ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ


**Hoàng Trung Dũng**

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP CHỐNG NHIỄU CHO MẠNG TRUYỀN THÔNG TÁN XẠ NGƯỢC SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP HỌC SÂU TĂNG CƯỜNG

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY**

**Ngành: Công nghệ thông tin**

**HÀ NỘI – 2024**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

**Hoàng Trung Dũng**

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP CHỐNG NHIỄU CHO MẠNG TRUYỀN THÔNG TÁN XẠ NGƯỢC SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP HỌC SÂU TĂNG CƯỜNG

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY**
**Ngành: Công nghệ thông tin**

**Cán bộ hướng dẫn: TS. Nguyễn Ngọc Tân**

**HÀ NỘI – 2024**

# TÓM TẮT

**Tóm tắt:** Truyền thông không dây đã và đang đóng vai trò vô cùng quan trọng trong cuộc sống con người. Tuy nhiên phương pháp truyền thông này lại rất dễ bị tấn công gây nhiễu do tín hiệu vô tuyến phát sóng trong không gian mở. Thêm vào đó, với sự phát triển của UAV (thiết bị bay không người lái) với khả năng cung cấp đường truyền tầm nhìn thẳng (LoS) và hệ số suy giảm đường truyền thấp đã hỗ trợ cho việc tấn công đối với kết nối không dây. Trong khoá luận tốt nghiệp này, em muốn trình bày một phương án chống nhiễu cho mạng truyền thông không dây, sử dụng học tăng cường sâu, kết hợp với kỹ thuật tán xạ ngược và thu hoạch năng lượng để không những chống lại mà còn tận dụng được tín hiệu gây nhiễu từ UAV để nâng cao hiệu suất của hệ thống truyền thông không dây.

***Từ khóa:*** *Truyền thông không dây, Nhiễu, UAV, Học tăng cường sâu, Tán xạ ngược, Thu năng lượng.*

# LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, cho phép em gửi lời cảm ơn đến các thầy, cô giáo trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc Gia Hà Nội đã luôn tận tình chỉ bảo và tạo điều kiện trong suốt quá trình em học tập tại trường.

Em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến thầy giáo TS. Nguyễn Ngọc Tân đã tận tình hướng dẫn và đóng góp ý kiến quý báu trong suốt quá trình thực hiện khóa luận tốt nghiệp của em.

Cuối cùng em xin gửi lời cảm ơn đến gia đình của mình, nơi đã luôn là nguồn động lực cho em trong suốt thời gian vừa qua.

Em xin chân thành cảm ơn.

# LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng mọi kết quả trình bày trong khóa luận đều do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Ngọc Tân.

Tất cả các tham khảo nghiên cứu liên quan đều nêu rõ nguồn gốc một cách rõ ràng từ danh mục tài liệu tham khảo trong khóa luận. Khóa luận không sao chép tài liệu, công trình nghiên cứu từ người khác mà không có rõ về mặt tài liệu tham khảo.

Các thông kê, các kết quả trình bày khóa luận đều là tự thực nghiệm khi chạy chương trình. Nếu tôi sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm theo quy định của trường Đại học Công Nghệ - Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Hà Nội, tháng 12 năm 2024

Hoàng Trung Dũng

# Mục lục

# Danh sách hình vẽ

# Danh sách bảng

# Các từ viết tắt

UAV: unmanned aerial vehicle – Thiết bị bay không người lái

LoS: line-of-sight – Đường truyền tầm nhìn thẳng

MDP: Markov decision process

RL: reinforcement learning – Học tăng cường

DRL: deep reinforcement learning – Học tăng cường sâu.

DQN: deep q network – Mạng sâu Q.

