

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

LÊ VIỆT SƠN

KHÓA 7

HỆ ĐÀO TẠO DÀI HẠN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

MÃ SỐ: 5252020109

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ LTE-ADVANCED TRONG
THÔNG TIN DI ĐỘNG**

Cán bộ hướng dẫn khoa học: Đại úy, GVC – TS . VŨ VĂN

NĂM 2013

MỤC LỤC

Mục lục

Lời mở đầu.....	1
CHƯƠNG I HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VÀ CÔNG NGHỆ LTE – ADVANCED.....	2
1.1. Cơ sở nghiên cứu	2
1.2. Hệ thống thông tin di động.....	3
1.3. Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động.....	5
1.4. Hệ thống thông tin di động 4G và công nghệ LTE-Advanced.....	8
1.4.1. Hệ thống thông tin di động 4G.....	8
1.4.2. Các dịch vụ hệ thống di động 4G cung cấp.....	10
1.4.3. Công nghệ LTE-Advanced.....	17
1.5. Kết luận chương 1.....	18
CHƯƠNG II CÔNG NGHỆ LTE.....	19
2.1. Tổng quan về công nghệ LTE.....	19
2.1.1. Giới thiệu về công nghệ LTE.....	19
2.1.2. Tiềm năng công nghệ.....	20
2.1.3. Hiệu suất hệ thống.....	21
2.1.4. Quản lý tài nguyên vô tuyến.....	22
2.2. Kiến trúc mạng LTE.....	23
2.3. Truy nhập vô tuyến trong LTE.....	24
2.3.1. Các chế độ truy nhập vô tuyến.....	24
2.3.2. Băng tần truyền dẫn.....	25

2.3.3. Kỹ thuật đa truy nhập.....	25
2.3.4. Kỹ thuật đa anten MIMO.....	28
2.4. Lớp vật lý LTE.....	31
2.4.1. Điều chế.....	31
2.4.2. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng lên.....	33
2.4.3. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng xuống.....	39
2.5. Các thủ tục truy nhập LTE.....	44
2.5.1. Dò tìm tế bào.....	44
2.5.2. Truy nhập ngẫu nhiên.....	45
2.6. Kết luận chương 2.....	47
CHƯƠNG III CÔNG NGHỆ LTE-ADVANCED TRONG THÔNG TIN DI ĐỘNG.....	48
3.1. LTE-Advanced.....	48
3.2. Những công nghệ đề xuất cho LTE-Advanced.....	49
3.2.1. Băng thông và phổ tần.....	49
3.2.2. Giải pháp đa anten.....	50
3.2.3. Truyền dẫn đa điểm phối hợp.....	50
3.2.4. Các bộ lặp và chuyển tiếp.....	51
3.2.5. MCMC CDMA.....	53
3.3. Khảo sát tình hình triển khai TLE-Advanced trên thế giới và ở Việt Nam.....	65
3.3.1. Tình hình triển khai LTE-Advanced trên thế giới.....	65
3.3.2. Khả năng triển khai LTE-Advanced ở Việt Nam.....	66
3.4. Kết luận chương 3.....	68
Kết luận.....	69

LỜI MỞ ĐẦU

Thông tin di động ngày nay đã trở thành một ngành công nghiệp phát triển vô cùng nhanh chóng. Mặc dù các hệ thống thông tin di động thế hệ 3G hay 3.5G vẫn đang phát triển không ngừng nhưng những nhà khai thác viễn thông trên thế giới đã tiến hành triển khai một chuẩn di động thế hệ mới đó là hệ động thông tin di động thế hệ thứ tư.

Xuất phát từ vấn đề trên em đã lựa chọn đề tài tốt nghiệp của mình là: “Nghiên cứu công nghệ LTE – Advanced trong thông tin di động”. Mục tiêu cơ bản của đề án là nêu ra những hoạt động cơ bản của hệ thống LTE-Advanced, tìm hiểu những công nghệ mới, những cải tiến về chất lượng dịch vụ để đảm bảo đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của người dùng đối với mạng di động.

Đề tài của em bao gồm 3 chương :

- Chương 1 : Hệ thống thông tin di động và công nghệ LTE – Advanced.
- Chương 2 : Công nghệ LTE trong thông tin di động.
- Chương 3 : Công nghệ LTE – Advanced trong thông tin di động.

Tuy nhiên do LTE – Advanced là công nghệ còn mới, đang được hoàn thiện cũng như do giới hạn về kiến thức và thời gian nên đề án khó tránh khỏi thiếu sót. Rất mong được sự đóng góp ý kiến của thầy cô.

CHƯƠNG I. HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG VÀ CÔNG NGHỆ LTE-ADVANCED

1.1. Cơ sở nghiên cứu

Xã hội đang ngày càng phát triển, điều kiện sống của con người được nâng cao dẫn đến nhu cầu trong việc trao đổi dữ liệu, sử dụng các loại dịch vụ cùng nhu cầu giải trí trên các thiết bị di động ngày càng tăng. Trước các nhu cầu đó, các hệ thống thông tin di động thế hệ đầu không đáp ứng đủ các yêu cầu cần phục vụ, do đó chuẩn các hệ thống thông tin di động 3.5G, 3.9G, 4G đã được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng.

Năm 2006, ở Nhật Bản, hãng viễn thông NTT DoCoMo đã triển khai thành công và đưa vào khai thác hệ thống thông tin di động 3.5G HSDPA. Ngày 14 tháng 12 năm 2009 dịch vụ LTE (3.9G) đầu tiên được hãng TeliaSonera khai trương ở Oslo và Stockholm [7]. Với các thử nghiệm đầu tiên của hệ thống di động 4G, nó sẽ cho tốc độ 5Gbps ở môi trường trong nhà và tốc độ 100Mbps ở môi trường ngoài trời trên đối tượng chuyển động với tốc độ cao (250km/h). Với sự bùng nổ về tốc độ, hệ thống 4G sẽ được ứng dụng rộng rãi trên rất nhiều lĩnh vực trong cuộc sống như: dịch vụ chăm sóc sức khỏe, dịch vụ đặt hàng di động, thương mại di động...

Hiện nay, ở nước ta đang tồn tại đồng thời nhiều thế hệ của hệ thống thông tin di động (2G, 2.5G, 3G). Tuy việc triển khai hệ thống di động 4G vẫn là vấn đề trong tương lai, nhưng trước xu thế phát triển chung của công nghệ viễn thông đặc biệt là công nghệ thông tin di động, thì việc nghiên cứu, tìm hiểu hệ thống di động 4G là cấp thiết.

1.2. Hệ thống thông tin di động

Cho đến nay, hệ thống thông tin di động đã trải qua nhiều bước phát triển quan trọng. Từ hệ thống thông tin di động tương tự thế hệ thứ nhất đến hệ thống thông tin di động số thế hệ thứ hai. Những năm đầu thế kỷ 21 hệ thống thông tin di động băng rộng thế hệ thứ ba đã và đang được triển khai và ứng dụng rộng rãi phục vụ đời sống con người. Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư đã được các hãng viễn thông lớn như: liên minh viễn thông quốc tế ITU (International Telecommunication Union) nghiên cứu và chuẩn hóa. Hiện nay, hệ thống thông tin di động thế hệ thứ 4 đã được đưa vào khai thác thương mại tại một số nơi trên thế giới. Dịch vụ chủ yếu của hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất và thứ hai là thoại còn dịch vụ của thế hệ thứ ba về sau sẽ phát triển theo hướng dịch vụ dữ liệu và đa phương tiện.

Các hệ thống thông tin di động tế bào số hiện nay đang ở giai đoạn thế hệ thứ hai cộng (2.5G), thế hệ thứ ba (3G) và thế hệ thứ ba cộng (3.5G). Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của các dịch vụ thông tin di động nên ngay từ đầu những năm 90 người ta đã tiến hành nghiên cứu hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba. Liên minh viễn thông quốc tế bộ phận vô tuyến (ITU-R) đã thực hiện tiêu chuẩn hóa cho hệ thống thông tin di động toàn cầu IMT-2000. Ở châu Âu, Viện tiêu chuẩn Viễn Thông Châu Âu (ETSI) đã thực hiện tiêu chuẩn hóa phiên bản của hệ thống này với tên gọi là UMTS (Universal Mobile Telecommunication System: Hệ thống viễn thông di động toàn cầu). Hệ thống này làm việc ở dải tần 2GHz và cung cấp nhiều loại dịch vụ bao gồm từ các dịch vụ thoại, số liệu tốc độ thấp hiện có đến các dịch vụ số liệu tốc độ cao, video và truyền thanh. Tốc độ cực đại của người sử dụng có thể lên tới 2Mbps. Tốc độ cực đại này chỉ có trong các ô pico trong nhà, còn các dịch vụ với tốc độ 14,4Kbps sẽ được

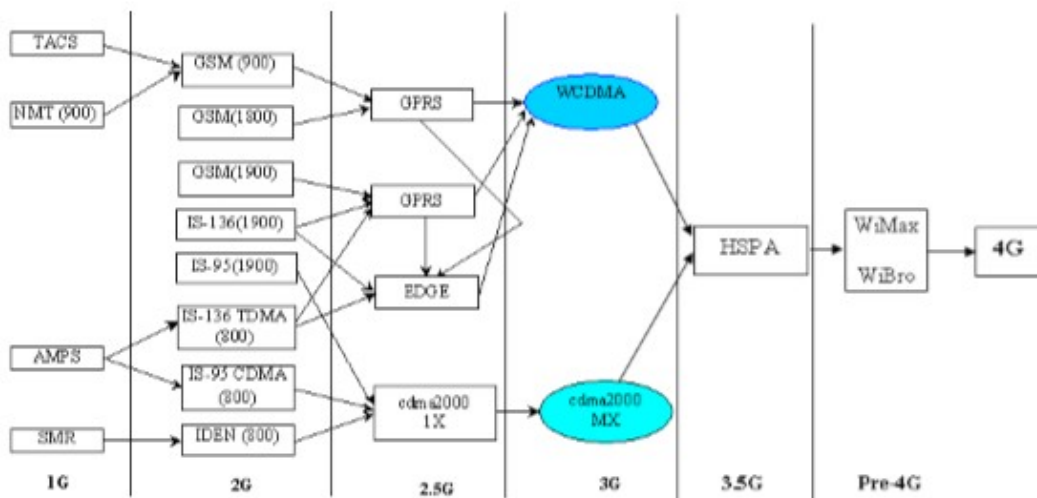
đảm bảo cho thông tin di động thông thường ở các ô macro. Người ta cũng đã nghiên cứu các hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư có tốc độ cho người sử dụng khoảng 2Gbps. Ở hệ thống di động băng rộng (MBS) thì các sóng mang được sử dụng ở các bước sóng mm, độ rộng băng tần là 64MHz và dự kiến sẽ tăng tốc độ của người sử dụng đến STM-1 [1].

Hiện nay, ở hầu hết các quốc gia trên thế giới đã triển khai hệ thống thông tin di động 3G. Theo thống kê của hai hãng Informa Telecom & Media và WCIS and 3G America, hiện nay có 181 hãng cung cấp dịch vụ trên 77 quốc gia đã đưa vào khai thác dịch vụ các mạng di động thế hệ thứ ba của mình. Với hệ thống di động 3.5G (HSDPA) thì có đến 135 hãng cung cấp dịch vụ trên 63 quốc gia đã cung cấp các dịch vụ của hệ thống di động 3.5G. Hệ thống tiền 4G (Pre-4G) là WiMax cũng đã được triển khai và đưa vào khai thác dịch vụ ở một số thành phố như London, NewYork vào quý 2 năm 2007.

Ở nước ta, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của thông tin liên lạc nói chung, những năm gần đây thông tin di động ra đời như một tất yếu khách quan nhằm đáp ứng nhu cầu trao đổi thông tin trong thời kỳ đổi mới của đất nước. Vào thời kỳ ban đầu, xuất hiện một số mạng thông tin di động như mạng nhắn tin ABC, mạng nhắn tin toàn quốc...có tính chất thử nghiệm cho công nghệ thông tin di động. Sau đó năm 1993, mạng điện thoại di động MobiFone sử dụng kỹ thuật số GSM đã được triển khai và chính thức đưa vào hoạt động với các thiết bị của hãng ALCATEL. Năm 1996 mạng Vinaphone ra đời, đến năm 2003 mạng S-Fone sử dụng công nghệ CDMA của Saigon Postel đi vào khai thác. Năm 2004 mạng GSM của Viettel cũng chính thức đi vào hoạt động. Ngoài ra, EVN Telecom, Hà Nội Telecom cũng đi vào khai thác mạng di động thế hệ thứ ba.

1.3. Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động

Khi mới triển khai, hệ thống di động 1G mới chỉ cung cấp cho người sử dụng dịch vụ thoại, nhưng nhu cầu về truyền số liệu tăng lên đòi hỏi các nhà khai thác mạng phải nâng cấp rất nhiều tính năng mới cho mạng và cung cấp các dịch vụ giá trị gia tăng trên cơ sở khai thác mạng hiện có. Từ đó các nhà khai thác đã triển khai hệ thống di động 2G, 2.5G để cung cấp dịch vụ truyền số liệu tốc độ cao hơn. Cùng với Internet, Intranet đã trở thành một trong những hoạt động kinh doanh ngày càng quan trọng, một trong số đó là xây dựng các công sở vô tuyến để kết nối các cán bộ “di động” với xí nghiệp hoặc công sở của họ. Ngoài ra, tiềm năng to lớn đối với các công nghệ mới là cung cấp trực tiếp tin tức và các thông tin khác cho các thiết bị vô tuyến sẽ tạo ra nguồn lợi nhuận mới cho nhà khai thác. Do vậy, để đáp ứng được các dịch vụ mới về truyền thông máy tính và hình ảnh, đồng thời đảm bảo tính kinh tế thì hệ thống di động thế hệ thứ hai đã từng bước chuyển đổi sang hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba. Khi mà nhu cầu về các dịch vụ đa phương tiện chất lượng cao tăng mạnh, mà tốc độ của hệ thống 3G hiện tại không đáp ứng được thì các tổ chức viễn thông trên thế giới đã nghiên cứu và chuẩn hóa hệ thống di động 4G.



Hình 1.1 Quá trình phát triển của thông tin di động [1]

Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động được mô tả ở hình 1.1, trong đó:

- + TASC (Total Access Communication System): Hệ thống thông tin truy nhập tổng thể.
- + NMT900 (Nordic Mobile Telephone 900): Hệ thống điện thoại Bắc Âu băng tần 900MHz.
- + AMPS (Advanced Mobile Phone Service): Dịch vụ điện thoại di động tiên tiến.
- + SMR (Specialized Mobile Radio): Vô tuyến di động chuyên dụng.
- + GSM 900 (Global System for Mobile): Hệ thống thông tin di động toàn cầu băng tần 900MHz.
- + GSM 1800: Hệ thống GSM băng tần 1800 MHz.
- + GSM 1900: Hệ thống GSM băng tần 1900 MHz.
- + IS-136 TDMA (Interim Standard- 136): Tiêu chuẩn thông tin di động TDMA cải tiến do AT&T đề xuất.
- + IS-95 CDMA: Tiêu chuẩn thông tin di động CDMA cải tiến của Mỹ.
- + GPRS (General Packet Radio System): Hệ thống vô tuyến gói chung.
- + EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution): Những tốc độ số liệu tăng cường để phát triển GSM.
- + CDMA 2000 1x: Hệ thống CDMA 2000 giai đoạn 1.
- + WCDMA (Wideband CDMA): Hệ thống CDMA băng rộng.
- + CDMA 2000 Mx: Hệ thống CDMA 2000 giai đoạn 2 [2].
- + HSPA (High Speed Packet Access): Hệ thống truy nhập gói tốc độ cao. Hệ thống HSPA được chia thành 3 công nghệ sau:
 - HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): Hệ thống truy nhập gói đường xuống tốc độ cao.
 - HSUPA (High Speed Uplink Packet Access): Hệ thống truy nhập gói đường lên tốc độ cao.

- HSODPA (High Speed OFDM Packet Access): Hệ thống truy nhập gói OFDM tốc độ cao.

+Pre-4G: Các hệ thống tiền 4G gồm WiMax và WiBro (Mobile Wimax).

+ WiMax: Worldwide Interoperability for Microwave Access.

+ WiBro: Wireless Broadband System: Hệ thống băng rộng không dây.

Từ quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động từ khi ra đời đến nay ta có thể tổng kết các thế hệ thông tin di động qua bảng sau:

Bảng 1.1. Tổng kết các thế hệ thông tin di động.

Thế hệ thông tin di động	Hệ thống	Dịch vụ chung	Chú thích
Thế hệ 1 (1G)	AMPS, TACS, NMT	Thoại	FDMA, tương tự
Thế hệ 2 (2G)	GSM, IS-136, IS-95	Chủ yếu cho thoại kết hợp với dịch vụ bản tin ngắn	TDMA hoặc CDMA, công nghệ số, băng hẹp (8-13 kbps)
Thế hệ 2+ (2.5G)	GPRS, EDGE, cdma2000 1x	Chủ yếu vẫn là thoại, dịch vụ số liệu gói tốc độ thấp và trung bình	TDMA (kết hợp nhiều khe thời gian hoặc tần số) hoặc CDMA, sử dụng phổ công lên phổ tần của hệ thống 2G, tăng cường truyền số liệu gói. Tốc độ tối đa đạt 144kbps.
Thế hệ 3 (3G)	cdma2000 1x EV DO/DV, cdma2000, WCDMA	Truyền dẫn thoại và dịch vụ số liệu đa phương tiện	CDMA, CDMA/ TDMA, băng rộng, riêng cdma2000 1x EV sử dụng phổ công lên phổ của hệ thống 2G. Tốc độ tối đa đường xuống 2Mbps, đường lên 384kbps.
Thế hệ 3+ (3.5G)	HSDPA, HSUPA, HSOPA	Tích hợp thoại, dịch vụ số liệu và đa phương tiện tốc độ cao.	Phát triển từ 3G, CDMA/HS-DSCH. HSPDA cho tốc độ tối đa đường xuống 14.4Mbps, HSUPA có tốc độ đường lên tối đa 5.7Mbps, HSOPA cho tốc độ Downlink/Uplink tối đa là 200Mbps/100Mbps.
Thế hệ 4 (4G)	4G	Truyền dẫn thoại, số liệu, đa phương tiện tốc độ cực cao.	OFMA, MC/DS-CDMA, tốc độ tối đa ở môi trường trong nhà là 5Gbps, 100Mbps môi trường ngoài trời trên đối tượng chuyển động nhanh (250km/h).

1.4. Hệ thống thông tin di động 4G và công nghệ LTE-Advanced.

1.4.1. Hệ thống thông tin di động 4G.

Hệ thống thông tin di động 4G đã được đưa vào khai thác và sử dụng tại một số quốc gia phát triển trên thế giới từ năm 2012. Với sự đột phá về dung lượng, hệ thống di động 4G cung cấp những dịch vụ phục vụ sâu hơn vào đời sống sinh hoạt thường nhật, công việc cũng như có sự tác động lớn đến lối sống của chúng ta trong tương lai gần. Cụ thể trong các khía cạnh của cuộc sống được trình bày dưới đây :

- Trong giáo dục, nghệ thuật, khoa học

Nhờ có sự ưu việt của hệ thống 4G, sự tiên tiến của thiết bị đầu cuối, học sinh, sinh viên, các nhà nghiên cứu khoa học có thể trao đổi thông tin, hình ảnh cần thiết cho việc học tập nghiên cứu mà không có rào cản nào về mặt khoảng cách cũng như ngôn ngữ. Thiết bị đầu cuối di động của hệ thống 4G (điện thoại , đồng hồ đeo tay...) có tích hợp camera có chức năng thông dịch ngôn ngữ tự động giúp trao đổi thông tin trực tiếp .

- Giải trí

Hệ thống di động 4G cho phép sử dụng hệ thống trò chơi, âm nhạc, video và các nội dung liên quan. Những trò chơi hình ảnh có thể được truy nhập ở bất cứ nơi nào với những nội dung cực kỳ phong phú đa dạng.

- Truyền thông hình ảnh

Hệ thống di động 4G cũng được ứng dụng trong việc trao đổi thông tin giữa các điểm cách xa nhau. Một đoạn phim của một sự kiện thể thao có thể được gửi bởi một máy quay gắn trên một máy thu phát cầm tay và được gửi tức thời đến bất cứ đâu dù trong hay ngoài nước.

- Thương mại di động

Hệ thống di động 4G được ứng dụng trong trao đổi và thỏa thuận mua bán hàng hóa. Chỉ bằng thiết bị di động cầm tay người sử dụng có thể thu được các thông tin về sản phẩm, đặt hàng, thanh toán bằng tài khoản thông qua thiết bị di động.

- Cuộc sống thường nhật

Công nghệ xác thực cá nhân tiên tiến cho phép người sử dụng mua những hàng hóa đắt tiền một cách an toàn và thanh toán bằng tài khoản thông qua mạng di động. Dữ liệu được tải từ các thiết bị di động có thể sử dụng như là các thẻ thanh toán, thẻ ra vào, thẻ thành viên. Các dịch vụ di động cũng được sử dụng trong cuộc sống như: tải các chương trình tivi trên các máy chủ đặt tại gia đình lên thiết bị di động và xem chúng khi đi ra ngoài hoặc sử dụng thiết bị cầm tay di động để điều khiển robot từ xa.

- Y tế và chăm sóc sức khỏe

Những dữ liệu về sức khỏe có thể tự động gửi đến bệnh viện theo thời gian thực từ các thiết bị mang trên người của bệnh nhân, nhờ đó các bác sĩ có thể thực hiện việc kiểm tra sức khỏe hoặc xử lý tức thì các tình trạng khẩn cấp.

