

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGHIÊM ĐÌNH TOẢN

**QUY HOẠCH, TỐI ƯU MẠNG DI ĐỘNG 4G
TẠI VNPT BẮC NINH**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

Người hướng dẫn khoa học: TS. NGUYỄN CHIẾN TRINH

Hà Nội - 2020

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGHIÊM ĐÌNH TOẢN

QUY HOẠCH, TỐI ƯU MẠNG DI ĐỘNG 4G

TẠI VNPT BẮC NINH

Chuyên ngành : Kỹ thuật viễn thông

Mã số : 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

Người hướng dẫn khoa học: TS. NGUYỄN CHIẾN TRINH

Hà Nội - 2020

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Thầy giáo **TS. Nguyễn Chiến Trinh** - Giảng viên Học viện Công nghệ Bưu chính viễn thông, Thầy đã luôn tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình tìm hiểu và nghiên cứu. Thầy là người định hướng, đưa ra nhiều góp ý quý báu và tạo mọi điều kiện tốt nhất cho tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các thầy, cô ở Khoa đào tạo sau Đại học – Học viện Bưu chính viễn thông đã cung cấp cho tôi những kiến thức và tạo mọi điều kiện thuận lợi trong quá trình học tập tại trường.

Cuối cùng, tôi xin được gửi lời cảm ơn tới gia đình, người thân, bạn bè và các đồng nghiệp tại Trung tâm viễn thông Yên Phong - VNPT Bắc Ninh đã luôn động viên và tạo điều kiện tốt nhất cho tôi.

Tôi xin trân trọng cảm ơn!

Học viên

Nguyễn Đình Toàn

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là đề tài nghiên cứu của riêng tôi, thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Chiến Trinh. Các nội dung nghiên cứu, kết quả trong luận văn này là trung thực và chưa công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Tôi không sao chép các tài liệu hay các công trình nghiên cứu của người khác để làm luận văn này. Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung của luận văn. Học viện Công nghệ bưu chính viễn thông không liên quan đến những vi phạm tác quyền, bản quyền do tôi gây ra trong quá trình thực hiện (nếu có).

Hà Nội, tháng 5 năm 2020

Học viên

Nghiêm Đình Toàn

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
LỜI CAM ĐOAN	ii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vi
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	viii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ MẠNG 4G/LTE.....	4
1.1. Giới thiệu về công nghệ LTE, LTE Advanced	4
1.2. Mục tiêu thiết kế mạng di động 4G	9
1.2.1. Tiềm năng mạng lưới	10
1.2.2. Hiệu suất mạng lưới	12
1.2.3. Kiến trúc mạng lưới và khả năng mở rộng, nâng cấp	14
1.2.4. Quản lý tài nguyên vô tuyến	14
1.3. Các thông số lớp vật lý của LTE Advanced	15
1.3.1. Dịch vụ trên nền LTE Advanced	17
1.3.2. Tình hình triển khai 4G tại Việt Nam	18
1.4. Kết luận chương	20
CHƯƠNG 2 CÁC KỸ THUẬT TRONG 4G/LTE ADVANCED	21
2.1. Cấu trúc mạng 4G.....	21
2.1.1. Cấu trúc cơ bản SAE của LTE.....	22
2.1.2. Cấu trúc của LTE liên kết với các mạng khác	26
2.2. Các kênh trên giao diện vô tuyến 4G	29
2.2.1. Kênh logic	29
2.2.2. Kênh truyền tải.....	29
2.2.3. Kênh vật lý	30
2.3. Kiến trúc giao thức 4G	30
2.3.1. Mặt phẳng người sử dụng, UP	30
2.3.2. Mặt phẳng điều khiển, CP.....	31
2.4. Chuyển giao.....	32
2.4.1. Mục đích chuyển giao	32

2.4.2. Trình tự chuyển giao	33
2.4.3. LTE Advanced đa sóng mang và MIMO siêu cao.....	34
2.4.4. Mô hình đường xuống của LTE trong kịch bản đa ô.....	39
2.5. Kết luận chương	40
CHƯƠNG 3. QUY HOẠCH, TỐI ƯU MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G VINAPHONE TẠI BẮC NINH.....	41
3.1. Khái quát về tình hình chính trị, kinh tế và xã hội của tỉnh Bắc Ninh.....	41
3.2. Khái quát về hiện trạng mạng thông tin di động 2G/3G/4G của VinaPhone tại Bắc Ninh	43
3.3. Quy hoạch và triển khai mạng 4G Vinaphone tại Bắc Ninh.....	47
3.4. Kết luận chương	85
KẾT LUẬN	86
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	87

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Giải thích
2G	2 nd Generation of Mobile Telephone Systems (GSM)
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
4G	4 th Generation of Mobile Telephone Systems (LTE)
eNodeB	Base Station in LTE
EPC	Evolved Packet Core
EUTRAN	Evolved UTRAN
GW	Gateway
HLR	Home Location Register
HSPA	High Speed Packet Access
LTE	Long Term Evolution (or 4G mobile networks)
MME	Mobility Management Entity
MSC	Mobile Switching Center
OPEX	Operational Expenditure / Operating Expense
P-GW	Packet Data Network Gateway
PMIP	Proxy Mobile IP
QoS	Quality of Service
RNC	Radio Network Controller (in 3G or UMTS)
S5/S8	Interface between S-GW and P-GW
SAE	System Architecture Evolution
S-GW	Serving Gateway
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: So sánh thông số đặc điểm của các hệ thống	7
Bảng 1.2: Mục tiêu thiết kế LTE	9
Bảng 1.3: Các yêu cầu về hiệu suất phổ và người dùng	13
Bảng 1.4: Các thông số lớp vật lý LTE	16
Bảng 1.5: Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp.....	16
Bảng 1.6: So sánh dịch vụ của 3G và LTE.....	17
Bảng 3.1: Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng	52
Bảng 3.2: Giá trị của băng thông cấu hình tương ứng với băng thông kênh truyền và sóng mang yêu cầu	55
Bảng 3.3: Tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông	56
Bảng 3.4: Ví dụ về quỹ đường truyền lên của LTE.....	62
Bảng 3.5: Ví dụ của quỹ đường xuống LTE.....	63
Bảng 3.6: So sánh quỹ đường truyền lên của các hệ thống	63
Bảng 3.7: So sánh về quỹ đường truyền xuống của các hệ thống	64
Bảng 3.8: Điện áp đầu vào cho thiết bị.....	69
Bảng 3.9: Công suất tiêu thụ.....	70
Bảng 3.10: Kích thước và trọng lượng	70
Bảng 3.11: Sự khác biệt các thông số kỹ thuật của anten.....	70
Bảng 3.12: Kiểm tra độ khả dụng của Femtocell	72
Bảng 3.13: Thu thập dữ liệu trước khi tối ưu	75
Bảng 3.14: Thiết kế vùng phủ 4G Vinaphone tại Bắc Ninh	79
Bảng 3.15: Kết quả đánh giá KPI hệ thống trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh	80
Bảng 3.16: Kết quả đánh giá KPI Driving Test.....	81
Bảng 3.17: Kết quả đánh giá KPI Driving Test: S – KPI.....	81
Bảng 3.18: Mức tín hiệu trước và sau khi TUH với các vùng phủ RSRP, RSRQ, SINR ...	82

Bảng 3.19: Mức tín hiệu trước và sau khi TUI với vùng phủ Througput DL; Througput UL.....	82
---	----

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Quá trình phát triển các công nghệ thông tin di động đến 4G	9
Hình 2.1: Cấu trúc cơ bản của LTE	21
Hình 2.2: Sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ UTRAN sang E-UTRAN	23
Hình 2.3: Cấu trúc hệ thống cho mạng truy cập 3GPP và không phải 3GPP	27
Hình 2.4: Cấu trúc hệ thống cho mạng 3GPP và liên mạng với CDMA 2000	27
Hình 2.5: Giao thức UTRAN	28
Hình 2.6: Giao thức E-UTRAN	28
Hình 2.7: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người dùng của	31
Hình 2.8: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người điều khiển của E-UTRAN	31
Hình 2.9: Các loại chuyển giao	33
Hình 2.10: Cộng gộp sóng mang (carrier aggregation)	36
Hình 2.11: Minh họa về công nghệ truyền chuyển tiếp	37
Hình 2.12: Minh họa về kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP	38
Hình 3.1: Bản đồ địa lý tỉnh Bắc Ninh	41
Hình 3.2: Mức độ phủ sóng các mạng 2G/3G/4G/4G-LTE/5G tại Bắc Ninh	45
Hình 3.3: Sơ đồ khối mạng tổng thể truy nhập tại tỉnh Bắc Ninh	46
Hình 3.4: Mô tả quá trình tính toán bán kính vùng phủ R	48
Hình 3.5: Các tham số của mô hình Walfisch-Ikegami	51
Hình 3.6: Ba loại site khác nhau (omni, 2-sector, 3-sector)	52
Hình 3.7: Quy trình vận hành mạng	52
Hình 3.8: Quy trình thực hiện quản lý chất lượng mạng	53
Hình 3.9: Quy trình thực hiện tối ưu	53
Hình 3.10: Quan hệ giữa băng thông kênh truyền và băng thông cấu hình	57
Hình 3.11: Thiết bị Femtocell được lắp đặt ở các cột đèn đường	71
Hình 3.12: Sự kiện chuyển giao xác định bằng drive test	73
Hình 3.13: Sơ đồ khối các bước triển khai trạm SRAN	76
Hình 3.14: Trình tự các bước hòa mạng trạm e – NodeB	77
Hình 3.15: Cấu hình dữ liệu cơ bản trạm e-NodeB	78

Hình 3.16: Cấu hình truyền dữ liệu trạm e-NodeB	78
Hình 3.17: Cấu hình truyền dữ liệu âm thanh trạm e-NodeB	78
Hình 3.18: Kết quả tối ưu hóa quy hoạch mạng 4G trên 3 vùng phủ RSRP, RSRQ, SINR.....	82
Hình 3.19: Kết quả tối ưu hóa quy hoạch mạng 4G trên Throughput DL;	83

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Thông tin di động là một lĩnh vực rất quan trọng trong đời sống xã hội. Xã hội càng phát triển, nhu cầu về thông tin di động của con người càng tăng lên và thông tin di động càng khẳng định được sự cần thiết và tính tiện dụng của nó. Hệ thống thông tin di động đã trải qua nhiều giai đoạn phát triển, đến nay đang triển khai trên thế giới là thông tin di động thế hệ 4.

Tập đoàn Bưu chính Viễn thông Việt Nam (VNPT) đã được Bộ Thông tin và Truyền thông cấp Giấy phép cung cấp dịch vụ viễn thông 4G. Theo đó, Tập đoàn VNPT đã triển khai trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh.

Xuất phát từ nhu cầu và công tác của cá nhân, mong muốn nghiên cứu để tối ưu các thiết bị đã có và triển khai các trạm mới. Với những lý do nêu trên, đề tài được chọn là “Quy hoạch, tối ưu mạng di động 4G tại VNPT Bắc Ninh”.

2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

LTE là một chuẩn cho công nghệ truyền thông dữ liệu không dây và là một sự tiến hóa của các chuẩn GSM/UMTS. Mục tiêu của LTE là tăng dung lượng và tốc độ dữ liệu của các mạng dữ liệu không dây bằng cách sử dụng các kỹ thuật điều chế và DSP (xử lý tín hiệu số) mới được phát triển vào đầu thế kỷ 21 này. Một mục tiêu cao hơn là thiết kế lại và đơn giản hóa kiến trúc mạng thành một hệ thống dựa trên nền IP với độ trễ truyền dẫn tổng giảm đáng kể so với kiến trúc mạng 3G. Giao diện không dây LTE không tương thích với các mạng 2G và 3G, do đó nó phải hoạt động trên một phổ vô tuyến riêng biệt.

LTE được hãng NTT DoCoMo của Nhật Bản đề xuất đầu tiên vào năm 2004, các nghiên cứu về tiêu chuẩn mới chính thức bắt đầu vào năm 2005. Tháng 5 năm 2007, liên minh Sáng kiến thử nghiệm LTE/SAE (LSTI) được thành lập, liên minh này là sự hợp tác toàn cầu giữa các hãng cung cấp thiết bị và hãng cung cấp dịch vụ

viễn thông với mục tiêu kiểm nghiệm và thúc đẩy tiêu chuẩn mới để đảm bảo triển khai công nghệ này trên toàn cầu càng hợp càng tốt. Tiêu chuẩn LTE được hoàn thành vào tháng 12 năm 2008 và dịch vụ LTE đầu tiên được hãng TeliaSonera khai trương ở Oslo và Stockholm vào ngày 14 tháng 12 năm 2009.

Các nước đã triển khai 4G như: New Zealand, Singapore, Hàn Quốc, Đan Mạch, Nhật Bản, Mỹ, ...

Tại Việt Nam đã có những nghiên cứu về 4G/ LTE, như: đề tài “Nghiên cứu định hướng xây dựng các tiêu chuẩn phục vụ thiết lập, triển khai mạng di động công nghệ LTE tại Việt Nam” (mã số 12-15-KHKT-TC) do Viện Khoa học Kỹ thuật Bưu điện – Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông thực hiện năm 2015; 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) do Công ty Dịch vụ Viễn thông thực hiện năm 2014.

Các mạng di động tại Việt Nam gồm: Viettel, VinaPhone, MobiFone cũng đã và đang tiếp tục thực hiện triển khai 4G. Cụ thể, đối với mạng di động VinaPhone hiện tại đang sử dụng công nghệ WCDMA/3G - GSM/2G - 4G LTE, nên việc tối ưu trạm hiện có, triển khai mới 4G LTE trên cơ sở kế thừa cơ sở hạ tầng mạng, cũng như hạ tầng nhà trạm có sẵn là hoàn toàn thuận lợi và có tính khả thi cao, giảm thiểu những thay đổi, sử dụng công nghệ mới nhất nhằm đảm bảo tốc độ truyền số liệu mà không cần thay đổi toàn bộ cơ sở hạ tầng mạng đã có.

Do vậy, đề tài tập trung xây dựng “Quy hoạch, tối ưu mạng di động 4G tại VNPT Bắc Ninh”.

3. Mục đích nghiên cứu

Nghiên cứu các vấn đề lý thuyết tổng quan cơ bản về hệ thống và mạng 4G LTE.

Hiểu rõ, nắm chắc vấn đề thiết kế 4G LTE của mạng di động VinaPhone, đánh giá được chất lượng và vùng phủ sóng 4G sau khi phát sóng trạm e-NodeB.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng: Mạng di động 4G LTE.

Phạm vi nghiên cứu: Quy hoạch, tối ưu mạng di động 4G tại VNPT Bắc Ninh.

5. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết: Đọc, hiểu, rút ra được những kiến thức cơ bản, nâng cao.

Phương pháp thực tế: Tham gia vào quá trình triển khai thực tế, tối ưu, lắp đặt phát sóng, đo kiểm vùng phủ sóng sau phát sóng trạm e-NodeB.

6. Kết cấu luận văn

Ngoài các mục lời cảm ơn, lời cam đoan và mục lục thì luận văn được trình bày gồm các phần chính như sau:

Chương 1: Tổng quan về mạng 4G/LTE

Giới thiệu tổng quan mạng 4G LTE bao gồm mục tiêu thiết kế, tiềm năng công nghệ, hiệu suất hệ thống, các thông số lớp vật lý, dịch vụ của LTE, tình hình triển khai mạng di động 4G tại Việt Nam.

Chương 2: Các kỹ thuật trong 4G/LTE Advanced

Khái quát cấu trúc mạng LTE, các đặc tính kỹ thuật cũng như giới thiệu về khái niệm, mục đích và trình tự chuyển giao trong mạng LTE. Mạng 4G LTE có ưu điểm vượt trội so với 3G về tốc độ, thời gian trễ nhỏ, hiệu suất sử dụng phổ cao cùng với việc sử dụng băng thông linh hoạt.

Chương 3: Quy hoạch, tối ưu mạng di động 4G VinaPhone tại Bắc Ninh

Khái quát được tình hình chính trị - kinh tế - xã hội của tỉnh Bắc Ninh, mạng di động 2G/3G/4G của VinaPhone, trên cơ sở thiết kế mạng 4G để tối ưu và tiếp tục triển khai mạng di động 4G VinaPhone tại Bắc Ninh.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MẠNG 4G/LTE

Sau một thời gian dài nghiên cứu, phát triển, lịch sử Internet Việt Nam ghi nhận ngày 19 tháng 11 năm 1997 là ngày chính thức quốc gia hình chữ S kết nối với xa lộ thông tin của thế giới. Trong suốt hơn 20 năm qua, Internet đã có những tác động trực tiếp, làm thay đổi nhiều quan niệm và lối sống của con người Việt Nam. Theo đó, không chỉ bản thân đường truyền Internet, mà ngay cả mạng di động cũng có những biến chuyển mang tính cách mạng trong suốt thời gian qua, giúp người tiêu dùng Việt Nam hội nhập, tiếp cận ngày một gần hơn với xu thế công nghệ trên thế giới và trong khu vực. Sự phát triển của dịch vụ mạng viễn thông trên nền tảng 4G LTE hiện nay đang là yếu tố thúc đẩy đánh dấu tiêu chuẩn mới cho Internet di động tại Việt Nam.

1.1. Giới thiệu về công nghệ LTE, LTE Advanced

Mạng di động 4G là thế hệ mạng tiếp theo của 3G [11], được IEEE đặt ra nhằm phân biệt với các chuẩn mạng trước đó (2G/3G). Những tiêu chuẩn cơ bản nhất của mạng 4G được Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU- International Telecommunication Union) chính thức thiết lập vào tháng 3 năm 2008, được gọi tên là IMT – Advanced (International Mobile Telecommunications Advanced) với các đặc điểm cơ bản [9] như:

- (1) Là mạng dựa vào chuyển mạch gói All-IP;
- (2) Tốc độ tải cao nhất đạt ~100Mbps tại các thiết bị, phương tiện, có tính di động cao (tàu lửa, xe hơi, ...) và 1Gbps tại các vật thể, phương tiện, thiết bị có tính di động thấp (người dùng đứng yên một chỗ, hoặc đi bộ chậm);
- (3) Có thể tự động chia sẻ tài nguyên mạng để hỗ trợ nhiều người dùng cùng một lúc;
- (4) Sử dụng các kênh có băng thông 5-20 MHz, tùy chọn đến 40 MHz; Hiệu quả băng thông $\text{Max}=5 \text{ bit/s/Hz}$ downlink, và $6,75 \text{ bit/s/Hz}$ uplink;

(5) Truyền tải dữ liệu trên các mạng không đồng nhất phải diễn ra trơn tru, ổn định;

(6) Có khả năng cung cấp dịch vụ chất lượng cao trong việc hỗ trợ đa phương tiện thế hệ tiếp theo.

Hiện nay, có một số công nghệ không dây đang được xây dựng hoặc đang trong quá trình triển khai nhằm đáp ứng nhu cầu tương lai như LTE, HSPA + và WiMax. Trong đó hai chuẩn mạng cho tốc độ truyền tải dữ liệu cao hiện nay ($<1\text{Gb/s}$): LTE và WiMax.

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 đầu được tăng tốc bằng kỹ thuật OFDM hỗ trợ truyền tải dữ liệu đa phương tiện và video. Theo lý thuyết, chuẩn Wimax hiện tại (802.16e) cho tốc độ tải xuống tối đa là 70Mbps, còn LTE dự kiến có thể cho tốc độ đến 300Mbps. Tuy nhiên, khi LTE được triển khai ra thị trường có thể Wimax cũng sẽ được nâng cấp lên chuẩn 802.16m (còn được gọi là Wimax 2.0) có tốc độ tương đương hoặc cao hơn.

LTE (tiếng Anh: Long Term Evolution; tiếng Việt: Tiến hóa dài hạn) được xem là một trong những con đường quan trọng tiến tới công nghệ di động thế hệ thứ 4 (4G). 4G LTE là một chuẩn cho truyền thông không dây tốc độ dữ liệu cao dành cho điện thoại di động và các thiết bị đầu cuối dữ liệu [11]. Nó dựa trên các công nghệ mạng GSM/EDGE và UTRAN/HSPA, LTE nhờ sử dụng các kỹ thuật điều chế mới và một loạt các giải pháp công nghệ khác như lập lịch phụ thuộc kênh và thích nghi tốc độ dữ liệu, kỹ thuật đa anten để tăng dung lượng và tốc độ dữ liệu. Các tiêu chuẩn của LTE được tổ chức 3GPP (Dự án đối tác thế hệ thứ 3) ban hành và được quy định trong một loạt các chỉ tiêu kỹ thuật của Phiên bản 8 (Release 8), với những cải tiến nhỏ được mô tả trong Phiên bản 9 [10].

Các dịch vụ LTE đầu tiên được nhà cung cấp dịch vụ viễn thông Thụy Điển TeliaSonera cho ra mắt thị trường Stockholm (Thụy Điển) và Oslo (Na Uy) vào tháng 12-2009. Sau đó ở Mỹ, Verizon trở thành nhà cung cấp dịch vụ mạng di động đầu tiên triển khai 4G. Theo kết quả đo thử cuối năm ngoái, tốc độ tải xuống trung bình khi sử dụng mạng LTE – chạy trên tần số 2,6 GHz – của TeliaSonera là 33,4 Mb/giây. Mạng LTE của Verizon sử dụng băng tần hẹp hơn với 700 MHz. Tốc độ tải xuống trung bình của Verizon thấp hơn ở mức từ 5-12 Mb/giây, còn tải lên là 2-5 Mb/giây tùy theo khu vực phủ sóng. Tuy vậy, cả hai mức được công bố ở trên đều cao hơn so với tốc độ thực của mạng 3G thường không quá 4 Mb/giây. Việc một thể hệ mạng tốc độ cao hơn ra đời để đáp ứng được nhu cầu bùng nổ về các dịch vụ truyền tải dữ liệu video chất lượng cao là điều hiển nhiên.

Thực chất, LTE là thế hệ thứ tư của chuẩn UMTS do 3GPP phát triển [10,13]. UMTS thế hệ thứ ba dựa trên WCDMA đã được triển khai trên toàn thế giới. Để đảm bảo tính cạnh tranh cho hệ thống này, tháng 11 năm 2014, 3GPP đã bắt đầu dự án nhằm xác định bước phát triển về lâu dài cho công nghệ di động UMTS với tên gọi Long Term Evolution (LTE). 3GPP đặt ra yêu cầu cao cho LTE, bao gồm giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp dịch vụ tốt hơn, sử dụng linh hoạt các băng tần mới, đơn giản hóa kiến trúc mạng với các giao tiếp mở và giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ ở thiết bị đầu cuối. Đặc tả kỹ thuật cho LTE đang được hoàn tất và các sản phẩm LTE đã được các hãng tung ra thị trường. LTE được nhận định sẽ tồn tại trong giai đoạn đầu của 4G, tiếp theo đó sẽ là IMT Advance. Hiện nay, tại nhiều nước trên thế giới, khi phiên bản đầu tiên của chuẩn LTE đang hoàn thành thì tâm điểm của sự chú ý đang chuyển sang sự tiến hóa tiếp theo của công nghệ này, đó là LTE-Advanced. Một trong những mục tiêu của quá trình tiến hóa này là để đạt tới và thậm chí vượt xa những yêu cầu của IMT-Advanced của Thông tin Vô Tuyến ITU-R (Radiocommunication, gọi tắt là ITU-R) [9] nhằm cải thiện một cách đáng kể về mặt hiệu năng so với các hệ thống hiện tại bao gồm cả hệ thống LTE phiên bản đầu tiên. Các chuyên gia công nghệ cũng nhận định rằng LTE cần phải cải tiến

và LTE-Advanced (LTE-A) sẽ là chuẩn thống trị trong tương lai gần. Công nghệ này mới thật sự được coi là 4G do đáp ứng đầy đủ các tiêu chí kỹ thuật mà ITU đặt ra cho hệ thống mạng không dây thế hệ thứ 4. LTE-A được định nghĩa tại 3GPP release 10, là giải pháp 4G toàn cầu. Nó giúp cải thiện hiệu quả trải phổ, tăng dung lượng và vùng phủ mạng, tăng khả năng hỗ trợ cho người dùng/thiết bị đầu cuối, cải thiện trải nghiệm người dùng mobile băng rộng.

Sự phát triển của LTE Advance/IMT Advance và sự tiến triển từ các dịch vụ của 3G [1] được phát triển từ kỹ thuật UMTS/W-CDMA được trình bày cụ thể trong bảng 1.1 dưới đây.

Bảng 1.1: So sánh thông số đặc điểm của các hệ thống

	WCDMA (UMTS)	HSPA HSDPA/ HSUPA	HSPA+	LTE	LTE ADVANCED (IMT ADVANCE)
Max downlink speed bps	384K	14M	28M	100M	1G
Max uplink speed bps	128K	5.7M	11M	50M	500M
Latency round trip time approx	150ms	100ms	50ms(max)	~10ms	Less than 5ms
3GPP releases	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8	Rel 10
Approx years of initial roll out	2003/4	2005/6 HSDPA 2007/8 HSUPA	2008/9	2009/10	
Access methodology	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/ SC-FDMA	OFDMA/ SC-FDMA

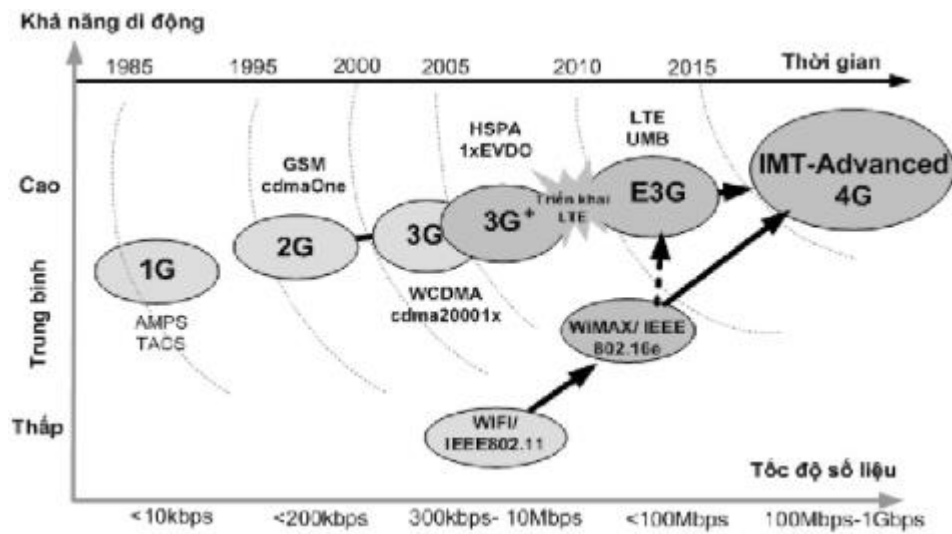
Các mục tiêu của công nghệ LTE [7] là:

- Tốc độ đỉnh tức thời với băng thông 20Mhz: Tải lên: 50 Mbps và tải xuống: 100 Mbps.
- Dung lượng dữ liệu truyền tải trung bình của một người dùng trên 1Mhz so với mạng HSDPA Rel.6: Tải lên: Gấp 2 đến 3 lần và Tải xuống: Gấp 3 đến 4 lần.
- Hoạt động tối ưu với tốc độ di chuyển của thuê bao là 0-15 km/h. Vẫn hoạt động tốt với tốc độ từ 15-120 km/h. Vẫn duy trì được hoạt động khi thuê bao di chuyển với tốc độ từ 120-350 km/h (thậm chí 500 km/h tùy băng tần).
- Các chỉ tiêu trên phải đảm bảo trong bán kính vùng phủ sóng 5km, giảm chút ít trong phạm vi đến 30km. Từ 30-100km thì không hạn chế.
- Độ dài băng thông linh hoạt: Có thể hoạt động với các băng tần 1.25Mhz, 1.6 Mhz, 10Mhz, 15Mhz và 20Mhz cả chiều lên và chiều xuống. Hỗ trợ cả hai trường hợp độ dài băng lên và băng xuống bằng nhau hoặc không.

