

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

---



**Vương Thành Nam**

**CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG CÁC THAM SỐ KPI MẠNG 4G LTE-A  
CỦA MOBIFONE TẠI KHU VỰC QUẬN BA ĐÌNH, HOÀN KIẾM –  
TP. HÀ NỘI**

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

**HÀ NỘI - 2019**

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

---



**Vương Thành Nam**

**CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG CÁC THAM SỐ KPI MẠNG 4G LTE-A CỦA  
MOBIFONE TẠI KHU VỰC QUẬN BA ĐÌNH, HOÀN KIẾM – TP. HÀ NỘI**

**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**

**HÀ NỘI - 2019**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

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

## MỤC LỤC

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LỜI CAM ĐOAN</b>   | <b>i</b>    |
| <b>MỤC LỤC</b>  | <b>ii</b>   |
| <b>DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>DANH MỤC CÁC BẢNG</b>  | <b>vii</b>  |
| <b>DANH MỤC CÁC HÌNH</b>  | <b>viii</b> |
| <b>MỞ ĐẦU</b>   | <b>1</b>    |
| <b>CHƯƠNG 1 – TỔNG QUAN VỀ MẠNG 4G LTE-A</b>  | <b>2</b>    |
| 1.1. Xu hướng phát triển của mạng thông tin di động [1]   | 2           |
| 1.1.1 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất (1G)   | 3           |
| 1.1.2 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai (2G)  | 3           |
| 1.1.3 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba (3G)   | 4           |
| 1.2 Kiến trúc mạng thông tin di động thế hệ thứ tư 4G LTE-A   | 6           |
| 1.2.1 Kiến trúc mạng thông tin di động thế hệ thứ tư 4G LTE   | 6           |
| 1.2.2 Công nghệ thông tin di động 4G LTE-A  | 19          |
| 1.3 Kết luận chương 1   | 24          |
| <b>CHƯƠNG 2 – CÁC GIẢI PHÁP CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG MẠNG 4G LTE-A</b>  | <b>25</b>   |
| 2.1 Công tác tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến [5]   | 25          |
| 2.1.1 Mục tiêu của công tác tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến                                      | 25          |
| 2.1.2 Quy trình tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến  | 25          |
| 2.2 Các tham số KPI đánh giá chất lượng mạng 4G LTE-A   | 28          |
| 2.2.1 Performance measurement KPI- Chỉ số đo hiệu năng hoạt động  | 28          |
| 2.2.2 Một số KPI chính trong Drive Test (đo kiểm thực tế)   | 30          |
| 2.3 Các giải pháp cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A [3]  | 32          |
| 2.3.1 Xử lý lỗi gọi đến thuê bao trên 4G có thông báo tắt máy   | 32          |
| 2.3.2 Xử lý ERAB_SR thấp  | 32          |
| 2.3.3 Xử lý ERAB_DR cao   | 33          |
| 2.3.4 Xử lý các trường hợp liên quan đến vùng phủ: Mức thu tiền hiệu (RSRP) thấp; Chất lượng tín hiệu (RSRQ) thấp | 33          |
| 2.4 Kết luận chương 2   | 34          |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CHƯƠNG 3 – CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG CÁC THAM SỐ KPI MẠNG 4G LTE-A CỦA MOBIFONE TẠI QUẬN BA ĐÌNH, HOÀN KIẾM – TP HÀ NỘI</b> | <b>35</b> |
| 3.1 Giới thiệu khái quát mạng 4G LTE-A của MobiFone tại Hà Nội  | 35        |
| 3.1.1 Cấu hình kết nối cơ bản eNodeB đến EPC Core   | 35        |
| 3.1.2 Số lượng eNodeB đã triển khai trên địa bàn Hà Nội đến T10/2019  | 36        |
| 3.2 Thu thập dữ liệu mạng (Driving test)  | 37        |
| 3.3 Phân tích đưa ra các thay đổi (Change Request)  | 40        |
| 3.4 Thực hiện thay đổi và đánh giá kết quả đạt được   | 41        |
| 3.5 Kết luận chương 3   | 45        |
| <b>KẾT LUẬN</b>   | <b>46</b> |
| - Kết quả đạt được của luận văn   | 46        |
| - Khuyến nghị đề xuất   | 46        |
| - Hướng nghiên cứu tiếp theo  | 47        |
| <b>DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>  | <b>48</b> |

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

| Viết tắt        | Tiếng Anh                               | Tiếng Việt                           |
|-----------------|---|--------------------------------------|
| 3G              | 3 <sup>rd</sup> Generation              | Thế hệ thứ ba                        |
| <b><u>A</u></b> |   |                                      |
| AMR             | Adaptive Multirate                      | Đa tốc độ thích nghi                 |
| <b><u>B</u></b> |   |                                      |
| BSC             | Base Station Controller                 | Bộ điều khiển trạm gốc               |
| BSS             | Base Station Subsystem                  | Phân hệ trạm gốc                     |
| BTS             | Base Transceiver Station                | Trạm thu phát gốc                    |
| <b><u>C</u></b> |   |                                      |
| CCPCH           | Common Control Physical Channel         | Kênh vật lý điều khiển thông thường  |
| CE              | Channel Element                         | Phần tử kênh                         |
| CDR             | Call Data Record                        | Bản ghi số liệu cuộc gọi             |
| CN              | Core Network                            | Mạng lõi                             |
| <b><u>E</u></b> |   |                                      |
| FDD             | Frequency Division Duplex               | Ghép song công phân chia theo tần số |
| <b><u>G</u></b> |   |                                      |
| GGSN            | Gateway GPRS Support Node               | Nút mạng hỗ trợ GPRS cổng            |
| GPRS            | General Packet Radio Services           | Dịch vụ vô tuyến gói chung           |
| GPS             | Global Position System                  | Hệ thống định vị toàn cầu            |
| GSM             | Global System for Mobile Communications | Hệ thống thông tin di động toàn cầu  |
| <b><u>H</u></b> |   |                                      |

| <b>Viết tắt</b> | <b>Tiếng Anh</b>                       | <b>Tiếng Việt</b>                            |
|-----------------|--|--|
| HHO             | Hard Handover                          | Chuyển giao cứng                             |
| HLR             | Home Location Register                 | Bộ ghi định vị thường trú                    |
| HO              | Handover                               | Chuyển giao                                  |
| HSDPA           | High-speed Downlink Packet-data Access | Truy nhập dữ liệu gói đường xuống tốc độ cao |
| <b><u>I</u></b> |  |  |
| IMS             | IP Multimedia Subsystem                | Phân hệ đa phương tiện IP                    |
| IN              | Intelligent Network                    | Mạng thông minh                              |
| IuB             |  | Giao diện giữa NodeB và RNC                  |
| IP              | Internet Protocol                      | Giao thức Internet                           |
| <b><u>N</u></b> |  |  |
| NMS             | Network Management System              | Hệ thống quản lý mạng                        |
| NMT             | Nordic Mobile Telephone system         | Hệ thống điện thoại di động Bắc Âu           |
| NNI             | Network Node Interface                 | Giao diện nút mạng                           |
| NSS             | Network SubSystem                      | Phân hệ mạng                                 |
| <b><u>R</u></b> |  |  |
| RA              | Routing Area                           | Vùng định tuyến                              |
| RAB             | Radio Access Bearer                    | Phương thức truyền tải truy nhập vô tuyến    |
|                 | Random Access Burst                    | Cụm truy cập ngẫu nhiên                      |
| RACH            | Random Access Channel                  | Kênh truy nhập ngẫu nhiên                    |
| RAN             | Radio Access Network                   | Mạng truy nhập vô tuyến                      |
| RANAP           | RAN Application Part                   | Phần ứng dụng RAN                            |
| RB              | Radio Bearer                           | Phương thức truyền tải vô tuyến              |
| RBS             | Radio Base Station                     | Trạm gốc vô tuyến (thiết bị của Ericsson)    |

| <b>Viết tắt</b> | <b>Tiếng Anh</b>                              | <b>Tiếng Việt</b>                           |
|-----------------|---|---|
| RLA             | Radio signal Level Averaged                   | Mức tín hiệu vô tuyến trung bình            |
| RLC             | Radio Link Control                            | Điều khiển kết nối vô tuyến                 |
| <b><u>S</u></b> |   |   |
| SGSN            | Serving GPRS Support Node                     | Nút mạng hỗ trợ dịch vụ GPRS                |
| SMS             | Short Message Service                         | Dịch vụ tin nhắn                            |
| SMS-C           | Short Message Service Center                  | Trung tâm dịch vụ tin nhắn                  |
| <b><u>U</u></b> |   |   |
| UDI             | Unrestricted Digital Information              | Thông tin số không bị hạn chế               |
| UE              | User Equipment                                | Thiết bị đầu cuối                           |
| UI              | User Interface                                | Giao diện người sử dụng                     |
| Um              |   | Giao diện vô tuyến                          |
| UMM             | UMTS Mobility Management                      | Quản lý mềm dẻo UMTS                        |
| UMTS            | Universal Mobile<br>Telecommunications System | Hệ thống Viễn thông Di động<br>Toàn cầu     |
| URAN            | UMTS Radio Access Network                     | Mạng truy nhập vô tuyến UMTS                |
| UTRAN           | UMTS Terrestrial Radio Access<br>Network      | Mạng truy nhập vô tuyến mặt đất<br>UMTS     |
| <b><u>V</u></b> |   |   |
| VLR             | Visitor Location Register                     | Bộ ghi định vị tạm trú                      |
| <b><u>W</u></b> |   |   |
| WCDMA           | Wideband Code Division Multiple<br>Access     | Đa truy nhập băng rộng phân<br>chia theo mã |



## **DANH MỤC CÁC BẢNG**

|  |    |
|--|----|
| Bảng 3.1: Số lượng trạm eNode tại Hà Nội của MobiFone đến Tháng 10/2019            | 36 |
| Bảng 3.2: Thông số độ cao anten, azimuth, tilt trạm trước tối ưu khu vực Ba Đình   | 37 |
| Bảng 3.3: Thông số độ cao anten, azimuth, tilt trạm trước tối ưu khu vực Hoàn Kiếm | 40 |
| Bảng 3.4: Bảng điều chỉnh các thông số tối ưu khu vực Ba Đình                      | 41 |
| Bảng 3.5: Bảng điều chỉnh các thông số tối ưu khu vực Hoàn Kiếm                    | 41 |
| Bảng 3.6: Kết quả chất lượng các thông số sau tối ưu tại khu vực Ba Đình           | 42 |
| Bảng 3.7: Kết quả chất lượng các thông số sau tối ưu tại khu vực Hoàn Kiếm         | 44 |

## DANH MỤC CÁC HÌNH

|  |    |
|--|----|
| Hình 1.1: Quá trình phát triển các công nghệ thông tin di động         | 2  |
| Hình 1.2: Cấu trúc mạng W-CDMA   | 5  |
| Hình 1.3: Cấu trúc tổng quan mạng LTE                                  | 7  |
| Hình 1.4: Sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ WCDMA 3G sang LTE       | 8  |
| Hình 1.5: Kiến trúc mạng lõi LTE                                       | 9  |
| Hình 1.6: Nguyên lý sử dụng các sóng mang con trực giao trong OFDM     | 12 |
| Hình 1.7: So sánh phổ tần số các kỹ thuật FDMA và OFDMA                | 12 |
| Hình 1.8: OFDMA và SC-FDMA   | 14 |
| Hình 1.9: Hệ thống thu-phát SC-FDMA trong miền tần số                  | 15 |
| Hình 1.10: Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO                                  | 16 |
| Hình 1.11: So sánh giữa MU-MIMO và SU-MIMO                             | 17 |
| Hình 1.12: Kỹ thuật ghép kênh không gian                               | 18 |
| Hình 1.13: Công nghệ ghép đa sóng mang Carrier Aggregation             | 20 |
| Hình 1.14: Carrier Aggregation với các trường hợp sóng mang khác nhau  | 20 |
| Hình 1.15: MIMO trong LTE-A  | 22 |
| Hình 1.16: Sơ đồ các node truyền trong công nghệ truyền nối tiếp LTE-A | 23 |
| Hình 1.17: Kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP trong LTE Advanced           | 23 |
| Hình 2.1: Các bước trong việc thực hiện tối ưu hóa                     | 26 |
| Hình 3.1: Sơ đồ kết nối từ eNodeB đến EPC Core                         | 35 |
| Hình 3.2: Bản đồ RSRP trước tối ưu khu vực Ba Đình                     | 38 |
| Hình 3.3: Bản đồ RSRQ trước tối ưu khu vực Ba Đình                     | 38 |
| Hình 3.4: Thông lượng đường lên trước tối ưu khu vực Ba Đình           | 39 |
| Hình 3.5: Thông lượng đường xuống trước tối ưu khu vực Ba Đình         | 39 |

|   |    |
|---|----|
| Hình 3.6: Chất lượng tín hiệu RSRQ trước tối ưu khu vực Hoàn Kiếm | 40 |
| Hình 3.7: RSRP sau tối ưu khu vực Ba Đình                         | 42 |
| Hình 3.8: RSRQ sau tối ưu khu vực Ba Đình                         | 43 |
| Hình 3.9: Thông lượng đường lên sau tối ưu khu vực Ba Đình        | 43 |
| Hình 3.10: Thông lượng đường xuống sau tối ưu khu vực Ba Đình     | 44 |
| Hình 3.11: RSRQ sau tối ưu khu vực Hoàn Kiếm                      | 44 |

## MỞ ĐẦU

Ngành viễn thông đã chứng kiến sự phát triển ngoạn mục trong thời gian vừa qua. Mạng thông tin di động thế hệ thứ hai (2G) sử dụng công nghệ kỹ thuật số, trong những năm gần đây, đã đạt được những thành công hết sức to lớn. Tiếp nối những thành công này, mạng thông tin di động thế hệ thứ ba (3G) đã ra đời và đang được triển khai tại nhiều nơi trên thế giới. Tuy nhiên, khi mà công nghệ mạng thông tin di động thế hệ thứ ba vẫn còn chưa có đủ thời gian để khẳng định vị thế của mình, thì thế giới đã bắt đầu việc nghiên cứu và chuẩn hóa công nghệ thông tin di động thế hệ thứ tư (4G), với ý tưởng hướng tới một mạng lưới di động có cấu trúc đơn giản, dựa hoàn toàn trên nền tảng công nghệ chuyển mạch gói IP, với băng thông rộng và tốc độ cao. Trên thực tế, 4G ra đời như một giải pháp để vượt lên những giới hạn và những điểm yếu vẫn còn tồn tại của mạng 3G.

Tại Việt Nam hiện nay, các nhà mạng đã triển khai phủ sóng 4G trên 63 tỉnh thành và đưa vào khai thác thương mại phục vụ khách hàng. Trong đó, công nghệ 4G LTE-A là nền tảng công nghệ 4G chính triển khai tại Việt Nam. Từ thực tiễn này, một trong những nhu cầu cấp bách đã và đang được đặt ra là cần phải có những nghiên cứu nghiêm túc về nền tảng các công nghệ thế hệ thứ tư (4G), để có thể cải thiện chất lượng mạng thông tin di động 4G LTE-A sao cho phù hợp với các thực tiễn công nghệ và nhu cầu thị trường đặc thù của Việt Nam.

Đề tài ***“Cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A của MobiFone tại khu vực quận Ba Đình, Hoàn Kiếm – TP. Hà Nội”*** được thực hiện với mục đích nghiên cứu về nền tảng các công nghệ thế hệ thứ tư 4G LTE-A, để đưa ra các giải pháp cải thiện chất lượng các tham số KPI nhằm nâng cao chất lượng mạng 4G LTE-A phục vụ địa bàn trọng điểm Hà Nội của MobiFone. Đề tài này được trình bày thành ba chương:

Chương 1: Tổng quan về mạng 4G LTE-A.

