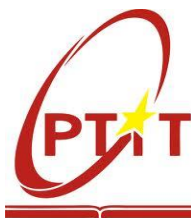


**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

---



**PHAN THÙY LINH**

**TỐI ƯU HÓA MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG  
4G/LTE-A CỦA MOBIFONE TẠI THÀNH PHỐ HẠ  
LONG, TỈNH QUẢNG NINH**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
*(Theo định hướng ứng dụng)*

**HÀ NỘI - 2019**

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

-----



**PHAN THÙY LINH**

**TỐI ƯU HÓA MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG  
4G/LTE-A CỦA MOBIFONE TẠI THÀNH PHỐ HẠ  
LONG, TỈNH QUẢNG 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:**

**PGS.TS. LÊ NHẬT THĂNG**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi và dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Lê Nhật Thăng. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

**Tác giả luận văn**

**Phan Thùy Linh**

## LỜI CẢM ƠN

Tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới PGS.TS. Lê Nhật Thăng- Khoa Đào Tạo Sau Đại Học- Học Viện Công nghệ Bưu Chính Viễn Thông, người thầy đã dành nhiều thời gian tận tình chỉ bảo, hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình tìm hiểu, nghiên cứu. Thầy là người định hướng và đưa ra nhiều góp ý quý báu trong quá trình tôi thực hiện luận văn.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy, cô ở khoa Viễn thông 1-Học Viện Công nghệ Bưu Chính Viễn Thông đã cung cấp cho tôi những kiến thức và tạo cho tôi những điều kiện thuận lợi trong suốt quá trình tôi học tập tại Học viện.

Tôi cũng xin cảm ơn gia đình, người thân, bạn bè và các đồng nghiệp đã luôn động viên và tạo mọi điều kiện tốt nhất cho tôi.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

**Tác giả luận văn**

**Phan Thùy Linh**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CẢM ƠN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MỤC LỤC</b> .....	<b>iii</b>
<b>DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT</b> .....	<b>v</b>
<b>DANH MỤC BẢNG BIỂU</b> .....	<b>viii</b>
<b>DANH MỤC HÌNH VẼ</b> .....	<b>ix</b>
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MẠNG DI ĐỘNG 4G/LTE-A</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Tổng quan về mạng thông tin di động 4G/LTE-A</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 Giới thiệu về mạng 4G/LTE-A .....	6
1.2.2 Kiến trúc mạng 4G/LTE-A .....	11
<b>1.2 Các kỹ thuật chính sử dụng trong mạng 4G/LTE-A</b> .....	<b>17</b>
1.2.2 Kỹ thuật đa truy nhập đường xuống OFDMA .....	17
1.2.3 Kỹ thuật đa truy nhập đường lên .....	19
<b>1.3 Kết luận chương 1</b> .....	<b>20</b>
<b>CHƯƠNG 2. TỐI ƯU HÓA MẠNG 4G/LTE-A</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Sự cần thiết của tối ưu</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2 Quy trình vận hành bảo dưỡng chất lượng mạng</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3 Các vấn đề chính trong tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A</b> .....	<b>23</b>
2.3.1 Các tham số quan trọng .....	23
2.3.2 Công suất tín hiệu thu RSRP – Reference Signal Received Power .....	24
2.3.3 Chất lượng tín hiệu thu RSRQ – Reference Signal Received Quality .....	25
2.3.4 Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SNR – Signal to Noise Ratio .....	26
2.3.5 Tham số Eb/No .....	27
2.3.6 Các tham số điều chỉnh ăng ten .....	27
<b>2.4 Quy trình thực hiện tối ưu hóa vùng phủ mạng 4G/LTE-A</b> .....	<b>29</b>
2.4.1 Chuẩn bị .....	30
2.4.2 Thu thập số liệu và phân chia vùng phủ .....	30

2.4.3 Phân tích dữ liệu .....	35
2.4.4 Tiến hành tối ưu.....	36
2.4.5 Kiểm tra, đánh giá và kết luận quá trình tối ưu .....	37
<b>2.5 Kết luận chương 2 .....</b>	<b>37</b>
<b>CHƯƠNG 3. TỐI ƯU HÓA VÙNG PHỦ CHO MẠNG 4G/LTE-A TẠI THÀNH PHỐ HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Tổng quan về hệ thống thông tin di động của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh .....</b>	<b>39</b>
3.1.1 Số liệu thiết kế và quy hoạch mạng LTE của MobiFone .....	39
3.1.2 Tổng quan về hệ thống thông tin di động của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh .....	40
<b>3.2 Giải pháp tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. ....</b>	<b>43</b>
3.2.1 Yêu cầu tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.....	43
3.2.2 Thu thập dữ liệu, phân tích và tiến hành điều chỉnh .....	44
3.2.3 Tiến hành tối ưu.....	46
<b>3.3 Kiểm tra, đánh giá và kết luận quá trình tối ưu .....</b>	<b>50</b>
<b>3.4 Kết luận chương 3.....</b>	<b>51</b>
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>52</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>54</b>

## DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, CHỮ VIẾT TẮT

Viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
1G	One Generation	Thế hệ thứ 1
2G	Two Generation	Thế hệ thứ 2
3G	Third Generation	Thế hệ thứ 3
4G	Fourth Generation	Thế hệ thứ 4
3GPP	3rd Generation Partnership Project	Đề án các đối tác thế hệ thứ ba
BS	Base Station	Trạm gốc
BTS	Base Tranceiver Station	Trạm thu phát gốc
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
DL	Down link	Đường xuống
DFT	Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc
DFTS-OFDM	DFT-Spread OFDM	OFDM trải phổ
DS-CDMA	Diect Sequences CDMA	Dãy trải phổ trực tiếp CDMA
eNodeB	Enhance NodeB	NodeB phát triển
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution (Enhanced GPRS)	Công nghệ được nâng cấp từ GPRS cho phép truyền dữ liệu với tốc độ cao
EPC	Evolved Packet Core	Mạng lõi thế hệ mới
EPS	Evolved Packet System	Hệ thống mạng gói thế hệ mới
E-UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất UMTS
FDD	Frequency Division Duplex	Ghép song công phân chia theo tần số
FDMA	Frequency Division Multiplex Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số
GSM	Global System For Mobile	Hệ thống thông tin di động

	Communications	toàn cầu
GPRS	General Packet Radio Service	Dịch vụ vô tuyến gói chung
HSPA	High Speed Downlink Packet Access	Truy nhập gói đường xuống tốc độ cao
IMS	IP Multimedia Subsystem	Phân hệ đa phương tiện sử dụng IP
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
KPI	Key Performance Indicators	Chỉ số đánh giá chất lượng mạng
LTE	Long Term Evolution	Phát triển dài hạn
LTE/A	Long Term Evolution Advanced	Phiên bản nâng cấp của LTE
NAS	Non-Access Stratum	Mạng lõi
MAC	Medium Access Control	Điều khiển truy nhập môi trường
MIMO	Multi Input – Multi Output	Nhiều đầu vào nhiều đầu ra
MIME	Mobility Management Entity	Thực thể quản lý di động
MS	Mobile Station	Trạm di động
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao
PSTN	Public Switched Telephone Network	Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng
P-GW	Packet Data Network Gateway	Cổng mạng dữ liệu gói
PDCCP	Packet Data Convergence Protocol	Giao thức hội tụ dữ liệu gói
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
RRC	Radio Resource Control	Điều khiển tài nguyên vô tuyến
RLC	Radio Link Control	Điều khiển liên kết vô tuyến
RNC	Radio Network Controller	Bộ điều khiển mạng vô tuyến
RSRP	Reference Signal Receive Power	Công suất thu tín hiệu tham



		khảo
RSRQ	Reference Signal Receive Quality	Chất lượng thu tín hiệu tham khảo
RSSI	Received Signal Strenght Indicator	Mức thu tín hiệu
SC-FDMA	Single Carrier – Frequency Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang
S-GW	Serving Gateway	Cổng phục vụ
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp âm
TDD	Time Division Duplex	Ghép song công phân chia theo thời gian
TE	Terminal Equipment	Thiết bị đầu cuối
UE	User Equipment	Thiết bị người dùng
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
UL	Up link	Đường lên
USIM	Universal Subscriber Identity Module	Modul nhận dạng thuê bao toàn cầu
UICE	Universal Integrated Circuit Card	Thẻ mạch tích hợp toàn cầu
WLAN	wireless local area network	Mạng cục bộ không dây
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Tiêu chuẩn IEEE 802.16 cho không dây ở khoảng cách lớn

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

<i>Bảng 2.1: Khoảng giá trị của RSRP trong 4G/LTE.....</i>	<i>25</i>
<i>Bảng 2.2: Khoảng giá trị của RSRQ trong 4G LTE .....</i>	<i>26</i>
<i>Bảng 3.1: Thống kê số trạm LTE giai đoạn 2016-2020.....</i>	<i>39</i>
<i>Bảng 3.2: Số lượng trạm eNode tại Quảng Ninh của MobiFone tính đến tháng 10/2019 .....</i>	<i>41</i>
<i>Bảng 3.3: Tình hình sử dụng mạng 4G tại Quảng Ninh của MobiFone tính đến tháng 10/2019 .....</i>	<i>42</i>
<i>Bảng 3.4: Giải thích bảng màu của RSRP và RSRQ.....</i>	<i>44</i>

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Lịch sử phát triển công nghệ mạng di động.....	4
Hình 1.2. Kiến trúc tổng quan 4G/LTE-A .....	11
Hình 1.4: Chồng giao thức.....	14
Hình 1.5: Mạng lõi EPC .....	15
Hình 1.6: Kỹ thuật OFDMA .....	18
Hình 1.7: So sánh kỹ thuật OFDMA và SC-FDMA.....	19
Hình 2.1: Quy trình vận hành mạng .....	22
Hình 2.2: Quy trình quản lý chất lượng mạng .....	23
Hình 2.3: Độ nghiêng điện tử .....	28
Hình 2.4: Độ nghiêng cơ học.....	29
Hình 2.5: Quy trình thực hiện tối ưu.....	30
Hình 3.1 Cường độ tín hiệu RSRP trước khi tối ưu.....	45
Hình 3.2. Cường độ tín hiệu RSRQ trước khi tối ưu.....	45
Hình 3.3: Cường độ tín hiệu RSRP sau khi tối ưu.....	47
Hình 3.4: Cường độ tín hiệu RSRQ sau khi tối ưu.....	48
Hình 3.5: Cường độ tín hiệu PSRP của trạm QHCP67A_LTE trước khi tối ưu .....	49
Hình 3.6: Cường độ tín hiệu RSRP của trạm QHCP67A_LTE sau khi tối ưu.....	49
Hình 3.7: Cường độ RSRQ của trạm QHCP67A_LTE trước khi tối ưu .....	50
Hình 3.8: Cường độ RSRQ của trạm QHCP67A_LTE sau khi tối ưu .....	50

## MỞ ĐẦU

**1. Lý do chọn đề tài:** Hiện nay công nghệ thông tin di động đã phát triển lên thế hệ 4G, 5G [6]. Trong nước, các nhà khai thác cũng đã hoàn thành cơ sở hạ tầng và đưa vào khai thác thương mại cơ sở hạ tầng 4G LTE-A. Các nhà khai thác mạng di động vừa phải đảm bảo đáp ứng dung lượng hệ thống, vừa nâng cao chất lượng dịch vụ cũng như các tiện ích khác cho khách hàng. Số lượng thuê bao ngày càng tăng, cấu trúc mạng ngày càng phức tạp, bên cạnh đó là sự phát triển của các dịch vụ như :Video streaming, Mobile banking, Mobile TV...sẽ là vấn đề đáng quan tâm của các nhà khai thác. Chính vì vậy tối ưu mạng là vấn đề rất cần thiết và mang ý nghĩa quan trọng trong vấn đề đảm bảo chất lượng mạng, công tác đo kiểm và tối ưu hệ thống cung cấp dịch vụ là bước không thể thiếu trong việc phát triển hệ thống thông tin di động [1]. Vì vậy tôi đã chọn đề tài theo hướng là ***“Tối ưu hóa mạng thông tin di động 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh”*** làm luận văn tốt nghiệp cao học.

**2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu:** Công nghệ 4G/LTE-A đã được nghiên cứu và triển khai rộng rãi trên thế giới [4]. Sau nhiều sự đầu tư và nghiên cứu, các nhà mạng Việt Nam đã cung cấp dịch vụ 4G/LTE-A tới khách hàng tuy nhiên số lượng cũng như chất lượng chưa được cao. Với mục đích cải thiện chất lượng dịch vụ, nâng cao dung lượng cho người sử dụng nên việc tối ưu là vấn đề cần thiết. Tại Việt Nam MobiFone cũng đã triển khai tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A năm 2017 [9] cũng đã đạt được những lợi ích đáng kể, tăng dung lượng sử dụng và cung cấp chất lượng dịch vụ tốt nhất đến người sử dụng. Cũng đã có rất nhiều nghiên cứu về các giải pháp quy hoạch và tối ưu hóa mạng 4G như đề tài luận văn “ Nghiên cứu các giải pháp thiết kế và tối ưu hóa chất lượng mạng LTE” của Đỗ Trung Minh năm 2016 [7], luận văn “ Nghiên cứu xây dựng công cụ đo kiểm và đánh giá chất lượng dịch vụ di động 4G” của Trần Hoàng Diệu, năm 2016 [8], tuy nhiên các đề tài chủ yếu tập trung vào các tham số để đánh giá chất lượng dịch vụ, chưa bám sát tình hình thực tế sử dụng mạng di động 4G ở khu vực khảo sát, quy hoạch vùng phủ chưa rõ ràng. Trong luận văn này dựa và tình hình sử dụng mạng thông tin di động 4G/LTE-A

của MobiFone ở thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh, vùng phủ sóng của mạng 4G/LTE-A trên địa bàn, thu thập số liệu về cột ăng ten, nhà trạm... dựa trên chỉ số KPI [5] và công cụ đo kiểm Diver test để tối ưu hóa vùng phủ nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ, tăng số lượng thuê bao sử dụng mạng MobiFone trên địa bàn thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

**3. Mục đích nghiên cứu:** Nắm được công nghệ, cấu trúc mạng 4G/LTE-A, quy trình vận hành, quản lý chất lượng mạng, sự cần thiết tối ưu hóa mạng thông tin di động 4G/LTE-A và quy trình tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A, ứng dụng tối ưu hóa vùng phủ mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

**4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:**

- ❖ Đối tượng nghiên cứu: Mạng thông tin di động 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.
- ❖ Tối ưu hóa vùng phủ sóng cho mạng thông tin di động 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

**5. Phương pháp nghiên cứu:** Kết hợp lý thuyết và thực tế :

- Lý thuyết: Nghiên cứu lý thuyết chung về mạng di động 4G/LTE-A. Nghiên cứu lý thuyết chung về tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A, quy trình thực hiện tối ưu hóa mạng, các vấn đề chính trong tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A.
- Thực tế: Khảo sát tình hình phát triển mạng viễn thông trên địa bàn thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh, thu thập thông tin về nhà trạm, cột anten, tilt, thông tin cấu hình phần cứng và các vấn đề tồn tại trong mạng, thu thập dữ liệu, phân tích và điều chỉnh và tiến hành tối ưu vùng phủ mạng di động 4G/LTE-A tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

**6. Bố cục luận văn:**

Luận văn gồm các chương được tổ chức như sau:

**CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MẠNG DI ĐỘNG 4G/LTE-A**

**Nội dung:** Giới thiệu về quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động qua các thế hệ từ 1G đến 4G và 5G. Tổng quan về mạng 4G/LTE-A, các chế độ truy nhập và các kỹ thuật sử dụng trong 4G/LTE-A. Chương 1 gồm các nội dung sau:

- ✓ *Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động.*
- ✓ *Tổng quan về mạng thông tin di động 4G/LTE-A.*
- ✓ *Các kỹ thuật chính sử dụng trong mạng 4G/LTE-A.*

## **CHƯƠNG 2 : TỐI ƯU HÓA MẠNG 4G/LTE-A**

**Nội dung:** Tối ưu mạng là một quá trình đo đạc, phân tích cấu hình, hiệu năng và điều chỉnh để cải thiện toàn bộ chất lượng mạng khi đã thử nghiệm bởi các thuê bao di động và đảm bảo rằng các nguồn tài nguyên mạng được sử dụng một cách hiệu quả. Việc cải thiện chất lượng mạng, đưa ra nhiều dịch vụ mới để thu hút khách hàng là rất quan trọng. Để làm điều này thì tối ưu là một công việc không thể thiếu đối với mỗi mạng di động. Chương này sẽ trình bày về: tổng quan tối ưu mạng di động, quy trình thực hiện tối ưu, đồng thời trình bày các tham số và vấn đề liên quan.

- ✓ *Sự cần thiết của tối ưu.*
- ✓ *Quy trình vận hành, quản lý chất lượng mạng.*
- ✓ *Các vấn đề chính trong tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A.*
- ✓ *Quy trình thực hiện tối ưu hóa vùng phủ mạng 4G/LTE-A.*

## **CHƯƠNG 3: TỐI ƯU HÓA VÙNG PHỦ CHO MẠNG 4G/LTE-A CỦA MOBIFONE TẠI THÀNH PHỐ HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH**

**Nội dung:** Chương này trình bày về tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Quá trình đo đạc, phân tích và tối ưu được thực hiện thực tế bằng phương pháp truyền thống Drive Test cùng với việc phân tích một số vấn đề thường gặp và cách xử lý vấn đề gặp phải.

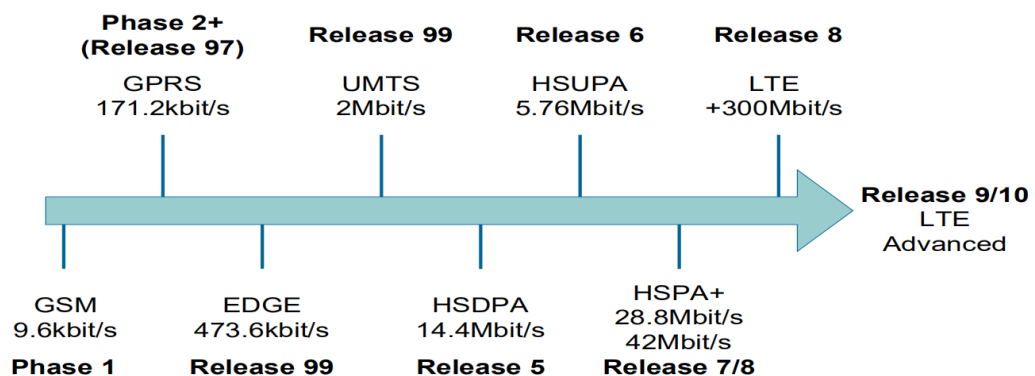
- ✓ *Tổng quan về mạng thông tin di động của MobiFone tại thành phố Hạ Long, Quảng Ninh.*
- ✓ *Giải pháp tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, Quảng Ninh.*
- ✓ *Kiểm tra, đánh giá và khuyến nghị đề xuất.*

## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MẠNG DI ĐỘNG 4G/LTE-A

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. Cho đến nay, hệ thống thông tin di động đã trải qua nhiều giai đoạn phát triển, từ thế hệ di động thế hệ 1 đến thế hệ 3, thế hệ thứ 4, đang tiến tới thế hệ thứ 5. Mạng thông tin di động 4G đang ở thời kỳ phát triển đỉnh cao. Trong chương này sẽ trình bày khái quát về các đặc tính chung của các hệ thống thông tin di động và tổng quan về mạng 4G/LTE-A, các chế độ truy nhập và các kỹ thuật sử dụng trong mạng 4G/LTE-A.

### 1.1 Quá trình phát triển của hệ thống thông tin di động

Quá trình phát triển của các hệ thống thông tin di động được miêu tả theo như hình vẽ 1.1 dưới đây trước khi LTE ra đời, công nghệ thông tin di động đã trải qua 3 thế hệ (1G, 2G và 3G) và đang hướng tới triển khai các công nghệ tiền 4G, trong đó LTE thu hút sự quan tâm rộng rãi bởi LTE được xem như hệ thống tiến hóa tiếp theo cho các công nghệ di động dựa trên nền tảng GSM/UMTS (GSM, GPRS/EDGE, HSPA/HSPA+) [2, 6]. Mục đích của LTE là cung cấp công nghệ truy nhập vô tuyến băng rộng với độ trễ truyền tải thấp, đồng thời hỗ trợ khả năng chuyển giao trong suốt cho lưu lượng dữ liệu với GPRS/HSPA. LTE bắt đầu được tiêu chuẩn hóa kể từ phiên bản 3GPP R8, cho đến hiện tại 3GPP đã ban hành đến phiên bản 3GPP R11. Kể từ phiên bản R10 trở đi, LTE được gọi là LTE Advanced.



Hình 1.1: Lịch sử phát triển công nghệ mạng di động

Trên toàn thế giới, hơn 80% nhà cung cấp dịch vụ di động hiện tại đang sử dụng công nghệ GSM. Lợi thế về cơ sở hạ tầng sẵn có và số lượng khách hàng sử dụng đông đảo là lý do chính để phát triển thị trường di động băng rộng với công nghệ 3G/HSPA và tiếp theo sẽ là LTE. Công nghệ LTE có khả năng tương thích gần như hoàn hảo với công nghệ nền tảng GSM/UMTS. Thực tế cho thấy, hầu hết các hãng sản xuất thiết bị viễn thông hàng đầu trên thế giới như: Nokia Siemens Networks, Ericsson, Alcatel-Lucent, Huawei, Motorola, ZTE, LG Electronics, Samsung, NEC, Fujitsu,... đã nhận ra tiềm năng to lớn này và đã cùng bắt tay với các mạng di động lớn trên thế giới (Vodafone, Verizon Wireless, AT&T, France Telecom-Orange, NTT DoCoMo, T-Mobile, China Mobile, China Telecom, ...) thực hiện các cuộc thử nghiệm quan trọng trên công nghệ LTE và đã đạt những thành công đáng kể.

Mạng LTE đầu tiên đưa vào khai thác thương mại năm 2009 (02 mạng), sang 2010 có 16 mạng, năm 2011 có 46 mạng, các năm tiếp sau đó số lượng mạng LTE tăng nhanh chóng, năm 2014 đã có 288 mạng LTE và đến cuối năm 2015 đã có 442 nhà mạng trên thế giới chính thức cung cấp dịch vụ mạng LTE cho khách hàng tại 147 quốc gia. Số lượng khách hàng sử dụng dịch vụ mạng LTE cũng tăng lên đáng kể, đến đầu năm 2014 trên thế giới đã có 200 triệu người sử dụng dịch vụ mạng LTE, dự kiến giai đoạn 2015-2017 số lượng khách hàng sẽ phát triển mạnh mẽ, đến 2017 con số đó ước sẽ đạt khoảng 1 tỷ khách hàng.

Ở Việt Nam, mạng di động 3G dựa trên công nghệ UMTS bắt đầu triển khai và cung cấp dịch vụ tới khách hàng từ cuối năm 2009 và hiện đã đạt được vùng phủ sóng khá tốt, các nhà mạng đang trong quá trình nâng cao chất lượng sóng, cải thiện tốc độ dữ liệu cũng như phát triển các dịch vụ nội dung [3]. Số lượng người sử dụng dịch vụ 3G chiếm khoảng 56% tổng số lượng thuê bao toàn mạng do còn nhiều hạn chế về thiết bị đầu cuối, vùng phủ sóng, giá cước dịch vụ và các nội dung ứng dụng chưa phát triển. Tuy nhiên quá trình triển khai thử nghiệm LTE đã bắt đầu được tiến hành gần đây. Bộ Thông tin Truyền thông đã cấp giấy phép thử nghiệm công nghệ 4G cho các doanh nghiệp VNPT, CMC, FPT, VTC và Viettel. Theo đó các doanh



nghiệp sẽ thử nghiệm công nghệ 4G trong thời hạn 1 năm và có thể kéo dài trong thời gian 2 năm để đánh giá công nghệ và nhu cầu của người sử dụng tại Việt Nam.

Đi đầu trong việc triển khai cung cấp thử nghiệm dịch vụ công nghệ 4G tại Việt Nam là Tập đoàn Bưu chính viễn thông Việt Nam - VNPT và đơn vị triển khai thử nghiệm đầu tiên là Công ty Điện toán và Truyền số liệu - VDC. Tháng 10/2010, những trạm phát sóng công nghệ LTE đầu tiên tại Việt Nam đã được lắp đặt.

Các mạng thông tin di động tại Việt Nam hầu hết đang hoạt động với 2 công nghệ truy nhập vô tuyến là GSM/GPRS/EDGE cho mạng 2G và UMTS/HSPA/HSPA+ cho mạng 3G. Có thể nói nhu cầu sử dụng và ứng dụng các dịch vụ di động bùng nổ tại Việt Nam ngày càng gia tăng. Tuy nhiên tốc độ truy nhập mạng 3G vẫn còn một số hạn chế (tốc độ tải xuống/tải lên trung bình đạt 8.5 Mbps/2.5 Mbps tại khu vực thành phố lớn, các khu vực còn lại đạt khoảng 3.5 Mbps/1.2 Mbps). Do vậy các ứng dụng như Video Call, Mobile TV hiện tại có chất lượng còn thấp, chưa đáp ứng nhu cầu tốc độ cao của người sử dụng 3G. Trong tương lai việc các nhà mạng tại Việt Nam triển khai, đầu tư nâng cấp mạng di động hiện tại lên LTE là nhu cầu gần như tất yếu nhằm cung cấp các dịch vụ ứng dụng băng rộng, tốc độ cao như truyền hình HD & VoD, Video/VoIP Call chất lượng cao, trò chơi trực tuyến, ... phục vụ cho khách hàng.

## **1.2 Tổng quan về mạng thông tin di động 4G/LTE-A**

### ***1.2.1 Giới thiệu về mạng 4G/LTE-A***

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 ITU-R 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 sẽ là chuẩn phù hợp trong tương lai gần [8]. Họ cũng coi công nghệ này mới thật sự là 4G do đáp ứng đầy đủ các tiêu chí kỹ thuật mà Liên minh Viễn thông Quốc tế (International

Telecommunication Union) đặt ra cho hệ thống mạng không dây thế hệ thứ 4. Các yêu cầu chủ yếu bao gồm:

- ❖ Hỗ trợ độ rộng băng tần lên đến và bao gồm 40 MHz.
- ❖ Khuyến khích hỗ trợ các độ rộng băng tần rộng hơn (ví dụ như 100 MHz).
- ❖ Hiệu suất sử dụng phổ tần đỉnh đường xuống tối thiểu là 15 bit/Hz/s (giả sử sử dụng MIMO 4×4).
- ❖ Hiệu suất sử dụng phổ tần đỉnh đường lên tối thiểu là 6.75 bit/Hz/s (giả sử sử dụng MIMO 4×4).
- ❖ Tốc độ thông lượng lý thuyết là 1.5 Gb/s.

LTE-Advanced là bản nâng cấp của LTE và hoàn toàn có thể đáp ứng các yêu cầu này. LTE-Advanced là phiên bản nâng cấp của LTE và 2 chuẩn này hoàn toàn tương thích với nhau. Các đầu cuối sử dụng LTE-Advanced mới vẫn hoạt động tốt với các mạng LTE thông thường và ngược lại. Điều này có lợi cho cả người dùng và nhà mạng.

Về mặt lý thuyết, LTE-Advanced có tốc độ tải xuống đạt tới 3Gbps, tốc độ tải lên 1,5Gbps. Đây là một sự vượt trội tuyệt đối khi so sánh với thông số tải xuống/tải lên của LTE thường là 300Mb/s và 75Mb/s. Không chỉ có tốc độ nhanh hơn, LTE-Advanced cũng bao gồm những giao thức truyền tải mới, hỗ trợ đa an-ten cho phép số lượng bit/s truyền tải qua tần phổ vượt mà hơn và kết quả là kết nối ổn định hơn và chi phí dữ liệu sẽ rẻ hơn.

Hỗ trợ độ rộng băng tần lên đến 100 MHz. Với một kỹ thuật mới có tên là tổng hợp sóng mang (Carrier Aggregation) LTE – Advanced có thể làm tăng số lượng băng thông khả dụng dành cho thiết bị di động bằng cách ghép nối các kênh tần số, hay còn gọi là sóng mang nằm ở các phần khác nhau nằm rải rác trong phổ vô tuyến. LTE thông thường có thể cung cấp dữ liệu bằng cách sử dụng các block dữ liệu liên kề của tần số lên đến 20MHz. Nhưng khi ngày càng nhiều các công ty cung cấp dịch vụ và cùng với nó là số lượng các thiết bị tranh giành tần số viễn thông ngày càng nhiều, những dải rộng lên tới 20MHz như vậy đang ngày càng khan hiếm. Hầu hết các nhà khai thác đành phải mua các bit và mảnh tần phổ rời

rạc, hình thành một sưu tập phân mảnh để phục vụ cho hoạt động của mình. Phương thức cung cấp dịch vụ kết hợp đã giải quyết vấn đề này. Nó cho phép các nhà khai thác kết hợp các kênh rời rạc, nhỏ bé, phân tán thành "một đường ống rất lớn". Ví dụ, có thể kết hợp hai kênh có độ rộng 10MHz ở các tần số 800MHz và 1,8GHz riêng biệt thành một kênh 20MHz toàn duy nhất, cơ bản tăng gấp đôi tốc độ dữ liệu khả dụng cho mỗi người dùng. Đó chính là một trong các ưu điểm của công nghệ mới LTE-Advanced. Hiện tại công nghệ này cho phép các nhà mạng có thể kết hợp tới 5 kênh có độ rộng 20MHz thành 1 kênh có độ rộng 100MHz, nhanh hơn 5 lần so với LTE thông thường.

Hiệu suất sử dụng phổ tần đỉnh đường xuống là 30 b/s (giả sử sử dụng MIMO 8×8). Hiệu suất sử dụng phổ tần đỉnh đường lên là 15 b/s (giả sử sử dụng MIMO 4×4). MIMO (Multiple Input Multiple Output) cho phép các trạm thu phát và các thiết bị di động gửi và nhận dữ liệu bằng nhiều ăng-ten. LTE có hỗ trợ phần nào MIMO nhưng chỉ cho chiều tải xuống. Ngoài ra chuẩn này còn giới hạn số lượng ăng-ten ở mức tối đa là bốn bộ phát ở phía trạm 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. Ở môi trường không dây nhiều nhiễu 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 beamforming giúp cho tín hiệu thu được mạnh lên mà không cần phải tăng công suất phát. Khi sóng tín hiệu mạnh còn nhiều thì yếu như khi người dùng đứng yên và ở gần trạm phát 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 không gian có thể làm tăng tốc độ dữ

liệu tỷ lệ thuận với số cặp ăng-ten thu phát. Do vậy, trong trường hợp khả quan nhất, 8 cặp thu phát có thể tăng tốc độ dữ liệu lên khoảng 8 lần.

Một công nghệ quan trọng khác của LTE-Advanced là truyền nối tiếp (relaying), được dùng để mở rộng vùng phủ sóng tới những nơi có tín hiệu yếu. Các kỹ sư thiết kế mạng vẫn thường dùng công nghệ này để mở rộng vùng phủ sóng của các trạm thu phát tới nơi xa xôi hoặc trong đường hầm của tàu hỏa. Dẫu vậy thì các bộ truyền nối tiếp thông thường, 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 khách hàng 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.

Một công cụ quan trọng khác của LTE-Advanced thì sẽ giúp giải quyết hiện tượng nghẽn mạng. Được biết tới với cái tên eICIC (enhanced Inter-Cell Interference Coordination), nó sẽ được sử dụng trong hệ thống được gọi là mạng không đồng nhất (Heterogeneous Networks). Trong mạng này, các trạm thu phát công suất thấp sẽ tạo ra các cell nhỏ nằm chồng lên mạng lưới các cell lớn do các trạm thu phát thông thường tạo ra. Rất nhiều nhà mạng đã bắt đầu sử dụng 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 đô thị đông đúc. Những bộ thu phát này có kích thước nhỏ gọn, giá thành rẻ, không cồng kềnh, và lắp đặt thì

dễ dàng hơn. Do vậy mà giới phân tích cho rằng chúng có tính khả thi cao khi triển khai trong thực tế

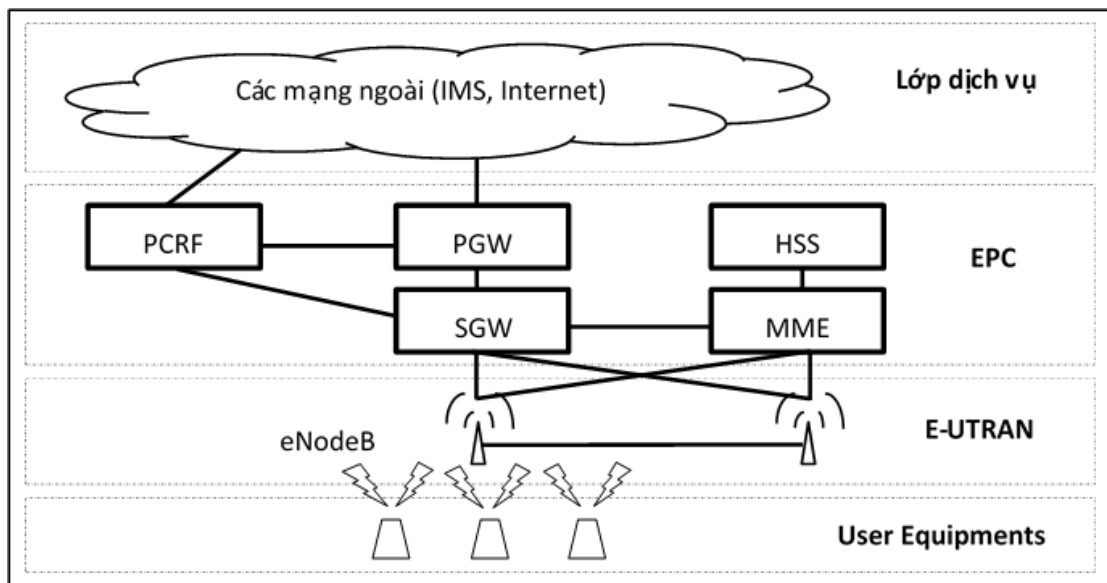
Nhưng khi các nhà mạng đặt ngày càng nhiều trạm thu phát vào cùng một khu vực, họ sẽ phải tìm cách để giảm thiểu can nhiễu khó tránh khỏi giữa chúng. Giao thức eICIC được xây dựng dựa trên giao thức ICIC của LTE vốn để giúp giảm can nhiễu giữa hai cell lớn. Sử dụng ICIC, một trạm thu phát có thể giảm công suất phát ở những tần số và khoảng thời gian cụ thể trong khi một trạm kế bên sử dụng những tài nguyên đó để liên lạc với các máy đang ở rìa vùng phủ sóng của nó. Tuy nhiên phương pháp chia sẻ phổ này chỉ có tác dụng với các luồng dữ liệu. Để liên lạc được với một thiết bị di động và giúp nó hiểu được luồng dữ liệu thì trạm phát phải truyền đi các tín hiệu điều khiển trong đó có chứa các thông tin về quản lý như lịch trình hoạt động, các yêu cầu phát lại, và các chỉ dẫn để giải mã. Do thiết bị di động chờ các thông điệp này tới trên các tần số và thời điểm cụ thể, nên một trạm phát không thể thoải mái cho các trạm bên cạnh dùng những tài nguyên đó mỗi khi chúng cần. LTE giải quyết vấn đề này bằng cách phát các tín hiệu điều khiển có thể chịu được lượng can nhiễu tương đối cao. Tuy vậy, sự xuất hiện của các cell nhỏ lại làm cho mọi việc phức tạp hơn. Ví dụ khi một số thiết bị di động muốn thiết lập kết nối tới một cell nhỏ đang nằm trong một cell lớn, thì các tín hiệu điều khiển từ cell lớn có thể lấn át những tín hiệu này từ cell nhỏ. Giao thức eICIC xử lý tình huống này theo một trong hai cách sau. Nếu hệ thống mạng có sử dụng kỹ thuật cộng gộp sóng mang để ghép hai hay nhiều kênh tần số thì cell lớn và cell nhỏ sẽ chỉ việc sử dụng các kênh tách biệt để gửi các tín hiệu điều khiển. Tuy vậy cả hai cell đều sử dụng tất cả các kênh để truyền dữ liệu nên khách hàng di động vẫn hưởng lợi từ việc gộp băng thông. Hai cell này chia sẻ phổ tần số, bằng cách phối hợp với nhau để sử dụng các tần số trong những thời điểm khác nhau, tương tự như trong ICIC. Đối với các mạng chỉ sử dụng một kênh tần số, eICIC có một giải pháp khác. Nó cho phép cell lớn dừng việc truyền dữ liệu và giảm công suất phát tín hiệu điều khiển trong những khoảng thời gian dài  $1/1000$  giây đã được quy định trước, gọi là các khung cấp thấp (subframe). Một cell nhỏ có thể thu xếp để truyền cả tín hiệu

điều khiển và dữ liệu trong những khoảng thời gian này. Kỹ thuật này cho phép nhiều người dùng kết nối tới cell nhỏ và do vậy tăng dung lượng dữ liệu.

Tính năng chính cuối cùng trong danh sách các tính năng của LTE-Advanced sẽ giúp cải thiện hơn nữa tín hiệu và tăng tốc độ dữ liệu tại vùng biên của các cell, nơi mà có thể khó có được một kết nối tốt. Kỹ thuật này có tên gọi là CoMP (Coordinated MultiPoint - phối hợp đa điểm). Về cơ bản, nó cho phép một thiết bị di động cùng một lúc trao đổi dữ liệu với nhiều trạm thu phát. 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 ăng-ten 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. Kỹ thuật này cho phép nhiều người dùng kết nối tới cell nhỏ và do vậy tăng dung lượng dữ liệu.

### 1.2.2 Kiến trúc mạng 4G/LTE-A

Kiến trúc của hệ thống 4G/LTE-A gồm 4 vùng chính được mô tả ở hình vẽ 1.2 dưới đây: thiết bị người dùng (UE), E-UTRAN, mạng lõi EPC và các vùng dịch vụ [6].



**Hình 1.2. Kiến trúc tổng quan 4G/LTE-A**

UE, E-UTRAN và EPC đại diện cho các giao thức Internet (IP) ở lớp kết nối. Đây là một phần của hệ thống được gọi là hệ thống gói phát triển (EPS). Chức năng chính của lớp này là cung cấp kết nối dựa trên IP và nó được tối ưu hóa cao cho mục tiêu duy nhất. Tất cả các dịch vụ được cung cấp dựa trên IP, tất cả các nút chuyển mạch và các giao diện được nhìn thấy trong kiến trúc 3GPP trước đó không có mặt ở E-UTRAN và EPC. Công nghệ IP chiếm ưu thế trong truyền tải, nơi mà mọi thứ được thiết kế để hoạt động và truyền tải trên IP.

Sự phát triển của E-UTRAN tập trung vào một nút, nút B phát triển ( eNode B). Tất cả các chức năng vô tuyến kết thúc ở đó, tức là eNodeB là điểm kết thúc cho tất cả các giao thức vô tuyến có liên quan. E-UTRAN chỉ đơn giản là một mạng lưới của các eNodeB được kết nối tới các eNodeB lân cận với giao diện X2.

Một trong những thay đổi kiến trúc lớn là trong khu vực mạng lõi là EPC không có chứa một vùng chuyển mạch, và không có kết nối trực tiếp tới các mạng chuyển mạch truyền thống như ISDN và PSTN là cần thiết trong lớp này. Các chức năng của EPC là tương đương với vùng chuyển mạch gói của mạng 3GPP hiện tại. Tuy nhiên những thay đổi đáng kể trong việc bố trí các nút chức năng và kiến trúc phần này nên được coi như là hoàn toàn mới.

### **Thiết bị người dùng UE**

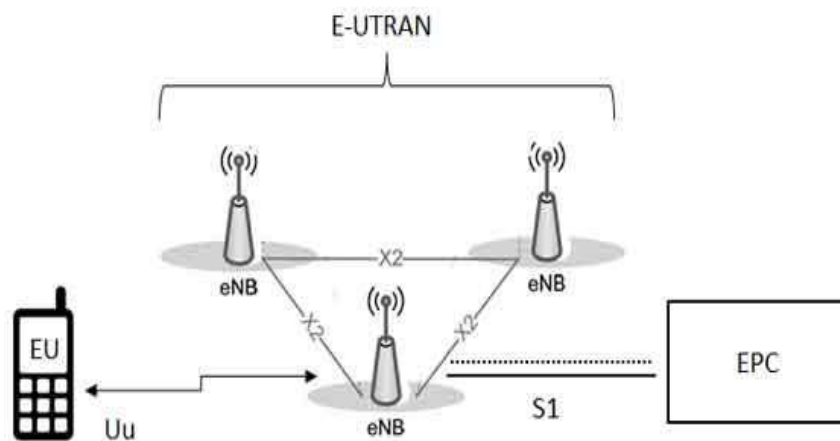
UE là thiết bị mà người dùng đầu cuối sử dụng để liên lạc. Thông thường nó là những thiết bị cầm tay như điện thoại thông minh hoặc một thẻ dữ liệu như mọi người vẫn đang sử dụng hiện tại trong mạng 2G và 3G. Hoặc nó có thể được nhúng vào, ví dụ một máy tính xách tay. UE cũng có chứa các module nhận dạng thuê bao toàn cầu( USIM). Nó là một module riêng biệt với phần còn lại của UE, thường được gọi là thiết bị đầu cuối (TE). USIM là một ứng dụng được đặt vào một thẻ thông minh có thể tháo rời được gọi là thẻ mạch tích hợp toàn cầu ( UICC). USIM được sử dụng để nhận dạng và xác thực người sử dụng để lấy khóa bảo mật nhằm bảo vệ việc truyền tải trên giao diện vô tuyến.

Các chức năng của UE là nền tảng cho các ứng dụng truyền thông, mà có tín hiệu với mạng để thiết lập, duy trì và loại bỏ các liên kết thông tin người dùng cần.

Điều này bao gồm các chức năng quản lý tính di động như chuyển giao, báo cáo vị trí của thiết bị, và các UE phải thực hiện theo hướng dẫn của mạng.

### **🌐 Mạng truy nhập LTE-Advanced E-UTRAN**

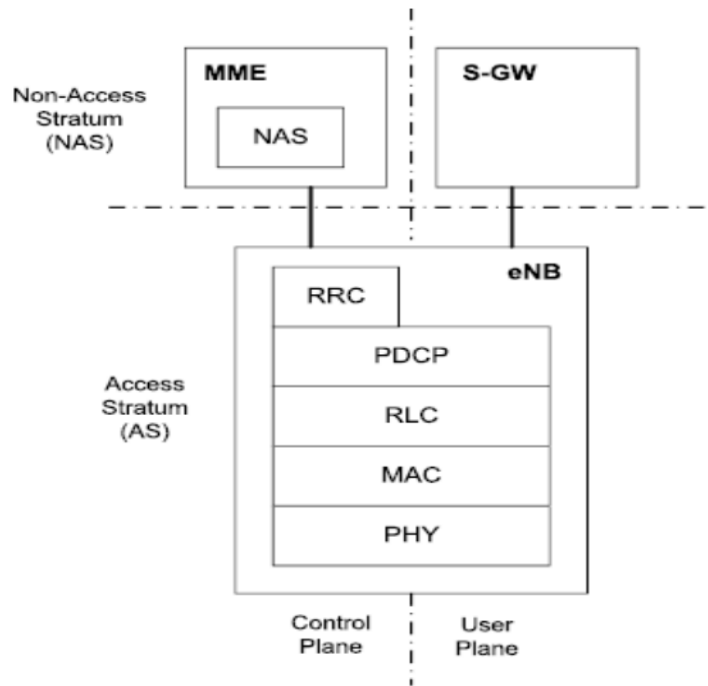
Kiến trúc E-UTRAN của LTE-Advanced được mô tả ở hình 1.3: Phần lõi chính của kiến trúc E-UTRAN là Nút B phát triển (eNodeB), cung cấp giao diện vô tuyến với mặt phẳng người sử dụng và mặt phẳng điều khiển kết cuối hướng đến UE. Giao diện kết nối các eNodeB với nhau được gọi là giao diện X2. Ngoài ra, 3GPP cũng xem xét đến các nút chuyển tiếp (relay) và cách thức chuyển tiếp phức tạp cho việc mở rộng hiệu năng mạng. Mục tiêu của công nghệ mới này là tăng vùng phủ, tốc độ dữ liệu cao hơn và hiệu năng QoS tốt hơn và công bằng hơn đối với các người sử dụng khác nhau.



**Hình 1.3: Kiến trúc E-UTRAN của LTE-Advanced**

eNodeB cung cấp E-UTRAN với những giao thức kết cuối mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người sử dụng cần thiết, bao gồm có PDCP (giao thức hội tụ dữ liệu gói), RLC (điều khiển liên kết vô tuyến), MAC (điều khiển truy nhập môi trường), và các giao thức lớp vật lý (PHY). Chồng giao thức mặt phẳng điều khiển có thêm các giao thức điều khiển tài nguyên vô tuyến (RRC) được thể hiện như hình vẽ 1.4 dưới đây:



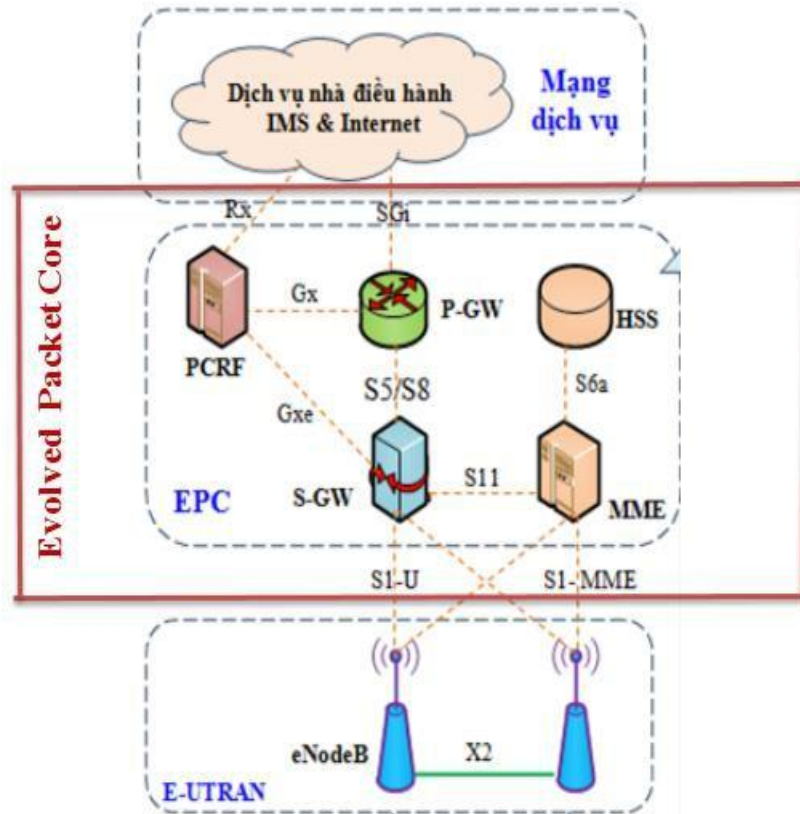


**Hình 1.4: Chồng giao thức**

Mạng truy nhập vô tuyến LTE-Advanced sử dụng một kiến trúc phẳng, hoàn toàn IP, với chỉ một loại nút đó là (eNodeB). eNodeB phát triển chịu trách nhiệm cho tất cả các chức năng liên quan đến phần vô tuyến trong một hoặc nhiều ô (cells). Một nhiệm vụ cơ bản của eNodeB phát triển đó là tạo ra miền có 3 vùng (3 sector). eNodeB phát triển kết nối đến mạng EPC thông qua giao diện S1, đặc biệt hơn là kết nối đến S-GW thông qua giao diện S1-u (phần giao diện S1 cho người sử dụng), và kết nối đến MME thông qua giao diện S1-c (giao diện S1 mặt phẳng điều khiển). Một eNodeB phát triển có thể được kết nối đến nhiều MME/S-GW cho mục đích chia tải và dự phòng.

#### **Mạng lõi EPC**

Mạng lõi mới là sự mở rộng hoàn toàn của mạng lõi trong hệ thống 3G và nó chỉ bao phủ miền chuyển mạch gói. Vì vậy, nó có một cái tên mới : Evolved Packet Core (EPC). Hình 1.5 dưới đây mô tả một mạng lõi EPC:



**Hình 1.5: Mạng lõi EPC**

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 dùng và mặt phẳng điều khiển. Một 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. EPC gồm có một vài thực thể chức năng.

- MME(Mobility Management Entity): là thực thể quản lý di động, điều khiển các Node xử lý tín hiệu giữa UE và mạng lõi. Giao thức giữa UE và mạng lõi là Non-Access Stratum (NAS). MME là phần tử điều khiển chính trong EPC. Thông thường MME là một server đặt tại một vị trí an toàn ngay tại nhà khai thác. Nó chỉ hoạt động trong mặt phẳng điều khiển (CP) và không tham gia vào đường truyền số liệu (UP). Các chức năng chính của MME:
  - ✓ Các chức năng liên quan đến quản lý thông báo: chức năng này bao gồm thiết lập, duy trì và gửi đi các thông báo, 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.
  - S-Gateway (Serving Gateway): là vị trí kết nối của giao tiếp dữ liệu gói với E-UTRAN, tất cả các gói IP người dùng được chuyển đi thông qua S-GW. Nó còn hoạt động như một node định tuyến đến những kỹ thuật 3 GPP khác. Trong cấu trúc kiến trúc cơ sở, chức năng mức cao của S-GW là quản lý tunnel UP (User Plan) và chuyển mạch. S-GW là bộ phận của hạ tầng mạng được quản lý tập trung tại nơi khai thác.
  - P-Gateway (Packet Data Network Gateway): là điểm đầu cuối cho những phiên hướng về mạng dữ liệu gói bên ngoài. Nó cũng là Router đến mạng Internet. Thông thường P-GW ấn định địa chỉ IP cho UE và UE sử dụng nó để thông tin với các máy IP trong các mạng ngoài (Internet). Cũng có thể mạng ngoài nơi mà UE nối đến sẽ ấn định địa chỉ IP cho UE sử dụng và P-GW truyền tunnel tất cả lưu lượng đến mạng này. P-GW cũng thực hiện các chức năng lọc và mở cổng theo yêu cầu được thiết lập cho UE và dịch vụ tương ứng. Ngoài ra nó thu thập và báo cáo thông tin tính cước liên quan. Tương tự như S-GW, các P-GW có thể được khai thác ngay tại vị trí trung tâm của nhà khai thác.
  - PCRF (Policy and Charging Rules Function): Chức năng chính sách và quy tắc tính phí và cấu hình hệ thống con đa phương tiện IP IMS (the IP Multimedia Subsystem) cho mỗi người dùng.
  - HSS (Home Subscriber Server): là nơi lưu trữ dữ liệu của thuê bao cho tất cả dữ liệu của người dùng. Nó là cơ sở dữ liệu chủ trung tâm trong trung tâm của nhà khai thác
- Đường giao tiếp S1 được dùng cho cả dữ liệu người dùng (nối với S-GW) và dữ liệu báo hiệu (nối với MME) nên kiến trúc giao thức S1 được chia thành 2 bộ giao thức:
- S1-C (điều khiển): dùng để trao đổi các thông điệp điều khiển giữa một UE và MME.
  - S1-U (người dùng): dùng để truyền dữ liệu của UE đến S-GW.

Nút Gateway giữa mạng truy nhập vô tuyến và mạng lõi phân ra thành hai thực thể: S-GW và MME. Kết hợp với nhau chúng thực hiện công việc tương tự SGSN trong mạng mạng UMTS. Đường giao tiếp S11 sẽ được dùng để liên lạc giữa hai thực thể đó.

Một đường giao tiếp quan trọng nữa trong mạng lõi LTE là đường giao tiếp S6 nối giữa các MME và cơ sở dữ liệu thông tin thuê bao. Trong UMTS/GSM, cơ sở dữ liệu này gọi là HLR (Home Location Register). Trong LTE, HLR được cải tiến và đổi tên thành HSS.

