

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

-----



**PARNKHAM LUANGCHANDAVONG**

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

**CHUYÊN NGÀNH : KỸ THUẬT VIỄN THÔNG**

**MÃ SỐ: 8.52.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ**

**HÀ NỘI - 2022**

Luận văn được hoàn thành tại:

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

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Chiến Trinh

Phản biện 1: TS. Nguyễn Ngọc Minh

Phản biện 2: TS. Lê Hải Nam

Luận văn này được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: 9h15 ngày 02 tháng 07 năm 2022

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

# MỞ ĐẦU

## 1. Tính cấp thiết của đề tài

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

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

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

## 2. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

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

Các nghiên cứu trên đều nghiên cứu về đặc điểm hệ thống thông tin di động 4G/LTE, xu hướng nghiên cứu, phát triển và nghiên cứu công nghệ, kỹ thuật sử dụng trong 4G/LTE,

Mô hình mạng thông tin di động 4G , Các giao thức trên giao diện vô tuyến LTE, Kỹ thuật đa anten trong LTE, Quản lý di động trong LTE.

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

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

### **3. Mục đích nghiên cứu**

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

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

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

### **5. Phương pháp nghiên cứu**

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

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

## 1.1 Giới thiệu về công nghệ LTE

Hệ thống 3GPP LTE, là bước tiếp theo cần hướng tới của hệ thống mạng không dây 3G dựa trên công nghệ di động GSM/UMTS, và là một trong những công nghệ tiềm năng nhất cho truyền thông 4G. Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU) đã định nghĩa truyền thông di động thế hệ thứ 4 là IMT Advanced và chia thành hai hệ thống dùng cho di động tốc độ cao và di động tốc độ thấp. 3GPP LTE là hệ thống dùng cho di động tốc độ cao. Ngoài ra, đây còn là công nghệ hệ thống tích hợp đầu tiên trên thế giới ứng dụng cả chuẩn 3GPP LTE và các chuẩn dịch vụ ứng dụng khác, do đó người sử dụng có thể dễ dàng thực hiện cuộc gọi hoặc truyền dữ liệu giữa các mạng LTE và các mạng GSM/GPRS hoặc UMTS dựa trên WCDMA.

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

**Bảng 1.1 Các thông số lớp vật lý LTE**

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

**Bảng 1.2 Tốc độ đỉnh của LTE theo lớp**

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

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

### 1.2.1 Tổng quan

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

Các mục tiêu thiết kế chính của LTE bao gồm:

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

Di động lên đến 350km/giờ.

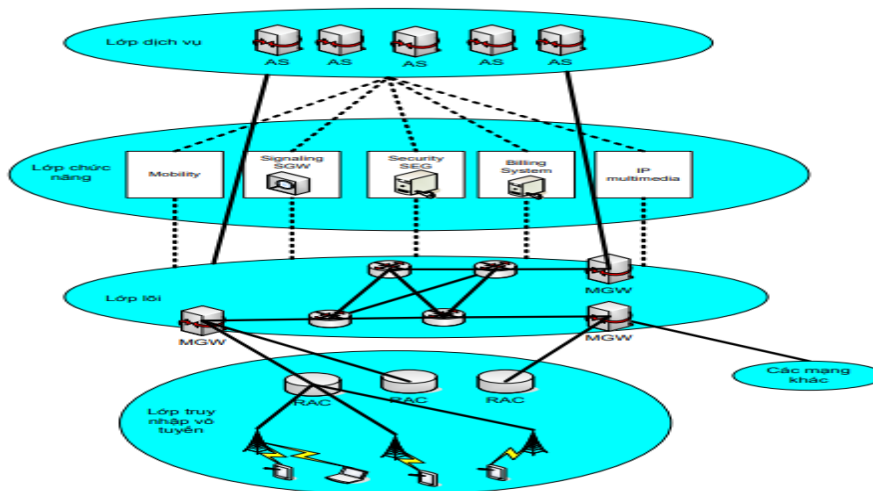
Sử dụng phổ linh hoạt, đồng tồn tại với các công nghệ trước và giảm độ phức tạp cũng như giá thành.

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

LTE sử dụng đa anten với các công nghệ MIMO khác nhau bao gồm SU-MIMO (Single-User MIMO: MIMO đơn người sử dụng), MU-MIMO (Multi-User MIMO: MIMO đa người sử dụng, tiền mã hóa cấp hàng 1 vòng kín và tạo búp dành riêng).

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

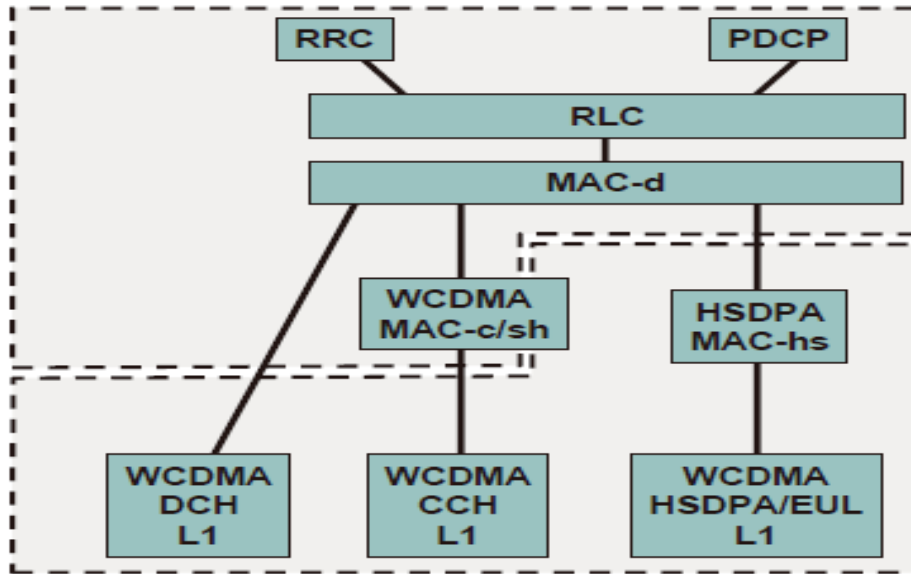
Phạm vi của mạng 4G sẽ bao phủ toàn bộ từ các phần truyền dẫn vô tuyến, truyền dẫn trong mạng lõi đến tận các ứng dụng trên thiết bị đầu cuối.