Chương 2: Các giải pháp cải thiện chất lượng mạng 4G LTE-A.

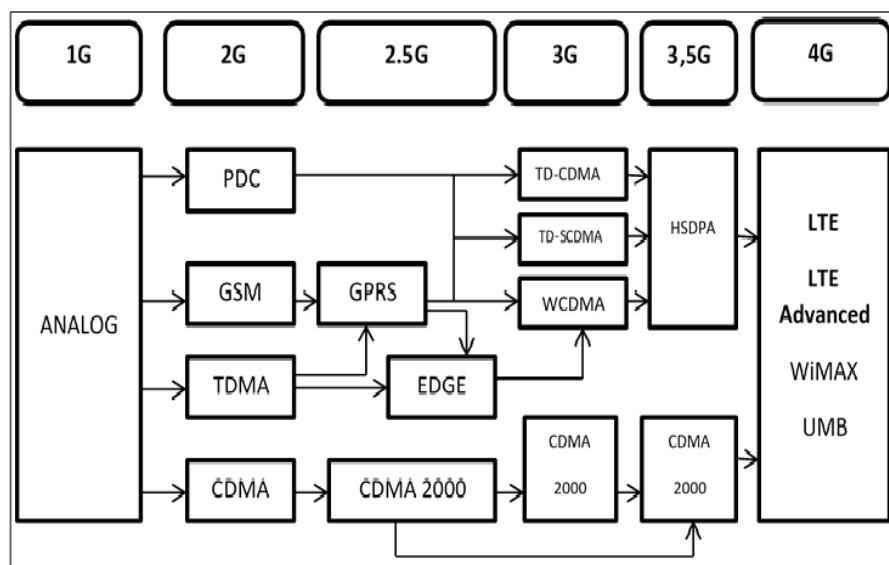
Chương 3: Cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A của MobiFone tại quận Ba Đình, Hoàn Kiếm – TP Hà Nội.

## CHƯƠNG 1 – TỔNG QUAN VỀ MẠNG 4G LTE-A

### 1.1. Xu hướng phát triển của mạng thông tin di động [1]

Khi các ngành thông tin quảng bá bằng vô tuyến phát triển thì ý tưởng về một thiết bị điện thoại không dây đã ra đời, là tiền thân của mạng thông tin di động sau này. Năm 1946, mạng điện thoại vô tuyến đầu tiên được thử nghiệm tại St. Louis, bang Missouri của Mỹ. Sau những năm 50, việc phát minh ra chất bán dẫn cũng đã có những ảnh hưởng rất lớn đến lĩnh vực thông tin di động. Ứng dụng của các linh kiện bán dẫn vào lĩnh vực thông tin di động đã cải thiện được một số nhược điểm mà trước đây chưa làm được.

Thế hệ thông tin di động không dây thứ 1 là thế hệ thông tin tương tự sử dụng công nghệ đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA). Thế hệ thứ 2 sử dụng kỹ thuật số với công nghệ đa truy nhập phân chia theo thời gian (TDMA) và phân chia theo mã (CDMA). Thế hệ thứ 3 ra đời đánh giá sự nhảy vọt nhanh chóng cả về dung lượng và ứng dụng so với các thế hệ trước đó, với khả năng cung cấp các dịch vụ đa phương tiện trên nền tảng chuyển mạch gói. Đây là thế hệ thông tin di động đang được triển khai ở nhiều quốc gia trên thế giới. Hình vẽ 1.1 dưới đây thể hiện quá trình hình thành và phát triển của các hệ thống thông tin di động 1G-2G-3G và sau 3G.



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

### ***1.1.1 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ nhất (1G)***

Những hệ thống thông tin di động đầu tiên, hiện nay được gọi là thế hệ thứ nhất (1G), sử dụng công nghệ analog đa truy nhập phân chia theo tần số (FDMA) để truyền kênh thoại trên sóng vô tuyến đến thuê bao điện thoại di động. Với công nghệ này, khách hàng có thể sử dụng được dải tần đã gán cho họ mà không bị trùng lặp nhờ việc chia phổ tần ra thành nhiều đoạn. Một ví dụ điển hình của hệ thống FDMA là hệ thống điện thoại di động tiên tiến (Advanced Mobile Phone System - AMPS).

#### ***Đặc điểm:***

- Mỗi MS được cấp phát đôi kênh liên lạc suốt thời gian thông tuyến.
- Nhiều giao thoa do tần số các kênh lân cận nhau là đáng kể.
- BTS phải có bộ thu phát riêng làm việc với mỗi MS.

Hệ thống thông tin di động thế hệ 1 sử dụng phương pháp đa truy nhập đơn giản. Tuy nhiên hệ thống không thỏa mãn nhu cầu ngày càng tăng của người dùng về cả dung lượng và tốc độ. Vì các khuyết điểm trên mà người ta đưa ra hệ thống thông tin di động thế hệ 2 ưu điểm hơn thế hệ 1 về cả dung lượng và các dịch vụ được cung cấp.

### ***1.1.2 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ hai (2G)***

Lịch sử hình thành của hệ thống thông tin di động 2G (GSM) bắt đầu từ một đề xuất vào năm 1982 của Nordic Telecom và Netherlands tại CEPT (Conference of European Post and Telecommunication), để phát triển một chuẩn tế bào số mới đáp ứng với nhu cầu ngày càng tăng của mạng di động Châu Âu. Mạng thông tin di động GSM đầu tiên được thiết kế hoạt động ở dải tần 890-915 MHz và 935-960 MHz, hiện nay là 1.8GHz. Một số tiêu chuẩn chính của hệ thống là:

- Chất lượng âm thoại chính thực sự tốt.
- Giá dịch vụ và thuê bao giảm.
- Hỗ trợ liên lạc di động quốc tế.
- Khả năng hỗ trợ thiết bị đầu cuối trao tay.
- Hỗ trợ các phương tiện thuận lợi và dịch vụ mới.

- Khả năng tương thích ISDN.

Ở Việt Nam, hệ thống thông tin di động số GSM được đưa vào triển khai từ năm 1993, và hiện đang được Tổng công ty viễn thông MobiFone khai thác rất hiệu quả với mạng thông tin di động MobiFone theo tiêu chuẩn GSM. Tất cả hệ thống thông tin di động thế hệ 2 đều sử dụng kỹ thuật điều chế số, với 2 phương pháp đa truy nhập:

- Đa truy nhập phân chia theo thời gian (***Time Division Multiple Access - TDMA***): phục vụ các cuộc gọi theo các khe thời gian khác nhau.
- Đa truy nhập phân chia theo mã (***Code Division Multiple Access - CDMA***): phục vụ các cuộc gọi theo các chuỗi mã khác nhau.

Công nghệ điện thoại di động GSM hiện nay đang tồn tại nhiều hạn chế, và sẽ sớm được thay thế bằng những công nghệ tiên tiến hơn, hỗ trợ tối đa các dịch vụ như Internet hay truyền hình. Với các công nghệ thế hệ mới như 3G, 4G, các nhà khai thác mạng có thể cung cấp nhiều dịch vụ dữ liệu cho các khách hàng của mình, qua đó tăng đáng kể doanh thu trung bình trên một thuê bao.

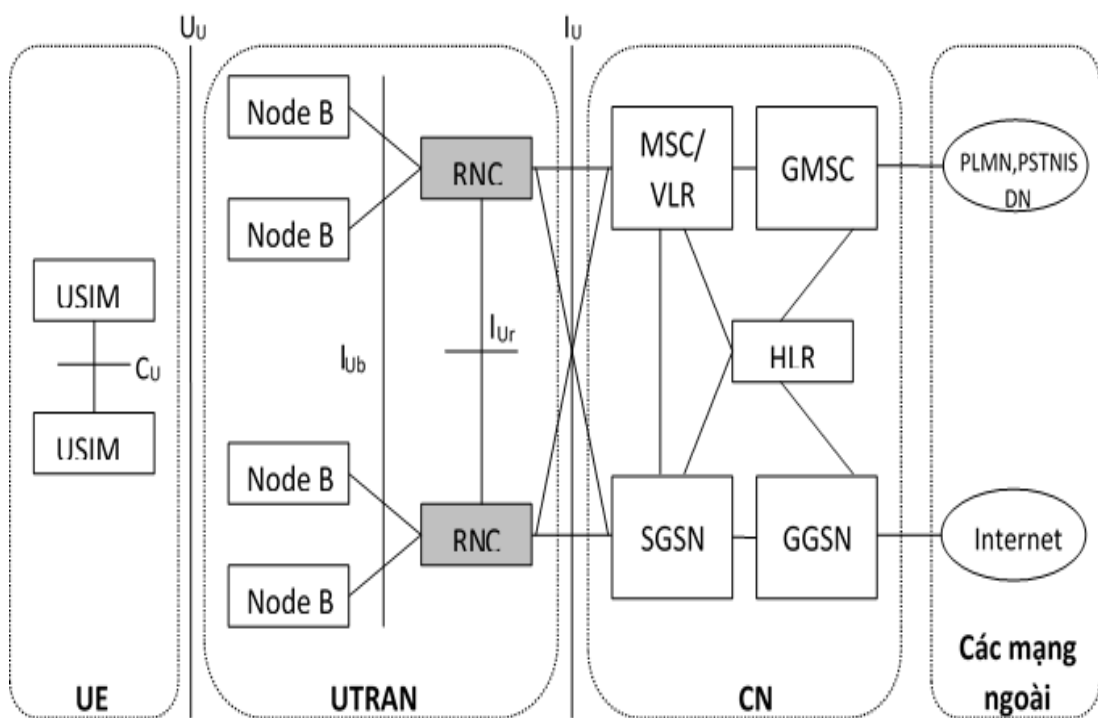
### ***1.1.3 Hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba (3G)***

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng và các dịch vụ thông tin di động công nghệ cao, ngay từ đầu những năm đầu của thập kỷ 90, hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba đã được tiến hành nghiên cứu và hoạch định. Ở thế hệ thứ ba này, các hệ thống thông tin di động có xu thế hoà nhập thành một tiêu chuẩn duy nhất và có khả năng phục vụ ở tốc độ bit lên đến 2Mbit/s. Để phân biệt với các hệ thống thông tin di động băng hẹp hiện nay, các hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba này được gọi là các hệ thống thông tin di động băng rộng. Nhiều tiêu chuẩn cho hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba đã được đề xuất, trong đó 2 hệ thống W-CDMA và CDMA2000 được ITU chấp thuận và đưa vào hoạt động trong những năm đầu của những thập kỷ 2000. Các hệ thống này đều sử dụng công nghệ CDMA, cho phép thực hiện tiêu chuẩn toàn thế giới cho giao diện vô tuyến của hệ thống thông tin di động thế hệ thứ ba:

\***W-CDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*) là sự nâng cấp của các hệ thống thông tin di động thế hệ 2 sử dụng công nghệ TDMA như: GSM, IS-136.

\***CDMA2000** là sự nâng cấp của hệ thống thông tin di động thế hệ 2 sử dụng công nghệ CDMA: IS-95.

Hệ thống W-CDMA (hiện đang được triển khai tại cả ba nhà khai thác di động lớn tại Việt Nam), được xây dựng trên cơ sở mạng GPRS. Về mặt chức năng, có thể chia cấu trúc mạng W-CDMA ra làm hai phần: mạng lõi và mạng truy nhập vô tuyến (UTRAN), trong đó mạng lõi sử dụng toàn bộ cấu trúc phần cứng của mạng GPRS còn mạng truy nhập vô tuyến là phần nâng cấp của W-CDMA. Từ quan điểm chuẩn hóa, cả thiết bị đầu cuối 3G (UE) và UTRAN đều bao gồm những giao thức mới được thiết kế dựa trên công nghệ vô tuyến W-CDMA, trái lại mạng lõi lại được định nghĩa hoàn toàn dựa trên GSM. Điều này cho phép hệ thống W-CDMA phát triển mang tính toàn cầu trên cơ sở công nghệ GSM. Mô hình cấu trúc một mạng di động W-CDMA được thể hiện như hình vẽ 1.2 dưới đây.



**Hình 1.2: Cấu trúc mạng W-CDMA**



## **1.2 Kiến trúc mạng thông tin di động thế hệ thứ tư 4G LTE-A**

### **1.2.1 Kiến trúc mạng thông tin di động thế hệ thứ tư 4G LTE**

#### **1.2.1.1 Tổng quan về hệ thống thông tin di động 4G LTE**

LTE là hệ thống thông tin băng thông rộng thế hệ thứ tư, được định nghĩa bởi ITU-R trong Release 8. 3GPP đặt ra yêu cầu rất cao cho LTE, bao gồm việc giảm chi phí cho mỗi bit thông tin, cung cấp các dịch vụ tốt hơn, sử dụng linh hoạt, hiệu quả 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. Các mục tiêu của công nghệ có thể được trình bày như sau:

- Tốc độ đỉnh tức thời với băng thông 20MHz:
  - Tải lên: 50 Mbps.
  - 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.
  - 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 một chút trong phạm vi đến 30km. Từ 30-100km thì không hạn chế.
- Độ dài băng thông linh hoạt: có thể hoạt động ở nhiều băng tần cả chiều lên và chiều xuống. Hỗ trợ cả hai trường hợp độ dài băng lên và băng xuống bằng nhau hoặc không.

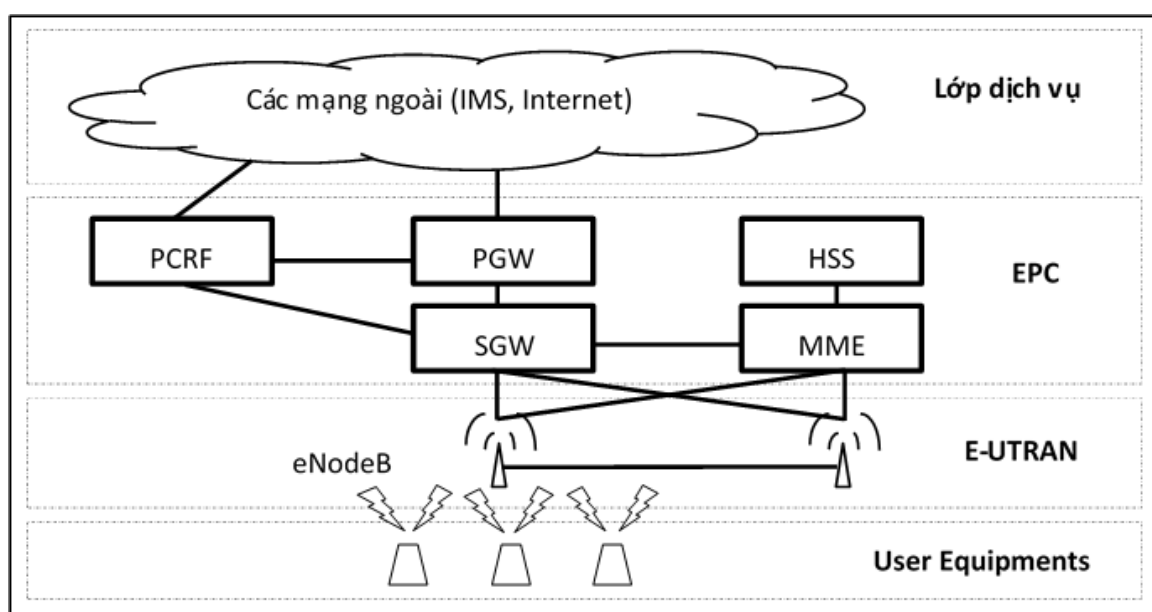
#### **1.2.1.2 Kiến trúc mạng LTE**

Như đã đề cập ở trên, mạng di động LTE được thiết kế để hỗ trợ cho các dịch vụ chuyển mạch gói, đối lập với chuyển mạch kênh truyền thống. Mục tiêu của công nghệ hướng tới việc cung cấp một kết nối IP giữa các UE (User Equipment) và PDN (Packet Data Network), duy trì liên tục trên những ứng dụng người dùng trong

suốt quá trình di chuyển. LTE cùng với SAE tạo thành hệ thống mạng gói cải tiến EPS (Evolved Packet System).

