

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



PARNKHAM LUANGCHANDAVONG

**QUY HOẠCH MẠNG 4G - LTE VÀ TRIỂN KHAI
TẠI TỈNH CHĂM PA SẮC, NƯỚC CỘNG HÒA
DÂN CHỦ NHÂN DÂN LÀO**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2022

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



PARNKHAM LUANGCHANDAVONG

**QUY HOẠCH MẠNG 4G - LTE VÀ TRIỂN KHAI
TẠI TỈNH CHĂM PA SẮC, NƯỚC CỘNG HÒA
DÂN CHỦ NHÂN DÂN LÀO**

Chuyên ngành : Kỹ thuật viễn thông

Mã số : 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

Người hướng dẫn khoa học : TS. Nguyễn Chiến Trinh

HÀ NỘI - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan nội dung trình bày luận văn này là do sự tìm hiểu và nghiên cứu của bản thân. Các kết quả nghiên cứu của các tác giả khác đều được trích dẫn cụ thể.

Luận văn này chưa được bảo vệ tại bất kỳ một hội đồng bảo vệ luận văn thạc sĩ nào trong nước và nước ngoài. Đồng thời, đến nay cũng chưa được công bố trên bất kỳ phương tiện thông tin truyền thông nào.

Tác giả luận văn

PARNKHAM LUANGCHANDAVONG

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới thầy giáo hướng dẫn trực tiếp là **TS. Nguyễn Chiến Trinh** đã tận tình hướng dẫn và định hướng cho tôi trong suốt quá trình làm luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, Khoa Đào tạo Sau Đại học và quý thầy, cô và các bạn học viên đã tạo điều kiện tốt nhất và giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn này.

Tôi xin bày tỏ sự biết ơn tới gia đình, bạn bè và đồng nghiệp đã thông cảm, động viên giúp đỡ cho tôi trong quá trình học tập và thực hiện luận văn.

Cuối cùng, mặc dù trong quá trình thực hiện luận văn này, tôi đã nỗ lực và cố gắng bằng tất cả khả năng của mình, nhưng không thể tránh khỏi những thiếu sót, tôi rất mong nhận được sự thông cảm và góp ý quý báu của quý thầy, cô và các bạn đọc.

Hà nội, ngày 18 tháng 05 năm 2022

Tác giả luận văn

PARNKHAM LUANGCHANDAVONG

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC BẢNG, HÌNH	v
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	vii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu	1
3. Mục đích nghiên cứu.....	3
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
5. Phương pháp nghiên cứu.....	3
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G – LTE.....	4
1.1 Giới thiệu về công nghệ LTE.....	4
1.2 Mô hình mạng thông tin di động 4G/LTE	11
1.2.1 Tổng quan.....	11
1.2.2 Mô hình mạng thông tin di động 4G/LTE	12
1.3 Giao thức của LTE (LTE Protocols).....	14
1.4 Các kỹ thuật sử dụng trong LTE.....	16
1.4.1 Kỹ thuật truy cập phân chia theo tần số trực giao OFDM	16
1.4.2 Kỹ thuật SC-FDMA	18
1.4.3 Kỹ thuật MIMO.....	20
1.4.4 Mã hóa Turbo	22
1.4.5 Thích ứng đường truyền.....	22
1.4.6 Lập biểu phụ thuộc kênh.....	23
1.4.7 HARQ với kết hợp mềm	24
Kết luận chương 1	24
CHƯƠNG 2 QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE.....	26
2.1. Giới thiệu về định cỡ mạng vô tuyến.....	26
2.2. Tiến trình định cỡ mạng LTE.....	30

2.2.1 Đầu vào định cỡ mạng LTE	30
2.2.2 Đầu ra định cỡ mạng LTE.....	32
2.2.3 Tiến trình định cỡ mạng LTE.....	32
2.3 Quy hoạch vùng phủ	35
2.3.1 Quỹ đường truyền	35
2.3.2 Các mô hình truyền sóng.....	42
2.3.3 Tính bán kính cell.....	45
Kết luận chương 2	46
CHƯƠNG 3: QUY HOẠCH VÀ TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG MẠNG 4G - LTE CHO TỈNH CHĂM PA SẮC, NƯỚC CỘNG HÒA DÂN CHỦ NHÂN DÂN LÀO	47
3.1. Tình hình triển khai 4G - LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào	47
3.1.1 Hiện trạng phân bố trạm thu phát sóng mạng thông tin di động tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào	47
3.1.2 Hiện trạng cơ sở hạ tầng nhà trạm	48
3.2. Thuận lợi và khó khăn triển khai 4G - LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào.....	50
3.2.1. Thuận lợi	50
3.2.2. Khó khăn	51
3.3. Quy hoạch mạng 4G LTE áp dụng tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào	52
3.3.1 Thu thập dữ liệu (diện tích, dân số, số thuê bao...)	52
3.3.2 Quy hoạch vùng phủ	53
3.4 Một số giải pháp triển khai 4G LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào	57
3.5. Kết luận chương	58
Kết luận chương 3	59
KẾT LUẬN	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO	62

DANH MỤC BẢNG, HÌNH

Bảng 1.1 Các thông số lớp vật lý LTE.....	7
Bảng 1.2 Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp.....	7
Bảng 1.3 So sánh các dịch vụ của 3G so với 4G LTE.....	8
Bảng 1.4 So sánh giữa HSPA, WiMAX và LTE.....	9
Bảng 2.1 Ví dụ về quỹ đường lên của LTE	38
Bảng 2.2 Ví dụ của quỹ đường xuống LTE	39
Bảng 2.3 So sánh quỹ đường truyền lên của các hệ thống	40
Bảng 2.4 So sánh về quỹ đường truyền xuống của các hệ thống.....	41
Bảng 2.5 Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng	46
Bảng 3.1: Thống kê dịch vụ mạng viễn thông tại tỉnh Chăm Pa sắc năm 2021	48
Bảng 3.2: Số lượng trạm thông tin di động 2G/3G trên địa bàn tỉnh Chăm Pa Sắc tính đến tháng 12/2021	48
Bảng 3.3: Hiện trạng phân loại hạ tầng cột Ăng-ten thu phát sóng thông tin mạng viễn thông tỉnh Chăm Pa Sắc	49
Bảng 3.4: Số lượng trạm thông tin di động 2G/3G trên địa bàn tỉnh Chăm Pa Sắc tính đến tháng 12/2021	50
Bảng 3.5: Quy hoạch số lượng eNode B LTE trên mạng mạng Lao Telecom.....	53
Bảng 3.6: Danh sách dự kiến các trạm lắp đặt 4G pha 1 tại tỉnh Chăm Pa Sắc đến năm 2025	57
Hình 1.1 Mô hình cấu trúc mạng 4G/LTE	13
Hình 1.2 Giao thức của UTRAN.....	14
Hình 1.3 Giao thức của E-UTRAN.....	14
Hình 1.4 Phân phối chức năng của các lớp MAC, RLC, PDCP	15
Hình 1.5 Truyền đơn sóng mang.....	16
Hình 1.6 Nguyên lý của FDMA.....	16
Hình 1.7 Nguyên lý đa sóng mang.....	17

Hình 1.8 So sánh phổ tần của OFDM với FDMA	17
Hình 1.9 Tần số-thời gian của tín hiệu OFDM	17
Hình 1.10 Các sóng mang trực giao với nhau.....	18
Hình 1.11 OFDMA và SC-FDMA.....	19
Hình 1.12 Thu phát SC-FDMA trong miền tần số.....	20
Hình 1.13 Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO	21
Hình 1.14 Ghép kênh không gian	22
Hình 1.15 Điều chế thích nghi	23
Hình 2.1 Tiến trình quy hoạch mạng vô tuyến	26
Hình 2.2 Dự trữ tuyến của mạng di động không dây.....	28
Hình 2.3: Định cỡ mạng LTE.....	33
Hình 2.4 Các tham số của mô hình Walfisch-Ikegami	43

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Từ viết tắt	Nghĩa
1G	One Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất
2G	Second Generation Cellular	
3G	Third Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai
4G	Four Generation Cellular	
3GPP	Third Generation Partnership Project	Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư Dự án hợp tác thế hệ 3
A		
ACK	Acknowledgement	Tín hiệu xác nhận
B		
BCCH	Broadcast Control Channel	Kênh điều khiển quảng bá
BCH	Broadcast Channel	Kênh quảng bá
BW	Band Width	Băng thông
C		
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo mã
CAPEX	Capital Expenditure	Tiền tố lắp
CP	Cycle Prefix	
D		
DL-SCH	Downlink Share Channel	Kênh chia sẻ đường xuống
DL	Downlink	Hướng xuống
E		
EDGE	Enhance Data rates for GSM Evolution	Tốc độ dữ liệu tăng cường cho mạng GSM cải tiến
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access	Mạng truy nhập vô tuyến cải tiến
EPC	Evolved Packet Core	Mạng lõi gói

eNodeB	Enhance NodeB	NodeB cải tiến
F		
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo tần số
FDD	Frequency Division Duplexing	Ghép kênh phân chia theo tần số
FEC	Forward Error Correction	Sửa lỗi hồi tiếp
G		
GSM	Global System for Mobile	Hệ thống di động toàn cầu
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến GSM/EDGE
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ gói vô tuyến thông dụng
GI	Guard Interval	Khoảng bảo vệ
H		
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
HDTV	High Definition Television	Tivi có độ phân giải cao
HSOPA	High Speed OFDM Packet Access	Truy cập gói OFDM tốc độ cao
HO	Handover	Chuyển giao
HSPA	High Speed Packet Access	Truy nhập gói tốc độ cao
HSS	Home Subscriber Server	Quản lý thuê bao
I		
ITU	International Telecommunication Union	Đơn vị viễn thông quốc tế
IP	Internet Protocol	Giao thức internet
IMS	IP Multimedia Sub-system	Hệ thống đa phương tiện sử dụng IP
ISI	Inter-Symbol Interference	Nhiều liên ký tự
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier ngược

L		
LTE	Long Term Evolution	
M		
MS	Mobile Station	Trạm di động
BTS	Base Station	Trạm gốc
MIMO	Multi Input Multi Output	Đa ngõ vào đa ngõ ra
MME	Mobility Management Entity	Quản lý tính di động
MAC	Medium Access Control	Điều khiển trung nhập trung bình
MU-MIMO	Multi User – MIMO	Đa người dung – Đa ngõ vào đa ngõ ra
MoU	Minutes of Using	Thời gian sử dụng
MCS	Modulation Coding Scheme	Kỹ thuật mã hóa và điều chế
O		
OPEX	Operating Expense	
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiple	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
P		
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio	Tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình
P2P	Point to Point	
PCRF	Policy and Charging Rules Function	Điểm đến điểm
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel	Kênh vật lý chia sẻ đường xuống
PUCCH	Physical Uplink Control Channel	Kênh vật lý điều khiển đường lên
PDCCH	Physical Downlink Control Channel	Kênh vật lý điều khiển đường xuống
PBCH	Physical Broadcast Channel	Kênh vật lý quảng bá
PCCH	Paging Control Channel	Kênh điều khiển tin nhắn
PCH	Paging Channel	Kênh tin nhắn

Q		
QoS	Quality of Services	Chất lượng dịch vụ
R		
RLC	Radio Link Control	Điều khiển kết nối vô tuyến
RRC	Radio Resource Control	Điều khiển tài nguyên vô tuyến
RB	Resource Block	Khối tài nguyên
RE	Resource Element	Thành phần tài nguyên
RSRP	Reference Signal Receive Power	Công suất thu tín hiệu tham khảo
RSRQ	Reference Signal Receive Quality	Chất lượng thu tín hiệu tham khảo
RS	Reference Signal	Tín hiệu tham khảo
S		
SDR	Software - Defined Radio	Phần mềm nhận dạng vô tuyến
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên nhiễu
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division multiple Access	Đa truy cập phân chia theo tần số trực giao đơn sóng mang
SMS	Short Message Service	Tin nhắn ngắn
SAE	System Architecture Enhance	Cấu trúc hệ thống tăng cường
SGSN	Serving GPRS Support Node	Nút cung cấp dịch vụ GPRS
SU-MIMO	Single User Multi Input Multi Output	Đơn user-Đa ngõ vào đa ngõ ra
T		
TDMA	Time Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo thời gian
	Time Transmit Interval	
TTI	Time Division Duplexing	Khoảng thời gian phát
TDD	Transmit Power Command	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TPC		Lệnh công suất phát

U		
UMB	Ultra Mobile Broadband	Di động băng rộng mở rộng
UL	Uplink	Đường lên
UTRAN	UTMS Terrestrial Radio Access Networks	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất
UTMS	Universal Telecommunication Mobile System	Hệ thống thông tin di động
UE	User Equipment	Thiết bị người dùng (Di động)
V		
VHE	Virtual Home Environment	Môi trường nhà ảo
VoIP	Voice IP	Thoại sử dụng IP
W		
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo mã băng rộng
WAP	Wireless Applicaion protocol	Giao thức ứng dụng không dây

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, ở nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào đang tồn tại đồng thời nhiều thế hệ của hệ thống thông tin di động. Việc triển khai hệ thống di động 4G không phải là vấn đề của tương lai xa nữa. Trước những xu thế phát triển chung về công nghệ viễn thông, đặc biệt là công nghệ thông tin di động và việc các nước trên thế giới đã và đang triển khai 4G thì việc nghiên cứu, tìm hiểu hệ thống thông tin di động 4G là cần thiết.

Với điều kiện ở Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào nói chung tỉnh Châm Pa Sắc nói riêng cơ sở hạ tầng viễn thông mà các nhà mạng đang quản lý, việc nâng cấp và triển khai từng bước mạng tự động nhằm mục đích tiến lên công nghiệp 4G là hoàn toàn phù hợp. Qua từng bước phát triển, ta có thể tận dụng nguồn cứ sự vật chất sẵn có, đồng thời tiếp cận được công nghệ hiện đại nhằm xây dựng một mạng lưới thông tin di động hiện đại, đáp ứng được nhu cầu của người dùng.

Đã có 2 nhà mạng Unitell và Lao Telecom triển khai sớm nhất và triển khai khá thành công, do đó Unitell bắt đầu gấp rút chuẩn bị hoàn tất cho việc triển khai cung cấp dịch vụ 4G tại Lào. Hiện tại thì Lao Telecom đã hoàn thành quá trình thử nghiệm 4G và đã có những kết quả tốt.

Vì tất cả những lý do trên, học viên nhận thấy việc triển khai công nghệ 4G tại tỉnh Châmpasắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào là một việc hoàn toàn cần thiết và thiết thực, không chỉ nhằm mục đích tìm hiểu, nghiên cứu các dịch vụ mà nó đáp ứng mà còn cố gắng đưa vào áp dụng ở tỉnh Châm Pa Sắc. Qua đó triển khai công nghệ 4G tại tỉnh Châm Pa Sắc. Kết hợp với những tài liệu, kiến thức em tìm hiểu được, xuất phát từ những vấn đề trên, em đã lựa chọn đề tài ***“Quy hoạch mạng 4G-LTE và triển khai tại tỉnh Châm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào”*** làm nội dung nghiên cứu cho luận văn tốt nghiệp của mình.

2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Quy hoạch mạng LTE cũng giống như quy hoạch mạng 3G. Ở hệ thống di động 4G, đường lên và đường xuống là bất đối xứng. Do vậy, một trong hai đường

sẽ thiết lập giới hạn về dung lượng hoặc vùng phủ sóng. Việc tính toán quỹ đường truyền và phân tích nhiễu không phụ thuộc vào loại công nghệ sử dụng. Mục đích của pha định cỡ là để ước lượng số lượng các trạm cần sử dụng, cấu hình trạm và số lượng các phần tử mạng để dự báo giá thành đầu tư cho mạng. chúng ta sẽ tìm hiểu về quỹ đường truyền của LTE, các mô hình truyền sóng để phục vụ cho quá trình ước lượng số eNodeB của mạng theo điều kiện tối ưu 1, và số trạm eNodeB theo điều kiện tối ưu 2 để từ đó ta quyết định được số eNodeB cần thiết cho vùng cần quy hoạch.

Định cỡ mạng cung cấp các đánh giá đầu tiên, nhanh chóng cấu hình của mạng không dây. Định cỡ là một phần của toàn bộ quá trình quy hoạch, trong đó cũng bao gồm, quy hoạch chi tiết và tối ưu hóa mạng di động không dây. Nhìn chung, quy hoạch là một quá trình lặp đi lặp lại bao gồm các bước thiết kế, tổng hợp và vận hành. Mục đích của toàn bộ bài này là cung cấp một phương pháp để thiết kế mạng di động không dây như vậy mà nó đáp ứng các yêu cầu đặt ra bởi khách hàng. Quá trình này có thể được sửa đổi để phù hợp với nhu cầu của bất kỳ mạng di động không dây. Đây là một quá trình rất quan trọng trong việc triển khai mạng.

Quy hoạch vùng phủ bao gồm dự trữ tuyến và phân tích vùng phủ. RLB tính công suất nhận được bởi người sử dụng được phát bởi một công suất cụ thể (từ các máy phát hoặc trạm gốc). RLB bao gồm độ lợi và suy hao của tín hiệu trên đường truyền từ máy phát đến máy thu. Điều này bao gồm độ lợi của máy phát và máy thu cũng như suy hao và ảnh hưởng của môi trường không dây giữa chúng. Suy hao trong môi trường truyền dẫn, fading nhanh và fading chậm được đưa vào quỹ đường truyền.

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

❖ Các đề tài nghiên cứu có liên quan

Lê Tiến Hiệu (2012), Nghiên cứu triển khai mạng 4G-LTE/SEA tại Tỉnh Chăm Pa Sắc, Luận văn thạc sĩ, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông.

Nguyễn Đình Chiến (2006), Nghiên cứu ứng dụng công nghệ 4G cho mạng di động Vietteli mobile, Đề tài Khoa học công nghệ.

Nguyễn Tiến Sang (2016), Nghiên cứu triển khai công nghệ cho mạng thông tin di động tập đoàn bưu chính viễn thông Tỉnh Chăm Pa Sắc VNPT.

Các nghiên cứu trên đều nghiên cứu về đặc điểm hệ thống thông tin di động 4G/LTE, xu hướng nghiên cứu, phát triển và nghiên cứu công nghệ, kỹ thuật sử dụng trong 4G/LTE, Mô hình mạng thông tin di động 4G, Các giao thức trên giao diện vô tuyến LTE, Kỹ thuật đa anten trong LTE, Quản lý di động trong LTE.

Ở Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào chưa có đề tài nào nghiên cứu sâu về quy hoạch mạng 4G-LTE và triển khai.

Do vậy đề tài Quy hoạch mạng 4G-LTE và triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào của em không trùng lặp.

3. Mục đích nghiên cứu

- Nghiên cứu chung các xu hướng phát triển công nghệ 4G
- Đề xuất áp dụng công nghệ 4G triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, Lào

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Công nghệ 4G
- Phạm vi nghiên cứu: Đánh giá công nghệ 4G, đề xuất áp dụng công nghệ 4G triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào.

5. Phương pháp nghiên cứu

- Khảo sát các nghiên cứu, tài liệu liên quan để thu thập thông tin về cơ sở lý thuyết từ nhiều nguồn (tài liệu, sách giáo trình, Internet...)
- Thu thập, phân tích dữ liệu nhằm đánh giá thực trạng công nghệ thông tin tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào. Tổng hợp, phân tích, đánh giá, lựa chọn các chuẩn công nghệ 4G phù hợp với điều kiện thực tế và tổng hợp các kết quả nghiên cứu để lựa chọn cách tiếp cận phù hợp với nội dung nghiên cứu

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G – LTE

1.1 Giới thiệu về công nghệ LTE

Hệ thống 3GPP LTE, là bước tiếp theo cần hướng tới của hệ thống mạng không dây 3G dựa trên công nghệ di động GSM/UMTS, và là một trong những công nghệ tiềm năng nhất cho truyền thông 4G. Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU) đã định nghĩa truyền thông di động thế hệ thứ 4 là IMT Advanced và chia thành hai hệ thống dùng cho di động tốc độ cao và di động tốc độ thấp. 3GPP LTE là hệ thống dùng cho di động tốc độ cao. Ngoài ra, đây còn là công nghệ hệ thống tích hợp đầu tiên trên thế giới ứng dụng cả chuẩn 3GPP LTE và các chuẩn dịch vụ ứng dụng khác, do đó người sử dụng có thể dễ dàng thực hiện cuộc gọi hoặc truyền dữ liệu giữa các mạng LTE và các mạng GSM/GPRS hoặc UMTS dựa trên WCDMA. Kiến trúc mạng mới được thiết kế với mục tiêu cung cấp lưu lượng chuyển mạch gói với dịch vụ chất lượng, độ trễ tối thiểu. Hệ thống sử dụng băng thông linh hoạt nhờ vào mô hình đa truy cập OFDMA và SC-FDMA. Thêm vào đó, FDD và TDD, bán song công FDD cho phép các UE có giá thành thấp. Không giống như FDD, bán song công FDD không yêu cầu phát và thu tại cùng thời điểm. Điều này làm giảm giá thành cho bộ song công trong UE. Truy cập tuyến lên dựa vào đa truy cập phân chia theo tần số đơn sóng mang (Single Carrier Frequency Division multiple Access SC-FDMA) cho phép tăng vùng phủ tuyến lên làm tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình thấp (PAPR) so với OFDMA. Thêm vào đó, để cải thiện tốc độ dữ liệu đỉnh, hệ thống LTE sử dụng hai đến bốn lần hệ số phủ cell so với hệ thống HSPA Release 6.