### Miền dịch vụ

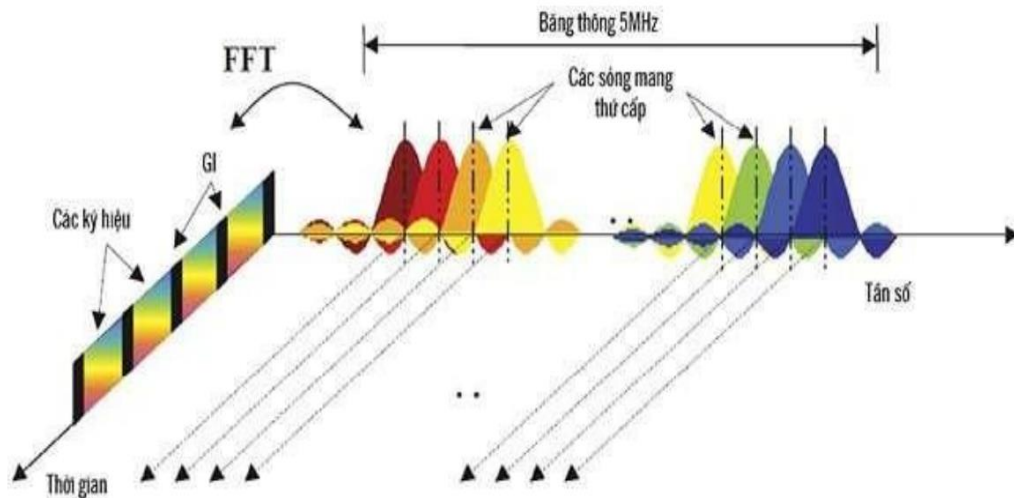
Các miền dịch vụ bao gồm IMS (IP Multimedia Sub-system) dựa trên các nhà khai thác, IMS không dựa trên các nhà khai thác và các dịch vụ khác. IMS là một kiến trúc mạng nhằm tạo sự thuận tiện cho việc phát triển và phân phối các dịch vụ đa phương tiện đến người dùng, bất kể là họ đang kết nối thông qua mạng truy nhập nào. IMS hỗ trợ nhiều phương thức truy nhập như GSM, UMTS, CDMA2000, truy nhập hữu tuyến băng rộng như cáp xDSL, cáp quang, cáp truyền hình, cũng như truy nhập vô tuyến băng rộng WLAN, WiMAX. IMS tạo điều kiện cho các hệ thống mạng khác nhau có thể tương thích với nhau. IMS hứa hẹn mang lại nhiều lợi ích cho cả người dùng lẫn nhà cung cấp dịch vụ. Nó đã và đang được tập trung nghiên cứu cũng như thu hút được sự quan tâm lớn của giới công nghiệp. Tuy nhiên IMS cũng gặp phải những khó khăn nhất định và cũng chưa thật sự đủ độ chín để thuyết phục các nhà cung cấp mạng đầu tư triển khai nó. Kiến trúc IMS được cho là khá phức tạp với nhiều thực thể và vô số các chức năng khác nhau.

## **1.2 Các kỹ thuật chính sử dụng trong mạng 4G/LTE-A**

### **1.2.2 Kỹ thuật đa truy nhập đường xuống OFDMA**

Kỹ thuật điều chế OFDM được thể hiện như hình 1.6, về cơ bản, là một trường hợp đặc biệt của phương pháp điều chế FDM, chia luồng dữ liệu thành nhiều đường truyền băng hẹp trong vùng tần số sử dụng, trong đó các sóng mang con (hay sóng mang phụ, subcarrier) trực giao với nhau. Do vậy, phổ tín hiệu của các sóng mang phụ này được phép chồng lấn lên nhau mà phía đầu thu vẫn khôi phục lại

được tín hiệu ban đầu [8]. Sự chồng lấn phổ tín hiệu này làm cho hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường.



**Hình 1.6: Kỹ thuật OFDMA**

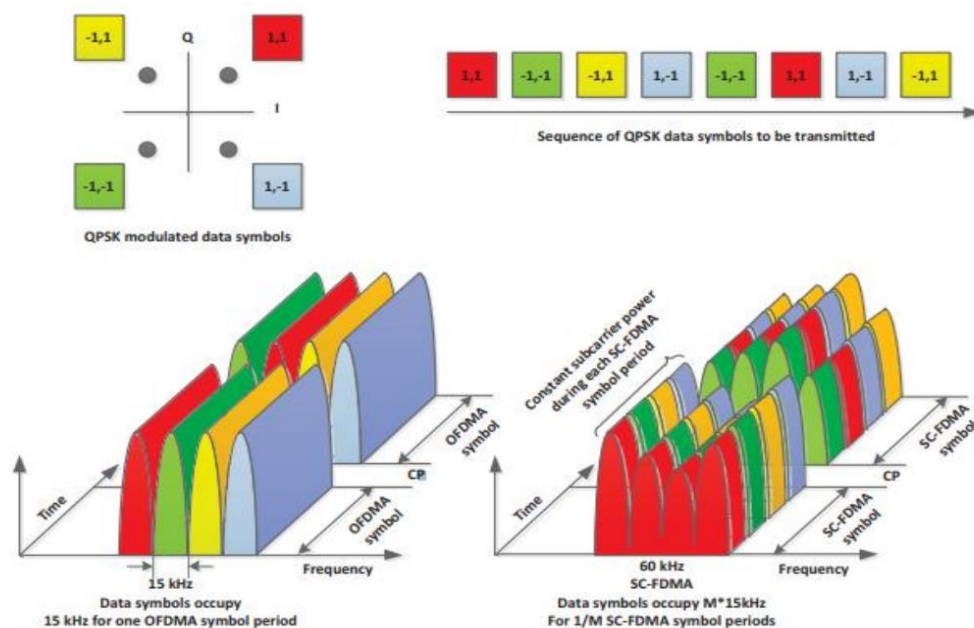
LTE sử dụng OFDM trong kỹ thuật truy cập đường xuống vì nó có các ưu điểm sau:

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

### 1.2.3 Kỹ thuật đa truy nhập đường lên

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

Tín hiệu SC-FDMA được tạo ra bằng kỹ thuật trải phổ DFT-OFDM (Discrete Fourier Transform - OFDM) [3]. Mỗi symbol dữ liệu được chuyển đổi DFT (biến đổi Fourier rời rạc) trước khi sắp xếp vào các sóng mang con, do đó SC-FDMA còn được gọi là OFDM được mã hóa trước (DFT-precoded). Trong một OFDM tiêu chuẩn, mỗi symbol dữ liệu được mang trên một sóng mang con riêng biệt. Trong SC-FDMA, nhiều sóng mang con mang mỗi symbol dữ liệu bằng cách sắp xếp các mẫu của symbol dữ liệu trên miền tần số lên các sóng mang con. Vì vậy symbol dữ liệu được trải trên nhiều sóng mang con, kỹ thuật SC-FDMA có PAPR thấp hơn so với OFDM và có ưu điểm phân tập tần số. Do đó, SC-FDMA có thể được xem như OFDM trải phổ hoặc OFDM trải DFT.



Hình 1.7: So sánh kỹ thuật OFDMA và SC-FDMA

Hình 1.7 cho thấy sự khác nhau trong quá trình truyền các ký hiệu số liệu theo thời gian. Trên hình này ta coi mỗi người sử dụng được phân thành 4 sóng mang con ( $P=4$ ) với băng thông con bằng 15KHz, trong đó mỗi ký hiệu OFDMA hoặc SC-FDMA truyền 4 ký hiệu số liệu được điều chế QPSK cho mỗi người sử dụng. Đối với OFDMA 4 ký hiệu số liệu này được truyền đồng thời với băng tần con cho mỗi ký hiệu là 15KHz trong mỗi khoảng thời gian hiệu dụng TFFT của một ký hiệu OFDMA, trong khi đó đối với SC-FDMA, 4 ký hiệu số liệu này được truyền lần lượt trong khoảng thời gian bằng  $1/P$  ( $P = 4$ ) thời gian hiệu dụng ký hiệu SC-FDMA với băng tần con bằng  $P \times 15\text{KHz}$  ( $4 \times 15 \text{ KHz}$ ) cho mỗi ký hiệu. Trong OFDM, biến đổi Fourier nhanh FFT dùng ở bên thu cho mỗi khối ký tự, và đảo FFT ở bên phát. Còn ở SC-FDMA sử dụng cả hai thuật toán này ở cả bên phát và bên thu.

### 1.3 Kết luận chương 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về hệ thống thông tin di động, tổng quan về mạng 4G/LTE-A, kiến trúc mạng 4G/LTE-A: Thiết bị người dùng UE, kiến trúc mạng truy nhập vô tuyến E-UTRAN, kiến trúc mạng lõi EPC cùng các miền dịch vụ của hệ thống mạng 4G/LTE-A, các chế độ truy nhập sử dụng trong mạng 4G/LTE-A, và các kỹ thuật chính sử dụng trong mạng 4G/LTE-A là:

- Kỹ thuật đa truy cập đường lên SC-FDMA
- Kỹ thuật đa truy cập đường xuống OFDMA

## CHƯƠNG 2. TỐI ƯU HÓA MẠNG 4G/LTE-A

Tối ưu mạng là một quá trình đo đạc, phân tích cấu hình, hiệu năng và điều chỉnh để cải thiện toàn bộ chất lượng mạng khi đã thử nghiệm bởi các thuê bao di động và đảm bảo rằng các nguồn tài nguyên mạng được sử dụng một cách hiệu quả. Việc cải thiện chất lượng mạng, đưa ra nhiều dịch vụ mới để thu hút khách hàng là rất quan trọng. Để làm điều này thì tối ưu là một công việc không thể thiếu đối với mỗi mạng di động. Chương này sẽ trình bày về: tổng quan tối ưu mạng di động, quy trình thực hiện tối ưu, đồng thời trình bày các tham số và vấn đề liên quan.

### 2.1 Sự cần thiết của tối ưu

Mục tiêu của tối ưu là nhằm đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS của mạng để phục vụ nhu cầu khách hàng. Các yêu cầu tối ưu về chất lượng mạng thường được đánh giá trên cơ sở người sử dụng (vùng phủ) hoặc đánh giá theo từng cell trong mạng (dung lượng).

Mục đích quan trọng của việc tối ưu là cải thiện toàn bộ chất lượng hiện thời của một mạng di động. Để làm được điều này cần phải xác định chính xác những lỗi, dù là lỗi nhỏ trong quá trình hoạt động. Những lỗi này được xác định thông qua việc giám sát liên tục các tham số chất lượng quan trọng của mạng (KPIs: Key Performance Indicators), thông qua quá trình Drive Test và sự phản ánh của khách hàng. Cần đảm bảo cho mạng hoạt động hiệu quả nhất trong khi thỏa mãn sự ràng buộc của chất lượng dịch vụ [7, 9].

Lợi ích của tối ưu mạng:

- Duy trì, cải thiện chất lượng dịch vụ hiện tại.
- Giảm tỷ lệ rời bỏ mạng của các khách hàng hiện tại.
- Thu hút khách hàng mới qua việc cung cấp các dịch vụ hay chất lượng dịch vụ tốt hơn bằng việc nâng cao đặc tính mạng.
- Đạt được tối đa lợi nhuận do các dịch vụ tạo ra bởi việc sử dụng tối đa hiệu suất của các phân tử chức năng mạng.

Quá trình thực hiện tối ưu mạng vô tuyến bao gồm 2 nội dung:

- Tối ưu vùng phủ sóng



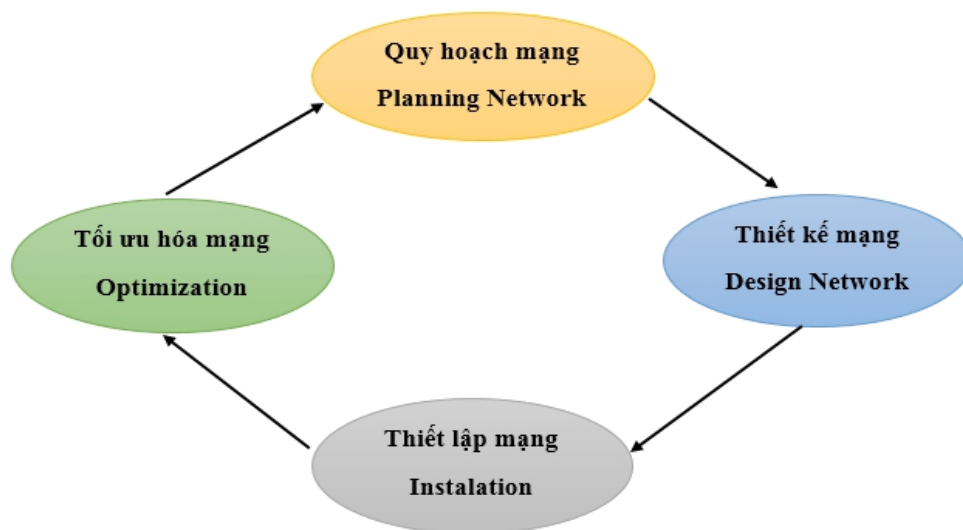
Tối ưu vùng phủ sóng là một phần quan trọng của nội dung tối ưu mạng vô tuyến, nó đảm bảo về mặt vùng phủ sóng trước khi tiến hành tối ưu các tham số hệ thống.

- Tối ưu tham số

Theo lý thuyết, toàn bộ các tham số về mặt vật lý và logic trong mạng vô tuyến di động nói chung đều có thể được sử dụng trong quá trình tối ưu. Các tham số có thể được phân thành các nhóm theo tiêu chí khác nhau.

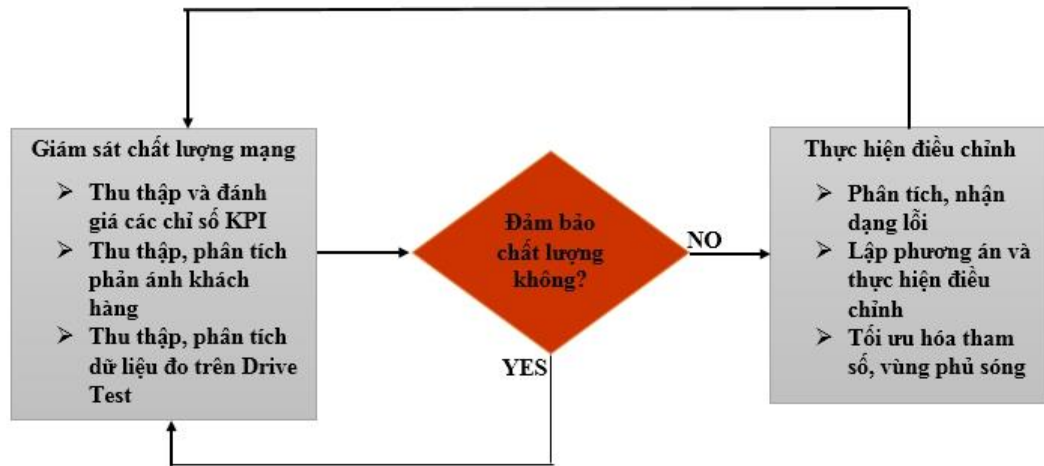
## 2.2 Quy trình vận hành bảo dưỡng chất lượng mạng

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 theo như hình vẽ 2.1 dưới đây:



**Hình 2.1: Quy trình vận hành mạng**

Ngoài ra, quy trình thực hiện quản lý chất lượng mạng cũng được diễn ra thường xuyên hàng ngày, hàng tuần để đảm bảo mạng luôn đạt chất lượng cao và tối ưu nhất. Quy trình quản lý chất lượng mạng được thể hiện như hình vẽ 2.2 dưới đây:



**Hình 2.2: Quy trình quản lý chất lượng mạng**

## **2.3 Các vấn đề chính trong tối ưu hóa mạng 4G/LTE-A**

### **2.3.1 Các tham số quan trọng**

Chất lượng của các hệ thống mạng được đánh giá chủ yếu dựa trên chỉ số KPI (Key Performance Indicators).

Khái niệm Key Performance Indicator (KPI): KPIs là thuật ngữ chung được sử dụng bởi các tổ chức để đánh giá mức độ thành công của tổ chức hoặc của một khía cạnh hoạt động cụ thể mà tổ chức cam kết. Đối với các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông, các chỉ tiêu KPI là các chỉ tiêu chất lượng dịch vụ (QoS) và các chỉ tiêu chất lượng mạng (NP).

KPI trong mạng LTE bao gồm: Chất lượng vùng phủ, khả năng truy nhập, khả năng duy trì, khả năng di động, KPI dịch vụ, khả năng sử dụng, khả năng sẵn sàng và lưu lượng (Coverage, Accessibility, Retainability, Mobility, Service Integrity, Utilization, Availability và Traffic) [5].

KPI vùng phủ bao gồm các tham số để đánh giá chất lượng vùng phủ, ví dụ như: RSRP, RSRQ, SINR ...

Có hai phương thức được sử dụng để thu thập các tham số KPI:

- Thống kê: đo lường hoạt động của mạng, ví dụ như : KPI chuyển giao, KPI lưu lượng,...Các KPI này được thông kê từ eNodeB và hệ thống mạng lõi.

- Drive test: Dùng trong đo kiểm drive test, dùng để đánh giá các tiêu chí như vùng phủ hay độ trễ của mạng như :RSRP, RSRQ, RSSI, SINR, DL, UL, CQI, BLER. Các KPI này được đo đạc bằng công cụ drive test và thống kê từ các UE.

### 2.3.2 Công suất tín hiệu thu RSRP – Reference Signal Received Power

RSRP là một trong các tham số cơ bản trong việc đo kiểm trên lớp vật lý của UE. RSRP sẽ cung cấp cho các UE các thông tin cần thiết về cường độ tín hiệu của các cell từ đó việc mất đường truyền có thể được tính toán và sử dụng trong các thuật toán để điều chỉnh và thiết lập công suất tối ưu cho việc hoạt động trong mạng. RSRP có thể được sử dụng trong cả trong 2 trạng thái IDLE và CONNECTED của UE.

