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

MAC: medium access control – Điều khiển truy nhập môi trường

WLAN: wireless local area network – Mạng cục bộ không dây

WSN: wireless sensor network – Mạng cảm biến không dây

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum – Trải phổ nhảy tần

RA: Rate adaption – Điều chỉnh tốc độ

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. Mạng không dây.

2.1.1. Giới thiệu.

Mạng không dây là một hệ thống mạng truyền tải dữ liệu mà không sử dụng các dây cáp kết nối vật lý. Thay vào đó, mạng không dây sử dụng sóng điện từ để truyền tín hiệu và dữ liệu giữa các thiết bị. Điều này giúp tăng tính di động của thiết bị, vốn là điểm yếu của các kết nối của các kết nối có dây. Phương pháp gửi dữ liệu thông qua môi trường không khí này được ứng dụng vô cùng sâu rộng trong mọi lĩnh vực đời sống con người ngày nay, từ công sở, trường học hoặc thậm chí là trong quân sự…

Dữ liệu nhận và gửi của mạng không dây được truyền đi xuyên suốt thông qua các tầng ảo sau:

– Tầng vật lý: Là tầng thể hiện đặc điểm của kết nối vật lý giữa các thiết bị trong mạng, trong trường hợp mạng không dây, môi trường truyền là không khí. Quá trình nhận và truyền dữ liệu được quản lý bởi tầng vật lý. Trong mạng không dây, dữ liệu nhị phân giữa các thiết bị được chuyển thành tín hiệu điện và sử dụng tần số vô tuyến để gửi và nhận dữ liệu, tất cả quá trình này được thực hiện bởi tầng vật lý. Đây cũng là tầng chịu thiệt hại nặng nề nhất từ cuộc tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến.

– Tầng liên kết dữ liệu: Là tầng ở giữa, chịu trách nhiệm kết nối giữa tầng vật lý và tầng mạng, ngoài ra còn thực hiện phân đoạn các gói được gửi bởi các tầng cao hơn thành các khung có thể được gửi bởi tầng vật lý. Tầng này cũng cung cấp khả năng kiểm tra lỗi và định dạng các khung dữ liệu được gửi. Tầng con MAC của tầng liên kết dữ liệu chịu trách nhiệm di chuyển các gói dữ liệu đến và đi từ nút này sang nút khác trên một kênh chung. Kênh truyền trong mạng không dây là một tần số mà các nút sử dụng để gửi dữ liệu. Tầng con MAC sử dụng giao thức MAC để đảm bảo tín hiệu gửi từ các trạm khác nhau trên cùng một kênh truyền không bị xung đột. Tầng này dễ bị tấn công gây nhiễu tầng liên kết dữ liệu - các thiết bị gây nhiễu tinh vi có thể tận dụng lợi thế của tầng liên kết dữ liệu và tạo ra cuộc tấn công hiệu quả về mặt năng lượng. So với tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến ở tầng vật lý, gây nhiễu tầng liên kết dữ liệu tối ưu hơn về mặt năng lượng.

– Tầng mạng: Hoạt động như một liên kết giữa tầng giao vận ở trên và tầng liên kết

dữ liệu ở dưới. Chịu trách nhiệm tìm ra cấu trúc mạng và gán địa chỉ, cũng như định tuyến dữ liệu.

– Tầng giao vận: Khôi phục dữ liệu bị mất và cũng chịu trách nhiệm truyền lại dữ liệu. Cung cấp khả năng mã hoá dữ liệu và truyền dữ liệu đáng tin cậy.

– Tầng ứng dụng: Tầng này chịu trách nhiệm xác định thông số kỹ thuật của dữ liệu được yêu cầu bởi cả người dùng cuối cũng như các nút trong mạng.

2.1.2. Phân loại mạng không dây và ứng dụng.

– WLAN: mạng không dây cục bộ, hay còn được biết đến nhiều hơn là Wi-Fi. WLAN cho phép thiết bị kết nối với Internet dễ dàng miễn là nó được kết nối với sóng Wi-Fi. WLAN được sử dụng ở rất nhiều nơi xung quanh chúng ta ngày nay, từ hộ gia đình, trường học, công sở, địa điểm kinh doanh…Thiết bị di động kết nối với điểm truy cập thông qua kết nối không dây sẽ có thể kết nối Internet và di chuyển một cách tự do, miễn là thiết bị đó ở trong tầm phủ sóng của sóng Wi-Fi.

