

TRÍCH YẾU LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Tên tác giả: Trần Vũ Hợp

Tên luận án: Nâng cao khả năng lọc nhiễu, cải thiện chất lượng đài ra-đa phân giải cao.

Ngành khoa học của luận án: Kỹ thuật viễn thông

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông Mã số: 9520208

Tên đơn vị đào tạo: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

1. Mục đích và đối tượng nghiên cứu của luận án

Luận án nghiên cứu các giải pháp xử lý nhiễu cho hệ thống ra-đa phân giải cao nhằm nâng cao khả năng phát hiện, phân loại và theo dõi mục tiêu trong môi trường nhiễu phức tạp. Đối tượng nghiên cứu là hai chủng loại tiêu biểu: ra-đa FMCW giám sát tầm thấp và ra-đa xung cảnh giới tầm xa; xét ba dạng nhiễu đặc thù: (1) Nhiễu pha do tín hiệu rò giữa kênh phát-thu; (2) Nhiễu rời rạc từ chim, phương tiện mặt đất và công trình; (3) Nhiễu tiêu cực hỗn hợp phi Gaussian và không đồng nhất. Mỗi dạng nhiễu được xử lý tại tầng tương ứng với nguồn gốc của nó.

2. Các phương pháp nghiên cứu đã sử dụng

Luận án kết hợp phân tích lý thuyết và mô phỏng, thiết kế và chế tạo phần cứng cao tần, xử lý tín hiệu kết hợp học máy, cùng thực nghiệm kiểm chứng trên các đài ra-đa đang vận hành.

3. Các kết quả chính và kết luận

Luận án đã đạt được ba đóng góp khoa học:

Đóng góp thứ nhất: Giải pháp giảm nhiễu pha cho ra-đa FMCW qua thiết kế ăng-ten cách ly cao. Luận án quy yêu cầu chất lượng phát hiện về một chỉ tiêu phân cứng duy nhất (hệ số cách ly $\geq 82,25$ dB), tách cơ chế rò phát-thu thành hai đường truyền độc lập và kiểm soát bằng cấu trúc mảng khe ống dẫn sóng kết hợp lưới lọc phân cực, mặt mở loa; giải quyết nhiễu pha ngay từ thiết kế phần cứng thay vì ở khối phát hoặc hậu xử lý. Hệ số cách ly đo thực nghiệm đạt 85 dB trên toàn dải 8.900÷9.500 MHz, cao hơn khoảng 5 dB so với ăng-ten vi dải trong các công bố tiêu biểu.

Đóng góp thứ hai: Giải pháp lọc nhiễu rời rạc và phân loại UAV trong giám sát tầm thấp. Mô-đun DDDCR với hệ quy tắc Top Model phối hợp hai đặc trưng có vùng hiệu lực bù trừ nhau theo cự ly (phân tán vi chớp-le của cánh quạt drone và quỹ đạo đối chiếu bản đồ giao thông) với học máy, phù hợp chu kỳ quét ngắn của ra-đa cảnh giới. Thử nghiệm với DJI Phantom 4: 97% nhiễu rời rạc được loại bỏ, 100% drone phân loại chính xác; tầm phân loại 3,5 km (bay cắt ngang đường) và 1,7 km (bay dọc đường), cải thiện 1,6÷3,2 lần so với ra-đa Elvira (1,1 km).

Đóng góp thứ ba: Giải pháp xử lý nhiễu hỗn hợp trong ra-đa xung cảnh giới tầm xa. Kết hợp xử lý đa búp sóng với CFAR hai giai đoạn thích nghi: phân cụm vùng nhiễu bằng HDBSCAN, xấp xỉ phân bố phi Gaussian bằng đa thức Bernstein để xác định ngưỡng cục bộ, thay cho giả thiết nhiễu đồng nhất của CFAR truyền thống. Trên ra-đa cảnh giới 3D tầm 360 km,

SNR mục tiêu tăng khoảng 8 dB tại cự ly 70 km (giá trị đại diện cho đường bay thử nghiệm), số báo động giảm hơn 90% so với CA-CFAR; xác suất phát hiện trong vùng nhiễu đạt 0,86 so với $0,14 \div 0,42$ của sáu thuật toán đối chứng, quỹ đạo mục tiêu được duy trì liên tục.

Các giải pháp được tích hợp, kiểm chứng trên các đài ra-đa do trong nước nghiên cứu, chế tạo và đang vận hành, đáp ứng yêu cầu thời gian thực; kết quả công bố trên 02 tạp chí ISI/SCOPUS, 04 hội nghị quốc tế và 01 sáng chế trong nước.

4. Kết luận

Luận án đã giải quyết bài toán xử lý nhiễu đa tầng cho ra-đa phân giải cao theo luận điểm xử lý mỗi dạng nhiễu tại đúng tầng phát sinh: nhiễu pha ở tầng phân cứng cao tần, nhiễu rời rạc ở tầng đặc trưng, nhiễu hỗn hợp ở tầng ngưỡng phát hiện thích nghi; cách ly ăng-ten cao là điều kiện cần để khai thác đặc trưng vi dop-ler. Các kết quả gắn với cấu hình đài và điều kiện thử nghiệm cụ thể.

Hướng phát triển tiếp theo: ổn định pha giữa các phần tử phát-thu; mở rộng dữ liệu, ưu tiên phân biệt drone với chim và ứng dụng học sâu; tự động cập nhật bản đồ số; mở rộng thử nghiệm và đánh giá giới hạn tải thời gian thực.

Hà Nội, ngày tháng năm 20...

NGHIÊN CỨU SINH
(Ký và ghi rõ họ tên)

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN
(Ký và ghi rõ họ tên)

Trần Vũ Hợp

PGS.TS. Nguyễn Văn Lợi

TS. Trần Cao Quyền

XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO