

Đặng Thế Ngọc, Võ Nguyễn Quốc Bảo

THÔNG TIN DI ĐỘNG



HÀ NỘI 6/2022

LỜI NÓI ĐẦU

Thông tin di động đã được sử dụng rộng rãi từ đầu những năm 1980. Kể từ lần đầu tiên được giới thiệu, việc sử dụng thông tin di động đã tăng rất nhanh đến mức một phần lớn dân số toàn cầu có thể tiếp cận với công nghệ. Từ quốc gia phát triển đến quốc gia đang phát triển, thông tin di động đã được triển khai ở tất cả các quốc gia trên toàn cầu. Thông tin di động là động lực chính thúc đẩy sự phát triển của ngành điện tử viễn thông. Không những thế, thông tin di động thế hệ thứ 5 (5G) còn được coi là động lực của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4.

Giáo trình “**Thông tin di động**” nhằm mục đích cung cấp cho sinh viên các kiến thức nền tảng về đặc điểm chung, giao diện vô tuyến và các giao thức trong mạng thông tin di động dựa theo lộ trình phát triển từ 2G đến 5G. Cuốn sách này là giáo trình cho môn học “Thông tin di động”, được giảng dạy cho sinh viên đại học chính quy chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử - Viễn thông, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Giáo trình được tổ chức thành 9 chương, cuối các chương có phần câu hỏi và bài tập giúp cho sinh viên và người đọc có thể ôn lại nội dung trọng tâm trong các chương. Để đọc tốt cuốn sách này, người đọc cần có kiến thức về truyền thông số nói chung và kỹ thuật thông tin vô tuyến nói riêng.

Nội dung cơ bản của các chương như sau:

Chương 1: Giới thiệu tổng quan về thông tin di động, khái quát chung về sự phát triển, các đặc điểm chính về công nghệ và tiêu chuẩn của các hệ thống thông tin di động.

Chương 2: Trình bày về kiến trúc mạng, kiến trúc giao thức, các kênh vật lý và các kênh logic trong hệ thống thông tin di động 2G GSM và GPRS. Ngoài ra, vấn đề điều khiển tài nguyên vô tuyến trong hệ thống GSM cũng được trình bày trong chương này.

Chương 3: Trình bày các nội dung liên quan đến hệ thống thông tin di động 3G UMTS bao gồm: kiến trúc mạng, kiến trúc giao diện vô tuyến, các kênh của WCDMA, điều khiển tài nguyên vô tuyến và quản lý di động,

Chương 4: Trình bày về giao diện vô tuyến của thế thống hệ thống thông tin di động 3G⁺ HSPA như các giao thức truy nhập gói tốc độ cao đường lên/đường xuống, cấu trúc lớp MAC và quản lý di động trong HSDPA.

Chương 5: Trình bày về kiến trúc chung của mạng, kiến trúc mạng truy nhập và kiến trúc giao thức trong hệ thống thông tin di động 4G LTE. Ngoài ra, chương này cũng đề cập tới chất lượng dịch vụ và các kênh mang, các trạng thái di động và kết nối của UE, quản lý di động...

Chương 6: Trình bày về giao diện vô tuyến 4G LTE trong đó tập trung vào các giao thức, trạng thái LTE UE, quản lý di động LTE UE, cấu trúc tài nguyên vô tuyến, các tín hiệu tham chuẩn, truyền dẫn đường xuống/đường lên, các thủ tục lớp vật lý...

Chương 7: Trình bày về hệ thống thông tin di động 5G bao gồm các nội dung chính như các trường hợp sử dụng, các yêu cầu về hiệu năng, các công nghệ cho 5G. Kiến trúc chung, kiến trúc mạng truy nhập vô tuyến và kiến trúc mạng lõi 5G cũng được trình bày trong chương này.

Chương 8: Trình bày về giao diện vô tuyến 5G tập trung trình bày các nội dung liên quan đến sóng mang và kênh vô tuyến mới (NR), truyền dẫn song công và phổ 5G, chia sẻ phổ 4G/5G và các công nghệ lớp vật lý mới của 5G-NR.

Chúng tôi rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các quý thầy cô, các bạn sinh viên và những người quan tâm để hoàn thiện hơn giáo trình này. Mọi ý kiến đóng góp về giáo trình xin vui lòng gửi tới các tác giả qua địa chỉ: Khoa viễn thông I, Tầng 10 A2, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, hay qua số điện thoại 024-3854-6352.

Xin trân trọng cảm ơn!

Nhóm tác giả

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	2
DANH SÁCH THUẬT NGỮ VÀ VIẾT TẮT.....	12
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN THÔNG TIN DI ĐỘNG	20
1.1 Lịch sử của hệ thống tin di động.....	20
1.1.1 Giới thiệu chung.....	20
1.1.2 Thông tin di động GSM	20
1.1.3 Hệ thống viễn thông di động toàn cầu (UMTS).....	21
1.1.4 Sự phát triển dài hạn (LTE)	22
1.1.5 LTE - Advanced.....	22
1.1.6 LTE –Advanced Pro	23
1.1.7 Hệ thống thông tin di động 5G.....	24
1.1.8 Các hệ thống thông tin di động khác.....	25
1.2 Các phát hành của 3GPP.....	25
1.3 Kiến trúc của hệ thống tin di động	26
1.3.1 Kiến trúc mức cao	26
1.3.2 Thiết bị người sử dụng.....	28
1.3.3 Kiến trúc của mạng truy nhập vô tuyến	28
1.3.4 Vùng phủ và dung lượng.....	29
1.3.5 Kiến trúc của mạng lõi.....	30
1.3.6 Các giao thức truyền thông	30
1.4 Các kỹ thuật cơ bản trong thông tin di động.....	31
1.4.1 Đa truy nhập.....	31
1.4.2 Song công	33
1.4.3 Nguyên lý tế bào	33
1.5 Câu hỏi.....	34
Tài liệu tham khảo.....	35
CHƯƠNG 2: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG GSM VÀ GPRS	36
2.1 Giới thiệu chung.....	36
2.2 Kiến trúc mạng GSM và GPRS	36
2.2.1 Kiến trúc mạng GSM	36
2.2.2 Kiến trúc mạng GPRS	39
2.3 Các thông số vô tuyến GSM	40
2.3.1 Hiệu suất phổ	41
2.3.2 Công nghệ truy nhập.....	41
2.3.3 MAHO và các phép đo được thực hiện bởi thiết bị di động	42
2.4 Các kênh vật lý của GSM.....	45
2.4.1 Các kênh tần số được sử dụng ở GSM.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Tổ chức đa truy nhập kết hợp FDMA và TDMA.....	Error! Bookmark not defined.

2.4.3	Tổ chức đa khung, siêu khung, siêu siêu khung.....	50
2.4.4	Cấu trúc cụm	Error! Bookmark not defined.
2.4.5	Sơ đồ kênh vật lý của GSM	Error! Bookmark not defined.
2.4.5.1	Quá trình xử lý tín hiệu tại đầu phát	Error! Bookmark not defined.
2.4.5.2	Quá trình xử lý tín hiệu tại đầu thu	Error! Bookmark not defined.
2.5	Các kênh logic của GSM	Error! Bookmark not defined.
2.5.1	Tổng kết các kênh logic	Error! Bookmark not defined.
2.5.2	Kênh lưu lượng (TCH).....	Error! Bookmark not defined.
2.5.3	Kênh điều khiển (CCH)	Error! Bookmark not defined.
2.5.4	Các tổ hợp kênh	Error! Bookmark not defined.
2.5.5	Sắp xếp các kênh logic lên các kênh vật lý	Error! Bookmark not defined.
2.5.5.1	Sắp xếp tổ hợp (d) (FCCH+SCH+BCCH+CCCH)	Error! Bookmark not defined.
2.5.5.2	Sắp xếp tổ hợp (l) (SDCCH+ SACCH).....	Error! Bookmark not defined.
2.5.5.3	Sắp xếp tổ hợp (a) (TCH/F + FACCH/F + SACCH/TF).....	Error! Bookmark not defined.
2.5.5.4	Một số cấu hình BTS.....	Error! Bookmark not defined.
2.6	Giao diện vô tuyến của GPRS.....	54
2.7	Điều khiển tài nguyên vô tuyến.....	Error! Bookmark not defined.
2.7.1	Đo	Error! Bookmark not defined.
2.7.2	Điều khiển công suất và định trước thời gian	Error! Bookmark not defined.
2.7.2.1	Điều khiển công suất	Error! Bookmark not defined.
2.7.2.2	Định thời trước	Error! Bookmark not defined.
2.7.3	Chọn ô và chọn lại ô	Error! Bookmark not defined.
2.7.3.1	C1	Error! Bookmark not defined.
2.7.3.2	C2	Error! Bookmark not defined.
2.7.4	Chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
2.7.4.1	Nguyên nhân chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
2.7.4.2	Các tiêu chuẩn chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
2.7.4.3	Các tiêu chí để chuẩn bị chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
2.7.5	Nhảy tần.....	Error! Bookmark not defined.
2.8	Câu hỏi.....	60

CHƯƠNG 3: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG WCDMA UMTSERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

3.1	Giới thiệu chung.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Kiến trúc mạng 3G WCDMA UMTS.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Kiến trúc mạng 3G WCDMA UMTS R3.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Kiến trúc mạng 3G WCDMA UMTS R4.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Kiến trúc mạng 3G WCDMA UMTS R5.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Kiến trúc giao diện vô tuyến WCDMA/FDD.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Các kênh của WCDMA	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Các kênh logic.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Các kênh truyền tải	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Các kênh vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.4	Báo hiệu thiết lập cuộc gọi sử dụng các kênh logic và truyền tải	Error! Bookmark not defined.
3.5	Sơ đồ kênh vật lý WCDMA/FDD	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Các thông số kênh vật lý	Error! Bookmark not defined.

3.5.2	Phân bố tần số	Error! Bookmark not defined.
3.5.3	Sơ đồ tổng quát máy phát và máy thu	Error! Bookmark not defined.
3.6	Sơ đồ trải phổ ngẫu nhiên hóa và điều chế	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Sơ đồ trải phổ, ngẫu nhiên hóa và điều chế kênh vật lý đường xuống DPCCH	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Sơ đồ trải phổ, ngẫu nhiên hóa và điều chế kênh vật lý DPCCH đường lên	Error! Bookmark not defined.
3.6.3	Sơ đồ trải phổ, ngẫu nhiên hóa và điều chế cho tất cả các kênh vật lý đường xuống	Error! Bookmark not defined.
3.6.4	Mã trải phổ định kênh	Error! Bookmark not defined.
3.6.5	Mã ngẫu nhiên hóa nhận dạng nguồn phát.....	Error! Bookmark not defined.
3.7	Sơ đồ xử lý tín hiệu số	Error! Bookmark not defined.
3.7.1	Sơ đồ ghép kênh truyền tải và xử lý tín hiệu số	Error! Bookmark not defined.
3.7.2	Mã hóa kênh.....	Error! Bookmark not defined.
3.8	Cấu trúc khung kênh DPCCH.....	Error! Bookmark not defined.
3.8.1	Cấu trúc khung kênh DPCCH đường lên.....	Error! Bookmark not defined.
3.8.2	Cấu trúc khung kênh DPCCH đường xuống	Error! Bookmark not defined.
3.9	Các trạng thái 3G UMTS RRC của UE	Error! Bookmark not defined.
3.9.1	Quản lý vị trí UE trong 3G WCDMA	Error! Bookmark not defined.
3.9.2	Quản lý di động.....	Error! Bookmark not defined.
3.10	Điều khiển tài nguyên vô tuyến và quản lý di động	Error! Bookmark not defined.
3.10.1	Điều khiển công suất	Error! Bookmark not defined.
3.10.2	Quản lý di động và đo của UE	Error! Bookmark not defined.
3.10.2.1	Các thông số đo của UE	Error! Bookmark not defined.
3.10.2.2	Quản lý di động trong chế độ RRC-IDLE.....	Error! Bookmark not defined.
3.10.2.3	Quản lý di động trong trạng thái CELL-DCH của chế độ RRC-CONNECTED: chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
	Bookmark not defined.	
3.11	Các thủ tục lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
3.11.1	Thủ tục tìm gọi	Error! Bookmark not defined.
3.11.2	Thủ tục RACH	Error! Bookmark not defined.
3.11.3	Hoạt động CPCH.....	Error! Bookmark not defined.
3.11.4	Thủ tục đồng bộ thời gian	Error! Bookmark not defined.
3.12	Phân tập phát	Error! Bookmark not defined.
3.12.1	Phân tập vòng hở.....	Error! Bookmark not defined.
3.12.2	Chế độ vòng kín	Error! Bookmark not defined.
3.13	Câu hỏi.....	Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG 4: GIAO DIỆN VÔ TUYẾN 3G+ HSPA.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

4.1	Giới thiệu chung.....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Các giao thức trên giao diện vô tuyến 3G+ HSPA	Error! Bookmark not defined.
4.3	Các trạng thái 3G UMTS RRC với HSDPA/ HSUPA của UE	Error! Bookmark not defined.
4.4	Truy nhập gói tốc độ cao đường xuống (HSDPA).....	Error! Bookmark not defined.

4.4.1	Truyền dẫn kênh chia sẻ.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Lập biểu phụ thuộc kênh.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	Điều khiển tốc độ và điều chế bậc cao.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.3.1	Mã hóa kênh HS-DSCH.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.3.2	Điều chế HS-DSCH.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.4	HARQ với kết hợp mềm.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.5	Các kênh của HSDPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.6	HSDPA MIMO.....	Error! Bookmark not defined.
4.5	Truy nhập gói tốc độ cao đường lên (HSUPA).....	Error! Bookmark not defined.
4.5.1	Lập biểu.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.2	HARQ với kết hợp mềm.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.3	Các kênh của HSUPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.4	Các loại đầu cuối HSUPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.6	Trải phổ và điều chế cho HSPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.1	Trải phổ và điều chế cho HSDPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.2	Trải phổ và điều chế cho HSUPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.7	Cấu trúc MAC-hs, MAC-e và lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.1	Cấu trúc MAC-hs và lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.2	Cấu trúc MAC-e và xử lý lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
4.8	Quản lý di động trong HSDPA.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.1	Sự kiện đo cho ô phục vụ HS-DSCH tốt nhất.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.2	Chuyển giao từ HS-DSCH đến HS-DSCH giữa các nút B.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.3	Chuyển giao từ HS-DSCH sang HS-DSCH nội nút B.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.4	Chuyển giao HS-DSCH giữa hai các ô (đoạn ô) thuộc hai RNC khác nhau.....	Error! Bookmark not defined.
4.8.5	Chuyển giao HS-DSCH sang ô chỉ có DCH.....	Error! Bookmark not defined.
4.9	Câu hỏi.....	Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG 5: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG LTE VÀ LTE-ADVANCEDERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

5.1	Giới thiệu chung.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	LTE-Advanced.....	Error! Bookmark not defined.
5.3	Kiến trúc mạng di động LTE/SAE.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.1	Cấu hình kiến trúc hệ thống cơ sở.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2	Các phần tử trong cấu hình kiến trúc hệ thống cơ sở.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.1	Thiết bị người sử dụng (UE).....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.2	Nút B phát triển (eNodeB).....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.3	Thực thể quản lý di động (MME).....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.4	Cổng phục vụ S-GW.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.5	Cổng mạng số liệu gói P-GW.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.6	Chức năng các chính sách và tính cước tài nguyên PCRF.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.2.7	Server thuê bao nhà HSS.....	Error! Bookmark not defined.
5.3.3	Các thủ tục tăng không truy nhập (NAS).....	Error! Bookmark not defined.
5.4	Mạng truy nhập E-UTRAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.5	Các trạng thái di động và kết nối LTE.....	Error! Bookmark not defined.

5.5.1	Các trạng thái EMM.....	Error! Bookmark not defined.
5.5.2	Các trạng thái ECM và LTE RRC.....	Error! Bookmark not defined.
5.6	KIẾN TRÚC GIAO THỨC LTE/SAE.....	Error! Bookmark not defined.
5.6.1	Mặt phẳng người sử dụng UP	Error! Bookmark not defined.
5.6.2	Mặt phẳng điều khiển CP.....	Error! Bookmark not defined.
5.7	Chất lượng dịch vụ và các kênh mang EPS	Error! Bookmark not defined.
5.7.1	Chất lượng dịch vụ và các kênh mang	Error! Bookmark not defined.
5.7.2	Các thủ tục thiết lập kênh mang.....	Error! Bookmark not defined.
5.8	Nhập mạng.....	Error! Bookmark not defined.
5.8.1	Đăng ký.....	Error! Bookmark not defined.
5.8.1.1	Thủ tục đăng ký	Error! Bookmark not defined.
5.8.1.2	Lựa chọn P-GW.....	Error! Bookmark not defined.
5.8.2	Giải phóng S1	Error! Bookmark not defined.
5.8.3	Hủy đăng ký.....	Error! Bookmark not defined.
5.9	Các phiên thông tin	Error! Bookmark not defined.
5.9.1	Thiết lập phiên	Error! Bookmark not defined.
5.9.2	Yêu cầu dịch vụ	Error! Bookmark not defined.
5.9.3	Tích cực kênh mang riêng.....	Error! Bookmark not defined.
5.10	Quản lý di động	Error! Bookmark not defined.
5.10.1	Quản lý vị trí đầu cuối di động trong chế độ RRC-IDLE (LTE-IDLE).....	Error! Bookmark not defined.
5.10.1.1	Vùng theo bám	Error! Bookmark not defined.
5.10.1.2	Cập nhật vùng theo bám (TAU)	Error! Bookmark not defined.
5.10.2	Quản lý di động trong chế độ RRC-Connected: chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
5.10.2.1	Tổng quan chuyển giao	Error! Bookmark not defined.
5.10.2.2	Chuyển giao giữa các hệ thống.....	Error! Bookmark not defined.
5.10.3	Các sơ đồ chuyển giao điển hình.....	Error! Bookmark not defined.
5.10.3.1	Tổng quan.....	Error! Bookmark not defined.
5.10.3.2	Chuyển giao nội E-UTRAN với hỗ trợ X2.....	Error! Bookmark not defined.
5.10.3.3	Chuyển giao nội E-UTRAN không có hỗ trợ X2	Error! Bookmark not defined.
5.10.3.4	Chuyển giao nội E-UTRA với bố trí lại EPC	Error! Bookmark not defined.
5.10.3.5	Chuyển giao giữa E-UTRAN và mạng gói 2G/3G.....	Error! Bookmark not defined.
5.11	Câu hỏi.....	Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG 6: GIAO DIỆN VÔ TUYẾN LTE ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

6.1	Các giao thức trên giao diện vô tuyến LTE	Error! Bookmark not defined.
6.2	Các trạng thái LTE UE	Error! Bookmark not defined.
6.3	Các kênh trên giao diện vô tuyến LTE.....	Error! Bookmark not defined.
6.4	Quản lý di động LTE UE.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.1	Mở đầu	Error! Bookmark not defined.
6.4.2	Đo của UE.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.3	Quản lý di động trong chế độ RRC-IDLE.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.3.1	Tổng quan.....	Error! Bookmark not defined.
6.4.3.2	Chọn ô (Cell Selection)	Error! Bookmark not defined.
6.4.3.3	Chọn lại ô (Cell Reselection).....	Error! Bookmark not defined.
6.4.4	Đo chuyển giao	Error! Bookmark not defined.

6.5	Cấu trúc tài nguyên truyền dẫn trong LTE.....	Error! Bookmark not defined.
6.5.1	Lưới tài nguyên truyền dẫn trong LTE	Error! Bookmark not defined.
6.5.2	Quy hoạch tần số cho LTE.....	Error! Bookmark not defined.
6.5.3	Tổ chức kênh tần số trong LTE.....	Error! Bookmark not defined.
6.5.3.1	Bảng thông kênh và cấu hình băng thông truyền dẫn.....	Error! Bookmark not defined.
6.5.3.2	Sắp xếp kênh tần số	Error! Bookmark not defined.
6.6	Các tín hiệu tham chuẩn trong LTE	Error! Bookmark not defined.
6.6.1	Tín hiệu tham chuẩn đường xuống	Error! Bookmark not defined.
6.6.1.1	Các tín hiệu tham chuẩn đặc thù ô (CRS).....	Error! Bookmark not defined.
6.6.1.2	Các tín hiệu tham chuẩn đặc thù UE	Error! Bookmark not defined.
6.6.2	Các tín hiệu tham chuẩn đường lên.....	Error! Bookmark not defined.
6.6.2.1	Các tín hiệu tham chuẩn giải điều chế (DRS).....	Error! Bookmark not defined.
6.6.2.2	Các ký hiệu tham chuẩn thăm dò (SRS).....	Error! Bookmark not defined.
6.7	Các sơ đồ điều chế và dung lượng truy nhập vô tuyến của UE.....	Error! Bookmark not defined.
6.7.1	Điều chế trong LTE	Error! Bookmark not defined.
6.7.2	Dung lượng truy nhập vô tuyến của LTE.....	Error! Bookmark not defined.
6.8	Truyền dẫn đường xuống.....	Error! Bookmark not defined.
6.8.1	Truyền dẫn số liệu đường xuống.....	Error! Bookmark not defined.
6.8.2	Truyền dẫn báo hiệu điều khiển L1/L2 đường xuống.....	Error! Bookmark not defined.
6.8.3	Các chế độ truyền dẫn đường xuống.....	Error! Bookmark not defined.
6.8.4	Kênh vật lý quảng bá	Error! Bookmark not defined.
6.8.5	Tín hiệu đồng bộ.....	Error! Bookmark not defined.
6.9	Truyền dẫn đường lên	Error! Bookmark not defined.
6.9.1	Truyền dẫn số liệu đường lên.....	Error! Bookmark not defined.
6.9.2	Truyền dẫn báo hiệu lớp 1/ lớp 2 đường lên	Error! Bookmark not defined.
6.9.2.1	Tổng quan.....	Error! Bookmark not defined.
6.9.2.2	PUCCH.....	Error! Bookmark not defined.
6.9.2.3	Báo hiệu điều khiển trên PUSCH	Error! Bookmark not defined.
6.10	Các thủ tục lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.1	Thủ tục HARQ	Error! Bookmark not defined.
6.10.2	Định thời trước	Error! Bookmark not defined.
6.10.3	Điều khiển công suất	Error! Bookmark not defined.
6.10.4	Thủ tục truy nhập ngẫu nhiên.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.4.1	Tổng quan.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.4.2	Truy nhập ngẫu nhiên dựa trên va chạm.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.4.3	Truy nhập ngẫu nhiên dựa trên không va chạm.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.5	Thủ tục và các kiểu báo cáo phản hồi kênh.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.5.1	Thủ tục báo cáo phản hồi kênh.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.5.2	Các kiểu báo cáo phản hồi kênh trong LTE	Error! Bookmark not defined.
6.10.5.3	Báo cáo phản hồi trạng thái kênh định kỳ và không định kỳ.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.6	Tìm gọi.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.7	Thủ tục tìm ô và đồng bộ	Error! Bookmark not defined.
6.10.8	Thông tin hệ thống	Error! Bookmark not defined.
6.10.8.1	MIB và truyền dẫn BCH.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.8.2	SIB.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.9	Các đo đạc lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.9.1	Các đo đạc của eNodeB.....	Error! Bookmark not defined.
6.10.9.2	Đo đạc của UE và thủ tục đo	Error! Bookmark not defined.
6.11	Bài tập	Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG 7: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 5GERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

7.1	Giới thiệu chung	Error! Bookmark not defined.
7.2	Các trường hợp sử dụng của 5G	Error! Bookmark not defined.
7.2.1	Băng rộng di động nâng cao	Error! Bookmark not defined.
7.2.2	Truyền thông kiểu máy số lượng lớn	Error! Bookmark not defined.
7.2.3	Truyền thông độ tin cậy cực cao và độ trễ thấp	Error! Bookmark not defined.
7.2.4	Truyền thông từ phương tiện giao thông đến mọi thứ	Error! Bookmark not defined.
7.3	Các yêu cầu về hiệu năng kỹ thuật	Error! Bookmark not defined.
7.4	Các công nghệ cho 5G	Error! Bookmark not defined.
7.4.1	Ảo hóa chức năng mạng	Error! Bookmark not defined.
7.4.2	Mạng định nghĩa bằng phần mềm	Error! Bookmark not defined.
7.4.3	Cắt lát mạng	Error! Bookmark not defined.
7.4.4	Các công nghệ cho giao diện vô tuyến	Error! Bookmark not defined.
7.5	Kiến trúc chung của 5G	Error! Bookmark not defined.
7.5.1	Kiến trúc mức cao	Error! Bookmark not defined.
7.5.2	Các tùy chọn kiến trúc	Error! Bookmark not defined.
7.6	Kiến trúc mạng truy nhập vô tuyến 5G	Error! Bookmark not defined.
7.6.1	Nút B thế hệ tiếp theo	Error! Bookmark not defined.
7.6.1.1	Kiến trúc mức cao	Error! Bookmark not defined.
7.6.1.2	Kiến trúc bên trong	Error! Bookmark not defined.
7.6.1.3	Các tùy chọn triển khai	Error! Bookmark not defined.
7.6.2	Các tùy chọn kiến trúc	Error! Bookmark not defined.
7.6.2.1	Kết nối kép đa vô tuyến	Error! Bookmark not defined.
7.6.2.2	Tùy chọn 1 và 3 - EPC, E-UTRAN và MeNB	Error! Bookmark not defined.
7.6.2.3	Các tùy chọn 5 và 7 - 5GC, NG-RAN và MeNB	Error! Bookmark not defined.
7.6.2.4	Các tùy chọn 2 và 4 - 5GC, NG-RAN và MeNB	Error! Bookmark not defined.
7.6.2.5	Truyền tải dữ liệu	Error! Bookmark not defined.
7.6.3	Vùng mạng và các nhận dạng	Error! Bookmark not defined.
7.6.3.1	Vùng theo bám	Error! Bookmark not defined.
7.6.3.2	Vùng mạng truy nhập vô tuyến	Error! Bookmark not defined.
7.6.3.3	Nhận dạng ô	Error! Bookmark not defined.
7.6.4	Biểu đồ trạng thái RRC	Error! Bookmark not defined.
7.6.4.1	Biểu đồ trạng thái 5G	Error! Bookmark not defined.
7.6.4.2	Tương tác với 4G	Error! Bookmark not defined.
7.6.5	Các giao thức báo hiệu	Error! Bookmark not defined.
7.6.5.1	Kiến trúc giao thức báo hiệu	Error! Bookmark not defined.
7.6.5.2	Kênh mang vô tuyến báo hiệu	Error! Bookmark not defined.
7.7	Kiến trúc mạng lõi 5G	Error! Bookmark not defined.
7.7.1	Mạng lõi 5G	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.1	Biểu diễn bằng sử dụng các điểm tham chiếu	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.2	Biểu diễn bằng giao diện dựa trên dịch vụ	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.3	Truyền tải dữ liệu	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.4	Kiến trúc chuyển vùng	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.5	Kiến trúc lưu trữ dữ liệu	Error! Bookmark not defined.
7.7.1.6	Truy nhập không phải 3GPP vào lõi 5G	Error! Bookmark not defined.
7.7.2	Vùng mạng, lát mạng và nhận dạng mạng	Error! Bookmark not defined.
7.7.2.1	Nhận dạng mạng	Error! Bookmark not defined.