- Điều trị trong các tình trạng khẩn cấp

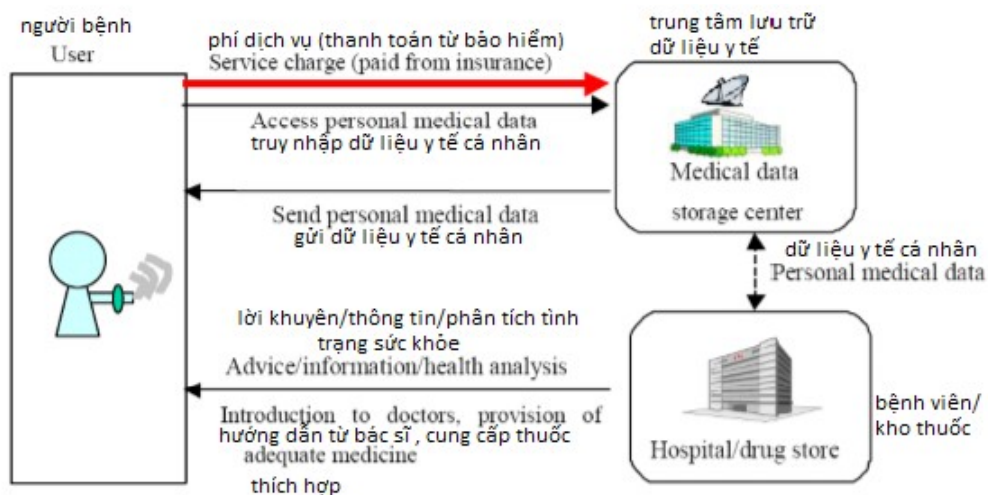
Phương tiện truyền thông di động được sử dụng cho cấp cứu khẩn cấp ngay sau khi tai nạn giao thông xảy ra. Vị trí của vụ tai nạn sẽ được thông báo tự động bằng cách sử dụng thông tin định vị, khi đó bác sĩ tại trung tâm y tế đưa ra các chỉ dẫn sơ cứu cho bệnh nhân thông qua việc quan sát bệnh nhân trên màn hình. Các dữ liệu y tế cũng được truyền ngay lập tức tới các xe cứu thương hoặc bệnh viện thông qua mạng di động.

- Ứng dụng trong thảm họa thiên tai

Hệ thống thông tin di động đóng vai trò là thiết bị thông tin quan trọng trong trường hợp xảy ra thảm họa thiên tai, cho phép truyền đi hình ảnh thực trạng của các khu vực xảy ra thảm họa. Do đó tại những nơi thảm họa không xảy ra tất cả các lãnh đạo chính phủ, phương tiện truyền thông đại chúng và người dân nói chung có thể chia sẻ thông tin [3].

1.4.2. Các dịch vụ hệ thống di động 4G cung cấp

- *Dịch vụ cung cấp thông tin y tế*

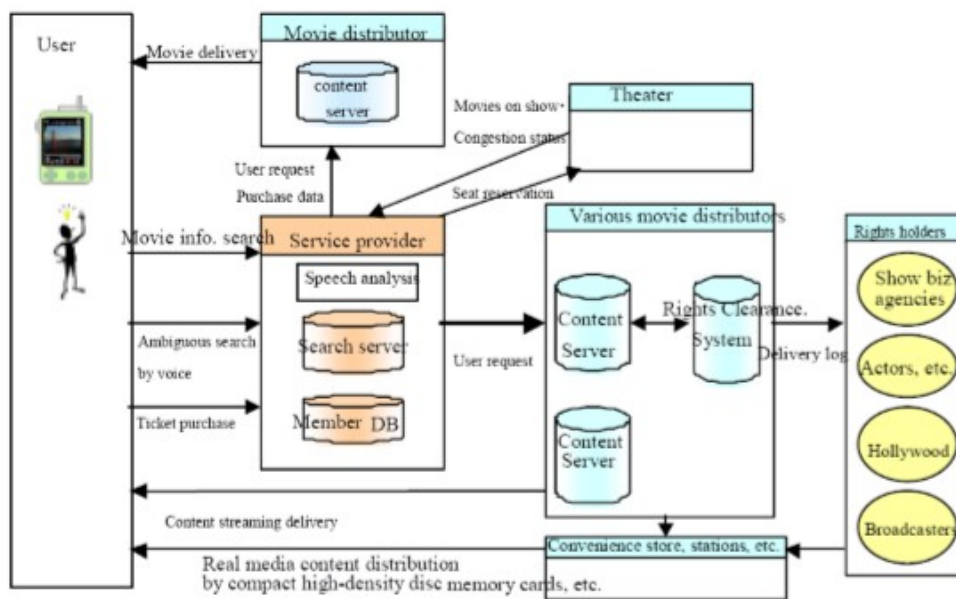


Hình 1.2. Dịch vụ thông tin y tế [4]

Dịch vụ cung cấp thông tin y tế sẽ cung cấp cho khách hàng những thông tin chính xác và đầy đủ về tình trạng sức khỏe. Khách hàng sẽ nhận được chỉ dẫn, đơn thuốc của bác sĩ khi có sự thay đổi về tình trạng sức khỏe từ trung tâm chăm sóc y tế trên thiết bị di động của mình. Đồng thời khách hàng có thể truy nhập thông tin về sức khỏe của mình trên thiết bị di động [4]. Thậm chí trong dịch vụ này với công nghệ điều trị gen tiên tiến, khách hàng có thể tải những thông tin về gen của họ ngay lập tức để có những biện pháp điều trị thích hợp.

- Dịch vụ cung cấp nội dung tiên tiến

Người dùng có thể dùng lời thoại để tìm kiếm (từ khóa không nhất thiết phải chính xác) và lựa chọn video yêu thích trên thiết bị di động đầu cuối ở bất cứ đâu, bất cứ nơi nào. Nếu người dùng muốn xem phim ở rạp chiếu phim thì có thể đặt trước hoặc mua vé điện tử. Những video cũng có thể được trình chiếu trên tàu thậm chí trên một thiết bị kính đeo mắt có khả năng hiển thị hình ảnh.



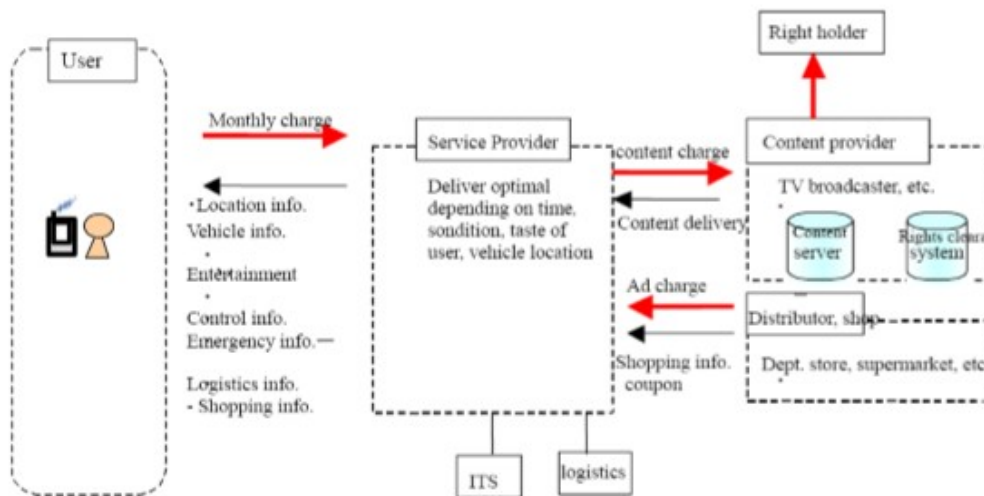
Hình 1.3. Hệ thống cung cấp nội dung tiên tiến [4]

Trong đó :

- + Movie delivery: phân phát phim.
- + Movie info. search: tìm kiếm thông tin phim.
- + Ambiguous search by voice: tìm kiếm thông tin phim bằng lời nói.
- + Ticket Purchase: thẻ dịch vụ.
- + Content streaming delivery: cung cấp luồng nội dung.
- + Movie distributor: nhà cung cấp phim .
- + Real media content distribution by compact high-density disc memory card : phân phối nội dung bằng thẻ nhớ đĩa nén mật độ cao.

- + Content server: máy chủ nội dung
- + Service provicer: nhà cung cấp dịch vụ.
- + Speed analysis: khôi phân tích thoại.
- + Search server: máy chủ tìm kiếm.
- + Member DB: cơ sở dữ liệu thành viên.

- **Hệ thống định vị**



Hình 1.4. Hệ thống định vị

Trong đó :

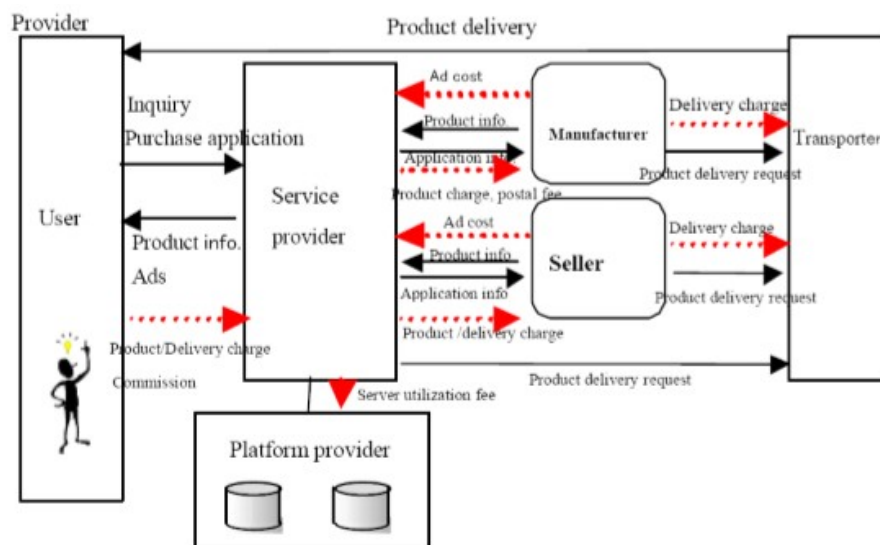
- + Monthly: phí dịch vụ hàng tháng.
- + Location info: thông tin vị trí.
- + Vehicle info: thông tin xe cộ.
- + Entertainment: giải trí
- + Emergency info: thông tin khẩn cấp.
- + Logistics info: thông tin hậu cần.
- + Right hold: người giữ bản quyền
- + Content charge: phí nội dung.

Người dùng có thể truy nhập các dịch vụ thông tin từ bên trong một chiếc xe đang chuyển động. Những thông tin này sẽ được cung cấp một

cách hợp lý phụ thuộc vào thời gian địa điểm và tính chất người sử dụng.
Bao gồm:

- + Dịch vụ thông tin định vị: định vị, chỉ dẫn tuyến đường, thông tin giao thông...
- + Dịch vụ thông tin xe cộ: thông tin xe, thông tin điều chỉnh động cơ...
- + Dịch vụ giải trí: radio, chương trình truyền hình...
- + Dịch vụ điều khiển: điều khiển xe trong trường hợp thiên tai.
- + Dịch vụ khẩn cấp: tai nạn, ốm đau bất ngờ...

- Dịch vụ đặt hàng di động



Hình 1.5. Hệ thống đặt hàng di động [4]

Trong đó:

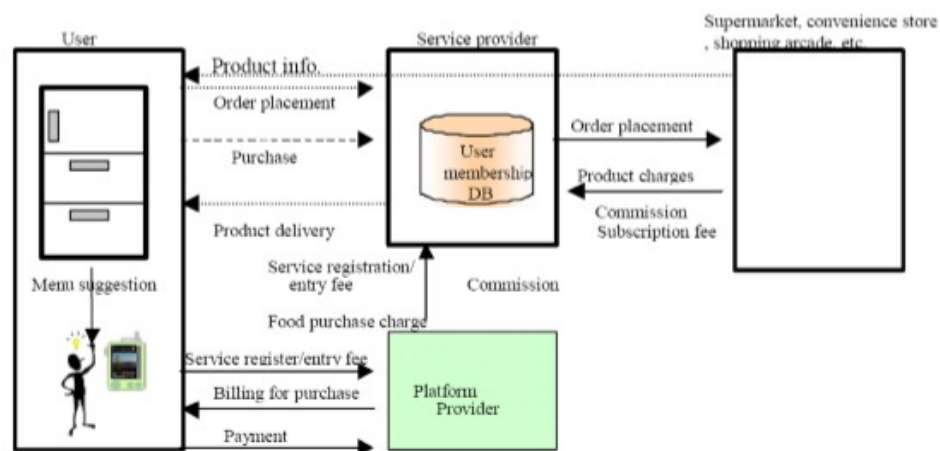
- + Inquiry purchase application: yêu cầu mua ứng dụng.
- + Product info/Ads: thông tin sản phẩm/quảng cáo
- + Product/delivery charge: phí sản xuất/phân phối.
- + Commission: hoa hồng.
- + Application info: thông tin ứng dụng.
- + Product info: thông tin sản phẩm.
- + Platform provider: nhà cung cấp nền tảng.

- + Ad cost: chi phí quảng cáo.
- + Server utilization fee: phí sử dụng server.
- + Manufacturer: nhà sản xuất.

Dịch vụ đặt hàng di động cho phép đặt mua các sản phẩm hay thu thập thông tin về sản phẩm một cách dễ dàng nhờ thiết bị đầu cuối thông qua tạp chí, sách báo... hay các hình ảnh.

Thông tin liên quan tới sản phẩm đó (video, đặc tính kỹ thuật) sẽ được tự động gửi tới một thiết bị đầu cuối di động từ trung tâm sản phẩm, và được hiển thị dưới dạng hình ảnh ba chiều (3D). Người sử dụng có thể đặt hàng sản phẩm ngay lập tức, việc thanh toán bằng tài khoản được thực hiện qua thiết bị đầu cuối di động của họ. Việc sử dụng chứng thực bằng võng mạc giúp cho việc đặt mua sản phẩm có giá trị trở nên đơn giản an toàn.

- Quản lý thực phẩm



Hình 1.6. Hệ thống quản lý thực phẩm [4]

Trong đó :

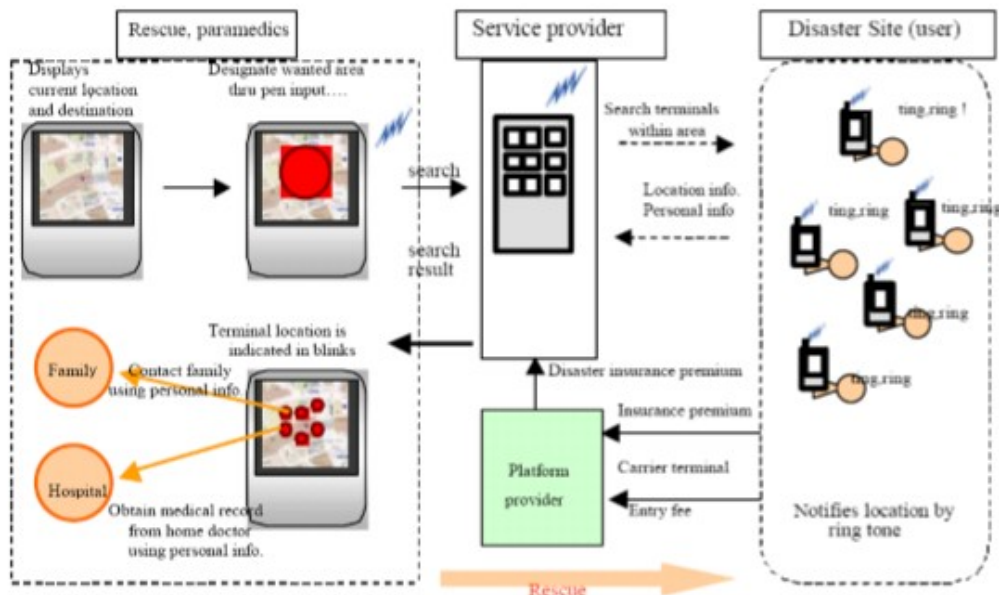
- + Service register/entry fee: phí đăng ký dịch vụ.
- + Food purchase charge: phí mua thực phẩm.
- + Billing for purchase: hóa đơn bán hàng.
- + Payment: thanh toán.

- + User membership DS: cơ sở dữ liệu thành viên.
- + Order placement: sắp xếp đặt hàng.

Dịch vụ hỗ trợ cho người sử dụng có thể truy nhập tới tủ lạnh của gia đình bằng thiết bị đầu cuối di động từ bên ngoài, để thấy thực phẩm nào hết thực phẩm nào vẫn còn. Nhờ hình ảnh hiển thị người dùng có thể biết được hạn sử dụng của thực phẩm. Người sử dụng cũng có thể tìm được các công thức của thực đơn họ sẽ nấu sử dụng các thực phẩm có sẵn trong tủ lạnh, thực phẩm nào thiếu sẽ được hiện ra trên màn hình và nếu đặt hàng chúng sẽ được gửi về nhà .

- Dịch vụ bảo hiểm rủi ro

Khi một ai đó bị kẹt trong đồng đồ nát trong một trận động đất quy mô lớn, khả năng của mạng điện thoại di động có thể cung cấp chính xác thông tin như vị trí của người đó - thiết bị đầu cuối luôn được kết nối internet trừ khi nó bị hỏng và luôn sẵn sàng hoạt động giải cứu một cách nhanh chóng.

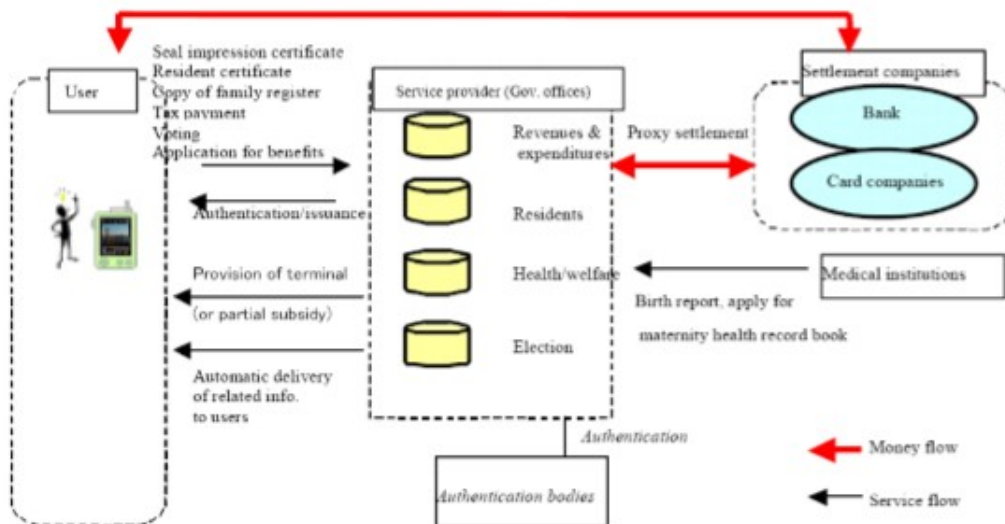


Hình 1.7. Hệ thống bảo hiểm rủi ro [4]

Trong đó :

- + Rescue, pramedics: cứu hộ, cứu hộ y tế.
- + Disaster site (user): khu vực xảy ra thiên tai.
- + Displays curent location and destination: hiển thị vị trí hiện tại.
- + Designate wanted area thru pen input: chỉ định vùng cần kiểm soát bằng bút cảm ứng.
- + Terminal location is indicated in blinks: vị trí thiết bị đầu cuối được chỉ ra tức thời.
- + Contact family using personal info: liên lạc với gia đình nhờ thông tin cá nhân.
- + Obtain medical record from home doctor using personal info: có được báo cáo y tế từ bác sĩ nhờ thông tin cá nhân.
- + Disaster insurance premium: phí bảo hiểm thiên tai.
- + Notifies location by ring tone : thông báo vị trí bằng nhạc chuông.

Dịch vụ hành chính quản lý di động .



Hình 1.8. Hệ thống quản lý di động [4]

Khách hàng có thể truy nhập thông tin và nhận được nhiều dịch vụ hành chính khác nhau từ chính quyền quốc gia/địa phương trên một thiết bị đầu cuối di động tại nhà hoặc tại công sở.

- Ứng dụng cho các tài liệu/văn bản khác nhau.
- Trả thuế, đưa ra thuế thu nhập.
- Phát hành sách chăm sóc sức khỏe cho sản phụ, đưa ra báo cáo về sinh sản, ứng dụng cho kiểm tra sức khỏe của trẻ, và các dịch vụ sức khỏe khác.

Bỏ phiếu bầu cử.

1.4.3. Công nghệ LTE – Advanced

LTE–Advanced (Long Term Evolution–Advanced) là một chuẩn truyền thông di động, chính thức trở thành một ứng cử viên cho hệ thống thông tin di động 4G vào cuối năm 2009, đã được phê duyệt bởi ITU và được hoàn thành bởi 3GPP (dự án đối tác thế hệ thứ ba) và tháng 3 năm 2011. Thực sự là một công nghệ truyền thông di động 4G, LTE-Advanced có đầy đủ các đặc điểm tính năng cũng như ứng dụng của hệ thống di động 4G đã nêu trên.

