

HỆ THỐNG THU NHẬN TÍN HIỆU HỒNG NGOẠI ĐA HƯỚNG DÙNG CHO HỆ ĐA ROBOT

Lê Văn Tùng¹

Dương Thị Thanh Hiền¹, Nguyễn Thị Phúc¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm thực hiện hệ thống thu nhận đa hướng cho hệ đa robot bằng cách sử dụng bộ thu tín hiệu hồng ngoại đơn hướng. Truyền thông hồng ngoại là một giải pháp phổ biến trong lĩnh vực đa robot vì có những ưu điểm như giá thành rẻ, dễ sử dụng và triển khai nhanh. Tuy nhiên, đặc thù của bộ thu phát tín hiệu hồng ngoại là đơn hướng và đòi hỏi cần có nhiều kênh độc lập để có thể bao quát một trường truyền thông rộng. Điều này tạo ra trở ngại vì giới hạn tài nguyên phần cứng của robot. Bài báo trình bày thiết kế và nguyên lý hoạt động của một hệ thống gương xoay nhằm giải quyết vấn đề góc truyền thông do hạn chế tài nguyên phần cứng. Hệ thống được đề xuất chỉ khai thác hai kênh truyền thông để bao quát toàn bộ trường truyền thông; đồng thời thu thập thông tin hữu ích về hướng truyền thông. Các kết quả thí nghiệm đã kiểm chứng được đặc tính kỹ thuật của thiết kế. Đồng thời nó cũng chứng minh khả năng triển khai hệ thống trên các nền tảng hệ đa robot khác cùng sử dụng truyền thông hồng ngoại.

ABSTRACT

This paper describes a solution to achieve omnidirectional receiver using directional infrared transmitter and receiver. Infrared-based communication is a popular method for swarm robotics due to its advantage of inexpensive, simple and ready-to-use. However, directional infrared transmitter and receiver require a number of separated channels in order to cover large communication field. This creates a problem while applying infrared-based communication because of robot's hardware constrain. The paper details the design and operation of a rotating mirror system as a resolution for communication angle caused by limiting hardware resource. The proposed system exploits only two hardware channels to cover the whole communication field; at the same time, collecting meaningful directional communication information. Experimental results confirm the theoretical design. It also proves the capability of implementation on other multi-robot systems which employ infrared-based communication.

Title: Infrared-based Omnidirectional Receiver For Swarm Robotics

Từ khóa: Thiết bị thu phát hồng ngoại, truyền thông đa hướng, góc truyền thông, gương xoay, hệ đa robot

Keywords: Infrared transmitter and receiver, omnidirectional communication, communication angle, rotating mirror, multi-robot system

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 16/5/2019;

Ngày nhận kết quả bình duyệt: 16/8/2019;

Ngày chấp nhận đăng bài: 25/7/2019.

Tác giả:

¹ Trường Đại học Đà Lạt

Email: tunglv@dlu.edu.vn

1. Giới thiệu

Truyền thông là một trong những thành tố chính giúp các hệ đa robot có thể phối hợp và thực hiện nhiệm vụ (Mark & cs., 2007;

Levent, 2016). Do sự giới hạn tài nguyên phần cứng trong việc chế tạo các hệ đa robot nên khả năng truyền thông cũng bị ảnh hưởng và cần phải điều chỉnh (Levent, 2016). Truyền

thông hồng ngoại là một giải pháp truyền dẫn dữ liệu không dây phổ biến trong các nghiên cứu về robot (Kornienko, 2011; Levent, 2016). Có khá nhiều hệ đa robot đã ứng dụng thành công thiết bị hồng ngoại cho truyền thông và các tính năng phụ trợ (Francesco & cs., 2009; Farshad & cs., 2010, Sergey & Olga, 2011; Michael & Alejandro & Radhika, 2014; Jose & cs., 2017). Trong những hệ này, lý do chính mà truyền thông hồng ngoại được sử dụng là nhờ ưu điểm về giá thành rẻ, thiết bị dễ tìm kiếm và tính đơn giản.