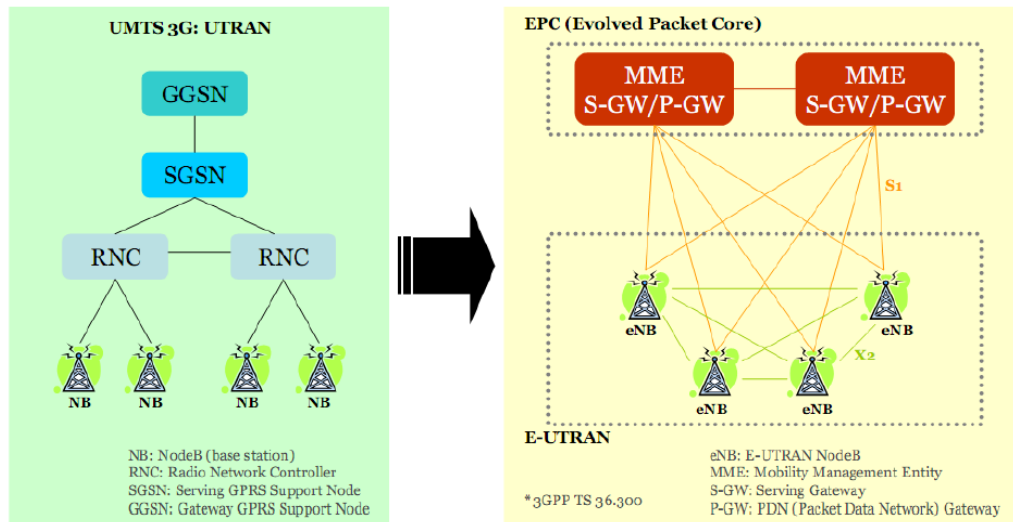
#### a. Kiến trúc mạng tổng quan

Cấu trúc cơ bản mạng lưới LTE, với các thành phần chính là mạng lõi và mạng truy nhập vô tuyến LTE, được thể hiện như ở hình vẽ 1.3 dưới đây. So sánh với UMTS, mạng vô tuyến LTE có cấu trúc thành phần ít phức tạp hơn.



**Hình 1.3: Cấu trúc tổng quan mạng LTE**

Một trong những mục tiêu hướng tới của công nghệ LTE là tối thiểu hóa số lượng các thành phần mạng. Do đó, trong mô hình cấu trúc này, các RNC đã được gỡ bỏ. Chức năng của các trạm điều khiển sẽ được chuyển một phần sang các trạm cơ sở, và một phần sang các 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). Các trạm cơ sở này sẽ thực hiện chức năng quản lý dữ liệu truyền tải một cách độc lập, đồng thời bảo đảm chất lượng dịch vụ. Hình vẽ 1.4 dưới đây thể hiện sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ W-CDMA (UMTS) sang LTE.



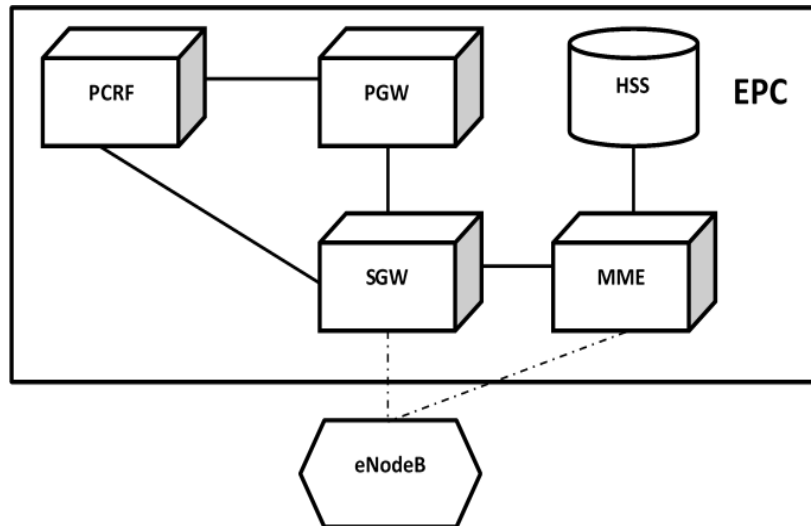
Hình 1.4: Sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ WCDMA 3G sang LTE

#### Các thành phần mạng cơ bản:

- **eNodeB**: Trạm thu phát sóng cơ sở trong mạng LTE
- **MME (Mobility Management Entity)**: chịu trách nhiệm xử lý những chức năng mặt bằng điều khiển, liên quan đến quản lý thuê bao và quản lý phiên.
- **Gateway dịch vụ (Serving Gateway-SGW)**: là vị trí kết nối dữ liệu gói với E-UTRAN. SGW cũng hoạt động như một node định tuyến đến những thành phần mạng công nghệ 3GPP khác.
- **P-Gateway (Packet Data Network-PGW)**: là điểm đầu cuối cho những phiên hướng về mạng dữ liệu gói bên ngoài. PGW cũng là router kết nối đến mạng Internet.
- **PCRF (Policy and Charging Rules Function)**: điều khiển chức năng tạo ra bảng giá và cấu hình hệ thống con đa phương tiện IP (IMS - IP Multimedia Subsystem) cho mỗi người dùng.
- **HSS (Home Subscriber Server)**: là nơi lưu trữ dữ liệu người dùng của tất cả các thuê bao trong mạng. HSS là cơ sở dữ liệu chủ trung tâm của nhà khai thác

### b. Kiến trúc mạng lõi

Kiến trúc mạng lõi (EPC) của LTE được trình bày ở hình 1.5 dưới đây:



**Hình 1.5: Kiến trúc mạng lõi LTE**

#### Các thành phần chính:

- Serving Gateway (SGW):** SGW thực hiện chức năng định tuyến và chuyển tiếp các gói dữ liệu khách hàng, trong khi vẫn hoạt động như một lớp giao tiếp di động cho lớp người dùng trong quá trình chuyển giao giữa các eNB. SGW còn thực hiện chức năng chuyển vùng giữa LTE và các công nghệ 3GPP khác (kết nối giao diện S4 hay chuyển tiếp lưu lượng giữa các hệ thống 2G/3G và PDN GW). Đối với các UE ở trạng thái không sử dụng (idle), SGW kết nối đường dữ liệu hướng xuống và đánh thức (paging) UE khi có dữ liệu hướng xuống. Nó cũng quản lý và lưu trữ các ngưỡng cảnh báo cho UE, ví dụ như các tham số của phiên dịch vụ IP, thông tin định tuyến nội mạng. SGW cũng thực hiện sao chép lưu lượng người dùng trong trường hợp triển khai nghe lén hợp pháp (lawful interception).
- Packet Data Network Gateway (PGW):** PGW cung cấp kết nối cho UE đến các mạng gói ngoài với việc hoạt động như một cổng ra vào cho lưu lượng UE. Một UE có thể có nhiều kết nối tới nhiều PGW. PGW cũng thực thi việc

áp đặt chính sách, lọc gói cho người dùng, hỗ trợ ghi cước và nghe lén hợp pháp. Một vai trò quan trọng khác của PDN GW là hoạt động như một cổng giao tiếp di động giữa công nghệ 3GPP và các công nghệ khác như WiMAX và 3GPP2 (CDMA 1X hay EvDO).

- ***Mobility Management Entity (MME)***: MME là thành phần điều khiển quan trọng nhất của mạng truy nhập LTE. Nó đảm nhiệm các chức năng sau:
  - Tìm kiếm UE trong trạng thái idle và đánh thức (paging), bao gồm cả truyền tải lại.
  - Kích hoạt/giải hoạt các phiên dữ liệu, lựa chọn SGW cho một UE khi bắt đầu kết nối và chuyển giao trong mạng LTE liên quan tới thay đổi node trong mạng lõi.
  - Xác định người dùng (trao đổi với HSS), hay tạo ra và phân bổ các nhận diện tạm thời (temporary identities) đến UE.
  - Là điểm kết cuối trong mạng cho việc mã hóa/bảo vệ tích hợp báo hiệu NAS và xử lý việc quản lý mã an ninh.
  - Hỗ trợ báo hiệu dành cho nghe lén hợp pháp.
  - Cung cấp các chức năng lớp điều khiển cho chuyển giao di động giữa LTE và mạng truy nhập 2G/3G với kết cuối giao diện S3 từ SGSN tại MME.
  - Là điểm kết cuối giao diện S6a đến HSS cho các thuê bao chuyển vùng.

### c. Kiến trúc mạng truy nhập vô tuyến (E-UTRAN)

Như đã được trình bày trong phần cấu trúc tổng quát, mạng truy nhập vô tuyến công nghệ LTE, ***E-UTRAN***, đơn giản bao gồm một mạng lưới các eNodeB. Các eNodeB này kết nối với nhau thông qua các đường giao tiếp X2, và kết nối với EPC bằng đường giao tiếp S1.

Các trạm cơ sở giờ đây cũng chịu trách nhiệm thực hiện chuyển giao giữa các UE tích cực và gửi dữ liệu người dùng từ mạng cơ sở hiện tại sang mạng cơ sở mới thông qua các đường giao tiếp X2. Không giống như trong W-CDMA, các

mạng vô tuyến LTE chỉ thực hiện các cuộc chuyển giao cứng, tức là vào mỗi thời điểm chỉ có một cell liên lạc với UE.

Đường giao tiếp kết nối eNodeB với các gateway là đường S1. Đường giao tiếp S1 này dựa hoàn toàn trên giao thức IP, và không liên quan tới các công nghệ vận chuyển tầng thấp. Đây cũng là một khác biệt lớn so với W-CDMA. Các trạm cơ sở được trang bị cổng Ethernet 100Mbit/s, 1Gbit/s, hoặc các cổng cáp quang Gigabit Ethernet.

Giao thức giữa các eNodeB và UE là giao thức lớp truy nhập AS (Access Stratum). E-UTRAN chịu trách nhiệm về các chức năng liên quan đến vô tuyến, gồm có:

- Quản lý nguồn tài nguyên vô tuyến.
- Nén Header.
- Bảo mật.
- Kết nối với EPC.

Về phương diện mạng, mỗi EnodeB sẽ quản lý một số lượng cell nhất định. Khác với 2G hay 3G, LTE tích hợp chức năng bộ điều khiển vô tuyến trong các eNodeB. Điều này cho phép sự tương tác thích hợp giữa những lớp giao thức khác nhau của mạng truy nhập vô tuyến, giảm trễ và cải thiện hiệu suất. Việc điều khiển phân phối sẽ tránh được tình trạng đòi hỏi một bộ điều khiển xử lý chuyên sâu, do đó cũng dẫn tới việc tiết kiệm chi phí đầu tư sẽ giảm giá thành. Hơn nữa, khi LTE không hỗ trợ chuyển giao mềm thì không cần chức năng liên kết dữ liệu tập trung trong mạng.

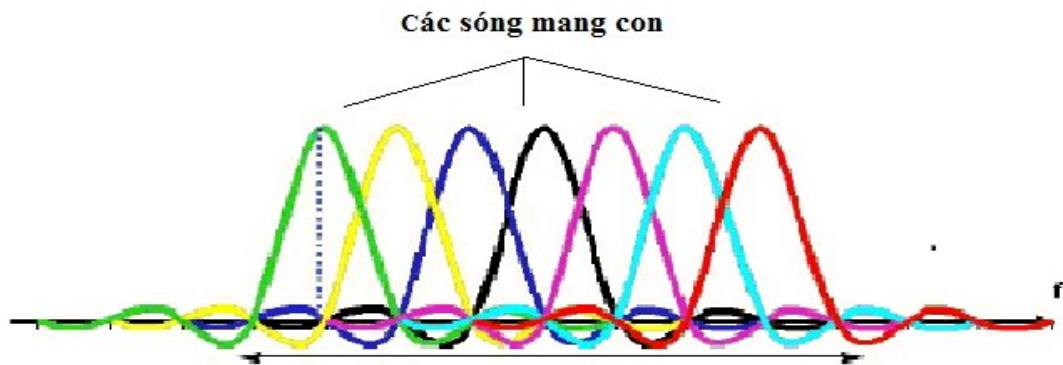
### 1.2.1.3 Công nghệ truy nhập

Công nghệ 4G-LTE sử dụng kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao OFDMA cho truy nhập đường xuống và kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang SC-FDMA cho các truy nhập đường lên.

#### **a. Công nghệ đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA)**

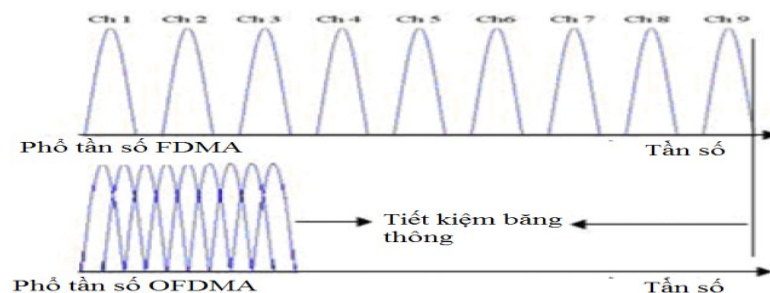
Công nghệ đa truy nhập OFDMA dựa trên nền tảng công nghệ điều chế trực giao OFDM, một trường hợp đặc biệt của phương pháp điều chế đa sóng mang.

Nguyên lý cơ bản của OFDM là chia nhỏ một luồng dữ liệu tốc độ cao thành nhiều luồng dữ liệu tốc độ thấp hơn và phát mỗi luồng dữ liệu đó trên một sóng mang con khác nhau. Các sóng mang này được điều chế để trực giao với nhau, và nhờ đó phổ tín hiệu của các sóng mang này được phép chồng lấn lên nhau mà phía đầu thu vẫn có thể khôi phục lại được tín hiệu ban đầu. Sự chồng lấn phổ tín hiệu này làm cho hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường. Đồng thời, bởi vì chu kỳ của các ký hiệu tăng lên nên lượng nhiễu gây ra do độ trễ trễ đa đường được giảm xuống một cách đáng kể. Nguyên lý sử dụng các sóng mang con trực giao này được minh họa cụ thể trong hình 1.6 dưới đây:



**Hình 1.6: Nguyên lý sử dụng các sóng mang con trực giao trong OFDM**

Hình 1.7 dưới đây thể hiện sự khác nhau về phổ tần số giữa các kỹ thuật truyền nhập FDMA và OFDMA. Bằng cách sử dụng kỹ thuật đa sóng mang con chồng xung, ta có thể tiết kiệm được đáng kể băng thông sử dụng.



