

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**TRƯƠNG HỒNG TUẤN**

**NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG PHÁP  
ƯỚC LƯỢNG KÊNH TRUYỀN CHO  
HỆ THỐNG LTE UPLINK**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử**

**Mã số: 60.52.70**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng, Năm 2013**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **TS. NGUYỄN VĂN CƯỜNG**

Phản biện 1: **TS. NGUYỄN LÊ HÙNG**

Phản biện 2: **TS. LƯƠNG HỒNG KHANH**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp  
Thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 2 tháng 6  
năm 2013

*\* Có thể tìm hiểu luận văn tại :*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Kỹ thuật LTE được lựa chọn sẽ là bước phát triển tiếp theo cho thế hệ di động 3G, với các ưu điểm vượt trội về tốc độ truyền tải dữ liệu, LTE hứa hẹn sẽ đem lại cho người sử dụng các dịch vụ truy cập số liệu tốc độ và chất lượng cao.

Trong LTE OFDMA được xem là phương án tối ưu cho hướng DL nhưng hướng UL thì chưa được thuận lợi. Điều này là do thuộc tính của OFDM có tỷ lệ công suất đỉnh trung bình cao, làm ảnh hưởng đến việc truyền tín hiệu của hướng UL. Do đó, hướng UL của chế độ FDD và TDD sẽ sử dụng kỹ thuật đa phân chia tần số sóng mang đơn SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) theo chu kỳ. Các tín hiệu SC-FDMA có tín hiệu PAPR tốt hơn OFDMA. Đây là một trong những lý do chính để chọn SC-FDMA cho LTE uplink.

Hiện nay kỹ thuật LTE được triển khai cho một số nhà khai thác mạng trên thế giới và sẽ được triển khai ở Việt Nam trong một tương lai. Trong hệ thống vô tuyến LTE, ước lượng kênh truyền đóng vai trò rất quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng tín hiệu thu qua đó đảm bảo dung lượng cho hệ thống. Việc nghiên cứu, so sánh đánh giá các kỹ thuật ước lượng kênh trong LTE uplink nhằm đề xuất phương pháp hiệu quả nhất là nội dung chính của đề tài này.

Từ những vấn đề nêu trên cùng với tầm nhìn tổng quan về các hướng nghiên cứu mới hiện nay, tôi chọn đề tài: **"NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG PHÁP ƯỚC LƯỢNG KÊNH TRUYỀN CHO HỆ THỐNG LTE UPLINK"**.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Nghiên cứu kỹ thuật truyền tải đường lên trong lớp vật lý LTE.

- Nghiên cứu, tìm hiểu kỹ thuật ước lượng kênh truyền trong lớp vật lý LTE.

- Xây dựng chương trình mô phỏng mô hình kênh truyền và ước lượng kênh truyền đường lên trong hệ thống LTE. So sánh đánh giá các phương pháp ước lượng, đề xuất kỹ thuật hiệu quả.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

➤ Đối tượng nghiên cứu:

- Lớp vật lý giao diện vô tuyến trong LTE.
- Mô hình kênh truyền.
- Các phương pháp ước lượng kênh truyền.
- Các yếu tố ảnh hưởng và lợi ích thu được khi ứng dụng kỹ thuật ước lượng kênh truyền.

➤ Phạm vi nghiên cứu:

- Nghiên cứu phương pháp ước lượng kênh truyền, mô hình kênh truyền, và đánh giá kênh truyền sử dụng các kỹ thuật ước lượng sử dụng mô phỏng Matlab

## 4. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập, phân tích các tài liệu và thông tin liên quan đến đề tài.

- Nghiên cứu quy tắc, kỹ thuật ước lượng kênh truyền trên cơ sở lý thuyết.

- Nghiên cứu phần mềm Matlab để xây dựng chương trình mô phỏng.

## **5. Bố cục đề tài**

Ngoài các phần Mở đầu, Kết luận và hướng phát triển, Tài liệu tham khảo, Phụ lục, luận văn bao gồm các chương sau:

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG LTE

CHƯƠNG 2. MÔ HÌNH KÊNH TRUYỀN

CHƯƠNG 3. CÁC KỸ THUẬT ƯỚC LƯỢNG KÊNH VÀ CÂN BẰNG

CHƯƠNG 4. THỰC HIỆN VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

## **6. Tổng quan tài liệu nghiên cứu**

Tài liệu nghiên cứu được tham khảo là những bài báo, các luận văn thạc sỹ từ các trường đại học của các quốc gia khác trên thế giới, cùng với các trang web tìm hiểu. Luận văn chắc chắn không tránh khỏi những sai sót, rất mong nhận được sự góp ý của Hội đồng để luận văn trở thành một công trình thực sự có ích.

# CHƯƠNG 1

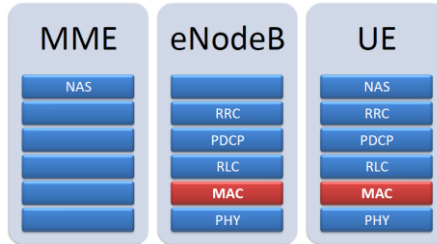
## TỔNG QUAN HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG LTE

### 1.1. GIỚI THIỆU CHƯƠNG

Chương này sẽ giới thiệu về công nghệ LTE, công nghệ đa truy nhập, phân biệt các phân lớp vật lý trên giao diện vô tuyến cũng như trình bày về các kỹ thuật quan trọng trong các phân lớp giao diện vô tuyến LTE.

### 1.2. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ LTE

### 1.3. KIẾN TRÚC PHÂN LỚP GIAO DIỆN VÔ TUYẾN



*Hình 1.1 Kiến trúc phân lớp LTE*

#### 1.3.1. Lớp vật lý

Lớp vật lý LTE sử dụng công nghệ OFDMA cho đường xuống và SC-FDMA cho đường lên.

#### 1.3.2. Lớp MAC

MAC có nhiệm vụ chính là điều khiển kênh vận chuyển, xử lý xung đột, nhận dạng UE, điều khiển truyền lại HARQ. Tuy nhiên, chức năng quan trọng nhất của MAC là quản lý ưu tiên, lập lịch, có nhiệm vụ cấp phát tài nguyên vật lý cho kênh vật lý của người dùng được xử lý bởi lớp 1 và lớp 2.