❖ Động cơ thúc đẩy:

- Cần thế hệ tiếp theo để cải thiện các nhược điểm của 3G và đáp ứng nhu cầu của người sử dụng
- Người dùng đòi hỏi tốc độ dữ liệu và chất lượng dịch vụ cao hơn
- Tối ưu hệ thống chuyển mạch gói
- Tiếp tục nhu cầu đòi hỏi của người dùng về giảm giá thành

- Giảm độ phức tạp
- Tránh sự phân đoạn không cần thiết cho hoạt động của một cặp hoặc không phải một cặp dải thông

❖ **Các giai đoạn phát triển của LTE:**

- Bắt đầu năm 2004, dự án LTE tập trung vào phát triển thêm UTRAN và tối ưu cấu trúc truy cập vô tuyến của 3GPP.
- Mục tiêu hướng đến là dung lượng dữ liệu truyền tải trung bình của một người dùng trên 1 MHz so với mạng HSDPA Rel. 6: Tải xuống: gấp 3 đến 4 lần (100Mbps). Tải lên: gấp 2 đến 3 lần (50Mbps).
- Năm 2007, LTE của kỹ thuật truy cập vô tuyến thế hệ thứ 3 –“EUTRA”- phát triển từ những bước khả thi để đưa ra các đặc tính kỹ thuật được chấp nhận. Cuối năm 2008 các kỹ thuật này được sử dụng trong thương mại.
- Các kỹ thuật OFDMA được sử dụng cho đường xuống và SC-FDMA được sử dụng cho đường lên.

❖ **Mục tiêu của LTE:**

- Tốc độ dữ liệu cao
- Độ trễ thấp
- Công nghệ truy cập sóng vô tuyến gói dữ liệu tối ưu

❖ **Các đặc tính cơ bản của LTE:**

- Hoạt động ở băng tần: 700 MHz - 2,6 GHz.
- Tốc độ:
 - DL: 100Mbps (ở BW 20MHz)
 - UL: 50 Mbps với 2 anten thu một anten phát.
- Độ trễ: nhỏ hơn 5ms
- Độ rộng BW linh hoạt: 1,4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz; 20 MHz. Hỗ trợ cả 2 trường hợp độ dài băng lên và băng xuống bằng nhau hoặc không.
- Tính di động: Tốc độ di chuyển tối ưu là 0-15 km/h nhưng vẫn hoạt động tốt với tốc độ di chuyển từ 15-120 km/h, có thể lên đến 500 km/h tùy băng tần.
- Phổ tần số:

- Hoạt động ở chế độ FDD hoặc TDD
- Độ phủ sóng từ 5-100 km
- Dung lượng 200 user/cell ở băng tần 5Mhz.
- Chất lượng dịch vụ:
 - Hỗ trợ tính năng đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS.
 - VoIP đảm bảo chất lượng âm thanh tốt, trễ tối thiểu thông qua mạng UMTS.
- Liên kết mạng:
 - Khả năng liên kết với các hệ thống UTRAN/GERAN hiện có và các hệ thống không thuộc 3GPP cũng sẽ được đảm bảo.
 - Thời gian trễ trong việc truyền tải giữa E-UTRAN và UTRAN/GERAN sẽ nhỏ hơn 300ms cho các dịch vụ thời gian thực và 500ms cho các dịch vụ còn lại.
- Chi phí: chi phí triển khai và vận hành giảm

Băng thông linh hoạt trong vùng từ 1.4 MHz đến 20 MHz, điều này có nghĩa là nó có thể hoạt động trong các dải băng tần của 3GPP. Trong thực tế, hiệu suất thực sự của LTE tùy thuộc vào băng thông chỉ định cho các dịch vụ và không có sự lựa chọn cho phổ tần của chính nó. Điều này giúp đáng kể cho các nhà khai thác trong chiến lược về kinh tế và kỹ thuật. Triển khai tại các tần số cao, LTE là chiến lược hấp dẫn tập trung vào dung lượng mạng, trong khi tại các tần số thấp nó có thể cung cấp vùng bao phủ khắp nơi. Mạng LTE có thể hoạt động trong bất cứ dải tần được sử dụng nào của 3GPP. Nó bao gồm băng tần lõi của IMT-2000 (1.9-2 GHz) và dải mở rộng (2.5 GHz), cũng như tại 850-900 MHz, 1800 MHz, phổ AWS (1.7-2.1 GHz)...Băng tần chỉ định dưới 5MHz được định nghĩa bởi IUT thì phù hợp với dịch vụ IMT trong khi các băng tần lớn hơn 5MHz thì sử dụng cho các dịch vụ có tốc độ cực cao. Tính linh hoạt về băng tần của LTE có thể cho phép các nhà sản xuất phát triển LTE trong những băng tần đã tồn tại của họ.

➤ **Các thông số lớp vật lý của LTE:**

Bảng 1.1 Các thông số lớp vật lý LTE

Kỹ thuật truy cập	UL	DTFS-OFDM (SC-FDMA)
	DL	OFDMA
Băng thông	1.4MHz, 3 MHz , 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz	
TTI tối thiểu	1ms	
Khoảng cách sóng mang con	15KHz	
Chiều dài CP	Ngắn	4.7 μ s
	Dài	16.7 μ s
Điều chế	QPSK, 16QAM, 64QAM	
Ghép kênh không gian	1 lớp cho UL/UE Lên đến 4 lớp cho DL/UE Sử dụng MU-MIMO cho UL và DL	

Bảng 1.2 Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp

Lớp		1	2	3	4	5
Tốc độ đỉnh Mbps	DL	10	50	100	150	300
	UL	5	25	50	50	75
Dung lượng cho các chức năng lớp vật lý						
Băng thông RF		20MHz				
Điều chế	DL	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	UL	QPSK, 16QAM, 64QAM				

➤ **Dịch vụ của LTE:**

Qua việc kết nối của đường truyền tốc độ rất cao, băng thông linh hoạt, hiệu suất sử dụng phổ cao và giảm thời gian trễ gói, LTE hứa hẹn sẽ cung cấp nhiều dịch vụ đa dạng hơn. Đối với khách hàng, sẽ có thêm nhiều ứng dụng về dòng dữ liệu lớn, tải về và chia sẻ video, nhạc và nội dung đa phương tiện. Tất cả các dịch vụ sẽ cần lưu lượng lớn hơn để đáp ứng đủ chất lượng dịch vụ, đặc biệt là với mong đợi của người dùng về đường truyền TV độ rõ nét cao. Đối với khách hàng là doanh nghiệp, truyền các tập tin lớn với tốc độ cao, chất lượng video hội nghị tốt...LTE sẽ mang đặc tính của “Web 2.0” ngày nay vào không gian di động lần đầu tiên. Dựa theo sự bảo đảm về thương mại, nó sẽ băng qua những ứng dụng thời gian thực như game đa người chơi và chia sẻ tập tin.

Bảng 1.3 So sánh các dịch vụ của 3G so với 4G LTE

Dịch vụ	Môi trường (3G)	Môi trường 4G
Thoai (rich voice)	Âm thanh thời gian thực	VoIP, video hội nghị chất lượng cao
Tin nhắn P2F(P2F messaging)	SMS, MMS, các email ưu tiên thấp	Các tin nhắn photo, IM, email di động, tin nhắn video
Lướt web(browsing)	Truy cập đến các dịch vụ online trực tuyến, Trình duyệt WAP thông qua GPRS và mạng 3G.	Duyệt siêu nhanh, tải các nội dung lên các mạng xã hội.
Thông tin cước phí(paid information)	Người dùng trả qua hoặc trên mạng tính cước chuẩn. Chính yếu là dựa trên thông tin văn bản.	Tạp chí trực tuyến, dòng âm thanh chất lượng cao.
Riêng tư(personalization)	Chủ yếu là âm thanh chuông, cũng bao gồm màn hình chờ và nhạc chờ.	Âm thanh thực (thu âm gốc từ người nghệ sĩ), các trang web cá nhân.
Games	Tải về và chơi game trực tuyến.	Kinh nghiệm game trực tuyến vững chắc qua cả mạng cố định và di động.
Video/TV theo yêu cầu (video/TV on demand)	Chạy và có thể tải video.	Các dịch vụ quảng bá tivi, Tivi theo đúng yêu cầu dòng video chất lượng cao.
Nhạc	Tải đầy đủ các track và các dịch vụ âm thanh.	Lưu trữ và tải nhạc chất lượng cao
Nội dung tin nhắn	Tin nhắn đồng cấp sử dụng ba thành phần cũng như tương tác với các media khác.	Phân phối tỷ lệ rộng của các video clip, dịch vụ karaoke, video cơ bản quảng cáo di động.
M-commerce (thương mại qua điện thoại)	Thực hiện các giao dịch và thanh toán qua mạng di động.	Điện thoại cầm tay như thiết bị thanh toán, với các chi tiết thanh toán qua mạng tốc độ cao để cho phép các giao dịch thực hiện nhanh chóng.
Mạng dữ liệu di động(mobile data netwoking)	Truy cập đến các mạng nội bộ và cơ sở dữ liệu cũng như cách sử dụng của các ứng dụng như CRM.	Chuyển đổi file P2P, các ứng dụng kinh doanh, ứng dụng chia sẻ, thông tin M2M, di động intranet/extranet.

So sánh LTE với HSPA và WiMAX

Bảng 1.4 So sánh giữa HSPA, WiMAX và LTE

Các tiêu chí	HSUPA	WiMAX	LTE
Phiên bản	3GPP release 6	802.16e (2005)	3GPP release 8 (3/2009)
Cơ sở hạ tầng và các thiết bị có giá trị	Bắt đầu năm 2007	Bắt đầu năm 2007	Bắt đầu năm 2010
Dải tần hoạt động	700MHz, 850 MHz, 1.5GHz, 1.8 GHz, 1.7/2.1 GHz	2.5GHz, 2.6GHz, 3.5GHz, 3.65 GHz, 5.8 GHz	700MHz, 850 MHz, 1.5 GHz, 1.8 GHz, 1.7/2.1 GHz, 2.1GHz, 2.3GHz, 2.6GHz
Các thông số hướng đến	Tốc độ dữ liệu lên 5.6 Mbps đối với kênh 5MHz, bán kính cell là 680m	Tốc độ dữ liệu lên 75Mbps/25 Mbps đối với kênh 10MHz với 2x2 MIMO, bán kính cell lên đến 2-7Km, 100-200 người dùng	Tốc độ dữ liệu lên 100Mbps/50 Mbps đối với kênh 10MHz với 2x2 MIMO, bán kính cell lên đến 5Km, lớn hơn 400 người dùng
Khả năng tương thích lùi	Tương thích lùi với Release 99	Không tương thích lùi với 3GPP hoặc 3GPP2	Kế thừa chuẩn 3GPP, nhưng khác kỹ thuật nên đòi hỏi thiết bị mới ở RAN nếu dải tần khác nhau được sử dụng

Về công nghệ, LTE và WiMax có một số khác biệt nhưng cũng có nhiều điểm tương đồng. Cả hai công nghệ đều dựa trên nền tảng IP. Cả hai đều dùng kỹ thuật MIMO để cải thiện chất lượng truyền/nhận tín hiệu, đường xuống từ trạm thu phát đến thiết bị đầu cuối đều được tăng tốc bằng kỹ thuật OFDM hỗ trợ truyền tải dữ liệu đa phương tiện và video.

Đường lên từ thiết bị đầu cuối đến trạm thu phát có sự khác nhau giữa 2 công nghệ. WiMax dùng OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access – một biến thể của OFDM), còn LTE dùng kỹ thuật SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access). Về lý thuyết, SC-FDMA được thiết kế làm việc hiệu quả hơn và các thiết bị đầu cuối tiêu thụ năng lượng thấp hơn OFDMA.

LTE còn có ưu thế hơn WiMax vì được thiết kế tương thích với cả phương thức TDD (Time Division Duplex) và FDD (Frequency Division Duplex). Ngược lại, WiMax hiện chỉ tương thích với TDDs. TDD truyền dữ liệu lên và xuống thông qua 1 kênh tần số (dùng phương thức phân chia thời gian), còn FDD cho phép truyền dữ liệu lên và xuống thông qua 2 kênh tần số riêng biệt. Điều này có nghĩa LTE có nhiều phổ tần sử dụng hơn WiMax. Tuy nhiên, sự khác biệt công nghệ không có ý nghĩa quyết định trong cuộc chiến giữa WiMax và LTE.

Trên thế giới, 4G dù chưa phải phổ biến song cũng đã có quốc gia và các hãng viễn thông triển khai. Chẳng hạn như Ericsson. Tháng 1/2009, Ericsson và nhà mạng tại Thụy Điển đã triển khai thương mại TeliaSonera mạng LTE/4G đầu tiên tại Thụy Điển. Tới tháng 1/2010 đã triển khai diện rộng mạng TeliaSonera trên toàn quốc ở Na Uy và Thụy Điển. Ngoài ra, Ericsson đã ký hợp đồng triển khai LTE trong thời gian tới với các nhà mạng AT&T (Mỹ), MetroPCS, Verizon Wireless (Mỹ), NTT Docomo (Nhật). Ericsson cũng đã tiến hành các thử nghiệm LTE/4G với các mạng Telstra, SingTel, T-Mobile Hungary, Zain Saudia Arabia.

Với Tỉnh Chăm Pa Sắc, ở thời điểm này, cơ quan quản lý nhà nước chưa đưa ra quyết định sẽ đi lên 4G bằng Wimax hay LTE mà quan điểm sẽ tổ chức một hội thảo giữa Bộ với các doanh nghiệp để tìm ra sự lựa chọn hợp lý nhất. Theo phân tích của các chuyên gia, hiện tại Wimax có lợi thế đi trước LTE. Không chỉ trên thế giới mà ngay cả ở Tỉnh Chăm Pa Sắc, mạng Wimax đã được triển khai cung cấp thử nghiệm từ năm 2004 tới giờ. Còn LTE, lại được cho rằng phải tới khoảng năm 2012-2013 mới trở nên phổ biến. Xong, so với Wimax, LTE lại có một thế mạnh được cho là rất quan trọng. LTE nếu được triển khai cho phép tận dụng dụng hạ tầng GSM có sẵn dù vẫn phải đầu tư thêm thiết bị. Còn Wimax, nếu muốn triển khai thì phải xây dựng từ đầu một mạng mới. Với Tỉnh Chăm Pa Sắc, trong bối cảnh hiện nay, theo nhiều chuyên gia, vẫn chưa đến thời điểm chín muồi để phát triển 4G cho dù đó là Wimax hay LTE. Ở thời điểm này, Tỉnh Chăm Pa Sắc vẫn chưa có kế hoạch triển khai 4G. Nếu có, phải ít nhất là năm 2022. Và với mốc thời gian này, biết đâu, LTE lại thắng thế hơn Wimax? Nhưng dù có lựa chọn công nghệ gì đi

chẳng nữa, điều quan trọng nhất mà người dùng Việt đặt kỳ vọng ở các nhà khai thác mạng, cung cấp dịch vụ đó là làm sao đáp ứng được ba tiêu chuẩn. Một chuyên gia của Ericsson chia sẻ. Thứ nhất, đó là tính thân thiện và đơn giản của dịch vụ công nghệ cung cấp. Đa số người dùng trước đây chưa biết nhiều về Internet do đó tính thân thiện giúp họ sử dụng lần đầu tiên mà không bị nhầm lẫn là điều rất quan trọng. Thứ hai đó chính là những nội dung tiếng Việt mà họ có thể hưởng thụ từ dịch vụ. Và thứ ba, là giá cả hợp lý. Đặc biệt là dịch vụ trả trước. Có thể nói, đa số người sử dụng không hiểu về sự liên quan giữa Megabyte và giá cả nên chính sách giá phải dễ hiểu.

1.2 Mô hình mạng thông tin di động 4G/LTE

1.2.1 Tổng quan

LTE (Long Term Evolution: phát triển dài hạn) là tên dành cho tiêu chuẩn mới do 3GPP phát triển để đáp ứng các yêu cầu không ngừng tăng về tốc độ số liệu để đáp ứng các dịch vụ đa phương tiện IP. LTE là bước phát triển tiếp sau của các hệ thống 2G và 3G để tiến đến cung cấp mức độ chất lượng tương tự như các mạng hữu tuyến hiện nay.

❖ Các mục tiêu thiết kế chính của LTE bao gồm:

Hệ thống phải hỗ trợ tốc độ đỉnh đường lên là 100Mbps và đường xuống là 50Mbps trong băng thông 20 MHz hay tương đương với các giá trị hiệu suất phổ tần đỉnh là 5bps/Hz đường xuống và 2,5bps/Hz đường lên. Hệ thống tham chuẩn có 2 anten trong UE cho đường xuống và 1 anten trong UE cho đường lên.

Di động lên đến 350km/giờ.

Sử dụng phổ linh hoạt, đồng tồn tại với các công nghệ trước và giảm độ phức tạp cũng như giá thành.

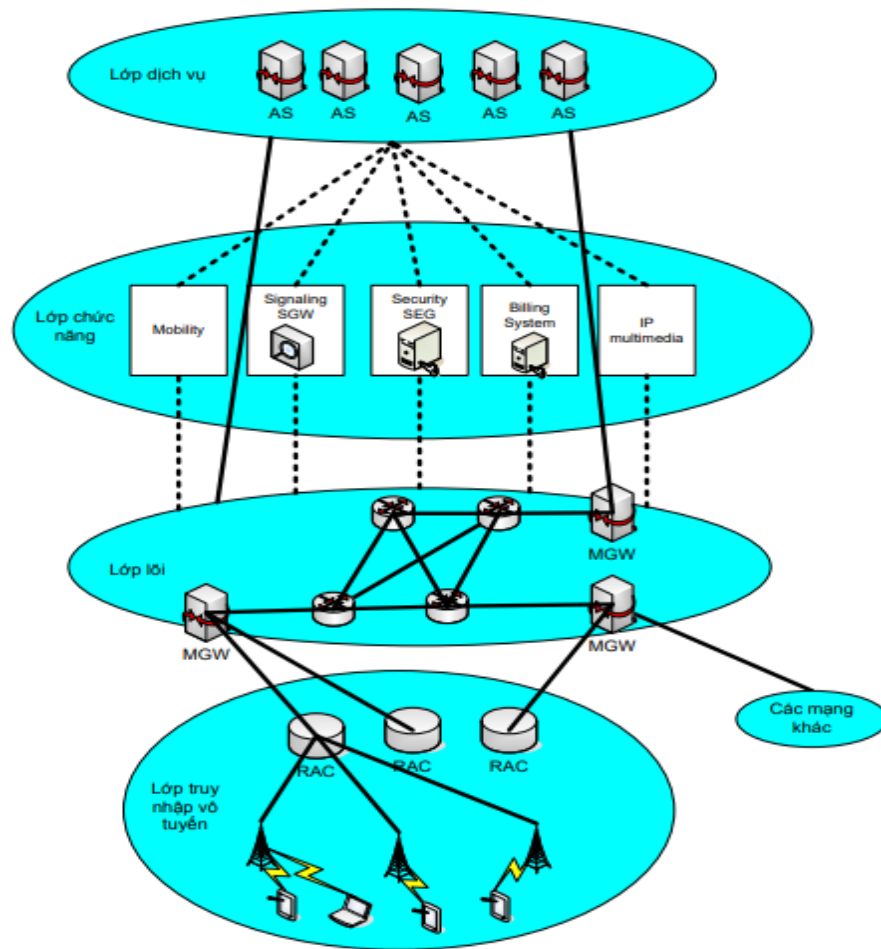
Các công nghệ quan trọng nhất trong mạng truy nhập vô tuyến của LTE là OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), an định tài nguyên động đa kích thước (thời gian, tần số) và thích ứng đường truyền, truyền dẫn MIMO (Multiple Input Multiple Output), mã hóa turbo và HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) với kết hợp mềm.

Truyền dẫn đa anten là một trong số các công nghệ quan trọng nhất để đạt được các mục tiêu tốc độ cao cho LTE. Trên đường xuống LTE phiên bản đầu hỗ trợ một, hai hay bốn anten phát trong eNodeB và một, hai hay bốn anten thu trong UE. Đa anten có thể được sử dụng theo nhiều cách: để nhận được phân tập phát thu hay để nhận được ghép kênh không gian nhằm tăng tốc độ số liệu bằng cách tạo ra nhiều kênh con song khi điều kiện cho phép. Tuy nhiên trên đường lên LTE chỉ hỗ trợ một anten phát tại UE và một, hai hay bốn anten thu tại eNodeB. Vì thế trên đường lên đa anten chỉ được sử dụng cho phân tập thu. Để đạt được các mục tiêu khác nhau.