LTE – Advanced, như tên gọi của nó, thực chất chỉ là bản nâng cấp của LTE nhằm hướng đến thỏa mãn các yêu cầu của IMT – Advanced. Việc nâng cấp này được thể hiện ở chỗ các công nghệ đã được sử dụng trong LTE thì vẫn sử dụng trong LTE thì vẫn được sử dụng trong LTE – Advanced (OFDMA, SC – FDMA, MIMO, AMC, Hybrid ARQ...). Tuy nhiên có một số cải tiến để phát huy tối đa hiệu quả của chúng như: MIMO tăng cường, với cấu hình cao hơn (8x8 MIMO)... Đồng thời LTE – Advanced còn ứng dụng thêm nhiều kỹ thuật mới để nâng cao đặc tính của hệ thống như :

1. Carrier Aggregation (tổng hợp sóng mang)

2. Multi – antenna Enhancements (đa ăng – ten cải tiến)
3. Relays (trạm chuyển tiếp)
4. Heterogeneous Network (mạng không đồng nhất)
5. Coordinated Multipoint – CoMp (phối hợp đa điểm)

Bằng việc áp dụng nhiều giải pháp kỹ thuật công nghệ mới như trên, LTE – Advanced có các đặc tính cao hơn hẳn so với LTE về nhiều mặt (tốc độ, băng thông, hiệu suất sử dụng phổ, độ trễ xử lý...) [0]. Bảng so sánh sẽ cho ta thấy điều này:

Bảng 1.2. Bảng so sánh LTE với LTE – Advanced [6]

Đặc tính		LTE	LTE- Advanced
Tốc độ số liệu đỉnh	Downlink	326 Mbps	1 Gbps
	Uplink	86 Mbps	500 Mbps
Băng thông		≤ 20 MHz	≤ 100 MHz
Hiệu suất sử dụng phổ tần (b/s/Hz)	Downlink	16.3 (4x4 MIMO)	30 (8x8 MIMO)
	Uplink	4.32 (SISO)	15 (4x4 MIMO)
Độ trễ		~ 10 ms	~ 5 ms
Cấu hình MIMO	Downlink	4x4 MIMO	8x8 MIMO
	Uplink	2x4 MIMO	4x4 MIMO

1.5. Kết luận chương 1

Cho đến nay hệ thống thông tin di động đã trở thành một phần không thể thiếu đối với mỗi người trên khắp thế giới, nó được ứng dụng trên mọi mặt của cuộc sống. Tuy nhiên hệ thống thông tin di động hiện tại vẫn chưa đáp ứng một cách toàn diện nhu cầu của con người. Để tiến tới các ứng dụng và dịch vụ tương đối đầy đủ như đã nêu trên, hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư đã phải chuẩn bị những gì, chúng ta cùng tìm hiểu về nghệ LTE, công nghệ tiên công 4G.

CHƯƠNG II. CÔNG NGHỆ LTE

2.1. Tổng quan về công nghệ LTE

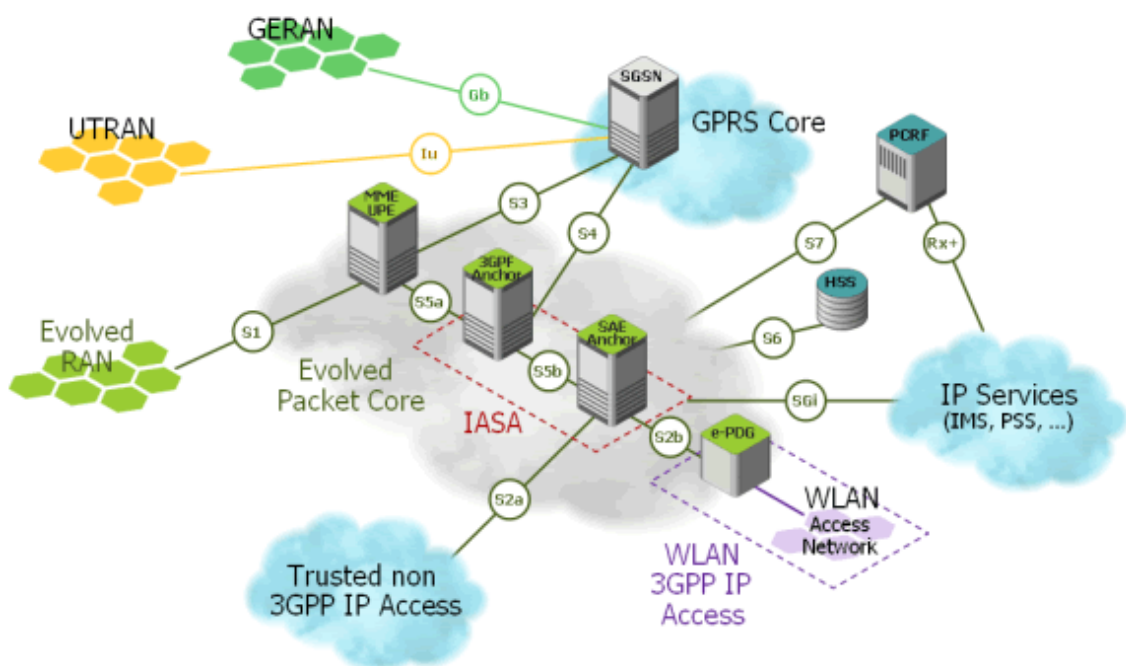
2.1.1. Giới thiệu về công nghệ LTE

LTE (Long Term Evolution) là một chuẩn truyền thông di động do 3GPP phát triển từ chuẩn UMTS. UMTS thế hệ thứ ba dựa trên WCDMA đã được triển khai trên toàn thế giới. Để đảm bảo tính cạnh tranh cho hệ thống này trong tương lai, tháng 11/2004 3GPP đã bắt đầu dự án nhằm xác định bước phát triển về lâu dài cho công nghệ di động UMTS với tên gọi Long Term Evolution (LTE). 3GPP đặt ra yêu cầu cao cho LTE bao gồm giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp dịch vụ tốt hơn, sử dụng linh hoạt các băng tần hiện có và băng tần mới, đơn giản hóa kiến trúc mạng với các giao tiếp mở và giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ ở thiết bị đầu cuối. Mục tiêu của LTE lúc đó là [3]:

- Tốc độ đỉnh tức thời với băng thông 20MHz:
Tải xuống: 100Mbps; Tải lên: 50Mbps
- Dung lượng dữ liệu truyền tải trung bình của một người dùng trên 1MHz so với mạng HSDPA Rel.6:
Tải xuống: gấp 3 đến 4 lần; Tải lên: gấp 2 đến 3 lần.
- Hoạt động tối ưu với tốc độ di chuyển của thuê bao là 0-15km/h. Vẫn duy trì hoạt động khi thuê bao di chuyển với tốc độ từ 120-350 km/h (thậm chí 500km/h tùy băng tần).
- Các chỉ tiêu trên phải đảm bảo trong bán kính vùng phủ sóng 5km, giảm chút ít trong phạm vi đến 30km. Từ 30-100km thì không hạn chế.

- Độ dài băng thông linh hoạt: có thể hoạt động với các băng 1.25MHz, 1.6MHz, 2.5MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz cả chiều lên và xuống.

Để đạt được mục tiêu này, sẽ có rất nhiều kỹ thuật mới được áp dụng trong đó nổi bật là kỹ thuật vô tuyến OFDMA, kỹ thuật anten MIMO. Ngoài ra hệ thống này sẽ chạy hoàn toàn trên nền IP (all-IPnetwork), và hỗ trợ cả 2 chế độ FDD và TDD.



Hình 2.1- Kiến trúc của mạng LTE.

2.1.2. Tiềm năng công nghệ

Yêu cầu được đặt ra việc đạt tốc độ giữ liệu đỉnh cho đường xuống là 100Mbps và đường lên là 50Mbps, khi hoạt động trong phân bố phổ 20MHz. Khi mà phân bố phổ hẹp hơn thì tốc độ dữ liệu đỉnh cũng sẽ tỉ lệ theo. Do đó, điều kiện đặt ra là có thể biểu diễn được 5 bit/s/Hz cho đường xuống và 2.5 bit/s/Hz cho đường lên. Như đã nói ở trên LTE hỗ trợ cả chế độ FDD và TDD, xét trường hợp TDD do truyền dẫn đường lên và đường

xuống không xuất hiện đồng thời nên yêu cầu tốc độ dữ liệu đỉnh cũng không thể trùng nhau đồng thời. Đối với trường hợp FDD, đặc tính của LTE cho phép quá trình phát và thu đồng thời đạt được tốc độ dữ liệu đỉnh theo phân lý thuyết ở trên.

2.1.3. Hiệu suất hệ thống

Yêu cầu lưu lượng người dùng được định rõ theo hai điểm: tại sự phân bố người dùng trung bình và tại sự phân bố người dùng phân vị thứ năm (khi mà 95% người dùng có được chất lượng tốt hơn). Mục tiêu hiệu suất phổ cũng được chỉ rõ, và trong thuộc tính này thì hiệu suất phổ được định nghĩa là lưu lượng hệ thống theo tế bào tính theo bit/s/MHz/cell. Những mục tiêu thiết kế này được tổng hợp trong bảng [5]:

Bảng 2.1- Các yêu cầu về hiệu suất phổ và lưu lượng người dùng

Phương pháp đo hiệu suất	Mục tiêu đường xuống so với cơ bản	Mục tiêu đường lên so với cơ bản
Lưu lượng người dùng trung bình (trên 1MHz)	3 lần – 4 lần	2 lần – 3 lần
Lưu lượng người dùng tại biên tế bào (trên 1MHz phân vị thứ 5)	2 lần – 3 lần	2 lần – 3 lần
Hiệu suất phổ bit/s/Hz/cell	3 lần – 4 lần	2 lần – 3 lần

Yêu cầu về độ linh động chủ yếu tập trung vào tốc độ di chuyển của các thiết bị đầu cuối di động. Tại tốc độ thấp, 0 – 15 km/h thì hiệu suất đạt được là tối đa, và cho phép giảm đi một ít với tốc độ cao hơn. Tốc độ tối đa có thể quản lý đối với một hệ thống LTE có thể thiết lập lên đến 350 km/h (thậm chí lên đến 500km/h tùy vào băng tần).

Yêu cầu về vùng phủ sóng tập trung chủ yếu vào phạm vi tế bào, nghĩa là khoảng cách tối đa từ vùng tế bào (cell site) đến thiết bị đầu cuối

di động trong cell. Đối với phạm vi tế bào lên đến 5km thì những yêu cầu về lưu lượng người dùng, hiệu suất phổ và độ linh động vẫn được đảm bảo trong giới hạn không bị ảnh hưởng bởi nhiễu. Đối với những tế bào có phạm vi lên đến 30km lưu lượng người dùng xuất hiện sự giảm nhẹ, hiệu suất phổ giảm một cách đáng kể nhưng vẫn có thể chấp nhận, yêu cầu về độ di động vẫn được đáp ứng.

Những yêu cầu MBMS nâng cao xác định cả hai chế độ: broadcast (quảng bá) và unicast. Yêu cầu đối với trường hợp broadcast là hiệu suất phổ 1bit/s/Hz, tương ứng với khoảng 16 kênh TV di động bằng cách sử dụng khoảng 300kbit/s trong mỗi phân bố phổ tần 5MHz. Hơn nữa, nó có thể cung cấp dịch vụ MBMS với chỉ một dịch vụ trên một sóng mang, cũng như kết hợp với các dịch vụ non- MBMS khác.

2.1.4. Quản lý tài nguyên vô tuyến

Những yêu cầu về quản lý tài nguyên vô tuyến được chia ra như sau: hỗ trợ nâng cao cho QoS end to end, hỗ trợ hiệu quả cho truyền dẫn ở lớp cao hơn, và hỗ trợ cho việc chia sẻ tài nguyên cũng như quản lý chính sách thông qua các công nghệ truy nhập vô tuyến khác nhau.

Việc hỗ trợ nâng cao cho QoS end to end yêu cầu cải thiện sự thích ứng giữa dịch vụ, ứng dụng và các điều kiện về giao thức.

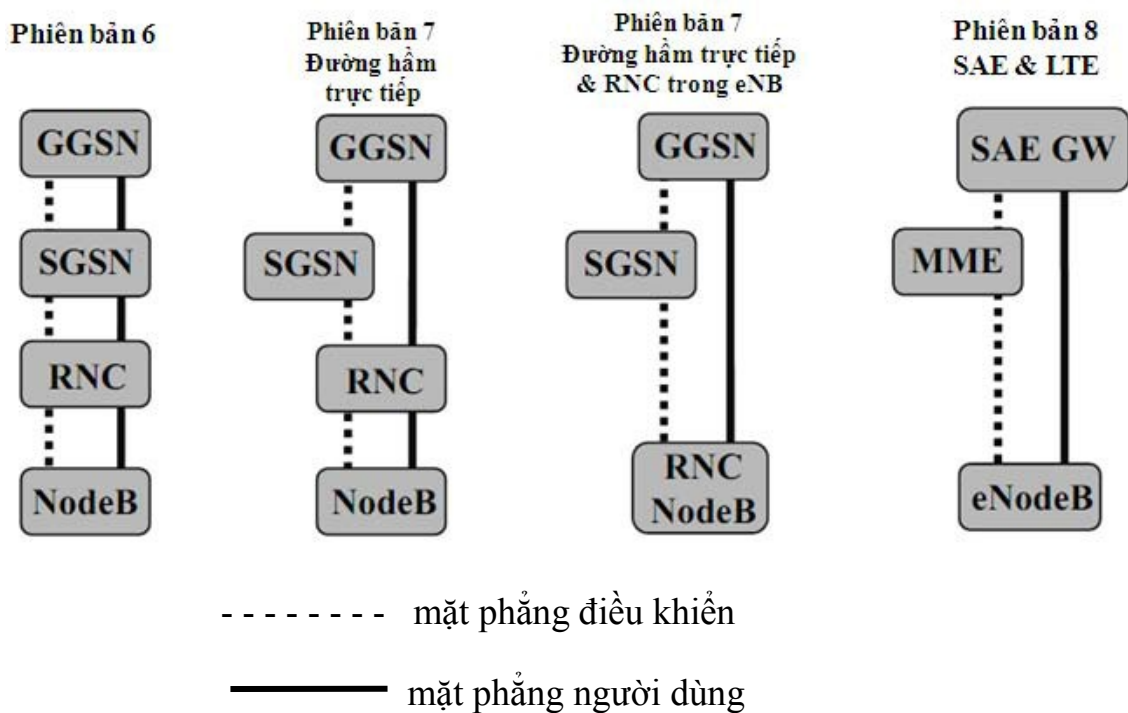
Việc hỗ trợ hiệu quả cho truyền dẫn ở lớp cao hơn đòi hỏi LTE phải có khả năng cung cấp cơ cấu để hỗ trợ truyền dẫn hiệu suất cao và hoạt động của các giao thức ở lớp cao hơn qua giao tiếp vô tuyến.

Việc hỗ trợ chia sẻ tài nguyên và quản lý chính sách thông qua các công nghệ truy nhập vô tuyến khác nhau đòi hỏi phải xem xét đến việc lựa chọn lại các cơ cấu để định hướng các thiết bị đầu cuối theo các dạng công

nghe truy nhập vô tuyến thích hợp cũng như hỗ trợ QoS end to end trong quá trình chuyển giao giữa các công nghệ truy nhập vô tuyến.

2.2. Kiến trúc mạng LTE

Nhiều các mục tiêu ngụ ý rằng một kiến trúc phẳng là cần thiết, kiến trúc phẳng với ít nút tham gia sẽ làm giảm độ trễ và cải thiện hiệu suất. Bắt đầu từ phiên bản 7, 3GPP đã phát triển ý tưởng đường hầm trực tiếp cho phép mặt phẳng người dùng bỏ qua SGSN [5].



Hình 2.2 Phát triển kiến trúc 3GPP hướng tới kiến trúc phẳng hơn

Kiến trúc mạng LTE được thiết kế với mục tiêu hỗ trợ lưu lượng chuyển mạch gói với tính di động linh hoạt, chất lượng dịch vụ (QoS) và độ trễ tối thiểu. Một phương pháp chuyển mạch gói cho phép hỗ trợ tất cả các dịch vụ bao gồm cả thoại thông qua các kết nối gói. Kết quả là trong một kiến trúc phẳng hơn, rất đơn giản chỉ với 2 loại nút cụ thể là nút B phát triển (eNB) và phần tử quản lý di động/công (MME/GW). Điều này hoàn toàn trái ngược với nhiều nút mạng trong kiến trúc mạng phân cấp hiện

hành của hệ thống 3G. Một thay đổi lớn nữa là phần điều khiển mạng vô tuyến (RNC) được loại bỏ khỏi đường dữ liệu và chức năng của nó hiện nay được thành lập ở eNB. Một số ích lợi của một nút duy nhất trong mạng truy nhập là giảm độ trễ và phân phối của việc xử lý tải RNC vào nhiều eNB. Việc loại bỏ RNC ra khỏi mạng truy nhập có thể một phần do hệ thống LTE không hỗ trợ chuyển giao mềm.

2.3. Truy nhập vô tuyến trong LTE

2.3.1. Các chế độ truy nhập vô tuyến

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

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

2.3.2. Băng tần truyền dẫn

LTE phải hỗ trợ thị trường không dây quốc tế, các quy định về phổ tần trong khu vực và phổ tần sẵn có. Để đạt được điều này các thông số kỹ thuật bao gồm băng thông kênh biến đổi có thể lựa chọn từ 1,4 tới 20MHz. Với khoảng cách giữa các sóng mang con là 15kHz. Nếu eMBMS mới được sử dụng, cũng có thể khoảng cách giữa các sóng mang con là 7,5kHz. Khoảng cách giữa các sóng mang con là một hằng số và nó không phụ thuộc vào băng thông của kênh. 3GPP đã xác định giao diện vô tuyến của LTE là băng thông không thể biết, nó cho phép giao diện vô tuyến thích ứng với băng thông kênh khác nhau với ảnh hưởng nhỏ nhất vào hoạt động của hệ thống.

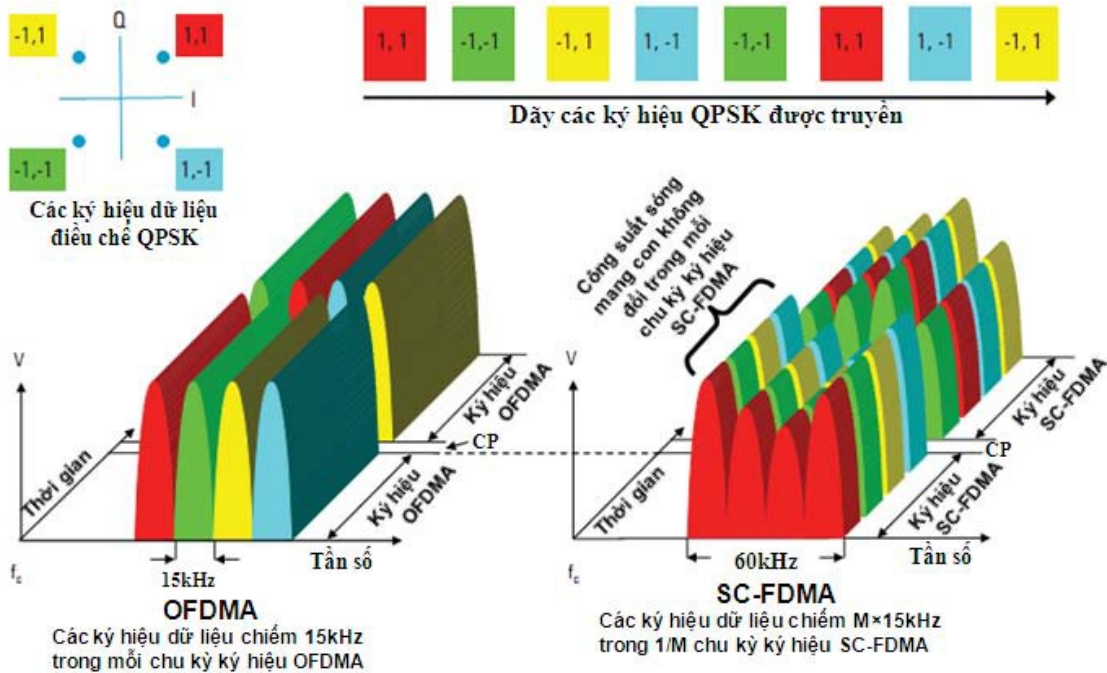
Giá trị nhỏ nhất của tài nguyên có thể được phân bố ở đường lên và đường xuống được gọi là một khối tài nguyên (RB). Một RB có độ rộng là 180kHz và kéo dài trong một khe thời gian là 0,5ms. Với LTE tiêu chuẩn thì một RB bao gồm 12 sóng mang con với khoảng cách giữa các sóng mang con là 15kHz, và cho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

2.3.3. Kỹ thuật đa truy nhập.

Kế hoạch truyền dẫn đường xuống cho E-UTRAN chế độ FDD và TDD được dựa trên kỹ thuật OFDM truyền thống. Trong hệ thống OFDM phổ tần có sẵn được chia thành nhiều sóng mang, được gọi là các sóng mang con. Mỗi sóng mang con được điều chế độc lập bởi một dòng dữ liệu tốc độ thấp. Tuy nhiên, việc truyền OFDMA phải chịu một tỷ lệ công suất đỉnh-đến-trung bình (PAPR) cao, điều này có thể dẫn đến những hệ quả tiêu cực đối với việc thiết kế một bộ phát sóng nhúng trong UE. Đó là, khi truyền dữ liệu từ UE đến mạng, cần có một bộ khuếch đại công suất để nâng tín hiệu đến lên một mức đủ cao để mạng thu được. Bộ khuếch đại

công suất là một trong những thành phần tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong một thiết bị, và vì thế nên hiệu quả công suất càng cao càng tốt để làm tăng tuổi thọ pin của máy. 3GPP đã tìm một phương án truyền dẫn khác cho hướng lên LTE. SC-FDMA được chọn bởi vì nó kết hợp các kỹ thuật với PAPR thấp của các hệ thống truyền dẫn đơn sóng mang, như GSM và CDMA, với khả năng chống được đa đường và cấp phát tần số linh hoạt của OFDMA.

Một sự so sánh giữa OFDMA và SC-FDMA được thể hiện như trong hình 2.3, ví dụ này chỉ sử dụng bốn (M) sóng mang con trong hai chu kỳ ký hiệu với dữ liệu tải trọng được biểu diễn bởi điều chế khóa dịch pha cầu phương (QPSK). Các tín hiệu LTE được cấp phát trong các đơn vị của 12 sóng mang con lân cận. Bên trái hình 2.4, M các sóng mang con 15kHz liên kề đã được đặt vào địa điểm mong muốn trong băng thông kênh và mỗi sóng mang con được điều chế với chu kỳ ký hiệu OFDMA là $66,7\mu\text{s}$ bởi một ký hiệu dữ liệu QPSK. Trong ví dụ này, bốn sóng mang con, bốn ký hiệu được đưa ra song song. Đây là các ký hiệu dữ liệu QPSK do đó chỉ có pha của mỗi sóng mang con là được điều chế và công suất của sóng mang con vẫn giữ không đổi giữa các ký hiệu. Sau một chu kỳ ký hiệu OFDMA trôi qua, các CP được chèn vào và bốn ký hiệu tiếp theo được truyền đi song song. Để cho hình ảnh nhìn được rõ ràng nên các CP được hiển thị như một khoảng trống, tuy nhiên, nó thực sự được lấp đầy với một bản sao của sự kết thúc của ký hiệu tiếp theo, có nghĩa là công suất truyền dẫn là liên tục nhưng có một sự gián đoạn pha ở biên của ký hiệu. Để tạo ra tín hiệu truyền đi, một IFFT được thực hiện trên mỗi sóng mang con để tạo ra M tín hiệu miền thời gian. Chúng lần lượt là vector tổng hợp để tạo ra dạng sóng miền thời gian cuối cùng được sử dụng để truyền dẫn.