#### 1.3.3. Lớp RLC

#### 1.3.4. Lớp PDCP

### **1.3.5. Lớp RRC**

## **1.4. HỆ THỐNG KÊNH TRUYỀN TRONG LTE**

### **1.4.1. Hệ thống kênh đường xuống**

### **1.4.2. Hệ thống kênh đường lên**

## **1.5. QUÁ TRÌNH XỬ LÝ ĐƯỜNG LÊN**

### **1.5.1. Chèn CRC**

### **1.5.2. Phân khúc khối mã hóa**

### **1.5.3. Mã Turbo**

### **1.5.4. Rate Matching**

### **1.5.5. Interleaving**

### **1.5.6. Bit Selection and Pruning**

### **1.5.7. Scrambling Bit**

### **1.5.8. Mã hóa dữ liệu**

### **1.5.9. Phân bổ tài nguyên**

### **1.5.10. Tạo sóng SC-FDMA**

## **1.6. KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Hệ thống thông tin di động LTE với giao diện vô tuyến dựa trên công nghệ OFDMA và SCMA, bên cạnh giảm ảnh hưởng nhiễu và fading hiệu quả, đó là tăng thông lượng hệ thống và người sử dụng lên nhiều lần so với WCDMA/UMTS cũng như HSPA.

Cấu hình phân lớp và cấu hình mạng của LTE cũng đơn giản hóa, bỏ đi node trung gian giữa eNodeB và mạng lõi SAE là RNC. Khi đó, vai trò của eNodeB trong hệ thống truy nhập trở nên mạnh mẽ, thành node truy nhập IP thực sự, quyết định mọi vấn đề từ cấp phát tài nguyên, quản lý băng thông, điều khiển việc truyền lại kiểm soát lỗi.

Việc áp dụng HARQ giúp cho việc truyền lại được thực hiện trên eNodeB đến UE, việc truyền dữ liệu trở nên nhanh hơn do hồi âm chỉ truyền từ UE đến eNodeB hoặc ngược lại.

Tóm lại, nội dung chương này là cái nhìn tổng quan về hệ thống thông tin di động LTE, là cơ sở tiến hành nghiên cứu và thực hiện mô phỏng các kỹ thuật ước lượng kênh trong các chương tiếp theo.

## **CHƯƠNG 2**

### **CÁC KỸ THUẬT LẬP LỊCH**

#### **2.1. GIỚI THIỆU CHƯƠNG**

Nội dung chương này đề cập đến các loại mô hình kênh truyền, cũng như các yếu tố ảnh hưởng trong mô hình kênh, qua đó hiểu rõ tính năng, ưu, nhược điểm của mỗi loại mô hình kênh, là cơ sở để đánh giá và lựa chọn loại mô hình sẽ được sử dụng trong mô phỏng. Sau đó, tôi sẽ mô tả các tín hiệu tham chiếu được tạo ra trong đường lên LTE, mô hình kênh được sử dụng và các kỹ thuật ước lượng kênh. Ước lượng kênh là phần quan trọng của thiết kế nhận trong các hệ thống thông tin di động. Để khôi phục lại tín hiệu truyền một cách chính xác, mô hình kênh phải được ước tính. Để phục hồi hoàn hảo, người nhận để theo dõi các kênh vô tuyến khác nhau.

#### **2.2. SUY HAO ĐƯỜNG TRUYỀN VÀ SỰ SUY GIẢM TÍN HIỆU**

#### **2.3. ĐỊNH NGHĨA FADING**

#### **2.4. HIỆN TƯỢNG MULTIPATH**

#### **2.5. KÊNH TRUYỀN CHỌN LỌC TẦN SỐ VÀ KÊNH TRUYỀN PHẪNG DO TRÁI TRỀ ĐA ĐƯỜNG GÂY RA**



## **2.6. KÊNH TRUYỀN BIẾN ĐỔI NHANH VÀ KÊNH TRUYỀN BIẾN ĐỔI DO SỰ TRÁI DOPPLER GÂY RA**

## **2.7. KÊNH TRUYỀN RAYLEIGH VÀ KÊNH TRUYỀN RICEAN**

## **2.8. TÍN HIỆU THAM CHIỀU ĐƯỜNG LÊN**

### **2.8.1. Phân loại ước lượng kênh**

Kĩ thuật ước lượng kênh được phân chia làm 3 loại chính: Blind CE, semi-blind CE và pilot based CE.

### **2.8.2. Tín hiệu tham chiếu đường lên**

### **2.8.3. Chuỗi tín hiệu tham chiếu**

### **2.8.4. Lệch pha của chuỗi cơ bản**

### **2.8.5. Phân bố tín hiệu tham chiếu**

## **2.9. MÔ HÌNH KÊNH ITU MULTIPATH**

### **2.9.1. Mô hình kênh ITU cho người đi bộ A,B**

### **2.9.2. Mô hình kênh ITU cho xe cộ**

## **2.10. KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Những ảnh hưởng của truyền sóng vô tuyến như suy hao đường truyền, fading phẳng, fading chọn lọc tần số, trải Doppler, trải trễ đa đường (multipath) ... làm giới hạn hiệu quả của truyền thông vô tuyến. Do đó, việc thiết lập mô hình kênh truyền và xác định các ảnh hưởng bị gây ra trong một kênh truyền cụ thể là vấn đề rất quan trọng.

## **CHƯƠNG 3**

### **CÁC KỸ THUẬT ƯỚC LƯỢNG KÊNH VÀ CÂN BẰNG**

#### **3.1. GIỚI THIỆU CHƯƠNG**

Trong chương này, luận văn sẽ đề cập đến các phương pháp ước lượng kênh truyền. Có hai kĩ thuật ước lượng kênh được sử dụng

trong luận văn là LSE, LMMSE và LMMSE cải tiến. Ngoài ra, trong chương này cũng đề cập đến các kỹ thuật cân bằng.

