

THÔNG TIN LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Họ và tên NCS: **PHẠM VĂN QUYẾT**

Đề tài nghiên cứu: **TỐI ƯU HIỆU NĂNG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỒNG THỜI
THÔNG TIN VÀ NĂNG LƯỢNG CÓ SỰ HỖ TRỢ CỦA MẶT
PHẢN XẠ THÔNG MINH**

Chuyên ngành: **KỸ THUẬT VIỄN THÔNG**

Mã số chuyên ngành: **95.20.208**

Tập thể hướng dẫn: **PGS. TS Hà Hoàng Kha**

Cơ sở đào tạo: **Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.**

Mục tiêu của Luận án

Sự phát triển bùng nổ của các dịch vụ thông tin vô tuyến chất lượng cao đã đặt ra yêu cầu cấp thiết phải nâng cao hơn nữa hiệu suất phổ và hiệu suất năng lượng của các mạng viễn thông. Thêm vào đó, việc gia tăng nhanh chóng số lượng thiết bị di động và mật độ kết nối mạng dày đặc đã đặt ra nhiều thách thức về vấn đề tiêu thụ năng lượng và quản lý can nhiễu. Các hệ thống viễn thông thế hệ tiếp theo không những cần được thiết kế tối ưu mà còn ưu tiên sử dụng các thiết bị tiêu thụ năng lượng thấp như các mặt phản xạ thông minh (IRS) để nâng cao hiệu năng của hệ thống và tiết kiệm năng lượng. Do đó, luận án tập trung nghiên cứu các hệ thống đa đầu vào đa đầu ra nhiều người dùng (MU-MIMO) truyền đồng thời thông tin và năng lượng (SWIPT) sử dụng IRS. Mục tiêu chính của luận án là nghiên cứu đề xuất các thuật toán nhằm tối ưu hiệu năng của các mô hình hệ thống thông tin vô tuyến truyền thông tin và năng lượng đồng thời có sự hỗ trợ của IRS dưới các điều kiện ràng buộc khác nhau.

Những đóng góp chính của Luận án

Nội dung thực hiện trong luận án có các đóng góp chính sau:

- Đề xuất thuật toán tối đa tổng năng lượng thu thập (SHE) của các người dùng trong hệ thống MU-MIMO SWIPT có sự hỗ trợ của IRS. Trong đó, các người dùng sử dụng kỹ thuật chia công suất (PS) để thực hiện thu năng lượng (EH) theo mô hình thu thập năng lượng phi tuyến (NLEH) và thu thông tin (ID) cùng lúc. Bài toán thiết kế là bài toán tối ưu không lồi. Để giải quyết thách thức đó, luận án đề xuất thuật toán tối ưu luân phiên

(AO) để lần lượt thiết kế tối ưu các ma trận tiền mã hóa (TPC) tại trạm gốc (BS), hệ số PS tại các người dùng và ma trận dịch pha tại IRS. Kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán đề xuất hội tụ tốt và năng lượng thu thập được trong mô hình hệ thống có IRS cao hơn so với mô hình hệ thống không có IRS.