**Hình 1.7: So sánh phổ tần số các kỹ thuật FDMA và OFDMA**

Kỹ thuật OFDMA trong truyền nhập đường xuống có các ưu điểm như:

- Loại bỏ hiện tượng nhiễu xuyên tín 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, tăng chu kỳ của các kí hiệu, dẫn tới việc giảm sự phân tán theo thời gian gây bởi trải trễ do truyền dẫn đa đường.
- Tối ưu hiệu quả phổ tần do bằng việc cho phép chồng phủ giữa các sóng mang con. Hạn chế được ảnh hưởng của fading bằng cách chia kênh fading chọn lọc tần số thành các kênh con phẳng tương ứng với các tần số sóng mang OFDM khác nhau.
- Phù hợp với việc thiết kế hệ thống truyền dẫn băng rộng (tốc độ truyền dẫn cao), giảm thiểu ảnh hưởng của phân tập về tần số (frequency selectivity) đối với chất lượng hệ thống so với hệ thống truyền dẫn đơn sóng mang.
- Cấu trúc máy thu đơn giản. Tương thích với các bộ thu và các antenna tiên tiến.
- Thích ứng đường truyền và lập biểu trong miền tần số.  
Tuy nhiên, kỹ thuật OFDMA cũng có một số nhược điểm sau:
  - Đường bao biên độ của tín hiệu phát không bằng phẳng. Điều này gây ra méo phi tuyến ở các bộ khuếch đại công suất ở máy phát và máy thu.
  - Các chuỗi bảo vệ được sử dụng để triệt tiêu nhiễu phân tập đa đường, nhưng đồng thời cũng làm giảm đi một phần hiệu suất sử dụng đường truyền, do bản thân các chuỗi bảo vệ không mang thông tin có ích.
  - Do yêu cầu về điều kiện trực giao giữa các sóng mang phụ, hệ thống OFDM rất nhạy cảm với hiệu ứng Doppler cũng như sự dịch tần (frequency offset) và dịch thời gian (time offset) do sai số đồng bộ.

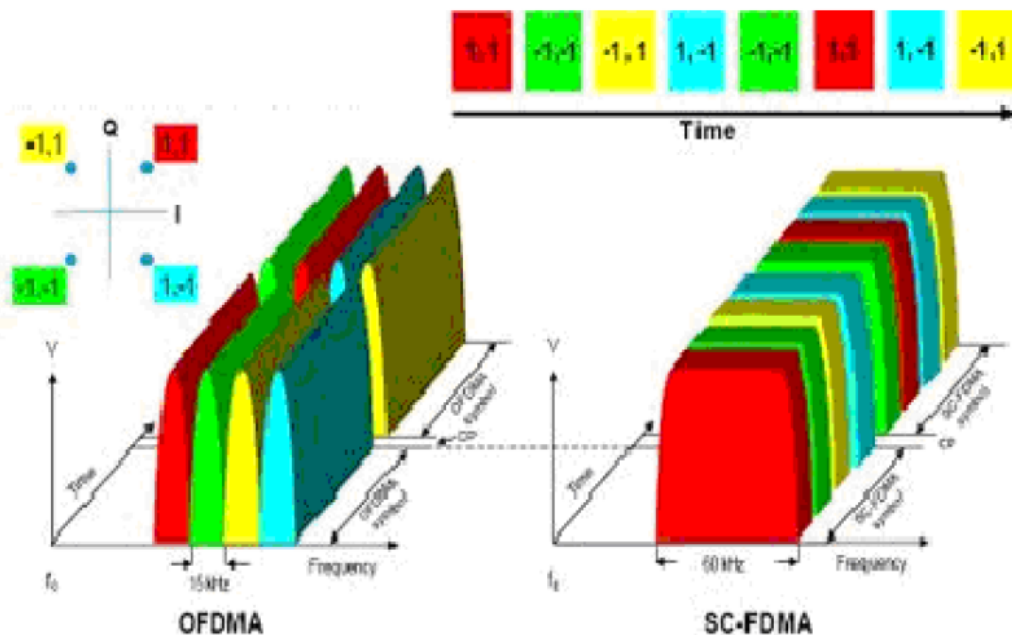
#### **b. Kỹ thuật đa truy nhập SC-FDMA**

Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang SC-FDMA (Single Carrier – FDMA) là kỹ thuật được 3GPP sử dụng cho đường truyền hướng lên của LTE. Các tín hiệu SC-FDMA có tỷ số công suất đỉnh trên công suất trung



biên (PAPR - Peak to Average Power Ratio) thấp hơn nhiều so với kỹ thuật OFDMA. Điều này giúp tăng đáng kể hiệu quả sử dụng các bộ khuếch đại công suất tại UE. Ngoài ra, việc xử lý tín hiệu của SCFDMA có một số điểm tương đồng với OFDMA, và do đó các tham số hướng xuống và hướng lên vẫn có thể cân đối với nhau.

Giống như trong OFDMA, các máy phát trong kỹ thuật SC-FDMA cũng sử dụng các tần số trực giao khác nhau để phát đi các tín hiệu thông tin. Tuy nhiên, các ký hiệu này được phát đi lần lượt chứ không phải song song như trong OFDMA, và do đó làm giảm đáng kể sự dao động về biên độ của đường bao tín hiệu sóng phát, dẫn tới việc các tín hiệu SC-FDMA có PAPR thấp hơn so với các tín hiệu OFDMA. Đổi lại, các tín hiệu SC-FDMA thu được tại các trạm gốc bị nhiễu giữa các ký tự khá lớn. Các trạm gốc sẽ phải sử dụng bộ cân bằng thích ứng miền tần số để loại bỏ nhiễu này.

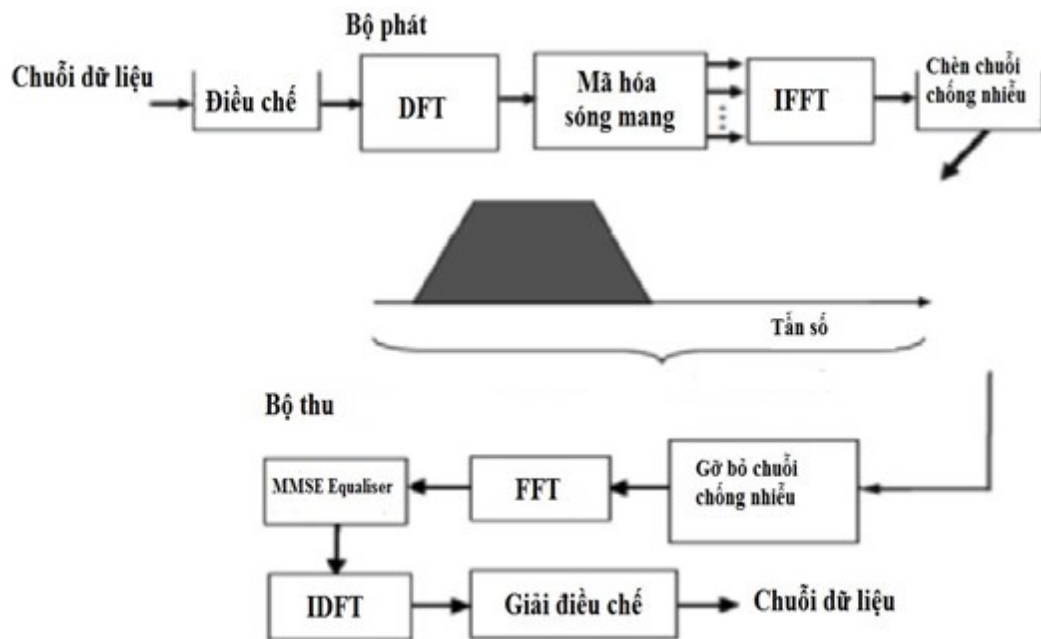


**Hình 1.8: OFDMA và SC-FDMA**

Hình vẽ 1.8 trên đây cho thấy sự khác nhau giữa OFDMA và SC-FDMA trong quá trình truyền các ký hiệu số liệu theo thời gian. Ở mô hình thí nghiệm này, mỗi người sử dụng sẽ được cấp bốn sóng mang con ( $P = 4$ ) với băng thông sóng

con bằng 15KHz. Mỗi ký hiệu OFDMA hoặc SC-FDMA truyền bốn bit số liệu được điều chế QPSK cho người sử dụng. Đối với OFDMA, bốn bit 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, bốn ký hiệu số liệu này được truyền lần lượt trong khoảng thời gian bằng  $1/P$  ( $P = 4$ ) thời gian hiệu dụng của một ký hiệu SC-FDMA với băng tần con bằng  $P \times 15\text{KHz}$  ( $4 \times 15 \text{ KHz}$ ) cho mỗi ký hiệu.

Trong kỹ thuật OFDM, biến đổi Fourier nhanh FFT được sử dụng ở đầu thu cho mỗi khối ký tự, và FFT ngược ở đầu phát. Còn với SC-FDMA, cả hai thuật toán này được sử dụng ở cả đầu phát và đầu thu. Cấu trúc các bộ thu-phát tín hiệu SC-FDMA được trình bày cụ thể trong hình 1.9 dưới đây:



**Hình 1.9: Hệ thống thu-phát SC-FDMA trong miền tần số**

#### 1.2.1.4 Kỹ thuật MIMO

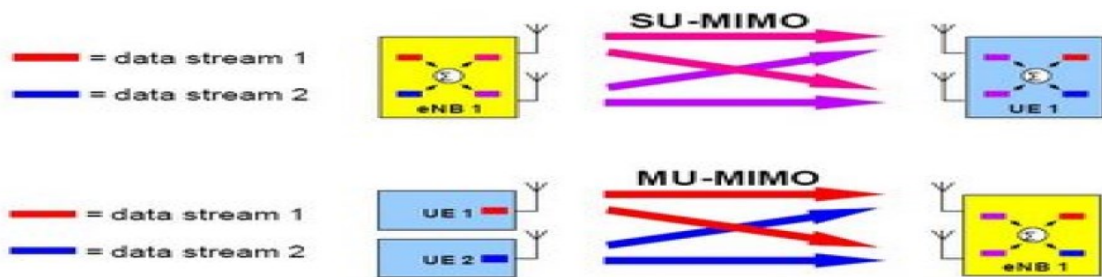
Ý tưởng chủ đạo của kỹ thuật MIMO (Multiple Input Multiple Output) là sử dụng những ưu điểm của đường truyền tín hiệu đa đường. Hai giới hạn chính của kênh truyền thông tin là can nhiễu đa đường và giới hạn về dung lượng theo quy

luật Shannon. MIMO lợi dụng tín hiệu đa đường giữa máy phát và máy thu để cải thiện dung lượng có sẵn được hỗ trợ bởi kênh truyền. Bằng cách sử dụng nhiều antenna ở cả bên phát và bên thu, cùng với việc xử lý tín hiệu số, kỹ thuật MIMO có thể tạo ra nhiều dòng dữ liệu trên cùng một kênh truyền, từ đó làm tăng đáng kể dung lượng sử dụng.

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

#### a. SU-MIMO

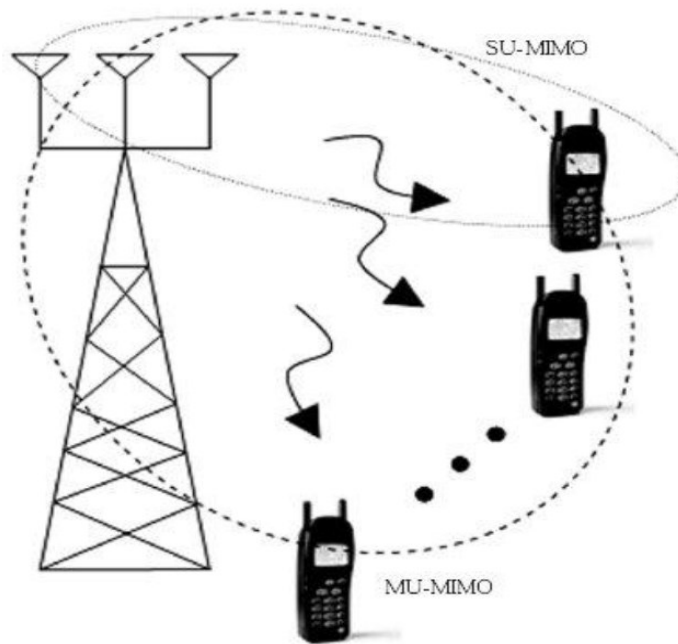
Kỹ thuật Single User MIMO (SU-MIMO) thường được sử dụng trong đường truyền xuống, để nâng cao dung lượng cell và tốc độ dữ liệu. Với SU-MIMO, các dòng dữ liệu (thường là hai dòng dữ liệu) sẽ được trộn với nhau (mã hóa) để tạo thành một kênh truyền thống nhất. Kỹ thuật  $2 \times 2$  SU-MIMO dành cho một người dùng tuyến xuống sẽ được minh họa cụ thể trong hình vẽ 1.10 dưới đây.



**Hình 1.10: Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO**

#### b. MU-MIMO

Trong kỹ thuật Multi User MIMO (MU-MIMO), dòng dữ liệu đa người dùng được đến từ các UE khác nhau. Khi đó, dung lượng cell sẽ được mở rộng, nhưng tốc độ dữ liệu được giữ nguyên. Nâng cao dung lượng cell không làm thay đổi giá thành hay pin của các máy phát UE chính là ưu điểm nổi bật của MU-MIMO so với SU-MIMO. Tuy nhiên, kỹ thuật MU-MIMO phức tạp hơn SU-MIMO. Hình 1.11 sau đây sẽ mô tả sự khác nhau cơ bản giữa hai kỹ thuật này.

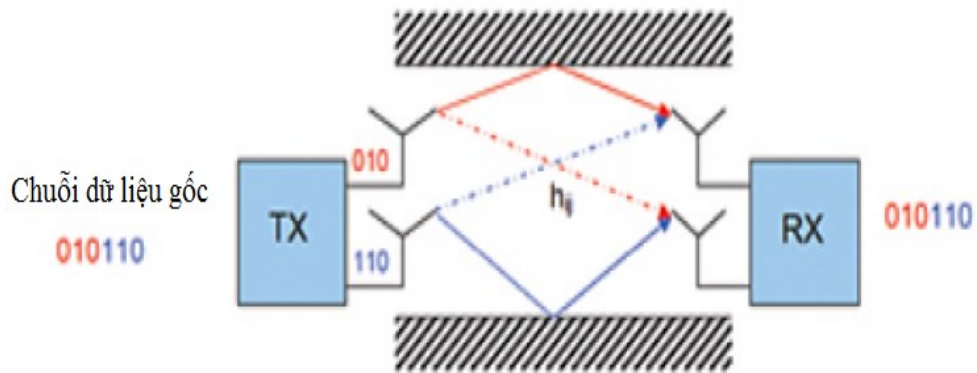


**Hình 1.11: So sánh giữa MU-MIMO và SU-MIMO**

Đối với đường truyền xuống, cấu hình hai antenna ở trạm phát và hai antenna thu ở thiết bị đầu cuối di động chính là cấu hình cơ bản. Ngoài ra, cấu hình sử dụng bốn antenna cũng đang được nghiên cứu. Đây chính là cấu hình SU-MIMO, sử dụng kỹ thuật ghép kênh không gian với lợi thế so với các kỹ thuật khác là trong cùng điều kiện về băng thông sử dụng và kỹ thuật điều chế tín hiệu, SU-MIMO cho phép tăng tốc độ dữ liệu bằng số lần của số lượng antenna phát.

### **c. Ghép kênh không gian**

Kỹ thuật ghép kênh không gian cho phép phát các chuỗi bit dữ liệu khác nhau trên cùng một block nguồn truyền xuống, lợi dụng các hướng không gian của kênh truyền vô tuyến. Những dòng dữ liệu này có thể là của một người dùng (SU-MIMO) hoặc nhiều người dùng khác nhau (MU-MIMO). Trong khi SU-MIMO tăng tốc độ dữ liệu cho một người dùng, MU-MIMO lại cho phép tăng dung lượng. Kỹ thuật ghép kênh không gian được mô tả trong hình vẽ 1.12 dưới đây:



**Hình 1.12: Kỹ thuật ghép kênh không gian**

Đối với đường truyền lên từ thiết bị đầu cuối di động đến các trạm gốc, người ta sử dụng mô hình MU-MIMO. Sử dụng mô hình này ở trạm gốc yêu cầu sử dụng nhiều antenna, còn ở thiết bị di động chỉ dùng một antenna để giảm chi phí. Về khía cạnh hoạt động, nhiều thiết bị di động đầu cuối có thể phát liên tục trên cùng một kênh truyền hay nhiều kênh truyền, nhưng không gây ra can nhiễu với nhau bởi vì các pilot trực giao lẫn nhau. Kỹ thuật này được biết đến với tên gọi kỹ thuật đa truy nhập miền không gian (SDMA) hay còn gọi là MIMO ảo.

