

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

TẠ TRUNG DŨNG

XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Hà Nội - 2016

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

TẠ TRUNG DŨNG

XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

Ngành: Công nghệ thông tin

Chuyên ngành: Truyền dữ liệu và Mạng máy tính

Mã số: Chuyên ngành đào tạo thí điểm

LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. Dương Lê Minh

Hà Nội - 11/2016

LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Thầy giáo **TS. Dương Lê Minh**, Thầy đã luôn tận tình hướng dẫn, giúp đỡ, tạo mọi điều kiện tốt nhất cho em trong suốt quá trình làm luận văn.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Thầy giáo **TS. Trần Trúc Mai** đã hỗ trợ, hướng dẫn em hoàn thành phần thực nghiệm, đánh giá xây dựng phần mềm mô phỏng cho luận văn.

Cuối cùng em cũng xin gửi lời cảm ơn đến tất cả các Thầy/Cô trong khoa Công nghệ thông tin, đặc biệt các Thầy/Cô trong chuyên ngành Truyền dữ liệu và Mạng máy tính Trường Đại học Công nghệ - ĐHQGHN cùng bạn bè đã có những góp ý quý báu và lời khuyên chân thành để em hoàn thành được luận văn này.

Em xin trân trọng cảm ơn!

Học viên

Tạ Trung Dũng

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận văn này là kết quả nghiên cứu, tìm hiểu của riêng tôi, luận văn được hoàn thành dưới sự hướng dẫn của Thầy giáo **TS. Dương Lê Minh**, không sao chép của ai. Trong luận văn có sử dụng các tài liệu tham khảo được trích dẫn theo danh mục tài liệu tham khảo của luận văn.

Tác giả luận văn

Tạ Trung Dũng

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	1
LỜI CAM ĐOAN.....	2
MỤC LỤC.....	3
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	5
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	10
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	11
MỞ ĐẦU.....	12
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ LTE.....	13
1.1 Công nghệ UMB (Ultra Mobile Broadband)	13
1.2. WiMAX	13
1.3 Công nghệ 4G LTE	14
1.3.1 Động cơ thúc đẩy.....	14
1.3.2 Các giai đoạn phát triển của LTE.....	15
1.3.3 Các đặc tính cơ bản của LTE.....	15
1.3.4 Các thông số lớp vật lý của LTE.....	16
1.3.5 Dịch vụ của LTE.....	16
1.4 Kết luận chương 1	18
CHƯƠNG 2: CẤU TRÚC CỦA MẠNG LTE VÀ CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN.....	19
2.1 Cấu trúc của mạng LTE	19
2.1.1 Mạng truy cập vô tuyến E-UTRAN.....	19
2.1.2 Mạng lõi chuyển mạch gói LTE (EPC).....	20
2.1.3 Miền dịch vụ (Services domain).....	21
2.2 Các kỹ thuật then chốt và đặc điểm chính của LTE	21
2.2.1 Kỹ thuật OFDMA hướng xuống.....	21
2.2.2 SC-FDMA hướng lên.....	22
2.2.3 Kỹ thuật MIMO.....	22
2.3 Cấu trúc khung dữ liệu LTE (Radio frame)	23
2.4 Băng tần LTE	24

2.5 Lưới tài nguyên LTE	25
2.6 Chuyển giao đối với LTE	26
2.7 Kết luận chương 2	27
CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE	28
3.1. Khái quát về quá trình quy hoạch mạng LTE	28
3.2. Dự báo lưu lượng và phân tích vùng phủ	29
3.2.1 Dự báo lưu lượng.....	29
3.2.2 Phân tích vùng phủ.....	30
3.3 Quy hoạch chi tiết	30
3.3.1 Điều kiện quy hoạch mạng 4G LTE.....	30
3.3.2 Quy hoạch vùng phủ	31
3.3.3 Các mô hình truyền sóng.....	37
3.3.4 Tính bán kính ô phủ (cell).....	41
3.3.5 Quy hoạch dung lượng.....	42
3.4 Áp dụng quy hoạch cho một số quận huyện thành phố Hà Nội	47
3.5 Kết luận chương 3	48
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG THỰC NGHIỆM XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE	50
4.1 Lưu đồ mô phỏng quy hoạch LTE	50
4.2 Kết quả mô phỏng quy hoạch vùng phủ	51
4.2.1 Kết quả mô phỏng quỹ đường truyền lên và xuống của LTE	51
4.2.2 Kết quả mô phỏng mô hình truyền sóng áp dụng cho các mô hình khác nhau	54
4.3 Mô phỏng quy hoạch dung lượng	57
4.4 Kết luận chương 4	59
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO	61

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
3G	Third Generation	Thế hệ thứ ba
4G	Fourth Generation	Thế hệ thứ tư
3GPP	3 rd Generation Partnership Project	Đề án các đối tác thế hệ thứ ba
3GPP2	3 rd Generation Partnership Project 2	Đề án các đối tác thế hệ thứ ba – 2
AWGN	Additive Gaussian Noise	Tạp âm Gauss trắng cộng
BCCH	Broadcast Control Channel	Kênh điều khiển quảng bá
BCH	Broadcast Channel	Kênh quảng bá
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khóa chuyển pha hai trạng thái
BS	Base Station	Trạm gốc
BTS	Base Tranceiver Station	Trạm thu phát gốc
BW	Band Width	Băng thông
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
Cell	Cellular	Ô
CM	Cubic Metric	Số đo thành phần lập phương
CP	Cyclic Prefix	Tiền tố chu trình
CS	Circuit Switch	Chuyển mạch kênh
DCCH	Dedicated Control Channel	Kênh điều khiển riêng
DCH	Dedicated Channel	Kênh điều khiển
DFT	Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc
DFTS-OFDM	DFT-Spread OFDM	OFDM trải phổ
DL	Down link	Đường xuống
DS-SS	Direct Sequences CDMA	Dãy trải phổ trực tiếp CDMA
eNodeB	Enhance NodeB	NodeB phát triển
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution (Enhanced GPRS)	Công nghệ được nâng cấp từ GPRS cho phép truyền dữ liệu với tốc độ cao
EPC	Evolved Packet Core	Mạng lõi thế hệ mới
EPS	Evolved Packet System	Hệ thống mạng gói thế hệ mới
E-UTRA	Evolved UTRA	Truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS phát triển

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
E-UTRAN/E-RAN	Evolved UTRA/ Evolved RAN	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS phát triển
FDD	Frequency Division Duplex	Ghép song công phân chia theo tần số
FDM	Frequency Division Multiplex	Ghép kênh phân chia theo tần số
FDMA	Frequency Division Multiplex Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
FEC	Forward Error Correction	Hiệu chỉnh lỗi trước
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến GSM EDGE
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
GSM	Global System For Mobile Communications	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
HARQ	Hybrid Automatic Repeat reQuest	Yêu cầu phát lại tự động linh hoạt
HLR	Home Location Register	Thanh ghi định vị thường trú
HS - DPCCCH	High – Speed Dedicated Physical Control Channel	Kênh điều khiển vật lý riêng tốc độ cao
HS-DSCH	High – Speed Dedicated Shared Channel	Kênh chia sẻ riêng tốc độ cao
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
HSPA	High Speed Packet Access	Truy nhập gói tốc độ cao
HSS	Home Subscriber Server	Quản lý thuê bao
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	Truy nhập gói đường lên tốc độ cao
IBI	Inter – Block Interference	Nhiều giữa các khối
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Viện kỹ nghệ điện và điện tử
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh ngược
IM	Instant Messaging	Nhắn tin nhanh (giữa 2 người)
IMS	IP Multimedia Subsystem	Phân hệ đa phương tiện sử dụng IP
IMT- 2000	International Mobile Telecommunications 2000	Thông tin di động quốc tế 2000

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
IMT-Advanced	International Mobile Telecommunications Advanced	Thông tin di động quốc tế tiên tiến
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
IR	Incremental Redundancy	Phần dư tăng
ITU	International Telecommunications Union	Tổ chức viễn thông quốc tế
ITU-R	International Telecommunications Union – Radio Sector	Tổ chức viễn thông quốc tế - bộ phận vô tuyến
Iu	Giao diện được sử dụng để thông tin giữa RNC và mạng lõi	
Iub	Giao diện được sử dụng để thông tin giữa nút B và RNC	
Iur	Giao diện được sử dụng để thông tin giữa các RNC	
LTE	Long Term Evolution	Phát triển dài hạn
MAC	Medium Access Control	Điều khiển truy nhập môi trường
MC-CDMA	Multi Carrier CDMA	Đa sóng mang con CDMA
MCS	Modulation and Coding Schem	Sơ đồ mã hóa và điều chế
MIMO	Multi Input – Multi Output	Nhiều đầu vào nhiều đầu ra
MME	Mobility Management Entity	Thực thể quản lý di động
MMS	Multimedia Messaging System	Nhắn tin đa phương tiện
ML	Maximum Likelihood	Khả giống cực đại
MS	Mobile Station	Trạm di động
NodeB	Nút B	
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao
O & M	Operation and Maintenance	Bảo dưỡng và vận hành
PAPR	Peak to Average Power Ratio	Tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung bình
PARC	Per-Antenna Rate Control	Điều khiển tốc độ cho một anten
PCI	Precoding Control Indication	Chỉ thị điều khiển tiền mã hóa
PCRF	Policy and Charging Rules Function	Chức năng các quản lý chính sách và tính cước
PDN	Packet Data Network	Mạng dữ liệu gói
PS	Packet Switch	Chuyển gói kênh
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế biên độ vuông góc

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Khóa chuyển pha vuông góc
RAN	Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến
RAT	Radio Access Technology	Công nghệ truy nhập vô tuyến
RLC	Radio Link Control	Điều khiển liên kết vô tuyến
RNC	Radio Network Controller	Bộ điều khiển mạng vô tuyến
RRC	Radio Resource Control	Điều khiển tài nguyên vô tuyến
RR	Round Robin	Quay vòng
RRM	Radio Resource Management	Quản lý tài nguyên vô tuyến
RS	Reference Signal	Tín hiệu tham khảo
RSRP	Reference Signal Receive Power	Công suất thu tín hiệu tham khảo
RSRQ	Reference Signal Receive Quality	Chất lượng thu tín hiệu tham khảo
SAE	System Architecture Evolution	Phát triển kiến trúc mạng
SC-FDMA	Single Carrier – Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang
SDMA	Spatial Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo không gian
SF	Spreading Factor	Hệ số trải phổ
S-GW	Serving	Cổng phục vụ
SMS	Short Message Services	Dịch vụ nhắn tin ngắn
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp âm
TCP/IP	Transmission Control Protocol IP	Giao thức điều khiển truyền dẫn IP
TDD	Time Division Duplex	Ghép song công phân chia theo thời gian
TDM	Time Division Multiplexing	Ghép kênh phân chia theo thời gian
TD- CDMA	Time Division – Synchronous Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã đồng bộ - phân chia theo thời gian
TSN	Transmission Sequence Number	Số trình tự phát
TTI	Transmission Time Interval	Khoảng thời gian truyền
TSG	Technical Specification Group	Nhóm đặc tả kỹ thuật
TV	Tivi	Vô tuyến truyền hình
UE	User Equipment	Thiết bị người dùng

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
UMB	Ultra Mobile Broadband	Di động băng thông mở rộng
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
UL	Up link	Đường lên
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access	Truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network	Mạng lưới không dây khu vực đô thị
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã băng rộng

DANH MỤC CÁC BẢNG

Stt	Tên bảng	Mô tả
1	Bảng 1.1	Các thông số lớp vật lý LTE [3]
2	Bảng 1.2	Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp [3]
3	Bảng 1.3	So sánh các dịch vụ của 3G so với 4G LTE [1,2,3,7,9]
4	Bảng 2.1	Băng tần cho UMTS/ LTE [3,4]
5	Bảng 3.1	Ví dụ tính quỹ đường lên LTE cho 64Kbps với máy thu trạm gốc 2 anten [3]
6	Bảng 3.2	Ví dụ tính quỹ đường xuống LTE cho 1Mbps với máy thu trạm gốc 2 anten [3]
7	Bảng 3.3	So sánh quỹ đường truyền lên của LTE với các hệ thống GSM, HSPA [2,3]
8	Bảng 3.4	So sánh quỹ đường truyền xuống của LTE với các hệ thống GSM, HSPA[2,3]
9	Bảng 3.5	Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng [3]
10	Bảng 3.6	Giá trị của băng thông cấu hình tương ứng với băng thông kênh truyền và sóng mang yêu cầu [3,4]
11	Bảng 3.7	Tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông [3]
12	Bảng 3.8	Diện tích, dân số các quận huyện thành phố Hà Nội [22]
14	Bảng 4.1	Quỹ đường truyền lên cho tốc độ số liệu 64kbps với sơ đồ điều chế QPSK 1/3
15	Bảng 4.2	Quỹ đường truyền xuống tốc độ số liệu 1Mbps với sơ đồ điều chế QPSK 1/3
16	Bảng 4.3	Bảng kết quả của hệ số hiệu chỉnh $a(h_m)$ và hệ số hiệu chỉnh theo vùng C
17	Bảng 4.4	Bảng thông số và tính toán số site theo quy hoạch lưu lượng

DANH MỤC CÁC HÌNH

Stt	Tên hình	Mô tả
1	Hình 2.1	Cấu trúc cơ bản của LTE [4]
2	Hình 2.2	Kỹ thuật OFDM [4]
3	Hình 2.3	Kỹ thuật OFDMA và SC FDMA [4]
4	Hình 2.4	Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO [4]
5	Hình 2.5	Cấu trúc khung dữ liệu LTE [4]
6	Hình 2.6	Lưới tài nguyên LTE [4]
7	Hình 2.7	Các loại chuyển giao
8	Hình 3.1	Khái quát về quá trình quy hoạch mạng LTE
9	Hình 3.2	Mô tả quá trình tính toán bán kính vùng phủ R
10	Hình 3.2	Các tham số của mô hình Walfisch-Ikegami [3]
11	Hình 3.3	Quan hệ giữa băng thông kênh truyền và băng thông cấu hình
12	Hình 3.4	Ba loại site khác nhau (omni, 2-sector, 3-sector) [8,14]
13	Hình 3.5	Quan hệ giữa băng thông và băng thông cấu hình [3,4]
14	Hình 4.1	Lưu đồ mô phỏng quy hoạch mạng LTE
15	Hình 4.2	Giao diện chính của phần mềm mô phỏng 4G LTE
16	Hình 4.3	Giao diện mô phỏng kết quả quỹ đường truyền lên của LTE
17	Hình 4.4	Giao diện mô phỏng kết quả quỹ đường truyền xuống của LTE
18	Hình 4.5	Mô hình truyền sóng Hata-Okumura & Walfisch-Ikegami
19	Hình 4.6	Giao diện mô phỏng tính toán số eNodeB theo dung lượng

MỞ ĐẦU

Ngành công nghệ viễn thông đã chứng kiến những phát triển nhanh trong những năm gần đây. Khi mà công nghệ mạng thông tin di động thế hệ thứ ba 3G (Third Generation) chưa đủ để đáp ứng yêu cầu người sử dụng thì công nghệ 4G (Fourth Generation) đã bắt đầu phát triển và được sử dụng nhiều trong những năm gần đây.

Hiện nay, 4G gần như đã được phủ sóng toàn cầu, Việt Nam cũng đang gấp rút triển khai và đưa vào khai thác mạng 4G. Công nghệ LTE (Long Term Evolution) hứa hẹn nhiều tiềm năng cho thị trường viễn thông Việt Nam hiện nay với khả năng thương mại sớm. Các nhà khai thác di động cũng như các công ty cung cấp giải pháp đang ráo riết chuẩn bị cho việc xây dựng mạng 4G LTE và các dịch vụ mới trên nền tảng băng thông rộng nhằm đa dạng hóa dịch vụ và tăng ưu thế cạnh tranh trên thị trường. Theo tin từ Tập đoàn Bưu chính viễn thông Việt Nam (VNPT), đơn vị này vừa hoàn thành việc lắp đặt trạm BTS (Base Tranceiver Station) sử dụng cho dịch vụ vô tuyến băng rộng công nghệ LTE và sẽ được cung cấp chính thức đến người dân vào năm 2018 sau khi các nhà mạng được cấp phát dải băng tần.

Việc triển khai 4G LTE ở Việt Nam là bước tiến tất yếu đối với nền công nghệ viễn thông trong nước. Khi được triển khai sử dụng, mạng 4G LTE sẽ rút ngắn thời gian truyền tải của các dòng dữ liệu lớn đến và đi khỏi thiết bị đồng thời mang lại lợi ích cho những giao tiếp có tính chất trao đổi liên tục như trong các game trực tuyến nhiều người chơi, các cuộc gọi video call cũng trở lên thực hơn nhờ độ trễ của âm thanh và hình ảnh được rút ngắn, ... Xuất phát từ thực tế đó, đề tài đi sâu vào nghiên cứu tìm hiểu công nghệ 4G LTE và xây dựng phần mềm quy hoạch mạng 4G LTE.

Nội dung luận văn được trình bày 04 chương:

- Chương 1: Giới thiệu tổng quan về công nghệ LTE
- Chương 2: Cấu trúc mạng 4G LTE và các vấn đề liên quan
- Chương 3: Xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE
- Chương 4: Kết quả mô phỏng thực nghiệm xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE

Trong quá trình nghiên cứu thực hiện luận văn, luận văn không thể không tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được những đóng góp quý báu từ quý Thầy Cô và các bạn để luận văn được hoàn thiện.