LTE sử dụng đa anten với các công nghệ MIMO khác nhau bao gồm SU-MIMO (Single-User MIMO: MIMO đơn người sử dụng), MU-MIMO (Multi-User MIMO: MIMO đa người sử dụng, tiền mã hóa cấp hạng 1 vòng kín và tạo búp dành riêng. Các sơ đồ SU-MIMO được đặc tả cho cấu hình hai hay bốn anten phát trên đường xuống để hỗ trợ truyền dẫn nhiều lớp không gian (lên đến bốn lớp) cho một UE. Sơ đồ phân tập phát được đặc tả cho bốn anten phát trên đường xuống và hai anten phát trên đường lên. Sơ đồ MU-MIMO cho phép ấn định các lớp không gian khác nhau cho các người sử dụng khác nhau trong cùng một tài nguyên thời gian-tần số. và được hỗ trợ cả ở đường lên lẫn đường xuống. Sơ đồ tiền mã hóa vòng kín cấp hạng 1 được sử dụng để cải thiện vùng phủ sóng sử dụng công nghệ SU-MIMO dựa trên tín hiệu tham chuẩn chung đặc thù với việc sử dụng một bản tin báo hiệu điều khiển thông lượng thấp để

1.2.2 Mô hình mạng thông tin di động 4G/LTE

Phạm vi của mạng 4G sẽ bao phủ toàn bộ từ các phần truyền dẫn vô tuyến, truyền dẫn trong mạng lõi đến tận các ứng dụng trên thiết bị đầu cuối. Với yêu cầu một kiến trúc phân lớp cho hệ thống, nhằm đảm bảo tính mở và tính thích ứng cho hệ thống, các thành phần chức năng trong mạng sẽ được chuẩn hoá theo các chức năng chung và mỗi chức năng chung này sẽ đại diện cho chức năng trong 1 lớp. Với yêu cầu này, chúng tôi phân chia cấu trúc mạng trên cơ sở của 4 lớp chức năng, tương ứng với 4 phạm vi chức năng của các thành phần trong hệ thống mạng



Hình 1.1 Mô hình cấu trúc mạng 4G/LTE

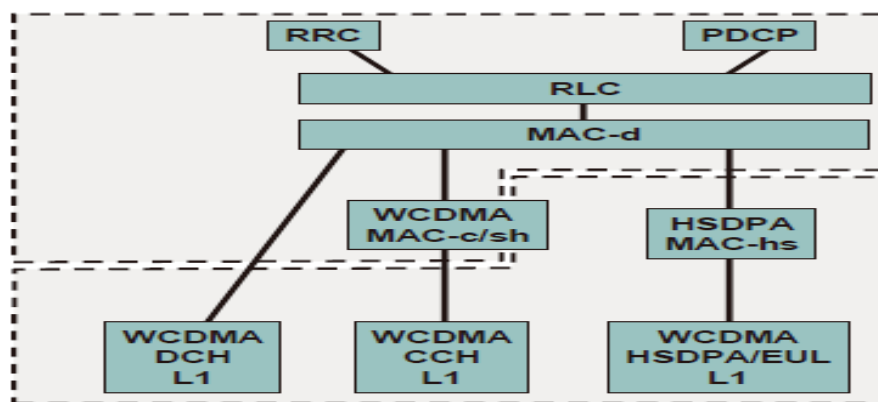
Nút duy nhất trong E-UTRAN là eNodeB (evolved Node B: Nút B phát triển). eNodeB là trạm gốc vô tuyến chịu trách nhiệm điều khiển tất cả các chức năng liên quan đến vô tuyến trong phần cố định của hệ thống. eNodeB thông thường được phân bố trên các vùng phủ sóng của mạng, eNodeB được đặt gần các anten vô tuyến thực tế.

Về mặt chức năng eNodeB hoạt động như một cầu nối lớp 2 giữa UE và EPC và là điểm kết cuối của tất cả các giao thức vô tuyến hướng đến UE và chuyển tiếp số liệu giữa kết nối vô tuyến và kết nối dựa trên IP tương ứng đến EPC. Trong vai trò này, eNodeB thực hiện mật mã hóa/giải mật mã hóa số liệu và đồng thời nén/giải nén tiêu đề IP. eNodeB cũng chịu trách nhiệm cho nhiều chức năng của mặt phẳng điều khiển (CP). eNodeB chịu trách nhiệm quản lý tài nguyên vô tuyến (RRM: Radio Resource Management), nghĩa là điều khiển mức độ sử dụng giao

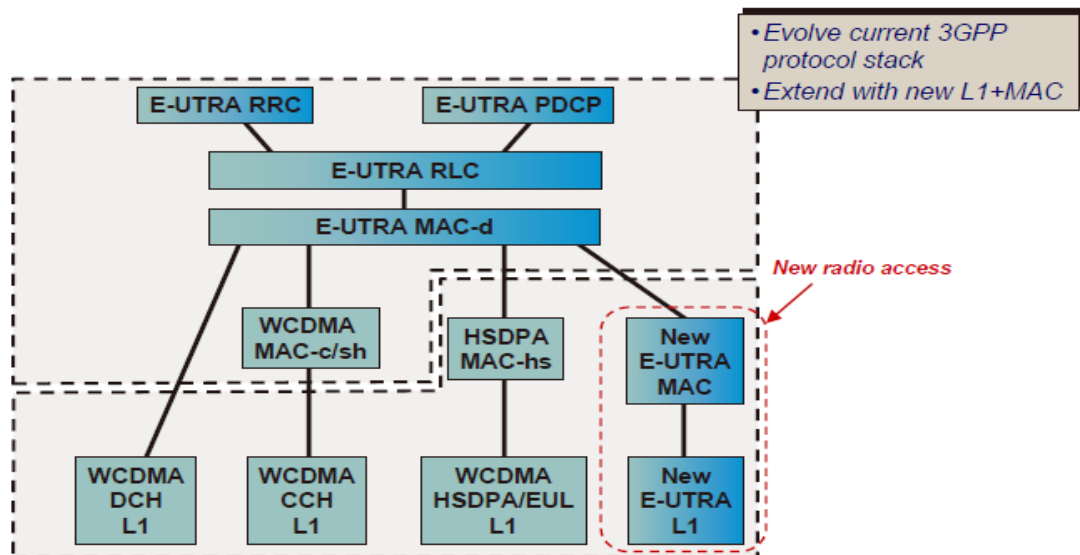
diện vô tuyến bao gồm: ấn định các tài nguyên vô tuyến theo yêu cầu, đặt mức ưu tiên và lập biểu lưu lượng theo chất lượng dịch vụ (QoS) yêu cầu và thường xuyên giám sát tình trạng sử dụng tài nguyên

1.3 Giao thức của LTE (LTE Protocols)

Ở LTE chức năng của RLC đã được chuyển vào eNodeB, cũng như chức năng của PDCP với mã hóa và chèn tiêu đề. Vì vậy, các giao thức liên quan của lớp vô tuyến được chia trước đây ở UTRAN là giữa NodeB và RNC bây giờ chuyển thành giữa UE và eNodeB.

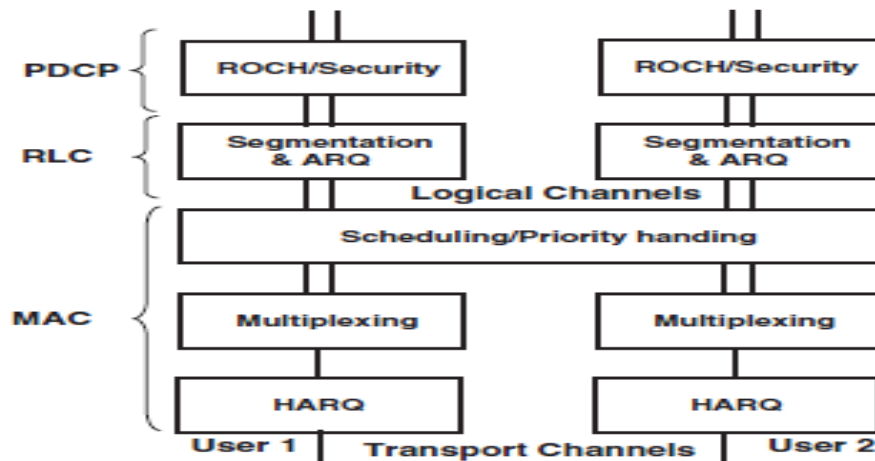


Hình 1.2 Giao thức của UTRAN



Hình 1.3 Giao thức của E-UTRAN

Giao thức của E-UTRAN phát triển thêm của UTRAN bằng cách thêm L1 và MAC mới.



Hình 1.4 Phân phối chức năng của các lớp MAC, RLC, PDCP

Chức năng của MAC (Medium Access Control) bao gồm:

- Lập biểu
- Điều khiển ưu tiên (Priority handling)
- Ghép nhiều kênh logic khác nhau trên một kênh truyền đơn RLC, cũng như trong WCDMA có chức năng sau:
 - Truyền lại trong trường hợp giao nhận ở các lớp thấp (MAC và L1) bị hỏng, tương tự trong trường hợp ở chế độ ACK của RLC ở UTRAN
 - Phân đoạn để phù hợp cho các giao thức đơn vị dữ liệu
 - Cung cấp các kênh vật lý cho các lớp cao hơn

Chức năng của PDCP bao gồm:

- Mã hóa (ciphering)
- Chèn tiêu đề

Trong suốt năm 2006, PDCP vẫn được giả sử trong mạng lõi, nhưng quyết định hiện tại là đưa PDCP vào eNodeB bao gồm mã hóa. Điều này làm cho chức năng vô tuyến của LTE tương tự như của HPSA cải tiến.

Trong giao diện điều khiển, chức năng của giao thức RRC thì cũng giống như bên UTRAN. Giao thức RRC cấu hình các thông số kết nối, điều khiển báo cáo đo lường thiết bị đầu cuối, các lệnh chuyển giao... Mã ASN1 được sử dụng cho RRC của LTE, nó dẫn đến sự khác biệt giữa các phiên bản ở đường tương thích lùi. Giao thức RRC sẽ bao gồm ít trạng thái hơn EUTRAN. Chỉ có trạng thái “tích cực” hay

“rỗi” được dự đoán bởi vì đặc tính linh động của sự phân bố nguồn tài nguyên. Các trạng thái của RRC trong LTE là:

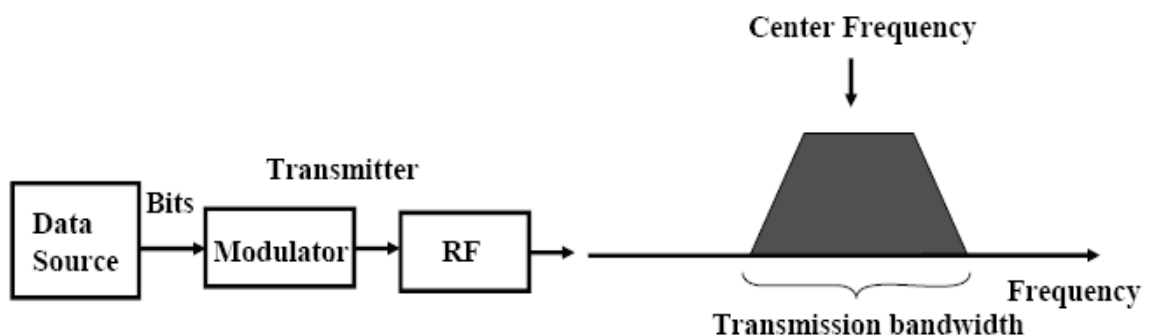
- RRC - rỗi: thiết bị sẽ quan sát bản tin paging và sử dụng cell cho di động. Không có RRC nào lưu trữ trong bất kỳ eNodeB cá nhân nào. UE chỉ có duy nhất một ID nhận dạng nó ở trong vùng di chuyển.
- RRC - kết nối: biết vị trí của UE ở cell nào và dữ liệu được phát và nhận.

Kết nối RRC tồn tại đến một eNodeB. Điều khiển chuyển giao bởi mạng được sử dụng cho di động.

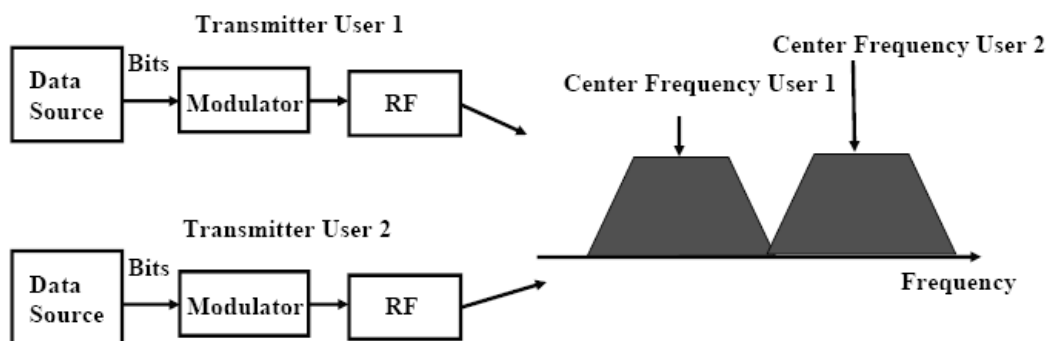
1.4 Các kỹ thuật sử dụng trong LTE

LTE sử dụng kỹ thuật OFDMA cho truy cập đường xuống và SC-FDMA cho truy cập đường lên. Kết hợp đồng thời với MIMO, các kỹ thuật về lập biểu, thích ứng đường truyền và yêu cầu tự động phát lại ghép. [2]

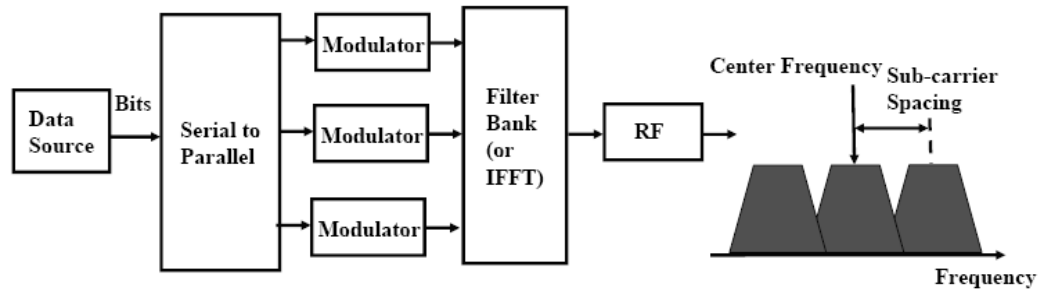
1.4.1 Kỹ thuật truy cập phân chia theo tần số trực giao OFDM



Hình 1.5 Truyền đơn sóng mang

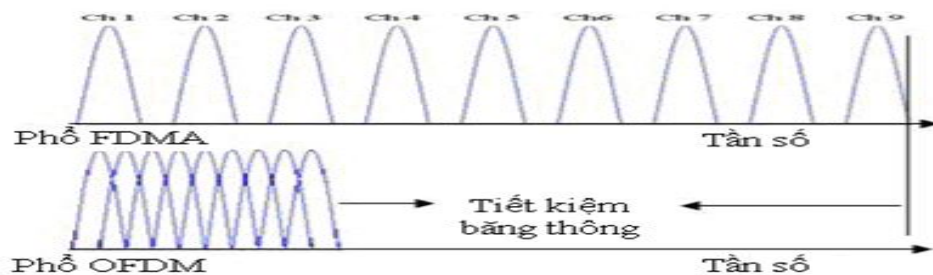


Hình 1.6 Nguyên lý của FDMA

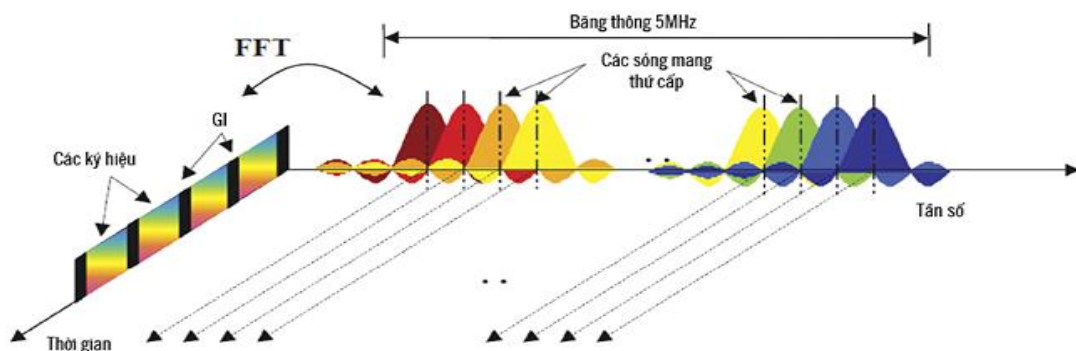


Hình 1.7 Nguyên lý đa sóng mang

Kỹ thuật điều chế OFDM, về cơ bản, là một trường hợp đặc biệt của phương pháp điều chế FDM, chia luồng dữ liệu thành nhiều đường truyền băng hẹp trong vùng tần số sử dụng, trong đó các sóng mang con (hay sóng mang phụ, sub-carrier) trực giao với nhau. Do vậy, phổ tín hiệu của các sóng mang phụ này được phép chồng lấn lên nhau mà phía đầu thu vẫn khôi phục lại được tín hiệu ban đầu. Sự chồng lấn phổ tín hiệu này làm cho hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường.



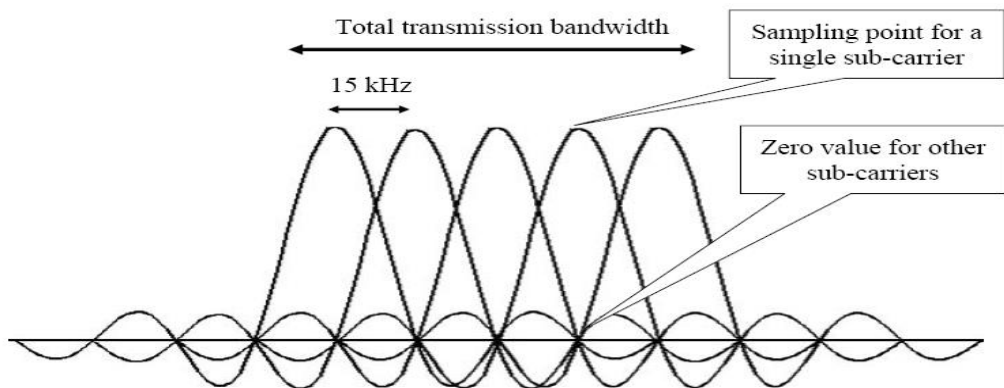
Hình 1.8 So sánh phổ tần của OFDM với FDMA



Hình 1.9 Tần số-thời gian của tín hiệu OFDM

LTE sử dụng OFDM trong kỹ thuật truy cập đường xuống vì nó có các ưu điểm sau:

- OFDM có thể loại bỏ hiện tượng nhiễu xuyên ký hiệu ISI (Inter-Symbol Interference) nếu độ dài chuỗi bảo vệ (guard interval) lớn hơn độ trễ truyền dẫn lớn nhất của kênh truyền.
- Thực hiện việc chuyển đổi chuỗi dữ liệu từ nối tiếp sang song song nên thời gian symbol tăng lên do đó sự phân tán theo thời gian gây bởi trải trễ do truyền dẫn đa đường giảm xuống.
- Tối ưu hiệu quả phổ tần do cho phép chồng phổ giữa các sóng mang con. Hạn chế được ảnh hưởng của fading bằng cách chia kênh fading chọn lọc tần số thành các kênh con phẳng tương ứng với các tần số sóng mang OFDM khác nhau.
- OFDM phù hợp cho việc thiết kế hệ thống truyền dẫn băng rộng (hệ thống có tốc độ truyền dẫn cao), ảnh hưởng của sự phân tán về tần số (frequency selectivity) đối với chất lượng hệ thống được giảm thiểu nhiều so với hệ thống truyền dẫn đơn sóng mang.
- Cấu trúc máy thu đơn giản.
- Thích ứng đường truyền và lập biểu trong miền tần số.
- Tương thích với các bộ thu và các anten tiên tiến.