Một số đặc điểm của LTE Advance:

- Tốc độ dữ liệu đỉnh: 1 Gbps cho đường xuống và 500 Mbps cho đường lên.
- Băng thông sử dụng: 20Mhz_100Mhz.
- Hiệu quả phổ đỉnh: 30bps/Hz cho đường xuống và 15 bps/Hz cho đường lên.
- Thời gian chờ: Nhỏ hơn 50 ms khi chuyển từ trạng thái rỗi sang trạng thái kết nối và nhỏ hơn 5ms cho mỗi chuyển mạch gói riêng lẻ.
- Tính di động: giống LTE.
- Khả năng tương thích: LTE Advance có khả năng liên kết mạng với LTE và các hệ thống của 3GPP.

Có thể mô tả quá trình tiến tới 4G của các công nghệ hiện có như hình 1.1.



Hình 1.1: Quá trình phát triển các công nghệ thông tin di động đến 4G

1.2. Mục tiêu thiết kế mạng di động 4G

3GPP đặt ra yêu cầu cao cho LTE bao gồm giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp dịch vụ tốt hơn, sử dụng linh hoạt các băng tần hiện có và băng tần mới, đơn giản hóa kiến trúc mạng với các giao tiếp mở và giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ ở thiết bị đầu cuối [7, 9]. Mục tiêu này được cụ thể trong bảng 1.2.

Bảng 1.2: Mục tiêu thiết kế LTE

<ul style="list-style-type: none"> - Bắt đầu các dịch vụ mới dựa trên những khả năng mới - Các dịch vụ cao cấp nhờ nâng cao chất lượng tính năng mạng 	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở hạ tầng dịch vụ mới - Triển khai nhanh các dịch vụ mới - Kết nối và chuyển giao linh hoạt giữa nhiều hệ thống truy nhập
<ul style="list-style-type: none"> - Tốc độ truyền dẫn - Dung lượng hệ thống - Chi phí 	<ul style="list-style-type: none"> - 100Mb/s (tốc độ cao nhất của môi trường di động). 1Gb/s (tốc độ tối đa của môi trường trong nhà). - Gấp 10 lần hệ thống 3G - 1/10 đến 1/100 trên mỗi bit truyền
<ul style="list-style-type: none"> - Thời gian trễ 	<ul style="list-style-type: none"> - 50ms hoặc tối ưu hơn

Những yêu cầu cho LTE được chia thành các phần chính khác nhau như sau: Tiềm năng mạng lưới, hiệu suất hệ thống, kiến trúc mạng lưới và khả năng mở rộng, nâng cấp, quản lý tài nguyên vô tuyến, độ phức tạp, những vấn đề chung.

1.2.1. Tiềm năng mạng lưới

Yêu cầu được đặt ra là việc đạt tốc độ dữ liệu đỉnh cho đường xuống 100Mbit/s và đường lên 50Mbit/s, khi hoạt động trong phân bố phổ 20MHz [4]. Khi mà phân bố phổ hẹp hơn thì tốc độ dữ liệu đỉnh cũng sẽ tỉ lệ theo. LTE hỗ trợ cả chế độ FDD và TDD. Rõ ràng đối với trường hợp TDD, truyền dẫn đường lên và đường xuống theo định nghĩa không thể xuất hiện đồng thời. Do đó mà yêu cầu tốc độ dữ liệu đỉnh cũng không thể trùng nhau đồng thời.

LTE/LTE-A Frequency bands (TDD)			
E-UTRANBand	Frequency band	Bandwidth	Duplex Mode
33	1900MHz – 1920 MHz	20MHz	TDD
34	2010MHz – 2025 MHz	15MHz	TDD
35	1850MHz – 1910 MHz	60MHz	TDD
36	1930MHz – 1990 MHz	60MHz	TDD
37	1910MHz – 1930 MHz	20MHz	TDD
38	2570MHz – 2620 MHz	50MHz	TDD
39	1880MHz – 1920 MHz	40MHz	TDD
40	2300MHz – 2400 MHz	100MHz	TDD
41	2496MHz – 2690 MHz	194MHz	TDD
42	3400MHz – 3600 MHz	200MHz	TDD
43	3600MHz – 3800 MHz	200MHz	TDD
44	703MHz – 803 MHz	100MHz	TDD

Mặt khác, đối với trường hợp FDD, đặc tính của LTE cho phép quá trình phát và thu đồng thời đạt được tốc độ dữ liệu đỉnh theo phân lý thuyết ở trên.

LTE/LTE-A Frequency bands (FDD)			
E-UTRAN Operating Band	Uplink (UL) operating bandBS receive UE transmit	Downlink (UL) operating bandBS receive UE transmit	Duplex Mode
	$F_{UL\ min} - F_{UL\ high}$	$F_{DL\ min} - F_{DL\ high}$	
1	1920 MHz – 1980 MHz	2120 MHz – 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	FDD
5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD
6	830 MHz – 840 MHz	875 MHz – 885 MHz	FDD
7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz– 1784.9 MHz	1844.9 MHz – 1879.9 MHz	FDD
10	1710MHz – 1770 MHz	2110MHz – 2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz–1452.9 MHz	1475.9 MHz – 1500.9 MHz	FDD
12	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD
14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD
15	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	FDD
16	815 MHz – 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	FDD
17	830 MHz – 845 MHz	1875MHz – 890 MHz	FDD
18	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD
19	1447.9 MHz–1462.9 MHz	1495.9 MHz – 1510.9 MHz	FDD
20	3410 MHz – 3500 MHz	3510MHz – 3600 MHz	FDD

Yêu cầu về độ trễ được chia thành: Yêu cầu độ trễ mặt phẳng điều khiển và yêu cầu độ trễ mặt phẳng người dùng.

- Trễ mặt phẳng người dùng: Được thể hiện qua thời gian để truyền một gói IP từ thiết bị đầu cuối tới biên RAN hoặc ngược lại được đo từ lớp IP. Thời gian truyền theo một hướng sẽ không vượt quá 5ms trong mạng không tải (unload network), nghĩa là không có thiết bị đầu cuối nào khác xuất hiện trong tế bào.

- Trễ mặt phẳng điều khiển: Xác định độ trễ của việc chuyển từ trạng thái thiết bị đầu cuối không tích cực khác nhau sang trạng thái tích cực, khi đó thiết bị đầu cuối di động có thể gửi và nhận dữ liệu. LTE có thể hỗ trợ ít nhất 200 thiết bị đầu cuối di động ở trong trạng thái tích cực khi hoạt động ở khoảng tần số 5MHz. Trong mỗi phân bố rộng hơn 5MHz, ít nhất có 400 thiết bị đầu cuối được hỗ trợ. Số lượng thiết bị đầu cuối không tích cực trong ô không rõ là bao nhiêu nhưng có thể cao hơn một cách đáng kể. Có hai cách xác định:

- Cách xác định thứ nhất được thể hiện qua thời gian chuyển tiếp từ trạng thái tạm trú (camped state) chẳng hạn như trạng thái Release 6 Idle mode (chế độ không tải, nghỉ), khi đó thì thủ tục chiếm 100ms.
- Cách xác định thứ hai được thể hiện qua thời gian chuyển tiếp từ trạng thái ngủ chẳng hạn như trạng thái Release 6 Cell-PCH. Khi đó thì thủ tục chiếm 50ms. Chế độ Release 6 idle là một trạng thái mà khi thiết bị đầu cuối không được nhận biết đối với mạng truy nhập vô tuyến, nghĩa là mạng truy nhập vô tuyến không có bất cứ thuộc tính nào của thiết bị đầu cuối và thiết bị đầu cuối cũng không được chỉ định một tài nguyên vô tuyến nào. Thiết bị đầu cuối có thể ở trong chế độ ngủ và chỉ lắng nghe hệ thống mạng tại những khoảng thời gian cụ thể. Còn trạng thái Release 6 Cell-PCH là trạng thái mà khi thiết bị đầu cuối không được nhận biết đối với mạng truy nhập vô tuyến. Tuy mạng truy nhập vô tuyến biết thiết bị đầu cuối đang ở trong tế bào nào những thiết bị đầu cuối lại không được cấp phát bất cứ tài nguyên vô tuyến nào. Thiết bị đầu cuối lúc này có thể đang trong chế độ ngủ.

1.2.2. Hiệu suất mạng lưới

Các mục tiêu thiết kế công năng hệ thống LTE sẽ xác định lưu lượng người dùng, hiệu suất phổ, độ linh động, vùng phủ sóng và MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) hỗ trợ, cung cấp dịch vụ nâng cao [5].

Mục tiêu hiệu suất phổ cũng được chỉ rõ, và trong thuộc tính này thì hiệu suất phổ được định nghĩa là lưu lượng hệ thống theo tế bào tính theo bit/s/MHz/ô. Những mục tiêu thiết kế này được tổng hợp trong bảng 1.3.

Bảng 1.3: Các yêu cầu về hiệu suất phổ và người dùng

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

Từ bảng trên, ta thấy:

Thứ nhất, yêu cầu lưu lượng người dùng được định rõ theo hai điểm: Vùng phủ và 5% của phân bố người sử dụng (khi mà 95% người dùng có được chất lượng tốt hơn). Mục tiêu hiệu suất phổ cũng được chỉ rõ, và trong thuộc tính này thì hiệu suất phổ được định nghĩa là lưu lượng hệ thống theo tế bào tính theo bit/s/MHz/cell.

Thứ hai, yêu cầu về vùng phủ sóng chủ yếu tập trung vào phạm vi tế bào (bán kính), nghĩa là khoảng cách tối đa từ vùng tế bào (cell site) đến thiết bị đầu cuối di động trong cell. Đối với phạm vi tế bào lên đến 5 km thì những yêu cầu về lưu lượng người dùng, hiệu suất phổ và độ linh động vẫn được đảm bảo trong giới hạn không bị ảnh hưởng bởi nhiễu. Đối với những tế bào có phạm vi lên đến 30 km thì có một sự giảm nhẹ cho phép về lưu lượng người dùng và hiệu suất phổ thì lại giảm một cách đáng kể hơn nhưng vẫn có thể chấp nhận được. Tuy nhiên, yêu cầu về độ di động vẫn được đáp ứng. Khi mà phạm vi tế bào lên đến 100 km thì không thấy có đặc tính kỹ thuật về yêu cầu hiệu suất nào được nói rõ trong trường hợp này.

Cuối cùng, những yêu cầu MBMS nâng cao xác định cả hai chế độ: Broadcast (Quảng bá Broadcast là thuật ngữ được sử dụng để mô tả cách thức truyền tin được gửi từ một điểm đến tất cả các điểm khác. Trong trường hợp này, có một nguồn gửi

nhưng thông tin được gửi đến tất cả các nguồn nhận trong cùng một kết nối) và unicast (Unicast là 1 thuật ngữ được sử dụng để mô tả cách thức truyền tin được gửi từ 1 điểm đến 1 điểm khác. Nhìn chung, LTE sẽ cung cấp dịch vụ tốt hơn so với những gì có trong phiên bản 6. Yêu cầu đối với trường hợp broadcast là hiệu suất phổ 1 bit/s/Hz, tương ứng với khoảng 16 kênh TV di động bằng cách sử dụng khoảng 300 kbit/s trong mỗi phân bố phổ tần 5 Mhz. Hơn nữa, nó có thể cung cấp dịch vụ MBMS với chỉ một dịch vụ trên một sóng mang, cũng như là kết hợp các dịch vụ non - MBMS khác. Và như vậy thì đương nhiên đặc tính kĩ thuật của LTE có khả năng cung cấp đồng thời cả dịch vụ thoại và dịch vụ MBMS.

Nói chung, năng lực phục vụ của hệ thống 4G được thể hiện với những tính năng như năng lực phục vụ user (ít nhất 200 người dùng/cell (5MHz), lên tới 400 người dùng/cell), tính di động cao (tối ưu 0-15 km/hr, vẫn đảm bảo hiệu suất 15-120 km/hr, đáp ứng lên tới 120-350 km/hr).

1.2.3. Kiến trúc mạng lưới và khả năng mở rộng, nâng cấp

Nguyên tắc cho việc thiết kế kiến trúc LTE RAN được đưa ra bởi 3GPP [10]:

- Kiến trúc LTE RAN phải dựa trên gói, tuy vậy lưu lượng lớp thoại và thời gian thực vẫn được hỗ trợ.
- Kiến trúc LTE RAN có thể tối thiểu hóa sự hiện diện của “những hư hỏng cục bộ” mà không cần tăng chi phí cho đường truyền.
- Kiến trúc LTE RAN có thể đơn giản hóa và tối thiểu hóa số lượng giao tiếp đã được giới thiệu.

1.2.4. Quản lý tài nguyên vô tuyến

Những yêu cầu về quản lý tài nguyên vô tuyến được chia ra như sau: Hỗ trợ nâng cao cho QoS đầu cuối đến đầu cuối, hỗ trợ hiệu quả cho truyền dẫn ở lớp cao hơn và hỗ trợ cho việc chia sẻ tải cũng như là quản lý chính sách thông qua các công nghệ truy cập vô tuyến khác nhau. Cụ thể:

- Hỗ trợ nâng cao cho QoS end to end: Yêu cầu một “dịch vụ phối hợp cải tiến” và các yêu cầu về giao thức (bao hàm cả lớp báo hiệu cao hơn) cho các tài nguyên vô tuyến RAN và các đặc tính RAN.

- Hỗ trợ hiệu quả cho truyền dẫn ở lớp cao hơn: yêu cầu rằng LTE RAN phải cung cấp các cơ chế hỗ trợ truyền dẫn và khai thác hiệu quả các giao thức lớp cao hơn trên giao diện vô tuyến.

- Hỗ trợ cho việc chia sẻ tải cũng như quản lý chính sách thông qua các công nghệ truy cập vô tuyến khác nhau: Yêu cầu xem xét các cơ chế lựa chọn lại để hướng dẫn các đầu cuối di động chuyển tới các công nghệ truy cập vô tuyến tương ứng trong quá trình chuyển giao giữa các công.

Ngoài ra LTE cũng yêu cầu về độ phức tạp và những vấn đề chung. Cụ thể là:

- Độ phức tạp: LTE bên cạnh phải thỏa mãn các hiệu năng yêu cầu, độ phức tạp cũng phải được giảm thiểu để ổn định hệ thống và tương tác với các giai đoạn trước. Nó cũng cho phép giảm giá thành thiết bị đầu cuối và UTRAN. Các yêu cầu đối với LTE phải giảm mức độ phức tạp của UTRA UE liên quan đến kích thước, trọng lượng và dung lượng acqui (chế độ chờ và chế độ tích cực) và các trạng thái UE đơn giản so với UMTS nhưng vẫn đảm bảo các dịch vụ tiên tiến của LTE.

- Những vấn đề chung: Đó là những khía cạnh liên quan đến chi phí và dịch vụ. Rõ ràng, mong muốn đặt ra là giảm thiểu các chi phí trong khi vẫn duy trì hiệu suất yêu cầu cho tất cả các dịch vụ. Các vấn đề về đường truyền, hoạt động và bảo dưỡng cũng liên quan đến yếu tố các dịch vụ và yếu tố chi phí. Như vậy không chỉ giao tiếp vô tuyến mà việc truyền tải đến các trạm gốc và hệ thống quản lý cũng phải được xác định rõ. Một yêu cầu quan trọng về giao tiếp nhiều nhà cung cấp cũng thuộc vào loại yêu cầu này.

1.3. Các thông số lớp vật lý của LTE Advanced

Các thông số lớp vật lý của LTE Advanced và tốc độ đỉnh của LTE theo lớp được thể hiện chi tiết tại bảng 1.4 và 1.5 dưới đây.

Bảng 1.4: Các thông số lớp vật lý LTE

Khoảng cách sóng mang con		15 KHz
Chiều dài CP	Ngắn	4,7 μ s
	dài	16,7 μ s
Điều chế		QPSK, 16QAM, 64QAM
Ghép kênh không gian		1 lớp cho UL/UE lên đến 4 lớp cho DL/UE Sử dụng MU-MIMO cho UL và DL
Kỹ thuật truy cập	UL	DTFS-OFDM (SC-FDMA)
	DL	OFDMA
Băng thông		1,4MHz; 3MHz; 5MHz; 10MHz; 15MHz; 20MHz.
TTI tối thiểu		1 ms

Bảng 1.5: Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp

Lớp		1	2	3	4	5
Tốc độ đỉnh Mbps	DL	10	50	100	150	500
	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			QPSK,16QAM, 64QAM	
	UL	QPSK, 16QAM				

LTE sẽ hỗ trợ tốc độ đỉnh tức thời tăng đáng kể. Tốc độ này được định cỡ tùy theo kích thước của phổ được ấn định. LTE sẽ đảm bảo tốc độ số liệu đỉnh tức thời đường xuống lên đến 100Mbit/s khi băng thông được cấp phát cực đại là 20MHz (5bps/Hz) và tốc độ đỉnh đường lên 50 Mbit/s khi băng thông được cấp phát cực đại là 20MHz (2,5bps/Hz). Băng thông LTE được cấp phát linh hoạt từ 1,25 MHz lên đến 20 MHz (gấp bốn lần băng thông 3G-UMTS). Lưu ý rằng tốc độ đỉnh có thể phụ thuộc vào số lượng anten phát và anten thu tại UE. Các mục tiêu về tốc độ số liệu đỉnh nói trên được đặc tả trong UE tham chuẩn gồm: (1) khả năng đường xuống với hai anten tại UE, (2) khả năng đường lên với một anten tại UE. Trong trường hợp phổ được dùng chung cho cả đường lên và đường xuống, LTE không phải hỗ trợ tốc độ số liệu đỉnh đường xuống và đường lên nói trên đồng thời.

1.3.1. Dịch vụ trên nền LTE Advanced

Qua việc kết nối đường truyền tốc độ cao, băng thông linh hoạt, hiệu suất phổ cao và giảm thời gian trễ gói, LTE hứa hẹn sẽ cung cấp nhiều dịch vụ đa dạng hơn.

Đối với khách hàng là cá thể, 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 mong đợi của người dùng về đường truyền TV độ rõ nét cao. Đối với khách hàng là doanh nghiệp, truyền các tập tin lớn với tốc độ cao, chất lượng video hội nghị tốt, ...

Dựa theo sự đảm bảo về thương mại, mọi ứng dụng thời gian thực như game đa người chơi và chia sẻ tập tin đều được đáp ứng. Bảng 1.6 dưới đây sẽ mô tả chi tiết hơn về các dịch vụ của mạng di động 3G trước đây và mạng 4G/LTE sắp tới.

Bảng 1.6: So sánh dịch vụ của 3G và LTE

Dịch vụ	Môi trường 3G	Môi trường 4G (LTE)
Thoại	Âm thanh thời gian thực	VoIP, video hội nghị chất lượng cao
Tin nhắn P2F	SMS, MMS, các email ưu tiên thấp	Các tin nhắn photo, IM, email di động, tin nhắn video
Lướt web	Truy cập đến các dịch vụ 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	Người dùng trả qua mạng cước tính chuẩn. Chủ yếu là dựa trên thông tin văn bản	Tạp trí trực tuyến, dòng âm thanh chất lượng cao
Riêng tư	Chủ yếu là âm thanh chuông, cũng bao gồm màn hình chờ và nhạc chờ	Âm thanh thực (thu âm gốc từ người nghệ sĩ), các trang web cá nhân
Games	Tải về và chơi trực tuyến	Game trực tuyến vững chắc qua cả mạng cố định và mạng di động
Video/TV theo yêu cầu	Chạy và có thể tải video	Các dịch vụ quảng bá TV, Tivi theo đúng yêu cầu dòng video chất lượng cao

Nhạc	Tải đầy đủ các track và các dịch vụ âm thanh	Lưu trữ và tải nhạc chất lượng cao
Nội dung tin nhắn	Tin nhắn đồng cấp sử dụng ba thành phần cũng như tương tác với media khác	Phân phối tỷ lệ rộng của các video, clip, dịch vụ karaoke, video cơ bản quảng cáo di động
Mcommerce (thương mại qua điện thoại)	Thực hiện các giao dịch và thanh toán qua mạng di động	Điện thoại cầm tay như thiết bị thanh toán, với các chi tiết thanh toán qua mạng tốc độ cao để cho phép các giao dịch thực hiện nhanh chóng
Mạng dữ liệu di động	Truy cập đến các mạng nội bộ, cơ sở dữ liệu cũng như cách sử dụng các ứng dụng	Chuyển đổi file P2P, các ứng dụng kinh doanh, ứng dụng chia sẻ, thông tin M2M, di động intranet/extranet

1.3.2. Tình hình triển khai 4G tại Việt Nam

Ngay từ năm 2010, Bộ TT&TT [12] đã cấp giấy phép thử nghiệm LTE cho 5 nhà khai thác bao gồm: VNPT, Viettel, FPT Telecom, CMC và VTC. Trong đó, VNPT là đơn vị đầu tiên thử nghiệm LTE, hoàn thành lắp đặt trạm LTE đầu tiên vào ngày 10/10/2010 cho phép truy cập Internet tốc độ là 60 Mbps, sau đó mở rộng lắp đặt 15 trạm trên địa bàn Hà Nội. Tiếp đó, Viettel cũng đã thử nghiệm LTE ở Hà Nội và Hồ Chí Minh với số lượng lắp đặt mỗi địa bàn là 40 trạm phát sóng.

Tại Việt Nam, 4G được đánh giá là thời điểm phát triển mạnh mẽ trong 2 năm trở lại đây. Với tốc độ kết nối dữ liệu tăng, các dịch vụ Internet truyền thống nhanh chóng dịch chuyển, căn bản đáp ứng nhu cầu người dùng mọi lúc, mọi nơi. Tổng kết của Bộ TT&TT cho thấy 4G đã tạo điều kiện thuận lợi thúc đẩy phát triển các dịch vụ giá trị gia tăng các dịch vụ nội dung số, các dịch vụ IoT, dịch vụ truyền hình, nghe nhìn trực tuyến, giao dịch điện tử, thương mại điện tử, mạng xã hội... phát triển nhanh chóng có sự đóng góp của 4G.

Tính tới tháng 8/2017, hơn 80.000 trạm thu phát sóng 4G đã và đang được triển khai nhằm mục tiêu phủ sóng 4G trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam, đồng thời

triển khai nhiều gói cước hấp dẫn có giá thậm chí rẻ hơn mạng 3G truyền thống, hướng đến một tương lai tất cả người dùng chuyển sang sử dụng mạng 4G, và thậm chí là 5G trong những năm tới.

Theo kế hoạch, Viettel sẽ bổ sung thêm gần 10.000 trạm BTS 4G trên băng tần 2100MHz vừa được Bộ TT&TT cấp phép cho 15 tỉnh/thành phố lớn, có nhu cầu sử dụng data cao như: Hà Nội, TPHCM, Đà Nẵng, Hải Phòng, Quảng Ninh... Thời gian lắp đặt và dự kiến hoàn thành toàn bộ trong Quý II/2019.

Cũng trong thời gian này, Viettel đang tiến hành giải phóng các thuê bao 2G ra khỏi băng tần 1800MHz, dành toàn bộ băng tần này cho cho mạng 4G. Khi hoàn tất, dung lượng toàn mạng 4G tốc độ cao của Viettel tăng thêm 25% so với hiện tại vì không phải chia sẻ với mạng 2G. Viettel trở thành nhà mạng duy nhất tại Việt Nam triển khai mạng 4G trên cả băng tần 1800MHz và 2100MHz.

Ông Lê Văn Tuấn, Cục trưởng Cục Tần số vô tuyến điện đánh giá, trong khi 2G và 3G đang dần suy giảm, dự báo trong giai đoạn 2019 - 2024, 4G vẫn đóng vai trò dẫn dắt. Theo số liệu thống kê tháng 5/2018, Việt Nam có trên 123 triệu thuê bao di động, trong đó khoảng 20,8 triệu thuê bao 4G, chiếm 40% tổng số thuê bao di động băng rộng 3G, 4G. Dự báo 4G tại Việt Nam sẽ tăng trưởng và đạt đỉnh vào năm 2024. Từ nay đến 2023, ước tính mức độ tiêu dùng dữ liệu 4G sẽ tăng 9 lần.

Trong năm 2019, Bộ TT&TT tích cực tháo gỡ các khó khăn để cấp phép băng tần bổ sung cho 4G. Theo đó, băng tần 2.6 GHz FDD, với lợi thế lớn về mọi mặt được lựa chọn để cấp phép bổ sung cho 4G. Một số đơn vị chức năng liên quan của Bộ TT&TT cũng đang xây dựng lộ trình loại bỏ các công nghệ di động thế hệ cũ, quy hoạch lại tài nguyên phục vụ cho việc triển khai các công nghệ mới. Theo đó, Cục Viễn thông sẽ phối hợp cùng các doanh nghiệp di động đánh giá ưu nhược điểm và tác động của việc tắt sóng 3G hoặc 2G để giải phóng băng chuyển sang dùng cho 4G báo cáo Bộ TT&TT để có thể tuyên bố kế hoạch tắt sóng 3G hoặc 2G trong thời gian sớm nhất. Về vấn đề này, ông Phạm Đức Long, Tổng Giám đốc VNPT chia sẻ, đơn vị này đang tiếp tục thực hiện quy hoạch và phát triển mạng 4G,

với mục tiêu nâng cao trải nghiệm khách hàng, vừa tiếp tục triển khai mạng 4G trên công nghệ tiên tiến LTE-Advanced Pro cho phép gộp các băng tần của 4G để tăng tốc tối đa trên các băng tần 4G gồm có 1800Mhz, 2100Mhz, 2600Mhz sau khi được Bộ TT&TT cấp phép.

Hãng Ericsson vừa công bố bản báo cáo di động tháng 6/2019 của hãng (Ericsson Mobility Report), cho thấy dung lượng dữ liệu mỗi tháng trên mỗi máy smartphone sẽ tăng từ 3,6GB lên tới 17GB với tỷ lệ tăng trưởng CAGR là 29% tại Đông Nam Á và châu Đại Dương. Nguyên nhân là do số lượng thuê bao 4G LTE tăng mạnh, và người dùng trẻ tuổi thay đổi thói quen xem video trên di động. 4G LTE tiếp tục là công nghệ truy cập chiếm ưu thế nhất đến năm 2024 trong khu vực.

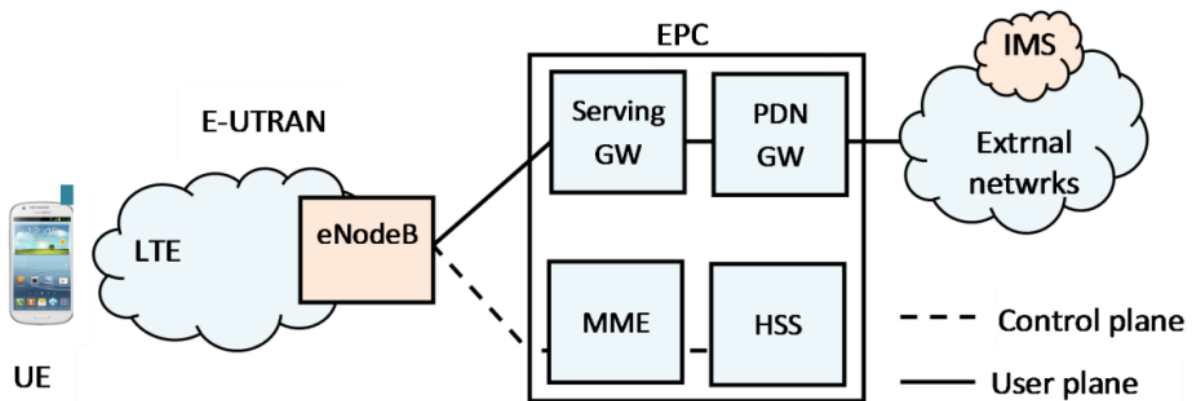
1.4. Kết luận chương

Trong chương 1 luận văn đã đi sâu vào nghiên cứu, tìm hiểu và giới thiệu tổng quan mạng 4G/LTE bao gồm mục tiêu thiết kế, tiềm năng công nghệ, hiệu suất hệ thống, các thông số lớp vật lý, dịch vụ của LTE, và tình hình triển khai mạng di động 4G tại Việt Nam. Những nội dung nghiên cứu cũng cho thấy rằng dựa trên công nghệ 4G/LTE với những đặc tính nổi trội như tốc độ, băng thông,... các doanh nghiệp viễn thông tại Việt Nam đã và đang tập trung nghiên cứu, triển khai rộng rãi trên cả nước và đây chính là tiền đề, nền tảng cho việc triển khai các dịch vụ data, video của các nhà mạng, đáp ứng nhu cầu sử dụng dịch vụ ngày càng cao của khách hàng.

