

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

TẠ TRUNG DŨNG

XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

Ngành: Công nghệ thông tin

Chuyên ngành: Truyền dữ liệu và Mạng máy tính

Mã số: Chuyên ngành đào tạo thí điểm

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Hà Nội - 2016

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

TẠ TRUNG DŨNG

XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

Ngành: Công nghệ thông tin

Chuyên ngành: Truyền dữ liệu và Mạng máy tính

Mã số: Chuyên ngành đào tạo thí điểm

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. Dương Lê Minh

MỞ ĐẦU

Ngành công nghệ viễn thông đã chứng kiến những phát triển ngoạn mục trong những năm gần đây. Khi mà công nghệ mạng thông tin di động thế hệ thứ ba 3G chưa đủ để đáp ứng, người ta đã bắt đầu chuyển về công nghệ 4G (Fourth Generation) từ nhiều năm gần đây.

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

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

Nội dung luận văn được trình bày 04 chương:

Chương 1: Giới thiệu tổng quan về công nghệ 4G LTE

Chương 2: Cấu trúc mạng 4G LTE và các vấn đề liên quan

Chương 3: Xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE

Chương 4: Kết quả mô phỏng thực nghiệm xây dựng quy hoạch mạng 4G LTE

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ 4G LTE

Con đường phát triển công nghệ mạng di động 4G trên thế giới đang đi theo 03 hướng chính tương ứng với 03 tổ chức hỗ trợ đó là:

- + LTE với sự hỗ trợ của 3GPP;
- + UMB với sự hỗ trợ của 3GPP2;
- + WiMax với sự hỗ trợ của IEEE;

1.1 Công nghệ UMB (Ultra Mobile Broadband)

Công nghệ UMB là thế hệ mạng thông tin di động tiếp nối của CDMA2000 được phát triển bởi 3GPP2 mà chủ lực là Qualcomm. UMB cũng được sánh ngang với công nghệ LTE của 3GPP với kỳ vọng trở thành lựa chọn cho thế hệ di động thứ 4G. UMB sử dụng OFDMA, MIMO, đa truy cập phân chia theo không gian cũng như các kỹ thuật anten hiện đại để tăng khả năng của mạng, tăng vùng phủ và tăng chất lượng dịch vụ. UMB có thể cho tốc độ dữ liệu đường xuống tới 280Mbit/giây và dữ liệu đường lên tới 75Mbit/giây.

1.2 WiMAX

IEEE 802.16 đã công bố một phiên bản vào tháng 10/2004, được thiết kế với tên gọi IEEE 802.16.2004. Phiên bản di động của IEEE 802.16 đã được phát triển trong dự án IEEE 802.16e được biết rộng rãi với cái tên Mobile WiMAX, đặc biệt xem xét sử dụng OFDMA tại lớp PHY. Tại cuộc họp ITU-R vào 5/2007 Mobile WiMAX đã được khuyến cáo như là OFDMA TDD WMAN (mặc dù vẫn cần được chấp nhận chính thức) và do đó đã để lại 50MHz băng tần quốc tế có sẵn ở dải 2.57 – 2.62 GHz ở phổ 3GHz TDD, đối với từng quốc gia.

1.3 Công nghệ 4G LTE

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

Hệ thống 3GPP LTE, là bước tiếp theo cần hướng tới của hệ thống mạng không dây 3G dựa trên công nghệ di động GSM/UMTS, và là một trong những công nghệ tiềm năng nhất cho truyền thông 4G. Liên

minh Viễn thông Quốc tế (ITU) đã định nghĩa truyền thông di động thế hệ thứ 4 là IMT Advanced.

1.3.1 Động cơ thúc đẩy

- Cần thế hệ tiếp theo để cải thiện các nhược điểm của 3G và đáp ứng nhu cầu của người sử dụng
- Người dùng đòi hỏi tốc độ dữ liệu và chất lượng dịch vụ cao hơn
- Tối ưu hệ thống chuyển mạch gói
- Tiếp tục nhu cầu đòi hỏi của người dùng về giảm giá thành
- Giảm độ phức tạp
- Tránh sự phân đoạn không cần thiết cho hoạt động của một cặp hoặc không phải một cặp dải thông