Các công nghệ đa antenna, bao gồm cả định dạng chùm và ghép kênh theo không gian là các thành phần công nghệ then chốt vốn có của LTE và LTE-Advanced. Thiết kế đa antenna hiện tại cung cấp lên đến bốn cổng antenna với các tín hiệu tham chiếu ô cụ thể tương ứng ở đường xuống, kết hợp với kỹ thuật tiền mã hóa dựa trên sổ mã. Cấu trúc này cung cấp cả kỹ thuật ghép kênh theo không gian lên đến bốn lớp, đưa đến tốc độ bit đỉnh là 300Mbit/s cũng như kỹ thuật định dạng chùm (dựa trên sổ mã). Kết hợp với nhau trên độ rộng băng tần toàn phần là 100 Mhz, sơ đồ ghép không gian LTE hiện tại sẽ đạt được tốc độ đỉnh là 1,5Gb/s, vượt xa so với yêu cầu của LTE-Advanced. Việc tăng số lớp truyền dẫn đường xuống vượt xa con số bốn cũng là một kỹ thuật có tính khả thi, và có thể được sử dụng như một phần bổ sung đối với sự tăng tốc đỉnh thông qua việc mở rộng băng tần.

## 1.2.2 Công nghệ thông tin di động 4G LTE-A

### 1.2.2.1 Tổng quan về công nghệ thông tin di động 4G LTE-A

LTE Advanced ra đời vào tháng 3 năm 2011 trong Release 10 của 3GPP, là một hệ thống thông tin băng thông rộng được phát triển và chuẩn hóa trên nền tảng sẵn có của công nghệ LTE. Mục tiêu chính của LTE Advanced là tập trung vào việc nâng cao hơn nữa tốc độ cũng như dung lượng phục vụ của toàn hệ thống, thông qua các tính năng, công nghệ mới như: Ghép nhiều tần số sóng mang (**Carrier Aggregation – CA**); Công nghệ MIMO bậc cao; Công nghệ truyền nối tiếp (Relaying) và Kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP (Coordinated MultiPoint). Các tiêu chuẩn được quy định cho LTE Advanced bao gồm:

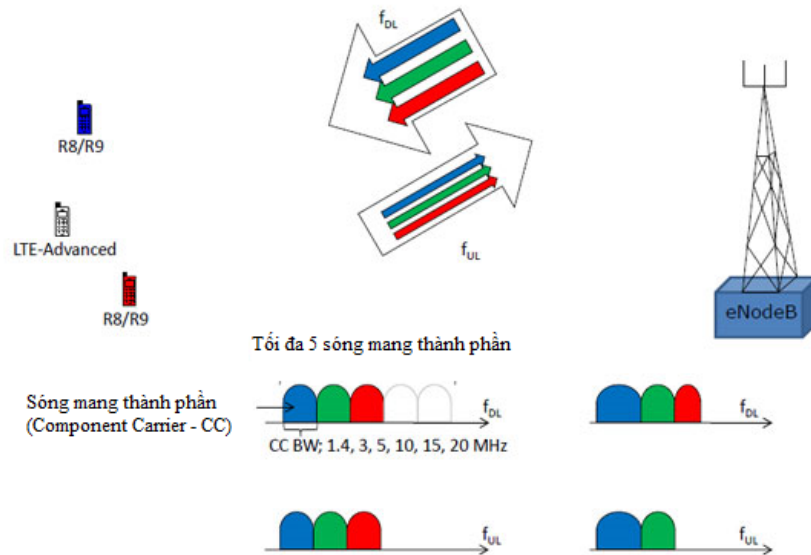
- Tăng tốc độ đỉnh tức thời của dịch vụ dữ liệu:
  - Tải lên: 1.5 Gbps.
  - Tải xuống: 3 Gbps.
- Tăng cường hiệu quả sử dụng băng thông, từ 16bps/Hz của Release 8 lên tới 30 bps/Hz tại Release 10
- Tăng thêm số lượng người dùng có thể phục vụ tại cùng một thời điểm.
- Tăng cường chất lượng dịch vụ tại các cell edges.

### 1.2.2.2 Công nghệ ghép nhiều tần số sóng mang

Trong lý thuyết về thông tin di động băng thông rộng, cách đơn giản nhất để tăng tốc độ truy cập là mở rộng thêm băng thông. Tuy nhiên, để đảm bảo sự tương thích với các máy đầu cuối theo tiêu chuẩn R8 và R9 đã được sản xuất trước đây, việc mở rộng thêm băng thông trong LTE Advanced được thực hiện thông qua việc ghép nhiều sóng mang đã được chuẩn hóa theo R8 và R9. Các sóng mang ghép này có thể được sử dụng cho cả Công nghệ đa truy cập theo tần số (FDD) cũng như thời gian (TDD).

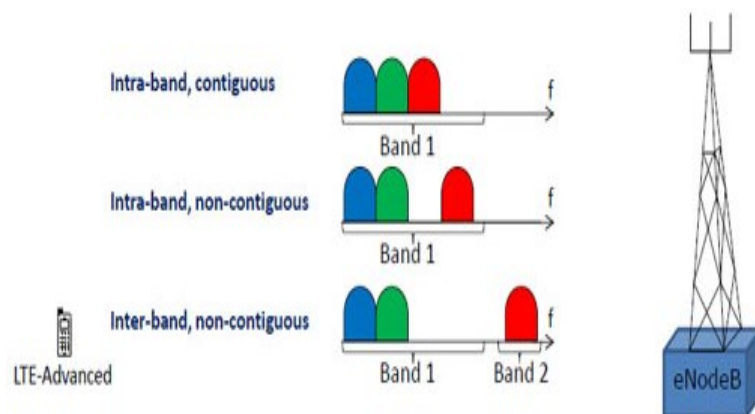
Các sóng mang (Carrier) sử dụng để ghép được gọi là sóng mang thành phần, với độ lớn linh hoạt, từ 1,4 tới 20 MHz. Công nghệ Carrier Aggregation của LTE Advanced cho phép ghép tối đa tới 5 sóng mang thành phần từ các dải tần số khác nhau, để đạt băng thông lên tới 100 MHz. Ngoài ra, số lượng sóng mang thành phần

tại đường truyền lên và xuống có thể khác nhau, với điều kiện số sóng mang tại đường xuống luôn luôn lớn hơn hoặc bằng tại đường lên. Hình vẽ 1.13 minh họa cho việc ghép đa sóng mang.



**Hình 1.13: Công nghệ ghép đa sóng mang Carrier Aggregation**

Cách đơn giản nhất để ghép sóng mang là kết hợp các sóng mang liên kề cùng băng tần, hay còn gọi là Intra-Band Contiguous CA. Tuy nhiên, điều này thường không khả thi do việc phân bổ tần số tại từng khu vực địa lý. Do vậy, công nghệ CA cũng cho phép ghép các sóng mang thuộc các dải tần số khác nhau, như thể hiện trong hình 1.14:



**Hình 1.14: Carrier Aggregation với các trường hợp sóng mang khác nhau**

### 1.2.2.3 Công nghệ MIMO bậc cao

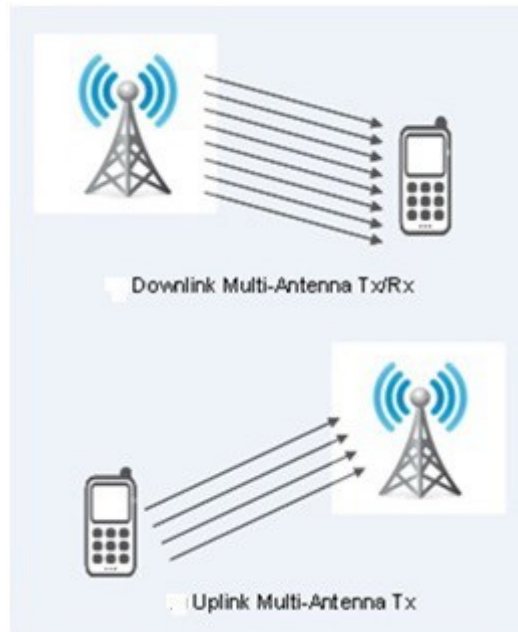
MIMO cho phép các trạm thu phát và các thiết bị di động gửi và nhận dữ liệu bằng nhiều ăng-ten. LTE có hỗ trợ phần nào MIMO nhưng chỉ cho chiều tải xuống. Ngoài ra chuẩn này còn giới hạn số lượng ăng-ten ở mức tối đa là bốn bộ phát ở phía trạm thu phát và bốn bộ thu ở thiết bị di động. LTE-Advanced cho 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 ăng-ten 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. Hình 1.15 dưới đây thể hiện chế độ MIMO của LTE-A:

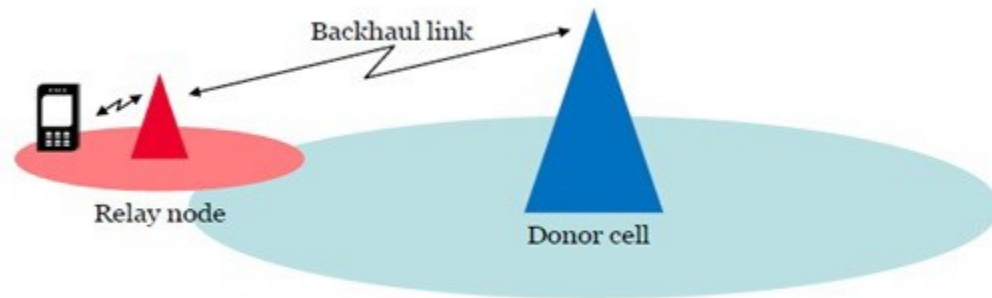




**Hình 1.15: MIMO trong LTE-A**

#### 1.2.2.4 Công nghệ truyền nối tiếp (Relaying)

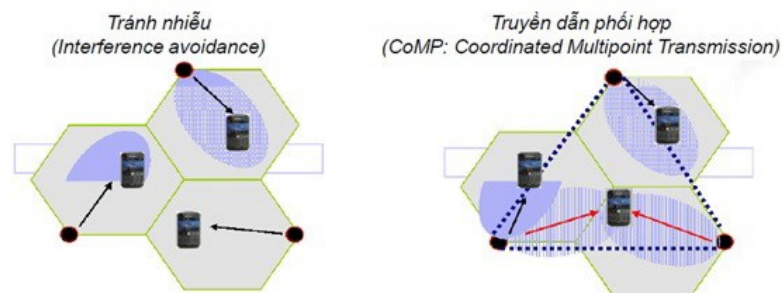
Công nghệ truyền nối tiếp được dùng để mở rộng vùng phủ sóng tới những nơi có tín hiệu yếu. Thông thường các bộ truyền nối tiếp thông thường, hay còn gọi là bộ lặp lại khá đơn giản, chúng nhận tín hiệu, khuếch đại, rồi truyền đi. LTE-Advanced hỗ trợ các chế độ truyền nối tiếp tiên tiến hơn. Trước tiên 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 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. Hình 1.16 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 1.16: Sơ đồ các node truyền trong công nghệ truyền nối tiếp LTE-A**

#### 1.2.2.5 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 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. Hình 1.17 dưới đây thể hiện kỹ thuật phối hợp đa điểm:



**Hình 1.17: Kỹ thuật phối hợp đa điểm CoMP trong LTE Advanced**

### **1.3 Kết luận chương 1**

Chương 1 đã trình bày tổng quan về các thế hệ mạng thông tin di động. Đặc biệt tìm hiểu sâu về mạng thông tin di động thế hệ thứ 4: 4G LTE và 4G LTE-A, các kỹ thuật truy nhập, các vấn đề về Anten MIMO.

## **CHƯƠNG 2 – CÁC GIẢI PHÁP CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG MẠNG 4G LTE-A**

### **2.1 Công tác tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến [5]**

#### ***2.1.1 Mục tiêu của công tác tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến***

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 (theo các chỉ tiêu KPI).

Để làm được điều này cần phải xác định các lỗi trong quá trình hoạt động của mạng. Những lỗi này được phát hiện qua việc giám sát liên tục các tham số chất lượng mạng (KPIs: Key Performance Indicators), thông qua quá trình Drive test và thu thập các phản ánh khách hàng.

Lợi ích của công tác tối ưu và cải thiện chất lượng mạng vô tuyến:

- Duy trì, cải thiện chất lượng dịch vụ hiện tại.
- Giảm tỉ 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 phần tử chức năng mạng.

#### ***2.1.2 Quy trình tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến***

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.

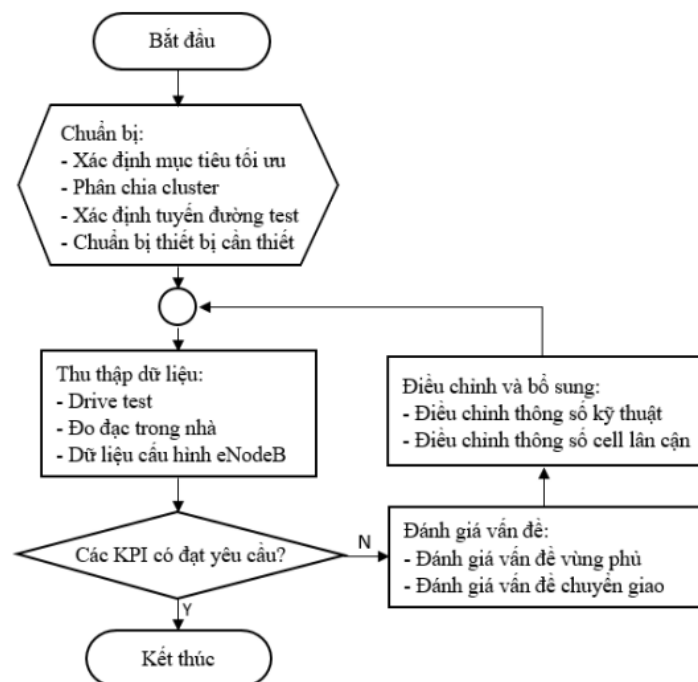
- Tối ưu tham số

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. Công tác tối ưu, cải thiện chất lượng trong mạng vô tuyến 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.

Hình 2.1 dưới đây thể hiện các bước trong quá trình tối ưu:



**Hình 2.1: Các bước trong việc thực hiện tối ưu hóa**

### 2.1.2.1 Chuẩn bị

Rà soát và tập hợp các tài liệu hỗ trợ công tác: gồm các thiết kế 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.

- Lập kế hoạch triển khai.
- Xác định tuyến đường để Driving test và phân chia các cluster
- Chuẩn bị công cụ cần thiết để thu thập dữ liệu.

### 2.1.2.2 Thu thập dữ liệu

Thu thập, thống kê dữ liệu chất lượng mạng từ các nguồn:

- 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 Driving test.
- 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.

### 2.1.2.3 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, sẽ thực hiện phân tích tiếp KPI mức cell để xác định cell có vấn đề đang tồn tại, căn cứ vào dữ liệu thu thập được 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 vấn đề đang tồn tại trong mạng và xác định được nguyên nhân lỗi: như lỗi phần cứng, lỗi truyền dẫn hay lỗi vô tuyến.