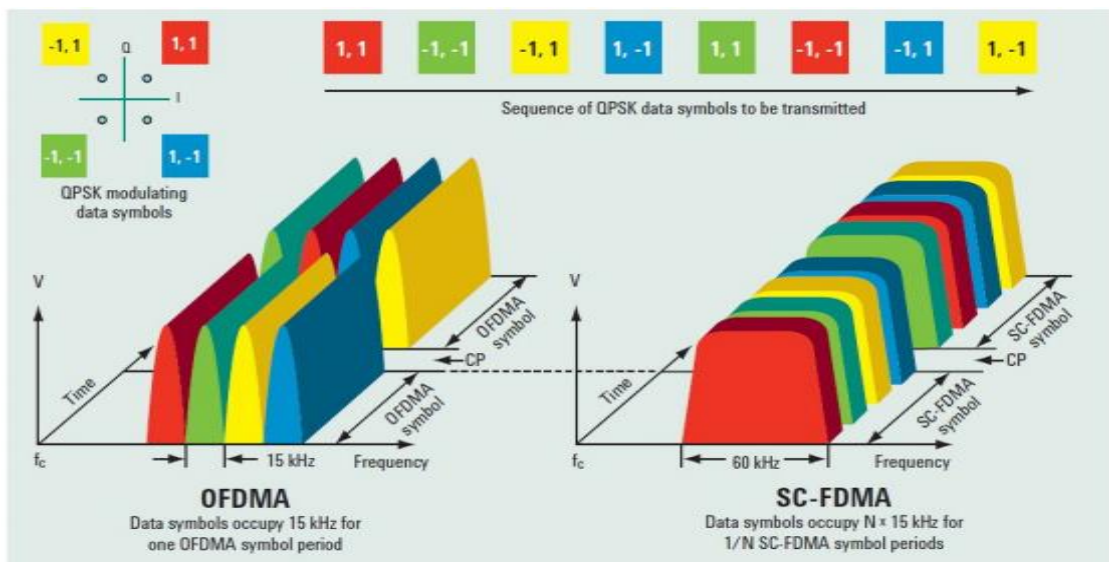


Hình 1.10 Các sóng mang trực giao với nhau

1.4.2 Kỹ thuật SC-FDMA

Các tín hiệu SC-FDMA có tín hiệu PAPR tốt hơn OFDMA. Đây là một trong những lý do chính để chọn SC-FDMA cho LTE. PAPR giúp mang lại hiệu quả cao

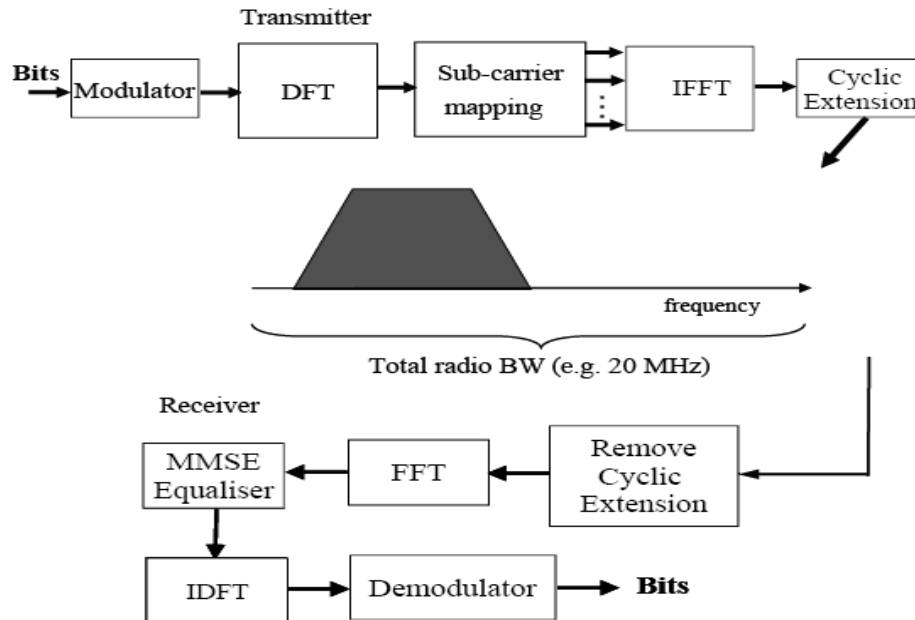
trong việc thiết kế các bộ khuếch đại công suất UE, và việc xử lý tín hiệu của SC-FDMA vẫn có một số điểm tương đồng với OFDMA, do đó, tham số hướng DL và UL có thể cân đối với nhau. Giống như trong OFDMA, các máy phát trong hệ thống SC-FDMA cũng sử dụng các tần số trực giao khác nhau để phát đi các ký hiệu thông tin. Tuy nhiên các ký hiệu này phát đi lần lượt chứ không phải song song như trong OFDMA. Vì thế, cách sắp xếp này làm giảm đáng kể sự thăng giáng của đường bao tín hiệu của dạng sóng phát. Vì thế các tín hiệu SC-FDMA có PAPR thấp hơn các tín hiệu OFDMA. Tuy nhiên trong các hệ thống thông tin di động bị ảnh hưởng của truyền dẫn đa đường, SC-FDMA được thu tại các BTS bị nhiễu giữa các ký tự khá lớn. BTS sử dụng bộ cân bằng thích ứng miền tần số để loại bỏ nhiễu này. [2]



Hình 1.11 OFDMA và SC-FDMA

Hình trên cho thấy sự khác nhau trong quá trình truyền các ký hiệu số liệu theo thời gian. Trên hình này ta coi mỗi người sử dụng được phân thành 4 sóng mang con ($P = 4$) với băng thông con bằng 15KHz, trong đó mỗi ký hiệu OFDMA hoặc SC-FDMA truyền 4 ký hiệu số liệu được điều chế QPSK cho mỗi người sử dụng. Đối với OFDMA 4 ký hiệu số liệu này được truyền đồng thời với băng tần con cho mỗi ký hiệu là 15KHz trong mỗi khoảng thời gian hiệu dụng T_{FFT} của một ký hiệu OFDMA, trong khi đó đối với SC-FDMA, 4 ký hiệu số liệu này được

truyền lần lượt trong khoảng thời gian bằng $1/P$ ($P = 4$) thời gian hiệu dụng ký hiệu SC-FDMA với băng tần con bằng $P \times 15\text{KHz}$ ($4 \times 15\text{ KHz}$) cho mỗi ký hiệu.



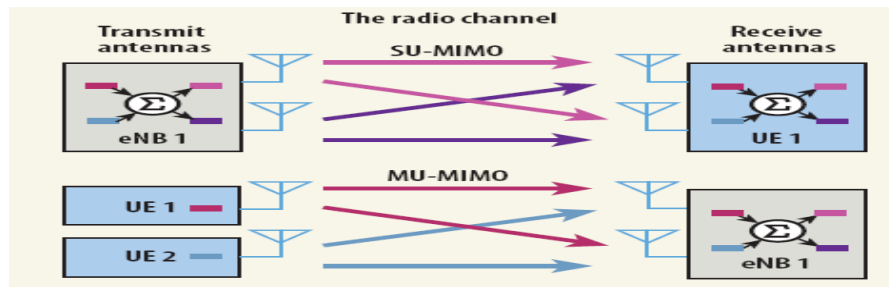
Hình 1.12 Thu phát SC-FDMA trong miền tần số

Trong OFDM, biến đổi Fourier nhanh FFT dùng ở bên thu cho mỗi khối ký tự, và đảo FFT ở bên phát. Còn ở SC-FDMA sử dụng cả hai thuật toán này ở cả bên phát và bên thu.

1.4.3 Kỹ thuật MIMO

MIMO là một phần tất yếu của LTE để đạt được các yêu cầu đầy tham vọng về thông lượng và hiệu quả sử dụng phổ. MIMO cho phép sử dụng nhiều anten ở máy phát và máy thu. Với hướng DL, MIMO 2x2 (2 anten ở thiết bị phát, 2 anten ở thiết bị thu) được xem là cấu hình cơ bản, và MIMO 4x4 cũng được đề cập và đưa vào bảng đặc tả kỹ thuật chi tiết. Hiệu năng đạt được tùy thuộc vào việc sử dụng MIMO. Trong đó, kỹ thuật ghép kênh không gian (spatial multiplexing) và phát phân tập (transmit diversity) là các đặc tính nổi bật của MIMO trong công nghệ LTE.

Giới hạn chính của kênh truyền thông tin là can nhiễu đa đường giới hạn về dung lượng theo quy luật Shannon. MIMO lợi dụng tín hiệu đa đường giữa máy phát và máy thu để cải thiện dung lượng có sẵn cho bởi kênh truyền. Bằng cách sử dụng nhiều anten ở bên phát và thu với việc xử lý tín hiệu số, kỹ thuật MIMO có thể tạo ra các dòng dữ liệu trên cùng một kênh truyền, từ đó làm tăng dung lượng kênh truyền. [2]



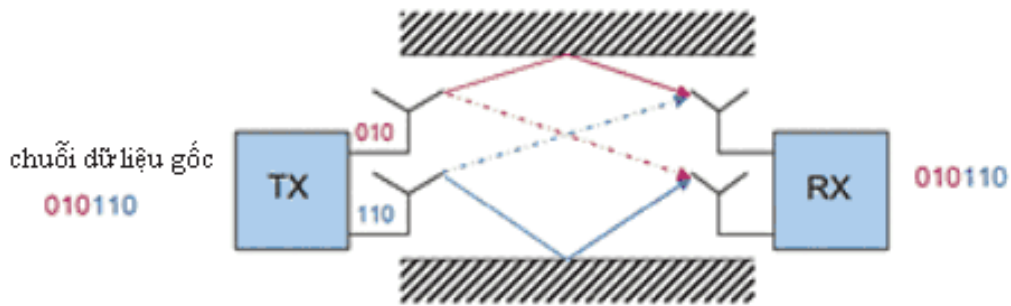
Hình 1.13 Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO

Hình trên là ví dụ về SU-MIMO 2x2 và MU-MIMO 2x2. SU-MIMO ở đây hai dòng dữ liệu trộn với nhau (mã hóa) để phù hợp với kênh truyền nhất. 2x2 SU-MIMO thường dùng trong tuyến xuống. Trong trường hợp này dung lượng cell tăng và tốc độ dữ liệu tăng. MU-MIMO 2x2 ở đây dòng dữ liệu MIMO đa người dùng đến từ các UE khác nhau. Dung lượng cell tăng nhưng tốc độ dữ liệu không tăng. Ưu điểm chính của MU-MIMO so với SU-MIMO là dung lượng cell tăng mà không tăng giá thành và pin của hai máy phát UE. MU-MIMO phức tạp hơn SU-MIMO.

Trong hệ thống MIMO, bộ phát gửi các dòng dữ liệu qua các anten phát. Các dòng dữ liệu phát thông qua ma trận kênh truyền bao gồm nhiều đường truyền giữa các anten phát và các anten thu. Sau đó bộ thu nhận các vector tín hiệu từ các anten thu, giải mã thành thông tin gốc.

Đối với tuyến xuống, cấu hình hai anten ở trạm phát và hai anten thu ở thiết bị đầu cuối di động là cấu hình cơ bản, cấu hình sử dụng bốn anten đang được xem xét. Đây chính là cấu hình SU-MIMO, và sử dụng kỹ thuật ghép kênh không gian với lợi thế hơn các kỹ thuật khác là trong cùng điều kiện về băng thông sử dụng và kỹ thuật điều chế tín hiệu, SU cho phép tăng tốc độ dữ liệu (data rate) bằng số lần của số lượng anten phát.

Ghép kênh không gian cho phép phát chuỗi bit dữ liệu khác nhau trên cùng một khối tài nguyên tuyến xuống. Những dòng dữ liệu này có thể là một người dùng (SU-MIMO) hoặc những người dùng khác nhau (MU-MIMO). Trong khi SU-MIMO tăng tốc độ dữ liệu cho một người dùng, MU-MIMO cho phép tăng dung lượng. Dựa vào hình 1.14, ghép kênh không gian lợi dụng các hướng không gian của kênh truyền vô tuyến cho phép phát các dữ liệu khác nhau trên hai anten.



Hình 1.14 Ghép kênh không gian

Kỹ thuật phân tập đã được biết đến từ WCDMA release 99 và cũng sẽ là một phần của LTE. Thông thường, tín hiệu trước khi phát được mã hóa để tăng hiệu ứng phân tập. MIMO được sử dụng để khai thác việc phân tập và mục tiêu là làm tăng tốc độ. Việc chuyển đổi giữa MIMO truyền phân tập và ghép kênh không gian có thể tùy thuộc vào việc sử dụng kênh tần số.

Đối với đường lên, từ thiết bị đầu cuối di động đến BS, người ta sử dụng mô hình MU-MIMO (Multi-User MIMO). Sử dụng mô hình này ở BS yêu cầu sử dụng nhiều anten, còn ở thiết bị di động chỉ dùng một anten để giảm chi phí cho thiết bị di động.

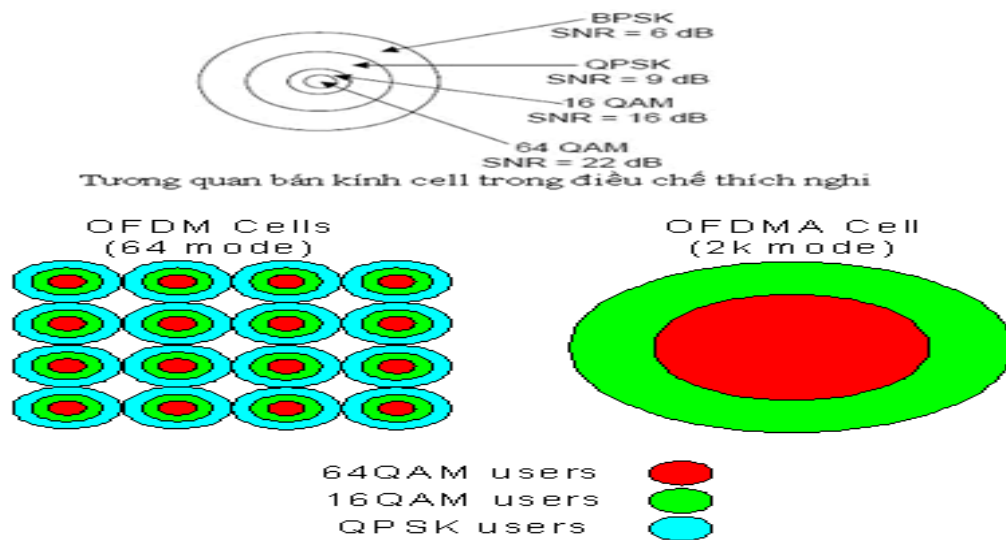
1.4.4 Mã hóa Turbo

Để sửa những bit bị lỗi do sự thay đổi kênh và nhiễu, mã hóa kênh được sử dụng. Với kênh chia sẻ hướng xuống của LTE (DL-SCH), sử dụng một bộ mã hóa Turbo với tốc độ 1/3, theo sau là một bộ so khớp tốc độ để thích ứng với tốc độ mã. Trong mỗi khung con chiều dài 1ms, một hoặc hai từ mã có thể được mã hóa và truyền đi. [12]

1.4.5 Thích ứng đường truyền

Thích ứng đường truyền giải quyết vấn đề liên quan đến cách thiết lập các thông số truyền dẫn của đường truyền vô tuyến để xử lý các thay đổi chất lượng đường truyền vô tuyến. Nó sử dụng điều chế thích nghi (Adaptive Modulation). Phương pháp này cho phép hệ thống điều chỉnh nguyên lý điều chế tín hiệu theo tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) của đường truyền vô tuyến. Khi đường truyền vô tuyến có chất lượng cao, nguyên lý điều chế cao nhất được sử dụng làm tăng thêm dung

lượng hệ thống. Trong quá trình suy giảm tín hiệu, hệ thống LTE có thể chuyển sang một nguyên lý điều chế thấp hơn để duy trì chất lượng và sự ổn định của đường truyền. Đặc điểm này cho phép hệ thống khắc phục hiệu ứng fading lựa chọn thời gian. Đặc điểm quan trọng của điều chế thích nghi là khả năng tăng dải sử dụng của nguyên lý điều chế ở mức độ cao hơn, do đó hệ thống có tính mềm dẻo đối với tình trạng fading thực tế. [12]



Hình 1.15 Điều chế thích nghi

Kỹ thuật điều chế và mã hoá thích nghi là một trong những ưu việt của OFDM vì nó cho phép tối ưu hoá mức điều chế trên mỗi kênh con dựa trên chất lượng tín hiệu (tỷ lệ SNR) và chất lượng kênh truyền dẫn.

1.4.6 Lập biểu phụ thuộc kênh

Lập biểu phụ thuộc kênh giải quyết vấn đề cách thức chia sẻ các tài nguyên vô tuyến giữa những người sử dụng (các đầu cuối di động) khác nhau trong hệ thống để đạt được hiệu suất sử dụng tài nguyên tốt nhất. Lập biểu phụ thuộc kênh cho phép giảm thiểu lượng tài nguyên cần thiết cho một người sử dụng, vì thế cho phép nhiều người sử dụng hơn trong khi vẫn đáp ứng được các yêu cầu chất lượng dịch vụ. Nguyên lý lập biểu cũng như việc chia sẻ các tài nguyên giữa những người sử dụng, ít nhất về mặt lý thuyết, phụ thuộc vào các đặc tính của giao diện vô tuyến, vào việc đường truyền là đường truyền lên hay truyền xuống và vào việc truyền dẫn của những người sử dụng với nhau có trực giao hay không. Thích ứng đường truyền

và lập biểu phụ thuộc kênh liên quan mật thiết với nhau và thường thì chúng được coi như là một chức năng liên kết. [12]

1.4.7 HARQ với kết hợp mềm

Do tính chất ngẫu nhiên của các thay đổi chất lượng đường truyền vô tuyến, không bao giờ có thể đạt được thích ứng chất lượng kênh vô tuyến tức thời một cách hoàn hảo. HARQ vì thế rất hữu ích.

HARQ với kết nối mềm được sử dụng trong LTE, cho phép đầu cuối di động yêu cầu truyền lại nhanh chóng những khối vận chuyển bị lỗi, và cung cấp một công cụ cho thích ứng tốc độ ngừng định. Giao thức bên dưới là nhiều xử lý hybrid ARQ dừng và chờ (stop-and-wait) song song nhau. Trong ARQ, đầu thu sử dụng một mã phát hiện lỗi để kiểm tra gói dữ liệu có bị lỗi hay không. Đầu phát được thông báo bằng NAK hoặc ACK. Nếu gói dữ liệu bị lỗi và có thông báo NAK, gói đó sẽ được truyền lại.

Một sự kết hợp của FEC (Forward Error Correction) và ARQ được biết như là HARQ. HARQ trong thực tế phần lớn được xây dựng xung quanh mã CRC để phát hiện lỗi và mã Turbo để sửa lỗi, như trong trường hợp của LTE.

Trong HARQ với kết nối mềm, những gói nhận được bị sai, được lưu trong một bộ đệm và sau đó được kết hợp với truyền lại để đạt được một gói đáng tin cậy. Trong LTE, Incremental Redundancy (IR) được áp dụng, nghĩa là những gói được truyền lại không giống những gói đã truyền đầu tiên, mà nó mang thông tin bổ sung.

Kết luận chương 1

Đã khái quát được cấu trúc mạng 4G LTE, các đặc tính kỹ thuật và các kỹ thuật sử dụng trong LTE. Mạng LTE có ưu điểm vượt trội so với 3G về tốc độ, thời gian trễ nhỏ, hiệu suất sử dụng phổ cao cùng với việc sử dụng băng thông linh hoạt, cấu trúc đơn giản nên giá thành giảm. Để tạo nên các ưu điểm đó, LTE đã phối hợp nhiều kỹ thuật, trong đó, nó sử dụng kỹ thuật OFDMA ở đường xuống. Các sóng mang trực giao với nhau, do đó tiết kiệm băng thông, tăng hiệu suất sử dụng phổ tần và giảm nhiễu ISI. Cùng với các ưu điểm đó thì OFDM có khuyết điểm là sự thăng giáng đường bao lớn dẫn đến PAPR lớn, khi PAPR lớn thì đòi hỏi các bộ khuếch

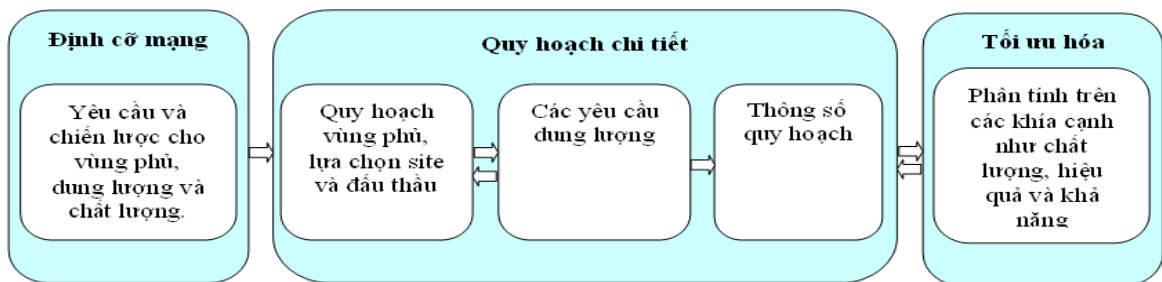
đại công suất tuyến tính cao để tránh làm méo dạng tín hiệu, hiệu suất sử dụng công suất thấp vì thế đặc biệt ảnh hưởng đối với các thiết bị cầm tay. Do đó, LTE sử dụng kỹ thuật SC-FDMA cho đường lên. Cùng với các kỹ thuật đó, LTE còn hỗ trợ MIMO, MIMO là một phần tất yếu của LTE để đạt được yêu cầu về thông lượng và hiệu quả sử dụng phổ. Cùng với các kỹ thuật này, chương 2 còn trình bày về lập biểu phụ thuộc kênh, thích ứng đường truyền, HARQ với kết hợp mềm. Chuyển giao trong LTE, và chuyển giao giữa LTE với các mạng khác. Đồng thời để cân bằng công suất phát đối với QoS yêu cầu, tối thiểu can nhiễu và tăng tuổi thọ pin của thiết bị đầu cuối, điều khiển công suất đường lên được sử dụng ở LTE, điều khiển công suất kết hợp cả vòng hở và vòng kín, nhưng do tính trực giao ở đường lên của LTE nên tránh được vấn đề gần xa (vấn đề điển hình trong điều khiển công suất của WCDMA) và vì thế ở LTE không cần sử dụng điều khiển công suất vòng kín nhanh.