1.3.2 Các giai đoạn phát triển của LTE

- Bắt đầu năm 2004, dự án LTE tập trung vào phát triển thêm UTRAN và tối ưu cấu trúc truy cập vô tuyến của 3GPP.
- Mục tiêu hướng đến là dung lượng dữ liệu truyền tải trung bình của một người dùng trên 1 MHz so với mạng HSDPA Rel-6 tải xuống gấp 3 đến 4 lần (100Mbps). Tải lên gấp 2 đến 3 lần (50Mbps).
- Năm 2007, LTE của kỹ thuật truy cập vô tuyến thế hệ thứ 3 - "EUTRA"- phát triển từ những bước khả thi để đưa ra các đặc tính kỹ thuật được chấp nhận. Cuối năm 2008 các kỹ thuật này được sử dụng trong thương mại.
- Các kỹ thuật OFDMA được sử dụng cho đường xuống và SC-FDMA được sử dụng cho đường lên.

1.3.3 Các đặc tính cơ bản của LTE

- Hoạt động ở băng tần : 700 MHz-2,6 GHz.
- Tốc độ: DL là 100Mbps (ở BW 20MHz), UL là 50 Mbps với 2 anten thu, một anten phát.
- Độ trễ : nhỏ hơn 5ms
- Độ rộng BW linh hoạt :1,4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz; 20 MHz. Hỗ trợ cả 2 trường hợp độ dài băng lên và băng xuống bằng nhau hoặc không.
- Tính di động : Tốc độ di chuyển tối ưu là 0-15 km/h nhưng vẫn hoạt động tốt với tốc độ di chuyển từ 15-120 km/h, có thể lên đến 500

km/h tùy băng tần.

- Phổ tần số:

- + Hoạt động ở chế độ FDD hoặc TDD
- + Độ phủ sóng từ 5-100 km
- + Dung lượng 200 user/cell ở băng tần 5Mhz.

- Chất lượng dịch vụ :

- + Hỗ trợ tính năng đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS.
- + VoIP đảm bảo chất lượng âm thanh tốt, trễ tối thiểu thông

qua mạng UMTS.

- Liên kết mạng:

+ Khả năng liên kết với các hệ thống UTRAN/GERAN hiện có và các hệ thống không thuộc 3GPP cũng sẽ được đảm bảo.

+ Thời gian trễ trong việc truyền tải giữa E-UTRAN và UTRAN/GERAN sẽ nhỏ hơn 300ms cho các dịch vụ thời gian thực và 500ms cho các dịch vụ còn lại.

1.3.4 Các thông số lớp vật lý của LTE

Trong phần này, tác giả đi nghiên cứu và xây dựng tổng hợp được 02 bảng, bảng 1.1 về các thông số lớp vật lý LTE và bảng 1.2 về tốc độ đỉnh của LTE theo lớp dựng trên cơ sở tìm hiểu nghiên cứu trong tài liệu chương 12 – tập 3 trong cuốn sách Lộ trình phát triển thông tin di động 3G lên 4G – TS. Nguyễn Phạm Anh Dũng, NXB Thông tin và truyền thông, 2008).

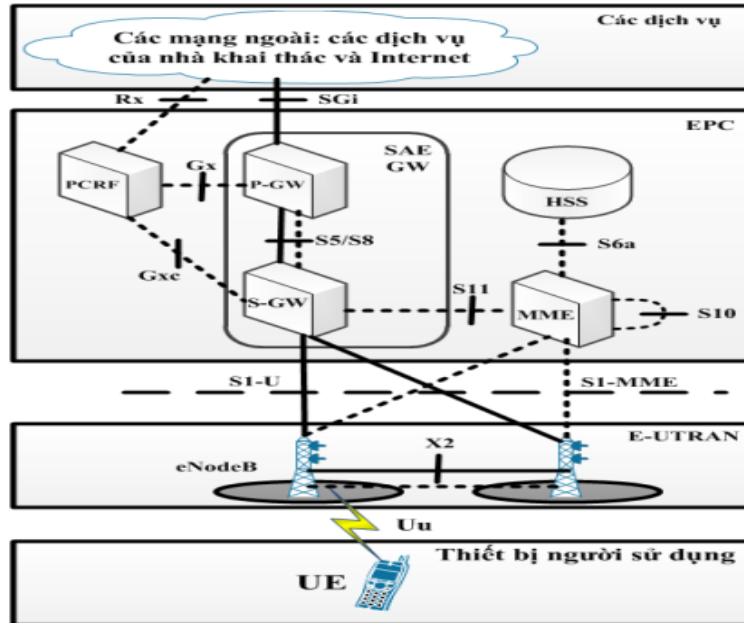
1.3.5 Dịch vụ của LTE

Trong phần này, tác giả đưa ra bảng so sánh các dịch vụ của 3G so với 4G LTE và so sánh giữa LTE và WiMax. [1]