- Đề xuất thuật toán tối đa hiệu suất phổ (SE) và hiệu suất năng lượng (EE) trong mô hình hệ thống vô tuyến nhận thức dạng nền MU-MIMO SWIPT có sự hỗ trợ IRS, trong đó các người dùng thứ cấp (SU) đồng thời thực hiện EH và ID cùng lúc bằng kỹ thuật PS. Các bài toán tối ưu là không lồi do các biến thiết kế liên kết chặt chẽ với nhau, tính chất phi tuyến của mô hình thu thập năng lượng và CSI của các kênh truyền người dùng sơ cấp (PU) không hoàn hảo. Để giải quyết các thách thức đó, luận án đề xuất thuật toán AO để lần lượt tìm lời giải tối ưu cho các biến thiết kế bao gồm các ma trận TPC tại trạm phát thứ cấp (SBS), hệ số PS tại các SU và ma trận pha tại IRS. Kết quả mô phỏng cho thấy sự hội tụ của thuật toán đề xuất được đảm bảo và thuật toán thiết kế bền vững thể hiện sự hiệu quả với các mức lỗi kênh truyền khác nhau. Ngoài ra, các kết quả cũng thể hiện SE và EE của hệ thống có sự hỗ trợ của IRS tốt hơn hệ thống không có IRS.
- Đề xuất thuật toán tối đa SE trong hệ thống vô tuyến nhận thức dạng nền MU-MIMO SWIPT có sự hỗ trợ IRS tích cực với ràng buộc năng lượng thu thập tối thiểu tại các SU lớn hơn mức yêu cầu, công suất can nhiễu (IP) tại các PU nhỏ hơn mức ngưỡng cho phép, ràng buộc biên độ phản xạ và công suất khuếch đại tại IRS. Bài toán thiết kế là bài toán tối ưu không lồi, do đó không thể giải trực tiếp. Để vượt qua các khó khăn đó, luận án khai thác mối liên hệ giữa sai số bình phương trung bình nhỏ nhất và hàm tốc độ dữ liệu để giải quyết hàm mục tiêu không lồi. Đồng thời, luận án sử dụng LMIs để xử lý các ràng buộc IP không lồi do CSI không hoàn hảo của các kênh truyền PU. Sau đó, thuật toán AO được đề xuất để lần lượt thiết kế tối ưu ma trận TPC tại SBS, hệ số PS tại các SU và ma trận hệ số phản xạ tại IRS. Kết quả mô phỏng cho thấy SE của hệ thống có IRS tích cực được cải thiện đáng kể so với hệ thống có IRS thụ động.
- Đề xuất thuật toán tối ưu đa mục tiêu trong hệ thống MU-MIMO SWIPT sử dụng IRS. Mục tiêu của luận án là tối đa đồng thời SR và SHE của các người dùng. Để thực hiện mục tiêu đó, đầu tiên, luận án xây dựng hai bài toán tối ưu đơn mục tiêu (SOOP) là bài toán tối đa SR và bài toán tối đa SHE. Tiếp theo, luận án xây dựng bài toán tối ưu đa mục tiêu (MOOP) để tối đa đồng thời SR và SHE. Sau đó, phương pháp Tchebycheff trọng số biến thể đã được áp dụng để chuyển bài toán MOOP về thành bài toán SOOP. Các bài toán SOOP và MOOP đều là các bài toán tối ưu không lồi. Để giải các bài toán

đó, luận án đã xác định các hàm thay thế phù hợp và đề xuất thuật toán AO để lần lượt tối ưu các biến thiết kế bao gồm các ma trận TPC tại BS, các hệ số PS tại các người dùng và pha tại IRS. Kết quả mô phỏng cho thấy sự hội tụ của các thuật toán SOOP và MOOP đều được đảm bảo. Đồng thời, sự tương nhượng giữa các hàm mục tiêu tối đa SR và SHE đã được khảo sát đánh giá một cách toàn diện

Luận án đã đề xuất các thuật toán tối ưu nhằm đánh giá một cách toàn diện, phong phú các khía cạnh của các hệ thống vô tuyến truyền thông tin và năng lượng đồng thời có sự hỗ trợ của IRS. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu năng của các hệ thống đề xuất có IRS về mặt năng lượng thu thập, SE, EE đều được cải thiện đáng kể so với hệ thống không có IRS và hệ thống có IRS với pha của các phần tử phản xạ cố định. Ngoài ra, các kết quả cũng cho thấy hiệu năng của hệ thống sử dụng IRS tích cực vượt trội hơn hệ thống sử dụng IRS thụ động.

Tập thể hướng dẫn

Nghiên cứu sinh

PGS.TS Hà Hoàng Kha

NCS Phạm Văn Quyết