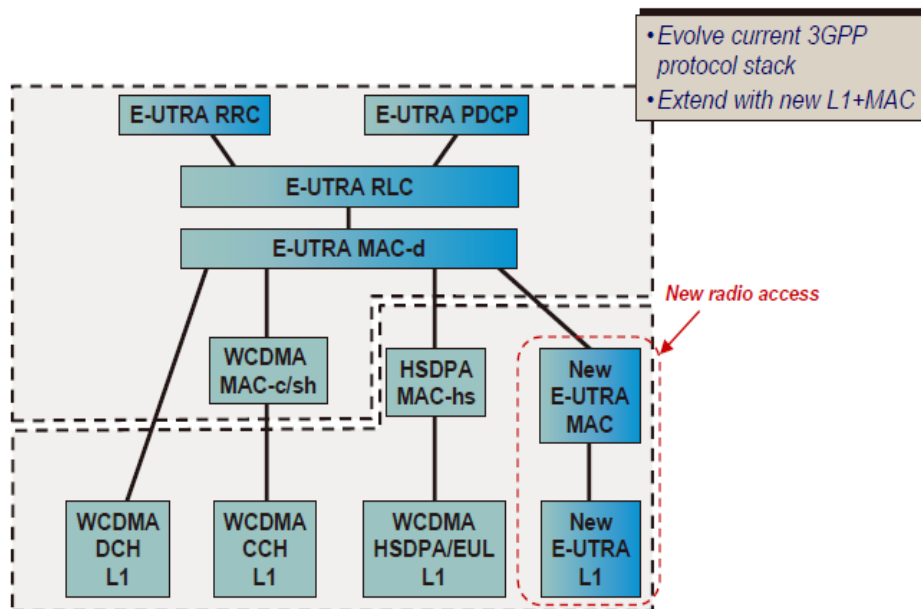
**Hình 1.1 Mô hình cấu trúc mạng 4G/LTE**

### 1.3 Giao thức của LTE (LTE Protocols)

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

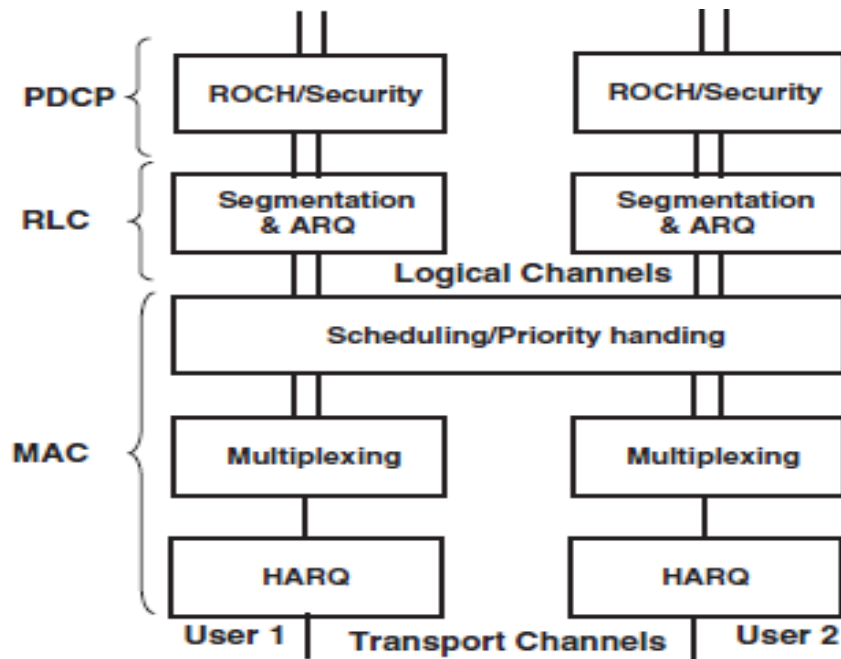


Hình 1.2 Giao thức của UTRAN



Hình 1.3 Giao thức của E-UTRAN

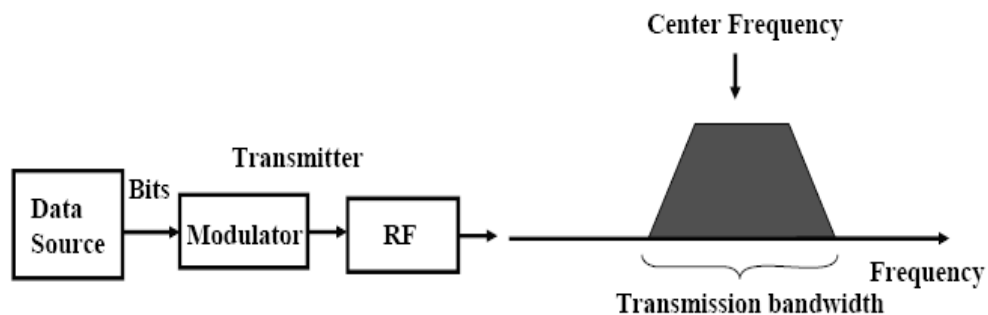
Giao thức của E-UTRAN phát triển thêm của UTRAN bằng cách thêm L1 và MAC mới.



