GPRS. UMTS hoạt động ở băng thông 5MHz, cho phép các cuộc gọi có thể chuyển giao một cách hoàn hảo giữa các hệ thống UMTS và GSM đã có. Những đặc điểm của WCDMA như sau:

+WCDMA sử dụng kênh truyền dẫn 5 MHz để chuyển dữ liệu. Nó cũng cho phép việc truyền dữ liệu ở tốc độ 384 Kbps trong mạng di động và 2 Mbps trong hệ thống tĩnh.

+Kết cấu phân tầng: Hệ thống UMTS dựa trên các dịch vụ được phân tầng, không giống như mạng GSM. Ở trên cùng là tầng dịch vụ, đem lại những ưu điểm như triển khai nhanh các dịch vụ, hay các địa điểm được tập trung hóa. Tầng giữa là tầng điều khiển, giúp cho việc nâng cấp các quy trình và cho phép mạng lưới có thể được phân chia linh hoạt. Cuối cùng là tầng kết nối, bất kỳ công nghệ truyền dữ liệu nào cũng có thể được sử dụng và dữ liệu âm thanh sẽ được chuyển qua ATM/AAL2 hoặc IP/RTP.

+Tần số: hiện tại có 6 băng sử dụng cho UMTS/WCDMA, tập trung vào UMTS tần số cấp phát trong 2 băng đường lên (1885 MHz- 2025 MHz) và đường xuống (2110 MHz - 2200 MHz).

Sự phát triển của WCDMA lên 3.5G là HSxPA

❖ *CDMA2000*

Một chuẩn 3G quan trọng khác là CDMA2000, chuẩn này là sự tiếp nối đối với các hệ thống đang sử dụng công nghệ CDMA trong thế hệ 2. CDMA2000 được quản lý bởi 3GPP2, một tổ chức độc lập và tách rời khỏi 3GPP của UMTS. CDMA2000 có tốc độ truyền dữ liệu từ 144Kbps đến Mbps.

❖ *TD-SCDMA*

Chuẩn được ít biết đến hơn là TD-SCDMA đang được phát triển tại Trung Quốc bởi các công ty Datang và Siemens. Hiện tại có nhiều chuẩn công nghệ cho 2G nên

sẽ có nhiều chuẩn công nghệ 3G đi theo, tuy nhiên trên thực tế chỉ có 2 tiêu chuẩn quan trọng nhất đã có sản phẩm thương mại và có khả năng được triển khai rộng rãi trên toàn thế giới là WCDMA (FDD) và CDMA 2000. WCDMA được phát triển trên cơ sở tương thích với giao thức của mạng lõi GSM (GSM MAP), một hệ thống chiếm tới 65% thị trường thế giới. Còn CDMA 2000 nhằm tương thích với mạng lõi IS-41, hiện chiếm 15% thị trường.

1.1. Giới thiệu về mạng 4G LTE

LTE là thế hệ thứ tư của chuẩn UMTS do 3GPP phát triển. UMTS thế hệ thứ ba dựa trên WCDMA đã được triển khai trên toàn thế giới. Để đảm bảo tính cạnh tranh cho hệ thống này trong tương lai, tháng 11/2004 3GPP đã bắt đầu dự án nhằm xác định bước phát triển về lâu dài cho công nghệ di động UMTS với tên gọi Long Term Evolution (LTE). 3GPP đặt ra yêu cầu cao cho LTE, bao gồm giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp dịch vụ tốt hơn,

sử dụng linh hoạt các băng tần hiện có và băng tần mới, đơn giản hóa kiến trúc mạng với các giao tiếp mở và giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ ở thiết bị đầu cuối.

Mục tiêu của LTE là cung cấp 1 dịch vụ dữ liệu tốc độ cao, độ trễ thấp, các gói dữ liệu được tối ưu, công nghệ vô tuyến hỗ trợ băng thông một cách linh hoạt khi triển khai. Đồng thời kiến trúc mạng mới được thiết kế với mục tiêu hỗ trợ lưu

lượng chuyển mạch gói cùng với tính di động linh hoạt, chất lượng của dịch vụ, thời gian trễ tối thiểu.

1- Tăng tốc độ truyền dữ liệu : Trong điều kiện lý tưởng hệ thống hỗ trợ tốc độ dữ liệu đường xuống đỉnh lên tới 326Mb/s với cấu hình 4*4 MIMO (multiple input multiple output) trong vòng 20MHZ băng thông. MIMO cho đường lên là không được sử dụng trong phiên bản đầu tiên của chuẩn LTE. Tốc độ dữ liệu đỉnh đường lên tới 86Mb/s trong 20MHZ băng thông. Ngoài việc cải thiện tốc độ dữ liệu đỉnh hệ thống LTE còn cung cấp hiệu suất phổ cao hơn từ 2 đến 4 lần của hệ thống HSPA phiên bản 6.

2- Dải tần co giãn được : Dải tần vô tuyến của hệ thống LTE có khả năng mở rộng từ 1.4 MHz, 3MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz và 20 MHz cả chiều lên và xuống. Điều này dẫn đến sự linh hoạt sử dụng được hiệu quả băng thông. Mức thông suất cao hơn khi hoạt động ở băng tần cao và đối với một số ứng dụng không cần đến băng tần rộng chỉ cần một băng tần vừa đủ thì cũng được đáp ứng.

3- Đảm bảo hiệu suất khi di chuyển : LTE tối ưu hóa hiệu suất cho thiết bị đầu cuối di chuyển từ 0 đến 15km/h, vẫn hỗ trợ với hiệu suất cao (chỉ giảm đi một ít) khi di chuyển từ 15 đến 120km/h, đối với vận tốc trên 120 km/h thì hệ thống vẫn duy trì được kết nối trên toàn mạng tế bào, chức năng hỗ trợ từ 120 đến 350km/h hoặc thậm chí là 500km/h tùy thuộc vào băng tần.

4- Giảm độ trễ trên mặt phẳng người sử dụng và mặt phẳng điều khiển:

❖ Giảm thời gian chuyển đổi trạng thái trên mặt phẳng điều khiển : Giảm thời gian để một thiết bị đầu cuối (UE - User Equipment) chuyển từ trạng thái nghỉ sang nối kết với mạng, và bắt đầu truyền thông tin trên một kênh truyền. Thời gian này phải nhỏ hơn 100ms.

❖ Giảm độ trễ ở mặt phẳng người dùng: Nhược điểm của các mạng tổ ong (Cell) hiện nay là độ trễ đường truyền cao hơn nhiều so với các mạng đường dây cố định. Điều này ảnh hưởng lớn đến các ứng dụng như thoại và chơi game .. vì cần thời gian thực. Giao diện vô tuyến của LTE và mạng lưới cung cấp khả năng độ trễ dưới 10ms cho việc truyền tải 1 gói tin từ mạng tới UE.

5- Sẽ không còn chuyển mạch kênh : Tất cả sẽ dựa trên IP. Một trong những tính năng đáng kể nhất của LTE là sự chuyển dịch đến mạng lõi hoàn toàn dựa trên IP với giao diện mở và kiến trúc đơn giản hóa. Sâu xa hơn, phần lớn công việc chuẩn hóa của 3GPP nhắm đến sự chuyển đổi kiến trúc mạng lõi đang tồn tại sang hệ thống toàn IP. Trong 3GPP. Chúng cho phép cung cấp các dịch vụ linh hoạt hơn và sự liên hoạt động đơn giản với các mạng di động phi 3GPP và các mạng cố định. EPC dựa trên các giao thức TCP/IP - giống như phần lớn các mạng số liệu cố định ngày nay- vì vậy cung cấp các dịch vụ giống PC như thoại, video, tin nhắn và các dịch vụ đa phương tiện. Sự chuyển dịch lên kiến trúc toàn

gói cũng cho phép cải thiện sự phối hợp với các mạng truyền thông không dây và cố định khác. VoIP sẽ dùng cho dịch vụ thoại.

6- Độ phủ sóng từ 5-100km : Trong vòng bán kính 5km LTE cung cấp tối ưu về lưu lượng người dùng, hiệu suất phổ và độ di động. Phạm vi lên đến 30km thì có một sự giảm nhẹ cho phép về lưu lượng người dùng còn hiệu suất phổ thì lại giảm một cách đáng kể hơn nhưng vẫn có thể chấp nhận được, tuy nhiên yêu cầu về độ di động vẫn được đáp ứng. dung lượng hơn 200 người/ô (băng thông 5 MHz).

7- Kiến trúc mạng sẽ đơn giản hơn so với mạng 3G hiện thời. Tuy nhiên

mạng LTE vẫn có thể tích hợp một cách dễ dàng với mạng 3G và 2G hiện tại. Điều này hết sức quan trọng cho nhà cung cấp mạng triển khai LTE vì không cần thay đổi toàn bộ cơ sở hạ tầng mạng đã có.

8- OFDMA ,SC-FDMA và MIMO được sử dụng trong LTE : Hệ thống này hỗ trợ băng thông linh hoạt nhờ các sơ đồ truy nhập OFDMA & SC-FDMA. Ngoài ra còn có song công phân chia tần số FDD và song công phân chia thời gian TDD. Bán song công FDD được cho phép để hỗ trợ cho các người sử dụng với chi phí thấp .không giống như FDD, trong hoạt động bán song công FDD thì một UE không cần thiết truyền & nhận đồng thời . Điều này tránh việc phải đầu tư một bộ song công đắt tiền trong UE. Truy nhập đường lên về cơ bản dựa trên đa truy nhập phân chia tần số đơn sóng mang SC-FDMA hứa hẹn sẽ gia tăng vùng phủ sóng đường lên do tỉ số công suất đỉnh-trung bình thấp (PARR) liên quan tới OFDMA.

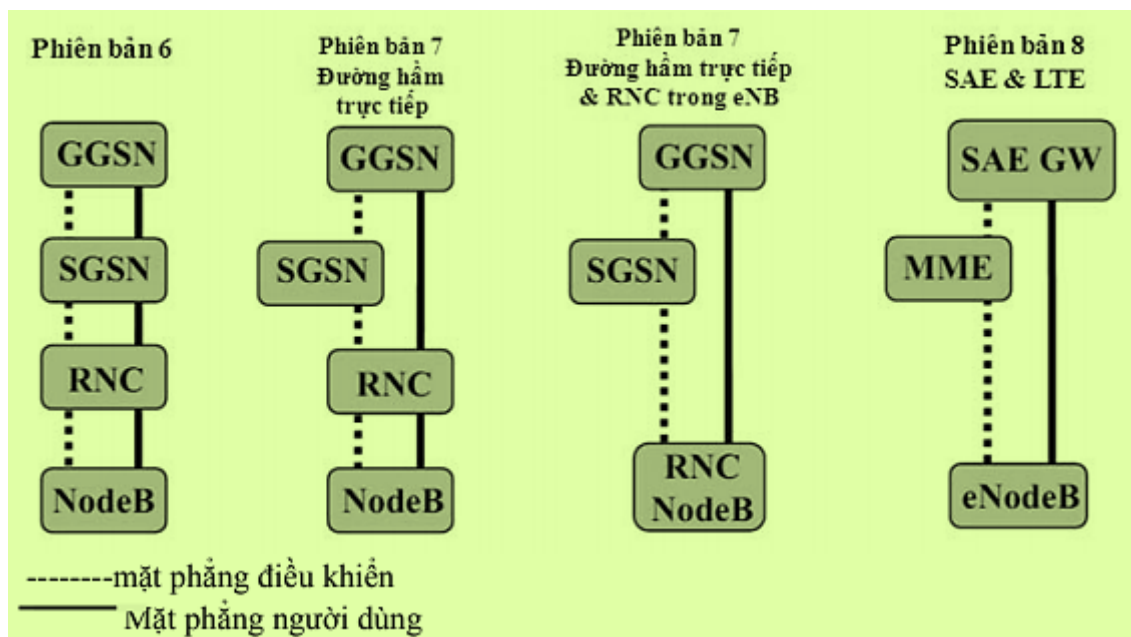
9- Giảm chi phí : Yêu cầu đặt ra cho hệ thống LTE là giảm thiểu được chi phí trong khi vẫn duy trì được hiệu suất nhằm đáp ứng được cho tất cả các dịch vụ.Các vấn đề đường truyền,hoạt động và bảo dưỡng cũng liên quan đến yếu tố chi phí,chính vì vậy không chỉ giao tiếp mà việc truyền tải đến các trạm gốc và hệ thống quản lý cũng cần xác định rõ, ngoài ra một số vấn đề cũng được yêu cầu như là độ phức tạp thấp,các thiết bị đầu cuối tiêu thụ ít năng lượng.

10- Cùng tồn tại với các chuẩn và hệ thống trước: Hệ thống LTE phải cùng tồn tại và có thể phối hợp hoạt động với các hệ thống 3GPP khác .Người sử dụng LTE sẽ có thể thực hiện các cuộc gọi từ thiết bị đầu cuối của mình và thậm chí khi họ không nằm trong vùng phủ sóng của LTE. Do đó, cho phép chuyển giao các dịch vụ xuyên suốt, trôi chảy trong khu vực phủ sóng của HSPA, WCDMA hay GSM/GPRS/EDGE. Hơn thế nữa, LTE hỗ trợ không chỉ chuyển giao trong hệ thống, liên hệ thống mà còn chuyển giao liên miền giữa miền chuyển mạch gói và miền chuyển mạch kênh.

CHƯƠNG 2 - KIẾN TRÚC MẠNG VÀ GIAO THỨC

1.1. Kiến trúc mạng LTE

Nhiều các mục tiêu với ngụ ý rằng một kiến trúc phẳng sẽ cần được phát triển. Kiến trúc phẳng với ít nút tham gia sẽ làm giảm độ trễ và cải thiện hiệu suất. Phát triển theo hướng này đã được bắt đầu từ phiên bản 7. Nơi ý tưởng đường hầm trực tiếp cho phép mặt phẳng người dùng (UP) bỏ qua SGSN.



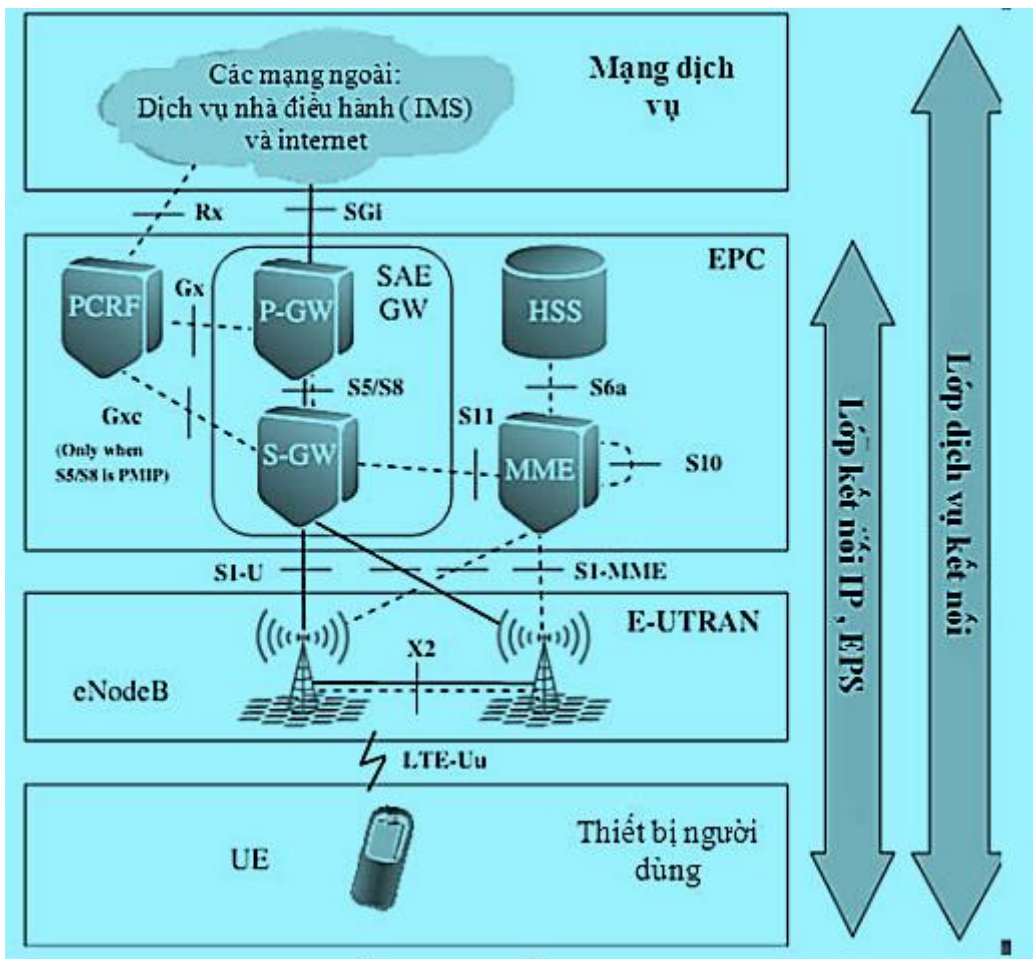
Hình 2.1 Phát triển kiến trúc 3GPP

Kiến trúc mạng LTE được thiết kế với mục tiêu hỗ trợ lưu lượng chuyển mạch gói với tính di động linh hoạt, chất lượng dịch vụ (QoS) và độ trễ tối thiểu. Một phương pháp chuyển mạch gói cho phép hỗ trợ tất cả các dịch vụ bao gồm cả thoại thông qua các kết nối gói. Kết quả là trong một kiến trúc phẳng hơn, rất đơn giản chỉ với 2 loại nút cụ thể là nút B phát triển (eNB) và phần tử quản lý di động / công (MME/GW). Điều này hoàn toàn trái ngược với nhiều nút mạng trong kiến trúc mạng phân cấp hiện hành của hệ thống 3G. Một thay đổi lớn nữa là phần điều khiển mạng vô tuyến (RNC) được loại bỏ khỏi đường dữ liệu và chức năng của nó hiện nay được thành lập ở eNB. Một số ích lợi của một nút duy nhất trong mạng truy nhập là giảm độ trễ và

phân phối của việc xử lý tải RNC vào nhiều eNB. Việc loại bỏ RNC ra khỏi mạng truy nhập có thể một phần do hệ thống LTE không hỗ trợ chuyên giao mềm.

1.1.1. Tổng quan về cấu hình kiến trúc cơ bản hệ thống

Hình 2.2 miêu tả kiến trúc và các thành phần mạng trong cấu hình kiến trúc nơi chỉ có một E-UTRAN tham gia. Hình này cũng cho thấy sự phân chia kiến trúc thành bốn vùng chính: thiết bị người dùng (UE) ; UTRAN phát triển(E-UTRAN); mạng lõi gói phát triển(EPC); và các vùng dịch vụ.



Hình 2.2 Kiến trúc và các thành phần mạng

UE, E-UTRAN và EPC đại diện cho các giao thức internet (IP) ở lớp kết nối. Đây là một phần của hệ thống được gọi là hệ thống gói phát triển (EPS). Chức năng chính của lớp này là cung cấp kết nối dựa trên IP và nó được tối ưu hóa cao cho mục tiêu duy nhất. Tất cả các dịch vụ được cung cấp dựa trên

IP, tất cả các nút chuyên mạch và các giao diện được nhìn thấy trong kiến trúc 3GPP trước đó không có mặt ở E-UTRAN và EPC. Công nghệ IP chiếm ưu thế trong truyền tải, nơi mà mọi thứ được thiết kế để hoạt động và truyền tải trên IP.

Các hệ thống con đa phương tiện IP (IMS) là một ví dụ tốt về máy móc thiết bị phục vụ có thể được sử dụng trong lớp kết nối dịch vụ để cung cấp các dịch vụ dựa trên kết nối IP được cung cấp bởi các lớp thấp hơn. Ví dụ, để hỗ trợ dịch vụ thoại thì IMS có thể cung cấp thoại qua IP (VoIP) và sự kết nối tới các mạng chuyên mạch-mạch cũ PSTN và ISDN thông qua các cổng đa phương tiện của nó điều khiển.

Sự phát triển của E-UTRAN tập chung vào một nút, nút B phát triển (eNode B). Tất cả các chức năng vô tuyến kết thúc ở đó, tức là eNB là điểm kết thúc cho tất cả các giao thức vô tuyến có liên quan. E-UTRAN chỉ đơn giản là một mạng lưới của các eNodeB được kết nối tới các eNodeB lân cận với giao diện X2.

Một trong những thay đổi kiến trúc lớn là trong khu vực mạng lõi là EPC không có chứa một vùng chuyên mạch-mạch, và không có kết nối trực tiếp tới các mạng chuyên mạch-mạch truyền thống như ISDN và PSTN là cần thiết trong lớp này. Các chức năng của EPC là tương đương với vùng chuyên mạch gói của mạng 3GPP hiện tại. Tuy nhiên những thay đổi đáng kể trong việc bố trí các nút chức năng và kiến trúc phần này nên được coi như là hoàn toàn mới.

Cả hai hình 2.1 và 2.2 cho thấy có một phần tử gọi là SAE GW. Như hình 2.2 cho thấy đó là sự kết hợp của hai cổng là cổng phục vụ (S-GW) và cổng mạng dữ liệu gói (P-GW) điều này được định nghĩa cho các xử lý UP trong EPC. Gộp chúng lại với nhau thành SAE GW. Cấu hình kiến trúc cơ bản hệ thống và chức năng của nó được ghi trong 3GPP TS 23.401.

1.1.2. Thiết bị người dùng (UE)

UE là thiết bị mà người dùng đầu cuối sử dụng để liên lạc. Thông thường

nó là những thiết bị cầm tay như điện thoại thông minh hoặc một thẻ dữ liệu như mọi người vẫn đang sử dụng hiện tại trong mạng 2G và 3G. Hoặc nó có thể được nhúng vào, ví dụ một máy tính xách tay. UE cũng có chứa các module nhận dạng thuê bao toàn cầu (USIM). Nó là một module riêng biệt với phần còn lại của UE, thường được gọi là thiết bị đầu cuối (TE). USIM là một ứng dụng được đặt vào một thẻ thông minh có thể tháo rời được gọi là thẻ mạch tích hợp toàn cầu (UICC). USIM được sử dụng để nhận dạng và xác thực người sử dụng để lấy khóa bảo mật nhằm bảo vệ việc truyền tải trên giao diện vô tuyến.

Các chức năng của UE là nền tảng cho các ứng dụng truyền thông, mà có tin hiệu với mạng để thiết lập, duy trì và loại bỏ các liên kết thông tin người dùng cần. Điều này bao gồm các chức năng quản lý tính di động như chuyển giao, báo cáo vị trí của thiết bị, và các UE phải thực hiện theo hướng dẫn của mạng. Có lẽ quan trọng nhất là UE cung cấp giao diện người sử dụng cho người dùng cuối để các ứng dụng như VoIP có thể được sử dụng để thiết lập một cuộc gọi thoại.

1.1.3. E-UTRAN NodeB (eNodeB)

Nút duy nhất trên E-UTRAN là E-UTRAN NodeB (eNodeB). Đơn giản đặt eNB là một trạm gốc vô tuyến kiểm soát tất cả các chức năng vô tuyến liên quan trong phần cố định của hệ thống. Các trạm gốc như eNodeB thường phân bố trên toàn khu vực phủ sóng của mạng. Mỗi eNodeB thường cư trú gần các anten vô tuyến hiện tại của chúng.

Chức năng của eNodeB hoạt động như một cầu nối giữa 2 lớp là UE và EPC, nó là điểm cuối của tất cả các giao thức vô tuyến về phía UE, và tiếp nhận dữ liệu giữa các kết nối vô tuyến và các kết nối IP cơ bản tương ứng về phía EPC. Trong vai trò này các EPC thực hiện mã hóa / giải mã các dữ liệu UP, và cũng có nén / giải nén tiêu đề IP, tránh việc gửi đi lặp lại giống nhau hoặc dữ liệu liên tiếp trong tiêu đề IP.

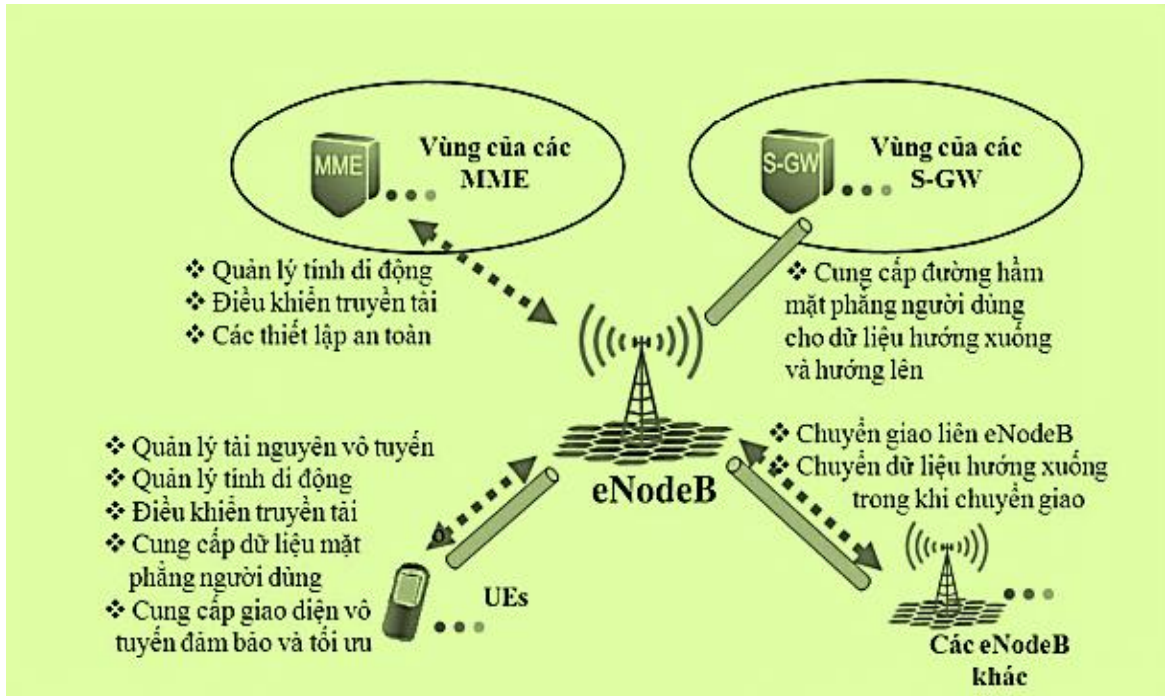
eNodeB cũng chịu trách nhiệm về nhiều các chức năng của mặt phẳng điều khiển (CP). eNB chịu trách nhiệm về quản lý tài nguyên vô tuyến (RRM), tức là kiểm soát việc sử dụng giao diện vô tuyến, bao gồm: phân bổ tài nguyên dựa trên yêu cầu, ưu tiên và lập lịch trình lưu lượng theo yêu cầu QoS, và liên tục giám sát tình hình sử dụng tài nguyên.

Ngoài ra eNodeB còn có vai trò quan trọng trong quản lý tính di động (MM). Điều khiển eNodeB và đo đạc phân tích mức độ của tín hiệu vô tuyến được thực hiện bởi UE. Điều này bao gồm trao đổi tín hiệu chuyên giao giữa eNB khác và MME. Khi một UE mới kích hoạt theo yêu cầu của eNB và kết nối vào mạng, eNodeB cũng chịu trách nhiệm về việc định tuyến khi này nó sẽ đề nghị các MME mà trước đây đã phục vụ cho UE, hoặc lựa chọn một MME mới nếu một tuyến đường đến các MME trước đó không có sẵn hoặc thông tin định tuyến vắng mặt.

Hình 2.3 cho thấy các kết nối với eNodeB đã đến xung quanh các nút logic, và tóm tắt các chức năng chính trong giao diện này. Trong tất cả các kết nối eNB có thể là trong mối quan hệ một - nhiều hoặc nhiều - nhiều. Các eNodeB có thể phục vụ đồng thời nhiều UE trong vùng phủ sóng của nó nhưng mỗi UE chỉ được kết nối tới một eNodeB trong cùng một thời điểm. Các eNodeB sẽ cần kết nối tới các eNodeB lân cận với nó trong khi chuyển giao có thể cần thực hiện.

Cả hai MME và S-GW có thể được gộp lại, có nghĩa là một tập hợp các nút được phân công để phục vụ cho một tập hợp các eNodeB. Từ một viễn cảnh eNodeB đơn này có nghĩa là nó có thể cần phải kết nối tới nhiều MME và S-GW. Tuy nhiên mỗi UE sẽ được phục vụ bởi chỉ có một MME và S-GW tại một thời điểm và eNodeB phải duy trì theo dõi các liên kết này.

Sự kết hợp này sẽ không bao giờ thay đổi từ một điểm eNodeB duy nhất, bởi vì MME hoặc S-GW chỉ có thể thay đổi khi kết hợp với sự chuyển giao liên eNodeB.



Hình 2.2. Kiến trúc hệ thống cho mạng chỉ có E-UTRAN

1.1.4. MME (Mobility Management Entity) :

Quản lý di động(MME) là thành phần điều khiển chính trong EPC. Thông thường MME sẽ là một máy chủ ở một vị trí an toàn tại các cơ sở của nhà điều hành. Nó chỉ hoạt động trong các CP, và không tham gia vào con đường của UP dữ liệu.

Ngoài giao diện cuối vào MME trong kiến trúc thể hiện trong hình 2.2, MME còn có một kết nối logic trực tiếp tới UE, và kết nối này được sử dụng như là kênh điều khiển chính giữa UE và mạng. Sau đây là danh sách các chức năng chính của MME trong cấu hình kiến trúc cơ bản hệ thống :

❖ **Xác thực và bảo mật** : khi một UE đăng ký vào mạng lần đầu tiên, MME sẽ

khởi tạo sự xác thực, bằng cách thực hiện những điều sau: nó tìm ra danh tính thường trú của UE, hoặc từ các mạng truy nhập trước đó hoặc chính bản thân UE, yêu cầu từ bộ phục vụ thuê bao thường trú (HSS) trong mạng chủ của UE các điều khiển chứng thực có chứa các mệnh lệnh chứng thực - trả lời các cặp tham số, gửi các thử thách với UE và so sánh các trả lời nhận được từ UE vào

một trong những cái đã nhận từ mạng chủ. Chức năng này là cần thiết để đảm bảo các yêu cầu bảo vệ với UE. Các MME có thể lập lại chức năng xác thực khi cần thiết hoặc theo chu kỳ. Các chức năng này dùng để bảo vệ các thông tin liên lạc khỏi việc nghe trộm và từ sự thay đổi của bên thứ ba tương ứng trái phép. Để bảo vệ sự riêng tư của UE, MME cũng phân bổ cho mỗi UE một mã tạm thời gọi là mã nhận dạng tạm thời duy nhất toàn cầu(GUTI), do đó cần phải gửi mã nhận dạng thường trú UE - mã nhận dạng thuê bao di động quốc tế (IMIS) qua giao diện vô tuyến được giảm thiểu. Các GUTI có thể được cấp trở lại, ví dụ định kỳ để ngăn chặn theo dõi UE.

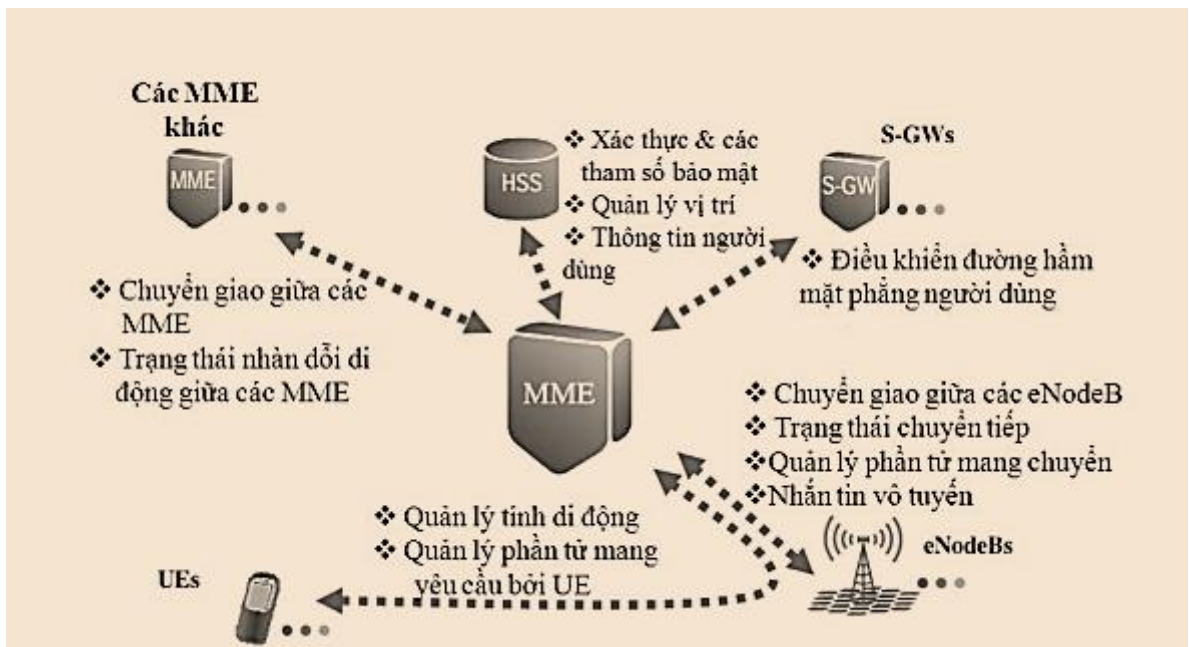
❖ **Quản lý di động:** MME theo dõi vị trí của tất cả các UE trong khu vực của mình, khi một UE đăng ký vào mạng lần đầu tiên, MME sẽ tạo ra một lối vào cho UE và tín hiệu với vị trí tới HSS trong mạng chủ của UE. MME yêu cầu tài nguyên thích hợp được thiết lập trong eNodeB, cũng như trong các S-GW mà nó lựa chọn cho UE. Các MME sau đó tiếp tục theo dõi vị trí của UE hoặc là dựa trên mức độ của eNB, nếu UE vẫn kết nối, tức là truyền thông đang hoạt động hoặc ở mức độ khu vực theo dõi (TA). MME điều khiển các thiết lập và giải phóng nguồn tài nguyên dựa trên những thay đổi chế độ hoạt động của UE. MME cũng tham gia vào việc điều khiển tín hiệu chuyển giao của UE trong chế độ hoạt động giữa các eNB, S-GW hoặc MME. MME tham gia vào mọi thay đổi của eNB vì không có phần tử điều khiển mạng vô tuyến riêng biệt nên nó đã ẩn hầu hết các sự kiện này. Một UE ở trạng thái rảnh dỗi nó sẽ báo cáo vị trí của nó hoặc là định kỳ, hoặc là khi nó chuyển tới một khu vực theo dõi. Nếu dữ liệu nhận được từ bên ngoài cho một UE rảnh dỗi, MME sẽ được thông báo, nó sẽ yêu cầu các eNB trong TA đã được lưu giữ cho UE tới vị trí nhớ của UE.

❖ **Quản lý hồ sơ thuê bao và dịch vụ kết nối:** vào thời điểm một UE đăng ký

vào mạng, các MME sẽ chịu trách nhiệm lấy hồ sơ đăng ký của nó từ mạng chủ về. Các MME sẽ lưu trữ thông tin này trong suốt thời gian phục vụ UE. Hồ sơ này xác định những gì các kết nối mạng dữ liệu gói được phân bổ tới các mạng ở tập tin đính kèm. Các MME sẽ tự động thiết lập mặc định phần tử

mang, cho phép các UE kết nối IP cơ bản. Điều này bao gồm tín hiệu CP với eNB và S-GW. Tại bất kỳ thời điểm nào sau này, các MME có thể cần tới được tham gia vào việc thiết lập phần tử mang dành riêng cho các dịch vụ được hưởng lợi xử lý cao hơn. Các MME có thể nhận được các yêu cầu thiết lập một phần tử mang dành riêng, hoặc từ các S-GW nếu yêu cầu bắt nguồn từ khu vực dịch vụ điều hành, hoặc trực tiếp từ UE, nếu UE yêu cầu kết nối cho một dịch vụ mà không được biết đến bởi khu vực dịch vụ điều hành, và do đó không thể được bắt đầu từ đó .

Hình 2.4 cho thấy các kết nối MME đến quanh các nút logic, và tóm tắt các chức năng chính trong giao diện này. Về nguyên tắc MME có thể được kết nối với bất kỳ MME khác trong hệ thống, nhưng thường kết nối được giới hạn trong một nhà điều hành mạng duy nhất. Các kết nối từ xa giữa các MME có thể được sử dụng khi một UE đã đi xa, trong khi đi đăng ký với một MME mới sau đó tìm kiếm nhận dạng thường trú mới của UE, sau đó lấy nhận dạng thường trú của UE, mã nhận dạng thuê bao di động quốc tế (IMIS), từ MME truy cập trước đó. Các kết nối giữa các MME với các MME lân cận được sử dụng trong chuyển giao.



Hình 2.4 Nguyên tắc hoạt động của MME

HSS cũng cần được hỗ trợ, các HSS nằm trong mạng chủ của người

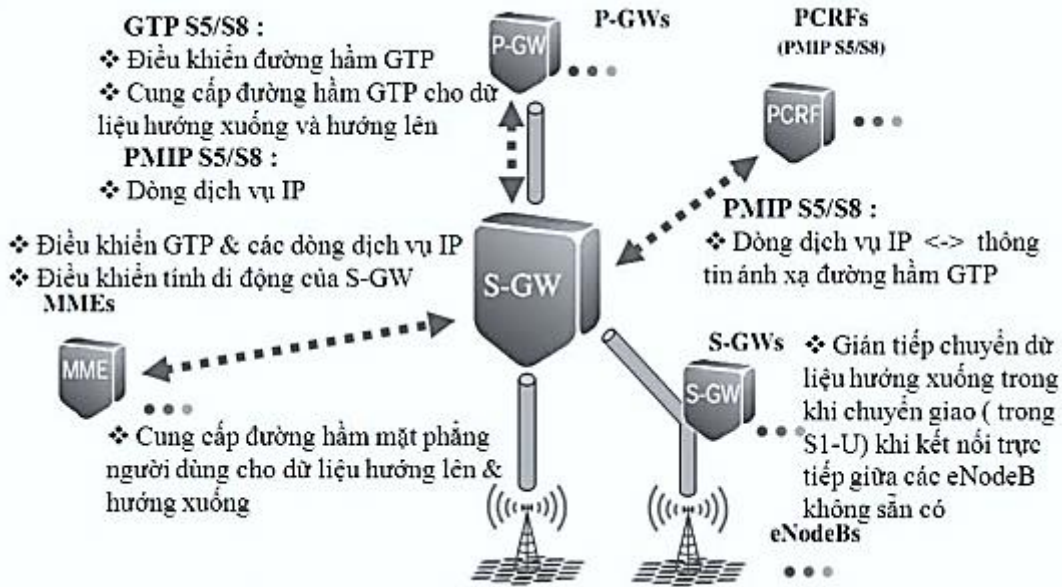
dùng , và một tuyến đường có thể được tìm thấy dựa trên IMIS. Mỗi MME được cấu hình để điều khiển một tập hợp các S-GW và eNodeB. Cả hai S-GW và eNodeB cũng có thể được kết nối tới các MME khác. Các MME có thể phục vụ một số UE cùng một lúc, trong khi mỗi UE sẽ chỉ kết nối tới một MME tại một thời điểm.

1.1.5. Cổng phục vụ (S-GW)

Trong cấu hình kiến trúc cơ bản hệ thống, chức năng cao cấp của S-GW là quản lý đường hầm UP và chuyển mạch. S-GW là một phần của hạ tầng mạng nó được duy trì ở các phòng điều hành trung tâm của mạng.