## **3.2. TỔNG QUAN CÁC KỸ THUẬT ƯỚC LƯỢNG**

### **3.2.1. Cân bằng**

### **3.2.2. Ước lượng kênh truyền**

## **3.3. ƯỚC LƯỢNG KÊNH TRUYỀN**

Ước lượng kênh truyền trên SC-FDMA cũng giống như OFDM. SC-FDMA chỉ khác các kênh còn lại ở chỗ thực hiện DFT trong miền thời gian trước khi dữ liệu được đưa vào mã hóa OFDM. Nguồn tín hiệu là một luồng bit được điều chế ở băng tần cơ sở thông qua các phương pháp điều chế như QPSK, Mary-QAM. Tín hiệu dẫn đường được chèn vào nguồn tín hiệu, sau đó được điều chế thành tín hiệu OFDM thông qua bộ biến đổi IFFT và chèn chuỗi bảo vệ. Luồng tín hiệu số được chuyển thành luồng tín hiệu tương tự qua bộ chuyển đổi số/tương tự trước khi truyền trên kênh truyền vô tuyến qua anten phát. Tín hiệu truyền qua kênh vô tuyến bị ảnh hưởng bởi nhiễu fading và nhiễu trắng AWGN.

### **3.3.1. Điều chế ký tự pilot thêm vào**

### **3.3.2. Sắp xếp các pilot**

### **3.3.3. Ước lượng theo kiểu sắp xếp pilot dạng khối**

### **3.3.4. Ước lượng theo kiểu sắp xếp pilot dạng lược**

### **3.3.5. Cân bằng kênh cho hệ thống OFDM (SC-FDMA)**

## **3.4. CÂN BẰNG**

### **3.4.1. Cân bằng thích nghi tổng quát**

### **3.4.2. Các giải thuật cân bằng thích nghi**

### **3.4.3. Các tiêu chuẩn dùng đánh giá hiệu quả bộ cân bằng**

### **3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Có một số biến thể của các thuật toán RLS và LMS thích ứng bộ cân bằng. Chú ý rằng các giải thuật RLS có độ hội tụ và đặc tính lần theo tương tự nhau, nhưng tốt hơn nhiều so với giải thuật LMS. Tuy nhiên, các giải thuật RLS này thường yêu cầu tính toán cao và cấu trúc chương trình phức tạp. Cũng vậy, một vài giải thuật RLS có khuynh hướng mất ổn định. Thuật toán bộ lọc ngang nhanh cần số phép tính ít nhất trong các giải thuật RLS, và có thể sử dụng một biến cứu nguy để tránh mất ổn định.

## **CHƯƠNG 4 THỰC HIỆN VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

### **4.1. GIỚI THIỆU CHƯƠNG**

Trong chương này, luận văn sẽ trình bày về mô hình mô phỏng cũng như kết quả mô phỏng các kỹ thuật ước lượng khác nhau qua số liệu và hình ảnh. Kết quả tương ứng với mỗi thuật toán và thông số đánh giá là thông lượng, BLER và BER, luận văn sẽ tiến hành phân tích kết quả và đánh giá hiệu quả thuật toán đối với hệ thống LTE.

### **4.2. GIỚI THIỆU CHƯƠNG TRÌNH LTE LINK LEVEL UPLINK**

#### **4.3. THIẾT LẬP MÔ PHỎNG**

##### **4.3.1. Mô hình mô phỏng**

Chương trình mô phỏng với mô hình như sau: Cho hệ thống LTE đường lên với một người dùng (UE) đầu vào đơn và đầu ra đơn. Hệ thống LTE đường lên sẽ sử dụng bộ lập lịch “Round Robin” tĩnh trong môi trường block fading. Đầu vào sẽ được tạo ra một cách

ngẫu nhiên. Sau khi được xử lý, mã hóa, tín hiệu sẽ được phát đi trong môi trường truyền dẫn giả lập. Kiểu kênh truyền dẫn sẽ được thay đổi từ mô hình người đi bộ A,B đến mô hình xe cộ A,B. Các thông số mô hình truyền dẫn sẽ được thiết lập theo chuẩn 3GPP. Tại trạm thu sóng, tín hiệu sẽ được giải mã và so sánh với tín hiệu gốc khi phát và tính toán độ sai số và chất lượng của kỹ thuật ước lượng qua BLER, BER và thông lượng của hệ thống.