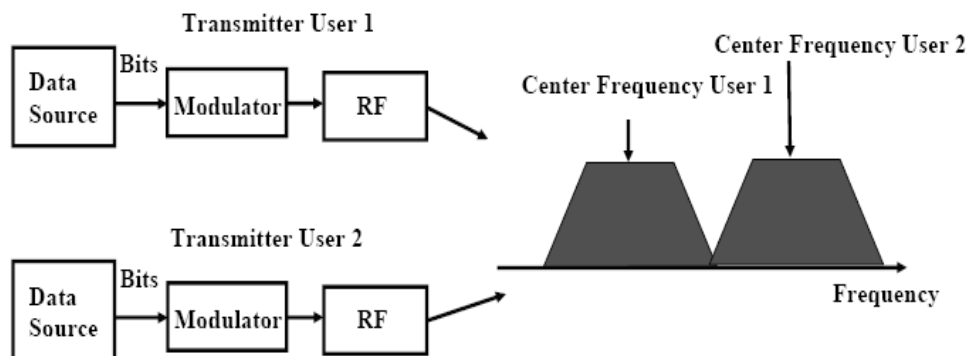
Hình 1.4 Phân phối chức năng của các lớp MAC, RLC, PDCP

## 1.4 Các kỹ thuật sử dụng trong LTE

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

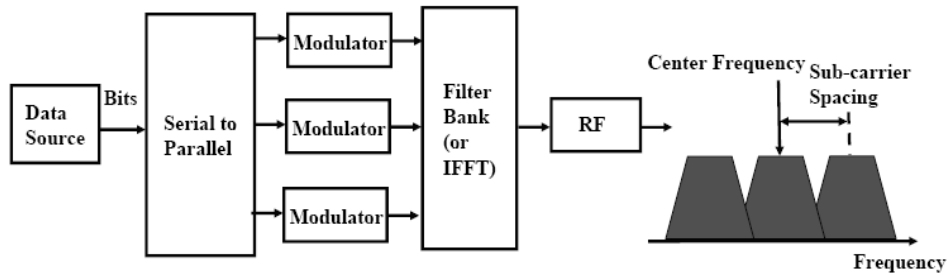


Hình 1.5 Truyền đơn sóng mang



Hình 1.6 Nguyên lý của FDMA



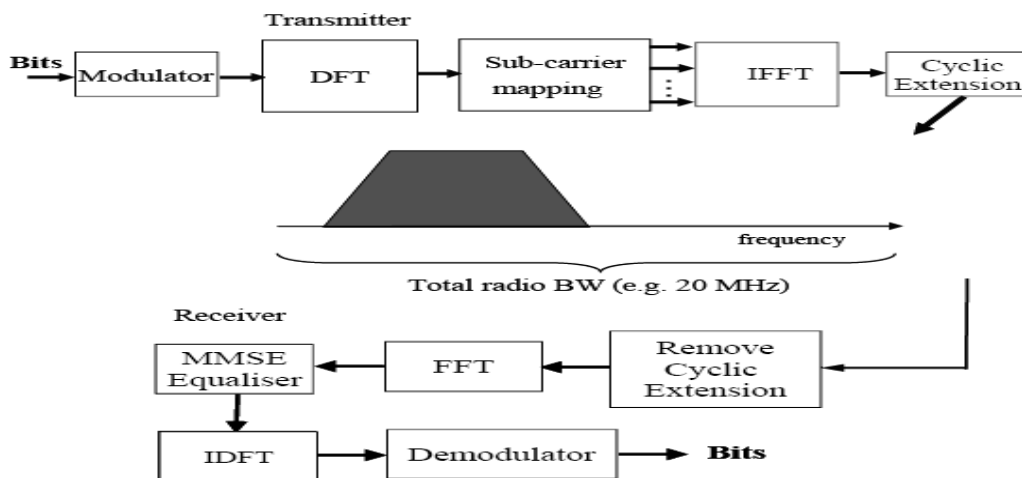


**Hình 1.7 Nguyên lý đa sóng mang**

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

#### 1.4.2 Kỹ thuật SC-FDMA

Giống như trong OFDMA, các máy phát trong hệ thống SC-FDMA cũng sử dụng các tần số trực giao khác nhau để phát đi các ký hiệu thông tin. [2]



**Hình 1.12 Thu phát SC-FDMA trong miền tần số**

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

#### 1.4.3 Kỹ thuật MIMO

MIMO là một phần tất yếu của LTE để đạt được các yêu cầu đầy tham vọng về thông lượng và hiệu quả sử dụng phổ. MIMO cho phép sử dụng nhiều anten ở máy phát và máy thu. Với hướng DL, MIMO 2x2 (2 anten ở thiết bị phát, 2 anten ở thiết bị thu) được xem là cấu hình cơ bản, và MIMO 4x4 cũng được đề cập và đưa vào bảng đặc tả kỹ thuật chi tiết.

Hiệu năng đạt được tùy thuộc vào việc sử dụng MIMO. Trong đó, kỹ thuật ghép kênh không gian (spatial multiplexing) và phát phân tập (transmit diversity) là các đặc tính nổi bật của MIMO trong công nghệ LTE.