Khi giao diện S5/S8 dựa trên GTP, S-GW sẽ có đường hầm GTP trên tất cả các giao diện UP của nó. Ánh xạ giữa các luồng dịch vụ IP và đường hầm GTP được thực hiện trong P-GW, và S-GW không cần được kết nối với PCRF. Toàn bộ điều khiển có liên quan tới các đường hầm GTP, đến từ MME hoặc P-GW. Khi sử dụng giao diện PMIP S5/S8. S-GW sẽ thực hiện việc ánh xạ giữa các dòng dịch vụ IP trong các đường hầm S5/S8 và đường hầm GTP trong giao diện S1-U, và sẽ kết nối tới PCRF để nhận được thông tin ánh xạ. S-GW có một vai trò rất nhỏ trong các chức năng điều khiển. Nó chỉ chịu trách nhiệm về nguồn tài nguyên của riêng nó, và nó cấp phát chúng dựa trên các yêu cầu từ MME, P-GW hoặc PCRF, từ đó mà các hành động được thiết lập , sửa đổi hoặc xóa sạch các phần tử mang cho UE. Nếu các lệnh trên được nhận từ P-GW hoặc PCRF thì S-GW cũng sẽ chuyển tiếp các lệnh đó tới MME để nó có thể điều khiển các đường hầm tới eNodeB. Tương tự, khi MME bắt đầu có yêu cầu thì S-GW sẽ báo hiệu tới một trong hai P-GW hoặc PCRF tùy thuộc vào S5/S8 được dựa trên GTP hoặc PMIP tương ứng. Nếu giao diện S5/S8 được dựa trên PMIP thì dữ liệu trong giao diện đó sẽ được các luồng IP trong một đường hầm GRE truyền tới mỗi UE. Khi đó trong giao mang trong giao diện S1. Chức năng này trong S-GW được gọi là chức năng liên kết phần tử mang và báo cáo sự kiện (BBERF). Bất kể nơi mà tín hiệu

phần tử mạng bắt đầu, BBERF luôn nhận các thông tin liên kết phần tử mạng từ PCRF.



Hình 2.5 Kết nối S-GW tới các nút logic khác

Trong khi di chuyển giữa các eNodeB, S-GW hoạt động như nút cuối di động địa phương. MME sẽ lệnh S-GW để chuyển sang đường dẫn từ một eNodeB khác. MME cũng có thể yêu cầu S-GW cung cấp tài nguyên đường hầm cho dữ liệu chuyển tiếp khi có nhu cầu cần chuyển dữ liệu từ eNodeB nguồn tới eNodeB đích trong thời điểm UE có chuyển giao vô tuyến. Các tình huống di chuyển cũng bao gồm sự thay đổi từ một S-GW tới một cái khác, và MME sẽ điều khiển sự thay đổi này cho phù hợp bằng cách loại bỏ các đường hầm trong S-GW cũ và thiết lập chúng trong S-GW mới.

Đối với tất cả các luồng dữ liệu thuộc về một UE trong chế độ kết nối thì S-GW sẽ chuyển tiếp dữ liệu giữa eNodeB và P-GW. Tuy nhiên khi một UE ở chế độ nhàn rỗi thì các nguồn tài nguyên này trong eNodeB sẽ được giải phóng, các đường dẫn dữ liệu được kết thúc trong S-GW. Nếu S-GW nhận được gói dữ liệu từ P-GW thì nó sẽ lưu các gói vào bộ đệm và yêu cầu MME bắt đầu nhắn tin tới UE. Tin nhắn sẽ làm cho UE tới chế độ tái kết nối, và khi

các đường hầm được tái kết nối thì các gói tin từ bộ đệm sẽ được gửi về. S-GW sẽ theo dõi dữ liệu trong các đường hầm và nó cũng có thể thu thập các dữ liệu cần thiết cho việc hạch toán và tính chi phí của người dùng.

Trong hình 2.5 cho thấy S-GW được kết nối tới các nút logic khác và danh sách các chức năng chính trong các giao diện này. Tất cả các giao diện được cấu hình theo kiểu một - nhiều từ S-GW được thấy. Một S-GW có thể chỉ phục vụ một khu vực địa lý nhất định với một tập giới hạn các eNodeB, và tương tự có thể có một tập giới hạn của các MME điều khiển khu vực đó. S-GW có thể kết nối tới bất kỳ P-GW nào trong toàn bộ mạng lưới, bởi vì P-GW sẽ không thay đổi trong khi di chuyển, trong khi S-GW có thể được định vị lại trong khi UE di chuyển. Với các kết nối có liên quan tới một UE, S-GW sẽ luôn báo hiệu với chỉ một MME và các điểm UP tới một eNodeB tại một thời điểm. Nếu một UE được phép kết nối tới nhiều các PDN thông qua các P-GW khác nhau, thì S-GW cần kết nối tới các thành phần riêng biệt. Nếu giao diện S5/S8 là dựa trên PMIP thì S-GW sẽ kết nối tới một PCRF cho mỗi P-GW riêng được UE sử dụng.

Trên hình cũng cho thấy trường hợp chuyển dữ liệu gián tiếp nơi mà dữ liệu UP được chuyển tiếp giữa các eNodeB thông qua các S-GW. Không có tên giao diện cụ thể liên quan đến giao diện giữa các S-GW, vì định dạng chính xác giống như trong giao diện S1-U, và có thể cho rằng các S-GW liên quan chúng đã truyền thông trực tiếp với cùng một eNodeB. Đây sẽ là trường hợp khi chuyển tiếp dữ liệu gián tiếp diễn ra thông qua chỉ một S-GW, tức là cả hai eNodeB có thể được kết nối tới cùng một S-GW.

2.1.6. Công mạng dữ liệu gói (P-GW)

Công mạng dữ liệu gói (P-GW, cũng thường được viết tắt là PDN-GW) là tuyến biên giữa EPS và các mạng dữ liệu gói bên ngoài. Nó là nút cuối di động mức cao nhất trong hệ thống, và nó thường hoạt động như là điểm IP của các thiết bị cho UE. Nó thực hiện các chức năng chọn lưu lượng và lọc

theo yêu cầu bởi các dịch vụ được đề cập. Tương tự như S-GW, các P-GW được duy trì tại các phòng điều hành tại một vị trí trung tâm.

Điển hình là P-GW cấp phát các địa chỉ IP cho UE, và UE sử dụng nó để giao tiếp với các máy chủ IP khác trong các mạng bên ngoài. (ví dụ như Internet). Nó cũng có thể là PDN bên ngoài mà UE đã được kết nối cấp phát các địa chỉ đó là để sử dụng bởi các UE, các đường hầm P-GW cho tất cả lưu lượng vào mạng đó. Địa chỉ IP luôn được cấp phát khi UE yêu cầu một kết nối PDN, nó sẽ diễn ra ít nhất là khi UE được gắn vào mạng, và nó có thể xảy ra sau khi có một kết nối PDN mới. Các P-GW thực hiện chức năng giao thức cấu hình máy chủ động (DHCP) khi cần, hoặc truy vấn một máy chủ DHCP bên ngoài, và cung cấp địa chỉ cho UE. Ngoài ra tự cấu hình động được hỗ trợ bởi các tiêu chuẩn. Chỉ IPv4, chỉ IPv6 hoặc cả hai, các địa chỉ có thể được phân bổ tùy theo nhu cầu. UE có thể báo hiệu rằng nó muốn nhận địa chỉ ngay trong tín hiệu kết nối hoặc nếu nó muốn thực hiện cấu hình địa chỉ sau khi lớp liên kết được kết nối.

P-GW bao gồm cả PCEF, có nghĩa là nó thực hiện các chức năng chọn lưu lượng và lọc theo yêu cầu bởi các chính sách được thiết lập cho UE và các dịch vụ nói đến, nó cũng thu thập các báo cáo thông tin chi phí liên quan.

Lưu lượng UP giữa P-GW và các mạng bên ngoài dưới dạng các gói tin IP thuộc về các dòng dịch vụ IP khác nhau. Nếu giao diện S5/S8 hướng tới S-GW là dựa trên GTP thì P-GW thực hiện ánh xạ các dòng dữ liệu IP tới các đường hầm GTP, các P-GW thiết lập các phần tử mang cơ

bản dựa trên yêu cầu qua PCRF hoặc từ S-GW, mà chuyển tiếp các thông tin từ MME. Nếu giao diện S5/S8 là dựa trên PMIP, P-GW sẽ ánh xạ tất cả các luồng dịch vụ IP từ các mạng bên ngoài thuộc về một UE tới một đường hầm GRE duy nhất, và tất cả các thông tin điều khiển chỉ được trao đổi với PCRF. P-GW cũng có chức năng giám sát các luồng dữ liệu cho mục đích hoạch toán cũng như cho ngăn xen theo luật.

P-GW là điểm cuối di động mức cao nhất trong hệ thống. Khi một UE di chuyển từ một S-GW tới một cái khác, các phần tử mạng phải được chuyển vào P-GW. P-GW sẽ nhận được chỉ dẫn để chuyển các luồng từ các S-GW mới.

Hình 2.6 cho thấy các kết nối P-GW đã đến xung quanh các nút logic, và danh sách các chức năng chính trong giao diện này.



Hình 2.6: P-GW kết nối tới các node logic khác và các chức năng chính

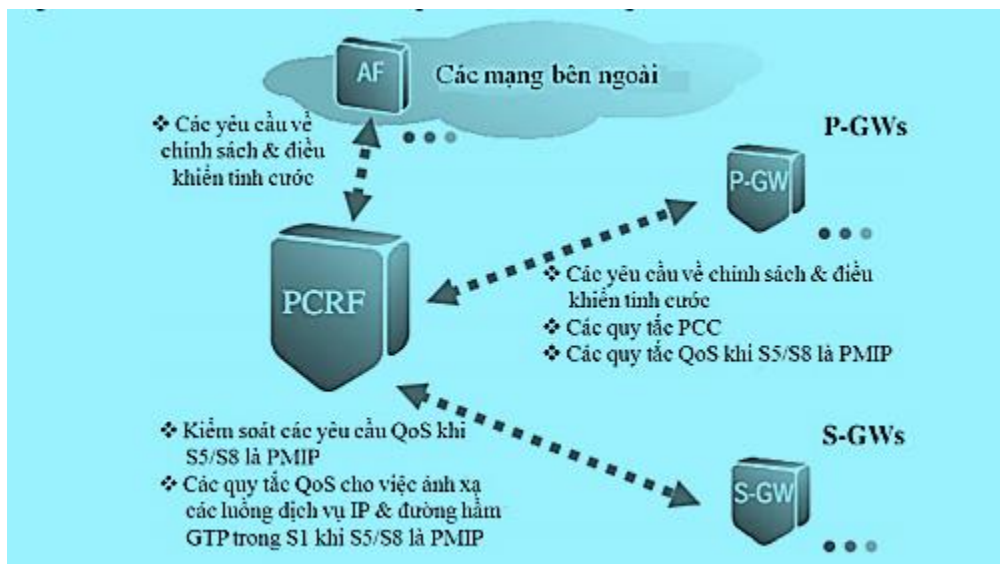
Mỗi P-GW có thể được kết nối tới một hoặc nhiều PCRF, S-GW và mạng bên ngoài. Đối với một UE liên kết với P-GW thì chỉ có duy nhất một S-GW, nhưng có các kết nối tới nhiều các mạng bên ngoài và tương ứng có nhiều các PCRF có thể cần phải được hỗ trợ, nếu có kết nối tới nhiều các PDN được hỗ trợ thông qua một P-GW.

2.1.7. Chức năng chính sách và tính cước tài nguyên (PCRF)

Chức năng chính sách và tính cước tài nguyên(PCRF) là phần tử mạng chịu trách nhiệm về chính sách và điều khiển tính cước (PCC). Nó tạo ra các quyết định về cách xử lý các dịch vụ về QoS, và cung cấp thông tin cho PCEF được đặt trong P-GW, và nếu được áp dụng cho cả BBERF được đặt trong S-

GW, để cho việc thiết lập các phần tử mạng thích hợp và việc lập chính sách. PCRF là một máy chủ và thường được đặt với các phần tử CN khác tại các trung tâm điều hành chuyên mạch.

Các thông tin PCRF cung cấp cho PCEF được gọi là các quy tắc PCC. PCRF sẽ gửi các quy tắc PCC bất cứ khi nào một phần tử mạng mới được thiết lập. Thiết lập phần tử mạng là cần thiết, ví dụ khi UE bước đầu được gắn vào mạng và phần tử mạng mặc định sẽ được thiết lập, và sau đó khi có một hoặc nhiều các phần tử mạng dành riêng được thiết lập. PCRF có khả năng cung cấp các quy tắc PCC dựa trên yêu cầu, hoặc từ P-GW và cũng như S-GW trong trường hợp PMIP, giống như trong trường hợp kết nối, và cũng dựa trên yêu cầu từ chức năng ứng dụng(AF) nằm trong các dịch vụ tên miền. Ví dụ, với IMS và AF sẽ thúc đẩy dịch vụ QoS thông tin tới PCRF, từ đó tạo ra một quyết định PCC và nó sẽ đẩy các quy tắc PCC đến P-GW, và mang thông tin ảnh xạ tới S-GW trong trường hợp S5/S8 là PMIP. Các phần tử mạng EPC sau đó sẽ được thiết lập dựa trên những điều đó.



Hình 2.7: PCRF kết nối tới các nút logic khác & các chức năng chính

Các kết nối giữa PCRF và các nút khác được thể hiện như trong hình 2.7,

mỗi PCRF có thể được kết nối với một hoặc nhiều AF, P-GW và S-GW. Chỉ có một PCRF liên kết với mỗi kết nối PDN đó là một UE duy nhất đã có.

2.1.8. Máy chủ thuê bao thường trú (HSS)

Máy chủ thuê bao thường trú (HSS) là kho dữ liệu thuê bao cho tất cả dữ liệu người dùng thường xuyên. Nó cũng ghi lại vị trí của người sử dụng ở mức độ của nút điều khiển mạng tạm trú, chẳng hạn như MME. Nó là một máy chủ cơ sở dữ liệu và được duy trì tại các phòng trung tâm của nhà điều hành.

HSS lưu trữ bản gốc của hồ sơ thuê bao, trong đó chứa các thông tin về các dịch vụ được áp dụng đối với người sử dụng, bao gồm thông tin về các kết nối PDN được cho phép, và liệu có chuyển tới một mạng tạm trú riêng được hay không. HSS cũng lưu những nhận dạng của các P-GW được sử dụng. Khóa thường trực được sử dụng để tính toán xác thực và được gửi tới mạng tạm trú để xác thực người dùng và các khóa phát sinh tiếp sau để mã hóa và bảo vệ tính toàn vẹn là được lưu trữ tại các trung tâm xác thực(AUC), thường là một phần của HSS. Trong tất cả các tín hiệu liên quan tới các chức năng này thì HSS phải tương tác với MME. Các HSS sẽ cần phải có khả năng kết nối với mọi MME trong toàn bộ hệ mạng lưới, nơi mà các UE của nó được phép di chuyển. Đối với mỗi UE, các hồ sơ HSS sẽ chỉ tới một MME phục vụ tại một thời điểm, và ngay sau đó là báo cáo về một MME mới mà nó phục vụ cho UE, HSS sẽ hủy bỏ vị trí của MME trước.

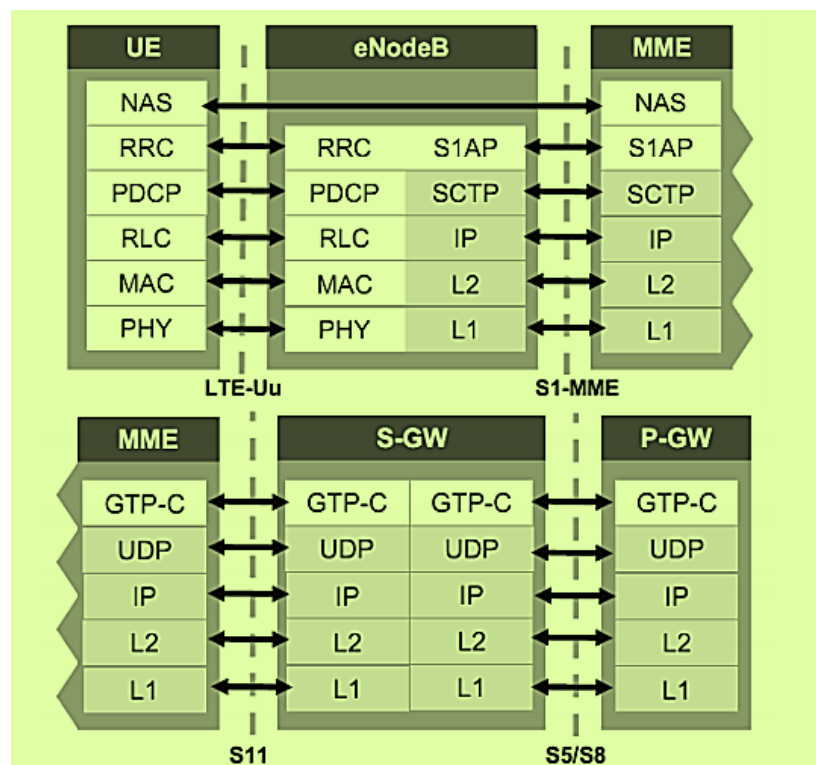
2.2. Các giao diện và giao thức trong cấu hình kiến trúc cơ bản của hệ thống

Hình 2.8 cho thấy các giao thức CP liên quan tới kết nối của UE với một PDN. Các giao diện từ một MME được thể hiện bởi hai phần, phần trên hàng đầu là các giao thức hướng tới E-UTRAN và UE, và phần dưới hiển thị các giao thức hướng tới các công. Các giao thức hiển thị trong nền trắng được

phát triển bởi 3GPP, trong khi các giao thức trong nền xám được phát triển trong IETF, và đại diện cho các công nghệ mạng tiêu chuẩn được sử dụng cho truyền tải trong EPS. 3GPP chỉ xác định những cách cụ thể mà các giao thức này được sử dụng.

Lớp trên cùng trong CP là các lớp không truy cập (NAS), bao gồm có hai giao thức riêng biệt được thực hiện truyền tải tín hiệu trực tiếp giữa UE và MME. Các giao thức lớp NAS là :

1- Quản lý tính di động EPS (EMM): các giao thức MME có trách nhiệm về điều khiển tính di động của UE trong hệ thống. Nó bao gồm các chức năng kết nối vào và tách ra từ mạng, và thực hiện việc cập nhật vị trí. Điều này được gọi là cập nhật khu vực theo dõi (TAU), và nó diễn ra trong chế độ nhàn rỗi. Chú ý rằng các chuyển giao trong chế độ kết nối được xử lý bởi các giao thức lớp thấp hơn, nhưng các lớp EMM không bao gồm các chức năng tái kích hoạt các UE từ chế độ nhàn rỗi



Hình 2.8: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng điều khiển trong EPS

2- Quản lý phiên EPS (ESM): Giao thức này có thể được sử dụng để điều khiển việc quản lý phần tử mạng giữa UE và MME, và nó được sử dụng bổ sung cho E-UTRAN trong việc quản lý phần tử mạng. Lưu ý rằng sẽ không sử dụng các thủ tục ESM nếu tình trạng của các phần tử mạng là đã có sẵn trong mạng lưới và quy trình E-UTRAN có thể chạy ngay lập tức.

↳ **Điều khiển tài nguyên vô tuyến (RRC) :** Giao thức này nhằm kiểm soát việc sử dụng nguồn tài nguyên vô tuyến. Nó quản lý báo hiệu của UE và các kết nối dữ liệu, và nó cũng bao gồm các chức năng chuyển giao.

3- Giao thức hội tụ dữ liệu gói (PDCP): Các chức năng chính của PDCP là nén tiêu đề IP (UP), mã hóa và bảo vệ sự toàn vẹn (chỉ với CP).

4- Điều khiển liên kết vô tuyến (RLC) : Giao thức RLC có trách nhiệm phân đoạn và ghép nối các PDCP-PDU để truyền cho giao diện vô tuyến. Nó cũng thực hiện việc sửa lỗi với phương pháp yêu cầu truyền lại tự động (ARQ).

5- Điều khiển truy nhập môi trường (MAC) : Lớp MAC có trách nhiệm lập kế hoạch dữ liệu theo các ưu tiên và ghép kênh dữ liệu tới các khối truyền tải ở lớp 1. Lớp MAC cũng cung cấp việc sửa lỗi với HARQ.

6- Lớp vật lý (PHY) : Đây là lớp 1 của giao diện vô tuyến LTE-UU nó có các chức năng giống như của DS-CDMA.

7- Trong EPC có hai giao thức khác cho giao diện S5/S8. Các giao thức sau có liên quan khi GTP được sử dụng trong S5/S8 :

❖ **Mặt phẳng điều khiển giao thức đường hầm GPRS (GTP-C) :** Nó quản lý các kết nối UP trong EPC. Nó bao gồm báo hiệu QoS và các thông số khác. Nếu GTP được sử dụng trong giao diện S5/S8 thì nó còn quản lý các đường hầm GTP-U. GTP-C cũng thực hiện các chức năng quản lý di động trong EPC. Như việc khi các đường hầm GTP-U của một UE cần phải được chuyển từ một nút tới một nút khác.

❖ **Truyền tải UDP-IP :** giao thức dữ liệu đơn vị (UDP) và IP được sử dụng như là truyền tải IP căn bản và tiêu chuẩn. UDP được sử dụng thay vì giao

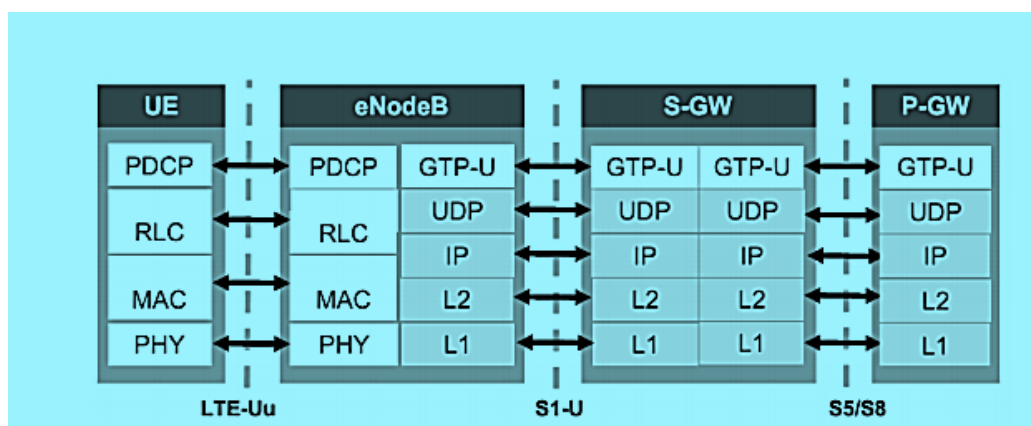
thức điều khiển truyền dẫn (TCP) bởi vì các lớp cao hơn đã được cung cấp sự truyền tải tin cậy với cơ chế khắc phục lỗi và truyền lại. Các gói tin IP trong EPC có thể được vận chuyển trên một loạt các công nghệ ở lớp 1 và lớp 2.

➤ **Các giao thức sau được sử dụng khi S5/S8 dựa trên PMIP:**

❖ **IP di động ủy nhiệm (PMIP) :** PMIP là giao thức khác cho giao diện S5/S8. nó giữ việc quản lý tính di động, nhưng không bao gồm các chức năng như quản lý phân tử mang. Tất cả các lưu lượng thuộc về một kết nối của UE với một PDN riêng là được xử lý như nhau.

❖ **IP :** PMIP chạy trực tiếp trên IP, và nó được sử dụng như là truyền tải IP tiêu chuẩn.

Hình 2.9 minh họa cấu trúc giao thức UP cho UE kết nối với P-GW. UP được thể hiện như trong hình 2.9 bao gồm các lớp của người dùng IP cuối, tức là các giao thức thành hình thành nên lớp 2 và được sử dụng để vận chuyển các gói tin IP đến người sử dụng cuối. Cấu trúc giao thức là tương tự với CP. Điều này ấn định một thực tế là toàn bộ hệ thống được thiết kế để vận chuyển dữ liệu gói chung, và cả hai tín hiệu CP và dữ liệu UP cuối cùng đều là dữ liệu gói. Chỉ có kích thước khác nhau.



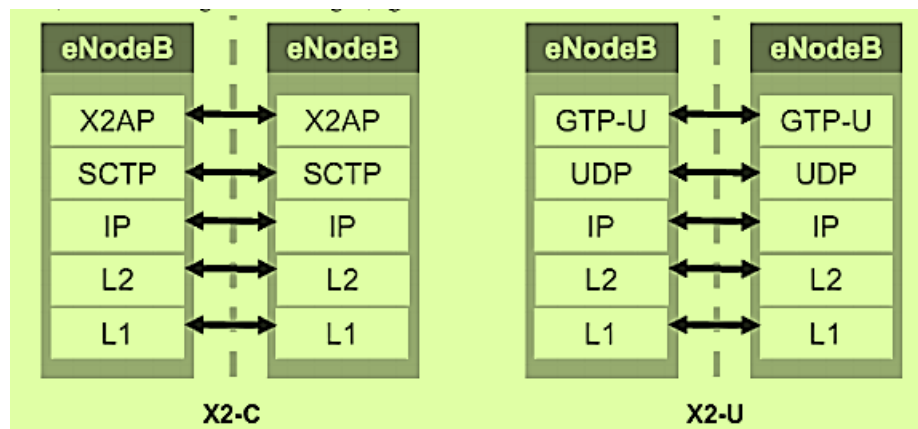
Hình 2.9: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người dùng trong EPC

Hầu hết các giao thức được đưa ra đã được nêu ở trên, ngoại trừ hai điều sau được lựa chọn trong bộ giao thức của giao diện S5/S8:

1- Mặt phẳng người dùng giao thức đường hầm GPRS (GTP-U) : GTP-U được sử dụng khi S5/S8 là dựa trên GTP. Dạng thức của GTP-U đó là đường hầm GTP-U được dùng để gửi các gói tin của người dùng IP cuối về một mạng chuyển EPS. Nó được sử dụng trong giao diện S1-U và sử dụng trong S5/S8 nếu CP sử dụng GTP-C.

2- Đóng gói định tuyến chung (GRE): GRE sử dụng giao diện S5/S8 kết hợp với PMIP. Dạng thức của GRE là một IP trong đường hầm IP để vận chuyển tất cả các dữ liệu thuộc về một kết nối của UE tới một PDN cụ thể. GRE là chạy trực tiếp trên IP và UDP là không sử dụng.

Hình 2.10 minh họa cấu trúc giao thức giao diện X2, mà tương tự như của giao diện S1. Chỉ có giao thức ứng dụng CP là khác nhau.



Hình 2.10: Các ngăn xếp giao thức mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng cho giao diện X2

Giao diện X2 được sử dụng trong khi di chuyển giữa các eNodeB, và X2AP bao gồm các chức năng cho sự chuẩn bị chuyển giao và duy trì toàn bộ sự liên hệ giữa các eNodeB lân cận. UP trong giao diện X2 được sử dụng cho chuyển tiếp dữ liệu tạm thời trong quá trình chuyển giao, khi các giao diện vô tuyến đã được ngắt kết nối ở phía nguồn và chưa kết nối lại ở phía đích. Chuyển tiếp dữ liệu là được thực hiện cho các dữ liệu hướng xuống, khi các dữ liệu hướng lên có thể được điều chỉnh hiệu quả bởi UE.

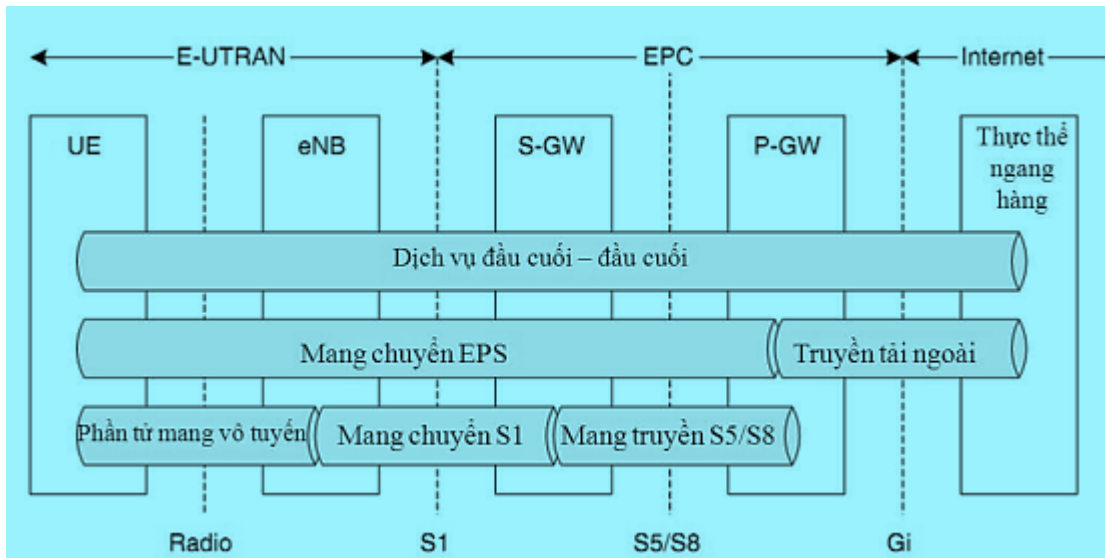
Bảng 2.1 tóm tắt các giao thức và giao diện trong cấu hình kiến trúc hệ thống cơ bản.

Giao diện	Giao thức	Đặc tả kỹ thuật
LTE-Uu	CP: RRC/PDCP/RLC/MAC/PHY UP: PDCP/RLC/MAC/PHY	36.300 [6]
X2	CP: X2AP/SCTP/IP UP: GTP-U/UDP/IP	36.423 [7] 29.274 [8]
S1-MME	S1AP/SCTP/UDP/IP	36.413 [9]
S1-U	GTP-U/UDP/IP	29.274 [8]
S10	GTP-C/UDP/IP	29.274 [8]
S11	GTP-C/UDP/IP	29.274 [8]
S5/S8 (GTP)	GTP/UDP/IP	29.274 [8]
S5/S8 (PMIP)	CP: PMIP/IP UP: GRE/IP	29.275 [10]
SGi	IP (also Diameter & Radius)	29.061 [11]
S6a	Diameter/SCTP/IP	29.272 [12]
Gx	Diameter/SCTP/IP	29.212 [13]
Gxc	Diameter/SCTP/IP	29.212 [13]
Rx	Diameter/SCTP/IP	29.214 [14]
UE-MME	EMM, ESM	24.301 [15]

Bảng 2.1 Các giao thức và giao diện LTE

2.3. QoS và kiến trúc dịch vụ mạng chuyển

Các ứng dụng như video IP, duyệt WEB, thoại video và tạo luồng video (video streaming) có nhu cầu QoS đặc biệt. Do đó một đặc điểm quan trọng của bất kỳ mạng toàn gói nào là cung cấp một cơ chế QoS cho phép phân biệt các dòng gói tin dựa trên nhu cầu QoS. Trong EPS, dòng QoS được gọi là mang chuyển EPS được thiết lập giữa UE và P-GW.



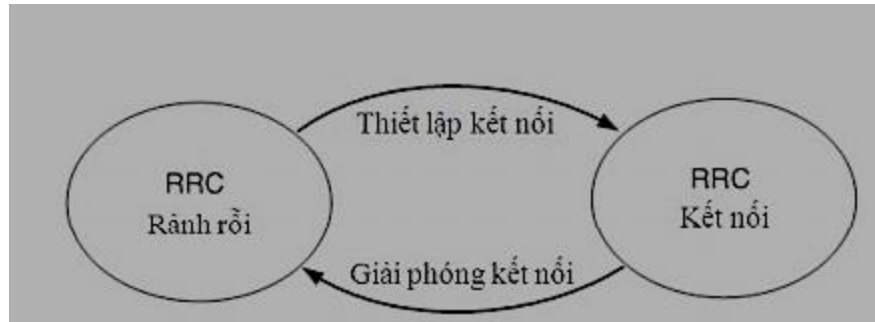
Hình 2.11 Kiến trúc dịch vụ mạng truyền EPS

Một phần tử mạng vô tuyến vận chuyển các gói tin của một mạng chuyển EPS giữa một UE và một eNB. Mỗi dòng IP (ví dụ void IP) được kết hợp với một mạng chuyển EPS khác nhau và các mạng có thể ưu tiên lưu lượng cho phù hợp. Khi nhận một gói tin IP từ internet , P-GW thực hiện phân loại gói dựa trên các thông số nhất định đã biết và gửi nó một mạng chuyển EPS thích hợp. Căn cứ vào mạng chuyển EPS , eNB ánh xạ các gói tin tới phần tử mạng vô tuyến có QoS thích hợp. Có một sự ánh xạ một - một giữa một mạng chuyển EPS và một phần tử mạng vô tuyến.

2.4. Giao thức trạng thái và chuyển tiếp trạng thái

Trong hệ thống LTE , điều khiển tài nguyên vô tuyến (RRC) có 2 chế độ là chế độ RRC rảnh dỗi và chế độ RRC kết nối được mô tả như trong hình 2.12. Một UE chuyển từ trạng thái RRC rảnh dỗi tới trạng thái RRC kết nối khi một kết nối RRC được thiết lập thành công. Một UE có thể chuyển từ trạng thái RRC kết nối tới trạng thái RRC rảnh dỗi bằng cách giải phóng kết nối RRC. ở trạng thái RRC rảnh dỗi , UE có thể nhận các dữ liệu phát quảng bá / phát đa điểm , giám sát một kênh tìm gọi để phát hiện các cuộc gọi đến, thực hiện các phép đo ô lân cận, lựa chọn / lựa chọn lại ô và thu được các thông tin về hệ

thống. Hơn nữa, trong trạng thái RRC rảnh dỗi, mỗi UE có chu kỳ DRX (thu không liên tục) riêng có thể được cấu hình bởi các lớp phía trên để cho phép tiết kiệm điện năng cho UE. Ngoài ra , tính di động được điều khiển bởi UE ở trong trạng thái RRC rảnh rồi.



Hình 2.12. Trạng thái của UE và chuyển tiếp trạng thái

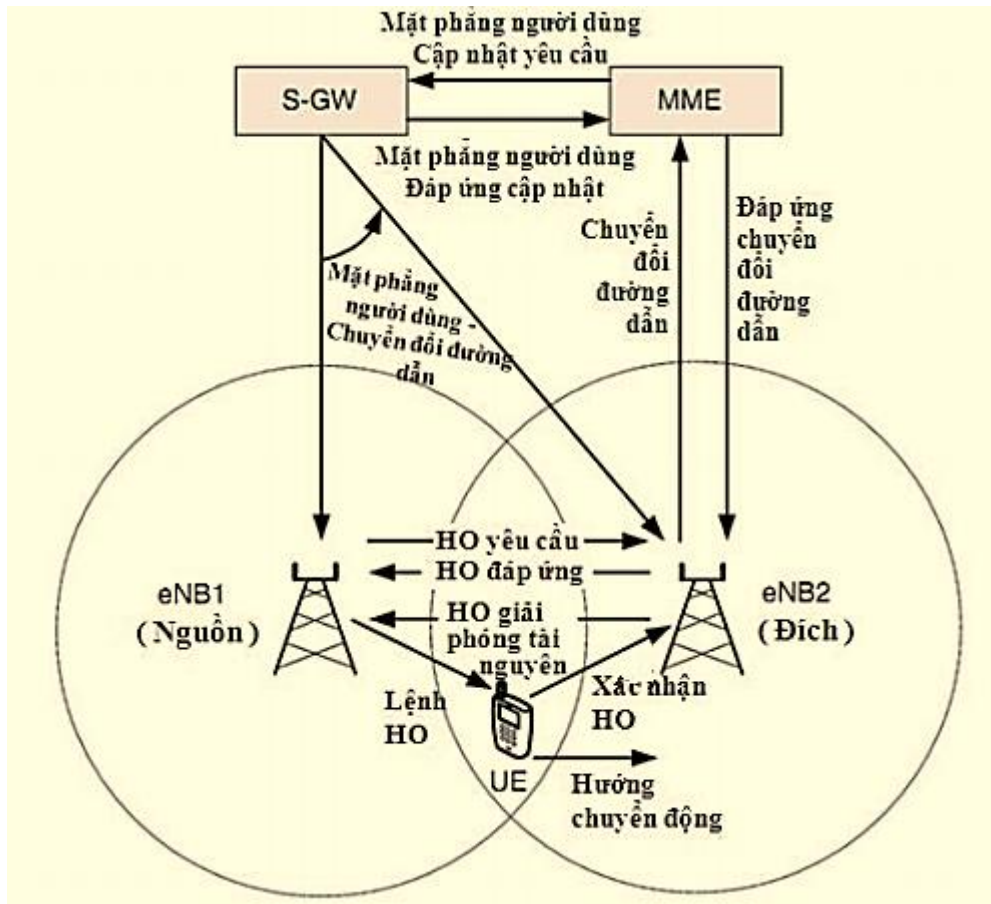
Trong chế độ RRC kết nối, việc truyền dữ liệu đơn hướng tới / từ UE và truyền dữ liệu phát quảng bá / đa điểm tới UE có thể diễn ra. Tại các lớp thấp hơn ,UE có thể được cấu hình với một UE cụ thể DRX / DTX (truyền dẫn gián đoạn). Hơn nữa, các kênh điều khiển giám sát UE được liên kết với kênh dữ liệu dùng chung để xác định dữ liệu và lập biểu cho nó, cung cấp kênh thông tin phản hồi về chất lượng, thực hiện các phép đo ô lân cận, báo cáo đo đạc và thu nhận các thông tin hệ thống. Khác với trạng thái RRC rảnh dỗi tính di động được điều khiển bởi mạng ở trạng thái này.

2.5. Hỗ trợ tính di động liên tục

Một đặc điểm quan trọng của một hệ thống không dây di động như LTE là hỗ trợ tính di động liên tục giữa các eNB và giữa các MME/GW. Chuyển giao nhanh chóng và liên tục (HO) là đặc biệt quan trọng với các dịch vụ nhạy cảm với trễ như VoIP. Việc chuyển giao xảy ra thường xuyên hơn giữa các eNB hơn là giữa các mạng lõi bởi vì khu vực được bao phủ bởi MME/GW phục vụ một số lượng lớn các eNB và thường lớn hơn nhiều so với các khu vực được bao phủ bởi một eNB đơn. Tín hiệu trên giao diện X2 giữa các eNB được sử dụng để chuẩn bị chuyển giao. S- GW hoạt động như nút cuối cho cho chuyển

giao giữa các eNB.

Trong hệ thống LTE, mạng dựa vào UE để phát hiện các ô lân cận để chuyển giao và do đó không có thông tin ô lân cận nào là tín hiệu từ mạng. Đối với tìm kiếm và đo đạc tần số giữa các ô lân cận, chỉ có các tần số sóng mang là cần được chỉ ra. Một ví dụ về chuyển giao hoạt động trong trạng thái RRC kết nối được thể hiện trong hình 2.13, nơi một UE di chuyển từ vùng phủ sóng của eNB nguồn (eNB1) vào vùng phủ sóng của eNB đích (eNB2). Việc chuyển giao trong trạng thái RRC kết nối được mạng điều khiển và được hỗ trợ bởi các UE. UE gửi một báo cáo về đo lường vô tuyến tới nguồn eNB1 và chỉ ra rằng chất lượng tín hiệu vào eNB2 là tốt hơn so với eNB1. Khi chuẩn bị chuyển giao, nguồn eNB1 sẽ gửi các thông tin ghép nối và hoàn cảnh của UE tới eNB2 đích (HO yêu cầu) vào giao diện X2. Đích eNB2 có thể thực hiện điều khiển nhập vào phụ thuộc vào các thông tin QoS mang EPS đã nhận. eNB đích sẽ cấu hình tài nguyên cần thiết theo thông tin QoS đã nhận và dự trữ một C-RNTI (nhận dạng tạm thời ô mạng vô tuyến) và tùy chọn mở đầu một RACH. C-RNTI cung cấp một sự nhận biết UE duy nhất ở cấp độ ô nhận diện kết nối RRC. Khi eNB2 phát tín hiệu tới eNB1 báo rằng nó đã sẵn sàng thực hiện chuyển giao thông qua bản tin phản hồi HO, eNB1 lệnh cho UE (lệnh HO) thay đổi phần tử mang vô tuyến tới eNB2. UE nhận lệnh HO với các thông số cần thiết và được điều khiển bởi các eNB nguồn để thực hiện các lệnh HO. UE không cần trễ khi thực hiện chuyển giao với việc cung cấp các phản hồi HARQ/ARQ tới eNB nguồn.