7.7.2.2	Lát mạng.....	Error! Bookmark not defined.
7.7.2.3	Vùng AMF và nhận dạng	Error! Bookmark not defined.
7.7.2.4	Nhận dạng UE	Error! Bookmark not defined.
7.7.2.5	Vùng đăng ký UE	Error! Bookmark not defined.
7.7.3	Biểu đồ trạng thái	Error! Bookmark not defined.
7.7.3.1	Quản lý đăng ký	Error! Bookmark not defined.
7.7.3.2	Quản lý kết nối	Error! Bookmark not defined.
7.7.3.3	Truy nhập không phải 3GPP	Error! Bookmark not defined.
7.7.4	Các giao thức báo hiệu.....	Error! Bookmark not defined.
7.7.4.1	Kiến trúc giao thức báo hiệu.....	Error! Bookmark not defined.
7.7.4.2	Các thủ tục báo hiệu ví dụ	Error! Bookmark not defined.
7.7.5	Giao thức truyền siêu văn bản.....	Error! Bookmark not defined.
7.7.5.1	HTTP/1.1 và HTTP/2	Error! Bookmark not defined.
7.7.5.2	Chuyển trạng thái đại diện.....	Error! Bookmark not defined.
7.7.5.3	Lớp dữ liệu HTTP/2	Error! Bookmark not defined.
7.8	Câu hỏi.....	Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG 8: GIAO DIỆN VÔ TUYẾN 5G ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8.1	Thiết kế sóng mang và kênh của 5G-NR.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.1	Chỉ số khoảng cách sóng mang.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.2	Cấu trúc khung.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.3	Các kênh lớp vật lý	Error! Bookmark not defined.
8.1.3.1	Kênh quảng bá lớp vật lý (PBCH).....	Error! Bookmark not defined.
8.1.3.2	Kênh dữ liệu chia sẻ lớp vật lý (PDSCH).....	Error! Bookmark not defined.
8.1.3.3	Kênh điều khiển đường xuống lớp vật lý (PDCCH).....	Error! Bookmark not defined.
8.1.3.4	Kênh dữ liệu chia sẻ đường lên lớp vật lý (PUSCH).....	Error! Bookmark not defined.
8.1.3.5	Kênh điều khiển đường lên lớp vật lý (PUCCH).....	Error! Bookmark not defined.
8.1.4	Các tín hiệu tham chuẩn lớp vật lý.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.1	Khung thiết kế tín hiệu tham chuẩn và các vấn đề liên quan [42] ..	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.2	Tín hiệu tham chuẩn giải điều chế.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.3	CSI-RS	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.4	Tín hiệu tham chuẩn hoa tiêu	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.5	Tín hiệu tham chuẩn bám pha.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.4.6	Chỉ thị cấu hình truyền dẫn và tựa đồng vị trí	Error! Bookmark not defined.
8.2	Định nghĩa băng tần và phổ 5G-NR.....	Error! Bookmark not defined.
8.2.1	Song công và phổ 5G.....	Error! Bookmark not defined.
8.2.1.1	Ứng cử viên phổ IMT-2020.....	Error! Bookmark not defined.
8.2.1.2	Các cơ chế song công 5G	Error! Bookmark not defined.
8.2.2	Định nghĩa băng tần 5G-NR 3GPP	Error! Bookmark not defined.
8.2.2.1	Định nghĩa băng tần 5G-NR 3GPP Rel.15	Error! Bookmark not defined.
8.2.2.2	Kết hợp băng tần 5G-NR 3GPP.....	Error! Bookmark not defined.
8.3	Chia sẻ phổ 4G/5G (đồng tồn tại LTE/NR).....	Error! Bookmark not defined.
8.3.1	Vùng phủ NR trong phổ mới	Error! Bookmark not defined.
8.3.2	Phân tách UL/DL bởi chia sẻ phổ UL 4G/5G	Error! Bookmark not defined.
8.3.3	Lợi ích của chia sẻ phổ UL 4G/5G	Error! Bookmark not defined.
8.4	Các công nghệ lớp vật lý mới 5G-NR.....	Error! Bookmark not defined.
8.4.1	Dạng sóng và đa truy nhập.....	Error! Bookmark not defined.
8.4.2	Mã hóa kênh.....	Error! Bookmark not defined.
8.4.2.1	LDPC.....	Error! Bookmark not defined.
8.4.2.2	Mã cực.....	Error! Bookmark not defined.

8.4.3	Thiết kế MIMO	Error! Bookmark not defined.
8.5	Câu hỏi.....	Error! Bookmark not defined.

DANH SÁCH THUẬT NGỮ VÀ VIẾT TẮT

	Thuật ngữ tiếng Anh	Thuật ngữ tiếng Việt
A		
AAS	Adaptive Antenna System	Hệ thống anten thích ứng
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio	Tỷ số dò kênh lân cận
ACK	Acknowledgement	Công nhận
AGW	Access Gateway	Cổng truy nhập
AM	Acnoledged Mode	Chế độ công nhận
AMC	Adaptive Modulation and Coding	Mã hóa và điều chế thích ứng
AMR	Adaptive MultiRate	Đa tốc độ thích ứng
ARQ	Automatic Repeat-reQuest	Yêu cầu phát lại tự động
AWGN	Additive Gaussian Noise	Tạp âm Gauss trắng cộng
B		
BCCH	Broadcast Control Channel	Kênh điều khiển quảng bá
BCH	Broadcast Channel	Kênh quảng bá
BE	Best Effort Service	Dịch vụ nỗ lực nhất
BER	Bit Error Rate	Tỷ số lỗi bit
BLER	Block Error Rate	Tỷ số lỗi khối
BM-SC	Broadcast/Multicast Service Center	Trung tâm dịch vụ quảng bá/đa phương
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khóa chuyển pha hai trạng thái
BS	Base Station	Trạm gốc
BTS	Base Tranceiver Station	Trạm thu phát gốc
C		
CAZAC	Constant Amplitude Zero Auto-Correlation	Tự tương quan bằng không biên độ không đổi
CC	Convolutional Code	Mã xoắn
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
CN	Core Network	Mạng lõi
CP	Cyclic Prefix	Tiền tố chu trình
CPC	Continuous Packet Connectivity	Kết nối gói liên tục
CPICH	Common Pilot Channel	Kênh hoa tiêu chung
CQI	Channel Quality Indicator	Chỉ thị chất lượng kênh
CRC	Cyclic Redundancy Check	Kiểm tra vòng dư
CS	Circuit Switch	Chuyển mạch kênh
D		

DCCH	Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển riêng
DCH	Dedicated Channel	Kênh điều khiển
DFT	Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc
DFTS-OFDM	DFT-Spread OFDM	OFDM trải phổ
DL	Downlink	Đường xuống
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel	Kênh điều khiển vật lý riêng
DPCH	Dedicated Physical Channel	Kênh vật lý riêng
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel	Kênh số liệu vật lý riêng
DRX	Discontinuous Reception	Thu không liên tục
DSCH	Downlink Shared Channel	Kênh chia sẻ đường xuống
DTX	Discontinuous Transmission	Phát không liên tục
DUSP	Switching point from downlink to uplink	Điểm chuyển mạch từ đường xuống sang đường lên
E		
E-AGCH	Enhanced Absolute Grant Channel	Kênh cho phép tuyệt đối tăng cường
E-DCH	Enhanced Dedicated Channel	Kênh riêng tăng cường
E-DPCCH	Enhanced Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển riêng tăng cường
E-DPDCH	Enhanced Dedicated Data Channel	Kênh số liệu riêng tăng cường
eNodeB	E-UTRAN Node B	Nút B của E-UTRAN
EPC	Evolved Packet Core	Lõi gói phát triển
EPS	Evolved Packet System	Hệ thống gói phát triển
EIR	Equipment Identity Register	Bộ ghi nhận dạng thiết bị
ESN	Electronic Serial Number	Số Seri điện tử
E-RGCH	Enhanced Relative Grant Channel	Kênh cho phép tương đối tăng cường
E-UTRA	Evolved UTRA	Truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS phát triển
ErtPS	Extended Real Time Packet Service	Dịch vụ gói thời gian thực mở rộng
E-TFC	E-DCH Transport Format Combination	Kết hợp khuôn dạng truyền tải E-DCH
E-TFCI	E-DCH Transport Format Combination Index	Chỉ số kết hợp khuôn dạng truyền tải E-DCH
E-UTRAN/E-RAN	Evolved UTRA/Evolved-RAN	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS phát triển
F		
FACH	Forward Access Channel	Kênh truy nhập đường xuống
FBSS	Fast Base Station Switching	Chuyển mạch trạm gốc nhanh

FCC	Federal Communication Commision	Ủy ban thông tin liên bang
FDD	Frequency Division Duplex	Ghép song công phân chia theo thời gian
FDM	Frequency Division Multiplex	Ghép kênh phân chia theo tần số
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
F-DPCH	Fractional DPCH	DPCH một phần (phân đoạn)
FEC	Forward Error Correction	Hiệu chỉnh lỗi trước
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
G		
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến GSM EDGE
GGSN	Gateway GPRS Support Node	Nút hỗ trợ GPRS cổng
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
GPS	Global Positionning System	Hệ thống định vị toàn cầu
G-RAKE	Generalized-RAKE	RAKE tổng quát
GSM	Global System For Mobile Communications	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
H		
HARQ	Hybrid Automatic Repeat reQuest	Yêu cầu phát lại tự động linh hoạt
HCR	High Chip Rate	Tốc độ chip cao
HHO	Hard Handover	Chuyển giao cứng
HLR	Home Location Register	Bộ ghi định vị thường trú
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
HS-DPCCH	High-Speed Dedicated Physical Control Channel	Kênh điều khiển vật lý riêng tốc độ cao
HS-DSCH	High-Speed Dedicated Shared Channel	Kênh chia sẻ riêng tốc độ cao
HSPA	High Speed Packet Access	Truy nhập gói tốc độ cao
HS-PDSCH	High-Speed Physical Dedicated Shared Channel	Kênh chia sẻ riêng vật lý tốc độ cao
HSS	Home Subsscriber Server	Server thuê bao nhà
HS-SCCH	High-Speed Shared Control Channel	Kênh điều khiển chia sẻ tốc độ cao
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access	Truy nhập gói đường lên tốc độ cao
I		
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc ngược
IFDMA	Interleaved FDMA	FDMA đan xen

IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh ngược
IMS	IP Multimedia Subsystem	Phân hệ đa phương tiện IP
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000	Thông tin di động quốc tế 2000
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
IPv4	IP version 4	Phiên bản IP bốn
IPv6	IP version 6	Phiên bản IP sáu
IR	Incremental Redundancy	Phần dư tăng
IRC	Interference Rejection Combining	Kết hợp loại nhiễu
ISDN	Integrated Services Digital Network	Mạng số đa dịch vụ tích hợp
ITU	International Telecommunications Union	Liên đoàn Viễn thông quốc tế
ITU-R	International Telecommunications Union- Radio Sector	Liên đoàn Viễn thông quốc tế bộ phận vô tuyến
L		
LCR	Low Chip Rate	Tốc độ chip thấp
LTE	Long Term Evolution	Phát triển dài hạn
M		
MAC	Medium Access Control	Điều khiển truy nhập môi trường
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service	Dịch vụ quảng bá đa phương tiện
MBS	Multicast Broadcast Service	Dịch vụ đa phương quảng bá
MBSFN	Multicast Broadcast Single Frequency Network	Mạng đa phương quảng bá đơn tần số
MCCH	MBMS Control Channel	Kênh điều khiển MBMS
MCE	MBMS Coordination Entity	Thực thể điều phối MBMS
MCH	Multicast Control Channel	Kênh điều khiển đa phương
MC-CDMA	Multi Carrier- Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã đa sóng mang
MC-WCDMA	Multi Carrier- Wide band Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng đa sóng mang
MDHO	Macro Diversity Handover	Chuyển giao phân tập vĩ mô
MICH	MBMS Indicator Channel	Kênh chỉ thị MBMS
MIMO	Multi-Input Multi-Output	Nhiều đầu vào nhiều đầu ra
ML	Maximum Likelihood	Khả giống cực đại
MLD	Maximum Likelihood Detection	Tách sóng khả giống cực đại
MME	Mobility Management Entity	Thực thể quản lý di động
MIB	Management Information Base	Cơ sở thông tin quản lý
MMS	Multimedia Messaging Service	Dịch vụ nhắn tin đa phương

		tiền
MMSE	Minimum Mean Square Error	Sai số bình phương trung bình cực tiểu
MRC	Maximum Ratio Combining	Kết hợp tỷ lệ cực đại
MSC	Mobile Services Switching Center	Trung tâm chuyển mạch các dịch vụ di động
MSCH	MBMS Scheduling Channel	Kênh lập biểu MBMS
MTCH	MBMS traffic channel	Kênh lưu lượng MBMS
N		
NACK	Non-Acknowledgement	Không công nhận
NodeB		Nút B
nrTPS	Non-Real-Time Polling Service	Dịch vụ thăm dò phi thời gian thực
O		
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao
OOK	On-Off Keying	Khóa tắt bật
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor	Hệ số trải phổ khả biến trực giao
P		
PAPR	Peak to Average Power Ratio	Tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình
PAR	Peak to Average Ratio	Tỷ số đỉnh trên trung bình (giống như PAPR)
PARC	Per-Antenna Rate Control	Điều khiển tốc độ cho một anten
PCI	Precoding Control Indication	Chỉ thị điều khiển tiền mã hóa
PDCCH	Physical Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển riêng vật lý
PDCCP	Packet-Data Convergence Protocol	Giao thức hội tụ số liệu gói
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel	Kênh chia sẻ đường xuống vật lý
PDU	Packet Data Unit	Khối số liệu gói
PF	Proportional Fair	Công bằng tỷ lệ (một kiểu lập biểu)
PHY	Physical Layer	Lớp vật lý
PRB	Physical Resource Block	Khối tài nguyên vật lý
PS	Packet Switch	Chuyển mạch gói
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng
Q		
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ vuông góc

QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Khóa chuyển pha vuông góc
R		
RAB	Radio Access Bearer	Kênh mang truy nhập vô tuyến
RAN	Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến
RAT	Radio Access Technology	Công nghệ truy nhập vô tuyến
RB	Resource Block	Khối tài nguyên
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến
RLC	Radio Link Control	Điều khiển liên kết vô tuyến
RNC	Radio Network Controller	Bộ điều khiển mạng vô tuyến
RNTI	Radio Network Temporary Identity	Nhận dạng tạm thời mạng vô tuyến
ROHC	Robust Header Compression	Nén tiêu đề bền chắc
RR	Round Robin	Quay vòng
RRC	Radio Resource Control	Điều khiển tài nguyên vô tuyến
RRM	Radio Resource Management	Quản lý tài nguyên vô tuyến
RS	Reference Symbol	Ký hiệu tham khảo
RSN	Retransmission Sequence Number	Số trình tự phát lại
RTP	Real Time Protocol	Giao thức thời gian thực
rtPS	Real Time Polling Service	Dịch vụ thăm dò thời gian thực
RU	Resource Unit	Đơn vị tài nguyên
RV	Redundancy Version	Phiên bản dư
S		
SA	System Aspects	Các khía cạnh hệ thống
SAE	System Architecture Evolution	Phát triển kiến trúc mạng
SC-FDMA	Single Carrier – Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang
SCH	Synchronization channel	Kênh đồng bộ
SDMA	Spatial Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo không gian
SDU	Service Data Unit	Đơn vị số liệu dịch vụ
SF	Spreading Factor	Hệ số trải phổ
SFBC	Space Frequency Block Code	Mã khối không gian tần số
SFN	Single Frequency Network	Mạng tần số đơn
SGSN	Serving GPRS Support Node	Nút hỗ trợ GPRS phục vụ
SIC	Successive Interference Combining	Kết hợp loại bỏ nhiễu lần lượt
SIM	Subscriber Identity Module	Modun nhận dạng thuê bao

SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên nhiễu cộng tạp âm
SMS	Short Message Service	Dịch vụ nhắn tin
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp âm
SOHO	Soft Handover	Chuyển giao mềm
SRNS	Serving Radio Network Subsystem	Phân hệ mạng vô tuyến phục vụ
STBC	Space Time Block Code	Mã khối không gian thời gian
STC	Space Time Code	Mã không gian thời gian
STTD	Space Time Transmit Diversity	Phân tập phát không gian thời gian
T		
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức điều khiển truyền dẫn
TD-CDMA	Time Division -Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã – phân chia theo thời gian
TDD	Time Division Duplex	Ghép song công phân chia theo thời gian
TDM	Time Division Multiplex	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo thời gian
TD-SCDMA	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã đồng bộ - phân chia theo thời gian
TF	Transport Format	Khuôn dạng truyền tải
TFC	Transport Format Combination	Kết hợp khuôn dạng truyền tải
TFCI	Transport Format Combination Indicator	Chỉ thị kết hợp khuôn dạng truyền tải
TM	Transparent Mode	Chế độ trong suốt (cấu hình RLC)
TR	Technical Report	Báo cáo kỹ thuật
TrCH	Transport Channel	Kênh truyền tải
TS	Technical Specification	Đặc tả kỹ thuật
TSG	Technical Specification Group	Nhóm đặc tả kỹ thuật
TSN	Transmission Sequence Number	Số trình tự phát
TSTD	Time Switched Transmit Diversity	Phân tập phát chuyển mạch theo thời gian
TTI	Transmission Time Interval	Khoảng thời gian phát
U		
UDSP	Switching point from uplink to downlink	Điểm chuyển mạch từ đường lên sang đường xuống

UE	User Equipment	Thiết bị người sử dụng
UL	Uplink	Đường lên
UM	Unacknowledged Mode	Chế độ không công nhận (cấu hình RLC)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
USIM	UMTS SIM	
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access	Truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS
V		
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng
WG	Working Group	Nhóm công tác
WLAN	Wireless Local Area Network	Mạng nội vùng không dây
AMR	Adaptive Multirate	Đa tốc độ thích ứng
AMR-WB	Adaptive Multirate- Wide Band	Đa tốc độ thích ứng băng rộng
VoIP	Voice over IP	Thoại trên IP
Z		
ZC	Zadoff- Chu	
ZF	Zero Forcing	Cưỡng bức về không

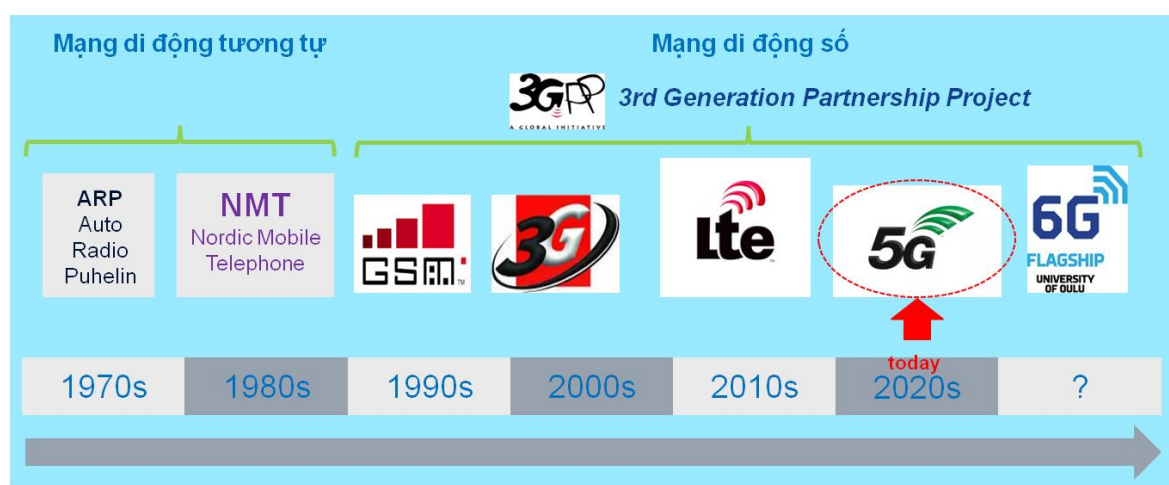
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN THÔNG TIN DI ĐỘNG

1.1 Lịch sử của hệ thống tin di động

1.1.1 Giới thiệu chung

Trong khoảng thời gian kể từ khi thông tin di động được giới thiệu lần đầu tiên vào đầu những năm 1980, cứ khoảng 10 năm lại có một thế hệ hệ thống thông tin di động mới xuất hiện (Hình 1.1). Thuật ngữ thế hệ xuất hiện bởi sự đồng thuận của ngành: nó không có bất kỳ định nghĩa chính thức nào, nhưng nó thường được liên kết với một giao diện vô tuyến mới và với một kiến trúc mới cho mạng.

Các hệ thống thế hệ đầu tiên (1G) sử dụng các kỹ thuật truyền thông tương tự. Các ô riêng lẻ lớn và các hệ thống không sử dụng hiệu quả phổ tần số vô tuyến sẵn có, do đó, dung lượng của chúng theo tiêu chuẩn ngày nay là rất nhỏ. Các thiết bị di động rất lớn và đắt tiền, và hầu như chỉ được bán cho người dùng doanh nghiệp. Một số hệ thống phổ biến bao gồm Điện thoại Di động Bắc Âu (NMT) ở Scandinavia, Hệ thống Điện thoại Di động Tiên tiến (AMPS) ở Hoa Kỳ và Hệ thống Liên lạc Truy cập Toàn diện (TACS) ở Anh.