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

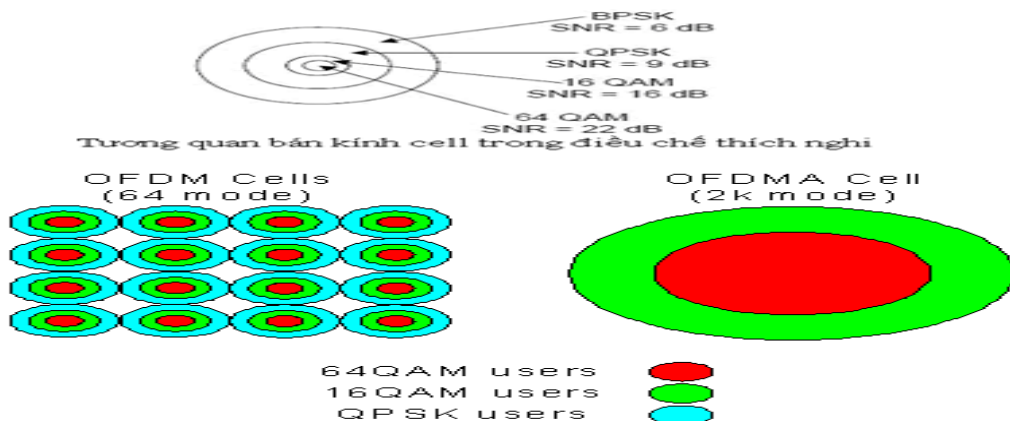
Đối với tuyến xuống, cấu hình hai anten ở trạm phát và hai anten thu ở thiết bị đầu cuối di động là cấu hình cơ bản, cấu hình sử dụng bốn anten đang được xem xét. Đây chính là cấu hình SU-MIMO, và sử dụng kỹ thuật ghép kênh không gian với lợi thế hơn các kỹ thuật khác là trong cùng điều kiện về băng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

#### 1.4.4 Mã hóa Turbo

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

#### 1.4.5 Thích ứng đường truyền

Thích ứng đường truyền giải quyết vấn đề liên quan đến cách thiết lập các thông số truyền dẫn của đường truyền vô tuyến để xử lý các thay đổi chất lượng đường truyền vô tuyến. Nó sử dụng điều chế thích nghi (Adaptive Modulation). Phương pháp này cho phép hệ thống điều chỉnh nguyên lý điều chế tín hiệu theo tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) của đường truyền vô tuyến. Khi đường truyền vô tuyến có chất lượng cao, nguyên lý điều chế cao nhất được sử dụng làm tăng thêm dung lượng hệ thống. [12]



**Hình 1.15 Điều chế thích nghi**

#### ***1.4.6 Lập biểu phụ thuộc kênh***

Lập biểu phụ thuộc kênh giải quyết vấn đề cách thức chia sẻ các tài nguyên vô tuyến giữa những người sử dụng (các đầu cuối di động) khác nhau trong hệ thống để đạt được hiệu suất sử dụng tài nguyên tốt nhất. Lập biểu phụ thuộc kênh cho phép giảm thiểu lượng tài nguyên cần thiết cho một người sử dụng, vì thế cho phép nhiều người sử dụng hơn trong khi vẫn đáp ứng được các yêu cầu chất lượng dịch vụ.

#### ***1.4.7 HARQ với kết hợp mềm***

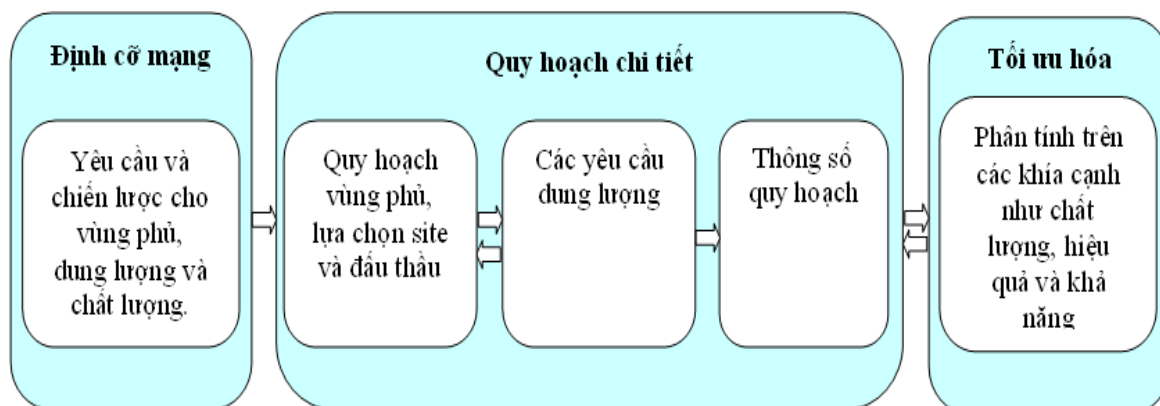
HARQ với kết nối mềm được sử dụng trong LTE, cho phép đầu cuối di động yêu cầu truyền lại nhanh chóng những khối vận chuyển bị lỗi, và cung cấp một công cụ cho thích ứng tốc độ ngừng định. Giao thức bên dưới là nhiều xử lý hybrid ARQ dừng và chờ (stop-and-wait) song song nhau. Trong ARQ, đầu thu sử dụng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

### **Kết luận chương 1**

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

## CHƯƠNG 2 QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

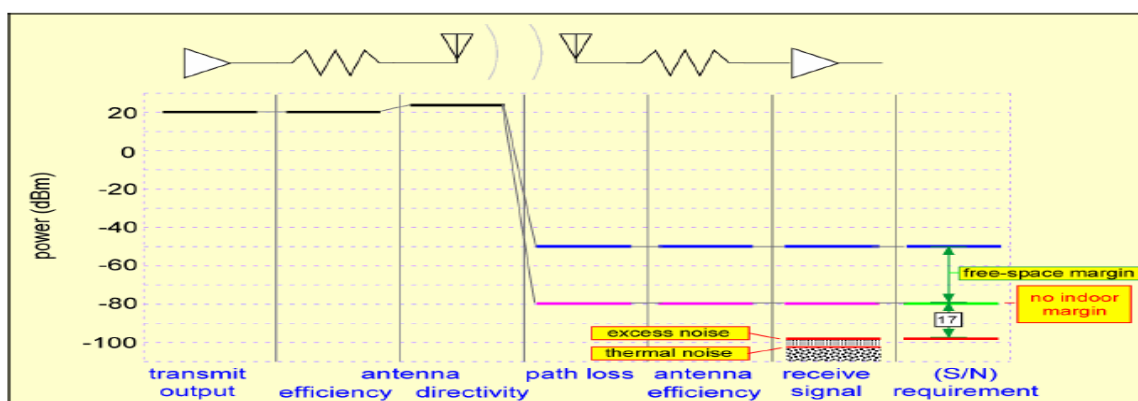
### 2.1. Giới thiệu về định cỡ mạng vô tuyến