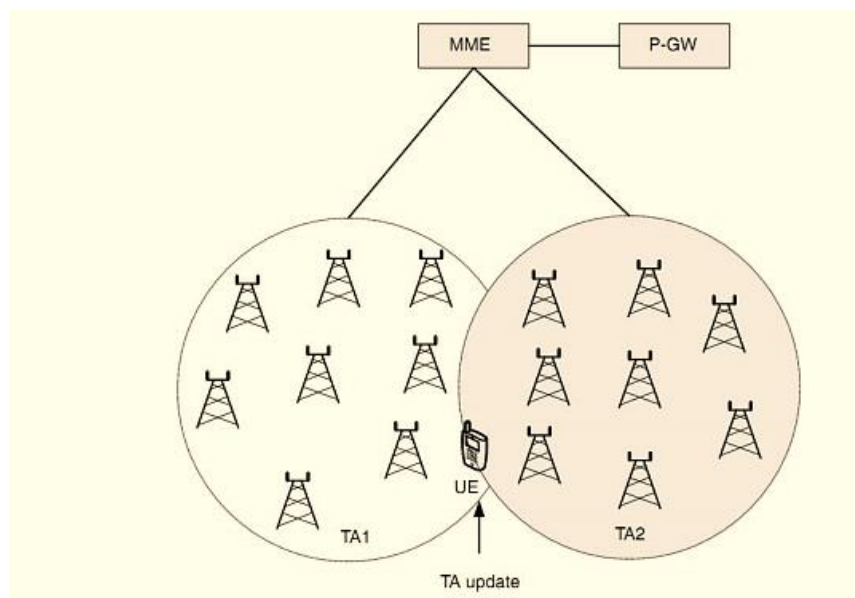


Hình 2.13. Hoạt động chuyển giao

Sau khi nhận lệnh HO, UE thực hiện đồng bộ với eNB đích và truy nhập ô đích thông qua kênh truy nhập ngẫu nhiên (RACH) sau một thủ tục tranh chấp-tự do nếu một phần mở đầu RACH dành riêng được phân bổ trong các lệnh HO hoặc sau một thủ tục tranh chấp - cơ bản nếu không có phần mở đầu giành riêng nào được cấp phát. Mạng sẽ trả lời với việc cấp phát tài nguyên đường lên và sự định thời trước được đặt vào bởi UE. Khi UE đã truy nhập thành công vào ô đích, UE gửi bản tin xác nhận HO (C-RNTI) cùng với báo cáo tình trạng bộ đệm đường lên cho biết thủ tục chuyển giao đã hoàn thành với UE. Sau khi nhận bản tin xác nhận HO, eNB đích gửi một thông điệp chuyển đổi đường dẫn tới MME để thông báo rằng UE đã thay đổi ô. MME gửi một thông điệp cập nhật mặt phẳng người dùng tới S-GW. S- GW sẽ chuyển đường dẫn dữ liệu đường xuống tới eNB đích và sẽ gửi một hoặc nhiều gói “ dấu hiệu kết thúc” trên đường dẫn cũ tới eNB nguồn và sau đó

giải phóng mọi tài nguyên mặt phẳng người dùng / TNL với eNB nguồn. Sau đó S-GW gửi một thông báo hồi đáp cập nhật mặt phẳng người dùng tới MME. Sau đó MME xác nhận thông báo chuyển đổi đường dẫn từ eNB đích với thông báo phản hồi chuyển đổi đường dẫn. Sau khi thông báo phản hồi chuyển đổi đường dẫn được nhận từ MME, eNB đích thông báo thành công HO tới eNB nguồn bằng cách gửi thông báo giải phóng tài nguyên tới eNB nguồn và kích hoạt giải phóng tài nguyên. Nhận được thông báo giải phóng tài nguyên, eNB nguồn có thể giải phóng tài nguyên vô tuyến và tài nguyên liên quan tới mặt phẳng điều khiển được kết hợp với hoàn cảnh của UE.

Trong khi chuẩn bị chuyển giao thì các đường hầm mặt phẳng người dùng có thể được thiết lập giữa eNB nguồn và eNB đích. Một đường hầm được thiết lập để truyền dữ liệu hướng lên và một cái khác để truyền dữ liệu hướng xuống cho mỗi mạng chuyển EPS mà dữ liệu chuyển tiếp được đặt vào. Trong khi thực hiện chuyển giao, dữ liệu người dùng có thể được chuyển từ eNB nguồn tới eNB đích.



Hình 2.14. Khu vực theo dõi cập nhật cho UE ở trạng thái RRC rảnh rỗi
 Đối với việc quản lý tính di động trong trạng thái RRC rảnh rỗi, khái niệm khu vực theo dõi (TA) được đưa ra. Một khu vực theo dõi thường bao gồm

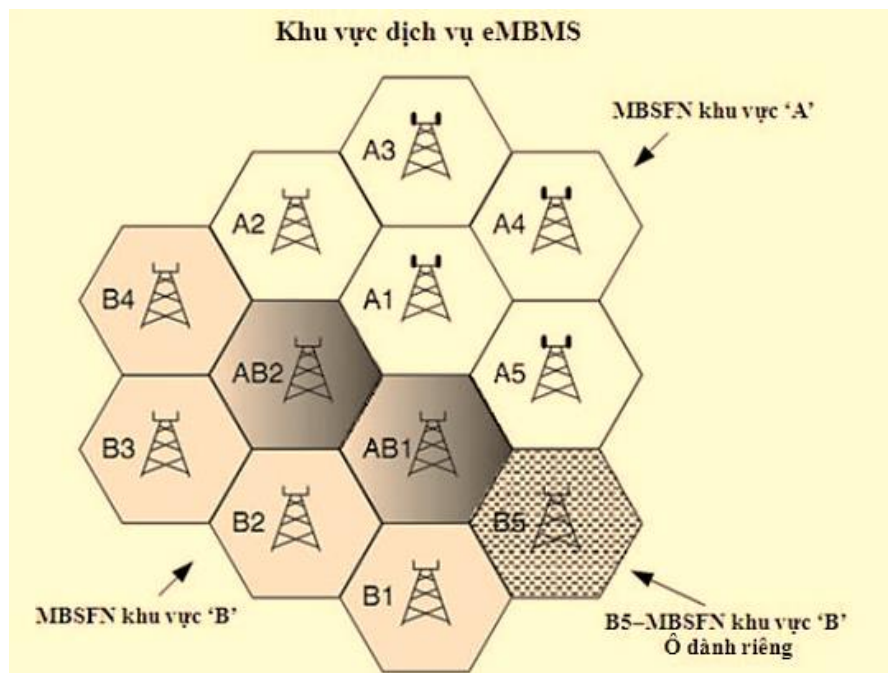
nhiều eNB như được miêu tả trong hình 2.14. Nhận dạng khu vực theo dõi (TAI) cho biết thông tin mà một eNB thuộc về TA và được phát quảng bá như là một phần của hệ thống thông tin. Một UE có thể phát hiện được sự thay đổi của khu vực theo dõi khi nó nhận được một TAI khác so với trong ô hiện tại. Các UE cập nhật MME cùng với thông tin TA mới của nó khi nó di chuyển qua TA khác. Khi P-GW nhận dữ liệu của một UE, nó lưu các gói vào bộ đệm và hỏi MME về vị trí của UE. Sau đó MME sẽ nhắn tin tới UE trong hầu hết các TA hiện tại của nó. Một UE có thể được đăng ký đồng thời ở nhiều TA. Điều này cho phép tiết kiệm năng lượng cho các UE trong điều kiện cơ động cao bởi vì nó không cần liên tục cập nhật vị trí của nó với các MME. Tính năng này cũng giảm thiểu tải trên biên của TA.

2.6. Kiến trúc hệ thống phát quảng bá đa điểm

Trong hệ thống LTE, MBMS sử dụng hoặc truyền đơn ô hoặc truyền đa ô. Trong truyền đơn ô, MBMS chỉ được truyền trong phạm vi một ô cụ thể và do đó truyền dẫn MBMS từ nhiều ô là không được hỗ trợ. Truyền dẫn MBMS đơn ô được thực hiện trên DL-SCH và do đó sử dụng kiến trúc mạng giống như lưu lượng truyền đơn hướng. Các MTCH và MCCH được ánh xạ vào DL-SCH cho truyền dẫn điểm-đa điểm và sự lập biểu được thực hiện bởi các eNB. Các UE có thể được cấp phát kênh phản hồi đường lên dành riêng giống với người dùng trong truyền đơn hướng, nó cho phép HARQ ACK/NACK và phản hồi CQI.

Việc truyền lại HARQ được thực hiện bằng cách sử dụng một nhóm (dịch vụ cụ thể) RNTI (nhận dạng tạm thời mạng vô tuyến) kết hợp với truyền MTCH gốc. Tất cả các UE nhận được MBMS có thể nhận được truyền lại và kết hợp với bản gốc được truyền đi ở cấp HARQ. Các UE được cấp phát một kênh thông tin phản hồi dành riêng cho đường lên khi đang ở trong trạng thái RRC kết nối. Để tránh việc truyền MBMS không cần thiết trên MTCH trong một ô mà không có người sử dụng MBMS, mạng có thể phát hiện sự có mặt

của người sử dụng quan tâm tới dịch vụ MBMS bởi sự hỏi vòng hoặc thông qua sự yêu cầu dịch vụ từ UE. Việc truyền phát đa ô giúp phát triển các dịch vụ truyền thông đa phương tiện (eMBMS) được thực hiện bằng cách truyền sóng giống nhau cùng một lúc từ nhiều ô mạng. Trong trường hợp này, MTCH và MCCH được ánh xạ vào MCH cho truyền điểm - đa điểm. Hình thức truyền đa ô này được gọi là mạng đơn tần số phát quảng bá đa điểm (MBSFN). Truyền một MBSFN từ nhiều ô trong một khu vực MBSFN được xem như là truyền đơn lẻ của UE. Một khu vực MBSFN bao gồm một nhóm các ô trong một khu vực MBSFN đồng bộ của một mạng được phối hợp để truyền MBSFN. Một khu vực MBSFN đồng bộ được định nghĩa là một khu vực của mạng trong đó tất cả các eNB đều có thể được đồng bộ và thực hiện truyền MBSFN. Một khu vực dịch vụ MBMS có thể gồm nhiều khu vực MBSFN. Một ô trong một khu vực đồng bộ MBSFN có thể hình thành một phần của nhiều SFN mỗi khu vực được đặc trưng bởi nội dung khác nhau và tập hợp các ô mạng tham gia, Một ví dụ về khu vực dịch vụ MBMS gồm 2 khu vực MBSFN, khu vực A và khu vực B được miêu tả như hình 2.15

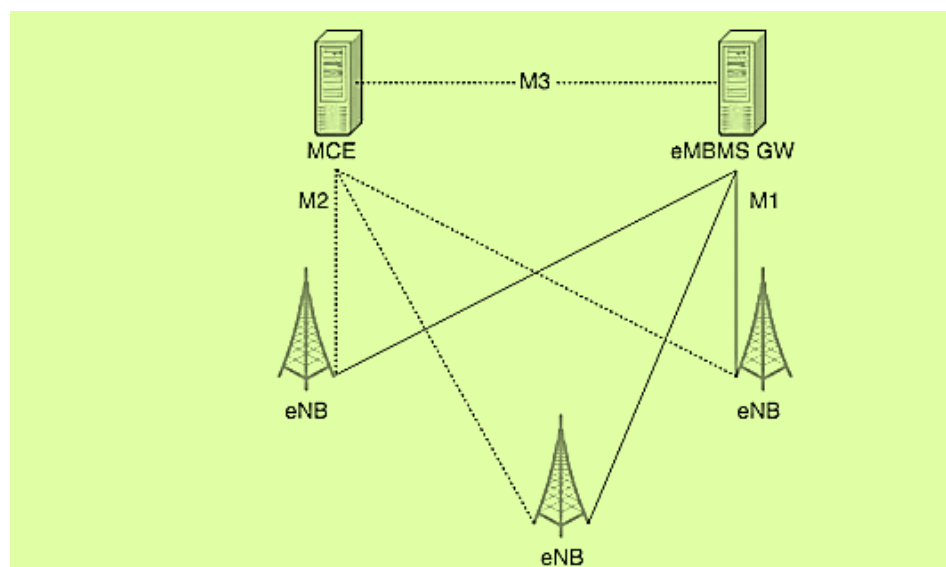


Hình 2.15. Khu vực dịch vụ eMBMS và các khu vực MBSFN

Khu vực MBSFNA bao gồm các ô từ A1 tới A5 , ô AB1 và AB2. Khu vực MBSFNB bao gồm các ô từ B1 tới B5, ô AB1 và AB2. Các ô AB1 và AB2 là một phần của cả 2 khu vực MBSFN A và B. Ô B5 là một phần của khu vực B nhưng không góp phần vào truyền MBSFN. Một ô được gọi là ô khu vực dành riêng MBSFN. Ô khu vực dành riêng MBSFN có thể được phép truyền tải các dịch vụ khác nguồn tài nguyên phân bố cho các MBSFN nhưng với khả năng hạn chế. Khu vực đồng bộ MBSFN, khu vực MBSFN và các ô dành riêng có thể được cấu hình bán tĩnh bởi O & M.

Kiến trúc MBMS cho truyền dẫn đa ô được mô tả trong hình 2.16. phần tử phối hợp phát đa điểm đa ô (MCE) là một phần tử logic, có nghĩa là nó cũng có thể là một phần của một bộ phận của mạng như eNB. MCE thực hiện các chức năng như phân bổ nguồn tài nguyên vô tuyến được sử dụng bởi tất cả các eNB trong khu vực MBSFN cũng như xác định cấu hình vô tuyến bao gồm sơ đồ điều chế và mã hóa.

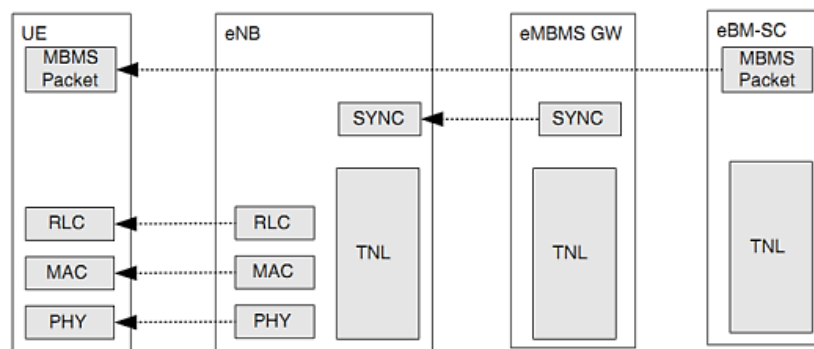
Các MBMS GW cũng là một phần tử logic mà chức năng chính là gửi / phát quảng bá các gói MBMS với giao thức SYNC tới mỗi eNB truyền dịch vụ. MBMS GW chủ lớp DPCP của mặt phẳng người dùng và phát đa điểm sử dụng IP cho việc chuyển tiếp dữ liệu người dùng MBMS tới eNB.



Hình 2.16 Kiến trúc logic eMBMS

Các eNB được kết nối với eMBMS GW thông qua một giao diện mặt phẳng người dùng thuần túy M1. M1 là một giao diện mặt phẳng người dùng thuần túy, nó không có phần ứng dụng mặt phẳng điều khiển được định nghĩa cho giao diện này. Hai giao diện mặt phẳng điều khiển M2 và M3 được xác định. Phần ứng dụng trên giao diện M2 vận chuyển dữ liệu cấu hình vô tuyến cho các eNB có chế độ truyền dẫn đa ô. Phần ứng dụng trên giao diện M3 giữa MBMS GW và MCE thực hiện việc điều khiển phiên MBMS truyền tín hiệu lên cấp độ mạng chuyển EPS trong đó bao gồm các thủ tục như bắt đầu phiên và dừng lại.

Một yêu cầu quan trọng đối với truyền tải các dịch vụ MBMS đa ô là việc đồng bộ nội dung MBMS để cho phép hoạt động MBSFN. Kiến trúc mặt phẳng người dùng eMBMS cho đồng bộ nội dung được thể hiện như trong hình 2.17.



Hình 2.17 Kiến trúc mặt phẳng người dùng eMBMS cho đồng bộ nội dung

Lớp giao thức SYNC được định nghĩa dựa trên lớp mạng vận chuyển (TNL) để hỗ trợ cơ chế đồng bộ hóa nội dung. Giao thức SYNC mang thông tin bổ sung cho phép các eNB xác định thời điểm cho truyền khung vô tuyến cũng như phát hiện mất gói. Các eNB tham gia truyền MBMS đa ô được yêu cầu phải tuân theo cơ chế đồng bộ hóa nội dung. Các eNB chỉ truyền theo dịch vụ đơn ô thì không bắt buộc phải tuân theo các yêu cầu thời gian nghiêm

ngặt được chỉ định bởi giao thức SYNC. Trong trường hợp PDCP được sử dụng để nén tiêu đề, nó nằm trong eMBMS GW.

Các UE thu được MTCH truyền và tham gia vào ít nhất một kế hoạch phản hồi MBMS cần phải được đặt trong một trạng thái RRC kết nối. Mặt khác, các UE nhận MTCH truyền mà không tham gia vào một cơ chế phản hồi MBMS có thể ở một trong hai chế độ RRC rảnh dỗi hoặc RRC kết nối. Để nhận được truyền đơn ô của MTCH, một UE có thể cần phải ở chế độ RRC kết nối. Tín hiệu mà kích hoạt UE chuyển sang chế độ RRC kết nối chỉ dành cho mục đích thu nhận đơn ô được mang trên MCCH.

CHƯƠNG 3 - TRUY NHẬP VÔ TUYẾN TRONG LTE

3.1. Các chế độ truy nhập vô tuyến

Giao diện không gian LTE hỗ trợ cả hai chế độ là song công phân chia theo tần số (FDD) và song công phân chia theo thời gian (TDD), mỗi chế độ có một cấu trúc khung riêng. Chế độ bán song công FDD cho phép chia sẻ phân cứng giữa đường lên và đường xuống vì đường lên và đường xuống không bao giờ sử dụng đồng thời. Kỹ thuật này được sử dụng trong một số dải tần và cũng cho phép tiết kiệm chi phí trong khi giảm một nửa khả năng truyền dữ liệu.

Giao diện không gian LTE cũng hỗ trợ phát đa phương tiện và các dịch vụ phát quảng bá đa điểm (MBMS). Một công nghệ tương đối mới cho nội dung phát sóng như truyền hình kỹ thuật số tới UE bằng cách sử dụng các kết nối điểm- đa điểm. Các thông số kỹ thuật 3GPP cho MBMS đầu tiên được xuất hiện trong UMTS phiên bản 6. LTE xác định là một cấp cao hơn dịch vụ MBMS phát triển (eMBMS), mà nó sẽ hoạt động qua một mạng đơn tần số phát quảng bá / đa điểm(MBSFN), bằng cách sử dụng một dạng sóng đồng bộ thời gian chung mà có thể truyền tới đa ô trong một khoảng thời gian nhất định. MBSFN cho phép kết hợp qua vô tuyến của truyền đa ô tới UE, sử dụng tiền tố vòng (CP) để bảo vệ các sự sai khác do trễ khi truyền tải, để các UE truyền tải như là từ một tế bào lớn duy nhất. Công nghệ này giúp cho LTE có hiệu suất cao cho truyền tải MBMS. Các dịch vụ eMBMS sẽ được xác định đầy đủ trong thông số kỹ thuật của 3GPP phiên bản 9.

3.2. Băng tần truyền dẫn

LTE phải hỗ trợ thị trường không dây quốc tế , các quy định về phổ tần trong khu vực và phổ tần sẵn có. Để đạt được điều này các thông số kỹ thuật bao gồm băng thông kênh biến đổi có thể lựa chọn từ 1,4 tới

20MHz. Với khoảng cách giữa các sóng mang con là 15kHz. Nếu eMBMS mới được sử dụng, cũng có thể khoảng cách giữa các sóng mang con là 7,5kHz. Khoảng cách giữa các sóng mang con là một hằng số và nó không phụ thuộc vào băng thông của kênh. 3GPP đã xác định giao diện vô tuyến của LTE là băng thông không thể biết, nó cho phép giao diện vô tuyến thích ứng với băng thông kênh khác nhau với ảnh hưởng nhỏ nhất vào hoạt động của hệ thống.

Giá trị nhỏ nhất của tài nguyên có thể được phân bố ở đường lên và đường xuống được gọi là một khối tài nguyên (RB). Một RB có độ rộng là 180kHz và kéo dài trong một khe thời gian là 0,5ms. Với LTE tiêu chuẩn thì một RB bao gồm 12 sóng mang con với khoảng cách giữa các sóng mang con là 15kHz, và cho eMBMS với tùy chọn khoảng cách giữa các sóng mang con là 7,5kHz và một RB gồm 24 sóng mang con cho 0,5ms.

3.3. Các băng tần được hỗ trợ

Các thông số kỹ thuật của LTE là được thừa hưởng tất cả các băng tần đã xác định cho UMTS, đó là một danh sách mà vẫn tiếp tục được phát triển thêm. Tại thời điểm hiện nay được đăng ký có 15 băng tần FDD và 8 băng tần TDD đang được khai thác. Quan trọng là sự chòng chéo giữa một vài băng tần đang tồn tại, nhưng điều này không cần thiết phải đơn giản hóa các thiết kế từ khi có thể có các yêu cầu về hiệu suất băng tần cụ thể dựa trên các nhu cầu của khu vực. không có sự nhất trí nào về việc băng tần LTE đầu tiên sẽ được triển khai, vì câu trả lời này phụ thuộc nhiều vào các biến đổi của từng vùng. Sự thiếu đồng thuận này nó dẫn tới một sự phức tạp đáng kể cho các nhà sản xuất thiết bị, trái ngược với sự khởi đầu của GSM và WCDMA, cả hai đều đã được xác định với chỉ một băng tần. Các băng tần vận hành cho E-UTRAN được chỉ ra trong bảng 3.1.

Băng tần vận hành E-UTRAN	Băng tần vận hành đường lên (UL) ; BS thu , UE phát	Băng tần vận hành đường xuống (DL); BS phát , UE thu	Chế độ song công
	$F_{UL_low} - F_{UL_high}$	$F_{DL_low} - F_{DL_high}$	
1	1920 - 1980 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
2	1850 - 1910 MHz	1930 – 1990 MHz	FDD
3	1710 – 1785 MHz	1805 – 1880 MHz	FDD
4	1710 – 1755 MHz	2110 – 2155 MHz	FDD
5	824 – 849 MHz	869 – 894 MHz	FDD
6	830 – 840 MHz	875 – 885 MHz	FDD
7	2500 – 2570 MHz	2620 – 2690 MHz	FDD
8	880 – 915 MHz	925 – 960 MHz	FDD
9	1749,9-1784,9MHz	1844,9-1879,9MHz	FDD
10	1710 – 1770 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
11	1427,9-1452,9 MHz	1475,9-1500,9 MHz	FDD
12	698 – 716 MHz	728 – 746 MHz	FDD
13	777 – 787 MHz	746 – 756 MHz	FDD

14	788 – 798 MHz	758 – 768 MHz	FDD
...			
17	704 – 716 MHz	734 – 746 MHz	FDD
...			
33	1900 – 1920 MHz	1900 – 1920 MHz	TDD
34	2010 – 2025 MHz	2010 – 2025 MHz	TDD
35	1850 – 1910 MHz	1850 – 1910 MHz	TDD
36	1830 – 1990 MHz	1830 – 1990 MHz	TDD
37	1910 – 1930 MHz	1910 – 1930 MHz	TDD
38	2570 – 2620 MHz	2570 – 2620 MHz	TDD
39	1880 – 1920 MHz	1880 – 1920 MHz	TDD
40	2300 – 2400 MHz	2300 – 2400 MHz	TDD

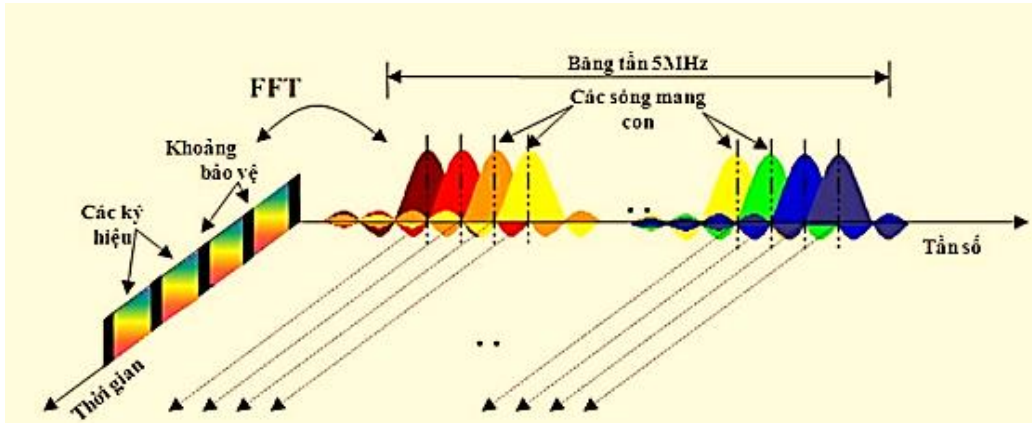
Bảng 3.1 Các băng tần vận hành E-UTRAN (TS 36.101)

3.4. Kỹ thuật đa truy nhập cho đường xuống OFDMA

3.4.1. OFDM

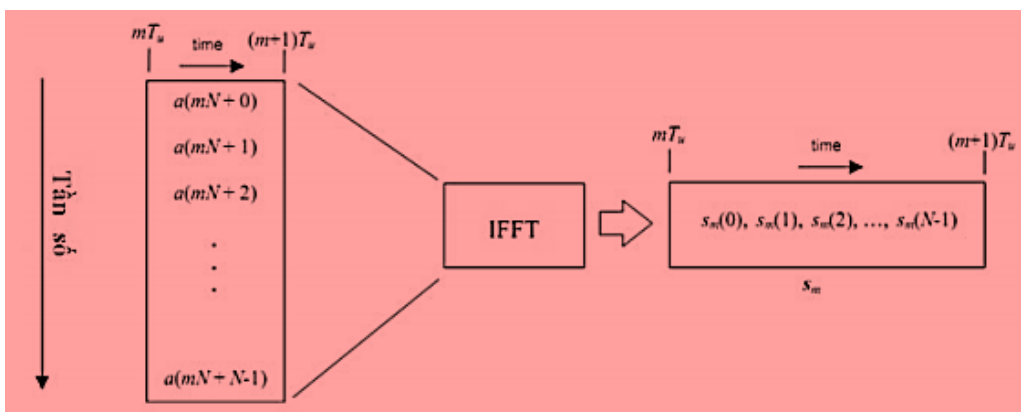
Kế hoạch truyền dẫn đường xuống cho E-UTRAN chế độ FDD và TDD là được dựa trên OFDM truyền thông. Trong hệ thống OFDM, phổ tần có sẵn được chia thành nhiều sóng mang, được gọi là các sóng mang con. Mỗi sóng mang con được điều chế độc lập bởi một dòng dữ liệu tốc độ thấp. OFDM cũng được sử dụng trong WLAN, WIMAX và các công nghệ truyền quảng bá như DVB. OFDM có một số lợi ích như độ bền của nó với fading đa đường và kiến trúc thu nhận hiệu quả của nó. Hình 3.1 cho thấy một minh họa của một tín hiệu OFDM. Trong hình này một tín hiệu với băng thông 5MHz được biểu thị, nhưng nguyên tắc là tương tự như cho các băng thông E-UTRAN khác. Các ký hiệu dữ liệu được điều chế một cách độc lập và được truyền qua một số lượng lớn

của các sóng mang con trực giao đặt gần nhau. Trong E-UTRAN các phương án điều chế cho đường xuống QPSK, 16 QAM và 64QAM là sẵn có.



Hình 3.1 Biểu diễn tần số-thời gian của một tín hiệu OFDM

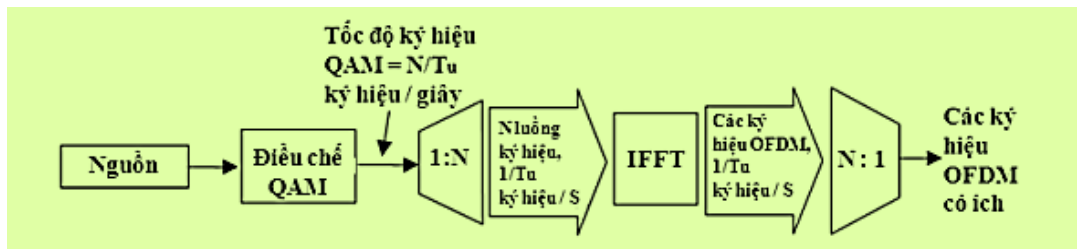
Trong miền thời gian, một khoảng bảo vệ có thể được thêm vào mỗi ký hiệu để chống lại nhiễu liên ký hiệu OFDM do kênh lan truyền trễ. Trong E-UTRAN, các khoảng bảo vệ là một tiền tố vòng mà được chèn vào trước mỗi ký hiệu OFDM. Trong thực tế, tín hiệu OFDM có thể được tạo ra bằng cách sử dụng IFFT (biến đổi Fourier nhanh nghịch đảo). IFFT chuyển đổi số lượng N các ký hiệu dữ liệu phức được sử dụng như các phễu để biến đổi tín hiệu miền tần số sang tín hiệu miền thời gian. N điểm IFFT được minh họa như trong hình 3.2, nơi mà có $a(mN+n)$ tham chiếu tới ký hiệu dữ liệu điều chế sóng mang con thứ n, trong khoảng thời gian $mT_u < t < (m + 1)T_u$.



Hình 3.2 Sự tạo ra ký hiệu OFDM có ích sử dụng IFFT

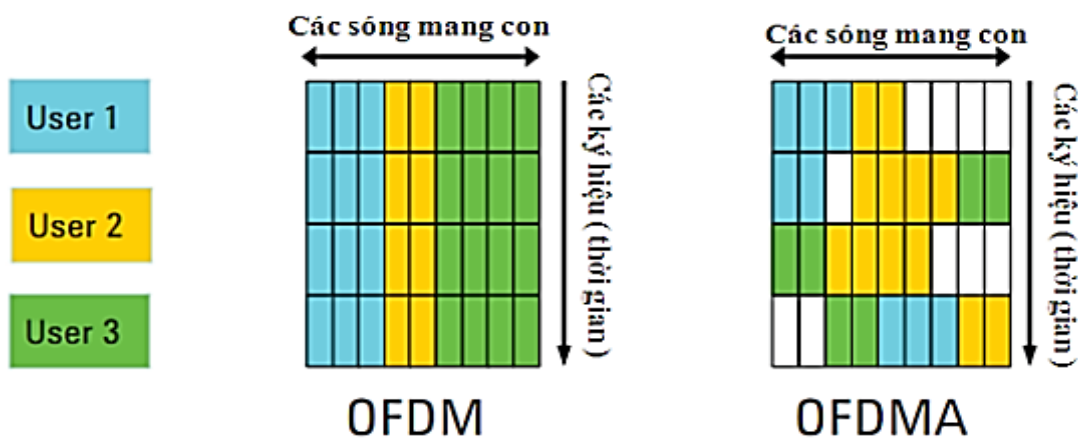
Vector S_m được xác định là ký hiệu OFDM có ích. Nó là sự chồng chất về mặt thời gian của N các sóng mang con được điều chế bằng hẹp. Vì vậy, từ một dòng song song của N nguồn dữ liệu, mỗi nguồn được điều chế một cách độc lập, một dạng sóng bao gồm N các sóng mang con trực giao được hình thành.

Hình 3.3 minh họa sự ánh xạ từ một luồng nối tiếp các ký hiệu QAM đến N các luồng song song, sử dụng như là phiếu miền tần số cho IFFT. N điểm các khối miền thời gian thu được từ IFT sau đó được xếp theo thứ tự để tạo ra một tín hiệu trên miền thời gian. Điều này không được biểu diễn trong hình 3.3, nó là một quá trình chèn vào tiền tố vòng.



Hình 3.3 Sự tạo ra chuỗi tín hiệu OFDM

Trái ngược với phương thức truyền OFDM, OFDMA cho phép truy nhập của nhiều người sử dụng trên băng thông sẵn có.



Hình 3.4 Cấp phát sóng mang con cho OFDM & OFDMA

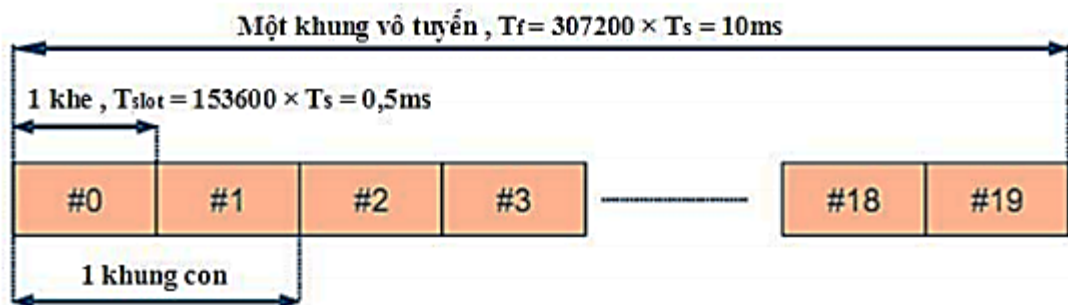
Mỗi người sử dụng được ấn định một tài nguyên thời gian-

tần số cụ thể. Như một nguyên tắc cơ bản của E-UTRAN, các kênh dữ liệu là các kênh chia sẻ. ví dụ, đối với mỗi khoảng thời gian truyền của 1ms, một quyết định lịch biểu mới được lấy về trong đó người sử dụng được gán với các nguồn tài nguyên thời gian / tần số trong suốt khoảng thời gian truyền tải.

3.4.2. Các tham số OFDMA

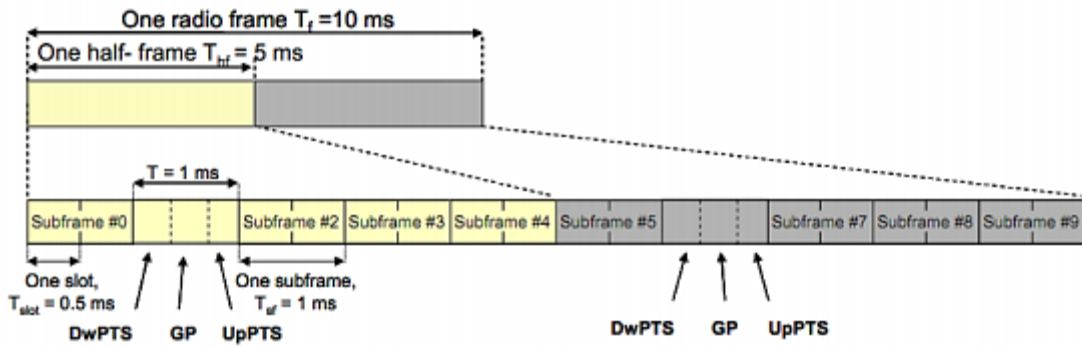
Có hai loại cấu trúc khung được định nghĩa cho E-UTRAN: cấu trúc khung loại 1 cho chế độ FDD, cấu trúc khung loại 2 cho chế độ TDD.

Đối với kiểu cấu trúc khung loại 1, khung vô tuyến 10ms được chia thành 20 khe có kích thước như nhau là 0,5ms. Một khung con bao gồm có 2 khe liên tiếp, nên một khung vô tuyến chứa 10 khung con. Điều này được minh họa như trong hình 3.5 (T_s là thể hiện của đơn vị thời gian cơ bản tương ứng với 30,72MHz).



Hình 3.5 Cấu trúc khung loại 1

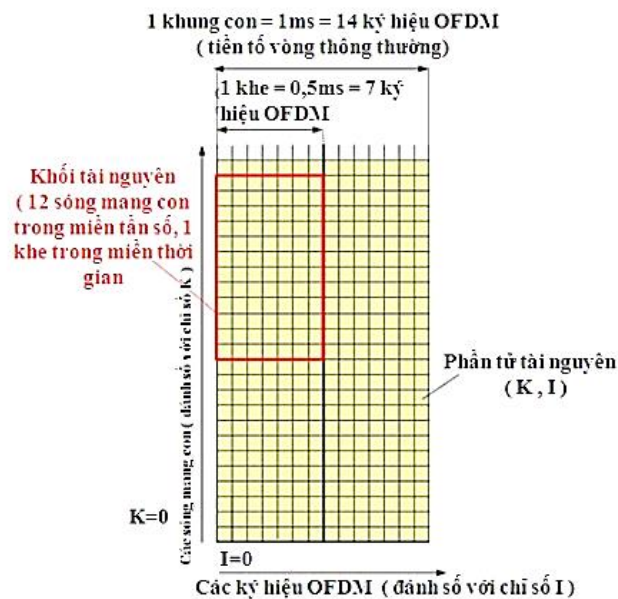
Đối với cấu trúc khung loại 2, khung vô tuyến 10ms bao gồm hai nửa-khung với mỗi nửa chiều dài 5ms. Mỗi nửa-khung được chia thành 5 khung con với mỗi khung con 1ms, như được thể hiện trong hình 3.6.



Hình 3.6 Cấu trúc khung loại 2

Tất cả các khung con mà không phải là khung con đặc biệt được định nghĩa là hai khe có chiều dài 0,5ms cho mỗi khung con. Các khung con đặc biệt bao gồm có ba trường là DwPTS (khe thời gian dẫn hướng đường xuống), GP (khoảng bảo vệ) và UpPTS (khe thời gian dẫn hướng đường lên). Các trường này đã được biết đến từ TD-SCDMA và được duy trì trong LTE TDD. DwPTS, GP và UpPTS có chiều dài cấu hình riêng và chiều dài tổng cộng là 1 ms.

Hình 3.7 thể hiện cấu trúc của lưới tài nguyên đường xuống cho cả FDD và TDD.



Hình 3.7 Tài nguyên đường xuống

Các sóng mang con trong LTE có một khoảng cách cố định $f = 15\text{kHz}$ trong miền tần số, 12 sóng mang con hình thành một khối tài nguyên. Kích thước khối tài nguyên là như nhau với tất cả các băng thông. Số lượng các khối tài nguyên ứng với băng thông được liệt kê như trong bảng 3.2.

Băng thông kênh (MHz)	1,4	3	5	10	15	20
Số lượng các khối tài nguyên	6	15	25	50	75	100

Bảng 3.2 số lượng các khối tài nguyên cho băng thông LTE khác nhau (FDD&TDD)

Với mỗi ký hiệu OFDM, một tiền tố vòng (CP) được nối thêm như là khoảng thời gian bảo vệ, so sánh với hình 1. Một khe đường xuống bao gồm 6 hoặc 7 ký hiệu OFDM, điều này tùy thuộc vào tiền tố vòng được cấu hình là mở rộng hay bình thường. Tiền tố vòng dài có thể bao phủ các kích thước ô lớn hơn với sự lan truyền trễ cao hơn của các kênh vô tuyến. Các chiều dài tiền tố vòng được lấy mẫu (đơn vị đo bằng ps) và được tóm tắt trong bảng 3.3.

