

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

-----o0o-----

NGUYỄN VĂN THẮNG

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT OFDM VÀ ỨNG
DỤNG TRONG MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG
4G**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điện tử

CB HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. NGUYỄN HỮU CÔNG

THÁI NGUYÊN- 2016

Công trình được hoàn thành tại
Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên

Người hướng dẫn khoa học:

PGS.TS. Nguyễn Hữu Công

Phản biện 1:

PGS.TS. Đỗ Xuân Tiến

Phản biện 2:

TS. Đào Huy Du

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn họp tại: phòng 202 nhà A10 trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên. Vào hồi 11h giờ 00' ngày 21 tháng 08 năm 2016.

Có thể tìm đọc luận văn tại: Thư viện trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Trung tâm học liệu trường Đại học Thái Nguyên.

LỜI CAM ĐOAN

Họ và tên: Nguyễn Văn Thắng

Học viên: Lớp cao học K16- KTĐT, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp
Thái Nguyên.

Nơi công tác: Viettel Thái Nguyên – Tập đoàn Viễn thông Quân đội.

Tên đề tài luận văn thạc sỹ: **“Nghiên cứu kỹ thuật OFDM và ứng dụng trong mạng thông tin di động 4G”**.

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điện tử.

Mã số: 60.52.02.03

Sau hai năm học tập, rèn luyện và nghiên cứu tại trường, em lựa chọn thực hiện đề tài tốt nghiệp: **“Nghiên cứu kỹ thuật OFDM và ứng dụng trong mạng thông tin di động 4G”**.

Được sự giúp đỡ và hướng dẫn tận tình của Thầy giáo **PGS.TS. Nguyễn Hữu Công** và sự nỗ lực của bản thân, đề tài đã được hoàn thành.

Em xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân em. Các số liệu, kết quả có trong luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ một công trình nào khác.

Thái Nguyên, ngày 25 tháng 03 năm 2016

Học viên thực hiện

Nguyễn Văn Thắng

LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian học và làm đề tài thạc sỹ, em đã nhận được sự truyền đạt về kiến thức, phương pháp tư duy, phương pháp luận của các giảng viên trong trường. Sự quan tâm rất lớn của nhà trường, khoa Điện tử Viễn thông, các thầy cô giáo trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên và các bạn cùng lớp.

Em xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu, Khoa đào tạo Sau đại học, các thầy cô giáo tham gia giảng dạy đã tận tình hướng dẫn, tạo điều kiện để em hoàn thành luận văn này.

Em xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến thầy **PGS.TS. Nguyễn Hữu Công** và tập thể cán bộ giảng viên bộ môn Điện tử Viễn thông. Hội đồng bảo vệ đề cương thạc sỹ khóa K16 – KTĐT đã cho những chỉ dẫn quý báu để em hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng xong do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế nên chắc chắn luận văn không tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong muốn sẽ nhận được những chỉ dẫn từ các thầy, cô giáo và các bạn học để luận văn được hoàn thiện và có ý nghĩa hơn trong thực tiễn.

Xin chân thành cảm ơn!

Học viên

Nguyễn Văn Thắng

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	1
CHƯƠNG I - TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG DI ĐỘNG.....	3
KHÔNG DÂY	3
1.1. Lịch sử và phát triển của thông tin di động.....	3
1.1.1 Toàn cảnh hệ thống thông tin di động	3
1.1.2 Lộ trình phát triển của thông tin di động.....	5
1.1.3 Tổng kết các hệ thống thông tin di động.....	7
1.2 Giới thiệu tổng quan về hệ thống di động 4G	8
1.2.1 Mục tiêu và cách tiếp cận.....	9
1.2.2 Các điểm cần xét đến.....	10
1.2.3 Các kỹ thuật được sử dụng.....	10
1.2.4 Sự khác nhau giữa 3G và 4G	11
1.2.4.1 Ưu điểm nổi bật.....	11
1.2.4.2 Các ứng dụng đã tạo nên ưu điểm của 4G LTE so với 3G.....	11
1.3 Kết luận	12
CHƯƠNG II: KỸ THUẬT GHÉP KÊNH ĐA SÓNG MANG TRỰC GIAO VÀ KÊNH VÔ TUYẾN TRONG MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G	13
2.1 Kỹ thuật ghép kênh đa sóng mang trực giao	13
2.1.1 Giới thiệu chung.....	13
2.1.1.1 Các ưu và nhược điểm	14
2.1.1.2 Sự ứng dụng của kỹ thuật OFDM ở Việt Nam.....	16
2.1.1.3 Các hướng phát triển.....	16
2.1.1.4 Các cột mốc và ứng dụng quan trọng của OFDM	16
2.1.2 Nguyên lý kỹ thuật của OFDM	17
2.1.2.1 Hệ thống đa sóng mang	18
2.1.2.2 Ghép kênh phân chia theo tần số FDM.....	19
2.1.3 Trực giao trong OFDM.....	19