**Hình 2.1 Tiến trình quy hoạch mạng vô tuyến**

Hình 2.1 cho thấy việc thực hiện quy hoạch mạng di động không dây và vị trí của định cỡ mạng trong toàn bộ tiến trình. Pha định cỡ mạng đưa ra một ước tính mà sau đó được sử dụng cho quy hoạch chi tiết mạng. Khi mạng hoàn thành kế hoạch mạng, các thông số được tối ưu hóa tối đa để hệ thống đạt hiệu quả. [5]

Định cỡ mạng dựa trên một tập hợp các thông số đầu vào và kết quả được cung cấp chỉ có liên quan đến việc thiết lập các thông số đầu vào. Những thông số này bao gồm khu vực được xem xét, dự kiến lưu lượng và yêu cầu chất lượng dịch vụ (QoS). Định cỡ mạng cung cấp đánh giá của các yêu cầu cho cơ sở mạng lưới.



**Hình 2.2 Dự trữ tuyến của mạng di động không dây**

Hình 2.2 cho thấy một ví dụ điển hình của một dự trữ liên kết vô tuyến. Ăng ten phát bức xạ điện từ theo hướng của ăng - ten thu. Lượng công suất đến được phía thu phụ thuộc vào độ định hướng của ăng ten phát và sự mất mát trong môi trường truyền sóng. Trong hình 2.2 cả hai đường suy hao (đường màu xanh) và suy hao trong nhà (đường màu hồng)

được chỉ ra. Tập âm từ các nguồn khác nhau cũng góp phần tín hiệu suy giảm. Sau khi cộng và trừ đi tất cả độ lợi và suy hao, công suất thu được thực tế được tính toán.. [5]

## **2.2. Tiến trình định cỡ mạng LTE**

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

### **2.2.1 Đầu vào định cỡ mạng LTE**

Đầu vào định cỡ LTE có thể được phân chia thành ba loại: chất lượng, vùng phủ và dung lượng liên quan đến đầu vào.

Chất lượng đầu vào liên quan bao gồm thông lượng cell trung bình và khả năng rút. những tham số được khách hàng yêu cầu để cung cấp một mức độ nhất định của dịch vụ cho người sử dụng của nó. Những đầu vào này chuyển đổi trực tiếp thành các thông số chất lượng dịch vụ (QoS).

Đầu vào định cỡ LTE cho quy hoạch vùng phủ tương tự như các đầu vào tương ứng cho mạng 3G UMTS. Quỹ đường truyền (RLB) là có tầm quan trọng trung tâm để kế hoạch vùng phủ trong LTE. RLB đầu vào bao gồm công suất phát, hệ thống ăng ten phát và ăng ten thu, số lượng các ăng-ten được sử dụng, độ lợi và suy hao hệ thống thông thường, tài cell và mô hình truyền sóng.

Các thông số quy hoạch dung lượng đầu vào cung cấp các yêu cầu được đáp ứng bằng bài định cỡ mạng LTE. Đầu vào quy hoạch dung lượng cung cấp số thuê bao trong hệ thống, nhu cầu dịch vụ và mức độ sử dụng của thuê bao. Phổ sẵn có và độ rộng băng thông sử dụng hệ thống LTE cũng rất quan trọng đối với quy hoạch dung lượng LTE.

### **2.2.2 Đầu ra định cỡ mạng LTE**

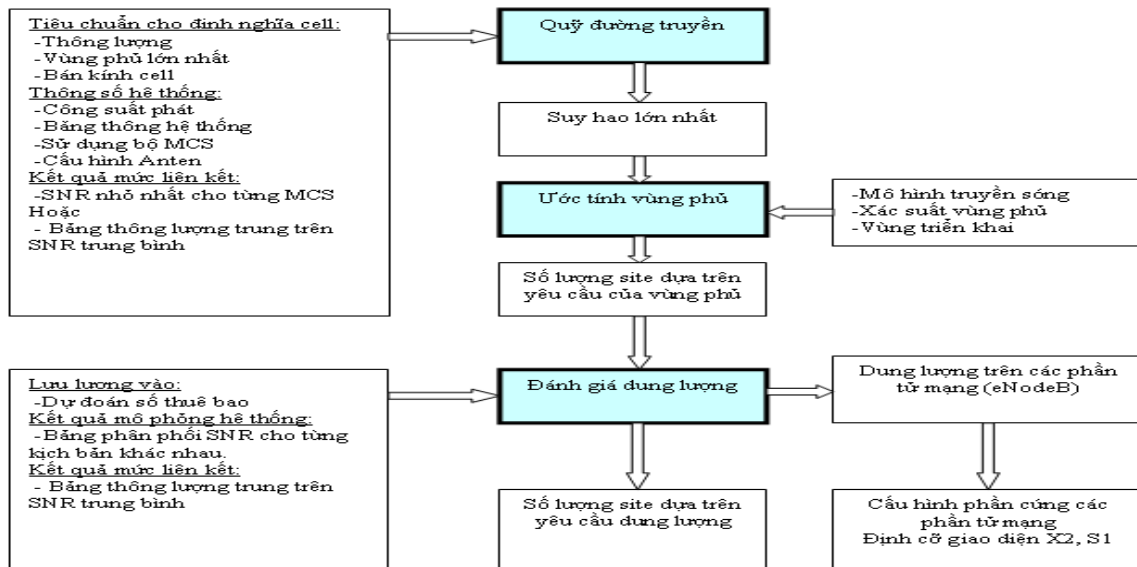
Mạng LTE được định cỡ có thể giúp nhóm mạng lõi LTE trong việc lên kế hoạch thiết kế mạng phù hợp và để xác định số lượng truyền dẫn liên kết cần thiết trong giai đoạn khởi đầu của mạng.