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

#### 2.1.2.4 Tiến hành tối ưu

Tuỳ theo từng vấn đề tồn tại trong mạng mà việc tối ưu diễn ra khác nhau. Các lỗi thường gặp như lỗi phần cứng, vấn đề về chuyển giao, vấn đề về nhiễu và vùng phủ. Trong quá trình tối ưu có thể gây ảnh hưởng đến dịch vụ nên các quyết định cần được cân nhắc kỹ càng trước khi thực hiện.

#### 2.1.2.5 Kiểm tra

Sau khi thực hiện tối ưu, cần so sánh chất lượng mạng trước tối ưu và sau tối ưu. Chất lượng mạng sau tối ưu có đảm bảo yêu cầu đặt ra hay không. Tất cả chất lượng mạng sẽ thể hiện qua các chỉ số KPI để đánh giá.

## 2.2 Các tham số KPI đánh giá chất lượng mạng 4G LTE-A

Chất lượng của các hệ thống mạng thông tin di động được đánh giá chủ yếu dựa trên chỉ số KPI (Key Performance Indicators). Trong mạng di động LTE, KPI được chia thành hai phần:

- Performance measurement KPI: KPI đo lường hoạt động của mạng như: KPI chuyển giao, KPI lưu lượng, ... Các KPI này được thống kê từ eNodeB và hệ thống mạng lõi (Core).

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

### 2.2.1 Performance measurement KPI- Chỉ số đo hiệu năng hoạt động

- Tỷ lệ thiết lập E-RAB thành công (ERAB\_SR) (%):

KPI này xác định tỉ lệ kết nối ERAB (truy cập lưu lượng) thành công của tất cả các dịch vụ trong cell.

Công thức tính:

$$ERAB\_SR = 100\% * \frac{RRCConEstablishmentSuccess}{RRCConEstablishmentAttempt} * \frac{S1SigConEstablishmentSuccess}{S1SigConEstablishmentAttempt} * \frac{ErabEstablishmentSuccessInit}{ErabEstablishmentAttemptInit} \quad (2.1)$$

- **Tỷ lệ rớt phiên ERAB (ERAB\_DR) (%)**

KPI này xác định tỷ lệ rớt phiên dự liệu của dịch vụ mạng 4G.

Công thức tính:

$$ERAB\_DR = 100\% * \frac{NumERabActiveReleaseAbnormal}{TotalERabActiveRelease} \quad (2.2)$$

- **Tỷ lệ thiết lập cuộc gọi CSFB thành công (CSFB\_SR) (%)**

KPI này xác định tỷ lệ thiết lập cuộc gọi thành công từ 4G xuống 3G.

Công thức tính:

$$CSFB\_SR = 100\% * \frac{CSFBPr eSucc}{CSFBPr eAtt} \quad (2.3)$$

- **Tỷ lệ chuyển giao 4G/3G thành công miền PS (IRATHO4G3G\_PS) (%)**

KPI này xác định tỷ lệ chuyển giao từ 4G xuống 3G thành công trong miền dữ liệu gói

Công thức tính:

$$IRATHO4G3G\_PS = 100\% * \frac{IratHoToUmtsSucc}{IratHoToUmtsAtt} \quad (2.4)$$

- **Tỷ lệ kết nối trên 4G chuyển xuống 3G/2G (4G\_Lost\_Rate) (%)**

$$LTE\_Lost\_Rate = 100 * \frac{IRATHO4G3G_{ATT} + IRATHO4G2G_{ATT}}{Connected\_User} \quad (2.5)$$

**IRATHO4G3G\_ATT**: tổng số lượng IRATHO attempt từ 4G xuống 3G trong Busy Hour



**IRATHO4G2G\_ATT**: tổng số lượng IRATHO attempt từ 4G xuống 2G trong Busy Hour

**Connected\_User**: số lượng người dùng 4G kết nối đồng thời trong Busy Hour

### 2.2.2 Một số KPI chính trong Drive Test (đo kiểm thực tế)

Một số KPI chính trong đo kiểm thực tế được giới thiệu dưới đây:

#### ➤ Data connection setup time (average)

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | Data connection setup time (average): Thời gian thiết lập dữ liệu (trung bình) |
| Phương pháp đo | Download   |
| Công thức tính | $\text{LTE\_RRC\_Connection\_Request\_to\_Default\_EPS\_Bearer\_Activated}$    |

#### ➤ PS Access Successful Rate - PS ASR

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | PS Access Successful Rate - PS ASR: Tỷ lệ truy cập dịch vụ gói thành công  |
| Phương pháp đo | Download   |
| Công thức tính | $(\text{LTE RRC Connection Complete} / \text{LTE RRC Connection Request}) * (\text{LTE Default EPS Bearer Activated} / \text{LTE Default EPS Bearer Request})$ |

#### ➤ CSFB fast return 3G-4G sample $\leq 2s$

|                |   |
|----------------|---|
| Tên KPI        | CSFB fast return 3G-4G sample $\leq 2s$   |
| Phương pháp đo | CSFB  |
| Công thức tính | $\text{Sample Post CSFB to EUTRAN delay} \leq 2s / \text{Total sample Post CSFB to EUTRAN delay}$ |

#### ➤ Call Setup Success Rate - CSSR (CSFB)

|                |   |
|----------------|---|
| Tên KPI        | Call Setup Success Rate - CSSR (CSFB): Tỷ lệ thiết lập cuộc gọi CSFB thành công |
| Phương pháp đo | CSFB  |
| Công thức tính | MO CSFB Call Success / (MO CSFB Call Success + MO CSFB Call Failure)            |

➤ **Voice Call Setup Time (eUTRAN.CSFB <7s)**

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | Voice Call Setup Time (eUTRAN.CSFB <7s): Thời gian thiết lập cuộc gọi thành công |
| Phương pháp đo | CSFB   |
| Công thức tính | Total sample CSFB setup time < 7s / Total sample CSFB setup time                 |

➤ **PS Drop Rate - PS DR**

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | PS Drop Rate - PS DR: Tỷ lệ rớt phiên dữ liệu gói        |
| Phương pháp đo | Download   |
| Công thức tính | LTE RRC Connection Dropped / LTE RRC Connection Complete |

➤ **Drop Call Rate - DCR (CSFB)**

|                |   |
|----------------|---|
| Tên KPI        | Drop Call Rate - DCR (CSFB): Tỷ lệ rớt cuộc gọi |
| Phương pháp đo | CSFB  |
| Công thức tính | MO CSFB Call Dropped / MO CSFB Call Success     |

➤ **Application Layer Throughput Downlink**

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | Application Layer Throughput Downlink (kbps) |
| Phương pháp đo | Download                                     |
| Công thức tính | Average Application Layer Throughput         |

➤ **Application Layer Throughput Uplink**

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | Application Layer Throughput Uplink (kbps) |
| Phương pháp đo | Upload                                     |
| Công thức tính | Average Application Layer Throughput       |

➤ **Reference Signal Received Power – RSRP**

|                |   |
|----------------|---|
| Tên KPI        | Reference Signal Received Power – RSRP: Công suất tín hiệu thu được |
| Phương pháp đo | 4G Scanner  |
| Công thức tính | Sample RSRP $\geq$ -95 dbm / Total sample RSRP                      |

➤ **Reference Signal Received Quality – RSRQ**

|                |  |
|----------------|--|
| Tên KPI        | Reference Signal Received Quality – RSRQ: Chất lượng tín hiệu thu được |
| Phương pháp đo | 4G scanner   |
| Công thức tính | Sample RSRQ $\geq$ -14 dB / Total sample RSRQ                          |

## 2.3 Các giải pháp cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A [3]

### 2.3.1 Xử lý lỗi gọi đến thuê bao trên 4G có thông báo tắt máy

Xử lý lỗi gọi đến thuê bao trên 4G có thông báo tắt máy được thực hiện theo các bước sau:

- Kiểm tra CSFB theo PS HO hay Redirection
- Kiểm tra khai báo tần số cho CSFB trên eNodeB
- Kiểm tra khai báo TAC-LAC trên Core
- Kiểm tra khai báo Pool MSC trên RNC
- Kiểm tra Boder vùng phủ 4G/3G

### 2.3.2 Xử lý *ERAB\_SR* thấp

- Các phương án phân tích xử lý mức 1

- Kiểm tra vấn đề overshoot vùng phủ, can nhiễu ngoài
- Kiểm tra các vấn đề lỗi phản cứng gây nghẽn
- Kiểm tra các vấn đề chéo cell
- Kiểm tra các vấn đề chất lượng và băng thông TD (Frane lost)
- Kiểm tra vấn đề liên quan đến sự kiện tập trung nhiều thuê bao...
- Các phương án phân tích xử lý mức 2
- Xem xét các vấn đề liên quan đến nghẽn tài nguyên vô tuyến
- Xem xét các vấn đề liên quan đến tải hệ thống, license
- Xem xét các vấn đề liên quan đến nghẽn báo hiệu, User
- Xem xét các vấn đề liên quan đến tham số tải của cell/site

### **2.3.3 Xử lý *ERAB\_DR* cao**

- Các phương án phân tích xử lý mức 1
- Xem xét các vấn đề về chất lượng truyền dẫn (Drop BSS, Frame lost)
- Xem xét các vấn đề liên quan đến chéo cell, thiếu neighbour, Overhoot vùng phủ
- Xem xét các vấn đề về lỗi phản cứng (card TRX, Baseband...)
- Xem xét vấn đề về suy hao tín hiệu các thiết bị thụ động (VSWR, PIM...)
- Các phương án phân tích xử lý mức 2
- Xem xét quy hoạch mạng về mẫu tần số, băng tần, PSC, PCI...
- Xem xét bộ tham số TUH mức 2 về ngưỡng truy cập, ưu tiên giữa các lớp mạng... (Rxlev accessmin...)
- Xem xét khai báo neighbour, BA List, external cell...

### **2.3.4 Xử lý các trường hợp liên quan đến vùng phủ: Mức thu tiền hiệu (*RSRP*) thấp; Chất lượng tín hiệu (*RSRQ*) thấp**

- Kiểm tra độ cao anten, azimuth, tilt của các hướng
- Điều chỉnh: nâng anten, chỉnh hướng, góc ngả anten tăng vùng phủ
- Lắp đặt thêm trạm mới để tăng vùng phủ sóng

## **2.4 Kết luận chương 2**

Trong chương 2 đã trình bày các vấn đề về tối ưu chung của hệ thống thông tin di động và trình bày về các trường hợp cải thiện tham số điển hình trong mạng 4G LTE-A nhằm nâng cao chất lượng mạng.

## CHƯƠNG 3 – CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG CÁC THAM SỐ KPI MẠNG 4G LTE-A CỦA MOBIFONE TẠI QUẬN BA ĐÌNH, HOÀN KIẾM – TP HÀ NỘI

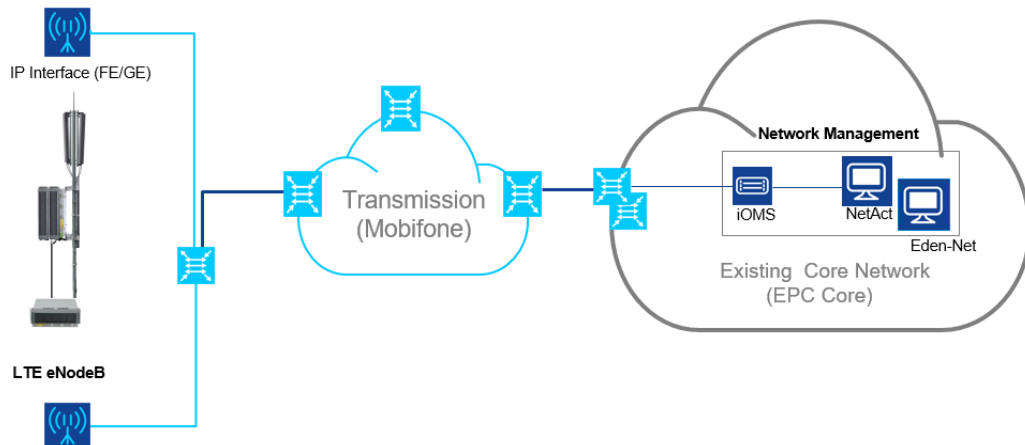
Trong chương này, sẽ vận dụng các kiến thức lý thuyết tại chương 1 và 2 để thực hiện việc cải thiện chất lượng vùng phủ sóng, tốc độ download, upload tại một khu vực thuộc quận Ba Đình, Hoàn Kiếm, Thành phố Hà Nội.

### 3.1 Giới thiệu khái quát mạng 4G LTE-A của MobiFone tại Hà Nội

#### 3.1.1 Cấu hình kết nối cơ bản eNodeB đến EPC Core

Mạng 4G LTE – A của MobiFone tại Hà Nội bắt đầu được triển khai từ năm 2017. Hiện tại mạng 4G LTE – A của MobiFone đang sử dụng băng tần 1800MHz đối tác Nokia là hãng cung cấp thiết bị cho các trạm eNodeB.

Hình 3.1 dưới đây là sơ đồ kết nối từ eNodeB đến EPC Core của mạng MobiFone tại Hà Nội. Mạng sử dụng truyền dẫn quang giao diện FE hoặc GE kết nối eNodeB với EPC Core. Trong phần EPC Core có hệ thống giám sát NetAct để giám sát hoạt động của mạng.



Hình 3.1: Sơ đồ kết nối từ eNodeB đến EPC Core

### 3.1.2 Số lượng eNodeB đã triển khai trên địa bàn Hà Nội đến T10/2019

Hiện MobiFone đã phủ sóng 4G LTE-A toàn bộ các quận huyện của Hà Nội, chất lượng dịch vụ tốt. Mạng 4G LTE-A của MobiFone có tốc độ tải xuống trung bình đạt 39,04 Mbit/s và tốc độ tải lên trung bình là 29,59 Mbit/s.

**Bảng 3.1: Số lượng trạm eNode tại Hà Nội của MobiFone đến Tháng 10/2019**

| STT         | Quận/Huyện   | Số lượng eNodeB đến T10/2019 |
|-------------|--------------|------------------------------|
| 1           | Ba Đình      | 105                          |
| 2           | Ba Vì        | 11                           |
| 3           | Bắc Từ Liêm  | 53                           |
| 4           | Cầu Giấy     | 115                          |
| 5           | Chương Mỹ    | 33                           |
| 6           | Đan Phượng   | 12                           |
| 7           | Đông Anh     | 44                           |
| 8           | Đống Đa      | 150                          |
| 9           | Gia Lâm      | 43                           |
| 10          | Hà Đông      | 76                           |
| 11          | Hai Bà Trưng | 119                          |
| 12          | Hoàn Đức     | 41                           |
| 13          | Hoàn Kiếm    | 85                           |
| 14          | Hoàng Mai    | 111                          |
| 15          | Long Biên    | 93                           |
| 16          | Mê Linh      | 13                           |
| 17          | Mỹ Đức       | 11                           |
| 18          | Nam Từ Liêm  | 68                           |
| 19          | Phú Xuyên    | 7                            |
| 20          | Phúc Thọ     | 12                           |
| 21          | Quốc Oai     | 18                           |
| 22          | Sóc Sơn      | 46                           |
| 23          | Sơn Tây      | 24                           |
| 24          | Tây Hồ       | 62                           |
| 25          | Thạch Thất   | 17                           |
| 26          | Thanh Oai    | 12                           |
| 27          | Thanh Trì    | 47                           |
| 28          | Thanh Xuân   | 71                           |
| 29          | Thường Tín   | 23                           |
| 30          | Ứng Hòa      | 4                            |
| <b>Tổng</b> |              | <b>1526</b>                  |

(Nguồn: Chương trình SmartF- MobiFone 10/2019) [2]

### 3.2 Thu thập dữ liệu mạng (Driving test)

Để cải thiện chất lượng KPI mạng 4G LTE-A trước tiên chúng ta cần thu thập dữ liệu các khu vực chất lượng kém: vùng phủ kém, Throughput Downlink, Throughput Uplink thấp. Sử dụng các máy TEMS kết nối với PC qua phần mềm Tems Investigation. Sau đó dùng phần mềm Tems Discovery để phân tích số liệu.