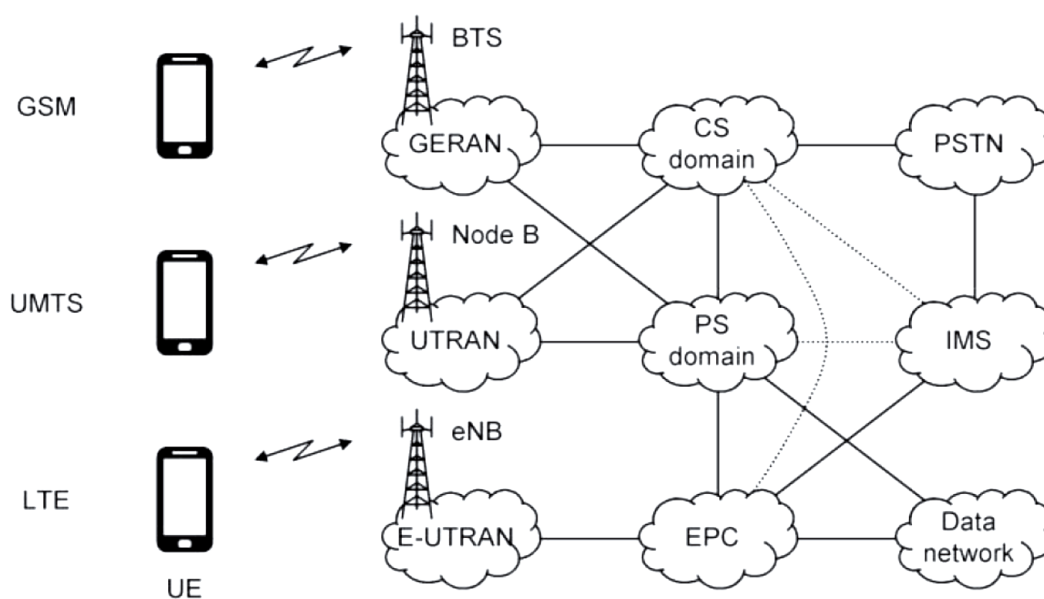
Hình 1.1. Lịch sử phát triển của hệ thống thông tin di động.

1.1.2 Thông tin di động GSM

Viễn thông di động đã trở thành một sản phẩm tiêu dùng với sự ra đời của các hệ thống thế hệ thứ hai (2G) vào đầu những năm 1990. Những hệ thống này là hệ thống đầu tiên sử dụng công nghệ kỹ thuật số, cho phép sử dụng phổ tần vô tuyến hiệu quả hơn và giới thiệu các thiết bị đầu cuối nhỏ hơn, rẻ hơn. Hệ thống 2G phổ biến nhất là Hệ thống Toàn cầu cho Truyền thông Di động (GSM), ban đầu được quy định bởi Viện Tiêu chuẩn Viễn thông Châu Âu (ETSI).

GSM ban đầu được thiết kế chỉ dành cho thoại (tín hiệu tiếng nói), nhưng sau đó đã được cải tiến để hỗ trợ nhắn tin tức thì bằng Dịch vụ bản tin ngắn (SMS), và gửi dữ liệu gói đến thiết bị di động bằng Dịch vụ Vô tuyến Gói chung (GPRS). Một cải tiến khác là hệ thống Tốc độ dữ liệu nâng cao cho GSM (EDGE), đã sửa đổi giao diện vô tuyến để tăng tốc độ dữ liệu khả dụng.

Trong GSM, mạng lõi có hai miền truyền thống: miền chuyển mạch kênh xử lý các cuộc gọi thoại, trong khi miền chuyển mạch gói xử lý dữ liệu. Mạng truy nhập vô tuyến GSM EDGE được viết tắt là GERAN, trong khi trạm gốc được gọi là trạm thu phát gốc (BTS). Hình 1.2 cho thấy kiến trúc cấp cao và các phát hành của GSM, đồng thời nêu bật các giao diện quan trọng nhất.



Đường nét liền: Các giao diện chính; Đường nét đứt: Các giao diện bổ sung

Hình 1.2. Kiến trúc của GSM, UMTS và LTE.

1.1.3 Hệ thống viễn thông di động toàn cầu (UMTS)

Được thúc đẩy bởi sự thành công của hệ thống thông tin di động 2G, Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU) đã xuất bản một bộ yêu cầu vào năm 1997 đối với hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba (3G), với tên gọi Viễn thông Di động Quốc tế 2000 (IMT-2000) [1]. Một số cơ quan tiêu chuẩn đã phản hồi bằng cách đề trình các thông số kỹ thuật, mà ITU cuối cùng đã chấp nhận là đáp ứng các yêu cầu của IMT-2000. Phổ biến nhất là Hệ thống Viễn thông Di động Toàn cầu (UMTS), được thiết kế bởi Dự án Đối tác Thế hệ Thứ ba (3GPP) [2], một sự hợp tác đặc biệt sau này chịu trách nhiệm về các thông số kỹ thuật cho GSM.

UMTS sử dụng cùng một mạng lõi như GSM, nhưng có một mạng truy nhập vô tuyến (RAN) mới được gọi là mạng truy cập vô tuyến mặt đất UMTS (UTRAN) và một trạm gốc mới được gọi là Node B. Giao diện vô tuyến của UMTS có hai cách triển khai: đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng (WCDMA) được sử dụng trên hầu hết thế giới, trong khi đa truy cập phân chia mã đồng bộ theo thời gian (TD-SCDMA) có nguồn gốc

từ WCDMA và chủ yếu được sử dụng ở Trung Quốc. Cải tiến quan trọng nhất sau này được gọi là truy cập gói tốc độ cao (HSPA), cải thiện hiệu năng của các ứng dụng dữ liệu bằng cách tăng tốc độ dữ liệu trung bình của giao diện vô tuyến, với chi phí là các thay đổi ngắn hạn về tốc độ dữ liệu cho một người dùng cá nhân.

1.1.4 Sự phát triển dài hạn (LTE)

Sự ra đời của HSPA đồng thời với sự ra đời của điện thoại thông minh, đặc biệt là iPhone của Apple vào năm 2007, sau đó là các thiết bị dựa trên hệ điều hành Android của Google từ năm 2008. Cùng với nhau, những yếu tố này đã dẫn đến sự bùng nổ trong việc sử dụng các ứng dụng dữ liệu di động và lượng lưu lượng dữ liệu di động.

Đáp lại, các hệ thống thế hệ thứ tư (4G) được tối ưu hóa để cung cấp dữ liệu. Cho đến nay, phổ biến nhất là hệ thống của 3GPP được gọi là *Sự phát triển dài hạn* (LTE). Trong LTE, trạm gốc được gọi là Node B phát triển (eNB), RAN là mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS phát triển (E-UTRAN) và lõi gói phát triển (EPC) thay thế trực tiếp cho miền chuyển mạch gói của UMTS và GSM. Về mặt hành chính, toàn bộ hệ thống được gọi là hệ thống gói phát triển (EPS), mặc dù trong thực tế, thuật ngữ đó chỉ đôi khi được sử dụng.

LTE không có miền chuyển mạch kênh riêng, nhưng vẫn có nhiều cách khác nhau để người dùng LTE thực hiện cuộc gọi thoại. Phương thức đầu tiên được chỉ định là dự phòng chuyển mạch kênh (CSFB), trong đó mạng chuyển thiết bị di động sang ô 2G hoặc 3G kế thừa, qua đó thiết bị di động liên lạc với miền CS của lõi 2G hoặc 3G. Ngoài ra, thiết bị di động có thể thực hiện cuộc gọi thoại qua IP (VoIP) bằng EPC, sử dụng ứng dụng của bên thứ ba như Skype hoặc WhatsApp. Cuối cùng, các nhà khai thác mạng có thể cung cấp dịch vụ thoại IP của riêng họ thông qua sự hỗ trợ của phân hệ đa phương tiện IP (IMS) của mạng 3GPP, với công nghệ thoại qua LTE (VoLTE). Mặc dù khá phức tạp, IMS mang lại một số lợi thế: có thể xử lý các dịch vụ như các cuộc gọi khẩn cấp không được hỗ trợ bởi các ứng dụng của bên thứ ba, duy trì doanh thu thoại của các nhà khai thác và giải phóng các nhà khai thác mạng khỏi sự phụ thuộc vào các ô 2G hoặc 3G gần đó. IMS cũng hỗ trợ kỹ thuật *liên tục cuộc gọi thoại trên một công nghệ vô tuyến* (SRVCC), trong đó mạng có thể chuyển giao thiết bị di động cho một ô 2G hoặc 3G nếu thiết bị di động rời khỏi vùng phủ sóng của LTE và có thể chuyển đổi một cuộc gọi VoIP đang diễn ra thành cuộc gọi chuyển mạch kênh được xử lý bởi lõi 2G hoặc 3G.

1.1.5 LTE - Advanced

Năm 2008, ITU đã công bố các yêu cầu đối với phiên bản kế nhiệm IMT-2000, được gọi là IMT-Advanced [3]. Các yêu cầu đòi hỏi tốc độ dữ liệu đường xuống và đường lên cao nhất tương ứng là 1000 Mb/s và 500 Mb/s, vượt quá khả năng của LTE. Do đó, 3GPP đã phản hồi bằng cách viết các thông số kỹ thuật cho phiên bản nâng cao của LTE, được gọi là LTE-Advanced.

Cải tiến quan trọng nhất trong LTE-Advanced được gọi là tập hợp sóng mang (CA). Kỹ thuật này làm tăng tốc độ dữ liệu của thiết bị di động bằng cách cho phép nó truyền

thông qua nhiều ô, được phép phát và thu trên các tần số vô tuyến khác nhau, nhưng vẫn được điều khiển bởi một eNB duy nhất.

Cải tiến sau này, được gọi là kết nối kép (DC), cho phép các ô đó được điều khiển bởi hai trạm gốc riêng biệt thay vì một trạm. Trạm gốc ban đầu mang lưu lượng cho người dùng và các bản tin báo hiệu điều khiển thiết bị di động, được gọi là eNB chính (MeNB). Thông thường, MeNB điều khiển một hoặc nhiều ô macro (macrocell), cung cấp cho thiết bị di động vùng phủ sóng rộng và truyền thông đáng tin cậy. Trạm gốc bổ sung chủ yếu mang lưu lượng và được gọi là eNB thứ cấp (SeNB). Thông thường, SeNB điều khiển một hoặc nhiều microcell, hỗ trợ thiết bị di động có thể thu với tốc độ dữ liệu cao hơn nhiều. Ban đầu, kết nối kép không được triển khai rộng rãi, nhưng đây là một bước quan trọng dẫn tới sự ra đời của 5G.

1.1.6 LTE –Advanced Pro

Những cải tiến sau này của LTE được biết đến với cái tên LTE-Advanced Pro. Những cải tiến này mở rộng các khả năng mà LTE cung cấp và các dịch vụ mà nó hỗ trợ, đồng thời hoạt động như tiền thân của 5G.

LTE ban đầu được thiết kế để con người sử dụng, nhưng cũng cần có truyền thông kiểu máy điện rộng (MTC) cho các thiết bị như bộ theo dõi phương tiện giao thông và đồng hồ đo tiện ích thông minh. LTE hỗ trợ các thiết bị đó bằng hai cải tiến. Truyền thông kiểu máy nâng cao (eMTC) tương thích ngược với LTE, theo nghĩa trạm eMTC cơ sở có thể truyền thông với cả điện thoại di động cũ và thiết bị kiểu máy cùng một lúc. Internet vạn vật băng hẹp (NB-IoT) có đặc tính hiệu năng tốt hơn, nhưng được định nghĩa là một công nghệ giao diện vô tuyến riêng biệt không tương thích ngược với LTE: một trạm gốc NB-IoT không thể truyền thông với các thiết bị di động cũ và ngược lại.

Các thông số kỹ thuật LTE luôn cho phép thiết bị di động truy cập vào lõi gói đã phát triển bằng mạng truy cập không phải 3GPP. Sự lựa chọn phổ biến nhất là mạng cục bộ không dây (WLAN), còn được gọi là WiFi, được Viện Kỹ sư Điện và Điện tử (IEEE) chỉ định trong bộ tiêu chuẩn IEEE 802.11. Các cải tiến sau này sẽ dựa trên khả năng đó theo nhiều cách khác nhau. Truy cập được hỗ trợ bằng giấy phép (LAA) dựa trên tập hợp sóng mang, nhưng nó đưa thêm các ô LTE vào phổ không được cấp phép mà WiFi thường sử dụng. Tích hợp LTE WLAN (LWA) dựa trên kết nối kép, thiết bị di động truyền thông với eNB chính và điểm truy cập WiFi.

Truyền thông giữa thiết bị với thiết bị (D2D), còn được gọi là dịch vụ lân cận (ProSe), cho phép hai thiết bị di động truyền thông trực tiếp với nhau qua một giao diện vô tuyến mới được gọi là sidelink (SL). Ứng dụng ban đầu của truyền thông D2D là trong các mạng an toàn công cộng, chẳng hạn như các mạng được sử dụng bởi cảnh sát và các dịch vụ khẩn cấp khác, trong đó việc liên lạc như vậy rất quan trọng nếu trạm gốc đã bị hỏng do tình huống khẩn cấp hoặc nằm ngoài phạm vi hoạt động. Truyền thông D2D cũng là một cách hữu ích để giảm tải lưu lượng từ trạm gốc, cho các ứng dụng như trao đổi tệp giữa các thiết bị lân cận.

Sidelink cũng là một phần có giá trị trong truyền thông liên quan đến phương tiện giao thông, hay nói cách khác là trao đổi thông tin đến và đi từ phương tiện giao thông đường bộ. Mặc dù hỗ trợ đầy đủ cho truyền thông trên xe yêu cầu 5G, LTE có thể giải quyết một số khía cạnh ít nghiêm ngặt hơn, không quan trọng về an toàn. Các cải tiến bao gồm hỗ trợ kiến trúc của ETSI cho hệ thống giao thông thông minh (ITS) và cải tiến sidelink để các phương tiện giao thông có thể truyền thông ngay cả khi tốc độ tương đối của chúng cao.

1.1.7 Hệ thống thông tin di động 5G

Thế hệ thứ 5 (5G) của mạng không dây băng rộng di động đã được thiết kế để đáp ứng các yêu cầu dịch vụ và hệ thống đầy thách thức của các ứng dụng hiện có và mới nổi vào năm 2020 và hơn thế nữa. 5G là một hệ sinh thái được kết nối nhanh chóng, an toàn và đáng tin cậy bao gồm con người và máy móc, cho phép di động liền mạch, kết nối hiệu quả, tăng mật độ kết nối, tăng năng suất công nghiệp, tự động hóa và tính bền vững. Các xã hội được kết nối trong tương lai được đặc trưng bởi sự tăng trưởng đáng kể về kết nối và mật độ lưu lượng, mật độ mạng cũng như phạm vi rộng của các trường hợp sử dụng và ứng dụng mới. Do đó, có nhu cầu liên tục đẩy hiệu suất của hệ thống không dây lên các giới hạn mới để đáp ứng nhu cầu về dung lượng mạng lớn hơn, thông lượng người dùng cao hơn, sử dụng phổ hiệu quả hơn, băng thông rộng hơn, độ trễ thấp hơn, công suất thấp hơn tiêu thụ, độ tin cậy cao hơn, mật độ kết nối tăng và tính di động cao hơn thông qua kiến trúc mạng được ảo hóa và định nghĩa bằng phần mềm (SDN). Trong khi mở rộng phạm vi hiệu năng của mạng di động, 5G bao gồm tính linh hoạt nội tại và khả năng cấu hình để tối ưu hóa việc sử dụng và dịch vụ mạng, đáp ứng nhiều trường hợp sử dụng và mô hình kinh doanh. Kiến trúc mạng 5G bao gồm các chức năng mạng mô-đun có thể được triển khai, cấu hình và mở rộng theo yêu cầu, để đáp ứng các trường hợp sử dụng khác nhau một cách thông minh và tiết kiệm chi phí.

Phạm vi của 5G được hiểu rõ nhất bằng cách xem xét kỹ lưỡng các mô hình sử dụng chính được nhắm mục tiêu bởi xu hướng này, đó là băng thông rộng di động nâng cao (eMBB), truyền thông độ trễ thấp siêu đáng tin cậy (URLLC) và truyền thông loại máy quy mô lớn (mMTC). Trường hợp sử dụng băng rộng di động thông lượng cao chủ yếu dựa trên sự phát triển và nâng cao của công nghệ LTE. Bản chất tiến hóa của trường hợp sử dụng băng rộng di động ngụ ý cùng tồn tại với các mạng truy nhập vô tuyến hiện có, nhưng việc xem xét này chỉ giới hạn ở phổ tần RF dưới 6 GHz. Bất kỳ triển khai băng thông rộng di động nào trên 6 GHz đều phải sử dụng băng tần cơ sở và công nghệ vô tuyến mới để cải thiện hiệu quả phổ, thông lượng, độ trễ và các chỉ số hiệu suất chính khác. Các trường hợp giao tiếp kiểu máy quan trọng và các trường hợp sử dụng mMTC mang tính cách mạng về bản chất. Các lựa chọn công nghệ và thiết kế cho các trường hợp sử dụng sau này không bị ảnh hưởng bởi gánh nặng hỗ trợ cũ hoặc khả năng tương thích ngược. Internet of Things (IoT), ô tô, lưới điện thông minh, an toàn giao thông, dịch vụ ứng cứu khẩn cấp là một số ví dụ về truyền thông kiểu máy có độ trễ thấp. Internet xúc

giác là một khía cạnh thú vị của trường hợp sử dụng này được kỳ vọng sẽ tạo ra các dịch vụ mới.

Như được trình bày trong tài liệu tham khảo [4], tốc độ dữ liệu cao nhất và trung bình cũng như độ trễ truyền tải là các chỉ số hiệu năng hàng đầu của kịch bản băng rộng di động thông lượng cao. Trò chơi tương tác, thực tế ảo/tăng cường và giải trí nhập vai là những dịch vụ băng thông rộng di động tiêu dùng đáng chú ý đang ở trạng thái sơ khai và hứa hẹn đáng kể về các cơ hội kinh doanh và trải nghiệm người dùng mới. eMBB cung cấp tốc độ dữ liệu cao nhất trên 20 Gb/s đường xuống với tốc độ dữ liệu do người dùng trải nghiệm dự kiến là khoảng 100 Mb/s mọi lúc, mọi nơi. Điều này sẽ đòi hỏi công suất mạng phải tăng đáng kể. Các nhà khai thác mạng đang hướng tới việc đáp ứng sự gia tăng đáng kể về dung lượng như vậy bằng sự kết hợp của việc sử dụng phổ tần mới, cải thiện hiệu suất phổ và triển khai mạng siêu dày đặc.

1.1.8 Các hệ thống thông tin di động khác

Mặc dù các hệ thống 3GPP đã chiếm lĩnh thị trường thông tin di động, hai họ công nghệ khác vẫn đóng vai trò quan trọng. IS-95 là công nghệ do Qualcomm thiết kế, đã trở thành hệ thống 2G thống trị ở Hoa Kỳ. Nó đã phát triển thành công lên hệ thống 3G được gọi là cdma2000, được quy định bởi sự hợp tác tương tự với 3GPP gọi là Dự án Đối tác Thế hệ Thứ ba 2 (3GPP2) và đáp ứng các yêu cầu cho IMT-2000. Qualcomm dự định phát triển phiên bản 4G cho cdma2000 với tên gọi di động băng thông siêu rộng (UMB), nhưng không có nhà mạng nào công bố kế hoạch áp dụng công nghệ này, và dự án này đã bị hủy bỏ vào năm 2008.

Khả năng tương tác trên toàn thế giới cho truy cập vi sóng (WiMAX) được quy định trong các chuẩn IEEE 802.16. Đặc điểm kỹ thuật ban đầu dành cho hệ thống vi ba điểm-điểm, nhưng hệ thống đó dần dần phát triển thành WiMAX di động 1.0 (IEEE 802.16e), có tất cả các đặc điểm của mạng di động và đáp ứng các yêu cầu cho IMT-2000. IEEE sau đó đã quy định tính năng nâng cao được gọi là WiMAX di động 2.0 (IEEE 802.16m), đáp ứng các yêu cầu của IMT-Advanced. Tuy nhiên, LTE đã được các nhà khai thác mạng và nhà sản xuất thiết bị hỗ trợ nhiều hơn, và WiMAX không còn chiếm thị phần đáng kể nữa.

1.2 Các phát hành của 3GPP

Các thông số kỹ thuật của các thế hệ mạng thông tin di động được 3GPP tổ chức thành các bản phát hành, mỗi bản chứa một bộ tính năng ổn định và được xác định rõ ràng. Trong mỗi bản phát hành, các thông số kỹ thuật tiến triển qua một số phiên bản khác nhau. Các tính năng mới có thể được thêm vào các phiên bản kế tiếp cho đến khi bản phát hành bị đóng băng, sau đó, các thay đổi duy nhất liên quan đến việc tinh chỉnh các chi tiết kỹ thuật, chỉnh sửa và làm rõ. Bảng 1.1 liệt kê các bản phát hành mà 3GPP đã sử dụng kể từ khi UMTS ra đời, cùng với các tính năng quan trọng nhất của chúng. (Số đồ đánh số đã được thay đổi sau Bản phát hành 99, với các bản phát hành sau đó được đánh số từ 4 trở đi).

Các thông số kỹ thuật cũng được sắp xếp thành nhiều sê-ri, mỗi nhóm bao gồm một phần cụ thể của hệ thống. Bảng 1.2 tóm tắt nội dung của sê-ri 21–38, chứa tất cả các thông số kỹ thuật cho UMTS, LTE và 5G, cũng như các thông số kỹ thuật phổ biến với GSM. (Một số sê-ri khác được sử dụng riêng cho GSM.) Mặc dù hầu hết các sê-ri đều chứa thông số kỹ thuật cho từng công nghệ 3GPP, nhưng sê-ri 38 được dành cho giao diện vô tuyến 5G và RAN.

1.3 Kiến trúc của hệ thống tin di động

1.3.1 Kiến trúc mức cao

Hệ thống thông tin di động được điều hành bởi một nhà khai thác mạng như Vodafone, AT&T hoặc China Mobile và được gọi là mạng di động mặt đất công cộng (PLMN). Hệ thống thông tin di động có bốn thành phần chính, đó là mạng lõi (CN), mạng truy nhập vô tuyến (RAN), hệ thống quản lý và thiết bị di động (thiết bị người dùng: UE) như được thể hiện trong Hình 1.3.

Bảng 1.1 Thông số kỹ thuật 3GPP phát hành cho UMTS, LTE và 5G.

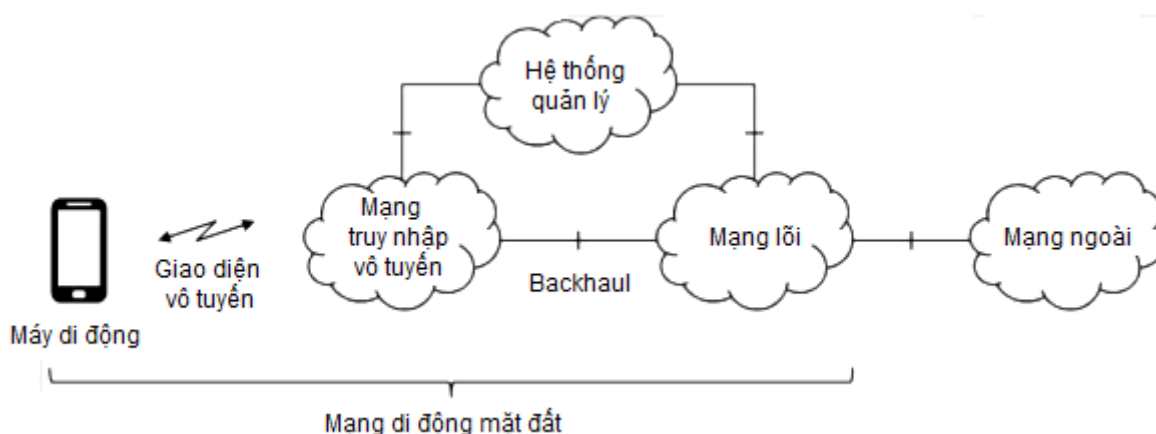
Phát hành	Ngày kết thúc	Các tính năng mới
R-99	Tháng 12/1999	UMTS, WCDMA
R-4	Tháng 6/2001	TD-SCDMA
R-5	Tháng 12/2002	HSDPA, phân hệ đa phương tiện IP
R-6	Tháng 9/2005	HSUPA
R-7	Tháng 3/2008	Tăng cường của HSPA
R-8	Tháng 3/2009	LTE
R-9	Tháng 3/2010	Các dịch vị định vị cho LTE
R-10	Tháng 6/2011	LTE-Adv, tập hợp sóng mang
R-11	Tháng 3/2013	Truyền dẫn đa điểm phối hợp
R-12	Tháng 3/2015	Kết nối kép, LTE sidelink
R-13	Tháng 3/2016	LTE-Adv Pro, eMTC, NB-IoT
R-14	Tháng 6/2017	Dịch vụ V2X cho LTE
R-15	Tháng 6/2019	5G pha 1
R-16	Tháng 6/2020	5G pha 2
R-17	Tháng 12/2021 (mục tiêu)	Tăng cường của 5G

Mạng lõi vận chuyển lưu lượng giữa thiết bị di động và một hoặc nhiều mạng bên ngoài, chẳng hạn như mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (PSTN) hoặc Internet. Mạng lõi cũng kiểm soát thông tin liên lạc của thiết bị di động với các mạng bên ngoài và lưu trữ thông tin về người đăng ký của nhà khai thác mạng.