Kích thước cell là đầu ra chính của bài định cỡ mạng LTE. Hai giá trị của bán kính cell thu được, từ việc đánh giá vùng phủ và thứ hai từ việc đánh giá dung lượng. Giá trị nhỏ hơn

của hai số được thực hiện như là kết quả cuối cùng. Bán kính tế bào sau đó được sử dụng để xác định số lượng các site.

### 2.2.3 Tiến trình định cỡ mạng LTE

Quá trình định cỡ mạng LTE bắt đầu với việc tính toán quỹ đường truyền, được sử dụng để xác định suy hao đường truyền tối đa. Kết quả của bước này phụ thuộc vào các mô hình truyền sóng được sử dụng. Ước tính kích thước cell thu được trong bước này, dẫn đến kích thước tối đa cho phép của site của các tế bào. Thông số được sử dụng để tính toán số lượng cell trong khu vực quan tâm. Do đó, thu được một ước tính sơ bộ số eNB yêu cầu. [5]



Hình 2.3: Định cỡ mạng LTE

## 2.3 Quy hoạch vùng phủ

### 2.3.1 Quỹ đường truyền

#### 2.3.1.1 Tính toán quỹ đường lên cho LTE

#### 2.3.1.2 Tính toán quỹ đường xuống cho LTE

#### 2.3.1.3 Ví dụ về quỹ đường truyền

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

Bảng 2.1 Ví dụ về quỹ đường lên của LTE

Máy phát (đầu cuối di động)		
Công suất phát (dBm)	24,0	$P_{Txm}$
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	$G_m$
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	$L_{fm}$
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	0,0	$L_{body}$
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	24,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_m - L_{fm} - L_{body}$

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

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

**Bảng 2.2 Ví dụ của quỹ đường xuống LTE**

<b>Máy phát (trạm gốc)</b>		
Công suất phát (dBm)	46,0	$P_{Txb}$
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	$G_b$
Tổn hao phi đơ + bộ nối	2,0	$L_f$
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_b - L_f$
<b>Máy thu (đầu cuối di động)</b>		
Hệ số tạp âm máy thu (dB)	7,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-104,5	$N_i=30+10\lg k+10\lg 290K+10\lg(9\text{MHz})$
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-97,5	$N = N_i + NF$
Dự trữ nhiễu (dB)	3,0	$M_i$
Bổ sung nhiễu kênh điều khiển	1,0	$M_{cch}$
Tổng tạp âm + giao thoa (dBm)	-93,5	$(N + I) \text{ (dBm)} = N + M_i + M_{cch}$
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-10	$SNR_r$ , từ mô phỏng
Độ nhạy máy thu (dBm)	-103,5	$P_{\min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r$
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	$G_b$
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	$L_{fm}$
Suy hao cơ thể (dB)	0,0	$L_{body}$
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	165,5	$L_{\max}=EIRP_b - P_{\min} + G_m - L_f - L_{body}$

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

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

<b>Đường lên</b>	<b>GSM thoại</b>	<b>HSPA</b>	<b>LTE</b>
Tốc độ dữ liệu (kbps)	12. 2	64	64
<b>Máy phát (đầu cuối di động)</b>			
Công suất phát (dBm)	33,0	23,0	23,0
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	0,0	0,0

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

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

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

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

### 2.3.2 Các mô hình truyền sóng

#### 2.3.2.1 Mô hình Hata-Okumura

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

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

Trong đó:

$f_c$ : tần số hoạt động (MHz)



$L_p$ : tổn hao trung bình

$h_b$ : độ cao Anten trạm gốc (m);

$h_m$ : độ cao Anten trạm di động (m)

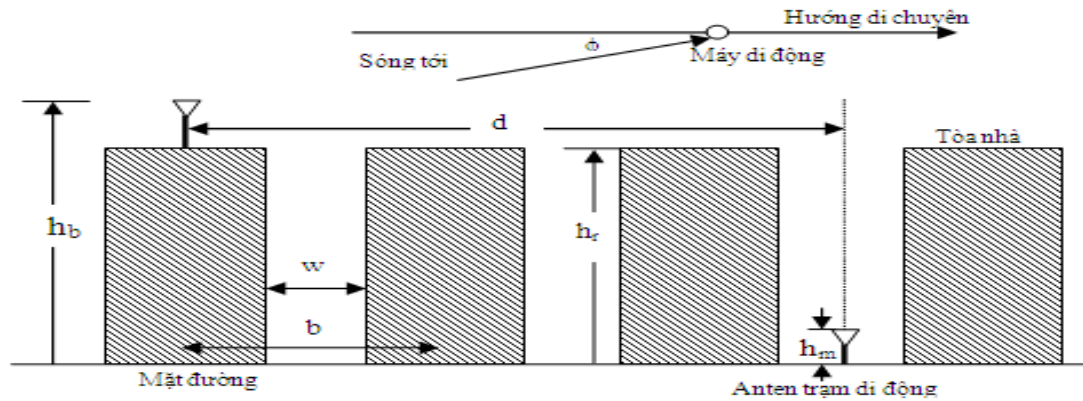
$r$ : bán kính cell (khoảng cách từ trạm gốc) (km)

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

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

### 2.3.2.2 Mô hình Walfish-Ikegami

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



**Hình 2.4 Các tham số của mô hình Walfish-Ikegami**

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

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

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

Trong đó:  $L_f$ : tổn hao không gian tự do

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

$L_{msd}$ : tổn hao các vật che chắn.