CHƯƠNG 2. CÁC KỸ THUẬT TRONG 4G/LTE ADVANCED

2.1. Cấu trúc mạng 4G

LTE được thiết kế để hỗ trợ cho các dịch vụ chuyển mạch gói, đối lập với chuyển mạch kênh truyền thống. Nó hướng đến cung cấp các kết nối IP giữa các UE (User Equipment) và PDN (Packet Data Network), mà không có bất kì sự ngắt quãng nào đối với những ứng dụng của người dùng trong suốt quá trình di chuyển. Hình 2.1 dưới đây sẽ mô tả chi tiết cấu trúc cơ bản của 4G/LTE [1].



Hình 2.1: Cấu trúc cơ bản của LTE

Chức năng của thiết bị người sử dụng UE bao gồm:

- Chứa USIM (Universal Subscriber Identity Module) là thẻ nhớ thông minh sử dụng trên điện thoại di động, lưu trữ những thông tin như số điện thoại, mã số mạng di động, số PIN, số điện thoại cá nhân và các thông tin cần thiết khác khi sử dụng điện thoại.
- Hỗ trợ các dịch vụ và ứng dụng.
- Màn hình vô tuyến và vận hành chuyển tải tới kênh phát triển nodeB.
- Hỗ trợ các giao diện đường lên LTE và đường xuống giao tiếp không khí.

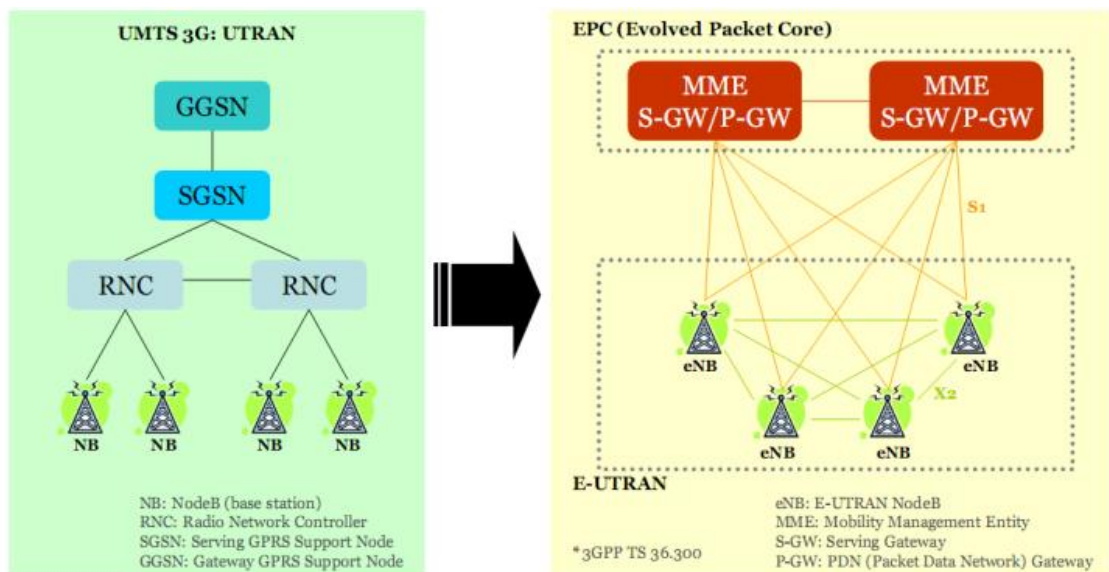
Mạng truy nhập vô tuyến E-UTRAN: Mặc dù UMTS, HSDPA và HSUPA cùng các phiên bản phát triển của chúng đã có thể cung cấp truyền tải dữ liệu với tốc độ cao, sử dụng dữ liệu không dây. Tuy nhiên do nhu cầu của các dịch vụ và nội

dung trên đường truyền đòi hỏi các nhà mạng phải có tốc độ nhanh hơn nhưng lại phải giảm chi phí cho người sử dụng tại đầu cuối. Do đó 3GPP đã phát triển một giao diện vô tuyến mới để đáp ứng các nhu cầu này. E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) đã ra đời và là phiên bản nâng cấp của giao diện vô tuyến cho các mạng di động.

2.1.1. Cấu trúc cơ bản SAE của LTE

Quá trình nghiên cứu phát triển UMTS lên 3G phát triển và tiến dần đến 4G là việc đưa ra công nghệ HSPA (High Speed Packet Access: Đa truy nhập gói tốc độ cao) và LTE (Long term Evolution: Phát triển dài hạn) cho phần vô tuyến và SAE (System Architecture Evolution: phát triển kiến trúc hệ thống) cho phần mạng.

LTE không chỉ đề cập tới sự tiến triển của việc truy cập vô tuyến thông qua E-UTRAN (Evolved-UTRAN), nó còn được kết hợp cùng với các phương diện cải tiến “không vô tuyến” dưới thuật ngữ SAE bao gồm mạng lõi gói cải tiến EPC (Evolved Packet Core) [4]. LTE cùng với SAE tạo thành hệ thống gói cải tiến EPS (Evolved Packet System). Chính cách tiếp cận mới về mạng lõi mà mạng SAE mang lại một số thay đổi lớn và cho phép truyền dữ liệu hiệu quả hơn với tốc độ dữ liệu cao hơn.



Hình 2.2: Sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ UTRAN sang E-UTRAN

Hình 2.2 cho thấy các thành phần chính của một mạng lõi và mạng truy nhập vô tuyến LTE. So sánh với UMTS, mạng vô tuyến ít phức tạp hơn. Mục đích chính của LTE là tối thiểu hóa số Node. Vì vậy, người ta đã quyết định rằng các RNC nên được gỡ bỏ, và chức năng của chúng đã được chuyển một phần sang các trạm cơ sở và một phần sang nút Gateway của mạng lõi. Để phân biệt với các trạm cơ sở UMTS, các trạm cơ sở của LTE được gọi là Enhanced NodeB (eNodeB). Bởi vì không còn phân tử điều khiển ở trung ương trong mạng vô tuyến nữa nên giờ đây các trạm cơ sở thực hiện chức năng quản lý dữ liệu truyền tải một cách tự lập, và bảo đảm chất lượng dịch vụ. Tuy nhiên các RNC vẫn điều khiển các kênh truyền tải dành cho dịch vụ thoại chuyển kênh.

Một trong những thay đổi lớn nhất trong kiến trúc mạng LTE là trong khu vực mạng lõi chỉ sử dụng một phương thức chuyển mạch duy nhất đó là chuyển mạch gói. Kiến trúc của mạng lõi EPC hướng tới là một kiến trúc đơn giản, một kiến trúc all – IP cùng với việc phân chia lưu lượng theo các mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người sử dụng, hỗ trợ tốc độ cao hơn và trễ nhỏ hơn nhưng lại giảm được chi phí. Các thành phần của mạng lõi EPC [2] bao gồm:

Cổng phục vụ (Serving Gateway S – GW)

Là một node kết thúc trong giao diện hướng tới E-UTRAN, chức năng của S-GW là quản lý các đường hầm và việc chuyển mạch trên mặt phẳng người sử dụng. Nó được xem như một trạm di động địa phương để cung cấp các thông báo dữ liệu khi UE di chuyển giữa các Node B (eNB) nó cũng cung cấp các trạm di động để kết nối liên mạng với các kỹ thuật khác của 3GPP như GPRS và UMTS. Ngoài ra, cổng này có nhiệm vụ giữ thông tin về các thông báo khi UE trong tình trạng rỗi và làm bộ đệm tạm thời cho dữ liệu hướng xuống trong khi MME bắt đầu nhận tin thông báo thiết lập lại đến UE. Khi các UE ở trạng thái rỗi, S-GW kết thúc đường dữ liệu

Dowlink và kích hoạt tìm gọi khi dữ liệu Dowlink chuyển tới UE. Tất cả các gói IP người dùng được chuyển đi thông qua S-GW (định tuyến và chuyển tiếp gói tin).

Cổng mạng dữ liệu gói P-GW (Packet Data Network – Gateway)

P-GW là các bộ định tuyến biên giữa EPS và các mạng chuyển mạch gói khác. Nó cung cấp kết nối cho UE tới các mạng dữ liệu gói bên ngoài tại các điểm vào ra của lưu lượng cho UE, một UE có thể đồng thời kết nối với nhiều hơn một P-GW. Chức năng chính của nó là:

- Chịu trách nhiệm định vị địa chỉ IP cho UE
- Hỗ trợ tính cước
- Lọc gói cho mỗi người dùng (per – user packet)
- Cung cấp khả năng kết nối bảo mật giữa các UE được kết nối từ một mạng truy cập không tin cậy

Trong trường hợp UE muốn cấu hình địa chỉ sau khi link layer được kết nối. P-GW bao gồm cả PCEF (Policy and Charging Enforcement Function), điều này có nghĩa là P-GW thực hiện các chức năng chọn và lọc lưu lượng theo các chính sách được thiết lập cho UE và các dịch vụ theo yêu cầu, P-GW sẽ thu thập và báo cáo các thông tin liên quan tới việc tính cước. Lưu lượng trên mặt phẳng người sử dụng giữa P-GW và các mạng ngoài sẽ được định dạng theo các gói tin IP và đi theo các luồng dịch vụ IP khác nhau [1].

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

Thực thể quản lý tính di động MME là thành phần điều khiển chính trong mạng lõi EPC. Thông thường MME là các máy chủ được đặt tại một vị trí an toàn của nhà cung cấp. MME chỉ hoạt động trên mặt phẳng điều khiển và không tham gia vào việc truyền dữ liệu trên mặt phẳng người sử dụng. Trong kiến trúc của LTE, không có các giao diện kết nối trực tiếp từ MME tới UE tuy nhiên MME có một kết nối logic trực tiếp tới UE trên mặt phẳng điều khiển, kết nối này được sử dụng như một kênh điều khiển chính giữa UE và mạng. Chức năng chính của MME bao gồm:

- MME cung cấp chức năng chuyển đổi tính lưu động giữa LTE và mạng truy nhập 2G/3G.

- Trạng thái UE rỗi – Idle theo dõi và khả năng liên lạc (bao gồm điều khiển và thực hiện các chuyển tiếp tìm gọi).

- Chịu trách nhiệm quản lý hồ sơ thuê bao và dịch vụ kết nối: Tại thời điểm một UE đăng ký vào mạng, MME có trách nhiệm lấy hồ sơ thuê bao từ mạng chủ thuê bao thường trú HSS và lưu trữ thông tin này trong suốt thời gian phục vụ UE. Nó cũng ghi lại vị trí của người sử dụng đối với các nút điều khiển mạng mà người sử dụng đã kết nối tới.

- MME là điểm cuối cùng trong mạng để thực hiện việc xác thực và bảo mật: Khi một UE đăng ký vào mạng lần đầu tiên, MME sẽ thực hiện việc khởi tạo việc xác thực theo các bước sau: Đầu tiên MME sẽ tìm kiếm định danh thường trú của UE từ các mạng khác hoặc từ chính UE, sau đó yêu cầu từ máy chủ quản lý thuê bao thường trú trong mạng chủ của UE các vector xác thực có chứa các cặp tham số xác thực có dạng yêu cầu – đáp ứng; gửi các yêu cầu tới UE và so sánh đáp ứng nhận được từ UE với một đáp ứng nhận được từ mạng chủ. Chức năng này là cần thiết để đảm bảo rằng UE đúng là thiết bị mà MME đang cần xác thực. MME có thể lặp lại việc xác thực khi cần hoặc theo các chu kỳ. MME sẽ tính toán để tạo ra các khóa mã hóa và khóa bảo vệ toàn vẹn từ các khóa chính nhận được trong các vector xác thực của mạng chủ, và nó sẽ điều khiển các thiết lập liên quan trong mạng truy nhập vô tuyến E-UTRAN cho các mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người sử dụng một cách riêng biệt. Để bảo vệ sự riêng tư của UE, MME sẽ cung cấp cho mỗi UE một định danh tạm thời Globally Unique Temporary Identity (GUTI), điều này giúp cho việc gửi các định danh thường trú của UE–International Mobile Subscriber Identity (IMSI) trên giao diện vô tuyến được tối thiểu hóa. Các định danh GUTI có thể được cấp lại theo định kỳ để ngăn chặn việc theo dõi UE không được xác thực.

Chức năng chính sách và quy định tính phí PCRF (Policy and charging rules Function)

PCRF là nút phần mềm được chỉ định trong thời gian thực để xác định các quy tắc chính sách trong một mạng đa phương tiện. Nó tạo ra giao diện với các chức năng ứng dụng như proxy – chức năng điều khiển cuộc gọi hoặc các ứng dụng chính sách kích hoạt khác.

Trong thời gian thực, hỗ trợ việc tạo ra các quy tắc và sau đó tự động đưa ra quyết định chính sách cho mỗi thuê bao đang hoạt động trên mạng. Một mạng lưới như vậy có thể cung cấp nhiều dịch vụ, chất lượng dịch vụ (QoS) cấp và các quy tắc tính cước.

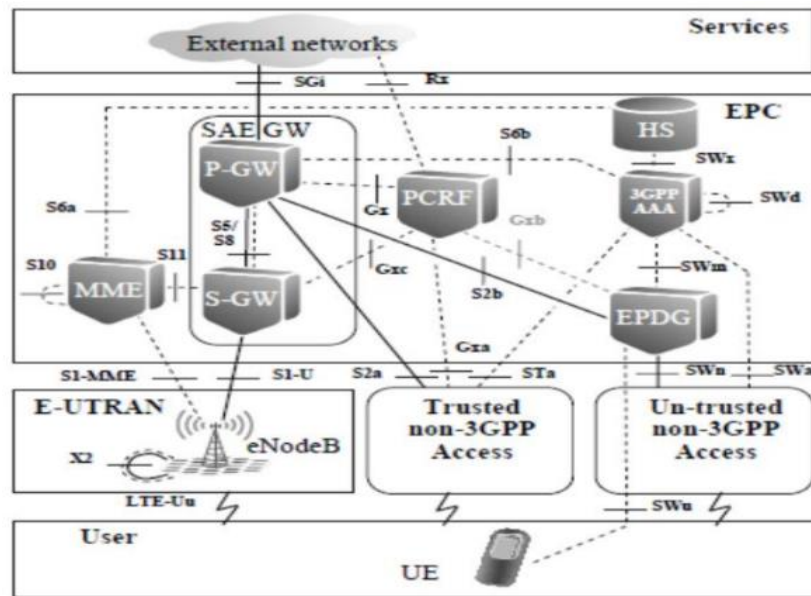
Máy chủ quản lý thuê bao thường trú (Home Subscriber Server HSS)

HSS là một trung tâm lưu trữ dữ liệu của thuê bao cho tất cả dữ liệu của người dùng. Nó là cơ sở dữ liệu chủ trong trung tâm của nhà khai thác, có chức năng là:

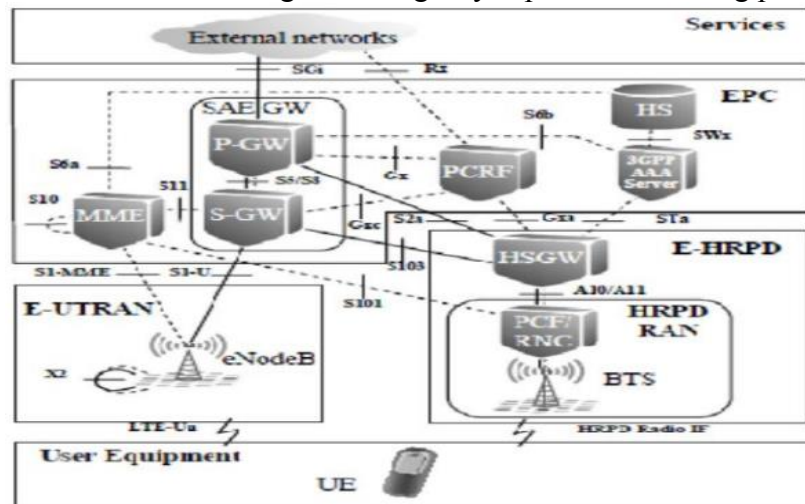
- Lưu giữ và bảo mật mọi thông tin liên quan đến người sử dụng
- Vector xác thực và khóa bảo mật cho mỗi UE
- Địa chỉ của đơn vị phục vụ quản lý di động hiện nay (MME)

2.1.2. Cấu trúc của LTE liên kết với các mạng khác

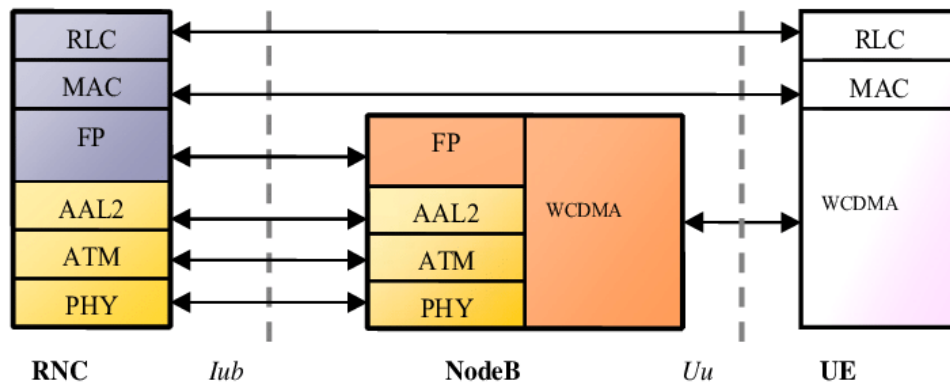
Kiến trúc hệ thống 4G LTE/SAE tương tác với các mạng 2G và 3G GPRS/UMTS. EPS [10] cũng hỗ trợ kết nối và chuyển giao với các mạng dùng kỹ thuật truy cập vô tuyến khác như GSM, UMTS, CDMA2000 và WIMAX. Kiến trúc đó được chỉ ra trên hình 2.3 và 2.4.



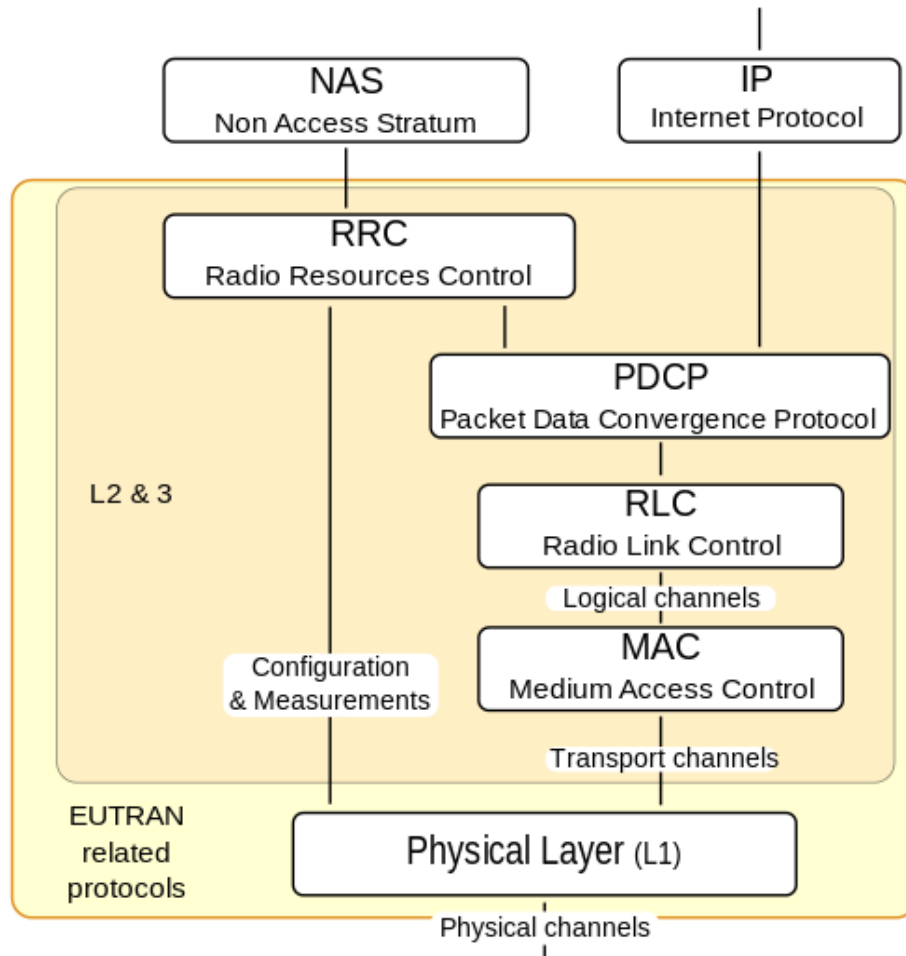
Hình 2.3: Cấu trúc hệ thống cho mạng truy cập 3GPP và không phải 3GPP



Hình 2.4: Cấu trúc hệ thống cho mạng 3GPP và liên mạng với CDMA 2000



Hình 2.5: Giao thức UTRAN



Hình 2.6: Giao thức E-UTRAN

Giao thức E-UTRAN phát triển thêm của UTRAN bằng cách thêm L1 và MAC mới. Chức năng của MAC (Medium Access Control) bao gồm:

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

2.2. Các kênh trên giao diện vô tuyến 4G

2.2.1. *Kênh logic*

Kênh logic trong giao diện vô tuyến 4G được định nghĩa bởi thông tin nó mang bao gồm:

- Kênh điều khiển quảng bá (BCCH): Được sử dụng để truyền thông tin điều khiển hệ thống từ mạng đến tất cả máy di động trong cell. Trước khi truy cập hệ thống, đầu cuối di động phải đọc thông tin phát trên BCCH để biết được hệ thống được lập cấu hình như thế nào, ví dụ như băng thông hệ thống.
- Kênh điều khiển tìm gọi (PCCH): Được sử dụng để tìm gọi các đầu cuối di động vì mạng không thể biết được vị trí của chúng ở cấp độ ô và vì thế cần phát các bản tin tìm gọi trong nhiều ô (vùng định vị).
- Kênh điều khiển riêng (DCCH): Được sử dụng để truyền thông tin điều khiển tới/từ một đầu cuối di động. Kênh này được sử dụng cho cấu hình riêng của các đầu cuối di động như các bản tin chuyển giao khác nhau.
- Kênh lưu lượng riêng (DTCH): Được sử dụng để truyền số liệu của người sử dụng đến/từ một đầu cuối di động. Đây là kiểu logic được sử dụng để truyền tất cả số liệu đường lên và số liệu đường xuống của người dùng không phải MBMS.
- Kênh lưu lượng đa phương (MTCH): Được sử dụng để phát các dịch vụ MBMS.

2.2.2. *Kênh truyền tải*

Kênh truyền tải trong mạng thông tin di động 4G, bao gồm các kênh sau:

- Kênh quảng bá (BCH): Có khuôn dạng truyền tải cố định do chuẩn cung cấp. Nó được sử dụng để phát thông tin trên kênh logic.
- Kênh tìm gọi (PCH): Được sử dụng để phát thông tin tìm gọi trên kênh PCCH, PCH hỗ trợ thu không liên tục (DRX) để cho phép đầu cuối tiết kiệm công suất ắc quy bằng cách tắt và chỉ mở để thu PCH tại các thời điểm quy định trước.
- Kênh chia sẻ đường xuống (DL-SCH): Là kênh truyền tải để phát số liệu đường xuống trong LTE. Nó hỗ trợ các chức năng của LTE như thích ứng tốc độ động và lập biểu phụ thuộc kênh trong miền thời gian và miền tần số. Nó cũng hỗ trợ DRX để giảm tiêu thụ công suất của đầu cuối di động mà vẫn đảm bảo cảm giác luôn kết nối giống như cơ chế CPC trong HAS.

- Kênh đa phương (MCH): Được sử dụng để hỗ trợ MBMS. Nó được đặc trưng bởi khuôn dạng truyền tải bán tĩnh và lập biểu bán tĩnh.

2.2.3. Kênh vật lý

Các kênh vật lý sử dụng cho dữ liệu người dùng bao gồm:

- Kênh vật lý chia sẻ đường xuống (PDSCH_Physical Downlink Shared Chanel): Phụ tải có ích (payload)
- Kênh vật lý điều khiển đường xuống (PDCCH_Physical Downlink Control Chanel): Lập biểu, ACK/NAK
- Kênh vật lý quảng bá (PBCH_Physical Broadcast Chanel): Mang các thông tin đặc trưng của cell.
- Kênh vật lý chia sẻ đường lên (PUSCH_Physical Uplink Shared Chanel): Được dùng để mang dữ liệu người dùng. Các tài nguyên cho PUSCH được chỉ định trên một subframe cơ bản bởi việc lập biểu đường lên. Các sóng mang được chỉ định là 12 khối tài nguyên (RB) và có thể nhảy từ subframe này đến subframe khác. PUSCH có thể dùng các kiểu điều chế QPSK, 16QAM, 64QAM.
- Kênh vật lý điều khiển đường lên (PUCCH_Physical Uplink Control Channel): Có chức năng lập biểu, ACK/NAK.

2.3. Kiến trúc giao thức 4G

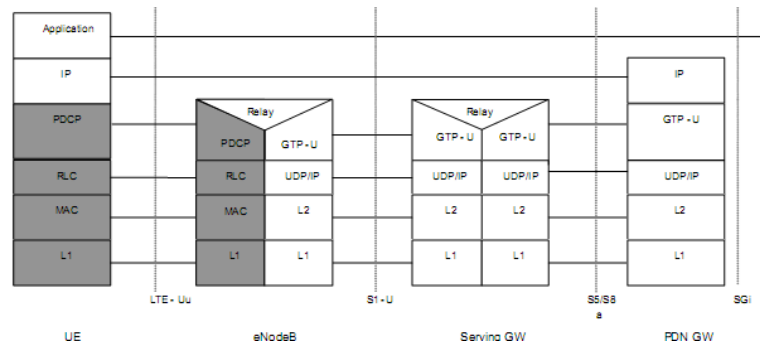
Ở 4G/LTE chức năng của RLC đã được chuyển vào eNodeB, cũng như chức năng của PDCP với mã hóa và chèn tiêu đề. Vì vậy, các giao thức liên quan của lớp vô tuyến được chia trước đây ở UTRAN là giữa NodeB và RNC bây giờ chuyển thành giữa UE và eNodeB.

Cùng một mục đích như E_UTRAN, số node trong EPC đã được giảm. EPC chia luồng dữ liệu người dùng thành mặt phẳng người sử dụng và mặt phẳng điều khiển. Mỗi node cụ thể được định nghĩa cho mỗi mặt phẳng cộng với Gateway chung kết nối mạng LTE với Internet và những hệ thống khác.