Mạng truy nhập vô tuyến xử lý liên lạc vô tuyến của mạng với điện thoại di động. Nó giao tiếp với mạng lõi thông qua một giao diện được gọi là backhaul, và với giao tiếp với thiết bị di động thông qua giao diện không khí, còn được gọi là giao diện vô tuyến. Trên giao diện đó, hướng truyền từ mạng đến thiết bị di động được gọi là đường xuống (DL), hướng truyền từ thiết bị di động đến mạng là đường lên (UL).

Bảng 1.2 Nhóm thông số kỹ thuật 3GPP sử dụng bởi UMTS, LTE và 5G.

Nhóm	Phạm vi
21	Các yêu cầu mức cao
22	Thông số kỹ thuật của dịch vụ Giai đoạn 1
23	Thông số kỹ thuật về dịch vụ và kiến trúc Giai đoạn 2
24	Giao thức tầng không truy cập
25	Giao diện vô tuyến UMTS và mạng truy nhập vô tuyến
26	Codec
27	Thiết bị đầu cuối dữ liệu
28	Quản lý mạng, bao gồm cả 5G
29	Giao thức mạng cốt lõi
30	Quản lý chương trình
31	UICC và USIM
32	Quản lý mạng và sạc
33	Bảo mật
34	Thông số kỹ thuật kiểm tra UE
35	Thuật toán bảo mật
36	Giao diện vô tuyến LTE và mạng truy nhập vô tuyến
37	Công nghệ đa truy cập vô tuyến
38	Giao diện vô tuyến 5G và mạng truy nhập vô tuyến



Hình 1.3. Kiến trúc của hệ thống thông tin di động.

Mạng được điều khiển bởi một hệ thống quản lý riêng biệt. Các nhiệm vụ của nó bao gồm cấu hình các thành phần khác nhau của mạng truy nhập vô tuyến và mạng lõi, giám sát hiệu năng của chúng, báo cáo bất kỳ lỗi nào cho nhà khai thác mạng và lập hóa đơn cho người dùng.

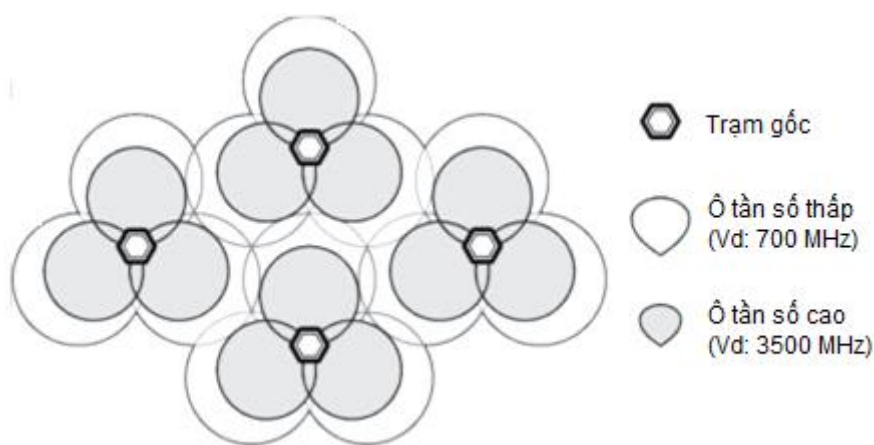
Một điện thoại di động có thể liên lạc bên ngoài vùng phủ sóng của nhà khai thác mạng của nó bằng cách sử dụng tài nguyên từ hai PLMN, mạng khách (nơi đặt điện thoại di động) và mạng nhà của nhà điều hành. Tình huống đó được gọi là chuyển vùng.

1.3.2 Thiết bị người sử dụng

Thiết bị người sử dụng có hai thành phần chính. Thiết bị liên lạc thực tế được gọi là thiết bị di động (ME). Bản thân ME có thể có hai phần: thiết bị đầu cuối di động (MT), xử lý tất cả các chức năng truyền thông và thiết bị đầu cuối (TE) kết thúc các luồng dữ liệu. Ví dụ: MT có thể là một thẻ cắm 5G cho máy tính xách tay, trong trường hợp đó, TE sẽ là chính máy tính xách tay. Thẻ mạch tích hợp đa năng (UICC) là một thẻ thông minh, thường được gọi là thẻ SIM. Nó chạy một ứng dụng được gọi là mô-đun nhận dạng thuê bao chung (USIM), lưu trữ dữ liệu cụ thể của người dùng như nhận dạng mạng nhà và thực hiện các tính toán liên quan đến bảo mật bằng cách sử dụng các khóa an toàn mà thẻ thông minh lưu trữ.

1.3.3 Kiến trúc của mạng truy nhập vô tuyến

Thành phần quan trọng nhất của mạng truy nhập vô tuyến là trạm gốc. Một mạng truy nhập vô tuyến điển hình có thể chứa vài chục đến vài nghìn trạm gốc. Hình 1.4 cho thấy một nhóm các trạm gốc, khi nhìn từ trên xuống. Trên giao diện vô tuyến, trạm gốc phát và thu thông tin bằng cách sử dụng một hoặc nhiều tần số vô tuyến, mỗi tần số được gọi là tần số sóng mang. Xung quanh mỗi sóng mang, tín hiệu vô tuyến chiếm một lượng phổ vô tuyến nhất định, được gọi là băng thông. Ví dụ, một trạm gốc 5G có thể sử dụng tần số sóng mang là 3500 MHz và băng thông 40 MHz, để các đường truyền của nó trải dài trong phạm vi từ 3480 đến 3520 MHz.



Base station: Trạm gốc; Low frequency cell: Ô tần số thấp; High frequency cell: Ô tần số cao.

Hình 1.4. Ví dụ về các trạm gốc với hai tần số sóng mang và ba phân đoạn ô.

Thông thường, trạm gốc hoạt động trong phổ tần được cấp phép, trong đó nhà khai thác mạng đã mua giấy phép độc quyền để thực hiện liên lạc vô tuyến từ cơ quan quản lý quốc gia tương ứng. Giải pháp thay thế là phổ không cấp phép, trong đó do phổ không cấp phép nên các máy phát phải sử dụng công suất thấp để chúng không gây nhiễu quá mức cho các máy thu khác trong cùng băng tần.

Trạm gốc điều khiển một hoặc nhiều ô, mỗi ô là một đường truyền vô tuyến với một tần số sóng mang và băng thông cụ thể, trải dài một vùng phủ sóng cụ thể. Trên một tần số vô tuyến bất kỳ, một trạm gốc có thể điều khiển nhiều ô, được gọi là các phân đoạn ô (sector), bằng cách phát theo các hướng khác nhau. Thông thường có ba sector cho mỗi trạm gốc, với mỗi sector trải dài một cung 120° . Trạm gốc cũng có thể điều khiển nhiều ô theo cùng một hướng, bằng cách sử dụng các tần số vô tuyến khác nhau để đảm bảo các tín hiệu vô tuyến không bị nhiễu

1.3.4 Vùng phủ và dung lượng

Có hai giới hạn chính về hiệu năng của ô. Thứ nhất, mỗi ô có giới hạn phủ sóng, là khoảng cách tối đa mà máy thu có thể nghe thấy máy phát thành công. Vùng phủ sóng của ô lớn nhất nếu truyền dẫn ở mức công suất cao và nếu tốc độ dữ liệu thấp, bởi vì cả hai điều kiện đều ngụ ý rằng năng lượng trên mỗi bit tại máy thu cao. Trong một hệ thống liên lạc đơn giản, trong đó cả trạm gốc và thiết bị di động đều có một ăng-ten duy nhất, vùng phủ sóng của ô cũng lớn nhất nếu tần số sóng mang thấp, ví dụ: 700 MHz, khác với 3500 MHz.

Thứ hai, mỗi ô có giới hạn dung lượng, là tốc độ dữ liệu kết hợp tối đa của tất cả các điện thoại di động đang truyền thông qua ô đó. Dung lượng của ô lớn nhất nếu quá trình truyền dẫn chiếm băng thông rộng và được thu với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu cộng với tạp âm (*SINR*) cao. Chính xác hơn, dung lượng của ô bị hạn chế bởi giới hạn Shannon [5], trong hệ thống liên lạc một ăng-ten như sau:

$$C = B \log_2 (1 + SINR) \quad (1.1)$$

trong đó B là băng thông (Hz), C là dung lượng ô (bit/s). Những cải tiến trong công nghệ liên lạc vô tuyến cho phép khả năng của ô đạt đến giới hạn Shannon, nhưng không vượt quá giới hạn này.

Lưu ý đến những giới hạn đó, các ô có thể được nhóm thành một nhóm gồm các lớp khác nhau. Macrocell có bán kính vài km, cung cấp phạm vi phủ sóng trên diện rộng ở các vùng nông thôn và vùng ngoại ô. Microcells có bán kính vài trăm mét, được sử dụng trong các khu vực đô thị. Picocell có bán kính vài chục mét, được sử dụng để liên lạc trong nhà ở các trung tâm mua sắm và văn phòng. Femtocell có bán kính vài mét và được người tiêu dùng lắp đặt trong nhà. Cùng một khu vực có thể được mở rộng bởi một macrocell hoặc bởi một số lượng lớn các ô nhỏ hơn, vì vậy dung lượng tập hợp của các ô nhỏ đó có thể rất lớn.

1.3.5 Kiến trúc của mạng lõi

Về cơ bản, mạng lõi chứa hai miền, các miền này xử lý các loại lưu lượng khác nhau bằng cách sử dụng các kỹ thuật mạng khác nhau. Miền chuyển mạch kênh (CS) truyền tải lưu lượng tốc độ cố định như thoại, để người dùng có thể gọi điện thoại với các thiết bị khác trong mạng điện thoại chuyển mạch công cộng hoặc miền chuyển mạch kênh của các nhà khai thác mạng khác. Nó thực hiện điều đó bằng cách sử dụng kỹ thuật chuyển mạch kênh, dành riêng một kết nối hai chiều cho mỗi cuộc gọi điện thoại riêng lẻ. Miền CS truyền tải lưu lượng thoại với tốc độ dữ liệu không đổi và độ trễ tối thiểu, nhưng nó không phù hợp với các dịch vụ mà tốc độ dữ liệu có thể thay đổi.

Miền chuyển mạch gói (PS) truyền tải lưu lượng dữ liệu tốc độ thay đổi, chẳng hạn như các trang web và email, giữa người dùng và các mạng dữ liệu bên ngoài như internet. Nó thực hiện điều đó bằng cách sử dụng kỹ thuật chuyển mạch gói, trong đó luồng dữ liệu được chia thành các gói, mỗi gói được gắn nhãn với địa chỉ của thiết bị đích được yêu cầu. Trong mạng, các bộ định tuyến đọc địa chỉ đích của các gói dữ liệu đến và chuyển tiếp chúng tới các đích đó bằng cách làm theo các hướng dẫn trong bảng định tuyến nội bộ. Tài nguyên của mạng được chia sẻ giữa tất cả người dùng, vì vậy kỹ thuật này hiệu quả hơn chuyển mạch kênh. Tuy nhiên, có thể dẫn đến trễ nếu quá nhiều thiết bị cố gắng truyền tải cùng một lúc.

Gần đây, việc sử dụng rộng rãi điện thoại thông minh đã dẫn đến tình trạng lưu lượng mạng di động bị chi phối bởi dữ liệu hơn là thoại. Đáp lại, các nhà thiết kế đã từ bỏ việc sử dụng chuyển mạch kênh, và đã đề xuất các hệ thống thông tin di động chỉ sử dụng chuyển mạch gói. Điều đó đơn giản hóa thiết kế và cho phép hệ thống được tối ưu hóa để cung cấp lưu lượng dữ liệu, các cuộc gọi thoại được xử lý theo những cách khác.

1.3.6 Các giao thức truyền thông

Trong bất kỳ mạng truyền thông nào, thông tin được truyền tải bằng cách sử dụng các chức năng phần cứng và phần mềm được gọi là giao thức. Ví dụ tốt nhất là các giao thức được sử dụng để truyền tải dữ liệu chuyển mạch gói qua internet, bởi vì các giao thức đó cũng được sử dụng bởi các mạng truy cập vô tuyến và mạng lõi của 5G. Các giao thức của Internet được thiết kế bởi *Lực lượng Đặc nhiệm Kỹ thuật Internet* (IETF) và được nhóm thành các lớp được đánh số khác nhau, mỗi giao thức xử lý một khía cạnh của quá trình phát và thu. Việc phân nhóm thông thường tuân theo một mô hình bảy lớp được gọi là mô hình *Kết nối Hệ thống Mở* (OSI).

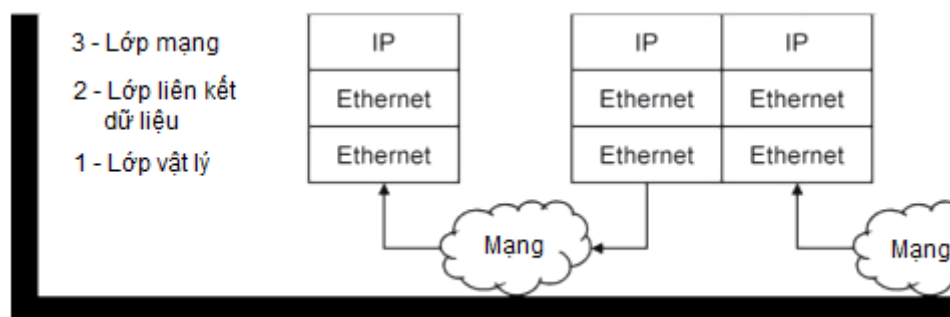
Ví dụ (Hình 1.5), chúng ta hãy giả sử rằng một máy chủ web đang gửi thông tin đến trình duyệt của người dùng. Trong bước đầu tiên, một giao thức lớp ứng dụng - trong trường hợp này là *Giao thức truyền siêu văn bản* (HTTP) - nhận thông tin từ phần mềm ứng dụng của máy chủ và chuyển nó đến các lớp tiếp theo bằng cách biểu diễn nó theo cách mà lớp ứng dụng của người dùng sẽ cuối cùng có thể hiểu được.

Lớp truyền tải quản lý việc truyền dữ liệu đầu cuối đến đầu cuối. Có hai lựa chọn thay thế chính. *Giao thức Điều khiển Truyền tải* (TCP) truyền lại một gói từ đầu đến cuối

nếu gói không đến đúng cách và phù hợp với dữ liệu như các trang web và email phải được nhận một cách đáng tin cậy. *Giao thức dữ liệu người dùng* (UDP) gửi gói tin mà không cần truyền lại và phù hợp với thông tin như thoại hoặc video thời gian thực mà việc đến đúng lúc là quan trọng hơn.

Trong lớp mạng, *Giao thức Internet* (IP) gửi các gói tin theo đường chính xác từ nguồn đến đích, sử dụng địa chỉ IP của thiết bị đích. Quá trình này được xử lý bởi các bộ định tuyến can thiệp, bộ định tuyến này kiểm tra các địa chỉ IP đích bằng cách chỉ triển khai ba lớp thấp nhất của ngăn xếp giao thức. Lớp liên kết dữ liệu quản lý việc truyền các gói từ thiết bị này sang thiết bị tiếp theo, ví dụ bằng cách truyền lại một gói qua một giao diện duy nhất nếu nó không đến một cách chính xác. Cuối cùng, lớp vật lý xử lý cụ thể truyền dẫn thực tế, ví dụ bằng cách thiết lập điện áp của tín hiệu được truyền. Internet có thể sử dụng bất kỳ giao thức phù hợp nào cho lớp liên kết dữ liệu và lớp vật lý, chẳng hạn như Ethernet.

Ở mỗi cấp của ngăn xếp của máy phát, một giao thức nhận một gói dữ liệu từ giao thức trên dưới dạng đơn vị dữ liệu dịch vụ (SDU). Nó xử lý gói tin, thêm một tiêu đề để mô tả quá trình xử lý mà nó đã thực hiện và đưa ra kết quả dưới dạng một đơn vị dữ liệu giao thức (PDU). Điều này ngay lập tức trở thành SDU đến của giao thức tiếp theo. Quá trình tiếp tục cho đến khi gói tin đến lớp dưới cùng của ngăn xếp giao thức, lúc này nó sẽ được truyền đi. Máy thu thực hiện quá trình ngược lại, sử dụng các tiêu đề để giúp nó hoàn tác tác động của quá trình xử lý của máy phát.



Network layer: Lớp mạng; Data link layer: Lớp liên kết dữ liệu; Physical layer: Lớp vật lý.

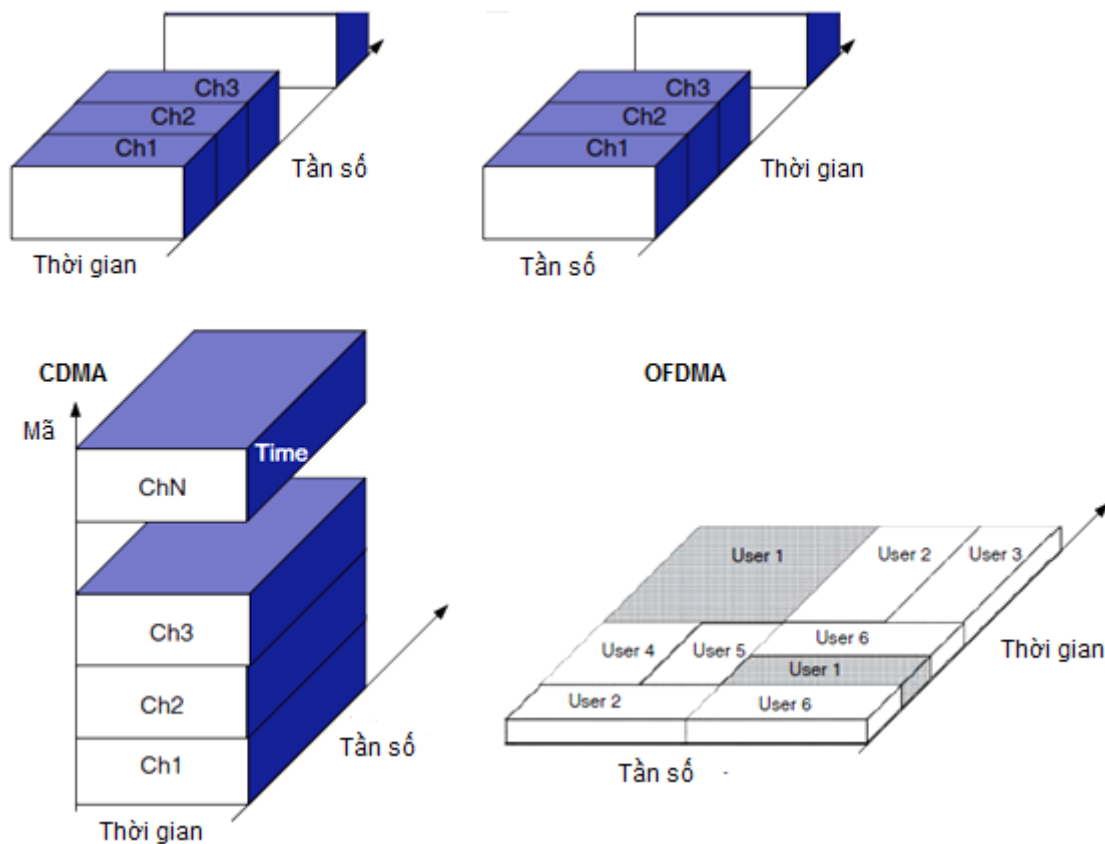
Hình 1.5. Ví dụ về các giao thức truyền thông sử dụng bởi Internet.

1.4 Các kỹ thuật cơ bản trong thông tin di động

1.4.1 Đa truy nhập

Kỹ thuật đa truy nhập nhằm mục đích tối đa hóa số lượng người dùng có thể sử dụng đồng thời một kênh phổ hữu hạn nhất định. Bằng cách này, nhiều dữ liệu hơn được truyền qua kênh và dung lượng hệ thống được xác định là số lượng người dùng cho phép tối đa sẽ tăng lên. Mỗi kỹ thuật xác định sơ đồ phân tập mà theo đó nhiều người dùng có thể chia sẻ một kênh giao tiếp mà không làm giảm chất lượng liên kết. Trong nhiều năm qua, các kỹ thuật đa truy cập khác nhau đã được đề xuất và sử dụng. Các kỹ thuật chính là đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA), đa truy nhập phân chia theo thời gian

(TDMA), đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA) và đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA). Hình 1.6 minh họa các nguyên tắc của sơ đồ đa truy nhập được sử dụng trong thông tin di động [6].



Hình 1.6. Các cơ chế đa truy nhập.

Trong FDMA, mỗi người dùng di động (user), hoặc nhóm người dùng, được cấp phát một kênh (Ch) tần số trong suốt thời gian của cuộc gọi, trong khi trong cơ chế TDMA, một nhóm người gọi sử dụng cùng một kênh tần số nhưng trong các khoảng thời gian khác nhau. Trên thực tế, hầu hết các hệ thống sử dụng TDMA đều kết hợp cả hai cơ chế: FDMA và TDMA. Trong cách tiếp cận này, hệ thống phân bổ một tập hợp các kênh (Ch) tần số cho một số nhóm người dùng, mỗi nhóm một kênh tần số. Một người dùng trong mỗi nhóm truy cập vào một kênh tần số được phân bổ trong một khe thời gian được chỉ định của hệ thống.

Trong CDMA, tất cả người dùng sử dụng cùng một kênh tần số và có thể phát/thu cùng một lúc. Luồng thông tin của mỗi người dùng được mã hóa bằng một mã cụ thể đảm bảo tính trực giao giữa những người dùng. Nó có thể đạt được bằng cách phân bổ băng thông tần số bổ sung cho mỗi người dùng vượt quá băng thông cần thiết để truyền dữ liệu nguồn của người dùng. Hệ thống di động thế hệ thứ ba, băng rộng CDMA (WCDMA), sử dụng công nghệ này. Hệ thống WCDMA sẽ được xem xét trong Chương 3.

Trong OFDMA, một phân đoạn phổ lớn được phân bổ như một nhóm kênh có sẵn cho một hoặc nhiều người dùng đồng thời. Như đã thấy trong Hình 1.6, băng thông và

thời lượng kênh do người dùng phân bổ có thể thay đổi tùy theo yêu cầu dịch vụ của người dùng và tính khả dụng tức thì của nhóm tài nguyên/kênh chung. Các kênh người dùng được ánh xạ trên tập hợp các sóng mang băng hẹp trực giao, do đó loại trừ nhiễu lẫn nhau. Chi tiết của cơ chế OFDMA sẽ được thảo luận trong Chương 6 về công nghệ LTE.

1.4.2 Song công

Trong các bộ thu phát vô tuyến, công suất phát cao hơn nhiều so với công suất thu (thường theo một số bậc của cường độ), dẫn đến việc chặn bộ thu. Điều này đặt ra một hạn chế nghiêm trọng đối với việc thực hiện truyền thông song công. Các bộ thu phát vô tuyến thường sử dụng sơ đồ bán song công để phỏng tạo truyền thông song công đầy đủ. Có hai cơ chế song công cơ bản được sử dụng rộng rãi: FDD (song công phân chia theo tần số) sử dụng hai tần số khác nhau để truyền và nhận tín hiệu và TDD (song công phân chia theo thời gian) dựa trên phân tập thời gian để phát và thu tín hiệu trên cùng một kênh tần số.