CHƯƠNG 2: CẤU TRÚC CÔNG NGHỆ MẠNG 4G LTE

2.1 Cấu trúc của mạng LTE

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



Hình 2.1 Cấu trúc cơ bản của LTE

2.1.1 Mạng truy cập vô tuyến E-UTRAN

Chỉ có duy nhất một phần tử trong mạng truy nhập vô tuyến cải tiến E-UTRAN là eNodeB. Đây là trạm gốc vô tuyến, điều khiển tất cả các chức năng liên quan đến vô tuyến

2.1.2 Mạng lõi chuyển mạch gói LTE (EPC)

Thực thể quản lý di động (MME): Thực thể quản lý di động (MME) là thành phần điều khiển chính trong EPC. Nó chỉ hoạt động trong miền điều khiển (CP) mà không tham gia vào miền dữ liệu người dùng (UP).

Các chức năng chính của MME trong kiến trúc hệ thống LTE/SAE như sau: chức năng xác thực bảo mật, chức năng quản lý di động, chức năng quản lý lịch sử thuê bao và kết nối dịch vụ

Gateway phục vụ (S-GW): Trong cấu hình kiến trúc hệ thống cơ bản, chức năng của S-GW là quản lý và chuyển mạch đường hầm dữ liệu người dùng.

Gateway mạng dữ liệu gói (P-GW): P-GW hay còn gọi là PDN-GW là bộ định tuyến biên giữa mạng EPC và các mạng dữ liệu gói bên ngoài.

Chức năng quy định chính sách và tính cước (PCRF): PCRF là một thành phần mạng chịu trách nhiệm điều khiển tính cước và chính sách (PCC)

Máy chủ thuê bao thường trú (HSS): HSS là nơi chứa dữ liệu cho tất cả thuê bao. Nó cũng ghi lại vị trí thuê bao như ở mức MME.

2.1.3 Miền dịch vụ (Services domain)

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

- Các dịch vụ mạng dựa trên IMS
- Các dịch vụ mạng không dựa trên IMS
- Những dịch vụ khác không được cung cấp bởi nhà mạng

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

2.2.1 Kỹ thuật OFDMA hướng xuống

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

chia kênh fading chọn lọc tần số thành các kênh con fading tương ứng với các tần số sóng mang OFDM khác nhau. Chi tiết hơn của kỹ thuật OFDM theo hướng xuống được trình bày trong hình 2.2 Kỹ thuật OFDM của luận văn.

2.2.2 SC-FDMA hướng lên

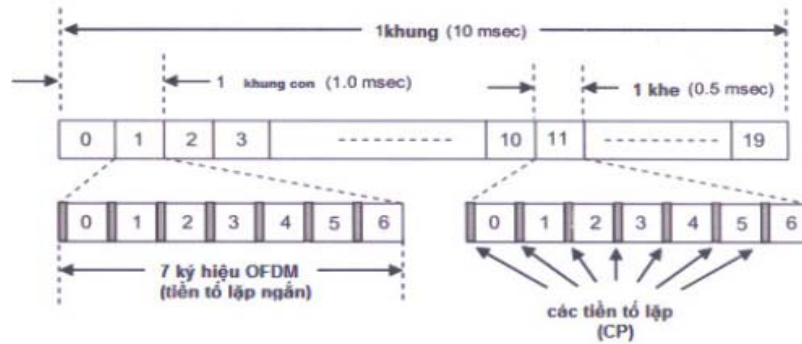
Lý do quan trọng nhất để lựa chọn kỹ thuật SC-FDMA cho hướng lên là giảm công suất tiêu thụ của các thiết bị đầu cuối. Về mặt kỹ thuật, SC-FDMA cho tỷ lệ giữa công suất đỉnh và công suất trung bình (PAPR) thấp hơn OFDMA giúp mang lại hiệu quả cao cho việc thiết kế các bộ khuếch đại của thiết bị đầu cuối theo đó giảm công suất tiêu thụ của máy đầu cuối. Chi tiết hơn của kỹ thuật OFDM theo hướng xuống được trình bày trong hình 2.3 Kỹ thuật OFDMA và SC FDMA của luận văn.

2.2.3 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. Chi tiết hơn của kỹ thuật hình 2.4 Mô hình SU-MIMO và MU-MIMO của luận văn.