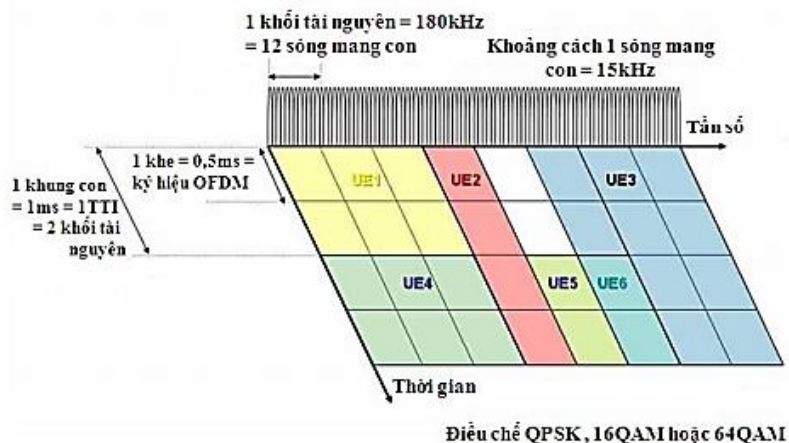
Cấu hình	Kích thước khối tài nguyên N_{SC}^{RB}	Số lượng các ký hiệu N_{Symbol}^{DL}	Chiều dài tiền tố vòng trong các mẫu	Chiều dài tiền tố vòng ở μs
Tiền tố vòng bình thường $\Delta f = 15\text{kHz}$	12	7	160 cho ký hiệu đầu tiên 144 cho các ký hiệu khác	5,2 μs cho ký hiệu đầu tiên. 4,7 μs cho các ký hiệu khác.
Tiền tố vòng mở rộng $\Delta f = 15\text{kHz}$	12	6	512	16,7 μs

Bảng 3.3 Tham số cấu trúc khung đường xuống (FDD & TDD)

3.4.3. Truyền dẫn dữ liệu hướng xuống

Dữ liệu được cấp phát tới UE theo các khối tài nguyên, ví dụ , một UE có thể được cấp phát các bội số nguyên của một khối tài nguyên trong miền tần số. Các khối tài nguyên không cần phải liền kề với nhau. Trong miền thời gian, quyết định lập biểu có thể bị biến đổi trong mỗi khoảng thời gian truyền của 1ms. Quyết định lập biểu được thực hiện trong các trạm gốc (eNodeB). Các thuật toán lập biểu có tính đến tình trạng chất lượng liên kết vô tuyến của những người sử dụng khác nhau, tình trạng can nhiễu tổng thể, chất lượng của các dịch vụ yêu cầu, các dịch vụ ưu tiên, ..v.v. Hình 3.8 cho thấy một ví dụ cho việc cấp phát dữ liệu người dùng hướng xuống cho những người sử dụng khác nhau (giả sử có 6 UE).

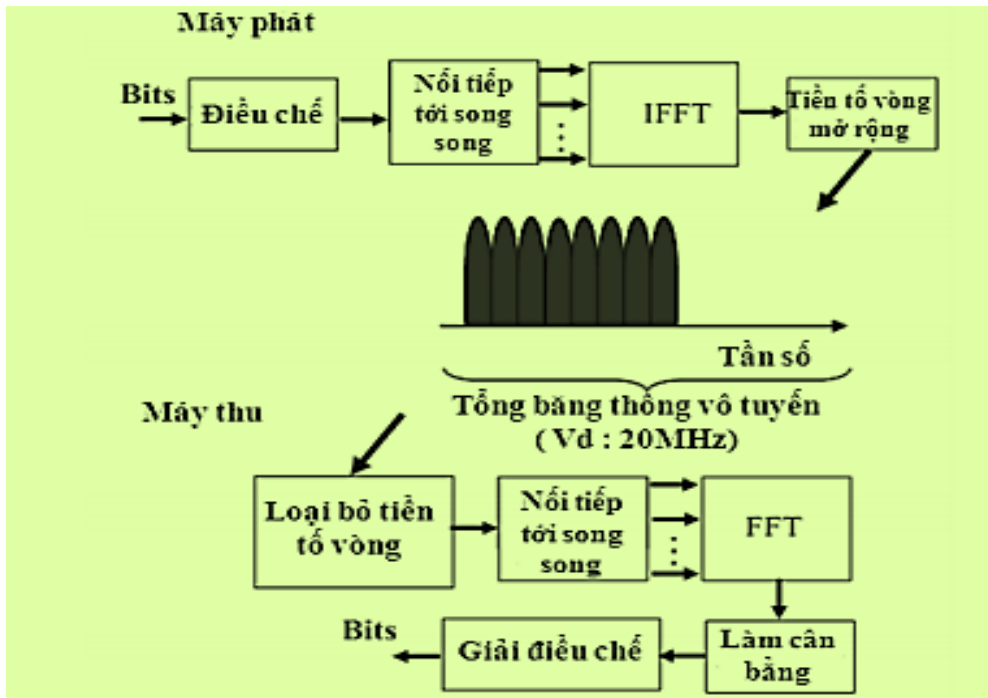
Dữ liệu người dùng được mang trên kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH).



Hình 3.8 Ghép kênh thời gian – tần số OFDMA

Về nguyên tắc trong mọi hệ thống OFDMA là sử dụng băng hẹp, các sóng mang con trực giao với nhau. Trong LTE khoảng cách sóng mang con là 15kHz bất kể băng thông hệ thống là bao nhiêu. Các sóng mang con khác nhau là trực giao với nhau. Máy phát của một hệ thống OFDMA sử dụng khối IFFT để tạo ra tín hiệu. dữ liệu nguồn được cung

cấp tới bộ chuyển đổi nối tiếp- song song và sau đó tiếp tục vào khối IFFT. Mỗi đầu vào của khối IFFT tương ứng là biểu diễn đầu vào cho một sóng mang con riêng (hoặc thành phần tần số cụ thể của tín hiệu miền thời gian)và có thể được điều chế độc lập với các sóng mang con khác. Tiếp sau khối IFFT là được thêm vào tiền tố vòng mở rộng, như thể hiện trong hình 3.9.



Hình 3.9 Phát và thu OFDMA

Mục đích của việc thêm tiền tố vòng mở rộng là để tránh được nhiễu liên ký tự. khi máy phát thêm vào một tiền tố vòng mở rộng dài hơn so với đáp ứng xung kênh thì sự ảnh hưởng của ký hiệu trước đây có thể được loại bỏ bằng cách bỏ qua (gỡ bỏ) tiền tố vòng mở rộng ở phía thu. Một sự điển hình của giải pháp thu là cân bằng miền tần số, trong đó về cơ bản là sự tác động trở lại kênh với mỗi sóng mang con. Bộ cân bằng miền tần số trong OFDMA chỉ đơn giản là nhân mỗi sóng mang con(với phép nhân giá trị phức tạp) dựa trên đáp ứng tần số kênh đã ước tính (điều chỉnh biên độ và pha của mỗi sóng mang con đã biết) của kênh.

1- Các kênh điều khiển hướng xuống

❖ Kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH) : nó phục vụ cho nhiều mục đích. Chủ yếu nó được sử dụng để chuyển các quyết định lập

lich biểu tới các UE riêng lẻ, tức là nó có nhiệm vụ lập lịch biểu cho hướng lên và hướng xuống. PDCCH được đặt trong ký hiệu OFDM đầu tiên của một khung con. Đối với cấu trúc khung loại 2, PDCCH cũng có thể được ánh xạ vào 2 ký hiệu OFDM đầu tiên của trường DwPTS.

❖ Một kênh chỉ thị dạng điều khiển vật lý (PCFICH) được mang trên các phần tử tài nguyên đặc trưng trong ký hiệu OFDM đầu tiên của khung con được sử dụng để chỉ ra số lượng các ký hiệu OFDM cho PDCCH (có thể là 1, 2, 3, hoặc 4 ký hiệu). PCFICH là cần thiết bởi vì tải trên PDCCH có thể khác nhau, tùy thuộc vào số lượng người sử dụng trong một ô và các dạng tín hiệu được truyền trên PDCCH.

❖ Thông tin được mang trên PDCCH được gọi là thông tin điều khiển đường xuống (DCI). Tùy thuộc vào mục đích của các thông điệp điều khiển, các dạng khác nhau của DCI sẽ được xác định.

3.5. Kỹ thuật đa truy nhập đường lên LTE SC-FDMA

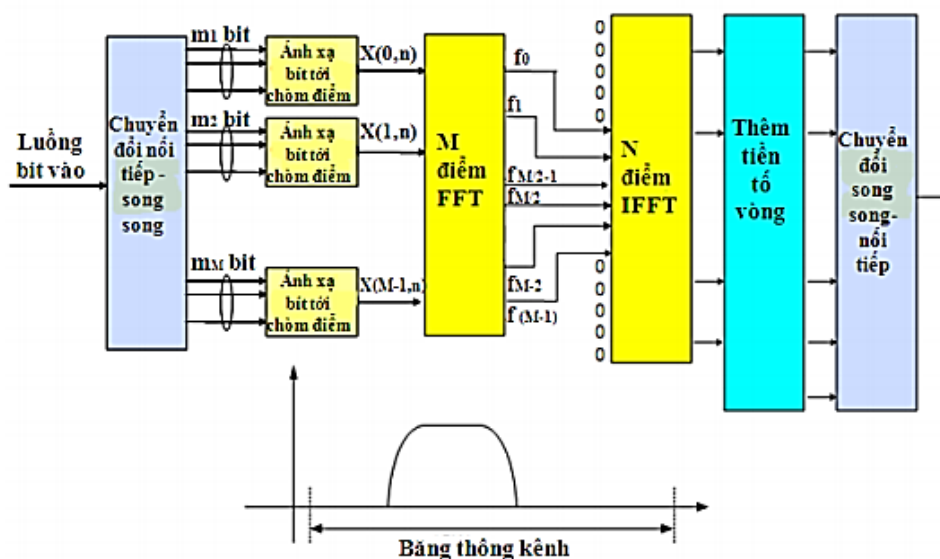
Việc truyền OFDMA phải chịu một tỷ lệ công suất đỉnh-đến-trung bình (PAPR) cao, điều này có thể dẫn đến những hệ quả tiêu cực đối với việc thiết kế một bộ phát sóng nhúng trong UE. Đó là, khi truyền dữ liệu từ UE đến mạng, cần có một bộ khuếch đại công suất để nâng tín hiệu đến lên một mức đủ cao để mạng thu được. Bộ khuếch đại công suất là một trong những thành phần tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong một thiết bị, và vì thế nên hiệu quả công suất càng cao càng tốt để làm tăng tuổi thọ pin của máy. 3GPP đã tìm một phương án truyền dẫn khác cho hướng lên LTE. SC-FDMA được chọn bởi vì nó kết hợp các kỹ thuật với PAPR thấp của các hệ thống truyền dẫn đơn sóng mang, như GSM và CDMA, với khả năng chống được đa đường và cấp phát tần số linh hoạt của OFDMA.

3.5.1. SC-FDMA

Trong hướng đường lên 3GPP sử dụng SC-FDMA (đa truy nhập phân chia tần số đơn sóng mang) cho đa truy nhập hợp lệ cho cả hai chế độ vận hành FDD và TDD kết hợp với tiên tố vòng. Các tín hiệu SC-FDMA có đặc tính PAPR tốt hơn so với tín hiệu OFDMA. Đây là một trong những lý do chính để chọn SC-FDMA là phương thức truy nhập đường lên LTE. Các đặc điểm PAPR là quan trọng cho kế hoạch hiệu

quả về giá thành của các bộ khuếch đại công suất ở UE. Tuy nhiên, việc xử lý tín hiệu SC-FDMA có một số điểm tương đồng với việc xử lý tín hiệu OFDMA, do đó các tham số của đường xuống và đường lên có thể được cân đối.

Có nhiều cách khác nhau để tạo ra một tín hiệu SC-FDMA. DFT-trái-OFDM (DFT-S-OFDM) đã được lựa chọn cho E-UTRAN. Nguyên tắc được minh họa trong hình 3.10.



Hình 3.10 Sơ đồ khối DFT-S-OFDM

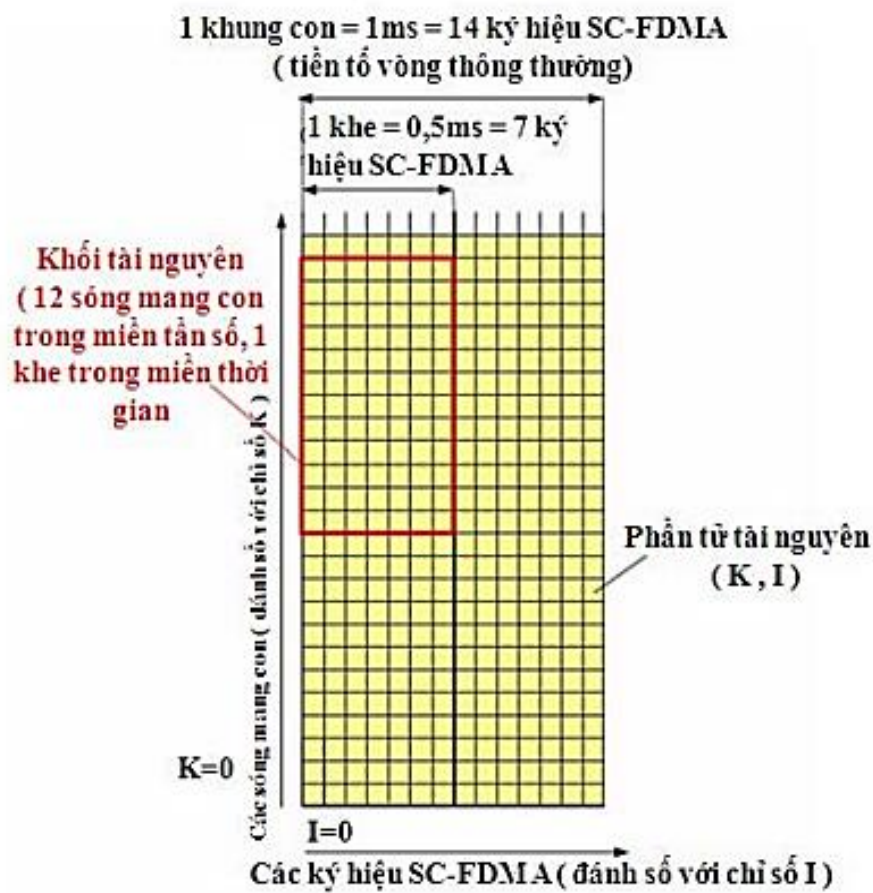
Với DFT-S-OFDM, một DFT kích thước M trước tiên được áp dụng tới một khối các ký hiệu điều chế M . QPSK, 16QAM và 64QAM được sử dụng như là các phương án điều chế đường lên E-UTRAN, sau này được tùy chọn cho UE. DFT biến đổi các ký hiệu điều chế vào miền tần số. Kết quả được ánh xạ vào các sóng mang con có sẵn. Trong đường lên E-UTRAN, chỉ có truyền dẫn tập trung trên các sóng mang con liên tiếp là được cho phép. N điểm IFFT nơi mà $N \rightarrow M$ sau đó được thực hiện như trong OFDM, tiếp đó là thêm tiền tố vòng và chuyển đổi song song thành nối tiếp.

Sự xử lý DFT là sự khác biệt cơ bản giữa việc tạo tín hiệu SC-FDMA và OFDMA. Điều này được thể hiện bằng thuật ngữ “DFT-trái-OFDM”. Trong một tín hiệu SC-FDMA, mỗi sóng mang con được sử dụng cho việc truyền dẫn thông tin bao gồm tất cả các ký hiệu điều chế được truyền, kể từ khi dòng dữ liệu đầu vào được lan truyền bởi sự biến đổi

DFT qua các sóng mang con sẵn có. Trái ngược với điều này, mỗi sóng mang con trong một tín hiệu OFDMA chỉ mang thông tin liên quan tới các ký hiệu điều chế cụ thể.

3.5.2. Các tham số SC-FDMA

Cấu trúc đường lên LTE cũng tương tự như đường xuống. trong cấu trúc khung loại 1, một khung vô tuyến đường lên bao gồm 20 khe với mỗi khe có chiều dài 0,5ms, và một khung con có hai khe. Cấu trúc khe đường thể hiện như trong hình 3.11.



Hình 3.11 Tài nguyên đường lên

Trong cấu trúc khung loại 2 bao gồm mười khung con, nhưng một hoặc hai trong số đó là khung đặc biệt. chúng bao gồm các trường DwPTS, GP và UpPTS, như hình 3.6.

Mỗi khe mang 7 ký hiệu SC-FDMA trong trường hợp cấu hình tiền tố

vòng thông thường, và 6 ký hiệu SC-FDMA trong trường hợp cấu hình tiên tố vòng mở rộng. Ký hiệu SC-FDMA số 3 (ký hiệu thứ 4 trong một khe) mang tín hiệu chuẩn cho việc giải điều chế kênh.

Bảng 3.4 hiển thị các thông số cấu hình tổng quan

Cấu hình	Số các ký hiệu N_{symbol}^{UL}	Độ dài tiên tố vòng trong các mẫu thử	Độ dài tiên tố vòng trong μs
Tiên tố vòng thông thường $\Delta f=15kHz$	7	160 cho ký hiệu đầu tiên 144 cho các ký hiệu khác	5,2 μs cho ký hiệu đầu tiên 4,7 μs cho các ký hiệu khác
Tiên tố vòng mở rộng $\Delta f=15kHz$	6	512	16,7 μs

Bảng 3.4 Các tham số cấu trúc khung đường lên (FDD&TDD)

3.5.3. Truyền dẫn dữ liệu hướng lên

Lập kế hoạch nguồn tài nguyên hướng lên được thực hiện bởi eNodeB. eNodeB sẽ cấp các tài nguyên thời gian/tần số nhất định cho các UE và các UE thông báo về các dạng truyền tải mà nó sử dụng. Các quyết định lập lịch biểu có thể dựa trên các thông số QoS, tình trạng bộ nhớ đệm của UE, các thông số chất lượng kênh đường lên, khả năng của UE, các đo đạc khoảng cách của UE, .. .v.v.

Trong đường lên, dữ liệu được cấp phát trong bội số của một khối tài nguyên. Kích thước khối tài nguyên đường lên trong miền tần số là 12 sóng mang con, tức là giống trong đường xuống. Tuy nhiên không phải tất cả các bội số đều được phép để có thể đơn giản hóa việc thiết kế DFT trong quá trình xử lý tín hiệu hướng lên. Chỉ có các chỉ số 2,3 và 5 là được phép. Không giống như trong đường xuống, các UE luôn được gán các khối tài nguyên liên tiếp trong đường lên LTE.

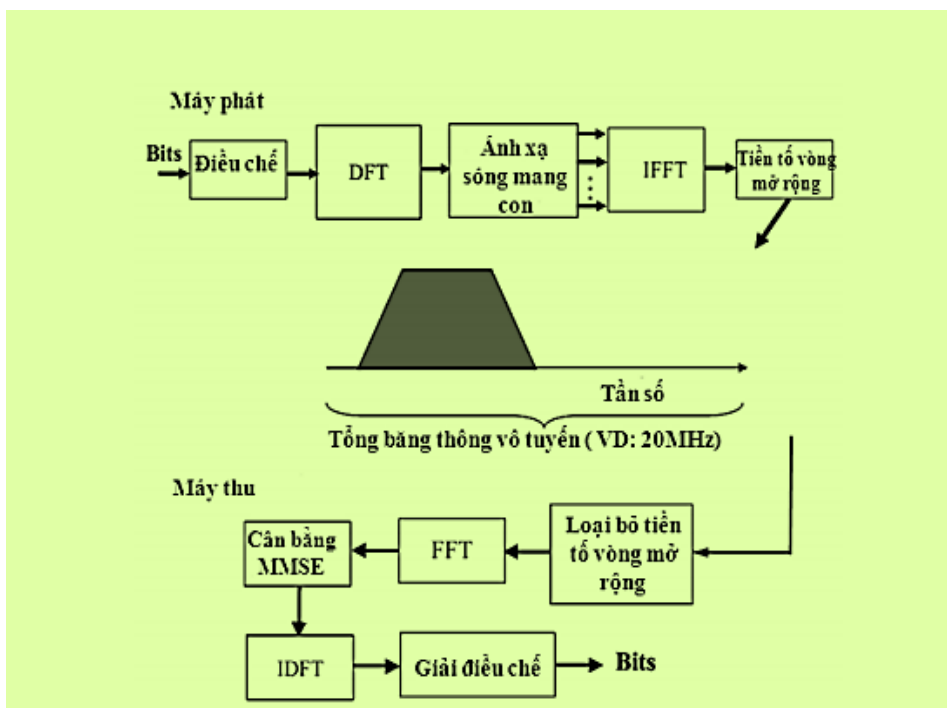
Khoảng thời gian truyền dẫn hướng lên là 1ms (giống như đường xuống). Dữ liệu người dùng được mang trên kênh chia sẻ đường lên vật

lý (PUSCH).

Bằng cách sử dụng nhảy tần hướng lên trên PUSCH, các tác dụng của sự phân tập tần số có thể được khai thác và nhiều có thể được lấy trung bình.

Xuất phát từ UE việc cấp phát tài nguyên đường lên cũng như thông tin nhảy tần từ việc trợ cấp lập lịch biểu hướng lên đó là được nhận trước bốn khung con. DCI (thông tin điều khiển hướng xuống) dạng 0 là được sử dụng trên PDCCH để vận chuyển trợ cấp lập lịch biểu hướng lên.

Việc phát tín hiệu trong miền tần số được thể hiện như trong hình 3.12. Bổ sung thêm cho OFDMA thuộc tính của dạng sóng phổ tốt hơn trái ngược với việc phát tín hiệu trong miền thời gian với một bộ điều chế QAM thông thường. Do đó nhu cầu về băng tần bảo vệ giữa các người dùng khác nhau là có thể tránh được, tương tự như nguyên lý đường xuống của OFDMA. Như trong hệ thống OFDMA, một tiền tố vòng cũng được thêm vào theo định kỳ, nhưng không phải sau mỗi ký hiệu như là tốc độ ký hiệu là nhanh hơn trong miền thời gian so với trong OFDMA, để cho việc truyền dữ liệu có thể ngăn ngừa được nhiễu liên ký tự và để đơn giản hóa việc thiết kế máy thu. Máy thu vẫn cần phải đối phó với nhiễu liên ký tự như là tiền tố vòng bây giờ sẽ ngăn cản nhiễu liên ký tự giữa một khối các ký hiệu, do đó sẽ vẫn còn nhiễu liên ký tự giữa các tiền tố vòng. Do đó máy thu sẽ chạy bộ cân bằng cho một khối các ký hiệu cho đến khi đạt được tiền tố vòng mà ngăn chặn sự lan truyền nhiễu liên ký tự sau đó.



Hình 3.12 Phát & thu hướng lên LTE

LTE hỗ trợ cả hai đó là nhảy tần bên trong và liên khung con. Nó được cấu hình trên mỗi ô bởi các lớp cao hơn cho dù nhảy cả hai bên trong và liên khung con hoặc chỉ nhảy liên khung con là được hỗ trợ.

1- Kênh điều khiển hướng lên PUCCH

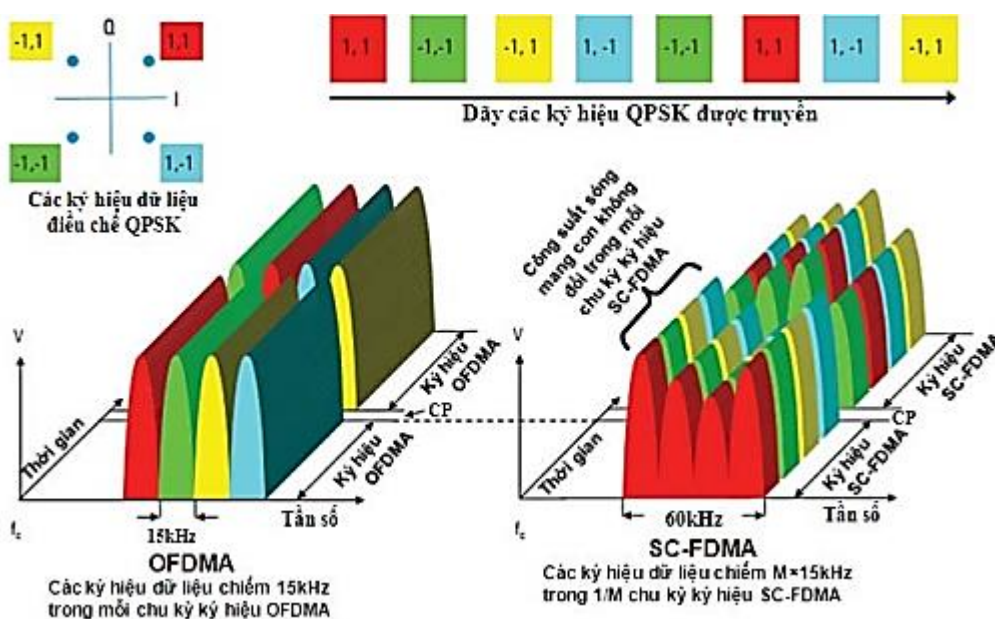
Kênh điều khiển hướng lên vật lý (PUCCH) mang thông tin điều khiển hướng lên (UCI), tức là thông tin ACK/NACK liên quan tới việc nhận các gói dữ liệu trong đường xuống, báo cáo chỉ số chất lượng kênh (CQI), thông tin ma trận tiền mã hóa (PMI) và chỉ số bậc (RI) cho MIMO, và các yêu cầu lập kế hoạch (SR). PUCCH được truyền trên một vùng tần số dành riêng trong hướng lên mà nó được cấu hình bởi các lớp cao hơn. Các khối tài nguyên PUCCH được đặt vào cả hai biên của băng thông đường lên, và nhảy tần liên khe được sử dụng trên PUCCH.

3.5.4. So sánh OFDMA và SC-FDMA

Một sự so sánh giữa OFDMA và SC-FDMA được thể hiện như trong hình 3.13. Với ví dụ này, chỉ sử dụng bốn (M) sóng mang con trong hai chu kỳ ký hiệu với dữ liệu tải trọng được biểu diễn bởi điều chế khóa

dịch pha cầu phương (QPSK). Như đã mô tả, các tín hiệu LTE được cấp phát trong các đơn vị của 12 sóng mang con lân cận.

Bên trái hình 3.13, M các sóng mang con 15kHz liền kề đã được đặt vào địa điểm mong muốn trong băng thông kênh và mỗi sóng mang con được điều chế với chu kỳ ký hiệu OFDMA là 66,7ps bởi một ký hiệu dữ liệu QPSK. Trong ví dụ này, bốn sóng mang con, bốn ký hiệu được đưa ra song song. Đây là các ký hiệu dữ liệu QPSK do đó chỉ có pha của mỗi sóng mang con là được điều chế và công suất của sóng mang con vẫn giữ không đổi giữa các ký hiệu. Sau một chu kỳ ký hiệu OFDMA trôi qua, các CP được chèn vào và bốn ký hiệu tiếp theo được truyền đi song song. Để cho hình ảnh nhìn được rõ ràng nên các CP được hiển thị như một khoảng trống, tuy nhiên, nó thực sự được lấp đầy với một bản sao của sự kết thúc của ký hiệu tiếp theo, có nghĩa là công suất truyền dẫn là liên tục nhưng có một sự gián đoạn pha ở biên của ký hiệu. Để tạo ra tín hiệu truyền đi, một IFFT được thực hiện trên mỗi sóng mang con để tạo ra M tín hiệu miền thời gian. Chúng lần lượt là vec tơ tổng hợp để tạo ra dạng sóng miền thời gian cuối cùng được sử dụng để truyền dẫn.



Hình 3.13 So sánh OFDMA & SC-FDMA truyền một chuỗi các ký hiệu dữ liệu QPSK

Tín hiệu SC-FDMA được bắt đầu với một qui trình đứng trước đặc biệt rồi sau đó nó cũng tiếp tục một cách tương tự như OFDMA. Tuy nhiên trước hết ta sẽ xem hình bên phải của hình 3.13. Sự khác biệt rõ ràng nhất là OFDMA truyền bốn ký hiệu dữ liệu QPSK song song trên mỗi sóng mang con, trong khi SC-FDMA truyền bốn ký hiệu dữ liệu QPSK trong loạt bốn lần, với mỗi ký hiệu dữ liệu chiếm $M \times 15\text{kHz}$ băng thông.

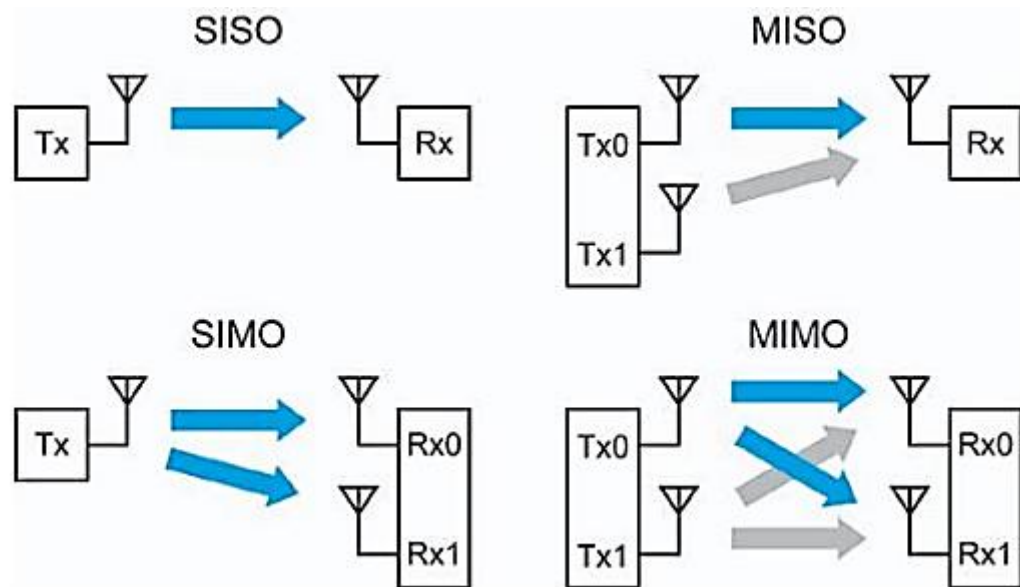
Nhìn một cách trực quan, tín hiệu OFDMA là đa sóng mang với một ký hiệu dữ liệu trên mỗi sóng mang con, nhưng tín hiệu SC-FDMA xuất hiện như nhiều hơn một sóng mang đơn (vì thế mà có “SC” trong tên SC-FDMA) với mỗi ký hiệu dữ liệu được biểu diễn bằng một loạt tín hiệu. Lưu ý rằng chiều dài ký hiệu OFDMA & SC-FDMA là như nhau với $66,7\mu\text{s}$, tuy nhiên, ký hiệu SC-FDMA có chứa M các ký hiệu con mà biểu diễn cho dữ liệu điều chế. Đó là việc truyền tải song song của nhiều các ký hiệu tạo ra PAPR cao không mong muốn với OFDMA. Bằng cách truyền M các ký hiệu dữ liệu trong dãy vào M thời điểm, SC-FDMA chiếm băng thông cũng như đa sóng mang OFDMA nhưng chủ yếu là PAPR tương tự như được sử dụng cho các ký hiệu dữ liệu gốc. Thêm vào cùng nhau nhiều dạng sóng QPSK băng hẹp trong OFDMA sẽ luôn tạo ra các đỉnh cao hơn có thể thấy trong băng thông rộng hơn, dạng sóng QPSK đơn sóng mang SC-FDMA.

3.6. Tổng quan về kỹ thuật đa ăng ten MIMO

Trung tâm của LTE là ý tưởng của kỹ thuật đa ăng ten, được sử dụng để tăng vùng phủ sóng và khả năng của lớp vật lý. Thêm vào nhiều ăng ten hơn với một hệ thống vô tuyến cho phép khả năng cải thiện hiệu suất bởi vì các tín hiệu phát ra sẽ có các đường dẫn vật lý khác nhau. Có ba loại chính của kỹ thuật đa ăng ten. Đầu tiên nó giúp sử dụng trực tiếp sự phân tập đường dẫn trong đó một sự bức xạ đường dẫn có thể bị mất mát do fading và một cái khác có thể không. Thứ hai là việc sử dụng kỹ thuật

hướng búp sóng (beamforming) bằng cách điều khiển mỗi tương quan pha của các tín hiệu điện phát ra vào các ăng ten với năng lượng truyền lái theo tự nhiên. Loại thứ ba sử dụng sự phân tách không gian (sự khác biệt đường dẫn bằng cách tách biệt các ăng ten) thông qua việc sử dụng ghép kênh theo không gian và sự tạo chùm tia, còn được gọi là kỹ thuật đa đầu vào, đa đầu ra (MIMO).

Hình 3.12 cho thấy, có 4 cách để thực hiện việc sử dụng kênh vô tuyến. Để đơn giản các ví dụ được miêu tả chỉ sử dụng một hoặc hai ăng ten.



Hình 3.14 Các chế độ truy nhập kênh vô tuyến

3.6.1. Đơn đầu vào Đơn đầu ra (SISO)

Chế độ truy nhập kênh vô tuyến đơn giản nhất là đơn đầu vào đơn đầu ra (SISO), trong đó chỉ có một ăng ten phát và một ăng ten thu được sử dụng. Đây là hình thức truyền thông mặc định kể từ khi truyền vô tuyến bắt đầu và nó là cơ sở để dựa vào đó tất cả các kỹ thuật đa ăng ten được so sánh.

3.6.2. Đơn đầu vào đa đầu ra (SIMO)

Một chế độ thứ hai thể hiện trong hình 3.14 là đơn đầu vào đa đầu ra (SIMO), trong đó sử dụng một máy phát và hai hoặc nhiều hơn máy thu. SIMO thường được gọi là phân tập thu. Chế độ truy nhập kênh vô tuyến này đặc biệt thích hợp cho các điều kiện tín hiệu-nhiều(SNR) thấp. Trong đó có một độ lợi lý thuyết có thể đạt được là 3dB khi hai máy thu được sử dụng, không có thay đổi về tốc độ dữ liệu khi chỉ có một dòng dữ liệu được truyền, nhưng vùng phủ sóng ở biên ô được cải thiện do sự giảm của SNR sử dụng được.

3.6.3. Đa đầu vào đơn đầu ra (MISO)

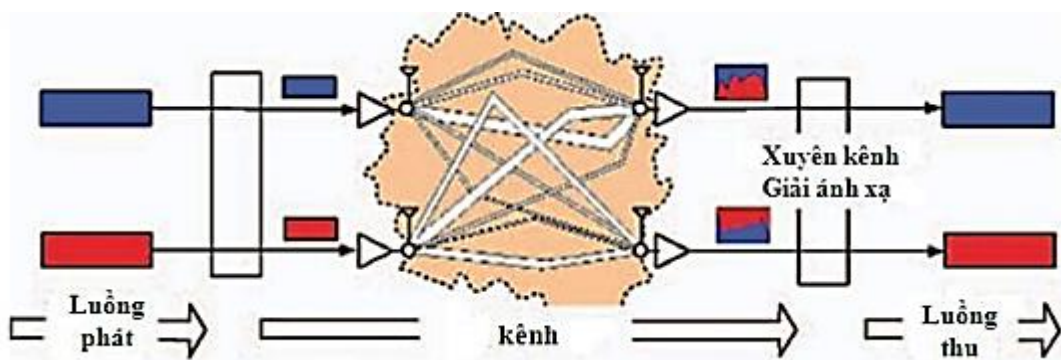
Chế độ đa đầu vào đơn đầu ra (MISO) sử dụng số máy phát là hai hoặc nhiều hơn và một máy thu(hình 3.14 cho thấy chỉ có 2 máy phát và một máy thu cho đơn giản). MISO thường được gọi là phân tập phát. Cùng một dữ liệu được gửi trên cả hai ăng ten phát nhưng với chế độ mã hóa như vậy mà máy thu chỉ có thể nhận biết từng máy phát. Phân tập phát làm tăng mạnh của tín hiệu bị fading và có thể làm tăng hiệu suất trong những điều kiện SNR thấp. MISO không làm tăng tốc độ dữ liệu, nhưng nó hỗ trợ các tốc độ dữ liệu tương tự nhau bằng cách sử dụng ít năng lượng hơn. Phân tập phát có thể được tăng cường với phản hồi vòng đóng từ máy thu để chỉ ra sự truyền cân bằng tối ưu của pha và công suất được sử dụng cho mỗi ăng ten phát.

3.6.4. Đa đầu vào đa đầu ra (MIMO)

Phương thức truyền cuối cùng được thể hiện trong hình 3.14 là truyền đầy đủ MIMO, nó yêu cầu hai hoặc nhiều máy phát và hai hoặc nhiều máy thu. MIMO làm tăng công suất phổ bằng cách phát nhiều luồng dữ liệu cùng một lúc trong cùng một tần số và thời gian, tận dụng đầy đủ các lợi thế của các đường dẫn khác nhau trong kênh vô tuyến. Đối với một hệ thống được mô tả như MIMO, nó phải có ít nhất là nhiều máy thu

với nhiều luồng phát. Số lượng các luồng phát không được nhầm lẫn với số lượng các ăng ten phát. Hãy xem xét trường hợp phân tập phát (MISO) trong đó có hai máy phát nhưng chỉ có một dòng dữ liệu. Thêm nữa sự phân tập thu (SIMO) không chuyển cấu hình này vào MIMO, mặc dù hiện tại có hai ăng ten phát và hai ăng ten thu có liên quan. Nói cách khác SIMO+MISO \neq MIMO. Nó luôn có thể có số máy phát nhiều hơn số luồng dữ liệu nhưng cách này không khác cách trên. Nếu N luồng dữ liệu được truyền từ ít hơn N ăng ten, dữ liệu có thể không được giải xáo trộn một cách đầy đủ bởi một số bất kỳ các máy thu từ đó tạo ra sự chồng chéo các luồng mà không có sự bổ sung của phân tập theo không gian thì chỉ tạo ra nhiễu. Tuy nhiên về mặt không gian việc tách biệt N các luồng qua tối thiểu N ăng ten, N máy thu sẽ có thể tái tạo lại đầy đủ dữ liệu ban đầu và các luồng cung cấp sự tương quan đường dẫn và nhiễu trong kênh vô tuyến là đủ thấp.

Một yếu tố quan trọng cho hoạt động MIMO là việc truyền từ mỗi ăng ten phải được nhận dạng duy nhất để mỗi máy thu có thể xác định được cái gì kết hợp trong việc truyền mà nó đã nhận được. việc nhận dạng này thường được thực hiện với các tín hiệu chỉ đạo, trong đó sử dụng các mẫu trực giao cho mỗi ăng ten. Sự phân tập không gian của kênh vô tuyến nghĩa là MIMO có khả năng làm tăng tốc độ dữ liệu. Hình thức cơ bản nhất của MIMO đó là gán một dòng dữ liệu cho mỗi ăng ten và được thể hiện như trong hình 3.15.



Hình 3.15 MIMO 2×2 , chưa có tiền mã hóa

Trong dạng này, một luồng dữ liệu duy nhất được gán cho một ăng ten và được biết đến như ánh xạ trực tiếp. Kênh này sau đó được trộn lên như là sự truyền cả hai với bên nhận, mỗi ăng ten sẽ nhận thấy một sự kết hợp của mỗi luồng. Giải mã các tín hiệu nhận được là một quá trình khéo léo ở bên nhận, bởi việc phân tích các mẫu nhận dạng duy nhất ở mỗi máy phát để xác định xem kết hợp cái gì của mỗi luồng truyền hiện tại. Việc áp dụng một bộ lọc nghịch đảo và tổng hợp các luồng nhận được để tái tạo lại dữ liệu gốc.

Một dạng tiên tiến hơn của MIMO bao gồm tiền mã hóa đặc biệt để phù hợp với việc truyền dẫn ở chế độ đặc biệt của kênh. Kết quả này tối ưu trong mỗi luồng được lan truyền qua nhiều hơn một ăng ten phát. Với kỹ thuật này để làm việc hiệu quả máy phát phải có sự hiểu biết về các điều kiện kênh truyền, và trong trường hợp FDD các điều kiện này phải được cung cấp trong thời gian thực bởi thông tin phản hồi từ UE. Như vậy nó sẽ làm phức tạp thêm một cách đáng kể cho việc tối ưu hóa nhưng hệ thống có thể cung cấp với hiệu suất cao hơn. Tiền mã hóa với hệ thống

TDD không yêu cầu nhận phản hồi bởi vì máy phát sẽ xác định một cách độc lập các điều kiện của kênh truyền bởi việc phân tích các tín hiệu nhận được trên cùng một tần số.