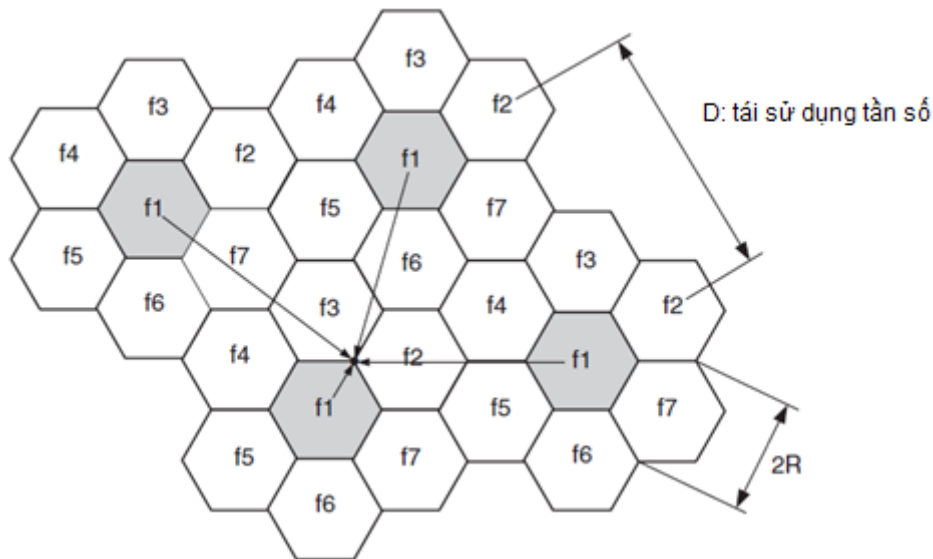
Trong FDD, truyền từ bộ thu phát (đường lên, UL) và thu (đường xuống, DL) được thực hiện ở hai tần số khác nhau, với sự phân tách phổ đủ rộng (dải bảo vệ rộng) để giảm thiểu nhiễu giữa máy phát và máy thu. Các bộ lọc có độ chọn lọc cao (được gọi là bộ song công) được sử dụng cho mục đích này. Trong các hệ thống sử dụng FDD, các kênh UL và DL là đối xứng, có băng thông bằng nhau. Tính năng này có thể dẫn đến lãng phí băng thông không sử dụng trong trường hợp lưu lượng truy cập không đối xứng, ví dụ như truy cập Internet trong đó lượng dữ liệu truyền UL chỉ bằng một phần nhỏ của lưu lượng DL. FDD cung cấp đầy đủ dung lượng dữ liệu theo cả hai hướng bất kỳ lúc nào.

TDD dựa trên phân tập thời gian: việc phát và thu dữ liệu được thực hiện trên cùng một tần số, nhưng máy phát và máy thu được chuyển mạch trong thời gian. Vì việc truyền dữ liệu UL và DL được thực hiện trên cùng một tần số, TDD không cần băng tần bảo vệ. Trong trường hợp lưu lượng đối xứng, hiệu quả phổ của FDD vượt trội hơn so với TDD, do lãng phí thời gian chuyển đổi giữa các chu kỳ phát sang thu. TDD tự cho mình khả năng phân bổ động bằng cách thay đổi số lượng khe thời gian được chỉ định cho mỗi hướng. Trong trường hợp lưu lượng truy cập không đối xứng, khả năng phân bổ động của TDD dẫn đến băng thông bị lãng phí rất nhỏ. Độ trễ thời gian do chuyển đổi giữa máy phát và máy thu gây ra độ trễ cao hơn so với trường hợp FDD không yêu cầu chuyển mạch.

1.4.3 Nguyên lý tế bào

Khái niệm tái sử dụng tần số không gian đã dẫn đến sự phát triển của nguyên lý tế bào, cho phép cải thiện đáng kể việc sử dụng tần số một cách kinh tế. Các đặc điểm cơ bản của nguyên tắc mạng di động như sau:

- Vùng phủ sóng được chia nhỏ thành các ô (vùng vô tuyến). Các ô này thường được mô hình hóa một cách đơn giản dưới dạng các hình lục giác (Hình 1.7) với một trạm gốc nằm ở trung tâm của mỗi ô. Giả sử rằng nhà khai thác có giấy phép trên một tập hợp các kênh, ví dụ, được gọi là tập S .



Hình lục giác được tô xám đại diện cho các ô có cùng một tập các tần số được phân bổ.

Hình 1.7. Mô hình mạng di động tái sử dụng tần số.

- Đối với mỗi ô thứ i , một tập con của các tần số S_i tập tổng được gán cho mạng vô tuyến di động tương ứng. Trong hệ thống GSM, tập hợp các tần số được gán cho một ô được gọi là *Phân bổ ô (CA)*. Trong trường hợp bình thường, số lượng kênh trong một tập hợp con S_i được điều khiển bởi các yêu cầu dung lượng lưu lượng.

- Các ô lân cận thường không sử dụng các tần số giống nhau vì điều này sẽ dẫn đến nhiễu đồng kênh nghiêm trọng từ các ô lân cận.

- Chỉ ở khoảng cách D (khoảng cách sử dụng lại tần số) một tần số từ tập S_i mới có thể được sử dụng lại (Hình 1.7); nghĩa là, các ô có khoảng cách từ D đến ô i có thể được gán một hoặc tất cả các tần số từ tập thuộc ô i . Khi thiết kế mạng vô tuyến di động, D phải được chọn đủ lớn để nhiễu đồng kênh vẫn đủ nhỏ để không ảnh hưởng đến chất lượng giọng nói.

- Khi một trạm di động di chuyển từ ô này sang ô khác khi một cuộc hội thoại đang diễn ra, sự thay đổi kênh/tần số tự động xảy ra (chuyển giao), điều này duy trì kết nối thoại hoạt động qua các ranh giới ô. Sự lặp lại trong không gian của các tần số được thực hiện một cách thường xuyên có hệ thống; nghĩa là mỗi ô có phân bổ ô sẽ nhìn thấy các hàng xóm của nó có cùng tần số ở khoảng cách D . Do đó, có chính xác sáu ô lân cận như vậy tồn tại. Vòng đầu tiên trong tập tần số luôn chứa sáu ô đồng kênh trong hệ thống tái sử dụng tần số độc lập với hình thức và kích thước của các ô, không chỉ trong mô hình lục giác.

1.5 Câu hỏi

1. Trình bày lịch sử phát triển và đặc điểm chính về mặt công nghệ của các hệ thống thông tin di động.
2. Trình bày về 3GPP và các phát hành của 3GPP cho các hệ thống thông tin di động.

3. Trình bày kiến trúc chung hệ thống thông tin di động.
4. Trình bày các kỹ thuật cơ bản trong thông tin di động.

Tài liệu tham khảo

- [1] ITU-R M.1034-1 (1997) Requirements for the radio interface(s) for International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000).
- [2] 3GPP (2020) 3GPP: The mobile broadband standard. www.3gpp.org (accessed 18 January 2020).
- [3] ITU-R M.2134 (2008) Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s).
- [4] Report ITU-R M. [IMT-2020.TECH PERF REQ], Minimum Requirements Related to Technical Performance for IMT-2020 Radio Interface(s), March 2017.
- [5] Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27: 379–428. and 623–656.
- [6] Kukushkin, Alexander (2018). Introduction to mobile network engineering GSM, 3G-WCDMA, LTE and the road to 5G. John Wiley & Sons.

CHƯƠNG 2: HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG GSM và GPRS

2.1 Giới thiệu chung

GSM là hệ thống thông tin di động 2G được thiết kế chủ yếu cho truyền dẫn tín hiệu thoại. GSM sử dụng kết hợp phương pháp đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) và phân chia theo tần số (FDMA), trong đó mỗi trạm di động được cấp phát một cặp tần số và một khe thời gian để truy nhập vào mạng.

GPRS được thiết kế để cung cấp các dịch vụ gói tốc độ cao hơn so với tốc độ truyền số liệu được cung cấp bởi các dịch vụ số liệu chuyển mạch kênh của GSM. Tất nhiên ưu điểm lớn nhất của GPRS không chỉ đơn giản là ở chỗ nó cho phép tốc độ số liệu cao hơn. Ưu điểm lớn nhất của GPRS là nó sử dụng công nghệ chuyển mạch gói. Điều này có nghĩa là một người sử dụng chỉ tiêu phí tài nguyên khi người này cần phát hoặc thu số liệu. Nếu một người sử dụng không phát số liệu ở một thời điểm, thì các khe thời gian ở giao diện vô tuyến tại thời điểm này sẽ được dành cho các người sử dụng khác.

Giao diện vô tuyến của GSM được xây dựng trên hai kiểu kênh: kênh logic và kênh vật lý. Kênh logic được hình thành trên cơ sở đóng gói các thông tin từ lớp cao trước khi sắp xếp vào kênh vật lý. Kênh vật lý được xây dựng trên công nghệ đa truy nhập TDMA kết hợp với FDMA/FDD. Mỗi kênh vật lý được đặc trưng bởi một cặp tần số và một khe thời gian.

2.2 Kiến trúc mạng GSM và GPRS

2.2.1 Kiến trúc mạng GSM

Các thành phần của mạng GSM được thể hiện trong Hình 2.1 Mạng GSM có thể được chia thành ba mạng con: mạng truy nhập vô tuyến (RAN), mạng lõi và mạng quản lý. Các mạng con này được gọi là hệ thống con trong tiêu chuẩn GSM. Hình 2.1.

Ba hệ thống con tương ứng này cũng có thể được gọi là *Hệ thống con trạm gốc* (BSS), *Hệ thống con chuyển mạch mạng* (NSS) và *Hệ thống con hỗ trợ vận hành* (OSS). Các chữ viết tắt trong Hình 2.1 như sau:

MS - Trạm di động (điện thoại di động); HLR - Bộ ghi định vi thường trú

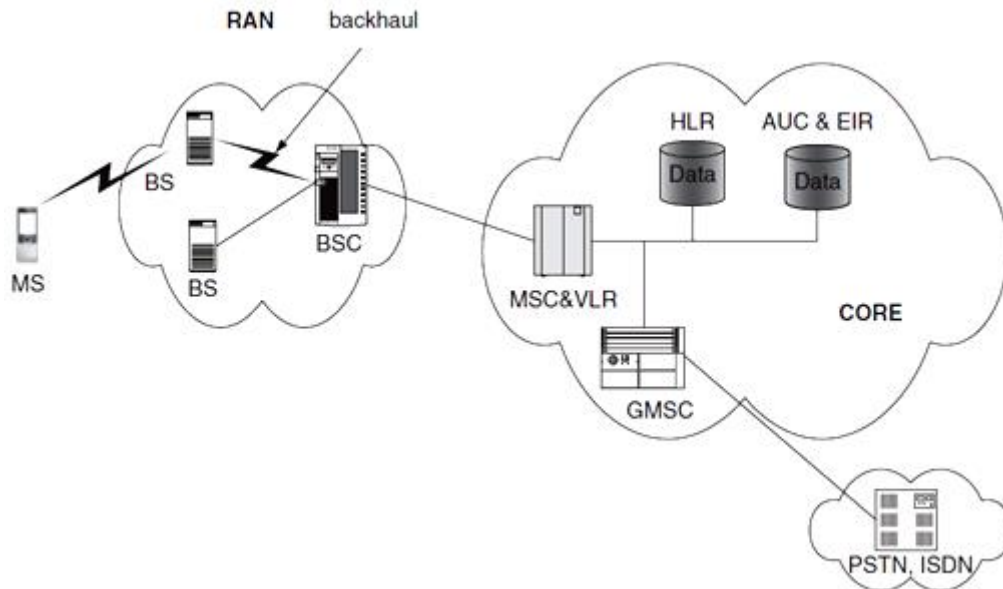
BS - Trạm gốc; VLR - Bộ ghi định vi tạm trú

BSC - Bộ điều khiển trạm gốc; AuC - Trung tâm nhận thực

MSC - Trung tâm chuyển mạch di động; EIR - Bộ ghi nhận dạng thiết bị

GMSC - MSC công; PSTN - Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng

Thiết bị người dùng (Mobile Station: MS) thường là một thiết bị đầu cuối cầm tay giao tiếp qua không khí với một trạm gốc, còn gọi là *Trạm thu phát gốc* (BS) trong GSM. Bộ thu phát BS được lắp đặt trên một số địa điểm ngoài trời hoặc trong nhà cùng với cơ sở hạ tầng bổ sung bao gồm ăng-ten, thiết bị cung cấp điện và truyền dẫn để kết nối với *Bộ điều khiển trạm gốc* (BSC).



Hình 2.1: Kiến trúc mạng GSM.

- Đối tượng logic liên quan đến BS là một ô vô tuyến, là một bộ điều khiển và các kênh lưu lượng. Ô hoặc trạm gốc logic được xác định bằng sự hiện diện của *Kênh điều khiển quảng bá* (BCCH). Một số BS được điều khiển bởi một BSC.
- BSC quản lý tài nguyên vô tuyến trên các trạm gốc, nó chịu trách nhiệm phân bổ kênh RF và tham gia thiết lập cuộc gọi, quản lý việc chuyển giao.
- Các trạm gốc và BSC được kết nối bằng các đường dây cố định hoặc các liên kết vô tuyến điểm-điểm, phần này của cơ sở hạ tầng hệ thống được đặt tên là backhaul.
- Các BS, BSC và backhaul cùng nhau tạo thành mạng truy nhập vô tuyến, RAN.

BS và BSC thực hiện các nhiệm vụ khác nhau để hỗ trợ truyền thông qua giao diện không khí, sự phân bổ nhiệm vụ giữa các nút được đưa ra trong Bảng 2.1.

RAN được kết nối với mạng lõi, bao gồm *Trung tâm chuyển mạch di động* (MSC), *Bộ ghi định vị thường trú* (HLR) và một số các nút mạng logic bao gồm MSC cổng (GMSC), *Bộ ghi nhận dạng thiết bị* (EIR), *Trung tâm nhận thực* (AuC). Các phần tử mạng bổ sung có thể bao gồm các thành phần của nền tảng *Dịch vụ giá trị gia tăng* (VAS).

MSC thực hiện tất cả các chức năng chuyển mạch bao gồm tìm kiếm tuyến, chuyển tiếp dữ liệu và xử lý tính năng dịch vụ. Sự khác biệt chính giữa chuyển mạch ISDN và MSC là MSC cũng phải xem xét khả năng di chuyển của người dùng. MSC phải cung cấp các chức năng bổ sung để đăng ký vị trí của người dùng cũng như quản lý việc

chuyển giao kết nối khi người dùng di chuyển từ ô này sang ô khác. Một mạng di động có thể có một số MSC với mỗi MSC chịu trách nhiệm cho một số phần của mạng được gọi là *Vùng định vị* (LA).

Bảng 2.1: Các chức năng của BS và BSC.

Chức năng chính	BS	BSC
Quản lý các kênh vô tuyến		x
Ánh xạ các lớp trên vào kênh vô tuyến		x
Mã hóa kênh và thích ứng tốc độ	x	
Nhận thực		x
Mật mã hóa	x	x
Nhảy tần số	x	
Đo tín hiệu đường lên	x	
Đo lưu lượng		x
Hoa tiêu	x	x
Quản lý chuyển giao		x
Cập nhật vị trí		x

Các cuộc gọi xuất phát hoặc kết cuối trong mạng cố định được xử lý bởi một MSC công (GMSC) chuyên dụng. Hoạt động liên kết giữa mạng di động và mạng cố định (ví dụ: PSTN, ISDN) được thực hiện bởi *Chức năng liên kết* (IWF). Nó là cần thiết để ánh xạ tương ứng các giao thức của mạng di động với các giao thức của mạng cố định. GMSC hoặc IWF có thể được triển khai như một nút độc lập hoặc như một chức năng phần mềm với một số giao diện phần cứng trong MSC.

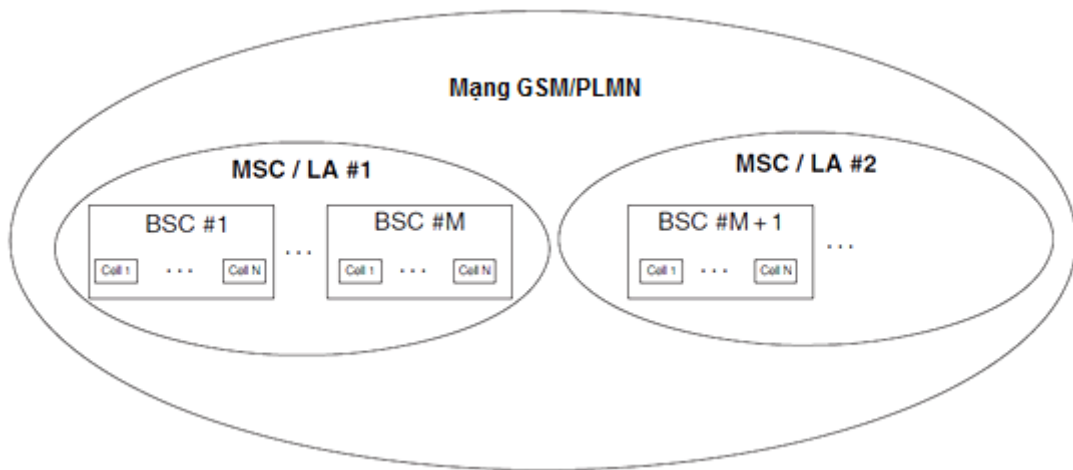
HLR và VLR lưu trữ vị trí hiện tại của người dùng di động. Thông thường, VLR là một nút logic được thực hiện trong MSC. Cơ sở dữ liệu HLR và VLR lưu trữ hồ sơ của người dùng, được yêu cầu để tính phí và thanh toán và các vấn đề quản trị khác. Do tầm quan trọng của cơ sở dữ liệu HLR đối với doanh thu của nhà điều hành, nó thường có một nút chờ dự phòng, đôi khi được phân phối theo địa lý.

Hai cơ sở dữ liệu khác thực hiện các chức năng bảo mật: *Trung tâm nhận thực* (AuC) lưu trữ dữ liệu liên quan đến bảo mật như các khóa được sử dụng để xác thực và mã hóa; Bộ ghi nhận dạng thiết bị (EIR) đăng ký dữ liệu thiết bị.

Việc quản lý mạng được tập trung tại *Trung tâm Vận hành và Bảo dưỡng* (OMC). Các chức năng của OMC bao gồm quản lý thuê bao, thiết bị đầu cuối, dữ liệu tính cước, cấu hình mạng, vận hành, giám sát hiệu suất và bảo dưỡng mạng.

Hình 2.2 tóm tắt mối quan hệ phân cấp giữa các thành phần mạng MSC, BSC và BS. Mỗi MSC liên quan đến một vùng định vị (LA), bao gồm một số BSC và các ô vô tuyến/trạm gốc tương ứng.

Mỗi nhóm ô được chỉ định cho một BSC được kết nối với thông qua backhaul di động. Đối với mỗi LA tồn tại ít nhất một BSC, nhưng các ô của một BSC có thể thuộc các LA khác nhau. Việc phân vùng chính xác của vùng mạng, đối với LA, BSC và MSC, do nhà khai thác mạng quyết định. Mỗi khu vực vị trí có một định danh duy nhất (Định danh vùng định vị hoặc LAI) được phát quảng bá thường xuyên bởi trạm gốc thông qua một kênh điều khiển. Trạm di động giám sát thông tin quảng bá và lưu trữ LAI hiện tại. Khi MS thay đổi vị trí của nó đến một LA khác, LAI được quảng bá sẽ thay đổi. MS thông báo thay đổi và yêu cầu cập nhật vị trí (trong VLR/HLR) từ MSC.



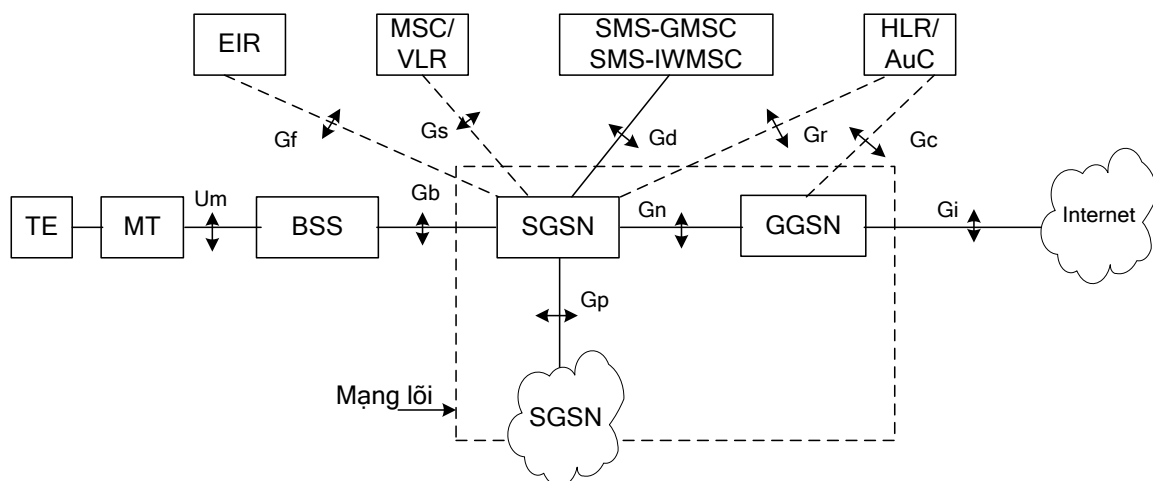
Hình 2.2: Phân cấp hệ thống GSM.

Mạng di động mặt đất công cộng (PLMN) do các nhà khai thác khác nhau điều hành tạo thành các đảo trong *Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng* (PSTN). Khi PSTN bắt đầu cuộc gọi đến thiết bị đầu cuối di động thuộc PLMN, yêu cầu cuộc gọi được đưa đến giao diện giữa PSTN và PLMN. Giao diện bao gồm GMSC của nhà điều hành. Thông tin chi tiết về tất cả các thuê bao thuộc PLMN có trong cơ sở dữ liệu HLR.

2.2.2 Kiến trúc mạng GPRS

GPRS sử dụng lại mạng truy nhập vô tuyến của GSM để truyền số liệu gói bằng cách ghép nhiều khe thời gian vào một kênh truyền. Kiến trúc của GPRS được cho trên Hình 2.3. MS gồm thiết bị đầu cuối có thể hoạt động trong ba chế độ phụ thuộc vào khả năng của mạng và máy di động.

- Chế độ A, có thể xử lý đồng thời cả khai thác chuyển mạch kênh (CS) lẫn chuyển mạch gói (PS).
- Chế độ B, cho phép MS hoặc ở chế độ PS hoặc ở chế độ CS nhưng không đồng thời ở cả hai chế độ. Khi MS phát các gói, nếu kết nối CS được yêu cầu thì truyền dẫn PS tự động được đặt vào chế độ treo.
- Chế độ C, cho phép MS thực hiện mỗi lần một dịch vụ. Nếu MS chỉ hỗ trợ lưu lượng PS (GPRS) thì nó hoạt động ở chế độ C.



Hình 2.3: Kiến trúc mạng GPRS.

Trong BSS, BTS xử lý cả lưu lượng CS và PS. Nó chuyển số liệu PS đến nút hỗ trợ GPRS phục vụ (SGSN) và CS đến MSC. Ngoài các tính năng GSM, HLR cũng được sử dụng để xác định xem thuê bao GPRS có địa chỉ IP tĩnh hay động và điểm truy nhập nào sử dụng để nối đến mạng ngoài. Đối với GPRS, các thông tin về thuê bao được trao đổi giữa HLR với SGSN. Ngoài ra một thực thể logic được đưa vào để quản lý các chức năng : điều khiển liên kết vô tuyến/ điều khiển truy nhập môi trường (RLC/MAC) được gọi là khối điều khiển gói (PCU). Phần tử này trong BSC. SGSN xử lý lưu lượng các gói IP đến và từ MS đó đăng nhập vào vùng phục vụ của nó và nó cũng đảm bảo định tuyến gói nhận được và gửi đi từ nó. Nút hỗ trợ GPRS cổng (GGSN) đảm bảo kết nối với các mạng chuyển mạch gói bên ngoài như Internet hay các mạng riêng khác. Nút kết nối với mạng đường trục GPRS dựa trên IP. Nó cũng chuyển đi tất cả các gói IP và được sử dụng trong quá trình nhận thực và trong các thủ tục mật mã hóa. AuC hoạt động giống như mạng GSM. Cụ thể là nó chứa thông tin để nhận dạng các người được phép sử dụng mạng GPRS và vì thế ngăn chặn việc sử dụng trái phép mạng.