2.3 Cấu trúc khung dữ liệu LTE (Radio frame)

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



Hình 2.6 Cấu trúc khung dữ liệu LTE

2.4 Băng tần LTE

LTE hỗ trợ nhiều băng tần khác nhau một cách linh hoạt cho phép các nhà mạng có thể lựa chọn một cách mềm dẻo, tối ưu quỹ tần số và có khả năng tái sử dụng băng tần của công nghệ cũ khi lưu lượng di chuyển (ví dụ 2G sang 3G) và tối ưu chi phí đầu tư mạng. Bảng 2.1 Bảng tần cho UMTS/ LTE trong luận văn mô tả chi tiết băng tần đường lên và đường xuống cho LTE dự kiến cho công nghệ FDD.

2.5 Lưới tài nguyên LTE

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

1 Resource Block = 7 (hoặc 6) symbol OFDM x 12 sóng mang con

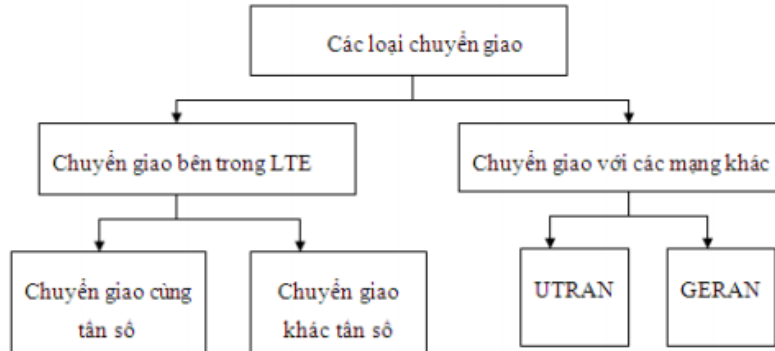
Như vậy nếu sử dụng CP ngắn thì 1 khối tài nguyên chiếm một dải tần là 180kHz (12x15kHz – với 15kHz là băng tần cho một sóng mang con). [Hình 2.7 Lưới tài nguyên LTE](#)

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

2.6 Chuyển giao đối với LTE

Hệ thống WCDMA sử dụng chuyển giao mềm cho cả đường lên và đường xuống. Hệ thống HSPA sử dụng chuyển giao mềm cho đường lên nhưng không sử dụng cho đường xuống. Ở hệ thống LTE, không sử dụng chuyển giao mềm, chỉ có chuyển giao cứng, do đó hệ thống trở nên đơn giản hơn.

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



Hình 2.8 Các loại chuyển giao

2.7 Kết luận chương

Trong chương 2, luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu trình bày được cấu trúc của công nghệ mạng 4G LTE, các kỹ thuật then chốt và đặc điểm chính của LTE gồm: Kỹ thuật OFDMA hướng xuống, SC-FDMA hướng lên, kỹ thuật MIMO, cấu trúc khung dữ liệu LTE. Luận văn cũng xây dựng và tìm kiếm được băng dải băng tần, lưới tài nguyên cũng như chuyển giao công nghệ của 4G LTE với các mạng khác.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG QUY HOẠCH MẠNG 4G LTE

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

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

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

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

3.1. Khái quát về quá trình quy hoạch mạng LTE

Quy hoạch mạng LTE cũng bao gồm ba bước: định cỡ hay còn gọi là khởi tạo, quy hoạch chi tiết, vận hành và tối ưu hóa mạng

3.2. Dự báo lưu lượng và phân tích vùng phủ

3.2.1 Dự báo lưu lượng

Việc quy hoạch mạng phải dựa trên nhu cầu về lưu lượng. Do đó dự báo lưu lượng là bước đầu tiên cần thực hiện trong quá trình quy hoạch mạng.

3.2.1.1 Dự báo số thuê bao :

Đối với thị trường cần phục vụ, cần phải đánh giá tổng số thuê bao. Lý tưởng có thể chia việc đánh giá cho từng tháng để có thể thấy được xu thế phát triển thuê bao.

3.2.1.2 Dự báo sử dụng lưu lượng tiếng:

Dự báo sử dụng dịch vụ tiếng bao gồm việc đánh giá khối lượng lưu lượng tiếng do người sử dụng dịch vụ tiếng trung bình tạo ra.