HTT: harvest then transmit – Chiến lược thu năng lượng để truyền tin

RA: rate adaption – Kĩ thuật điều chỉnh tốc độ phát gói tin

PSR: Packet Send Ratio – Tỉ lệ gói tin được máy phát gửi

PDR: Packet Delivery Ratio – Tỉ lệ gói tin được gửi thành công đến máy thu

## Chương 1.

# Đặt vấn đề

Truyền thông không dây là thành phần không thể thiếu trong cơ sở hạ tầng viễn thông của xã hội ngày nay, có các ứng dụng và tác động sâu rộng đến mọi mặt của đời sống con người. Mặc dù công nghệ truyền thông không dây đã có rất nhiều bước phát triển qua nhiều thập kỉ, hầu hết các mạng truyền thông không dây vẫn dễ bị tấn công gây nhiễu bởi tính mở của nó. Bằng cách đưa tín hiệu nhiễu vào kênh không dây đích, thiết bị gây nhiễu có thể làm giảm tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu cộng nhiễu (SINR) của máy thu, qua đó làm gián đoạn hoặc ngăn chặn kênh truyền không dây hợp lệ. Không giống như những tác động không có chủ đích, tín hiệu gây nhiễu thường mạnh và qua đó có thể liên tục làm gián đoạn kênh truyền.

Gần đây, thiết bị bay không người lái (UAV) đang ngày càng được sử dụng nhiều hơn để nâng cao năng lực của hạ tầng mạng. Khả năng triển khai nhanh cùng với tính cơ động cao của UAV khiến nó phù hợp với rất nhiều nhiệm vụ, ví dụ như việc triển khai hệ thống mạng tạm thời ở những nơi khó tiếp cận như những vùng xảy ra thiên tai, bão lũ... UAV có thể cung cấp đường truyền LoS và hệ số suy giảm kênh truyền thấp đến người dùng trên mặt đất khi nó được sử dụng như một trạm phát sóng. Do đó UAV có thể được sử dụng để tăng cường năng lực của hệ thống mạng. Tuy nhiên chính những lợi thế của UAV như ở trên khiến cho nó có thể bị đối tượng xấu khai thác như là một thiết bị gây nhiễu di động, ngăn chặn đáng kể việc truyền dữ liệu và làm giảm chất lượng dịch vụ (QoS) của mạng không dây, nghiêm trọng hơn so với gây nhiễu từ trên mặt đất. Vì thế giải quyết vấn đề gây nhiễu từ UAV là một bài toán đáng quan tâm.

Trong khoá luận này, em sẽ tìm hiểu về tấn công gây nhiễu, cũng như tấn công gây nhiễu từ UAV đối với mạng truyền thông không dây. Qua đó đề xuất một phương án để không những chống lại mà còn tận dụng cuộc tấn công gây nhiễu để đảm bảo chất lượng đường truyền. Phần còn lại của khoá luận sẽ được chia thành các chương với nội dung cụ thể như sau:

Chương 2: Cơ sở lý thuyết. Trong chương này trình bày lý thuyết nền tảng về tấn công gây nhiễu và tấn công gây nhiễu bằng UAV. Cũng như tìm hiểu một số chiến lược chống nhiễu đã được nghiên cứu. Sau đó sẽ đi vào tìm hiểu về RL và DRL - hai phương pháp được sử dụng để chống nhiễu.

Chương 3: Đề xuất phương án giải quyết bài toán tấn công gây nhiễu từ UAV. Trong chương này, em sẽ mô hình hoá bài toán tấn công gây nhiễu bằng UAV và đề xuất phương pháp chống nhiễu sử dụng DRL.

Chương 4: Thiết lập mô phỏng và kết quả mô phỏng. Trong chương này, em sẽ

trình bày chi tiết về mô hình và thông số thiết lập mô phỏng phương pháp chống nhiễu được đề xuất. Cũng như so sánh hiệu quả mà phương pháp đề xuất mang lại so với chiến lược phòng thủ ”tham lam”.

Chương 5: Kết luận.

**Chương 2.**

# Cơ sở lý thuyết.

## 2.1. Tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến.

Trong phần này, em sẽ giới thiệu về tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến nhằm vào mạng truyền thông không dây.