2.3 Các thông số vô tuyến GSM

GSM là sự kết hợp của FDMA và TDMA. 'Băng tần chính' của GSM bao gồm hai băng tần con 25 MHz, mỗi băng tần:

- Đường lên 890–915 MHz
- Đường xuống 935–960 MHz

Băng tần GSM900 chính bao gồm 2×25 MHz theo cách sắp xếp song công với 124 kênh song công với khoảng cách kênh 200 kHz. Khoảng cách kênh này cho phép tốc độ dữ liệu hệ thống khoảng 270 kbps với điều chế GMSK và yêu cầu chọn lọc kênh liên kết khiêm tốn (9 dB). Tốc độ 270 kbps tương ứng với độ dài bit (ký hiệu) là 4,6928 μ s. Mỗi cặp tần số sóng mang RF được gán một *Số kênh tần số vô tuyến tuyệt đối* (ARFCN). Phổ điều chế cho GMSK rộng hơn 200 kHz, dẫn đến một mức độ nhiễu trên các kênh lân cận.

Thông thường tránh được nhiễu nội ô bằng cách quy hoạch tần số. Do đó, nhiễu kênh lân cận đối với các dịch vụ khác ngoài GSM có thể quan trọng, chủ yếu ở gần biên của băng tần. Do đó, các tần số biên thường được tránh. Nếu không có thỏa thuận đặc biệt với người sử dụng các băng tần liền kề, thông thường là không sử dụng các kênh 0 và 124. Do đó, số lượng sóng mang có thể bị giới hạn ở 122. Quy hoạch tần số cụ thể có thể khác nhau ở các khu vực khác nhau và được kiểm soát bởi các cơ quan quản lý phổ tần liên quan. Phân bổ phổ GSM được đưa ra trong Bảng 2.2 và tóm tắt các đặc tính của GSM RF được đưa ra trong Bảng 2.3.

Bảng 2.2: Các chức năng của BS và BSC.

Loại	Đường lên (MHz)	Đường xuống (MHz)
GSM450 (Châu Âu)	450,4 – 457,6	460 – 467,6
	478,8 – 486	488,8 – 496
GSM850 (Châu Mỹ)	824 – 849	869 – 894
GSM900	880 – 915	925 – 960
Cổ điển	890 – 915	935 – 960
Mở rộng	880 – 915	925 – 960
GSM1800	1710 – 1785	1805 – 1880
GSM1900 (Châu Mỹ)	1850 – 1910	1930 – 1990

2.3.1 Hiệu suất phổ

Một trong những kết quả của các nghiên cứu được thực hiện vào những năm 1980 đó là truyền dẫn vô tuyến số cuối cùng có thể cung cấp chất lượng tiếng nói tốt hơn và hiệu quả phổ tần cao hơn trong hệ thống thông tin di động được triển khai thương mại so với các hệ thống tương tự cập nhật hiện có. Hiệu suất phổ tổng được xác định bằng khoảng cách tái sử dụng cần thiết giữa các ô đồng kênh (kích thước cụm), do đó, phụ thuộc vào giá trị trung bình cục bộ của tỷ lệ bảo vệ là C/I tối thiểu cần thiết trên kênh fading nhanh. Điều chế số với mã hóa kênh FEC được sử dụng trong GSM đạt được hiệu suất phổ cao gấp ba lần so với các hệ thống di động tương tự (analog) của thế hệ đầu tiên. Kích thước cụm tối thiểu được sử dụng trong quy hoạch hệ thống GSM là 3×3 , được thể hiện trong Hình 2.4. Với tính khả dụng 90%, giá trị trung bình cục bộ của C/I yêu cầu là khoảng 9 dB.

2.3.2 Công nghệ truy nhập

Tiêu chuẩn giao diện vô tuyến GSM dựa trên TDMA và FDMA đa sóng mang. Mỗi tần số vô tuyến, sóng mang GSM, được truyền lặp lại qua các khung TDMA 4,615 ms. Mỗi khung TDMA được chia thành tám khe thời gian, xem Hình 2.5. Mỗi khe này có thể được gán cho một kênh lưu lượng toàn tốc (FR) (TCH-FR), hai kênh lưu lượng bán tốc (TCH-HRs) hoặc một trong các kênh điều khiển.

Việc triển khai FDMA với phân tách song công 45 MHz ngụ ý như sau:

- TCH đường xuống từ trạm gốc đến máy di động được truyền ở sóng mang tần số f_n ,
- TCH đường lên từ trạm di động đến trạm gốc được truyền ở sóng mang tần số $f_n - 45$ MHz.

Một hoặc nhiều khe thời gian có thể được cấp cho người dùng GSM trong phiên truyền thông, số lượng khe thời gian được phân bổ (TS) phụ thuộc vào dịch vụ được yêu cầu: dịch vụ thoại yêu cầu một TS, trong khi một số TSs có thể được cấp cho các dịch vụ dữ liệu gói. Có thể hỗ trợ tối đa tám phiên truyền thông đồng thời bởi một sóng mang tần số duy nhất trên tám khe thời gian.

Bảng 2.3: Các đặc tính của GSM.

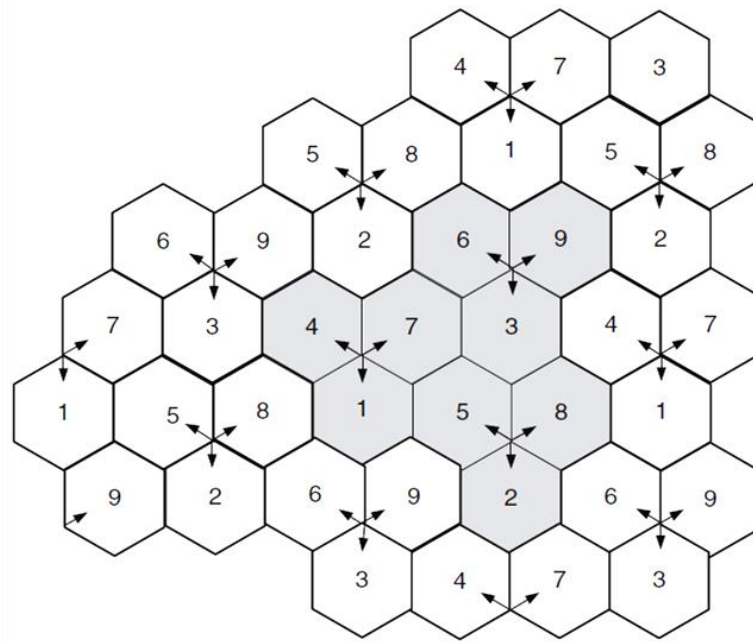
Tham số	Đặc tính
Tần số hoạt động, MHz	Đường lên 935–960, đường xuống 890–915
Băng thông kênh, kHz	200
Tốc độ kênh, kb/s	22,8
Phân cách song công, MHz	45
Tốc độ thoại, kb/s	13 (toàn tốc); 6,5 (bán tốc)
Mã hóa tiếng nói	RPE - LPT (Kích thích xung thường xuyên - Dự đoán dài hạn)
Kênh điều khiển	độc lập và được liên kết (nhúng)
Tốc độ kênh điều khiển trong cuộc gọi, kbps	4,8 (+4,6 CRC)
Tốc độ kênh tổng (kênh lưu lượng), kbps	270
Kỹ thuật song công	FDMA
TDMA 8 khe thời gian trên mỗi khung hình	
Sử dụng sóng mang	124 sóng mang song công
Số bit trên mỗi khe TDMA	156
Độ rộng khe thời gian, μ s	577
Độ rộng khung (8 khe thời gian), ms	4,615
Điều chế	GMSK
Chỉ số điều chế	0,3
Nhảy tần	Nhảy chậm, 217 bước nhảy/s = 1200 b/bước

2.3.3 MAHO và các phép đo được thực hiện bởi thiết bị di động

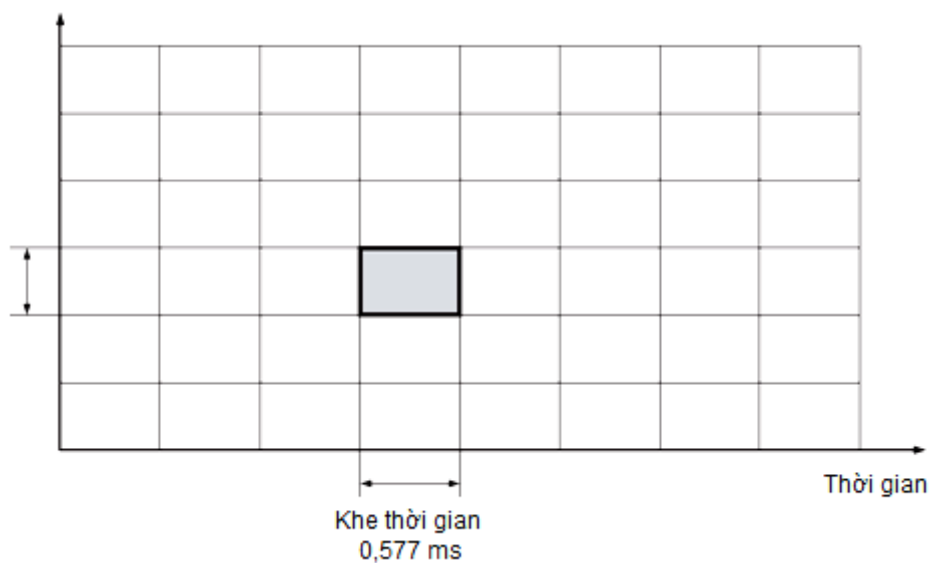
Một người dùng không bao giờ được phép chiếm tất cả tám khe thời gian. Ngược lại, người dùng trải qua một khoảng thời gian rỗi trong khung thời gian. Khả năng nghe hoặc phát ở một tần số khác trong thời gian rỗi mang lại những lợi ích quan trọng cho hệ thống TDMA. Các khoảng thời gian như vậy có thể được sử dụng cho báo hiệu hệ thống, chuẩn bị cho việc chuyển giao và lặp lại các khối dữ liệu trong các phiên dịch vụ gói.

Việc sử dụng hiệu quả khoảng thời gian rỗi dẫn đến một tính năng khác biệt của GSM (so với các hệ thống kế thừa tồn tại tại thời điểm phát triển GSM), đó là

Chuyển giao trợ giúp di động (MAHO), về cơ bản có nghĩa là việc chuyển giao được thực hiện dưới sự chỉ huy của bộ điều khiển trạm gốc, nhưng quyết định của bộ điều khiển dựa trên thông tin nhận được từ điện thoại di động. Điện thoại di động phải đo C/I và C/N cho các tín hiệu từ các ô lân cận và phát thông tin này đến trạm gốc.



Hình 2.4: Cấu trúc ô với kích thước cụm 3×3.



Hình 2.5: Cơ chế đa truy nhập trong GSM.

Các phép đo sau được thực hiện bởi điện thoại di động trong khoảng thời gian không hoạt động trong một khung thời gian:

- Cường độ tín hiệu và Tỷ lệ lỗi khung (FER) trên kênh được sử dụng
- Cường độ tín hiệu từ các ô lân cận và xác thực danh sách ô lân cận

- Tính trung bình các phép đo cường độ trường tín hiệu đã nhận qua nhiều khung để có được giá trị trung bình cục bộ trong quá trình fading nhanh
- Kiểm tra xem tín hiệu có đến từ ô lân cận

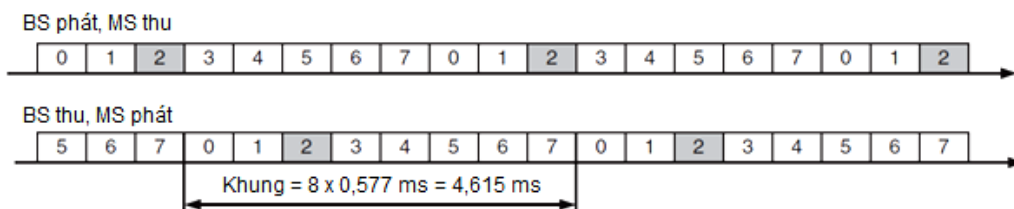
Thông tin này sau đó được truyền đến trạm gốc.

TDMA cũng cho phép một thiết bị đầu cuối phát và thu trong các khe thời gian khác nhau (song công thời gian). Điều này giúp loại bỏ các bộ lọc song công tương đối đắt tiền và công kênh ở các thiết bị đầu cuối và loại bỏ sự cần thiết của MS phải phát và thu đồng thời.

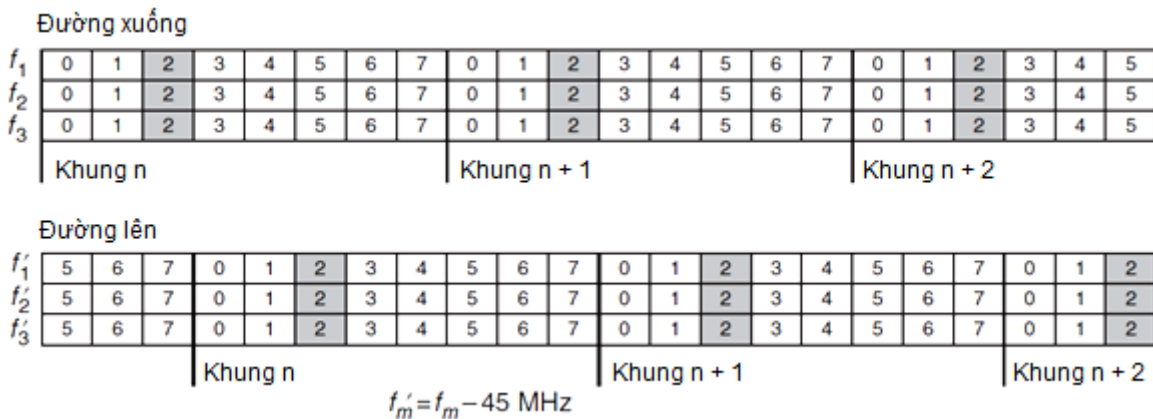
Hoạt động TDMA/FDMA có nghĩa là:

- 1) MS sẽ nhận được một cụm đường xuống từ BS,
- 2) điều chỉnh lại tần số đường lên và
- 3) phát một cụm đường lên sau đó ba khe thời gian.

Lập lịch thời gian tại BS được thể hiện trong Hình 2.6.



Hình 2.6: Lập lịch cụm tại BS. Khe thời gian 2 được chỉ định cho người dùng di động.



Hình 2.7: Sắp xếp song công với ba kênh tần số được phân bổ cho một đoạn ô/ô. Tổng số kênh khả dụng là $3 \times 8 = 24$ kênh.

Mỗi khe thời gian trong khung TDMA được đánh số từ 0 đến 7 và những con số này lặp lại cho mỗi khung liên tiếp. Độ rộng một khe thời gian và một khung được bắt nguồn từ thực tế là các kênh lưu lượng được sắp xếp trong 26 khung TDMA và do đó 26 khung TDMA được truyền trong 120 ms. Sau đó, độ rộng khung được xác định là tỷ lệ $120/26 = 4,615 \text{ ms}$ và độ rộng của khe thời gian tương ứng là $120/(26 \times 8) = 0,577 \text{ ms}$. Hình 2.7 cho thấy các bố trí song công ở phía BS nơi ba sóng mang tần số đã được triển

khai. Hai khe thời gian tương ứng với kênh lưu lượng hai chiều được dịch vị trí với nhau trong khoảng ba khe thời gian. Hình vẽ tương ứng với trường hợp trạm gốc không sử dụng nhảy tần đã được phân bổ bốn sóng mang, mỗi sóng mang mang tám kênh vật lý trong một khung TDMA. Sự dịch chuyển lẫn nhau của các khe thời gian cho các hướng đường xuống và đường lên tương ứng với sự sắp xếp song công bán thời gian (ngay cả khi FDD được hệ thống sử dụng, một số ưu điểm của TDD vẫn đạt được).

Không cần bộ lọc song công trong các thiết bị đầu cuối; thay vào đó là một chuyển mạch Phát/thu nhanh kết nối luân phiên giữa máy phát và máy thu với ăng-ten.

2.3.4 Khe thời gian và cụm

Nội dung của một khe thời gian được gọi là một cụm. Phần này xem xét cách thông tin điều khiển cần thiết để giải mã thành công được nhúng vào các cụm khác nhau. Có năm loại cụm khác nhau trong GSM:

- Cụm thường
- Cụm đồng bộ hóa
- Cụm truy nhập
- Cụm hiệu chỉnh tần số
- Cụm giả

Các cụm khác nhau chứa thông tin khác nhau có thể được đóng gói ở định dạng khác nhau tùy thuộc vào loại kênh mà nó thuộc về. Phân loại kênh được cung cấp trong phần tiếp theo, tuy nhiên, sự liên kết giữa loại cụm và kênh được nhấn mạnh ở đây. Khoảng thời gian của cụm giống như khoảng thời gian của khe thời gian.

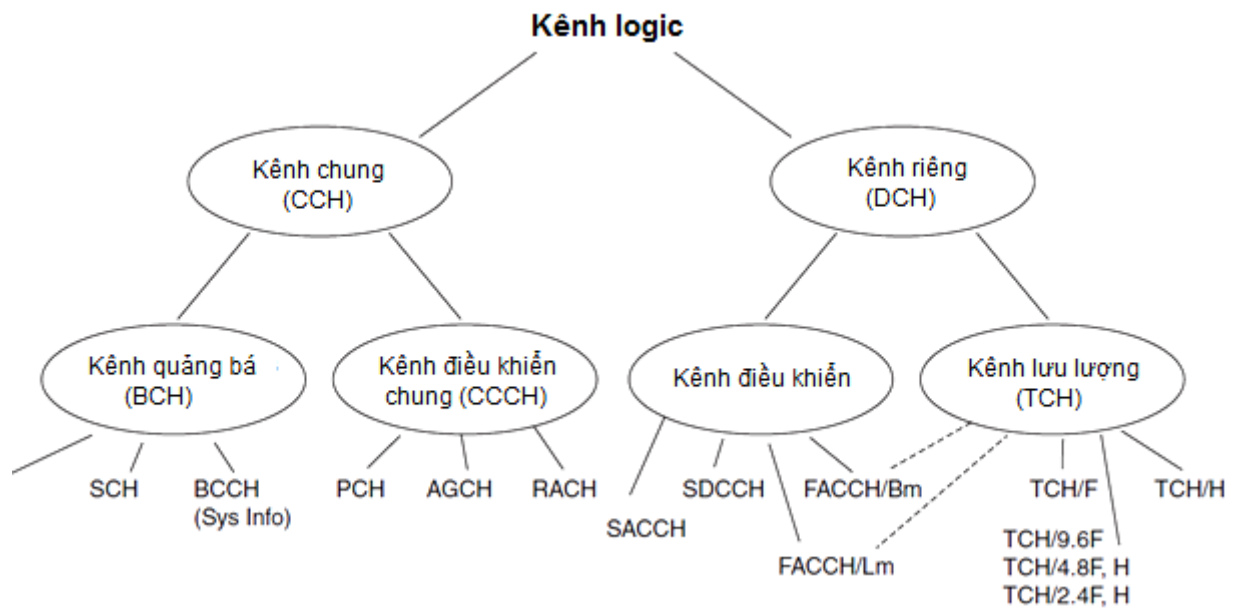
2.4 Các kênh trong GSM

Có các kênh vật lý và logic trong hệ thống vô tuyến GSM. Kênh vật lý đại diện cho một khe thời gian tại một sóng mang tần số, trong khi kênh logic đề cập đến loại thông tin cụ thể được truyền bởi kênh vật lý. Các loại thông tin khác nhau được truyền bởi các kênh logic khác nhau, sau đó chúng được sắp xếp hoặc ghép kênh trên các kênh vật lý, xem Hình 2.8.

Các kênh logic có thể được phân loại là *Kênh chung* hoặc *Kênh riêng*:

- Các kênh chung là loại điểm-đa điểm. Tất cả điện thoại di động có thể nghe chúng; nghĩa là, chúng không được định hướng cụ thể đến một thiết bị di động nhất định.
- Các kênh riêng thuộc loại điểm-điểm, chúng được sử dụng cho truyền thông chuyên dụng và hai chiều giữa trạm gốc và thiết bị di động.

Kênh logic cũng có thể được chia thành hai nhóm: *Kênh lưu lượng* (TCH) và *Kênh điều khiển* (Báo hiệu).



Hình 2.8: Các kênh logic. Các chữ viết tắt TCH/H và TCH/F tương ứng với các kênh lưu lượng toàn tốc và bán tốc. Các số 9,6; 4,8 và 2,4 đề cập đến tốc độ dịch vụ dữ liệu cụ thể qua các kênh lưu lượng chuyển mạch kênh.

2.4.1 Kênh lưu lượng

Dữ liệu tải trọng được truyền qua các kênh lưu lượng. Tải trọng có thể bao gồm dữ liệu thoại được mã hóa hoặc dữ liệu thô. Kênh lưu lượng logic cho dữ liệu thoại và dữ liệu chuyển mạch kênh trong GSM được viết tắt là TCH, có thể là toàn tốc (TCH/FR) hoặc bán tốc (TCH/HR). Kênh lưu lượng logic cho dữ liệu chuyển mạch gói (PS) được gọi là *kênh lưu lượng dữ liệu gói* (PDCH). Hai kênh bán tốc được sắp xếp vào cùng một khe thời gian nhưng trong các khung xen kẽ. Bằng cách này, TCH toàn tốc được chia thành hai kênh bán tốc có thể được phân bổ cho các thuê bao khác nhau, do đó làm tăng dung lượng lưu lượng của sóng mang GSM.

Đối với TCH/FRs:

- Các kênh thoại toàn tốc: tốc độ dữ liệu đầu ra của bộ mã hóa tiếng nói là 13 kbps. Mã hóa kênh làm tăng tốc độ truyền dẫn hiệu dụng lên 22,8 kbps.
- Kênh dữ liệu toàn tốc: dữ liệu tải trọng với tốc độ dữ liệu 9,6; 4,8 hoặc 2,4 kbps được mã hóa bằng *mã sửa lỗi hướng truyền* (FEC) và được phát với tốc độ dữ liệu hiệu dụng là 22,8 kbps.
- Với TCH toàn tốc, tiếng nói tương tự được số hóa vào một khung 20 ms được mã hóa và sắp xếp vào từng khe thời gian liên tiếp.

Đối với TCH/HR:

- Các kênh thoại bán tốc: mã hóa tiếng nói với tốc độ dữ liệu thấp đến 6,5 kbps là khả thi. Mã hóa kênh làm tăng tốc độ dữ liệu phát lên 14,4 kbps.

- Một tín hiệu thoại tương tự được số hóa trong mỗi khối 20 ms được mã hóa và sắp xếp vào mỗi khe thời gian thứ hai, điều này có hiệu quả làm cho nó có thể ghép vừa hai TCH của người dùng đồng thời vào một kênh vật lý.

Cần lưu ý rằng mã hóa thoại bán tốc không mang lại chất lượng thoại tốt qua kênh truyền di động. Nó đã được sử dụng rộng rãi trong triển khai ban đầu của hệ thống GSM cung cấp hiệu quả về giá cả của dịch vụ. Hiện tại, dịch vụ này không còn tồn tại và điện thoại di động hiện đại không hỗ trợ mã hóa tiếng nói bán tốc.

2.4.2 Kênh điều khiển

2.4.2.1 Kênh điều khiển chung

Kênh quảng bá (BCH): BCH thuộc về một nhóm các *Kênh chung* và được phát ở đường xuống, đây là các kênh điểm-đa điểm, chúng chứa thông tin chung về mạng và ô quảng bá. Có ba loại kênh quảng bá:

1) *Kênh hiệu chỉnh tần số (FCCH)* chứa một xung hình sin không điều chế với độ lệch tần số liên quan đến sóng mang danh định. Bằng cách có được FCCH, điện thoại di động điều chỉnh tần số của nó thành sóng mang BCCH.

2) *Kênh đồng bộ (SCH)* chứa *Mã nhận dạng trạm gốc (BSIC)* và số khung TDMA.