CHƯƠNG 2 QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

2.1. Giới thiệu về định cỡ mạng vô tuyến

Quy hoạch mạng LTE cũng giống như quy hoạch mạng 3G. Ở hệ thống di động 4G, đường lên và đường xuống là bất đối xứng. Do vậy, một trong hai đường sẽ thiết lập giới hạn về dung lượng hoặc vùng phủ sóng. Việc tính toán quỹ đường truyền và phân tích nhiễu không phụ thuộc vào loại công nghệ sử dụng. Mục đích của pha định cỡ là để ước lượng số lượng các trạm cần sử dụng, cấu hình trạm và số lượng các phần tử mạng để dự báo giá thành đầu tư cho mạng. Chương này chúng ta sẽ tìm hiểu về quỹ đường truyền của LTE, các mô hình truyền sóng để phục vụ cho quá trình ước lượng số eNodeB của mạng theo điều kiện tối ưu 1, và số trạm eNodeB theo điều kiện tối ưu 2 để từ đó ta quyết định được số eNodeB cần thiết cho vùng cần quy hoạch.

Định cỡ mạng cung cấp các đánh giá đầu tiên, nhanh chóng cấu hình của mạng không dây. Định cỡ là một phần của toàn bộ quá trình quy hoạch, trong đó cũng bao gồm, quy hoạch chi tiết và tối ưu hóa mạng di động không dây. Nhìn chung, quy hoạch là một quá trình lặp đi lặp lại bao gồm các bước thiết kế, tổng hợp và vận hành. Mục đích của toàn bộ bài này là cung cấp một phương pháp để thiết kế mạng di động không dây như vậy mà nó đáp ứng các yêu cầu đặt ra bởi khách hàng. Quá trình này có thể được sửa đổi để phù hợp với nhu cầu của bất kỳ mạng di động không dây. Đây là một quá trình rất quan trọng trong việc triển khai mạng.



Hình 2.1 Tiến trình quy hoạch mạng vô tuyến

Hình 2.1 cho thấy việc thực hiện quy hoạch mạng di động không dây và vị trí của định cỡ mạng trong toàn bộ tiến trình. Pha định cỡ mạng đưa ra một ước tính

mà sau đó được sử dụng cho quy hoạch chi tiết mạng. Khi mạng hoàn thành kế hoạch mạng, các thông số được tối ưu hóa tối đa để hệ thống đạt hiệu quả. [5]

Định cỡ mạng dựa trên một tập hợp các thông số đầu vào và kết quả được cung cấp chỉ có liên quan đến việc thiết lập các thông số đầu vào. Những thông số này bao gồm khu vực được xem xét, dự kiến lưu lượng và yêu cầu chất lượng dịch vụ (QoS). Định cỡ mạng cung cấp đánh giá của các yêu cầu cho cơ sở mạng lưới. Điều này được thực hiện với sự giúp đỡ của công cụ định cỡ cho cả truy cập và mạng lõi. Định cỡ sử dụng mô hình tương đối đơn giản cho mô hình trong các điều kiện thực tế so với quy hoạch chi tiết. Các mô hình đơn giản và các phương pháp làm giảm thời gian cần thiết cho định cỡ. Mặt khác, công cụ định cỡ phải chính xác, đủ để cung cấp kết quả chính xác với một mức độ chấp nhận được.

Định cỡ mạng di động không dây liên quan trực tiếp đến chất lượng và hiệu quả của mạng, và có thể ảnh hưởng xấu đến sự phát triển của nó. Định cỡ mạng di động nói chung và mạng di động LTE nói riêng bao gồm các bước cơ bản sau đây:

- ✓ Phân tích dữ liệu và lưu lượng
- ✓ Ước tính vùng phủ
- ✓ Đánh giá lưu lượng
- ✓ Định cỡ phương tiện

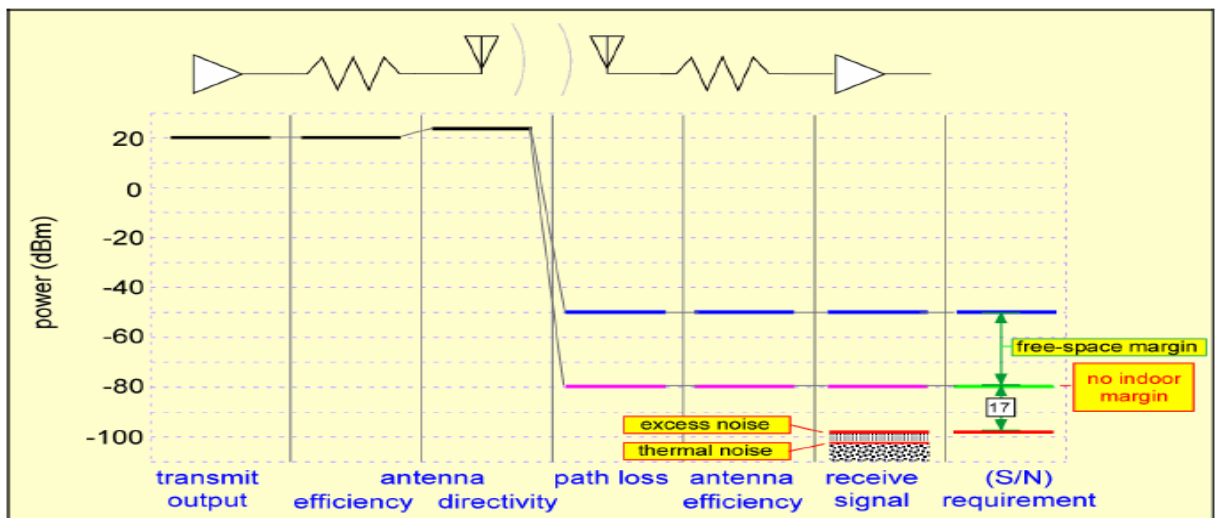
Một tập hợp đầu vào là quan trọng để định cỡ mạng lại kết quả chính xác Định cỡ mạng LTE đòi hỏi phải có một số yếu tố dữ liệu cơ bản. Những thông số này bao gồm số thuê bao, lưu lượng phân phối, khu vực địa lý cần được bao phủ, băng tần, phân bổ băng thông, vùng phủ và dung lượng yêu cầu. Mô hình truyền sóng theo khu vực và băng tần nên được lựa chọn và sửa đổi (nếu cần thiết). Điều này là cần thiết cho ước tính vùng phủ.

Các thông số hệ thống cụ thể như: Công suất phát của ăng - ten, độ lợi của nó, ước tính suy hao hệ thống, loại hệ thống ăng-ten được sử dụng..., phải được biết trước khi bắt đầu định cỡ mạng di động LTE. Mỗi một mạng LTE đã thiết lập các thông số riêng của nó.

Phân tích lưu lượng đưa ra một ước tính lưu lượng được thực hiện bởi hệ thống. Các loại lưu lượng sẽ được thực hiện bởi mạng được mô hình hóa. Loại lưu lượng có thể bao gồm các cuộc gọi thoại VOIP, PS hoặc lưu lượng truy cập CS. Các chi phí thực hiện của từng loại hình lưu lượng được tính toán và bao gồm trong mô hình. Thời gian và số lượng lưu lượng cũng được dự đoán để đánh giá việc thực hiện của mạng và để xác định xem mạng có thể thực hiện đầy đủ các yêu cầu đặt ra.

Ước tính vùng phủ được sử dụng để xác định vùng phủ sóng của mỗi trạm gốc. Ước tính vùng phủ tính toán khu vực nơi trạm gốc có thể nhận được bởi lượng những người sử dụng. nó đưa ra diện tích tối đa có thể được bao phủ bởi một trạm gốc. Nhưng không cần thiết là một chấp nhận kết nối (ví dụ như một cuộc gọi thoại) giữa các trạm gốc và máy thu có thể được thiết lập trong vùng phủ sóng. Tuy nhiên, trạm gốc có thể được phát hiện bởi máy thu trong vùng phủ sóng.

Quy hoạch vùng phủ bao gồm dự trữ tuyến và phân tích vùng phủ. RLB tính công suất nhận được bởi người sử dụng được phát bởi một công suất cụ thể (từ các máy phát hoặc trạm gốc). RLB bao gồm độ lợi và suy hao của tín hiệu trên đường truyền từ máy phát đến máy thu. Điều này bao gồm độ lợi của máy phát và máy thu cũng như suy hao và ảnh hưởng của môi trường không dây giữa chúng. Suy hao trong môi trường truyền dẫn, fading nhanh và fading chậm được đưa vào quỹ đường truyền.



Hình 2.2 Dự trữ tuyến của mạng di động không dây

Hình 2.2 cho thấy một ví dụ điển hình của một dự trữ liên kết vô tuyến. Ăng ten phát bức xạ điện từ theo hướng của ăng - ten thu. Lượng công suất đến được phía thu phụ thuộc vào độ định hướng của ăng ten phát và sự mất mát trong môi trường truyền sóng. Trong hình 2.2 cả hai đường suy hao (đường màu xanh) và suy hao trong nhà (đường màu hồng) được chỉ ra. Tập âm từ các nguồn khác nhau cũng góp phần tín hiệu suy giảm. Sau khi cộng và trừ đi tất cả độ lợi và suy hao, công suất thu được thực tế được tính toán. Đường màu xanh trong cột cuối cùng của hình 3-2 cho biết công suất nhận được đối với môi trường không gian ngoài trời, trong khi đường màu xanh lá cây chỉ ra công suất điện trong nhà nhận được. Giá trị của 17dB là sự khác biệt giữa các tín hiệu nhận được và tập âm trong hệ thống đối với môi trường trong nhà. Tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm là chỉ số hiệu suất của hệ thống không dây. Tỷ số này cao hơn thì tốc độ dữ liệu đạt được cũng cao hơn và ngược lại.

Dựa trên các tính toán của RLB, suy hao tối đa cho phép nhận được. Suy hao tối đa cho phép là sự suy giảm của tín hiệu khi nó di truyền từ máy phát đến máy thu. Sự suy hao này được chuyển đổi thành khoảng cách bằng cách sử dụng các mô hình truyền sóng thích hợp. Đây là khoảng cách từ các trạm gốc nơi phát tín hiệu và có thể được nhận bởi máy thu. Khoảng cách hay bán kính của cell được sử dụng để tính toán số lượng các site yêu cầu để phủ toàn bộ khu vực đối với ước tính vùng phủ.[5]

Quy hoạch dung lượng đề cập đến khả năng của mạng để cung cấp dịch vụ cho người sử dụng với một mức độ mong muốn về chất lượng. Sau khi các vùng phủ được tính bằng cách ước tính vùng phủ, các vấn đề dung lượng liên quan được phân tích. Điều này liên quan đến việc lựa chọn các site và cấu hình hệ thống, ví dụ như kênh được sử dụng, thành phần kênh và các yếu tố. Những thành phần này là khác nhau cho mỗi hệ thống. Cấu hình được chọn như vậy mà nó đáp ứng được lưu lượng yêu cầu. Trong một số hệ thống di động không dây, vùng phủ và dung lượng liên quan đến nhau, ví dụ như WCDMA. Trong trường hợp này, dữ liệu liên quan đến phân phối người sử dụng và dự báo tăng trưởng thuê bao là vô cùng quan trọng.

Nhóm định cỡ phải xem xét các giá trị này như nó có tác động trực tiếp vào vùng phủ sóng và dung lượng. Đánh giá công suất đưa ra một ước tính số lượng các site cần thiết để thực hiện dự đoán lưu lượng vùng phủ sóng.

Một khi số lượng các site theo sự dự đoán lưu lượng được xác định, các giao diện của mạng được định cỡ. Số lượng các giao diện có thể khác một ít trong một số hệ thống đến nhiều trong các hệ thống khác. Mục tiêu của bước này là để thực hiện việc phân bổ lưu lượng mà không tạo ra hiện tượng nghẽn cổ chai trong mạng không dây. Tất cả các yêu cầu chất lượng dịch vụ sẽ được đề cập và giảm chi phí dịch vụ xuống mức tối thiểu. Định cỡ giao diện tốt là rất quan trọng đến hiệu suất của mạng.

2.2. Tiến trình định cỡ mạng LTE

Mục tiêu của định cỡ mạng truy cập mạng LTE là để ước tính mật độ site yêu cầu và cấu hình site cho các khu vực quan tâm. Ban đầu quy hoạch mạng truy nhập LTE bao gồm phân tích quỹ năng lượng trường truyền và phân tích vùng phủ, ước tính dung lượng cell và ước tính số lượng eNodeB, cổng truy cập (MME/UPE) và cấu hình phần cứng, và cuối cùng là giao diện giữa các thiết bị khác nhau khác nhau. Phần này tập trung vào các vấn đề liên quan đến định cỡ mạng LTE.

2.2.1 Đầu vào định cỡ mạng LTE

Một trong những mục tiêu cơ bản của công việc này là phân biệt rõ ràng giữa đầu vào và đầu ra của định cỡ LTE. Phần này thảo luận về tất cả các yếu tố đầu vào định cỡ LTE được sử dụng trong phát triển các phương pháp và mô hình cho định cỡ mạng LTE. Đầu vào định cỡ LTE có thể được phân chia thành ba loại: chất lượng, vùng phủ và dung lượng liên quan đến đầu vào.

Chất lượng đầu vào liên quan bao gồm thông lượng cell trung bình và khả năng rút. những tham số được khách hàng yêu cầu để cung cấp một mức độ nhất định của dịch vụ cho người sử dụng của nó. Những đầu vào này chuyển đổi trực tiếp thành các thông số chất lượng dịch vụ (QoS). Bên cạnh đó tiêu chí hiệu suất biên cell được sử dụng trong các công cụ định cỡ để xác định bán kính cell và do đó số lượng các site. Ba phương pháp sử dụng để xác định biên cell. Những phương

pháp này bao gồm định nghĩa thông lượng người dùng tối đa tại biên cell, phạm vi vùng phủ tối đa đối với MCS thấp nhất và bán kính cell được xác định trước. Với một bán kính tế bào được xác định trước, các thông số có thể được thay đổi để kiểm tra tốc độ dữ liệu đạt được ở kích thước cell này. Sự lựa chọn này cho tối ưu hóa công suất phát linh hoạt và xác định tốc độ dữ liệu phù hợp tương ứng với công suất này.

Đầu vào định cỡ LTE cho quy hoạch vùng phủ tương tự như các đầu vào tương ứng cho mạng 3G UMTS. Quỹ đường truyền (RLB) là có tầm quan trọng trung tâm để kế hoạch vùng phủ trong LTE. RLB đầu vào bao gồm công suất phát, hệ thống ăng ten phát và ăng ten thu, số lượng các ăng-ten được sử dụng, độ lợi và suy hao hệ thống thông thường, tài cell và mô hình truyền sóng. LTE có thể hoạt động trong cả hai băng tần thông thường của 900 và 1800 MHz cũng như mở rộng đến băng tần 2600MHz. Mô hình cho tất cả ba dải tần số được kết hợp trong công tác này. Ngoài ra, các loại kênh (đi bộ, xe cộ) thông tin địa lý là cần thiết để bắt đầu thực hiện định cỡ vùng phủ. Thông tin địa lý đầu vào bao gồm các loại thông tin khu vực (đô thị, nông thôn, vv) và kích thước của từng loại khu vực đều được phủ. Hơn nữa, xác suất yêu cầu vùng phủ đóng một vai trò quan trọng trong xác định bán kính cell. Ngay cả một thay đổi nhỏ trong vùng phủ gây ra một lượng thay đổi lớn trong bán kính cell.

Các thông số quy hoạch dung lượng đầu vào cung cấp các yêu cầu được đáp ứng bằng bài định cỡ mạng LTE. Đầu vào quy hoạch dung lượng cung cấp số thuê bao trong hệ thống, nhu cầu dịch vụ và mức độ sử dụng của thuê bao. Phổ sẵn có và độ rộng băng thông sử dụng hệ thống LTE cũng rất quan trọng đối với quy hoạch dung lượng LTE. Phân tích lưu lượng và tốc độ dữ liệu để hỗ trợ các dịch vụ có sẵn (tiếng nói, dữ liệu) được sử dụng để xác định số lượng thuê bao được cung cấp bởi một cell duy nhất và cuối cùng bán kính tế bào trên cơ sở đánh giá dung lượng. Kết quả mô phỏng mức hệ thống LTE và kết quả mức mô phỏng liên kết LTE được sử dụng để thực hiện quy hoạch dung lượng cùng với các yếu tố đầu vào khác. Những kết quả này thu được từ nội bộ nguồn của Nokia. Dự báo tăng trưởng thuê bao được

sử dụng trong công việc này để dự đoán sự tăng trưởng và chi phí của mạng trong những năm tới.

2.2.2 Đầu ra định cỡ mạng LTE

Kết quả đầu ra hay mục tiêu của quá trình định cỡ mạng LTE đã được thảo luận gián tiếp trong trước phần. Kết quả đầu ra của pha định cỡ được sử dụng để ước tính khả thi và chi phí của mạng. Những kết quả đầu ra tiếp tục được sử dụng trong quy hoạch mạng chi tiết và có thể được sử dụng cho công việc tương lai trong quy hoạch mạng lõi LTE. Mạng LTE được định cỡ có thể giúp nhóm mạng lõi LTE trong việc lên kế hoạch thiết kế mạng phù hợp và để xác định số lượng truyền dẫn liên kết cần thiết trong giai đoạn khởi đầu của mạng.

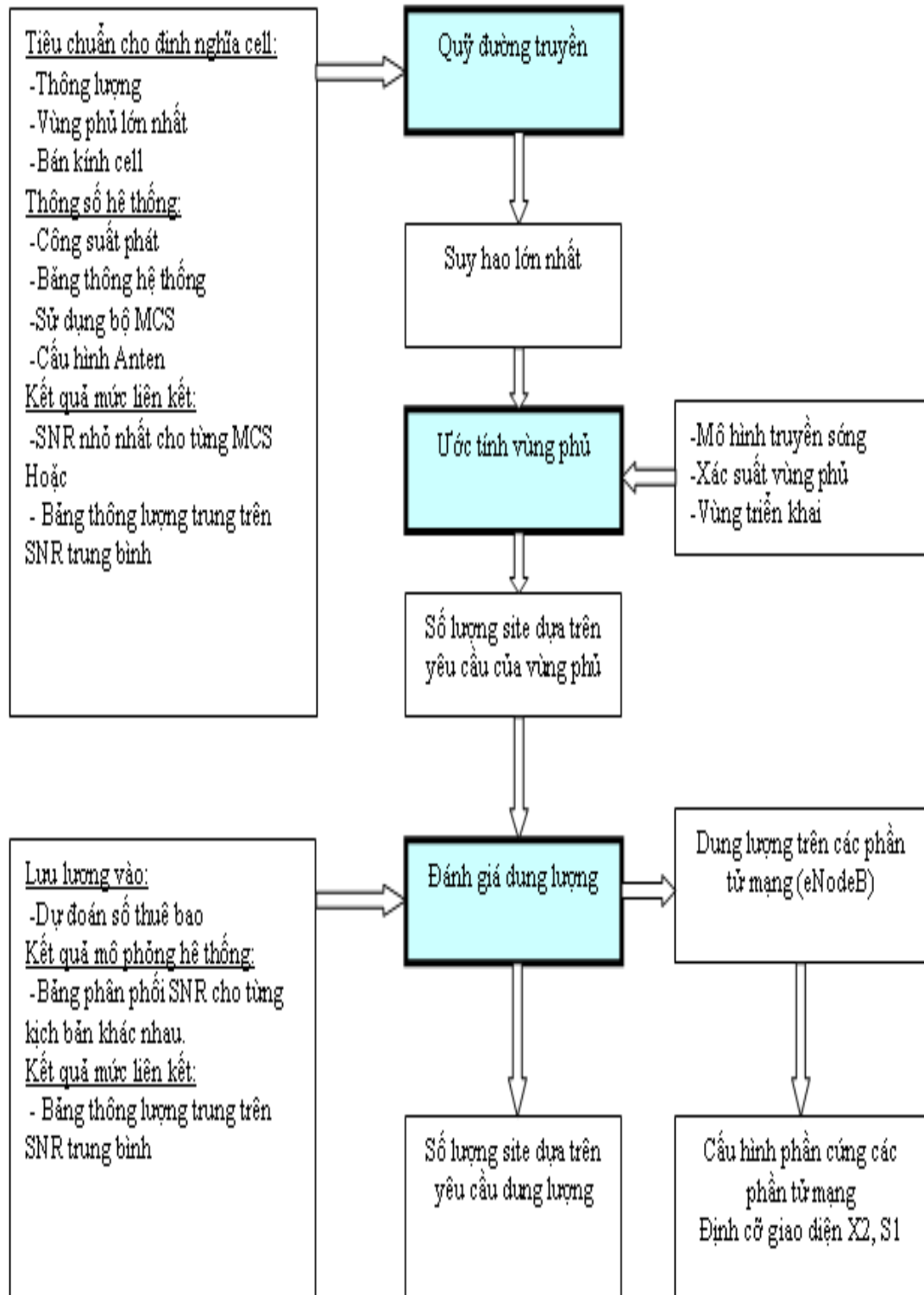
Kích thước cell là đầu ra chính của bài định cỡ mạng LTE. Hai giá trị của bán kính cell thu được, từ việc đánh giá vùng phủ và thứ hai từ việc đánh giá dung lượng. Giá trị nhỏ hơn của hai số được thực hiện như là kết quả cuối cùng. Bán kính tế bào sau đó được sử dụng để xác định số lượng các site. Giả sử cell hình lục giác, số lượng các site có thể được tính bằng cách sử dụng hình học đơn giản. Dung lượng của các eNB thu được từ đánh giá dung lượng, cùng với số lượng thuê bao được hỗ trợ bởi mỗi tế bào. Định cỡ giao diện là bước cuối cùng trong định cỡ mạng truy cập LTE, đó là ra khỏi phạm vi của đề án này. Lý do đó là giao diện LTE (S1 và X2) vẫn đang được tiêu chuẩn hóa tại thời gian làm đề án này.