3.2.1.3 Dự báo sử dụng lưu lượng số liệu:

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

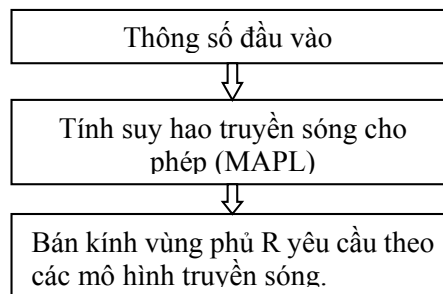
3.2.1.4 Dự phòng tương lai:

Ta không thể chỉ qui hoạch mạng cho các dự kiến trước mắt mà cần qui hoạch mạng cho các dự kiến tương lai để không phải thường xuyên mở rộng mạng.

3.2.2 Phân tích vùng phủ

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

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



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

3.3 Quy hoạch chi tiết

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

3.3.1 Điều kiện quy hoạch mạng 4G LTE

Điều kiện tối ưu thứ 1: quy hoạch vùng phủ để xác định số trạm cần lắp đặt. Bài toán dựa trên việc tính toán quỹ đường

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

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

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

3.3.2 Quy hoạch vùng phủ

Đối với mạng di động tế bào, ước lượng vùng phủ được dùng để quyết định vùng phủ của mỗi trạm gốc, nó đưa ra một vùng tối đa có thể được bao phủ bởi trạm gốc. Nhưng nó không cần thiết xác lập một kết nối giữa UE và trạm gốc. Tuy nhiên, trạm gốc có thể phát hiện được UE trong vùng bao phủ của nó.

Tính toán quỹ đường truyền ước lượng suy hao tín hiệu cho phép cực đại (pathloss) giữa di động và trạm gốc. Tổn hao lớn nhất cho phép cho ta ước lượng vùng phủ của cell lớn nhất với mô hình kênh truyền phù hợp. Với vùng bao phủ của cell sẽ cho ta tính toán được số trạm gốc được sử dụng để bao phủ vùng địa lý mong muốn.

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

Mục đích của phần này là nghiên cứu và đưa ra các công thức, thông số để tính toán quỹ đường truyền lên và xuống của LTE. Từ đó xác định được tổn hao tín hiệu cực đại của đường lên và xuống làm cơ sở để xác định bán kính vùng phủ khi biết các mô hình truyền sóng phù hợp.

Bảng ví dụ 1: Tính quỹ đường lên LTE cho 64Kbps với máy thu trạm gốc 2 anten

Máy phát (đầu cuối di động)		
Công suất phát (dBm)	24,0	P_{Txm}
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	G_m
Tồn hao phi đơ + bộ nối (dB)	0,0	L_{fm}
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	0,0	L_{body}
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	24,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_m + L_{fm} - L_{body}$
Máy thu (BS)		
Hệ số tạp âm máy thu trạm gốc (dB)	2,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-118,4	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\log 290K + 10\lg B$ 360KHz)
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-116,4	$N = N_i + NF$
Dự trữ nhiễu (dB)	2,0	M_i
Tổng tạp âm + giao thoa (dBm)	-114,4	$(N+I) \text{ (dBm)} = N + M_i$
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-7	SNR _r , từ mô phỏng
Độ nhạy máy thu (dBm)	-121,4	$P_{min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r$
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tồn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	2,0	L_f
Khuếch đại MHA (dB)	2,0	G_{MHA}
Tồn hao đường truyền cực đại (dB)	163,4	$L_{max} = EIRP_m - P_{min} + G_b - L_f + G_{MHA}$