Ngoài ra, phương pháp truyền thông bằng hồng ngoại còn có thể cung cấp thông tin về hướng truyền thông. Trong các hệ đa robot nói chung và robot bầy đàn nói riêng, thông tin về hướng truyền thông không chỉ giúp robot nhận biết và xác định đồng loại trong môi trường làm việc mà đồng thời, truyền thông trên một hướng xác định còn giúp giảm tiêu thụ năng lượng và tránh can nhiễu so với phương pháp phát toàn hướng. Với nhiều hệ đa robot, tiết kiệm năng lượng và tài nguyên phần cứng là những yếu tố then chốt quyết định tính ứng dụng của hệ thống.

Những thiết kế robot truyền thông cần nhiều cặp thu phát để có thể bao phủ toàn góc 360° quanh nó (Loffler & Klahold & Ruckert, 2001; Daniel & Myron & Magnus, 2015; Min & cs., 2017). Mỗi cặp thu phát độc lập sẽ chịu trách nhiệm cho một góc truyền thông giới hạn. Nhưng thiết kế như vậy đòi hỏi một số lượng kênh truyền thông tương ứng của bộ điều khiển. Đây không phải là một giải pháp phù hợp với những hệ robot mà tài nguyên phần cứng bị giới hạn.

Có thể nhận thấy hồng ngoại là một giải pháp truyền thông, phổ biến trong nghiên cứu và phát triển hệ thống truyền thông cho các hệ đa robot. Tuy nhiên, những hệ thống truyền thông bằng hồng ngoại hiện có đều có chung đặc điểm là cần nhiều bộ thu phát hồng ngoại gắn cố định trên khung robot để

có thể bao quát đầy đủ trường truyền thông. Điều này không chỉ làm gia tăng tính phức tạp về phần cứng mà còn tiêu hao tài nguyên phần mềm. Chính vì vậy, các hệ đa robot cần một hệ thống truyền thông mới, có thể tận dụng được ưu thế sẵn có của truyền thông hồng ngoại; đồng thời sử dụng ít tài nguyên, giảm sự phức tạp trong thiết kế phần cứng.

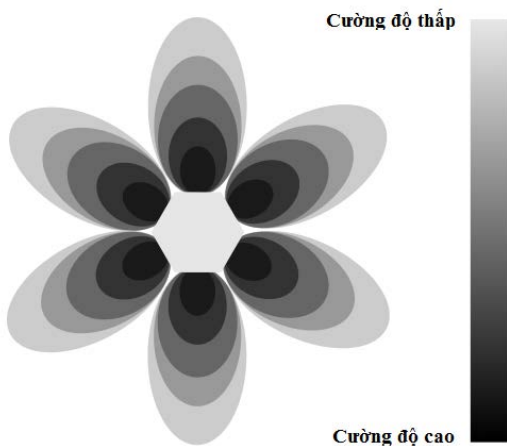
Chúng tôi đề xuất một giải pháp cải tiến nhằm tận dụng các bộ truyền thông hồng ngoại đơn hướng sẵn có để có thể thực hiện truyền thông đa hướng. Hệ thống được đề xuất không chỉ sử dụng một lượng tài nguyên phần cứng giới hạn mà còn có thể thu thập và cung cấp thông tin về hướng truyền thông. Hệ thống của chúng tôi trước hết nhắm đến ứng dụng cho các hệ đa robot hoạt động trên môi trường mặt đất với điều kiện địa hình ít thay đổi.

Chi tiết về thiết kế và thực nghiệm được trình bày trong các phần ngay tiếp sau. Mục 2 trình bày thiết kế của hệ thống. Trong đó, bố trí thí nghiệm nhằm nghiên cứu thiết kế cũng được trình bày. Trong Mục 3, từng khía cạnh của thực nghiệm và kết quả sẽ được thảo luận. Cuối cùng, các kết luận và khả năng mở rộng nghiên cứu trong tương lai được đề cập trong Mục 4.