Hình 2.3 OFDMA và SC-FDMA truyền một chuỗi ký hiệu dữ liệu QPSK

Sự tạo thành tín hiệu SC-FDMA được bắt đầu với một qui trình đặc biệt rồi sau đó nó cũng tiếp tục một cách tương tự như OFDMA. Tuy nhiên trước hết ta sẽ xem hình bên phải của hình 2.3. Sự khác biệt rõ ràng nhất là OFDMA truyền bốn ký hiệu dữ liệu QPSK song song trên mỗi sóng mang con, trong khi SC-FDMA truyền bốn ký hiệu dữ liệu QPSK trong loạt bốn lần, với mỗi ký hiệu dữ liệu chiếm $M \times 15\text{kHz}$ băng thông.

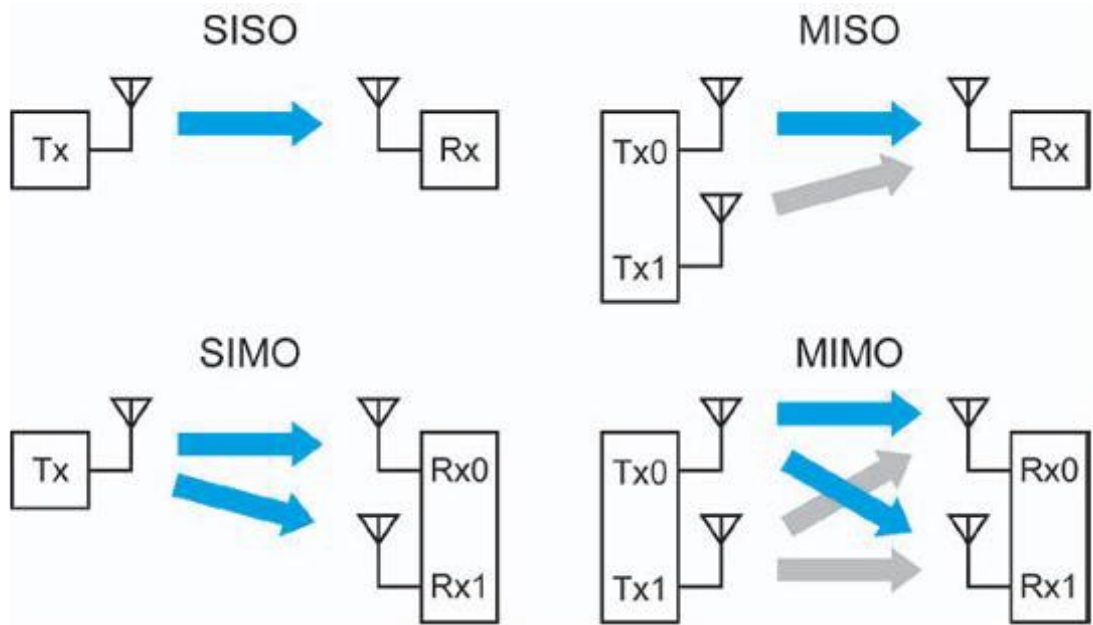
Nhìn một cách trực quan, tín hiệu OFDMA rõ ràng là đa sóng mang với một ký hiệu dữ liệu trên mỗi sóng mang con, nhưng tín hiệu SC-FDMA xuất hiện như nhiều hơn một sóng mang đơn (vì thế mà có “SC” trong tên SC-FDMA) với mỗi ký hiệu dữ liệu được biểu diễn bằng một loạt tín hiệu. Lưu ý rằng chiều dài ký hiệu OFDMA và SC-FDMA là như nhau với $66,7\mu\text{s}$, tuy nhiên, ký hiệu SC-FDMA có chứa M các ký hiệu con mà biểu diễn cho dữ liệu điều chế. Đó là việc truyền tải song song của nhiều các ký hiệu tạo ra PAPR cao không mong muốn với OFDMA. Bằng cách truyền M các ký hiệu dữ liệu trong dãy vào M thời điểm, SC-FDMA chiếm băng

thông cũng như đa sóng mang OFDMA nhưng chủ yếu là PAPR tương tự như được sử dụng cho các ký hiệu dữ liệu gốc. Thêm vào cùng nhau nhiều dạng sóng QPSK băng hẹp trong OFDMA sẽ luôn tạo ra các đỉnh cao hơn có thể thấy trong băng thông rộng hơn, dạng sóng QPSK đơn sóng mang SC-FDMA.

2.3.4. Kỹ thuật đa anten MIMO

Trung tâm của LTE là ý tưởng của kỹ thuật đa anten, được sử dụng để tăng vùng phủ sóng và khả năng của lớp vật lý. Thêm vào nhiều anten hơn với một hệ thống vô tuyến cho phép khả năng cải thiện hiệu suất bởi vì các tín hiệu phát ra sẽ có các đường dẫn vật lý khác nhau. Có ba loại chính của kỹ thuật đa anten. Đầu tiên nó giúp sử dụng trực tiếp sự phân tán đường dẫn trong đó một sự bức xạ đường dẫn có thể bị mất mát do fading và một cái khác có thể không. Thứ hai là việc sử dụng kỹ thuật hướng búp sóng (beamforming) bằng cách điều khiển mối tương quan pha của các tín hiệu điện phát ra vào các anten với năng lượng truyền lái theo tự nhiên. Loại thứ ba sử dụng sự phân tách không gian (sự khác biệt đường dẫn bằng cách tách biệt các anten) thông qua việc sử dụng ghép kênh theo không gian và sự tạo chùm tia, còn được gọi là kỹ thuật đa đầu vào, đa đầu ra (MIMO).

Hình 2.4 cho thấy, có 4 cách để thực hiện việc sử dụng kênh vô tuyến. Để đơn giản các ví dụ được miêu tả chỉ sử dụng một hoặc hai anten.



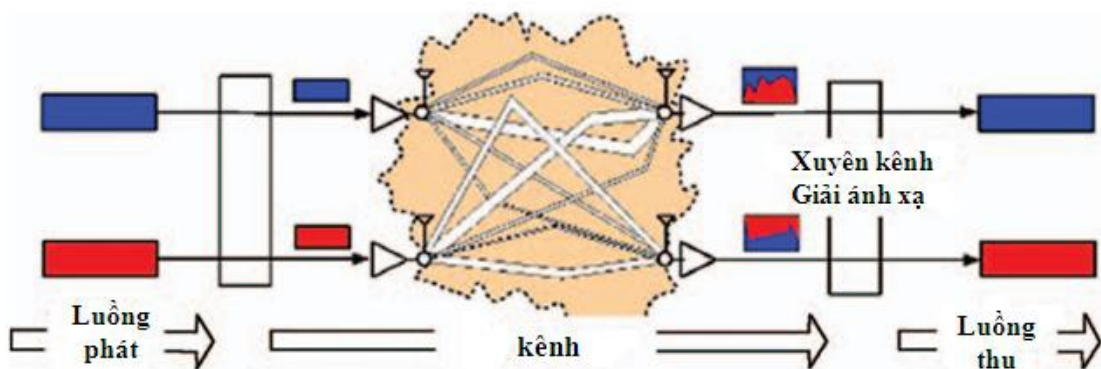
Hình 2.4 Các chế độ truy nhập kênh vô tuyến

Bao gồm :

- Đơn đầu vào đơn đầu ra (SISO)
- Đơn đầu vào đa đầu ra (SIMO)
- Đa đầu vào đơn đầu ra (MISO)
- Đa đầu vào đa đầu ra (MIMO)

LTE sử dụng kỹ thuật đa anten MIMO, ta tập trung tìm hiểu về kỹ thuật này. Từ hình 2.4, ta có thể thấy MIMO yêu cầu 2 hoặc nhiều máy phát và hai hoặc nhiều máy thu. MIMO làm tăng công suất phổ bằng cách phát nhiều luồng dữ liệu cùng một lúc trong cùng một tần số và thời gian, tận dụng đầy đủ các lợi thế của các đường dẫn khác nhau trong kênh vô tuyến. Đối với một hệ thống được mô tả như MIMO, nó phải có ít nhất là nhiều máy thu với nhiều luồng phát. Số lượng các luồng phát không được nhầm lẫn với số lượng các ăng ten phát. Hãy xem xét trường hợp phân tập phát (MISO) trong đó có hai máy phát nhưng chỉ có một dòng dữ liệu. Thêm nữa sự phân tập thu (SIMO) không chuyển cấu hình này vào MIMO,

mặc dù hiện tại có hai anten phát và hai anten thu có liên quan. Nói cách khác SIMO+MISO ≠ MIMO. Nếu N luồng dữ liệu được truyền từ ít hơn N anten, dữ liệu có thể không được giải xáo trộn một cách đầy đủ bởi bất kỳ máy thu nào từ đó tạo ra sự chồng chéo các luồng mà không có sự bổ sung của phân tập theo không gian thì chỉ tạo ra nhiễu. Tuy nhiên về mặt không gian việc tách biệt N các luồng qua tối thiểu N anten, N máy thu sẽ có thể tái tạo lại đầy đủ dữ liệu ban đầu và nhiễu trong kênh vô tuyến là đủ thấp. Một yếu tố quan trọng cho hoạt động MIMO là việc truyền từ mỗi anten phải là duy nhất để mỗi máy thu có thể xác định được cái gì mà nó đã nhận được. Việc nhận dạng này thường được thực hiện với các tín hiệu chỉ đạo, trong đó sử dụng các mẫu trực giao cho mỗi anten. Sự phân tập không gian của kênh vô tuyến nghĩa là MIMO có khả năng làm tăng tốc độ dữ liệu. Hình thức cơ bản nhất của MIMO đó là gán một dòng dữ liệu cho mỗi anten và được thể hiện như trong hình 2.5:



Hình 2.5 MIMO 2x2 không có tiền mã hóa

Trong dạng này, một luồng dữ liệu duy nhất được gán cho một anten và được biết đến như ánh xạ trực tiếp. Sau đó chúng được trộn lẫn với nhau trên kênh, mỗi anten thu sẽ nhận một sự kết hợp của các luồng. Bên thu sẽ sử dụng một bộ lọc để nghịch đảo và tổng hợp các luồng nhận được rồi tái tạo lại dữ liệu gốc. Một dạng tiên tiến hơn của MIMO là tiền mã hóa đặc

biệt để phù hợp với việc truyền dẫn ở chế độ đặc biệt của kênh. Kết quả này tối ưu trong mỗi luồng được lan truyền qua nhiều hơn một anten phát. Với kỹ thuật này để làm việc hiệu quả máy phát phải có sự hiểu biết về các điều kiện kênh truyền, và trong trường hợp FDD các điều kiện này phải được cung cấp trong thời gian thực bởi thông tin phản hồi từ UE. Như vậy nó sẽ làm phức tạp thêm một cách đáng kể cho việc tối ưu hóa nhưng hệ thống có thể làm việc với hiệu suất cao hơn. Tiền mã hóa với hệ thống TDD không yêu cầu nhận phản hồi bởi vì máy phát sẽ xác định một cách độc lập các điều kiện của kênh truyền bởi việc phân tích các tín hiệu nhận được trên cùng một tần số.

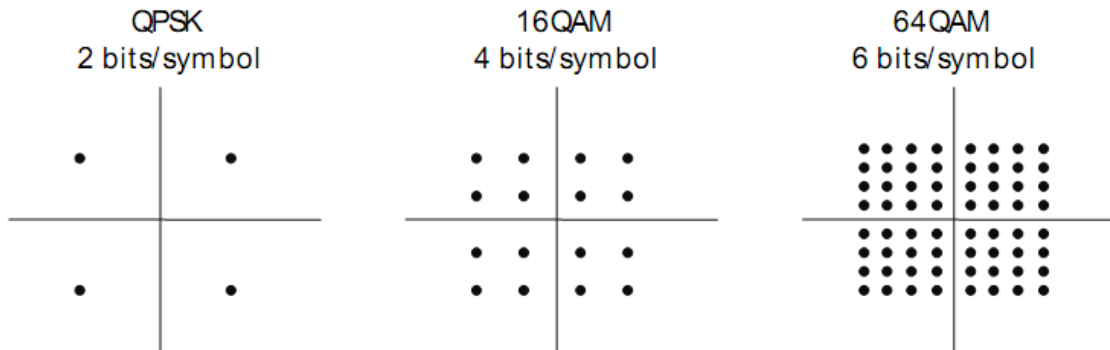
Những lợi ích về mặt lý thuyết của MIMO là chức năng của số lượng các anten truyền và nhận, các điều kiện lan truyền vô tuyến, SNR và khả năng của máy phát để thích nghi với các điều kiện thay đổi. Trường hợp lý tưởng là một trong các đường dẫn trong kênh truyền vô tuyến là hoàn toàn không tương quan,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

2.4. Lớp vật lý LTE

2.4.1. Điều chế

Trong điều chế hướng lên sử dụng bộ điều chế truyền thống là điều chế biên độ cầu phương (QAM). Trong các phương pháp điều chế có sẵn

(cho dữ liệu người dùng) là khóa dịch pha vuông góc (QPSK), 16QAM và 24 QAM. Trong đó QPSK và 16QAM là có sẵn trong tất cả các thiết bị, trong khi đó việc hỗ trợ cho 64QAM theo hướng đường lên là một khả năng của UE. Các chòm điểm điều chế khác nhau được thể hiện như trong hình 2.6:



Hình 2.6 Các chòm điểm điều chế trong LTE

Điều chế PRACH là điều chế pha và các chuỗi được sử dụng là được tạo ra từ các chuỗi Zadoff–Chu với những sự khác biệt về pha giữa các ký hiệu khác nhau của các chuỗi. Tùy thuộc vào chuỗi được chọn dẫn đến tỉ lệ đỉnh- trung bình (PAR) hoặc hơn nữa giá trị Metric khối (CM) thực tế là có phần thấp hơn hoặc cao hơn so với giá trị của QPSK.

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

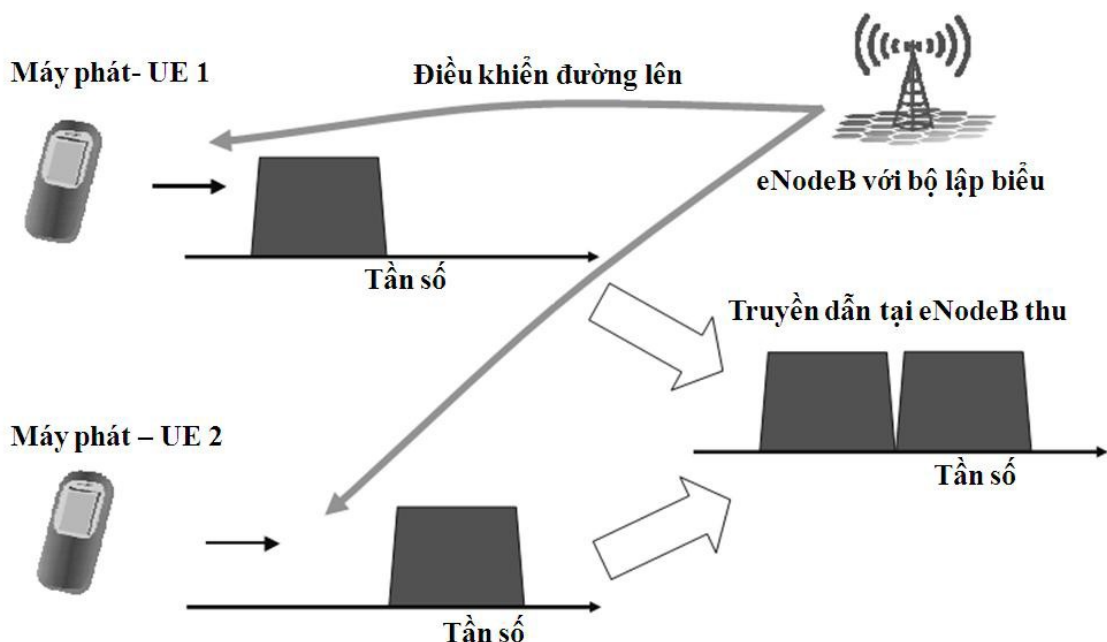
Trong hướng đường xuống, các phương pháp điều chế cho dữ liệu người sử dụng cũng tương tự như trong hướng lên. Theo lý thuyết thì hệ thống OFDM có thể sử dụng các điều chế khác nhau cho mỗi sóng mang con. Để có kênh thông tin chất lượng (và báo hiệu) với độ chi tiết như vậy

là sẽ không thể khả thi do dẫn đến chi phí quá mức. Nếu điều chế riêng từng sóng mang con sẽ có quá nhiều bit trong hướng đường xuống dành cho báo nhận trong các tham số của mỗi sóng mang con và trong hướng đường lên phản hồi chi thị chất lượng kênh (CQI) sẽ cần phải quá chi tiết để đạt được mức độ chi tiết các sóng mang con để có thể thích ứng.

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

2.4.2. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng lên

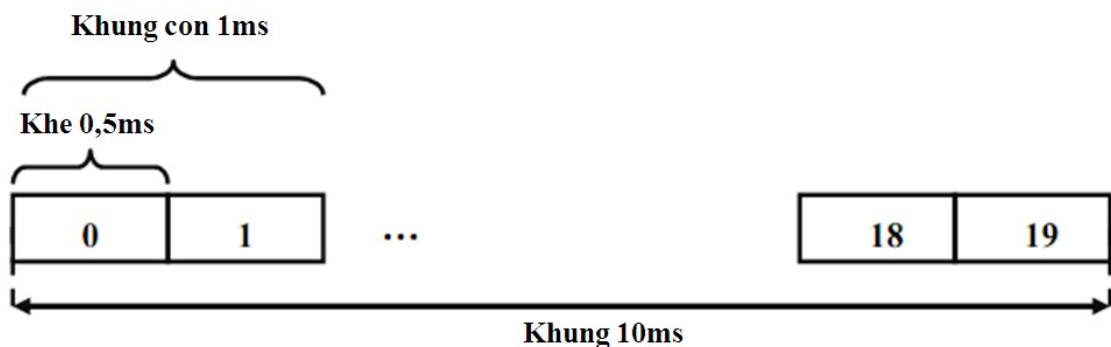
Dữ liệu người sử dụng trong hướng lên được mang trên PUSCH, trong đó một cấu trúc khung 10ms và được dựa trên sự cấp phát tài nguyên miền thời gian và miền tần số với 1ms và khoảng chia 180kHz. Việc phân bổ tài nguyên đi kèm từ một bộ lập biểu được đặt tại eNodeB, được minh họa trong hình 2.7:



Hình 2.7 Cấp phát tài nguyên hướng lên được điều khiển bởi bộ lập biểu eNodeB

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

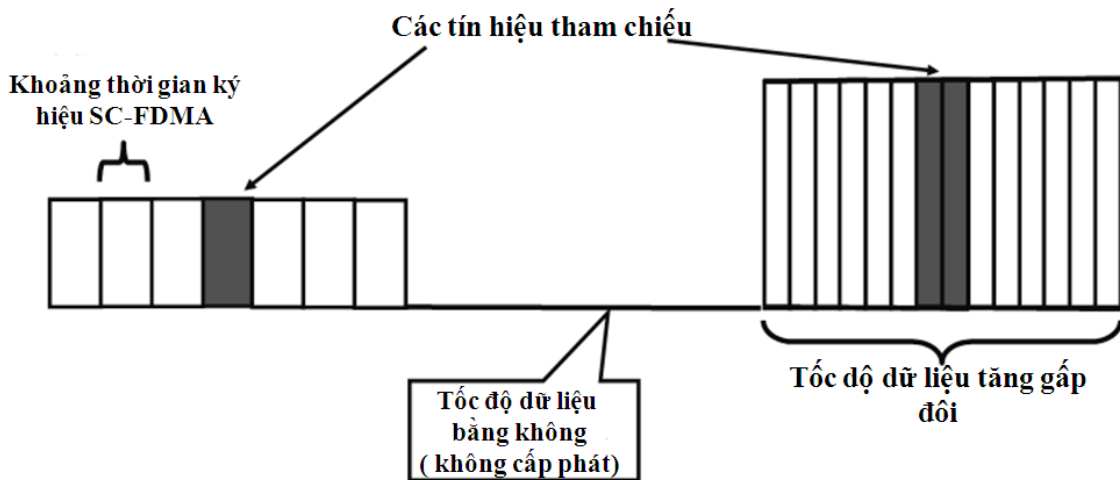
Cấu trúc khung thông qua cấu trúc khe 0,5ms và sử dụng 2 khe (1 khung con) thời gian được cấp phát. Chu kỳ cấp phát ngắn hơn 0,5ms có thể có được qua cường độ tín hiệu nhất là với một số lượng lớn người sử dụng. Cấu trúc khung 10ms được minh họa trong hình 2.8. Cấu trúc khung về cơ bản là phù hợp cho cả hai chế độ FDD và TDD, nhưng chế độ TDD có các phần bổ sung cho các điểm chuyển tiếp đường lên/đường xuống trong khung.