2.2.3 Tiến trình định cỡ mạng LTE

Quá trình định cỡ mạng LTE bắt đầu với việc tính toán quỹ đường truyền, được sử dụng để xác định suy hao đường truyền tối đa. Kết quả của bước này phụ thuộc vào các mô hình truyền sóng được sử dụng. Ước tính kích thước cell thu được trong bước này, dẫn đến kích thước tối đa cho phép của site của các tế bào. Thông số được sử dụng để tính toán số lượng cell trong khu vực quan tâm. Do đó, thu được một ước tính sơ bộ số eNB yêu cầu.

Tính toán dung lượng theo sau các quá trình ước tính vùng phủ. Nếu ước tính vùng phủ sóng cho cấu hình nhất định, đáp ứng các yêu cầu dung lượng, sau đó không có sự bổ xung nào tới kế hoạch trước. Nói cách khác, số cell sites thích hợp

được cộng vào kết quả dung lượng. Nếu dung lượng mong đợi cao nhất được sử dụng, có thể dẫn tới số site cao không cần thiết. [5]



Hình 2.3: Định cỡ mạng LTE

Đánh giá dung lượng eNode-B là bước tiếp theo, hoàn thành tiến trình định cỡ. Trong đồ án này chủ yếu tập trung vào quỹ đường truyền, ước tính dung lượng cell và các công cụ, các trường hợp nghiên cứu cho định cỡ mạng LTE. Hình 3.3 chỉ ra bài định cỡ mạng LTE một cách cụ thể.

Bước 1: Phân tích lưu lượng và dữ liệu

Đây là bước đầu tiên trong định cỡ LTE. Nó xoay quanh sự tập trung đầu vào yêu cầu và phân tích chuẩn bị cho tiến trình định cỡ mạng LTE. Dữ liệu hoạt động và yêu cầu được phân tích để xác định cấu hình hệ thống tốt nhất. Ví dụ, có thể bao quanh việc chọn 2 hay 3 băng thông khác nhau cho phân tích.

Bước 2: Phân tích lưu lượng

Lưu lượng yêu cầu được phân tích để thu được cấu hình mạng tốt nhất có thể với sự cung cấp nhỏ nhất (đầu vào). Lưu lượng giờ cao nhất được sử dụng thay giá trị trung bình.

Bước 3: Quy hoạch vùng phủ

Phân tích vùng phủ cơ bản giữ lại hầu hết các phần của bước thiết kế mạng như ở hệ thống 3G. RLB là trái tim của quy hoạch vùng phủ, cho phép kiểm tra mô hình suy hao đường và tốc độ dữ liệu đỉnh. Kết quả là sự sắp xếp cell tính đến số site bị hạn chế bởi vùng phủ. Điều này yêu cầu sự lựa chọn mô hình truyền sóng thích hợp để tính toán suy hao đường. Với kiến thức của ước tính kích thước cell và vùng được bao phủ, một ước tính một số site được thành lập. Ước tính này dựa trên vùng phủ yêu cầu và cần thiết được xác minh cho dung lượng yêu cầu.

Bước 4: Quy hoạch vùng phủ

Với một ước tính thô của kích thước cell và số site, sự kiểm tra phân tích vùng phủ được tiến hành cho dung lượng yêu cầu. Nó kiểm tra liệu rằng với mật độ site đưa ra, hệ thống có thể tiến hành tải riêng biệt hay số site mới phải bổ xung vào. Trong LTE, chỉ thị chính của dung lượng là phân phối SINR trong cell. Phân phối này nhận được bởi việc tiến hành các mô phỏng mức hệ thống. Phân phối SINR có thể trực tiếp ánh xạ tới dung lượng hệ thống (tốc độ dữ liệu). Dung lượng cell LTE bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố, ví dụ như bổ sung lập lịch gói, các MSC hỗ trợ, cấu

hình anten và mức nhiễu. Từ đó rất nhiều kết quả mô phỏng của thiết lập được yêu cầu cho phân tích toàn diện. Dung lượng dựa vào tính số site được so sánh với kết quả vùng phủ và số lớn hơn của hai số được chọn như là số site tính cuối cùng.

Bước 5: Định cỡ phương tiện

Định cỡ phương tiện giải quyết định cỡ giao diện giữa các phần tử mạng khác nhau. Trong LTE, S1 (giữa eNode-B và aGW) và X2 (giữa hai eNode-B) là hai giao diện được định cỡ. Những giao diện này đang trong quá trình chuẩn hóa ở thời điểm làm đề này.

2.3 Quy hoạch vùng phủ

Đối với mạng di động tế bào, ước lượng vùng phủ được dùng để quyết định vùng phủ của mỗi trạm gốc, nó đưa ra một vùng tối đa có thể được bao phủ bởi trạm gốc. Nhưng nó không cần thiết xác lập một kết nối giữa UE và trạm gốc. Tuy nhiên, trạm gốc có thể phát hiện được UE trong vùng bao phủ của nó.

2.3.1 Quỹ đường truyền

Tính toán quỹ đường truyền ước lượng suy hao tín hiệu cho phép cực đại (pathloss) giữa di động và trạm gốc. Tổn hao lớn nhất cho phép cho ta ước lượng vùng phủ của cell lớn nhất với mô hình kênh truyền phù hợp. Với vùng bao phủ của cell sẽ cho ta tính toán được số trạm gốc được sử dụng để bao phủ vùng địa lý mong muốn. Tính toán quỹ đường truyền cũng được dùng để so sánh quan hệ về vùng phủ của các hệ thống khác nhau. Mỗi quan hệ quỹ đường truyền chỉ ra hệ thống vô tuyến LTE mới sẽ thực hiện tốt như thế nào khi nó được triển khai trong các trạm gốc đã tồn tại của hệ thống GSM và WCDMA.

2.3.1.1 Tính toán quỹ đường lên cho LTE

Các thông số và công thức sử dụng để tính toán quỹ đường truyền lên cho LTE:

- Công suất máy phát (P_{Txm}): đối với đường lên công suất máy phát ở đây là công suất của UE. Tùy thuộc vào lớp công suất phát mà UE sử dụng sẽ có giá trị công suất tối đa khác nhau. Đơn vị dùng để tính toán cho công suất máy phát là dBm.

- Khuếch đại anten (G_m): phụ thuộc vào thiết bị và băng tần sử dụng. Nó có giá trị từ -5 đến 10 dBi.
- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_{fm})
- Tổn hao cơ thể (L_{body}): là tổn hao điển hình đối với quỹ đường truyền cho dịch vụ thoại vì di động được giữ gần với tai nghe. Có giá trị từ 3 đến 5 dB đối với dịch vụ thoại. Đơn vị là dB.
- Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương ($EIRP_m$): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$EIRP_m = P_{Txm} + G_m + L_{fm} - L_{body} \quad (2.1)$$

- Hệ số tạp âm máy thu (NF): trong trường hợp này máy thu là trạm gốc và có đơn vị là dB.
- Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (N_i): có đơn vị là dBm và được tính toán bằng công thức sau:

$$N_i = 30 + 10 \lg k + 10 \log 290K + 10 \lg B \quad (2.2)$$

Với k là hằng số Boltzman và có giá trị $k = 1.3824 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. B là băng thông phụ thuộc vào tốc độ bit, tương ứng với mỗi tốc độ bit sẽ có số RB khác nhau được phát đi. Chẳng hạn như 64 kbps tương ứng với 2 RB được phát đi tương ứng với B là 360 KHz.

- Công suất tạp âm nền máy thu (N_i): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$N = N_i + NF \quad (2.3)$$

- Dự trữ nhiễu (M_i): dự trữ nhiễu ở LTE sẽ nhỏ hơn dự trữ nhiễu ở WCDMA vì các tín hiệu ở đường lên đã được trực giao. Nó có đơn vị là dB và nó có giá trị nằm trong khoảng từ 1-10 dB.
- Tổng tạp âm nhiễu + giao thoa ($N + I$): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $(N + I)(dBm) = N + M_i$ (2.4)
- Tỷ số SNR yêu cầu (SNR_r): được lấy từ mô phỏng. Có đơn vị là dB.
- Độ nhạy máy thu hiệu dụng (P_{min}): có đơn vị là dB và được xác định theo công thức sau:

$$P_{min} = (N + I) (dBm) + SNR_r (dB) \quad (2.5)$$

- Khuếch đại anten trạm gốc (G_b): phụ thuộc vào kích cỡ anten và số sector. Có giá trị từ 15 đến 21 dBi. Đơn vị của nó là dBi.
- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_f): tổn hao ở phía trạm gốc. Có đơn vị là dB.
- Khuếch đại MHA (G_{MHA}): MHA là bộ khuếch đại trên tháp anten, nó có đơn vị là dB.
- Tổn hao đường truyền cực đại cho phép (L_{max}): có đơn vị là dB và được tính toán theo công thức sau:

$$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b - L_f + G_{MHA} \quad (2.6)$$

2.3.1.2 Tính toán quỹ đường xuống cho LTE

Các thông số và công thức sử dụng để tính toán quỹ đường truyền xuống cho LTE:

- Công suất máy phát (P_{Tx}): đối với đường lên công suất máy phát ở đây là công suất của trạm gốc. Đơn vị dùng để tính toán cho công suất máy phát là dBm. Giá trị điển hình là từ 43 - 48 dBm.
- Khuếch đại anten (G_b): phụ thuộc vào kích cỡ anten và số sector. Có giá trị từ 15 đến 21 dBi. Đơn vị của nó là dBi.
- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_f)
- Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương ($EIRP_b$): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$EIRP_b = P_{Txm} + G_b + L_f \quad (2.7)$$

- Hệ số tạp âm máy thu (NF): trong trường hợp này máy thu là trạm gốc và có đơn vị là dB.
- Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (N_i): có đơn vị là dBm và được tính toán bằng công thức sau:

$$N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B \quad (2.8)$$

Với k là hằng số Boltzman và có giá trị $k = 1.3824 \times 10^{-23} \text{J/K}$. B là băng thông phụ thuộc vào tốc độ bit, tương ứng với mỗi tốc độ bit sẽ có số RB

khác nhau được phát đi. Chẳng hạn như 1Mbps tương ứng với 50 RB được phát đi tương ứng với B là 9 MHz.

- Công suất tạp âm nền máy thu (N_i): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$N = N_i + NF \quad (2.9)$$

- Dự trữ nhiễu (M_i): Nó có đơn vị là dB và có giá trị từ 3-8 dB.
- Bổ sung nhiễu kênh điều khiển (M_{cch})
- Tổng tạp âm nhiễu + giao thoa ($N + I$): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $(N + I)(dBm) = N + M_i + M_{cch}$ (2.10)
- Tỷ số SNR yêu cầu (SNR_r): được lấy từ mô phỏng. Có đơn vị là dB.
- Độ nhạy máy thu hiệu dụng (P_{min}): có đơn vị là dB và được xác định theo công thức sau:

$$P_{min} = (N + I) (dBm) + SNR_r (dB) \quad (2.11)$$

- Khuếch đại Anten trạm gốc (G_m): phụ thuộc vào thiết bị và băng tần sử dụng. Nó có giá trị từ -5 đến 10 dBi.
- Tổn hao phi đơn và bộ nối (L_{fm}): tổn hao ở phía UE. Có đơn vị là dB.
- Tổn hao cơ thể (L_{body}): là tổn hao điển hình đối với quỹ đường truyền cho dịch vụ thoại vì di động được giữ gần với tai nghe. Có giá trị từ 3 đến 5 dB đối với dịch vụ thoại. Đơn vị là dB.
- Tổn hao đường truyền cực đại cho phép (L_{max}): có đơn vị là dB và được tính toán theo công thức sau:

$$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_{fm} - L_{body} \quad (2.12)$$

2.3.1.3 Ví dụ về quỹ đường truyền

- Ví dụ tính quỹ đường lên LTE cho 64kbps với máy thu trạm gốc hai Anten[8]

Bảng 2.1 Ví dụ về quỹ đường lên của LTE

Máy phát (đầu cuối di động)		
Công suất phát (dBm)	24,0	P_{Txm}
Khuếch đại Anten (dBi)	0,0	G_m

Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	L_{fm}
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	0,0	L_{body}
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	24,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_m - L_{fm} - L_{body}$
Máy thu (BS)		
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (dB)	2,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-118,4	$N_i = 30 + 10 \lg k + 10 \lg 290K + 10 \lg (360K \text{ Hz})$
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-16,4	$N = N_i + NF$
Dự trữ nhiễu (dB)	2,0	M_i
Tổng tạp âm + giao thoa (dBm)	-114,4	$(N + I) \text{ (dBm)} = N + M_i$
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-7	SNR_r , từ mô phỏng
Độ nhạy máy thu (dBm)	-121,4	$P_{min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r$
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	2,0	L_f
Khuếch đại MHA (dB)	2,0	G_{MHA}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	163,4	$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b + G_{MHA} - L_f$

- Ví dụ quỹ đường xuống LTE cho 1Mbps với máy thu trạm gốc hai anten[9]

Bảng 2.2 Ví dụ của quỹ đường xuống LTE

Máy phát (trạm gốc)		
Công suất phát (dBm)	46,0	P_{Txb}
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối	2,0	L_f
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_b - L_f$
Máy thu (đầu cuối di động)		

Hệ số tạp âm máy thu (dB)	7,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-104,5	$N_i = 30 + 10 \lg k + 10 \lg 290K + 10 \lg (9\text{MHz})$
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-97,5	$N = N_i + NF$
Dự trữ nhiễu (dB)	3,0	M_i
Bổ sung nhiễu kênh điều khiển	1,0	M_{cch}
Tổng tạp âm + giao thoa (dBm)	-93,5	$(N + I) \text{ (dBm)} = N + M_i + M_{cch}$
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-10	SNR_r , từ mô phỏng
Độ nhạy máy thu (dBm)	-103,5	$P_{min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r$
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	L_{fm}
Suy hao cơ thể (dB)	0,0	L_{body}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	165,5	$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_f - L_{body}$

- Ví dụ so sánh quỹ đường truyền của các hệ thống

Bảng 2.3 So sánh quỹ đường truyền lên của các hệ thống

Đường lên	GSM thoại	HSPA	LTE
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12. 2	64	64
Máy phát (đầu cuối di động)			
Công suất phát (dBm)	33,0	23,0	23,0
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	0,0	0,0
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	3,0	0,0	0,0
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	30,0	23,0	23,0
Máy thu (BS)			
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (dB)	-	2,0	2,0
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-119,7	-108,2	-118,4
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-	-106,2	-116,4

Dự trữ nhiễu (dB)	0,0	3,0	1,0
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-	-17,3	-7
Độ nhạy máy thu (dBm)	-114,0	-123,4	-123,4
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	18,0	18,0
Tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	0,0	0,0	0,0
Độ lợi chuyển giao mềm (dB)	0,0	2,0	0,0
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	162,0	161,1	163,4

Bảng 2.4 So sánh về quỹ đường truyền xuống của các hệ thống

Đường xuống	GSM thoại	HSPA	LTE
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12,2	1024	1024
Máy phát (trạm gốc)			
Công suất phát (dBm)	44,5	46,0	46,0
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	18,0	18,0
Tổn hao phi đơ + bộ nối	2,0	2,0	2,0
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	60,5	62,5	62,0
Máy thu (đầu cuối di động)			
Hệ số tạp âm máy thu (dB)	-	7,0	7,0
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-119,7	-108,2	-104,5
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-	-101,2	-97,5
Dự trữ nhiễu (dB)	0,0	4,0	4,0
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-	-5,2	-9,0
Độ nhạy máy thu (dBm)	-104,0	-106,4	-106,5
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	0,0	0,0
Overhead của kênh điều khiển (%)	0,0	20,0	20,0
Suy hao cơ thể (dB)	3,0	0,0	0,0
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	161,5	163,4	163,5

Quỹ đường truyền cho ta thấy rằng LTE có thể triển khai sử dụng các trạm có sẵn của hệ thống GSM và HSPA.

2.3.2 Các mô hình truyền sóng

Quỹ đường truyền kết hợp với mô hình truyền sóng thích hợp sẽ tính được bán kính phủ sóng của cell. Đặc điểm của kênh truyền dẫn vô tuyến có tính chất ngẫu nhiên, không nhìn thấy được, đòi hỏi có những nghiên cứu phức tạp. Một số mô hình thực nghiệm đã được đề xuất và được sử dụng để dự đoán các tổn hao truyền sóng. Các mô hình được đề xuất để đánh giá các công nghệ truyền dẫn sẽ xét nhiều đặc tính môi trường gồm các thành phố lớn, nhỏ, ngoại ô, vùng nhiệt đới, vùng nông thôn và các sa mạc. Các thông số chính của môi trường bao gồm :

- Trễ truyền lan, cấu trúc và các thay đổi của nó.
- Quy tắc tổn hao địa lý và tổn hao đường truyền bổ sung.
- Pha đỉnh che tối.
- Các đặc tính pha đỉnh nhiều đường cho hình bao các kênh.
- Tần số làm việc.

Ta phân tích hai mô hình cơ bản sau:

2.3.2.1 Mô hình Hata-Okumura

Các biểu thức toán học được sử dụng trong mô hình Hata-Okumura để xác định tổn hao trung bình L :

$$L_p = A + B \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg r + L_{other}(dB) \quad (2.13)$$

Trong đó:

f_c : tần số hoạt động (MHz)

L_p : tổn hao trung bình

h_b : độ cao anten trạm gốc (m);

h_m : độ cao anten trạm di động (m)

r : bán kính cell (khoảng cách từ trạm gốc) (km)

$a(h_m)$: hệ số hiệu chỉnh cho độ cao anten di động (dB)

L_{other} : hệ số hiệu chỉnh theo vùng.

Thông số A&B:

$$A = \begin{cases} 69.55, f = 150 : 1500 \text{ Mhz} \\ 46.3, f = 1500 : 2000 \text{ Mhz} \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} 26.16, f = 150 : 1500 \text{ Mhz} \\ 33.9, f = 1500 : 2000 \text{ Mhz} \end{cases}$$

➤ Dải thông số sử dụng được cho mô hình Hata là:

$$150 \leq f_c \leq 2000 \text{ MHz}; 30 \leq h_b \leq 200 \text{ m}; 1 \leq h_m \leq 10 \text{ m}; 1 \leq r \leq 20 \text{ km}.$$

$a(h_m)$ tính như sau:

✓ Đối với thành phố nhỏ và trung bình:

$$a(h_m) = (1,11 \lg f_c - 0,7)h_m - (1,56 \lg f_c - 0,8) \text{ dB} \quad (2.14)$$

✓ Đối với thành phố lớn:

$$a(h_m) = 8,29(\lg 1,54 h_m)^2 - 1,1 \text{ dB}; \quad f_c \leq 300 \text{ MHz} \quad (2.15)$$

$$\text{hay: } a(h_m) = 3,2(\lg 11,75 h_m)^2 - 4,97 \text{ dB}; \quad f_c \geq 300 \text{ MHz} \quad (2.16)$$

✓ Đối với vùng ngoại ô: Với vùng ngoại ô hệ số hiệu chỉnh suy hao so với vùng thành phố là:

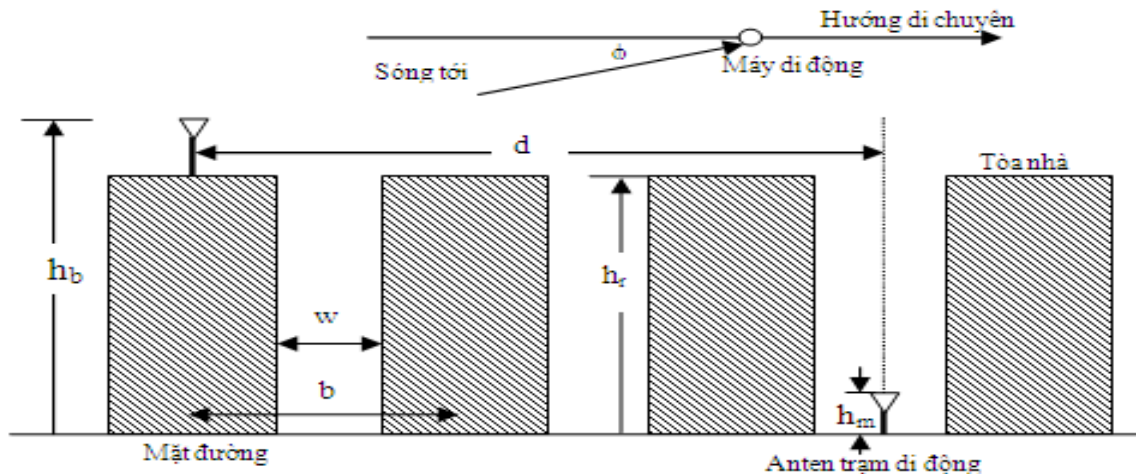
$$L_p = L_{p(\text{thành phố})} - 2 \left[\left(\lg \left(\frac{f_c}{28} \right) \right)^2 - 5,4 \right] \text{ (dB)} \quad (2.17)$$

✓ Đối với vùng nông thôn:

$$L_p = L_{p(\text{thành phố})} - 4,78(\lg f_c)^2 + 18,33(\lg f_c) - 40,49 \text{ (dB)} \quad (2.18)$$

2.3.2.2 Mô hình Walfish-Ikegami

Mô hình Walfish-Ikegami dựa vào giả thiết rằng sự truyền lan sóng được truyền trên mái nhà bằng quá trình nhiễu xạ. Các tòa nhà nằm trên đường thẳng giữa máy phát và máy thu.