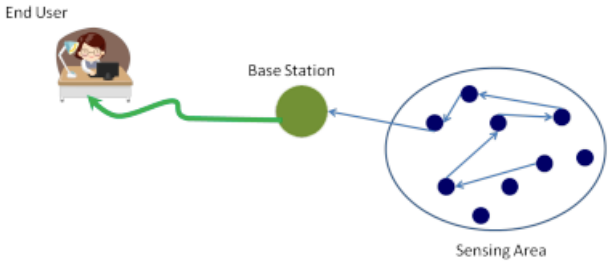
Hình 2.1 mô tả một mạng không dây cục bộ với một điểm truy cập và bốn thiết bị kết nối thông qua môi trường không dây.

Hình 2.1. Mạng không dây cục bộ.

– WSN: Mạng cảm biến không dây, là một tập hợp số lượng lớn các nút có khả năng thu thập dữ liệu từ môi trường xung quanh và truyền tải thông tin về trung tâm xử lý dữ liệu hoặc các thiết bị thu thập dữ liệu. Trong WSN, các nút có thể chia sẻ thông tin cho nhau, dữ liệu thu thập từ các cảm biến không được gửi trực tiếp cho người dùng mà được xử lý và tổng hợp lại, chỉ gửi những thông tin mục tiêu mà mạng cảm biến muốn đạt được. Do đó những dữ liệu tạm thời, không cần thiết, chưa qua xử lý hoặc dữ liệu trung gian giữa các nút sẽ không được gửi tới người dùng.

Mạng cảm biến không dây có một số ứng dụng sau:

+ Sử dụng trong lĩnh vực an ninh như giám sát ở các khu vực nhạy cảm để phát



Hình 2.2. Mạng cảm biến không dây.

hiện các mối đe doạ như tấn công sinh học hoặc hoá học…

+ Giám sát môi trường: WSN hỗ trợ thu thập thông tin ở những khu vực khó thiết lập cơ sở hạ tầng để giám sát môi trường cũng như môi trường sống.
+ Trong y học: sử dụng để giúp các bác sĩ theo dõi sức khoẻ của bệnh nhân.
+ Theo dõi đối tượng: WSN có thể dùng để theo dõi các đối tượng chuyển động nếu sử dụng cảm biến phù hợp.
+ Hỗ trợ người khuyết tật: Người khuyết tật có thể độc lập hơn và cải thiện khả năng hoạt động với việc sử dụng WSN, WSN cho phép tự chăm sóc hiệu quả hơn và nâng cao chất lượng cuộc sống.

– Mạng không dây tạm thời (ad hoc): là mạng không dây không cần bất kì cơ sở hạ tầng hiện có nào để triển khai ví dụ như điểm truy cập hoặc dây cáp. Mỗi thiết bị trong mạng coi là một nút tham gia trực tiếp vào việc định tuyến dữ liệu một cách độc lập bằng cách chuyển tiếp dữ liệu từ nút này sang nút khác mà không cần thêm bất kì một thiết bị quản lý tập trung nào như điểm truy cập…Mỗi nút trong mạng không dây tạm thời tự động quyết định nút nào sẽ gửi dữ liệu tiếp theo tuỳ thuộc vào kết nối mạng. Hình 2.3 là một mô hình đơn giản của mạng không dây tạm thời giữa các thiết bị kết nối với nhau mà không có điểm truy cập nào.

Hình 2.3. Mạng không dây tạm thời.

Ứng dụng của mạng không dây tạm thời:

+ Trong quân sự: người lính, các thiết bị quân sự như xe tăng, tàu chiến có thể kết nối với nhau mà không cần một cơ sở hạ tầng mạng không dây rõ ràng bằng cách hình thành một mạng không dây tạm thời.
+ Mạng không dây tạm thời có thể được sử dụng trong các nhiệm vụ thực thi pháp luật, giải cứu…
+ Có thể được sử dụng trong hội nghị, cuộc họp, bài giảng hoặc các khu vực phục vụ mục đích thương mại, nơi tải mạng có thể rất cao.

2.2. Tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến.

Trong mạng truyền thông không dây, đặc tính mở của môi trường truyền, cụ thể ở đây mạng không dây sử dụng không khí là môi trường truyền để truyền và nhận dữ liệu, dẫn đến việc nó rất dễ bị tấn công bởi nhiều kiểu tấn công khác nhau. Ở đây chúng ta nghiên cứu cụ thể loại tấn công mạng không dây bằng gây nhiễu sóng vô tuyến.

