

## TRANG THÔNG TIN LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Tên đề tài luận án tiến sĩ: **Nghiên cứu bộ tách sóng và giải mã sửa lỗi với bộ điều chế xếp chồng cho hệ thống MIMO cỡ lớn sử dụng bộ ADC phân giải thấp**

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông

Mã số: 9.52.02.08

Họ và tên NCS: **Hoàng Anh Đức**

Người hướng dẫn khoa học:

**1. PGS.TS. Nguyễn Trung Hiếu**

**2. PGS.TS. Lê Nhật Thăng**

Cơ sở đào tạo: Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

### NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN:

Luận án hướng tới việc khảo sát và phân tích khả năng kết hợp giữa điều chế xếp chồng và mã P-LDPC trong các hệ thống MIMO quy mô lớn sử dụng bộ chuyển đổi ADC độ phân giải thấp. Luận án tập trung phân tích bài toán và xây dựng mô hình toán học phù hợp với bản chất của hệ thống, sau đó kiểm chứng mô hình thông qua các mô phỏng trên máy tính nhằm đánh giá độ chính xác và khả năng áp dụng thực tiễn. Bên cạnh phân tích lý thuyết, luận án phát triển hệ thống mô phỏng bằng ngôn ngữ C++ và sử dụng phương pháp Monte-Carlo để đánh giá hiệu năng trong các kịch bản gần với điều kiện vận hành thực tế. Cách tiếp cận này cho phép kiểm chứng sự phù hợp giữa kết quả lý thuyết và mô phỏng, đồng thời đánh giá tính ổn định và hiệu quả của giải pháp đề xuất dưới nhiều cấu hình và chế độ hoạt động khác nhau. Luận án có hai đóng góp chính đó là:

**Đóng góp thứ nhất của luận án là** đề xuất mô hình tích hợp điều chế xếp chồng M-QAM với mã P-LDPC trong hệ thống thông tin vô tuyến MIMO cỡ lớn sử dụng các bộ ADC độ phân giải thấp. Trên cơ sở đó, luận án đánh giá hiệu năng toàn diện của hệ thống, bao gồm khả năng chống lỗi, độ hội tụ giải mã và hiệu quả phổ trong điều kiện lượng tử hóa thô. Kết quả phân tích và mô phỏng cho thấy sơ đồ điều chế xếp chồng tín hiệu với trọng số bằng nhau vượt trội hơn về hiệu năng BER so với sơ đồ khoảng cách đều, đặc biệt là trong các hệ thống sử dụng ADC độ phân giải thấp. Cách tiếp cận này khai thác đồng thời ưu điểm của điều chế xếp chồng nhằm tăng hiệu quả truyền dẫn, đồng thời kết hợp với khả năng mã hóa mạnh mẽ của P-LDPC để cải thiện độ tin cậy trong môi trường phân cứng

hạn chế.

**Đóng góp thứ hai của luận án** là đề xuất thuật toán PEXIT cải tiến để phân tích và dự đoán ngưỡng giải mã nhằm cải thiện hiệu năng của hệ thống thông tin vô tuyến MIMO cỡ lớn sử dụng các bộ ADC độ phân giải hỗn hợp tại phía thu. Việc kết hợp linh hoạt giữa các bộ ADC độ phân giải cao và thấp, vừa giảm được đáng kể công suất tiêu thụ và chi phí phần cứng, vừa duy trì hiệu năng phát hiện tín hiệu và giải mã gần với hệ thống dùng bộ ADC độ phân giải cao truyền thống. Các mô phỏng cũng minh chứng rằng hệ thống MIMO quy mô lớn đạt hiệu năng vượt trội khi sử dụng cấu hình ADC hỗn hợp so với trường hợp toàn bộ các nhánh thu đều sử dụng cùng một mức độ phân giải. Việc kết hợp nhiều mức phân giải ADC giúp khai thác được ưu điểm của từng loại bộ chuyển đổi, tối ưu hóa mối quan hệ đánh đổi giữa năng lượng tiêu thụ và hiệu năng BER, qua đó nâng cao chất lượng toàn hệ thống một cách đáng kể.

#### CÁC ỨNG DỤNG, KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN HOẶC NHỮNG VẤN ĐỀ CÒN BỎ NGỎ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU:

Thực tế luận án đã đạt được một số kết quả đáng ghi nhận song vẫn còn một số vấn đề còn bỏ ngỏ cần tiếp tục nghiên cứu. Các chủ đề này đều liên quan đến việc khai thác mã P-LDPC trong hệ thống sử dụng bộ chuyển đổi ADC độ phân giải hỗn hợp, và có tiềm năng mở rộng đáng kể về mặt học thuật lẫn ứng dụng. Cụ thể, một số định hướng đáng quan tâm được khuyến nghị như sau:

(1.) Phần nghiên cứu lý thuyết tập trung vào việc tối ưu hóa tỉ lệ phân bố giữa các ăng-ten sử dụng ADC độ phân giải thấp và các ăng-ten có độ phân giải cao. Các kết quả mô phỏng ban đầu mang lại tín hiệu tích cực, tuy nhiên cần tiếp tục nghiên cứu sâu hơn để phân tích định lượng mối quan hệ đánh đổi giữa hiệu suất năng lượng (EE) và hiệu quả phổ (SE). Ngoài ra, việc xác định một tỉ lệ hỗn hợp tối ưu giữa các loại ăng-ten là cần thiết nhằm đạt được hiệu năng tổng thể tốt nhất cho hệ thống, cân bằng giữa tiết kiệm năng lượng và chất lượng truyền dẫn.

(2.) Nghiên cứu tập trung vào việc xây dựng, thiết kế các mã P-LDPC tương thích với từng tỉ lệ phân bố giữa các ăng-ten sử dụng ADC độ phân giải thấp và cao. Mục tiêu là điều chỉnh bậc của các nút biên trong ma trận cơ sở sao cho phù hợp với đặc điểm lượng tử hóa của từng nhóm ăng-ten, từ đó góp phần nâng cao hiệu năng hoạt động của hệ thống. Việc nghiên cứu và tối ưu mã P-LDPC dành riêng cho các cấu hình Mixed-ADC vẫn là

một khoảng trống trong cộng đồng nghiên cứu quốc tế.

(3.) Qua các kết quả phân tích trong chương 2 và chương 3 và các nghiên cứu trước đó có thể nhận thấy rằng hiệu năng của hệ thống thông tin MIMO cỡ lớn có xu hướng suy giảm đáng kể khi sử dụng cấu hình với tỉ lệ số lượng ăng-ten phát trên số ăng-ten thu nhỏ hơn 1 ( $M/N < 1$ ), so với cấu hình có cùng số lượng ăng-ten phát nhưng tỉ lệ ( $M/N = 1$ ). Việc xác định tỷ lệ tối ưu giữa số lượng ăng-ten phát và ăng-ten thu đóng vai trò then chốt trong quá trình thiết kế và triển khai các hệ thống truyền thông không dây hiện đại. Những đánh giá này không chỉ góp phần lý giải rõ nguyên nhân dẫn đến sự biến thiên hiệu năng mà còn cung cấp cơ sở quan trọng cho việc tối ưu hóa thiết kế trong các nghiên cứu tương lai.

**Xác nhận của đại diện tập thể**

**Người hướng dẫn khoa học**

**PGS.TS. Lê Nhật Thăng**

**Nghiên cứu sinh**

**Hoàng Anh Đức**