#### 4.3.2. Tính toán mô phỏng

Các thông số ta tính toán số liệu để đánh giá bao gồm: *Thông lượng, BLER, BER.*

#### 4.3.3. Thuật toán mô phỏng

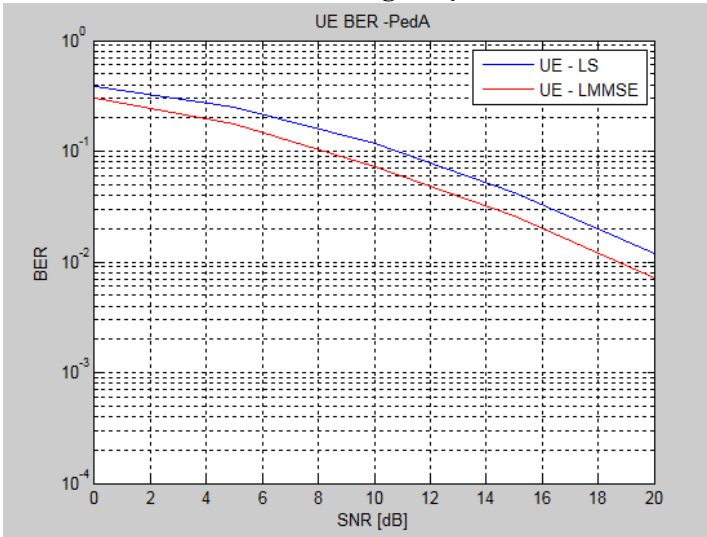
### 4.4. KỊCH BẢN MÔ PHỎNG

*Bảng 4.1 Các thông số thiết lập*

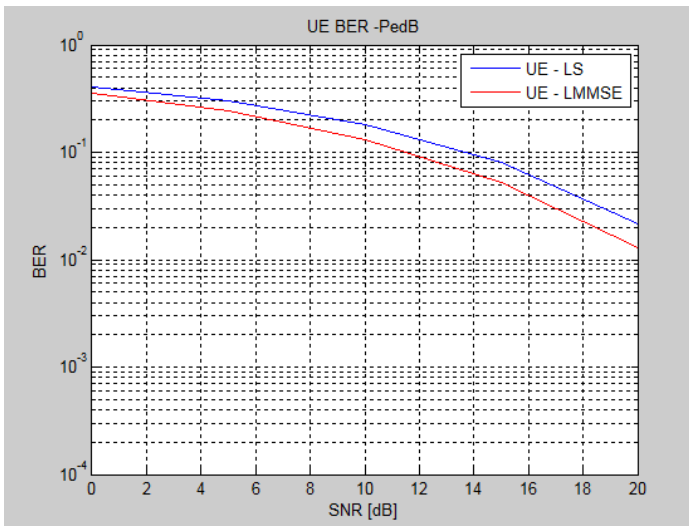
| Thông số              | Thiết lập           |
|-----------------------|---------------------|
| Số UE                 | 1                   |
| Băng thông            | 1.4 MHz             |
| Mô hình kênh          | PedA,PedB,VehA,VehB |
| Kiểu mã hóa           | QPSK                |
| Kênh dữ liệu          | SC-FDMA             |
| Cấu hình anten        | SISO                |
| Pilot                 | Zadoff-Chu          |
| Ước lượng             | LS,MMSE             |
| Khoảng cách sóng mang | 15 kHz              |
| Số lượng sóng mang    | 300                 |
| Tốc độ lấy mẫu [MHZ]  | 7.68                |
| Sóng mang             | 1.9e9               |
| Thuật toán lập lịch   | Round Robin         |

## 4.5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

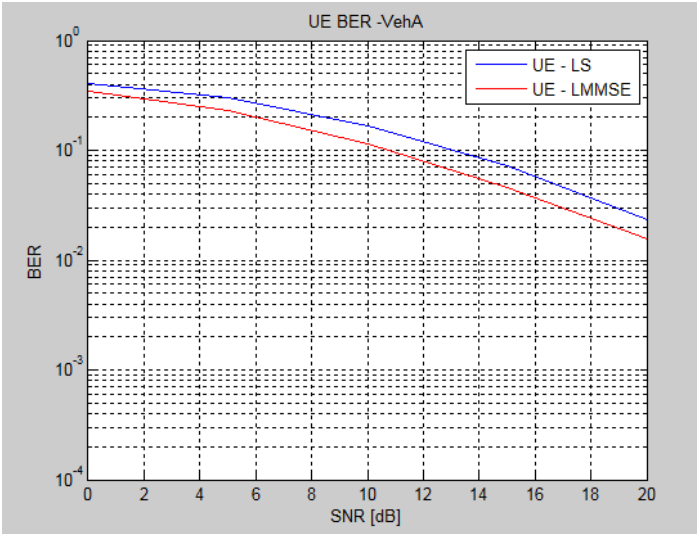
### 4.5.1. Khảo sát BER với các giá trị SNR



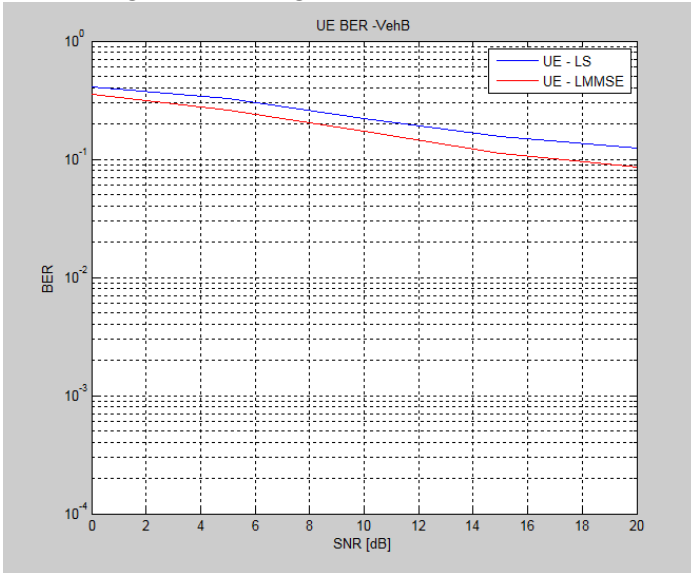
Hình 4.3 BER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ A



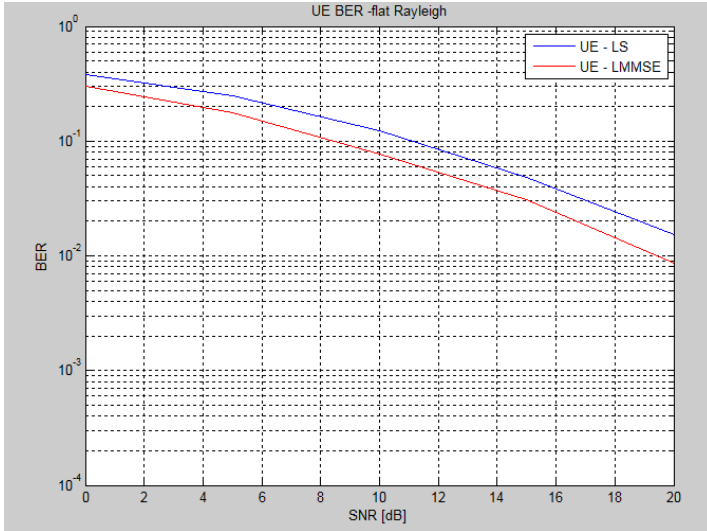
Hình 4.4 BER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ B



Hình 4.5 BER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cột A



Hình 4.6 BER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cột B



Hình 4.7 BER giữa ước lượng LS và LMMSE với mô hình Flat Rayleigh

Bảng 4.2 Thông số BER của các kỹ thuật ước qua các môi trường với từng SNR

| SNR | Ped A |       | Ped B |       | Veh A |        | Veh B |       | Flat Rayleigh |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|-------|
|     | LSE   | LMMSE | LSE   | LMMSE | LSE   | LMMSE  | LSE   | LMMSE | LSE           | LMMSE |
| 0   | 0.381 | 0.302 | 0.408 | 0.351 | 0.403 | 0.347  | 0.405 | 0.357 | 0.378         | 0.3   |
| 5   | 0.253 | 0.178 | 0.305 | 0.242 | 0.301 | 0.2315 | 0.323 | 0.262 | 0.251         | 0.176 |
| 10  | 0.115 | 0.073 | 0.182 | 0.130 | 0.166 | 0.1158 | 0.223 | 0.171 | 0.124         | 0.077 |
| 15  | 0.048 | 0.030 | 0.08  | 0.052 | 0.073 | 0.0458 | 0.155 | 0.113 | 0.048         | 0.031 |
| 20  | 0.015 | 0.009 | 0.021 | 0.013 | 0.023 | 0.0158 | 0.123 | 0.087 | 0.015         | 0.01  |

