

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ QUỐC PHÒNG
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

HÀ THỊ KIM THOA

NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN
CHẤT LƯỢNG MÃ LDPC

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2014

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ QUỐC PHÒNG
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

HÀ THỊ KIM THOA

NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN
CHẤT LƯỢNG MÃ LDPC

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Chuyên ngành : KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Mã số : 62 52 02 03

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS-TS ĐINH THẾ CƯỜNG

HÀ NỘI - 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan các kết quả trình bày trong luận án là công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của cán bộ hướng dẫn. Các số liệu, kết quả trình bày trong luận án là hoàn toàn trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nào trước đây. Các kết quả sử dụng tham khảo đều đã được trích dẫn đầy đủ và theo đúng quy định.

Hà Nội, ngày 04 tháng 04 năm 2014

Tác giả

Hà Thị Kim Thoa

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận án này, tác giả đã nhận được nhiều sự giúp đỡ và đóng góp quý báu.

Đầu tiên, tác giả xin bày tỏ lòng cảm ơn tới thầy giáo hướng dẫn PGS. TS. Đinh Thế Cường đã tận tình hướng dẫn và giúp đỡ tác giả trong quá trình nghiên cứu.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng Sau Đại học, Bộ môn Thông tin, Khoa Vô tuyến Điện tử, Học viện Kỹ thuật Quân sự đã tạo điều kiện thuận lợi để tác giả hoàn thành nhiệm vụ. Tác giả cũng xin cảm ơn Cục Tần số vô tuyến điện, là đơn vị chủ quản, đã tạo điều kiện cho phép tác giả có thể tham gia nghiên cứu trong các năm làm nghiên cứu sinh.

Cuối cùng, tác giả xin bày tỏ lòng cảm ơn đến gia đình, bạn bè, các đồng nghiệp đã luôn động viên, giúp đỡ tác giả vượt qua khó khăn để đạt được những kết quả nghiên cứu như ngày hôm nay.

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

TRANG PHỤ BÌA	
LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC HÌNH VẼ	viii
DANH MỤC KÝ HIỆU TOÁN HỌC	xi
MỞ ĐẦU	1
Chương 1: TỔNG QUAN.....	9
1.1 Giới hạn Shannon	9
1.1.1 Lượng tin	11
1.1.2 Entropy	12
1.1.3 Kênh thông tin	13
1.1.4 Lượng tin tương hỗ	15
1.1.5 Dung lượng kênh rời rạc	15
1.1.6 Lý thuyết về mã kênh	15
1.2 Mã LDPC.....	17
1.2.1 Sự phát triển của các kỹ thuật mã kênh nhằm đạt giới hạn Shannon ...	17
1.2.2 Quá trình phát triển của mã LDPC	19
1.2.3 Cơ bản về mã LDPC.....	21
1.2.4 Đặc điểm của mã LDPC	25
1.3 Sơ đồ BICM-ID truyền thống.....	26
1.4 Đặt vấn đề nghiên cứu	32
Chương 2: SƠ ĐỒ KẾT HỢP LDPC VÀ BICM-ID	35
2.1 Sơ đồ khối hệ thống điều chế mã LDPC	35
2.2 Cải tiến thuật toán giải mã SPA.....	37

2.2.1 Bộ giải mã cứng.....	37
2.2.2 Giải mã mềm: Thuật toán tổng-tích SPA	39
2.2.3 Thuật toán giải mã SPA trong miền Log.....	47
2.2.4 Các thuật toán xấp xỉ	51
2.2.5 Cải tiến thuật toán SPA	51
2.2.6 Giảm sự ảnh hưởng của sai số ước lượng kênh tới chất lượng thuật toán giải mã SPA.....	57
2.3 Xây dựng sơ đồ mô phỏng hệ thống BILCM-ID.....	60
2.3.1 Mã hóa LDPC.....	60
2.3.2 Hệ thống BILCM-ID có trộn bit.....	63
2.4 Kết luận chương	67
Chương 3: ĐIỀU CHẾ MÃ LDPC DỰA TRÊN ĐỘ TIN CẬY CỦA CÁC BÍT MÃ.....	69
3.1 Xây dựng bộ hoán vị dựa trên độ tin cậy của các bit mã.....	69
3.2 Kết quả mô phỏng hệ thống BILCM-ID với tín hiệu đa mức	75
3.3 Kết quả mô phỏng hệ thống BILCM-ID với tín hiệu đa chiều.....	80
3.4 Kết luận chương	90
KẾT LUẬN	91
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	94
TÀI LIỆU THAM KHẢO	95