- **Tính toán quỹ đường xuống cho LTE**

Bảng ví dụ 2: Tính quỹ đường xuống LTE cho 1Mbps với máy thu trạm gốc 2 anten

Máy phát (trạm gốc)		
Công suất phát (dBm)	46,0	P_{Txm}
Khuếch đại anten (dBi)	18,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối (dB)	2,0	L_f
Công suất phát xạ đẳng hướng tương đương (dBm)	62,0	$EIRP_m = P_{Txm} + G_b - L_f$
Máy thu (đầu cuối di động)		
Hệ số tạp âm máy thu (dB)	7,0	NF
Công suất tạp âm nhiệt đầu vào máy thu (dBm)	-104,5	$N_i = 30 + 10\lg k + 10\lg 290K + 10\lg B$ (9KHz)
Công suất tạp âm nền máy thu (dBm)	-97,5	$N = N_i + NF$
Dự trữ nhiễu (dB)	3,0	M_i
Bổ sung nhiễu kênh điều khiển	1,0	M_{cch}
Tổng tạp âm + giao thoa (dBm)	-93,5	$(N+I) \text{ (dBm)} = N + M_i + M_{cch}$
Tỷ số SNR yêu cầu (dB)	-10	SNR_r từ mô phỏng
Độ nhạy máy thu (dBm)	-103,5	$P_{min} = (N + I) \text{ (dBm)} + SNR_r$
Khuếch đại anten (dBi)	0,0	G_b
Tổn hao phi đơ + bộ nối trạm gốc	0,0	L_f
Suy hao cơ thể của MS ở đường lên (dB)	0,0	L_{body}
Tổn hao đường truyền cực đại (dB)	165,4	$L_{max} = EIRP_b - P_{min} + G_m - L_{fm} - L_{body}$

3.3.3 Các mô hình truyền sóng

Mô hình truyền sóng thích hợp kết hợp với quỹ đường truyền ta sẽ tính được bán kính phủ sóng. Vì đặc điểm của kênh truyền dẫn vô tuyến có tính chất ngẫu nhiên, không nhìn thấy được, đòi hỏi có những nghiên cứu phức tạp. Một số mô hình thực nghiệm đã được đề xuất và được sử dụng để dự đoán các tổn hao truyền sóng. Các mô hình được đề xuất để đánh giá các công nghệ truyền dẫn sẽ xét nhiều đặc tính môi trường gồm các thành phố lớn, thành phố nhỏ, vùng ngoại ô, vùng nhiệt đới, vùng nông thôn và sa mạc.

Các công thức, thông số, kết quả trong phần này được trích dẫn từ báo cáo kỹ thuật của Hata-okumura

Các thông số chính của môi trường bao gồm:

- + Trễ truyền lan, cấu trúc và các thay đổi của nó.
- + Quy tắc tổn hao địa lý và tổn hao đường truyền bổ sung.
- + Pha định che tối.
- + Các đặc tính pha định nhiều đường cho hình bao các kênh.
- + Tần số làm việc.

Ta phân tích các mô hình sau:

3.3.2.1 Mô hình Hata-Okumura

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

$$L_p = A + B \lg f_c - 13,82 \lg h_b - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \lg h_b) \lg r - C \quad (3.13)$$

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

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

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

sau:

- Đối với thành phố nhỏ và trung bình:

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

- Đối với thành phố lớn:

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

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

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

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

- Đối với vùng nông thôn

$$L_{nt} = L_{p(\text{thành phố})} - 4,78 (\lg f_c)^2 + 18,33(\lg f_c) - 40,49 \text{ (dB)} \quad (3.18)$$

3.3.2.2 Mô hình Walfish-Ikegami

Mô hình này được sử dụng để đánh giá tổn hao đường truyền ở môi trường thành phố cho hệ thống thông tin di động tổ ong. Mô hình này chứa các phần tử như tổn hao không gian tự do, nhiễu xạ mái nhà, tổn hao tán xạ và tổn hao nhiễu vật chắn. Mô hình Walfisch-Ikegami dựa vào giả thiết rằng sự truyền lan sóng được truyền trên mái nhà bằng quá trình nhiễu xạ.

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

$$L_p = L_f + L_{rts} + L_{msd} \quad (3.19)$$

$$\text{hay } L_p = L_f \text{ khi } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \quad (3.20)$$

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

$$L_f = 32,4 + 20\lg r + 20\lg f_c \text{ (dB)} \quad (3.20)$$

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

$$L_{rts} = (-16,7) - 10\lg W + 10\lg f_c + 20\lg \Delta h_m + L_{ori} \text{ (dB)} \quad (3.21)$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \lg r + k_f \lg f_c - 9\lg b \quad (3.22)$$

- Với trường hợp tia nhìn thẳng (LOS):

$$L_p = 42,6 + 26\lg r + 20\lg f_c \quad (3.23)$$

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

$$L_p = 32,4 + 20lgr + 20lgf_c + L_{rts} + L_{msd} \quad (3.24)$$

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

mãn:

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

3.3.4 Tính bán kính ô phủ (cell)

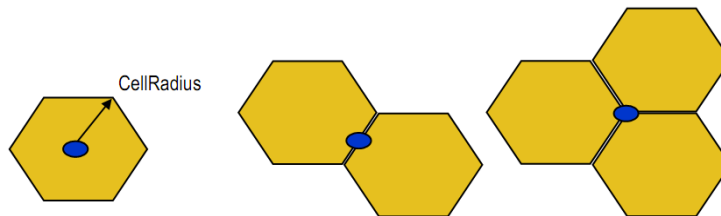
Trước tiên, dựa vào các tham số của quỹ đường truyền để xác định suy hao đường truyền tối đa cho phép. Khi đó, dễ dàng tính được bán kính cell nếu biết được mô hình truyền sóng áp dụng với môi trường đang khảo sát ($L_p = L_{max}$).