RSRP được tính toán theo công thức:

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 \times \log(12 \times N) \quad (2.1)$$

Với

- RSRP là công suất nhận được của 1 Resource Element - RE (theo định nghĩa của 3GPP): được tính bằng trung bình của các mức công suất thu được trên tất cả các tín hiệu chuẩn trong toàn bộ băng tần đo kiểm.

- RSSI (Received Signal Strength Indicator – Mức tín hiệu thu) là tham số cung cấp thông tin về tổng công suất thu được (trên toàn bộ các tín hiệu) bao gồm cả nhiễu. RSSI được đo kiểm trên toàn bộ băng thông.

-  $N$ : số RB (Resource Block) khi RSSI được đo kiểm, và tham số này phụ thuộc vào băng thông.

Trong đó:

$$\text{RSSI} = \text{wideband power} = \text{noise} + \text{serving cell power} + \text{interference power} \quad (2.2)$$

RSRP trong 4G LTE là một tham số được sử dụng cho việc đo kiểm vùng phủ trong mạng 4G LTE. Theo ETSI TS 136.133 khoảng giá trị của RSRP được định nghĩa trong khoảng từ -140 dBm cho tới -44 dBm.

**Bảng 2.1: Khoảng giá trị của RSRP trong 4G/LTE**

Giá trị báo cáo	Giá trị số lượng đo	Đơn vị
RSRP_00	$RSRP < -140$	dBm
RSRP_01	$-140 \leq RSRP < -139$	dBm
RSRP_02	$-139 \leq RSRP < -138$	dBm
...	...	...
RSRP_95	$-46 \leq RSRP < -45$	dBm
RSRP_96	$-45 \leq RSRP < -44$	dBm
RSRP_97	$-44 \leq RSRP$	dBm

### 2.3.3 Chất lượng tín hiệu thu RSRQ – Reference Signal Received Quality

RSRQ cung cấp cho UE các thông tin cần thiết về chất lượng tín hiệu của các cell, việc đo kiểm tham số RSRQ trở nên đặc biệt quan trọng ở phía biên của các cell, khi cần quyết định có thực hiện việc chuyển giao tới một cell khác. RSRQ chỉ được sử dụng trong trạng thái CONNECTED của UE.

RSRQ được tính toán theo công thức:

$$RSRQ = N_{prb} \frac{RSRQ}{RSSI} \quad (2.3)$$

Với:

- $N_{prb}$ : là số Physical Resource Blocks (PRB) khi RSSI được đo kiểm, thông thường nó bằng với băng thông hệ thống.
- RSRP, RSSI là tương tự như trong phần 2.3.2

RSRQ trong 4G LTE là một tham số được sử dụng cho việc đo kiểm chất lượng mạng trong mạng 4G LTE. Theo ETSI TS 136.133 khoảng giá trị của RSRQ được định nghĩa trong khoảng từ -34 dB cho tới 2.5 dB.

**Bảng 2.2: Khoảng giá trị của RSRQ trong 4G LTE**

<b>Giá trị báo cáo</b>	<b>Giá trị số lượng đo</b>	<b>Đơn vị</b>
RSRQ_-30	$\text{RSRQ} < -34$	dB
RSRQ_-29	$-34 \leq \text{RSRQ} < -33.5$	dB
...	...	...
RSRQ_-02	$-20.5 \leq \text{RSRQ} < -20$	dB
RSRQ_-01	$-20 \leq \text{RSRQ} < -19.5$	dB
RSRQ_-00	$\text{RSRQ} < -19.5$	dB
RSRQ_01	$-19.5 \leq \text{RSRQ} < -19$	dB
RSRQ_02	$-19 \leq \text{RSRQ} < -18.5$	dB
...	...	...
RSRQ_32	$-4 \leq \text{RSRQ} < -3.5$	dB
RSRQ_33	$-3.5 \leq \text{RSRQ} < -3$	dB
RSRQ_34	$-3 \leq \text{RSRQ}$	dB
RSRQ_35	$-3 \leq \text{RSRQ} < -2.5$	dB
RSRQ_36	$-2.5 \leq \text{RSRQ} < -2$	dB
...	...	...
RSRQ_45	$2 \leq \text{RSRQ} < 2.5$	dB
RSRQ_46	$2.5 \leq \text{RSRQ}$	dB

#### **2.3.4 Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SNR – Signal to Noise Ratio**

Về mặt lý thuyết riêng tham số công suất tín hiệu không thể đại diện cho chất lượng tín hiệu nó không thể giúp dự đoán có bao nhiêu lỗi có thể xảy ra trên đường truyền. Mặc dù công suất tín hiệu có thể rất lớn nhưng đi cùng với công suất nhiễu cũng lớn tương đương thì chưa chắc chất lượng tín hiệu được truyền đi là tốt, ngược lại công suất tín hiệu thấp nhưng công suất nhiễu lại thấp hơn rất nhiều thì kết quả

là chất lượng tín hiệu có thể rất tốt. Do đó SNR được sử dụng như một tham số đo kiểm đánh giá chất lượng tín hiệu.

SNR được tính toán theo công thức:

$$\text{SNR} = S/N \quad (2.4)$$

Với:

-  $S$ : là công suất của các tín hiệu được sử dụng đo kiểm (các thông tin có ý nghĩa, các tín hiệu mong muốn). Các tín hiệu chuẩn và các kênh vật lý chia sẻ đường xuống là liên quan chủ yếu.

-  $N$ : là tổng công suất nhiễu nền (các tín hiệu không mong muốn), nó liên quan tới việc đo kiểm bằng thông và các hệ số nhiễu thu được.

Về mặt giá trị SNR có thể có cả giá trị âm và dương khi tính theo dB. Giá trị SNR âm có nghĩa là công suất tín hiệu là thấp hơn so với công suất nhiễu.

### **2.3.5 Tham số $E_b/N_o$**

Là tỷ số năng lượng mỗi bit trên mật độ phổ công suất tạp âm. Khi sử dụng ghép kênh vô tuyến, năng lượng thu được đo cho mỗi ăng-ten, và sau đó tổng hợp lại với nhau.

$E_b/N_o$  là năng lượng thu trên mỗi bit phân chia bởi mật độ công suất trên tạp âm. Nếu sử dụng phân tập phát, đo  $E_b/N_o$  cho ăng-ten không được thấp hơn năng lượng bit tín hiệu thu RSRP tương đương. Thông thường, mức  $E_b/N_o$  được chỉ định là mức nhiễu sâu hơn và ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu hơn so với các mức nhiễu.

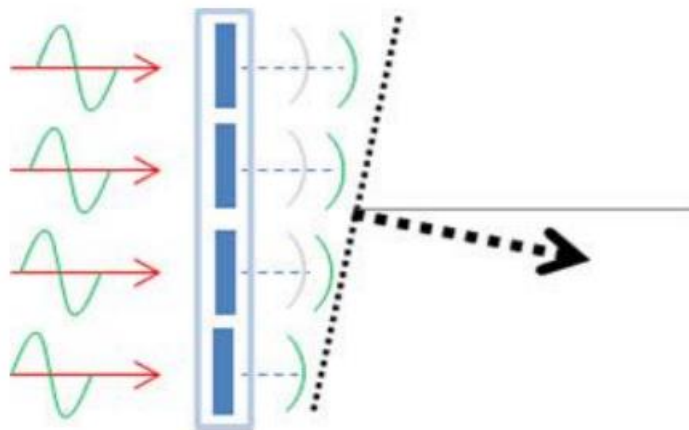
Đánh giá thường được chia theo các mức chất lượng như sau:

- Tốt nếu  $E_b/N_o \geq 12\text{dB}$ ;
- Trung bình nếu  $10\text{dB} \leq E_b/N_o < 12\text{dB}$ ;
- Chấp nhận được nếu  $8\text{dB} \leq E_b/N_o < 10\text{dB}$ ;
- Kém nếu  $E_b/N_o < 8\text{dB}$

### **2.3.6 Các tham số điều chỉnh ăng ten**

❖ Electrical tilt (E tilt)

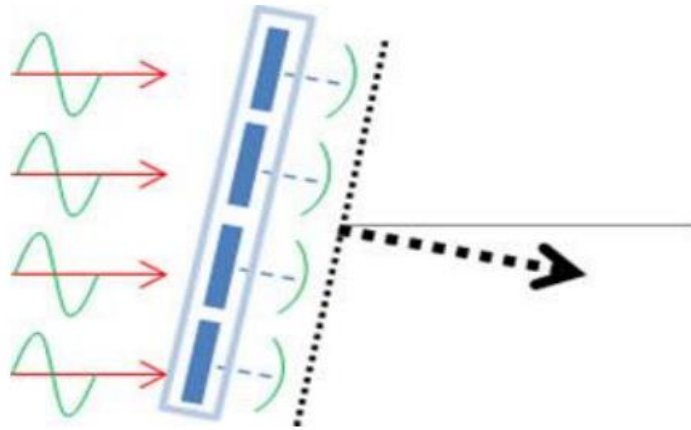
E tilt là độ nghiêng điện tử được thể hiện như hình 2.3 dưới đây, việc đổi ăng ten về mặt vật lý, được thực hiện bằng cách thay đổi các đặc tính của pha tín hiệu của từng phần tử của ăng ten, độ nghiêng điện tử có thể có giá trị cố định hoặc có thể thay đổi, thường được điều chỉnh thông qua phụ kiện như thanh hoặc chốt có dấu. Điều chỉnh này có thể là thủ công hoặc từ xa, các ăng ten dùng điều khiển từ xa thường có giá thành cao hơn rất nhiều.



**Hình 2.3: Độ nghiêng điện tử**

❖ Mechanical tilt (M tilt)

M tilt là độ nghiêng cơ học, độ nghiêng cơ học rất dễ hiểu: nghiêng ăng-ten, thông qua các phụ kiện cụ thể trên giá đỡ, mà không thay đổi pha của tín hiệu đầu vào, biểu đồ (và do đó chỉ dẫn truyền tín hiệu) được sửa đổi. Độ nghiêng cơ học được thể hiện như hình 2.4 dưới đây:



**Hình 2.4: Độ nghiêng cơ học**

❖ Azimuths

Là góc ngang hướng phủ sóng của ăngten trên mặt phẳng góc  $360^\circ$ . Thông thường, trên mỗi trạm có 3 anten và mỗi anten này được lắp đặt cách nhau  $120^\circ$  để có thể tối ưu vùng phủ của trạm.

## **2.4 Quy trình thực hiện tối ưu hóa vùng phủ mạng 4G/LTE-A**

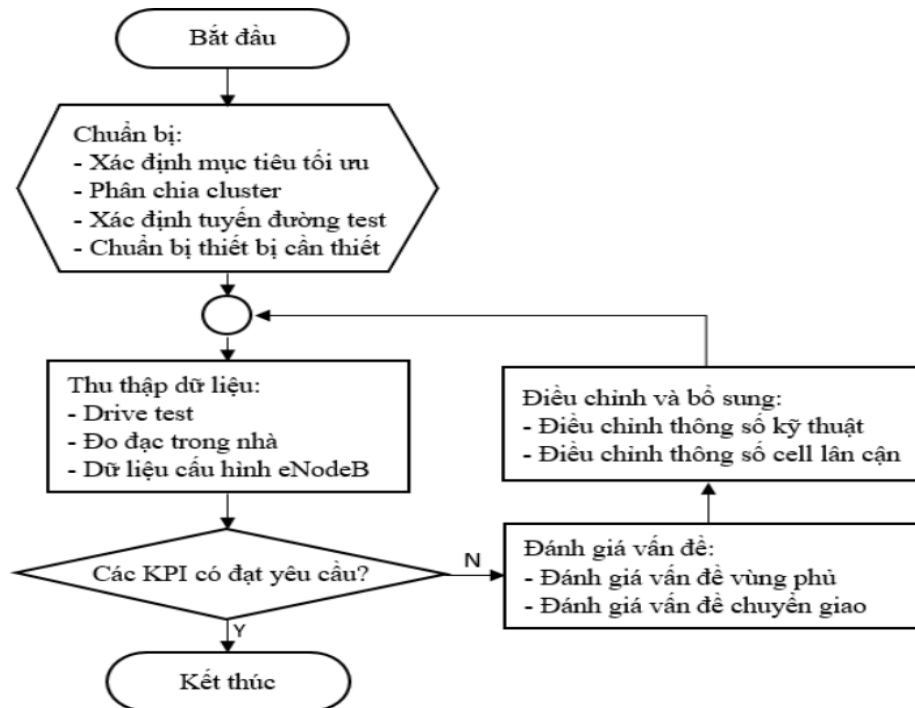
Tối ưu hóa mạng là một quá trình khép kín, được thực hiện liên tục. Các thông số được đo đạc bằng các công cụ thu thập dữ liệu rồi so sánh với các chỉ tiêu mạng yêu cầu. Sau đó tiến hành phân tích dữ liệu thu thập được để xác định nguyên nhân, đưa ra các khuyến nghị. Từ đó tiến hành điều chỉnh, cập nhật 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:

- ✓ Công tác chuẩn bị
- ✓ Thu thập số liệu và phân chia phần tối ưu
- ✓ Phân tích lỗi
- ✓ Điều chỉnh tham số
- ✓ Đánh giá, kết luận quá trình tối ưu

Quy trình thực hiện tối ưu được tóm lược bằng sơ đồ hình 2.5 như sau:





**Hình 2.5: Quy trình thực hiện tối ưu**

### 2.4.1 Chuẩn bị

Thu thập số liệu và phân chia vùng tối ưu

- Phân tích lỗi
- Điều chỉnh tham số

- Đánh giá, kết luận quá trình tối ưu Sau khi thực hiện, các bước của tối ưu, thu thập các số liệu và so sánh, phân tích với các số liệu ban đầu và đưa ra đánh giá, kết luận toàn bộ quá trình tối ưu.

Mục đích của quá trình chuẩn bị là thiết lập môi trường cho quá trình điều chỉnh và tối ưu. Tuy nhiên có một số yêu cầu cần thực hiện trước:

- Xác định quá trình quản lý cấu hình cho phép việc triển khai và ghi lại rõ ràng các thay đổi của mạng.
- Quá trình quản lý các thông tin linh hoạt, cho phép thực hiện các thay đổi ở quy mô nhỏ hoặc thay đổi các thông số riêng biệt một cách nhanh chóng.

### 2.4.2 Thu thập số liệu và phân chia vùng phủ

#### Phân tích vùng phủ

Phân tích vùng phủ là vấn đề then chốt trong tối ưu hóa RF. Các công việc cần thực hiện trong phân tích vùng phủ bao gồm:

- Xác định và phân tích vùng phủ yếu (Weak coverage).
- Xác định và phân tích hiện tượng chồng lấn vùng phủ của các cell (Crosscell).
- Phân tích hiện tượng đường lên và đường xuống không cân bằng.
- Không có cell chủ đạo

**Vùng phủ yếu (*Weak coverage*):**

Vùng phủ yếu là vùng phủ có RSRP (Reference Signal Received Power) của các tín hiệu pilot nhỏ hơn -95 dBm. Vùng phủ yếu thường nằm ở các khu vực như:

- Thung lũng.
- Sau sườn đồi.
- Thang máy.
- Đường hầm.
- Ga ra dưới đất.
- Tầng hầm.
- Khu vực phía sau các tòa nhà cao tầng.

Vấn đề khó truy cập các dịch vụ đầy đủ sẽ xảy ra nếu các tín hiệu pilot yếu hơn so với yêu cầu của dịch vụ hoặc các tín hiệu pilot đạt yêu cầu nhưng Eb/No của kênh PICH không phù hợp với các yêu cầu tối thiểu của các dịch vụ đầy đủ do nhiễu đồng kênh lớn.

Nếu RSRP của các tín hiệu pilot thấp hơn ngưỡng truy cập tối thiểu trong một khu vực phủ sóng, UE không thể kết nối vào cell, vì vậy UE bị rớt do lỗi cập nhật và đăng ký vị trí.

Để giải quyết các vấn đề trên, có thể sử dụng các phương pháp sau: Tăng công suất pilot, điều chỉnh góc tilt và góc phương vị của ăng ten, tăng độ cao ăng ten, sử dụng các ăng ten có tăng ích cao hơn để tối ưu vùng phủ sóng.

Nếu số lượng thuê bao bị quá tải tại các khu vực không bị các Node B lân cận chồng lấn vùng phủ hoặc bị chồng lấn ít, có thể xây dựng các Node B mới hoặc

mở rộng phạm vi phủ sóng của các Node B lân cận. Điều này sẽ đảm bảo khu vực chuyển giao mềm có kích thước đủ lớn. Chú ý: vùng phủ tầng có thể dẫn tới nhiễu trong tần số và nhiễu liên tần số.

Xây dựng các eNode-B mới hoặc thêm RRU trong khu vực thung lũng và sau sườn đồi (vùng phủ yếu) để mở rộng phạm vi phủ sóng.

Sử dụng RRU, hệ thống phân tán trong nhà, anten định hướng để giải quyết các vấn đề trong thang máy, đường hầm, ga ra dưới đất, tầng hầm, các khu vực phía sau tòa nhà cao tầng (vùng không có tín hiệu).