Tác giả xin chân thành cảm ơn!

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ LTE

Con đường phát triển công nghệ mạng di động 4G (Fourth Generation), đang có ba hướng chính tương ứng với ba tổ chức hỗ trợ đó là:

- + Công nghệ LTE (Long Term Evolution) phát triển dài hạn với sự hỗ trợ của 3GPP (3rd Generation Partnership Project) đề án các đối tác thế hệ thứ 3;

- + Công nghệ UMB (Ultra Mobile Broadband) với sự hỗ trợ của 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project -2) đề án các đối tác thế hệ thứ 3 - 2;

- + WiMAX với sự hỗ trợ của IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Viện kỹ nghệ điện và điện tử;

1.1 Công nghệ UMB (Ultra Mobile Broadband)

Công nghệ UMB [4,17,20] là thế hệ mạng thông tin di động tiếp nối của CDMA 2000 (Code Division Multiple Access 2000) đa truy nhập phân chia theo mã được phát triển bởi 3GPP2 mà chủ lực là Qualcomm. UMB cũng được sánh ngang với công nghệ LTE của 3GPP với kỳ vọng trở thành lựa chọn cho thế hệ di động thứ 4G. UMB sử dụng OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao, MIMO (Multiple Input, Multiple Output) nhiều đầu vào nhiều đầu ra, đa truy cập phân chia theo không gian cũng như các kỹ thuật anten hiện đại để tăng khả năng của mạng, tăng vùng phủ và tăng chất lượng dịch vụ. UMB có thể cho tốc độ dữ liệu đường xuống tới 280Mbit/giây và dữ liệu đường lên tới 75Mbit/giây.

Tuy nhiên, hiện tại có rất ít hãng sản xuất thiết bị viễn thông lớn ủng hộ do Qualcomm chiếm giữ vị trí độc quyền về bằng sáng chế về con chip chỉ dẫn và chi phí thiết bị đầu cuối tăng cao. UMB dự định sử dụng thương mại vào năm 2009, nhưng đến nay chưa có bất cứ nhà mạng nào quan tâm thử nghiệm kỹ thuật. Qualcomm đã chính thức khai tử công nghệ UMB, do đó hiện nay chỉ còn hai ứng viên cho mạng 4G là LTE và WiMax cùng sử dụng kỹ thuật OFDMA.

1.2. WiMAX

IEEE 802.16 đã công bố một phiên bản vào tháng 10/2004, được thiết kế với tên gọi IEEE 802.16.2004 [4, 14]. Phiên bản di động của IEEE 802.16 đã được phát triển trong dự án IEEE 802.16e được biết rộng rãi với cái tên Mobile WiMAX, đặc biệt xem xét sử dụng OFDMA tại lớp vật lý. Tại cuộc họp ITU-R (International Telecommunications Union – Radio Sector) Tổ chức viễn thông quốc tế-bộ phận vô tuyến vào 5/2007, Mobile WiMAX đã được khuyến cáo như là OFDMA, TDD (Time Division Duplex) ghép song công phân chia theo thời gian, WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) Mạng lưới không dây khu vực đô thị mặc dù vẫn cần được chấp nhận chính thức và do đó đã để lại 50MHz băng tần quốc tế có sẵn ở dải 2.57 - 2.62 GHz ở phổ 3GHz TDD, đối với từng quốc gia.

WiMAX có ưu điểm cho phép ứng dụng để truy cập cho một khu vực đô thị rộng lớn. Vùng phủ của WiMAX có đường kính trung bình từ 30km đến 50km, rõ ràng hơn hẳn so với vùng phủ các mạng truy nhập vô tuyến hiện tại. Nó có thể cung cấp tốc độ truyền dữ

liệu cao lên tới 100Mbps với độ rộng băng tần 20MHz. Các thông số kỹ thuật của WiMAX được tiêu chuẩn hóa trong chuẩn IEEE 802.16e và một số chuẩn tiếp theo nó.

Tùy thuộc vào tần số sóng mang khác nhau mà có 3 kiểu công nghệ ở lớp vật lý được định nghĩa cho chuẩn 802.16d là đơn sóng mang SC (Single Carrier), ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (OFDM 256 điểm) và đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao (OFDM 2048 điểm). Điều chế đơn sóng mang SC được áp dụng chủ yếu ở hệ thống truy nhập không dây cố định FWA (Fixed Wireless Access) ở tần số 10GHz đến 66 GHz, trong khi điều chế OFDMA được sử dụng cho hệ thống FWA ở tần số 2GHz – 11GHz.

Chuẩn 802.16e được thiết kế để hỗ trợ tính di động đầu cuối và hiện tại nó hướng vào phục vụ các đầu cuối với tốc độ di động lên đến 120km/ giờ. Với sự tăng lên về tốc độ trong di chuyển của các đầu cuối, hiệu năng của hệ thống sẽ bị giảm sút do hiệu ứng dịch tần Doppler là lớn. Đích hướng của chuẩn 802.16e là đạt tốc độ 70Mbps. Với độ rộng băng tần của sóng mang là 20MHz và điều chế 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) điều chế biên độ góc vuông được sử dụng, thì tốc độ bit đó hoàn toàn có thể đạt được, nhưng khi đó vùng phủ sóng trung bình sẽ nhỏ hơn tương đối so với việc sử dụng điều chế kkhos chuyển sang góc vuông QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).

Nhiều nhà khai thác mạng lớn đã chọn WiMAX phát triển mạng 4G, cùng với LTE hai công nghệ này được mong đợi có thể đáp ứng được các yêu cầu của chuẩn 4G IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications Advanced) thông tin di động quốc tế tiên tiến. Cả LTE Advanced và WiMAX 902.16m đều có khả năng cung cấp tốc độ truyền thông di động tiến lên 100Mb/s và tốc độ truyền thông ở trạng thái tĩnh là 1Gb/s – đây là tiêu chí quan trọng cho chuẩn IMT-Advanced của Liên minh viễn thông quốc tế (ITU).

1.3 Công nghệ 4G LTE

Hiện nay, công nghệ LTE [1,4,10,11,20] vẫn đang được 3GPP tiếp tục nghiên cứu phát triển. Phiên bản hoàn chỉnh đến thời điểm hiện tại là Release-10 [20] hoàn thiện vào năm 2011 cho phiên bản LTE-Advanced đáp ứng tiêu chuẩn 4G.

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.

1.3.1 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

1.3.2 Các giai đoạn phát triển của LTE

- Bắt đầu năm 2004, dự án LTE tập trung vào phát triển thêm UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) mạng truy cập vô tuyến mặt đất UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) hệ thống thông tin di động toàn cầu 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 1MHz so với mạng HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) truy cập gói xuống với tốc độ cao Release-6 [20] 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 “E-UTRA (Evolved UTRA)” 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 (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access) đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang được sử dụng cho đường lên.

1.3.3 Các đặc tính cơ bản của LTE

- Hoạt động ở băng tần : 700 MHz - 2,6 GHz.

- Tốc độ: DL (Down link) đường xuống là 100Mbps, UL (Up link) đường lên là 50 Mbps với 2 anten thu, một anten phát.

- Độ trễ: nhỏ hơn 5ms

- Độ rộng BW (Band Width) băng thông 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 (Frequency Division Duplex) ghép song công phân chia theo tần số hoặc TDD (Time Division Duplex) ghép song công phân chia theo thời gian

+ 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 (GSM EDGE Radio Access Network) mạng truy cập vô tuyến GSM (Global System For Mobile Communications) hệ thống thông tin di động toàn cầu và EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) 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. [3,4]

1.3.4 Các thông số lớp vật lý của LTE

Các thông số lớp vật lý của LTE được xây dựng theo hai bảng sau [1,3,4,20]

Bảng 1.1: Các thông số lớp vật lý LTE [3]

Kỹ thuật truy cập	UL	DTFS-OFDM (SC-FDMA)
	DL	OFDMA
Băng thông		1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz
TTI tối thiểu		1ms
Khoảng cách sóng mang		15KHz
Chiều dài CP (Cyclic Prefix)	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 [3]

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				QPSK, 16QAM, 64QAM

1.3.5 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 có 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. Dọc 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 [1,2,3,7,9]

Dịch vụ	Môi trường (3G)	Môi trường 4G
Thoại (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 mạng 3G	Duyệt siêu nhanh, tải các nội dung lên các mạng xã hội
Thông tin cước phí (paid information)	Người dùng trả 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), 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(Tivi) theo yêu cầu	Chạy và có thể tải	Các dịch vụ quảng bá TV, TV theo đúng yêu cầu dòng chất lượng cao
Nhạc	Tải đầy đủ các track và 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- comerce (thương mại qua điện thoại)	Thực hiện 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 networking)	Truy cập đến các mạng nội bộ và cơ sở dữ liệu cũng như cách sử dụng của các ứng dụng CRM	Chuyển đổi file P2P, các ứng dụng kinh doanh, ứng dụng chia sẻ, thông tin M2M, di động intranet/extranet

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.

1.4 Kết luận chương 1

Chương 1 luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu một cách tổng quan về công nghệ LTE cụ thể:

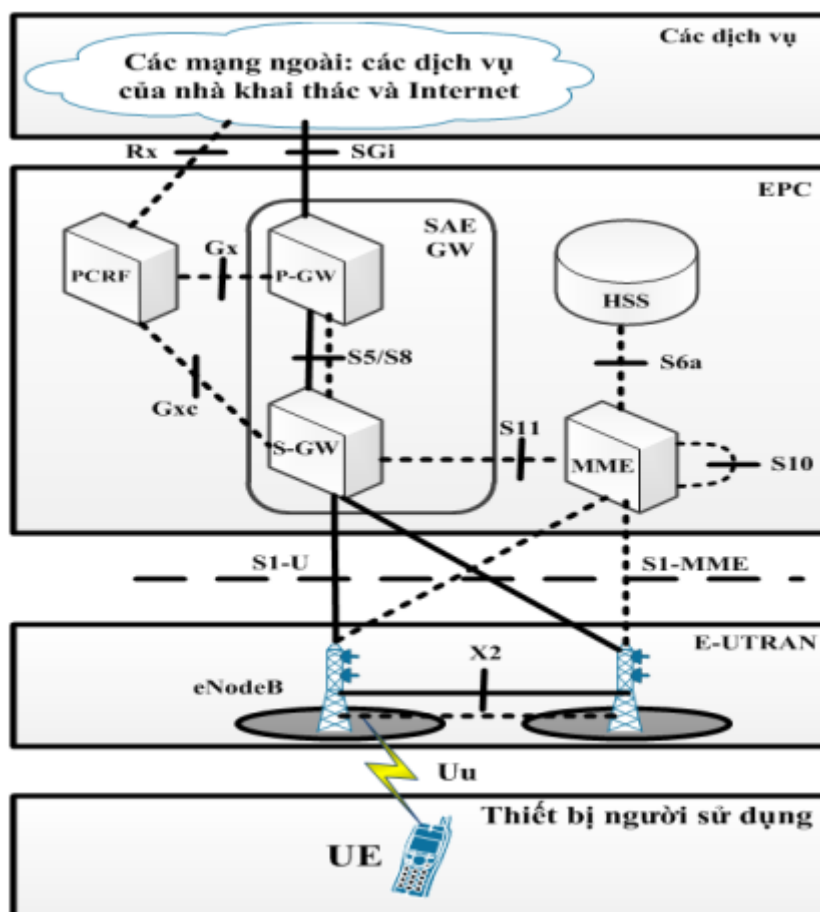
Luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu so sánh về các công nghệ mạng di động 4G gồm: công nghệ UMB, công nghệ WiMAX, công nghệ LTE. Qua nghiên cứu tìm hiểu ta thấy ngoài công nghệ UMB đã chính thức bị khai tử bởi Qualcomm thì hai công nghệ còn lại là LTE và WiMAX có một số khác biệt nhưng có nhiều điểm chung như cùng sử dụng kỹ thuật MIMO để cải thiện chất lượng truyền/nhận tín hiệu, được tăng tốc đường xuống từ trạm thu đến thiết bị đầu cuối bằng kỹ thuật OFDM, hai công nghệ này đều dựa trên nền tảng IP. Tuy nhiên, công nghệ LTE có ưu thế hơn WiMAX là được thiết kế tương thích với cả phương thức TDD và FDD còn WiMAX chỉ tương thích với TDD. Cả hai công nghệ đều đáp ứng được các tiêu chí cho chuẩn 4G IMT-Advanced của Tổ chức liên minh Viễn thông Quốc tế ITU là tốc độ truyền thông di động 100Mb/s và tốc độ truyền thông ở trạng thái tĩnh 1Gb/s...

Trong chương 1 luận văn cũng đi sâu vào nghiên cứu, tìm hiểu về công nghệ 4G LTE như: tìm hiểu về động cơ thúc đẩy để tiến lên công nghệ 4G LTE, các giai đoạn phát triển của công nghệ này, các đặc tính cơ bản của 4G LTE, các thông số lớp vật lý của 4G LTE và các dịch vụ của 4G LTE.

CHƯƠNG 2: CẤU TRÚC CỦA MẠNG LTE VÀ CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN

2.1 Cấu trúc của mạng LTE

Với mục tiêu thiết kế hệ thống toàn IP (Internet Protocol) kiến trúc phẳng hơn nhằm nâng cao tốc độ dữ liệu, giảm trễ, LTE được thiết kế chỉ hỗ trợ chuyển mạch gói kênh PS (Packet Switch) mà không hỗ trợ chuyển mạch kênh CS (Circuit Switch) như trong các hệ thống thế hệ trước. Nó cung cấp kết nối IP giữa thiết bị người dùng UE (User Equipment) và mạng dữ liệu gói PDN (Packet Data Network). Thuật ngữ LTE bao hàm mạng truy nhập vô tuyến E-UTRAN kết hợp với mạng lõi EPC (Evolved Packet Core) tạo thành hệ thống gói EPS (Evolved Packet System)



Hình 2.1 Cấu trúc cơ bản của LTE [4]

2.1.1 Mạng truy cập vô tuyến E-UTRAN

Chỉ có duy nhất một phần tử trong mạng truy nhập vô tuyến cải tiến E-UTRAN là eNodeB – NodeB phát triển (Enhance Node B). Đây là trạm gốc vô tuyến, điều khiển tất cả các chức năng liên quan đến mạng vô tuyến

eNodeB là phần tử truy nhập cơ bản bao gồm tế bào đơn hoặc được lắp đặt ở site. Nó cung cấp mặt phẳng người sử dụng E-UTRAN và mặt bằng điều khiển hướng đầu cuối người sử dụng. Hai eNodeB được đấu nối với nhau thông qua giao diện X2. LTE được thiết

kế để cung cấp cho eNodeB một mức độ thông minh để giảm chi phí. Kết quả, chức năng quản lý tài nguyên vô tuyến được cung cấp bởi eNodeB. Bao gồm điều khiển sóng mang vô tuyến, điều khiển kết nối di động, cấp phát tài nguyên tới các UE cả đường lên và đường xuống. eNodeB được bảo vệ bằng cách mã hóa dữ liệu người sử dụng và định tuyến dữ liệu mặt bằng sử dụng tới cổng phục vụ. Hơn nữa, nó cũng thực hiện lập lịch, truyền tải bản tin cuộc gọi và các thông tin về kênh điều khiển quảng bá BCCH (Broadcast Control Channel). [1,4,18,20]

2.1.2 Mạng lõi chuyển mạch gói EPC

- Thực thể quản lý di động MME (Mobility Management Entity):

Thực thể quản lý di động MME là thành phần điều khiển chính trong EPC. Nó chỉ hoạt động trong miền điều khiển mà không tham gia vào miền dữ liệu người dùng. Các chức năng chính của MME trong kiến trúc hệ thống LTE/SAE (System Architecture Evolution) phát triển kiến trúc mạng như sau:

- Chức năng xác thực bảo mật
- Chức năng quản lý di động
- Chức năng quản lý lịch sử thuê bao và kế nối dịch vụ
- Cổng phục vụ S-GW (Serving Gateway):

Trong cấu hình kiến trúc hệ thống cơ bản, chức năng của S-GW là quản lý và chuyển mạch đường hầm dữ liệu người dùng. S-GW là một phần không thể thiếu của cơ sở hạ tầng mạng. S-GW có vai trò thứ yếu trong chức năng điều khiển. Nó chỉ chịu trách nhiệm cho các tài nguyên của mình và nó ấn định tài nguyên đó theo các yêu cầu từ MME, P-GW hoặc PCRF.

- Gateway mạng dữ liệu gói P-GW (Packet Gateway):

P-GW hay còn gọi là PDN-GW là bộ định tuyến biên giữa mạng EPC và các mạng dữ liệu gói bên ngoài. Đây là mức kết cuối di động động cao nhất trong hệ thống LTE/SAE và thông thường nó hoạt động như điểm truy cập IP cho thiết bị người dùng (UE). Nó thực hiện chức năng lọc và mở lưu lượng khi dịch vụ yêu cầu. Tương tự với S-GW, P-GW cũng là thành phần quan trọng của mạng.