### 2.3.3 Tính bán kính cell

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

Suy ra công thức tính bán kính cell như sau:

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

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

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

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

#### **3.1.1 Hiện trạng mạng thông tin di động tại tỉnh Chăm Pa Sắc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào**

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

- Nhà mạng LTC (Lao Telecommunications company) với 49% vốn của công ty và 51% của nhà nước.
- Nhà mạng LTE (Telecommunications of Enterprise) với vốn 100% của nhà nước
- Nhà mạng UNITEL: Star Telecom (Viettel Global) với vốn của công ty 49%, của nhà nước 51%.

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

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

**Bảng 3.1: Thông kê dịch vụ mạng viễn thông tại tỉnh Chăm Pa sắc năm 2021**

Stt	Tên nhà mạng	Thuê bao	Trạm thu phát sóng BTS	Tiền thu bình nhập/năm (Kip)	Dịch vụ khác
1	LTC	12,504	31	30,082,850,023	3G
2	LTE	7,496	22	19,103,000,188	3G
3	UNITEL	17,709	39	47,088,757,165	3G, 4G

### ***3.1.2 Nhu cầu và hướng phát triển từ 2G/3G lên 4G tỉnh Chămpa Săc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào***

Việc phân tích nhu cầu và thị trường, dự báo đến năm 2025 doanh thu từ Viễn thông và công nghệ thông tin đạt trên 70 tỷ kíp. Khi mà việc phát triển của xã hội cũng như nhu cầu của khách hàng cần đến dịch vụ 4G với tốc độ cao đáp ứng.

### ***3.1.3 Thực tiễn triển khai 4G LTE trên mạng Lao Telecom tại tỉnh Chămpa Săc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào***

Việc triển khai LTE đã được thực hiện tại một số điểm hotspot tại trung tâm các tỉnh/thành phố lớn (bao gồm Thành phố Viêng Chăn, Chămpasac, Savannakhet, Luangprabang), các khu đô thị tập trung đông dân cư, có nhu cầu sử dụng dịch vụ dữ liệu tốc độ cao. Phần lưu lượng thoại sẽ vẫn chiếm tỷ trọng lớn trong những năm sắp tới và sẽ được phục vụ bởi các trạm 2G/3G cùng vị trí với các trạm LTE. Các trạm LTE sẽ không thay thế hoàn toàn mà chỉ bổ trợ cung cấp các dịch vụ 4G tốc độ cao đáp ứng nhu cầu của một nhóm khách hàng. Trong giai đoạn tiếp theo, căn cứ yêu cầu của thị trường cũng như sự phát triển của thiết bị đầu cuối, Lao Telecom sẽ mở rộng vùng phủ sóng 4G LTE ra các khu vực lân cận. Định hướng này giúp Lao Telecom không phải đầu tư dàn trải mà vẫn đáp ứng đầy đủ được nhu cầu của thị trường.

## **3.2. Thuận lợi và khó khăn triển khai 4G- LTE tại tỉnh Chămpa Săc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào**

### ***3.2.1. Thuận lợi***

- Góp phần tăng trưởng GDP cả nước
- Tạo thêm nhiều công ăn việc làm

### ***3.2.2. Khó khăn***

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

Việc phân bổ lại phổ tần số cũng tạo ra những thách thức

## **3.3 Quy hoạch mạng 4G LTE áp dụng tại tỉnh Chămpa Săc, nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào**

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

- Thống kê vào năm 2021: Tỉnh Chămpa Săc
- Dân số: 702.452 người
- Diện tích: 15.415 km<sup>2</sup>

- Số thuê bao: 85,709 thuê bao
- Số thuê bao phát sinh data (3G): 21,610 thuê bao
- Tổng số trạm BTS 92, phủ sóng 140/147 bản chiếm 140 bản (làng), chiếm 95%
- Tần số: 900 MHz và 1800MHz
- Băng thông: 20 MHz

Diện tích tỉnh Chăm Pa Sắc là 15.415 km<sup>2</sup> và với dân số là 139.600 người, mật độ dân số là 13 người/km<sup>2</sup> theo thống kê năm 2021.

Diện tích toàn tỉnh Chăm Pa Sắc có tất cả 15.415 km<sup>2</sup>, có thủ phủ là Pakse và 10 huyện (Bachiang, Champasak, Khong, Moonlapamok, Pakse, Paksong, Pathoomphone, Phonthong, Sanasomboon, Sukhuma) được chia thành 924 làng có 702.452 người, trong đó nữ 356.610; gồm 18 dân tộc mỗi dân tộc có đặt trưng riêng khác nhau về tiếng nói và phong tục tập quán.

Diện tích toàn tỉnh Chăm Pa Sắc có tất cả 15.415 km<sup>2</sup>, có thủ phủ là Pakse và 10 huyện (Bachiang, Champasak, Khong, Moonlapamok, Pakse, Paksong, Pathoomphone, Phonthong, Sanasomboon, Sukhuma) được chia thành 924 làng có 702.452 người, trong đó nữ 356.610; gồm 18 dân tộc mỗi dân tộc có đặt trưng riêng khác nhau về tiếng nói và phong tục tập quán.