Những lợi ích về mặt lý thuyết của MIMO là một chức năng của số lượng các ăng ten truyền và nhận, các điều kiện lan truyền vô tuyến, khả năng của máy phát để thích nghi với các điều kiện thay đổi, và SNR. Trường hợp lý tưởng là một trong các đường dẫn trong kênh truyền vô tuyến là hoàn toàn không tương quan, như thể riêng biệt, các kết nối cáp vật lý không có xuyên âm giữa máy phát và máy thu. Các điều kiện như vậy gần như là không đạt được trong không gian tự do. Các giới hạn trên của MIMO đạt được trong các điều kiện lý tưởng là dễ dàng xác định, và cho một hệ thống 2x2 với hai luồng dữ liệu đồng thời làm tăng gấp đôi công suất và tốc độ dữ liệu là có thể. MIMO hoạt động tốt nhất trong các điều kiện SNR cao với đường cực tiểu của tầm nhìn. Kết quả là, MIMO

đặc biệt phù hợp với môi trường trong nhà, có thể tạo ra một mức độ cao của đa đường và cực tiểu của tầm nhìn.

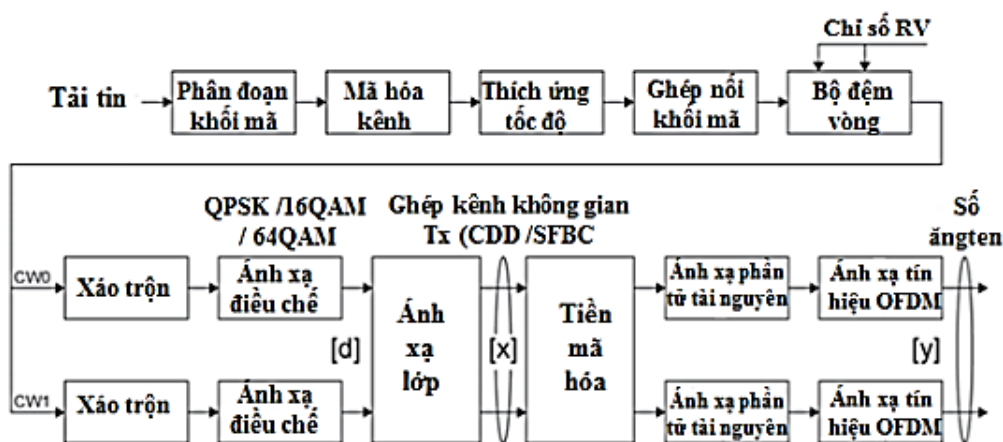
3.6.5. Ăng ten MIMO trong 4G LTE

Các vấn đề cơ bản của kỹ thuật ăng ten đã được trình bày ở trên, bây giờ xét tới các quy định của LTE, bắt đầu với một số thuật ngữ. định nghĩa một số thuật ngữ được sử dụng như sau :

- ❖ **Từ mã:** một từ mã biểu diễn dữ liệu người dùng trước khi nó được định dạng để truyền. Một hoặc hai từ mã , CW0 và CW1, có thể được sử dụng tùy thuộc vào điều kiện kênh truyền chiếm ưu thế và trường hợp sử dụng. Trong trường hợp phổ biến nhất là MIMO một người sử dụng (SU-MIMO), hai từ mã được gửi đến một UE duy nhất, nhưng trong trường hợp ít phổ biến là đường xuống MIMO nhiều người dùng (MU-MIMO), mỗi từ mã được gửi cho chỉ một UE.

- ❖ **Lớp:** thuật ngữ lớp là đồng nghĩa với luồng. Đối với ghép kênh không gian, tối thiểu là hai lớp phải được sử dụng. Được cho phép lên tới bốn lớp. Số lượng các lớp biểu thị bằng biểu tượng v. Số lượng của lớp luôn nhỏ hơn hoặc bằng số lượng của ăng ten.

- ❖ **Tiền mã hóa(Precoding):** Tiền mã hóa sẽ chỉnh sửa các tín hiệu lớp trước khi truyền. Điều này có thể được thực hiện với sự phân tập, tạo chùm tia hoặc ghép kênh không gian.



Hình 3.16 Xử lý tín hiệu cho phân tập phát và ghép kênh không gian (MIMO)

Các biểu tượng d, x và y được sử dụng trong các chi tiết kỹ thuật để biểu thị tín hiệu trước và sau lớp ánh xạ và sau tiền mã hóa.

3.6.5.I. Chế độ truyền dẫn đa ăng ten đường xuống LTE

Có 7 chế độ truyền dẫn đa ăng ten được xác định cho LTE để tối ưu hiệu suất đường xuống dưới các điều kiện vô tuyến khác nhau. Đó là :

- ❖ *Cổng đơn-ăngten; cổng 0-MIMO*
- ❖ *Phân tập phát MISO*
- ❖ *Ghép kênh không gian vòng mở MIMO, không có tiền mã hóa*
- ❖ *Ghép kênh không gian vòng đóng MIMO, không có tiền mã hóa*
- ❖ *MIMO đa-người sử dụng MIMO, UE tách biệt*
- ❖ *Vòng đóng bậc =1 tiền mã hóa-MISO, lái chùm tia (beamsteering)*
- ❖ *Cổng đơn- ăng ten; cổng 5 -MISO, lái chùm tia*

Chế độ đầu tiên chỉ sử dụng cho một máy phát, UE phải có ít nhất 2 máy thu, đây là một cấu hình MISO, chế độ này quy định khả năng cơ bản của máy thu mà các yêu cầu về hiệu suất sẽ được xác định. Nó thường được thực hiện bằng cách sử dụng tỉ lệ tối đa việc kết hợp các luồng nhận được để cải thiện SNR trong điều kiện kém. Phân tập thu cung cấp độ lợi rất ít trong các điều kiện tốt.

Chế độ đường xuống thứ hai, phân tập phát. LTE hỗ trợ hai hoặc bốn ăng ten cho phân tập phát. ví dụ thể hiện trong hình 3.15 là phát hai ăng ten, trong đó một luồng dữ liệu được gán cho các lớp khác nhau và được mã hóa bằng cách sử dụng mã khối tần số không gian (SFBC). Vì hình thức phân tập phát không tăng tốc độ dữ liệu, các từ mã CW0 và CW1 đều giống nhau. SFBC đạt được độ bền thông qua sự phân tập tần số bằng cách sử dụng các sóng mang con khác nhau cho dữ liệu lặp lại trên mỗi ăng ten.

Chế độ thứ 3 là chế độ ghép kênh không gian MIMO vòng mở, được hỗ trợ cho các cấu hình hai hoặc bốn ăng ten. Giả sử một máy thu UE hai kênh, thiết kế này cho phép 2x2 hoặc 4x2 MIMO. Một máy thu UE bốn kênh, được yêu cầu cho một cấu hình 4x4, được xác định nhưng chưa có khả năng thực hiện được trong tương lai gần. Các cấu hình phổ biến nhất là 2x2 hoặc 4x2 SU-MIMO. Trong trường hợp này tải dữ liệu sẽ được chia thành hai từ mã là các luồng CW0 và CW1 và được xử lý theo các bước như trên hình 3.13.

Chế độ thứ tư là MIMO vòng kín, trong đó yêu cầu tiền mã hóa của các luồng dữ liệu. Tùy thuộc vào tiền mã hóa được sử dụng, mỗi từ mã được biểu diễn cho các pha và công suất khác nhau trên các ăng ten.

Đối với trường hợp FDD máy phát phải có kiến thức về kênh truyền, điều này được cung cấp bởi UE trên các kênh điều khiển đường lên. Các kiến thức này bao gồm CQI, các chỉ số ma trận tiền mã hóa (PMI), và chỉ số bậc(RI). Các phản hồi PMI sử dụng một phương pháp bảng mã để cung cấp một chỉ số vào một tập được xác định trước của các ma trận tiền mã hóa. Với cấu hình 2x2 có ba từ mã khác nhau; với 4x2 có 16 từ mã.

Chế độ truyền dẫn thứ năm là MU-MIMO. Đây là trường hợp đặc biệt của chế độ 3 trong đó các từ mã là dành cho các UE khác nhau. MU-MIMO vòng -kín không áp dụng trong trường hợp này.

Chế độ truyền dẫn thứ sáu là một hình thức của lái chùm tia, được mô tả ở đây là tiền mã hóa vòng đóng bậc=1 và chế độ dự phòng khi các phản hồi chế độ 4 có bậc =1. Theo qui định sự lái chùm tia được định pha-theo giàn, mà có thể được áp dụng độc lập của tiêu chuẩn vô tuyến, đưa ra các độ lệch về pha và biên độ với toàn bộ tín hiệu được cung cấp cho mỗi ăng ten phát. Mục đích là để tập chung năng lượng của tín hiệu theo một hướng cụ thể. Kỹ thuật tương tự trong việc áp dụng các độ lệch biên độ và pha có thể được sử dụng trên các ăng ten thu để làm cho sự

thu nhạy cảm hơn với tín hiệu đến từ một hướng cụ thể. Trong LTE biên độ và pha trong các RB riêng lẻ có thể được điều chỉnh làm cho hướng bức sóng được xa và linh hoạt hơn.

Chế độ truyền dẫn thứ bảy cũng là một dạng của lái chùm tia. Nó tương tự như chế độ 6, ngoại trừ một ăng ten bổ sung (công 5) được sử dụng để tạo thành một chùm tia dành riêng hướng tới UE mà cũng mang tín hiệu chuẩn tạo chùm tia UE- đặc trưng.

Một trong những thách thức đối với việc hỗ trợ cả hai MIMO và hệ thống hướng bức sóng là sự hạn chế bởi sự xung đột nhau được đặt trên các thiết kế của ăng ten. Hệ thống lái chùm tia dựa vào sự tương quan của các tín hiệu truyền đi trong khi đó MIMO dựa vào sự không tương quan, theo báo cáo hoạt động tốt nhất với các ăng ten phân cực ngang.

3.6.5.2. Chế độ đa ăng ten hướng lên LTE

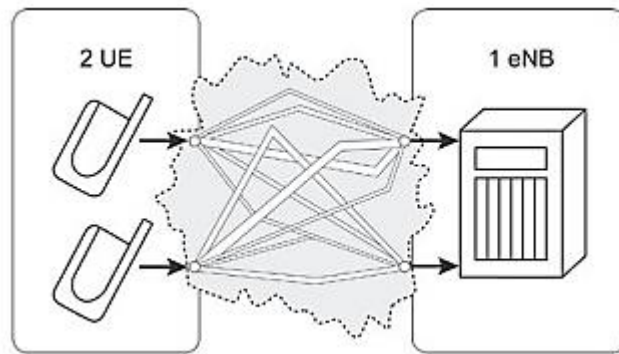
Có ba loại kỹ thuật đa ăng ten được xác định cho hướng lên là :

- ❖ ***Phân tập thu tại eNodeB (đã trình bày ở phần trước)***
- ❖ ***SU-MIMO cho UE đơn***
- ❖ ***MU-MIMO cho nhiều UE***

SU-MIMO nằm trong phạm vi của LTE nhưng không hoàn toàn được định nghĩa trong 3GPP phiên bản 8. Để thực hiện SU-MIMO các UE sẽ yêu cầu hai máy phát. Đây là một thách thức đáng kể về chi phí và kích cỡ và mức tiêu thụ pin, và vì những lý do này SU-MIMO hiện không được ưu tiên phát triển. Ngoài ra, tốc độ dữ liệu tăng lên trong đường lên mà có thể có được từ MU-MIMO không phải là quan trọng như đang có trong các đường xuống do việc phân phối lưu lượng bất đối xứng. Hơn nữa, nếu hệ thống được triển khai với đường lên-hiệu năng-hạn chế, có thể không thực tế để tăng cường công suất phát từ UE đủ để đạt được SNR cần thiết ở eNodeB nhận.

MU-MIMO không làm gia tăng tốc độ dữ liệu người dùng riêng lẻ mà lại cung cấp sự gia tăng dung lượng ô tương tự nhau, hoặc tốt hơn so với

SU-MIMO.



Hình 3.17: Ăng ten MIMO trong chế độ hướng lên

Trong hình 3.17, hai luồng dữ liệu có nguồn gốc từ hai UE khác nhau. Hai thiết bị phát được tách riêng ra xa hơn nhiều so với trường hợp một người dùng duy nhất, và sự thiếu kết nối vật lý có nghĩa là không có cơ hội để tối ưu mã hóa các chế độ riêng kênh bằng cách trộn hai luồng dữ liệu. Tuy nhiên, sự tách biệt về không gian tăng thêm có làm tăng cơ hội của eNodeB chọn lên các cặp UE mà có các đường dẫn không tương quan. Điều này làm tăng tối đa độ khuếch đại công suất tiềm năng, trái ngược với trường hợp SU-MIMO, trong đó độ chính xác của ăng ten có thể có vấn đề, đặc biệt là ở các tần số dưới 1GHz. MU-MIMO có một lợi thế bổ sung quan trọng : UE không đòi hỏi sự tiêu hao về công suất và chi phí của hai máy phát, nhưng ô vẫn có lợi từ sự gia tăng công suất. Để tận dụng được nhiều nhất lợi ích của MU-MIMO, UE cũng phải được sắp xếp theo đúng thời gian và công suất như đã nhận được.

CHƯƠNG 4 - LỚP VẬT LÝ LTE

4.1. Các kênh truyền tải và ánh xạ của chúng tới các kênh vật lý

Bởi bản chất của việc thiết kế, LTE chỉ chứa các kênh truyền tải chung, kênh truyền tải dành riêng (kênh dành riêng : DCH, như trong WCDMA) là không tồn tại. Các kênh truyền tải là giao diện giữa lớp điều khiển truy nhập môi trường (MAC) và lớp vật lý. Mỗi kênh truyền tải được đặc trưng bởi sự xử lý của lớp vật lý liên quan, được áp dụng cho các kênh vật lý tương ứng và sử dụng để mang các kênh truyền tải. Lớp vật lý cần có khả năng cung cấp nguồn tài nguyên động để phân phối đều cho các tốc độ dữ liệu khác nhau và với việc phân chia tài nguyên giữa những người sử dụng khác nhau. Phần này trình bày các kênh truyền tải và sự ánh xạ của chúng vào các kênh vật lý.

1- Kênh quảng bá (BCH): Là một kênh phát quảng bá đường xuống được sử dụng để phát quảng bá các thông số hệ thống cần thiết để cho phép các thiết bị truy cập vào hệ thống (và để xác định nhà điều hành). Các thông số này bao gồm, ví dụ, các thông số liên quan đến truy nhập ngẫu nhiên mà nó thông báo cho thiết bị về các thành phần tài nguyên được dành riêng cho hoạt động truy cập ngẫu nhiên.

2- Kênh chia sẻ đường xuống (DL-SCH) : Mang dữ liệu người dùng cho các kết nối điểm - điểm theo hướng đường xuống. Tất cả các thông tin (hoặc là dữ liệu người sử dụng hoặc là thông tin điều khiển lớp cao hơn) dành cho duy nhất một người sử dụng hoặc UE được truyền đi trên DL-SCH, giả sử UE đã ở trạng thái RRC kết nối. Tuy nhiên, vai trò của BCH chủ yếu là thông báo cho các thiết bị về lịch trình thông tin của hệ thống, điều khiển thông tin cho nhiều thiết bị được thực hiện trên DL-SCH. Trong trường hợp dữ liệu trên DL-SCH được dành cho chỉ một UE duy nhất, thì thích ứng liên kết động và truyền lại lớp vật lý có thể

được sử dụng.

3- Kênh nhắn tin (PCH) : Được sử dụng để mang các thông tin bằng tin nhắn cho các thiết bị theo hướng đường xuống để chuyển các thiết bị từ trạng thái RRC rảnh dỗi tới trạng thái RRC kết nối.

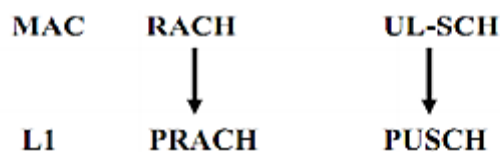
4- Kênh phát đa điểm (MCH) : Được sử dụng để truyền nội dung của các dịch

vụ phát đa điểm tới UE theo hướng đường xuống.

5- Kênh chia sẻ đường lên (uplink-SCH) : Mang dữ liệu của người dùng cũng như thông tin điều khiển xuất phát từ thiết bị theo hướng đường lên ở trạng thái RRC kết nối. Tương tự như DL-SCH, thích ứng liên kết động và truyền lại là sẵn có.

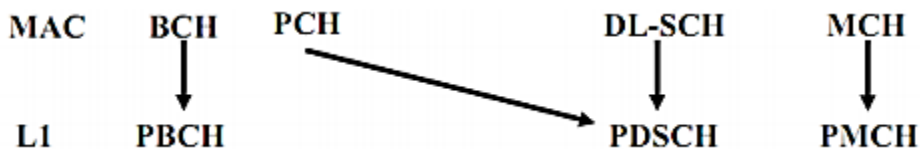
6- Kênh truy cập ngẫu nhiên (RACH) : Được sử dụng trong đường lên để trả lời các thông điệp tin nhắn hoặc để bắt đầu chuyển từ RRC rảnh dỗi tới trạng thái RRC kết nối theo nhu cầu truyền dữ liệu của UE. Không có dữ liệu lớp cao hơn hoặc dữ liệu người dùng được truyền trên RACH (điều này có thể được thực hiện với WCDMA), nhưng nó chỉ được sử dụng nơi cho phép truyền tải uplink-SCH.

Trong hướng đường lên uplink-SCH được mang bởi kênh chia sẻ hướng lên vật lý(PUSCH). Tương ứng, RACH được mang bởi kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (PRACH). Tồn tại kênh vật lý bổ sung nhưng nó chỉ được sử dụng để truyền thông tin điều khiển lớp vật lý. Kênh truyền tải hướng lên ánh xạ tới các kênh vật lý được minh họa như trong hình 4.1



Hình 4.1 Ánh xạ của các kênh truyền tải hướng lên tới các kênh vật lý

Trong hướng đường xuống, PCH được ánh xạ tới kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH).

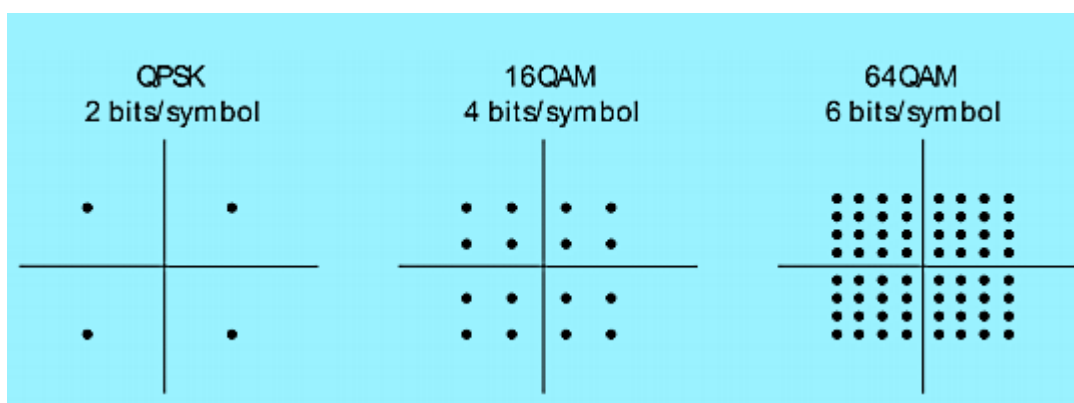


Hình 4.2 Ánh xạ các kênh truyền tải hướng xuống tới các kênh vật lý

BCH được ánh xạ tới kênh quảng bá vật lý (PBCH). DL-SCH được ánh xạ tới PDSCH và MCH được ánh xạ tới kênh phát đa điểm vật lý, được thể hiện như trong hình 4.2.

4.2. Điều chế

Trong điều chế hướng lên là sử dụng bộ điều chế truyền thống là điều chế biên độ cầu phương(QAM). Trong các phương pháp điều chế sẵn có (cho dữ liệu người dùng) là khóa dịch pha vuông góc(QPSK), 16QAM và 64QAM. Trong đó QPSK & 16QAM là đã sẵn có trong tất cả các thiết bị, trong khi đó việc hỗ trợ cho 64QAM theo hướng đường lên là một khả năng của UE. Các chòm điểm điều chế khác nhau được thể hiện như trong hình 4.3



Hình 4.3: Các chòm điểm điều chế trong LTE

Điều chế PRACH là điều chế pha và các chuỗi được sử dụng là được tạo ra từ các chuỗi Zadoff-Chu với những sự khác biệt về pha giữa các ký

hiệu khác nhau của các chuỗi. Tùy thuộc vào chuỗi được chọn dẫn đến tỉ lệ đỉnh- trung bình (PAR) hoặc hơn nữa giá trị Metric khối (CM) thực tế là có phần thấp hơn hoặc cao hơn so với giá trị của QPSK.

Sử dụng điều chế QPSK cho phép hiệu quả công suất phát tốt khi vận hành tại chế độ công suất truyền tải đầy đủ cũng như điều chế sẽ quyết định kết quả của CM (đối với SC-FDMA) và do đó nó cũng yêu cầu thiết bị khuếch đại chờ để truyền. Các thiết bị sẽ sử dụng công suất phát tối đa thấp hơn khi vận hành với điều chế 16QAM hoặc 64QAM.

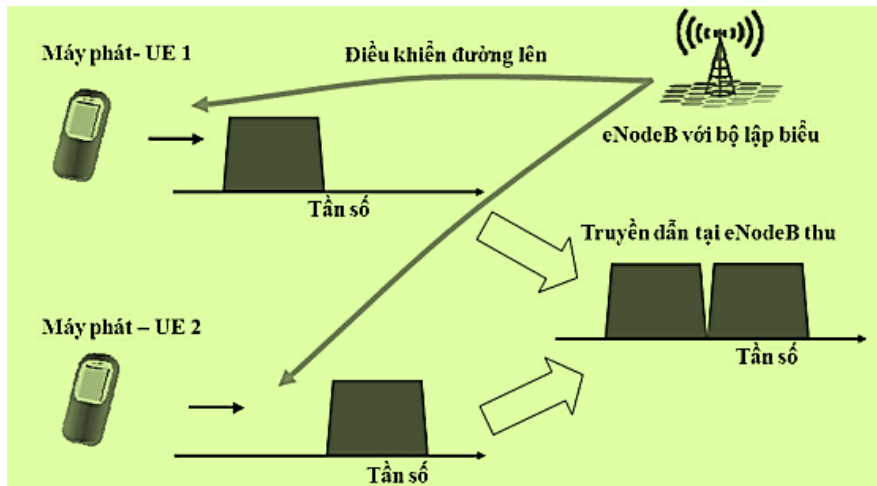
Trong hướng đường xuống, các phương pháp điều chế cho dữ liệu người sử dụng cũng tương tự như trong hướng lên. Theo lý thuyết thì hệ thống OFDM có thể sử dụng các điều chế khác nhau cho mỗi sóng mang con. Để có kênh thông tin chất lượng (và báo hiệu) với độ chi tiết như vậy là sẽ không thể khả thi do dẫn đến chi phí quá mức. Nếu điều chế riêng từng sóng mang con sẽ có quá nhiều bit trong hướng đường xuống dành cho báo nhận trong các tham số của mỗi sóng mang con và trong hướng đường lên phản hồi chỉ thị chất lượng kênh (CQI) sẽ cần phải quá chi tiết để đạt được mức độ chi tiết các sóng mang con để có thể thích ứng.

Ngoài ra khóa dịch pha nhị phân(BPSK) đã được xác định cho các kênh điều khiển, trong đó sử dụng hoặc là BPSK hoặc là QPSK cho truyền dẫn các thông tin điều khiển.

4.3. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng lên

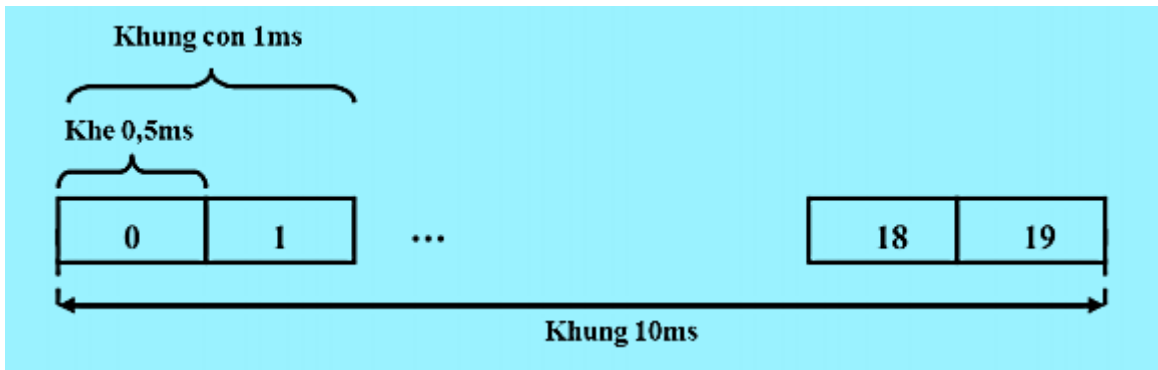
Dữ liệu người sử dụng trong hướng lên là được mang trên PUSCH, trong đó một cấu trúc khung 10ms và được dựa trên sự cấp phát tài nguyên miền thời gian và miền tần số với 1ms và khoảng chia 180kHz. Việc phân bổ tài nguyên đi kèm từ một bộ lập biểu được đặt tại eNodeB, được minh họa trong hình 4.4. Do đó không có sự cố định các nguồn tài nguyên cho các thiết bị, và cũng không cần tín hiệu trước từ eNodeB các

nguồn tài nguyên chỉ cần truy nhập ngẫu nhiên là có thể được sử dụng. Đối với mục đích này các thiết bị có nhu cầu cần phải cung cấp thông tin cho các bộ lập lịch biểu đường lên của các yêu cầu truyền dẫn (bộ đệm trạng thái) nó có cũng dựa trên các nguồn tài nguyên công suất truyền tải hiện sẵn có.



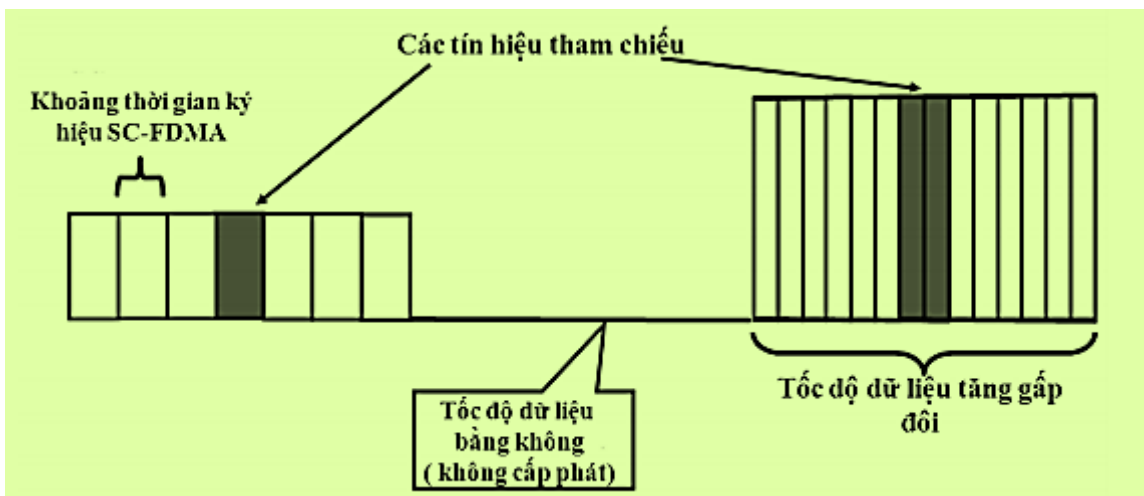
Hình 4.4: Cấp phát tài nguyên hướng lên được điều khiển bởi bộ lập biểu eNodeB

Cấu trúc khung thông qua cấu trúc khe 0,5ms và sử dụng 2 khe (1 khung con) thời gian được cấp phát. Chu kỳ cấp phát ngắn hơn 0,5ms (như lúc đầu dự kiến trong 3GPP để giảm thiểu thời gian đi hết một vòng) có thể có được qua cường độ tín hiệu nhất là với một số lượng lớn người sử dụng. Cấu trúc khung 10ms được minh họa trong hình 4.5. Cấu trúc khung về cơ bản là phù hợp cho cả hai chế độ FDD và TDD, nhưng chế độ TDD có các phân bổ sung cho các điểm chuyển tiếp đường lên / đường xuống trong khung.



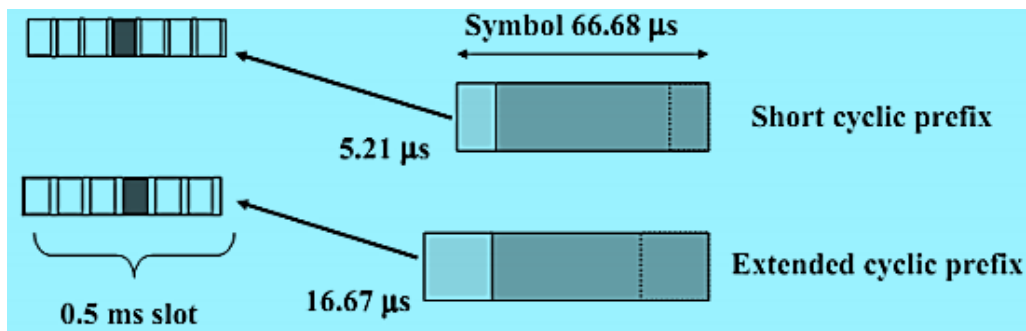
Hình 4.5 Cấu trúc khung LTE FDD

Trong khe 0.5ms có cả các ký hiệu tham chiếu và các ký hiệu dữ liệu người sử dụng. Tốc độ dữ liệu của người dung là tạm thời do đổi như là một chức năng của phân bổ tài nguyên đường lên tùy thuộc vào băng thông tạm thời được cấp phát. Băng thông có thể được cấp phát giữa 0 và 20MHz trong các bậc của 180kHz. Cấp phát là liên tục như truyền dẫn đường lên là FDMA được điều chế chỉ với một ký hiệu được truyền tại một thời điểm. Băng thông khe được điều chỉnh giữa các TTI liên tiếp được minh họa như trong hình 5.6 . Nơi mà tăng gấp đôi tốc độ dữ liệu kết quả là tăng gấp đôi băng thông được sử dụng. Các ký hiệu tham chiếu luôn chiếm cùng một không gian trong miền thời gian và do đó tốc độ dữ liệu cao hơn kết quả là sự tăng tương ứng với tốc độ dữ liệu ký hiệu tham chiếu.



Hình 4.5: Cấu trúc khung LTE FDD

Tiền tố vòng (Cyclic Prefix) sử dụng trong đường lên có hai giá trị có thể phụ thuộc vào việc một tiền tố vòng là ngắn hoặc dài được áp dụng. Các thông số khác là không thay đổi và do đó khe 0,5ms có thể chứa cả 6 hoặc 7 ký hiệu như được chỉ ra trong hình 4.7. Các tải trọng dữ liệu bị giảm bớt nếu một tiền tố vòng mở rộng được sử dụng. Nhưng nó không được sử dụng thường xuyên thường là có lợi về hiệu suất vì có 7 ký hiệu lớn hơn nhiều so với sự suy giảm có thể có từ nhiều liên ký tự do sự trễ của kênh dài hơn so với tiền tố vòng.



Hình 4.7: Cấu trúc khe đường lên với tiền tố vòng ngắn và dài

Kết quả là tốc độ dữ liệu hướng lên tức thời trên một khung con 1ms là một chức năng của điều chế, số lượng các khối tài nguyên được cấp phát, và tổng số chi phí cho thông tin điều khiển cũng như là tốc độ mã hóa kênh được áp dụng. Phạm vi của tốc độ dữ liệu đỉnh hướng lên tức thời khi được tính toán từ các nguồn tài nguyên lớp vật lý là trong khoảng từ 700kbps tới 86Mbps. Không có đa ăng ten cho truyền tải hướng lên được xác định trong phiên bản 8. Tốc độ dữ liệu tức thời cho một UE phụ thuộc vào các đặc điểm đường lên LTE từ các yếu tố sau :

- 1- Phương thức điều chế được áp dụng: với 2,4 hoặc 6 bits trên ký hiệu điều chế tùy thuộc vào trình tự điều chế với QPSK , 16QAM và 64QAM tương ứng.
- 3- Băng thông được áp dụng : đối với 1,4MHz có chi phí là lớn nhất do có các kênh chung và các tín hiệu đồng bộ. Băng thông tạm thời của kênh có thể biến đổi giữa sự cấp phát tối thiểu là 12 sóng mang

con (một khối tài nguyên là 180kHz) và băng thông của hệ thống lên đến 1200 sóng mang con với băng thông 20MHz.

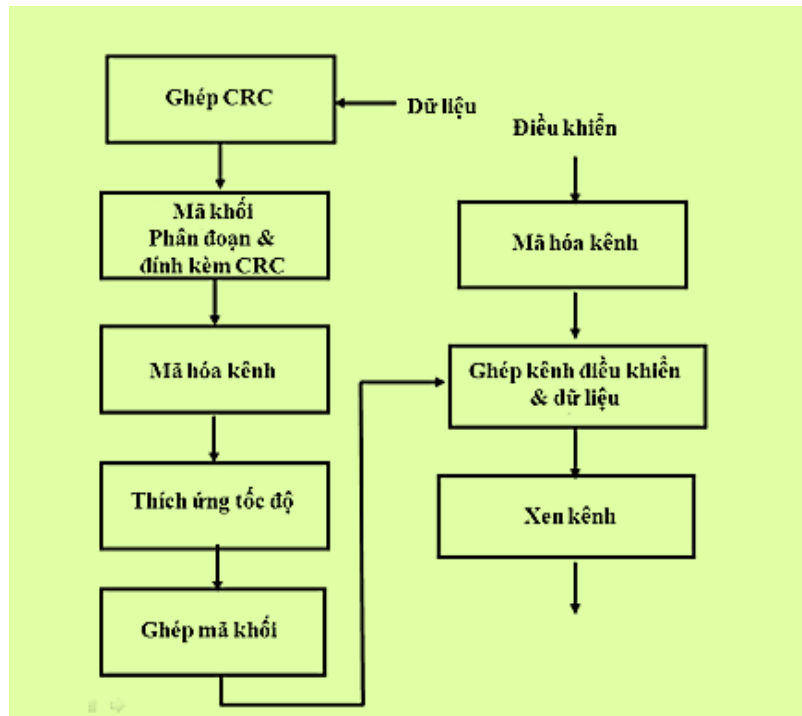
3- Tốc độ mã hóa kênh được áp dụng.

4- Tốc độ dữ liệu trung bình phụ thuộc vào thời gian phân bổ tài nguyên miền. Các ô hoặc các khu vực cụ thể, năng suất dữ liệu tối đa có thể được tăng lên với MIMO ảo (V-MIMO). Trong V-MIMO thì eNodeB sẽ xử lý truyền từ hai UE khác nhau (với mỗi một anten phát đơn) như là một kiểu truyền dẫn MIMO. V-MIMO không góp phần vào tốc độ dữ liệu tối đa cho người dùng đơn lẻ.

Mã hóa kênh được chọn cho dữ liệu người dùng LTE là mã turbo. Mã hóa là mã chập ghép song song (PCCC) bộ mã hóa kiểu turbo. Mã turbo đan xen của WCDMA được sửa đổi để phù hợp hơn với đặc tính của LTE, cấu trúc khe và cũng cho phép sự linh hoạt hơn để thực hiện việc xử lý tín hiệu song song với tốc độ dữ liệu tăng lên.

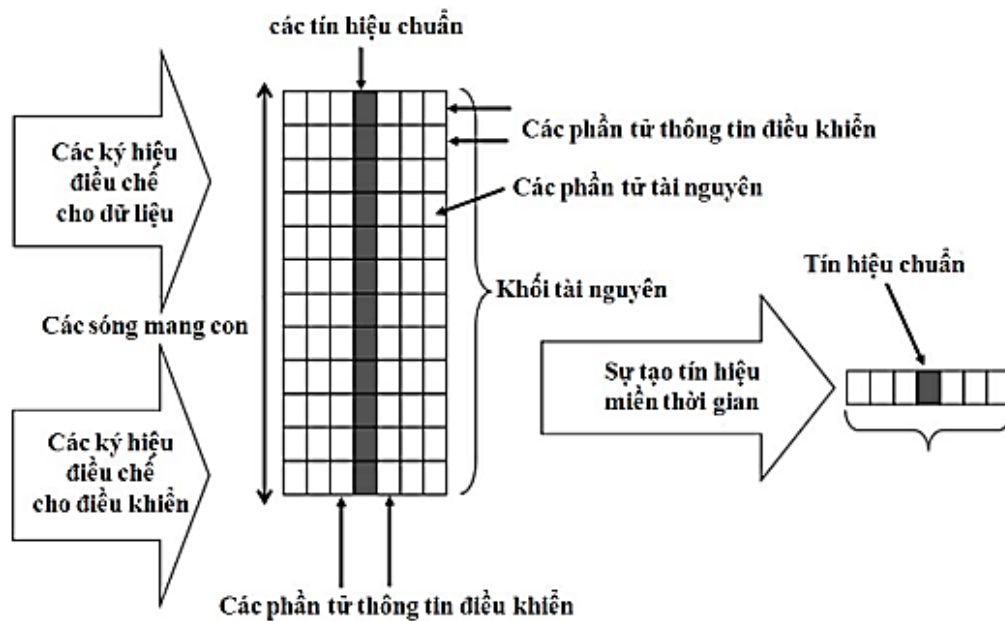
LTE cũng sử dụng kết hợp với sự phát lại lớp vật lý, thường được gọi là yêu cầu lặp lại thích ứng hỗn hợp (HARQ). Trong khi vận hành lớp vật lý HARQ cũng nhận lưu trữ các gói tin khi việc kiểm tra CRC thất bại và kết hợp gói tin nhận được khi nhận được một sự truyền lại.

Chuỗi mã hóa kênh cho đường lên được thể hiện như trong hình 4.8, nơi mà dữ liệu và các thông tin điều khiển được mã hóa riêng và sau đó được ánh xạ tới các ký hiệu riêng để truyền. Thông tin điều khiển có địa điểm riêng quanh các ký hiệu tham chiếu, thông tin điều khiển lớp vật lý được mã hóa riêng biệt và được đặt vào một tập các ký hiệu điều chế được xác định trước.



Hình 4.8 Chuỗi mã hóa kênh PUSCH

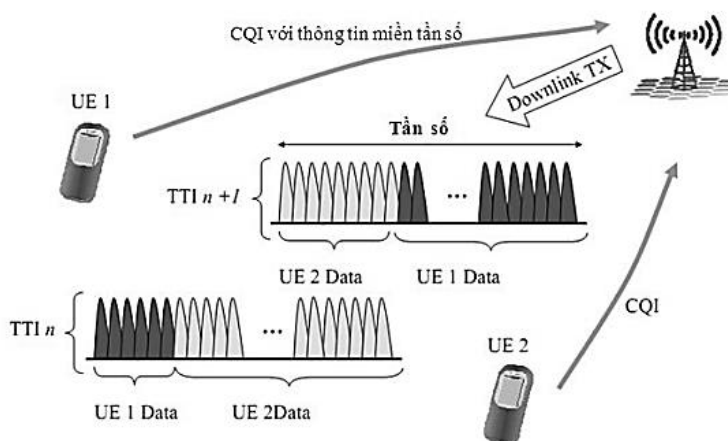
Dữ liệu và thông tin điều khiển được ghép kênh theo thwoif gian ở mức thành phần tài nguyên. Dữ liệu được điều chế một cách độc lập với các thông tin điều khiển, nhưng thời gian điều chế trong 1 ms TTI là như nhau.