2.2.1. Giới thiệu.

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 từ chối dịch vụ thực hiện bằng cách gửi tín hiệu nhiễu, gói tin giả khiến kênh truyền hợp lệ bận, làm cho máy phát ngừng gửi bất kì dữ liệu nào cho đến khi kênh truyền khả dụng trở lại.

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.

2.2.2. Thông số đánh giá một cuộc tấn công gây nhiễu.

Trong tấn công gây nhiễu sóng vô tuyến, các thông số sau phản ánh tác động của cuộc tấn công đến mạng không dây.

– **SINR**: tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu cộng nhiễu là tỉ số giữa công suất của tín hiệu máy phát so với tín hiệu gây nhiễu như tín hiệu từ máy gây nhiễu và nhiễu môi trường trong kênh truyền

$$\theta = \frac{P_R}{\phi P_J + \rho^2}$$

Trong đó P_R là công suất nhận được từ máy phát tại cổng (máy thu), P_J là công suất nhiễu được phát của máy gây nhiễu, ρ^2 là phương sai của nhiễu Gauss trắng cộng thêm. ϕP_J là công suất nhiễu tại cổng, trong đó $0 \leq \phi \leq 1$ là hệ số suy giảm kênh truyền.

Có thể thấy tín hiệu nhiễu càng mạng càng làm giảm giá trị SINR ở máy thu, khiến cho tỉ lệ lỗi bit (BER) tăng, gây lỗi khi giải mã gói tin ở máy thu, làm giảm thông lượng và độ tin cậy của kết nối giữa máy phát và máy thu.

– **Thông lượng**: được định nghĩa là tốc độ trung bình gửi gói tin thành công thông qua kênh truyền, được tính thông qua công thức Shannon:

$$C = B \log_2(1 + \text{SINR})$$

Trong đó C là dung lượng kênh hoặc thông lượng lý thuyết tối đa (bit/s), B là băng thông của kênh (Hz). Ta có thể nhận thấy thông qua công thức này, thông lượng của kênh giảm khi có sự xuất hiện của tín hiệu gây nhiễu làm giảm chỉ số SINR.

– **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. Nếu máy phát có ý định gửi n gói tin và máy thu chỉ nhận được m gói tin ($m \leq n$) thì PSR được tính như sau:

$$PSR = \frac{m}{n}$$

Số gói tin bị mất so với gói tin dự định gửi là do nhiễu. Tín hiệu nhiễu khiến cho kênh truyền luôn bận khiến máy phát không thể truyền gói tin đến máy thu, dẫn đến gói tin mới đến máy phát bị loại bỏ do hàng đợi gói tin của máy phát đầy, hoặc gói tin bị loại do ở quá lâu trong hàng đợi. Các giao thức MAC khác nhau có cách xác định kênh truyền đang bận hay không khác nhau, một trong số đó là nếu cường độ tín hiệu của kênh lớn hơn ngưỡng xác định trước, kênh sẽ được xác định là bận.

– **PDR**: là tỉ lệ số gói tin được gửi thành công đến máy thu so với số gói tin được máy phát gửi đi. Sau khi gói tin được máy phát gửi, máy thu vẫn có thể không giải mã

được gói tin do ảnh hưởng của nhiễu, dẫn đến gói tin gửi không thành công. PDR có thể được tính ở máy thu bằng tỉ lệ giữa số gói tin nhận được và số gói tin vượt qua được kiểm tra CRC - là kĩ thuật phát hiện lỗi thường được dùng trong mạng truyền thông.

Giả sử n là số gói tin máy thu nhận được và q là số gói tin vượt qua kiểm tra CRC thì:

$$PDR = \frac{q}{n}$$

Ngoài ra PDR còn có thể được tính ở máy phát bằng số gói tin ACK mà máy phát nhận được từ máy thu. Trong cả 2 trường hợp, nếu không có gói tin nào nhận thành công ở máy thu, PDR được xác định là 0.

2.2.3. Các mô hình tấn công gây nhiễu.

Có rất nhiều chiến lược tấn công khác nhau mà máy gây nhiễu có thể thực hiện để làm nhiễu mạng không dây. Do đó cũng dẫn đến nhiều mô hình tấn công với nhiều mức độ hiệu quả khác nhau. Tuy nhiên sau đây là một số mô hình gây nhiễu đã chứng minh được tính hiệu quả trong việc làm gián đoạn kết nối mạng không dây.