Hình 2.8 Cấu trúc khung LTE FDD

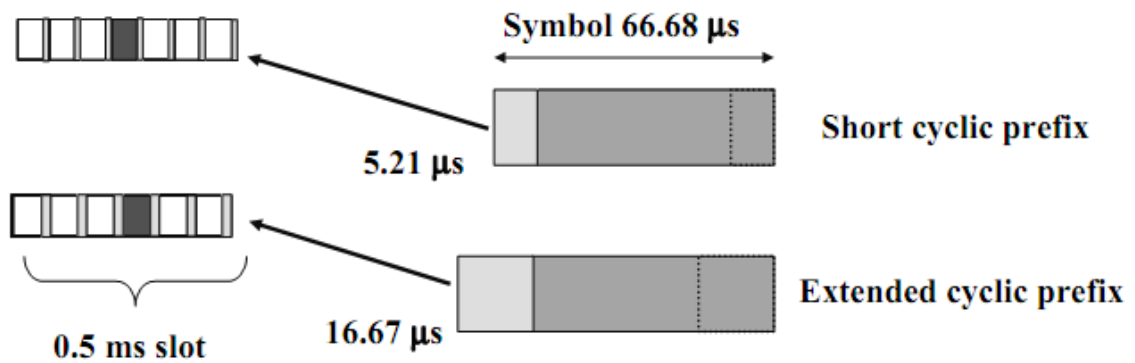
Trong khe 0,5ms có cả các ký hiệu tham chiếu và các ký hiệu dữ liệu người sử dụng. Tốc độ dữ liệu của người dùng là tạm thời do đó những sự thay đổi như là một chức năng của phân bổ tài nguyên đường lên tùy thuộc vào băng thông tạm thời được cấp phát. Băng thông có thể được cấp phát giữa 0 và 20MHz trong các bậc của 180kHz. Cấp phát là liên tục như truyền dẫn đường lên là FDMA được điều chế chỉ với một ký hiệu được

truyền tại một thời điểm. Băng thông khe được điều chỉnh giữa các TTI liên tiếp được minh họa như trong hình 2.9. Nơi mà tăng gấp đôi tốc độ dữ liệu kết quả là tăng gấp đôi băng thông được sử dụng. Các ký hiệu tham chiếu luôn chiếm cùng một không gian trong miền thời gian và do đó tốc độ dữ liệu cao hơn kết quả là sự tăng tương ứng với tốc độ dữ liệu ký hiệu tham chiếu.



Hình 2.9 Tốc độ dữ liệu giữa các TTI theo hướng lên

Tiền tố vòng(Cyclic Prefix) sử dụng trong đường lên có hai giá trị có thể phụ thuộc vào việc một tiền tố vòng là ngắn hoặc dài được áp dụng. Các thông số khác là không thay đổi và do đó khe 0,5ms có thể chứa cả 6 hoặc 7 ký hiệu như được chỉ ra trong hình 2.10. Các tải trọng dữ liệu bị giảm bớt nếu một tiền tố vòng mở rộng được sử dụng. Nhưng nó không được sử dụng thường xuyên thường là có lợi về hiệu suất vì có 7 ký hiệu lớn hơn nhiều so với sự suy giảm có thể có từ nhiều liên ký tự do sự trễ của kênh dài hơn so với tiền tố vòng.

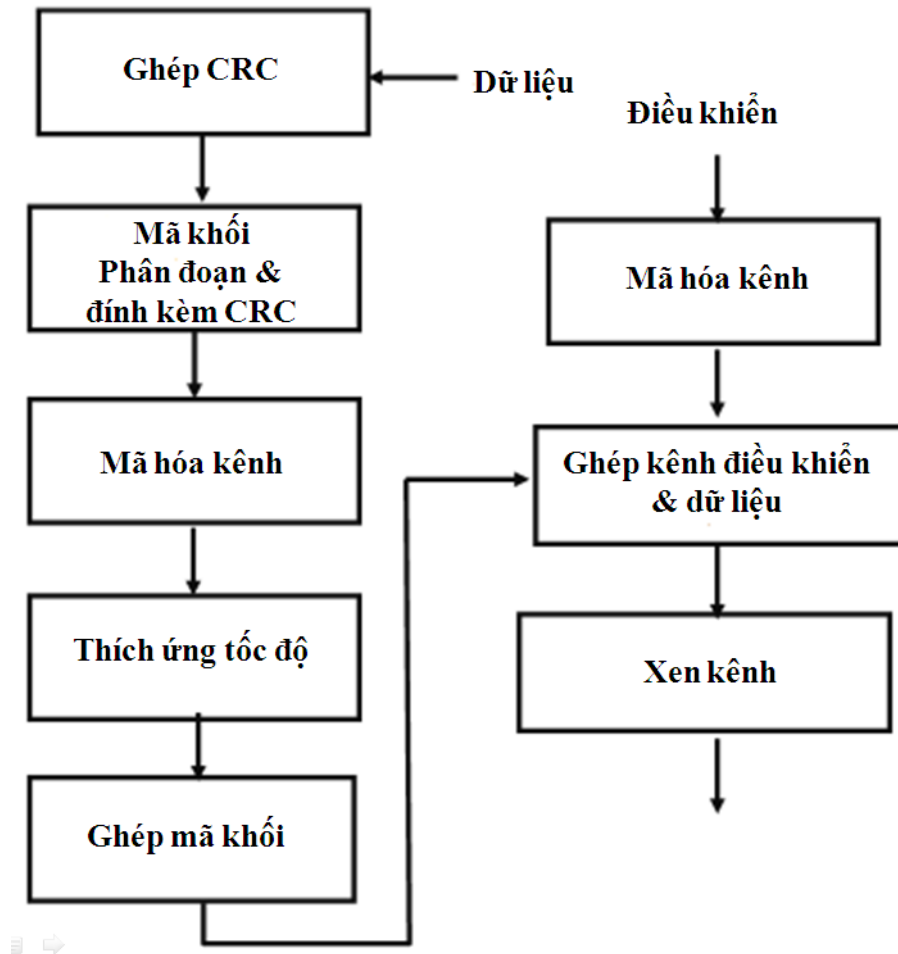


Hình 2.10 Cấu trúc khe đường lên với tiền tố vòng ngắn và dài

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

- Phương thức điều chế được áp dụng: với 2, 4 hoặc 6 bits trên ký hiệu điều chế tùy thuộc vào trình tự điều chế với QPSK, 16QAM và 64QAM tương ứng.
- Băng thông được áp dụng: đối với 1,4MHz có chi phí là lớn nhất do có các kênh chung và các tín hiệu đồng bộ. Băng thông tạm thời của kênh có thể biến đổi giữa sự cấp phát tối thiểu là 12 sóng mang con (một khối tài nguyên là 180kHz) và băng thông của hệ thống lên đến 1200 sóng mang con với băng thông 20MHz.
- Tốc độ mã hóa kênh được áp dụng.
- Tốc độ dữ liệu trung bình phụ thuộc vào thời gian phân bổ tài nguyên miền.

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



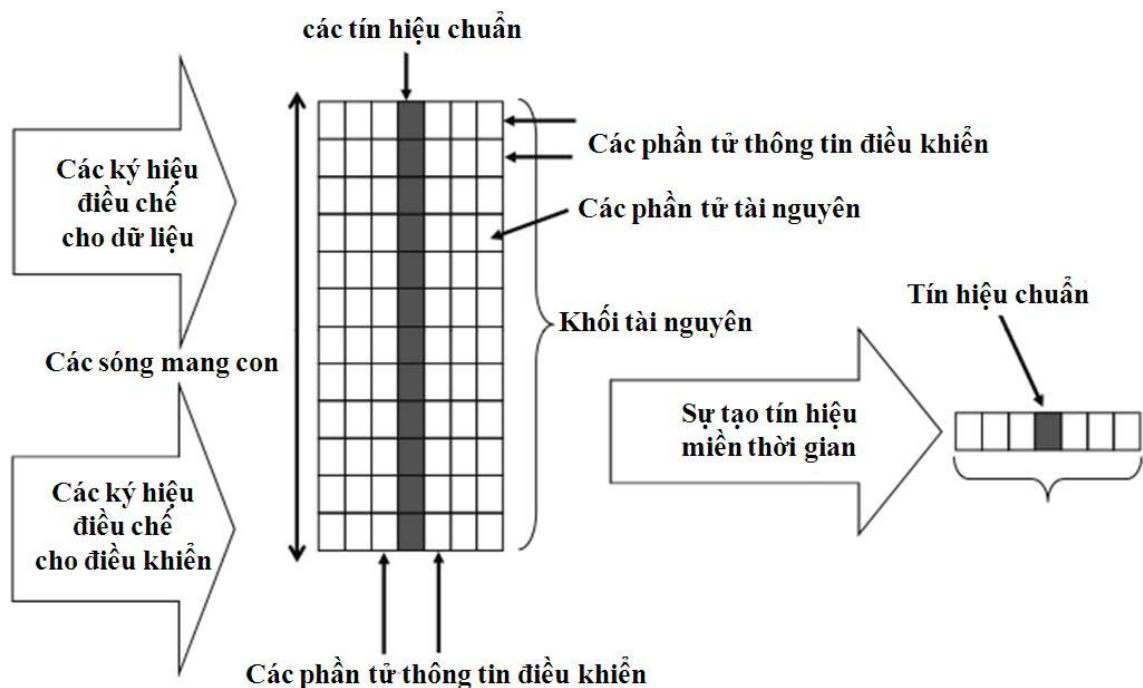
Hình 2.11 Chuỗi mã hóa kênh PUSCH

Chuỗi mã hóa kênh cho đường lên được thể hiện như trong hình 2.11, nơi mà dữ liệu và các thông tin điều khiển được mã hóa riêng và sau đó được ánh xạ tới các ký hiệu riêng để truyền. Thông tin điều khiển có địa điểm riêng quanh các ký hiệu tham chiếu, thông tin điều khiển lớp vật lý được mã hóa riêng biệt và được đặt vào một tập các ký hiệu điều chế được xác định trước.

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

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

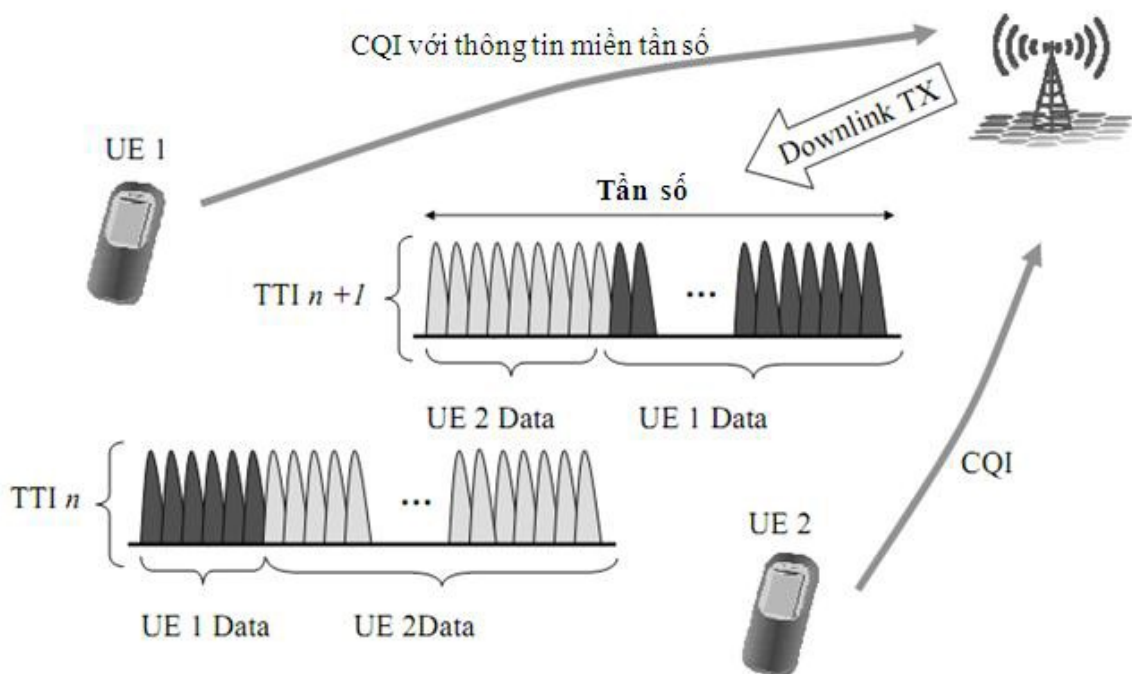
Dữ liệu và thông tin điều khiển được ghép theo thời gian ở mức thành phần tài nguyên. Dữ liệu được điều khiển một cách độc lập với các thông tin điều khiển, nhưng thời gian điều chế trong một 1ms TTI là như nhau.



Hình 2.12 Ghép kênh của thông tin điều khiển và dữ liệu

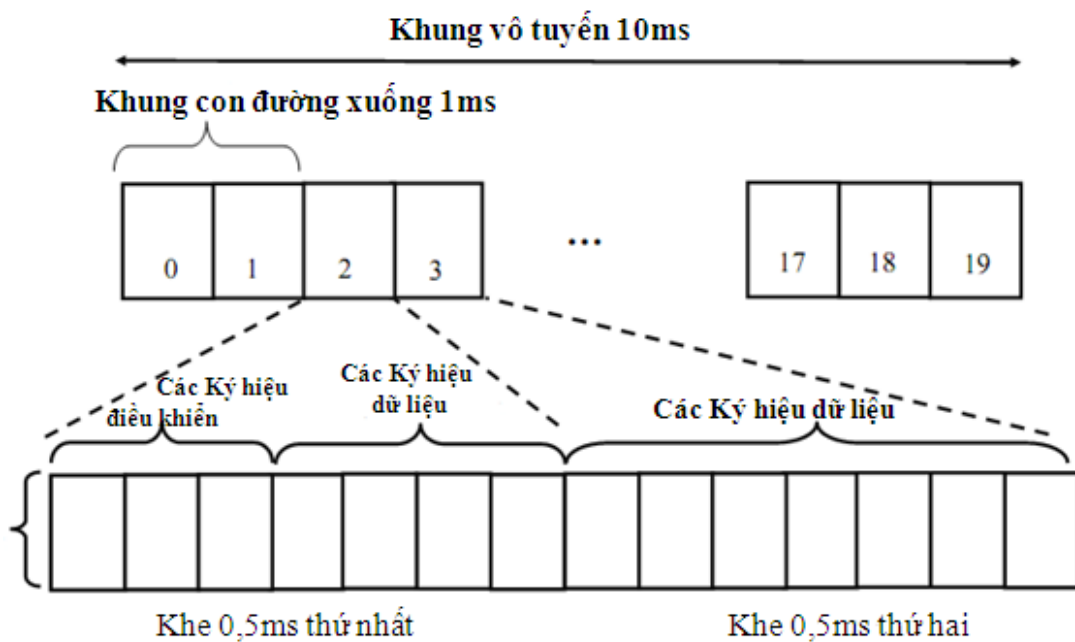
2.4.3. Truyền tải dữ liệu người sử dụng hướng xuống

Dữ liệu người dùng hướng xuống được mang trên kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH). Tương tự việc phân bổ tài nguyên 1ms cũng là hợp lệ trên đường xuống. Các sóng mang con được cấp phát các đơn vị tài nguyên của 12 sóng mang con dẫn đến các đơn vị cấp phát là 180kHz (khối tài nguyên vật lý, PRBs). Với PDSCH, đa truy nhập là OFDMA, mỗi sóng mang con được truyền đi song song với 15kHz và do đó tốc độ dữ liệu của người sử dụng phụ thuộc vào số lượng các sóng mang con được cấp phát (hoặc các khối tài nguyên trong thực tế) cho một người dùng nhất định. eNodeB cấp phát khối tài nguyên dựa trên chỉ số chất lượng kênh (CQI) từ thiết bị đầu cuối. Tương tự như đường lên, các khối tài nguyên được cấp phát trong miền thời gian và miền tần số, được minh họa như trong hình 2.13:

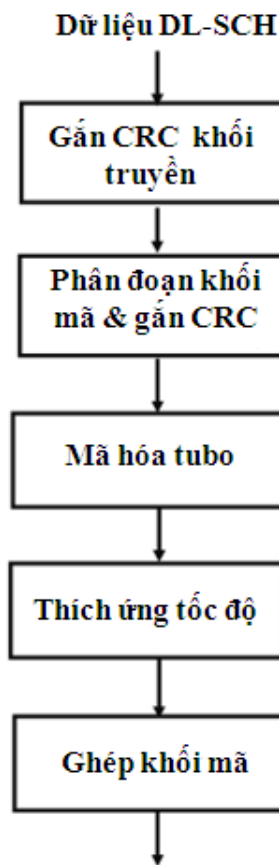


Hình 2.13 Cấp phát tài nguyên đường xuống tại eNodeB

Kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH) thông báo cho thiết bị đó các khối tài nguyên được cấp phát cho nó, tự động với độ chi tiết cấp phát là 1ms. Dữ liệu PDSCH sẽ chiếm giữ từ 3 đến 6 ký hiệu trên mỗi khe 0,5ms tùy thuộc vào việc cấp phát cho PDCCH và nó cũng phụ thuộc xem liệu một tiền tố vòng được sử dụng là ngắn hay dài. Trong một khung con 1ms, chỉ có khe 0,5ms đầu tiên chứa PDCCH trong khi khe 0,5ms thứ 2 là hoàn toàn cho dữ liệu (cho PDSCH). Đối với một tiền tố vòng dài thì 6 ký hiệu sẽ được gán trong khe 0,5ms. Trong khi với một tiền tố vòng ngắn thì 7 ký hiệu có thể được gán vào. Ví dụ như trong hình 2.14, giả sử có 3 ký hiệu cho PDCCH nhưng điều này có thể thay đổi giữa 1 và 3. Với băng thông nhỏ nhất là 1,4MHz số các ký hiệu thay đổi giữa 2 và 4 cho phép có đủ dung lượng để truyền tín hiệu và đủ các bit để cho phép mã hóa kênh đủ tốt trong các trường hợp quan trọng.

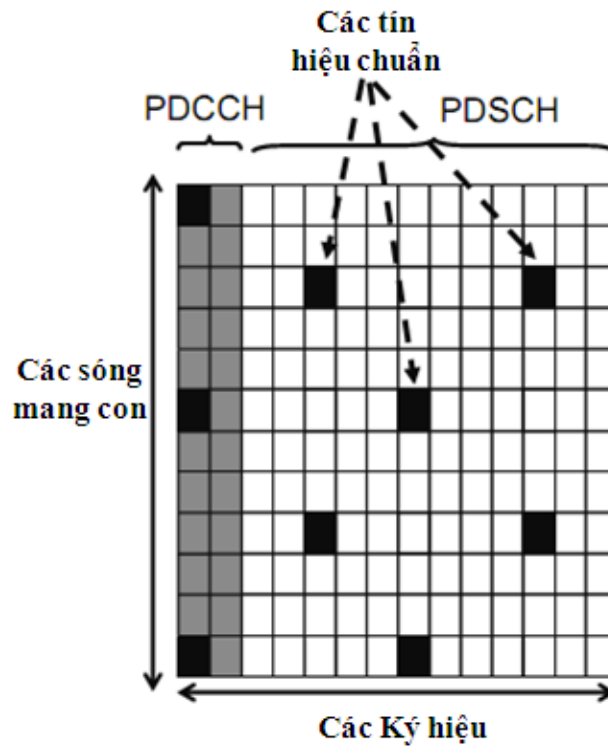


Hình 2.14 Cấu trúc khe đường xuống cho băng thông 1.4 MHz



Hình 2.15 Chuỗi mã hóa kênh DL-SCH

Ngoài các ký hiệu điều khiển cho PDCCH, không gian dữ liệu của người sử dụng có bị giảm bớt do các tín hiệu chuẩn, các tín hiệu đồng bộ và dữ liệu quảng bá. Do đó ước lượng kênh là có lợi khi các tín hiệu chuẩn được phân bố đều trong miền thời gian và miền tần số. Điều này làm giảm bớt các chi phí cần thiết, nhưng nó yêu cầu một số quy tắc phải được xác định để cả hai máy thu và máy phát hiệu được để ánh xạ tài nguyên một cách giống nhau. Từ tổng không gian cấp phát tài nguyên với một nhu cầu vận chuyển toàn bộ vào tài khoản cho các kênh chung như PBCH, có thể tiêu tốn không gian tài nguyên của riêng họ. Một ví dụ về PDCCH và việc cấp phát tài nguyên PDSCH được thể hiện trong hình 2.16:



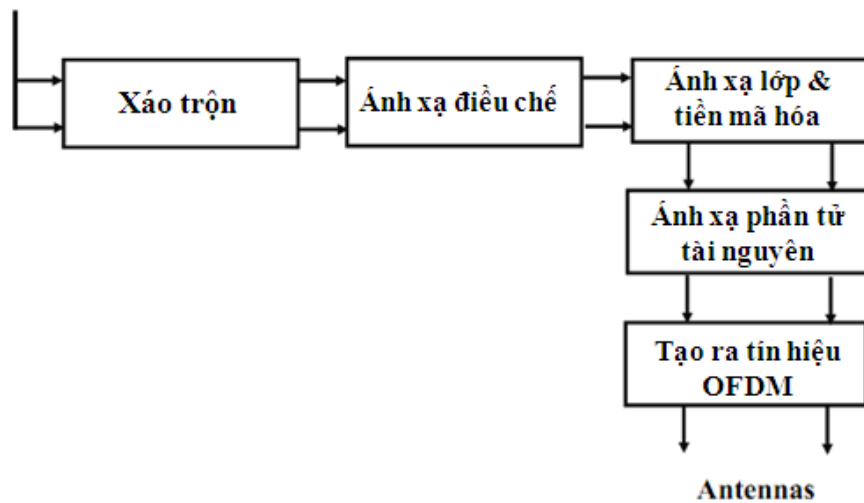
Hình 2.16 Ví dụ về chia sẻ tài nguyên đường xuống giữa PDCCH & PDSCH

Mã hóa kênh cho dữ liệu người dùng theo đường xuống là sử dụng mã turbo 1/3 như trong hướng đường lên. Kích thước tối đa cho khối mã hóa turbo được giới hạn trong 6144 bit để giảm bớt gánh nặng xử lý, các cấp phát cao hơn sau đó sẽ được phân đoạn đến các khối mã hóa đa. Bên cạnh việc mã hóa turbo, ở đường xuống cũng có lớp vật lý HARQ với các phương pháp kết hợp tương tự như trong hướng lên. Các loại thiết bị cũng phản ánh số lượng bộ nhớ đệm có sẵn để kết hợp phát lại. Chuỗi mã hóa đường xuống được minh họa như trong hình 2.16. Không có ghép kênh các nguồn tài nguyên lớp vật lý với PDCCH khi chúng có nguồn tài nguyên riêng của mình trong khung con 1ms.