Hình 2.4 Các tham số của mô hình Walfish-Ikegami

Các biểu thức sử dụng cho mô hình này như sau:

$$L_p = L_f + L_{rts} + L_{msd} \quad (2.19)$$

$$\text{hay } L_p = L_f \text{ khi } L_{rts} + L_{msd} \leq 0$$

Trong đó: L_f : tổn hao không gian tự do

L_{rts} : nhiễu xạ mái nhà - phố và tổn hao tán xạ

L_{msd} : tổn hao các vật che chắn.

➤ Tổn hao không gian tự do L_f được xác định:

$$L_f = 32,4 + 20 \lg r + 20 \lg f_c \quad (dB) \quad (2.20)$$

➤ Nhiễu xạ mái nhà - phố và tổn hao phân tán tính như sau:

$$L_{rts} = (-16,7) - 10 \lg W + 10 \lg f_c + 20 \lg \Delta h_m + L_{ori} \quad (dB) \quad (2.21)$$

Trong đó:

W : độ rộng phố (m)

$\Delta h_m = h_r - h_m$ (m)

h_r : độ cao trung bình tòa nhà

h_m : độ cao MS

h_b : độ cao BS

$$L_{ori}(\varphi) = \begin{cases} -10 + 0.3546, 0 \leq \varphi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\varphi - 35), 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4 - 0.114(\varphi - 55), 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases}$$

Trong đó: φ là góc đến so với trục phố.

➤ Tổn hao các vật che chắn:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \lg r + k_f \lg f_c - 9 \lg b \quad (2.22)$$

Trong đó:

b : khoảng cách giữa tòa nhà dọc theo đường truyền vô tuyến (m).

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \lg(1 + \Delta h_b), h_b > h_r \\ 0, h_b < h_r \end{cases}$$

$$k_a = \begin{cases} 54, (h_b > h_r) \\ 54 - 0,8 h_b, (r \geq 500m, h_b \leq h_r) \\ 54 - 1,6 \Delta h_b, (r < 500m, h_b \leq h_r) \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} 18 - \frac{15 \Delta h_b}{h_r}, h_b \geq h_r \\ 18, h_b < h_r \end{cases}$$

$$k_f = -4 + 1,5 \left(\frac{f_c}{925} - 1 \right) \text{ với thành phố lớn.}$$

$$k_f = -4 + 0,7 \left(\frac{f_c}{925} - 1 \right) \text{ với thành phố trung bình.}$$

Vì vậy, L_p sẽ được tính theo hai công thức sau:

- Với trường hợp tia nhìn thẳng (LOS):

$$L_p = 42,6 + 26lgr + 20lgf_c \quad (2.23)$$

- Với trường hợp tia không nhìn thẳng (NLOS):

$$L_p = 32,4 + 20lgr + 20lgf_c + L_{rts} + L_{msd} \quad (2.24)$$

➤ Dải thông số cho mô hình Walfisch-Ikegami phải thỏa mãn:

$$800 \leq f_c \leq 2000 \text{ MHz}; 4 \leq h_b \leq 50 \text{ m}; 1 \leq h_m \leq 3 \text{ m}; 0,02 \leq r \leq 5 \text{ km}$$

Có thể sử dụng các giá trị mặc định sau cho mô hình:

$$b = 20 \div 50 \text{ m}; W = b/2; \Phi = b/2.$$

Nóc nhà = 3 m cho nóc nhà có độ cao và 0 m cho nóc nhà phẳng.

$$h_r = 3 * (\text{số tầng}) + \text{nóc nhà}$$

2.3.3 Tính bán kính cell

Trước tiên, dựa vào các tham số của quỹ đường truyền để xác định suy hao đường truyền tối đa cho phép. Khi đó, dễ dàng tính được bán kính cell nếu biết được mô hình truyền sóng áp dụng với môi trường đang khảo sát ($L_{\max} = L_p$).

Suy ra công thức tính bán kính cell như sau:

$$R_{\text{cell}} = 10^{(L_p - L)/X} \quad (2.25)$$

$$L_p = L' + X * lgR \quad (2.26)$$

- Mô hình Hata-Okumura:

$$L' = A + Blgf_c - 13,82lgh_b - a(h_m) + L_{\text{other}} \quad (2.27)$$

$$X = (44,9 - 6,55lgh_b) \quad (2.28)$$

- Mô hình Walfisch-Ikegami:

- NON-LOS:

$$L' = 32,4 + 20lgf_c + L_{bsh} + k_a + k_f l g f_c - 9lgb + L_{rts} \quad (2.29)$$

$$X = (20 + k_d)$$

- LOS:

$$L' = 42.6 + 20 \lg f_c \quad (2.30)$$

$$X = 26$$

Bảng 2.5 Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng

Cấu hình trạm	Ommi(vô hướng)	2-sector	3-sector	6-sector
K	2,6	1,3	1,95	2,6

Sau khi tính được kích thước cell, dễ dàng tính được diện tích vùng phủ với chú ý diện tích vùng phủ phụ thuộc vào cấu hình phân đoạn trạm gốc. Diện tích vùng phủ đối với một cell có cấu trúc lục giác đều được tính như sau:

$$S = K \cdot r^2 \quad (2.31)$$

Trong đó: S là diện tích vùng phủ, r là bán kính cực đại cell, K là hằng số.

Kết luận chương 2

Chương 2 đã trình bày về cách quy hoạch mạng 4G LTE và ứng dụng quy hoạch cho một vùng cụ thể. Để xác định số eNodeB cần thiết lắp đặt cho một vùng quy hoạch cụ thể, cần phải xác định số eNodeB theo vùng phủ và số eNodeB theo dung lượng. Từ hai kết quả này, ta lấy số eNodeB lớn hơn chính là số eNodeB cần thiết lắp đặt. Để quy hoạch vùng phủ ta cần dựa vào quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng cụ thể, kết hợp với diện tích vùng cần phủ sóng. Quy hoạch dung lượng ta dựa vào MCS, băng thông và số user ước lượng cho từng vùng cụ thể.

CHƯƠNG 3: QUY HOẠCH VÀ TRIỂN KHAI ỨNG DỤNG MẠNG 4G - LTE CHO TỈNH CHĂM PA SẮC, NƯỚC CỘNG HÒA DÂN CHỦ NHÂN DÂN LÀO

3.1. Tình hình triển khai 4G - LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

3.1.1 Hiện trạng phân bố trạm thu phát sóng mạng thông tin di động tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

Tỉnh Chăm Pa sắc hiện có 3 nhà mạng đang cung cấp dịch vụ trên địa bàn, các nhà cung cấp mạng viễn thông đã khai trương khá nhiều đơn vị, trong đó gồm:

- Nhà mạng LTC (Lao Telecommunications company) với 49% vốn của công ty và 51% của nhà nước.

- Nhà mạng TLE (Telecommunications of Enterprise) với vốn 100% của nhà nước

- Nhà mạng UNITEL: Star Telecom (Viettel Global) với vốn của công ty 49%, của nhà nước 51%.

*Nhà mạng Star Telecom (Unitel) chính là liên doanh giữa Viettel - Lao Asia Telecom đã chính thức khai trương mạng viễn thông Unitel tại Lào vào ngày 16-10 – 2009. Qua một thời gian chuẩn bị, tiến hành đầu tư mạng lưới của mạng viễn thông Unitel là lớn nhất tại thị trường Lào cũng như tại tỉnh Chăm Pa sắc.

Các nhà cung cấp mạng viễn thông LTC, LTE, UNITEL. Với đầy đủ các loại dịch vụ điện thoại cố định, ADSL, FTTH, truyền số liệu, dịch vụ di động 2G, 3G. Doanh thu hàng năm từ các dịch vụ viễn thông và công nghệ thông tin đem lại trong năm 2017 đạt khoảng 10 tỷ kíp. trong đó tập trung chủ yếu là các dịch vụ di động 2G, và 3G. Tăng trưởng về doanh thu từ các dịch vụ viễn thông hàng năm đạt trên 20%. Dự báo đến năm 2025 doanh thu Viễn thông và công nghệ thông tin của toàn tỉnh Chăm Pa sắc đạt 70 tỷ kíp. Trong đó tập trung chủ yếu vào dịch vụ di động 2G, 3G.

Hiện nay có các nhà mạng chính kinh doanh trên địa bàn tỉnh Chăm Pa sắc là LTC, LTE, UNITEL đã xây dựng và phát triển được cơ sở hạ tầng về cáp quang, nhà trạm là lớn. Hiện đã đảm bảo 100% các xã được phủ kín sóng di động. Mặc dù là tỉnh miền núi gặp nhiều khó khăn trong việc phát triển mạng lưới và xây dựng nhà trạm, nhưng trong những năm qua các doanh nghiệp trên địa bàn đã cố gắng

phát triển phục vụ các cơ quan Đảng và chính quyền, khách hàng trên địa bàn tỉnh Chấm Pa sắc.

Bảng 3.1: Thống kê dịch vụ mạng viễn thông tại tỉnh Chấm Pa sắc năm 2021

Stt	Tên nhà mạng	Thuê bao	Trạm thu phát sóng BTS	Tiền thu bình nhập/năm (Kip)	Dịch vụ khác
1	LTC	12,504	41	30,082,850,023	2G, 3G
2	LTE	7,496	52	19,103,000,188	2G,3G
3	UNITEL	17,709	61	47,088,757,165	2G, 3G

Tại tỉnh Chấm Pa sắc, mạng 4G LTE đang được thử nghiệm vào trong đầu năm 2017, UNITEL: Star Telecom (Viettel Global) đã bắt đầu cho người dùng chuyển đổi SIM từ 3G sang 4G LTE để sử dụng kết nối mới. Công nghệ 4G LTE đang được áp dụng là LTE-Advance, có tốc độ download trên lý thuyết đạt khoảng 300 Mbps và upload đạt 42 Mbps, gấp đôi so với chuẩn 4G thông thường.

Thử nghiệm thực tế, tốc độ 4G tại Chấm Pa Sắc phụ thuộc nhiều vào thiết bị đầu cuối (loại smartphone, máy tính bảng) và vị trí kết nối. Với những smartphone thông thường hỗ trợ mạng 4G Cat3, tốc độ tải xuống ở mức 50 Mbps, ở Cat6 tốc độ lên đến 150 Mbps và ở Cat9 (những máy đời mới nhất), tốc độ có thể lên đến trên 200 Mbps.

3.1.2 Hiện trạng cơ sở hạ tầng nhà trạm

3.1.2.1. Phân bố trạm thu phát sóng

Mạng lưới thông tin di động tại tỉnh Chấm Pa Sắc hiện đang vận hành 154 trạm thu phát sóng. Trong đó bao gồm: 130 trạm 2G và 114 trạm 3G.

Bảng 3.2: Số lượng trạm thông tin di động 2G/3G trên địa bàn tỉnh Chấm Pa Sắc tính đến tháng 12/2021

STT	Quận Huyện	Số lượng trạm	2G	3G	Tỉ lệ 3G/2G
1	Thành phố Pakxe	41	29	39	134.48%
2	Sanasomboun	18	15	10	66.67%
3	Bachiangchaleunsouk	4	4	1	25.00%
4	Paksong	25	24	17	70.83%
5	Champpassack	35	30	27	90.00%
6	Soukhouma	29	27	19	70.37%
7	Mounlapamok	11	11	11	100.00%
	Tổng cộng:	153	130	114	

Cột Ăng-ten trạm thu phát sóng trên địa bàn tỉnh Chăm Pa Sắc được xây dựng theo hai loại chính: cột Ăng-ten loại A2a và loại A2b (cột Ăng-ten loại A2a: cột Ăng-ten trạm thu phát sóng có cột Ăng-ten, thiết bị thu phát sóng và thiết bị phụ trợ khác được xây dựng, lắp đặt trên (hoặc trong) các công trình đã được xây dựng từ trước; cột Ăng-ten loại A2b: cột Ăng-ten trạm thu phát sóng có nhà trạm và cột Ăng-ten thu, phát sóng thông tin di động được xây dựng trên mặt đất). Hạ tầng cột Ăng-ten trạm thu phát sóng thông tin di động trên địa bàn tỉnh hiện tại cột Ăng-ten loại A2b chiếm đa số (chiếm 92,8%: 142/154 vị trí cột); với đặc điểm địa hình của tỉnh có dạng đồi núi, các cột Ăng-ten loại A2b đáp ứng tốt hơn cột Ăng-ten loại A2a các yêu cầu về vùng phủ sóng. Hạ tầng cột Ăng-ten loại A2b phát triển nhiều tại khu vực nông thôn, hạ tầng cột Ăng-ten loại A2a phát triển đa số tại khu vực đô thị, khu vực tập trung đông dân cư.

Bảng 3.3: Hiện trạng phân loại hạ tầng cột Ăng-ten thu phát sóng thông tin mạng viễn thông tỉnh Chăm Pa Sắc

STT	Đơn vị hành chính	Số vị trí cột Ăng- ten loại A2a	Số vị trí cột Ăng- ten loại A2b	Số vị trí cột Ăng- ten loại A2c	Tổng số vị trí cột
1	Thành phố Pakxe	6	33	2	41
2	Sanasomboun	0	17	1	18
3	Bachiangchaleunsouk	0	4	0	4
4	Paksong	0	24	1	25
5	Champassack	0	35	0	35
6	Soukhouma	0	28	1	29
7	Mounlapamok	0	1	1	2
Tổng		6	142	6	154

3.1.2.2 Hiện trạng hạ tầng truyền dẫn:

Trong năm 2021, mạng lưới thông tin di động tại tỉnh Chăm Pa Sắc về cơ bản đã quang hóa hầu hết các tuyến viba bằng truyền dẫn quang thuê kênh của UNITEL Chăm Pa Sắc, các trạm thu phát sóng sử dụng truyền dẫn viba chiếm tỷ lệ thấp.

Bảng 3.4: Số lượng trạm thông tin di động 2G/3G trên địa bàn tỉnh Chăm Pa Sắc tính đến tháng 12/2021

Tỉnh	2G	3G	Viba	Quang	Tỷ lệ 2G quang hóa	Tỷ lệ 3G quang hóa
Chăm Pa Sắc	130	113	11	113	91.50%	100.00%

3.2. Thuận lợi và khó khăn triển khai 4G - LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

3.2.1. Thuận lợi

- Góp phần tăng trưởng GDP cả nước

Ngân hàng thế giới và Liên minh viễn thông thế giới (ITU) nghiên cứu và đánh giá thì đều đưa ra kết luận: “Nếu mật độ người dùng băng rộng tăng 10% sẽ kéo theo GDP tăng trưởng trung bình khoảng 1%”. Đây là mức tăng trưởng trung bình còn đối với quốc gia khác nhau sẽ có sự chênh lệch khác còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong báo cáo gần đây của ngân hàng thế giới thì con số này dao động trong khoảng từ 0,9% - 1,5%.

Đây mới chỉ là đánh giá chung đối với lĩnh vực băng rộng, bao gồm băng rộng cố định và băng rộng di động. Chúng ta cũng có thể hiểu hiện nay, sự gia tăng mật độ người dùng băng rộng chủ yếu là do băng rộng di động, mà 4G đang là tâm điểm bởi băng rộng di động đang là phương tiện chủ yếu các nhà cung cấp dịch vụ sử dụng để mở rộng vùng phủ sóng.

- Tạo thêm nhiều công ăn việc làm

Việc triển khai 4G trước mắt dễ nhận thấy sẽ tăng nhu cầu về việc làm trong lĩnh vực viễn thông, từ các hãng cung cấp và sản xuất thiết bị, giải pháp tới các nhà mạng 4G với năng lực mạng lưới và tốc độ kết nối gấp nhiều lần so với các thế hệ các mạng di động trước đó sẽ là đòn bẩy giúp phát triển các dịch vụ viễn thông như thương mại điện tử, trò chơi trực tuyến, thực tế ảo, truyền hình trực tuyến....

4G cũng sẽ là nền tảng giúp triển khai các dịch vụ mới trong nhiều lĩnh vực khác như: y tế trực tuyến, giáo dục trực tuyến, giao thông thông minh... Một nhu cầu tất yếu dẫn tới đó chính là gia tăng nhu cầu về nhân lực để phát triển các dịch vụ này.

Tại tỉnh Chăm Pa Sắc, trong vòng 5 năm qua, internet di động đã tạo ra xấp xỉ 14.000 việc làm mới và dự báo con số này trong vòng 5 năm tới sẽ là gần 16.000 việc làm.

3.2.2. Khó khăn

Công nghệ LTE không làm thiết bị tốn pin hơn 3G là mấy nhưng 4G LTE triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc còn rất mới và chưa tối ưu do đó, thiết bị di động sẽ tốn pin nhiều hơn trong khi kết nối 4G.

Việc phân bổ lại phổ tần số cũng tạo ra những thách thức do đó ta cần phải chú ý các điều sau:

- Nhà mạng phải có đủ phổ tần số kề nhau để có thể vận hành đồng thời nhiều công nghệ trong cùng một dải tần.
- Sử dụng các dải tần bảo vệ giúp tránh nhiễu liên kênh.
- Quy hoạch băng thông giữa các băng tần khi được sử dụng đồng thời và xen kẽ cho các công nghệ khác nhau.
- Trong cùng mạng nên sử dụng đồng thời cả hai phía của phổ tần số liền kề điểm phân chia tần.

Ngoài ra người dùng khi sử dụng dải tần số hoặc công nghệ cần phân bổ lại sẽ bị ảnh hưởng do đó nhà mạng cần khuyến khích người sử dụng chuyển sang dùng các dịch vụ mới.

Nhà mạng phải duy trì chất lượng GSM khi phân bổ lại phổ tần để không ảnh hưởng đến sự hài lòng cũng như trải nghiệm dịch vụ người dùng. Hiểu về mô hình lưu lượng và việc quản lý phương thức phục vụ lưu lượng để tránh suy giảm chất lượng dịch vụ của người dùng.

Phổ tần số có thể sử dụng đan xen giữa các nhà mạng nên các nhà mạng cần cấu hình lại tần số để tránh phân mảnh dải tần số, cấu hình lại tần số đòi hỏi sự phối hợp giữa các nhà mạng. Sau đó, phải thực hiện việc tối ưu toàn bộ site/cluster để nắm bắt được chất lượng vùng phủ, phân bổ lưu lượng, và tình trạng can nhiễu và các vấn đề phát sinh khác.

Phân bổ lại phổ tần số GSM cho LTE, phổ tần số cần làm lại để tránh khỏi những nguồn nhiễu ngoài gây ra bởi các tín hiệu cũ sót lại.

3.3. Quy hoạch mạng 4G LTE áp dụng tại tỉnh Chăm Pa SẮc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

Quy hoạch mạng LTE cũng giống như quy hoạch mạng 3G. Ở hệ thống di động 4G, đường lên và đường xuống là bất đối xứng. Do vậy, một trong hai đường sẽ thiết lập giới hạn về dung lượng hoặc vùng phủ sóng.

Việc tính toán quỹ đường truyền và phân tích nhiễu không phụ thuộc vào loại công nghệ sử dụng.

Mục đích của pha định cỡ là để ước lượng số lượng các trạm cần sử dụng, cấu hình trạm và số lượng các phần tử mạng để dự báo giá thành đầu tư cho mạng. Phần này sẽ tìm hiểu về quỹ đường truyền của LTE, các mô hình truyền sóng để phục vụ cho quá trình ước lượng số eNodeB của mạng theo điều kiện tối ưu 1, và số trạm eNodeB theo điều kiện tối ưu 2 để từ đó ta quyết định được số eNodeB cần thiết cho vùng cần quy hoạch.