- **Máy gây nhiễu liên tục**: thiết bị gây nhiễu liên tục phát ra tín hiệu vô tuyến mà không có sự gián đoạn. Tín hiệu nhiễu phát ra có thể là sóng điện từ đơn giản hoặc thậm chí là các bit dữ liệu. Sóng điện từ hoặc các bit dữ liệu được máy gây nhiễu phát ra này không tuân theo bất kì giao thức hoặc quy tắc nào mà các nút trong mạng tuân theo. Kiểu máy gây nhiễu này làm giảm PDR bằng cách làm hỏng các bit tại máy thu, khiến máy thu không thể giải mã dữ liệu. Nó cũng có thể làm giảm PSR bằng cách giữ cho kênh truyền giữa máy phát và máy thu liên tục bận, ngăn chặn việc máy phát truyền sử dụng đường truyền hợp lệ để truyền gói tin đến máy thu.
- **Máy gây nhiễu lừa đảo**: loại máy gây nhiễu này rất giống với máy gây nhiễu liên tục do cùng liên tục truyền tín hiệu hoặc dữ liệu qua mạng. Tuy nhiên điểm khác biệt là máy gây nhiễu lừa đảo không truyền các bit dữ liệu ngẫu nhiên. Máy gây nhiễu giả mạo liên tục đưa các gói tin vào mạng mà không có bất kì khoảng cách nào giữa các lần truyền, và do dữ liệu không phải là các bit ngẫu nhiên, do đó khiến cho nút mạng tin rằng những bit dữ liệu này là hợp lệ và do đó không sử dụng đường truyền nữa. Ví dụ máy gây nhiễu có thể gửi gói tin ACK giả mạo để khiến máy phát tin rằng nó đã truyền dữ liệu thành công.
- **Máy gây nhiễu ngẫu nhiên**: hai kiểu máy gây nhiễu ở trên luôn luôn duy trì việc truyền tín hiệu hoặc dữ liệu vào mạng, dẫn đến việc nó không hiệu quả về mặt năng lượng và phải kết nối với nguồn năng lượng bên ngoài khiến nó hạn chế khả năng di chuyển. Máy gây nhiễu ngẫu nhiên mặt khác có chu kỳ ngủ và chu kỳ gây nhiễu, cả hai chu kỳ có thể tuân theo một phân phối xác suất hoặc có thể hoàn toàn là ngẫu

nhiên. Việc có cả hai trạng thái ngủ và gây nhiễu khiến máy gây nhiễu có thể tắt tín hiệu gây nhiễu qua đó tiết kiệm năng lượng trong giai đoạn ngủ và hoạt động như bất kỳ máy gây nhiễu nào trong hai máy gây nhiễu đã thảo luận ở trên trong chu kỳ gây nhiễu của nó.

– **Máy gây nhiễu phản ứng**: ba mô hình gây nhiễu ở trên là ba mô hình gây nhiễu chủ động theo nghĩa là chúng luôn chủ động tấn công kênh truyền bất kể lưu lượng qua kênh như thế nào. Gây nhiễu chủ động thường hiệu quả vì chúng khiến kênh truyền luôn bận rộn, tuy nhiên lại có nhược điểm là dễ bị phát hiện. Một cách tiếp cận khác so với gây nhiễu chủ động là gây nhiễu phản ứng, tức là không cần thiết phải tấn công kênh truyền khi không có lưu lượng trên đường truyền. Thay vào đó máy gây nhiễu phản ứng sẽ không hoạt động khi kênh truyền rảnh rỗi, và bắt đầu phát tín hiệu gây nhiễu ngay khi nó cảm nhận được hoạt động truyền phát tín hiệu trên kênh. Do đó nó nhắm vào việc nhận tin nhắn. Thiết bị gây nhiễu phản ứng có thể không tối ưu về mặt năng lượng do nó phải liên tục lắng nghe để cảm nhận kênh truyền. Tuy nhiên nó khó bị phát hiện hơn gây nhiễu chủ động.

2.3. Tấn công gây nhiễu bằng UAV.

2.4. Kỹ thuật chống nhiễu.

Có nhiều biện pháp đối phó khác nhau để ngăn chặn và giảm thiểu tác động của các cuộc tấn công gây nhiễu, sau đây là một số biện pháp.

2.4.1. Điều chỉnh công suất phát.

Đây là cách tiếp cận đơn giản và phổ biến nhất, cụ thể máy phát có thể quyết định phát ở mức công suất thấp để khiến máy gây nhiễu khó khăn hơn trong việc phát hiện tín hiệu truyền phát. Cách tiếp cận này chỉ khả thi trong việc đối phó với máy gây nhiễu phản ứng và khiến hiệu suất truyền tải giảm xuống rõ rệt. Ngoài ra máy phát có thể lựa chọn tăng công suất phát để lấn át tín hiệu nhiễu ở máy thu, tuy nhiên cách này tốn nhiều năng lượng và không hiệu quả nếu máy gây nhiễu tấn công với mức năng lượng rất lớn.