### ***Vùng phủ các cell chồng lấn vùng phủ ( Cross-cell)***

Vùng phủ cell chồng lấn là hiện tượng vùng phủ sóng của một số eNode-B vượt quá kế hoạch ban đầu và lấn sang khu vực phủ sóng của cell khác. Tại khu vực xảy ra hiện tượng chồng lấn, vùng phủ của các cell bị gián đoạn, không liên tục. Ví dụ, nếu eNode-B cao hơn chiều cao trung bình của các tòa nhà bên cạnh, tín hiệu pilot của cell tương ứng sẽ rất mạnh ngay tại khu vực phủ sóng của eNode-B khác. Trong vùng bị chồng lấn, một cuộc gọi đang kết nối với cell trên có thể bị rơi do các cell xung quanh không được khai báo là cell lân cận với cell đang kết nối.

Để xử lý hiện tượng vùng phủ cell bị chồng lấn, có thể sử dụng các biện pháp sau:

Với vùng phủ chồng lấn cell: ngăn chặn việc truyền tín hiệu trực tiếp dọc theo các con đường hoặc giảm khu vực chồng lấn cell bằng cách xoay anten để vùng phủ của anten cao bị che chắn bởi các tòa nhà bên cạnh.

Với các eNode-B quá cao: do có nhiều khó khăn trong việc tìm kiếm các vị trí mới (vấn đề nhà trạm và lắp đặt thiết bị ) nên có thể triệt tiêu vùng chồng lấn và giảm nhỏ vùng phủ của eNode-B bằng cách điều chỉnh công suất phát pilot và sử dụng góc tilt điện.

-Đường lên và đường xuống không cân bằng

-Hiện tượng đường lên và đường xuống không cân bằng tương ứng với các trường hợp sau:

-Vùng phủ đường xuống tốt nhưng vùng phủ đường lên bị hạn chế. Công suất truyền sóng của UE lên tới cực đại cũng vẫn không đáp ứng các yêu cầu BLER đường lên.

-Vùng phủ đường xuống bị hạn chế. Công suất truyền sóng DCH đường xuống đạt tới cực đại vẫn không đáp ứng các yêu cầu BLER đường xuống.

-Nếu đường lên và đường xuống không cân bằng, cuộc gọi dễ bị rớt.

-Để hạn chế ảnh hưởng của hiện tượng trên, nhà quản lí, vận hành mạng cần liên tục giám sát, kiểm tra nhiều thông qua các cảnh báo RTWP của eNode-B. Ngoài ra, trên cơ sở xác định nguyên nhân gây ra các hiện tượng trên, nhà khai thác cần có biện pháp xử lí thích hợp. Một số nguyên nhân có thể gây ra hiện tượng mất cân bằng bao gồm:

-Độ tăng ích đường lên và đường xuống của các bộ lặp hoặc khuếch đại bị lỗi. Trong hệ thống sử dụng anten Rx, Tx độc lập, phân phân tập trong hệ thống ăng ten feeder đường thu bị lỗi.

Các vấn đề của Node B như lỗi bộ khuếch đại công suất.

Các vấn đề về mất cân bằng giữa đường lên và đường xuống có thể được giải quyết bằng cách thay thế, điều chỉnh lại các phần tử mạng trong hệ thống.

### ***Không có cell chủ đạo***

Khu vực không có pilot chủ đạo là các khu vực không có pilot với mức nổi trội hoặc khu vực có nhiều pilot ở mức khá gần nhau, dẫn tới tình trạng cell chủ thường xuyên thay đổi. Trong các khu vực không có cell chủ đạo, UE chuyển giao nhiều, làm giảm hiệu suất hệ thống và làm tăng khả năng rớt cuộc gọi tăng.

Trong các khu vực không có cell chủ đạo, có thể mở rộng vùng phủ bằng cách tăng cường tín hiệu mạnh từ các cell hoặc giảm vùng phủ bằng các giảm tín hiệu từ các cell thông qua điều chỉnh góc tilt và góc phương vị của anten.

Như vậy, có thể thấy việc xử lý các vấn đề về vùng phủ liên quan chặt chẽ với quá trình phân tích nguyên nhân gây ra các hiện tượng trên. Khi xác định được đúng nguyên nhân, nhà khai thác, vận hành mạng sẽ có các biện pháp điều chỉnh kịp thời để đảm bảo chất lượng mạng và chất lượng dịch vụ trong toàn hệ thống.

### **Điều chỉnh các tham số cấu hình ăng ten và cấu hình phần cứng**

Các thông số của ăng ten ảnh hưởng đến vùng phủ và nhiễu trong mạng khi ăng ten bức xạ năng lượng. Ngoài các tham số như độ cao, loại ăng ten sử dụng, việc tối ưu có thể dựa trên điều chỉnh góc phương vị và góc ngả.

Thay đổi độ cao của ăng ten thường yêu cầu giá thành cao. Nếu độ cao ăng ten cần tăng lên, chi phí để nâng cột và đi cáp sẽ rất lớn. Ngược lại, nếu giảm độ cao ăng ten, cần phải hết sức thận trọng khi quyết định vì khi đã giảm độ cao ăng ten, rất khó để có thể nâng lại độ cao về mức cũ nếu kết quả điều chỉnh vẫn chưa đạt mức yêu cầu. Ngoài ra, nhà khai thác có thể phải làm lại thủ tục xin phép giấy chứng nhận an toàn bức xạ điện từ trường (EMC).

Thay đổi phần cứng cho ăng ten ít phức tạp hơn nhưng yêu cầu chi phí và thi công tương đối lớn. Đa số các ăng ten hiện nay đều được sản xuất theo công nghệ tiên tiến nên có chất lượng ổn định, độ bền cao. Do đó, trừ khi có sự cố về mặt vật lý, việc thay đổi phần cứng ăng ten gần như không mang lại hiệu quả rõ rệt.

Thay đổi góc ngả (cơ, điện) của ăng ten và góc phương vị cải thiện đáng kể chất lượng mạng trong khi chi phí thực hiện tương đối thấp. Hiện nay, việc thay đổi góc ngả ăng ten có thể thực hiện dễ dàng bằng cách sử dụng các loại ăng ten có góc ngả điện.

Việc thay đổi các thông số của ăng ten trước hết sẽ tối ưu về mặt tổn hao đường truyền giữa BTS và Mobile. Khi đó công suất yêu cầu cho đường truyền giảm đi đáng kể nên sẽ có nhiều hơn công suất dự trữ tại BTS phục vụ. Phần dự trữ đó có thể phục vụ cho các kết nối mới hay các ứng dụng đòi hỏi băng thông cao. Do đó, công suất dành cho việc thiết lập đường truyền ít hơn sẽ làm giảm hiện tượng nhiễu giao thoa trong một cell và giữa các cell. Giảm nhiễu, tăng công suất dự trữ sẽ làm tăng dung lượng cho toàn mạng.

Trên thực tế, kết quả điều chỉnh tối ưu mạng CDMA tại Mỹ chỉ ra rằng góc ngả trung bình sử dụng cho CDMA thường cao hơn 30 so với góc ngả sử dụng trong hệ thống FDMA nếu cả hai mạng hoạt động ở tần số 800MHz. Khi hoạt động ở tần số cao hơn, độ rộng búp sóng theo phương thẳng đứng và vùng phủ của cell sẽ

nhỏ hơn; do đó chênh lệch của góc ngẩng theo phương thẳng đứng giữa UMTS và GSM1800 thường vào khoảng 2 độ.

Bằng cách điều chỉnh góc ngẩng ăng ten, tỷ lệ nhiễu giữa cell phục vụ và các cell khác sẽ giảm đi. Búp sóng chính của ăng ten phát ra ít công suất về phía các BTS xung quanh hơn. Trên thực tế, khi nhiễu trong hệ thống giảm thì dung lượng của mạng sẽ tăng. Tuy nhiên, giảm góc ngẩng ăng ten sẽ làm giảm hiệu quả của việc chia sector, do đó sẽ ảnh hưởng đến dung lượng cell. Một điều lưu ý là góc ngẩng tối ưu dành cho UMTS lớn hơn của GSM vì đối với các cell neighbor WCDMA, nhiễu có vai trò quyết định. Trong một số trường hợp đặc biệt, có thể sử dụng loại anten hỗ trợ cả 2 băng tần GSM/UMTS.

Ngoài ra, điều chỉnh góc ngẩng ăng ten tác động đến vùng phủ của cell. Góc ngẩng quá lớn sẽ giảm vùng phục vụ, dẫn đến xuất hiện các khoảng trống phủ sóng. Hơn nữa, khi góc ngẩng ăng ten đạt đến một giá trị xác định, nhiễu trong các neighbor cell sẽ tăng lên do xuất hiện các búp sóng phụ trong bức xạ theo phương thẳng đứng của ăng ten.

Để nâng cao chất lượng hoạt động của mạng, cần phải chỉnh đồng thời cả hai loại góc ngẩng cơ và điện của ăng ten. Góc ngẩng cơ được điều chỉnh để hạn chế búp sóng phụ phía sau ảnh hưởng đến các cell lân cận. Góc ngẩng điện được điều chỉnh để tối ưu vùng phủ của cell và làm giảm nhiễu đến các cell lân cận tại hướng chính và hướng bên cạnh. Do vậy, cần sử dụng cả 2 loại điều chỉnh góc ngẩng nói trên đối với các cell có vấn đề như nằm trong vùng có lưu lượng cao và số lượng lớn cell trong danh sách neighbor.

### **2.4.3 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.

- 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 phần cứng, lỗi phần truyền dẫn hay lỗi phần 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.

#### **2.4.4 Tiến hành tối ưu**

Tùy theo từng vấn đề tồn tại trong mạng mà việc thi hành tối ưu cũng sẽ diễn ra khác nhau. Các vấn đề lỗi thường gặp như lỗi phần cứng, vấn đề về chuyển giao, vấn đề về nhiễu và vùng phủ.

Nếu mỗi bước tối ưu ảnh hưởng hoạt động của mạng và dịch vụ khách hàng, thì mỗi hành động phải được quyết định cẩn thận trước khi thực hiện.

Một số vấn đề và hướng xử lý:

- Vấn đề do thiết lập tham số: Trong quá trình quy hoạch và cấu hình trạm, các kỹ sư đã tính toán hoặc cấu hình sai tham số, dẫn đến hệ thống hoạt động không hiệu quả, cần phân tích các tham số lại và đề nghị thay đổi.

- Lỗi lắp đặt, lỗi phần cứng, truyền dẫn, lỗi vận hành: Quá trình lắp đặt eNodeB cũng khá phức tạp, cần phải được đào tạo kỹ càng, trường hợp lắp đặt sai quy tắc có thể dẫn đến hệ thống hoạt động sai, gây ra hiện tượng như chéo cell. Ngoài ra, hệ thống thiết bị hoạt động trong thời gian dài có thể xảy ra hư hỏng, cần xác định thiết bị hệ thống và sửa thiết bị hỏng.

- Vấn đề vùng phủ: Kiểm tra phần cứng eNodeB, công suất phát, thông số của ăng ten (độ cao, azimuth, tilt, loại ăng ten và vị trí ăng ten, vùng phủ sóng thoáng hay bị che chắn). Thực hiện sửa lỗi để tăng cường vùng phủ.

- Bị nhiễu: Kiểm tra tần số bằng phần mềm. Nếu cần, quét tần số bằng phần mềm TEMS trong khu vực bị nhiễu để xác định nguồn gây nhiễu. Điều chỉnh tần số cell phục vụ hoặc tần số nguồn gây nhiễu hoặc nếu có thể, giới hạn vùng phủ tín hiệu gây nhiễu bằng cách cúp anten cell đó xuống.

- Vấn đề chuyển giao: Kiểm tra neighbor với các công cụ phân tích như Mapinfo. Kiểm tra tất cả các tham số chuyển giao, duyệt file nhật ký đo kiểm và quyết định hành động thêm bớt neighbor, sửa mức dự trữ chuyển giao, tối ưu các cell neighbor cũng góp phần sửa lỗi.

#### ***2.4.5 Kiểm tra, đánh giá và kết luận quá trình tối ưu***

Sau khi thực hiện tối ưu, dựa trên các bản ghi điều chỉnh tối ưu và dữ liệu chất lượng mạng trước tối ưu, từ đó so sánh chất lượng mạng trước và sau tối ưu.

Tùy theo sự tương phản dữ liệu của chất lượng mạng trước và sau khi điều chỉnh cần chắc chắn rằng các vấn đề mạng đã được giải quyết và chất lượng mạng có cao hơn yêu cầu hay không. Điều đó được thể hiện cụ thể bằng việc các KPI có đáp ứng các giá trị tham chiếu do nhà vận hành mạng đưa ra không.

Đảm bảo toàn bộ phần cứng hoạt động tốt, ăng ten không bị che chắn, toàn bộ thiết bị trạm eNodeB không có sự cố hoặc xuất hiện bất kỳ cảnh báo nào về phần cứng, mất đồng bộ, suy hao sóng đứng, mất kênh, ...

Đo sóng, phân tích thực hiện tối ưu từng trạm, tối ưu theo từng khu vực. Đối với mạng vô tuyến, đây là công việc thường xuyên hàng hàng, tuần, tháng, năm. Vừa phục vụ đắc lực cho công tác tối ưu hóa mạng, cho phát triển mạng lưới, vận hành khai thác, xử lý ứng cứu thông tin. Thông qua đo sóng, có thể hỗ trợ phát hiện và phòng ngừa được một số lỗi, sự cố sắp xảy ra. Kết quả đo sóng sau tối ưu phản ánh kết quả trải nghiệm theo cảm nhận của khách hàng.

### **2.5 Kết luận chương 2**

Chương 2 đã chỉ ra sự cần thiết của tối ưu là cải thiện toàn bộ chất lượng hiện thời của một mạng di động, đảm bảo chất lượng dịch vụ của mạng để phục vụ nhu cầu của khách hàng. Trong chương này cũng đề cập tới quy trình vận hành, bảo dưỡng một mạng thông tin di động. Các vấn đề chính trong tối ưu hóa mạng



4G/LTE-A và các tham số đánh giá chất lượng mạng như: RSRP, RSPQ, SNR, Eb/No. Quy trình thực hiện tối ưu hóa vùng phủ mạng 4G/LTE-A: thu thập số liệu, phân chia vùng phủ, tiến hành phân tích các chỉ số KPI về vùng phủ để lựa chọn loại ăng ten, điều chỉnh góc ngẩng của ăng ten cho phù hợp.

## **CHƯƠNG 3. TỐI ƯU HÓA VÙNG PHỦ CHO MẠNG 4G/LTE-A TẠI THÀNH PHỐ HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH**

Chương này trình bày về tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Quá trình đo đạc, phân tích và tối ưu được thực hiện thực tế bằng phương pháp truyền thống Drive Test cùng với việc phân tích một số vấn đề thường gặp và cách xử lý vấn đề gặp phải.

### **3.1 Tổng quan về hệ thống thông tin di động của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh**

#### **3.1.1 Số liệu thiết kế và quy hoạch mạng LTE của MobiFone**

Năm 2015, sau khi thành lập Tổng Công ty Viễn thông Mobifone trên cơ sở tái cấu trúc Công ty TNHH một thành viên Thông tin Di động, với các nhiệm vụ và sứ mệnh mới trong ngành Viễn thông Việt Nam. Mobifone được nhà nước cho mở rộng các ngành nghề kinh doanh mới ngoài lĩnh vực di động đã được cấp phép trước đây. Tuy nhiên Tổng Công ty Viễn thông Mobifone xác định mục tiêu, phương hướng kinh doanh di động giai đoạn 2015-2020 vẫn là lĩnh vực chủ chốt mang lại doanh thu và lợi nhuận cho Tổng Công ty [10]. Trong đó đặc biệt chú ý phân tích, đánh giá sự chuyển dịch cơ cấu doanh thu từ dịch vụ thoại và nhắn tin truyền thống trước đây đang chuyển dịch mạnh mẽ sang doanh thu dịch vụ dữ liệu, dịch vụ nội dung và giá trị gia tăng trong những năm gần đây. Do vậy việc nâng cấp công nghệ 3G hiện tại sang 4G, cung cấp các dịch vụ truy cập dữ liệu tốc độ cao là ưu tiên quan trọng trong giai đoạn 2015-2020 của Tổng Công ty. Chính vì lý do đó, Mobifone đã nghiên cứu, tính toán, thiết kế và quy hoạch số trạm eNodeB sẽ đầu tư phát triển công nghệ mạng LTE cho giai đoạn 2016-2020, số lượng như sau:

**Bảng 3.1: Thống kê số trạm LTE giai đoạn 2016-2020**

<b>Khu vực</b>	<b>Thử nghiệm 2015-2016</b>	<b>Số trạm LTE đầu tư mới cho năm 2016</b>	<b>Số trạm LTE đầu tư mới cho năm 2017</b>	<b>Số trạm LTE đầu tư mới cho năm 2018</b>	<b>Số trạm LTE đầu tư mới cho năm 2019</b>	<b>Số trạm LTE đầu tư mới cho năm 2020</b>	<b>Tổng giai đoạn 2016-2020</b>

Miền Bắc	150	3,300	4,820	1,651	1,651	1,653	13,225
Miền Trung	150	6,400	3,228	1,845	1,851	1,840	15,314
Miền Nam	100	2,371	1,087	1,450	1,010	1,150	7,168
Tổng cộng	400	12,071	9,135	4,946	4,512	4,643	35,707

*(Nguồn số liệu: đề xuất phê duyệt quy hoạch hạ tầng thụ động gửi Sở Thông tin truyền thông các Tỉnh/Thành phố năm 2015)*

Công tác đầu tư, phát triển mạng LTE tại Mobifone được chia thành 2 giai đoạn:

- Giai đoạn 1 từ 2016-2017: Mobifone định hướng phát triển nhanh vùng phủ sóng, ưu tiên đảm bảo chất lượng cao và tốc độ mạng LTE cho các thành phố lớn, khu du lịch, khu công nghiệp, khu đô thị, khu nghỉ dưỡng, phủ sóng trong các tòa nhà cao tầng, đường cao tốc và quốc lộ lớn, đường tàu bắc nam, ... để đảm bảo có vùng phủ sóng phục vụ sản xuất kinh doanh.