Hình 4.9 Ghép kênh của thông tin điều khiển và dữ liệu

4.4. Truyền dẫn dữ liệu người dùng hướng xuống

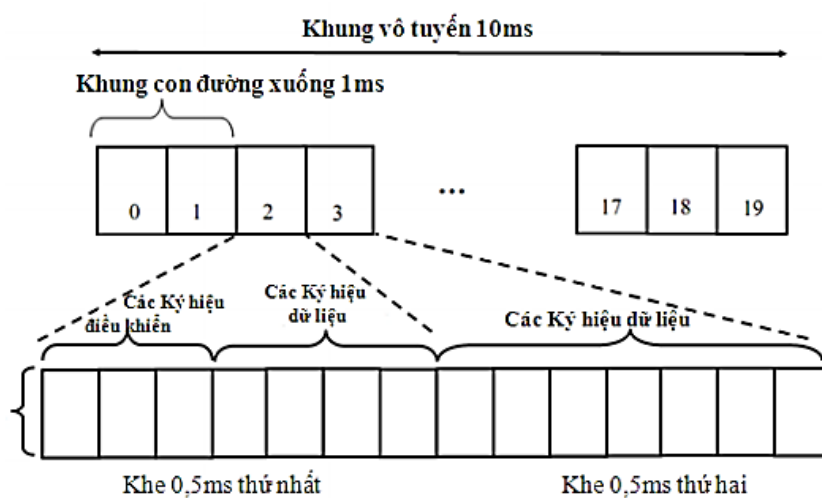
Dữ liệu người dùng hướng xuống được mang trên kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH). Tương tự việc phân bổ tài nguyên 1ms cũng là hợp lệ trên đường xuống. Các sóng mang con được cấp phát các đơn vị tài nguyên của 12 sóng mang con dẫn đến các đơn vị cấp phát là 180kHz (khối tài nguyên vật lý, PRBs). Với PDSCH, đa truy nhập là OFDMA, mỗi sóng mang con được truyền đi song song với 15kHz và do đó tốc độ dữ liệu của người sử dụng phụ thuộc vào số lượng các sóng mang con được cấp phát (hoặc các khối tài nguyên trong thực tế) cho một người dùng nhất định. eNodeB cấp phát khối tài nguyên dựa trên chỉ số chất lượng kênh (CQI) từ thiết bị đầu cuối. Tương tự như đường lên, các khối tài nguyên được cấp phát trong miền thời gian và miền tần số, được minh họa như trong hình 4.10



Hình 4.10 Cấp phát tài nguyên đường xuống tại eNodeB

Kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH) thông báo cho thiết bị đó các khối tài nguyên được cấp phát cho nó, tự động với độ chi tiết cấp phát là 1ms. Dữ liệu PDSCH sẽ chiếm giữ từ 3 đến 6 ký hiệu trên mỗi khe 0,5ms tùy thuộc vào việc cấp phát cho PDCCH và nó cũng phụ thuộc xem liệu một tiền tố vòng được sử dụng là ngắn hay dài. Trong một khung con 1ms, chỉ có khe 0,5ms đầu tiên chứa PDCCH trong khi

khe 0,5ms thứ 2 là hoàn toàn cho dữ liệu (cho PDSCH) . đối với một tiền tố vòng dài thì 6 ký hiệu sẽ được gán trong khe 0,5ms. Trong khi với một tiền tố vòng ngắn thì 7 ký hiệu có thể được gán vào như trong hình 4.11. Ví dụ như trong hình 4.11, giả sử có 3 ký hiệu cho PDCCH nhưng điều này có thể thay đổi giữa 1 và 3. Với băng thông nhỏ nhất là 1,4MHz số các ký hiệu thay đổi giữa 2 và 4 cho phép có đủ dung lượng để truyền tín hiệu và đủ các bit để cho phép mã hóa kênh đủ tốt trong các trường hợp quan trọng.

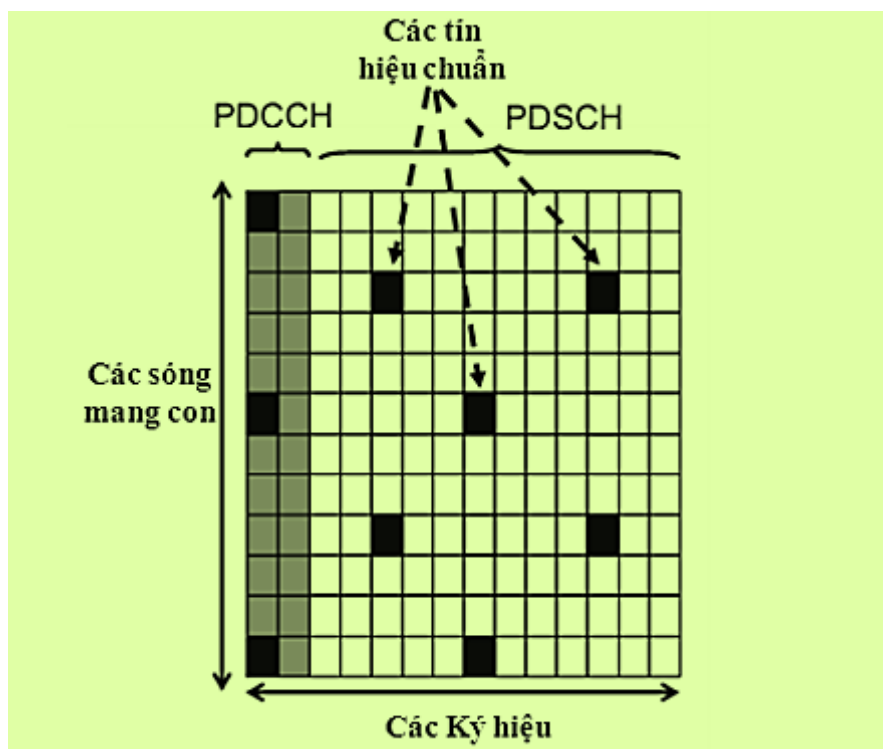


Hình 4.11 Cấu trúc khe đường xuống cho băng thông 1,4MHz



Hình 4.12 Chuỗi mã hóa kênh DL-SCH

Ngoài các ký hiệu điều khiển cho PDCCH, không gian dữ liệu của người sử dụng có bị giảm bớt do các tín hiệu chuẩn, các tín hiệu đồng bộ và dữ liệu quảng bá. Do đó ước lượng kênh là có lợi khi các tín hiệu chuẩn được phân bố đều trong miền thời gian và miền tần số. Điều này làm giảm bớt các chi phí cần thiết, nhưng nó yêu cầu một số quy tắc phải được xác định để cả hai máy thu và máy phát hiểu được để ánh xạ tài nguyên một cách giống nhau. Từ tổng không gian cấp phát tài nguyên với một nhu cầu vận chuyển toàn bộ vào tài khoản cho các kênh chung như PBCH, có thể tiêu tốn không gian tài nguyên của riêng họ. Một ví dụ về PDCCH và việc cấp phát tài nguyên PDSCH được thể hiện trong hình 4.12

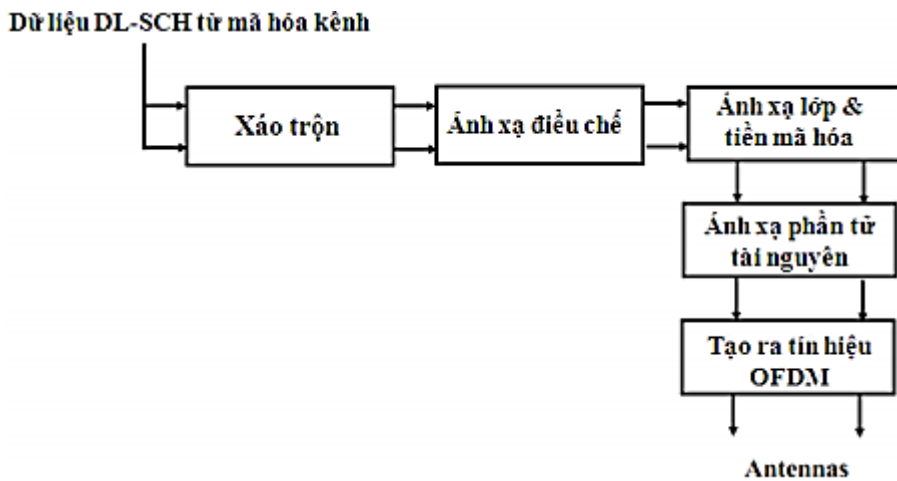


Hình 4.13 Ví dụ về chia sẻ tài nguyên đường xuống giữa PDCCH & PDSCH

Mã hóa kênh cho dữ liệu người dùng theo đường xuống là sử dụng mã turbo 1/3 như trong hướng đường lên. Kích thước tối đa cho khối mã hóa turbo được giới hạn trong 6144 bit để giảm bớt gánh nặng xử lý, các cấp phát cao hơn sau đó sẽ được phân đoạn đến các khối mã hóa đa. Bên

cạnh việc mã hóa turbo, ở đường xuống cũng có lớp vật lý HARQ với các phương pháp kết hợp tương tự như trong hướng lên. Các loại thiết bị cũng phản ánh số lượng bộ nhớ đệm có sẵn để kết hợp phát lại. Chuỗi mã hóa đường xuống được minh họa như trong hình 4.13. không có ghép kênh các nguồn tài nguyên lớp vật lý với PDCCH khi chúng có nguồn tài nguyên riêng của mình trong khung con 1ms.

Một khi dữ liệu đã được mã hóa, các từ mã được cung cấp về sau cho các chức năng điều chế và xáo trộn. Ánh xạ điều chế được áp dụng các điều chế mong muốn (QPSK, 16QAM hoặc 64QAM) và sau đó các ký hiệu được nạp cho lớp ánh xạ trước khi mã hóa. Đối với việc truyền dẫn đa ăng ten (2 hoặc 4) thì các dữ liệu này sau đó được chia thành nhiều luồng khác nhau và sau đó được ánh xạ để điều chỉnh các thành phần tài nguyên sẵn có cho PDSCH và sau đó tín hiệu OFDMA thực tế được tạo ra, được thể hiện trong hình 4.14 với ví dụ là truyền dẫn 2 ăng ten. Nếu chỉ có một ăng ten phát là sẵn có, thì rõ ràng là các chức năng của lớp ánh xạ và trước mã hóa là không có vai trò trong truyền dẫn tín hiệu.



Hình 4.14 Sự tạo thành tín hiệu hướng xuống

Hiệu quả của tốc độ dữ liệu hướng xuống tức thời phụ thuộc vào :

- 1- Điều chế, với phương pháp tương tự có thể như hướng đường lên.

2- Cấp phát số lượng các sóng mang con. Lưu ý rằng trong đường xuống các khối tài nguyên là không cần thiết phải cấp phát liên tục trong miền tần số. Phạm vi của việc cấp phát băng thông là tương tự như hướng đường lên từ 12 sóng mang con (180kHz) tới 1200 sóng mang con.

3- Tốc độ mã hóa kênh.

4- Số lượng ăng ten phát (các luồng độc lập) với sự hoạt động của MIMO.

Tốc độ dữ liệu đỉnh tức thời cho đường xuống (giả sử tất cả các tài nguyên là cho một người dùng duy nhất và chỉ tính các nguồn tài nguyên vật lý có sẵn) là khoảng từ 0,7Mbps tới 170Mbps. Thậm chí có thể là 300Mbps hoặc có thể cao hơn nếu sử dụng cấu hình MIMO 4 - 4 ăng ten. Không có giới hạn về tốc độ dữ liệu nhỏ nhất, và cần có các đơn vị cấp phát nhỏ nhất (1 khối tài nguyên) là quá cao thì khoảng đệm có thể được áp dụng.

4.5. Truyền dẫn tín hiệu lớp vật lý hướng lên

Đường lên lớp 1 / lớp 2 (L1/L2) tín hiệu điều khiển được chia thành hai lớp trong hệ thống LTE :

1- Tín hiệu điều khiển trong trường hợp không có dữ liệu hướng lên, diễn ra ở PUCCH (kênh điều khiển hướng lên vật lý).

2- Tín hiệu điều khiển khi có dữ liệu hướng lên, diễn ra ở PUSCH (kênh chia sẻ hướng lên vật lý).

Do những giới hạn mang đơn lẻ, mà truyền dẫn đồng thời của PUCCH và PUSCH là không được phép. Điều này có nghĩa là các tài nguyên điều khiển riêng biệt được định nghĩa cho các trường hợp có và không có dữ liệu hướng lên. Lựa chọn thay thế được xem xét là truyền song song trong miền tần số (có hại cho phát ở biên) hoặc phân chia thời gian tuần tự (có hại cho vùng phủ sóng của kênh điều khiển). Phương pháp sự lựa chọn tối đa là quỹ liên kết cho PUCCH và phải luôn duy trì thuộc tính truyền tải đơn lẻ trên tín hiệu được truyền đi.

PUCCH là nguồn tài nguyên thời gian / tần số đã được chia sẻ dành

riêng cho thiết bị người sử dụng (UE) chỉ truyền các tín hiệu điều khiển L1/L2. PUCCH đã được tối ưu hóa cho một số lượng lớn các UE đồng thời với một số tương đối nhỏ của các bit báo hiệu điều khiển trên UE.

PUSCH mang các tín hiệu điều khiển L1/L2 hướng lên khi UE đã được lên kế hoạch truyền dữ liệu. PUSCH có khả năng truyền các tín hiệu điều khiển với một phạm vi lớn các kích cỡ báo hiệu được hỗ trợ. Dữ liệu và các trường điều khiển khác như ACK/NACK và CQI được tách biệt bằng cách ghép kênh phân chia theo thời gian (TDM) bởi việc ánh xạ chúng vào các ký hiệu điều chế riêng biệt trước khi biến đổi fourier rời rạc (DFT). Các tốc độ mã hóa khác nhau cho điều khiển là đạt được bởi việc chiếm giữ một số khác nhau của các ký hiệu cho mỗi trường điều khiển.

Có hai loại thông tin báo hiệu điều khiển L1 & L2 cho đường lên :

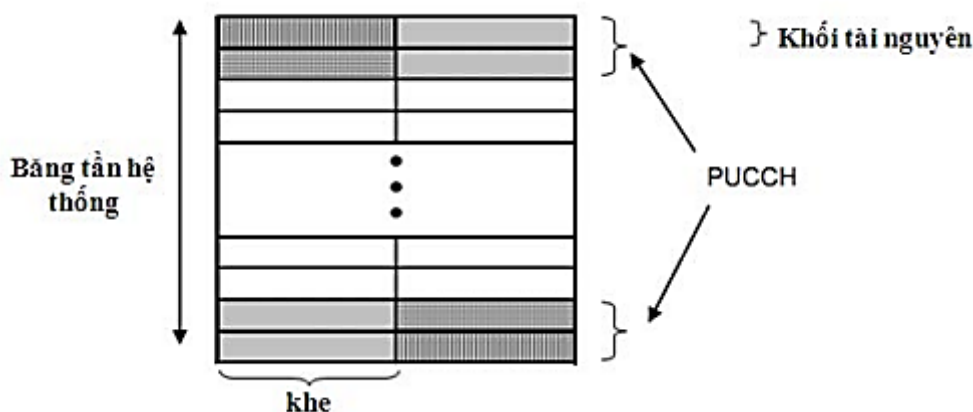
1- Dữ liệu liên quan tới báo hiệu (như vận chuyển định dạng và thông tin HARQ) , được kết hợp với truyền dẫn dữ liệu hướng lên.

2- Dữ liệu không liên quan tới báo hiệu (ACK/NACK vì truyền dẫn dữ liệu đường xuống, CQI đường xuống, và yêu cầu lập lịch biểu cho truyền dẫn đường lên).

Đã được quyết định là không có báo hiệu điều khiển liên quan tới dữ liệu trong đường lên LTE. Hơn nữa, người ta cho rằng eNodeB không cần phải thực hiện việc dò tìm định dạng truyền tải không biết. về cơ bản điều này có nghĩa là UE chỉ cần tuân theo sự lập lịch biểu đường lên được cấp mà không có quyền tự do trong lựa chọn định dạng truyền tải. Hơn nữa, có một chỉ số dữ liệu mới (1 bit) cùng với thông tin ngầm định về kiểu dự phòng có trong việc cấp cho đường lên. Điều này đảm bảo rằng eNodeB luôn có những hiểu biết chính xác về định dạng truyền tải đường lên.

4.5.1. Kênh điều khiển đường lên vật lý (PUCCH)

Từ viễn cảnh UE duy nhất, PUCCH bao gồm một tài nguyên tần số của một khối tài nguyên (12 sóng mang con) và một tài nguyên thời gian của một khung con. Để xử lý các trường hợp vùng phủ bị hạn chế , việc truyền các ACK/NACK mở rộng ra toàn bộ khung con 1ms. Hơn nữa, những sự hỗ trợ các trường hợp phủ sóng là cực kỳ bị hạn chế nó đã được đồng ý rằng sự lặp lại ACK/NACK là được hỗ trợ trong đường lên LTE. Khe dựa trên sự nhảy tần ở giới hạn của giải băng đối xứng nhau qua tần số trung tâm là luôn được sử dụng trên PUCCH, được thể hiện như trong hình 4.15. Nhảy tần cung cấp sự phân tập tần số cần thiết cần có để báo hiệu điều khiển khỏi sự trễ nghiêm trọng.



Hình 4.15 Tài nguyên PUCCH

Các UE khác nhau được tách riêng trên PUCCH bằng cách ghép kênh phân chia theo tần số (FDM) và ghép kênh phân chia theo mã (CDM). FDM được sử dụng duy nhất giữa các khối tài nguyên trong khi CDM là được sử dụng bên trong các khối tài nguyên PUCCH.

Có hai cách thực hiện CDM bên trong khối tài nguyên PUCCH là :

- ❖ CDM bằng cách dịch chuyển theo chu kỳ của một chuỗi các mã tương quan zero biên độ không đối (CAZAC).
- ❖ Kênh dopper trải dài hữu hạn trực giao giữa các chuỗi lan truyền khối chọn lọc (block-wise).

4.5.2. Cấu hình PUCCH

Số lượng của các khối tài nguyên trong một khe dành riêng cho PUCCH truyền tải là được cấu hình bởi tham số N_{RB} . Tham số hệ thống phát có thể được xem như là số lượng tối đa của các khối tài nguyên dành riêng cho PUCCH trong thực tế kích thước của PUCCH là thay đổi động dựa trên kênh chỉ số định dạng điều khiển vật lý (PCFICH). Tham số được sử dụng để xác định khu vực PUSCH nhảy tần. Số lượng các khối tài nguyên dành riêng cho chu kỳ CQI (ví dụ PUCCH dạng 2/2a/2b) là được cấu hình bởi tham số hệ thống khác là N_{RB} .

Nhìn chung nó tạo ra ý nghĩa cho việc cấp phát các khối tài nguyên PUCCH riêng cho PUCCH dạng 1/1a/1b và PUCCH dạng 2/2a/2b. Với băng thông hệ thống hẹp tùy chọn như 1,4MHz, tuy nhiên điều này sẽ dẫn đến chi phí cho PUCCH quá cao. Vì vậy, chia sẻ các khối tài nguyên PUCCH giữa các người dùng dạng 1/1a/1b và dạng 2/2a/2b là được hỗ trợ trong các thông số kỹ thuật của LTE. Khối tài nguyên hỗn hợp là được cấu hình bởi tham số hệ thống phát N_{CS} , trong đó nó là số các thay đổi theo chu kỳ dành riêng cho PUCCH dạng 1/1a/1b trên khối tài nguyên PUCCH hỗn hợp.

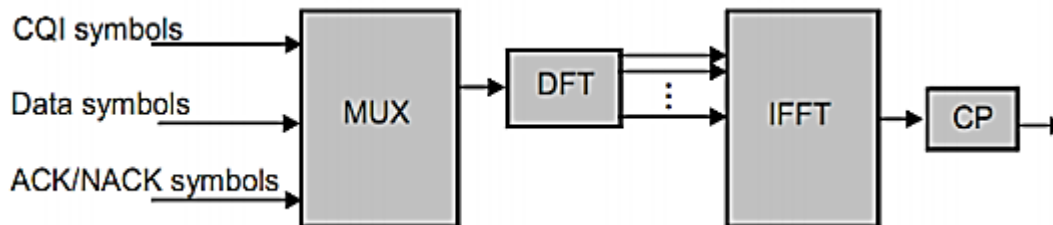
Tài nguyên được sử dụng để truyền tải PUCCH dạng 2/2a/2b là được xác định bởi chỉ số tài nguyên, đó là ánh xạ trực tiếp vào một tài nguyên CS duy nhất.

4.5.3. Báo hiệu điều khiển trên PUSCH

PUSCH mang các tín hiệu điều khiển L1/L2 đường lên trong sự có mặt của dữ liệu đường lên. Báo hiệu điều khiển là được thực hiện bởi một tài nguyên điều khiển dành riêng, mà nó chỉ có hiệu lực trong khung con đường lên khi UE đã được lên kế hoạch cho truyền dữ liệu trên PUSCH. Những vấn đề chính liên quan đến việc thiết kế tín hiệu điều khiển trên PUSCH là :

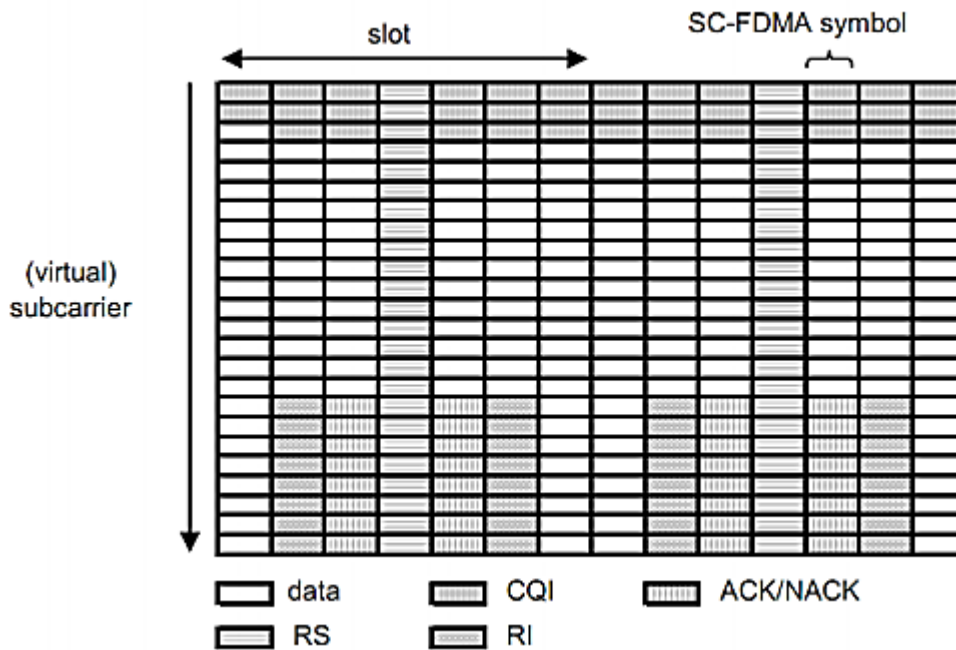
- ❖ Làm thế nào để bố trí việc ghép kênh giữa dữ liệu đường lên và các lịch vực điều khiển khác nhau.
- ❖ Làm thế nào để điều chỉnh chất lượng của các tín hiệu L1/L2 truyền đi trên PUSCH.

Hình 4.16 cho thấy các nguyên tắc của việc điều khiển và ghép kênh dữ liệu trong các ký hiệu SC-FDMA. Để duy trì các đặc tính của sóng mang đơn, các ký hiệu tín hiệu phát dữ liệu và điều khiển khác nhau sẽ được ghép kênh trước khi tới DFT. Các trường dữ liệu và điều khiển khác nhau (ACK/NACK, CQI / chỉ số ma trận tiền mã hóa [PMI], chỉ thị hạng [RI]) được mã hóa và điều chế riêng biệt trước khi ghép kênh chúng thành khối ký hiệu SC-FDMA giống nhau. Các khối ghép kênh cũng được xem xét, nhưng sẽ dẫn đến chi phí điều khiển là quá lớn. Sử dụng kế hoạch ghép kênh mức ký hiệu được chọn tỷ lệ giữa các ký hiệu dữ liệu và ký hiệu điều khiển có thể được điều chỉnh một cách chính xác trong mỗi khối SC-FDMA.



Hình 4.16 Nguyên tắc điều chế dữ liệu và điều khiển.

Hình 4.17 cho thấy nguyên tắc của việc ghép kênh các trường điều khiển khác nhau và dữ liệu hướng lên trên PUSCH. Sự kết hợp thực tế của các tín hiệu điều khiển L1/L2 khác nhau và kích thước của chúng thay đổi từ khung con tới khung con. Cả UE và eNodeB đều có sự hiểu biết về số lượng các ký hiệu thuộc về phần điều khiển. Phần dữ liệu của PUSCH là phần bị chếm thủng bởi số các ký hiệu điều khiển phân bố trong khung con đã cho.



Hình 4.17 Cấp phát các trường dữ liệu & điều khiển khác nhau trên PUSCH

Ghép kênh dữ liệu và điều khiển được thực hiện để điều khiển là có mặt ở cả hai khe của khung con này. Điều này đảm bảo rằng các kênh điều khiển có thể có lợi từ nhảy tần khi nó được áp dụng. ACK/NACK là được đặt ở cuối các ký hiệu SC-FDMA bên cạnh các tín hiệu chuẩn. Lớn nhất là có hai ký hiệu SC-FDMA trên mỗi khe được cấp phát để báo hiệu ACK/NACK. Cũng áp dụng cho RI, trong đó nó được đặt vào các ký hiệu SC-FDMA bên cạnh ACK/NACK. Các ký hiệu CQI/PMI được đặt vào đầu của các ký hiệu SC-FDMA và chúng được lan truyền trên tất cả các ký hiệu SC-FDMA sẵn có.

CQI/PMI được truyền đi trên PUSCH sử dụng sơ đồ điều chế tương tự như phân dữ liệu. ACK/NACK và RI được truyền để cho mã hóa, xáo trộn và điều chế để phát huy tối đa khoảng cách Eclude ở mức độ ký hiệu. Điều này có nghĩa là một ký hiệu điều chế được sử dụng cho một sóng mang ACK/NACK là 2 bit tối đa cho thông tin điều khiển được mã hóa nó không phụ thuộc vào kế hoạch điều chế PUSCH. Các điểm bên ngoài cùng có năng suất truyền tải cao nhất được dùng để báo hiệu

ACK/NACK và RI cho 16QAM và 64QAM. Lựa chọn này cung cấp một độ khuếch đại công suất nhỏ cho các ký hiệu ACK/NACK và RI, hơn so với dữ liệu PUSCH sử dụng điều chế bậc cao hơn.

Bốn phương pháp mã hóa kênh khác nhau được áp dụng với các tín hiệu điều khiển được truyền đi trên PUSCH là :

- ❖ Chỉ có mã hóa lặp lại : 1-bit ACK/NACK
- ❖ Mã hóa đơn công : 2-bit ACK/NACK/RI
- ❖ Mã hóa khối Reed-Muller (32-N) : CQI/PMI < 11 bit
- ❖ Mã chập kẹp cuối(tail-biting) (1/3) : CQI/PMI > 11 bit

Một vấn đề quan trọng liên quan tới điều khiển tín hiệu trên PUSCH là làm sao để giữ cho hiệu suất của tín hiệu điều khiển ở mức đích. Cần lưu ý rằng điều khiển công suất sẽ thiết lập mục tiêu SIRC của PUSCH phù hợp với kênh dữ liệu. Do đó, kênh điều khiển đã có phải thích nghi với điểm hoạt động SIRC thiết lập cho dữ liệu. Có một cách để điều chỉnh các tài nguyên có sẵn có thể được áp dụng cho các giá trị bù đắp công suất khác nhau cho dữ liệu và các phần điều khiển khác nhau. Nhưng vấn đề của kế hoạch bù công suất là tính chất sóng mang đơn sẽ bị phá hủy phần nào. Do đó kế hoạch này không được sử dụng trong hệ thống đường lên LTE.

Như đã đề cập, tham số bù đắp được sử dụng để điều chỉnh chất lượng của các tín hiệu điều khiển cho kênh dữ liệu PUSCH. Nó là một tham số riêng của UE được cấu hình bởi tín hiệu lớp cao hơn. Các kênh điều khiển khác nhau cần thiết lập các tham số bù đắp riêng của chúng. Có một số vấn đề cần được tính đến khi cấu hình tham số bù đắp là:

- ❖ Điểm hoạt động BLER cho kênh dữ liệu PUSCH
- ❖ Điểm hoạt động BLER cho kênh điều khiển L1/L2
- ❖ Sự khác nhau trong độ lợi mã hóa giữa các phần điều khiển và dữ liệu, do các kế hoạch mã hóa khác nhau và kích thước khối mã hóa khác nhau (không có độ lợi mã hóa với 1-bit ACK/NACK).

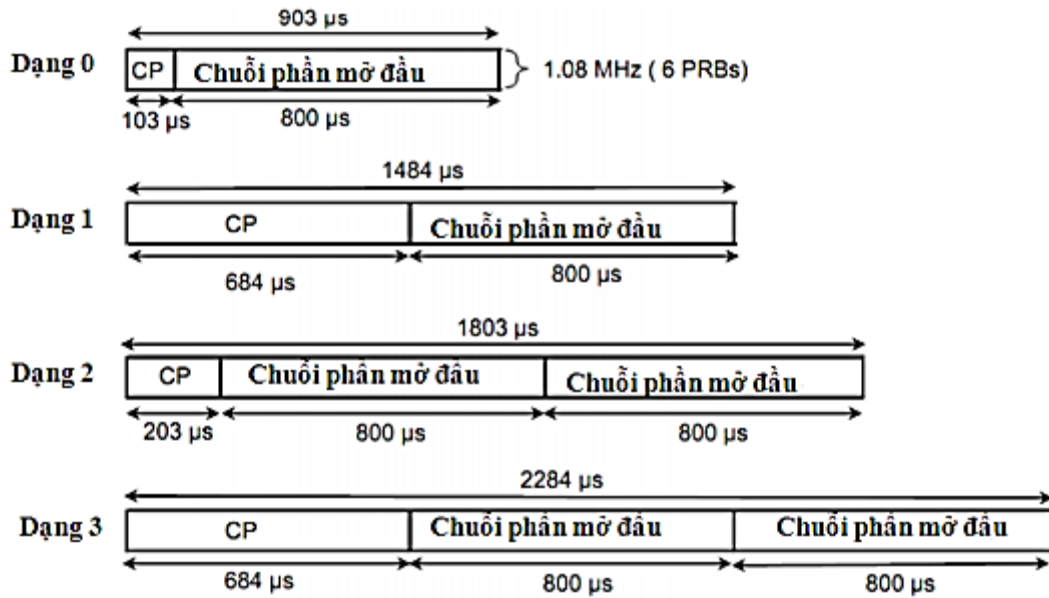
❖ Hiệu suất DTX

Các điểm vận hành BLER khác nhau cho dữ liệu và các phần điều khiển là bởi vì HARQ được sử dụng cho các kênh dữ liệu trong khi các kênh điều khiển không được hưởng lợi từ HARQ. Sự khác biệt cao hơn là trong điểm vận hành BERL giữa dữ liệu và các kênh điều khiển, lớn hơn các thông số bù đắp. Động thái tương tự cũng liên quan tới kích thước gói tin. Các giá trị bù đắp cao nhất là cần thiết với các tín hiệu ACK/NACK do không có độ lợi mã hóa.

4.6. Cấu trúc PRACH (Kênh truy nhập ngẫu nhiên vật lý)

Truyền dẫn truy cập ngẫu nhiên chỉ là một kiểu truyền dẫn không đồng bộ ở hướng lên LTE. Mặc dù thiết bị đầu cuối phải đồng bộ với tín hiệu đường xuống nhận được trước khi truyền về RACH, nó không thể xác định được khoảng cách của nó từ trạm gốc. Vì vậy, sự định thời không chắc chắn gây ra bởi phần dư trễ lan truyền hai chiều trên truyền dẫn RACH.

Kênh truy nhập ngẫu nhiên vật lý (PRACH) được thiết kế một cách thích hợp, cung cấp đủ số các cơ hội truy cập ngẫu nhiên, hỗ trợ các khu vực ô mong muốn về mặt tổn thất đường truyền và định thời không chắc chắn ở hướng lên, nó cho phép ước lượng định thời tương đối chính xác. Ngoài ra, PRACH cần được cấu hình cho hàng loạt các tình huống, cả cho tải RACH và môi trường vật lý. Ví dụ, LTE được yêu cầu phải hỗ trợ phạm vi của các ô lên tới 100km, mà trong đó khoảng dịch do trễ lan truyền theo hai hướng tới $667\mu s$, tạo điều kiện thuận lợi cho khoảng thu tín hiệu trước khi định thời trong lớp MAC.



Hình 4.18 Các dạng phần mở đầu LTE RACH cho FDD

Trong cấu trúc khung của LTE loại 1 (FDD), chỉ có một tài nguyên PRACH có thể được cấu hình thành một khung con. Tính chu kỳ của các tài nguyên PRACH có thể được thu nhỏ lại theo tải trọng RACH dự kiến, và các tài nguyên PRACH có thể xuất hiện từ mỗi khung con một lần trong 20ms. Truyền dẫn PRACH bao gồm một chuỗi phần mở đầu và một tiền tố vòng đứng trước với bốn định dạng khác nhau như được thể hiện trong hình 4.18.

Nhiều các định dạng phần mở đầu là cần thiết vì dải rộng của môi trường. Ví dụ, các CP dài trong các định dạng phần mở đầu hỗ trợ 1 và 3 với các khoảng phủ sóng ô lớn xét về mặt dung sai bất định thời tăng lên trong khi đó các chuỗi phần mở đầu lặp lại trong các dạng 2 và 3 bù cho tổn thất đường dẫn đã tăng lên. Khoảng thời gian bảo vệ là cần thiết sau khi một phần mở đầu không đồng bộ là không được quy định rõ ràng, nhưng vị trí PRACH trong cấu trúc khung con cung cấp một khoảng thời gian bảo vệ đầy đủ. Xem xét cụ thể là chỉ cần thiết trong các trường hợp rất đặc biệt. Đối với mỗi ô, 64 chuỗi phần mở đầu là được cấu hình và do đó có 64 cơ hội truy cập ngẫu nhiên trên mỗi PRACH

nguồn. PRACH chiếm 1,08MHz băng thông, cung cấp độ chính xác hợp lý để tính toán định thời.

Các chuỗi Zadoff-Chu thuộc CAZAC được sử dụng như là các chuỗi phân mở đầu RACH

4.7. Truyền dẫn báo hiệu lớp vật lý hướng xuống

Thông tin điều khiển theo hướng đường xuống được mang sử dụng ba kiểu khác nhau của thông điệp điều khiển :

- 1- Chỉ số định dạng điều khiển (CFI), cho biết số lượng tài nguyên dành cho việc điều khiển kênh sử dụng. CFI được ánh xạ vào kênh chỉ thị định dạng điều khiển vật lý (PCFICH).
- 2- Chỉ thị HARQ (HI), sẽ thông báo về sự thành công của các gói dữ liệu hướng lên đã nhận được. HI được ánh xạ lên kênh chỉ thị HARQ vật lý (PHICH).
- 3- Thông tin điều khiển hướng xuống (DCI), điều khiển với các định dạng khác nhau về cơ bản là tất cả cấp phát tài nguyên lớp vật lý trong cả hai hướng đường lên và đường xuống và có nhiều các định dạng cho các nhu cầu khác nhau. DCI được ánh xạ lên kênh điều khiển hướng xuống vật lý (PDCCH).

4.7.1. Kênh chỉ thị định dạng điều khiển vật lý (PCFICH)

Mục đích duy nhất của PCFICH là để tự động cho biết xem có bao nhiêu ký hiệu OFDMA được dành riêng cho thông tin điều khiển. Điều này có thể biến đổi giữa 1 và 3 cho mỗi khung con 1ms. Từ PCFICH, UE biết được trong đó có các ký hiệu cho việc xử lý thông tin điều khiển. Vị trí và điều chế của PCFICH là cố định. Việc sử dụng khả năng truyền tín hiệu động cho phép hệ thống hỗ trợ cho cả một số lượng lớn người sử dụng dữ liệu tốc độ thấp(ví dụ như VoIP) cũng như nó cung cấp chi phí truyền tín hiệu thấp khi tốc độ dữ liệu cao được sử dụng bởi

ít người sử dụng đồng thời.

Khi hoạt động ở 1,4MHz, nguồn tài nguyên PDCCH là 2 , 3 hoặc 4 ký hiệu để đảm bảo đủ kích thước trọng tải và có đủ khoảng sóng cho tất cả các tình huống truyền tín hiệu. Trong các ô mạng lớn quan trọng là phải có đủ chỗ cho kênh mã hóa cùng với truyền tín hiệu, đặc biệt là cho hoạt động với RACH.

4.7.2. Kênh điều khiển hướng xuống vật lý (PDCCH)

UE sẽ thu được thông tin từ PDCCH cho cả các cấp phát tài nguyên hướng xuống và hướng lên mà UE có thể sử dụng. DCI được ánh xạ vào PDCCH có các dạng khác nhau và tùy thuộc vào kích thước DCI được truyền đi bằng cách sử dụng một hoặc nhiều các phần tử kênh điều khiển (CCE). Một CCE bằng 9 nhóm phần tử tài nguyên. Mỗi nhóm lần lượt bao gồm 4 phần tử tài nguyên. Các định dạng PDCCH khác nhau được thể hiện như trong bảng 4.1

Dạng PDCCH	Số lượng CCE	Số lượng các nhóm phần tử tài nguyên	Số lượng các bit PDCCH
0	1	9	72
1	2	18	144
2	4	36	288
3	8	72	576

Bảng 4.1 Dạng PDCCH và kích thước của chúng

Ta có thể thấy như là PDCCH đang được sử dụng điều chế QPSK, sau đó một phần tử tài nguyên đơn lẻ mang 2 bit và có 8 bit trong một nhóm phần tử tài nguyên.

UE sẽ lắng nghe các tập PDCCH và cố gắng giải mã chúng (kiểm tra tất cả các định dạng) trong tất cả các khung con trừ những nơi mà DRX được cấu hình. Các tập PDCCH để giám sát lên tới 6 kênh. Tùy thuộc vào các tham số mạng, một số các PDCCH được gọi là PDCCH chung

và cũng có thể chứa thông tin điều khiển công suất.

DCI được ánh xạ tới PDCCH có bốn định dạng khác nhau và các biến đổi khác nhau hơn nữa cho mỗi định dạng. Nó có thể cung cấp thông tin điều khiển cho các trường hợp sau đây :

- ❖ Thông tin cấp phát PUSCH (DCI dạng 0)
- ❖ Thông tin PDSCH với một từ mã (DCI dạng 1 và các biến thể của nó)
- ❖ Thông tin PDSCH với hai từ mã (DCI dạng 2 và các biến thể của nó)
- ❖ Thông tin điều khiển công suất hướng lên (DCI dạng 3 và các biến thể của nó)

PDCCH có chứa thông tin liên quan tới PDSCH và thường được gọi là sự phân công đường xuống. Các thông tin dưới đây được mang trên phân công đường xuống khi cung cấp thông tin cấp phát tài nguyên đường xuống liên quan tới PDSCH :

- ❖ Thông tin cấp phát khối tài nguyên. Nó chỉ ra vị trí của các tài nguyên được cấp phát cho người sử dụng trong vấn đề miền tài nguyên khối.
- ❖ Phương thức điều chế mã hóa được sử dụng cho dữ liệu người dùng hướng xuống. 5 bit báo hiệu chỉ ra bậc điều chế và kích thước khối truyền tải (TBZ).
- ❖ Số tiến trình HARQ cần được báo hiệu, như là truyền lại HARQ từ eNodeB quan điểm là không đồng bộ và ngay lập tức truyền dẫn chính xác tới chức năng lập lịch biểu của eNodeB.
- ❖ Một chỉ số dữ liệu mới cho biết việc truyền dẫn đối với tiến trình cụ thể là có truyền lại hay không.
- ❖ Phương án dự phòng là một tham số HARQ có thể được sử dụng với độ dư gia tăng để cho phương án truyền lại được sử dụng.
- ❖ Các lệnh điều khiển công suất cho PUCCH cũng được đưa vào

PDCCH. Các lệnh điều khiển công suất có 2 bit và có thể có 2 sử dụng là điều chỉnh tăng và giảm công suất.