### 2.1.1. Định nghĩa.

Tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến được định nghĩa là một hành động cố tình can thiệp vào quá trình truyền và nhận vật lý của truyền thông không dây. Trong đó kẻ tấn công (máy gây nhiễu) sẽ phát tín hiệu vô tuyến trên cùng băng tần mà mạng mục tiêu sử dụng. Mục tiêu của việc tấn công là làm giảm hiệu suất mạng hoặc thậm chí ngăn chặn hoàn toàn việc truyền thông tin không dây giữa các thiết bị.

Trong cuộc tấn công gây nhiễu, máy gây nhiễu đưa năng lượng gây nhiễu vào môi trường không dây, gây cản trở việc truyền tải hợp pháp theo một trong hai cách:

– Máy gây nhiễu gửi tín hiệu nhiễu mạnh gây giảm tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu cộng với nhiễu (SINR) ở máy thu.

– Gây nhiễu liên tục ngăn cản việc máy phát truy cập vào kênh truyền, dẫn đến một cuộc tấn công từ chối dịch vụ (DOS).

Tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến có một số đặc điểm sau đây:

– Cố ý: Đây là hành động gây nhiễu có chủ đích của kẻ tấn công, nhằm vào một mục tiêu cụ thể, không giống với nhiễu tự nhiên gây ra bởi các yếu tố của môi trường.

– Không tuân thủ các giao thức MAC: đặc điểm chung của các cuộc tấn công gây nhiễu là việc liên lạc của chúng không tuân theo các giao thức MAC.

– Phạm vi tấn công: Máy gây nhiễu có thể nhắm vào một tần số cố định hoặc nhiều tần số khác nhau.

### 2.1.2. Đánh giá hiệu quả của một cuộc tấn công gây nhiễu.

Chúng ta xác định hai chỉ số để đánh giá hiệu quả của một cuộc tấn công gây nhiễu:

– PSR: đại diện cho tỉ lệ giữa gói tin thực sự được gửi thành công bởi máy phát và số gói tin mà máy phát dự định gửi. Khi tín hiệu tấn công khiến cho kênh truyền giữa

máy phát và máy thu bận

– PDR:

### 2.1.3. Các mô hình tấn công gây nhiễu.

## 2.2. Tấn công gây nhiễu bằng UAV.

## 2.3. Kỹ thuật chống nhiễu.

### 2.3.1. Tán xạ môi trường xung quanh.

### 2.3.2. Thu hoạch năng lượng.

## 2.4. Markov decision process and Reinforcement learning.

## 2.5. Deep Reinforcement Learning

### 2.5.1. Deep Q Networking

**Chương 3.**

# Đề xuất phương pháp giải quyết bài toán gây nhiễu từ UAV.

## 3.1. Mô hình hệ thống.

Ở đây, chúng ta xem xét một hệ thống truyền thông không dây bao gồm một máy phát, một máy thu và một UAV gây nhiễu. Máy phát được trang bị bộ thu năng lượng và một mạch tán xạ ngược. Máy phát có thể thu năng lượng từ tín hiệu nhiễu và sử dụng năng lượng thu được này để truyền gói tin chủ động đến máy thu - chế độ HTT, hoặc tán xạ ngược dữ liệu dựa trên sóng nhiễu - chế độ tán xạ ngược. Lưu ý là máy phát chỉ có khả năng nhận biết cuộc tấn công có đang xảy ra hay không mà không biết được cụ thể cường độ tín hiệu nhiễu.

### 3.1.1. Mô hình gây nhiễu.

### 3.1.2. Mô hình kênh truyền.

Phần này trình bày chi tiết về kênh truyền giữa máy phát và máy thu, khi bị tấn công cũng như khi không bị tấn công

## 3.2. Công thức hoá vấn đề.

### 3.2.1. Không gian trạng thái.

Trình bày không gian trạng thái (state space) của bài toán

### 3.2.2. Không gian hành động.

Trình bày không gian hành động (Action Space)