Một khi dữ liệu đã được mã hóa, các từ mã được cung cấp về sau cho các chức năng điều chế và xáo trộn. Ánh xạ điều chế được áp dụng các điều chế mong muốn (QPSK, 16QAM hoặc 64QAM) và sau đó các ký hiệu

được nạp cho lớp ánh xạ trước khi mã hóa. Đối với việc truyền dẫn đa anten (2 hoặc 4) thì các dữ liệu này sau đó được chia thành nhiều luồng khác nhau và sau đó được ánh xạ để điều chỉnh các thành phần tài nguyên sẵn có cho PDSCH và sau đó tín hiệu OFDMA thực tế được tạo ra, được thể hiện trong hình 2.17 với ví dụ là truyền dẫn 2 anten. Nếu chỉ có một anten phát là sẵn có, thì rõ ràng là các chức năng của lớp ánh xạ và trước mã hóa là không có vai trò trong truyền dẫn tín hiệu.

Dữ liệu DL-SCH từ mã hóa kênh



Hình 2.17 Sự tạo thành tín hiệu hướng xuống

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

- Điều chế, với phương pháp tương tự có thể như hướng đường lên.
- Cấp phát số lượng các sóng mang con. Lưu ý rằng trong đường xuống các khối tài nguyên là không cần thiết phải cấp phát liên tục trong miền tần số. Phạm vi của việc cấp phát băng thông là tương tự như hướng đường lên từ 12 sóng mang con (180kHz) tới 1200 sóng mang con.
- Tốc độ mã hóa kênh.

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

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

2.5. Các thủ tục truy nhập LTE

2.5.1. Dò tìm tế bào

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

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

Để giảm sự phức tạp trong việc dò tìm cell, dò tìm cell trong LTE thường được thực hiện trong một vài bước, tương tự như thủ tục dò tìm ô ba bước trong WCDMA. Để hỗ trợ thiết bị đầu cuối trong thủ tục này, LTE cung cấp một tín hiệu đồng bộ sơ cấp và một tín hiệu đồng bộ thứ cấp trên đường xuống. Các tín hiệu đồng bộ sơ cấp và thứ cấp là các chuỗi riêng, được chèn vào hai ký hiệu OFDM cuối cùng trong khe đầu tiên của khung

phụ (subframe) 0 và 5. Ngoài các tín hiệu đồng bộ, thủ tục dò tìm cell cũng có thể lợi dụng các tín hiệu tham chiếu như là một phần hoạt động của nó.

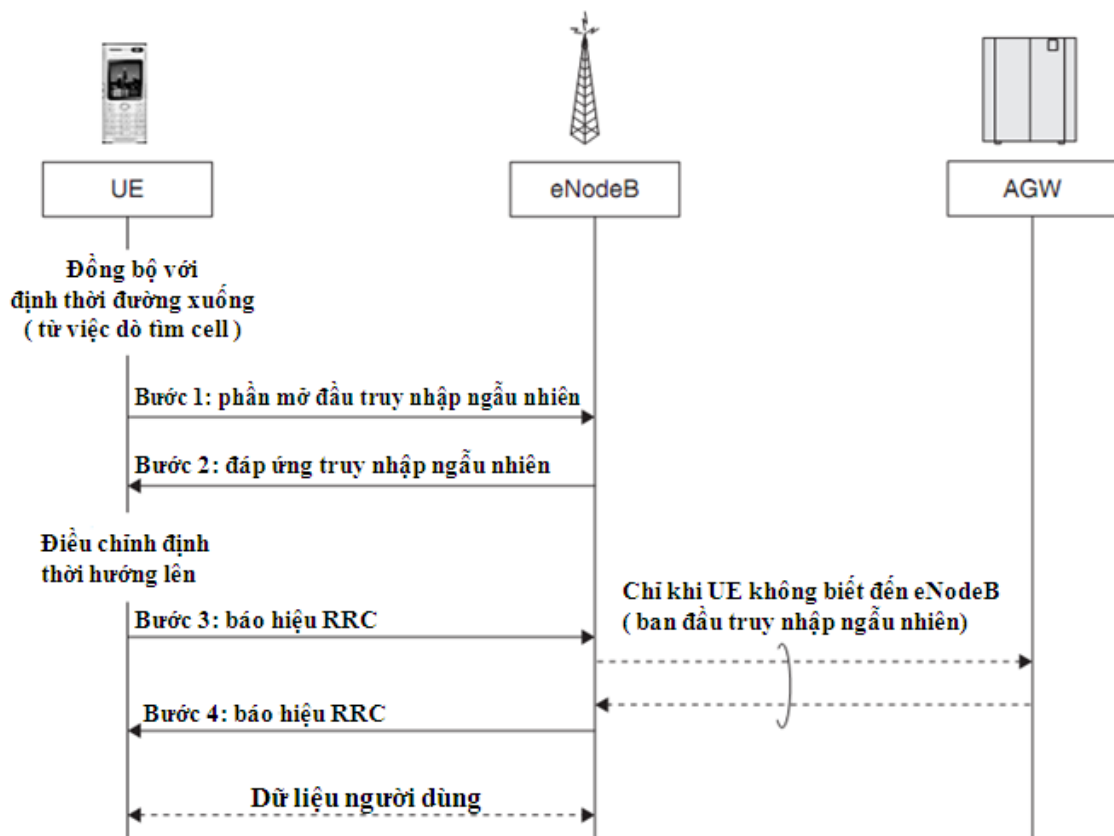
2.5.2. Truy nhập ngẫu nhiên

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

Tổng quan về truy nhập ngẫu nhiên được thể hiện như trong hình 2.18, nó bao gồm bốn bước:

- Bước đầu tiên bao gồm truyền dẫn phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên, cho phép eNodeB ước tính sự định thời truyền tải của thiết bị đầu cuối. Đồng bộ hướng lên là cần thiết nếu không thì thiết bị đầu cuối không thể truyền được bất kỳ dữ liệu nào ở hướng lên.
- Bước thứ hai bao gồm: mạng sẽ truyền một lệnh định thời sớm đến để điều chỉnh sự định thời truyền của thiết bị đầu cuối, dựa trên phép đo định thời trong bước đầu tiên. Ngoài việc thiết lập đồng bộ hướng lên, bước hai cũng chỉ định các nguồn tài nguyên hướng lên cho thiết bị đầu cuối được sử dụng trong bước thứ ba trong các thủ tục truy nhập ngẫu nhiên.

- Bước thứ ba bao gồm truyền dẫn sự nhận dạng thiết bị đầu cuối di động bằng cách sử dụng UL-SCH tương tự như dữ liệu được hoạch định thông thường. Nội dung chính xác của tín hiệu này phụ thuộc vào trạng thái của thiết bị đầu cuối, dù nó trước đây có biết đến mạng hay không.
- Bước thứ tư và cũng là bước cuối cùng bao gồm truyền dẫn thông điệp phân giải tranh chấp từ mạng tới thiết bị đầu cuối trên kênh DL-SCH. Bước này cũng giải quyết mọi tranh chấp do có nhiều thiết bị đầu cuối đang cố gắng để truy nhập vào hệ thống bằng cách sử dụng cùng tài nguyên truy nhập hệ thống



Hình 2.18 Thủ tục truy nhập ngẫu nhiên

2.6. Kết luận chương 2

Qua chương trên chúng ta đã tìm hiểu về kiến trúc, lớp vật lý và các thủ tục truy nhập trong LTE. Tuy nhiên, LTE mới chỉ được gọi với cái tên không chính thức là 3,9G nó vẫn chưa đủ đáp ứng yêu cầu của một hệ thống thông tin di động thứ tư. LTE sử dụng kỹ thuật đã truy nhập phân chia theo tần số trực giao OFDMA ở đường xuống. Trong khi đó ở đường lên LTE sử dụng kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang SC – FDMA. Vậy để chính thức được gọi là hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư TLE cần có thêm những gì, ta cùng tìm hiểu về công nghệ LTE – Advanced.

CHƯƠNG III. CÔNG NGHỆ LTE – ADVANCED TRONG THÔNG TIN DI ĐỘNG

3.1. LTE-Advanced

LTE-Advanced (Long Term Evolution-Advanced) là sự tiến hóa của công nghệ LTE, công nghệ dựa trên OFDMA này được chuẩn hóa bởi 3GPP trong phiên bản (Release) 8 và 9. LTE-Advanced, dự án được nghiên cứu và chuẩn hóa bởi 3GPP vào năm 2009 với các đặc tả được mong đợi hoàn thành vào quý 2 năm 2010 như là một phần của Release 10 nhằm đáp ứng hoặc vượt hơn so với những yêu cầu của thế hệ công nghệ vô tuyến di động thứ 4 (4G) IMT-Advance được thiết lập bởi ITU. LTE Advance sẽ tương thích ngược và thuận với LTE, nghĩa là các thiết bị LTE sẽ hoạt động ở cả mạng LTE-Advance mới và các mạng LTE cũ. ITU đã đưa ra các yêu cầu cho IMT-Advance nhằm tạo ra định nghĩa chính thức về 4G. Thuật ngữ 4G sẽ áp dụng trên các mạng tuân theo các yêu cầu của IMT-Advance xoay quanh báo cáo ITU-R M.2134. Một số yêu cầu then chốt bao gồm:

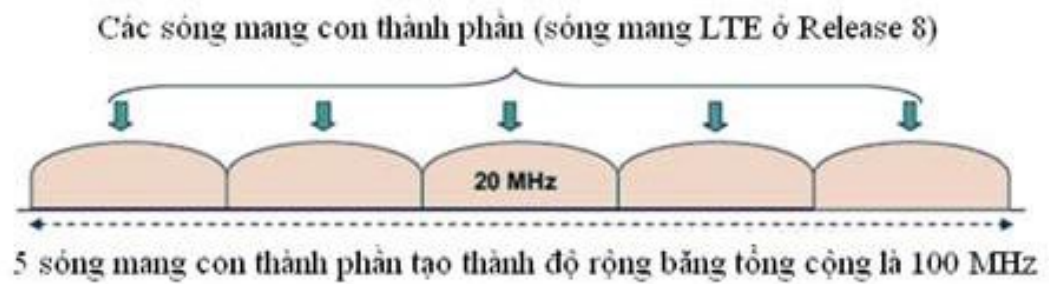
- Hỗ trợ độ rộng băng tần lên đến và bao gồm 40Mhz.
- Khuyến khích hỗ trợ các độ rộng băng tần rộng hơn.
- Hiệu quả sử dụng phổ tần đỉnh đường xuống tối thiểu là 15 b/s/Hz (giả sử sử dụng MIMO 4x4).
- Hiệu quả sử dụng phổ tần đỉnh đường lên tối thiểu là 6,75 b/s/Hz (giả sử sử dụng MIMO 4x4).
- Tốc độ thông lượng lý thuyết là 1,5 Gb/s.

3.2. Những công nghệ đề xuất cho LTE-Advanced

3.2.1. Băng thông và phổ tần

Mục tiêu tốc độ số liệu đỉnh của LTE-Advanced rất cao và chỉ có thể được thỏa mãn một cách vừa phải bằng cách tăng độ rộng băng truyền dẫn hơn nữa so với những gì được cung cấp ở Release đầu tiên của LTE và độ rộng băng truyền dẫn lên đến 100MHz được thảo luận trong nội dung của LTE-Advanced. Việc mở rộng độ rộng của băng sẽ được thực hiện trong khi vẫn duy trì được tính tương thích phổ. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng “khối tập kết sóng mang”, trong đó nhiều sóng mang thành phần LTE được kết hợp trên lớp vật lý để cung cấp độ rộng băng cần thiết. Đối với thiết bị đầu cuối LTE, mỗi sóng mang thành phần sẽ xuất hiện như là một sóng mang LTE trong khi một thiết bị đầu cuối LTE-Advanced có thể khai thác toàn bộ độ rộng băng khối kết tập.

Hình 3.1 minh họa trường hợp các sóng mang thành phần liên tiếp nhau mặc dù ở khía cạnh băng gốc, điều này không phải là điều kiện tiên quyết. Truy nhập đến một lượng lớn phổ liên tục ở bậc 100MHz không thể có thường xuyên. Do đó, LTE-Advanced có thể cho phép kết tập các sóng mang thành phần không liên kề để xử lý các tình huống trong đó một khối lượng lớn phổ liên tiếp nhau không sẵn có. Tuy nhiên, nên lưu ý rằng sự kết tập phổ không liên kề nhau đang là thách thức từ khía cạnh thực thi. Vì vậy, mặc dù khối kết tập phổ được hỗ trợ bởi các đặc tả cơ bản thì sự kết tập phổ phân tán chỉ được cung cấp bởi các thiết bị đầu cuối cấp cao nhất. Truy nhập trên các độ rộng băng tần truyền dẫn cao hơn không chỉ hữu ích từ khía cạnh tốc độ đỉnh mà quan trọng hơn là công cụ cho việc mở rộng độ phủ sóng với các tốc độ số liệu trung bình.



Hình 3.1 Ví dụ về khối tập kết sóng mang

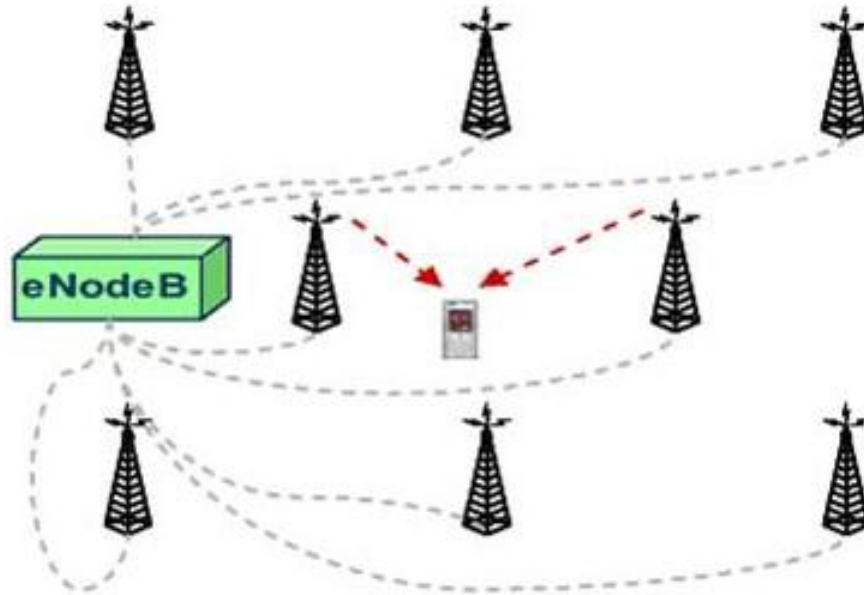
3.2.2. Giải pháp đa anten

Các công nghệ đa anten, bao gồm định dạng chùm và ghép kênh theo không gian là các thành phần công nghệ then chốt vốn có của LTE và chắc chắn sẽ tiếp tục đóng vai trò quan trọng hơn trong LTE-Advanced. Thiết kế đa anten hiện tại cung cấp lên đến bốn cổng anten với các tín hiệu tham chiếu ô cụ thể tương ứng ở đường xuống, kết hợp với sự tiên mã hóa dựa trên số mã. Cấu trúc này cung cấp cả sự ghép theo không gian lên đến bốn lớp, đưa đến tốc độ bit đỉnh là 300Mbit/s cũng như là định dạng chùm (dựa trên số mã). Kết hợp với nhau trên độ rộng băng toàn phần là 100 Mhz, sơ đồ ghép không gian LTE hiện tại sẽ đạt được tốc độ đỉnh là 1,5Gb/s vượt xa so với yêu cầu của LTE-Advanced. Có thể thấy trước rằng hỗ trợ ghép kênh theo không gian đường lên sẽ là một phần của LTE-Advance. Việc tăng số lớp truyền dẫn đường xuống vượt xa con số bốn là có khả năng và có thể được sử dụng như là phần bổ sung đối với sự tăng tốc đỉnh thông qua sự mở rộng băng tần.

3.2.3 Truyền dẫn đa điểm phối hợp

Mục tiêu về số liệu đỉnh của LTE-Advance yêu cầu sự cải thiện đáng kể về tỉ lệ tín hiệu trên tạp âm và can nhiễu SINR ở thiết bị đầu cuối. Định dạng chùm là một cách. Ở các mạng hiện tại, nhiều anten nằm phân tán về mặt địa lí kết nối đến một đơn vị xử lí băng gốc trung tâm được sử dụng nhằm đem lại hiệu quả về chi phí. Mô hình triển khai thu/phát đa điểm phối

hợp với quá trình xử lý băng gốc ở một nút đơn được mô tả ở hình trên. Ở đường xuống, nó chỉ ra sự phối hợp truyền dẫn từ đa điểm truyền dẫn.



Hình 3.2 Truyền dẫn đa điểm phối hợp

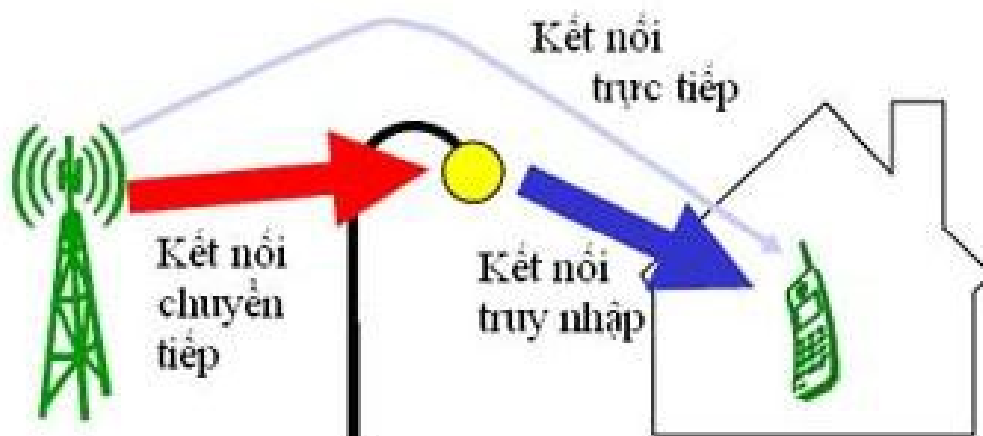
3.2.4. Các bộ lặp và chuyển tiếp

Từ việc xem xét quỹ đường truyền, việc triển khai các giải pháp chuyển tiếp khác nhau nhằm giảm khoảng cách máy phát và máy thu xuống và cho phép tăng tốc độ số liệu. Các bộ lặp đơn giản sẽ khuếch đại và chuyển đi các tín hiệu tương tự thu được. Khi được cài đặt, các bộ lặp liên tục chuyển đi tín hiệu thu được mà không quan tâm đến có thiết bị đầu cuối trong vùng phủ sóng của nó hay không. Những bộ lặp như vậy không hiển thị đối với cả các thiết bị đầu cuối và trạm gốc. Tuy nhiên, có thể xem xét các cấu trúc bộ lặp cao cấp hơn, chẳng hạn sơ đồ trong đó mạng có thể điều khiển công suất truyền của bộ lặp, chẳng hạn, chỉ tích cực bộ lặp khi người sử dụng hiện diện trong khu vực được điều khiển bởi bộ lặp nhằm tăng tốc độ số liệu cung cấp trong khu vực. Các báo cáo đo đạc bổ sung từ các thiết bị đầu cuối có thể cũng được xem xét như là phương tiện hướng dẫn mạng mà trong đó các bộ lặp được bật lên. Tuy nhiên, việc điều khiển tải truyền

dẫn và lập biểu thường nằm ở trạm gốc và vì vậy, các bộ lặp thường trong suốt từ khía cạnh di động.

Nút trung gian cũng có thể giải mã và tái hóa bất kì số liệu thu được, ưu tiên chuyển tiếp nó đến người sử dụng được phục vụ. Đây thường được xem là chuyển tiếp giải mã hóa và truyền tiếp. Khi nút trung gian giải mã hóa và tái mã hóa khối số liệu thu được thì tạo ra trễ đáng kể, lâu hơn độ dài khung con LTE 1ms. Tuy nhiên, các nút chuyển tiếp không truyền tiếp các tap âm và sự thích nghi tốc độ có thể được thực hiện một cách riêng rẽ cho mỗi kết nối.

Đối với các bộ lặp, tồn tại nhiều tùy chọn khác nhau phụ thuộc vào các tính năng được hỗ trợ nhưng ở mức cao, có thể phân biệt hai tầng khác nhau, dựa trên việc truyền tiếp được thực hiện ở lớp 2 (chuyển tiếp lớp 2) hay lớp 3 (chuyển tiếp lớp 3). Mặc dù giống nhau ở nhiều điểm cơ bản (trễ, không khuếch đại tap âm), giải pháp self backhauling không yêu cầu bất kì nút, giao thức hoặc giao diện mới nào để chuẩn hóa bởi vì các giải pháp đang tồn tại được tái sử dụng và do đó có thể được ưa chuộng hơn trên các kĩ thuật cùng chức năng L2 của chúng.



Hình 3.3 Chuyển tiếp trong LTE-Advanced

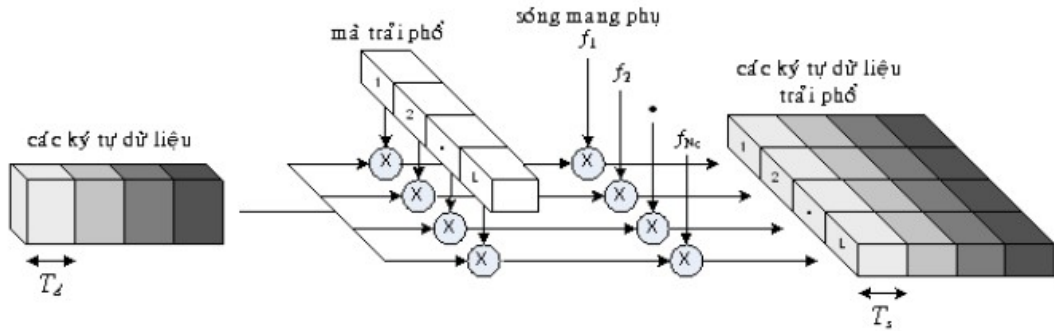
3.2.5 MCMC CDMA

Song song với các giải pháp trên thì một đề xuất cũng đang được đưa ra đó là MCMC CDMA (Multicode Multicarrier Code Division Multiple Access) nhằm cung cấp nhiều loại tốc độ khác nhau được truyền đi trên nhiều song mang con.