- Chức năng quản lý chính sách và tính cước PCRF (Policy and Charging Rules Function):

PCRF là một thành phần mạng chịu trách nhiệm điều khiển tính cước và quản lý chính sách

- Máy chủ quản lý thuê bao thường trú HSS (Home Subscriber Server):

HSS là nơi chứa dữ liệu cho tất cả thuê bao. Nó cũng ghi lại vị trí thuê bao như ở mức MME. HSS cũng lưu trữ thông tin về các dịch vụ mà thuê bao có thể được sử dụng, thông tin về các dịch vụ mà thuê bao có thể được sử dụng, thông tin về các kết nối PDN mà thuê bao được phép kết nối đến và có được phép chuyển vùng tới khách hay không. Chức năng HSS tương tự như thanh ghi định vị thường trú HLR (Home Location Register) trong hệ thống 2G. [1,4,18,20]

2.1.3 Miền dịch vụ (Services domain)

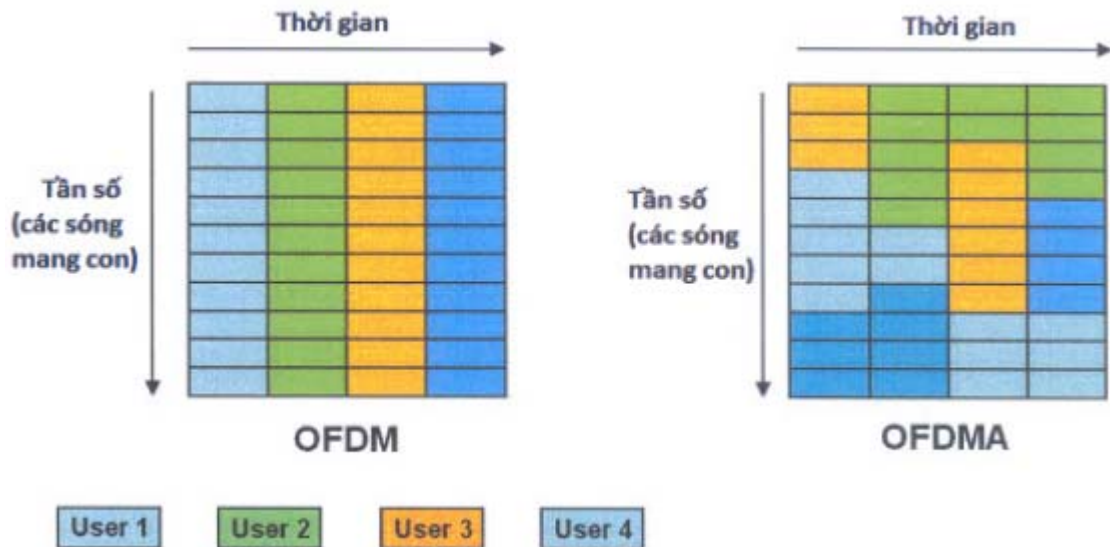
Miền dịch vụ [3, 4] có thể bao gồm nhiều hệ thống con và do đó có thể chứa nhiều nút logic. Dưới đây là các loại dịch vụ có thể cung cấp và loại cơ sở hạ tầng cần để cung cấp các dịch vụ :

- Các dịch vụ mạng dựa trên phân hệ đa phương tiện sử dụng IP IMS (IP Multimedia Subsystem)
- Các dịch vụ mạng không dựa trên IMS
- Những dịch vụ khác không được cung cấp bởi nhà mạng

2.2 Các kỹ thuật then chốt và đặc điểm chính của LTE

2.2.1 Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA) hướng xuống

Ý tưởng chính trong kỹ thuật OFDM [3, 4, 12] là việc chia luồng dữ liệu trước khi phát đi thành N luồng dữ liệu song song có tốc độ thấp hơn và phát mỗi luồng dữ liệu đó trên một sóng mang con khác nhau. Các sóng mang này là trực giao với nhau. OFDM có khả năng thiết lập các kênh bị tán xạ lớn. Sử dụng dải tần rất hiệu quả cho phép chồng phủ giữa các sóng mang con. Hạn chế được ảnh hưởng của fading và hiệu ứng đường do chia kênh fading chọn lọc tần số thành các kênh còn fading phẳng tương ứng với các tần số sóng mang OFDM khác nhau.



Hình 2.2 Kỹ thuật OFDM [4]

Ưu điểm cơ bản của OFDMA là cho phép nhiều người dùng cùng truy cập vào một kênh truyền bằng cách phân chia một nhóm các sóng mang con (subcarrier) cho một người dùng tại một thời điểm. Ở các thời điểm khác nhau, nhóm sóng mang con cho 1 người dùng cũng khác nhau.

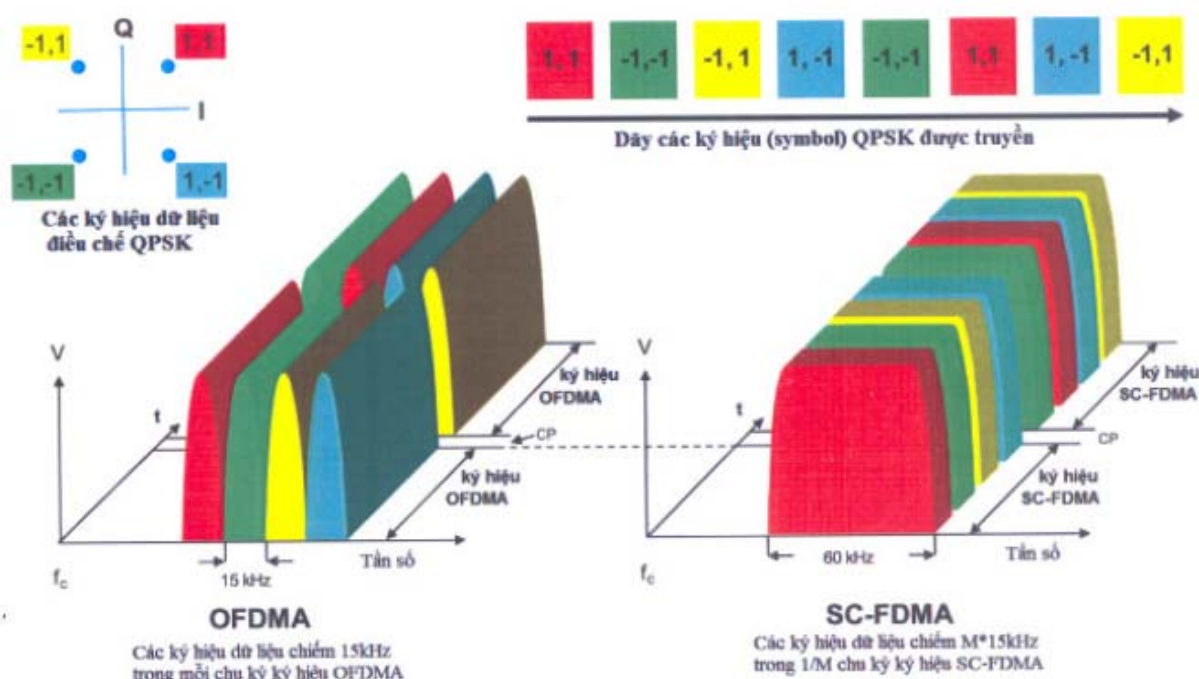
Trong OFDMA, việc trung bình xuyên nhiễu có được bằng cách có các mẫu nhảy khác nhau trong mỗi tế bào. Các chuỗi nhảy được thiết kế sao cho hai người dùng trong các tế bào khác nhau gây nhiễu lẫn nhau chỉ trong một phần nhỏ của tất cả các bước nhảy.

Ngày nay kỹ thuật OFDM được sử dụng rộng rãi trong công nghệ thông tin. Các mạng thế hệ 4G: WiMAX, LTE đều chọn sử dụng kỹ thuật OFDM cho việc nâng cao tốc

độ truyền dữ liệu.

2.2.2 Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access) hướng lên

Lý do quan trọng nhất để lựa chọn kỹ thuật SC-FDMA cho hướng lên [3, 4, 12] là giảm công suất tiêu thụ của các thiết bị đầu cuối. Về mặt kỹ thuật, SC-FDMA cho tỷ lệ giữa công suất đỉnh và công suất trung bình PAPR (Peak to Average Power Ratio) thấp hơn OFDMA giúp mang lại hiệu quả cao cho việc thiết kế các bộ khuếch đại của thiết bị đầu cuối theo đó giảm công suất tiêu thụ của máy đầu cuối.



Hình 2.3 Kỹ thuật OFDMA và SC FDMA [4]

Tín hiệu SC-FDMA được tạo ra bằng kỹ thuật trải phổ DFT-OFDM (Discrete Fourier Transform - OFDM).

Mỗi symbol dữ liệu được chuyển đổi DFT (biến đổi Fourier rời rạc) trước khi sắp xếp vào các sóng mang con, do đó SC-FDMA còn được gọi là OFDM được mã hóa trước (DFT-precoded)

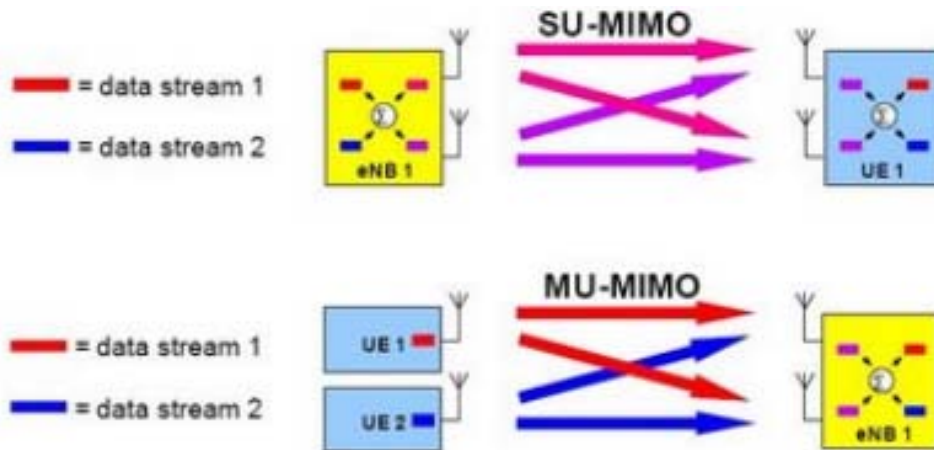
Trong một OFDM tiêu chuẩn, mỗi symbol dữ liệu được mang trên một sóng mang con riêng biệt. Trong SC-FDMA, nhiều sóng mang con mang mỗi symbol dữ liệu bằng cách sắp xếp các mẫu của symbol dữ liệu trên miền tần số lên các sóng mang con. Vì vậy symbol dữ liệu được trải trên nhiều sóng mang con, kỹ thuật SC-FDMA có PAPR thấp hơn so với OFDM và có ưu điểm phân tập tần số. Do đó, SC-FDMA có thể được xem như OFDM trải phổ hoặc OFDM trải DFT.

2.2.3 Kỹ thuật nhiều đầu vào nhiều đầu ra MIMO (Multi Input, Multi Output)

MIMO [3, 4, 12] 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.



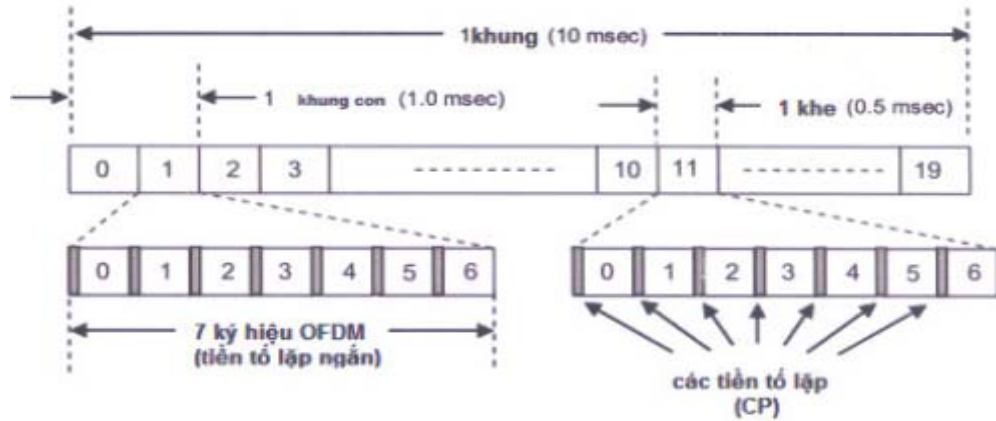
Hình 2.4 Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO [4]

Hình trên là ví dụ về SU-MIMO 2x2 (Single User –MIMO) và MU-MIMO 2x2 (Multi User –MIMO). SU-MIMO ở đây hai dòng dữ liệu trộn với nhau mã hóa để phù hợp với kênh truyền nhất. SU- MIMO 2x2 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.

2.3 Cấu trúc khung dữ liệu LTE (Radio frame)

Cấu trúc khung dữ liệu trong LTE [3, 4, 12] là giống nhau cho cả hướng xuống và hướng lên. Mỗi khung dữ liệu có độ dài 10ms ($307200 \times T_s$, T_s là đơn vị thời gian quy ước) bao gồm 10 khung con (subframe). Mỗi khung con bao gồm 2 khe với 7 symbol OFDM (trường hợp sử dụng CP ngắn) hoặc 6 symbol OFDM (trường hợp sử dụng CP dài)



Hình 2.5 Cấu trúc khung dữ liệu LTE [4]

2.4 Băng tần LTE

LTE hỗ trợ nhiều băng tần khác nhau một cách linh hoạt cho phép các nhà mạng có thể lựa chọn một cách mềm dẻo, tối ưu quỹ tần số và có khả năng tái sử dụng băng tần của công nghệ cũ khi lưu lượng di chuyển (ví dụ 2G sang 3G) và tối ưu chi phí đầu tư mạng. Bảng dưới đây mô tả băng tần LTE dự kiến cho công nghệ FDD

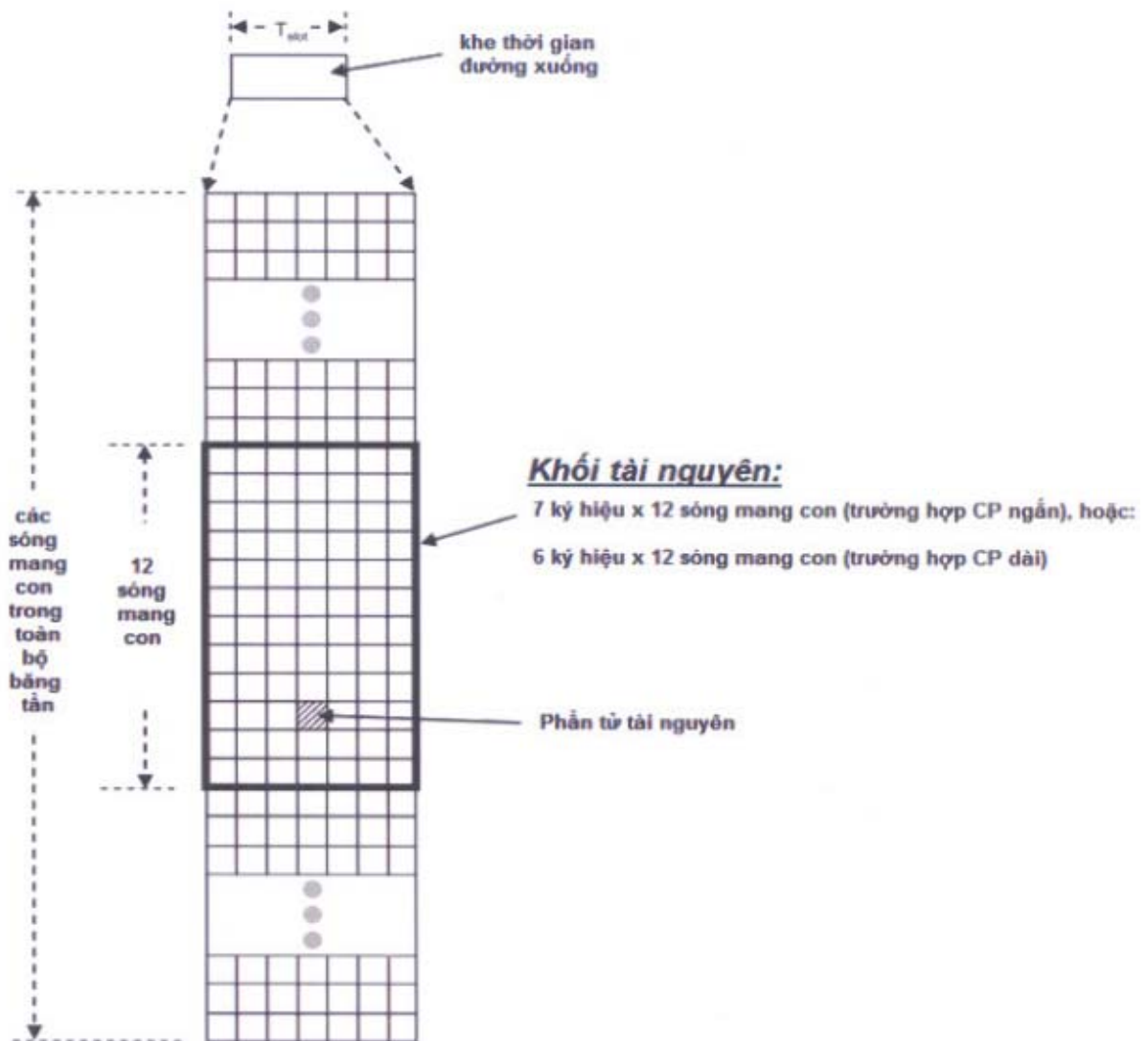
Bảng 2.1 Băng tần cho UMTS/ LTE [3, 4]

Số dải tần	Đường lên (MHz)	Đường xuống (MHz)	Khe dải tần (MHz)	Tách song công - Duplex Separation (MHz)	Dùng cho UMTS	Dùng cho LTE
	$F_{UL\ low} - F_{UL\ high}$	$F_{DL\ low} - F_{DL\ high}$				
1	1920-1980	2110-2170	130	190	Y	Y
2	1850-1910	1930-1990	20	80	Y	Y
3	1710-1785	1850-1880	20	95	Y	Y
4	1710-1755	2110-2155	355	400	Y	Y
5	824-849	869-894	20	45	Y	Y
6	830-840	875-885	35	45	Y	Y
7	2500-2570	2620-2690	50	120	Y	Y
8	880-915	925-960	10	45	Y	Y
9	1749.9-1784.9	1844.9-1879.9	60	95	Y	Y
10	1710-1770	2110-2170	340	400	Y	Y
11	1427.9-1452.9	1475.9-1500.9	23	48	Y	Y
12	698-716	728-746	12	30	Y	Y
13	777-787	746-756	21	31	Y	Y
14	788-798	758-768	20	30	Y	Y
15	704-716	734-746	18	30	N	Y

2.5 Lưới tài nguyên LTE

Mỗi khe dữ liệu được tổ chức thành các lưới tài nguyên RG (Resource grid). Như đã mô tả ở cấu trúc khung dữ liệu, miền thời gian của một lưới tài nguyên kéo dài đến 6 hoặc 7 symbol OFDM. Miền tần số là tổng số sóng mang con trong toàn bộ băng tần hoạt động. Thành phần nhỏ nhất của lưới tài nguyên được gọi là phần tử tài nguyên RE (Resource element). Phần tài nguyên nhỏ nhất có thể được cấp phát gọi là một khối tài nguyên RB (Resource Block).