Áp dụng cách thức tính theo quy hoạch vùng phủ và quy hoạch lưu lượng cho tỉnh Chăm Pa SẮc. Từ diện tích của tỉnh và bán kính cell được xác định dựa trên quỹ đường truyền ta tính được số eNodeB được lắp đặt trong tỉnh. Từ số người sử dụng được ước lượng của tỉnh, kết hợp với MCS, băng thông kênh truyền, dựa trên các công thức tính toán ta xác định được số eNodeB lắp đặt cho tỉnh.

3.3.1 Thu thập dữ liệu (diện tích, dân số, số thuê bao...)

- Thống kê vào năm 2021: Tỉnh Chăm Pa SẮc
- Dân số: 702.452 người
- Diện tích: 15.415 km²
- Số thuê bao: 85,709 thuê bao
- Số thuê bao phát sinh data (3G): 21,610 thuê bao
- Tổng số trạm BTS 154, phủ sóng chiếm 95%.
- Tần số: 900 MHz và 1800MHz
- Băng thông: 20 MHz

Diện tích tỉnh Chăm Pa SẮc là 15.415 km² và với dân số là 139.600 người, mật độ dân số là 13 người/km² theo thống kê năm 2021.

Diện tích toàn tỉnh Chăm Pa SẮc có tất cả 15.415 km², có thủ phủ là Pakse và 10 huyện (Bachiang, Champasak, Khong, Moonlapamok, Pakse, Paksong, Pathoomphone, Phonthong, Sanasomboon, Sukhuma) được chia thành 924 làng

có 702.452 người, trong đó nữ 356.610; gồm 18 dân tộc mỗi dân tộc có đặc trưng riêng khác nhau về tiếng nói và phong tục tập quán.

Theo kế hoạch, tính đến cuối năm 2025 MobiFone sẽ đầu tư khoảng 150eNodeB (450 cell LTE) triển khai trên địa bàn tỉnh Chăm Pa Sác.

Bảng 3.5: Quy hoạch số lượng eNode B LTE trên mạng mạng Lao Telecom

Stt	Mục	Thêm mới 2023	Thêm mới 2024	Thêm mới 2025
1	Số lượng eNode B LTE	15	60	150
2	Số lượng cell LTE	60	180	450

(Nguồn: Đề án quy hoạch mạng mạng Lao Telecom tỉnh Chăm Pa Sác giai đoạn 2021– 2025)

3.3.2 Quy hoạch vùng phủ

Để quy hoạch vùng phủ cho mạng LTE, ta cần các thông số về quỹ đường truyền, các mô hình truyền sóng và diện tích vùng cần phủ sóng, ở đây cụ thể là dựa vào đề án quy hoạch mạng Lao Telecom tỉnh Chăm Pa Sác giai đoạn 2021– 2025.

a) Quỹ đường truyền:

➤ Quỹ đường lên

Tham số	Giá trị	Đơn vị
THÔNG SỐ DỊCH VỤ		
Rb	64	Kbps
BW	0,36	Hz
Thông số BS		
NF	2	dB
Mi	2	dB
SNRr	-7	dB
Gb	18	dB
Lf	2	dB
GMHA	2	dB
Thông số MS		
Ptxm	24	dBm
Gm	0	dB
Lfm	0	dB
Lb	0	dB

Kết quả		
EIRP_m	24	dBm
N	-116,4	dBm
N_i	-118,4	dBm
N + I	-114,4	dBm
P_{min}	-121,4	dBm
L_{max}	163,4	dBm

➤ Quỹ đường xuống

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Thông số dịch vụ		
R_b	1000	Kbps
BW	9	Hz
E_b/N₀	1,5	dB
Thông số MS		
NF	7	dB
M_i	3	dB
M_{cch}	1	dBm
SNR_r	-10	dB
G_m	0	dB
L_{fm}	0	dB
L_b	0	dB
Thông số BS		
P_{txb}	46	dBm
G_b	18	dB
L_{fb}	2	dB
Kết quả		
EIRP_b	62	dBm
N	-97,4	dBm
N_i	-104,4	dBm
N + I	-93,1	dBm
P_{min}	-103,4	dBm
L_{max}	165,4	dBm

Việc tính toán quỹ đường truyền để suy ra tổn hao cực đại làm cơ sở cho quy

hoạch vùng phủ. Quỹ đường truyền lên được tính toán cho tốc độ 64 kbps, tương ứng với mỗi tốc độ là sẽ có một số khối tài nguyên (RB) được phát đi, và tương ứng với nó sẽ có băng thông nhất định. Chẳng hạn, đối với tốc độ 64 kbps ở đường lên sẽ có 2 RB được phát đi và tương ứng với nó là băng thông 360 KHz. 1 Mbps ở đường xuống sẽ có 50 RB được phát đi và băng thông tương ứng của nó là 9 MHz.

b) Các mô hình truyền sóng:

➤ Môi trường truyền sóng trong nhà:

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Mô hình tòa nhà (Đa tầng)		
Tần số	1950	MHz
Khoảng cách tham khảo	1	
Hệ số tổn hao	24,4	M
Mũ tổn hao trung bình	5,22	dB
Mô hình Motley – Keenan		
Tần số	1950	MHz
Hệ số tầng	24,4	dB
Hệ số tường	10	dB
Điểm gãy	65	M
Hệ số suy hao tuyến tính	0,5	dB/m
Số tầng	3	
Số bức tường	2	
Mô hình trong nhà IMT2000		
Tần số	1950	MHz
Số tầng	4	

➤ Mô hình truyền sóng ngoài trời:

Tham số	Giá trị	Đơn vị
HATA OKUMURA		
Tần số	1950	MHz
Độ cao Antene	30	M
Độ cao MS	1,5	M
WALFISCH EKEGAMI		

Tần số	1950	MHz
Góc đến so với trục phố	90	Độ
Khoảng cách tòa nhà	30	M
Độ cao BS	30	M
Độ cao MS	1,5	M
Độ cao nóc nhà	30	M

c) Quy hoạch vùng phủ LTE

Đây là giao diện của quy hoạch vùng phủ của LTE. Ta chọn môi trường truyền sóng để nhập thông số, sau đó chọn quỹ đường truyền, nhập diện tích vùng cần phủ, mà cụ thể là TP.HN với diện tích 3.344,7 km², hệ số K, hệ số này là hệ số của số sector đã được đề cập ở chương 3. Ở đây ta chọn $K = 1.95$ tương ứng với 3 sector. Kết quả tính được số BS tổng là số BS lớn nhất trong hai trường hợp tính toán cho quỹ đường lên và cho quỹ đường xuống.

Quỹ đường lên	163,4	dB
Quỹ đường xuống	165,4	dB
Tốc độ dữ liệu	64	Kbps
Tần số đường lên	0.4	MHz
Tần số đường xuống	9	MHz

Tính được bán kính phủ sóng của LTE lên đến 5km, số BS tổng có giá trị là 509 trạm.

d) Quy hoạch dung lượng LTE

Quy hoạch dung lượng là điều kiện thứ hai để tính được số trạm cần thiết để lắp đặt cho một vùng cụ thể, ở đây là tỉnh Chăm Pa Sắc. Dựa trên dân số của các huyện của tỉnh Chăm Pa Sắc được liệt kê, cùng với việc chọn tốc độ mã hóa và điều chế (MCS), băng thông kênh truyền, kỹ thuật anten được sử dụng ta tính toán được số trạm cần thiết được lắp đặt. Tính toán được tốc độ đỉnh tối đa mà LTE có thể đạt được đối với mỗi băng thông kênh truyền cụ thể. Bảng thông kênh truyền được sử dụng trong phần mô phỏng này bao gồm các băng thông của LTE: 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz. Các phương thức điều chế bao gồm

QPSK, 16QAM, 64QAM với các tốc độ mã hóa khác nhau. Các kỹ thuật anten được sử dụng là dòng đơn, 2x2 MIMO, 4x4 MIMO

Trong giao phase đầu tiên của năm 2023. Sẽ lắp 15 trạm 4G được trang bị và lắp vào các cơ sở hạ tầng sẵn có, với thứ tự ưu tiên là khu vực trung tâm thành phố Chăm Pa Sắc, khu đông dân cư và có lưu lượng 3G hiện tại đang ở mức cao.

Bảng 3.6: Danh sách dự kiến các trạm lắp đặt 4G pha 1 tại tỉnh Chăm Pa Sắc đến năm 2025

Sitename	LATITUDE	LONGITUDE	Voice (Erlang/day)	Data 3G GB/day
Sanasomboun	22.10578	105.18497	16.55	139.17
Bachiangchaleunsou	22.068875	105.172971	14.11	196.8
Paksong	21.705962	105.402134	9.13	59.76
Pathoumphone	21.783836	105.216766	26.37	104.18
Phonthong	21.822708	105.198381	26.92	18.27
Champpassack	21.82222	105.207677	45.21	4459
Soukhouma	21.799043	105.205042	25.50	50.26
Mounlapamok	21.727369	105.230045	15.48	59.25
Khong	21.762843	105.21878	16.99	112.66
Pakxe	21.824394	105.217808	26.65	32.09
Houaysae	21.700127	105.240484	38.29	51.03
Houayhe	21.697988	105.226694	37.81	64.33
Muang	21.81523	105.215784	55.66	49.74
TQG_TQG_DH_TAN_TRAO	21.835863	105.171835	9.03	103.09
TQG_YSN_HOANG_KHAI	21.7747	105.1816	31.15	97.70

(Nguồn: Đề án quy hoạch mạng Lao Telecom tỉnh Chăm Pa Sắc giai đoạn 2021– 2025)

3.4 Một số giải pháp triển khai 4G LTE tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào

- Liên kết chặt chẽ với các công ty công nghệ uy tín trên thế giới như Qualcomm, Huawei, ZTE, Ericsson, Cisco... giúp chuyển giao công nghệ và tiếp cận

các công nghệ mới nhất.

Mục tiêu của Qualcomm trong năm 2022 là giúp tỉnh Chămpa Săc triển khai thành công LTE. Để có thể hoàn thành nhiệm vụ đó có rất nhiều nhiệm vụ phải thực hiện với các nhà hoạch định băng tần, chính sách tỉnh Chămpa Săc, nhà mạng, nhà sản xuất thiết bị di động.

Qualcomm hiện đang giúp tỉnh Chămpa Săc tối ưu mạng 4G và sẽ áp dụng phương pháp đó để có mạng 4G chất lượng tốt khi triển khai rộng rãi. Về chính sách, Bộ Công nghệ và Truyền thông Lào đã cấp phép cho các nhà mạng đang chuẩn bị triển khai mạng 4G trên băng tần 1800MHz. Tuy nhiên, để thật sự mang đến trải nghiệm 4G, các nhà mạng cần có công nghệ gộp sóng mang, phải có băng tần.

Cần có kế hoạch đấu giá các băng tần khác như 2600MHz, 2300MHz. Trong đó dải tần 2,6Ghz cũng có nhiều mẫu thiết bị sử dụng 4G, Qualcomm tham gia tư vấn thường xuyên cho các hội thảo với các nhà hoạch định chính sách băng tần. Qualcomm cũng đã nhận được các yêu cầu của chính phủ trong việc tư vấn và chuẩn bị chính sách cho 5G.

- Tổ chức các cuộc hội thảo với các nước trong khu vực về các vấn đề các nước cùng quan tâm đến 4G như định hướng phát triển công nghệ và hạ tầng 4G, Triển khai đa dịch vụ trên nền tảng 4G.

- Báo cáo kết quả thử nghiệm và một số vấn đề cần chú ý trong lộ trình phát triển 4G tại các đơn vị đã được Bộ Công nghệ và Truyền thông Lào cấp phép.

3.5. Kết luận chương

Trong chương 3 học viên đã nghiên cứu và tình hình triển khai 4G trên thế giới và tại tỉnh Chămpa Săc. Các thuận lợi cũng như các khó khăn, thách thức qua đó đề xuất một số các giải pháp triển khai 4G tại tỉnh Chămpa Săc.

4G hiện đang là cuộc chạy đua đòi hỏi các nhà mạng phải hoàn thành thử nghiệm khi mà đã được cấp phép nhằm rút ngắn nhất khoảng cách giữa thực tế và lý thuyết. Kết quả thử nghiệm của các nhà mạng đã cho thấy được việc triển khai 4G LTE tại tỉnh Chămpa Săc thành công.

Thời gian tới, để sớm mang công nghệ mới ra thị trường, các nhà mạng cần hoàn thành kịch bản kinh doanh với các dịch vụ hữu ích gồm dữ liệu tốc độ cao và

các dịch vụ: Truyền hình băng rộng trên nền tảng eMBMS, Video 4K, MobiTV, dịch vụ truyền hình Unicast ...

Kết luận chương 3

Chương 3 đã trình bày về cách quy hoạch mạng 4G - LTE và triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân. Để xác định số eNodeB cần thiết lắp đặt cho một vùng quy hoạch cụ thể, cần phải xác định số eNodeB theo vùng phủ và số eNodeB theo dung lượng. Từ hai kết quả này, ta lấy số eNodeB lớn hơn chính là số eNodeB cần thiết lắp đặt. Để quy hoạch vùng phủ ta cần dựa vào quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng cụ thể, kết hợp với diện tích vùng cần phủ sóng. Quy hoạch dung lượng ta dựa vào MCS, băng thông và số user ước lượng cho từng vùng cụ thể.

KẾT LUẬN

Luận văn đã khái quát được cấu trúc mạng 4G LTE, các đặc tính kỹ thuật và các kỹ thuật sử dụng trong LTE. Mạng LTE có ưu điểm vượt trội so với 3G về tốc độ, thời gian trễ nhỏ, hiệu suất sử dụng phổ cao cùng với việc sử dụng băng thông linh hoạt, cấu trúc đơn giản nên giá thành giảm. Để tạo nên các ưu điểm đó, LTE đã phối hợp nhiều kỹ thuật, trong đó, nó sử dụng kỹ thuật OFDMA ở đường xuống, trình bày về cách quy hoạch mạng 4G LTE và ứng dụng quy hoạch cho một vùng cụ thể. Để xác định số eNodeB cần thiết lắp đặt cho một vùng quy hoạch cụ thể, cần phải xác định số eNodeB theo vùng phủ và số eNodeB theo dung lượng. Từ hai kết quả này, ta lấy số eNodeB lớn hơn chính là số eNodeB cần thiết lắp đặt. Để quy hoạch vùng phủ ta cần dựa vào quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng cụ thể, kết hợp với diện tích vùng cần phủ sóng. Quy hoạch dung lượng ta dựa vào MCS, băng thông và số user ước lượng cho từng vùng cụ thể và cũng đã trình bày về cách quy hoạch mạng 4G - LTE và triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân. Để xác định số eNodeB cần thiết lắp đặt cho một vùng quy hoạch cụ thể, cần phải xác định số eNodeB theo vùng phủ và số eNodeB theo dung lượng. Từ hai kết quả này, ta lấy số eNodeB lớn hơn chính là số eNodeB cần thiết lắp đặt. Để quy hoạch vùng phủ ta cần dựa vào quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng cụ thể, kết hợp với diện tích vùng cần phủ sóng. Quy hoạch dung lượng ta dựa vào MCS, băng thông và số user ước lượng cho từng vùng cụ thể. Học viên đã nghiên cứu và tình hình triển khai 4G trên thế giới và tại tỉnh Chăm Pa Sắc. Các thuận lợi cũng như các khó khăn, thách thức qua đó đề xuất một số các giải pháp triển khai 4G tại tỉnh Chăm Pa Sắc. Tại Tỉnh Chăm Pa Sắc, Bộ Công nghệ và Truyền thông Lào đã cấp phép thử nghiệm LTE cho hai nhà mạng Unitell và Lao Telecom. Theo lộ trình đã vạch ra từ năm 2022 Tỉnh Chăm Pa Sắc đã bắt đầu triển khai 4G LTE trên các mạng di động trong nước. Tính đến thời điểm hiện tại các nhà mạng lớn trong đó có Lao Telecom đã triển khai 4G LTE tại Lào và cung cấp chất lượng dịch vụ ổn định cho khách hàng.

Qua một thời gian nghiên cứu tương đối ngắn đề tài “*Quy hoạch mạng 4G - LTE và triển khai tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào*” có thể xem là tài liệu tham khảo có giá trị ứng dụng cao, giúp các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật đang làm việc trực tiếp trên mạng thông tin di động Lao Telecom tra cứu hiểu rõ hơn về mạng 4G LTE để áp dụng trong công việc của mình.

Đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài: Đề tài là kết quả nghiên cứu tổng quan khi triển khai mạng 4G – LTE, trong quá trình triển khai có thể tiếp tục phát triển đề tài khi triển khai vào thực tế công việc, báo cáo tổng kết rút kinh nghiệm, hoàn thiện thành một tài liệu hoàn chỉnh có tính thực tiễn cao cho cán bộ kỹ thuật trên mạng lưới.

Do được thực hiện trong thời gian ngắn, đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót và hạn chế trong phạm vi nghiên cứu, em rất mong nhận được sự đóng góp của các thầy cô, các bạn và đồng nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

- [1]. Nguyễn Đình Chiến (2006), Nghiên cứu ứng dụng công nghệ 4G cho mạng di động Viettcell mobile, Đề tài Khoa học công nghệ.
- [2]. Nguyễn Phạm Anh Dũng (2012), *Giáo trình Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G*, Nhà xuất bản Thông tin và truyền thông.
- [3]. Nguyễn Văn Đức: Lý Thuyết Và Các Ứng Dụng Của Kỹ Thuật OFDM, Trong tuyển tập “Kỹ Thuật Thông Tin Số” tập 2, nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Năm 2006.
- [4]. Lê Tiến Hiệu (2012), Nghiên cứu triển khai mạng 4G-LTE/SEA tại Tỉnh Chăm Pa Sắc, Luận văn thạc sĩ, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông.
- [5]. Nguyễn Tiến Sang (2016), Nghiên cứu triển khai công nghệ cho mạng thông tin di động tập đoàn bưu chính viễn thông tỉnh Chăm Pa Sắc VNPT.

Tiếng Anh

- [6]. Abdul Basit, Syed; *Dimensioning of LTE Network*; Helsinki University
- [7]. Alcatel; *3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview* September 2006.
- [8]. Alcatel; *3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview* September 2006.
- [9]. Dr. Erik Dahlman; *3G long-term evolution*; Expert Radio Access Technologies, Ericsson Research.
- [10]. Harri Holma and Antti Toskala both of Nokia Siemens Networks, Finland; *LTE for UMTS-OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*; John Wiley & Sons, Ltd.
- [11]. Harri Holma and Antti Toskala both of Nokia, Finland; *WCDMA for UMTS-HSPA Evolution and LTE*; John Wiley & Sons, Ltd 2007.
- [12]. FAROOQ KHAN Telecom R&D Center Samsung Telecommunications, America; *LTE for 4G Mobile Broadband Air Interface Technologies and performance*; Cambridge University Press.

- [13]. Christian Mehlhruer, Martin Wrulich, Josep Colom Ikuno, Dagmar Bosanska, Markus Rupp; *Simulation the long term evolution physical layer*; Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering Vienna University of Technology; Gusshausstrasse 25/389, A-1040 Vienna, Austria.
- [14]. Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker; *LTE-The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*; 2009 John Wiley & Sons, Ltd.
- [15]. Philip Solis Practice Director, Wireless Connectivity Aditya Kaul Senior Analyst, Mobile Networks Nadine Manjaro Associate Analyst Jake Saunders Vice President, Forecasting; *Prospects for HSPA, LTE, and WiMAX*; ABI research.
- [16]. Xiupei Zhang, Jangsu Kim, and Heung-Gyoon Ryu; *Multi-Access Interference in LTE Uplink with Multiple Carrier Frequency Offsets*; Department of Electronic Engineering.

BẢN CAM ĐOAN

Tôi cảm đoan đã thực hiện việc kiểm tra mức độ tương đồng nội dung luận văn qua phần mềm Kiểm tra tài liệu một cách trung thực và đạt kết quả mức độ tương đồng 15% toàn bộ nội dung luận văn. Bản luận văn kiểm tra qua phần mềm là bản cứng luận văn đã nộp để bảo vệ trước hội đồng. Nếu sai tôi xin chịu các hình thức kỷ luật theo quy định hiện hành của Học viện.

Hà Nội, ngày 07 tháng 07 năm 2022

Tác giả luận văn

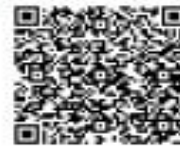
PARNKHAM LUANGCHANDAVONG



BÁO CÁO KIỂM TRA TRÙNG LẬP

Thông tin tài liệu

Tên tài liệu:	Quy hoạch mạng 4G LTE và triển khai tại tỉnh chằm pa sảo-PARKHAM LUANGCHANDAVONG Tur
Tác giả:	Pamkham LUANGCHANDAVONG
Điểm trùng lặp:	15
Thời gian tải lên:	09:01 18/05/2022
Thời gian sinh báo cáo:	09:05 18/05/2022
Các trang kiểm tra:	76/76 trang



Kết quả kiểm tra trùng lặp



Có 15% nội dung trùng lặp



Có 85% nội dung không trùng lặp



Có 0% nội dung người dùng loại trừ



Có 0% nội dung hệ thống bỏ qua

Nguồn trùng lặp tiêu biểu

123docz.net tailieu.vn

Giảng viên hướng dẫn

Học viên