A. Hệ thống Multicarrier CDMA

Hệ thống MC-CDMA được xem như là sự kết hợp nối tiếp của CDMA và OFDM. Sự kết hợp này có hai ưu điểm chính, thứ nhất nó kế thừa khả năng làm chậm tốc độ ký tự trên mỗi sóng mang phụ đủ để có được một sự nhận tín hiệu gần đồng bộ (quasi-synchronous). Ưu điểm thứ hai đó là nó có thể kết hợp một cách hiệu quả năng lượng tín hiệu bị phân tán trong miền tần số. Đặc biệt trong những trường hợp truyền dẫn tốc độ cao khi một bộ thu DS-CDMA có thể thấy 20 đường trong đáp ứng xung tức thời, một bộ kết hợp RAKE 20 đường là điều không thể thực hiện cho bộ thu DS-CDMA, trong khi đó một bộ thu MC-CDMA là có thể thực hiện được mặc dù nó sẽ tiêu tốn năng lượng tín hiệu nhận trong những khoảng bảo vệ. Bộ phát MC-CDMA trải luồng dữ liệu ban đầu lên các sóng mang phụ khác nhau bằng cách sử dụng một mã trải rộng trong miền tần số. Nói một cách khác, phân ký tự tương ứng với một chip của mã trải rộng sẽ được truyền trên một sóng mang phụ. Hình 3.4 cho ta khái niệm về sự tạo tín hiệu MC-CDMA cho một người dùng. Tương tự như trong hệ thống CDMA, một người dùng có thể chiếm toàn bộ băng thông cho sự truyền dẫn của một ký tự dữ liệu. Sự phân biệt các tín hiệu của những người dùng khác nhau được thực hiện trong miền mã. Mỗi ký tự dữ liệu được sao chép lên các luồng phụ trước khi nhân nó với chip của mã trải rộng, điều này cho thấy một hệ thống MC-CDMA thực hiện sự trải rộng theo hướng tần số và

như vậy làm tăng thêm tính linh động khi so sánh với một hệ thống CDMA. Sự ánh xạ các chip theo hướng tần số cho phép sự nhận dạng tín hiệu có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp đơn giản.



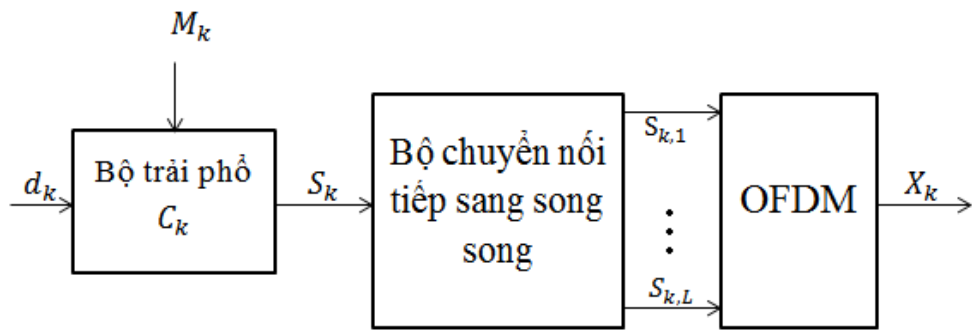
Hình 3.4 Sự tạo tín hiệu MC-CDMA cho một người dùng

Sự tạo tín hiệu trải phổ đa sóng mang sử dụng OFDM cho một người dùng được minh họa ở hình 3.4. Không mất tính tổng quát, sự tạo tín hiệu MC-CDMA được miêu tả cho một ký tự đối với mỗi người dùng, vì vậy chỉ số ký tự dữ liệu không cần ghi rõ. Trong bộ phát, ký tự dữ liệu giá trị phức d_k của người dùng thứ k được nhân với mã trải phổ :

$$C_k = (C_{k,1}, C_{k,2}, \dots, C_{k,L})^T \quad (3.1)$$

Có chiều dài $L = P_G = N_c$. Chuỗi giá trị phức thu được sau bộ trải phổ :

$$S_k = d_k C_k = (S_{k,1}, S_{k,2}, \dots, S_{k,L})^T \quad (3.2)$$



Hình 3.5 Nguyên tắc tạo tín hiệu MC- CDMA

Tín hiệu đường xuống (downlink):

Ở tuyến xuống đồng bộ, các tín hiệu trải phổ của K user được cộng với nhau trước khi thực hiện phương pháp OFDM (hình 3.3). Kết quả xếp chồng K user với nhau tạo ra tín hiệu trải phổ :

$$S = \sum_{k=0}^{K-1} S_k = (S_0, S_1, \dots, S_{L-1})^T \quad (3.3)$$

Kết quả này có thể viết dưới dạng ma trận

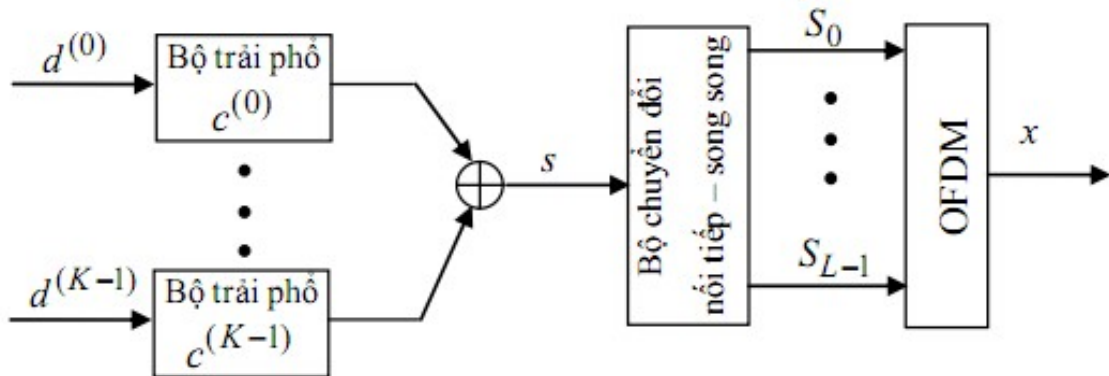
$$S = C \cdot d \quad (3.4)$$

Trong đó

$$d = (d_0, d_1, \dots, d_{K-1})^T \quad (3.5)$$

là vector gồm các ký hiệu phát của K user tích cực, còn C là ma trận mà cột thứ k là mã trải phổ đặc trưng cho user thứ k:

$$C = (C_0, C_1, \dots, C_{K-1}) \quad (3.6)$$



Hình 3.6 Máy phát MC-CDMA tuyến xuống

Tín hiệu MC-CDMA tuyến xuống là kết quả của quá trình xử lý tín hiệu s bằng khối OFDM theo phương trình (3.3). Giả sử rằng khoảng dự phòng là đủ dài, vector thu sau khi thực hiện biến đổi ngược OFDM và loại bỏ các khoảng tần số thừa sẽ được xác định bởi:

$$r = H.s + n = (R_0, R_1, \dots, R_{L-1})^T \quad (3.7)$$

trong đó H là ma trận LxL đặc trưng cho kênh truyền và n là vector tín hiệu nhiễu chiều dài L. Vector r sẽ được đưa vào bộ phát hiện dữ liệu để ước lượng (bằng phương pháp cứng hoặc mềm) dữ liệu phát. Khi mô tả kỹ thuật phát hiện đa user, vector r sẽ được biểu diễn dưới dạng:

$$r = A.s + n = (R_0, R_1, \dots, R_{L-1})^T \quad (3.8)$$

với A là ma trận hệ thống xác định bởi:

$$A = H.C \quad (3.9)$$

Tín hiệu đường lên (uplink)

Ở tuyến lên, tín hiệu MC-CDMA có được một cách trực tiếp sau khi xử lý chuỗi S_k của user thứ k bằng khối OFDM. Sau khi thực hiện quá trình biến đổi ngược OFDM và loại bỏ các khoảng tần số thừa ở máy thu thì vector thu ứng với chuỗi phát S_k sẽ là:

$$r = \sum_{k=0}^{K-1} S_k H_k + n = (R_0, R_1, \dots, R_{L-1})^T \quad (3.10)$$

trong đó H_k bao gồm các hệ số của kênh truyền phụ ứng với user thứ k. Tuyến lên phải được đồng bộ để phương pháp OFDM đạt hiệu suất sử dụng phổ cao nhất. Vector r này sẽ được đưa vào bộ phát hiện để ước lượng dữ liệu phát bằng phương pháp cứng hoặc mềm. Ma trận hệ thống A của tuyến lên được định nghĩa bởi:

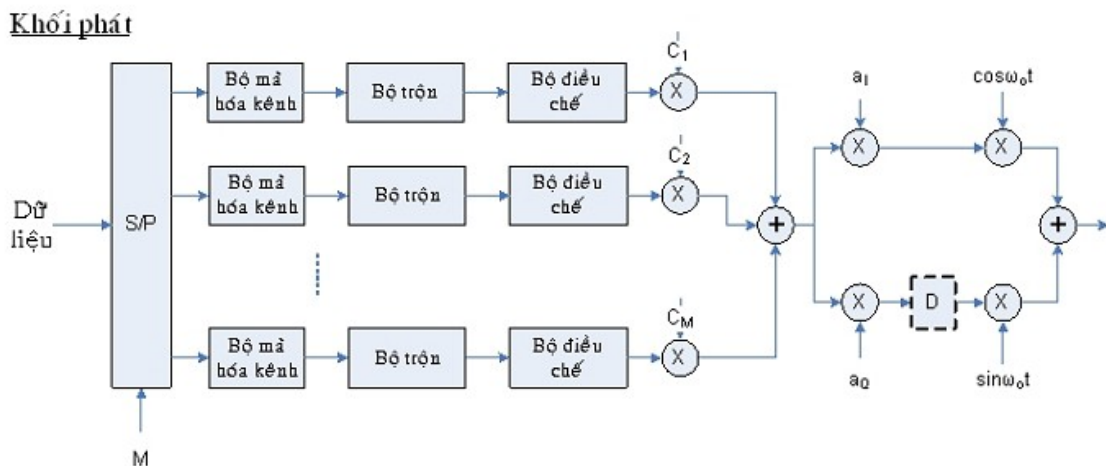
$$A = (a_0, a_1, \dots, a_{k-1}) \quad (3.11)$$

B. Hệ thống Multicode CDMA

Hệ thống Multi-code CDMA cung cấp nhiều loại tốc độ khác nhau bằng cách ấn định cho mỗi người dùng một tập gồm M chuỗi mã, kích thước M của tập mã sẽ thay đổi theo tốc độ yêu cầu. Tùy thuộc vào cách thức “ánh xạ” các bit dữ liệu vào các chuỗi mã mà ta có các hệ thống Multi-code CDMA khác nhau.

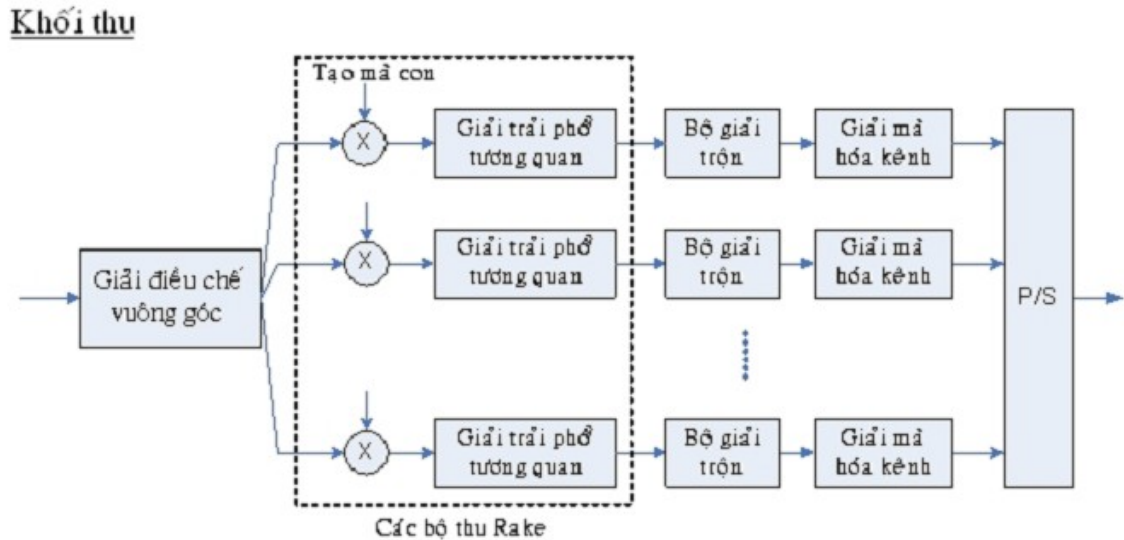
- **Hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song**

Trong hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song khi một người dùng cần truyền một luồng dữ liệu có tốc độ lớn hơn tốc độ cơ bản M lần thì hệ thống sẽ chuyển luồng dữ liệu này thành M luồng dữ liệu con song song (sử dụng bộ chuyển đổi nối tiếp sang song song), M luồng dữ liệu con này được xem như là của M người dùng độc lập, mỗi luồng sẽ được trải phổ (mã hóa) bằng một mã khác nhau trong tập và được cộng lại trước khi chuyển lên truyền dẫn cao tần. Hình 3.7 miêu tả sơ đồ khối bộ phát trong hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song.



Hình 3.7 Sơ đồ khối bộ phát Multi-code CDMA kiểu truyền song song

Bộ thu của hệ thống Multi-code CDMA được xem như tương ứng với M bộ thu của hệ thống DS-CDMA. Hình 3.8 miêu tả sơ đồ khối của bộ thu hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song.



Hình 3.8 Sơ đồ khối bộ thu Multi-code CDMA kiểu truyền song song

Để giảm sự tự xuyên nhiễu (self-interference) mà một người dùng sử dụng nhiều mã có thể gặp phải thì các mã của cùng người dùng nên trực giao lẫn nhau.

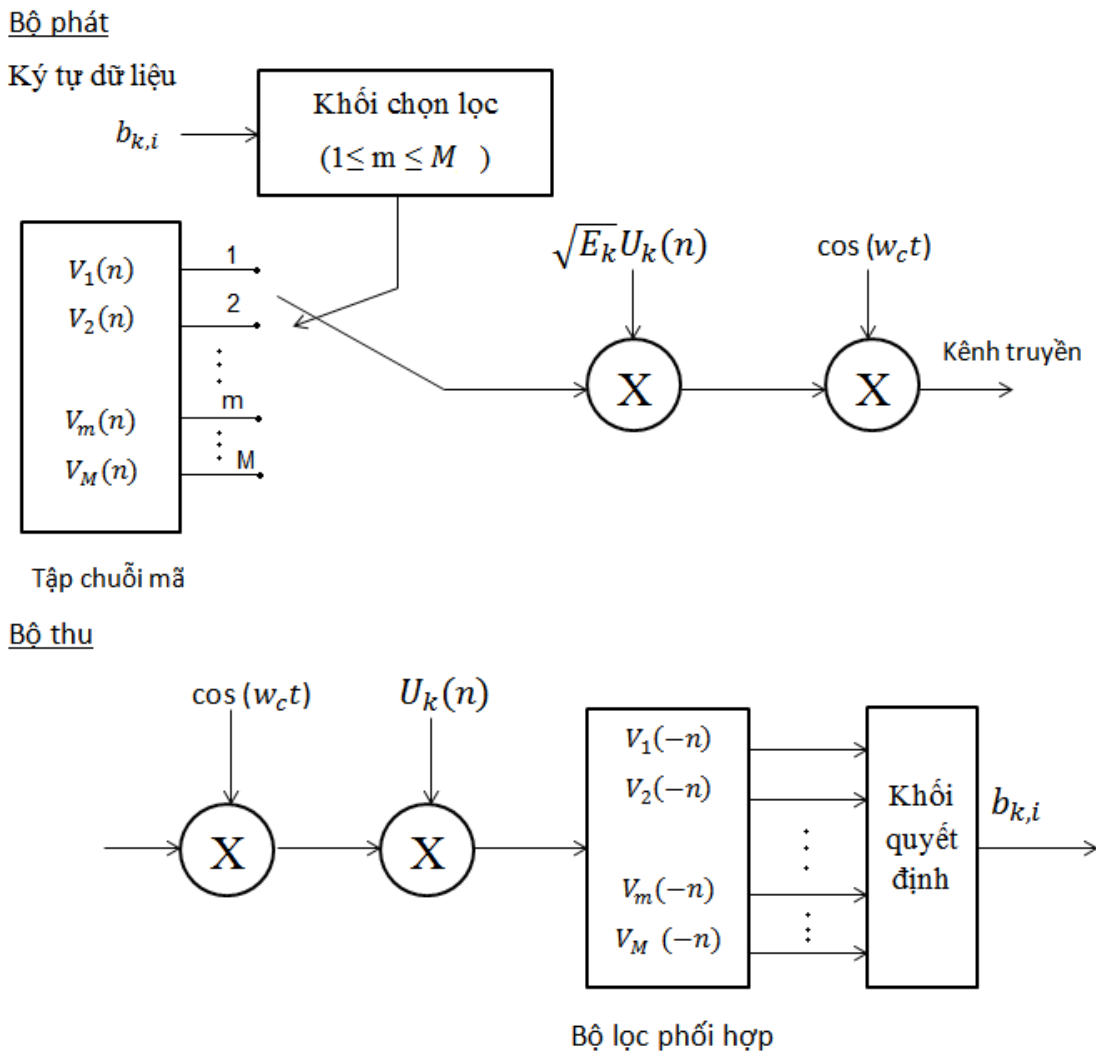
- **Hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary**

Trong hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary mỗi người dùng cũng được gán một tập gồm M chuỗi mã. Các tốc độ dữ liệu khác nhau của người dùng sẽ được hỗ trợ bằng cách thay đổi kích thước M của tập chuỗi mã. Người dùng truyền dữ liệu bằng cách chọn một chuỗi mã từ tập chuỗi của họ và truyền nó qua kênh chung, bằng cách này $\log_2(M)$ bit dữ liệu đã được truyền trong một chu kỳ ký tự dữ liệu.

Quá trình tạo mã cho một người dùng cho một hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary cũng tương tự như quá trình tạo mã trong hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song. Mỗi người dùng được gán một mã đặc trưng cho người dùng $U_k(n)$, một tập mã $\{V_m(n) | 1 \leq m \leq M\}$ được gọi là tập mã thông tin được dùng chung cho tất cả người dùng. Tập mã cho người dùng thứ k là:

$$\begin{aligned} S_k &= \{S_{k,m}(n) | 1 \leq m \leq M\} \\ &= \{U_k(n) V_m(n) | 1 \leq m \leq M\} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Với cách tạo mã này thì bộ ánh xạ các ký tự dữ liệu M-ary vào các chuỗi $V_m(n)$, bộ giải mã (bộ lọc tương hợp) và khối quyết định là giống nhau cho tất cả người dùng. Mô hình bộ phát và bộ thu hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary được miêu tả trên Hình 3.9:



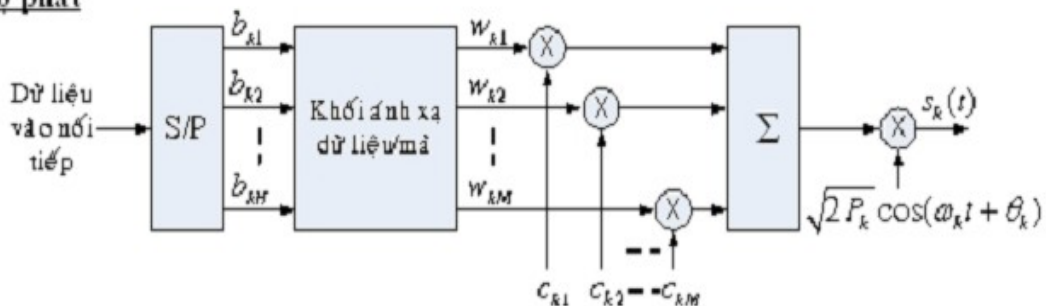
Hình 3.9 Mô hình bộ phát và thu hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary

Tại bộ phát, một trong số M chuỗi mã thông tin $V_m(n)$ được chọn tùy thuộc vào ký tự dữ liệu M-ary. Chuỗi mã này sẽ được nhân với chuỗi mã đặc trưng cho người dùng và một hệ số biên độ $\sqrt{E_k}$, phép nhân giữa hai chuỗi mã được thực hiện theo kiểu chip-nhân-chip. Chuỗi kết quả được điều chế và truyền ra ngoài kênh truyền.

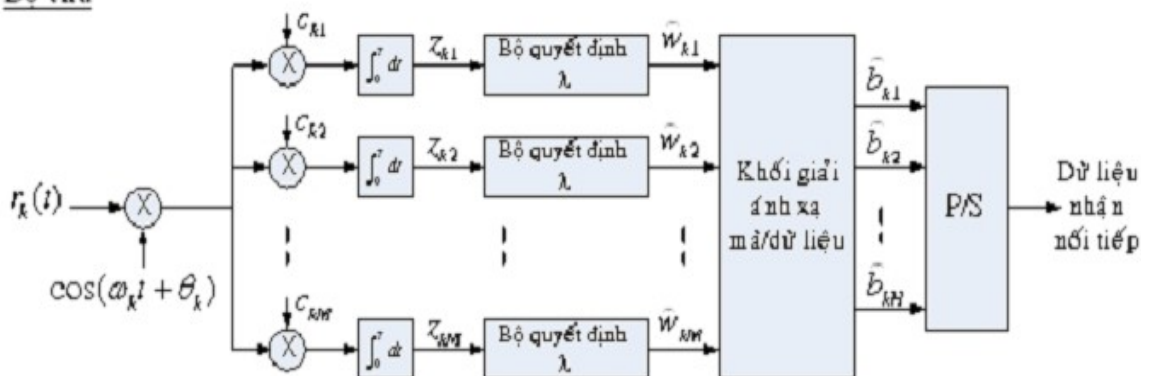
Tại bộ thu, tín hiệu thu được giải điều chế, nhân với chuỗi đặc trưng cho người dùng và được đưa qua bộ giải mã là một bảng các bộ lọc tương hợp cho các chuỗi thông tin $V_m(n)$ với $1 \leq m \leq M$. Một đơn vị quyết định sẽ xác định chuỗi nào đã được gửi (dò tìm cực đại) và cho ra ký tự dữ liệu M-ary tương ứng.