2.3.1. Mặt phẳng người sử dụng, UP

Một gói IP của UE được đóng gói trong một EPC- giao thức và đường hầm cụ thể giữa P-GW và eNodeB để truyền đến UE. Các giao thức xuyên hầm khác nhau được dùng với các đường giao tiếp khác nhau. Một giao thức xuyên hầm trong

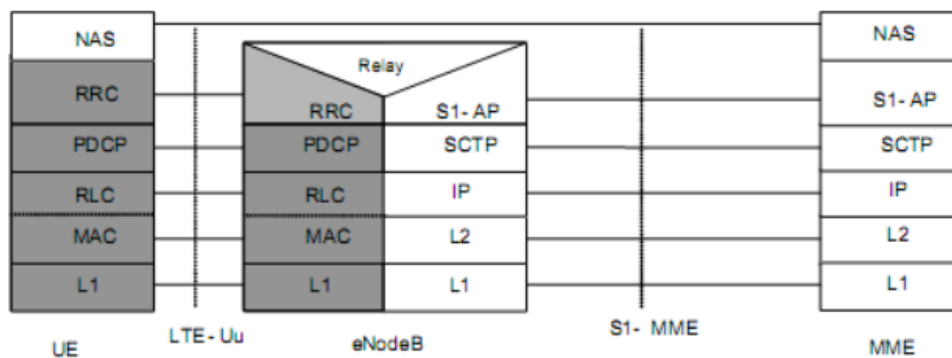
3GPP gọi là giao thức xuyên hầm GPRS (GPRS Tunnelling Protocol) được sử dụng trong các đường giao tiếp của mạng lõi, S1 và S5/S8. Giao thức mặt phẳng người dùng E-UTRAN có màu xám như hình 2.7, bao gồm các lớp con PDCP (Packet Data Convergence Protocol), RLC (Radio Link Control) và MAC (Medium Access Control).



Hình 2.7: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người dùng của E-UTRAN

Điều khiển dữ liệu trong suốt quá trình chuyển giao: Do thiếu Node điều khiển trung tâm, việc đệm dữ liệu trong suốt quá trình chuyển giao phụ thuộc vào tính di động người dùng trong suốt quá trình chuyển giao phải được thực hiện bởi chính eNodeB. PDCP chịu trách nhiệm bảo vệ dữ liệu trong suốt quá trình chuyển giao. Cả hai lớp RLC và MAC bắt đầu lại từ đầu trong một cell mới sau khi chuyển giao.

2.3.2. Mặt phẳng điều khiển, CP



Hình 2.8: Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người điều khiển của E-UTRAN

Vùng màu xám chỉ ra các giao thức tầng truy cập. Các lớp thấp hơn hoạt động với cùng chức năng như bên mặt phẳng người dùng, chỉ khác ở chỗ là không nén Header. Giao thức RRC được biết đến như giao thức lớp 3 trong tầng truy cập. Nó có chức năng điều khiển chính trong tầng truy cập, chịu trách nhiệm thiết lập các

thông báo vô tuyến và cấu hình tất cả các lớp thấp hơn sử dụng báo hiệu RRC giữa eNodeB và UE.

2.4. Chuyển giao

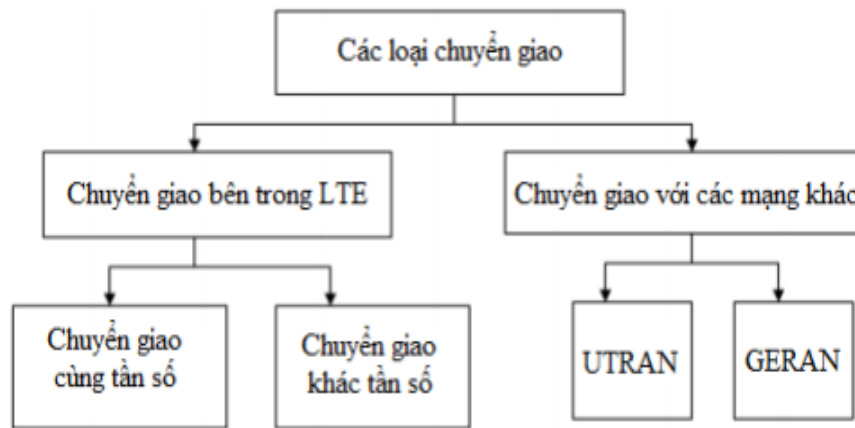
Chuyển giao là phương tiện cần thiết để thuê bao có thể di chuyển trong mạng. Khi thuê bao chuyển động từ vùng phủ sóng của ô này sang một ô khác thì kết nối với ô mới phải được thiết lập và kết nối với ô cũ phải được hủy bỏ.

2.4.1. Mục đích chuyển giao

Lý do cơ bản của chuyển giao là kết nối vô tuyến không thỏa mãn một bộ tiêu chuẩn nhất định và do đó hoặc UE hoặc UTRAN sẽ thực hiện các công việc để cải thiện kết nối đó.

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 phần mềm 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 2.9: Các loại chuyển giao

2.4.2. *Trình tự 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 $\pm 2,5$ 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.

Trình tự chuyển giao giữa hai cell trong LTE thực hiện qua 3 pha như sau:

- Pha đo lường: UE truyền báo cáo đo lường đến eNode B. Trong báo cáo này là đo lường cho một cell đích với mức RSRP cao hơn cell đang phục vụ.
- Pha quyết định: eNodeB nguồn quyết định chuyển giao là cần thiết, khi đó xác định cell đích phù hợp và yêu cầu truy cập đến eNodeB đích đang điều khiển cell đích.
- Pha thực hiện: eNodeB đích chấp nhận yêu cầu chuyển giao và cung cấp cho eNodeB nguồn các thông số đòi hỏi cho UE để truy cập đến cell đích để chuyển giao có thể thực thi các thông số đó bao gồm cell ID tần số sóng mang và tài nguyên chỉ định cho đường xuống và đường lên. eNode B nguồn gửi một bản tin “mobility from E-UTRAN” đến UE. UE nhận được bản tin, ngắt kết nối vô tuyến với eNodeB nguồn và thiết lập kết nối mới với eNodeB đích. Trong suốt thời gian này, đường truyền dữ liệu bị ngắt.

2.4.3. LTE Advanced đa sóng mang và MIMO siêu cao

Trung tâm của LTE là ý tưởng của kỹ thuật đa anten, được sử dụng để tăng vùng phủ sóng và khả năng của lớp vật lý [6]. Các chế độ, bao gồm:

- Đơn đầu vào đơn đầu ra (SISO): Chế độ truy nhập kênh vô tuyến đơn giản nhất là đơn đầu vào đơn đầu ra SISO, trong đó chỉ có một anten phát và một anten thu được sử dụng. Đây là hình thức truyền thông mặc định kể từ khi truyền vô tuyến bắt đầu và nó là cơ sở để dựa vào đó tất cả các kỹ thuật đa anten được so sánh.
- Đơn đầu vào đa đầu ra (SIMO): Chế độ này sử dụng một máy phát và hai hoặc nhiều máy thu. SIMO thường được gọi là phân tập thu. Chế độ truy nhập kênh vô tuyến này đặc biệt thích hợp cho các điều kiện tín hiệu nhiễu SNR thấp. Trong đó có một đội lợi lý thuyết có thể đạt được là 3dB khi hai máy thu được sử dụng, không có thay đổi về tốc độ dữ liệu khi chỉ có một dòng dữ liệu được truyền, nhưng vùng phủ sóng ở biên được cải thiện do sự giảm của SNR.
- Đa đầu vào đơn đầu ra (MISO): Chế độ này sử dụng từ 2 máy phát và một máy thu. MISO thường được gọi là phân tập phát. Cùng một dữ liệu được gửi trên

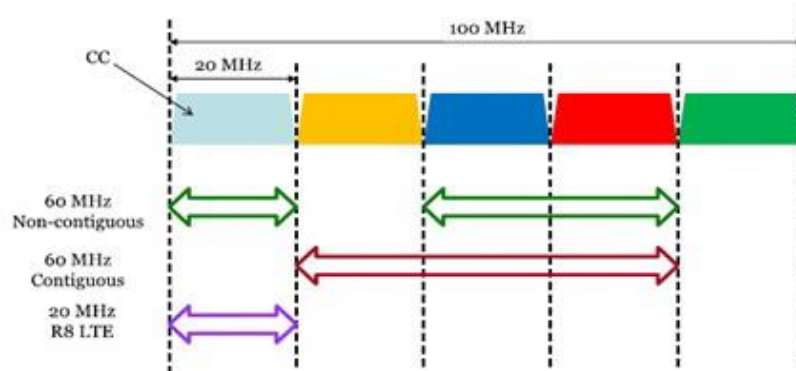
cả hai anten phát nhưng với chế độ mã hóa nên máy thu chỉ có thể nhận biết từng máy phát. Phân tập phát làm tăng mạnh tín hiệu bị fading và có thể làm tăng hiệu suất trong những điều kiện SNR thấp. MISO không làm tăng tốc độ dữ liệu nhưng nó hỗ trợ các tốc độ dữ liệu tương tự nhau bằng cách sử dụng ít năng lượng hơn.

- Đa đầu vào đa đầu ra (MIMO): Đây là chế độ truyền đầy đủ, yêu cầu từ 2 máy phát và từ 2 máy thu. MIMO làm tăng công suất phổ bằng cách phát nhiều luồng dữ liệu cùng một lúc trong cùng một tần số và thời gian, tận dụng đầy đủ các lợi thế của các đường dẫn khác nhau trong kênh vô tuyến. Đối với một hệ thống được mô tả như MIMO, nó phải có ít nhất là nhiều máy thu với nhiều luồng phát. Số lượng các luồng phát không được nhầm lẫn với số lượng các anten phát.

Hiện nay, tính năng mới của LTE-Advanced là kỹ thuật cộng gộp sóng mang, kỹ thuật MIMO với 8 cặp anten tải xuống và 4 cặp anten tải lên, kỹ thuật truyền chuyển tiếp, kỹ thuật điều khiển giảm can nhiễu tăng cường giữa các tế bào, kỹ thuật phối hợp đa điểm.

❖ *Cộng gộp sóng mang (carrier aggregation)*

Việc cộng gộp sóng mang là một trong những tính năng quan trọng nhất của LTE-A phiên bản 10 để tăng tổng băng thông có sẵn cho một thiết bị di động và do đó đạt được tốc độ bit tối đa. Mỗi sóng mang kết hợp gọi là một sóng mang thành phần CC (Component Carrier), sóng mang thành phần có thể có băng thông 1; 4; 3; 5; 10; 15MHz hoặc 20 MHz. Trong LTE, thông thường chỉ có thể truyền tải dữ liệu nhờ sử dụng các đoạn phổ tần số liên kề có độ rộng tối đa là 20MHz. Còn trong LTE-A, công nghệ cộng gộp sóng mang cho phép kết hợp những kênh nhỏ hay còn gọi là sóng mang trên các băng tần khác nhau, tách biệt thành “một kênh cực lớn”, do đó về cơ bản có thể tăng tốc độ dữ liệu khả dụng cho mỗi khách hàng lên nhiều lần. Chuẩn LTE-Advanced cho phép nhà mạng kết hợp tối đa năm sóng mang với băng thông 20MHz thành một kênh có băng thông 100MHz cao gấp năm lần băng thông của LTE thông thường.



Hình 2.10: Cộng gộp sóng mang (carrier aggregation)

❖ *Kỹ thuật đa đầu vào, đa đầu ra MIMO (Multiple Input, Multiple Output)*

MIMO cho phép các trạm thu phát và các thiết bị di động gửi và nhận dữ liệu bằng nhiều anten. LTE có hỗ trợ phần nào MIMO nhưng chỉ cho chiều tải xuống. Ngoài ra chuẩn này còn giới hạn số lượng anten ở mức tối đa là bốn bộ phát ở phía trạm thu phát và bốn bộ thu ở thiết bị di động. LTE-Advanced thì cho phép tối đa tám cặp thu phát ở chiều tải xuống và bốn cặp ở chiều tải lên.

❖ MIMO thực hiện hai chức năng:

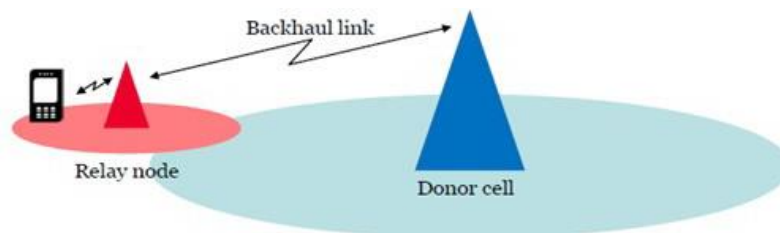
- Ở môi trường không dây khả năng xảy ra can nhiễu cao như tại rìa các cell hoặc trong một ô tô đang di chuyển, các bộ phát và thu sẽ phối hợp với nhau để tập trung tín hiệu vô tuyến vào một hướng cụ thể. Chức năng tạo búp sóng (beamforming) này giúp cho tín hiệu thu được mạnh lên mà không cần phải tăng công suất phát.

- Khi cường độ tín hiệu mong muốn mạnh còn tín hiệu nhiễu yếu, như khi người dùng đứng yên và ở gần trạm phát thì MIMO có thể được dùng để làm tăng tốc độ dữ liệu hay tăng số lượng người dùng mà không phải dùng thêm phổ tần số. Kỹ thuật này có tên là “ghép kênh không gian” (spatial multiplexing) giúp nhiều luồng dữ liệu được truyền đi cùng lúc, trên cùng tần số sóng mang. Ví dụ, một trạm thu phát với tám bộ phát có thể truyền đồng thời tám luồng tín hiệu tới một máy điện thoại có tám bộ thu. Do mỗi luồng dữ liệu tới mỗi bộ thu có hướng, cường độ và thời gian hơi khác nhau một chút nên các thuật toán xử lý trong máy có thể kết

hợp chúng với nhau và dựa vào những khác biệt này để tìm ra các luồng dữ liệu gốc. Thông thường thì ghép kênh theo không gian có thể làm tăng tốc độ dữ liệu tỷ lệ thuận với số cặp anten thu phát. Do vậy, trong trường hợp khả quan nhất, tám cặp thu phát có thể tăng tốc độ dữ liệu lên khoảng tám lần.

❖ *Công nghệ truyền chuyển tiếp (relaying)*

Công nghệ truyền nối tiếp được dùng để mở rộng vùng phủ sóng tới những nơi có tín hiệu yếu. Thông thường các bộ truyền nối tiếp hay còn gọi là bộ lặp lại khá đơn giản, chúng nhận tín hiệu, khuếch đại, rồi truyền đi. LTE-Advanced hỗ trợ các chế độ truyền nối tiếp tiên tiến hơn. Trước tiên nó sẽ giải mã tất cả các dữ liệu thu được rồi sau đó chỉ chuyển đi những dữ liệu có đích đến là các thiết bị di động mà mỗi bộ truyền nối tiếp đang phục vụ. Phương pháp này giúp giảm can nhiễu và tăng số lượng máy di động kết nối tới bộ truyền nối tiếp. LTE-Advanced còn cho phép các bộ truyền nối tiếp dùng cùng phổ tần số và các giao thức của trạm thu phát để liên lạc với trạm thu phát và với các thiết bị đầu cuối. Lợi thế của việc này là nó cho phép các máy LTE kết nối tới bộ truyền nối tiếp như thể đó là một trạm thu phát thông thường. Bộ truyền nối tiếp sẽ chỉ phát sóng vào những thời điểm cụ thể khi mà trạm thu phát không hoạt động để tránh gây nhiễu cho trạm thu phát. Dưới đây là hình vẽ nút chuyển tiếp (Relay node) dùng để mở rộng phủ sóng và được kết nối với nút chủ gọi là Donor cell qua giao diện vô tuyến (Backhaul link).



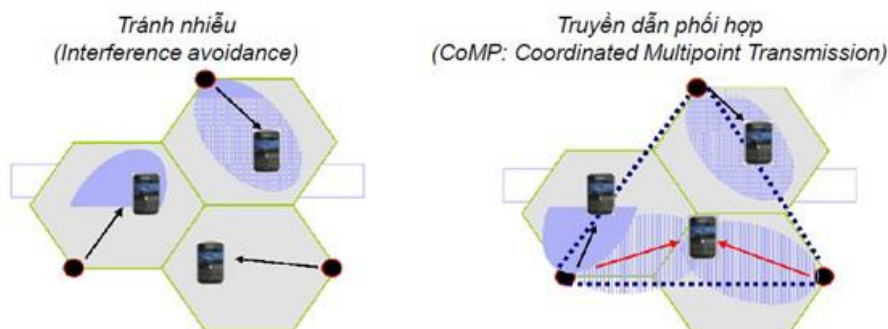
Hình 2.11: Minh họa về công nghệ truyền chuyển tiếp

❖ *Kỹ thuật điều khiển giảm can nhiễu tăng cường giữa các tế bào eICIC (enhanced Inter-Cell Interference Coordination)*

Kỹ thuật điều khiển giảm can nhiễu tăng cường giữa các tế bào được sử dụng trong các hệ thống mạng phức hợp (Heterogeneous network) giúp giải quyết hiện tượng nghẽn mạng. Trong mạng này, các trạm thu phát công suất thấp sẽ tạo ra các cell nhỏ (small cell) nằm chồng lên mạng lưới các cell lớn (macro cell) do các trạm thu phát thông thường có công suất lớn tạo ra. Các trạm thu phát nhỏ với nhiều mức kích cỡ (còn được gọi bằng các tên metro-, micro-, pico-, hay femtocell) để tăng mức tải dữ liệu trong các vùng nóng (hots pot) như vùng đô thị đông đúc. Những bộ thu phát này có kích thước nhỏ gọn, giá thành rẻ, không cần kênh và lắp đặt dễ dàng. Nhưng khi các nhà mạng đặt ngày càng nhiều trạm thu phát vào cùng một khu vực, họ sẽ phải tìm cách để giảm thiểu can nhiễu khó tránh khỏi giữa chúng.

❖ *Kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP (Coordinated MultiPoint)*

Về cơ bản, phối hợp đa điểm cho phép một thiết bị di động cùng một lúc trao đổi dữ liệu với nhiều trạm thu phát. Kỹ thuật này sẽ giúp cải thiện hơn nữa tín hiệu và tăng tốc độ dữ liệu tại rìa cell, nơi mà có thể khó có được một kết nối tốt. Ví dụ như hai trạm thu phát liền kề có thể cùng lúc gửi dữ liệu giống nhau tới một thiết bị do đó tăng khả năng nhận được tín hiệu tốt của thiết bị đó. Tương tự như vậy, một thiết bị cũng có thể cùng một lúc tải dữ liệu lên cả hai trạm thu phát, các trạm này đóng vai trò như một mảng anten ảo sẽ cùng nhau xử lý tín hiệu thu được để loại bỏ lỗi. Hoặc thiết bị có thể tải dữ liệu lên qua cell nhỏ ở gần bên, giúp giảm năng lượng phát trong khi vẫn nhận tín hiệu tải xuống tốt từ một trạm thu phát lớn hơn.



Hình 2.12: Minh họa về kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP

Hiện nay, LTE-A tiếp tục phát triển, áp dụng các tính năng công nghệ của nó nhằm đáp ứng nhu cầu dịch vụ băng rộng ngày càng lớn. Phiên bản nâng cấp của LTE-Advanced được các nhà phát triển gọi là LTE-Advanced Pro với các tính năng công nghệ mới tiếp tục được nghiên cứu, áp dụng.

2.4.4. Mô hình đường xuống của LTE trong kịch bản đa ô

Kỹ thuật chuyển giao cũng như các thuật toán chuyển giao hay các quyết định chuyển giao đều được thực hiện tại mô hình đường xuống của LTE trong kịch bản đa ô cho các người dùng di chuyển giữa các eNodeB. Hai thành phần có liên quan đến là: bộ xử lý chuyển giao và MME/Gateway .

Hệ thống truyền dẫn đường xuống của LTE dựa trên kỹ thuật OFDM. Đây là một hệ thống truyền dẫn đường xuống hấp dẫn với nhiều lý do. Vì thời gian ký tự OFDM tương đối dài trong việc kết hợp với một tiền tố chu trình, nên OFDM cung cấp đủ độ mạnh để chống lại sự lựa chọn tần số kênh (channel frequency selectivity). Kỹ thuật truyền OFDM có thể được xem như là một loại của truyền đa sóng mang. Một số đặc điểm cơ bản của OFDM là:

- Sử dụng một lượng tương đối lớn các sóng mang con băng hẹp. Truyền OFDM sử dụng vài trăm sóng mang con được truyền trên cùng một liên kết vô tuyến đến cùng một máy thu.
- Dạng xung hình chữ nhật đơn giản đáp ứng phổ dạng sinc-square ở mỗi sóng mang.
- Các sóng mang con được sắp xếp chặt chẽ trên miền tần số với khoảng cách giữa các sóng mang con $\Delta f = 1/T_u$, T_u là thời gian điều chế symbol trên mỗi sóng.

Bên cạnh đó, MME là nút điều khiển các node xử lý tín hiệu giữa UE và CN. Giao thức giữa UE và CN là Non-Access Stratum (NAS).

Chức năng chính của MME được phân loại như sau :

- Các chức năng liên quan đến quản lý thông báo: Chức năng này bao gồm thiết lập, duy trì và gỡ bỏ các thông báo và được điều khiển bởi lớp quản lý phiên trong giao thức NAS.

- Các chức năng liên quan đến quản lý kết nối: Bao gồm việc kết nối và bảo mật giữa mạng và UE được điều khiển bởi lớp quản lý tính di động hoặc kết nối trong giao thức NAS.

Các thủ tục lớp không truy cập NAS (Non-Access Stratum): Các thủ tục NAS là các thủ tục quản lý kết nối đặc biệt, về cơ bản giống với UMTS. Sự khác biệt chính với UMTS là EPS cho phép ghép nối nhiều thủ tục để sự thiết lập của các kết nối và thông báo nhanh hơn. Có thể thấy rằng, trong mạng SAE, MME cung cấp một mức độ đáng kể về chức năng điều khiển tổng thể.

2.5. Kết luận chương

Chương 2 đã khái quát được cấu trúc mạng 4G, các đặc tính kỹ thuật cũng như giới thiệu về khái niệm, mục đích và trình tự chuyển giao trong mạng 4G. Ngoài ra còn khái quát hóa được mô hình đa ô (mô hình chính được sử dụng để xét chuyển giao).

Mạng 4G có ưu điểm vượt trội so với 3G về tốc độ, thời gian trễ nhỏ, hiệu suất sử dụng phổ cao cùng với việc sử dụng băng thông linh hoạt, cấu trúc đơn giản nên giảm được giá thành. Để tạo nên các ưu điểm đó, là nhờ việc sử dụng kỹ thuật OFDMA ở đường xuống. Các sóng mang trực giao với nhau, do đó tiết kiệm băng thông, tăng hiệu suất sử dụng phổ tần và giảm nhiễu ISI. Bên cạnh các ưu điểm đó thì OFDM có khuyết điểm là sự thăng giáng đường bao lớn dẫn đến PAPR lớn, khi PAPR lớn thì đòi hỏi các bộ khuếch đại công suất tuyến tính cao để tránh làm méo dạng tín hiệu, hiệu suất sử dụng công suất thấp vì thế đặc biệt ảnh hưởng đến các thiết bị cầm tay.

Cùng với các kỹ thuật trên LTE còn hỗ trợ MIMO, MIMO là một phần tất yếu của LTE để đạt yêu cầu về thông lượng và hiệu quả sử dụng phổ.

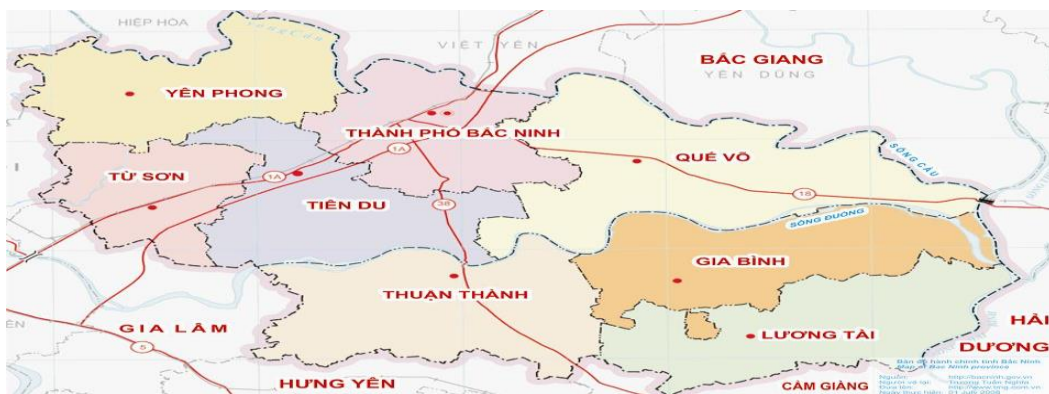
Từ việc khái quát công nghệ LTE, các đặc tính kỹ thuật là tiền đề để tiến hành thiết kế và quy hoạch mạng trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3. QUY HOẠCH, TỐI ƯU MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G VINAPHONE TẠI BẮC NINH

3.1. Khái quát về tình hình chính trị, kinh tế và xã hội của tỉnh Bắc Ninh

Bắc Ninh là một tỉnh nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc, cách trung tâm thủ đô Hà Nội khoảng 30km, cách sân bay Quốc tế Nội Bài 45km, cách cảng biển Hải Phòng 110km, là đầu mối quan trọng giữa Hà Nội với các tỉnh phía Bắc, nằm trên hành lang kinh tế Việt – Trung và trong tam giác tăng trưởng Hà Nội – Hải Phòng – Quảng Ninh. Bắc Ninh có thế mạnh về hệ thống giao thông đồng bộ và thông suốt với rất nhiều trục giao thông lớn chạy qua bao gồm: QL1A, QL1B mới, QL18, QL38, đường cao tốc đi sân bay Quốc tế Nội Bài, có tuyến đường sắt xuyên Việt đi Trung Quốc, các tuyến đường thủy dọc sông Cầu, sông Đuống, sông Thái Bình,... giúp Bắc Ninh dễ dàng kết nối với các trung tâm kinh tế, văn hóa, chính trị và thương mại phía Bắc, có nhiều điều kiện thuận lợi để phát triển về kinh tế - xã hội và khai thác các tiềm năng hiện có của tỉnh [14].

Với diện tích 822,7 km², dân số 1.368.840 người, mật độ dân số 1,664 người/km². Tỉnh có 8 đơn vị hành chính, bao gồm: Thành phố Bắc Ninh, thị xã Từ Sơn và 6 huyện: Tiên Du, Yên Phong, Thuận Thành, Quế Võ, Gia Bình và Lương Tài với 126 đơn vị hành chính cấp xã, trong đó có 94 xã, 26 phường và 6 thị trấn.



Hình 3.1: Bản đồ địa lý tỉnh Bắc Ninh

Những bước phát triển vượt bậc của Bắc Ninh sau hơn 23 năm tái lập được khẳng định trên tất cả các lĩnh vực. Nổi bật nhất là Quy mô nền kinh tế đạt trên 197 nghìn tỷ đồng, xếp thứ 7 cả nước; giá trị sản xuất công nghiệp đạt 1,24 triệu tỷ, đứng thứ nhất toàn quốc; giá trị xuất khẩu đạt hơn 35 tỷ USD; Nếu như tại thời điểm tái lập tỉnh năm 1997, tỉnh chỉ có 4 dự án có vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài với tổng vốn đầu tư đăng ký 177,58 triệu USD, thì đến hết năm 2019, Bắc Ninh đã thu hút 1470 dự án FDI với tổng vốn đầu tư đăng ký sau điều chỉnh: 18.83 tỷ USD. Nhiều tập đoàn xuyên quốc gia lớn trên thế giới đã vào đầu tư tại Bắc Ninh như: Samsung, Hồng Hải, Canon, Pepsi Co,...Thu ngân sách của tỉnh tăng cao, đạt 30.430 tỷ đồng, vượt 11% dự toán, trong đó thu nội địa đạt 24.370 tỷ đồng, vượt 3.034 tỷ đồng. Các vấn đề an sinh và phúc lợi xã hội của tỉnh được đảm bảo, quan tâm ở mức cao hơn so với cả nước, thu nhập bình quân đầu người đạt 6.163 USD, cao gấp 2,23 lần so với bình quân cả nước và đứng thứ 2 toàn quốc, tỷ lệ hộ nghèo giảm còn 1,27%; thiết chế văn hóa thể thao khu công nghiệp được quan tâm; phong trào xây dựng nông thôn mới đạt nhiều kết quả, đến nay đã có 96/97 xã và 7/8 đơn vị cấp huyện đạt chuẩn nông thôn mới.