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

**Bảng 3.2: Quy hoạch số lượng eNode B LTE trên mạng mạng Lao Telecom**

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

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

### 3.3.2 Quy hoạch vùng phủ

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

a) Quỹ đường truyền:

➤ Quỹ đường lên

Việc tính toán quỹ đường truyền để suy ra tổn hao cực đại làm cơ sở cho quy hoạch vùng phủ. Quỹ đường truyền lên được tính toán cho tốc độ 64 kbps, tương ứng với mỗi tốc độ là sẽ có một số khối tài nguyên (RB) được phát đi, và tương ứng với nó sẽ có băng thông nhất định. Chẳng hạn, đối với tốc độ 64 kbps ở đường lên sẽ có 2 RB được phát đi và tương

ứng với nó là băng thông 360 KHz. 1 Mbps ở đường xuống sẽ có 50 RB được phát đi và băng thông tương ứng của nó là 9 MHz.

b) Các mô hình truyền sóng:

c) Môi trường truyền sóng trong nhà:

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

d) Mô hình truyền sóng ngoài trời:

Tham số	Gía trị	Đơn vị
<b>HATA OKUMURA</b>		
Tần số	1950	MHz
Độ cao Antene	30	M
Độ cao MS	1,5	M
<b>WALFISCH EKEGAMI</b>		
Tần số	1950	MHz
Góc đến so với trục phố	90	Độ
Khoảng cách tòa nhà	30	M
Độ cao BS	30	M
Độ cao MS	1,5	M
Độ cao nóc nhà	30	M

e) Quy hoạch vùng phủ LTE

Đây là giao diện của quy hoạch vùng phủ của LTE. Ta chọn môi trường truyền sóng để nhập thông số, sau đó chọn quỹ đường truyền, nhập diện tích vùng cần phủ, mà cụ thể là TP.HN với diện tích 3.344,7 km<sup>2</sup>, hệ số K, hệ số này là hệ số của số sector đã được đề cập ở chương 3. Ở đây ta chọn  $K = 1.95$  tương ứng với 3 sector. Kết quả tính được số BS tổng là số BS lớn nhất trong hai trường hợp tính toán cho quỹ đường lên và cho quỹ đường xuống.

f) Quy hoạch dung lượng LTE

Quy hoạch dung lượng là điều kiện thứ hai để tính được số trạm cần thiết để lắp đặt cho một vùng cụ thể, ở đây là tỉnh Chấm Pa Sắc. Dựa trên dân số của các huyện của tỉnh Chấm Pa Sắc được liệt kê, cùng với việc chọn tốc độ mã hóa và điều chế (MCS), băng thông kênh truyền, kỹ thuật anten được sử dụng ta tính toán được số trạm cần thiết được lắp đặt. Tính toán được tốc độ đỉnh tối đa mà LTE có thể đạt được đối với mỗi băng thông kênh truyền cụ thể. Bảng thông kênh truyền được sử dụng trong phần mô phỏng này bao gồm các băng thông của LTE: 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz. Các phương thức điều chế bao gồm QPSK, 16QAM, 64QAM với các tốc độ mã hóa khác nhau. Các kỹ thuật anten được sử dụng là dòng đơn, 2x2 MIMO, 4x4 MIMO

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

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

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

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

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

### **3.5. Kết luận chương**

Trong chương 3 học viên đã nghiên cứu và tình hình triển khai 4G trên thế giới và tại

tỉnh Chăm Pa Sắc. Các thuận lợi cũng như các khó khăn, thách thức qua đó đề xuất một số các giải pháp triển khai 4G tại tỉnh Chăm Pa Sắc.

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

Thời gian tới, để sớm mang công nghệ mới ra thị trường, các nhà mạng cần hoàn thành kịch bản kinh doanh với các dịch vụ hữu ích gồm dữ liệu tốc độ cao và các dịch vụ: Truyền hình băng rộng trên nền tảng eMBMS, Video 4K, MobiTV, dịch vụ truyền hình Unicast ...

### **Kết luận chương 3**

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

## KẾT LUẬN

Tại Tỉnh Chăm Pa SẮc, Bộ Công nghệ và Truyền thông Lào đã cấp phép thử nghiệm LTE cho hai nhà mạng Unitell và Lao Telecom. Theo lộ trình đã vạch ra từ năm 2022 Tỉnh Chăm Pa SẮc đã bắt đầu triển khai 4G LTE trên các mạng di động trong nước. Tính đến thời điểm hiện tại các nhà mạng lớn trong đó có Lao Telecom đã triển khai 4G LTE tại Lào và cung cấp chất lượng dịch vụ ổn định cho khách hàng.

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

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

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



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

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

### Tiếng Anh

- [6]. Abdul Basit, Syed; *Dimensioning of LTE Network*; Helsinki University
- [7]. Alcatel; *3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview* September 2006.
- [8]. Alcatel; *3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview* September 2006.
- [9]. Dr.Erik Dahlman; *3G long-term evolution*; Expert Radio Access Technologies, Ericsson Research.
- [10]. Harri Holma and Antti Toskala both of Nokia Siemens Networks, Finland; *LTE for UMTS-OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*; John Wiley & Sons, Ltd.
- [11]. Harri Holma and Antti Toskala both of Nokia, Finland; *WCDMA for UMTS-HSPA Evolution and LTE*; John Wiley & Sons, Ltd 2007.
- [12]. FAROOQ KHAN Telecom R&D Center Samsung Telecommunications, America; *LTE for 4G Mobile Broadband Air Interface Technologies and performance*; Cambridge University Press.
- [13]. Christian Mehlhruer, Martin Wrulich, Josep Colom Ikuno, Dagmar Bosanska, Markus Rupp; *Simulation the long term evolution physical layer*; Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering Vienna University of Technology; Gusshausstrasse 25/389, A-1040 Vienna, Austria.
- [14]. Stefania Sesia, Issam Toufik and Matthew Baker; *LTE-The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*; 2009 John Wiley & Sons, Ltd.
- [15]. Philip Solis Practice Director, Wireless Connectivity Aditya Kaul Senior Analyst, Mobile Networks Nadine Manjaro Associate Analyst Jake Saunders Vice President, Forecasting; *Prospects for HSPA, LTE, and WiMAX*; ABI research.
- [16]. Xiupei Zhang, Jangsu Kim, and Heung-Gyoon Ryu; *Multi-Access Interference in LTE Uplink with Multiple Carrier Frequency Offsets*; Department of Electronic Engineering.