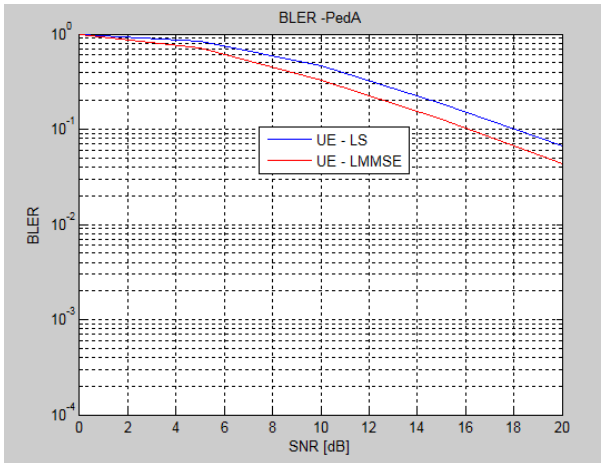
Qua bảng thông số BER ứng với từng SNR ta có thể dễ dàng thấy được giá trị BER sẽ giảm dần ứng với các mức SNR tăng dần. Kỹ thuật LMMSE luôn cho kết quả tốt hơn LSE tại mọi giá trị SNR.

Tuy nhiên, độ khác nhau của kết quả BER lại khác nhau qua các giá trị SNR và độ chênh lệch này sắp xỉ tỉ lệ nghịch với SNR.

Trong môi trường tốt hơn, sự khác nhau của 2 kĩ thuật này sẽ giảm dần và gần đạt như nhau. Tại môi trường tốt thì LSE sẽ lựa chọn tối ưu vì nó sử dụng tài nguyên ít và cho kết quả tương tự LMMSE. Nhưng môi trường nhiễu cao, bắt buộc phải sử dụng LMMSE để đạt BER cho phép. Mô hình kênh PedA và Flat Rayleigh cho kết quả BER tốt hơn so với 3 mô hình kênh còn lại tại mỗi mức SNR nhất định.

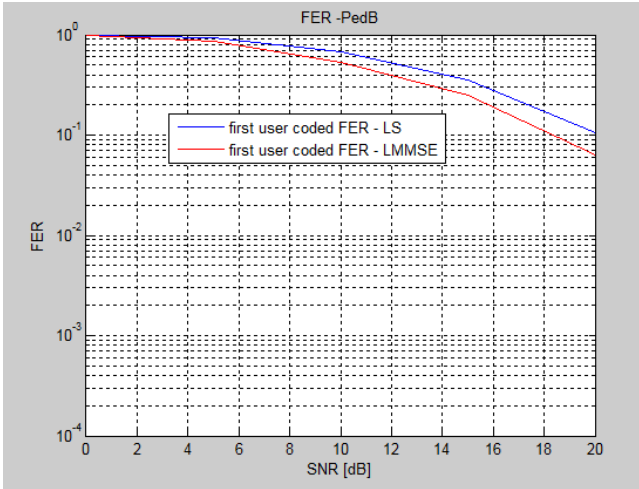
#### 4.5.2. Khảo sát tỉ lệ lỗi của khối phát (BLER) qua các giá trị SNR

Một thông số khác để đánh giá chất lượng của hai kĩ thuật là BLER.

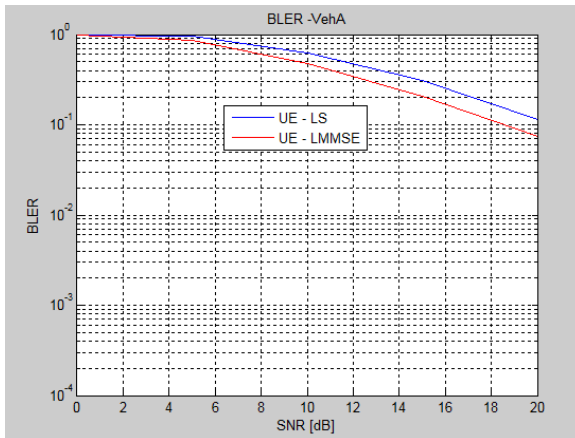


Hình 4.8 BLER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ A

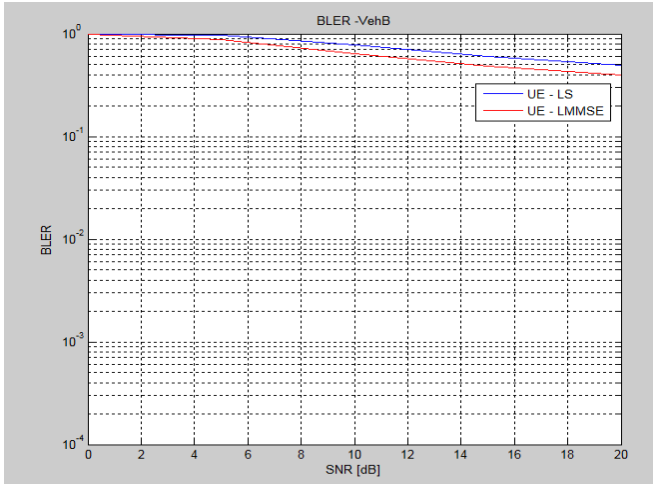




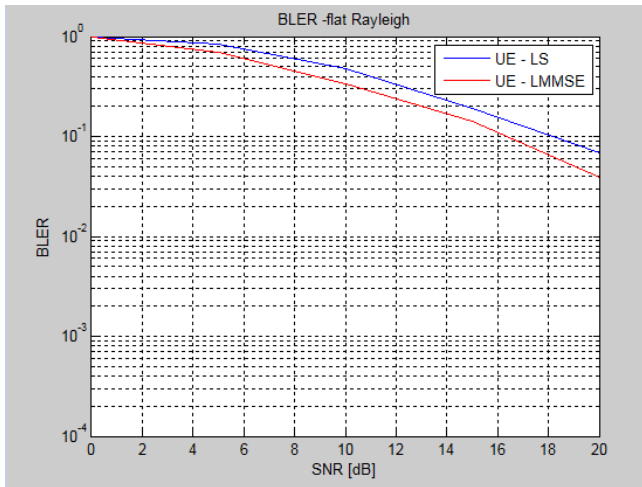
Hình 4.9 BLER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ B