2.4.2. Trải phổ nhảy tần - FHSS.

Trải phổ là kĩ thuật điều chế giúp trải rộng dữ liệu trên toàn bộ băng tần, mặc dù không cần toàn bộ băng tần để gửi dữ liệu đó. Việc trải rộng dữ liệu vượt quá giới hạn cần thiết trên toàn bộ băng tần giúp cho tín hiệu có khả năng chống lại nhiễu.

FHSS là một kĩ thuật trải phổ, trong đó tín hiệu phát chuyển đổi nhanh chóng giữa

các kênh tần số. Việc thay đổi kênh được thực hiện bằng thuật toán được chia sẻ giữa máy phát và máy thu trước khi trao đổi dữ liệu. Khi kênh hiện tại bị tấn công, máy phát có thể chuyển sang kênh liên lạc khác để truyền dữ liệu. Nhiều chiến lược tối ưu khác nhau nhằm tối đa hoá thông lượng có thể được sử dụng để máy phát chọn tần số để nhảy khi bị tấn công gây nhiễu như học Q hoặc học sâu Q, hoặc áp dụng lý thuyết trò chơi…Tuy nhiên điểm yếu của FHSS là kĩ thuật này đòi hỏi nhiều tài nguyên phổ tần hơn để nhảy tần và tránh máy gây nhiễu, nếu máy gây nhiễu đủ mạnh để tấn công nhiều kênh truyền đồng thời thì FHSS trở nên kém hiệu quả hơn.

2.4.3. Kĩ thuật điều chỉnh tốc độ - Kĩ thuật RA.

Kĩ thuật điều chỉnh tốc độ cung cấp một cơ chế quan trọng cho hệ thống không dây đánh đổi giữa tốc độ dữ liệu ở tầng vật lý và độ bền vững của hệ thống (khả năng duy trì hiệu suất và độ ổn định của mạng ngay cả trong môi trường bất lợi) nhằm tối đa hoá hiệu suất. RA được coi là cơ chế của tầng MAC và nhiều giải thuật điều chỉnh tốc độ được nghiên cứu, hầu hết dựa trên thông tin của tầng MAC, ví dụ như lựa chọn tốc độ phát dựa trên số khung bị mất. Giả thiết là khi số khung bị mất tăng lên, có nghĩa là kênh truyền đang suy giảm chất lượng, và máy phát nên giảm tốc độ dữ liệu vật lý bằng cách sử dụng sơ đồ điều chế hoặc mã hoá mạnh mẽ hơn. Tuy nhiên trong trường hợp khung bị mất do nhiễu thay vì suy giảm kênh, việc giảm tốc độ truyền có thể thậm chí gây ra tỉ lệ mất mát cao hơn do kéo dài thời gian truyền của khung.

Trong môi trường bị tấn công, ý tưởng chính của kĩ thuật RA là chủ động hoặc thích ứng điều chỉnh tốc độ phát xuống mức thấp hơn. Về cơ bản, RA sử dụng thuật toán điều chỉnh tốc độ để lựa chọn tốc độ phát phù hợp dựa trên điều kiện hiện tại của kênh. Do đó, RA có thể giúp tăng độ tin cậy của đường truyền và vẫn cung cấp thông lượng trên kênh trong trường hợp bị nhiễu tấn công. Tuy nhiên, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng kĩ thuật RA không hiệu quả trên một kênh đơn, và nó cũng không hiệu quả để đối phó với một cuộc tấn công thông minh.

2.5. Tán xạ môi trường xung quanh.

2.6. Thu hoạch năng lượng.

2.7. Markov decision process and Reinforcement learning.

2.8. Deep Reinforcement Learning

2.8.1. 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 4×10^4 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

[3] Satish Vadlamani,Burak Eksioglu,Hugh Medal,Apurba Nandi ”Jamming attacks on wireless networks: A taxonomic survey”, *International Journal of Production Economics*, vol. 172, 2016, pp. 76-94

[4] Xu, Wenyuan and Trappe, Wade and Zhang, Yanyong and Wood, Timothy ”The feasibility of launching and detecting jamming attacks in wireless networks”, *Association for Computing Machinery*, 2005, pp. 46–57