### 3.2.3. Phần thưởng tức thời.

### 3.2.4. Công thức tối ưu hoá.

## 3.3. Test

**Chương 4.**

# Thiết lập mô phỏng và đánh giá hiệu năng.

## 4.1. Thông số cài đặt thử nghiệm.

Trong hệ thống đang được xem xét, máy phát có thể lưu trữ tối đa $D = 10$ gói tin trong hàng đợi dữ liệu, tối đa $E = 10$ đơn vị năng lượng trong bộ lưu trữ năng lượng. Dữ liệu đến máy phát giả định tuân theo phân phối Poisson với tốc độ trung bình $\lambda = 3$ gói tin. Khi UAV gây nhiễu không tấn công, máy phát có thể truyền chủ động tối đa $\hat{d}_t = 4$ gói tin đến máy thu. Mỗi gói tin truyền đi cần 1 đơn vị năng lượng. Do sự thay đổi vị trí của UAV như đã nói ở trên, công suất gây nhiễu của UAV cũng thay đổi, giả định tín hiệu nhiễu từ UAV ảnh hưởng đến đường truyền không dây đang xét gồm bốn mức $P_J = \{0W, 5W, 10W, 15W\}$ với $P_{\max} = 15W$. Do lượng năng lượng thu hoạch được cũng như số gói tin tán xạ ngược thành công tăng lên khi tín hiệu nhiễu mạnh hơn, chúng ta đặt $e = \{0, 1, 2, 3\}$ là số đơn vị năng lượng mà máy thu có thể thu được và $\hat{d} = \{0, 1, 2, 3\}$ là số gói tin mà máy thu có thể tán xạ ngược tương ứng với mức công suất nhiễu ảnh hưởng tới đường truyền. Ngoài ra, khi UAV tấn công gây nhiễu và máy phát sử dụng kỹ thuật RA, nó có thể truyền $d_m^r = \{2, 1, 0\}$ gói tin tương ứng với cường độ tín hiệu nhiễu từ UAV $P_n^J = \{5W, 10W, 15W\}$. Công suất nhiễu trung bình của UAV là $P_avg = 7.2W$.

## 4.2. Kết quả mô phỏng.

### 4.2.1. Tốc độ hội tụ của hai phương pháp học tăng cường Q và DQN.

### 4.2.2. So sánh với chiến lược phòng thủ ”tham lam” không sử dụng DRL.

Ở đây, chúng ta thực hiện so sánh giữa việc sử dụng phương án DQN được đề xuất và chiến lược phòng thủ cố định ”tham lam” được mô tả như sau: (i) Khi UAV gây nhiễu không tấn công kênh truyền, máy phát sẽ phát chủ động gói tin đến máy thu, (ii) Khi UAV gây nhiễu tấn công kênh truyền, máy phát sẽ tận dụng sóng nhiễu từ UAV để thu năng lượng hoặc tán xạ ngược đan xen nhau theo một chu kì cố định - máy phát sẽ tiến hành thu năng lượng từ sóng nhiễu sau mỗi chu kì $T_{\text{harvest}} = 5$ đơn vị thời gian, thời gian còn lại máy phát sẽ tiến hành tán xạ ngược sóng nhiễu để truyền dữ liệu đến máy thu. Ta gọi chiến lược này là chiến lược phòng thủ cố định ”tham lam”. Với phương án sử dụng

DQN được đề xuất, em thực hiện $4 \times 10^4$ lần lặp để tìm ra chiến lược tối ưu cho máy phát và sau đó so sánh hiệu quả với chiến lược tham lam đã nêu ở trên.

**Chương 5.**

# Kết luận

# Tài liệu tham khảo

### Tiếng Anh

[1] Hoang, D.T. and Van Huynh, N. and Nguyen, D.N. and Hossain, E. and Niyato, D. *Deep Reinforcement Learning for Wireless Communications and Networking: Theory, Applications and Implementation*, *Wiley*, 2023, pp. 37-163.

[2] Pirayesh, Hossein and Zeng, Huacheng ”Jamming Attacks and Anti-Jamming Strategies in Wireless Networks: A Comprehensive Survey”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 2, pp. 767-809