Hình 4.10 BLER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cộ A



Hình 4.11 BLER giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cộ B



Hình 4.12 BLER giữa ước lượng LS và LMMSE với mô hình Flat Rayleigh

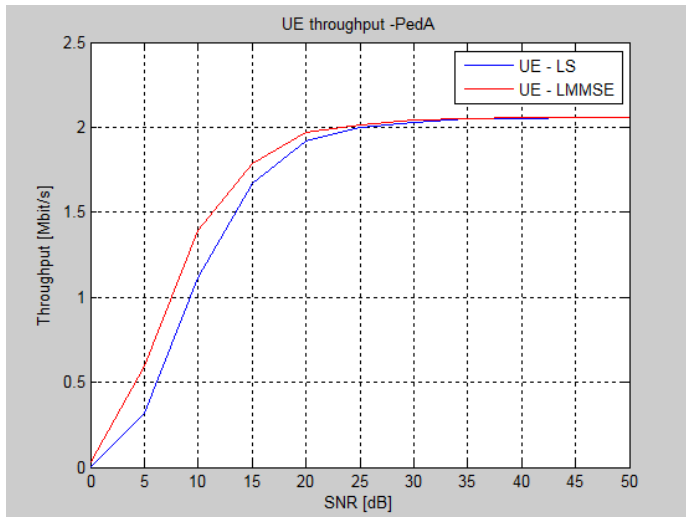
Qua hình 4.8 đến 4.12, dễ dàng ta thấy chất lượng của LMMSE tốt hơn hẳn LS.

*Bảng 4.4 Thông số BLER của các kỹ thuật ước qua các môi trường với từng SNR*

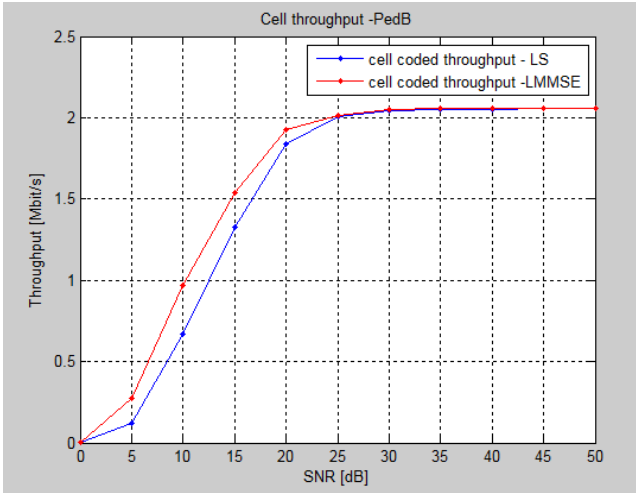
| SNR | Ped A |       | Ped B |       | Veh A |       | Veh B |       | Flat Rayleigh |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|
|     | LSE   | LMMSE | LSE   | LMMSE | LSE   | LMMSE | LSE   | LMMSE | LSE           | LMMSE |
| 0   | 0.998 | 0.983 | 0.999 | 0.997 | 1     | 0.995 | 1     | 0.955 | 0.997         | 0.979 |
| 5   | 0.846 | 0.709 | 0.941 | 0.865 | 0.95  | 0.853 | 0.969 | 0.884 | 0.849         | 0.695 |
| 10  | 0.458 | 0.324 | 0.675 | 0.53  | 0.62  | 0.481 | 0.778 | 0.645 | 0.48          | 0.335 |
| 15  | 0.186 | 0.129 | 0.355 | 0.25  | 0.31  | 0.205 | 0.597 | 0.482 | 0.192         | 0.143 |
| 20  | 0.067 | 0.043 | 0.105 | 0.064 | 0.11  | 0.075 | 0.495 | 0.397 | 0.068         | 0.039 |

Qua bảng 4.4, ta dễ dàng nhận thấy BLER giảm dần so với SNR tăng dần. Mô hình kênh PedA và Flat Rayleigh vẫn cho kết quả tốt hơn các mô hình còn lại.

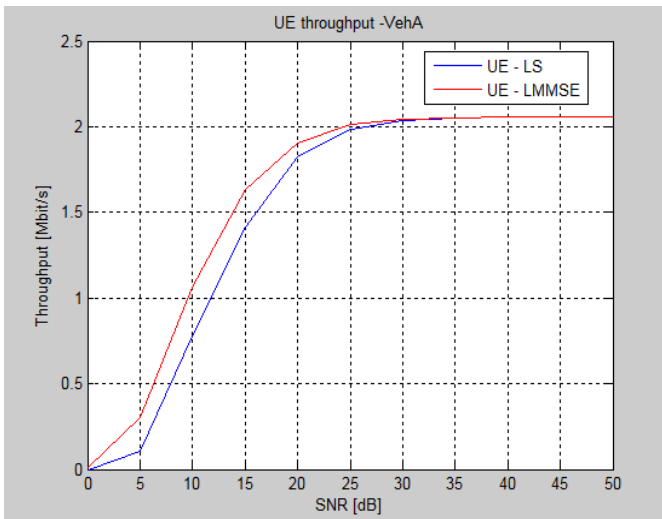
#### 4.5.3. Khảo sát thông lượng qua các giá trị SNR



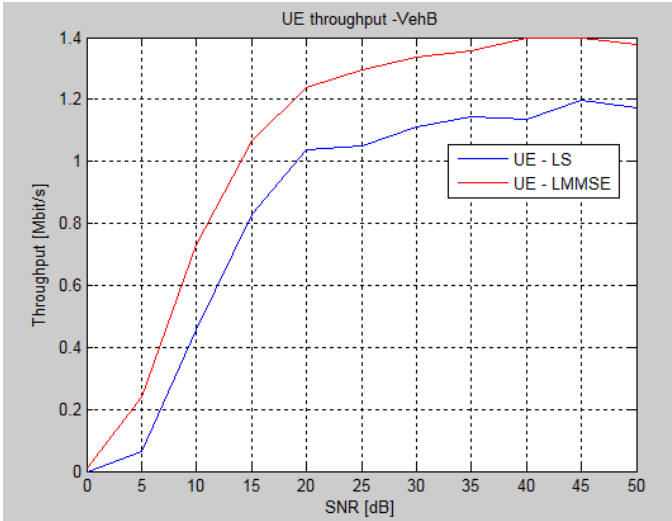
*Hình 4.13 Thông lượng giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ A*