Đánh giá quá trình phát triển, những thành tựu đạt được sau hơn 20 năm tái lập, tỉnh Bắc Ninh đã tổng kết và nhận định có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến thành công trong quá trình phát triển kinh tế xã hội của tỉnh. Ngoài tinh thần đoàn kết, đồng lòng, toàn đảng bộ, chính quyền và nhân dân trong tỉnh chung một ý chí trong việc xây dựng mô hình tỉnh công nghiệp theo hướng hiện đại; một yếu tố then chốt đem lại thành công cho tỉnh chính là do làm tốt công tác đánh giá, tổng kết việc thực hiện các biện pháp đảm bảo hoạt động cho minh hình tăng trưởng kinh tế, tỉnh đã xây dựng; ban hành, điều chỉnh kịp thời cơ chế chính sách khuyến khích phát triển kinh tế - xã hội; cải thiện môi trường kinh doanh, xây dựng hình ảnh địa phương, xây dựng các chính sách an sinh xã hội.

Thực hiện, chỉ đạo của Chính phủ, tỉnh Bắc Ninh đã thể hiện rõ quan điểm chỉ đạo về việc điều chỉnh chính sách thu hút FDI của tỉnh, thực hiện cải cách thủ

tục hành chính, đơn giản hóa các thủ tục đầu tư, xây dựng, thúc đẩy nhanh việc cải thiện môi trường đầu tư kinh doanh. Trong quá trình thu hút đầu tư, tỉnh Bắc Ninh đưa ra các chính sách ưu tiên thu hút FDI “sử dụng công nghệ cao, công nghệ hiện đại, thân thiện với môi trường, sử dụng có hiệu quả các nguồn tài nguyên, khoáng sản, đất đai”. Đặc biệt tỉnh triển khai thực hiện cơ chế chính sách ưu tiên, ưu đãi thu hút đầu tư nước ngoài vào các ngành, lĩnh vực mũi nhọn của tỉnh. Cơ chế chính sách hỗ trợ, ưu đãi bao gồm: Hỗ trợ về giải phóng mặt bằng; hỗ trợ nhà đầu tư cung ứng và đào tạo lao động; đối với các dự án có quy mô lớn (vốn đầu tư từ 1500 tỷ trở lên), sử dụng công nghệ cao, ngoài các ưu đãi theo quy định chung của chính phủ, nhà đầu tư được UBND tỉnh xem xét hỗ trợ xây dựng cơ chế hỗ trợ ưu đãi đặc thù trình Thủ tướng Chính phủ chấp thuận... Tỉnh cũng hỗ trợ các doanh nghiệp công nghiệp phụ trợ; tăng cường phát triển cơ sở hạ tầng: Giao thông, điện, nước, xử lý rác nước thải và rác thải; chú trọng các ngành dịch vụ có giá trị gia tăng cao như: tài chính, ngân hàng, bảo hiểm, dịch vụ công nghệ thông tin, viễn thông, cung cấp phần mềm và giải pháp, nghiên cứu và phát triển (R&D),... Giai đoạn 2020 - 2030 và tầm nhìn 2030 - 2050 sẽ điều chỉnh nâng dần tỷ trọng vốn FDI trong ngành dịch vụ có giá trị gia tăng cao.

3.2. Khái quát về hiện trạng mạng thông tin di động 2G/3G/4G của VinaPhone tại Bắc Ninh

Trong những năm qua, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của CNTT, các doanh nghiệp (DN) viễn thông trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh đã tập trung đầu tư xây dựng, nâng cấp trạm BTS nhằm mở rộng vùng phủ sóng, nâng cao chất lượng dịch vụ, chống hiện tượng nghẽn mạng,... Có thể nói, việc hoàn thiện hạ tầng viễn thông là điều kiện tiên quyết để góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội, đảm bảo an ninh, quốc phòng của địa phương.

Năm 2017, được phép của lãnh đạo VNPT và Tổng giám đốc công ty Vinaphone, VNPT Bắc Ninh đã chính thức triển khai mạng thông tin di động 4G trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh.

Công nghệ thông tin di động 4G của VNPT Bắc Ninh triển khai trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh là công nghệ 4G LTE của Huawei (Trung Quốc). Các đặc tính cơ bản của công nghệ 4G LTE Huawei là: Các thiết bị LTE của Huawei sử dụng kỹ thuật đa anten MIMO (đa đầu vào và đa đầu ra) với các cấp độ 4x4, 2x4 và 2x2 cho phép trạm gốc truyền đồng thời nhiều luồng dữ liệu trên cùng một sóng mang.

Độ rộng băng thông của các thiết bị LTE của Huawei linh hoạt: Có thể hoạt động với các băng 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz cả chiều lên và xuống. Băng thông cực đỉnh của công nghệ 4G LTE của Huawei đạt tới 20MHz. Tốc độ đỉnh tức thời của công nghệ 4G LTE của Huawei với băng thông 20MHz: đường xuống: 150/300Mbps; đường lên: 75Mbps. Trong đó, khi sử dụng kỹ thuật đa anten MIMO (đa đầu vào và đa đầu ra) với các cấp độ 2x2, băng thông 20MHz thì tốc độ đường xuống có thể đạt được 150 Mbps và khi sử dụng kỹ thuật đa anten MIMO với các cấp độ 4x4, băng thông 20 MHz thì tốc độ đường xuống có thể đạt được 300 Mbps.

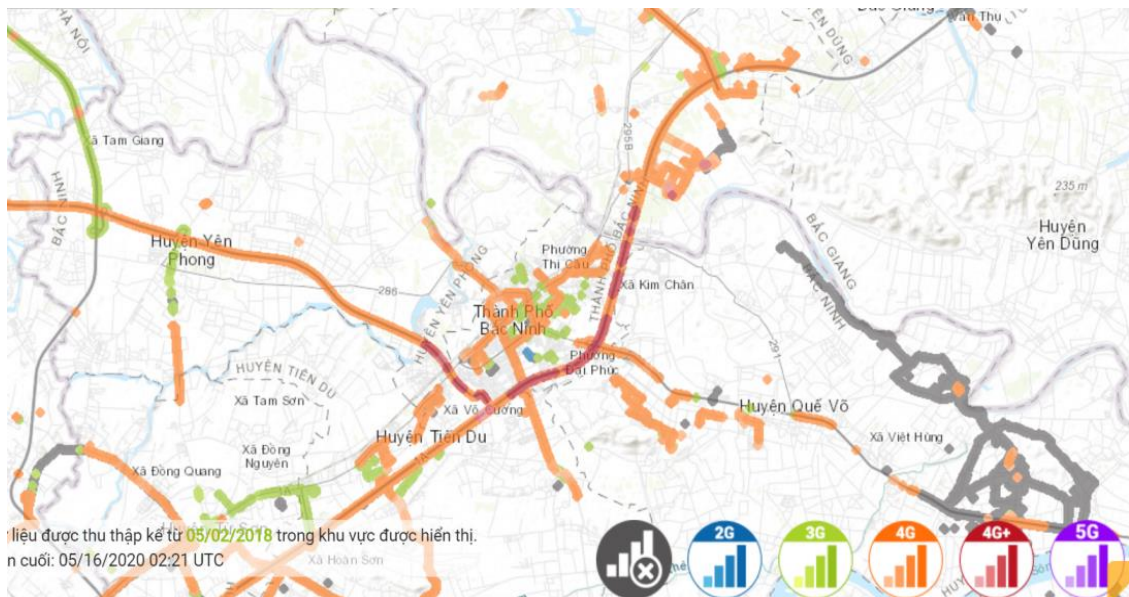
Hoạt động tối ưu với tốc độ di chuyển của thuê bao là 0-15km/h. Vẫn duy trì hoạt động khi thuê bao di chuyển với tốc độ hàng trăm km/h. Các thiết bị LTE của Huawei sử dụng kỹ thuật đa truy nhập với giải pháp song công theo tần số FDD và song công theo thời gian TDD dựa trên kỹ thuật ghép kênh theo tần số trực giao OFDM cho đường xuống và kỹ thuật SC-FDMA cho đường lên.

Các thiết bị LTE của Huawei sử dụng điều chế QPSK đối với hướng lên sử dụng kỹ thuật SC-FDMA để cho phép hiệu quả công suất phát đường lên và hướng xuống sử dụng điều chế 16 QAM để sử dụng hiệu quả công suất phát đường xuống.

Năm 2017, VNPT Bắc Ninh [14] đã lắp đặt 65 trạm eNodeB được lắp đặt ở những địa điểm có mật độ dân cư cao như thành phố Bắc Ninh, trong đó tập các khu đô thị với quy mô lớn như: Vũ Ninh - Kinh Bắc, Hòa Long - Kinh Bắc, Hồ Ngọc Lâm; Khu đô thị mới đường Lê Thái Tổ, Khu đô thị mới Bắc đường Kinh Dương Vương (phường Vũ Ninh); Khu đô thị mới Nam Võ Cường (phường Võ Cường),... Đồng thời, các trạm eNodeB được lắp đặt ở 2 khu công nghiệp tập trung và 5 cụm công nghiệp, làng nghề, nhiều địa điểm tham quan, du lịch, các đường cao tốc. Đây

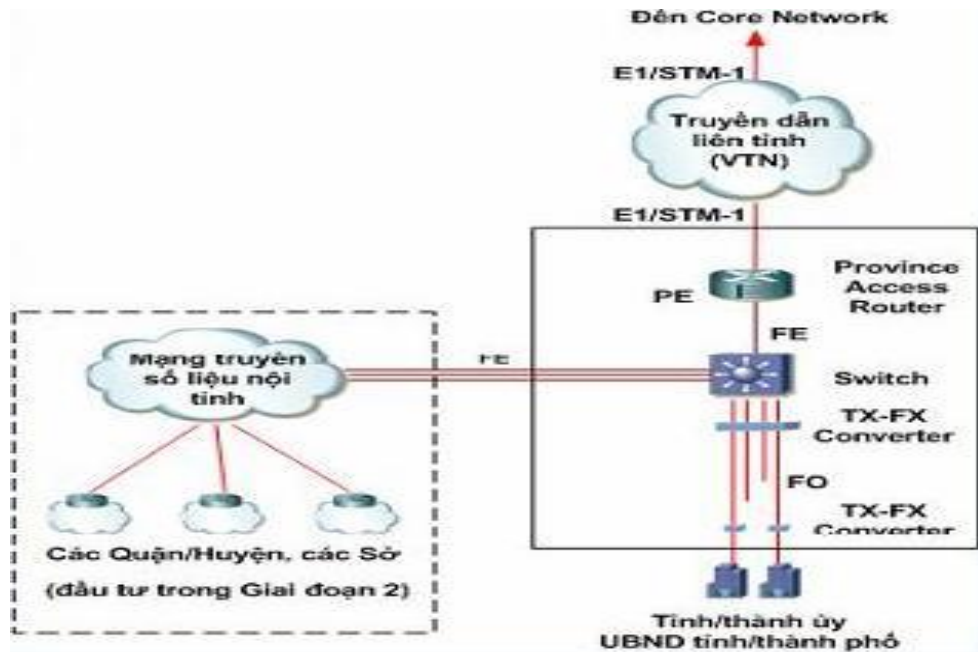
là những nơi có nhu cầu các dịch vụ di động phát triển sôi động. Đến nay, VNPT Bắc Ninh đã có khoảng 50.000 thuê bao di động 4G hoạt động thường xuyên trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh. Có những thời điểm, đặc biệt trong một số ngày lễ hội, số thuê bao di động 4G hoạt động trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh lên đến 80.000 thuê bao. Đến hết năm 2019, trên địa bàn tỉnh có 1.056 trạm thu phát sóng di động BTS (loại A1a, A1b, A2a, A2b), 2.564 trạm BTS (trạm 2G, 3G, 4G), phục vụ cho hơn 1,5 triệu thuê bao điện thoại di động.

Theo kế hoạch dự kiến đến cuối năm 2020 tăng thêm 20.000 thuê bao di động 4G hoạt động thường xuyên trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh và những năm tiếp theo số thuê bao di động 4G hoạt động thường xuyên trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh tăng thêm từ 45-50%.



Hình 3.2: Mức độ phủ sóng các mạng 2G/3G/4G/4G-LTE/5G tại Bắc Ninh

Kết nối mạng từ POP truy nhập của mạng TSLCD tại các tỉnh thành đến thiết bị đầu cuối của các cơ quan Đảng, Chính quyền từ tỉnh đến các huyện, thị xã trong tỉnh. Đã kết nối các cơ quan Đảng, Chính quyền trong tỉnh dùng cáp quang tốc độ 100/1000Mbit/s, các kết nối đảm bảo yêu cầu dùng riêng, an ninh, an toàn dữ liệu và dự phòng cao với các điểm tới các cơ quan Đảng, Chính quyền cấp quận huyện, các Sở Ban ngành trong tỉnh. Mạng truy nhập cấp trong tỉnh được mô tả như hình dưới đây:



Hình 3.3: Sơ đồ khối mạng tổng thể truy nhập tại tỉnh Bắc Ninh

Toàn viễn thông tỉnh quản lý khai thác, sử dụng 5.800 km cáp quang các loại [14]. Với 16 Ring CSG tốc độ cao 10Gbps, năng lực mạng truyền tải và xử lý chuyển mạch nội tỉnh với 09 Ring truyền tải đường trục băng rộng, tốc độ mỗi Ring lên tới 50Gb/s. Mạng băng rộng nội tỉnh được kết nối với mạng Internet quốc gia (VN2) bằng các đường cáp quang trục với tốc độ lên tới 100 Gb/s, với các Router biên có năng lực xử lý và tính dự phòng cao. Làm cơ sở để triển khai hạ tầng di động tốc độ cao. Việc kết nối các trạm BTS NodeB và e-NodeB với mạng VN2 thông qua hạ tầng băng rộng cáp quang.

Tính đến đầu năm 2020: Tổng số thuê bao điện thoại cố định đạt 40.572 thuê bao, mật độ đạt 3,3 thuê bao/100 dân; tổng số thuê bao điện thoại thông tin di động đạt 1.499.009, mật độ đạt 123,0 thuê bao/100 dân; tổng số thuê bao Internet băng rộng đạt 720.125 thuê bao, mật độ đạt 59,1 thuê bao/100 dân; ngầm hóa hạ tầng mạng ngoại vi tại các khu đô thị mới, khu công nghiệp, cụm công nghiệp đạt 100%; Ngầm hóa hạ tầng mạng ngoại vi trên địa bàn toàn tỉnh đạt 60 - 65%, trong đó: thành phố Bắc Ninh đạt 75 - 80%, thị xã Từ Sơn đạt 65 - 70%, các huyện đạt 45 - 50%; 100% khu vực có dân cư trên địa bàn tỉnh có sóng thông tin di động chất

lượng cao; Tổng số có 1.679 vị trí thu phát sóng thông tin di động, bán kính phục vụ bình quân đạt 0,4 km/vị trí; có tổng số 4.198 trạm BTS trên địa bàn toàn tỉnh.

Một số nhận xét đánh giá: Khả năng mạng 4G hiện tại chưa đáp ứng hết nhu cầu của khách hàng như số lượng trạm 4G còn hạn chế, các khu dân cư vùng sâu, vùng xa của một số huyện còn chưa được phủ sóng mạng 4G. Trong khi đó nhu cầu khách hàng sử dụng mạng 4G của Bắc Ninh là rất lớn; đặc biệt là các khu công nghiệp, làng nghề, trên các đường cao tốc trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh.

3.3. Quy hoạch và triển khai mạng 4G Vinaphone tại Bắc Ninh

Mục đích của quy hoạch mạng vô tuyến là để tối đa vùng bao phủ mạng trong khi cung cấp được dung lượng mong muốn tại cùng thời điểm.

Quy trình và phương pháp quy hoạch chung cho mạng di động 4G LTE bao gồm 3 bước:

B1- Khởi tạo và phân tích vùng phủ.

B2- Quy hoạch chi tiết.

B3- Vận hành và tối ưu hóa mạng.

Thứ nhất, khởi tạo và phân tích vùng phủ:

▪ Dự báo lưu lượng

Việc quy hoạch mạng phải dựa trên nhu cầu về lưu lượng. Do đó dự báo lưu lượng là bước đầu tiên cần thực hiện trong quá trình quy hoạch mạng. Dự báo lưu lượng bao gồm dự báo số thuê bao; dự báo sử dụng lưu lượng tiếng; dự báo sử dụng lưu lượng số liệu; dự phòng tương lai.

▪ 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. Thông thường ta sẽ ưu tiên phủ sóng trước 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 có thể đưa ra lựa chọn cho các hệ số hiệu chỉnh môi trường và thâm nhập toà nhà.



Hình 3.4: Mô tả quá trình tính toán bán kính vùng phủ R

Bước thứ hai, quy hoạch chi tiết:

Ngoài việc dự báo dung lượng và phân tích vùng phủ được đề cập ở phần trên, để thực hiện được bài toán quy hoạch mạng 4G LTE ta cần áp dụng hai điều kiện tối ưu sau cho tính toán quy hoạch mạng, 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.

Bước thứ ba, vận hành và tối ưu hóa mạng:

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 này 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, và Walfish-Ikegami.

Các công thức, thông số để tính toán trong phần này được trích dẫn từ báo cáo kỹ thuật của Hata-okumura như Trễ truyền lan, cấu trúc và các thay đổi của nó; trễ truyền lan, cấu trúc và các thay đổi của nó; Pha đỉnh che tối; các đặc tính pha đỉnh nhiều đường cho hình bao các kênh; tần số làm việc

❖ *Mô hình Hata-Okumura [1]*

Mô hình Hata 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 và 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 :

$$L_p = A + B \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a_{(hm)} + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg r - C \quad (3.1)$$

Trong đó:

- f_c : tần số hoạt động (MHz) - $C = (a_{hm} - A_z)$: hệ số điều chỉnh suy hao theo vùng.
- h_b : độ cao anten trạm gốc (m); - $a_{(hm)}$: hệ số hiệu chỉnh cho độ cao anten di động

(dB)

- L_p : tổn hao trung bình (dB) - r : Khoảng cách từ trạm gốc đến trạm di động (km)

- h_m : độ cao anten trạm di động (m)

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 :

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

Thông số A, B :

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

$$B = \begin{cases} 26.16, & f = 150: 1500 \text{ Mhz} \\ 39.9, & f = 1500: 2500 \text{ Mhz} \end{cases}$$

$a_{(hm)}$ tính như sau:

Đối với thành phố nhỏ và trung bình:

$$a_{(hm)} = (1,11 \lg f_c - 0,7)h_m - (1,561 \lg f_c - 0,8) \text{ Db} \quad (3.2)$$

Đối với thành phố lớn: $a_{(hm)} = 8,29 (\lg 1,54h_m)^2 - 1,1 \text{ dB}$; $f_c < 200 \text{ Mhz}$

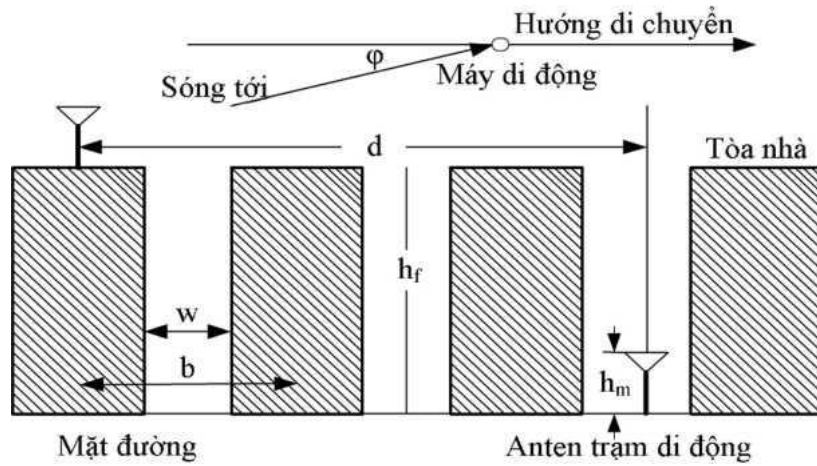
hay: $a_{(hm)} = 3,2 (\lg 1,75h_m)^2 - 4,97 \text{ dB}$; $f_c > 400 \text{ Mhz}$

A_z : là độ hấp thụ đất: $A_z = 2[\log(f/28)]^2 + 5,4$ đối với vùng ngoại ô

$$A_z = 4,78(\log)^2 - 18,33 \log f + 40,94 \text{ đối với vùng nông thôn.}$$

Mô hình Walfish-Ikegami

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.



Hình 3.5: Các tham số của mô hình Walfisch-Ikegami
 Các biểu thức sử dụng cho mô hình này như sau: $L_p = L_f + L_{rts} + L_{msd}$ (3.3)

hay $L_p \approx L_f$ khi $L_{rts} + L_{msd} < 0$

Trong đó: L_f : tổn hao không gian tự do

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

L_{msd} : tổn hao các vật che chắn.

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

$$L_f = 32,4 + 201 \lg r + 201 \lg f_c \text{ (dB)} \quad (3.4)$$

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

$$L_{rst} = (-16,7) - 101 \lg W + 101 \lg f_c + 201 \lg a_{hm} + L_{ori} \text{ (dB)} \quad (3.5)$$

Trong đó:

- W : độ rộng phố (m)
- H_r : độ cao trung bình tòa nhà
- H_b : độ cao BS.
- $a_{hm} = h_r - h_m$ (m)
- H_m : độ cao MS

Từ báo cáo kỹ thuật của Okumura và Walfisch-Ikegami.

Ta có công thức tính bán kính cell: $R_{cell} = 10^{(L_p - L')/X}$ (3.6)

Mô hình Hata-Okumura:

$$L' = A + B \lg f_c - 13,821 \lg h_b - a_{(hm)}$$

$$X = (44,9 - 6,551 \lg h_b)$$

Mô hình Walfisch-Ikegami:

$$L' = 32,4 + 201 \lg f_c + L_{bsh} + k_a + k_f \lg f_c - 9 \lg b + L_{rts}$$

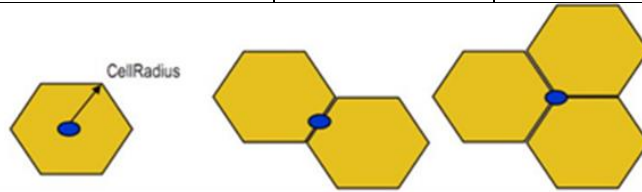
$$X = (20 + kd)$$

Sau khi tính được kích thước bán kính cell, dễ dàng tính được diện tích vùng phủ với chú ý diện tích vùng phủ phụ thuộc vào cấu hình phân đoạn trạm gốc. Diện tích vùng phủ đối với một cell có cấu trúc lục giác đều được tính như sau: $S = k.r^2$

Trong đó: S là diện tích vùng phủ, r là bán kính cực đại cell, K là hằng số. Tính được diện tích vùng phủ ta có thể tính được số trạm eNodeB cần lắp cho vùng quy hoạch.

Bảng 3.1: Các giá trị K sử dụng cho tính toán vùng phủ sóng

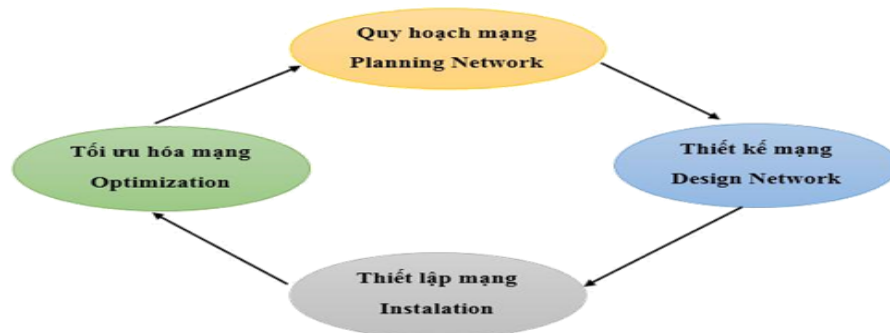
Cấu hình trạm	Ommi (vô hướng)	2 - sector	3 - sector	6 - sector
K	2.6	1.3	1.95	2.6



Hình 3.6: Ba loại site khác nhau (ommi, 2-sector, 3-sector)

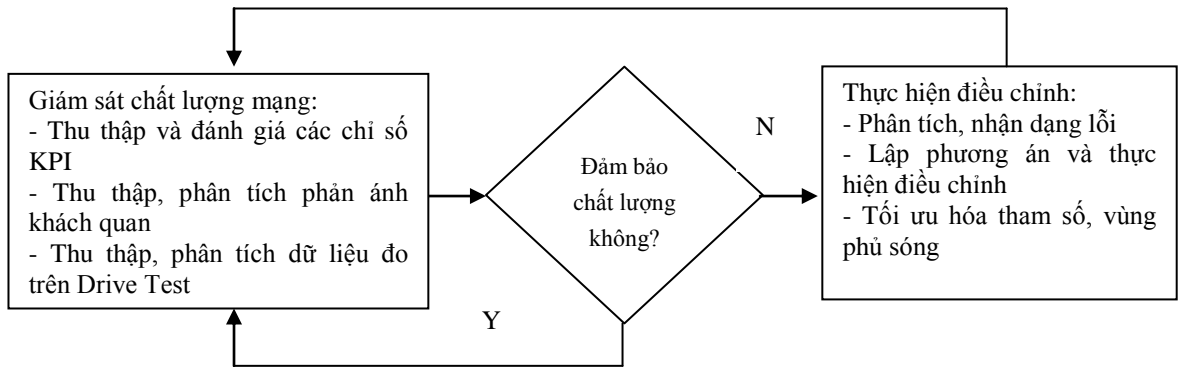
Quy trình vận hành

Trong quá trình triển khai mạng, cũng như trong suốt quá trình vận hành, khai thác mạng thông tin di động (cả mạng 2G, 3G hay 4G), công việc tối ưu hóa hệ thống là việc làm thường xuyên để đảm bảo và nâng chất lượng mạng, chất lượng dịch vụ tốt hơn. Quá trình vận hành mạng sẽ diễn ra thường xuyên các công việc quy hoạch, thiết kế, thiết lập và tối ưu mạng.