Dưới đây ta sẽ thực hiện điều chỉnh một số tham số về azimuth, tilt để cải thiện tham số RSRP, RSRQ, Throughput Downlink, Throughput Uplink tăng chất lượng mạng tại khu vực Ba Đình và Hoàn Kiếm là 02 quận trọng điểm của MobiFone tại Hà Nội:

#### a. Khu vực thuộc quận Ba Đình

Tại khu vực Hoàng Hoa Thám, Vĩnh Phúc thuộc quận Ba Đình đã thực hiện cải thiện chất lượng mạng:

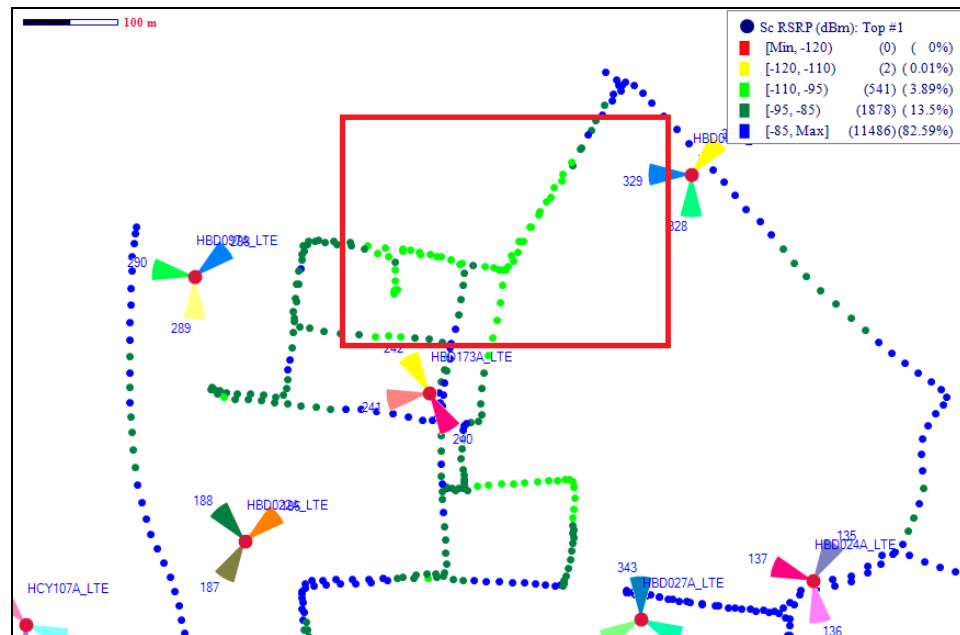
Các thông số độ cao anten, azimuth, tilt trước khi tối ưu:

**Bảng 3.2: Thông số độ cao anten, azimuth, tilt trạm trước tối ưu khu vực Ba Đình**

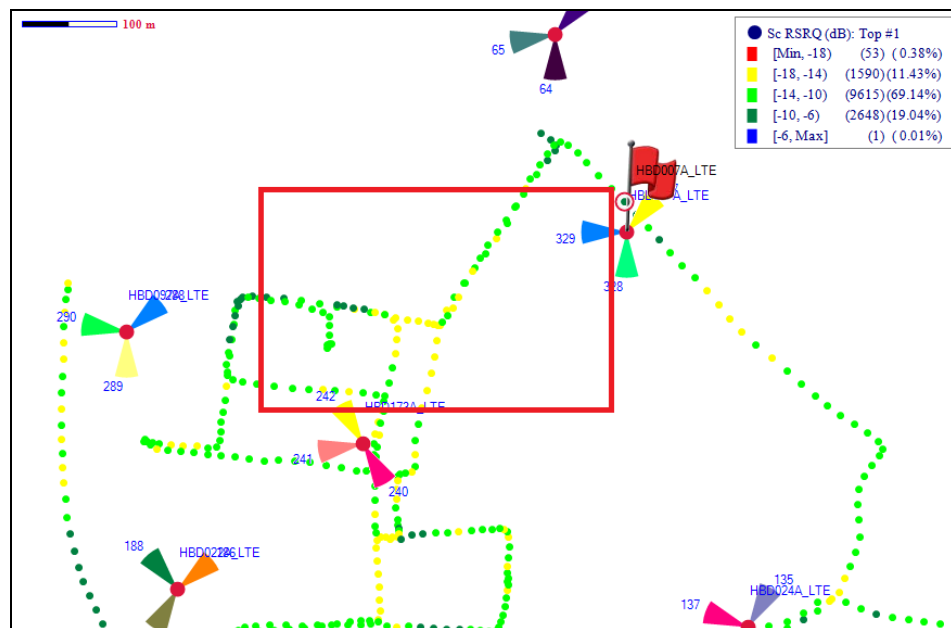
| STT | Cell        | Độ cao anten | Azimuth | Tilt cơ | Tilt điện |
|-----|-------------|--------------|---------|---------|-----------|
| 1   | HBD007C_LTE | 24           | 290     | 4       | 10        |
| 2   | HBD173A_LTE | 31           | 140     | 0       | 12        |
| 3   | HBD173B_LTE | 31           | 250     | 0       | 12        |
| 4   | HBD173C_LTE | 31           | 330     | 0       | 12        |

Sử dụng máy Tems kết hợp với phần mềm Tems Investigation trên PC đi thu thập dữ liệu trực tiếp tại khu vực Hoàng Hoa Thám ta sẽ thu được bản đồ công suất thu của tín hiệu (RSRP) như hình 3.2; Chất lượng tín hiệu thu được (RSRQ) như hình 3.3; Thông lượng đường lên như hình 3.4, Thông lượng đường xuống như hình 3.5:



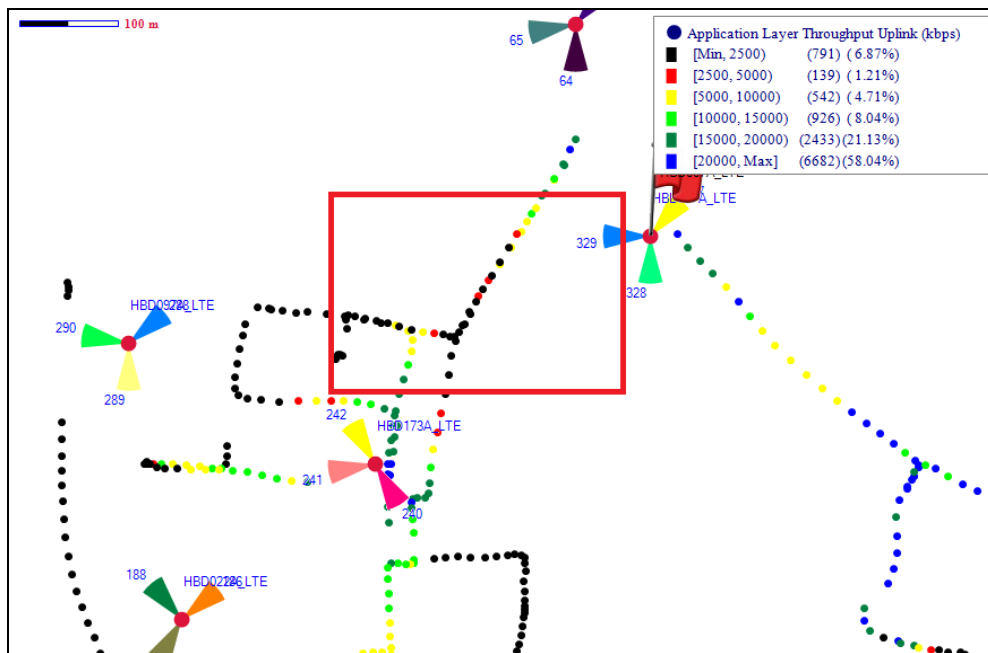


**Hình 3.2: Bản đồ RSRP trước tối ưu khu vực Ba Đình**

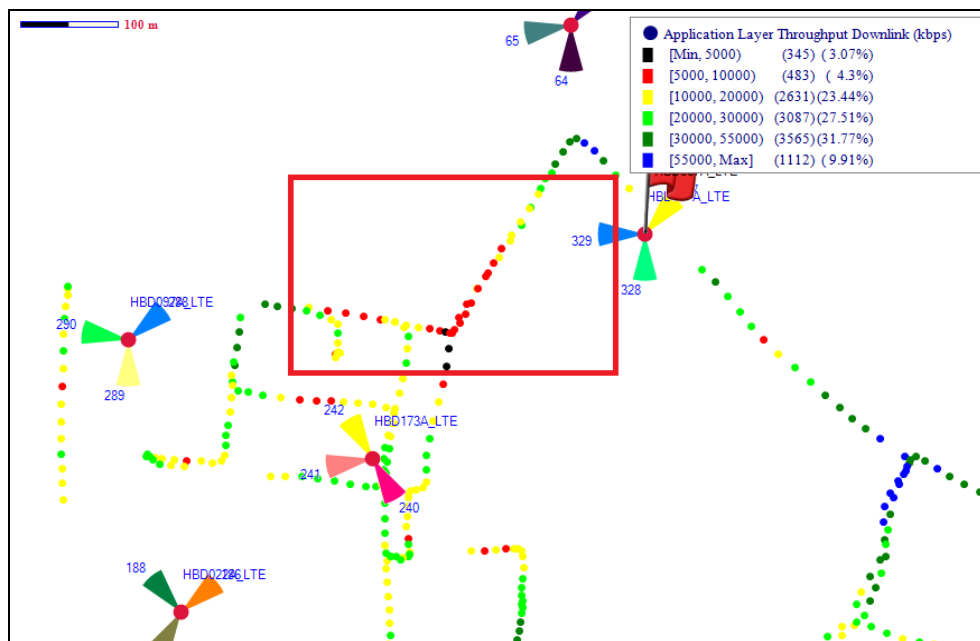


**Hình 3.3: Bản đồ RSRQ trước tối ưu khu vực Ba Đình**

Trong hình 3.2, 3.3 ta thấy vùng được đánh dấu chất lượng tín hiệu rất kém. Công suất thu chỉ từ -110 dBm đến -95dBm; Chất lượng tín hiệu -18dB đến -14 dB không đảm bảo chất lượng dịch vụ.



Hình 3.4: Thông lượng đường lên trước tối ưu khu vực Ba Đình



Hình 3.5: Thông lượng đường xuống trước tối ưu khu vực Ba Đình

Trong hình 3.4, 3.5, thông lượng đường lên và đường xuống đều rất kém. Như vậy khu vực này đang tồn tại vấn đề cần được cải thiện để nâng cao chất lượng dịch vụ.

### b. Khu vực thuộc quận Hoàn Kiếm

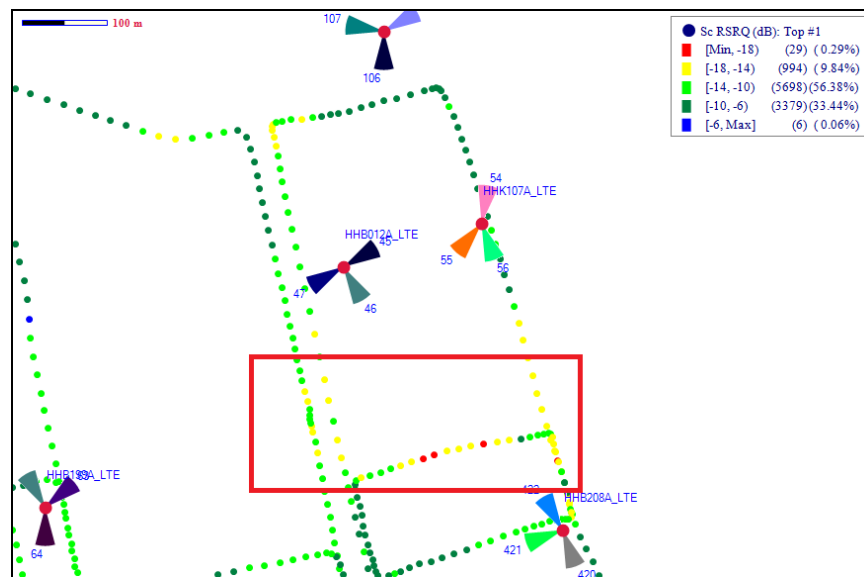
Tại khu vực Vạn Kiếp thuộc quận Hoàn Kiếm đã thực hiện việc cải thiện chất lượng mạng: khu vực có chất lượng tín hiệu thu được thấp (RSRQ thấp).

Các thông số độ cao anten, azimuth, tilt trước khi tối ưu:

**Bảng 3.3: Thông số độ cao anten, azimuth, tilt trạm trước tối ưu khu vực Hoàn Kiếm**

| STT | Cell        | Độ cao anten | Azimuth | Tilt cơ | Tilt điện |
|-----|-------------|--------------|---------|---------|-----------|
| 1   | HHK107B_LTE | 27           | 160     | 3       | 2         |
| 2   | HHK107C_LTE | 27           | 220     | 6       | 2         |

Sau khi thu thập dữ liệu, ta có bản đồ chất lượng tín hiệu RSRQ như hình 3.6:



**Hình 3.6: Chất lượng tín hiệu RSRQ trước tối ưu khu vực Hoàn Kiếm**

Khu vực đánh dấu đỏ chất lượng tín hiệu rất kém: chỉ từ -18dB đến -14dB cần điều chỉnh để nâng cao chất lượng dịch vụ.