- Giai đoạn 2: Từ 2018-2020: Mở rộng vùng phủ sóng đến các khu vực tuyến xã, vùng nông thôn, miền núi, hải đảo, ... còn lại để hoàn thiện phủ sóng hầu hết diện tích và toàn bộ dân cư trong cả nước được cung cấp dịch vụ mạng LTE.

### ***3.1.2 Tổng quan về hệ thống thông tin di động của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh***

Hệ thống thông tin di động thứ tư (4G): 4G-LTE là thế hệ thứ tư của chuẩn UMTS do 3GPP phát triển. UMTS thế hệ thứ ba dựa trên WCDMA đã được triển khai trên toàn thế giới. Để đảm bảo tính cạnh tranh cho hệ thống này trong tương lai, tháng 11/2004 3GPP đã bắt đầu dự án nhằm xác định bước phát triển về lâu dài cho công nghệ di động UMTS với tên gọi Long Term Evolution (LTE). 3GPP đặt ra yêu cầu cao cho LTE, bao gồm giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp dịch vụ

tốt hơn, sử dụng linh hoạt các băng tần hiện có và băng tần mới, đơn giản hóa kiến trúc mạng với các giao tiếp mở và giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ ở thiết bị đầu cuối.

Đặc tính cơ bản của hệ thống LTE :

- ✓ Hoạt động ở băng tần : 700 MHz- 2600 MHz.
- ✓ Tốc độ:
  - Downlink : 100Mbps ( ở BW 20MHz)
  - Uplink : 50 Mbps với hai anten thu một anten phát
- ✓ Độ trễ : nhỏ hơn 5ms
- ✓ Độ rộng BW linh hoạt : 1,4MHz; 3MHz; 5MHz; 10MHz; 15MHz; 20MHz.  
Hỗ trợ cả 2 trường hợp độ dài băng lên và băng xuống bằng nhau hoặc không.
- ✓ Tính di động : Tốc độ di chuyển tối ưu là 0-15 km/h nhưng vẫn hoạt động tốt với tốc độ di chuyển từ 15-120 km/h, có thể lên đến 500 km/h tùy băng tần.
- ✓ Phổ tần số:
  - Hoạt động ở chế độ FDD hoặc TDD
  - Độ phủ sóng từ 5-100 km
  - Dung lượng 200 user/cell ở băng tần 5Mhz.
- ✓ Chất lượng dịch vụ :
  - Hỗ trợ tính năng đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS.
  - VoIP đảm bảo chất lượng âm thanh tốt, trễ tối thiểu thông qua mạng UTMS.

**Bảng 3.2: Số lượng trạm eNode tại Quảng Ninh của MobiFone tính đến tháng 10/2019**

STT	Khu Vực	Số lượng eNode
1	Cẩm Phả	71
2	Cô Tô	2
3	Đầm Hà	3
4	Đông Triều	27
5	Hạ Long	96

6	Hải Hà	9
7	Hoành Bồ	10
8	Móng Cái	20
9	Tiên Yên	1
10	Uông bí	33
11	Vân Đồn	13
12	Yên Hưng	15

Dựa vào bảng 3.2 có thể thấy số lượng trạm e Node ở thành phố Hạ Long là cao nhất so với các khu vực khác.

**Bảng 3.3: Tình hình sử dụng mạng 4G tại Quảng Ninh của MobiFone tính đến tháng 10/2019**

STT	Khu vực	Data 4G(GB)
1	Cẩm Phả	11,705.42
2	Cô Tô	84.82
3	Đầm Hà	194.92
4	Đông Triều	1,973.51
5	Hạ Long	17,577.63
6	Hải Hà	1,776.02
7	Hoành Bồ	801.99
8	Móng cái	2,372.72
9	Tiên Yên	89.6
10	Uông Bí	3,746.26
11	Vân Đồn	1,371.61
12	Yên Hưng	1,199.16

Bảng 3.3 cũng cho thấy tình hình sử dụng 4G tại thành phố Hạ Long cũng cao nhất so với các khu vực khác.

## **3.2 Giải pháp tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.**

### ***3.2.1 Yêu cầu tối ưu hóa vùng phủ cho mạng 4G/LTE-A của MobiFone tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh***

Tối ưu hóa vùng phủ sóng là hoạt động thường xuyên của các nhà mạng. Mục tiêu tối ưu hóa nhằm giải quyết các vấn đề như chất lượng vùng phủ sóng di động kém, chất lượng thoại kém, rớt cuộc gọi, nghẽn mạng... nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ, tối ưu hóa hiệu suất mạng. Ngoài ra, việc tối ưu mạng cũng nhằm mục tiêu tối ưu hóa nguồn lực, nâng cao hiệu quả sử dụng hạ tầng mạng, tối đa hóa tiềm năng và hiệu quả đầu tư của nhà mạng. Quá trình tối ưu cần một quy trình chặt chẽ, trải qua nhiều công đoạn thực hiện khác nhau như xây dựng kịch bản đo, thực hiện đo kiểm, phân tích đánh giá, hiệu chỉnh hệ thống

Tối ưu hóa vùng phủ sóng: Tương tự như trong mạng 2G/3G, đây là nhiệm vụ của công tác tối ưu hóa mức 1. Đảm bảo toàn bộ phần cứng hoạt động tốt, ăng ten không bị che chắn, toàn bộ thiết bị trạm eNodeB không có sự cố hoặc xuất hiện bất kỳ cảnh báo nào về phần cứng, mất đồng bộ, suy hao sóng đứng, mất kênh, ...

Thiết kế các lớp mạng, băng tần số khác nhau để đảm bảo sử dụng hiệu quả tài nguyên mạng cho phủ sóng tại từng địa bàn cụ thể. Sử dụng kết hợp cả trạm macro, micro, pico và nano, ...

Tối ưu hóa cải thiện các chỉ tiêu về chất lượng sóng (tối ưu hóa mức 2): Sau khi cơ bản đã đảm bảo vùng phủ sóng của các trạm eNodeB cũng như các khu vực mạng vô tuyến. Tối ưu hóa chất lượng là khâu đặc biệt quan trọng trong công tác tối ưu hóa nhằm cải thiện và nâng cao chất lượng mạng như KPI, KQI, ... phục vụ khách hàng. Khâu này chú trọng tối ưu về tần số, các thông số thiết kế, các quan hệ chuyển giao, công suất, dung lượng, tài nguyên, ...

Cùng với các thành phố lớn trong cả nước, Quảng Ninh là một trong số các tỉnh thành triển khai hạ tầng mạng di động 4G sớm nhất. Hiện nay, do tốc độ đô thị hóa cũng như tăng trưởng nhanh ngành nghề du lịch và dịch vụ, đặc biệt là việc tăng trưởng nóng khu vực ven biển thành phố Hạ Long. Khu vực này có rất nhiều

toà nhà cao tầng được xây dựng mới làm che chắn hướng sóng, ảnh hưởng rất lớn đến không gian thu phát và diện tích vùng phủ của hệ thống thông tin di động. Cùng với đó là mật độ dân số, khách du lịch tăng đột biến cũng là nguyên nhân làm ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ mạng. Thực tế trên đặt ra bài toán cần đo kiểm, phân tích đánh giá chất lượng dịch vụ, có giải pháp quy hoạch và tối ưu vùng phủ, dịch vụ mạng cho khu vực này.

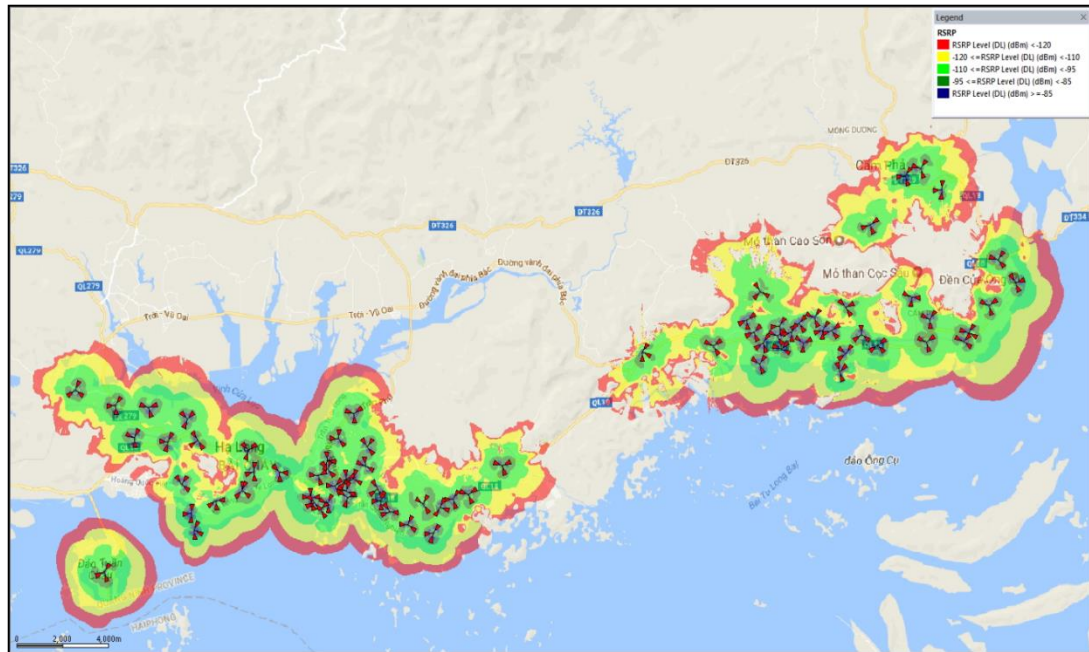
### 3.2.2 Thu thập dữ liệu, phân tích và tiến hành điều chỉnh

Đối với phương pháp này, dữ liệu sẽ được thu thập trực tiếp bằng phương pháp đo kiểm Drive Test. Các chỉ số sau khi đo đạc bằng phần TEMS INVESTIGATION sẽ được phân tích bằng phần mềm TEMS DISCOVERY. Các thông số như vùng phủ, chất lượng mạng sẽ được thể hiện bằng các chỉ số KPI.

**Bảng 3.4: Giải thích bảng màu của RSRP và RSRQ**

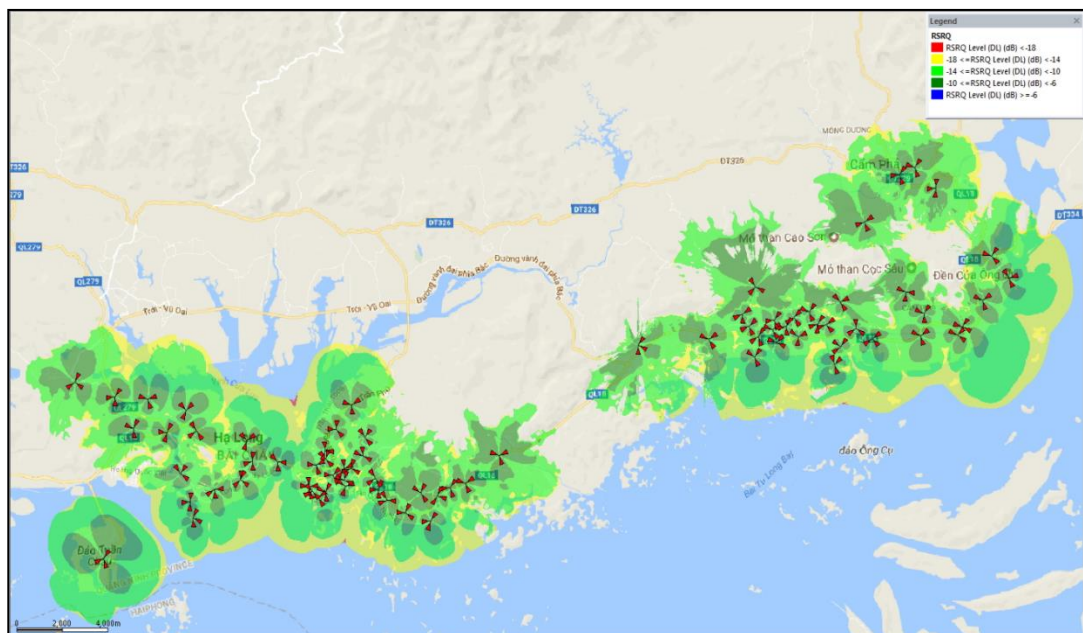
<b>RSRP</b>	<b>Bảng màu tham chiếu</b>
$RSRP < -120$	
$-120 \leq RSRP < -110$	
$-110 \leq RSRP < -95$	
$-95 \leq RSRP < -85$	
$-85 \leq RSRP$	
<b>RSRQ</b>	<b>Bảng màu tham chiếu.</b>
$RSRQ < -18$	
$-18 \leq RSRQ < -14$	
$-14 \leq RSRQ < -10$	
$-10 \leq RSRQ < -6$	
$-6 \leq RSRQ$	

Dưới đây là hình ảnh đo được của tín hiệu RSRP và RSRQ trước khi tối ưu:



**Hình 3.1 Cường độ tín hiệu RSRP trước khi tối ưu**

Dựa vào hình vẽ ta có thể thấy cường độ tín hiệu RSRP trước khi tối ưu chủ yếu là tín hiệu yếu, một số nơi thì cường độ rất yếu, khu vực gần biển thì cường độ tín hiệu hầu như không sử dụng được.



**Hình 3.2. Cường độ tín hiệu RSRQ trước khi tối ưu**



Dựa vào hình 3.2 ta có thể thấy so với tín hiệu RSRP trước khi tối ưu thì tín hiệu RSRQ ở một số nơi ở mức tốt, còn lại ở mức độ yếu, khu vực gần biển thì tín hiệu rất yếu.

### **3.2.3 Tiến hành tối ưu**

Dựa trên phản ánh của khách hàng về chất lượng cuộc gọi, chất lượng dịch vụ mạng để điều chỉnh ăng ten, điều chỉnh góc ngả, góc phương vị, điều chỉnh tham số, tăng công suất...

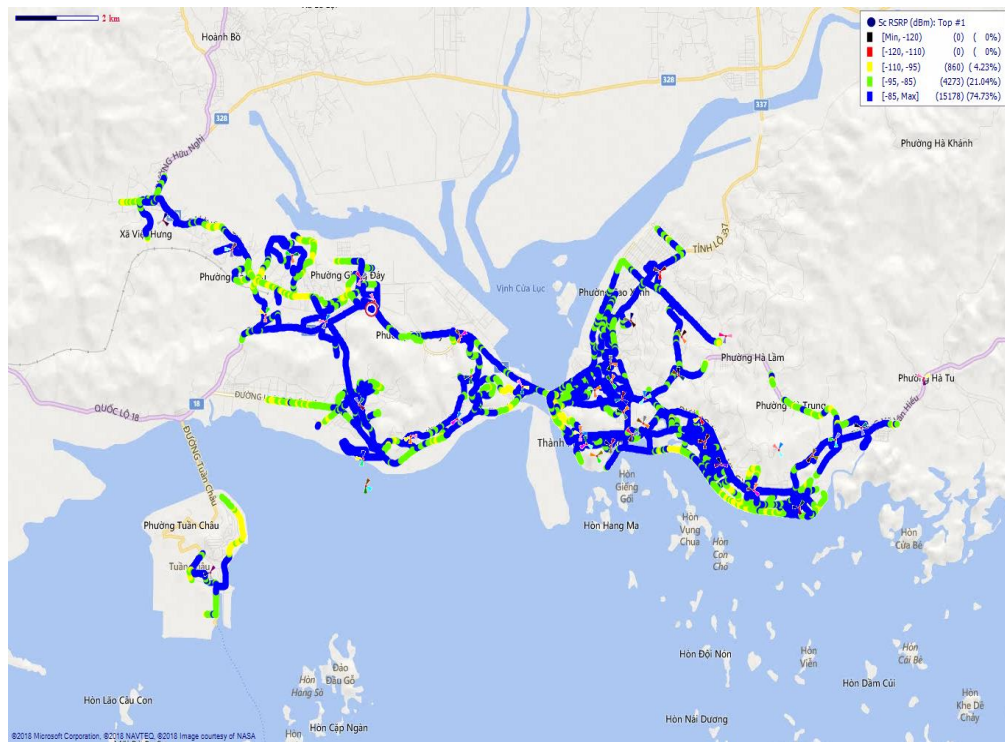
Xác định Cluster: Lựa chọn vùng và đại điểm cho việc điều chỉnh và tối ưu, cluster là một vùng địa lý liên kề, với một số lượng xác định các site được xác định theo cách sau: trung tâm của cluster có giao thoa các địa điểm bên trong cluster đó. Xác định giao thoa/ cluster bằng các phương pháp sau: theo các hình đa giác xung quanh hoặc bên trong các thị trấn, thành phố.

Xác định bản đề cương và báo cáo đi kèm: cần thiết trong việc đảm bảo các thiết kế được triển khai chính xác trên mạng. Bất kỳ sự sai lệch nào đều được thông báo trước khi triển khai việc tối ưu.

Hoạch định tuyến đường: xác định các tuyến đường thích hợp cho việc đo kiểm bao gồm những vùng và những tuyến đường quan trọng để đảm bảo dữ liệu thống kê được từ việc đo driving test là tin cậy (các vùng đặc biệt như các tuyến đường gần cảng, các tuyến qua khu vực thương mại...cũng cần được xác định trong tuyến đường đo).