1 Resource Block = 7 (hoặc 6) symbol OFDM x 12 sóng mang con
 Như vậy nếu sử dụng CP ngắn thì 1 khối tài nguyên chiếm một dải tần là 180kHz (12x15kHz – với 15kHz là băng tần cho một sóng mang con). [4]



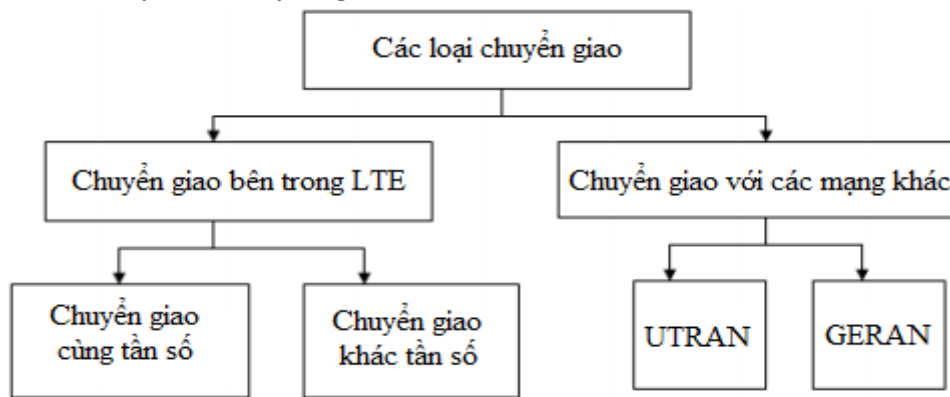
Hình 2.6 Lưới tài nguyên LTE [4]

Hầu hết những giải pháp, thuật toán nhằm nâng cao hiệu năng mạng LTE và chất lượng dịch vụ xoay quanh việc làm thế nào sử dụng một cách hiệu quả, linh hoạt lưới tài nguyên.

2.6 Chuyển giao đối với LTE

Hệ thống đa truy nhập theo mã băng rộng WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) sử dụng chuyển giao mềm cho cả đường lên và đường xuống. Hệ thống truy nhập gói tốc độ cao HSPA (High Speed Packet Access) sử dụng chuyển giao mềm cho đường lên nhưng không sử dụng cho đường xuống. Ở hệ thống LTE, không sử dụng chuyển giao mềm, chỉ có chuyển giao cứng, do đó hệ thống trở nên đơn giản hơn.

Trong hệ thống trước, mạng lõi quản lý bộ điều khiển mạng vô tuyến RNC (Radio Network Controller), RNC quản lý các trạm BS (Base Station) và BS lại quản lý các UE. Vì thế khi UE chuyển qua vùng RNC khác phục vụ, thì mạng lõi chỉ biết đến RNC đang phục vụ UE. Mọi chuyển giao được điều khiển bởi RNC Nhưng đối với E-UTRAN, mạng lõi có thể thấy mọi chuyển giao.



Hình 2.7 Các loại chuyển giao

Chuyển giao cùng tần số (intra-frequency) được thực hiện giữa các ô cell (Cellular) trong cùng một eNodeB. Chuyển giao khác tần số (inter-frequency) được thực hiện giữa các cell thuộc các eNodeB khác nhau.

UE sẽ thực hiện trên dự đoán đo lường công suất thu tín hiệu tham khảo RSRP (Reference Signal Receive Power) và chất lượng thu tín hiệu tham khảo RSRQ (Reference Signal Receive Quality) dựa trên tín hiệu tham khảo RS (Reference Signal) nhận được từ cell đang phục vụ và từ cell ảnh hưởng mạnh nhất. Giải thuật chuyển giao dựa trên giá trị RSRP và RSRQ, chuyển giao được thiết lập khi các thông số này từ cell ảnh hưởng cao hơn cell đang phục vụ.

Tóm lại, với công nghệ mạng 4G LTE ta dùng công suất thu tín hiệu tham khảo RSRP là trung bình công suất của tất cả các thành phần tài nguyên mang tín hiệu tham khảo qua toàn bộ băng thông. Nó có thể được đo lường ở tín hiệu OFDM mang tín hiệu tham khảo. Đo lường RSRP cung cấp cường độ tín hiệu cụ thể của cell. Đo lường này được sử dụng làm ngõ vào cho chuyển giao và quyết định chọn lại cell.

Khi thực hiện đo lường để chuyển giao thì độ chênh lệch mức RSRP và RSRQ phải ở một mức chênh lệch mới quyết định chuyển giao. Đối với 2 cell cùng tần số, độ chênh lệch RSRP từ +/- 2 dB đến +/- 3 dB, độ chênh lệch RSRQ từ +/- 2,5 đến 4 dB. Đối với 2 cell khác tần số thì độ chênh lệch RSRP là +/- 6 dB, độ chênh lệch RSRQ từ +/- 3 đến 4 dB.

2.7 Kết luận chương 2

Chương 2 của luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu được cấu trúc mạng 4G LTE. Qua nghiên cứu tìm hiểu ta thấy cấu trúc của 4G LTE gồm ba lớp đó là lớp mạng truy cập vô tuyến E-UTRA, lớp mạng lõi chuyển mạch gói EPC và lớp miền dịch vụ. Trong đó, lớp mạng truy cập vô tuyến E-UTRA chỉ có duy nhất một phần tử eNodeB -NodeB phát triển, đây là trạm gốc vô tuyến điều khiển tất cả các chức năng liên quan đến vô tuyến.

Chương này luận văn cũng nghiên cứu và tìm hiểu các kỹ thuật then chốt và đặc điểm của 4G LTE cụ thể: kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao OFDM cho hướng xuống với ưu điểm của kỹ thuật này là cho phép nhiều người dùng cùng truy cập vào một kênh truyền bằng cách phân chia một nhóm các sóng mang con, kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang SC-FDMA cho hướng lên có ưu điểm giảm các công suất tiêu thụ cho các thiết bị đầu cuối, kỹ thuật nhiều đầu vào nhiều đầu ra MIMO cho phép sử dụng nhiều anten ở máy phát và máy thu.

Ngoài ra, chương 2 cũng nghiên cứu về cấu trúc dữ liệu của LTE cho thấy dữ liệu của hướng lên và hướng xuống của LTE là giống nhau và được thể hiện qua Hình 2.5, dải băng tần sử dụng của LTE và UMTS được sử dụng trong Bảng 2.1, mạng lưới tài nguyên và chuyển giao của LTE với các mạng khác.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

Phương án nghiên cứu của chương 3 là kết hợp nghiên cứu lý thuyết về quy hoạch mạng 4G LTE đến quy hoạch chi tiết bằng cách đưa ra các điều kiện tối ưu để quy hoạch và áp dụng nó để xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE.

Mục đích của chương là nghiên cứu tìm hiểu đưa ra các thông số, biểu thức cần thiết để làm cơ sở tính toán cho xây dựng phần mềm quy hoạch cụ thể:

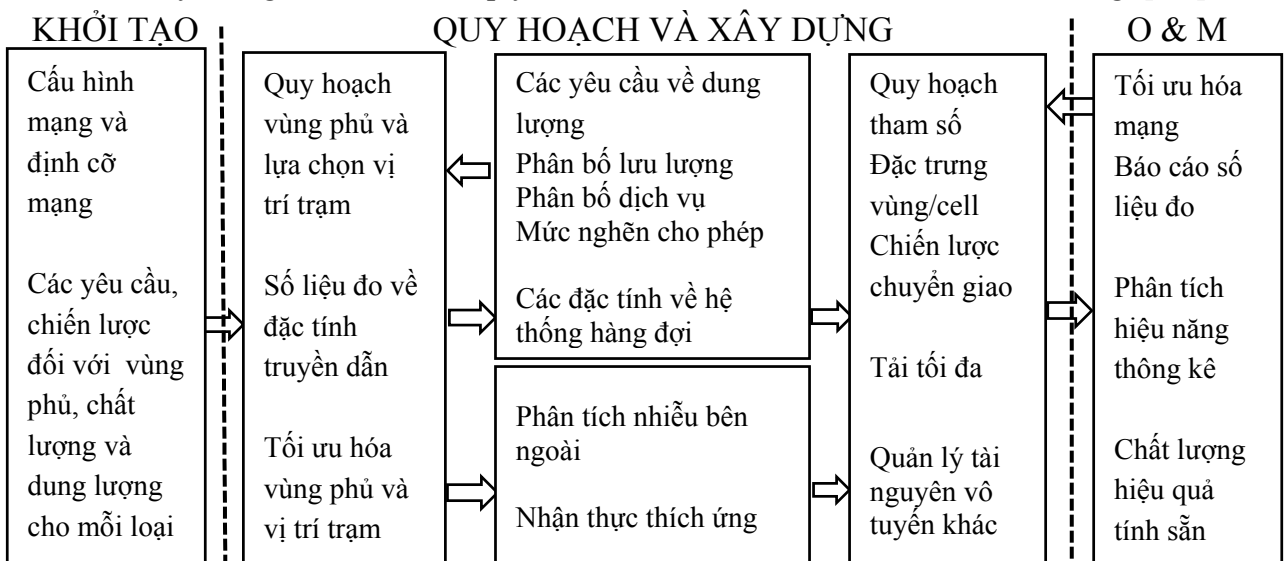
+ Luận văn nghiên cứu nghiên cứu tính toán quỹ đường truyền của 4G LTE dựa trên hai bảng thông số quỹ đường truyền lên và quỹ đường truyền xuống [3] để làm ví dụ từ đó ước lượng được suy hao tín hiệu cực đại của mạng làm cơ sở để xác định bán kính vùng phủ khi biết vùng phủ sử dụng các mô hình truyền sóng phù hợp. Việc xác định được bán kính vùng phủ sẽ cho ta tính được diện tích ô phủ và kết hợp với diện tích địa lý của vùng phủ sẽ tính được số eNodeB lắp đặt cho vùng quy hoạch.

+ Chương 3 luận văn cũng đi nghiên cứu lý thuyết về quy hoạch lưu lượng, đưa ra các biểu thức cần thiết cho tính toán quy hoạch dung lượng mạng để tìm ra số eNodeB cần lắp đặt cho quy hoạch dung lượng.

Do công nghệ LTE còn mới ở Việt Nam, việc nghiên cứu của nhà mạng mới dừng ở mức thực nghiệm chưa đưa vào khai thác và sử dụng thực tế nên các thông số kỹ thuật để tính toán cho việc quy hoạch có hạn chế. Sau khi nghiên cứu các tài liệu liên quan, tác giả xác định hai bảng thông số [3] lấy làm ví dụ để xây dựng phần mềm tính toán cho quy hoạch vùng phủ. Phần quy hoạch dung lượng tác giả lập bài toán giả định để tính toán xác định số eNodeB cần lắp đặt cho một vùng cụ thể là một số quận của thành phố Hà Nội.

3.1. Khái quát về quá trình quy hoạch mạng LTE

Quy hoạch mạng LTE cũng giống như quy hoạch mạng 3G bao gồm ba bước: định cỡ hay còn gọi là khởi tạo, quy hoạch chi tiết, vận hành và tối ưu hóa mạng. [2,4]



Hình 3.1 Khái quát về quá trình quy hoạch mạng LTE [2,4]

Mục đích của định cỡ mạng truy nhập LTE là ước tính được mật độ site yêu cầu và cấu hình site cần thiết cho vùng quy hoạch. Các hoạt động quy hoạch mạng truy nhập LTE ban đầu bao gồm phân tích quỹ đường truyền vô tuyến và vùng phủ, ước tính dung lượng ô, ước tính khối lượng eNodeB và các cổng truy nhập (MME/S-GW), cấu hình phần cứng và cuối cùng là thiết bị tại các giao diện khác

3.2. Dự báo lưu lượng và phân tích vùng phủ

3.2.1 Dự báo lưu lượng

Việc quy hoạch mạng phải dựa trên nhu cầu về lưu lượng [2,3,4]. Do đó dự báo lưu lượng là bước đầu tiên cần thực hiện trong quá trình quy hoạch mạng. Phân tích lưu lượng cho phép ước tính lưu lượng mà mạng cần truyền tải. Các kiểu lưu lượng khác nhau mà mạng sẽ truyền tải cần được mô hình hóa. Các kiểu lưu lượng có thể gồm các cuộc thoại, VoIP, lưu lượng PS hay CS. Chi phí bổ sung cho từng kiểu lưu lượng cần được tính và đưa vào mô hình. Thời gian và khối lượng lưu lượng cũng cần được dự báo để đánh giá hiệu năng mạng và xác định liệu mạng có thực hiện được các yêu cầu đề ra.

3.2.1.1 Dự báo số thuê bao

Đối với thị trường cần phục vụ, cần phải đánh giá tổng số thuê bao [2,3,4]. Lý tưởng có thể chia việc đánh giá cho từng tháng để có thể thấy được xu thế phát triển thuê bao. Điều này là cần thiết vì khi qui hoạch ta cần tính dự phòng cho tương lai. Nếu có thể cung cấp các dịch vụ khác nhau, thì cần dự báo cho từng loại dịch vụ. Chẳng hạn nhà khai thác có thể chọn tổ hợp các dịch vụ nào đó gồm chỉ tiếng, tiếng và số liệu hoặc chỉ số liệu. Ngoài ra các dịch vụ số liệu cũng có thể được chia thành các dịch vụ và các thiết bị khác nhau. Chẳng hạn, dịch vụ số liệu chỉ giới hạn ở trình duyệt web, hoặc cả trình duyệt web lẫn email và một số các dịch vụ khác như không gian web. Dịch vụ số liệu cũng có thể là các dịch vụ đo lường từ xa. Dự báo cần được thực hiện cho từng kiểu người sử dụng.

3.2.1.2 Dự báo sử dụng lưu lượng tiếng

Dự báo sử dụng dịch vụ tiếng bao gồm việc đánh giá khối lượng lưu lượng tiếng do người sử dụng dịch vụ tiếng trung bình tạo ra [2,3,4]. Để việc dự báo chính xác ta cần cung cấp dữ liệu đánh giá cho từng tháng. Dữ liệu tiếng bao gồm phân bố lưu lượng: từ MS đến cố định, từ MS đến MS và từ MS đến E-mail. Đối với từ MS đến cố định cần phân thành : phần trăm nội hạt và đường dài. Vì vậy ta cần có số liệu về số cuộc gọi trên một thuê bao trung bình ở giờ cao điểm và thời gian giữ trung bình MHT (Mean Hold Time) trên cuộc gọi. Thông thường ta chỉ có thông số về số phút sử dụng (MoU: minutes of Using) của thuê bao/cuộc gọi. Trong trường hợp này nhóm dự báo bộ phận thiết kế phải chuyển thành việc sử dụng trong giờ cao điểm.

3.2.1.3 Dự báo sử dụng lưu lượng số liệu

Ta cần phân loại những người sử dụng dịch vụ số liệu và dự báo cho từng kiểu người sử dụng cũng như khối lượng thông lượng số liệu. Ta cũng cần dự báo khi nào thì thông lượng bắt đầu và khi nào thì nó kết thúc.