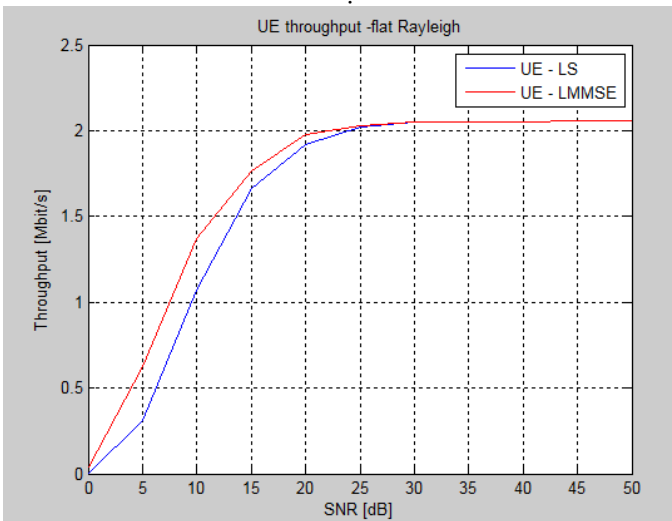
Hình 4.14 Thông lượng giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình người đi bộ B



Hình 4.15 Thông lượng giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cộ A



Hình 4.16 Thông lượng giữa ước lượng LSE và LMMSE với mô hình xe cộ B



Hình 4.17 Thông lượng giữa ước lượng LS và LMMSE với mô hình Flat Rayleigh

Qua hình 4.13 đến 4.17, ta có thể thấy được dung lượng của LMMSE tốt hơn so với LS trong khoảng SNR nhất định. Tuy nhiên với giá trị SNR quá cao, cả 2 đạt đến giá trị bão hòa và không thể tăng được nữa.

*Bảng 4.5 Thông lượng của các kỹ thuật ước qua các môi trường với từng SNR (Mb/s)*

| SNR | Ped A  |        | Ped B  |        | Veh A  |        | Veh B  |        | Flat Raleigh |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|
|     | LSE    | LMMSE  | LSE    | LMMSE  | LSE    | LMMSE  | LSE    | LMMSE  | LSE          | LMMSE  |
| 0   | 0.0041 | 0.0350 | 0.0021 | 0.0062 | 0      | 0.0103 | 0      | 0.0103 | 0.0062       | 0.0432 |
| 5   | 0.3166 | 0.5983 | 0.1213 | 0.2776 | 0.1028 | 0.3022 | 0.0637 | 0.2385 | 0.3105       | 0.6271 |
| 10  | 1.1144 | 1.3899 | 0.6682 | 0.9663 | 0.7772 | 1.0671 | 0.4564 | 0.7299 | 1.0691       | 1.3672 |
| 15  | 1.6736 | 1.7908 | 1.3261 | 1.5420 | 1.4145 | 1.6345 | 0.8286 | 1.0650 | 1.6612       | 1.7620 |
| 20  | 1.9182 | 1.9676 | 1.8401 | 1.9244 | 1.8237 | 1.9018 | 1.0383 | 1.2398 | 1.9162       | 1.9758 |
| 25  | 2.0025 | 2.0169 | 2.0087 | 2.0108 | 1.9882 | 2.0108 | 1.0486 | 1.2953 | 2.0210       | 2.0293 |
| 30  | 2.0313 | 2.0437 | 2.0457 | 2.0519 | 2.0375 | 2.0457 | 1.1123 | 1.3364 | 2.0478       | 2.0498 |
| 35  | 2.0519 | 2.0519 | 2.0478 | 2.0560 | 2.0519 | 2.0519 | 1.1431 | 1.3570 | 2.0519       | 2.0539 |
| 40  | 2.0519 | 2.0560 | 2.0539 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 1.1370 | 1.3981 | 2.0539       | 2.0539 |
| 45  | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 1.1966 | 1.3960 | 2.0560       | 2.0560 |
| 50  | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 2.0560 | 1.1719 | 1.3775 | 2.0560       | 2.0560 |

Qua bảng 4.5, hầu hết các mô hình đạt ngưỡng băng thông tại SNR cao cho cả kỹ thuật LSE và LMMSE. Tại các giá trị SNR cao như vậy, LSE và LMMSE cho kết quả như nhau và đạt trạng thái bão hòa dù cho SNR có tăng bao nhiêu chăng nữa. Băng thông ở các mô hình kênh đều đạt trạng thái bão hòa khi SNR tăng cao, tuy nhiên ngoại trừ VehB – mô hình chịu ảnh hưởng Doppler nặng nề nhất vẫn chưa đạt trạng thái bão hòa. Mô hình này có thể đạt trạng thái bão hòa tại giá trị SNR cao hơn nữa. Sự khác nhau giữa LMMSE và LSE có thể thấy rõ rệt tại các giá trị SNR tầm trung. LMMSE luôn cho kết

quả bằng thông cao hơn so với LSE và nó cũng đạt trạng thái bão hòa nhanh hơn.

#### **4.6. TỔNG HỢP KẾT QUẢ**

Qua phân tích số liệu về thông lượng, BER và BLER theo các kỹ thuật khác nhau, kết quả giả lập tốt hơn với SNR cao hơn và kỹ thuật LMMSE luôn cho kết quả tốt hơn khi môi trường xấu.

Trong môi trường nhiễu cao: LMMSE

Trong môi trường nhiễu tầm trung: LMMSE cho các yêu cầu tốc độ cao, dữ liệu cần chính xác cao, trong khi LSE cho các yêu cầu bình thường.

Trong môi trường rất ít nhiễu: LSE

Tuy nhiên, trong thực tế, LMMSE vẫn được sử dụng rộng rãi hơn để đảm bảo thông lượng và độ chính xác vì rất khó để tạo SNR tăng cao, và rất khó đảm bảo chất lượng trong các môi trường nhiễu cao như mưa gió, thiên tai nếu dùng LSE.

#### **4.7. KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Về cơ bản, trong môi trường nhiễu cao, ta nên chọn LMMSE để đảm bảo chính xác. Trong môi trường bình thường, tùy vào mục đích và tình huống cụ thể ta có thể lựa chọn ước lượng phù hợp. Tuy nhiên, hầu hết các hệ thống đều sử dụng LMMSE vì các ưu điểm hơn hẳn của nó.