Xác định tuyến đường chính để làm tham chiếu sử dụng để triển khai các thông số tối ưu.

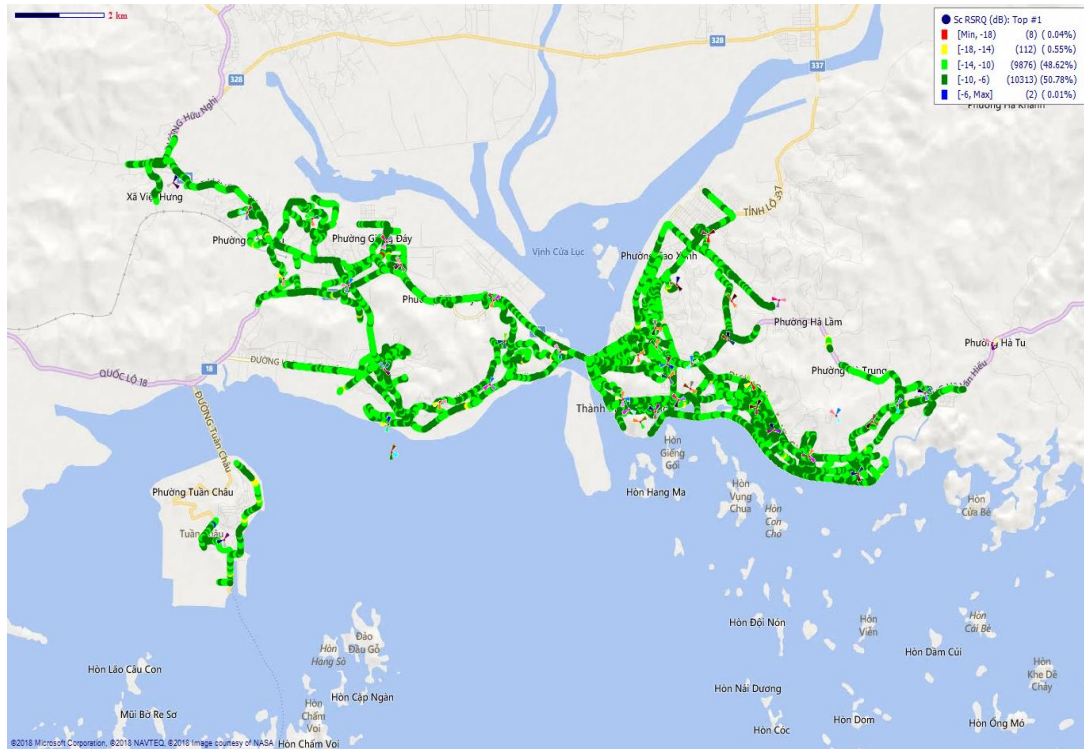
Driver test KPI: RSRP



**Hình 3.3: Cường độ tín hiệu RSRP sau khi tối ưu**

Sau khi tối ưu, cường độ tín hiệu RSRP đã được cải thiện đáng kể như hình 3.3 thể hiện, hầu hết cường độ tín hiệu đều ở mức rất tốt, tuy nhiên vẫn còn 1 số nơi cường độ tín hiệu vẫn còn yếu, nhưng hầu hết là không có tín hiệu không sử dụng được.

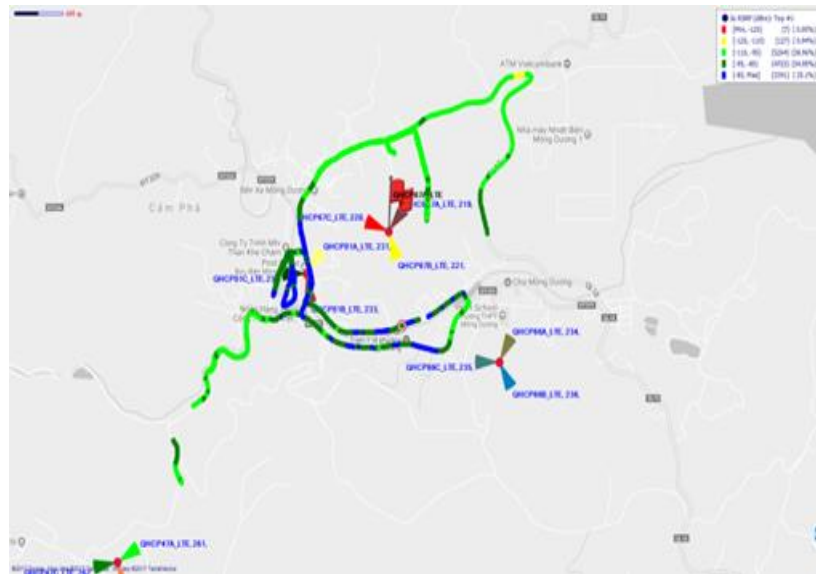
### Drive test KPI: RSRQ



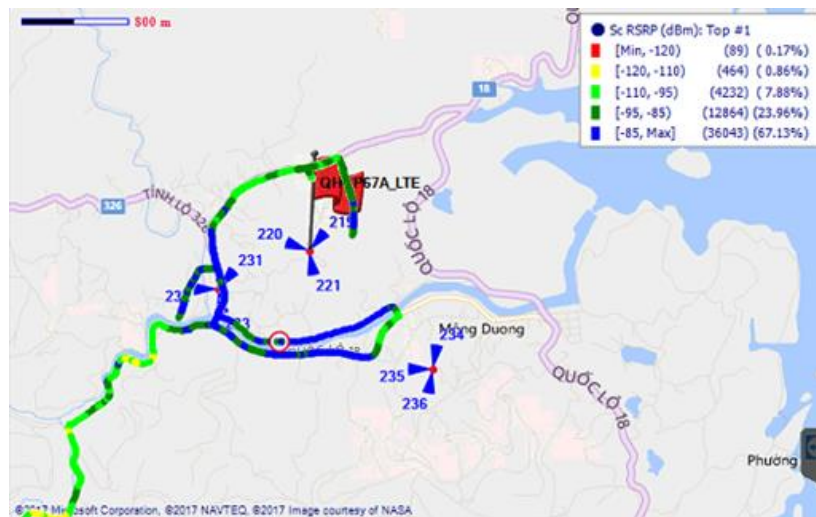
**Hình 3.4: Cường độ tín hiệu RSRQ sau khi tối ưu**

Kết quả đo kiểm cho thấy đi kèm chất lượng vùng phủ yếu là tốc độ dữ liệu rất thấp như ở hình 3.1, 3.2. Tín hiệu RSRP trước khi tối ưu ở mức yếu và rất yếu sau khi tối ưu chất lượng tín hiệu được cải thiện ở mức tốt tuy nhiên vẫn còn 1 số nơi chất lượng tín hiệu ở mức trung bình nhưng đã được cải thiện đáng kể. Ở hình 3.2 cường độ tín hiệu RSRQ trước khi tối ưu ở mức trung bình, sau khi tối ưu như hình 3.4 tín hiệu đạt mức tốt và rất tốt, tỷ lệ rơi các phiên dữ liệu, tỷ lệ truy nhập thành công, tỷ lệ chuyển giao thành công,... được cải thiện tốt sau khi thực hiện tối ưu hóa.

Phân tích 1 trạm QHCP67A\_LTE có độ cao anten là 48, Azimuth là 40, titl điện là  $E=2$ , titl cơ là  $M=3$  như hình 3.5, trước khi tối ưu thì đo được tín hiệu RSRP đa số là yếu, một số ít rất yếu.



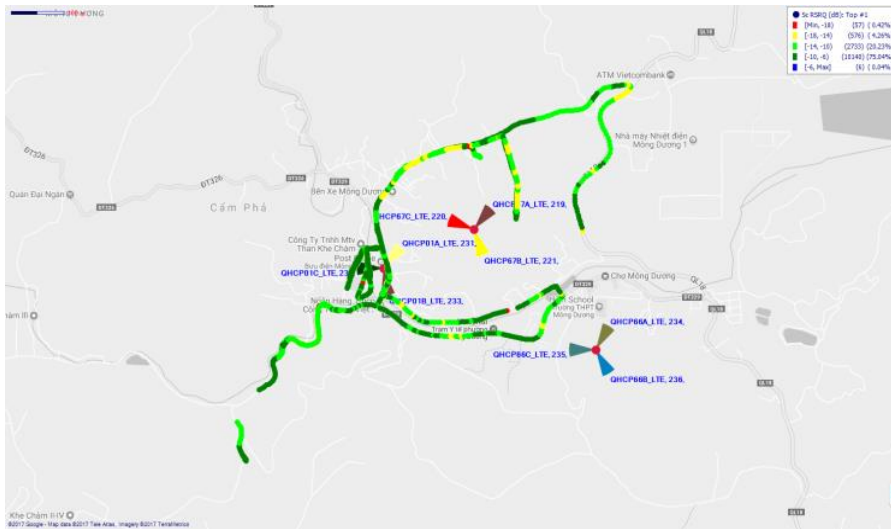
**Hình 3.5: Cường độ tín hiệu RSRP của trạm QHCP67A\_LTE trước khi tối ưu**



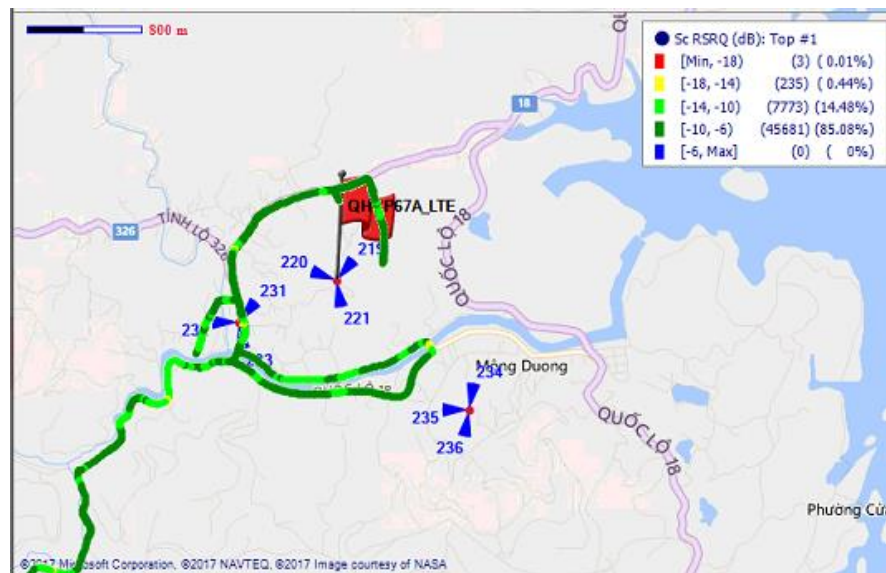
**Hình 3.6: Cường độ tín hiệu RSRP của trạm QHCP67A\_LTE sau khi tối ưu**

Điều chỉnh  $E=4$ ,  $M=4$  tín hiệu RSRP đã được cải thiện đáng kể, tín hiệu rất tốt, không có tín hiệu không sử dụng được, thể hiện như trong hình 3.6.

Đối với tín hiệu RSRQ trước khi tối ưu hầu như tín hiệu yếu và rất yếu như hình 3.7, sau khi tối ưu điều chỉnh  $E=4$ ,  $M=4$  thì cường độ tín hiệu RSRQ ở mức tốt và rất tốt như hình 3.8.



**Hình 3.7: Cường độ RSRQ của trạm QHCP67A\_LTE trước khi tối ưu**



**Hình 3.8: Cường độ RSRQ của trạm QHCP67A\_LTE sau khi tối ưu**

### 3.3 Kiểm tra, đánh giá và kết luận quá trình tối ưu

Sau khi tiến hành tối ưu, nếu các tham số KPI đạt yêu cầu thì sẽ kết thúc quá trình tối ưu. Ngược lại, nếu các tham số KPI chưa đạt yêu cầu, quá trình tối ưu sẽ được tiếp tục đến khi mạng đạt được tiêu chí đề ra. Quá trình tối ưu hóa thành công là cường độ tín hiệu RSRP và RSRQ đều ở mức độ tốt và rất tốt, hầu như không có tín hiệu nào không sử dụng được.

### **3.4 Kết luận chương 3**

Các chỉ tiêu KPI chính tại khu vực thử nghiệm như thông lượng, tỷ lệ rơi các phiên dữ liệu, tỷ lệ truy nhập thành công, tỷ lệ chuyển giao thành công,... được cải thiện tốt sau khi thực hiện tối ưu hóa. Chỉ số tín hiệu trên nhiều cải thiện tốt, nhiều giảm so với trước tối ưu. Kết quả đo sau tối ưu có mức thu được cải thiện rõ rệt.

## KẾT LUẬN

Tối ưu hoá là một mảng đề tài rộng và luôn cần thiết cho các mạng viễn thông hiện tại nói chung và mạng thông tin di động nói riêng. Công việc tối ưu hoá là rất quan trọng và phức tạp do đó đòi hỏi người thực hiện phải nắm vững hệ thống, ngoài ra cũng cần phải có những kinh nghiệm thực tế và sự trợ giúp của nhiều phương tiện hiện đại để có thể giám sát và kiểm tra rồi từ đó đưa ra các giải pháp thực hiện tối ưu hoá. Tối ưu hóa vùng phủ là một quá trình được thực hiện liên tục, định kỳ nhằm khắc phục các vấn đề phát sinh trong quá trình vận hành, khai thác hạ tầng mạng. Tối ưu hóa cũng là giải pháp khai thác hiệu quả hạ tầng mạng, đáp ứng nhu cầu luôn biến động của người dùng, nâng cao chất lượng dịch vụ.

Trong thời gian mạng di động phát triển rất nhanh chóng như ngày nay đặc biệt công nghệ 4G/LTE-A đã phủ sóng toàn cầu, công tác tối ưu mạng được thực hiện tốt sẽ giúp nhà mạng có những dịch vụ và chất lượng tối ưu nhất cho người sử dụng.

Đề tài “ Tối ưu hóa vùng phủ mạng di động 4G/LTE-A tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh” đã trình bày tổng quan về mạng di động 4G/LTE-A, các vấn đề kỹ thuật liên quan đến tối ưu hóa vùng phủ và ứng dụng tối ưu cho mạng 4G/LTE-A tại thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Các kết quả đạt được trong luận văn sẽ là cơ sở cho các công ty viễn thông đưa ra các quyết định tối ưu vùng phủ sóng, đảm bảo dung lượng dịch vụ cho khách hàng, tối ưu hóa chi phí lắp đặt mạng, tạo lợi thế cạnh tranh cho doanh nghiệp.

● Một số khuyến nghị, đề xuất :

- Khuyến nghị về cơ sở hạ tầng: Các nhà mạng cần cải tạo mở rộng phòng máy, quy hoạch lại độ cao anten để lắp đặt ăng ten cho mạng 4G (Hiện tại các vị trí và độ cao tối ưu các trạm hiện có hầu như đã được sử dụng cho mạng 2G/3G).
- Khuyến nghị nâng cấp tốc độ truyền dẫn: Đảm bảo chất lượng và tốc độ dịch vụ cao, nhà mạng cần đầu tư nâng dung lượng truyền dẫn backhaul đáp ứng nhu cầu dịch vụ dữ liệu tốc độ rất cao của mạng LTE.

➤ Khuyến nghị về công nghệ ăng ten cho 4G: để đảm bảo tốc độ cao của mạng LTE Advanced (tốc độ tối đa đường DL có thể lên đến 600 Mbps) các hệ thống hạ tầng phủ sóng trong nhà (DAS – Inbuilding) cần được bổ sung, thay thế các ăng ten hỗ trợ công nghệ MIMO phù hợp và kịp thời.

● Hướng nghiên cứu tiếp theo là tập trung vào các tham số khai báo trên hệ thống và việc tích hợp tính năng cập nhật số liệu hiện trường. Là tiền đề để nghiên cứu giải pháp tối ưu hóa cho mạng 5G.



## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Xincheng Zhang, (2018) “ LTE Optimization Engineering Handbook ”, China Mobile Group Design Institute Co., Ltd. Beijing, China.
- [2] Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker (2009), “LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice”, John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] Harri Toma and Antti Toskala, (2009), “LTE for UMTS OFDM and SC-FDMA Based Radio Access”.
- [4] Lorena Serna, Tomas Novosad, Jyri Lamminmäki, (2010), “ LTE Optimization Guidelines ”, Nokia Siemens Networks.
- [5] Darlington Maposa, (2016), “ Evolving 4G KPIs to improve end user QoE for 4G LTE broadband systems ”, Midlands State University, Zimbabwe.
- [6] Nguyễn Phạm Anh Dũng, (2008) ,“ Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G”, Nhà xuất bản Thông tin và Truyền thông.
- [7] Đỗ Trung Minh, (2016), “ Nghiên cứu các giải pháp thiết kế và tối ưu hóa chất lượng mạng LTE”, Luận văn tốt nghiệp thạc sỹ, Trường Đại Học Bách khoa Hà Nội.
- [8] Trần Hoàng Diệu, (2016), “ Nghiên cứu xây dựng công cụ đo kiểm và đánh giá chất lượng dịch vụ di động 4G”, Luận văn tốt nghiệp thạc sỹ, Trường Đại học Công Nghệ, Đại học Quốc Gia Hà Nội.
- [9] Mobifone, (2015), “Quy trình tối ưu hóa 2 mức áp dụng tại Trung tâm Mạng lưới Mobifone Miền bắc”, Tài liệu kỹ thuật.
- [10] Mobifone,(2015) Đề xuất quy hoạch hạ tầng viễn thông thụ động giai đoạn 2015-2020, Tài liệu kỹ thuật.