• *Mô hình Multi-code CDMA tổng quát*

Bộ phát



Bộ thu



Hình 3.10 Mô hình Multi-code CDMA tổng quát

Như ta có thể thấy ở các phần trước, một hệ thống DS-CDMA gán cho mỗi người dùng một mã trải phổ, các hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song và kiểu truyền M-ary gán cho một người dùng một tập gồm M chuỗi mã. Trong các hệ thống này, chỉ một phần hay toàn bộ các chuỗi mã của người dùng được sử dụng để truyền tin trong một chu kỳ ký

tự dữ liệu. Mô hình Multi-code CDMA tổng quát này được miêu tả như ở hình 3.10.

Ứng với mô hình Multi-code CDMA kiểu truyền song song, mỗi người dùng được gán M chuỗi mã, M chuỗi mã này được sử dụng đồng thời để trải rộng M luồng dữ liệu khác nhau có được sau khối chuyển đổi nối tiếp sang song song. Tuy nhiên, ứng với mô hình Multi-code CDMA kiểu truyền lựa chọn (mô hình Multi-code CDMA kiểu truyền M -ary là một trường hợp đặc biệt của mô hình này) chỉ một tập con gồm M' mã ($M \leq M'$) là được truyền trong một chu kỳ ký tự, tập con M' mã này tượng trưng cho một “từ mã” trong không gian từ mã được hình thành do sự kết hợp các khả năng có thể có của M' chuỗi mã (có tính đến các chuỗi mã trái dấu). Vì vậy, M' mã có thể hình thành nên một không gian từ mã với $W =$

$2^{M'} \binom{M}{M'}$ từ mã khác nhau, mỗi từ mã tượng trưng cho một khối dữ liệu

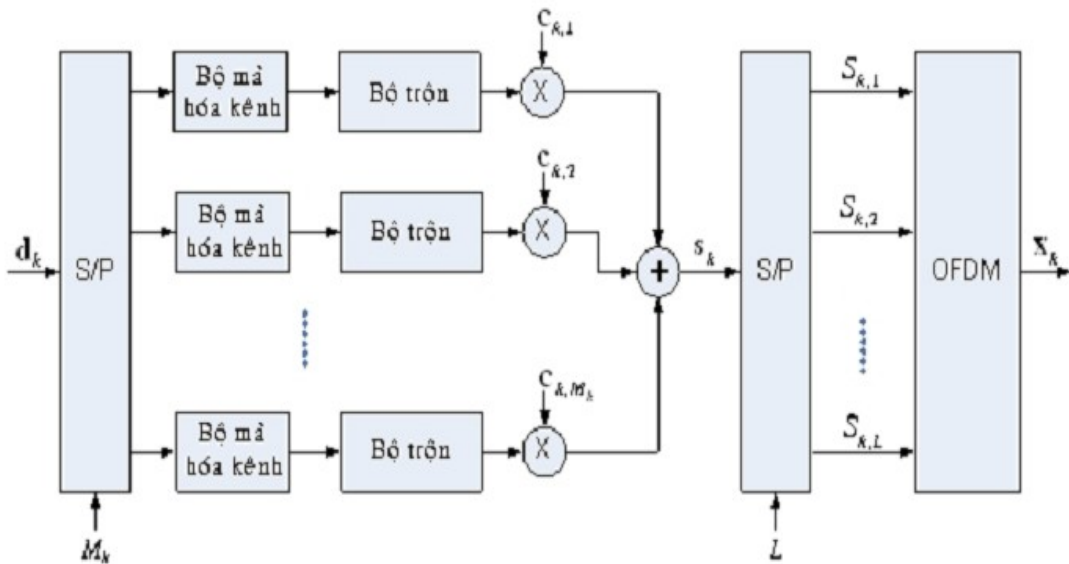
cụ thể với $H = \lceil \log_2 W \rceil$ bit, trong đó $\binom{n}{m}$ biểu thị số tổ hợp để chọn n từ m phần tử và $[x]$ là số nguyên lớn nhất không vượt quá x . Như vậy:

- Khi $M = M' = 1$, mô hình tổng quát tương ứng với mô hình hệ thống DS-CDMA với tốc độ dữ liệu cơ bản là R .
- Khi $1 \leq M' \leq M$, mô hình tổng quát tương ứng với mô hình hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền lựa chọn với tốc độ dữ liệu là HR .
- Khi $M = M' > 1$, mô hình tổng quát tương ứng với mô hình hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song với tốc độ dữ liệu là MR .

C. Hệ thống MCMC CDMA

• **Hệ thống PMC-MC CDMA**

Hệ thống PMC-MC-CDMA (Parallel Multicode Multicarrier CDMA) được xem như là sự kết hợp của hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền song song và hệ thống MC-CDMA. Khi một người dùng cần truyền một luồng dữ liệu có tốc độ lớn hơn tốc độ cơ bản M lần thì hệ thống sẽ chuyển luồng dữ liệu này thành M luồng dữ liệu con, mỗi luồng dữ liệu con bây giờ được xem như là của từng người dùng riêng biệt. Mỗi luồng dữ liệu con sẽ được đưa qua bộ mã hóa kênh truyền, bộ trộn và được nhân với mã trải rộng có chiều dài L . Mỗi luồng dữ liệu con sau đó sẽ được điều chế đa sóng mang và phát ra ngoài kênh truyền.

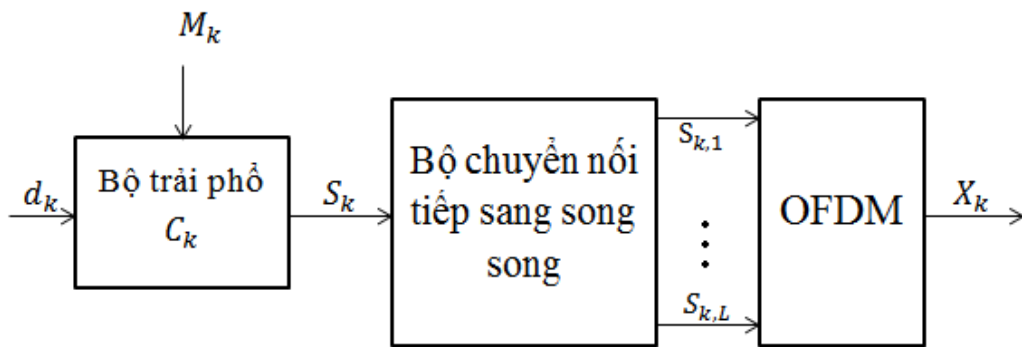


Hình 3.11 Sự tạo tín hiệu rời rạc PMC-MC-CDMA

Hình 3.11 miêu tả sự tạo tín hiệu rời rạc cho hệ thống PMC-MC-CDMA ứng với người dùng k . Luồng dữ liệu ký tự d_k của người dùng k có tốc độ gấp M_k lần tốc độ cơ bản, tốc độ của luồng dữ liệu ký tự d_k này là M_k / T_s với T_s là khoảng thời gian của một ký tự tốc độ cơ bản.

Để đơn giản khi phân tích trong các phần tiếp theo sẽ không xét đến các bộ mã hóa kênh và các bộ trộn, ta có sơ đồ rút gọn sự tạo tín hiệu rời rạc PMC-MCCDMA cho người dùng k như Hình 3.12. Trong mỗi khoảng thời gian T_s sẽ có M_k ký tự dữ liệu của người dùng k được truyền, không mất tính tổng quát sự tạo tín hiệu PMC-MC-CDMA sẽ được mô tả cho M_k ký tự dữ liệu của người dùng tích cực k , M_k ký tự dữ liệu của người dùng k được biểu diễn dưới dạng vector cột:

$$d_k = (d_{k,1}, d_{k,2}, \dots, d_{k,M_k})^T \quad (3.13)$$



Hình 3.12 Sơ đồ rút gọn cho sự tạo tín hiệu rời rạc PMC-MC-CDMA

Ta có thể thấy sự khác nhau cơ bản giữa sự tạo tín hiệu PMC-MCCDMA và MC-CDMA nằm ở bộ trải phổ. Trong hệ thống PMC-MC-CDMA, bộ trải phổ sẽ tạo ra M_k mã trải rộng. Bộ trải phổ sẽ nhân vector ký tự dữ liệu d_k với ma trận mã trải rộng của người dùng k

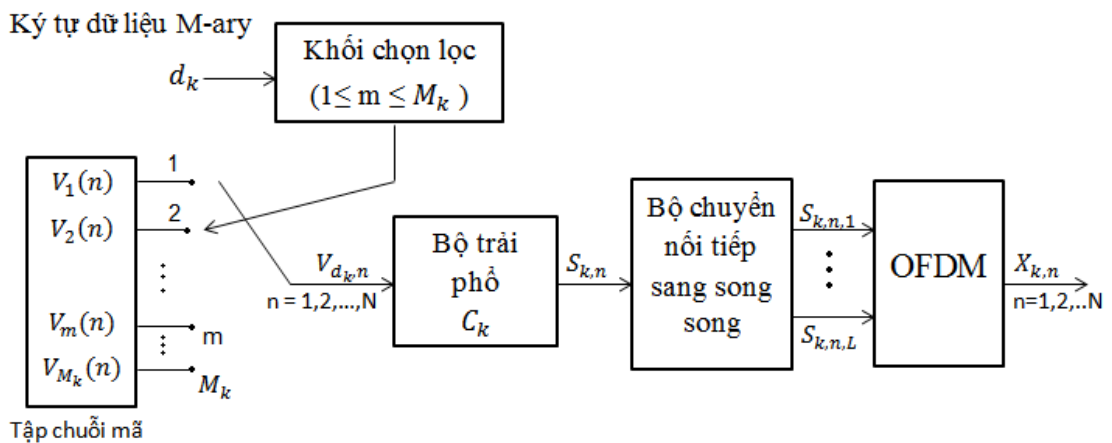
$$C_k = (C_{k,1}, C_{k,2}, \dots, C_{k,M_k})^T \quad (3.14)$$

trong đó $C_{k,m}$ ($m = 1, \dots, M_k$) là vector cột có chiều dài $L = N_c$ biểu diễn một mã trải rộng trong tập mã trải rộng của người dùng thứ k . Bộ trải phổ có dạng :

$$S_k = C_k d_k = (S_{k,1}, S_{k,2}, \dots, S_{k,L})^T \quad (3.15)$$

- **Hệ thống MMC-MC-CDMA**

Hệ thống MMC-MC-CDMA (M-ary Multicode MC-CDMA) là sự kết hợp nối tiếp của hệ thống Multi-code CDMA kiểu truyền M-ary và hệ thống MC-CDMA. Trong hệ thống này mỗi người dùng có một mã C_k (chiều dài L) đặc trưng cho người dùng và một tập mã $\{V_m(n) | 1 \leq m \leq M\}$ chung cho tất cả người dùng (chiều dài của mỗi mã trong tập mã chung là N). [6]



Hình 3.13 Sự tạo tín hiệu rời rạc MMC-MC-CDMA

Hình 3.13 miêu tả sự tạo tín hiệu MMC-MC-CDMA rời rạc cho người dùng k sử dụng sự điều chế BPSK. Khi người dùng k có tốc độ dữ liệu gấp $\log_2(M_k)$ lần tốc độ dữ liệu cơ bản ($1/T_s$) thì trong mỗi khoảng

thời gian T_s khối chọn lọc sẽ “ánh xạ” một ký tự M-ary tương ứng với $\log_2(M_k)$ bit thông tin vào một trong số M_k mã của tập mã chung, tập M_k mã này được gọi là tập mã thông tin cho người dùng k. Chiều dài N của chuỗi mã trong tập mã chung là cố định với các giá trị khác nhau của M_k , vì vậy sự thay đổi tốc độ ký tự dữ liệu không làm thay đổi chiều dài N của chuỗi mã hay tốc độ của luồng bit đi vào bộ trải phổ (N/T_s) nhưng nó làm thay đổi kích thước M_k của tập mã thông tin.

Không mất tính tổng quát ta sẽ khảo sát trong một khoảng thời gian T_s cho người dùng tích cực k, giả sử ký tự M-ary dk tương ứng với $\log_2(M_k)$ bit thông tin trong khoảng thời gian này được ánh xạ vào mã $V_{dk}(n)$, N bit của mã $V_{dk}(n)$ sau đó sẽ lần lượt đi qua bộ trải phổ. Với mỗi bit $v_{dk,n}$ (bit thứ n của mã V_{dk} ; $n = 1, 2, \dots, N$) đi vào bộ trải phổ thì tại ngõ ra bộ trải phổ ta được một chuỗi có chiều dài L

$$\begin{aligned} S_{k,n} &= (S_{k,n,1} \ S_{k,n,2} \ \dots \ S_{k,n,L})^T = v_{dk,n} C_k \\ &= (v_{dk,n} C_{k,1} \ v_{dk,n} C_{k,2} \ \dots \ v_{dk,n} C_{k,L})^T \end{aligned} \quad (3.16)$$

Chuỗi L giá trị phức nối tiếp $S_{k,n}$ qua bộ chuyển đổi S/P để chuyển thành L giá trị song song đi vào khối OFDM. Ngõ ra khối OFDM sẽ được

đưa qua khối D/A, chuyển lên tần số sóng mang cao tần và phát ra ngoài kênh truyền.

3.3. Khảo sát tình hình triển khai LTE – Advanced trên thế giới và ở Việt Nam

3.3.1 Tình hình triển khai LTE – Advanced trên thế giới

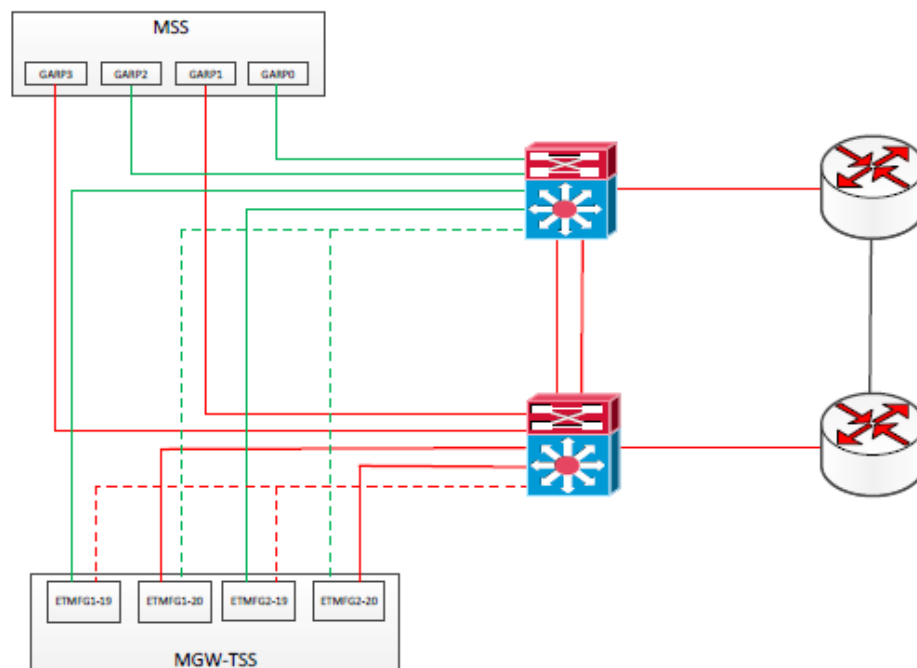
Tháng 3 năm 2011, nhà khai thác mạng viễn thông của Nhật là NTT Docomo đã thực hiện thử nghiệm các công nghệ chính của LTE-Advanced. Docomo thực hiện thử nghiệm liên quan đến kết hợp băng tần, sử dụng 5 kênh 20MHz cho đường xuống và 2 kênh 20MHz cho đường lên. Thêm nữa, thử nghiệm cũng bao gồm cả việc sử dụng công nghệ đa anten đầu vào và đầu ra cho cả đường xuống và đường lên. Thử nghiệm mô phỏng này của NTT Docomo đã đạt được kết quả tốc độ 1Gbps cho đường xuống với việc sử dụng 4 ăngten tại trạm gốc và 2 ăngten trên mỗi thiết bị di động (sử dụng 2 thiết bị di động) và 200Mbps cho đường lên với việc sử dụng 2 anten phát và 2 anten thu kết hợp với kết hợp sóng mang.

Tháng 6 năm 2010, Alcatel-Lucent đã thực hiện thử nghiệm công nghệ truyền dẫn đa điểm phối hợp của LTE-Advanced. Mục đích của cuộc thử nghiệm là nhằm mở rộng hiệu quả phổ tần biên ô. Tín hiệu đường lên từ một người sử dụng được nhận bởi nhiều ô. Sự kết hợp nhất quán của các tín hiệu đường lên được tập trung ở một đơn vị trung tâm, gọi là Nút B phát triển LTE xử lý trung tâm. Thông tin giữa các trạm được trao đổi thông qua giao diện X2.

3.3.2 Khả năng triển khai LTE – Advanced ở Việt Nam

Nền tảng cho sự phát triển các hệ thống 2G/3G lên 4G đó là sự phát triển các mạng lõi của hệ thống thông tin di động tại các nhà khai thác mạng ở Việt Nam.

Hầu hết các nhà khai thác mạng lớn ở Việt Nam như VinaPhone, MobiFone, Viettel đang dần dần phát triển thành phần mạng lõi của mình trở thành những mạng hoàn toàn dùng IP. Hiện nay giao thức IP đã được sử dụng đến tận trạm phát sóng, Node B đã được cấu hình hoàn toàn IP (all IPnetwork). Hình 4.1 mô tả một kết nối hoàn toàn IP thuộc mạng lõi của một hệ thống mạng di động.



Hình 4.1 Kết nối mạng lõi cho tổng đài MSS/TSS mạng VinaPhone

Tuy nhiên để các mạng di động tại Việt Nam phát triển lên 4G, đặc biệt là LTE-Advanced thì cần phải có một chặng đường thay đổi và phát triển rất dài. Hiện tại có hai con đường phát triển lên hệ thống di động 4G, thứ nhất đó là phát triển hệ thống thông tin di động 3G/HSPA+ hiện tại lên mạng LTE phát hành 8 và 9, với tư cách là hệ thống tiệm cận 4G nhưng cũng có những phát triển rất lớn về tốc độ dữ liệu cao. Mạng LTE đang hứa hẹn mở ra một cơ hội tăng lưu lượng thông qua các ứng dụng di động

mới. Theo kỳ vọng thì LTE sẽ đạt tốc độ trung bình từ 50-100Mb/s. Đây là một sự gia tăng đáng kể so với các hệ thống 2G/3G và xa hơn nữa là giúp tăng cường dung lượng truyền tải với giá thành thấp hơn từ đó tăng hiệu quả truyền tải. Hướng phát triển thứ hai đó là tiến thẳng lên hệ thống 4G LTE-Advanced bỏ qua quá trình phát triển lên LTE phát hành 8 và 9 với những sự thay đổi đáng kể cả về thiết bị lẫn công nghệ.

Kết luận chương 3:

Qua những công nghệ được sử dụng cùng các yêu cầu then chốt đã đạt được như đã nêu ở chương 3, ta nhận thấy LTE – Advanced chính thức là một chuẩn của hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư. Với khả năng truyền tải cao sử dụng băng tần lớn nó đã đáp ứng được phần nào nhu cầu của con người về các ứng dụng của thông tin di động. Việc áp dụng công nghệ LTE – Advanced là tất yếu và cấp bách của các nhà khai thác viễn thông.

KẾT LUẬN

Công nghệ LTE – Advanced là một công nghệ còn khá mới, đã và đang được triển khai trên toàn thế giới. Tuy nhiên, với khả năng truyền tải tốc độ cao sử dụng băng tần hiệu quả, cùng với những yêu cầu ngày càng tăng về chất lượng và sự đa dạng dịch vụ ngày càng trở nên rõ ràng nhằm cung cấp những dịch vụ tốt nhất, thuận tiện nhất cho khách hàng. Nhu cầu sử dụng các dịch vụ truy cập Internet tốc độ cao dành cho các thiết bị di động sẽ ngày càng phát triển. Vì vậy nghiên cứu về LTE – Advanced sẽ là một đòi hỏi thiết yếu, là cơ sở cho việc triển khai thực tế.

Ở Việt Nam với sự phát triển nhanh chóng và nhu cầu về truyền tải tốc độ cao của hệ thống thông tin di động, việc nắm bắt công nghệ LTE – Advanced là hết sức cần thiết, nó đóng vai trò quyết định cho bước phát triển tiếp theo của các nhà mạng tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming, “*3G Evolution HSPA and LTE Mobile Broadband*”, Academic Press, 2007.
- [2] Harri Holma, Antti Toskala (2009) , “*LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*”, John Wiley & Sons Ltd.
- [3]Agilent Technologies (2009), “*3GPP Long Term Evolution: System Overview, Product Development, and Test Challenges.*”
- [4] Farooq Khan (2009), “*LTE for 4G Mobile Broadband: Air Interface Technologies and Performance*”, Cambridge University Press.
- [5] C.Gessner (2008), “*UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction*”, Rohde-Schwarz.
- [6] Erik Dahlman, Stefan Parkvall and Johan Skold, “*LTE/LTE – Advanced for mobile broadband.*”.
- [7] Các website tham khảo :
- www.vntelecom.org
- www.dientucongnghe.net
- www.wikipedia.org
- www.3gpp.org
- www.ieee.org