## 3.3 Phân tích đưa ra các thay đổi (Change Request)

### a. Khu vực thuộc quận Ba Đình

Dựa vào bản đồ vùng phủ sóng đã thu thập ở trên. Ta thấy rằng khu vực đánh dấu có chất lượng không tốt do hướng C của trạm HBD007 đang phủ lệch về hướng Bắc. Vì vậy cần điều chỉnh hướng lệch xuống hướng Nam. Một số khu vực lân cận vùng phủ hẹp do trạm HBD173 anten đang để cup cần mở rộng vùng phủ bằng cách ngả anten lên. Từ đó ta sẽ có quyết định điều chỉnh như bảng 3.4 dưới đây:

**Bảng 3.4: Bảng điều chỉnh các thông số tối ưu khu vực Ba Đình**

| STT | Cell        | Độ<br>cao<br>anten | Azimuth | Azimuth<br>điều<br>chỉnh | Tilt<br>cơ | Tilt<br>cơ<br>điều<br>chỉnh | Tilt<br>điện | Tilt<br>điện<br>điều<br>chỉnh |
|-----|-------------|--------------------|---------|--------------------------|------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1   | HBD007C_LTE | 24                 | 290     | 270                      | 4          | 6                           | 10           |                               |
| 2   | HBD173A_LTE | 31                 | 140     |                          | 0          | 2                           | 12           |                               |
| 3   | HBD173B_LTE | 31                 | 250     |                          | 0          | 2                           | 12           |                               |
| 4   | HBD173C_LTE | 31                 | 330     |                          | 0          | 2                           | 12           |                               |

#### **b. Khu vực thuộc quận Hoàn Kiếm**

Dựa vào bản đồ chất lượng tín hiệu, ta thấy khu vực được đo kiểm khá xa khu vực trạm cell HHK107B & HHK107C. Vì vậy phương án tốt nhất là nâng góc ngả anten theo bảng 3.5 dưới đây:

**Bảng 3.5: Bảng điều chỉnh các thông số tối ưu khu vực Hoàn Kiếm**

| STT | Cell        | Độ<br>cao<br>anten | Azimuth | Azimuth<br>điều<br>chỉnh | Tilt<br>cơ | Tilt<br>cơ<br>điều<br>chỉnh | Tilt<br>điện | Tilt<br>điện<br>điều<br>chỉnh |
|-----|-------------|--------------------|---------|--------------------------|------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1   | HHK107B_LTE | 27                 | 160     |                          | 3          |                             | 2            | 6                             |
| 2   | HHK107C_LTE | 27                 | 220     |                          | 6          |                             | 2            | 6                             |

### **3.4 Thực hiện thay đổi và đánh giá kết quả đạt được**

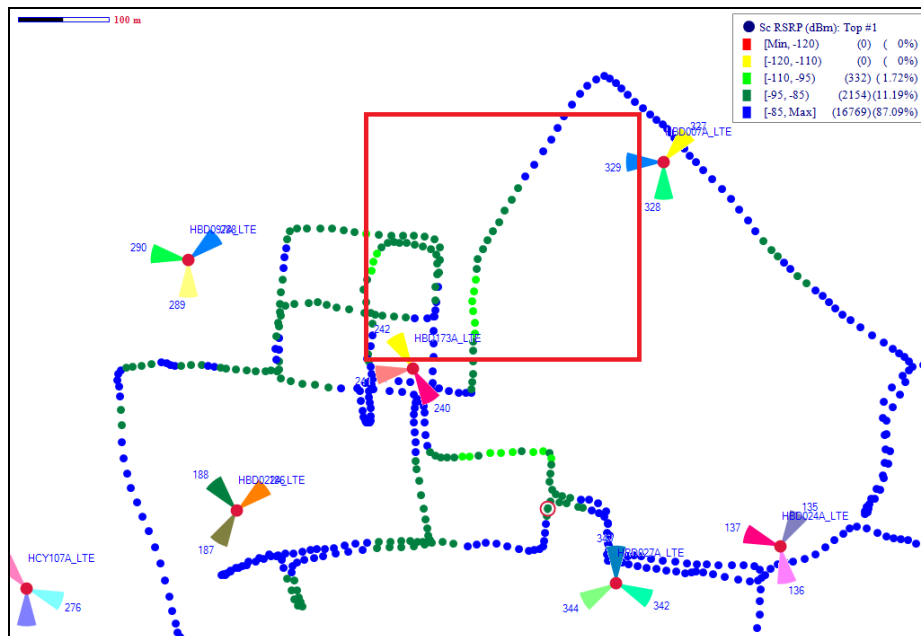
#### **a. Khu vực thuộc quận Ba Đình**

Sau khi phân tích ta sẽ tiến hành các điều chỉnh, sau đó đi thu thập lại dữ liệu để kiểm tra đánh giá. Sau khi điều chỉnh, chất lượng tín hiệu, thông lượng đường lên, thông lượng đường xuống được cải thiện rõ rệt. Bảng 3.6 thống kê các chỉ tiêu đã được cải thiện. Chi tiết tại các hình 3.7; 3.8; 3.9; 3.10

**Bảng 3.6: Kết quả chất lượng các thông số sau tối ưu tại khu vực Ba Đình**

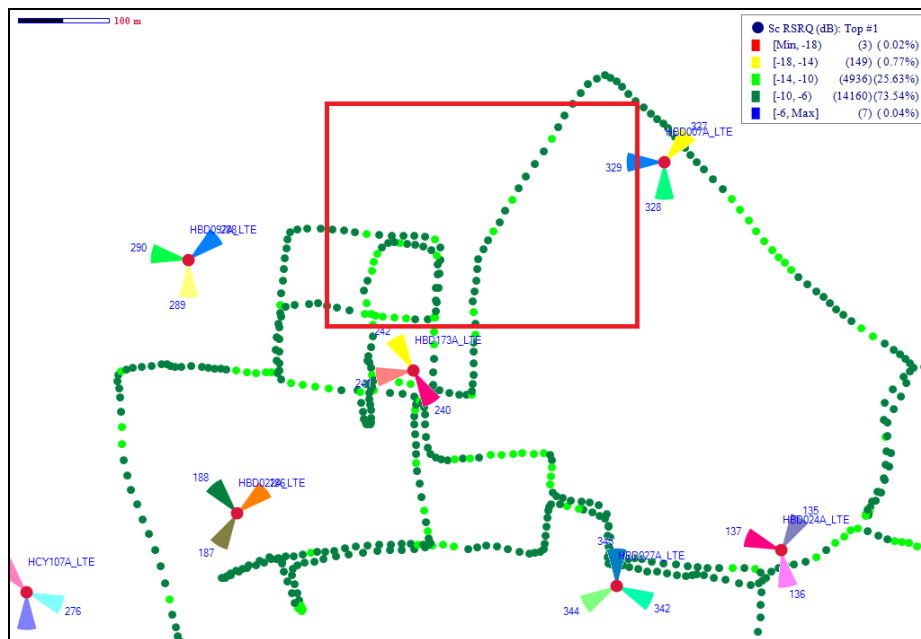
| STT | Tên KPI  | Trước tối ưu       | Sau tối ưu        |
|-----|--|--------------------|-------------------|
| 1   | RSRP   | -110dBm đến -95dBm | -95dBm đến -85dbm |
| 2   | RSRQ   | - 18dB đến -14dB   | -10dB đến -6dB    |
| 3   | Thông lượng đường lên<br>(Throughput Uplink)     | 2500kbps           | 5000kbps          |
| 4   | Thông lượng đường xuống<br>(Throughput Downlink) | 5000kbps           | 10000kbps         |

RSRP: Đã được cải thiện tăng lên -95dBm đến - 85dBm



**Hình 3.7: RSRP sau tối ưu khu vực Ba Đình**

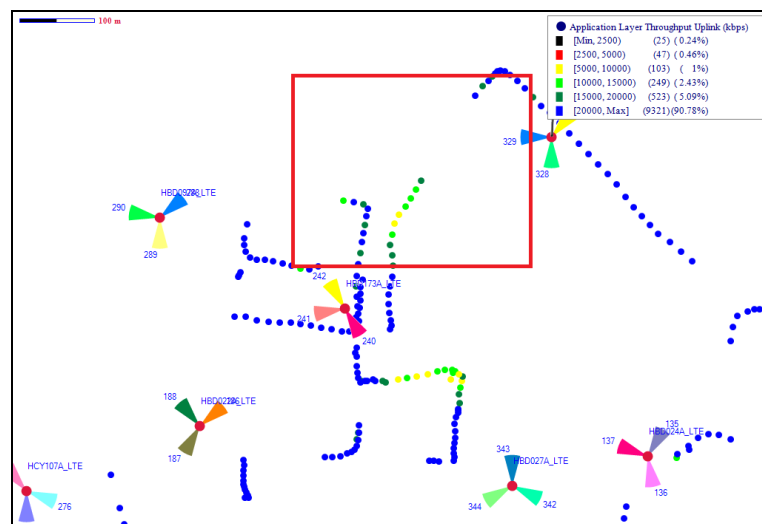
RSRQ: đã được cải thiện tăng lên -10dB đến -6 dB



**Hình 3.8: RSRQ sau tối ưu khu vực Ba Đình**

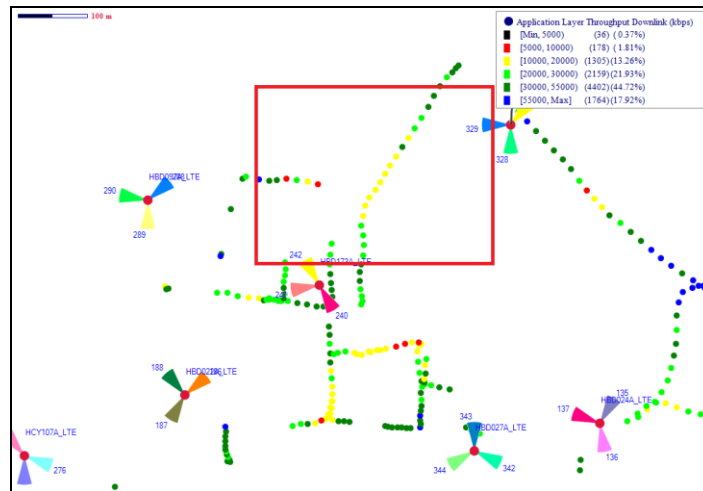
Như vậy với việc điều chỉnh góc hướng của Anten chỉ tiêu chất lượng RSRP và RSRQ đã được cải thiện rõ rệt. Các chỉ tiêu này tăng sẽ giúp chỉ tiêu Throughput Uplink và Throughput Downlink tăng lên như hình 3.9 và 3.10, giúp cải thiện khả năng trải nghiệm dịch vụ của khách hàng.

Thông lượng đường lên được cải thiện từ 2500kbps lên 5000kbps



**Hình 3.9: Thông lượng đường lên sau tối ưu khu vực Ba Đình**

Thông lượng đường xuống được cải thiện từ 5000kbps lên 10000kbps



**Hình 3.10: Thông lượng đường xuống sau tối ưu khu vực Ba Đình**

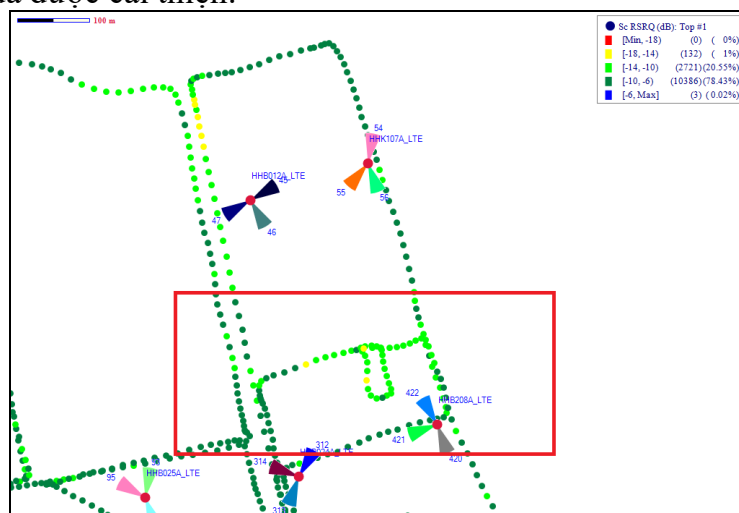
#### **b. Khu vực thuộc quận Hoàn Kiếm**

Sau khi phân tích, ta thực hiện điều chỉnh và đo kiểm lại. Kết quả đạt được như bảng 3.7:

**Bảng 3.7: Kết quả chất lượng các thông số sau tối ưu tại khu vực Hoàn Kiếm**

| STT | Tên KPI | Trước tối ưu    | Sau tối ưu     |
|-----|---------|-----------------|----------------|
| 1   | RSRQ    | -18dB đến -14dB | -14dB đến 10dB |

RSRQ đã được cải thiện:



**Hình 3.11: RSRQ sau tối ưu khu vực Hoàn Kiếm**

Như vậy, từ quá trình thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu và điều chỉnh. Các tham số mạng 4G đã được cải thiện.

Ta thấy được từ việc cải thiện chất lượng mạng ở trên, công tác thu thập dữ liệu cực kỳ quan trọng. Nó giúp cho chúng ta có đầy đủ thông tin về góc hướng, về vùng phủ của các cell, từ đó giúp việc phân tích dễ dàng, đưa ra các quyết định chính xác để điều chỉnh.

Hiện tại, tốc độ xây dựng đô thị ở Hà Nội diễn ra rất nhanh, các tòa nhà xây dựng nhiều, vì vậy cần thường xuyên phải thực hiện việc đo kiểm định kỳ để phát hiện ngay các khu vực có vùng phủ kém, có các chỉ tiêu KPI thấp để thực hiện điều chỉnh đảm bảo phục vụ khách hàng.

### **3.5 Kết luận chương 3**

Trong chương 3 đã tìm hiểu tổng quan về mạng thông tin di động 4G của MobiFone tại Hà Nội. Sau đó luận văn đã vận dụng các lý thuyết của chương 1, chương 2 để tối ưu tham số RSRP, RSRQ, Throughput Downlink, Throughput Uplink của một số vị trí thuộc quận Hoàn Kiếm, Ba Đình của thành phố Hà Nội.



## KẾT LUẬN

Công tác cải thiện chất lượng mạng thông tin di động luôn luôn được thực hiện hàng ngày, hàng giờ tại các nhà mạng viễn thông nói chung và mạng MobiFone nói riêng nhằm đảm bảo chất lượng mạng tốt nhất phục vụ khách hàng.

Để thực hiện công việc hiệu quả cần nắm vững lý thuyết hệ thống thông tin di động, các cấu hình mạng, bản đồ vùng phủ sóng, đặc tính của từng thiết bị, quy hoạch từng vùng. Từ đó áp dụng các kiến thức về tối ưu hóa nhằm cải thiện chất lượng mạng.

Đề tài ***“Cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A của MobiFone tại khu vực quận Ba Đình, Hoàn Kiếm – TP. Hà Nội”*** đã thực hiện tìm hiểu về mạng thông tin di động 4G LTE –A nói chung và tổng quan về mạng 4G LTE – A của MobiFone tại Hà Nội. Sau đó áp dụng các kiến thức về tối ưu để cải thiện chất lượng mạng của MobiFone tại một số khu vực thuộc quận Ba Đình, Hoàn Kiếm - TP. Hà Nội.

- Kết quả đạt được của luận văn

Luận văn đã trình bày công tác cải thiện chất lượng các tham số KPI mạng 4G LTE-A tại MobiFone. Các nhà mạng khác có thể tham khảo để nâng cao chất lượng mạng 4G LTE – A của mình.

- Khuyến nghị đề xuất

Hiện nay vùng phủ sóng 4G ngày càng mở rộng, các nhà mạng cần tập trung mở rộng vùng phủ sóng, cải thiện chất lượng cơ sở hạ tầng nhà trạm để nâng cao hơn nữa chất lượng mạng.

Mạng 4G LTE-A là mạng thông tin di động tốc độ cao, đòi hỏi một mạng truyền dẫn đủ nhanh để đáp ứng dịch vụ. Vì vậy các nhà mạng cần xây dựng một mạng truyền dẫn 100% sử dụng cáp quang để nâng cao chất lượng.

Việc triển khai 4G LTE-A tại các tòa nhà cao tầng cũng đang gặp khó khăn do hệ thống phủ sóng cũ trong tòa nhà chưa hỗ trợ anten MIMO. Do đó các nhà mạng cần đẩy nhanh việc triển khai 4G trong các tòa nhà cao tầng.

- Hướng nghiên cứu tiếp theo

Từ nền tảng tối ưu hóa mạng 4G LTE-A, ta có thể tiếp tục nghiên cứu trong việc triển khai mạng 5G.

## **DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Darlington Maposa (2016), “Evolving 4G KPIs to improve end user QoE for 4G LTE-A broadband systems”, Midlands State University, Zimbabwe.
- [2] MobiFone (2019), “Website SmartF”, Website báo cáo số liệu chất lượng mạng lưới của MobiFone.
- [3] MobiFone (2018), “MLMB-Đào tạo về TUH mạng 4G”, Tài liệu kỹ thuật.
- [4] Tạ Trung Dũng (2016), “Xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE”, luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [5] Đào Anh Phương (2012), “Tối ưu hóa sau thiết kế, quy hoạch mạng LTE/4G”, luận văn thạc sĩ, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.