3.2.1.4 Dự phòng tương lai

Ta không thể chỉ qui hoạch mạng cho các dự kiến trước mắt mà cần qui hoạch mạng cho các dự kiến tương lai để không phải thường xuyên mở rộng mạng. Ngoài ra việc dự phòng tương lai cũng cho phép mạng cung cấp lưu lượng bổ sung trong trường hợp sự tăng trưởng thuê bao lớn hơn thiết kế hoặc sự thay đổi đột ngột lưu lượng tại một thời điểm nhất định. Về lý do kinh doanh, dự phòng tương lai cũng cần thiết để đưa ra các kế hoạch định giá mới cho phép thay đổi đáng kể số thuê bao hay hình mẫu sử dụng.

3.2.2 Phân tích vùng phủ

Để quy hoạch mạng vô tuyến cho hệ thống thông tin di động thế hệ thứ tư, bước tiếp theo ta cần khảo sát các chi tiết nơi nào cần phủ sóng và các kiểu phủ sóng cần cung cấp cho các vùng này. [2,3,4]

Thông thường xây dựng quy hoạch mạng sẽ ưu tiên ở các khu vực quan trọng như: các vùng thương mại, các vùng có mật độ dân cư đông đúc, các đường cao tốc chính... dựa trên bản đồ mật độ dân cư. Dựa trên bản đồ dân cư cho phép ta dự đoán được lưu lượng người sử dụng, điều kiện môi trường truyền sóng, các ảnh hưởng của nó lên mô hình truyền sóng để đưa ra lựa chọn cho các hệ số hiệu chỉnh môi trường và thâm nhập toà nhà.

Trên cơ sở phân tích vùng phủ sóng, tính toán quỹ đường truyền theo hướng lên hoặc xuống, ta tính bán kính cell vùng phủ sóng theo mô hình sau:



Hình 3.2: Mô tả quá trình tính toán bán kính vùng phủ R

3.3 Quy hoạch chi tiết

3.3.1 Điều kiện quy hoạch mạng 4G LTE

Ngoài việc dự báo dung lượng và phân tích vùng phủ ở mục 3.2, để thực hiện được bài toán quy hoạch mạng hay nói cách khác xây dựng được phần mềm tính toán quy hoạch mạng 4G LTE ta cần áp dụng hai điều kiện tối ưu sau cho tính toán quy hoạch mạng 4G LTE để xác định số trạm eNodeB cần lắp đặt.

Điều kiện tối ưu thứ 1: quy hoạch vùng phủ để xác định số trạm cần lắp đặt. Bài

toán dựa trên việc tính toán quỹ đường truyền để biết được suy hao tín hiệu cực đại, từ đó xác định bán kính ô phủ khi kết hợp mô hình truyền sóng thích hợp và ta tính được diện tích phủ sóng của ô phủ. Biết được diện tích địa lý vùng phủ sóng ta tính được số eNodeB được lắp đặt cho vùng phủ.

Điều kiện tối ưu 2: quy hoạch lưu lượng dựa trên dân số của vùng quy hoạch để ước lượng số thuê bao sử dụng cùng với việc chọn tốc độ mã hóa và điều chế MCS (Modulation and Coding Schem), băng thông kênh truyền, kỹ thuật anten được sử dụng ta tính toán được số trạm cần thiết được lắp đặt.

Từ hai kết quả tính toán được theo hai điều kiện tối ưu trên, ta lấy số eNodeB lớn hơn chính là số eNodeB cuối cùng cần lắp đặt cho vùng phủ sóng.

3.3.2 Quy hoạch vùng phủ

Đối với mạng di động tế bào, ước tính phủ sóng được sử dụng để xác định vùng phủ sóng của từng trạm thu phát gốc BTS (Base Transceiver Station). Ước tính phủ sóng sử dụng để tính toán diện tích mà tại đó máy thu của người sử dụng có thể “nghe” được tín hiệu từ BTS. Nó cung cấp diện tích cực đại mà BTS có thể phủ sóng. Nhưng không nhất thiết phải là một kết nối chấp nhận được (thoại chẳng hạn) giữa BTS và MS (Mobile Station) trạm di động. Tuy nhiên máy thu MS có thể phát hiện được BTS trong vùng phủ sóng.

Quy hoạch phủ sóng bao gồm phân tích quỹ đường truyền vô tuyến RLB (Radio Link Budget) và vùng phủ. RLB tính toán công suất thu được bởi máy thu khi cho trước công suất phát. RLB bao gồm tất cả các độ lợi và tổn hao trên đường truyền từ máy phát đến máy thu. Dựa trên tính toán RLB ta tìm được tổn hao truyền sóng cực đại cho phép. Tổn hao đường truyền được chuyển vào khoảng cách bằng cách sử dụng các mô hình truyền sóng thích hợp. Khoảng cách này hay bán kính ô được sử dụng để tính toán số site cần thiết để phủ toàn bộ diện tích nhận được từ ước tính vùng phủ sóng.

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 tính được bán kính ô phủ (cell) với các mô hình truyền sóng phù hợp, từ đó ta tính được diện tích ô phủ. Với diện tích của ô phủ 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. Do vậy, trên cơ sở xây dựng công thức tính toán quỹ đường truyền của LTE, tác giả cũng đưa kết quả của các hệ thống GSM và WCDMA để so sánh tín hiệu suy hao cực đại của LTE với các hệ thống khác.

- **Tính toán quỹ đường lên cho LTE [3]**

Để xác định được quỹ đường truyền lên của LTE, ta cần nghiên cứu, tìm hiểu và

thiết lập các công thức:

+ 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 0 đến 3 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:

$$EIRP_m = P_{Txm} + G_m + L_{fm} - L_{body} \text{ (dBm)} \quad (3.1)$$

+ 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:

$$N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B \text{ (dBm)} \quad (3.2)$$

Với k là hằng số Boltzman và có giá trị $k = 1.3824 \times 10^{-23}$ 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_j): có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau :

$$N = N_j + NF \text{ (dBm)} \quad (3.3)$$

+ Dự trữ nhiễu (M_j) 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 đến 10 dB.

+ Tổng tạp âm nhiễu và giao thoa ($N + I$) có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau :

$$(N + I) \text{ (dBm)} = N + M_j \text{ (dBm)} \quad (3.4)$$

+ 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:

$$P_{min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r \text{ (dB)} \quad (3.5)$$

+ 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 là dBi.

- + Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_{fb}): tổn hao ở phía trạm gốc, có đơn vị là dB.
- + Khuếch đại MHA (G_{MHA}): MHA là bộ khuếch đại trên tháp anten, 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:

$$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b - L_{fb} + G_{MHA} \quad (\text{dB}) \quad (3.6)$$

- **Tính toán quỹ đường xuống cho LTE [3]**

+ Công suất máy phát (P_{Txb}): 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 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:

$$EIRP_b = P_{Txm} + G_b + L_f \quad (\text{dBm}) \quad (3.7)$$

+ 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 bằng công thức sau:

$$N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B \quad (\text{dBm}) \quad (3.8)$$

Với k là hằng số Boltzman và có giá trị $k = 1.3824 \times 10^{-23}$ 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) có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$N = N_i + NF \quad (\text{dBm}) \quad (3.9)$$

+ 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_{ch})

+ Tổng tạp âm nhiễu và giao thoa ($N + I$) có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau:

$$(N + I) \quad (\text{dBm}) = N + M_i + M_{ch} \quad (3.10)$$

+ 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:

$$P_{min} = (N + I) \quad (\text{dBm}) + SNR_r \quad (\text{dB}) \quad (3.11)$$

+ Khuếch đại anten trạm gốc (G_m) phụ thuộc vào thiết bị và băng tần sử dụng, có giá trị từ -5 đến 10 dBi.

+ Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_{fm}): là 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 0 đến 3 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 theo công thức sau:

$$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_{fm} - L_{body} \text{ (dB)} \quad (3.12)$$

Bảng 3.1: Ví dụ tính quỹ đường lên LTE cho 64Kbps với máy thu trạm gốc 2 anten [3]

Máy phát (MS) 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	$EIPR_m = P_{Txm} + G_m + L_{fm} - L_{body}$
Máy thu (BS) trạm gốc		
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (dB)	2,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-118,4	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B$ 360KHz)
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-116,4	$N = N_i + NF$
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_{fb}
Khuếch đại MHA (dB)	2,0	G_{MHA}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	163,4	$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b - L_{fb} + G_{MHA}$

Bảng 3.2: Ví dụ tính quỹ đường xuống LTE cho 1Mbps với máy thu trạm gốc 2 anten [3]

Máy phát (BS) trạm gốc		
Công suất phát (dBm)	46,0	P_{Txm}
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	2,0	L_{fb}
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_b = P_{Txm} + G_b - L_{fb}$
Máy thu (MS) 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	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\lg 290K + 10\lg B$ (9KHz)
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 trạm gốc	0,0	L_{fm}
Suy hao cơ thể (dB)	0,0	L_{body}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	165,4	$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_{fm} - L_{body}$

Bảng 3.3 So sánh quỹ đường truyền lên của LTE với các hệ thống GSM, HSPA [2, 3]

Đường lên	GSM thoại	HSPA	LTE
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12,2	64	64
Máy phát (MS) 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 3.4 So sánh quỹ đường truyền xuống của LTE với các hệ thống GSM, HSPA[2, 3]

Đường xuống	GSM thoại	HSPA	LTE
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12,2	1024	1024
Máy phát (BS) trạm gốc			
Công suất phát (dBm)	44,5	46,0	46,0
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	18,0	18,0
Tồn hao phi đơn và 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 (MS) đầu cuối di động			
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (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
Tồn hao đường truyền cực đại (dB)	161,5	163,4	165,4

3.3.3 Các mô hình truyền sóng

Mô hình truyền sóng thích hợp kết hợp với quỹ đường truyền ta sẽ tính được bán kính phủ sóng. Vì 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 xét nhiều đặc tính môi trường gồm các thành phố lớn, thành phố nhỏ, vùng ngoại ô, vùng nông thôn, vùng nhiệt đới và sa mạc là mô hình truyền sóng Hata-Okumura, mô hình Walfish-Ikegami.

Các công thức, thông số để tính toán trong phần này được trích dẫn từ báo cáo kỹ thuật của Hata-okumura [6, 8]

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 định che tối.
- + Các đặc tính pha định nhiễu đường cho hình bao các kênh.
- + Tần số làm việc.

3.3.3.1 Mô hình Hata-Okumura

Mô hình Hata [6, 8] là quan hệ thực nghiệm được rút ra từ báo cáo kỹ thuật của Okumura cho phép sử dụng các kết quả vào các công cụ tính toán. Báo cáo của Okumura bao gồm một chuỗi các lưu đồ được sử dụng để lập mô hình thông tin vô tuyến. Mô hình này được sử dụng trong dải tần từ 500MHz đến 2000 MHz (có thể áp dụng cho cả 2500 MHz). Dưới đây là các biểu thức được sử dụng trong mô hình Hata để xác định tổn hao truyền sóng trung bình (ký hiệu là L_p)

Trong mô hình này, ban đầu suy hao đường truyền được tính bằng cách tính hệ số hiệu chỉnh anten cho các vùng đô thị là hàm của khoảng cách giữa trạm gốc, trạm di động và tần số. Kết quả được điều chỉnh bằng các hệ số cho độ cao anten trạm gốc và trạm di động. Các biểu thức toán học được sử dụng trong mô hình Hata-Okumura để xác định tổn hao trung bình L :

$$L_p = A + B \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg r - C \text{ (dB)} \quad (3.13) [6, 8]$$

$$L_p = 69,55 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg r - C$$

Trong đó:

f_c : tần số hoạt động (MHz)

L_p : tổn hao trung bình (dB)

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)

C : hệ số điều chỉnh suy hao theo vùng

A, B là các yếu tố phụ thuộc vào tần số và độ cao anten

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

$$150 \leq f_c \leq 2000 \text{ MHz}; 30 \leq h_b \leq 200 \text{ m}; 1 \leq h_m \leq 10 \text{ m}; 1 \leq r \leq 20 \text{ km.} [6,8]$$

Thông số A & B:

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

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

$a(h_m)$ hệ số hiệu chỉnh cho độ cao anten di động được tính như sau:

- Đối với thành phố nhỏ và trung bình:

$$a(h_m) = (1,1 \lg f_c - 0,7) h_m - (1,56 \lg f_c - 0,8) \text{ (dB)} \quad (3.14), C = 0 [6, 8]$$

- Đối với thành phố lớn:

$$a(h_m) = 8,29(\lg 1,54 h_m)^2 - 1,1 \text{ (dB)} ; f_c \leq 200 \text{ MHz} \quad (3.15), C = 0 [6, 8]$$

$$\text{hay: } a(h_m) = 3,2(\lg 11,75 h_m)^2 - 4,97 \text{ (dB)} ; f_c \geq 400 \text{ MHz} \quad (3.16), C = 0$$

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

$$L_{n,\delta} = L_p - 2 \left[\lg \left(\frac{f_c}{28} \right)^2 \right] - 5,4 \quad (\text{dB}) \quad (3.17)$$

$$C = 2 \left(\lg \left(\frac{f_c}{28} \right)^2 \right) + 5,4$$

- Đối với vùng nông thôn

$$L_{nt} = L_p - 4.78 (\lg f_c)^2 + 18.33(\lg f_c) - 40.49 \quad (\text{dB}) \quad (3.18) \quad [6,8]$$

$$C = 4.78 (\lg f_c)^2 - 18.33(\lg f_c) + 40.49$$

Đối với PCS (Personal Communication System: hệ thống thông tin cá nhân) làm việc ở tần số 1500-2000 MHz, L_p sử dụng ô micro (tầm phủ 0,5-1 km) được tính theo mô hình COST 231 Hata khi anten cao hơn nóc nhà như sau:

$$L_p = 46,3 + 33,9 \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg d + C \quad (\text{dB}) \quad (3.19)$$

Trong đó: f , h_b , h_m , $a(h_m)$ và d giống như trên

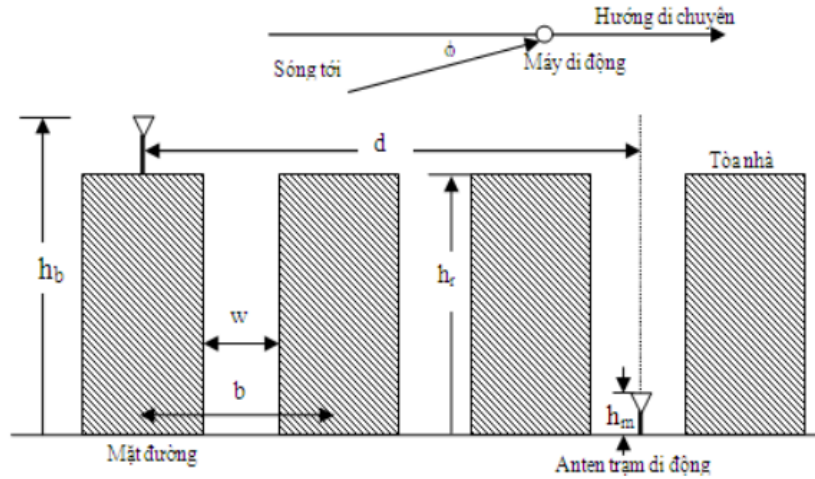
$C = 0$ cho thành phố trung bình và các trung tâm ngoại ô, 3dB cho các trung tâm thành phố. Công thức trên không áp dụng khi $h_b \leq h$ của nóc nhà.

Tồn tại một số điểm yếu trong các mô hình thực nghiệm và bán thực nghiệm khi nghiên cứu truyền sóng trong các môi trường ô vi mô. Nếu chiều cao anten BTS thấp hơn mái nhà của các tòa nhà xung quanh, thì tính chất truyền sóng sẽ thay đổi. Không thể phân tích tình trạng này bằng các phương pháp thống kê vì các tòa nhà quá lớn so với kích thước ô và không thể bỏ qua các tính chất địa lý chính xác của các tòa nhà như trong các mô hình ô vĩ mô.

3.3.3.2 Mô hình Walfish-Ikegami

Mô hình này được sử dụng để đánh giá tổn hao đường truyền ở môi trường thành phố cho hệ thống thông tin di động tổ ong [6, 8, 22]. Mô hình này chứa các phần tử như tổn hao không gian tự do, nhiễu xạ mái nhà, tổn hao tán xạ và tổn hao nhiễu vật chắn. Mô hình Walfisch-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.