Suy ra công thức tính bán kính cell như sau:

$$R_{cell} = 10(L_p - L)/X \quad (3.31)$$

$$L_p = L + X * lgR \quad (3.32)$$

Sau khi tính được kích thước cell, dễ dàng tính được diện tích vùng phủ với chú ý diện tích vùng phủ phụ thuộc vào cấu hình phân đoạn trạm gốc. Diện tích vùng phủ đối với một cell có cấu trúc lục giác như sau:



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

$$S = K \cdot r^2 \quad (3.43)$$

Trong đó: S là diện tích vùng phủ, r là bán kính cực đại cell, K là hằng số.

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

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

3.3.5 Quy hoạch dung lượng

Dung lượng lý thuyết của mạng bị giới hạn bởi số eNodeB đặt trong mạng.

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

$$\text{Số eNodeB} = \frac{\text{Toàn bộ tốc độ dữ liệu (overall data rate)}}{\text{Dung lượng site (site capacity)}} \quad (3.44)$$

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

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

$$\text{Tốc độ bit đỉnh} = \frac{\text{Số bit}}{\text{Hz}} \times \text{Số sóng mang con} \times \frac{\text{Số ký tự subframe}}{1\text{ms}} \quad (3.45)$$

Bảng 3.6 Tốc độ bit đỉnh tương ứng với từng tốc độ mã hóa và băng thông

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

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

$$C1 = BW1 \log_2(1+SNR) \quad (3.46)$$

Ta suy ra được SNR :

$$SNR = 2^{(C1/BW1)-1} \text{ (lần)} \quad (3.47)$$

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

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

$$C = F*BW \log_2(1+SNR) \quad (3.48)$$

Băng thông cấu hình được tính theo công thức sau:

$$BW = \frac{Nsc \times Ns \times Nr_b}{Tsub} \quad (3.49)$$

Tsub là thời gian của một khung con, thông thường bằng 1ms
 Bảng 3.7 Giá trị của băng thông cấu hình tương ứng với băng thông kênh truyền

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

$$F = \frac{Tframe - Tcp}{Tsub} \times \frac{Nsc \times Ns / 2 - 4}{Nsc \times Ns / 2} \quad (3.50)$$

Overalldata rate được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Overalldata rate} = \text{Số user} \times \text{Tốc độ bit đỉnh} \times \text{Hệ số OBF} \quad (3.51)$$

Hệ số OBF được tính toán theo công thức sau:

$$\text{OBF} = \text{PAPR} \times \text{Hệ số utilisation} \quad (3.52)$$

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

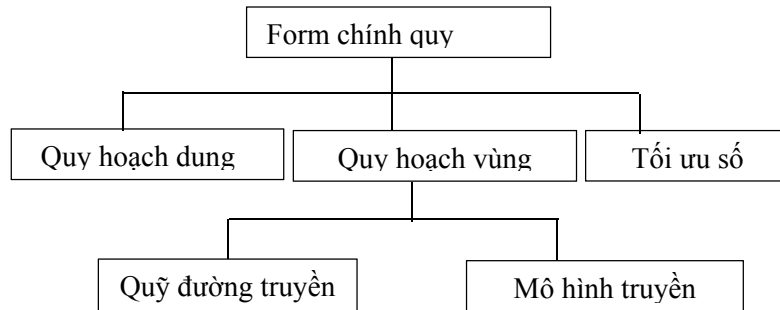
3.4 Áp dụng quy hoạch cho một số quận huyện thành phố Hà Nội

Áp dụng các công thức, các bảng thông số ở trên tác giả đi xây dựng phần mềm tính toán quy hoạch vùng phủ và quy hoạch lưu lượng cho một số quận huyện ở thành phố Hà Nội.

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

Chương 4 trình bày các kết quả mô phỏng quy hoạch mạng 4G LTE sử dụng bằng phần mềm Matlab R2016a, phần mềm cung cấp môi trường tính toán số và lập trình.