3) *Kênh điều khiển quảng bá (BCCH)* truyền một bản tin hệ thống chứa thông tin chi tiết về mạng và thông tin cụ thể về ô như: tần số được sử dụng trong ô cụ thể và ô lân cận, chuỗi nhảy tần, tổ hợp kênh, thông báo cho trạm di động về phương pháp sắp xếp được sử dụng trong ô cụ thể, các nhóm hoa tiêu và thông tin về các ô lân cận. BCCH phải được loại bỏ nhiễu. BCCH luôn được phát ở mức công suất không đổi. *Nhảy tần* hoặc *Điều khiển công suất* không bao giờ xảy ra trên BCCH.

Kênh hoa tiêu (PCH): kênh điều khiển chung đường xuống được sử dụng làm hoa tiêu để tìm một MS cụ thể.

Kênh truy nhập ngẫu nhiên (RACH) là kênh điều khiển đường lên được MS truy nhập bằng giao thức Aloha phân khe để yêu cầu tài nguyên dành riêng.

Kênh cấp quyền truy nhập (AGCH) được sử dụng trong đường xuống để gán kênh báo hiệu riêng (SDCCH) cho MS được phép.

2.4.2.2 Kênh điều khiển riêng

Có ba kênh điều khiển chuyên dụng được sử dụng để báo hiệu giữa trạm di động và trạm gốc, đó là *Kênh điều khiển liên kết chậm (SACCH)*, *Kênh điều khiển liên kết nhanh (FACCH)* và *Kênh điều khiển riêng độc lập (SDCCH)*. SDCCH được sử dụng trong quá trình thiết lập cuộc gọi để phân bổ kênh lưu lượng. Cả SACCH và FACCH đều được sử dụng để báo hiệu trong cuộc gọi, báo hiệu luôn được kết hợp với kênh lưu lượng được phân bổ.

Các bản tin báo hiệu sau được gửi trên SACCH đường xuống:

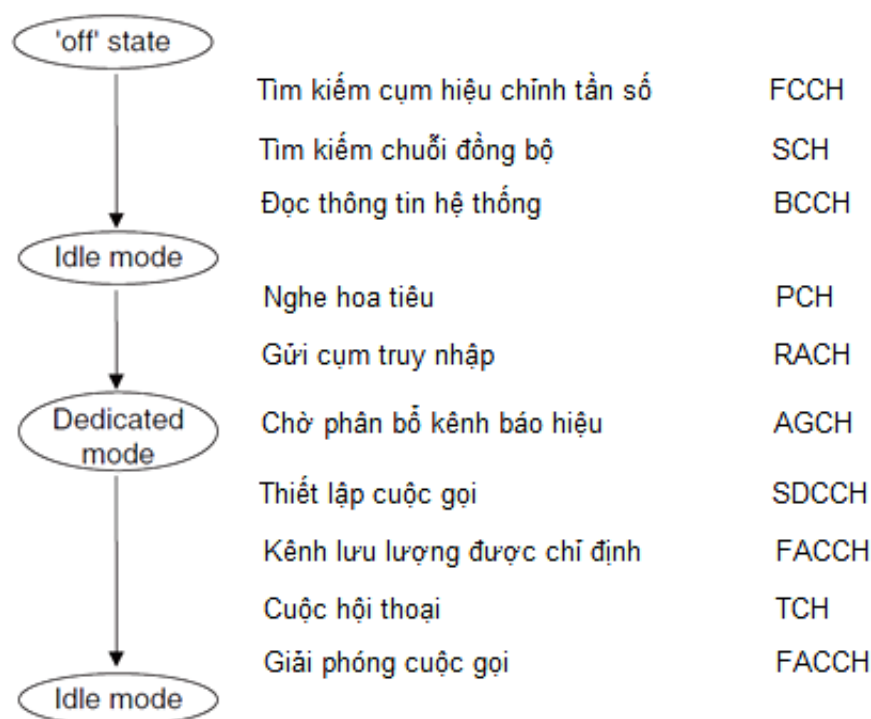
- lệnh công suất,

- định thời trước,
- chuỗi nhảy tần,
- tần số được kênh lân cận sử dụng.

SACCH của đường lên chứa các giá trị:

- Tỷ lệ lỗi khung hình (FER) của kênh lưu lượng đường xuống,
- Mức tín hiệu nhận được từ các ô lân cận.

Các kênh logic khác nhau được sử dụng trong các giai đoạn khác nhau của quy trình thiết lập cuộc gọi, xem Hình 2.9. Điện thoại di động ở chế độ rảnh sẽ nghe một số kênh chung nhất định. Báo hiệu thiết lập cuộc gọi luôn được khởi đầu trên các kênh báo hiệu chung. Ở một giai đoạn nhất định trong quá trình thiết lập cuộc gọi, liên lạc được chuyển từ các kênh chung sang các kênh riêng.



Hình 2.9: Sử dụng các kênh logic trong quá trình thiết lập cuộc gọi. Trong đó, “off” state là trạng thái tắt; Idle mode là chế độ rảnh và Delicated mode là chế độ riêng.

2.5 Sắp xếp các kênh logic lên các kênh vật lý

Kênh vật lý được xác định bằng số khe thời gian và tần số (ARFCN). Việc sắp xếp các kênh logic lên các kênh vật lý được thực hiện trong miền tần số và thời gian. Sắp xếp kênh logic lên kênh vật lý trong miền tần số dựa trên ARFCN và các quy tắc nhảy tần tùy chọn. Trong miền thời gian, các kênh logic được truyền tải trong các khe thời gian tương ứng của kênh vật lý. Các kênh logic được sắp xếp vào các kênh vật lý theo một số tổ hợp ghép kênh theo thời gian nhất định, trong đó chúng có thể chiếm một kênh vật lý hoàn chỉnh hoặc chỉ là một phần của kênh vật lý.

2.5.1 Định dạng khung

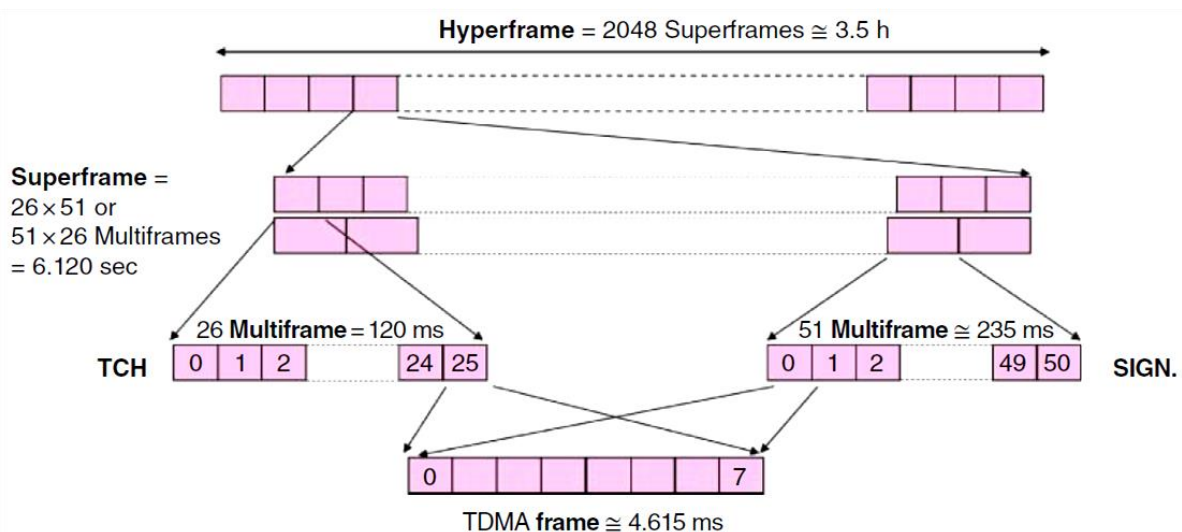
Như đã thảo luận trong các phần trước, tám khe thời gian với độ rộng mỗi khe là 577 μ s được kết hợp trong một khung. Độ rộng khung, 4,61 ms, là khoảng thời gian cơ bản của hệ thống GSM. Tổng cộng 26 khung kiểu này được kết hợp thành một đa khung (multiframe), có độ rộng 120 ms. Khoảng thời gian chính xác là 120 ms, được chọn là bội số của 20 ms để có được một số đồng bộ hóa với mạng cố định, đặc biệt là ISDN. Định nghĩa này dẫn đến giá trị chu kỳ cụm chính xác là $120/26/8 = 15/26$ ms = 0,577 ms. Khoảng thời gian tiếp theo là một siêu khung (superframe) có độ rộng là 6,12 giây. Nó chứa 51 đa khung 26 khung. Cuối cùng, 2048 siêu khung này được kết hợp thành một siêu siêu khung (hyperframe), kéo dài 3 giờ 28 phút, xem Hình 2.10. Siêu siêu khung (hyperframe) được thực hiện vì lý do mật mã; thuật toán mật mã hóa GSM có tính chất chu kỳ và khoảng thời gian mã hóa chính xác bằng độ dài của một siêu siêu khung.

Trên thực tế, có hai loại đa khung được định nghĩa trong GSM:

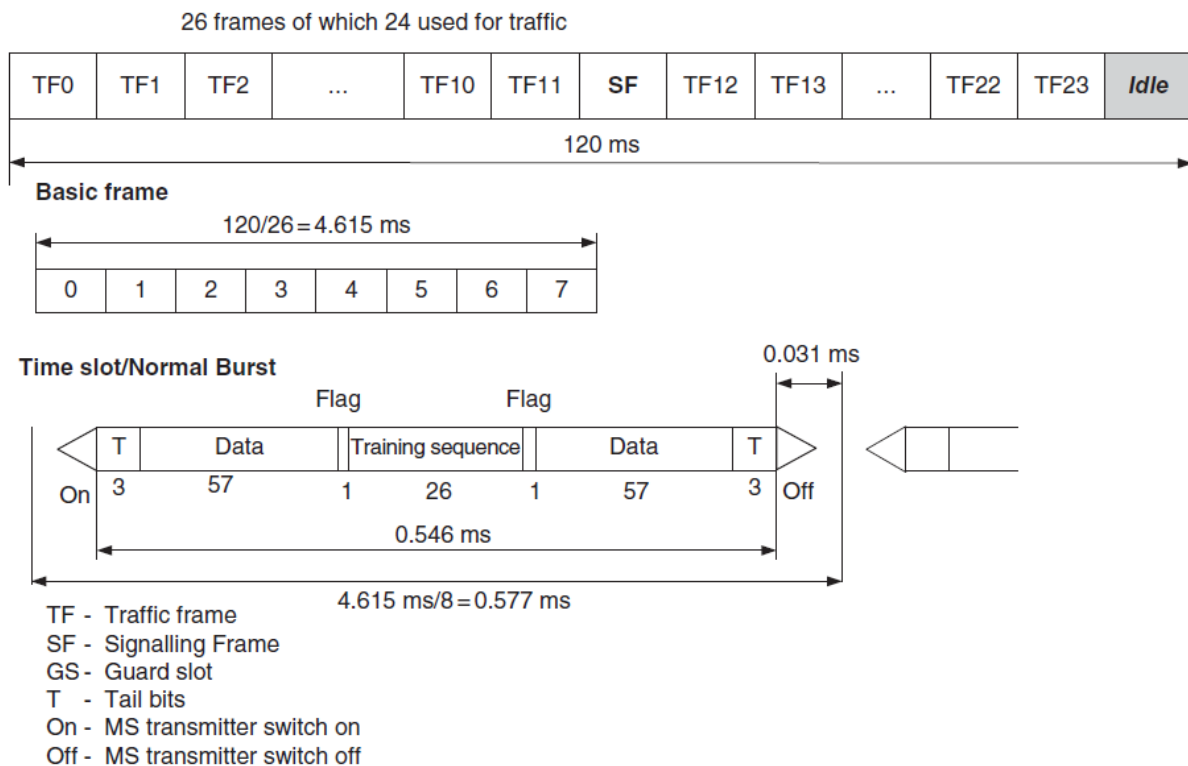
- đa khung bao gồm 26 khung TDMA (tải trọng – tiếng nói và dữ liệu - khung) và
- đa khung gồm 51 khung TDMA (khung báo hiệu).

Như quan sát từ Hình 2.10, siêu khung có thể bao gồm 51×26 hoặc 26×51 các khung cơ bản. Mỗi 26 khung TDMA tiếp theo tạo thành một đa khung ghép hai kênh logic, TCH và SACCH, vào kênh vật lý, xem Hình 2.11. Nếu lưu lượng bao gồm các kênh toàn tốc (8 kênh lưu lượng trên mỗi sóng mang) thì 24 khung của đa khung được sử dụng cho lưu lượng người dùng và một khung cho báo hiệu liên kết. Tám khe thời gian trong khung thứ mười ba (xem Hình 2.11) mang thông tin báo hiệu SACCH được liên kết với tám kênh lưu lượng, mỗi kênh lưu lượng một khe.

Một khung không được sử dụng cho cả báo hiệu và lưu lượng. Khung này được sử dụng bởi các thiết bị đầu cuối để đọc danh tính của trạm cơ sở ('BSIC') của các sóng mang từ các ô khác.



Hình 2.11. Định dạng khung GSM.



Hình 2.12. Đa truy nhập TDMA kết hợp FDMA trong GSM.

2.5.2 Truyền thông tin người dùng: Kênh điều khiển liên kết nhanh

Mỗi cụm dữ liệu bao gồm hai chuỗi người dùng, mỗi chuỗi 57 bit. Một bit cờ được liên kết với mỗi chuỗi 57 bit và điều này biểu thị liệu chuỗi có chứa thông tin tiếng nói bình thường hay thay vào đó chuỗi được sử dụng cho báo hiệu hệ thống (FACCH). Một đoạn ngắn trong quá trình truyền tải tiếng nói hầu như không đáng chú ý, vì bộ mã hóa tiếng nói sẽ điền đầy đủ thông tin vào chỗ trống.

Tốc độ dữ liệu tổng cho một kênh vật lý toàn tốc là $114 \text{ bit}/0,004615 \text{ s} = 24,7 \text{ kbps}$. Trong thời gian đa khung 120 ms, 24 hoặc 12 cụm sẽ được phân bổ cho một kênh lưu lượng. Dữ liệu báo hiệu được gửi chỉ trong một khe thời gian trong một khoảng thời gian một khung, do đó tốc độ dữ liệu báo hiệu SACH là $114 \text{ bit}/0,120 \text{ giây} \sim 1 \text{ kbps}$.

2.6 Báo hiệu trong cuộc gọi

Báo hiệu trong cuộc gọi được thực hiện bằng cách sử dụng hai kênh điều khiển, SACCH và FACH. Việc phân chia các lệnh điều khiển tương ứng như sau:

▪ trên SACCH

từ trạm gốc:

- lệnh công suất
- định trước thời gian
- cấu trúc nhảy tần số
- tần số được sử dụng bởi kênh lân cận

từ thiết bị đầu cuối

- BER trên kênh lưu lượng
- mức tín hiệu từ các ô lân cận
- tạp âm

- trên FACCH

từ trạm gốc:

lệnh chuyển kênh (tần số và khe thời gian)

- trên SACCH

Các chuỗi huấn luyện khác nhau ('mã màu')

Chuyển giao có hỗ trợ di động (MAHO)

Truyền dẫn không liên tục

2.6.1 Đo mức tín hiệu từ các ô lân cận

Thiết bị đầu cuối nhận thông tin qua BCCH từ trạm gốc hiện tại về tần số của sóng mang quảng bá từ các ô lân cận. Có một khoảng thời gian trong mỗi khung TDMA có sẵn để MS đo mức sóng mang từ một ô lân cận. Để đảm bảo đọc tin cậy, phải thực hiện lấy trung bình trong kênh fading nhanh. Một số phép đo được thực hiện đối với mỗi sóng mang trước khi các giá trị trung bình được gửi qua SACCH đến trạm gốc. Thiết bị đầu cuối cũng cần kết hợp mã nhận dạng trạm gốc (BSIC) cho ô lân cận được đo. Nó có nghĩa là thiết bị đầu cuối phải đọc BSIC được truyền trên SCH lân cận. Thiết bị đầu cuối đo và đọc một sóng mang lân cận trong khung TDMA rồi cuối cùng trong đa khung.

Một điều phức tạp ở đây là các trạm gốc có thể không được đồng bộ thời gian lẫn nhau. Mặt khác, MS không thể đọc BSIC lân cận nếu không được đồng bộ với SCH lân cận. Điều này có nghĩa là thiết bị đầu cuối phải lắng nghe BCCH trên sóng mang quảng bá từ một ô lân cận cho toàn bộ khung TDMA để bắt khe thời gian 0. Chỉ điều này là không đủ vì SCH chỉ sử dụng 1 trong số 10 khe thời gian 0. Vì lý do này, hai đa khung khác nhau được sử dụng trong GSM. Các kênh lưu lượng vào và ra sử dụng đa khung A (26 khung TDMA cơ bản), trong khi các kênh quảng bá sử dụng đa khung B (51 khung). Điều này có nghĩa là khung TDMA rồi được sử dụng để nghe sẽ trượt qua các khung TDMA trong đa khung B, do đó đảm bảo rằng, sau một số đa khung A, thiết bị đầu cuối sẽ đạt đến đúng khe thời gian 0 trong kênh quảng bá của ô liền kề [4].

2.6.2 Chuyển giao

Bàn giao là một tính năng chính của mạng tế bào hỗ trợ tính di động của người dùng di động khi di chuyển từ vùng phủ sóng của một ô này sang vùng phủ sóng của một ô khác. Mạng chuyển liên kết truyền thông giao diện vô tuyến từ ô này sang ô khác bằng cách phân bổ tài nguyên vô tuyến và các tài nguyên lưu lượng khác trong một ô mới và có thể là BSC và MSC tùy thuộc vào kiểu chuyển giao. Các lý do cho các quyết định

chuyển giao có thể dựa trên chất lượng tín hiệu kém hoặc tắc nghẽn lưu lượng trong ô phục vụ (hoặc ô đã chọn trong quá trình thiết lập cuộc gọi).

Chuyển giao nội bộ và giữa các ô: Trong trường hợp chuyển giao nội bộ, MS hoàn toàn không rời khỏi ô mà được phân bổ cho một sóng mang khác trong cùng ô. Với sự chuyển giao giữa các ô, MS được di chuyển từ ô này sang ô khác.

Chuyển giao nội bộ và giữa các BSC: Chuyển giao giữa các ô có thể là chuyển giao nội bộ hoặc chuyển giao giữa các BSC. Trong trường hợp đầu tiên, ô đích và ô nguồn được điều khiển bởi cùng một BSC. Trong trường hợp sau, các ô nguồn và ô đích được đặt ở các khu vực BSC khác nhau. Việc chuyển giao giữa các BSC phải được xử lý bởi MSC, nhưng tuy nhiên, quyết định về nó được thực hiện bởi BSC điều khiển ô nguồn.

Chuyển giao nội bộ và giữa các MSC: Trong trường hợp chuyển giao giữa các BSC, ô đích có thể nằm trong một vùng MSC khác với ô nguồn. Để chuyển giao giữa các MSC như vậy, MSC/VLR hiện tại phải liên hệ với MSC/VLR đích và sau đó chuyển cuộc gọi đến nó. Trong trường hợp chuyển giao MSC nội bộ, các ô nguồn và ô đích thuộc cùng một vùng MSC.

Chuyển giao trong và ngoài PLMN: Cuối cùng, MS có thể được chuyển từ PLMN này sang PLMN khác. Đây được gọi là chuyển vùng hoặc chuyển giao giữa các PLMN.

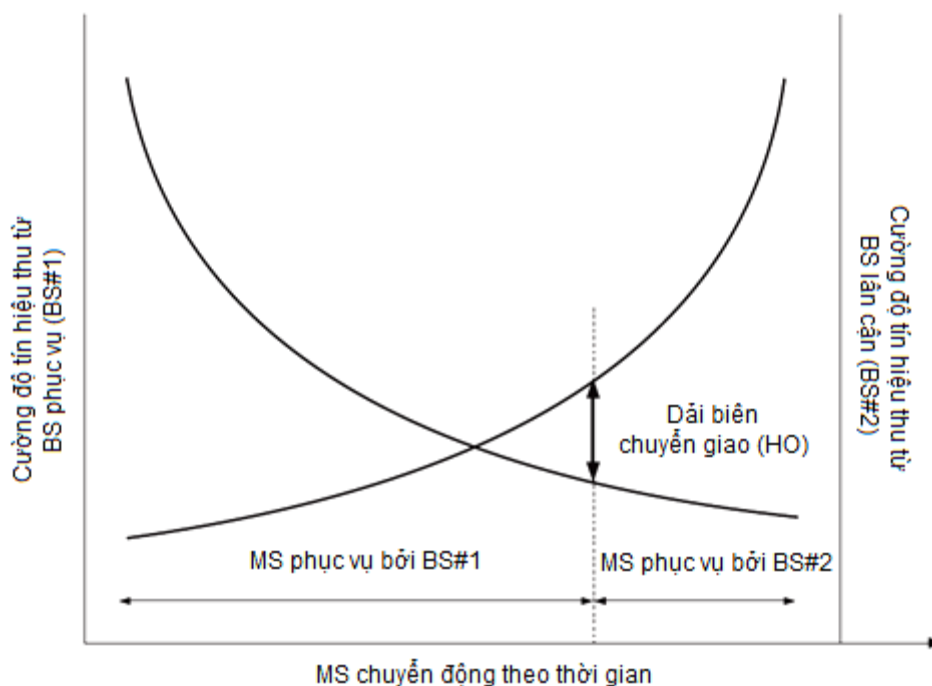
Kích hoạt bàn giao: Quyết định chuyển giao được thực hiện bởi BSC trên cơ sở các phép đo đường lên và đường xuống do MS và BS tương ứng thực hiện. Vì MS cung cấp một phần dữ liệu cần thiết hoặc quyết định chuyển giao, chuyển giao GSM được đặt tên là *Chuyển giao có hỗ trợ di động* (MAHO). Khi quyết định về MAHO được thực hiện, BSC sẽ tìm kiếm ô đích phù hợp và chuyển cuộc gọi đang diễn ra sang ô mới hoặc bộ thu phát mới (chuyển giao nội bộ ô).

Dữ liệu đo được về các điều kiện vô tuyến cục bộ tại MS được truyền đến BS qua SACCH. Thông tin sau được MSC sử dụng khi quyết định ô tốt nhất để chuyển giao:

- Mức sóng mang và chất lượng kết nối được đo bằng xác suất tỉ lệ lỗi khung (FER) (cả BS và MS) trung bình trong 12 s.
- Mức tín hiệu của sóng mang lân cận trong máy thu MS (MS).
- Khoảng cách từ BS tính từ thời điểm định trước (BS).
- Mức nhiễu trong máy thu trạm gốc trong các khe thời gian rỗi (BS).

Trong cuộc gọi, BSC liên tục theo dõi các phép đo này do MS và BS thực hiện. Việc chuyển giao trở thành bắt buộc khi mức tín hiệu trong ô phục vụ giảm xuống dưới một ngưỡng nhất định. Bước tiếp theo trong quá trình bàn giao là chọn một ô lân cận mục tiêu phù hợp với mức tín hiệu đường xuống tốt. Với thực tế là tín hiệu vô tuyến thăng giáng do fading là một yếu tố quan trọng ở các đường biên của ô, một dải biên chuyển giao được giới thiệu trong các yếu tố quyết định, như thể hiện trong Hình 2.13. Đây là trường hợp chuyển giao quỹ công suất. Việc chuyển giao cũng có thể được kích hoạt

thông qua dữ liệu định thời trước khi một thiết bị di động di chuyển quá xa khỏi trạm gốc và trạm gốc không thể điều chỉnh thêm định thời trước.



Hình 2.13. Quyết định chuyển giao.

2.6.3 Điều khiển công suất

Điều khiển công suất trong các máy phát trạm gốc và thiết bị đầu cuối làm giảm mức nhiễu trung bình đối với các ô khác và tối ưu hóa mức tiêu thụ điện năng của thiết bị đầu cuối di động. Các quyết định điều khiển công suất để tăng hoặc giảm công suất phát dựa trên mức sóng mang và chất lượng truyền dẫn ở cả thiết bị đầu cuối và trạm gốc. Ngoài khả năng điều khiển công suất, GSM sử dụng *Thu và phát không liên tục (DRX)*. Trong khoảng trống tự nhiên trong tiếng nói đang đến, không cần sử dụng toàn bộ chuỗi xử lý tín hiệu và phát ở cùng mức công suất như khi có tiếng nói. Hệ thống sử dụng bộ phát hiện hoạt động giọng nói trong cả BS và MS và tạo ra tạp âm nền ở mức thấp nhất nhưng phù hợp trong thời gian tạm dừng tiếng nói. Tạp âm ‘phù hợp’ được truyền qua SACCH thay vì kênh lưu lượng.