Hình 3.7: Quy trình vận hành mạng

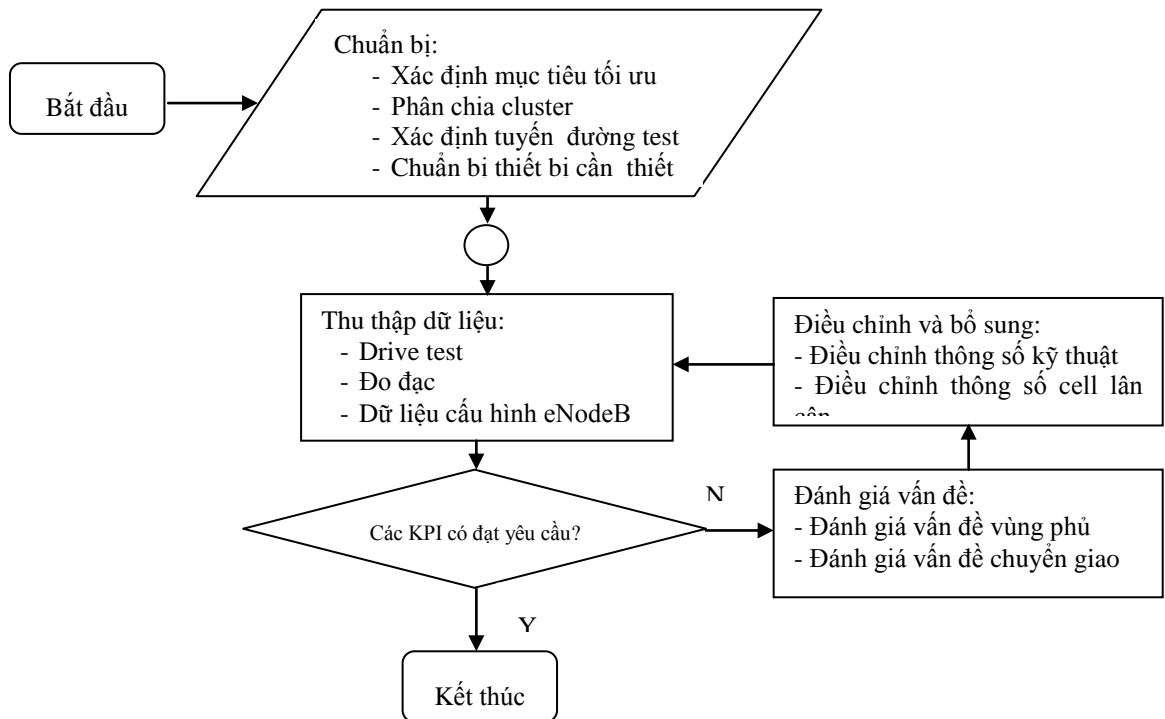
Ngoài ra, quy trình thực hiện quản lý chất lượng mạng cũng được diễn ra thường xuyên để đảm bảo mạng luôn đạt chất lượng cao và tối ưu nhất.



Hình 3.8: Quy trình thực hiện quản lý chất lượng mạng
Quy trình thực hiện tối ưu mạng

Tối ưu hóa mạng là một quá trình khép kín, được thực hiện liên tục. Các thông số được đo đạc bằng các công cụ thu thập dữ liệu rồi so sánh với các chỉ tiêu mạng yêu cầu. Sau đó tiến hành phân tích dữ liệu thu thập được để xác định nguyên nhân, đưa ra các khuyến nghị. Từ đó tiến hành điều chỉnh, cập nhật các thông số cho phù hợp. Sau khi điều chỉnh, tiến hành đo đạc lại để đánh giá kết quả và xem xét sự thay đổi của mạng, đưa ra kết luận toàn bộ quá trình tối ưu.

Các bước thực hiện tối ưu được mô tả như hình sau:



Hình 3.9: Quy trình thực hiện tối ưu

Trên cơ sở nhu cầu triển khai sử dụng các dịch vụ băng rộng cũng như tình hình triển khai 4G tại VNPT Bắc Ninh, và từ các tính năng ưu việt chính của LTE-Advance so với LTE, VNPT Bắc Ninh cần lựa chọn công nghệ 4G LTE – Advance nhằm không chỉ để nâng cao hiệu năng mạng thông tin di động 4G của Vinaphone Bắc Ninh trong hiện tại, mà còn đáp ứng nhu cầu phát triển các dịch vụ viễn thông-công nghệ thông tin tốc độ cao/băng rộng, các dịch vụ viễn thông hiện đại như các dịch vụ hội tụ, các dịch vụ tương tác cũng như các dịch vụ đa phương tiện của tỉnh trong tương lai.

Một điều rất thuận lợi khi đưa công nghệ LTE-Advance vào mạng 4G hiện tại của VNPT Bắc Ninh đang sử dụng công nghệ LTE, đó là công nghệ LTE-Advance là phiên bản nâng cấp của LTE và 2 chuẩn này hoàn toàn tương thích với nhau. Các thiết bị đầu cuối sử dụng LTE-Advance mới vẫn hoạt động tốt với các mạng LTE thông thường và ngược lại.

3.3.1. Quy hoạch, định cỡ mạng truyền tải cho 4G

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:

$$\text{Số eNodeB} = \frac{\text{OVERALLDATARATE}}{\text{SITECAPACITY}} \quad (3.7)$$

Trong đó: overalldata rate là toàn bộ tốc độ dữ liệu, sitecapacity là bội số của thông lượng cell (cellthroughput), nó tùy thuộc vào cấu hình của cell trên site.

Với số eNodeB không đổi để tính chỉnh toàn bộ tốc độ dữ liệu, ta phải tính chỉnh được thông lượng cell.

Tính toán cellthroughput:

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

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). 1RB = 12 sóng mang con cho một slot. Khoảng cách 1 sóng mang con là 15 KHz khối RB độ rộng $12 \times 15 = 180 \text{ KHz}$. 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 7×12) trong trường hợp chiều dài CP thông thường và 72 RE (6×12) trong trường hợp chiều dài CP mở rộng.

Tốc độ (number of bits in a sub-frame) = $100 \text{ RBs} \times 12 \text{ sub-carriers} \times 2 \text{ slots} \times 7 \text{ modulation symbols} \times 6 \text{ bits} = 100800 \text{ bits}$. Do đó tốc độ dữ liệu là 100.8 Mbps. Sử dụng MIMO 2x2 cho tốc độ dữ liệu là $2 \times 100.8 = 201.6 \text{ Mbps}$. Sử dụng mã hóa bảo vệ $\frac{3}{4}$ thì ta có tốc độ bằng $0.75 \times 201.6 = 151.2 \text{ Mbps}$.

Bảng 3.2: Giá trị của bảng thông cấu hình tương ứng với băng thông kênh truyền và sóng mang yêu cầu

Băng thông kênh truyền (MHz)	Số RB chỉ định cho băng thông kênh truyền	Bảng 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

Để tính toán cell throughput, 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:

$$\text{Tốc độ bit đỉnh} = \frac{\text{Số bit}}{\text{Hz}} \times \text{Số sóng mang con} \times \frac{\text{Số ký tự subframe}}{1 \text{ ms}} \quad (3.8)$$

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 4 bit/ký tự và 64QAM mang 6 bit/ký tự. 2x2 MIMO gấp đôi tốc độ bit đỉnh. QPSK $\frac{1}{2}$ (tốc độ mã hóa $\frac{1}{2}$) mang 1 bps/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 bit 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 3.3: Tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông

MCS	Kỹ thuật anten 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
QPSK $1/2$	Dòng đơn	0.9	2.2	3.6	7.2	14.4
16QAM $1/2$	Dòng đơn	1.7	4.3	7.2	14.4	28.8
16QAM $3/4$	Dòng đơn	2.6	6.5	10.8	21.6	43.2
64 QAM $3/4$	Dòng đơn	3.9	9.7	16.2	32.4	64.8
64 QAM $4/4$	Dòng đơn	5.2	13.0	21.6	43.2	86.4
64 QAM $3/4$	2x2 MIMO	7.8	19.4	32.4	64.8	129.6
64 QAM $4/4$	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:

$$C = BW \log_2(1+SNR)$$

$$\text{Ta suy ra được } SNR: SNR = 2^{(C/BW)-1} \text{ (lần)}$$

Trong đó BW là băng thông của hệ thống như 1.4 Mhz, 3Mhz, ...20Mhz

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

$$C = F \times BW \times \log_2(1+SNR)$$

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 :

$$BW = \frac{N_{SC} \times N_S \times N_{RB}}{T_{sub}} \quad (3.9)$$

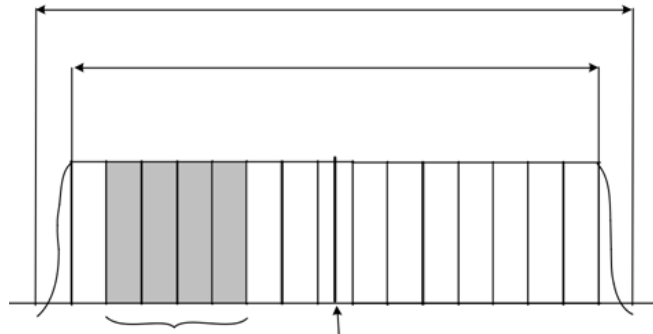
Trong đó:

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 3.10: Quan hệ giữa băng thông kênh truyền và băng thông cấu hình
Tính toán Overall data rate được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Overall data rate} = \text{Số user} \times \text{Tốc độ bit đỉnh} \times \text{Hệ số OBF} \quad (3.10)$$

Trong đó hệ số $\text{OBF} = 20$.

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:

$$OBF = PAR \times \text{Hệ số utilisation} \quad (3.11)$$

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

$$F = \frac{T_{frame} - T_{cp}}{T_{sub}} \times \frac{\frac{N_{sc} N_s}{2} - 4}{N_{sc} \times \frac{N_s}{2}} \quad (3.12)$$

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 $5.71\mu s$ đối với CP ngắn và $16.67\mu s$ 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 $14 \times 10 \times 5.71 = 779.4\mu s$ hay $14 \times 10 \times 16.67 = 2.33ms$.

Suy ra :

$$\text{Đối với CP ngắn: } F = \frac{10 - 0.7796}{1} \times \frac{12.7 \times 14/2 - 4}{12.7 \times 14/2} = 8.8$$

$$\text{Đối với CP dài: } F = \frac{10 - 2.33}{1} \times \frac{12.7 \times 14/2 - 4}{12.7 \times 14/2} = 7$$

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

Dựa trên cấu hình băng thông được sử dụng và băng 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 tác 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)

$$N_{sub} = N_{sector} \times \frac{C_{cap} \times L_{bh}}{R_{sub} \times O_{factor}} \quad \text{và} \quad N_{site} = \frac{N_{total}}{N_{sub}} \quad (3.13)$$

Trong đó:

- | | |
|--|---|
| + L_{bh} : Tải trung bình | + R_{sub} : Tốc độ số liệu yêu cầu |
| + A_{bh} : Tốc độ dữ 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 (số eNodeB) | + N_{sub} : Số thuê bao có thể quản lý |

3.3.2. Quy hoạch và định cỡ mạng vô tuyến cho 4G

Mục đích là cung cấp một cấu trúc mạng chung, High Level Network Design cho dự án 3G/ 4G LTE của VinaPhone tại Bắc Ninh.

Quy hoạch đường truyền:

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

❖ Tính toán quỹ đường lên cho LTE

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

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

- Khuếch đại anten (G_m): Phụ thuộc vào thiết bị và băng tần sử dụng. Nó có giá trị từ -5 đến 10 dBi.

- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_{fm})

- Tổn hao cơ thể (L_{body}): Là tổn hao điển hình đối với quỹ đường truyền cho dịch vụ thoại vì di động được giữ gần với tai nghe. Có giá trị từ 3 đến 5 dB đối với dịch vụ thoại. Đơn vị là dB.

- Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương ($EIRP_m$): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $EIRP_m = P_{Txm} + G_m + L_{fm} - L_{body}$ (3.14)

- Hệ số tạp âm máy thu (NF): Khi máy thu là trạm gốc, đơn vị đo 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: $N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B$ (3.15)

Với k là hằng số Boltzman, 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. Ví dụ 64 kbps ứng với 2 RB được phát đi tương ứng với B là 360 KHz

- Công suất tạp âm nền máy thu (N_i): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $N = N_i + NF$ (3.16)

- Dự trữ nhiễu (M_i): Dự trữ nhiễu ở LTE sẽ nhỏ hơn dự trữ nhiễu ở WCDMA vì các tín hiệu ở đường lên đã được trực giao. Nó có đơn vị là dB và nó có giá trị nằm trong khoảng từ 1-10 dB.

- Tổng tạp âm nhiễu + giao thoa ($N + I$): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $(N + I)(dBm) = N + M_i$ (3.17)

- Tỷ số SNR yêu cầu (SNR_r): Được lấy từ mô phỏng. Có đơn vị là dB.

- Độ nhạy máy thu hiệu dụng (P_{min}): Có đơn vị là dB và được xác định theo công thức sau: $P_{min} = (N + I) (dBm) + SNR_r (dB)$ (3.18)

- Khuếch đại anten trạm gốc (G_b): Phụ thuộc vào kích cỡ anten và số sector. Có giá trị từ 15 đến 21 dBi. Đơn vị của nó là dBi.

- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_f): Tổn hao ở phía trạm gốc. Có đơn vị là dB.

- Khuếch đại MHA (G_{MHA}): Là bộ khuếch đại trên tháp Anten, đơn vị là dB.
- Tổn hao đường truyền cực đại cho phép (L_{max}): Có đơn vị là dB và được tính toán theo công thức sau: $L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b - L_f + G_{MHA}$ (3.19)

❖ Tính toán quỹ đường xuống cho LTE

Thông số, công thức sử dụng để tính toán quỹ đường truyền xuống cho LTE:

- Công suất máy phát (P_{Tx}): Đối với đường xuống công suất máy phát ở đây là công suất của trạm gốc. Đơn vị dùng để tính toán cho công suất máy phát là dBm. Giá trị điển hình là từ 43 - 48 dBm.

- Khuếch đại Anten (G_b): Phụ thuộc vào kích cỡ Anten và số sector. Có giá trị từ 15 đến 21 dBi. Đơn vị của nó là dBi.

- Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_f)

- Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương ($EIRP_b$): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $EIRP_b = P_{Txm} + G_b + L_f$ (3.20)

- Hệ số tạp âm máy thu (NF): Khi 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: $N_i = 30 + 10\lg k + 10\lg 290K + 10\lg B$ (3.21)

Với k là hằng số Boltzman 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 ứng với B là 9 MHz

- Công suất tạp âm nền máy thu (N_i): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $N = N_i + NF$ (3.22)

- Dự trữ nhiễu (M_i): Nó có đơn vị là dB và có giá trị từ 3-8 dB.

- Bổ sung nhiễu kênh điều khiển (M_{cch})

- Tổng tạp âm nhiễu + giao thoa ($N + I$): Có đơn vị là dBm và được tính toán theo công thức sau: $(N + I)(dBm) = N + M_i + M_{cch}$ (3.23)

- 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: $P_{\min} = (N + I) \text{ (dBm)} + \text{SNR}_r \text{ (dB)}$ (3.24)

• Khuếch đại Anten trạm gốc (G_m): Phụ thuộc vào thiết bị và băng tần sử dụng. Nó có giá trị từ -5 đến 10 dBi.

• Tổn hao phi đơ và bộ nối (L_{fm}): Tổn hao ở phía UE. Có đơn vị là dB.

• Tổn hao cơ thể (L_{body}): Là tổn hao điển hình đối với quỹ đường truyền cho dịch vụ thoại vì di động được giữ gần với tai nghe. Có giá trị từ 3 đến 5 Db đối với dịch vụ thoại. Đơn vị là dB.

• Tổn hao đường truyền cực đại cho phép (L_{\max}): Có đơn vị là dB và được tính toán theo công thức sau: $L_{\max} = \text{EIRP}_b - P_{\min} + G_m - L_{fm} - L_{body}$ (3.25)

❖ Ví dụ về quỹ đường truyền:

Ví dụ tính quỹ đường truyền lên LTE cho 64kbps với máy thu trạm gốc 2 Anten

Bảng 3.4: Ví dụ về quỹ đường truyền lên của LTE

Máy phát (đầu cuối di động)		
Công suất phát (dBm)	24,0	P_{Txm}
Khuếch đại Anten (dB _i)	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	$\text{EIRP}_m = P_{Txm} + G_m - L_{fm} - L_b$
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	$N_i = 30 + 10 \lg k + 10 \lg 290K + 10 \lg (360KHz)$
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	$P_{\min} = (N + I) \text{ (dBm)} + \text{SNR}_r$
Khuếch đại Anten (dB _i)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	2,0	L_f

Khuếch đại MHA (dB)	2,0	G_{MHA}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	163,4	$L_{max}=EIRP_m - P_{min} + G_b + G_{MHA} - L_f$

Bảng 3.5: Ví dụ của quỹ đường xuống LTE

Máy phát (trạm gốc)		
Công suất phát (dBm)	46,0	P_{Txb}
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối	2,0	L_f
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_m = P_{Txb} + G_b - L_f$
Máy thu (đầu cuối di động)		
Hệ số tạp âm máy thu (dB)	7,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-104,5	$N_i = 30 + 10 \lg k + 10 \lg 290K + 10 \lg (9MHz)$
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_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	L_{fm}
Suy hao cơ thể (dB)	0,0	L_{body}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	165,5	$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_f - L_{body}$

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

Bảng 3.6: So sánh quỹ đường truyền lên của các hệ thống

Đường lên	GSM thoại	HSPA	LTE
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12. 2	64	64
Máy phát (đầu cuối di động)			

Công suất phát (dBm)	33,0	23,0	23,0
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	0,0	0,0
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	3,0	0,0	0,0
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	30,0	23,0	23,0
Máy thu (BS)			
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (dB)	-	2,0	2,0
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-119,7	-108,2	-118,4
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-	-106,2	-116,4
Dự trữ nhiễu (dB)	0,0	3,0	1,0
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-	-17,3	-7
Độ nhạy máy thu (dBm)	-114,0	-123,4	-123,4
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	18,0	18,0
Tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	0,0	0,0	0,0
Độ lợi chuyển giao mềm (dB)	0,0	2,0	0,0
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	162,0	161,1	163,4

Bảng 3.7: So sánh về quỹ đường truyền xuống của các hệ thống

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

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

Quy hoạch vùng phủ:

- Tính suy hao cực đại cho phép từ việc tính toán quỹ đường truyền

Tính toán theo mô hình Walfisch – Ikegami ta tính được:

- Suy hao cực đại cho phép đường lên: 159.9 dB
- Suy hao cực đại cho phép đường xuống: 162.2 dB
- Tính số trạm BS dựa theo bán kính phục vụ của BS và diện tích phủ sóng của cell

Tính bán kính cell: Tần số làm việc (f): 1800 MHz

Với điều kiện địa hình, dân số và mức độ phát triển ở các huyện và thành phố thuộc tỉnh Bắc Ninh nên ta có được các thông số như sau:

- ❖ Độ rộng đường phố (w) : 15 m
- ❖ Khoảng cách giữa các tòa nhà (b) : 35 m
- ❖ Độ cao trung bình của tòa nhà (hr) : 15 m
- ❖ Độ cao của anten mobile (hm) : 1,5 m
- ❖ Độ cao trung bình của anten BS (hb) : 30 m
- ❖ Góc tới của tia sóng từ tòa nhà đến mặt đường: $b/2 \approx 20^\circ$

Sử dụng kết quả suy hao cực đại cho phép ở đường lên và đường xuống tương ứng là: 163.4 dB và 165.4 dB ta tính được:

- Bán kính cell tính theo tổn hao cực đại cho phép đường lên: 3.573 km
- Bán kính cell tính theo tổn hao cực đại cho phép đường xuống: 3.849 km

Như vậy, để đảm bảo phủ sóng hết toàn tỉnh ta chọn bán kính cell $R=3.573$ km và diện tích cell $S=24.894 \text{ km}^2$ với anten 3 sector nên hệ số $K = 1.95$ thì số site (eNodeB) cho vùng quy hoạch là tỉnh Bắc Ninh có diện tích địa lý 8227 km^2 thì số site cần lắp đặt là: $N_{\text{site}} = \text{Số eNodeB} = \text{diện tích Bắc Ninh}/S = 330$ trạm.

Đối với mạng di động tế bào, ước lượng vùng phủ được dùng để quyết định vùng phủ của mỗi trạm gốc, nó đưa ra một vùng tối đa có thể được bao phủ bởi

trạm gốc. Nhưng nó không cần thiết xác lập một kết nối giữa UE và trạm gốc. Tuy nhiên, trạm gốc có thể phát hiện được UE trong vùng bao phủ của nó.

Quy hoạch dung lượng ở Bắc Ninh:

- Tính toán dung lượng mạng trước khi quy hoạch lại:

$$\text{Áp dụng công thức: Số eNodeB} = \frac{OVEEALLDATARATE}{SITECAPACITY}$$

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

Với số eNodeB không đổi, để điều chỉnh được toàn bộ tốc độ dữ liệu, ta có thể thay đổi thông lượng cell.

- Tính toán toàn bộ tốc độ dữ liệu trước khi quy hoạch lại
- Trước hết tính cell throughput: Xét bài toán thực tế mạng lưới đang sử: Loại site có 3 sector, MSC (mã hóa và điều chế) kiểu 64 QAM $3/4$, kỹ thuật anten sử dụng dòng đơn, băng thông của hệ thống là 10MHz. Vậy tốc độ bit đỉnh = 32,4MHz, từ công thức: $C1 = BW \log_2(1+SNR)$

Biết $C1 = \text{tốc độ bit đỉnh} = 32,4\text{MHz}$

Suy ra: $SNR (\text{tỷ số tín hiệu trên nhiễu}) = 2^{(C1/BW)-1} = 4,7 \text{ lần}$

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

$$C = F \times BW \times \log_2(1+SNR)$$

Với F là hệ số sửa lỗi:

$$\text{Đối với CP dài, ta có: } F = \frac{10 - 0,7796}{1} \times \frac{12 \times 14/2 - 4}{12 \times 14/2} = 8,8$$

Suy ra : $C = 8,8 \times 10 \times \log_2 5,7 = 220 \text{ Mbps.}$

Mỗi eNodeB sử dụng 3-sector. Vì vậy sitecapacity = $3 \times 220 = 660\text{Mbps}$

Suy ra dung lượng tối đa của 1 trạm eNodeB 4G/LTE là 660Mbps

Tính toán được số thuê bao có thể quản lý dựa vào dung lượng cell là 220 Mbps, có 3 cell trên 1 site tải trung bình giờ cao điểm là 50%, hệ số đăng ký vượt quá là 100, chỉ tiêu cung cấp 40Mbps trên một thuê bao. Bắc Ninh hiện đang đưa vào sử dụng 330 eNodeB. Áp dụng công thức N_{sub} và N_{site} ở trên ta có:

$$N_{sub} = N_{sector} \times \frac{C_{cap} \times L_{bh}}{\frac{R_{sub}}{O_{factor}}} = 3 \times \frac{220 \times 0,5}{\frac{30}{100}} = 1100 \text{ (thuê bao)}$$

$$N_{total} = N_{sub} \times N_{site} = 1100 \times 330 = 363.000 \text{ (thuê bao)}$$

Như vậy, quy hoạch 330 trạm eNodeB 4G ở Bắc Ninh có thể đáp ứng được 363.000 thuê bao truy cập cùng lúc, thực tế thì sẽ khó có thể xảy ra, nhưng trên lý thuyết là vẫn chưa đạt, vì theo báo cáo của viễn thông Bắc Ninh trên địa có khoảng 74.275 thuê bao di động 4G, cùng với tốc độ phát triển 15% năm.

Ví dụ như khu vực KCN Sam Sung – Yên Phong có 5 trạm eNode 4G số người có thể truy cập đồng thời là 5500 thuê bao, thường xuyên xảy ra hiện tượng nghẽn mạng, rớt mạng, mạng yếu.

* Tính toán dung lượng mạng sau khi quy hoạch lại:

Tinh chỉnh cell throughput: giả sử mạng lưới sử dụng: Loại site có 3 sector, MSC (mã hóa và điều chế) kiểu 64 QAM $\frac{3}{4}$, kỹ thuật anten sử dụng 2x2Mimo, băng thông của hệ thống là 20MHz. Vậy tốc độ bit đỉnh = 64,8MHz (đề xuất sử dụng modul phát quang công suất $\geq 1.25\text{Gbps}$ để có thể tăng băng thông lên 20Mhz).

Từ công thức : $Cl = BW \log_2(1+SNR)$

Biết $Cl = \text{tốc độ bit đỉnh} = 64,8\text{MHz}$

Suy ra: $SNR \text{ (tỷ số tín hiệu trên nhiễu)} = 2^{(Cl/BW)-1} = 4,7 \text{ lần}$

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

$$C = F \times BW \times \log_2(1+SNR)$$

$$\text{Biết } F = \frac{10-0,7796}{1} \times \frac{12 \times 14 / 2 - 4}{12 \times 14 / 2} = 8,8$$

$$\text{Suy ra } C = 8,8 \times 20 \times \log_2(1+4,7) = 440 \text{ Mbps}$$

Mỗi eNodeB sử dụng 3-sector. Vì vậy sitecapacity = $3 \times 440 = 1320 \text{ Mbps}$.

$$\text{Suy ra: } N_{\text{sub}} = N_{\text{sector}} \times \frac{C_{\text{cap}} \times L_{\text{bh}}}{\frac{R_{\text{sub}}}{O_{\text{factor}}}} = 3 \times \frac{440,0,5}{\frac{30}{100}} = 2200 \text{ (thuê bao)}$$

$$N_{\text{total}} = N_{\text{sub}} \times N_{\text{site}} = 2200 \times 330 = 726.000 \text{ (thuê bao)}.$$

Như vậy với việc điều chỉnh MSC (mã hóa và điều chế) kiểu 64 QAM $\frac{3}{4}$, kỹ thuật anten sử dụng 2x2Mimo, băng thông của hệ thống là 20MHz. Vậy tốc độ bit đỉnh = 64,8MHz (đề xuất sử dụng modun phát quang công suất $\geq 1.25 \text{ Gbps}$ để có thể tăng băng thông lên 20Mhz). Thì lượng thuê bao có thể truy cập cùng lúc trên toàn tỉnh tăng gấp đôi. Song mở rộng băng thông trên toàn tỉnh là rất tốn kém, cần đo kiểm các chỉ tiêu Kpi ở các điểm có hiện tượng nghẽn mạng, rớt mạng giờ cao điểm. Để đưa ra các giải pháp như điều chỉnh thông lượng cell, kiểm tra phần cứng eNodeB, công suất phát, thông số của anten, hoặc kiểm tra neighbor đưa ra quyết định thêm bớt neighbor.

Áp dụng lý thuyết tính toán, ta tính được số eNode cho từng vùng cụ thể dựa trên quy hoạch và dựa trên thực tế trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh như sau:

Đơn vị	Năm		Số BS thực tế	Số BS được tính toán
	2015	2020		
	Số thuê bao	Số thuê bao		
Tỉnh Bắc Ninh	48910	72255	382	330
Bắc Ninh	9844	14544	108	95
Từ Sơn	8640	12764	40	33
Yên Phong	7436	10985	61	54
Quế Võ	5205	7689	47	40
Tiên Du	4892	7227	40	36
Thuận Thành	4415	6522	37	30
Lương Tài	4318	6379	26	22
Gia Bình	4160	6145	23	20

Như vậy, dựa trên bảng số liệu sau khi tính toán và quy hoạch ở trên, ta có thể dễ dàng nhận thấy rằng, với số lượng thuê bao năm 2020 là 72255 thì trên địa bàn tỉnh có số BS thực tế là 382 BS, sau khi quy hoạch số BS chỉ cần 330. Như vậy, sau khi quy hoạch thì chỉ cần 330 BS đã đủ công suất phục vụ cho 72255 hoạt động, số lượng BS giảm 52 BS, điều này không những giúp nhà mạng tiết kiệm chi phí lắp đặt, các chi phí duy trì mà còn giúp bảo tồn và duy trì cảnh quan, bảo vệ môi trường trên địa bàn tỉnh.

3.3.3. Thiết kế, quy hoạch lắp đặt cell chi tiết cho các e-NodeB

Dựa vào các tham số của quỹ đường truyền để xác định suy hao đường truyền tối đa cho phép. Khi đó, ta có thể tính được bán kính cell nếu biết được mô hình truyền sóng áp dụng với môi trường đang khảo sát. Thực tế, suy hao nhanh dẫn đến vùng phủ sóng trong nhà không đảm bảo nhất là khu vực thành thị do mật độ xây dựng cao. Điều này làm cho nhà mạng ngày càng có nhiều khách hàng phàn nàn về tốc độ truy nhập dữ liệu và phản ánh chất lượng dịch vụ sóng 3G. Việc đưa vào khai thác hệ thống tin di động 4G/LTE đã khắc phục được thời gian trễ, nhưng không thể khắc phục được các điểm đen trên, nếu nhà mạng chỉ sử dụng các trạm gốc BTS sẵn có.