Tại đầu cuối di động trường thu bao gồm hai tia: tia nhiễu xạ trực tiếp và tia phản xạ và nhiễu xạ. Công suất của hai thành phần này cộng với nhau. Đối với trường hợp LOS (trực xạ), mô hình ban đầu được mở rộng thành mô hình hẻm phố “Mô hình tổng hợp này được gọi là mô hình COST231- Walfisch-Ikegami”



Hình 3.3 Các tham số của mô hình Walfisch-Ikegami [3,8]

Mô hình COST 231- Walfisch-Ikegami được chia thành hai phần: (1) trực xạ (LOS) và không trực xạ (NLOS). Thông tin về độ cao tòa nhà được sử dụng để xác định đường truyền là LOS hay NLOS. Tổn hao đường truyền của mô hình này được tính như sau:

$$L_p = L_f + L_{rts} + L_{msd} \text{ (dB)} \quad (3.20) \quad [6,8]$$

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

L_f : tổn hao không gian tự do (dB)

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

L_{msd} : tổn hao các vật che chắn (dB)

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

$$L_f = 32,4 + 20 \lg r + 20 \lg f_c \text{ (dB)} \quad (3.21)$$

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

$$L_{rts} = (-16,7) - 10 \lg W + 10 \lg f_c + 20 \lg \Delta h_m + L_{ori} \text{ (dB)} \quad (3.22)$$

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 M

h_b : độ cao BS

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

Trong đó: φ là góc đến so với trục phố

+ Tổn hao các vật che chắn:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \lg r + k_f \lg f_c - 9 \lg b \text{ (dB)} \quad (3.23)$$

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

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

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

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

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

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

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

- Với trường hợp tia nhìn thẳng (LOS):

$$L_p = 42,6 + 26lgr + 20lgr + 20lgr \quad (\text{dB}) \quad (3.24)$$

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

$$L_p = 32,4 + 20lgr + 20lgr + L_{rts} + L_{msd} \quad (\text{dB}) \quad (3.25)$$

+ Dải thông số cho mô hình Walfisch – Ikegami phải thỏa mãn:

$$800 \leq f_c \leq 2000 \text{ MHz}; 4 \leq h_b \leq 50 \text{ m}; 1 \leq h_m \leq 3 \text{ m}; 0,02 \leq r \leq 5 \text{ km} \quad [22]$$

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

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

3.3.4 Tính bán kính ô phủ (cell)

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

Từ công thức:

$$L_p = L + X \cdot \lg R \quad (\text{dB}) \quad (3.26) \quad [8]$$

Suy ra công thức tính bán kính cell như sau:

$$R_{\text{cell}} = 10(L_p - L)/X \quad (\text{km}) \quad (3.27)$$

+ Áp dụng với mô hình Hata-Okumura: [6,8]

$$L = A + B \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) - C \quad (\text{dB}) \quad (3.28)$$

$$X = (44,9 - 6,55 \lg h_b) \quad (3.29)$$

X là yếu tố phụ thuộc vào độ cao anten

+ Áp dụng mô hình Walfisch-Ikegami: [22]

NON-LOS:

$$L = 32,4 + 20 \lg f_c + L_{\text{bsh}} + k_a + k_p \lg f_c - 9 \lg b + L_{\text{rts}} \quad (\text{dB}) \quad (3.30)$$

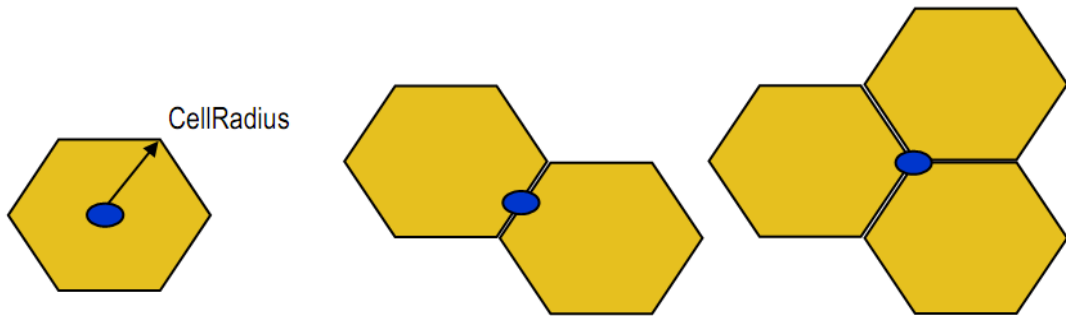
$$X = (20 + k_d)$$

LOS:

$$L = 42,6 + 20 \lg f_c \quad (3.31)$$

$$X = 26$$

Sau khi tính được kích thước cell, ta tính được diện tích vùng phủ sóng của các site 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 như sau:



Hình 3.4: Ba loại site khác nhau (omni, 2-sector, 3-sector) [8, 14]

$$S_{\text{site}} = K \cdot R^2 \quad (\text{km}^2) \quad (3.32)$$

Trong đó: S là diện tích vùng phủ sóng của site, R là bán kính cực đại cell, K là hằng số.

Bảng 3.5 Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng [3]

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

Số trạm cần triển khai có thể tính được từ diện tích cần quy hoạch (S_{plan}) như sau:

$$N_{\text{site}} = \frac{S_{\text{plan}}}{S_{\text{site}}} \quad (3.33)$$

3.3.5 Quy hoạch dung lượng

Dung lượng lý thuyết của mạng bị giới hạn bởi số eNodeB đặt trong mạng. Dung lượng của mạng bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như mức can nhiễu, thực thi lập biểu, kỹ thuật mã hóa và điều chế được cung cấp. Sau đây là các công thức dùng để tính số eNodeB được tính bởi khía cạnh dung lượng.

$$\text{Số eNodeB} = \frac{\text{Toàn bộ tốc độ dữ liệu (overall data rate)}}{\text{Dung lượng site (site capacity)}} \quad (3.34) [8]$$

Trong đó site capacity là bội số của thông lượng cell (cell throughput), nó tùy thuộc vào cấu hình của cell trên site.

- Tính toán cell throughput:

$$1 \text{ frame} = 10 \text{ms} = 10 \text{subframe} = 20 \text{ time slot}$$

→ 1 timeslot = 0.5ms = 7 ký tự OFDM với normal CP và 6 ký tự OFDM với CP mở rộng. Trong OFDMA, việc chỉ định số sóng mang con cho người dùng không dựa vào từng sóng mang con riêng lẻ mà dựa vào các khối tài nguyên (Resource Block).

$$1 \text{RB} = 12 \text{ sóng mang con cho một slot}$$

Khoảng cách 1 sóng mang con là 15 KHz → 1 khối RB độ rộng 12x15=180Khz.

Đơn vị nhỏ nhất của tài nguyên là thành phần tài nguyên (RE), nó bao gồm một sóng mang con đối với khoảng thời gian của một ký tự OFDM. Một RB bao gồm 84 RE (tức 7x12) trong trường hợp chiều dài CP thông thường và 72 RE (6x12) trong trường hợp chiều dài CP mở rộng.

Bảng 3.6 Giá trị của bảng thông cấu hình tương ứng với băng thông kênh truyền và sóng mang yêu cầu [3, 4]

Băng thông kênh truyền (MHz)	Số RB chỉ định cho băng thông kênh truyền	Băng thông cấu hình	Số sóng mang yêu cầu
1.4	6	1.08	72
3	15	2.7	180
5	25	4.5	300
10	50	9	600
15	75	13.5	900
20	100	18.0	1200

Tốc độ (number of bits in a sub-frame) = 100RBs x 12 sub-carriers x 2 slots x 7 modulation symbols x 6 bits = 100800 bits. Do đó tốc độ dữ liệu là 100.8 Mbps. Nếu sử dụng MIMO 4x4 thì tốc độ dữ liệu là 4x108.8=403 Mbps. Nếu sử dụng mã hóa bảo vệ $\frac{3}{4}$ thì ta có tốc độ bằng 0.75x403= 302 Mbps.

Để tính toán cell throughput trước tiên ta xét tốc độ bit đỉnh (peak bit rate). Tương ứng với mỗi mức MCS (điều chế và mã hóa) cùng với có kết hợp MIMO hay không sẽ tạo ra các tốc độ bit đỉnh khác nhau. Tốc độ bit đỉnh được tính theo công thức sau:

$$\text{Tốc độ bit đỉnh} = \frac{\text{Số bit}}{\text{Hz}} \times \text{Số sóng mang con} \times \frac{\text{Số ký tự subframe}}{1 \text{ms}} \quad (3.35)$$

Đối với mỗi loại điều chế khác nhau sẽ mang số bit trên ký tự khác nhau. QPSK

mang 2 bit/ký tự, 16QAM mang 4bit/ký tự và 64QAM mang 6bit/ký tự. 2x2 MIMO gấp đôi tốc độ bit đỉnh. QPSK ½ (tốc độ mã hóa ½) mang 1bps/Hz, với 64QAM không sử dụng tốc độ mã hóa và với 2x2 MIMO sẽ mang 12bps/Hz. Mỗi băng thông chỉ định sẽ có số sóng mang tương ứng cho mỗi băng thông: 72 sóng mang đối với 1.4 MHz, 180 đối với 3MHz, và đối với băng thông 5MHz, 15MHz, 20MHz tương ứng sẽ là 300, 600 và 1200 sóng mang con. Tốc độ đỉnh lý thuyết cao nhất xấp xỉ 170 Mbps sử dụng 64QAM, 2x2 MIMO. Nếu sử dụng 4x4 MIMO, tốc độ đỉnh sẽ gấp đôi là 340 Mbps. Số ký tự trên subframe thường là 14 ký tự tương ứng với mỗi slot là 7 ký tự.

Bảng 3.7 Tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông [3]

MCS	Kỹ thuật angten sử dụng	Tốc độ bit đỉnh trên sóng mang con / băng thông				
		72/1.4 MHz	180/3.0 MHz	300/5.0 MHz	600/10 MHz	1200/20 MHz
QPSK1/2	Dòng đơn	0.9	2.2	3.6	7.2	14.4
16QAM1/2	Dòng đơn	1.7	4.3	7.2	14.4	28.8
16QAM3/4	Dòng đơn	2.6	6.5	10.8	21.6	43.2
64QAM3/4	Dòng đơn	3.9	9.7	16.2	32.4	64.8
64QAM4/4	Dòng đơn	5.2	13.0	21.6	43.2	86.4
64QAM3/4	2x2 MIMO	7.8	19.4	32.4	64.8	129.6
64QAM4/4	2x2 MIMO	10.4	25.9	43.2	86.4	172.8

Tương ứng với mỗi MCS và tốc độ bit đỉnh là mỗi mức SINR, ta xét trong điều kiện kênh truyền AWGN nên SNR được dùng thay cho SINR, tốc độ bit đỉnh được xem như dung lượng kênh. Dựa vào công thức dung lượng kênh Shannon:

$$C1 = BW1 \log_2(1+SNR) \text{ (Mbps)} \quad (3.36) [1]$$

Ta suy ra được SNR :

$$SNR = 2^{(C1/BW1) - 1} \text{ (lần)} \quad (3.37)$$

Trong đó BW1 là băng thông của hệ thống (chẳng hạn như 1.4 MHz, 3MHz...20MHz)

Từ SNR tìm được ta tính thông lượng cell (cell throughput) qua công thức sau:

$$C = F \cdot BW \log_2(1+SNR) \text{ (Mbps)} \quad (3.38) [1]$$

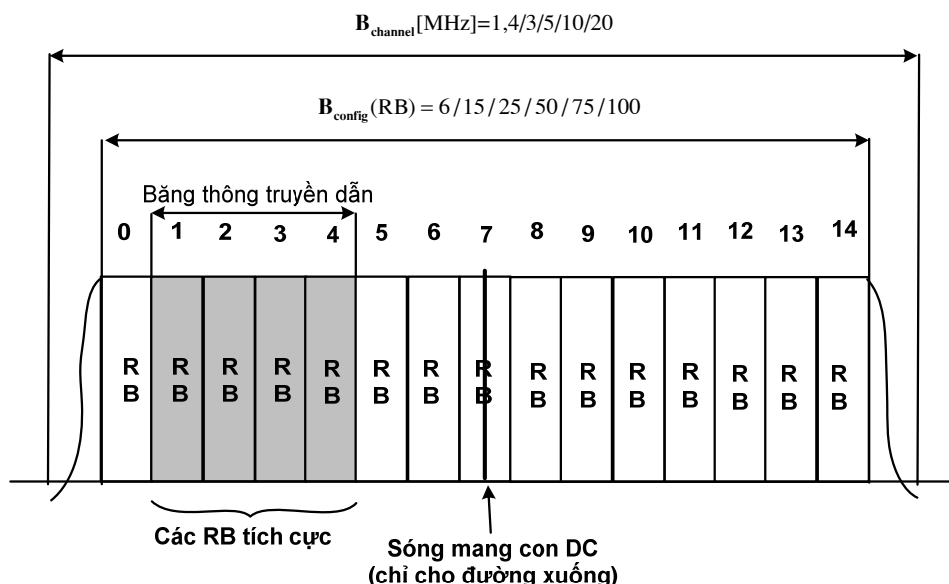
Trong đó BW là băng thông cấu hình chỉ chiếm 90% của băng thông kênh truyền đối với băng thông kênh truyền từ 3-20 MHz. Đối với băng thông kênh truyền 1.4 MHz, băng thông truyền chỉ chiếm 77% của băng thông kênh truyền. Vì vậy triển khai ở kênh truyền 1.4 MHz, hiệu suất sử dụng phổ thấp hơn so với băng thông 3MHz. Băng thông cấu hình được tính theo công thức sau:

$$BW = \frac{N_{sc} \times N_s \times N_{rb}}{T_{sub}} \text{ (MHz)} \quad (3.39)$$

Trong đó N_{sc} là số sóng mang con trong một khối tài nguyên (RB), $N_{sc} = 12 N_s$ là số ký tự OFDM trên một subframe. Thông thường là 14 ký tự nếu sử dụng CP thông thường.

N_{rb} là số khối tài nguyên (RB) tương ứng với băng thông hệ thống (băng thông kênh truyền). Chẳng hạn như đối với băng thông kênh truyền là 1.4 MHz thì sẽ có 6 RB được phát đi.

T_{sub} là thời gian của một khung con, thông thường bằng 1ms



Hình 3.5 Quan hệ giữa băng thông kênh truyền và băng thông cấu hình [3, 4]

- Tính toán overalldata rate

Overalldata rate được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Overalldata rate} = \text{Số user} \times \text{Tốc độ bit đỉnh} \times \text{Hệ số OBF} \quad (3.40)$$

Với hệ số OBF = 20

Trong đó: hệ số OBF (overbooking factor) là số user trung bình có thể chia sẻ trên một đơn vị kênh truyền. Đơn vị kênh truyền sử dụng trong quy hoạch mạng là tốc độ bit đỉnh, đã được trình bày ở trên. Nếu giả sử 100% tải thì hệ số OBF sẽ là tỷ số giữa tốc độ đỉnh và tốc độ trung bình (PAR: Peak and the average rates). Tuy nhiên điều này không an toàn cho việc quy hoạch mạng với tải 100% và vì thế hệ số utilisation được sử dụng. Hệ số utilisation này, trong hầu hết tất cả các mạng đều nhỏ hơn 85% để bảo đảm chất lượng dịch vụ (QoS). Hệ số OBF được tính toán theo công thức sau:

$$\text{OBF} = \text{PAR} \times \text{Hệ số utilisation} \quad (3.41)$$

F là hệ số sửa lỗi, F được tính toán theo công thức sau:

$$F = \frac{T_{\text{frame}} - T_{\text{cp}}}{T_{\text{sub}}} \times \frac{N_{\text{sc}} \times N_{\text{s}} / 2 - 4}{N_{\text{sc}} \times N_{\text{s}} / 2} \quad (3.42)$$

Trong đó: T_{frame} là thời gian của một frame. Có giá trị là 10 ms. Mỗi frame bao gồm 10 subframe và mỗi subframe có giá trị là 1ms.

T_{cp} là tổng thời gian CP của tất cả các ký tự OFDM trong vòng một frame. Chiều dài khoảng bảo vệ cho mỗi ký tự OFDM là 5.71 μs đối với CP ngắn và 16.67 μs đối với CP dài. Mỗi frame sẽ bao gồm 10 subframe, mỗi subframe lại bao gồm 2 slot mà mỗi slot bao gồm 7 ký tự OFDM. Do đó T_{cp} sẽ có giá trị là $14 \times 10 \times 5.71 = 799.4 \mu\text{s}$ hay

$$14 \times 10 \times 16.67 = 2.33 \text{ms.}$$

Suy ra:

$$F = \frac{10 - 0.7794}{1} \times \frac{12.7 \times 14 / 2 - 4}{12.7 \times 14 / 2} = 8,8$$

Đối với CP dài:

$$F = \frac{10 - 2.33}{1} \times \frac{12.7 \times 14 / 2 - 4}{12.7 \times 14 / 2} = 7$$

Các thông số đầu vào của tính toán dung lượng tại một phần tử mạng (eNodeB) gồm:

Bảng thông dựa trên cấu hình được sử dụng và bảng thông cung cấp ta tính được các chi phí tổn hao băng thông và đưa ra băng thông khả dụng.

Hiệu suất sử dụng băng thông: Với cấu hình MIMO nhất định ta xác định được hiệu suất băng thông tương ứng.

Các thông số đầu ra của tính toán dung lượng tại một phần tử mạng (eNodeB).

Từ dung lượng tại một phần tử xác định được số lượng đầu cuối có thể đáp ứng đồng thời (dựa trên tốc độ số liệu yêu cầu R_{sub} và tải trung bình L_{bh} ...). Với ước lượng người dùng ta tính được số site cần lắp đặt.

Ta tính được dung lượng tổng cần đáp ứng (số site * dung lượng site eNodeB)

$$N_{sub} = N_{sector} \cdot \frac{C_{cap} \cdot L_{bh}}{R_{sub} \cdot O_{factor}} \quad (3.42)$$

$$N_{site} = \frac{N_{total}}{N_{sub}} \quad (3.43)$$

Từ đó ta có:

$$C_{cap} = \frac{N_{sub} \cdot N_{sector} \cdot R_{sub}}{L_{bh} \cdot O_{factor}} \quad (\text{Mbps}) \quad (3.44)$$

Trong đó :

- + L_{bh} : Tải trung bình
- + R_{sub} : Tốc độ số liệu yêu cầu
- + A_{bh} : Tốc độ số liệu giờ cao điểm
- + O_{factor} : Hệ số đăng kí vượt quá
- + N_{sector} : Đoạn ô trên một site
- + N_{total} : Số người dùng cần phục vụ
- + N_{site} : Số site
- + N_{sub} : Số thuê bao có thể quản lý

Sau khi tính toán được số eNodeB theo vùng phủ và số eNodeB theo dung lượng, ta tối ưu số eNodeB lại bằng cách lấy số eNodeB lớn nhất trong hai trường hợp. Số eNodeB này là số eNodeB cuối cùng được lắp đặt trong một vùng định sẵn.

3.4 Áp dụng quy hoạch cho một số quận huyện thành phố Hà Nội

Áp dụng cách tính theo quy hoạch vùng phủ ở trên, từ diện tích các quận huyện của thành phố và bán kính cell được xác định dựa trên quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng thích hợp ta tính được số eNodeB được lắp đặt cho các quận huyện của thành phố theo quy hoạch vùng phủ.

Về quy hoạch dung lượng, tác giả làm bài toán giả định ước lượng được số thuê bao sử dụng 4G LTE cho từng quận huyện của thành phố, kết hợp với tốc độ mã hóa và điều chế MCS (Modulation and Coding Schem), băng thông kênh truyền, dựa trên các công thức ta tính định được số eNodeB theo quy hoạch dung lượng.

Kết quả số eNodeB lắp đặt cho từng quận huyện của thành phố chính là số eNodeB lớn hơn khi so sánh giữa số eNodeB của quy hoạch dung lượng và quy hoạch vùng phủ.

Tuy nhiên, luận văn chỉ trình bày cách tính số eNodeB theo quy hoạch vùng phủ và dung lượng, đưa ra số eNodeB lắp đặt theo quy hoạch vùng phủ và quy hoạch dung lượng nhưng không so sánh để đưa ra kết quả cuối cùng số eNodeB cần lắp đặt cho các quận huyện của thành phố Hà Nội vì các thông số và dữ liệu đầu vào đều mang tính chất là thực nghiệm, giả định, tham khảo để tính toán.

Diện tích thành phố Hà Nội là 3329 km² và với dân số là 7,5 triệu người theo số liệu thống kê của Tổng cục thống kê.

Bảng 3.8 Diện tích, dân số các quận huyện thành phố Hà Nội [22]

STT	Tên Thị xã/Quận/Huyện	Diện tích (km ²)	Dân số (triệu người)	Mật độ
1	Quận Ba Đình	9,22	225.910	24.502
2	Quận Hoàn Kiếm	5,29	147.334	27.851
3	Quận Tây Hồ	24	130.639	5.443
4	Quận Long Biên	60,38	271.913	4.500
5	Quận Cầu Giấy	12,04	260.643	21.648
6	Quận Đống Đa	9,96	410.117	41.176
7	Quận Hai Bà Trưng	9,6	370.726	38.617
8	Quận Hoàng Mai	41,04	380.509	9.271
9	Quận Thanh Xuân	9,11	223.694	24.555
10	Quận Hà Đông	47,91	260.136	4.866
11	Quận Bắc Từ Liêm	43,3534	320.414	7.391
12	Quận Nam Từ Liêm	32,2736	232.894	7.216

13	Thị xã Sơn Tây	113,47	125.749	1.108
STT	Tên Thị xã/Quận/Huyện	Diện tích (km²)	Dân số (triệu người)	Mật độ
14	Huyện Ba Vì	428	246.120	575
15	Huyện Chương Mỹ	232,9	267.359	1.230
16	Huyện Đan Phượng	76,8	142.480	1.855
17	Huyện Đông Anh	182,3	333.337	1.829
18	Huyện Gia Lâm	114	251.735	2.208
19	Huyện Hoài Đức	95,3	191.106	2.005
20	Huyện Mê Linh	141,26	191.490	1.356
21	Huyện Mỹ Đức	230	169.999	739
22	Huyện Phú Xuyên	171,1	181.388	1.060
23	Huyện Phúc Thọ	113,2	159.484	1.409
24	Huyện Quốc Oai	147	160.190	1.090
25	Huyện Sóc Sơn	306,74	282.536	921
26	Huyện Thạch Thất	202,5	177.545	877
27	Huyện Thanh Oai	129,6	167.250	1.291
28	Huyện Thanh Trì	68,22	198.706	2.913
29	Huyện Thường Tín	127,7	219.248	1.717
30	Huyện Ứng Hòa	183,72	182.008	991
Tổng cộng	Toàn thành phố tính đến (31/12/2015)	3328,9	7.500.000	1.981

3.5 Kết luận chương 3

Chương 3 luận văn đã nghiên cứu phân tích và tìm hiểu về lý thuyết xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE. Qua đó ta thấy quy hoạch mạng LTE cũng giống như quy hoạch mạng 3G bao gồm ba bước đó là khởi tạo, quy hoạch chi tiết, vận hành và tối ưu hóa mạng.

Trong chương 3, tác giả cũng đã nghiên cứu tìm hiểu và thực hiện được các công việc sau làm cơ sở cho xây dựng phần mềm quy hoạch mạng 4G LTE

+ Luận văn đã xây dựng được các biểu thức để tính toán quỹ đường truyền cho 4G LTE làm cơ sở cho quy hoạch vùng phủ. Trong phần tính toán quỹ đường truyền tác giả đã đưa ra hai bảng thông số [3] làm ví dụ tính quỹ đường truyền để xác định được suy hao

tín hiệu cực đại cho phép giữa trạm di động và trạm gốc.

+ Luận văn cũng tìm hiểu về các mô hình truyền sóng Hata-Okumura và Walfish-Ikegami, đưa ra các biểu thức và thông số sử dụng cho hai mô hình này.

+ Dựa trên quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng phù hợp ở trên cho ta tính được bán kính ô phủ (cell) từ đó ta tính được diện tích ô phủ. Biết diện tích của ô phủ sẽ cho ta tính toán được số trạm gốc được sử dụng để bao phủ vùng địa lý mong muốn.

+ Ngoài ra, chương 3 luận văn cũng nghiên cứu về lý thuyết quy hoạch dung lượng, đưa ra các biểu thức, thông số cần thiết cho việc tính toán xây dựng bài toán mô phỏng quy hoạch dung lượng ở chương 4 để tìm ra số eNodeB cần lắp đặt cho một vùng cụ thể khi ước lượng được số thuê bao sử dụng dịch vụ.

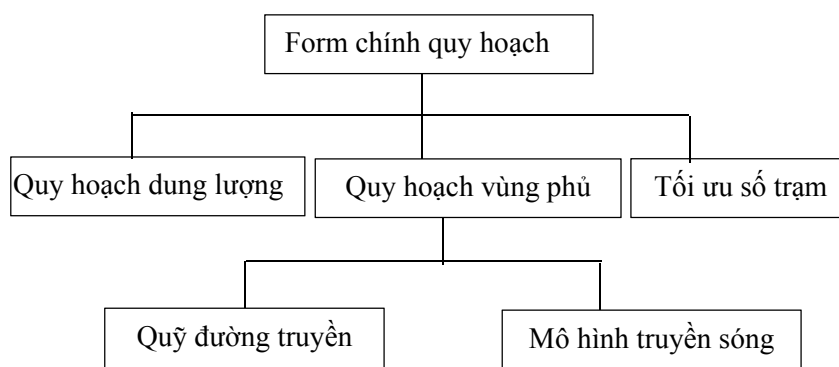
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG THỰC NGHIỆM XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

Chương 4 luận văn đã xây dựng được phần mềm tính toán quy hoạch mạng 4G LTE, đưa ra giao diện, các kết quả mô phỏng quy hoạch mạng 4G LTE sử dụng bằng phần mềm Matlab R2016a, phần mềm cung cấp môi trường tính toán số và lập trình.

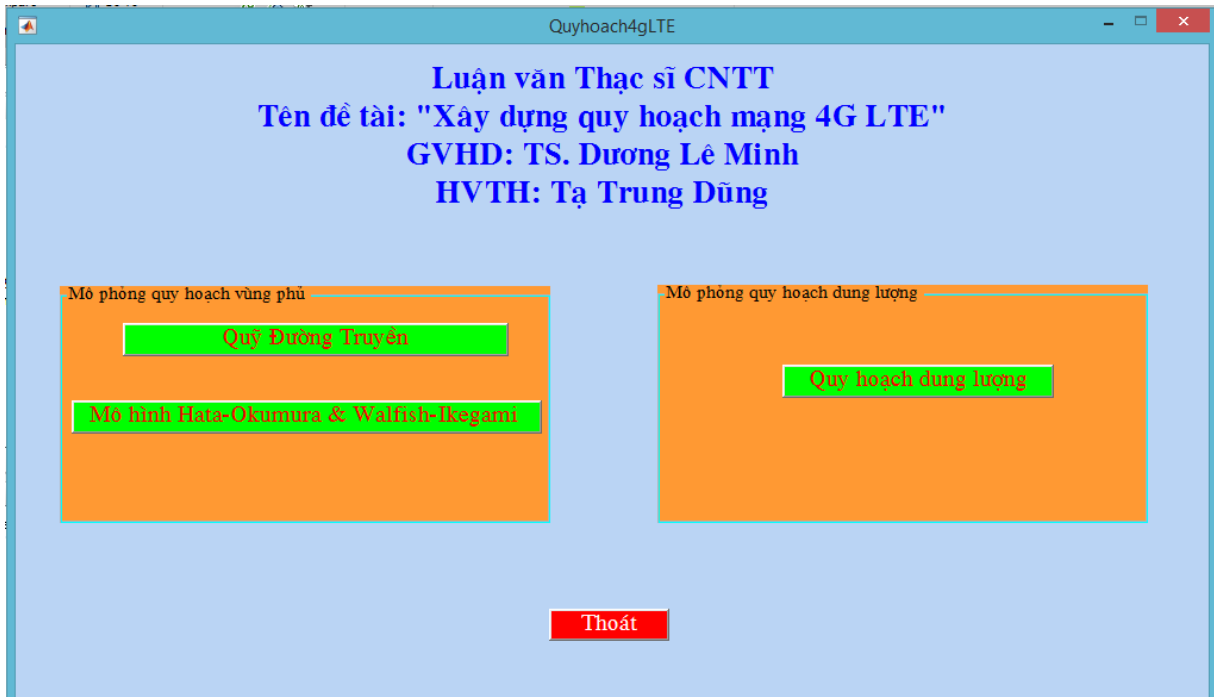
Cụ thể chương 4 luận văn đã thực hiện được các công việc sau:

- + Xây dựng phần mềm đưa ra giao diện chính của quy hoạch mạng 4G LTE
- + Xây dựng giao diện phần mềm để tính toán quỹ đường truyền 4G LTE dựa vào hai bảng thông số (bảng 3.1, bảng 3.2) và các biểu thức ở chương 3 để xác định được suy hao tín hiệu cực đại cho phép làm cơ sở cho tính toán quy hoạch vùng phủ.
- + Xây dựng giao diện phần mềm mô phỏng các mô hình truyền sóng cụ thể là mô hình truyền sóng Hata-Okumura và Walfish - Ikegami để đưa ra số eNodeB cần lắp đặt cho vùng phủ.
- + Thực hiện bài toán giả định để tính toán số eNodeB cần lắp đặt cho quy hoạch dung lượng và xây dựng phần mềm mô phỏng tính toán quy hoạch dung lượng khi biết số người đồng thời sử dụng dịch vụ để đưa ra số eNodeB cần lắp đặt theo quy hoạch dung lượng.

4.1 Lưu đồ mô phỏng quy hoạch LTE và giao diện chính của phần mềm quy hoạch 4G LTE



Hình 4.1: Lưu đồ mô phỏng quy hoạch mạng LTE



Hình 4.2: Giao diện chính của phần mềm mô phỏng 4G LTE

4.2 Kết quả mô phỏng quy hoạch vùng phủ

4.2.1 Kết quả mô phỏng quỹ đường truyền lên và xuống của LTE

- Kết quả mô phỏng quỹ đường truyền lên

Quỹ đường truyền lên được tính toán cho tốc độ 64 kbps sử dụng sơ đồ điều chế và mã hóa kênh QPSK 1/3, 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. Giả thiết sử dụng phân tập anten đối với tốc độ 64 kbps ở đường lên ấn định có 2 RB được phát đi và tương ứng với nó là băng thông 360 KHz (0.36 MHz). Giả thiết công suất phát của UE là 24 dBm (không có tổn hao cơ thể và tổn hao vô tuyến), số eNodeB có hệ số tạp NF = 2 dB và tỷ số tín hiệu trên tạp âm công suất nhiễu SNR_r nhận được từ mô phỏng -1 dB, dự trữ nhiễu được giả thiết là 2dB, tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc 2dB, hệ số khuếch đại anten thu coi bằng 18dBi khi sét cho site 3 đoạn ô

Bảng 4.1 Quỹ đường truyền lên cho tốc độ số liệu 64kbps với sơ đồ điều chế QPSK 1/3

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	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\lg 290K + 10\lg B$ (360KHz)
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-116,4	$N = N_i + NF$
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_{fb}
Khuếch đại MHA (dB)	2,0	G_{MHA}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	163,4	$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b + G_{MHA} - L_{fb}$

Quỹ Đường Lên

Thông Số Dịch Vụ			Thông Số BS		
Rb	64	kpbs	NF	2	dB
BW	0.36	MHz	Mi	2	dB
Thông Số MS			SNRr	-7	dB
P _{Txm}	24	dBm	G _b	18	dB
G _m	0	dB	L _{fb}	0	dB
L _{fm}	0	dB	GMHA	0	dB
L _b	0	dB			

Kết quả

EIRP _m	24	dBm	N	-116.407	dBm	P _{min}	-121.407	dBm
N _i	-118.407	dBm	N+I	-114.407	dBm	L _{max}	163.407	dBm

Hình 4.3 Giao diện mô phỏng kết quả quỹ đường truyền lên của LTE

- Kết quả mô phỏng quỹ đường truyền xuống

Mô phỏng quỹ đường xuống LTE với máy thu trạm gốc 2 anten 1Mbps ở đường xuống với sơ đồ điều chế và mã hóa kênh QPSK 1/3 và giả thiết sử dụng phân tập anten đối với tốc độ đường xuống 1Mbps ấn định có 9 RB được phát đi và tương ứng với nó là băng thông 9000 KHz (9 MHz). Giả thiết công suất phát của eNodeB là 46 dBm, tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc 2dB, hệ số tạp âm máy thu NF = 7dB, tỷ số tín hiệu trên tạp âm công suất nhiễu SNR_r nhận được từ mô phỏng -1dB, dự trữ nhiễu được giả thiết là 3 dB, hệ số khuếch đại anten máy phát coi bằng 18dB khi sét cho site 3 đoạn ô

Bảng 4.2: Quỹ đường truyền xuống tốc độ số liệu 1Mbps với sơ đồ điều chế QPSK 1/3

Máy phát (trạm gốc)		
Công suất phát (dBm)	46,0	P_{Txm}
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	2,0	L_{fb}
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_b - L_{fb}$
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	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\lg 290K + 10\lg B$ (9KHz)
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	$(N+I)$ (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	$P_{min} = (N + I)$ (dBm) + SNR_r
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	G_m
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)	165,4	$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_{fm} - L_{body}$

Quỹ Đường Xuống

Thông Số Dịch Vụ

Rb kpbs

BW MHz

Eb/No dB

Thông Số BS

NF dB

Mi dB

Mccch dB

SNRr dB

Gm dB

Lfm dB

Lb dB

Thông Số MS

Ptxb dBm

Gb dBi

Lfb dB

Kết Quả

EIRPb dBm N dBm Pmin dBm

Ni dBm N+I dBm Lmax dBm

Hình 4.4 Giao diện mô phỏng kết quả quỹ đường truyền xuống của LTE

4.2.2 Kết quả mô phỏng mô hình truyền sóng áp dụng cho các mô hình khác nhau

Từ kết quả mô phỏng quỹ đường truyền lên cho tốc độ dữ liệu 64kbps và 1Mbps cho tốc độ dữ liệu đường xuống lần lượt suy hao tín hiệu cực đại là 163,4 và 165,4 dBm với sơ đồ điều chế và mã hóa kênh QPSK 1/3. Ta áp dụng mô hình Hata-Okumura, LTE và giả thiết tần số hoạt động của LTE nằm trong dãy tần số hoạt động của 3G là $f_c = 1950$ Mhz, độ cao của anten là $h_b = 30$ m, độ cao MS là $h_m = 1.5$ m. Đối với các nơi là trung tâm thì chiều cao anten có thể hơn. Áp dụng các công thức chương 3 ta tính được các thông số cho mô hình suy hao Hata-Okumura như sau:

Bảng 4.3: Bảng kết quả của hệ số hiệu chỉnh $a(h_m)$ và hệ số hiệu chỉnh theo vùng C