4.1 Lưu đồ quy hoạch mạng 4G LTE



4.2 Kết quả mô phỏng quy hoạch vùng phủ

Luận văn đã xây dựng được giao diện phần mềm cho tính toán quỹ đường truyền 4G LTE từ đó tìm ra được suy hao tín hiệu cực đại cho đường lên là $L_{\max} = 163.4$, đường xuống là $L_{\max} = 165.4$

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

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 (0.36 MHz).

Mô phỏng quỹ đường xuống LTE cho 1Mbps với máy thu trạm gốc 2 anten: 1Mbps ở đường xuống sẽ tương đương với 50 RB được phát đi và băng thông tương ứng của nó là 9 MHz

The screenshot shows a software interface for calculating 4G LTE propagation paths. It is split into two main panels: 'Quy Đường Lên' (Uplink) and 'Quy Đường Xuống' (Downlink). Each panel contains several sub-sections for inputting parameters:

- Thông Số Dịch Vụ (Service Parameters):** Includes fields for Rb (kbps), BW (MHz), Eb/No (dB), Pcb (dBm), Gb (dB), Lfb (dB), and GMBA (dB).
- Thông Số MS (MS Parameters):** Includes fields for Ptxm (dBm), Gm (dB), Lfm (dB), and Lb (dB).
- Thông Số BS (BS Parameters):** Includes fields for NF (dB), Mi (dB), SNRr (dB), Gb (dB), Lfb (dB), and GMBA (dB).

Below the input fields, there are 'Kết Quả' (Results) sections for both uplink and downlink, displaying calculated values for EIRP, N, Pmin, Ni, N+I, and Lmax. At the bottom of the interface, there are two buttons: 'Tính và vẽ LTE' (Calculate and draw LTE) and 'Tham số' (Parameters).

Hình: Giao diện phần mềm quỹ đường truyền lên và xuống của 4G LTE

4.2.2 Kết quả mô phỏng các mô hình truyền sóng

4.2.2.1 Kết quả mô phỏng mô hình truyền sóng Hata-Okumura và Walfish-Ikegami

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

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

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

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

Với giả thiết đã tính được suy hao tín hiệu cực đại cho đường lên là $L_{\max} = 163.4$, đường xuống là $L_{\max} = 165.4$, $f = 1950$, $h_b = 30\text{m}$, $h_m = 1.5\text{m}$ ta tính được các thông số trong mô hình suy hao Hata -okumura và Walfisch – Ikegami, ta nhập vào phần mềm và cho kết quả bán kính cell phù hợp với các mô hình truyền sóng ở trên.

Từ kết quả tính được bán kính cell, ta sẽ xác định được diện tích phủ của cell $S = K \cdot r^2$ (K là hằng số của loại ô omni, 2- sector, 3- sector tương ứng là 2.6, 1.3, 1.95) và từ đó tính được số eNodeB = S_{plan} / S

Hình: Mô phỏng giao diện tính toán số eNodeB theo dung lượng
4.4 Kết luận chương 4

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

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

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

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Với các ưu điểm của công nghệ LTE là cung cấp cho người sử dụng tốc độ dữ liệu và chất lượng dịch vụ cao so với 3G nhờ áp dụng các công nghệ vô tuyến mới với các kỹ thuật tiên tiến như sử dụng kỹ thuật OFDMA, SC-FDMA, MIMO và thiết kế đơn giản hóa kiến trúc mạng nên công nghệ LTE có tiềm năng rất lớn để ứng dụng cho phát triển hệ thống thông tin di động 4G.

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

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

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

- + Tính toán quỹ đường truyền LTE
- + Tính toán được bán kính, diện tích ô phủ với các mô hình truyền sóng phù hợp để tính ra số eNodeB cần lắp đặt cho vùng phủ
- + Xây dựng phần mềm tính được tốc độ bit định và xác định được số trạm eNodeB theo quy hoạch dung lượng

Hạn chế của luận văn khi thực hiện:

- + Hiện tại, ở Việt Nam chưa tiến hành xây dựng quy hoạch và đưa vào sử dụng mạng 4G, do đó các thông số đưa ra để tính toán quy hoạch không có số liệu thực tế của các nhà mạng, các thông số đưa ra trong phần mô phỏng chỉ dựa vào sách [3] làm thông số tham khảo
- + Chưa có bản đồ truyền sóng thực tế, do vậy phần tối ưu mạng chưa được nghiên cứu và đề cập đến trong luận văn.

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