4.7.3. Kênh chỉ thị HARQ vật lý (PHICH)

Nhiệm vụ đối với kênh chỉ thị HARQ vật lý (PHICH) chỉ đơn giản là để chỉ ra theo hướng đường xuống xem một gói tin đường lên đã được nhận chính xác hay không. Công cụ này sẽ giải mã các PHICH dựa trên thông tin cấp phát hướng lên đã nhận được trên PDCCH.

4.7.4. Các chế độ truyền dẫn hướng xuống

Để vận hành hệ thống mạnh mẽ và hiệu quả, điều quan trọng là UE phải biết trước loại hình truyền dẫn để chờ đợi. Nếu chế độ truyền có thể thay đổi động từ một khung con tới một khung con khác thì UE sẽ cần phải giám sát tất cả các định dạng DCI có thể có một cách đồng thời, sẽ dẫn tới một sự gia tăng đáng kể về số lượng vùng mù giải mã và sự phức tạp máy thu (và có thể có sự gia tăng số lượng các lỗi báo hiệu). Hơn nữa, UE không thể cung cấp kênh phản hồi có nghĩa từ đó.

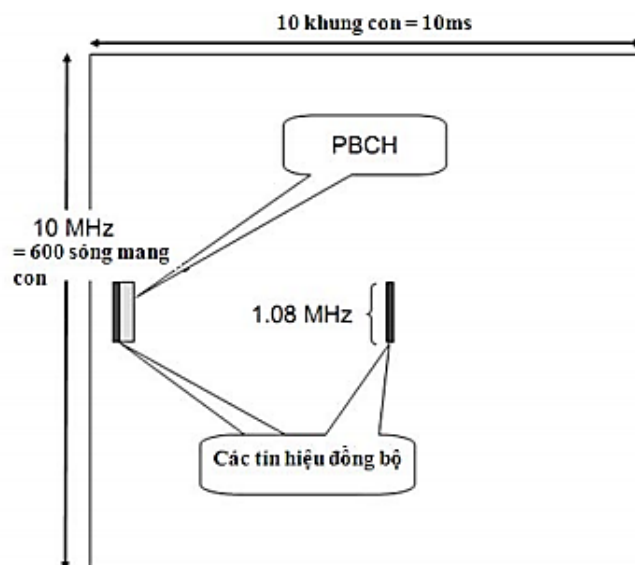
Do đó mỗi UE được cấu hình nửa ổn định qua tín hiệu RRC cho một chế độ truyền dẫn. Chế độ truyền dẫn sẽ xác định loại hình truyền dẫn đường xuống mà UE mong muốn. Trong LTE phiên bản 8, bảy phương thức truyền dẫn đã được xác định :

- ❖ Cổng đơn ăng ten ; port 0. Đây là chế độ đơn giản nhất của vận hành không có tiền - mã hóa.
- ❖ Phân tập phát. Với hai hoặc bốn cổng ăng ten sử dụng SFBC.
- ❖ Ghép kênh không gian vòng hở . Đây là chế độ vòng hở với khả năng thích ứng bậc dựa trên phản hồi RI. Trong trường hợp bậc = 1 thì phân tập phát được áp dụng tương tự như truyền dẫn chế độ 2. Với ghép kênh không gian bậc cao hơn lên tới 4 lớp với độ trễ lớn, CDD được sử dụng.

- ❖ Ghép kênh không gian vòng kín. Đây là một chế độ ghép kênh không gian với phản hồi tiên-mã hóa hỗ trợ thích ứng bậc độ.
- ❖ MIMO nhiều người sử dụng. Chế độ truyền dẫn cho hoạt động MU-MIMO đường xuống.
- ❖ Vòng kín bậc 1 tiên-mã hóa . vòng kín tiên-mã hóa tương tự như truyền dẫn chế độ 5 mà không có khả năng ghép kênh không gian.
- ❖ Cổng đơn ăng ten ; port 5 . Chế độ này có thể được sử dụng trong vận hành tạo chùm tia khi các tín hiệu chuẩn riêng cho UE đang sử dụng.

4.7.5. Kênh quảng bá vật lý (PBCH)

Kênh quảng bá vật lý (PBCH) mang các thông tin hệ thống cần thiết cho việc truy nhập hệ thống, như là các thông số RACH. Kênh này luôn được cung cấp với băng thông 1,08MHz, như trong hình 4.19.



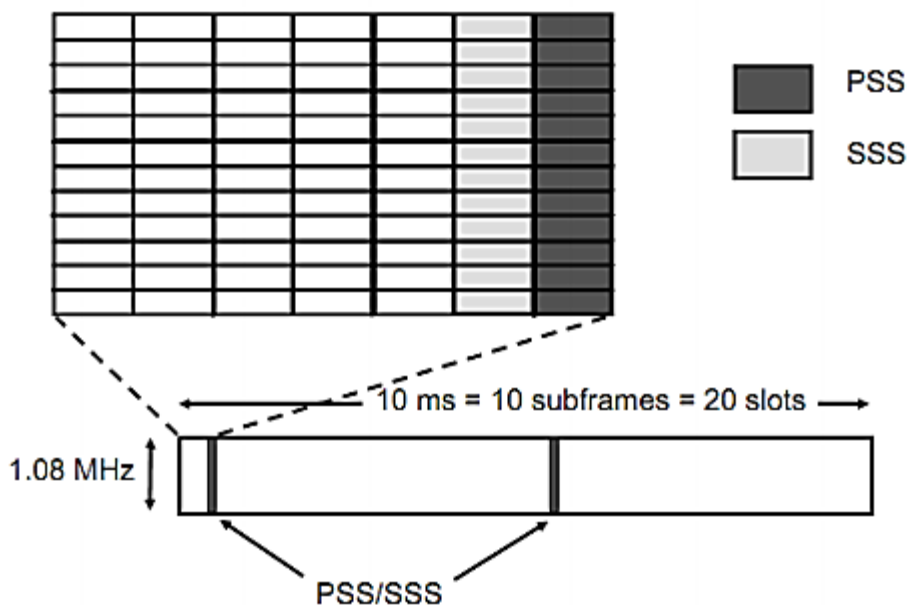
Hình 4.19 Vị trí PBCH tại các tần số trung tâm

Vì vậy cấu trúc PBCH là độc lập với băng thông thực tế của hệ thống được sử dụng, tương tự như các kênh khác / các tín hiệu cần phải để truy nhập hệ thống bước đầu. Thông tin quảng bá là một phần được mang trên PBCH, nơi mà khối thông tin chính(MIB) được truyền đi trong khi

các khối thông tin hệ thống thực (SIB) sau đó được truyền trên PDSCH. Trong 600 sóng mang con như trên hình 4.20 chỉ cần 9MHz (50 khối tài nguyên) trong miền tài nguyên nhưng băng thông hệ thống cần có đủ cho sự suy giảm đối với các nhà khai thác liền kề vì vậy làm tăng tổng băng thông cần thiết đến 10MHz. Với một hệ thống băng thông 1,4MHz không có các khối tài nguyên ở hai bên của PBCH trong miền tần số được sử dụng, do đó chỉ có 6 khối tài nguyên có thể được sử dụng cho đáp ứng các yêu cầu mặt nạ phổ.

4.7.6. Tín hiệu đồng bộ

Có 504 các giá trị nhận dạng ô vật lý (PCI) trong hệ thống LTE, so với 512 mã xáo trộn chính trong WCDMA. Tín hiệu đồng bộ chính (PSS) và tín hiệu đồng bộ thứ cấp (SSS) được truyền đi, tương tự như PBCH, luôn có băng thông 1,08MHz, nằm ở cuối của các khe 1 và khe thứ 11(khe 0 và khe 10) của khung 10ms như trong hình 4.20.



Hình 4.20 các tín hiệu đồng bộ trong khung

PSS và SSS có không gian vị trí cùng nhau của 504 các đặc tính ô lớp vật lý (PCI) duy nhất. Các PCI hình thành 168 nhóm PCI, mỗi nhóm PCI

có 3 PCI (như vậy tổng cộng là 504 PCI). Cấu trúc và vị trí của các PCI có nghĩa là dùng để lấy mẫu từ các tần số trung tâm (với băng thông 1,08MHz) với tối đa là 5ms có chứa các thông tin cần thiết cho việc nhận dạng ô.

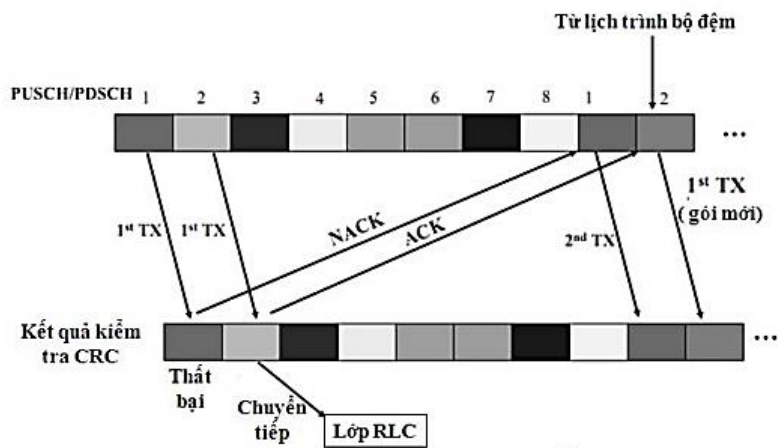
4.8. Các thủ tục lớp vật lý

Các thủ tục lớp vật lý quan trọng trong LTE là điều khiển công suất, HARQ, ứng trước định thời và truy cập ngẫu nhiên. ứng trước định thời là dựa trên truyền tín hiệu trong lớp điều khiển truy nhập bắt buộc (MAC) , nhưng vì nó liên quan trực tiếp tới lớp vật lý, ứng trước định thời chi tiết được đề cập trong chương này.

4.8.1. Thủ tục HARQ

HARQ trong LTE là dựa trên việc sử dụng thủ tục HARQ dừng - và - chờ. Một khi gói tin được truyền đi từ eNodeB, UE sẽ giải mã nó và cung cấp thông tin phản hồi trong PUCCH. Đối với sự báo nhận phủ định (NACK) thì eNodeB sẽ truyền lại. UE sẽ kết hợp bản truyền lại với bản gốc và nó sẽ khởi động việc giải mã turbo trở lại. Sau khi giải mã thành công(dựa trên việc kiểm tra CRC) UE sẽ gửi báo nhận tích cực(ACK) cho eNodeB. Sau đó eNodeB sẽ gửi một gói tin mới quá trình HARQ. Do việc vận hành cơ chế dừng- và - chờ, vậy phải cần có nhiều tiến trình HARQ để cho phép một luồng dữ liệu liên tục. Trong LTE thì số các tiến trình là cố định tới 8 tiến trình trong cả 2 hướng lên và xuống. Ví dụ được minh họa như trong hình 4.21. Với nhiều người sử dụng, nó sẽ phụ thuộc vào lập lịch biểu ở eNodeB khi truyền lại sẽ được gửi đi theo hướng lên hoặc hướng xuống, vì khi truyền lại cũng yêu cầu nguồn tài nguyên được cấp phát.

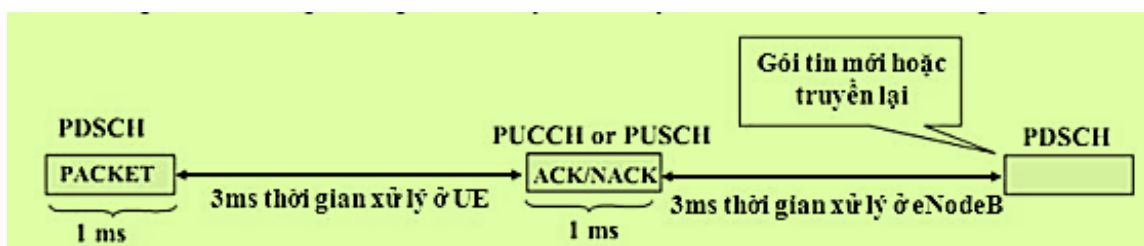
Các hoạt động HARQ trong LTE hỗ trợ cả kết hợp mềm và sử dụng dự phòng tăng.



Hình 4.21 Vận hành LTE HARQ với 8 tiến trình

Đối với dự phòng tăng, việc phát lại có thể có tốc độ khác nhau để phù hợp với các thông số giống như truyền tải ban đầu. Độ trễ tối thiểu giữa hai điểm cuối của

một gói tin và sự bắt đầu truyền lại là 7ms. UE sẽ gửi ACK/NACK của một gói tin trong khung n , trong khung $n+4$ cho đường lên. Điều này để lại khoảng 3ms cho thời gian xử lý của UE, tùy thuộc vào việc định thời đường xuống / đường lên mà độ lệch được điều khiển bởi thủ tục ứng trước định thời. Định thời đường xuống cho một gói tin đường xuống được truyền đi duy nhất thể hiện như trong hình 4.22

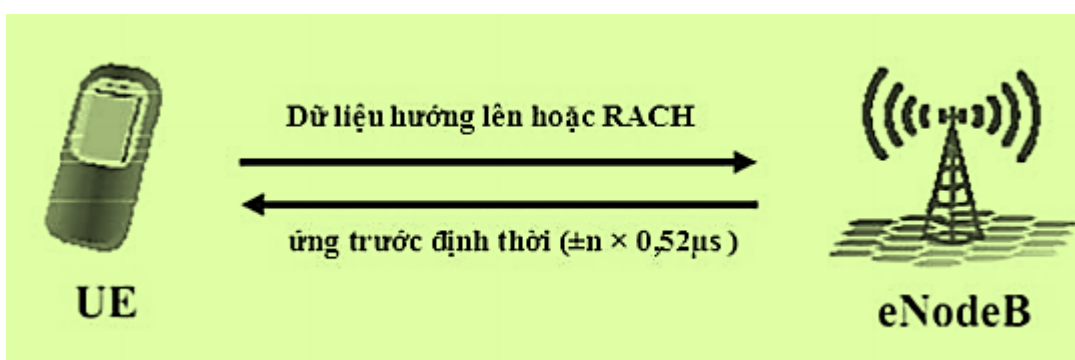


Hình 4.22 Định thời LTE HARQ cho một gói tin đường xuống duy nhất

Khoảng thời gian truyền lại trong đường xuống là tùy thuộc vào việc lập lịch biểu trong eNodeB và do đó thời gian thể hiện như trong hình 4.23 là thời điểm sớm nhất khi một sự truyền lại xảy ra.

4.8.2. Ứng trước định thời

Thủ tục điều khiển định thời là cần thiết để cho sự truyền dẫn hướng lên từ các người sử dụng khác nhau tới eNodeB về bản chất là trong phạm vi tiền tố vòng. Như vậy đồng bộ hướng lên là cần thiết để tránh nhiễu giữa những người sử dụng bằng việc lập lịch truyền dẫn hướng lên trên cùng khung con. eNodeB liên tục có các biện pháp định thời tín hiệu hướng lên của UE và điều chỉnh thời điểm truyền dẫn đường lên như thể hiện trong hình 4.23.



Hình 4.23 Điều khiển định thời hướng lên

Các lệnh ứng trước định thời được gửi chỉ khi việc điều chỉnh định thời là thực sự cần thiết. Độ phân giải của một lệnh ứng trước định thời là thực sự cần thiết. Độ phân giải của một lệnh ứng trước định thời là $0,52\mu s$, và ứng trước định thời được xác định một cách tương đối so với thời điểm của khung vô tuyến đường xuống đã nhận được trên UE.

Giá trị ứng trước định thời được đo từ khi truyền RACH mà UE không có một ứng trước định thời hợp lệ, ví dụ, đường lên cho UE là không đồng bộ. Các trường hợp như vậy được hệ thống truy cập, khi UE ở trạng thái RRC_IDLE hoặc khi UE đã có một giai đoạn không hoạt động vượt quá thời gian cho phép, chuyển giao không đồng bộ, và sau khi liên lạc vô tuyến thất bại. Ngoài ra, eNodeB có thể gán cho UE một phần mở đầu dành riêng (tranh chấp -tự do) trên RACH đối với việc đo đặc định thời hướng lên khi eNodeB muốn thiết lập sự đồng bộ hướng lên. Tình huống như vậy phải đi kèm với việc chuyển giao hoặc khi dữ liệu hướng xuống tới cho một UE không đồng bộ. Từ khoảng được xác định

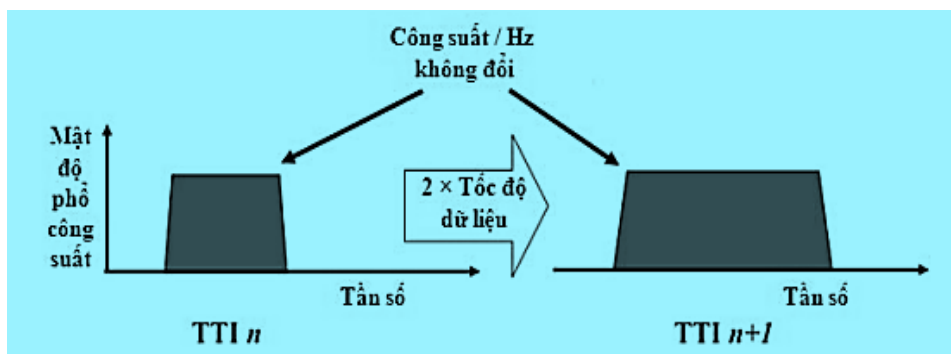
cho ứng trước định thời, kích thước ô lên tới 100km sẽ được tạo điều kiện, và thậm chí cao hơn bằng cách bỏ một số tài nguyên chưa sử dụng.

4.8.3. Điều khiển công suất

Đối với LTE, điều khiển công suất là chậm đối với hướng đường lên. Trong hướng đường xuống không có điều khiển công suất. Khi băng thông thay đổi do sự thay đổi tốc độ dữ liệu, công suất truyền dẫn tuyệt đối của UE cũng sẽ thay đổi.

Điều khiển công suất hiện nay chưa thực sự là điều khiển công suất tuyệt đối mà là mật độ phổ công suất (PSD), công suất trên mỗi Hz, đối với một thiết bị riêng biệt. Điều gì tạo điều kiện cho việc sử dụng một tốc độ chậm hơn để điều khiển công suất đó là việc sử dụng các nguồn tài nguyên trực giao trong đường lên LTE, trong đó nó tránh được các vấn đề gần-xa do yêu cầu về điều khiển công suất nhanh trong WCDMA.

Các động lực chính cho sự điều khiển công suất là làm giảm mức công suất tiêu thụ của thiết bị đầu cuối và cũng để tránh dải động quá lớn trong eNodeB thu, hơn là để làm giảm sự can nhiễu. Nguyên lý điều khiển công suất hướng lên trong LTE được minh họa như trong hình 4.24, nơi mà sự thay đổi tốc độ dữ liệu mà PSD sẽ giữ không đổi nhưng kết quả là tổng công suất truyền tải được điều chỉnh tương đối với sự thay đổi tốc độ dữ liệu.



Hình 4.24 Công suất hướng lên LTE với thay đổi tốc độ dữ liệu

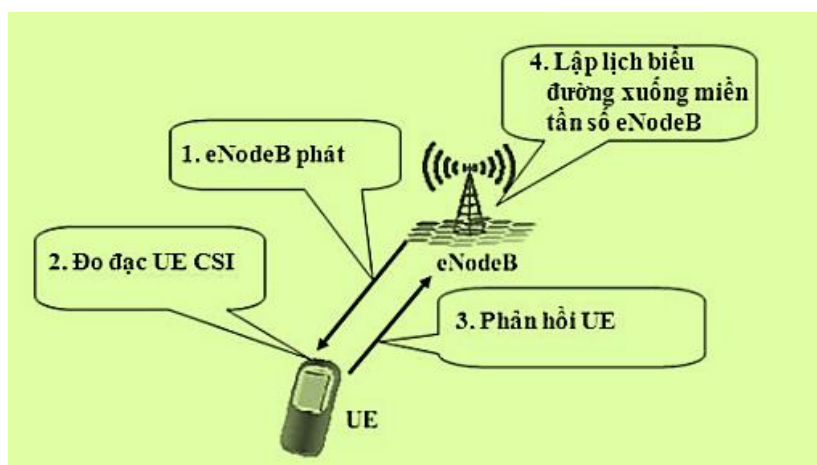
Việc điều khiển công suất thực tế được dựa trên sự xác định tần

thất đường truyền, có tính đến các thông số riêng của ô và sau đó áp dụng các giá trị (tích lũy) của hệ số điều chỉnh nhận được từ eNodeB. Tùy thuộc vào các thông số thiết lập lớp cao hơn, lệnh điều khiển công suất hoặc là 1dB lên hoặc xuống hoặc sau đó các thiết lập của [-1dB, 0, +1dB, +3dB] được sử dụng. Các đặc điểm kỹ thuật còn bao gồm điều khiển công suất dựa trên các giá trị tuyệt đối. Tổng dải động của điều khiển công suất là nhỏ hơn so với trong WCDMA, và các thiết bị hiện nay có một mức công suất tối thiểu là -41dBm so với -50dBm với WCDMA.

4.8.4. Nhấn tin

Cho phép nhấn tin, UE sẽ được cấp phát một khoảng nhấn tin và một khung con riêng trong khoảng thời gian mà thông điệp tin nhắn có thể được gửi đi. Sự nhấn tin được cung cấp trong PDSCH (với thông tin được cấp phát trên PDCCH). Các tiêu chí thiết kế chính trong nhấn tin là nhằm đảm bảo đủ một chu kỳ DRX cho các thiết bị để tiết kiệm năng lượng và cũng để đảm bảo thời gian đáp ứng đủ nhanh cho cuộc gọi đến. E-UTRAN có các thông số khoảng thời gian của chu kỳ nhấn tin để đảm bảo đầy đủ khả năng nhấn tin.

4.8.5. Thủ tục báo cáo phản hồi kênh



Hình 4.25 Thủ tục báo cáo thông tin trạng thái kênh (CSI)

Mục đích của báo cáo phản hồi trạng thái kênh là để cung cấp cho eNodeB thông tin về trạng thái kênh đường xuống nhằm giúp tối ưu hóa quyết định lập lịch biểu gói tin. Nguyên tắc của báo cáo phản hồi trạng thái kênh được trình bày trong hình 4.25. Trạng thái kênh được đánh giá bởi UE dựa trên việc truyền dẫn đường xuống (các ký hiệu chuẩn) và báo cáo tới eNodeB bằng cách sử dụng PUCCH hoặc PUSCH. Các báo cáo phản hồi trạng thái kênh có chứa các thông tin về các thông số liên quan đến việc lập lịch biểu và thích ứng liên kết (MCS/TBS và MIMO) UE có thể hỗ trợ trong việc tiếp nhận dữ liệu. Sau đó eNodeB có thể tận dụng lợi ích của thông tin phản hồi trong việc ra quyết định lập kế hoạch để sử dụng một cách tối ưu các nguồn tài nguyên tần số.

Nhìn chung báo cáo phản hồi kênh bởi UE chỉ là một lời đề nghị và các eNodeB không cần phải tuân theo nó trong việc lập lịch biểu đường xuống. Trong LTE báo cáo phản hồi kênh là luôn được điều khiển đầy đủ bởi eNodeB và UE không thể gửi bất kỳ báo cáo phản hồi trạng thái kênh nào mà eNodeB không biết trước. Thủ tục tương ứng cho việc cung cấp thông tin về trạng thái kênh đường lên được gọi là sự dò kênh và nó được thực hiện bằng cách sử dụng tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS).

Sự khác biệt chính của phản hồi thông tin trạng thái kênh trong LTE so với WCDMA/HSDPA là tính chọn lọc tần số của các báo cáo, ví dụ, thông tin liên quan đến việc phân phối trạng thái kênh trong miền tần số cũng có thể được cung cấp. Điều này tạo ra một khả năng cho việc lập lịch biểu gói tin trong miền tần số (FDPS), đây là một phương pháp nhằm phân chia các nguồn tài nguyên vô tuyến trong miền tần số cho các người sử dụng khác nhau nhằm tối ưu hóa hiệu suất hệ thống.

4.8.6. Hoạt động chế độ bán song công

Các thông số kỹ thuật của LTE cũng cho phép chế độ hoạt động bán song công, trong đó về cơ bản là hoạt động trong chế độ FDD (ví dụ, tần

số thu và phát là riêng rẽ) nhưng truyền dẫn và thu nhận không diễn ra đồng thời như trong chế độ TDD. Các dự định trong 3GPP đã có một lựa chọn cho các trường hợp vì sự sắp xếp tần số và kết quả là các yêu cầu đối với bộ lọc song công sẽ là không hợp lý, sẽ dẫn đến chi phí cao và công suất tiêu thụ cao. eNodeB sẽ cần phải hiệu được nếu một số thiết bị được dựa trên hoạt động bán song công. Tác động đối với tốc độ dữ liệu có thể là đường lên hoặc đường xuống sẽ không còn được độc lập nhưng tốc độ dữ liệu sẵn có trong một hướng truyền dẫn sẽ phụ thuộc vào việc các nguồn tài nguyên được cấp phát cho các hướng khác nhau. Tương tự với hoạt động TDD, người ta sẽ cần tới việc lập lịch biểu dựa trên cơ sở thiết bị (không phải dựa trên cơ sở hệ thống giống như trong FDD) để không có xung đột giữa việc cấp phát đường lên và đường xuống cho một UE. Ngoài ra thời gian cũng sẽ là cần thiết cho UE để thay đổi giữa truyền và nhận.

4.8.7. Các lớp khả năng của UE và các đặc điểm được hỗ trợ

Trong LTE có năm lớp khả năng của thiết bị được xác định. Dữ liệu được hỗ trợ trong phạm vi từ 5 tới 75Mbps theo hướng đường lên và từ 10 tới 300Mbps theo hướng đường xuống. Tất cả các thiết bị hỗ trợ cho 20MHz băng thông cho việc truyền và nhận, giả sử rằng băng tần đưa ra đã được xác định. Đó là dự đoán trước mà đối với hầu hết các trường hợp còn với các băng tần được quan tâm là dưới

1GHz là với băng thông nhỏ nhất và khi đó sự hỗ trợ lên tới 20 MHz là không được chỉ định.

Với băng tần trên 1GHz, băng thông duois 5 MHz là không cần thiết. Chỉ có một loại 5 thiết bị sẽ thực hiện 64 QAM trong đường lên, các loại khác sử dụng QPSK và 16 QAM. Sự phân tập thu và MIMO có trong tất cả các chủng loại trừ loại 1 là không hỗ trợ MIMO. Các chủng loại UE được thể hiện như trong bảng 4.2

	Loại 1	Loại 2	Loại 3	Loại 4	Loại 5
Tốc độ đỉnh DL/UL	10 / 5Mbps	50 / 25Mbps	100 / 50Mbps	150/50Mbps	300/75Mbps
Điều chế DL	QPSK / 16QAM / 64QAM	QPSK / 16QAM / 64QAM	QPSK / 16QAM / 64QAM	QPSK / 16QAM / 64QAM	QPSK / 16QAM / 64QAM
Điều chế UL	QPSK / 16QAM	QPSK / 16QAM	QPSK / 16QAM	QPSK / 16QAM	QPSK / 16QAM + 64QAM
MIMO DL	Tùy chọn (không bắt buộc)	2 × 2	2 × 2	2 × 2	2 × 4

Bảng 4.2 Các loại thiết bị LTE

Các bậc trong tốc độ dữ liệu lên tới 300Mbps với loại 5 là đạt được với việc truyền dẫn MIMO với bốn ăng ten, trong đó không được hỗ trợ với các loại khác.

4.9. Đo lường lớp vật lý

4.9.1. Đo lường eNodeB

Tất cả các chức năng vô tuyến được đặt tại eNodeB, có một vài phép đo eNodeB mà có thể cần phải được báo cáo qua giao diện bất kỳ vì không có chức năng RRB tập chung riêng biệt như bộ điều khiển mạng vô tuyến trong WCDMA. Đo eNodeB được quy định trong các thông số kỹ thuật lớp vật lý trong phiên bản 8 ở đường xuống như sau :

- ❖ Công suất sử dụng cho các thành phần tài nguyên được sử dụng để truyền các tín hiệu chuẩn ô cụ thể từ eNodeB (trong bảng thông hệ thống).
- ❖ Công suất can nhiễu nhận được trên mỗi khối tài nguyên vật lý
- ❖ Công suất nhiễu qua băng thông hệ thống Động cơ thúc đẩy cho việc thực hiện các phép đo lường này là để cho phép họ xem xét trong các quyết định chuyển giao và sức mạnh trạm gốc tương đối để tạo điều kiện cho sự phối hợp can nhiễu giữa các ô.

Trong 3GPP có bổ sung thêm các chỉ số như là một phần của các thông số kỹ thuật vận hành và bảo dưỡng (O & M) để hỗ trợ việc giám sát hiệu năng của hệ thống.

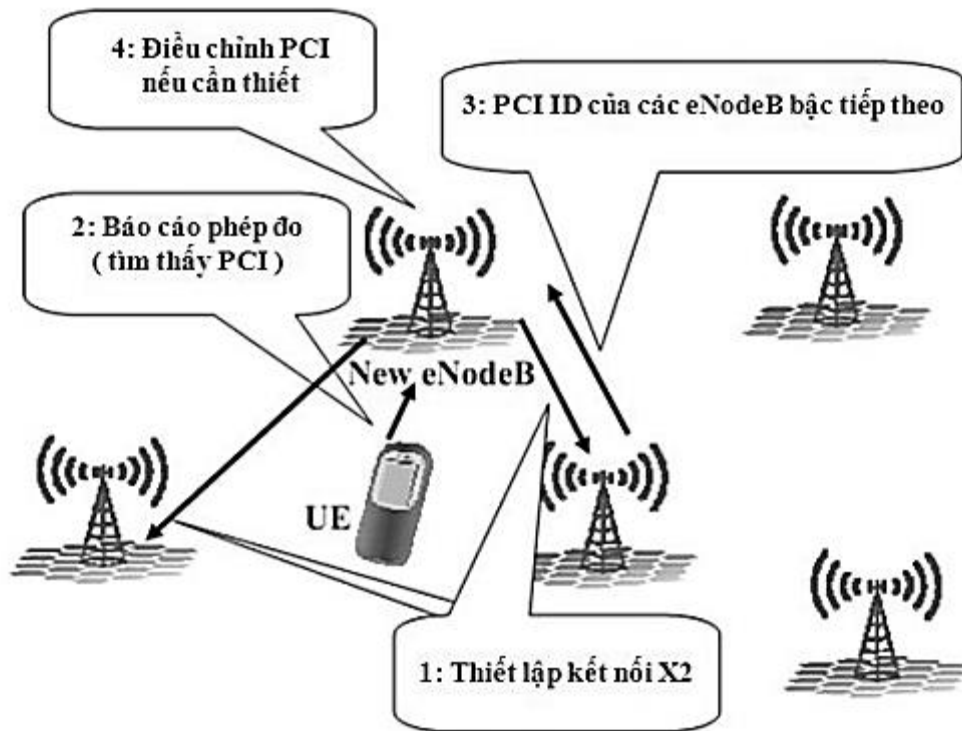
4.9.2. Đo lường UE

Đối với UE các phép đo sau đây được thực hiện bên trong hệ thống LTE :

- ❖ Công suất thu tín hiệu chuẩn (RSRP), mà đối với một ô riêng biệt đó là mức trung bình của công suất đo được (và mức trung bình giữa các nhánh thu được) của các thành phần tài nguyên có chứa các tín hiệu chuẩn ô cụ thể.
- ❖ Chất lượng thu tín hiệu chuẩn (RSRQ) nó là tỉ số của RSRP và E-UTRAN mang chỉ thị cường độ tín hiệu nhận được (RSSI), với các tín hiệu chuẩn.
- ❖ E-UTRAN RSSI, đây là tổng công suất dải rộng thu được trên một tần số nhất định, nó bao gồm nhiễu từ toàn bộ vũ trụ vào tần số cụ thể, cho dù đó là sự can nhiễu giữa các ô hoặc từ mọi nguồn nhiễu nào khác. E-UTRAN RSSI không phải là báo cáo của UE như là một phép đo riêng lẻ, nhưng nó chỉ được sử dụng trong việc tính toán các giá trị RSRQ bên trong UE.

4.10. Cấu hình tham số lớp vật lý

Các tham số lớp vật lý để cấu hình cho kết nối trong một ô cụ thể là trách nhiệm của eNodeB cụ thể. Sẽ có một số vấn đề từ các thiết lập O&M, chẳng hạn như độ dài tiền tố vòng được sử dụng. Đối với một số các tham số, 3GPP đã phát triển giải pháp mạng tự tổ chức (SON). Trong lớp vật lý này bao trùm là ID ô vật lý (PCI), được thể hiện trong hình 4.26



Hình 4.26 Tự cấu hình cho PCI

Khi lắp đặt một ô mạng mới, theo nguyên tắc là ô có thể chọn ngẫu nhiên PCI và khi báo cáo đo lường đầu tiên đã thu được từ UE bất kỳ, nó sẽ nghiên cứu các PCI đang sử dụng ở gần. Sau đó khi eNodeB đã biết được các ô lân cận và nó có thể thiết lập các kết nối X2 (UE sau đó cần phải được hướng dẫn để giải mã BCH để có được ID ô toàn cầu và sau đó hệ thống O&M có thể cung cấp thông tin kết nối cho việc tạo ra X2). Một khi các kết nối X2 cung cấp thông tin về các giá trị PCI được sử dụng trong các ô lân cận, ô có thể xác định xem PCI nó lựa chọn có cần phải điều chỉnh hay không. Hoặc, PCI có thể được lấy trực tiếp từ O&M, như vậy tránh được các xung đột ban đầu cho PCI giữa các ô gần nhau.

CHƯƠNG 5 - CÁC THỦ TỤC TRUY NHẬP

5.1. Thủ tục dò tìm ô

Dò tìm ô là thủ tục mà theo đó thiết bị đầu cuối tìm thấy một ô mạng để có khả năng kết nối tới. Như là một phần của thủ tục dò tìm ô, thiết bị đầu cuối đã tìm được nhận dạng của một ô và ước tính sự định thời khung của ô được xác định. Hơn nữa, thủ tục dò tìm ô cũng cung cấp sự ước tính các thông số cần thiết để thu nhận thông tin của hệ thống trên kênh quảng bá, có chứa các thông số còn lại cần thiết cho việc truy nhập vào hệ thống.

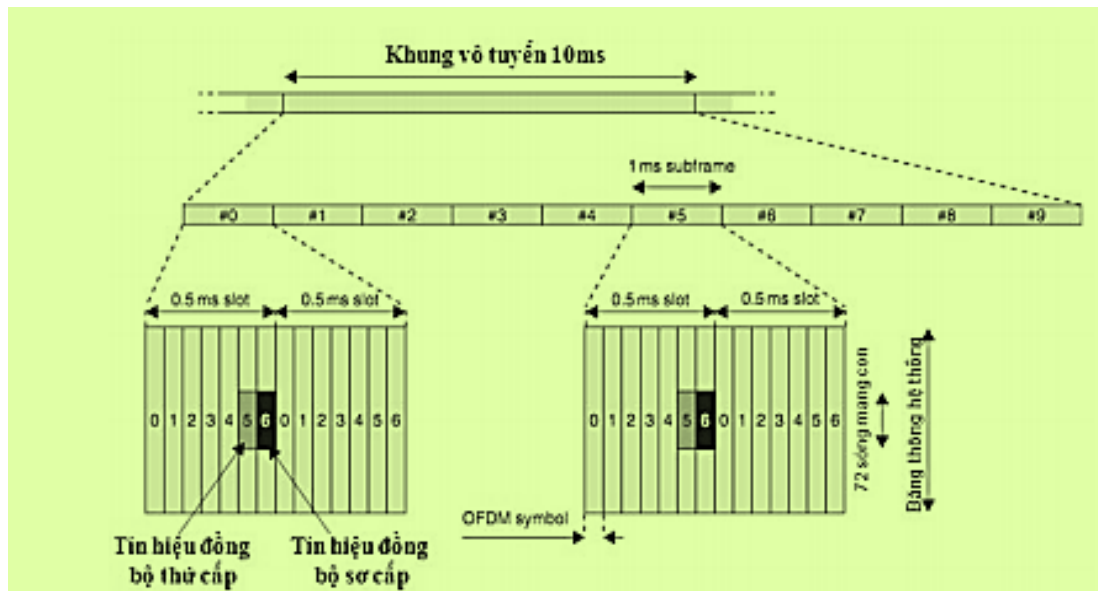
Để tránh việc lập kế hoạch ô phức tạp, số lượng các nhận dạng ô lớp vật lý phải có đủ lớn. LTE hỗ trợ 510 nhận dạng ô khác nhau, được chia thành 170 nhóm nhận dạng ô .

Để giảm sự phức tạp trong việc dò tìm ô, dò tìm ô trong LTE thường được thực hiện trong một vài bước, tương tự như thủ tục dò tìm ô ba bước trong WCDMA. Để hỗ trợ thiết bị đầu cuối trong thủ tục này, LTE cung cấp một tín hiệu đồng bộ sơ cấp và một tín hiệu đồng bộ thứ cấp trên đường xuống. Các tín hiệu đồng bộ sơ cấp và thứ cấp là các chuỗi riêng, được chèn vào hai ký hiệu OFDM cuối cùng trong khe đầu tiên của khung con số 0 và số 5 như được minh họa trong hình 5.1. Ngoài các tín hiệu đồng bộ, thủ tục dò tìm ô cũng có thể lợi dụng các tín hiệu tham chiếu như là một phần hoạt động của nó.

5.1.1. Các bước của thủ tục dò tìm ô

Trong bước đầu tiên của thủ tục dò tìm ô, thiết bị đầu cuối di động sử dụng tín hiệu đồng bộ sơ cấp để tìm ra thời gian định thời dựa trên một cơ sở là 5ms. Lưu ý rằng, tín hiệu đồng bộ sơ cấp được truyền hai lần trong mỗi khung. Một lý do là để đơn giản hóa việc chuyển giao từ các công nghệ truy nhập vô tuyến khác như GSM tới LTE. Như vậy, tín hiệu đồng bộ sơ cấp chỉ có thể cung cấp sự định thời khung với một sự không rõ ràng là 5ms.

Việc thực hiện các thuật toán ước tính là được cung cấp riêng, nhưng có một khả năng là để thực hiện việc lọc thích ứng giữa tín hiệu nhận được và các chuỗi được quy định với tín hiệu đồng bộ sơ cấp. Khi đầu ra của bộ lọc thích ứng đạt tới tối đa của nó, thiết bị đầu cuối có khả năng đã tìm thấy giá trị định thời trên cơ sở 5ms. Bước đầu cũng có thể được sử dụng để khóa tần số dao động nội của thiết bị đầu cuối di động với tần số sóng mang của trạm gốc. Khóa tần số dao động- nội với tần số trạm gốc giúp giảm bớt các yêu cầu độ chính xác trên bộ tạo dao động ở thiết bị đầu cuối di động, như vậy nó sẽ giúp làm giảm bớt chi phí.



Hình 5.1 Các tín hiệu đồng bộ sơ cấp & thứ cấp (giả thiết chiều dài tiền tố vòng bình thường)

Vì các lý do đã được thảo luận ở trên, ba dãy khác nhau có thể được sử dụng như là tín hiệu đồng bộ sơ cấp. có một sự ánh xạ một-một giữa mỗi chuỗi trong ba chuỗi và nhận dạng ô bên trong nhóm ô nhận dạng. Do đó, sau bước đầu tiên thiết bị đầu cuối đã tìm thấy sự nhận dạng bên trong nhóm nhận dạng ô. Hơn nữa, khi có một ánh xạ một-một giữa mỗi một sự nhận dạng trong một nhóm nhận dạng ô và mỗi một dãy trực giao trong ba chuỗi là được sử dụng khi tạo ra tín hiệu chuẩn. Thiết bị đầu cuối cũng có được một phần

kiến thức về cấu trúc tín hiệu chuẩn trong bước này. Nhóm ô nhận dạng, tuy nhiên vẫn chưa biết đến thiết bị đầu cuối sau bước này.