Kiểu vùng	$a(h_m)$ (dB): hệ số hiệu chỉnh cho độ cao anten di động	C: hệ số hiệu chỉnh theo vùng
Thành phố lớn $f_c \geq 400\text{MHz}$	$3,2(\lg 11,75h_m)^2 - 4,97$ $= 4,969 - 4,97 \approx -0,001$	0
Thành phố nhỏ và trung bình	$(1,1\lg f_c - 0,7)h_m - (1,56\lg f_c - 0,8)$ $= 4,378 - 4,332 \approx 0,05$	0
Ngoại ô	$(1,1\lg f_c - 0,7)h_m - (1,56\lg f_c - 0,8)$ $\approx 0,05$	$C = 2 \left(\lg \left(\frac{f_c}{28} \right)^2 \right) + 5,4 = 12,77$
Nông thôn	$(1,1\lg f_c - 0,7)h_m - (1,56\lg f_c - 0,8)$ $\approx 0,05$	$4,78 (\lg f_c)^2 - 18,33(\lg f_c) + 40,49 = 32$

Dựa vào các công thức chương 3

Ta tính được: $X = (44,9 - 6,55\lg h_b) = (44,9 - 6,55\lg 30) = 44,9 - 9,67 = 35,22$ (X là yếu tố phụ thuộc vào độ cao anten) (3.29)

Áp dụng các công thức: $L_p = L + X * \lg R$ (3.26) và $L = A + B\lg f_c - 13,82\lg h_b - a(h_m) - C$ (3.28) với môi trường đang khảo sát ($L_p = L_{\max}$) Trong đó:

$$X = (44,9 - 6,55\lg h_b) = (44,9 - 6,55\lg 30) = 44,9 - 9,67 = 35,22$$

$$\begin{aligned} L &= 69,55 + 26,16\lg 1950 - 13,82\lg 30 - a(h_m) - C \\ &= 69,55 + 86,067 - 20,413 - a(h_m) - C \\ &= 135,2 - a(h_m) - C \end{aligned}$$

Vậy, bán kính cực đại của vùng phủ sóng (của một ô = cell) tính toán cho quỹ đường lên $L_p = 163,4$ được như sau:

$$\text{Áp dụng công thức : } R_{\text{cell}} = 10^{(L_p - L)/X} \quad (3.27)$$

- Vùng thành phố lớn $C = 0$, $a(h_m) = -0,001$

$$\begin{aligned} R_{\text{cell}} &= 10^{\frac{163,4 - [69,55 + 26,16\lg 1950 - 13,82\lg 30 - a(h_m) - C]}{35,22}} \\ R_{\text{cell}} &= 10^{\frac{163,4 - [135,2 - a(h_m) - C]}{35,22}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 + 0,001 - 0]}{35,22}} = 6,33 \text{ km} \end{aligned}$$

- Vùng thành phố nhỏ và trung bình $C = 0$, $a(h_m) = 0,05$

$$R_{\text{cell}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - a(h_m) - C]}{35,22}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - 0,05 - 0]}{35,22}} = 6,33 \text{ km}$$

- Vùng ngoại ô $C = 12,77$, $a(h_m) = 0,05$

$$R_{\text{cell}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - a(h_m) - C]}{35,22}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - 0,05 - 12,77]}{35,22}} = 14,4 \text{ km}$$

- Vùng nông thôn $C = 32,9$, $a(h_m) = 0,05$

$$R_{\text{cell}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - a(h_m) - C]}{35,22}} = 10^{\frac{163,4 - [135,2 - 0,05 - 32]}{35,22}} = 51 \text{ km}$$

Sau khi tính được kích thước cell, ta tính được diện tích vùng phủ sóng của các site theo công thức:

$$S_{\text{site}} = K \cdot R^2 \quad (3.32)$$

Trong đó: S là diện tích vùng phủ sóng của site, R là bán kính cực đại cell, K là hằng số. Theo bảng 3.5 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

Số trạm cần triển khai cho vùng quy hoạch (S_{plan}) như sau:

$$N_{\text{site}} = \frac{S_{\text{plan}}}{S_{\text{site}}} \quad (3.33)$$

Giả sử tính số site (eNodeB) cho vùng quy hoạch là thành phố Hà Nội có diện tích địa lý là $S_{\text{plan}} = 3229 \text{ km}^2$ thì số site cần lắp đặt là

$$N_{\text{site}} = \frac{3229}{1,95 \times 6,33 \times 6,33} = 42 \text{ (eNodeB)}$$

Nhập các thông số của hai mô hình vào phần mềm với tần số $f_c = 1950 \text{ Mhz}$, với hệ số $K=1.95$ cho site 3 đoạn ô, suy hao tín hiệu đường lên 163.4 và 165.4 cho hướng xuống. Với diện tích thành phố hà nội là 3229 km^2 ta tính được số trạm cần lắp đặt cho thành phố là 42 trạm

Hình 4.5 Mô hình truyền sóng Hata – Okumura & Walfish-Ikegami

4.3 Mô phỏng quy hoạch dung lượng

Xét bài toán giả định thiết kế quy hoạch dung lượng cho quận Ba Đình thành phố Hà Nội, đây là vùng trung tâm với mật độ thuê bao lớn, yêu cầu dịch vụ cao, ta sử dụng kiểu mã hóa điều chế 64QMA do khoảng cách đến thuê bao ngắn, mức độ yêu cầu của đầu cuối cao, hệ thống MIMO áp dụng có cấu hình 2x2, băng thông sử dụng là 20M. Tính toán số thuê bao dựa vào dung lượng ô có sẵn, giả sử với dung lượng ô cho trước là 50Mbps, tốc độ số liệu giờ cao điểm $A_{bh-user} = 50\text{kbps}$, có 3 đoạn ô trên 1 site, tải trung bình giờ cao điểm là 50%, hệ số đăng ký vượt quá là 20, giả sử chỉ tiêu cung cấp 3Mbp trên một thuê bao. Áp dụng công thức:

$$N_{sub} = N_{sector} \cdot \frac{C_{cap} \cdot L_{bh}}{\frac{R_{sub}}{O_{factor}}} \quad (3.42)$$

Ta biết:

- + Băng thông 20M
- + Dung lượng ô là 50Mbps
- + Tốc độ số liệu giờ cao điểm $A_{bh-user} = 50\text{ Kbps}$
- + Tốc độ số liệu yêu cầu $R_{sub} = 3\text{Mbps}$
- + Tải trung bình $L_{bh} = 0,5$
- + Hệ số đăng ký vượt quá $O_{factor} = 20$
- + 03 đoạn ô trên 1 site là $N_{sector} = 3$

Ta tính được:

- + Số thuê bao dùng đồng thời với tốc độ 3Mbps: $C_{cap}/R_{sub} = 50/3 = 16$ (thuê bao)
- + Số thuê bao dùng đồng thời tại giờ cao điểm:

$$N_{sub} = 3 \cdot \frac{50 \cdot 0,5}{\frac{3}{20}} = 500 \text{ (thuê bao)}$$

Giả sử quận Ba Đình có số thuê bao cần phục vụ là 5000 thuê bao, vậy ta có số site cần lắp đặt là :

Áp dụng công thức :

$$N_{site} = \frac{N_{total}}{N_{sub}} \quad (3.43)$$

$$N_{site} = \frac{5000}{500} = 10 \text{ (site)}$$

Trong phần này, luận văn cũng đã thiết lập giao diện của phần mềm cho phép tính toán quy hoạch dung lượng với các thông số đầu vào theo bảng số liệu dưới đây và áp dụng các công thức ở chương 3 để tính toán số eNodeB cần lắp đặt, cụ thể:

Bảng 4.4: Bảng thông số và tính toán số site theo quy hoạch lưu lượng theo phần mềm

Stt	Ký hiệu	Giá trị	Công thức	Ghi chú
1	BW	20	BW	Bảng thông
2	N_{sc}	12	N_{sc}	số sóng mang con trong một khối tài nguyên (RB),
3	N_s	14	N_s	số ký tự OFDM trên một subframe
4	N_{rb}	100	là số khối tài nguyên (RB)	Tương ứng băng thông 20MHz
5	Hệ số sửa lỗi F	8.8	$F = \frac{T_{frame} - T_{cp} * \frac{N_{sc} * N_s / 2 - 4}{N_{sc} * N_s / 2}}{T_{sub}}$ $F = \frac{10 - 0.7794}{1} \times \frac{12.7 \times 14 / 2 - 4}{12.7 \times 14 / 2}$	Hệ số sửa lỗi
6	T_{frame}	10s		Thời gian của 1 frame (10s) 1 frame = 10 subframe(1s)
7	TCP	779,4 μ s 2.33 ms		Tổng thời gian TCP
8	PAR	1.1		Tỷ số giữa tốc độ đỉnh và tốc độ trung bình
9	Hệ số utilisation	0.6		Nhỏ hơn 85% để bảo đảm chất lượng dịch vụ (QoS)
10	Hệ số OBF	0.66	OBF = PAR * Hệ số utilisation	Số user trung bình có thể chia sẻ trên một đơn vị kênh truyền. OBF = PAR * Hệ số utilisation
11	Tốc độ dữ liệu Overall data rate	42768	Overall data rate = Số user x Tốc độ bit đỉnh x Hệ số OBF	Số user đồng thời : 500, Tốc độ bit đỉnh: C1=129.6Mbps
12	Cell through put	1140.48 Mbps	$C = F * BW \log_2(1 + SNR)$ $C1 = BW1 * \log_2(1 + SNR)$ $C1 = 129.6 \text{ Mbps}$	C: Cell through put $\log_2(1 + SNR) = 6.48$ với BW = 20MHz
13	Site capacity	3421.44 Mbps	Site capacity = n.C	Site 3 đoạn ô: n = 3
14	Số eNodeB	11	eNodeB = Overall data rate / Site capacity	Số site (eNodeB)

Hình 4.6: Giao diện mô phỏng tính toán số eNodeB theo dung lượng
 Phần mềm đã tính toán được tốc độ bit đỉnh là 129.6 tương ứng với tốc độ bit đỉnh đưa ra tại bảng 3.7 và số trạm cần lắp đặt cho số user sử dụng đồng thời 500 là 11 trạm

4.4 Kết luận chương 4

Trong chương 4 luận văn đã xây dựng được phần mềm mô phỏng thực nghiệm để thực hiện các công việc:

+ Tính toán quỹ đường truyền 4G LTE và xác định được suy hao tín hiệu cực đại của đường lên và đường xuống của LTE. Từ kết quả đó ta xác định được bán kính cell của ô phủ khi kết hợp với các mô hình truyền sóng Hata-okumura, Walfish-Ikegami. Biết được bán kính ô phủ ta tính được diện tích ô phủ và kết với diện tích địa lý của vùng phủ ta tính được số trạm cần lắp đặt cho vùng phủ.

+ Xây dựng phần mềm tính toán được tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông khác nhau làm cơ sở để xác định tốc độ dữ liệu (Overall data rate), xác định được thông lượng ô phủ (Cell through put) theo công thức dung lượng kênh Shannon và từ đó xác định được tổng dung lượng site. Cuối cùng ta xác định được số eNodeB cần lắp đặt theo quy hoạch dung lượng là $eNodeB = \text{Overall data rate} / \text{Site capacity}$. Tuy nhiên, trong phần mô phỏng dung lượng này tác giả cũng thực hiện bài toán giả định để xác định số user đồng thời sử dụng dịch vụ để làm căn cứ để tính được tốc độ dữ liệu và đưa vào phần mềm để xác định số eNodeB cần lắp đặt cho quy hoạch dung lượng.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Luận văn đã nghiên cứu về công nghệ 4G LTE, một ứng cử viên cho mạng 4G trong tương lai không xa. Hiện tại vẫn chưa có quyết định chính thức công nghệ LTE hay WiMAX sẽ là công nghệ sử dụng cho thông tin di động 4G. Nhưng với các ưu điểm của công nghệ LTE là cung cấp cho người sử dụng tốc độ dữ liệu và chất lượng dịch vụ cao so với 3G nhờ áp dụng các công nghệ vô tuyến mới với các kỹ thuật tiên tiến như sử dụng kỹ thuật OFDMA cho hướng xuống, SC-FDMA cho hướng lên, kỹ thuật đa anten MIMO và thiết kế đơn giản hóa kiến trúc mạng nên công nghệ LTE có tiềm năng rất lớn để ứng dụng cho phát triển hệ thống thông tin di động 4G.

Tác giả đã chọn luận văn này nhằm nâng cao sự hiểu biết về công nghệ 4G LTE, đây cũng là đề tài mới phù hợp với thực tế nghiên cứu ở Việt Nam. Nội dung luận văn đã nghiên cứu được gồm hai phần:

Về phần lý thuyết: Chương 1 và chương 2 luận văn đã trình bày được tổng quan công nghệ 4G LTE, cấu trúc mạng 4G LTE và các vấn đề liên quan đến công nghệ này. Chương 3 luận văn đã nghiên cứu đưa ra các biểu thức thông số để xây dựng phần mềm quy hoạch mạng 4G LTE.

Về phần mô phỏng thực nghiệm: Ở chương 4 luận văn đã xây dựng được các giao diện phần mềm dựa trên ngôn ngữ lập trình Matlab (Matlab R2016a) để thực hiện các công việc:

- + Tính toán quỹ đường truyền LTE suy ra tín hiệu suy hao cực đại giữa trạm gốc và trạm di động của 4G LTE làm cơ sở cho quy hoạch vùng phủ.

- + Tính toán được bán kính ô phủ với các mô hình truyền sóng phù hợp, diện tích của ô phủ và kết hợp với diện tích địa lý của vùng phủ để tính ra số trạm cần lắp đặt cho vùng phủ

- + Tác giả xây dựng bài toán giả định, xây dựng phần mềm tính được tốc độ bit định và xác định được số trạm eNodeB theo quy hoạch dung lượng

Hạn chế của luận văn khi thực hiện:

- + Hiện tại, ở Việt Nam chưa tiến hành xây dựng quy hoạch và đưa vào sử dụng mạng 4G, do đó các thông số đưa ra để tính toán quy hoạch không có số liệu thực tế của các nhà mạng, các thông số đưa ra trong phần mô phỏng chỉ dựa vào sách [3], thông số tham khảo, giả định làm cơ sở để tính toán và xây dựng phần mềm.

- + Chưa có bản đồ truyền sóng thực tế, do vậy phần tối ưu mạng chưa được nghiên cứu và đề cập đến trong luận văn.

Hướng phát triển của luận văn: Tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện các công cụ phần mềm và kiểm tra tính xác thực, tính tin cậy, đúng đắn của phần mềm khi dịch vụ 4G LTE được triển khai thực tế có số liệu thực tế của các nhà mạng viễn thông đưa vào phần mềm, xây dựng phần mềm tối ưu mạng cho 4G LTE.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

- [1] TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “*Giáo trình Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G, tập 1*”, NXB thông tin và truyền thông, Năm xuất bản 2008
- [2] TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “*Giáo trình Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G, tập 2*”, NXB thông tin và truyền thông, Năm xuất bản 2008
- [3] TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “*Giáo trình Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G, tập 3*”, NXB thông tin và truyền thông, Năm xuất bản 2008
- [4] Báo cáo kết quả thực hiện đề tài “*Nghiên cứu thiết kế triển khai mạng thông tin di động 4G LTE và phương án xây dựng các hệ thống quy hoạch, quản lý mạng và cung cấp dịch vụ 4G LTE ở Việt Nam, Mã số KC.01.17/11-15*”, chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Phương Loan, Công ty dịch vụ viễn thông, 6/2014

Tài liệu tiếng Anh

- [5] Basanta Shrestha- “*LTE Radio Network Performance Analysis*”- Master of Science Thesis of Tampere University of Technology
- [6] Comparison of Okumura, Hata and COST-231 Models on the Basis of Path Loss and Signal Strength, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 59– No.11, December 2012*
- [7] Dahlman, Parkvall, Skold and Beming, “*3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband, Academic Press, Oxford, UK, 2007*”.
- [8] Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tool, “*Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution radio interface*”, Abdul Basit, Syed, February 2009.
- [9] Erick Dahlman and others, “*3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband, Academic Press*”, second edition 2008.
- [10] Erik Dahlman (2008), Stefan Parkvall, Johan Skold and Per Beming, “*3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband*”, Academic Press.
- [11] Farooq Khan (2009), Telecom R&D Center, Samsung Telecommunications, America “*LTE for 4G Mobile Broadband: Air Interface Technologies and Performance*”, Cambridge University Press.
- [12] Harri Toma and Antti Toskala, “*LTE for UMTS OFDM and SC- FDMA Based Radio Access*”, 2009
- [13] M. A. Masud, M. Samsuzzaman & M. A. Rahman, “*Bit Error Rate performance Analysis on Modulation Techniques of Wideband Code Division Multiple Access*”, Journal Of Telecommunication, Volume 1, Issue 2, PP. 22-29, March 2010
- [14] Mustafa Ergen (2009), “*Mobile Broadband Including Wimax and LTE*”, USA.
- [15] Sergey E. Lyshevski, “*Engineering and Scientific Computations Using MATLAB*”

[16] Stefania Sesia and others, “*LTE the UMTS Long term Evolution, From Theory to Practice,*” 2009

[17] Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker (2009), “*LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*”, John Wiley & Sons, Ltd.

[18].3GPP TR 25813, “*Evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN); Radio Interface Protocol Aspects (Release 7)*”, 3/2006

[19].3GPP TR 36.201, “*Long Term Evolution LTE Physical layer’ General Description (Release 8)*”, 9/2007

Websites

[20] <http://www.3GPP.org>

[21] <http://www.lx.it.pt/cost231/>

[22] [http:// https://gso.gov.vn](http://https://gso.gov.vn)