DRX cũng được sử dụng để thay thế khung thoại có chất lượng truyền quá thấp. Quá trình này được điều khiển bởi một bộ giải mã kênh. Khi một khung tiếng nói riêng biệt bị hủy, khung trước đó sẽ được lặp lại. Nếu các điều kiện vẫn tiếp diễn, một số lần lặp lại khung tiếng nói sẽ gây ra sự suy giảm chất lượng đáng kể. Trong trường hợp đó, sau mỗi lần lặp lại, mức đầu ra được giảm dần xuống 0 và tạp âm “phù hợp” được chèn vào thay thế.

2.7 Chuỗi xử lý tín hiệu

Các hoạt động sau đây diễn ra ở phía phát:

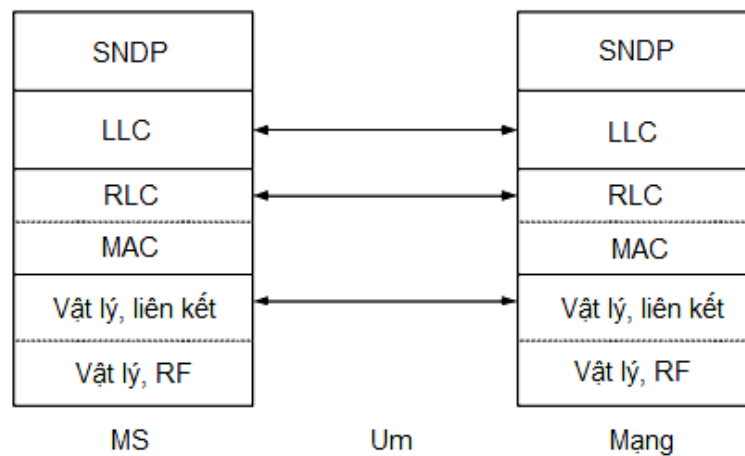
- *Mã hóa nguồn*: Chuyển đổi tín hiệu tiếng nói tương tự thành tín hiệu tương số tương đương.
- *Mã hóa kênh*: Thêm các bit bổ sung vào luồng dữ liệu. Bằng cách này, độ dư được đưa vào luồng dữ liệu làm tăng tốc độ của nó nhờ thêm thông tin được tính toán từ dữ liệu nguồn để cho phép phát hiện hoặc thậm chí sửa lỗi bit có thể xảy ra trong quá trình truyền.
- *Đan xen*: Trộn các bit của các khối dữ liệu được mã hóa. Mục đích là để các bit liên kề trong tín hiệu đã được điều chế trải ra trên một số khối dữ liệu. Xác suất lỗi của các bit liên tiếp trong luồng được điều chế thường có tương quan cao và hiệu năng mã hóa kênh tốt hơn khi các lỗi được làm mất tương quan. Do đó, đan xen cải thiện hiệu năng mã hóa bằng cách giải tương quan các lỗi và vị trí của chúng trong các khối được mã hóa.
- *Mật mã hóa*: Sửa đổi nội dung của các khối này thông qua một mã bí mật chỉ được biết bởi trạm di động và trạm gốc.
- *Định dạng cụm*: Thêm thông tin đồng bộ và cân bằng vào dữ liệu đã được mật mã. Một phần của điều này là việc bổ sung chuỗi huấn luyện.
- *Điều chế*: Biến đổi tín hiệu nhị phân thành tín hiệu tương tự ở tần số thích hợp. Qua đó tín hiệu có thể được truyền đi dưới dạng sóng vô tuyến.

Bên thu thực hiện các thao tác ngược lại như sau:

- *Giải điều chế*: Biến tín hiệu vô tuyến nhận được tại ăng-ten thành tín hiệu nhị phân. Ngày nay, hầu hết các bộ giải điều chế cũng cung cấp xác suất đúng ước tính cho mỗi bit. Thông tin bổ sung này được gọi là quyết định mềm hoặc thông tin mềm.
- *Giải mật mã*: Sửa đổi các bit bằng quá trình ngược với mật mã hóa.
- *Giải đan xen*: Đặt các bit của các cụm từ khác nhau trở lại để xây dựng lại các từ mã ban đầu.
- *Giải mã kênh*: Cố gắng tạo lại thông tin nguồn từ đầu ra của bộ giải điều chế bằng cách sử dụng các bit mã hóa được thêm vào để phát hiện hoặc sửa các lỗi có thể xảy ra giữa mã hóa và giải mã.
- *Giải mã nguồn*: Chuyển đổi thông tin nguồn được giải mã số thành tín hiệu tương tự để tạo ra tiếng nói.

2.8 Phân lớp giao diện vô tuyến của GPRS

Giao diện vô tuyến GPRS có thể được mô hình hóa như một hệ thống phân cấp của các lớp logic với các chức năng cụ thể. Một ví dụ về phân lớp như vậy được thể hiện trong Hình 2.14.



Hình 2.14. GPRS MS: mô hình tham chiếu mạng [5].

2.8.1 Giao thức hội tụ phụ thuộc mạng con

Vai trò của *Giao thức hội tụ phụ thuộc mạng con* (SNDP) là chuyển đổi giao thức IP được sử dụng trong GGSN và Mạng dữ liệu gói bên ngoài thành ngăn xếp giao thức được sử dụng trong giao diện vô tuyến của mạng GPRS. Việc chuyển đổi này được thực hiện trong SGSN.

Điều khiển liên kết logic (LLC) cung cấp một liên kết logic giữa hệ thống MS và SGSN. Liên kết này được mã hóa giữa SGSN và MS.

Lớp liên kết dữ liệu (RLC/MAC): Lớp điều khiển truy cập môi trường (MAC) và điều khiển liên kết vô tuyến (RLC) hoạt động phía trên lớp liên kết vật lý trong kiến trúc tham chiếu. Lớp RLC/MAC cung cấp các dịch vụ truyền thông tin qua lớp vật lý của giao diện vô tuyến GPRS. Các chức năng này bao gồm các quy trình sửa lỗi ngược được kích hoạt bằng cách truyền lại có chọn lọc các khối lỗi. Chức năng MAC phân xử quyền truy cập vào môi trường được chia sẻ giữa vô số MS và Mạng. Lớp RLC/MAC sử dụng các dịch vụ của lớp Liên kết vật lý. Lớp trên RLC/MAC (tức là LLC) sử dụng các dịch vụ của lớp RLC/MAC trên giao diện Um.

Vật lý: Lớp vật lý đã được tách thành hai lớp con riêng biệt được xác định bởi các chức năng của chúng:

- *Lớp RF vật lý* thực hiện điều chế các dạng sóng vật lý dựa trên sự cân bằng của các bit nhận được từ lớp Liên kết vật lý. Lớp RF vật lý cũng giải điều chế các dạng sóng nhận được thành một chuỗi các bit được chuyển đến lớp Liên kết vật lý để giải thích.
- *Lớp Liên kết vật lý* cung cấp các dịch vụ truyền thông tin qua kênh vật lý giữa MS và mạng. Các chức năng này bao gồm định khung đơn vị dữ liệu, mã hóa dữ liệu và phát hiện và sửa lỗi truyền dẫn phương tiện vật lý. Lớp Liên kết vật lý sử dụng các dịch vụ của lớp RF Vật lý.

2.8.2 Dịch vụ lớp

Chức năng MAC xác định các thủ tục cho phép nhiều MS chia sẻ một môi trường truyền dẫn chung, có thể bao gồm một số kênh vật lý; tức là, các khe thời gian. Chức năng MAC cung cấp khả năng phân xử giữa nhiều MS đang cố gắng truyền đồng thời và cung cấp các thủ tục tránh va chạm, phát hiện và khôi phục. Các hoạt động của chức năng MAC có thể cho phép một MS sử dụng song song một số kênh vật lý.

Chức năng RLC xác định các thủ tục để truyền lại có chọn lọc đại diện của các khối dữ liệu RLC được phân phối không thành công.

Chức năng RLC/MAC cung cấp ba chế độ hoạt động:

- Hoạt động không được công nhận;
- Hoạt động được công nhận; và
- Hoạt động không bền bỉ. Việc truyền các khối dữ liệu RLC trong chế độ RLC/MAC không bền bỉ được điều khiển bởi việc đánh số các khối dữ liệu RLC bên trong *Luồng khối tạm thời* và có thể bao gồm việc truyền lại nếu khối không thể được giải mã. Việc truyền lại dựa trên cơ chế yêu cầu *Phát lại tự động* (ARQ).

2.8.3 Lớp liên kết vô tuyến

Điều khiển liên kết vô tuyến RLC (giữa MS và PCU) phân đoạn các gói LLC thành các gói nhỏ hơn được gọi là 'khối vô tuyến' để truyền qua giao diện vô tuyến và tập hợp lại các khối vô tuyến nhận được từ giao diện vô tuyến (và từ giao diện Abis) thành các gói LLC. Mối quan hệ giữa các chuỗi dữ liệu trong ba lớp được thể hiện trong Hình 2.15. Hình 2.15 cũng cho thấy rằng mỗi lớp thêm tiêu đề riêng và chuỗi kiểm tra để hỗ trợ các chức năng của lớp.

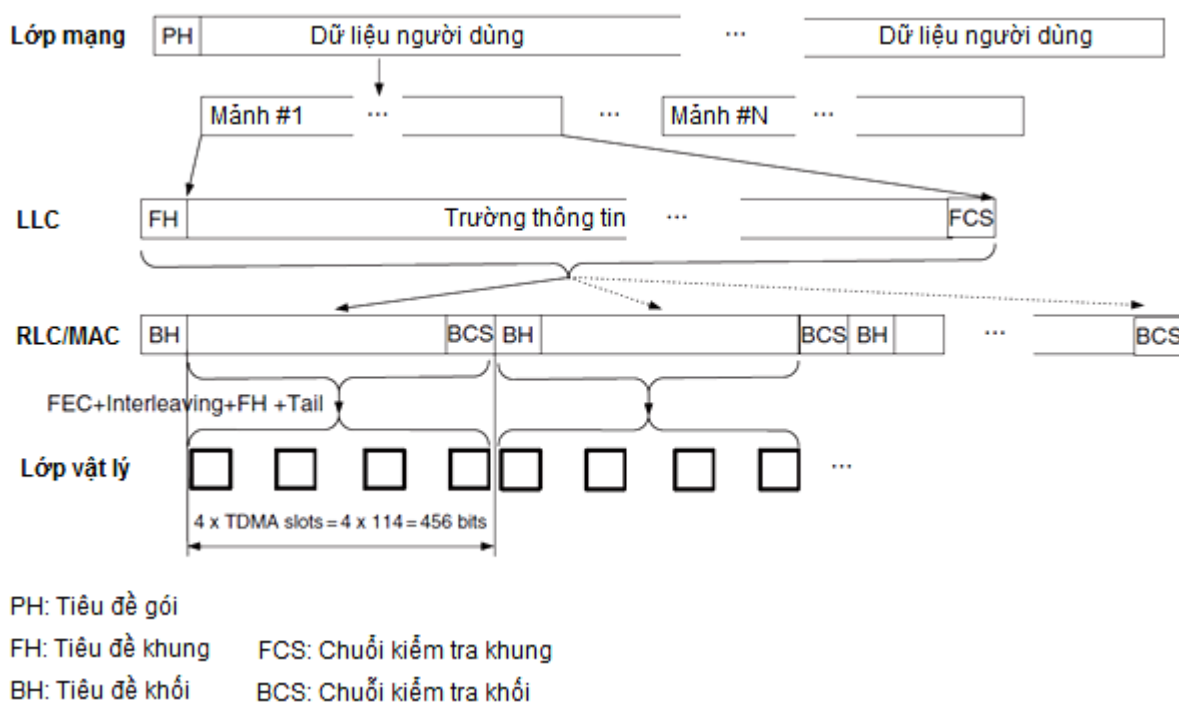
Cấu trúc khối RLC

Khối Vô tuyến bao gồm một Mào đầu khối (BH) và các bit chẵn lẻ cho ARQ chọn lọc đó là Chuỗi kiểm tra khối (BCS). BH có một chút khác biệt đối với khối dữ liệu và khối báo hiệu. Khối báo hiệu có hai phần: tiêu đề MAC và tiêu đề RLC, trong khi khối dữ liệu chỉ có tiêu đề MAC, xem Hình 2.16. Tiêu đề MAC bao gồm các trường *Cờ trạng thái đường lên* (USF), T và PC:

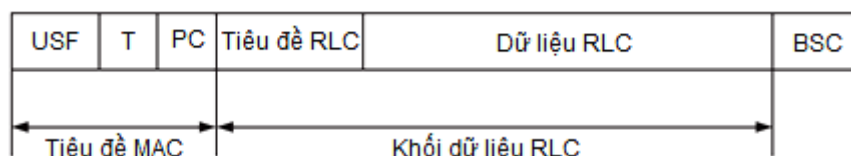
- USF được sử dụng liên quan đến việc đặt trước các khối vô tuyến trên kênh lưu lượng hướng vào.
- Trường T là một cờ, cho biết một khối được sử dụng để truyền dữ liệu hay để báo hiệu.
- Trường PC được sử dụng cùng với điều khiển công suất.

Các khối RLC được đánh số bằng TFI (*Định danh luồng tạm thời*) và phía thu có thể yêu cầu truyền lại các khối sai. TFI giống nhau được bao gồm trong mọi tiêu đề RLC

thuộc về một TBF cụ thể cũng như trong các thông báo điều khiển liên kết với việc chuyển khung LLC (ví dụ: xác nhận) để giải quyết các thực thể RLC ngang hàng.



Hình 2.15. Luồng dữ liệu chuyển đổi GPRS.



Hình 2.16. Cấu trúc khối vô tuyến để truyền dữ liệu GPRS.

Bên cạnh ARQ dựa trên BCS, mã hóa FEC xoắn có thể được áp dụng cho Khối dữ liệu vô tuyến tùy thuộc vào cơ chế mã hóa được sử dụng. Các khối vô tuyến được đưa đến Lớp vật lý, dựa trên các khe trong khung TDMA 8 khe thông thường. Mỗi vị trí trong số tám khe tạo thành một *Kênh Dữ liệu Gói* (PDCH), được ghép giữa các kênh lưu lượng và các kênh báo hiệu khác nhau.

Một khối vô tuyến được phân bổ bốn khe trong các khung liên tiếp, nghĩa là, một khối bao gồm $4 \times 114 = 456$ bit, xem Hình 2.15. Hầu hết các khe trong *Kênh lưu lượng gói* (PTCH) được sử dụng để truyền dữ liệu (PDTCH: *Kênh lưu lượng dữ liệu gói*) nhưng một phần nhỏ các khe được sử dụng để báo hiệu qua PACCH (*Kênh điều khiển liên kết gói*); một cơ chế báo hiệu trong cuộc gọi dữ liệu gói tương tự như một cuộc gọi chuyển mạch kênh trong GSM ban đầu.

2.8.4 Kênh logic GPRS

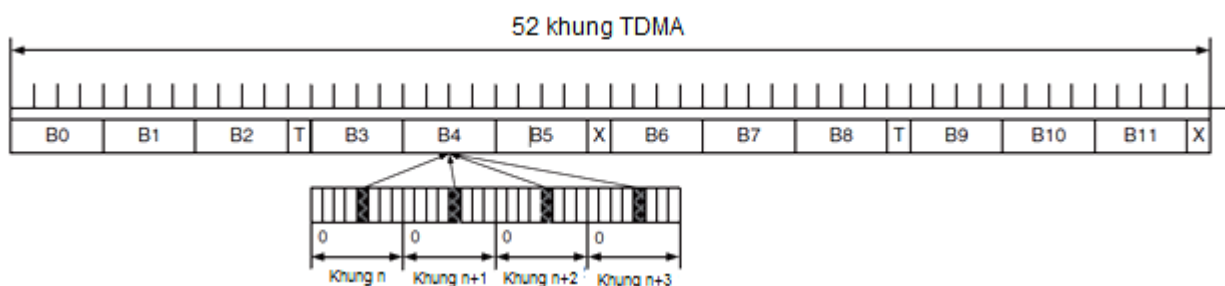
GPRS giới thiệu một số kênh logic mới, không phải tất cả chúng đều là bắt buộc. cụ thể, bản tin thông tin hệ thống liên quan đến dịch vụ GPRS có thể được phát quảng bá trên BCCH thay vì sử dụng kênh *Điều khiển quảng bá gói riêng*. Hai kênh logic GPRS

quan trọng nhất là *Kênh lưu lượng dữ liệu gói* (PDTCH) và *Kênh điều khiển định thời trước gói* (PTCCH):

- *Kênh lưu lượng dữ liệu gói* (PDTCH) là tài nguyên kênh được phân bổ cho một MS duy nhất trên một kênh vật lý để truyền dữ liệu người dùng. Trong hoạt động đa khe, một MS có thể sử dụng song song nhiều khe thời gian để chuyển gói riêng lẻ. PDCH là kênh một chiều.
- *Kênh điều khiển định thời trước* (PTCCH) được sử dụng theo hướng đường lên để truyền các cụm truy cập nhằm ước trước thời gian cho một thiết bị di động. Theo hướng đường xuống, một PTCCH được sử dụng để phát thông tin định thời trước cho tối đa 16 MS.

2.8.5 Sắp xếp lên các kênh GPRS vật lý

Một kênh vật lý được cấp phát để mang các kênh logic gói, PDTCH, được gọi là *Kênh dữ liệu gói* (PDCH). Một PDCH chỉ mang các kênh logic GPRS. Sắp xếp theo thời gian của các kênh logic được xác định bởi cấu trúc đa khung. Cấu trúc đa khung cho PDCH ở cấu hình cơ bản bao gồm 52 khung TDMA, được chia thành 12 khối (bốn khung), hai khung rỗi và hai khung được sử dụng cho PTCCH. Như trong Hình 2.17, thông tin PTCCH được phát ở vị trí 12 và 38 của cấu trúc 52 đa khung.



Hình 2.17. Cấu trúc khối đa khung cho PDCH [5].

Giá trị định thời của đa khung 52 khung là $4,165 \times 52 = 240$ ms. Khoảng thời gian truyền thời gian 'hiệu dụng' (TTI) của một khối vô tuyến bao gồm 4 khung TDMA khi đó là $240 \text{ ms}/12 = 20$ ms. Điều này khác với độ rộng 'vật lý' của một khối vô tuyến $4 \times 4,165 = 18,6$ ms, và phát sinh do kết quả của việc thêm bốn khung TDMA bổ sung (khung báo hiệu và khung rỗi) vào các đa khung 52 khung. Khung T được sử dụng cho PTCCH (kênh định thời trước) và khung 'X' là khung rỗi có thể được MS sử dụng để đo tín hiệu và nhận dạng BSIC.

Sắp xếp các kênh logic lên các khối vô tuyến được xác định bằng danh sách các khối có thứ tự (B0, B6, B3, B9, B1, B7, B4, B10, B2, B8, B5, B11). Hai khung được sử dụng cho PTCCH và hai khung rỗi cũng như khung PTCCH có thể được MS sử dụng để đo tín hiệu và nhận dạng BSIC. Khi chế độ dịch vụ chỉ gói được sử dụng bởi thiết bị đầu cuối di động, việc đồng bộ hóa được thực hiện qua *Kênh đồng bộ hóa rút gọn dịch vụ gói* (CSCH) cụ thể, tương tự như SCH nhưng được ánh xạ trên đa khung 52 khung GPRS.

Trong trường hợp này, sắp xếp PDCH tới đa khung hơi khác so với sắp xếp trong Hình 2.17 [5].

2.8.6 Chia sẻ kênh

Trong GPRS có hai tính năng riêng biệt khác với GSM:

- Một số khe thời gian trong PTCH trên một tần số sóng mang có thể được phân bổ cho một người dùng - điều này được gọi là 'gói' các khe thời gian. Các khe thời gian có thể được gộp chung trên UL và DL. Việc phân bổ các khe thời gian cũng có thể không đối xứng. Ví dụ: một thuê bao muốn tải xuống một số dữ liệu từ Internet sẽ nhận được nhiều khoảng thời gian cho DL hơn cho UL.
- Một khung thời gian không dành riêng cho một thuê bao; nghĩa là, một khoảng thời gian có thể được chia sẻ bởi một số thuê bao. Khi kết nối GPRS được chuyển mạch gói, việc truyền gói từ một số người dùng có thể được ghép kênh thông qua các khe thời gian giống nhau trên Um. Trong trường hợp một số thuê bao chia sẻ một khe thời gian UL và tất cả chúng đều muốn phát, nếu không ai trong số họ có mức ưu tiên cao hơn những người khác thì PCU cho phép mỗi MS lần lượt phát một số dữ liệu. Cứ thế các máy di động lần lượt phát cho đến khi hoàn thành mỗi lần phát.

Có hai tham số quan trọng đối với việc phân bổ tài nguyên vô tuyến GPRS:

- *Định danh luồng tạm thời* (TFI)
- *Cờ trạng thái đường lên* (USF)

Các tham số này được gửi đến điện thoại di động như một phần của tiêu đề giao thức MAC và được sử dụng để cung cấp thông tin về việc sử dụng kênh cho các điện thoại di động đang chia sẻ một khe thời gian.

Bất kỳ quá trình truyền dữ liệu nào cho một người dùng đều liên quan đến việc thiết lập *Luồng khối tạm thời* (TBF).

2.8.6.1 Kênh vô tuyến đường xuống

Một số thuê bao có thể chia sẻ một kênh vô tuyến trên DL. Do đó, trong mỗi khối vô tuyến DL, một TFI là cần thiết để xác định chủ sở hữu của mỗi gói. TFI có 5 bit, vì vậy có thể có 32 giá trị khác nhau; nghĩa là về mặt lý thuyết, tối đa 32 thuê bao có thể chia sẻ một kênh vô tuyến DL. Một số điện thoại di động cũng có thể chia sẻ một kênh vô tuyến trên UL. Nó cho biết người đăng ký nào có thể gửi tiếp theo trên

2.8.6.2 Kênh vô tuyến đường lên

USF có 3 bit, vì vậy có thể có tám giá trị khác nhau; nghĩa là, về mặt lý thuyết, tối đa tám thuê bao có thể chia sẻ một khoảng thời gian UL. Nếu một khe thời gian UL đã được định cấu hình (dành riêng) làm PRACH (Kênh truy cập ngẫu nhiên gói - được sử dụng bởi hệ thống mạng để yêu cầu kết nối) thì USF = 111 được dành riêng để xác định

PRACH và bảy giá trị khác (000 đến 110) vẫn để xác định tối đa bảy người đăng ký trên khung thời gian UL này.

2.9 Câu hỏi

1. Trình bày kiến trúc mạng GSM.
2. Trình bày kiến trúc mạng GPRS.
3. Trình bày các thông số vô tuyến GSM.
4. Trình bày các kênh trong GSM.
5. Việc sắp xếp các kênh logic GSM lên các kênh vật lý được thực hiện như thế nào?
6. Trình bày báo hiệu trong cuộc gọi của mạng GSM.
7. Trình bày các kênh logic GPRS.

Tài liệu tham khảo

- [1] Forsberg, D. Horn, G., Moeller, W.-D. and Niemi, V., LTE Security, JohnWiley & Sons, Ltd, Chichester, 2010.
- [2] Technical Specification Group Radio Access Network; Deployment aspects (Release 14), 3GPP TR 25.943 V14.0.0 (2017-03).
- [3] Technical Specification Group GSM/EDGE, Radio Access Network; Radio transmission and reception, (Release 1999), 3GPP TS 05.05 V8.20.0 (2005-11).
- [4] Eberspächer, J., Vögel, H.-J., Bettstetter C. and Hartmann, C., GSM – Architecture, Protocols and Services, JohnWiley & Sons, Ltd, Chichester, 2009.
- [5] General Packet Radio Service (GPRS); Overall description of the GPRS radio interface; Stage 2; 3GPP TS 43.064 version 12.2.0 Release 12.
- [6] Sanders, G., Thorens, L., Reisky, M., Rulik O. and Deylitz, S., GPRS Networks, JohnWiley & Sons, Ltd, 2003.
- [7] Halonen, T., Romero, J. and Melero, J., GSM, GPRS, and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS, JohnWiley & Sons, Ltd, 2003..