Trong bước tiếp theo, thiết bị đầu cuối phát hiện một nhóm nhận dạng ô và nó sẽ xác định được sự định thời khung. Điều này được thực hiện bằng cách quan sát cặp khe nơi tín hiệu đồng bộ thứ cấp được truyền đi. Về cơ bản, nếu (S1, S2) là một cặp được phép của các chuỗi, nơi mà S1 và S2 biểu diễn tín hiệu đồng bộ thứ cấp trong khung con số 0 và số 5, cặp đảo ngược (S2, S1) không phải là một cặp chuỗi hợp lệ. Bằng cách khai thác tính năng này, thiết bị đầu cuối có thể phân giải được sự không rõ ràng về định thời 5ms của kết quả ở bước đầu tiên trong thủ tục dò tìm ô và xác định sự định thời khung. Hơn nữa, vì mỗi sự kết hợp (S1, S2) thể hiện cho một trong các nhóm nhận dạng ô, cũng là nhóm nhận dạng ô thu được từ bước dò tìm ô thứ hai. Từ nhóm nhận dạng ô, thiết bị đầu cuối cũng thu được kiến thức về chuỗi giả-ngẫu nhiên được sử dụng để tạo ra tín hiệu chuẩn trong ô.

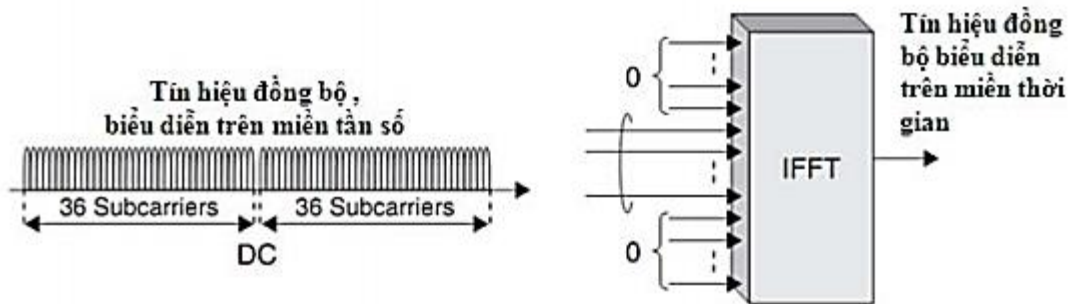
Một khi thủ tục dò tìm ô hoàn thành, thiết bị đầu cuối nhận thông tin hệ thống được phát quảng bá để có được các thông số còn lại, ví dụ như, băng thông truyền tải được sử dụng trong ô.

5.1.2. Cấu trúc thời gian/tần số của tín hiệu đồng bộ

Cấu trúc thời gian/tần số tổng quát đã được mô tả tóm tắt ở trên và được minh họa trong hình 5.1. Như đã thấy trong hình, các tín hiệu đồng bộ sơ cấp và thứ cấp được truyền trong hai ký hiệu OFDM liên tiếp. Cấu trúc này đã được lựa chọn để cho phép xử lý nhất quán của tín hiệu đồng bộ thứ cấp tại thiết bị đầu cuối. Sau bước đầu tiên, tín hiệu đồng bộ sơ cấp đã được biết và vì thế nó có thể được sử dụng để ước lượng kênh. Ước lượng kênh này sau đó có thể được sử dụng để xử lý nhất quán các tín hiệu nhận được trước khi tới bước thứ hai để nhằm nâng cao hiệu suất. Tuy nhiên, sự bố trí của các tín hiệu đồng bộ sơ cấp và thứ cấp cạnh nhau mặt khác cũng ngụ ý rằng thiết bị đầu cuối trong bước thứ hai cần phải ước tính độ dài tiền tố vòng một cách mờ

mã. Tuy nhiên, điều này là một hoạt động ít phức tạp.

Trong nhiều trường hợp, thời gian định thời trong nhiều ô là được đồng bộ như nhau do sự bắt đầu của khung trong các ô cạnh nhau bị trùng nhau về thời gian. Một lý do ở đây là phải cho phép MBSFN hoạt động. Tuy nhiên, hoạt động đồng bộ cũng ngụ ý là truyền các tín hiệu đồng bộ sơ cấp trong các ô khác nhau xảy ra đồng thời. Sự ước lượng kênh dựa trên tín hiệu đồng bộ sơ cấp vì vậy sẽ phản ánh sự phối hợp kênh từ tất cả các ô nếu tín hiệu đồng bộ sơ cấp giống nhau được sử dụng trong tất cả các ô. Hiển nhiên là việc giải điều chế nhất quán của các tín hiệu đồng bộ thứ cấp, là khác nhau trong các ô khác nhau, một sự ước tính kênh từ ô mạng về lợi ích là cần thiết, không phải là sự ước tính của việc phối hợp kênh từ tất cả các ô. Do đó, LTE hỗ trợ nhiều các chuỗi cho tín hiệu đồng bộ sơ cấp. Trong trường hợp sự thu nhất quán trong việc phân phối với thời gian các ô là đồng bộ, các ô lân cận có thể sử dụng các chuỗi đồng bộ sơ cấp khác để làm giảm bớt các vấn đề về ước lượng- kênh như đã được mô tả ở trên. Hơn nữa, như đã mô tả ở trên tín hiệu đồng bộ sơ cấp cũng mang một phần của việc nhận dạng ô.



Hình 5.2 Sự hình thành tín hiệu đồng bộ trong miền tần số

Từ góc độ TDD, sự bố trí tín hiệu đồng bộ tại phần cuối của khe đầu tiên trong khung con, thay vì khe thứ 2 là có lợi vì nó ngụ ý rằng ít hạn chế hơn trong việc tạo ra thời gian bảo vệ giữa đường lên và đường xuống. Ngoài ra, nếu các tín hiệu đồng bộ được đặt trong khe cuối cùng của khung con, sẽ không có khả năng để có được thời gian bảo vệ cần thiết. Ngoài ra, lưu ý rằng

với hoạt động TDD, vị trí của các tín hiệu đồng bộ ngụ ý là luôn nằm ở khung con số 0 và số 5 trong các khung con đường xuống.

Khi bắt đầu thủ tục dò tìm ô, băng thông ô là không cần thiết phải biết đến. Về nguyên tắc, việc phát hiện băng thông truyền dẫn có thể đã được thực hiện một phần trong các thủ tục dò tìm ô. Tuy nhiên điều này sẽ làm phức tạp thủ tục dò tìm ô chung, nó là thích hợp hơn để duy trì thủ tục dò tìm ô giống nhau, bất kể băng thông truyền dẫn tổng thể của ô. Thiết bị đầu cuối sau đó có thể được thông báo về băng thông thực tế trong ô từ kênh quảng bá. Vì vậy để duy trì cấu trúc miền tần số giống nhau của các tín hiệu đồng bộ, bất kể băng thông hệ thống của ô, các tín hiệu đồng bộ luôn được truyền bằng cách sử dụng 72 sóng mang con trung tâm, tương ứng với một băng thông trong thứ tự của 1MHz. Hình 5.2 minh họa một khả năng có thể thực hiện cho việc tạo ra các tín hiệu đồng bộ, 36 sóng mang con trên mỗi bên của sóng mang con DC trong miền tần số được dành riêng cho tín hiệu đồng bộ. Bằng cách sử dụng một IFFT, tín hiệu miền thời gian tương ứng có thể được tạo ra. Kích thước của IFFT cũng như số lượng các sóng mang con được đưa về không như trong hình 5.2, tùy thuộc vào băng thông hệ thống. Các sóng mang con không được sử dụng cho truyền các tín hiệu đồng bộ có thể được sử dụng cho truyền dữ liệu.

5.1.3. Dò tìm ban đầu và dò tìm ô lân cận

Việc tìm một ô để kết nối đến sau khi bật nguồn của thiết bị đầu cuối rõ ràng là một trường hợp quan trọng. Tuy nhiên, một việc quan trọng không kém đó là khả năng để xác định các ô dự phòng cho việc chuyển giao như là một phần của việc hỗ trợ tính di động, khi thiết bị đầu cuối kết nối đã di chuyển từ một ô tới một ô khác. Hai trường hợp này thường được gọi tắt là dò tìm ô ban đầu và dò tìm ô lân cận.

Đối với việc dò tìm ô ban đầu, thiết bị đầu cuối thường không biết tần số sóng mang của các ô mà nó đang tìm kiếm. Để giải quyết trường hợp này,

thiết bị đầu cuối cần phải dò tìm với một tần số sóng mang phù hợp, về cơ bản bằng cách lặp đi lặp lại các thủ tục nói trên cho bất kỳ tần số sóng mang nào có thể có được đưa ra bởi sự quét tần số. Rõ ràng là, điều này thường có thể làm tăng thời gian cần thiết cho việc dò tìm ô, nhưng các yêu cầu về thời gian dò tìm cho việc dò tìm ô ban đầu thường tương đối thoải mái. Các phương thức thực hiện riêng cũng có thể được sử dụng để làm giảm thời gian từ khi bật nguồn cho đến khi tìm được một ô. Ví dụ, thiết bị đầu cuối có thể sử dụng bất kỳ thông tin bổ sung nào mà thiết bị đầu cuối có thể có và bắt đầu dò tìm trên cùng tần số sóng mang với lần cuối cùng nó đã kết nối tới.

Với việc dò tìm ô lân cận, có các yêu cầu về thời gian chặt chẽ hơn. Dò tìm ô lân cận chậm hơn, càng dài nó sẽ dẫn đến thiết bị đầu cuối được chuyển giao tới một ô với mức trung bình về chất lượng vô tuyến tốt hơn. Nhưng điều này rõ ràng sẽ làm hỏng hiệu suất phổ tổng thể của hệ thống. Tuy nhiên, trong trường hợp phổ biến của chuyển giao liên- tần số, rõ ràng là thiết bị đầu cuối không cần phải dò tìm đối với tần số sóng mang trong các ô lân cận. Ngoài việc bỏ qua sự dò tìm trong nhiều tần số sóng mang, dò tìm ô- lân cận liên- tần số có thể dùng các thủ tục tương tự như việc dò tìm ô ban đầu.

Các sự đo đạc cho mục đích chuyển giao là được yêu cầu cả khi thiết bị đầu cuối hiện đang nhận dữ liệu đường xuống từ mạng. Do đó, thiết bị đầu cuối phải có khả năng thực hiện việc dò tìm ô lân cận trong các trường hợp này. Đối với dò tìm ô-lân cận liên-tần số, đây không phải là một vấn đề lớn như các ô dự phòng lân cận, truyền ở cùng một tần số như là thiết bị đầu cuối đã được thực hiện trong khi đang nhận dữ liệu. Nhận dữ liệu và dò tìm ô lân cận là các chức năng băng gốc riêng đơn giản, hoạt động trên cùng tín hiệu thu được.

Trường hợp chuyển giao liên-tần số, là phức tạp hơn khi tiếp nhận dữ liệu và dò tìm ô lân cận cần phải thực hiện ở nhiều các tần số khác nhau. Trang bị cho thiết bị đầu cuối có một mạch thu RF riêng cho việc dò tìm ô lân cận, mặc

dù về nguyên tắc là có thể sẽ không hấp dẫn từ một góc độ của sự phức tạp. Vì vậy, các khoảng trống trong việc truyền tải dữ liệu trong khi thiết bị đầu cuối có thể điều hướng lại tới một tần số khác cho các mục đích đo đạc liên tần số, có thể được tạo ra. Điều này được thực hiện trong cùng một cách như đối với HSPA, cụ thể là bằng cách tránh lập kế hoạch cho thiết bị đầu cuối trong một hoặc một số các khung con đường xuống.

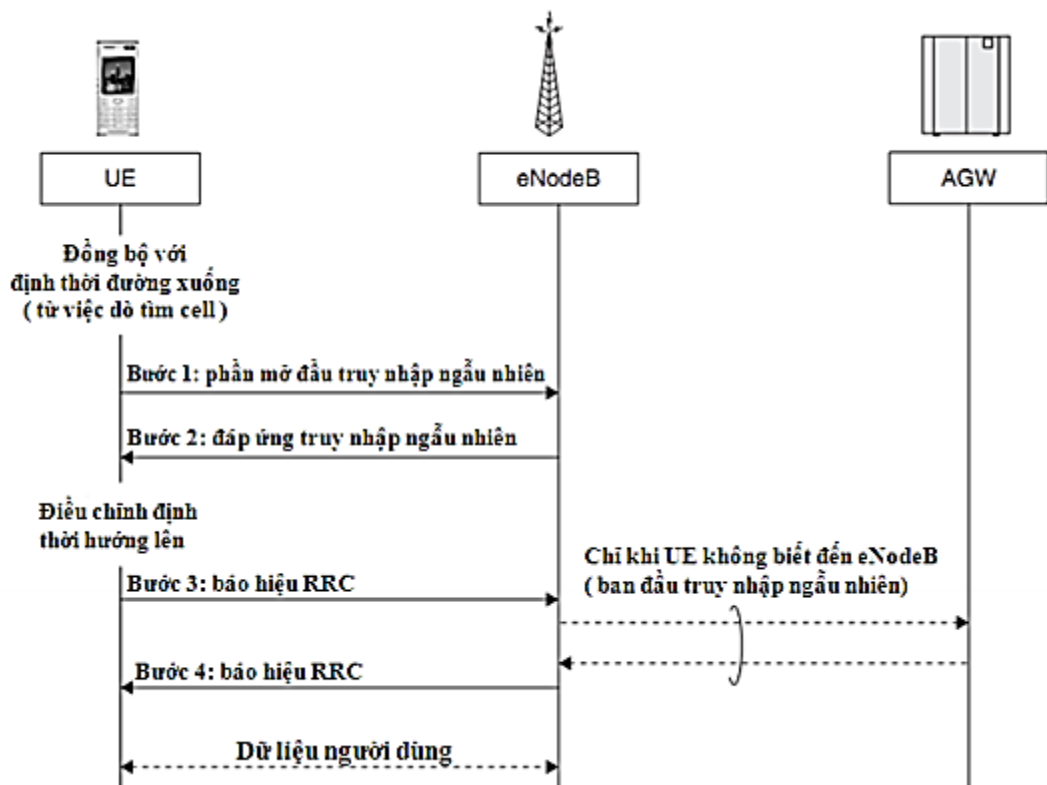
5.2. Truy nhập ngẫu nhiên

Một yêu cầu cơ bản cho bất kỳ một hệ thống di động tế bào nào là khả năng cho thiết bị đầu cuối yêu cầu thiết lập một kết nối. Điều này thường được gọi là truy nhập ngẫu nhiên và phụ vụ hai mục đích chính của LTE, cụ thể là thiết lập đồng bộ hướng lên và thiết lập một nhận dạng thiết bị đầu cuối duy nhất, C-RNTI, được biết đến ở cả hai là mạng và thiết bị đầu cuối. Do đó, truy nhập ngẫu nhiên được sử dụng không chỉ cho truy nhập ban đầu mà là khi chuyển giao từ LTE_DETACHED (LTE_tách biệt) hoặc LTE_IDLE (LTE_rảnh rỗi) tới LTE_ACTIVE (LTE_tích cực), nhưng cũng sau một thời gian không hoạt động ở hướng lên khi đồng bộ hướng lên bị mất trong LTE_ACTIVE.

Tổng quan về truy nhập ngẫu nhiên được thể hiện như trong hình 5.3, nó bao gồm bốn bước :

- ❖ Bước đầu tiên bao gồm truyền tải một phần mở đầu truy nhập- ngẫu nhiên, cho phép eNodeB ước tính sự định thời truyền tải của thiết bị đầu cuối. Đồng bộ hướng lên là cần thiết như là nếu không thì thiết bị đầu cuối không thể truyền được bất kỳ dữ liệu nào ở hướng lên.

- ❖ Bước thứ hai bao gồm mạng sẽ truyền một lệnh ứng trước định thời đến để điều chỉnh sự định thời truyền của thiết bị đầu cuối, dựa trên phép đo định thời trong bước đầu tiên. Ngoài việc thiết lập đồng bộ hướng lên, bước hai cũng chỉ định các nguồn tài nguyên hướng lên cho thiết bị đầu cuối được sử dụng trong bước thứ ba trong các thủ tục truy nhập ngẫu nhiên.
- ❖ Bước thứ ba bao gồm truyền dẫn sự nhận dạng thiết bị đầu cuối di động bằng cách sử dụng UL-SCH tương tự như dữ liệu lập lịch biểu thông thường. Nội dung chính xác của tín hiệu này phụ thuộc vào trạng thái của thiết bị đầu cuối, đặc biệt là dù nó trước đây có biết đến mạng hay không.
- ❖ Bước thứ tư và cũng là bước cuối cùng bao gồm truyền dẫn thông điệp phân giải tranh chấp từ mạng tới thiết bị đầu cuối trên DL-SCH. Bước này cũng giải quyết mọi tranh chấp do có nhiều thiết bị đầu cuối đang cố gắng để truy nhập vào hệ thống bằng cách sử dụng cùng tài nguyên truy nhập hệ thống



Hình 5.3 Tổng quan về thủ tục truy nhập ngẫu nhiên

5.2.1. Bước 1 : Truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên

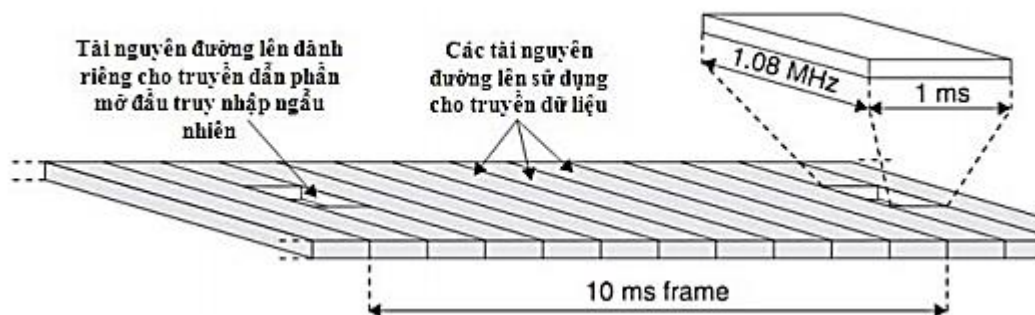
Bước đầu tiên trong thủ tục truy nhập ngẫu nhiên là việc truyền một phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên. Mục đích chính của phần mở đầu là để chỉ ra với mạng sự hiện diện của một cố gắng truy nhập ngẫu nhiên và để có được sự đồng bộ thời gian hướng lên trong phạm vi một phần nhỏ của tiền tố vòng hướng lên.

Nhìn chung, truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên có thể trực giao hoặc không trực giao với dữ liệu người sử dụng. Trong WCDMA phần mở đầu là không trực giao với việc truyền dữ liệu hướng lên. Điều này cung cấp lợi ích của việc không có sự cấp phát nửa - tĩnh (semi-statically) bất kỳ nguồn tài nguyên cho truy nhập ngẫu nhiên. Tuy nhiên, với việc điều khiển sự nhiễu của truy nhập ngẫu nhiên - tới - dữ liệu, công suất truyền của phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên phải được điều khiển cẩn thận. Trong WCDMA, điều này được giải quyết thông qua việc sử dụng một thủ tục dốc-công suất (power-ramping), mà thiết bị đầu cuối sẽ tăng dần dần công suất của phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên cho đến khi nó được phát hiện thành công tại trạm gốc. Mặc dù đây là một giải pháp phù hợp với vấn đề nhiễu, thủ tục dốc tạo ra một độ trễ trong thủ tục truy nhập ngẫu nhiên toàn bộ. Do đó, từ quan điểm sự trễ, một thủ tục truy nhập ngẫu nhiên không đòi hỏi dốc công suất là có lợi.

Trong LTE, việc truyền tải phần tiêu đề truy nhập ngẫu nhiên có thể được thực hiện trực giao với truyền dẫn dữ liệu người dùng hướng lên, và kết quả là không có sự dốc công suất là cần thiết (mặc dù các thông số kỹ thuật tất cả đều cho phép dốc công suất). Trực giao giữa việc truyền dữ liệu người dùng từ các thiết bị đầu cuối khác và các cố gắng truy nhập ngẫu nhiên là đạt được trong cả hai miền thời gian và miền tần số. Mạng thông tin quảng bá tới tất cả các thiết bị đầu cuối mà trong đó việc truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên các tài nguyên thời gian - tần số là được cho phép. Để tránh can nhiễu

giữa dữ liệu và phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên, mạng tránh việc lập lịch biểu truyền dẫn hướng lên bất kỳ trong các nguồn tài nguyên thời gian- tần số đó. Điều này được minh họa trong hình 5.4. Từ những đơn vị thời gian cơ bản cho truyền dữ liệu trong LTE là 1ms, một khung con được dành riêng cho truyền dẫn phần mở đầu. Trong phạm vi các tài nguyên dành riêng, phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên được truyền.

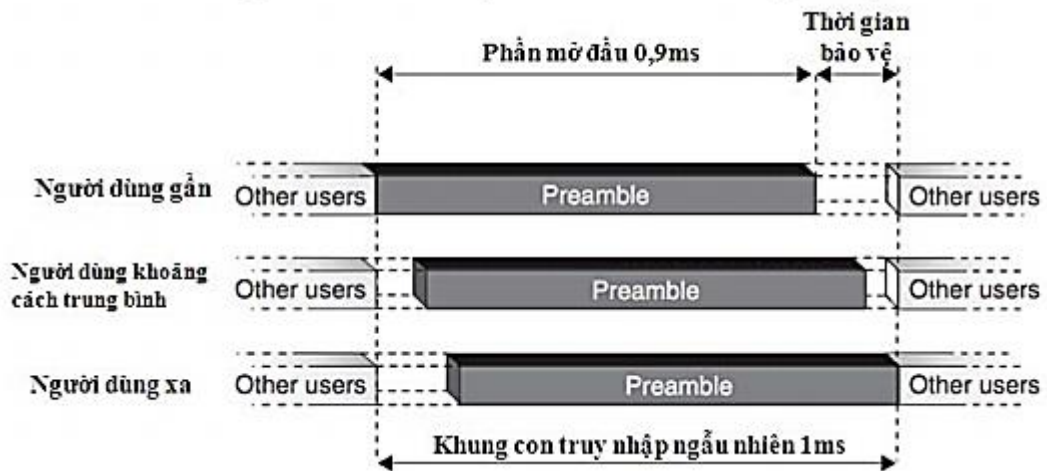
Trong miền tần số, phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên có một băng thông tương ứng với sáu khối tài nguyên (1,08MHz). Điều này phù hợp với cả băng thông nhỏ nhất mà trong đó LTE có thể hoạt động. Do đó, cấu trúc phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên tương tự nhau có thể được sử dụng, bất kể băng thông truyền dẫn của ô. Đối với các triển khai sử dụng các cấp phát phổ lớn hơn, nhiều các tài nguyên truy nhập ngẫu nhiên có thể được xác định trong miền tần số, cung cấp một khả năng truy nhập ngẫu nhiên tăng lên.



Hình 5.4 Minh họa cơ bản cho truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên

Một thiết bị đầu cuối thực hiện một cố gắng truy cập ngẫu nhiên, trước khi truyền dẫn phần mở đầu, đạt được đồng bộ đường xuống từ thủ tục dò tìm ô. Tuy nhiên, sự định thời đường lên là (như đã thảo luận) chưa được thiết lập. Khởi đầu của một khung đường lên tại thiết bị đầu cuối là được định nghĩa tương đối với sự bắt đầu của khung đường xuống tại thiết bị đầu cuối. Do trễ lan truyền giữa trạm gốc và thiết bị đầu cuối, việc truyền dẫn hướng lên do đó sẽ bị chậm trễ tương đối với sự định thời truyền dẫn hướng xuống tại trạm gốc. Vì vậy, khi khoảng cách giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc là chưa biết,

sẽ có một sự không chắc chắn trong việc định thời hướng lên tương ứng với hai lần khoảng cách giữa trạm gốc và thiết bị đầu cuối, lên tới $6,7^{\wedge}s/km$. Để tính toán cho sự không chắc chắn này và để tránh gây nhiễu với các khung con tiếp theo không được sử dụng, một khoảng thời gian bảo vệ được sử dụng, mà do đó chiều dài thực tế của phần mở đầu là ngắn hơn 1ms. Được minh họa trong hình 5.5, độ dài phần mở đầu và khoảng thời gian bảo vệ.



Hình 5.5 Định thời phần mở đầu tại eNodeB cho các người sử dụng truy nhập ngẫu nhiên khác nhau

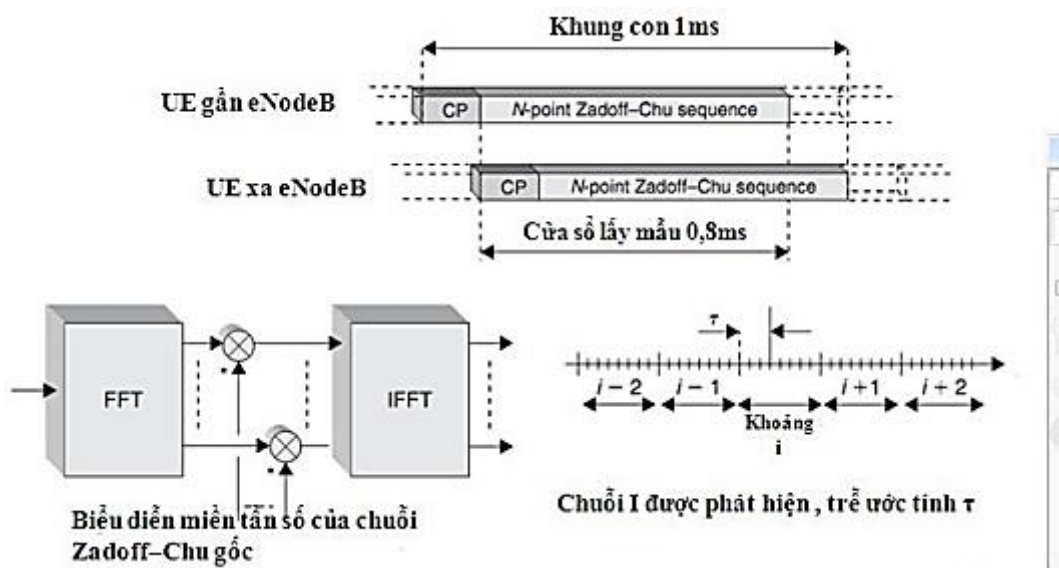
Với chiều dài phần mở đầu khoảng 0,9ms, có 0,1ms thời gian bảo vệ cho phép kích thước ô lên tới 15km. Trong các ô lớn hơn mà thời gian định thời là không chắc chắn thì thời gian bảo vệ có thể lớn hơn thời gian bảo vệ cơ bản, thời gian bảo vệ bổ sung có thể được tạo ra bằng cách không lập lịch biểu mọi truyền dẫn hướng lên trong khung con sau nguồn tài nguyên truy nhập ngẫu nhiên.

Các chuỗi phần mở đầu được chia thành các nhóm của 64 chuỗi trong mỗi nhóm. Như một phần của cấu hình hệ thống, mỗi ô được cấp phát một nhóm như vậy bằng cách xác định một hoặc một vài chuỗi Zadoff-Chu gốc và sự dịch vòng cần thiết để tạo ra tập các phần mở đầu. Số lượng các nhóm là phải đủ lớn để tránh được sự cần thiết phải lập kế hoạch chuỗi cẩn thận giữa các ô.

Khi thực hiện một cố gắng truy nhập ngẫu nhiên, thiết bị đầu cuối sẽ chọn

một chuỗi ngẫu nhiên từ tập các chuỗi được cấp phát cho các ô mà thiết bị đầu cuối đang cố gắng truy nhập. Một khi không có thiết bị đầu cuối nào khác đang thực hiện một cố gắng truy nhập ngẫu nhiên bằng cách sử dụng chuỗi tương tự tại thời điểm tức thời tương tự, không có xung đột xảy ra và cố gắng này sẽ có một khả năng cao được phát hiện bởi mạng.

Xử lý trạm gốc là việc thực hiện riêng, nhưng nhờ có tiền tố vòng kèm trong phần mở đầu nên việc xử lý trong miền tần số có độ phức tạp thấp. Một ví dụ của quy chế này được minh họa trong hình 5.6.



Hình 5.6 Sự phát hiện phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên trong miền tần số

Các mẫu trên một cửa sổ được thu thập và được chuyển đổi nó thành biểu diễn trên miền tần số bằng cách sử dụng một FFT. Chiều dài của cửa sổ là 0,8ms, tương đương với chiều dài của chuỗi ZC mà không có một tiền tố vòng. Điều này cho phép xử lý định thời không chắc chắn lên tới 0,1ms và phù hợp với thời gian bảo vệ được xác định.

Đầu ra của FFT, thể hiện cho tín hiệu nhận được trong miền tần số, được nhân lên với sự biểu diễn trong miền tần số liên hợp phức của chuỗi Zadoff-Chu gốc và các kết quả được cho qua một IFFT. Bằng cách quan sát các đầu ra IFFT, có thể phát hiện được những thay đổi của chuỗi Zadoff-Chu gốc đã

được truyền và trễ của nó. Về cơ bản, một đỉnh của IFFT đầu ra trong khoảng i là tương ứng với chuỗi dịch chuyển chu kỳ thứ i và trễ được đưa ra bởi vị trí của đỉnh trong khoảng. Điều này thực hiện trong miền tần số được tính toán hiệu quả và cho phép phát hiện nhiều cố gắng truy nhập ngẫu nhiên bằng cách sử dụng các chuỗi dịch vòng khác nhau được tạo ra từ chuỗi Zadoff-Chu gốc; trong trường hợp có nhiều các cố gắng truy nhập sẽ chỉ đơn giản là một đỉnh trong mỗi khoảng tương ứng.

5.2.2. Bước 2 : Đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên

Để đáp ứng các cố gắng truy nhập ngẫu nhiên được phát hiện, khi ở bước thứ hai của thủ tục truy nhập ngẫu nhiên mạng sẽ truyền một thông điệp trên DL-SCH, có chứa :

- ❖ Chỉ số của chuỗi phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên mạng đã phát hiện và với phản hồi này là hợp lệ.
- ❖ Tính toán hiệu chỉnh định thời bằng cách thu nhận phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên.
- ❖ Một sự trợ cấp lập lịch biểu, chỉ ra các nguồn tài nguyên mà thiết bị đầu cuối được sử dụng cho việc truyền tải các thông điệp trong bước thứ ba.
- ❖ Một nhận dạng tạm thời được sử dụng cho truyền thông được tiếp diễn giữa thiết bị đầu cuối và mạng.

Trong trường hợp mạng phát hiện nhiều các cố gắng truy nhập ngẫu nhiên (từ các thiết bị đầu cuối khác nhau), các thông điệp phản hồi riêng lẻ của nhiều các thiết bị đầu cuối di động có thể được kết hợp vào trong một truyền dẫn đơn. Vì vậy, thông điệp phản hồi được lập lịch biểu trên DL-SCH và được chỉ ra trên một kênh điều khiển L1/L2 bằng cách sử dụng một nhận dạng dành riêng cho phản hồi truy nhập ngẫu nhiên. Tất cả các thiết bị đầu cuối đã được truyền một phần mở đầu giám sát các kênh điều khiển L1/L2 cho phản hồi truy nhập ngẫu nhiên. Sự định thời của thông điệp phản hồi là không cố định trong các đặc tả kỹ thuật nhằm có thể đáp ứng đầy đủ nhiều

các truy nhập đồng thời. Nó cũng cung cấp một vài sự linh hoạt trong việc vận hành trạm gốc.

Miễn là các thiết bị đầu cuối thực hiện truy nhập ngẫu nhiên trong cùng nguồn tài nguyên thì các phần mở đầu khác nhau được sử dụng, nếu không xung đột sẽ xảy ra và từ việc truyền tín hiệu đường xuống điều này rõ ràng là với các thiết bị đầu cuối mà có thông tin là bị liên quan. Tuy nhiên, có một xác suất nhất định của sự tranh chấp, đó là nhiều các thiết bị đầu cuối sử dụng phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên giống nhau cùng một lúc. Trong trường hợp này, nhiều các thiết bị đầu cuối sẽ phản ứng lại khi thông điệp phản hồi đường xuống diễn ra cùng lúc và một sự xung đột sẽ xảy ra. Việc giải quyết ác xung đột là một phần của các bước tiếp theo như được trình bày dưới đây. Tranh chấp cũng là một trong các nguyên nhân mà tại sao HARQ không được sử dụng cho truyền dẫn các phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên. Một thiết bị đầu cuối nhận một phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên được dành cho thiết bị đầu cuối khác thì sẽ có sự định thời hướng lên không chính xác. Nếu HARQ có thể được dùng, sự định thời của ACK/NACK cho thiết bị đầu cuối như vậy sẽ không đúng và có thể gây nhiễu cho tín hiệu điều khiển hướng lên từ các người sử dụng khác.

Sau khi thu nhận phản hồi truy nhập ngẫu nhiên ở bước hai, thiết bị đầu cuối sẽ hiệu chỉnh định thời truyền dẫn hướng lên và tiếp tục tới bước ba.

5.2.3. Bước 3: Nhận dạng thiết bị đầu cuối

Sau bước thứ hai, hướng lên của các thiết bị đầu cuối là đã được đồng bộ về thời gian. Tuy nhiên, trước khi dữ liệu người sử dụng có thể được truyền tới / từ thiết bị đầu cuối, một sự nhận dạng duy nhất trong ô (C-RNTI) phải được gán cho thiết bị đầu cuối. Tùy thuộc vào trạng thái thiết bị đầu cuối, cũng có thể cần phải trao đổi thông điệp bổ sung.

Trong bước thứ ba, thiết bị đầu cuối trao đổi các thông điệp cần thiết với mạng bằng cách sử dụng các nguồn tài nguyên đã được phân công trong phần

hồi truy nhập ngẫu nhiên ở bước thứ hai. Truyền dẫn thông điệp hướng lên theo cách giống như với việc lập lịch biểu dữ liệu hướng lên thay vì gắn nó vào phần mở đầu trong bước đầu tiên là có lợi vì một số lý do. Thứ nhất, số lượng thông tin được truyền trong là thiếu sự đồng bộ hướng lên nên phải được hạn chế tối đa là cần thiết phải có khoảng thời gian bảo vệ lớn như vậy sẽ làm cho việc truyền dẫn là tương đối tốn kém. Thứ hai, việc sử dụng kế hoạch truyền dẫn hướng lên “thông thường” cho phép việc truyền dẫn thông điệp với sự trợ giúp kích thước và phương án điều chế cần phải được điều chỉnh, ví dụ, với các điều kiện vô tuyến khác nhau. Cuối cùng, nó cho phép HARQ với kết hợp mềm cho thông điệp hướng lên. Sau đó là một khía cạnh quan trọng, đặc biệt là trong các tình huống mà sự phủ sóng bị hạn chế, khi đó nó cho phép sử dụng một hoặc một vài việc truyền phát lại để thu thập đủ năng lượng cho tín hiệu hướng lên nhằm đảm bảo một xác suất đủ lớn của truyền dẫn thành công. Lưu ý, việc truyền phát lại RLC là không được sử dụng cho tín hiệu RRC hướng lên ở trong bước ba.

Một phần quan trọng của thông điệp hướng lên là bao gồm nhận dạng thiết bị đầu cuối mà việc nhận dạng này được sử dụng như một phần của cơ chế giải quyết tranh chấp trong bước thứ tư. Trong trường hợp thiết bị đầu cuối là ở trong chế độ LTE_ACTIVE (LTE_tích cực), đó là được kết nối đến một ô đã biết và do đó có một C-RNTI được gán, C-RNTI này được sử dụng như nhận dạng thiết bị đầu cuối trong thông điệp hướng lên. Nếu không thì một nhận dạng thiết bị đầu cuối mạng lõi được sử dụng và mạng truy nhập vô tuyến cần phải tham gia vào mạng lõi trước khi trả lời thông điệp đường lên ở trong bước 3.

5.2.4. Bước 4: Giải quyết tranh chấp

Bước cuối cùng trong thủ tục truy nhập ngẫu nhiên gồm một thông điệp đường xuống cho giải quyết tranh chấp. Lưu ý rằng, từ bước hai, nhiều các thiết bị đầu cuối thực hiện cố gắng truy nhập ngẫu nhiên đồng thời bằng cách

sử dụng chuỗi phần mở đầu tương tự nhau trong bước đầu tiên để lắng nghe thông điệp phản hồi tương tự ở trong bước thứ hai và do đó có sự nhận dạng tạm thời tương tự nhau. Do đó, trong bước thứ tư, mỗi thiết bị đầu cuối tiếp nhận thông điệp đường xuống sẽ so sánh nhận dạng trong thông điệp với nhận dạng chúng được truyền trong bước thứ ba. Chỉ một thiết bị đầu cuối mà quan sát thấy một sự phù hợp giữa nhận dạng nhận được trong bước thứ tư và nhận dạng được truyền như là một phần của bước thứ ba sẽ khai báo thủ tục truy nhập ngẫu nhiên thành công. Nếu thiết bị đầu cuối chưa được gán một C-RNTI, nhận dạng tạm thời từ bước thứ hai là được nâng cấp tới C-RNTI.

Thông điệp giải quyết tranh chấp là được truyền trên DL-SCH, bằng cách sử dụng nhận dạng tạm thời từ bước thứ 2 cho việc gán địa chỉ thiết bị đầu cuối trên kênh điều khiển L1/L2. Từ khi đồng bộ hướng lên đã được thiết lập, HARQ được áp dụng cho tín hiệu đường xuống trong bước này. Các thiết bị đầu cuối có sự phù hợp giữa nhận dạng mà chúng được truyền trong bước thứ ba và thông điệp chúng nhận được trong bước thứ tư cũng sẽ truyền một xác nhận HARQ trong hướng lên.

Các thiết bị đầu cuối mà không tìm thấy sự phù hợp giữa nhận dạng nhận được trong bước thứ tư và nhận dạng được truyền tương ứng như là một phần của bước thứ ba thì được coi như là đã thất bại trong thủ tục truy nhập ngẫu nhiên và cần phải khởi động lại thủ tục truy nhập ngẫu nhiên từ bước đầu tiên. Rõ ràng là không có phản hồi HARQ được truyền từ những thiết bị đầu cuối này.

KẾT LUẬN

Kết quả đạt được của đồ án

Đồ án đã trình bày toàn cảnh các dịch vụ cũng như những lợi ích mà hệ thống thông tin di động 4G đạt được để phục vụ cuộc sống của con người. Đồng thời đồ án cũng trình bày về các dịch vụ mà hệ thống di động 4G cung cấp: thương mại di động, định vị/ chỉ dẫn, đặt hàng di động, chăm sóc sức khỏe, y tế cộng đồng ..., và chúng phục vụ, thay đổi lối sống của con người như thế nào.

Những vấn đề kỹ thuật khi xây dựng nền tảng dịch vụ và cơ sở hạ tầng hệ thống cũng được tác giả nghiên cứu và trình bày trong luận văn. Những công nghệ then chốt để hệ thống 4G đạt được dung lượng lớn, tốc độ cao, sự bảo mật: kỹ thuật anten MIMO, OFCDM, chứng thực dựa trên sinh trắc học ...

Trong đồ án, cũng đã trình bày bốn miền của mô hình tham chiếu hệ thống 4G: miền ứng dụng và dịch vụ, miền nền tảng dịch vụ, miền mạng lõi chuyển mạch gói, miền truy cập vô tuyến mới.

Ngoài ra, các đặc điểm và cấu trúc mạng NGN cũng được trình bày vì mạng NGN là cơ sở hạ tầng cho các hệ thống thông tin viễn thông nói chung và các hệ thống di động nói riêng. Từ đó cũng trình bày về hệ thống di động trên cơ sở hạ tầng mạng NGN.

Cuối cùng đồ án trình bày về hiện trạng hệ thống mạng di động ở Việt Nam và có đề xuất hướng triển khai hệ thống 4G dựa trên nền tảng cơ sở hạ tầng hiện có của các nhà cung cấp dịch vụ.