Như đã đề cập ở phần 3.1, Bắc Ninh là một tỉnh nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Bắc, có đường giao thông thuận tiện và nhiều khu công nghiệp. Điều đó sẽ làm cho mật độ nhà cao tầng sẽ tăng lên. Dẫn đến xuất hiện nhiều điểm đen vùng phủ của điện thoại di động. Việc phủ sóng từ các trạm gốc đến mọi điểm trong các tòa nhà là không thể. Để đáp ứng và nâng cao chất lượng dịch vụ nhà mạng cần thiết phải quy hoạch và triển khai các femtocell.

Lắp đặt thiết bị Femtocell

Các đặc tính của femtocell của hãng huawei được mô tả như bảng dưới đây:

Bảng 3.8: Điện áp đầu vào cho thiết bị

Nguồn đầu vào	Khoảng điện áp	Tần số
110 V AC	100 V AC to 120 V AC	50 Hz/60 Hz
220 V AC	200 V AC to 240 V AC	50 Hz/60 Hz

Bảng 3.9: Công suất tiêu thụ

Công suất đầu ra tối đa	Tiêu thụ năng lượng(w)	Tiêu thụ điện năng tối đa (w)
Single band: 2x5 w	140	150

Bảng 3.10: Kích thước và trọng lượng

Chỉ số	Thông số kỹ thuật
Kích thước (HxWxD) (cao x rộng x sâu)	290 mm x 300 mm x 166 mm
Trọng lượng	12 kg

Về kết nối:

- Mỗi thiết bị smallcell có 2 cổng quang và 2 cổng điện tốc độ Gb
- Mô hình kết nối: Có thể đấu nối chuỗi 3 thiết bị smallcell với nhau bằng cổng quang hoặc cổng điện rồi lên cổng của thiết bị Switch.

Vùng phủ sóng:

Về bản chất thiết bị được tích hợp tương đương một trạm 4G. Tuy nhiên 1 thiết bị femtocell chỉ có thể phủ sóng 1 hướng (tương đương 1 anten của thiết bị macro hoặc distribute của 4G thông thường). So sánh với một sector của thiết bị 4G tiêu chuẩn (so sánh anten) được chỉ ra như sau:

Frequency Band(Mhz)	Gain (dBi)	Polarization Mode	Direction ality	Horizontal Lobe Width(3 dB)	Vertical Lobe Width (3dB)	Vswr
1800	11	$\pm 45^\circ$	Directiona 1	65°	32°	<2

Các thông số kỹ thuật của anten phụ thuộc vào tần số hoạt động của hệ thống. Sự khác biệt được mô tả trong bảng 3.11

Bảng 3.11: Sự khác biệt các thông số kỹ thuật của anten

Frequency Band(Mhz)	1710-1880 Mhz	1920-2170 Mhz	2490-2600 Mhz
----------------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Gain(dBi)	$17,3 \pm 0,4$	$17,7 \pm 0,4$	$18,0 \pm 0,4$
Polarization Mode	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$
Horizontal Lobe Width (3dB)	65 ± 5	65 ± 5	60 ± 5
Vertical Lobe Width (3dB)	$7,2 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,5$	$5,0 \pm 0,3$

Qua bảng trên ta thấy rằng:

- Chiều ngang bức sóng chính là bằng nhau cho các tần số.
- Chiều thẳng đứng của femtocell tốt hơn so với anten của một thiết bị 4G thông thường.
- Độ lợi – độ khếch đại của anten 4G tiêu chuẩn của femtocell.
- Vùng phủ sóng của 1 femtocell theo lý thuyết đạt độ xa 200m và bán kính xấp xỉ 120 độ.
- Khả năng phục vụ 200-400 người dùng.
- Việc lắp đặt các femtocell đơn giản, thực hiện plug and play. Thiết bị có thể treo ngoài trời, trong nhà như 1 thiết bị viễn thông khác. Điều chú ý là phải có đầu đất bằng cáp M6 để làm nhiệm vụ tiếp đất.

Một số hình ảnh lắp đặt được thể hiện ở hình dưới đây.



Hình 3.11: Thiết bị Femtocell được lắp đặt ở các cột đèn đường phố
Cụ thể, khu công nghiệp Yên Phong – Bắc Ninh hiện đã lắp đặt thử nghiệm tất cả 10 Femtocell:

- 3 thiết bị được triển khai tại công ty SamSung SEV.

- 3 thiết bị được triển khai tại công ty SamSung Display.
- 2 thiết bị được triển khai tại Ngô Xá – xã Long Châu.
- 2 thiết bị được triển khai tại Mẫn Xá – xã Long Châu.

Theo số liệu được lấy ra từ báo cáo của Trung tâm Điều hành Thông tin VNPT Bắc Ninh về kiểm tra độ khả dụng của Femtocell trước và sau khi đưa vào sử dụng tại Mẫn Xá – xã Long Châu thể hiện ở Bảng 3.12.

Bảng 3.12: Kiểm tra độ khả dụng của Femtocell

KPI name	Yêu cầu	Trước khi sử dụng		Sau khi sử dụng		So sánh trước và sau sử dụng
		Giá trị	Đánh giá	Giá trị	Đánh giá	
RRC connection ESR (all service) (%)	≥ 99	99.95	Đạt	99.95	Đạt	Tương đương
ERAB setup Success Rate (%)	≥ 99	99.95	Đạt	99.95	Đạt	Tương đương
Data call setup Success Rate (%)	≥ 99	99.11	Đạt	99.28	Đạt	Cải thiện
Call drop Rate (%)	≤ 1.2	0.08	Đạt	0.02	Đạt	Cải thiện
Intra Freq Handover HO Success Rate (%)	≥ 99	99.98	Đạt	99.98	Đạt	Tương đương
Inter Frequency HO Success Rate (%)	≥ 98	99.49	Đạt	99.49	Đạt	Tương đương
Inter RAT HO out Success Rate (%)	≥ 90	92.06	Đạt	98.81	Đạt	Cải thiện
Độ sẵn sàng % RSCP > -100dBm	≥ 95	96.06	Đạt	98.8	Đạt	Cải thiện
Used downlink Resource Block	≤ 70	34.26	Đạt	34.07	Đạt	Tương đương
Used uplink Resource Block	≤ 70	10.58	Đạt	10.51	Đạt	Tương đương

Kết quả về KPI 4G trước và sau khi sử dụng Femtocell đều đạt tiêu chuẩn, có 4 chỉ tiêu đã được cải thiện:

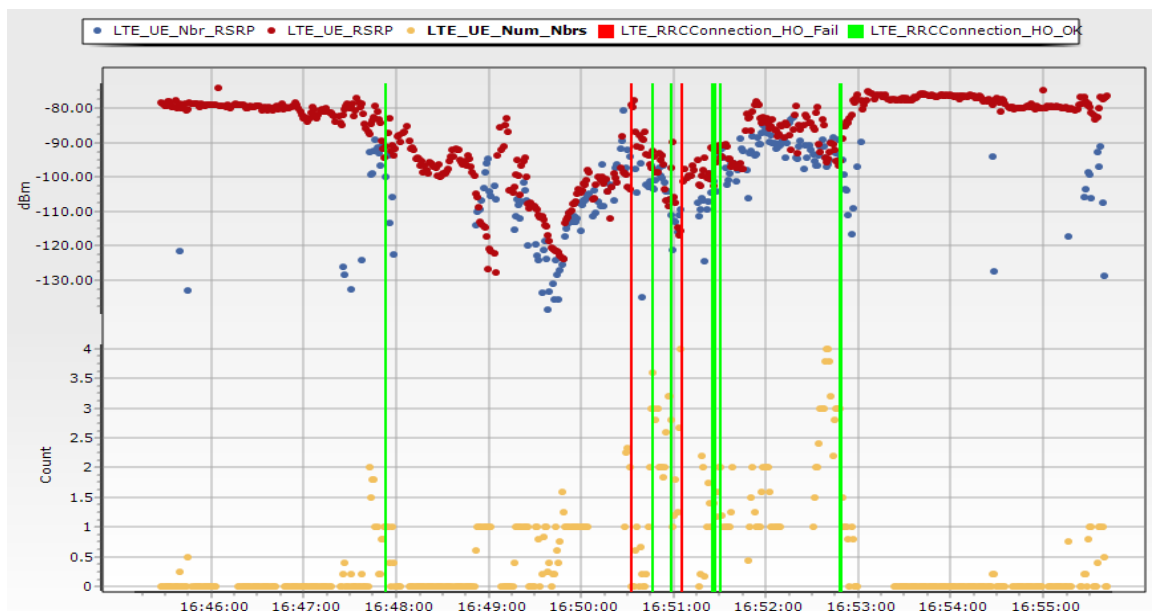
- Data call setup Success Rate % (tỷ lệ thiết lập cuộc gọi thành công).
- Call drop Rate % (tỷ lệ cuộc gọi bị rơi).
- Inter RAT HO out Success Rate % (kết nối chuyển giao liên mạng).

- Độ sẵn sàng % RSCP > -100dBm.

3.3.4. Đo kiểm vùng phủ sóng, đánh giá chất lượng mạng lưới sau khi phát sóng trạm e-NodeB

* Việc đo kiểm và giám sát KPI có thể thực hiện bằng OMC hoặc DriveTest

Trong hệ thống trước, mạng lõi quản lý RNC, RNC quản lý các trạm BS 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. Ở WCDMA, chúng ta dùng CPICH RSCP để quyết định chuyển giao thì ở LTE ta sẽ dùng RSRP. Thuật toán 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. Trong khi RSRP chỉ ra độ mạnh tín hiệu, RSRQ bổ sung mức can nhiễu bởi vì nó bao gồm RSSI. Vì vậy RSRQ cho phép kết hợp giữa cường độ tín hiệu với can nhiễu để báo cáo một cách hiệu quả. UE sẽ thực hiện đo lường RSRP (Reference Signal Receive Power) và RSRQ (Reference Signal Receive Quality) dựa trên tín hiệu RS (Reference Signal) nhận được từ cell đang phục vụ và từ cell ảnh hưởng mạnh nhất.



Hình 3.12: Sự kiện chuyển giao xác định bằng drive test

Hình 3.12 là một ví dụ về sự kiện của chuyển giao được xác định bằng công cụ drive test. Trong đó: UE_RSRP là cường độ RSRP của cell phục vụ, Nbr_RSRP

là cường độ RSRP của một cell lân cận, Num_Nbrs là số cell lân cận có ảnh hưởng đến cell phục vụ, HO_Fail là sự kiện chuyển giao thất bại, HO_OK là sự kiện chuyển giao thành công.

Tại thời điểm 16:48, cường độ RSRP cell lân cận tăng dần, RSRP cell phục vụ giảm dần, đến khi RSRP cell lân cận vượt ngưỡng thì UE thực hiện chuyển giao thành công. Đến thời điểm 16:50, cường độ RSRP của 2 cell liên tục dao động gần bằng nhau kéo dài, UE thực hiện chuyển giao không thành công. Tiếp theo sau là chuỗi hiện tượng ping-pong, chuyển giao qua lại liên tục giữa 2 cell. Từ RSRP kết hợp với các thông số khác như RSRQ, SINR, có thể xác định nguyên nhân từ vùng phủ biên của 2 cell. Từ kết quả trên ta có thể tiến hành điều chỉnh lại vùng phủ chồng lấn giữa các cell để giảm thiểu ảnh hưởng đến chất lượng chuyển giao.

* Giám sát qua OMC được thực hiện một cách liên tục, thống kê đầy đủ KPI, có thể phát hiện sự cố.

3.3.5. Tối ưu, lắp đặt trạm mới e-NodeB tận dụng hạ tầng có sẵn

Chuẩn bị:

- Bố trí nhân lực khảo sát tối thiểu 02 người. Người khảo sát trong nhà có kỹ năng về lắp đặt và biết sơ qua về các thiết bị viễn thông; Người khảo sát trên cột phải có chứng chỉ về cột cao, biết các chủng loại anten, am hiểu bộ gá.
- Điều tra và tập hợp các tài liệu hỗ trợ nhiệm vụ: Bao gồm các báo cáo mô phỏng mạng vô tuyến LTE khu vực cần tối ưu giai đoạn quy hoạch mạng, thông tin cấu hình phần cứng, các vấn đề tồn tại trong mạng.
- Xây dựng kế hoạch triển khai
- Xác định tuyến đường và phân chia vùng
- Chuẩn bị công cụ cần thiết để thu thập dữ liệu như: Túi đựng đồ, dây an toàn, đồ bảo hộ lao động; thước 5m, 50m và La bàn; máy ảnh kỹ thuật số, Livô; máy GPS, đồng hồ điện; giấy, bút, máy tính, ...

Thu thập dữ liệu:

Thu thập tất cả dữ liệu thống kê chất lượng mạng từ các nguồn (Bảng 3.5):

+ Thu thập dữ liệu chất lượng mạng từ các file thống kê trên eNodeB, các file thống kê cuộc gọi được cung cấp từ các thiết bị mạng lõi.

+Thu thập dữ liệu từ phương pháp Drive Test truyền thống.

+Thu thập dữ liệu về tham số kỹ thuật, các thông tin địa lý và mục tiêu KPI.

+Thu thập dữ liệu cảnh báo vô tuyến từ cả hai phía UE và eNodeB.

+Thu thập phản ánh của khách hàng: Dữ liệu này là những trải nghiệm của khách hàng về chất lượng mạng, dữ liệu này được bổ sung thêm các dữ liệu về vị trí địa lý và được xử lý cẩn thận.

Phân tích dữ liệu:

Phân tích dữ liệu và xác định vấn đề:

Phân tích các chỉ số KPI. KPI mức mạng thường được sử dụng để giám sát trạng thái vận hành chung của mạng, các phân tích KPI mạng dựa trên phân tích các dữ liệu đo lường chất lượng theo ngày, theo tuần, tháng.

Quy trình thực hiện giám sát chất lượng mạng là khi theo dõi thấy một KPI mức mạng không bình thường, thì thực hiện phân tích tiếp KPI mức cell để xác định cell có vấn đề đang tồn tại, căn cứ vào dữ liệu của các bộ đếm và các KPI mức cell để xác định lỗi và nguyên nhân gây lỗi trong cell.

Bảng 3.13: Thu thập dữ liệu trước khi tối ưu

Thông số đo đạc	KPI	Chế độ test	Mục tiêu	Trước DT		Kết quả
				No. of Failures	No. of Attempts	
COVERAGE	RSRP	Long DL (LTE Lock)	95% \geq -85.00	1009/2413		41.81%
	RSRQ	Long DL (LTE Lock)	95% \geq -12.00	1784/2412		73.96%
	SINR	Long DL (LTE Lock)	95% \geq 15	554/2427		22.85%
MOBILITY	Handover	Long DL	\geq 99.5%	3	99	96.97%
INTEGRITY	DL Throughput (90% above target)	Continuous DL		Ave. 7.25Mbps		-

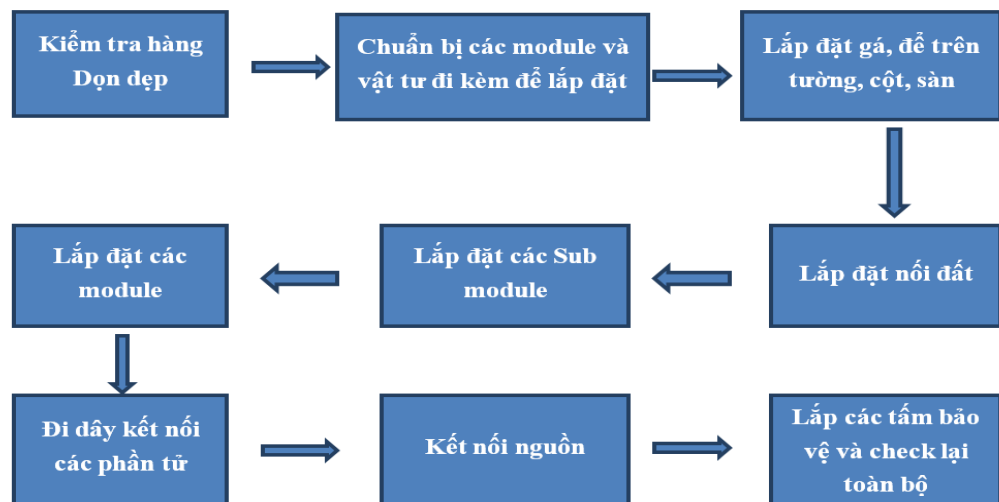
Xác định nguyên nhân cụ thể và đưa ra giải pháp tối ưu Sau khi phân tích các KPI mức mạng và các KPI mức cell ta đã có thể xác định được có vấn đề gì đang tồn tại trong mạng và xác định được ngay nguyên nhân tổng quát của vấn đề như lỗi phân cứng, lỗi phân truyền dẫn hay lỗi phân vô tuyến

Để xác định nguyên nhân cụ thể ta cần thực hiện các phân tích chi tiết hơn dựa vào các dữ liệu cảnh báo của hệ thống, dữ liệu drive test và dữ liệu chất lượng cuộc gọi CQT, dữ liệu phản ánh khách hàng, dữ liệu báo hiệu và dữ liệu cấu hình của thiết bị mạng.

Tiến hành tối ưu

Tối ưu hóa mạng là một quá trình khép kín, được thực hiện liên tục. Các thông số được đo đạc bằng các công cụ thu thập dữ liệu rồi so sánh với các chỉ tiêu mạng yêu cầu. Sau đó tiến hành phân tích dữ liệu thu thập được để xác định nguyên nhân, đưa ra các khuyến nghị. Từ đó tiến hành điều chỉnh, cập nhật các thông số cho phù hợp. Sau khi điều chỉnh, tiến hành đo đạc lại để đánh giá kết quả và xem xét sự thay đổi của mạng, đưa ra kết luận toàn bộ quá trình tối ưu

Quy trình lắp đặt được mô tả cơ bản như hình 3.13



Hình 3.13: Sơ đồ khối các bước triển khai trạm SRAN

Đối với các thiết bị, nhà trạm đang có: Cần lấy các thông tin cơ bản như không gian chi tiết nhà trạm, thông tin chi tiết nhà trạm và cột, thông tin vô tuyến về hệ thống antena cũ (2G, 3G) và thông tin truyền dẫn cũng như nguồn điện đang dùng.

Đối với các thiết bị mới: cần khảo sát không gian lắp đặt thiết bị mới xe có cần lắp đặt tủ nguồn hay không cũng như các loại cáp cần cấp để lắp đặt cho phù hợp.

Đối với các hệ thống nguồn, hệ thống điều hòa: Cần kiểm tra và xem lại nguồn AC, máy nổ, tiếp đất cũng như các phụ kiện cần thiết để cấp cho thiết bị.

Đối với đường truyền vô tuyến cho hệ thống mới: Cần thu thập các thông tin như lấy tọa độ độ tại chân cột (Long, Lat); Độ cao cột, độ cao tòa nhà, độ cao anten sẽ lắp; đề xuất góc phủ của anten sẽ lắp (trực tiếp quan sát đứng trên đỉnh cột); đề xuất tilt cơ khí, tilt điện sẽ lắp (phụ thuộc dân cư, mật độ các trạm xung quanh). Ghi chú các tồn tại và đề xuất đơn vị quản lý nhà trạm hoàn thiện.

Lưu trữ ảnh cần chụp khi khảo sát.

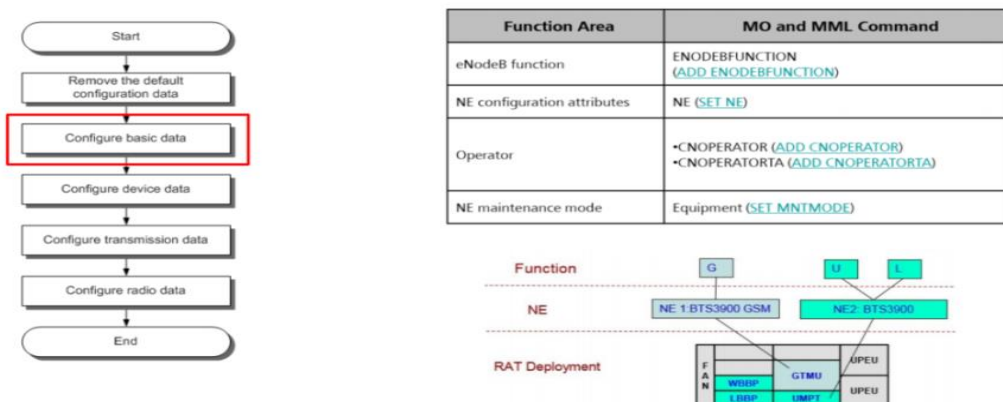
Hiện nay, trên thực tế có 2 loại cột lắp đặt thiết bị, nên khi lắp đặt cần lưu ý một số các vấn đề sau:

Thứ nhất, loại cột Co-Site (Site đã lắp thiết bị 2G, 3G): Khi khảo sát indoor chỉ cần khảo sát indoor rack trong phòng máy hoặc trên rack 19inch có sẵn hoặc treo trên tường; Khảo sát outdoor: Vị trí lắp antenna, RRU, băng đất outdoor cho RRU (nếu cột chưa có).

Thứ hai, loại cột New – Site (cơ sở hạ tầng mới): Các nội dung khảo sát tương tự trạm Co-Site (lưu ý chọn vị trí lắp đặt indoor rack và antenna trên cột tối ưu nhất để có thể lắp các thiết bị khác nhau này).

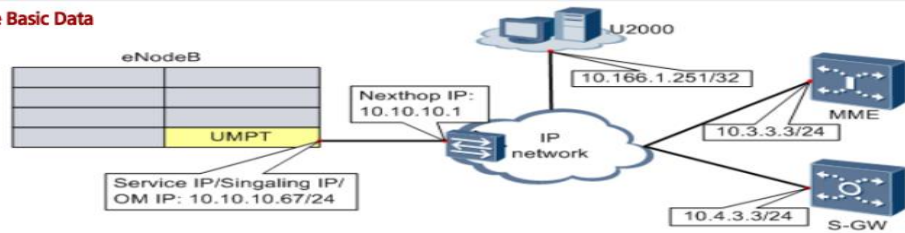
Cuối cùng, cần thu thập đầy đủ, chi tiết các thông tin dự án và nhà trạm.

❖ Hòa mạng eNodeB, trình tự gồm các bước sau:



Hình 3.14: Trình tự các bước hòa mạng trạm e – NodeB

➤ Configure Basic Data



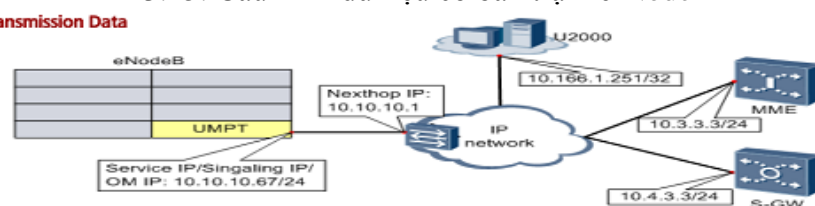
MOD ENODEBFUNCTION: eNodeBFunctionName="eNodeBTest", eNodeBId=10000;

ADD CNOOPERATOR: CnOperatorId=0, CnOperatorName="VNPT",
CnOperatorType=CNOOPERATOR_PRIMARY, Mcc="452", Mnc="02";

ADD CNOOPERATOR: TrackingAreaId=0, CnOperatorId=0, Tac=10014;

Hình 3.15: Cấu hình dữ liệu cơ bản trạm e-NodeB

➤ Configure Transmission Data



SET ETHPORT: SN=7, SBT=BASE_BOARD, PA=COPPER, MTU=1500, SPEED=AUTO, DUPLEX=AUTO;

ADD DEVIP: SN=7, SBT=BASE_BOARD, PT=ETH, PN=0, IP="10.10.10.67", MASK="255.255.255.0", USERLABEL="Service_OM";

ADD IPRT: RTIDX=0, SN=7, SBT=BASE_BOARD, DSTIP="10.166.1.251", DSTMASK="255.255.255.255", RTTYPE=NEXTHOP,

NEXTHOP="10.10.10.1", DESCR="To OSS";

ADD IPRT: RTIDX=1, SN=7, SBT=BASE_BOARD, DSTIP="10.3.3.3", DSTMASK="255.255.255.0", RTTYPE=NEXTHOP,

NEXTHOP="10.10.10.1", DESCR="To MME";

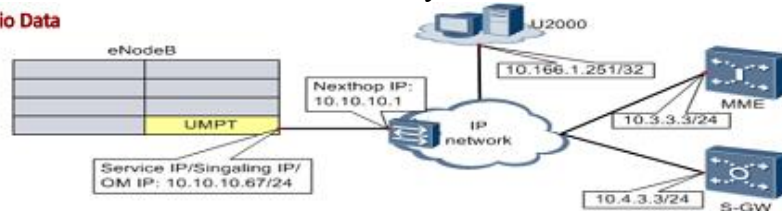
ADD IPRT: RTIDX=2, SN=6, SBT=BASE_BOARD, DSTIP="10.4.3.3", DSTMASK="255.255.255.0", RTTYPE=NEXTHOP,

NEXTHOP="10.10.10.1", DESCR="To SGW";

ADD VLANMAP: NEXTHOPIP="10.10.10.1", MASK="255.255.255.255", VLANMODE=SINGLEVLAN, VLANID=321,
SETPRIO=DISABLE;

Hình 3.16: Cấu hình truyền dữ liệu trạm e-NodeB

➤ Configure Radio Data



ADD SECTOR: SECTORID=1, ANTNUM=2, ANT1CN=0, ANT1SRN=70, ANT1SN=0, ANT1N=R0A, ANT2CN=0, ANT2SRN=70, ANT2SN=0,
ANT2N=R0B, CREATESECTOREQM=FALSE;

ADD SECTOREQM: SECTOREQMID=1, SECTORID=1, ANTNUM=2, ANT1CN=0, ANT1SRN=70, ANT1SN=0, ANT1N=R0A,
ANTTYPE1=RX_TX_MODE, ANT2CN=0, ANT2SRN=70, ANT2SN=0, ANT2N=R0B, ANTTYPE2=RX_TX_MODE;

ADD CELL: LocalCellId=1, CellName="TestA", FreqBand=3, UIEarfcnCfgInd=NOT_CFG, DIEarfcn=1875, UIBandWidth=CELL_BW_N70,
DIBandWidth=CELL_BW_N70, CellId=1, PhyCellId=1, FddTddInd=CELL_FDD, RootSequenceIdx=0,
CustomizedBandWidthCfgInd=NOT_CFG, EmergencyAreaIdCfgInd=NOT_CFG, UePowerMaxCfgInd=NOT_CFG,
MultiRruCellFlag=BOOLEAN_FALSE, TxRxMode=2T2R;

ADD CELLOP: LocalCellId=1, TrackingAreaId=0, MMECfgNum=CELL_MME_CFG_NUM_0;

ADD EUSECTOREQMGROUP: LocalCellId=1, SectorEqmGroupId=1;

Hình 3.17: Cấu hình truyền dữ liệu âm thanh trạm e-NodeB

Bảng thiết kế số e-NodeB để đạt vùng phủ 4G – Vinaphone đạt 60% diện tích vùng phủ tại các khu vực tập trung nhiều khu công nghiệp, làng nghề và 50% diện tích vùng phủ tại các khu vực còn lại.