2.1.3.1 Biểu diễn sự trực giao dưới dạng toán học.....	21
2.1.3.2 Trực giao trong miền tần số	23
2.1.4 Biểu thức của tín hiệu OFDM	24
2.1.5 Thu phát tín hiệu OFDM	25
2.1.5.1 Chuyển đổi nối tiếp song song (Serial to Parallel).....	27
2.1.5.2 Điều chế sóng mang phụ.....	28
2.1.5.3 Chuyển đổi từ miền tần số sang miền thời gian.....	29
2.1.5.4 Điều chế tần số vô tuyến (RF Modulation)	30
2.1.5.5 Biểu diễn dưới dạng toán học.....	31
2.1.6 Khoảng bảo vệ GI (Guard Interval).....	32
2.1.6.1 Chống lỗi do dịch thời gian.....	33
2.1.6.2 Chống nhiễu giữa các symbol (ISI)	33
2.1.6.3 Mào đầu và phân cách sóng mang.....	36
2.1.6.4 Biểu diễn dưới dạng toán học.....	36
2.1.7 Hạn dải và tạo cửa sổ cho tín hiệu OFDM.....	40
2.1.7.1 Lọc thông dải.....	41
2.1.7.2 Sử dụng dải bảo vệ dạng cos nâng.....	43
2.2 Các kỹ thuật điều chế trong OFDM	43
2.2.1 Điều chế BPSK	44
2.2.2 Điều chế QPSK	45
2.2.3 Điều chế QAM.....	47
2.2.4 Mã Gray.....	48
2.3 Các đặc tính của OFDM	50
2.3.1 Ưu điểm	50
2.3.2 Nhược điểm	51
2.4 Kênh vô tuyến trong mạng thông tin di động 4G.....	51
2.4.1 Suy hao đường truyền và sự suy giảm tín hiệu (Path loss and Attenuation)	51
2.4.2 Định nghĩa fading.....	52

2.4.3 Hiện tượng Multipath	54
2.4.4 Kênh truyền chọn lọc tần số và kênh truyền phẳng do trải trễ đa đường gây ra...58	
2.4.5 Kênh truyền biến đổi nhanh và kênh truyền biến đổi chậm (fast fading & slow fading channel) do sự trải Dopler gây ra.	62
2.4.6 Kênh truyền Rayleigh và kênh truyền Ricean	64
CHƯƠNG III: ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 4G.....	67
3.1 Đánh giá chung về hiệu suất	67
3.1.1 Quan điểm người dùng cuối về hiệu suất.....	68
3.1.2 Khía cạnh nhà khai thác.....	70
3.2. Hiệu suất trên cơ sở tốc độ dữ liệu đỉnh và độ trễ	70
3.3 Đánh giá hiệu suất của 4G	72
3.3.1 Các mô hình và các giả thiết	72
3.3.2 Tiêu chí đánh giá	76
3.3.3 Một số kết quả mô phỏng đánh giá hiệu suất 4G	77
3.4 Kết luận	80
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	81
A.Kết luận	81
B.Hướng phát triển	81
TÀI LIỆU THAM KHẢO	82

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Lộ trình phát triển của hệ thống thông tin di động.....	6
Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống đa sóng mang.....	19
Hình 2.2: Ghép kênh phân chia theo tần số	19
Hình 2.3: Tích phân các sóng sin có cùng tần số	21
Hình 2.4: Cấu trúc trong miền thời gian của một tín hiệu OFDM	22
Hình 2.5: Phổ của 1 tín hiệu OFDM có 5 sóng mang con.....	24
Hình 2.6 : Sơ đồ khối thu phát OFDM.....	26
Hình 2.7: Cho ta thấy quan hệ giữa tốc độ symbol và tốc độ bit phụ thuộc vào số bit trong một symbol.	27
Hình 2.8: Tạo tín hiệu OFDM giai đoạn IFFT.....	29
Hình 2.9: Điều chế tần số vô tuyến tín hiệu OFDM bằng cơ sở	30
sử dụng kỹ thuật tương tự.....	30
Hình 2.10: Điều chế tần số vô tuyến tín hiệu OFDM bằng cơ sở sử dụng kỹ thuật số (DDS – Tổng hợp số trực tiếp)	30
Hình 2.11: Bộ điều chế OFDM.....	31
Hình 2.12: Hiệu quả loại bỏ ISI của dải bảo vệ	34
Hình 2.13 : Chèn khoảng thời gian bảo vệ vào tín hiệu	37
Hình 2.14 : Mô phỏng quá trình chèn khoảng thời gian bảo vệ vào tín hiệu	37
Hình 2.15: Khoảng thời gian bảo vệ giảm ảnh hưởng của ISI.....	38
Hình 2.16: Dạng sóng trong miền thời gian	40
Hình 2.18: Phổ của tín hiệu OFDM với 1536 sóng mang con.....	41
Hình 2.19: Đáp ứng tần số của tín hiệu OFDM không qua lọc.....	42
Hình 2.20: Đáp ứng tần số của tín hiệu OFDM sử dụng bộ lọc FIR.....	42
Hình 2.21: Cấu trúc của symbol sử dụng dải bảo vệ dạng cos nâng	43
Hình 2.22: Biểu đồ không gian tín hiệu BPSK.....	45
Hình 2.23: Biểu đồ tín hiệu QPSK.....	47
Hình 2.24: Chùm tín hiệu 16-QAM	48
Hình 2.25: Giảm đồ IQ cho các dạng điều chế sử dụng trong OFDM	50