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nghĩa tiếng Anh	Nghĩa Tiếng Việt
APP	A Posteriori Probability	Xác suất hậu nghiệm
AWGN	Additive White Gaussian Noise	Tạp âm Gao-xơ trắng cộng tính
BCH	Bose, Chaudhuri and Hocquenghem	Mã BCH
BEC	Binary Erasure Channel	Kênh xóa nhị phân
BER	Bit Error Rate	Tỉ lệ lỗi bit
BICM-ID	Bit Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding	Điều chế mã có hoán vị bit và giải mã lặp
BILCM-ID	Bit-Interleaved LDPC Coded Modulation with Iterative Decoding	Hệ thống điều chế mã kiểm tra mật độ thấp có hoán vị bit và giải mã lặp
BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khóa dịch pha nhị phân
BP	Belief Propagation	Lan truyền niềm tin
BS	Binary Source	Nguồn nhị phân
BSC	Binary Symmetric Channel	Kênh nhị phân đối xứng
CM	Coded Modulation	Điều chế mã

DMS	Discrete Memoryless Source	Nguồn không nhớ rời rạc
DVB-S2	Digital Video Broadcasting – Satellite – Second Generation	Truyền hình số - Vệ tinh Thế hệ thứ hai
FEC	Forward Error Correction	Sửa lỗi hướng đi
FER	Frame Error Rate	Tỷ lệ lỗi khung
GF	Galois Field	Trường Galois
MLC	Multi-Level Coding	Mã đa mức
MLD	Maximum Likelihood Decoding	Giải mã hợp lẽ cực đại
LDPC	Low-Density Parity-Check Code	Mã kiểm tra mật độ thấp
OSP	Order Statistic Decoding	Giải mã bậc thống kê
PCCC	Parallel Concatenated Convolutional Codes	Mã chập liên kết song song (Mã Turbo)
PSK	Phase Shift Keying	Khóa dịch pha
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Điều chế cầu phương
RA	Repeat Accumulate	Tích lũy lặp
RBCM	Reliability Based Coded Modulation	Điều chế mã dựa trên độ tin cậy
RS	Reed - Solomon	Mã Reed - Solomon

SCCC	Serial Concatenated Convolutional Codes	Mã chập liên kết nối tiếp
SER	Symbol Error Rate	Tỷ lệ lỗi ký hiệu
SF	Scale Factor	Hệ số hiệu chỉnh
SISO	Soft Input Soft Output	Đầu vào mềm Đầu ra mềm
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỉ số công suất tín hiệu trên tạp âm
SPA	Sum-Product Algorithm	Thuật toán tổng-tích
SP	Set Partitioning	Phân hoạch tập
SSP	Semi-Set Partitioning	Bán phân hoạch tập
TCM	Trellis Coded Modulation	Điều chế mã lưới
TG	Tanner Graph	Đồ hình Tanner
VA	Viterbi Algorithm	Thuật toán Viterbi
4G	4 th Generation	Thế hệ thứ tư

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1-1. Sơ đồ khối hệ thống thông tin số đơn giản.....	11
Hình 1-2. Kênh nhị phân đối xứng	13
Hình 1-3. Kênh xóa nhị phân.....	14
Hình 1-4. Kênh Gao-xơ	16
Hình 1-5. Biểu diễn ma trận và biểu diễn đồ hình Tanner của mã LDPC.....	24
Hình 1-6. Vòng kín chiều dài 4 trong ma trận kiểm tra.....	25
Hình 1-7. Sơ đồ khối hệ thống BICM-ID.....	27
Hình 1-8. Nguyên lý giải mã cứng (a) và giải mã mềm (b).....	28
Hình 1-9. Phẩm chất hệ thống BICM-ID phụ thuộc vào kiểu ánh xạ.....	31
Hình 2-1. Sơ đồ khối hệ thống.....	36
Hình 2-2. Cây kiểm tra trên đồ hình Tanner.....	38
Hình 2-3. Tập con của đồ hình Tanner. (a) Hình cây với c_i là gốc. (b) Phần thực tế của đồ hình Tanner với c_i là nút gốc.	41
Hình 2-4. Cây hai tầng.....	44
Hình 2-5. Độc lập có điều kiện giữa tập các bit.....	48
Hình 2-6. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hệ số SF đối với mã LDPC dài 240 bit, $E_b / N_0 = 2,0$ dB.....	53
Hình 2-7. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hệ số SF đối với mã LDPC dài 240 bit, $E_b / N_0 = 3,0$ dB.....	53
Hình 2-8. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hệ số SF đối với mã LDPC dài 480 bit, $E_b / N_0 = 2,0$ dB	54
Hình 2-9. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hệ số SF đối với mã LDPC dài 480 bit, $E_b / N_0 = 2,5$ dB	55