Trong nội dung chương này, luận văn đã trình bày được kết quả mô phỏng cần thiết và phân tích các số liệu để đề xuất kỹ thuật ước lượng phù hợp.

## KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

### **Kết luận:**

Công nghệ LTE, được hiểu là công nghệ di động thế hệ thứ 4, hiện nay đã được triển khai ở vài nước trên thế giới và có lẽ là sự lựa chọn của các mạng tại Việt Nam, vốn trung thành với dòng công nghệ di động GSM ( thế hệ thứ 2), UMTS/WCDMA (thế hệ thứ 3). Khi trải nghiệm mạng thế hệ thứ 3 sau khi nâng cấp lên từ GSM, chúng ta có thể gọi là hài lòng với chất lượng dịch vụ mà thế hệ thứ 3 đem lại. Mặc dù chưa được thương mại hóa nhiều nhưng LTE hứa hẹn sẽ làm người dùng rất hài lòng bởi sự vượt trội hơn nữa của công nghệ này so với thế hệ thứ 3.

Với đặc điểm là mạng toàn IP, hỗ trợ hoàn toàn cho các dịch vụ chạy trên nền IP, LTE được phát triển để trở thành mạng internet không dây mạnh mẽ hỗ trợ ở mọi lúc, mọi nơi với băng thông hàng trăm Mb/s. Khi đó eNodeB sẽ thay thế cả vai trò của RNC và NodeB trong thế hệ thứ 3, việc quản lý và điều khiển mọi hoạt động trên giao diện vô tuyến sẽ chỉ do eNodeB đảm trách. Khi đó, vai trò của bộ cấp phát tài nguyên phụ thuộc nhiều vào bộ lập lịch lớp MAC trong eNodeB.

Ước lượng kênh truyền đóng vai trò quan trọng và chủ đạo trong LTE. Bởi bộ ước lượng kênh phải tiếp nhận rất nhiều thông tin, xử lý và đưa ra mô hình kênh gần chính xác. Hoạt động của ước lượng kênh ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng tín hiệu nhận được và tốc độ của kênh truyền. Như vậy, bộ ước lượng sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến toàn bộ hệ thống LTE.



Ước lượng kênh truyền là kỹ thuật tính toán mô hình đáp ứng của kênh truyền. Mặc dù có rất nhiều kỹ thuật ước lượng, nhưng việc phát triển và tối ưu trong hệ thống thông tin di động rất phức tạp vì thế khó tìm ra thuật toán ước lượng ngoài LSE, LMMSE.

Nội dung luận văn tập trung phân tích đánh giá hệ thống LTE kênh truyền lên. Ngoài ra, luận văn còn so sánh SC-FDMA được sử dụng trong LTE đường lên với OFDMA được sử dụng trong đường xuống. Nội dung chính của luận văn là phân tích đánh giá các kỹ thuật cân bằng ước lượng. Mô phỏng tập trung mô phỏng các bước cơ bản trong hệ thống LTE đường lên và đánh giá kỹ thuật LSE với LMMSE qua các mô hình truyền dẫn khác nhau.

Trong luận văn, phần mô phỏng giả lập kênh truyền lên qua các mô hình truyền dẫn khác nhau từ người đi bộ (Ped A,B) đến mô hình xe cộ (Veh A,B) và Flat Rayleigh dưới sự ảnh hưởng của block padding. Hệ thống lần lượt sử dụng 2 kỹ thuật ước lượng LSE và LMMSE qua các giá trị của SNR. Để đánh giá các kỹ thuật, mô phỏng sẽ tính toán BER, BLER và Thông lượng để so sánh.

Sau khi mô phỏng, luận văn đã có bước so sánh và đánh giá các kỹ thuật ước lượng qua các mô hình. Kết quả nhận được đó là: về cơ bản, trong môi trường nhiễu cao, ta nên chọn LMMSE để đảm bảo chính xác. Trong môi trường bình thường, tùy vào mục đích và tình huống cụ thể ta có thể lựa chọn ước lượng phù hợp. Tuy nhiên, hầu hết các hệ thống đều sử dụng LMMSE vì các ưu điểm hơn hẳn của nó. Việc áp dụng kỹ thuật ước lượng trong hệ thống di động LTE cần nhiều thông tin hơn nữa để có thể ứng dụng kỹ thuật ước lượng

cho LTE như lưu lượng hiện tại, lưu lượng tương lai, bố trí mạng lưới, vị trí địa lý, đặc điểm và thói quen truy cập của khách hàng, khả năng đường truyền, khả năng xử lý eNodeB... Rất nhiều yếu tố được liệt kê cho thấy việc áp dụng kỹ thuật ước lượng rất quan trọng, ảnh hưởng rất nhiều đến hệ thống di động như LTE và cả người dùng. Và vai trò quan trọng của kỹ thuật ước lượng là không thể bàn cãi.

**Hướng phát triển:**

Nội dung luận văn chỉ dừng ở mức độ nguyên cứu và mô phỏng các thuật toán ước lượng trong hệ thống LTE kênh truyền lên, qua đó đánh giá các thông số về thông lượng, lỗi gói và tỉ lệ lỗi bit. Luận văn chỉ dừng ở mức độ so sánh các kỹ thuật ước lượng trong một vài môi trường truyền dẫn với các thông số cấu hình ít thay đổi. Vì vậy, hướng phát triển đề tài là mở rộng luận văn với nhiều kỹ thuật ước lượng khác nhau trong các điều kiện khác nhau và các thông số cấu hình khác nhau như chiều dài CP hoặc sắp xếp pilot. Ngoài ra, nhược điểm lớn nhất của đề tài là chưa so sánh và mô phỏng được kỹ thuật SC-FDMA được sử dụng trong đề tài với kỹ thuật cũ OFDMA nếu được sử dụng trong kênh truyền lên. Vì vậy, đây là phần cần tập trung nêu phát triển đề tài.

Ngoài ra, đề tài chỉ dừng lại mô phỏng ảnh hưởng của môi trường block fading mà vẫn chưa đề cập tới fast fading. Fast fading sẽ yêu cầu tính toán kỹ thuật phức tạp hơn so với block fading. Vì vậy, đây cũng có một hướng phát triển đề tài độc lập so với các hướng phát triển phía trên.