Hình 2.26: Hiệu ứng pha đỉnh	52
Hình 2.27: (a) flat fading, (b) fading chọn lọc tần số, (c) với truyền dẫn OFDM thì dữ liệu được truyền trong nhiều sóng mang con, nên tại tần số bị fading thì chỉ một tập hợp dữ liệu nhỏ dữ liệu phát bị mất.	53
Hình 2.28: Hiện tượng phản xạ.....	55
Hình 2.29: Hiện tượng tán xạ	55
Hình 2.30: Hiện tượng nhiễu xạ.....	55
Hình 2.31: Các hiện tượng xảy ra trong kênh truyền vô tuyến	56
Hình 2.32: Tín hiệu gốc và 2 thành phần Multipath.....	57
Hình 2.33: Kênh truyền chọn lọc tần số và biến đổi theo thời gian	57
Hình 2.34a: Đáp ứng tần số của kênh truyền chọn lọc tần số	58
Hình 2.34b: Đáp ứng tần số của kênh truyền phẳng	59
Hình 2.35: Tín hiệu tới phía thu theo L đường	59
Hình 2.36: Kênh truyền thay đổi theo thời gian.....	62
Hình 2.37: Hàm mật độ xác suất Rayleigh và Ricean	65
Hình 3.1: Xác định tốc độ dữ liệu cho hiệu suất	69
Hình 3.2: Hiệu quả phổ tế bào FDD và hiệu quả phổ người dùng rìa tế bào, so với yêu cầu ITU-R(đường xuống và đường lên).	77
Hình 3.3: Phân bố thông lượng người dùng chuẩn hóa FDD(đường xuống và đường lên)	78
Hình 3.4: Phân bố SINR FDD (đường xuống và đường lên).....	78
Hình 3.5a: Hiệu quả phổ tế bào TDD và hiệu quả phổ người dùng rìa tế bào, so với yêu cầu ITU-R (đường xuống và đường lên).....	79
Hình 3.5b: Hiệu quả phổ tế bào TDD và hiệu quả phổ người dùng rìa tế bào, so với yêu cầu ITU-R (đường xuống và đường lên).....	79
Hình 3.6: Phân bố thông lượng người dùng chuẩn hóa TDD (đường xuống và đường lên)	80

**KÝ HIỆU VÀ THUẬT NGỮ TIẾNG ANH VIẾT TẮT
TRONG LUẬN VĂN**

Ký hiệu	Thuật ngữ tiếng anh	Nghĩa tiếng việt
1G	One Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thứ nhất
2G	Second Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thứ hai
3G	Third Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thứ ba
4G	Four Generation Cellular	Hệ thống thông tin di động thứ tư
3GPP	Third Generation Partnership Project	Dự án hợp tác thế hệ thứ 3
AAA	Adaptive Array Antenna	Ăng ten dãy thích nghi
AAA	Authentication, Authorization & Accounting	Chứng thực, ủy quyền và thanh toán
AR	Access Router	Bộ định tuyến truy nhập
ARQ	Automatic Repeat reQuest	Kỹ thuật yêu cầu lặp tự động
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Chế độ truyền dị bộ
BS	Base Station	Trạm gốc
BTS	Base Transceiver Station	Trạm thu phát gốc
BSC	Base Station Controller	Bộ điều khiển trạm gốc
BSS	Base Station System	Hệ thống trạm gốc
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy nhập phân chia theo mã
CRC	Cyclic Redundancy Code	Mã vòng dư
CN	Core Network	Mạng lõi
CN	Correspondent Node	Nút trung gian
CoA	Care of Address	Địa chỉ tạm thời
CNR	Carrier – to – Noise - Radio	Tỷ số sóng mang trên tạp âm
CRC	Cyclic Redundancy Check	Mã kiểm tra dư vòng
CTP	Context Transfer Protocol	Giao thức truyền ngữ cảnh
DS	Direct Sequence	Chuỗi trực tiếp
DS-CDMA	Direct Sequence - CDMA	CDMA chuỗi trực tiếp
DSP	Digital Signal Processor	Bộ xử lý tín hiệu số
E2R	End – to – End Reconfigurability	Khả năng cấu hình lại từ đầu cuối đến đầu cuối