Bảng 3.14: Thiết kế vùng phủ 4G Vinaphone tại Bắc Ninh

TT	Đơn vị hành chính	Tổng số dân	Diện tích (km ²)	Mật độ dân số (Người/km ²)	Diện tích phủ sóng BTS (km ²)	Số lượng ENodeB thiết kế lắp đặt	Diện tích phủ sóng 4G (km ²)	Tỉ lệ % diện tích phủ sóng 4G	Vùng phủ 4G theo dân số	Tỉ lệ % phủ sóng 4G theo dân số	Tỉ lệ % diện tích phủ sóng 4G (Quy đổi)	Tỉ lệ % phủ sóng 4G theo dân số (Quy đổi)
1	Bắc Ninh	168,236	82.6	2036.8	4.86	95	247.86	94.14%	171,594	94.14%	100.00%	100.00%
2	Từ Sơn	143,105	61.3	2334.5	4.86	33	204.12	118.92%	115,572	100.00%	100.00%	100.00%
3	Yên Phong	128,603	96.8	1328.5	4.86	54	179.82	70.29%	96,546	70.29%	70.29%	70.29%
4	Quế Võ	136,578	154.8	882.29	4.86	40	126.36	43.95%	103,137	43.95%	43.95%	43.95%
5	Tiên Du	126,326	95.6	1321.4	4.86	36	116.64	76.26%	89,772	76.26%	76.26%	76.26%
6	Thuận Thành	146,563	117.9	1243.1	4.86	30	97.2	61.83%	73,452	61.83%	61.83%	61.83%
7	Lương Tài	96,580	105.6	914.58	4.86	22	102.06	55.23%	102,508	55.23%	55.23%	55.23%
8	Gia Bình	92,238	107.7	856.43	4.86	20	102.06	49.64%	76,912	49.64%	49.64%	49.64%

Sau khi áp dụng, tính toán và thực hiện việc quy hoạch, tối ưu mạng di động 4G VNPT Bắc Ninh, đề tài đã thu được một số kết quả khả quan:

- Tối ưu hóa các tham số hệ thống: Rà soát đưa ra CR05 xử lý 01 trạm có chất lượng truyền dẫn kém; thực hiện 15Crs audit neighbor cho tất cả các hệ thống 4G với 25026 cặp Neighbor được audit, trong đó thêm 1366 cặp NB 3G-4G các huyện TPO, TSN, GBH, YPG, TDU, LTI, TTH.

- Đo kiểm Driving test theo route gồm TPO và 03 huyện TSN, TDU, YPG trước tối ưu và sau tối ưu; đo kiểm hiện trường, đánh giá xử lý chất lượng mạng tại các vị trí PAKH và đo kiểm xử lý badcell trên địa bàn toàn tỉnh.

- Tunning vùng phủ dựa vào phân tích logfile đo kiểm đưa ra tổng số 208 CRs gồm 106 CRs 2G, 45 CRs 3G, 57CRs 4G; Thực hiện hiệu chỉnh tối ưu vùng phủ sóng trên địa bàn toàn tỉnh tổng số 208 CRs trong đó: 106 CRs 2G, 45 CRs 3G, 57CRs- 4G Thực hiện Crs điều chỉnh E-tilt 25 cell 4G tối ưu vùng phủ sóng trên OMC.

- Xử lý cảnh báo HW/badcell tồn tại và phát sinh trên địa bàn tỉnh; phối hợp xử lý các trạm BTS/NodeB có cảnh báo truyền dẫn và chất lượng truyền dẫn kém: 12 NodeB và 1 EnodeB; Xử lý các trạm có chất lượng HW kém gây suy giảm chất lượng theo yêu cầu của RNOC: Xử lý 13 cell có HW kém bị PB, IOI

Đánh giá KPI hệ thống:

Thông tin kết quả chi tiết KPI hệ thống trên các huyện/thị xã trên địa bàn tỉnh được thể hiện chi tiết trong bảng sau:

Bảng 3.15: Kết quả đánh giá KPI hệ thống trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh

Quận/Huyện	Loại Quận/Huyện	Ngày	Huyện	>=98.5	<=1	>=97	<=0.5	<=1	3G-CS	>=99	<=0.7	<=0.5	>=99	>=97	>=95	3G-PS	>=98	<=1	<=0.5	>=99	>=96
			Traffic (Erl)	Call Setup Success Rate - CSSR	Drop Call Rate - DCR	Handover Success Rate - HOSR	SDCCH Blocking Rate	TCH Blocking Rate		CS_Total Traffic (Erl)	CSV Call Setup Success Rate - CSSR (Voice call)	CSV Drop Call Rate - DCR (Voice call)	CS Radio Resource Congestion Rate - RRCR	CS Intra-Freq Handover Success Rate - S-HOSR	CS Inter-Freq Handover Success Rate - IF HOSR		CS Inter-RAT Handover Success Rate - IRAT HOSR	PS_Total Traffic (GB)	Access Success Rate - ASR	Drop Rate - DR	Radio Resource Congestion Rate - RRCR
GBH Huyện		2019-12-12	2.841.32	99.23	0.47	98.54	0.01	0.00	3.700.10	99.73	0.12	0.00	99.98	99.57	96.98	2.187.60	99.62	0.24	0.00	99.95	98.47
TDU Huyện		2019-12-12	7.285.26	99.44	0.40	98.14	0.02	0.00	11.569.55	99.14	0.21	0.00	99.97	98.46	97.43	6.032.31	99.39	0.37	0.00	99.96	97.09
TPO Huyện		2019-12-12	21.508.88	99.40	0.28	98.44	0.02	0.00	37.928.83	99.53	0.16	0.04	99.98	97.02	97.76	13.929.42	99.18	0.31	0.03	99.96	98.34
TSN Huyện		2019-12-12	9.002.93	99.22	0.49	98.09	0.02	0.05	16.290.59	99.56	0.22	0.00	99.98	98.53	96.13	7.091.34	99.29	0.39	0.00	99.96	98.35
YPG Huyện		2019-12-12	6.139.26	99.21	0.51	97.48	0.01	0.00	11.569.05	99.56	0.18	0.00	99.97	98.46	97.26	5.661.40	99.24	0.34	0.00	99.94	98.49
GBH Huyện		2020-03-10	2.761.91	99.21	0.38	97.44	0	0	7.827.46	99.9077	0.2152	0	99.8818	99.4814	98.0571	2.529.56	99.6454	0.2466	0	99.9386	99.0811
TDU Huyện		2020-03-10	6.514.73	99.4	0.4	98.03	0	0.01	24.278.49	99.598	0.1861	0.0013	99.9809	98.6841	97.2935	6.000.90	99.1019	0.3979	0.0036	99.9388	97.4248
TPO Huyện		2020-03-10	17.693.13	99.32	0.31	97.77	0	0	78.668.39	99.8396	0.1695	0.0024	99.9815	98.8895	97.9679	13.999.64	98.6211	0.4156	0.0058	99.9289	98.4233
TSN Huyện		2020-03-10	7.092.41	99.42	0.42	98.34	0	0	28.899.51	99.7093	0.1919	0.0003	99.9818	98.3235	96.6179	5.766.33	99.2887	0.404	0.0005	99.9425	98.725
YPG Huyện		2020-03-10	5.025.14	99.24	0.47	97.2	0	0	25.716.76	99.8088	0.1497	0	99.9292	98.1682	97.5345	5.839.81	99.18	0.3515	0.0006	99.8194	98.4597

STT	Tên Huyện	Mạng	KPI vi phạm	QĐ 206	Trước TUH	Sau TUH	Đánh giá
1	GBH	2G	HOSR	>=97	96.54	97.44	
2	TPO	3G	PS_IFHOSR	>=96	88.04	98.42	
3	TSN	3G	CS_IFHOSR	>=97	90.69	99.39	
4	TSN	3G	PS_IFHOSR	>=96	88.36	98.8	
5	YPG	3G	CS_IFHOSR	>=97	94.82	99.17	
6	YPG	3G	PS_IFHOSR	>=96	92.02	98.06	

Đánh giá KPI Driving Test:

Tổng số chỉ tiêu đánh giá mạng 4G trên địa bàn tỉnh là 16, số chỉ tiêu đáp ứng yêu cầu cũng như so sánh việc tối ưu trước và sau khi quy hoạch được thể hiện trong bảng dưới đây:

Bảng 3.16: Kết quả đánh giá KPI Driving Test

Số chỉ tiêu đánh giá	Số chỉ tiêu đáp ứng yêu cầu		So sánh trước và sau tối ưu số chỉ tiêu		
	Trước tối ưu	Sau tối ưu	Cải thiện	Tương đương	Suy giảm
16	11	11	11	05	

Mạng	Chỉ tiêu KPI	Yêu cầu (*)	Trước tối ưu		Sau tối ưu		So sánh trước và sau tối ưu
			Giá trị	Đánh giá	Giá trị	Đánh giá	
4G	Data Call Setup Success Rate (%)	≥ 99%	100	Đạt	100	Đạt	Tương đương
	RRC Setup Success Rate (%)	≥ 99%	100	Đạt	100	Đạt	Tương đương
	E-RAB setup success rate (%)	≥ 99%	100	Đạt	100	Đạt	Tương đương
	Call drop rate (%)	≤ 1.2%	0.00	Đạt	0.00	Đạt	Tương đương
	Intra-LTE Handover Success Rate (%)	≥ 98.5%	99.6	Đạt	99.7	Đạt	Cải thiện
	Inter-LTE Handover Success Rate (%)	≥ 97%	100	Đạt	100	Đạt	Tương đương
	DL throughput (20MHz, QCI=9)	≥ 42Mbps	21.8	Ko đạt	24.36	Ko đạt	Cải thiện
	UL throughput (20MHz, QCI=9)	≥ 30Mbps	31.9	Đạt	33.9	Đạt	Cải thiện
	LTE to WCDMA CSFB Redirection Success Rate (%)	≥ 96%	99.1	Đạt	99.36	Đạt	Cải thiện
	CSFB Call setup time	≤ 5s	3.44	Đạt	3.22	Đạt	Cải thiện
	RSRP ≥ -100dBm	≥ 93%	89.01	Ko đạt	89.22	Ko đạt	Cải thiện
	RSRP ≥ -110dBm	≥ 98%	98.58	Đạt	98.70	Đạt	Cải thiện
	RSRQ ≥ -10dB	≥ 75%	41.16	Ko đạt	42.56	Ko đạt	Cải thiện
	RSRQ ≥ -14dB	≥ 98%	87.50	Ko đạt	88.02	Ko đạt	Cải thiện
	SINR ≥ 10dB	≥ 75%	81.77	Đạt	82.55	Đạt	Cải thiện
	SINR ≤ 0dB	≤ 1%	4.78	Ko đạt	4.0	Ko đạt	Cải thiện

Bảng 3.17: Kết quả đánh giá KPI Driving Test: S – KPI

Mạng	Chỉ tiêu KPI	Yêu cầu (*)	Trước tối ưu		Sau tối ưu		So sánh trước và sau tối ưu
			Giá trị	Đánh giá	Giá trị	Đánh giá	
S-KPI	Tỷ lệ nhận thành công dữ liệu đa phương tiện	Hơn hiện tại	99.81		100		Cải thiện
	Tỷ lệ các phiên dữ liệu đa phương tiện bị gián đoạn	Hơn hiện tại	0.1		0		Cải thiện
	Thời gian gián đoạn trung bình dữ liệu đa phương tiện	Hơn hiện tại	0.01		0		Cải thiện
	Tỷ lệ tải thành công trang web	Hơn hiện tại	99.23		99.74		Cải thiện
	Thời gian chờ từ lúc gửi yêu cầu truy cập dữ liệu đến khi được đáp ứng	Hơn hiện tại	5.36		5.35		Cải thiện

Kết quả DrivingTest cho thấy một số huyện nằm xa trung tâm tỉnh là khu vực có nhiều điểm cho chất lượng vùng phủ thấp. Việc đảm bảo chất lượng thỏa mãn các yêu cầu dịch vụ băng rộng trong điều kiện duy trì hạ tầng mạng như hiện nay là một thách thức, đặc biệt là sự biến động về hạ tầng đô thị cũng như mật độ thuê bao tăng nhanh.

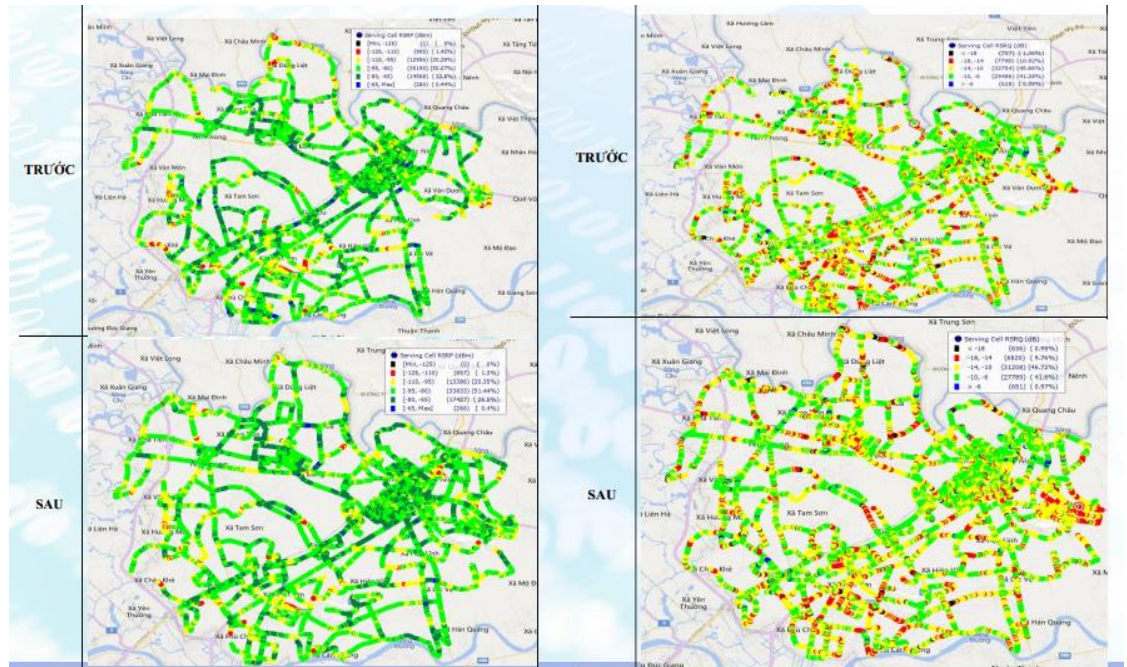
Đánh giá vùng phủ sóng của hệ thống 4G:

Dựa trên các vùng phủ sóng 4G bao gồm RSRP, RSRQ, SINR, Throughput DL; Throughput UL với các mức tín hiệu trên địa bàn tỉnh Bắc Ninh được mô tả chi tiết trong bảng:

Bảng 3.18: Mức tín hiệu trước và sau khi TUH với các vùng phủ RSRP, RSRQ, SINR

Mức Tín hiệu	Trước TUH	Sau TUH	Đánh giá
RSRP ≥ -110 dBm	98.58%	98.70%	Cải thiện
RSRQ ≥ -14 dB	88.02%	89.29%	Cải thiện
SINR ≤ 0	4.78	4.4	Cải thiện

Sau khi thực hiện quy hoạch, tối ưu hóa mạng 4G thì kết quả thu được trên 3 vùng phủ đó được biểu diễn như trong hình dưới đây:



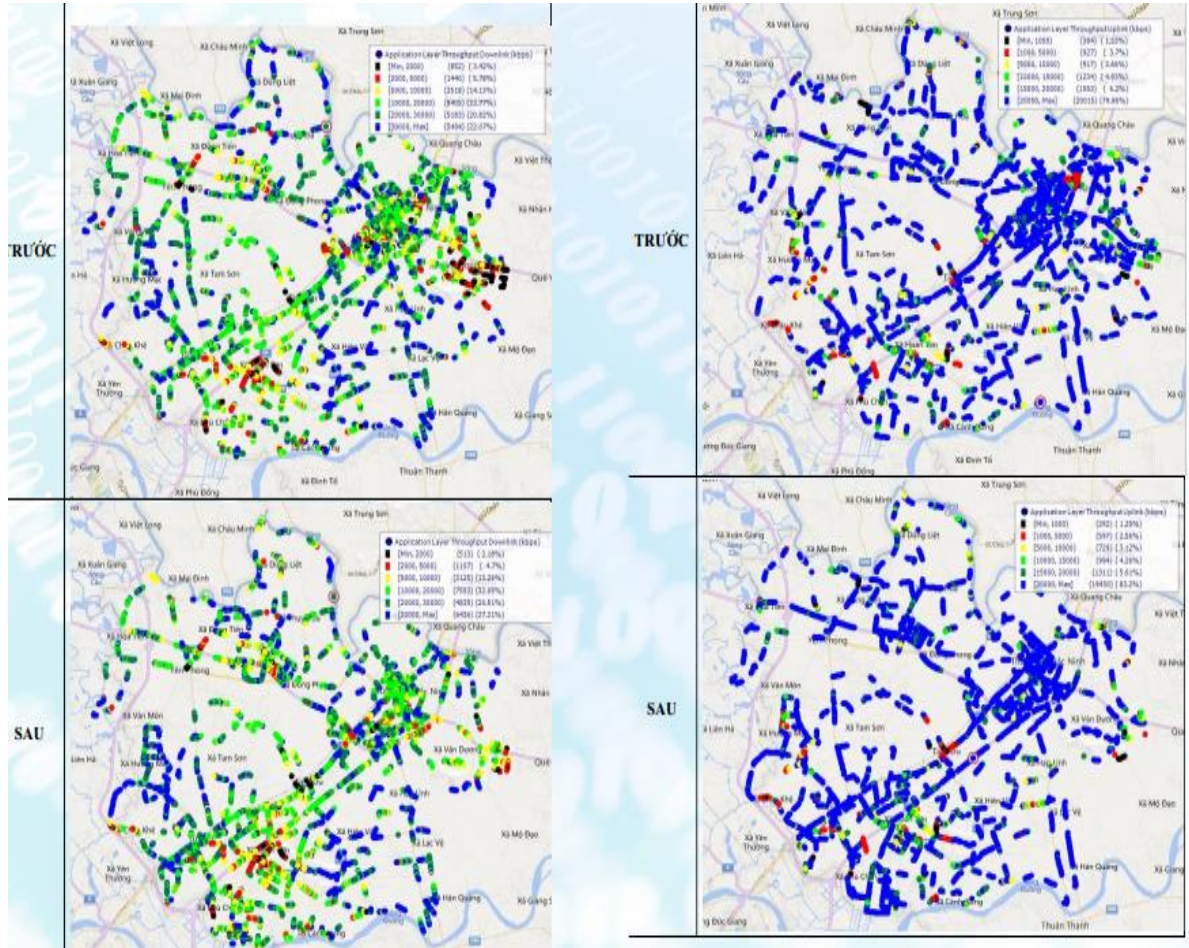
Hình 3.18: Kết quả tối ưu hóa quy hoạch mạng 4G trên 3 vùng phủ RSRP, RSRQ, SINR

Đối với 2 vùng phủ còn lại là Throughput DL; Throughput UL thì kết quả đạt được như sau:

Bảng 3.19: Mức tín hiệu trước và sau khi TUH với vùng phủ Throughput DL; Throughput UL

Mức Tín hiệu	Trước TUH	Sau TUH	Đánh giá
4G Application-layer throughput DL (kbps) >5000	89.78%	90.13%	Cải thiện
4G Application-layer throughput UL (kbps) >5000	94.76%	96.19%	Cải thiện
4G Mean throughput DL (Mbps)	21.8	24.36	Cải thiện
4G Mean throughput UL (Mbps)	31.9	33.9	Cải thiện

Sau khi thực hiện quy hoạch, tối ưu hóa mạng 4G thì kết quả thu được trên 3 vùng phủ đó được biểu diễn như trong hình dưới đây:



Hình 3.19: Kết quả tối ưu hóa quy hoạch mạng 4G trên Thruput DL;
Thruput UL

Các tham số liên quan đến chất lượng dịch vụ thoại cũng được cải thiện đáng kể. Cụ thể như:

- CSSR (Call Setup Success Rate): tỷ lệ cuộc gọi được thiết lập thành công, là tỷ lệ (%) giữa số cuộc gọi được thiết lập thành công trên tổng số cuộc gọi được thực hiện.

- CDR (Call Drop Rate): tỷ lệ cuộc gọi bị rơi, là tỷ lệ (%) giữa số cuộc gọi bị rơi trên tổng số cuộc gọi được thiết lập thành công.

- SASR (Service Access Success Rate): Tỷ lệ truy nhập dịch vụ thành công, là tỷ lệ (%) giữa số lần truy nhập dịch vụ thành công trên tổng số lần truy nhập dịch vụ

Như vậy, sau khi thực hiện tối ưu, đảm bảo các chỉ tiêu đặt ra theo đúng kế hoạch, kết quả tối ưu đã thu được một số các kết quả khả quan có thể được tóm tắt lại như sau:

Thứ nhất, tối ưu vùng phủ sóng: đề tài đã thực hiện tuning vùng phủ 4G khu vực TPO và các huyện như Tiên Du, Từ Sơn, Yên Phong,... Các chỉ tiêu KPI vùng phủ ổn định và cải thiện so với trước tối ưu. Trước khi tối ưu, tầng ứng dụng 4G throughput DL (kbpd) >5000 và throughput UL (kbpd) >5000 lần lượt đạt 89.78% và 94.76%, sau khi tối ưu đã được cải thiện rõ rệt lên tới 90.13% và 96.19%. Tương tự thế, trước khi tối ưu, 4G mean Throughput DL (Mbps) và Throughput UL (Mbps) lần lượt là 21.8% và 31.9%; sau khi tối ưu đạt 24.36% và 33.9%.

Thứ hai, việc tối ưu KPI hệ thống cũng được duy trì cải thiện các chỉ số KPI so với trước tối ưu.

Thứ ba, đề tài đã xử lý được các HW/Badcell tồn tại và phát sinh như đã xử lý các cách báo HW/truyền dẫn, CLK và diệt 46 badcell 4G đạt tỷ lệ xử lý 76% so với trước tối ưu.

Cuối cùng, đề tài cũng đã hoàn thành việc kiểm tra xử lý các điểm đen trên địa bàn toàn tỉnh. Theo kế hoạch dự kiến đến cuối năm 2020, khoảng 70.000 thuê bao di động 4G hoạt động thường xuyên trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh và những năm tiếp theo số thuê bao di động 4G hoạt động thường xuyên trên mạng 4G của VNPT Bắc Ninh tăng thêm từ 45-50%. Như vậy có thể thấy, nếu trong vòng 5 năm tới (tính đến năm 2025) tổng số thuê bao dự báo là khoảng hơn 500.000 thuê bao sử dụng di động 4G. Mà theo báo cáo của tỉnh, đến hết năm 2019, trên địa bàn tỉnh có 1.056 trạm thu phát sóng di động BTS (loại A1a, A1b, A2a, A2b), 2.564 trạm BTS (trạm 2G, 3G, 4G), phục vụ cho hơn 1,5 triệu thuê bao điện thoại di động. Chính vì vậy, việc quy hoạch mạng tối ưu càng trở nên cần thiết và quan trọng hơn bao giờ hết, đáp ứng dịch vụ được tốt hơn khi số lượng thuê bao và nhu cầu dung lượng ngày càng tăng.

3.4. Kết luận chương

Nội dung chương 3 trình bày kết quả nghiên cứu việc triển khai thực tế mạng di động 4G VinaPhone tại Bắc Ninh, từ quy hoạch, định cỡ, thiết kế High Level Design - Low Level Design, lắp đặt, phát sóng và đo kiểm chất lượng mạng 4G.

Do đặc thù đường lên và đường xuống trong mạng 4G là bất đối xứng, một trong hai đường sẽ thiết lập giới hạn về dung lượng hoặc vùng phủ sóng. Việc tính toán quỹ đường truyền và phân tích nhiễu không phụ thuộc vào loại công nghệ sử dụng, cấu hình trạm và số lượng các phần tử mạng để dự báo giá thành đầu tư cho mạng.

Qua phân tích ở trên có thể thấy để quy hoạch vùng phủ ta cần dựa vào quỹ đường truyền và mô hình truyền sóng cụ thể, kết hợp với diện tích cần phủ sóng.

Mặt khác việc triển khai mạng 4G phần lớn được thực hiện trên hạ tầng nhà trạm, cột BTS sẵn có đang dùng cho thiết bị 2G/3G. Do đó việc thiết kế vị trí lắp đặt anten, tủ nguồn, fidor, thiết bị cần phải được thiết kế và tính toán chi tiết để vừa đảm bảo chất lượng vùng phủ, đồng thời phải thuận lợi trong công tác vận hành, khai thác. Một số các KV không cải thiện nhiều do vùng hờ cần chú ý bổ sung NewSite/Remote cho phù hợp với điều kiện trên địa bản tỉnh.

KẾT LUẬN

Luận văn đã trình bày các đặc điểm kỹ thuật của hệ thống LTE bao gồm mục tiêu thiết kế, tiềm năng công nghệ, hiệu suất hệ thống, các thông số lớp vật lý, dịch vụ của LTE. Những nội dung nghiên cứu trên cho thấy 4G là một công nghệ với những đặc tính kỹ thuật ưu việt. Do vậy các doanh nghiệp viễn thông tại Việt Nam đã và đang tập trung nghiên cứu và triển khai thử nghiệm làm tiền đề cho việc triển khai rộng rãi trên toàn quốc.

Qua các tham số phân tích ở trên, với những ưu điểm vượt trội của mạng 4G cả về tốc độ, băng thông làm nền tảng cho việc triển khai các dịch vụ dữ liệu, video của các nhà mạng, đáp ứng nhu cầu sử dụng dịch vụ ngày càng cao của khách hàng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy 4G có ưu điểm vượt trội so với 3G cả về tốc độ, thời gian trễ, hiệu suất sử dụng phổ cùng với việc sử dụng băng thông linh hoạt, cấu trúc đơn giản nên giảm được giá thành.

Việc nghiên cứu công nghệ LTE và các đặc tính kỹ thuật là tiền đề để tiến hành thiết kế và quy hoạch mạng di động 4G VinaPhone tại Bắc Ninh, từ khâu quy hoạch, định cỡ, thiết kế High Level Design - Low Level Design, lắp đặt, phát sóng và đo kiểm chất lượng mạng 4G. Với đặc thù hiện nay mạng 4G phần lớn được triển khai trên nền tảng các trạm BTS 2G/3G có sẵn. Tuy nhiên do công suất, vùng phủ của các trạm 2G, 3G, 4G là khác nhau nên cần có những khảo sát và cách tiếp cận phù hợp trong thiết kế và quy hoạch mạng để đưa ra các giải pháp tối ưu được chất lượng vùng phủ cũng như chi phí. Và đây cũng là những kết quả chính đạt được trong khuôn khổ nội dung của luận văn.

Do sự hạn chế về kiến thức và thời gian nên luận văn không tránh khỏi những thiếu sót. Vì vậy em rất mong nhận được các ý kiến đóng góp của các thầy cô giáo để luận văn được hoàn thiện hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

- [1]. Tạ Trung Dũng (2016), Xây dựng qui hoạch mạng 4G LTE. Luận văn Thạc sỹ công nghệ thông tin, Trường Đại học Công nghệ – Đại học Quốc Gia Hà Nội.
- [2]. 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.
- [3]. TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng, “Giáo trình thông tin di động”, Nhà xuất bản Thông tin và Truyền thông.
- [4]. 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.
- [5]. 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.
- [6]. 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.

Tiếng Anh:

- [7]. 3GPP Long-Term Evolution/ System Architecture Evolution Overview September 2006; Alcatel.
- [8]. Hãng Nokia, LTE Radio Planning Essentials Course, 2016.
- [9]. ITU. (2013, 22/04/2013). Global mobile-cellular subscriptions, total and per 100 inhabitants, 2001-2013. Available.
- [10]. Cheng-Chung Lin, Handover Mechanisms in 3GPP Long Term Evolution (LTE), 2013.

Website tham khảo:

- [11]. <http://en.wikipedia.org/wiki/4G>.
- [12]. <http://www.thongtincongnghes.com/article/3121>.
- [13]. <http://www.3gpp.org/LTE>.
- [14]. <http://bacninh.vnpt.vn/>