2. Thiết kế hệ thống

2.1. Thiết kế phần cứng

Để có thể truyền và nhận tín hiệu hồng ngoại, một cặp thu phát hồng ngoại phải được sử dụng. Đặc trưng của thiết bị hồng ngoại này là góc thu và góc phát tín hiệu. Góc thu phát có thể dao động từ nhỏ cỡ 10° cho đến lớn khoảng 60° . Do vậy, để có thể thực hiện truyền thông trong một trường rộng thì số lượng cặp thu phát phải đảm bảo đủ lớn. Vị trí và số lượng cặp thu phát hồng ngoại theo thiết kế truyền thông có thể thấy trong Hình 1.



Hình 1. Minh họa góc nhìn trên xuống của một robot với sáu bộ thu phát hồng ngoại. Chùm tia hồng ngoại với góc mở xung quanh robot và cường độ tín hiệu theo khoảng cách được thể hiện bằng độ đậm nhạt.

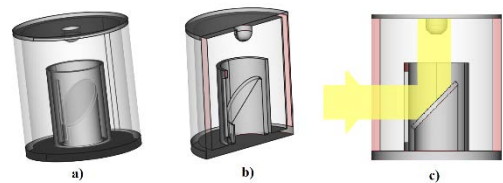
Thông thường, để có thể tận dụng khả năng cung cấp thông tin về hướng truyền thông, mỗi cặp thu phát hồng ngoại được kết nối với một kênh quản lý truyền thông độc lập. Tuy nhiên, việc này làm gia tăng áp lực lên nguồn tài nguyên phần cứng vốn đã hạn chế của robot. Một giải pháp là sử dụng bộ phân kênh và trộn kênh để kết nối nhiều bộ thu phát vào một kênh. Tại mỗi thời điểm, tín hiệu điều khiển sẽ lựa chọn một bộ thu phát phù hợp. Dữ liệu có thể được truyền và nhận trên bộ thu phát tương ứng. Do vậy, tài nguyên phần cứng sẽ được giảm tải. Đồng thời, hướng truyền thông có thể được điều khiển.

Thế nhưng việc cấu hình như trên gặp phải hai vấn đề. Một là tín hiệu hồng ngoại truyền đến sẽ không thể thu nhận bởi robot nếu nó không nằm trong hướng mà đầu thu đang được bật. Hai là bộ điều khiển trung tâm phải liên tục điều khiển bộ quét kênh.

Để giải quyết các vấn đề này, nhiệm vụ xác định hướng được thực hiện bởi một

kênh truyền thông. Nó được sử dụng với mục đích chính là đảm nhận nhiệm vụ phát hiện tín hiệu. Một kênh truyền thông thứ hai được sử dụng theo phương pháp phân kênh để truyền nhận tín hiệu sau khi đã có thông tin về hướng cụ thể. Như vậy hệ thống chỉ cần sử dụng hai kênh truyền thông độc lập và không đòi hỏi tín hiệu quét kênh phải hoạt động liên tục.

Chúng tôi đã thiết kế một hệ thống cơ-quang - điện đơn giản chỉ với một đầu thu hồng ngoại và một gương xoay cho mục tiêu phát hiện và thu nhận tín hiệu đến. Thiết kế của hệ thống phát hiện tín hiệu truyền thông hồng ngoại được minh họa trong Hình 2.



Hình 2. Thiết kế hệ gương xoay để thu nhận tín hiệu hồng ngoại. a) Hình vẽ ba chiều (3D) với vỏ ngoài, đầu thu hồng ngoại trên cùng, ống che và gương đặt lệch. b) Mặt cắt ngang của hệ dọc theo khe mở trên ống che. c) Minh họa hướng ánh sáng đi đến đầu thu hồng ngoại sau khi qua khe mở và phản xạ trên gương lệch.

Vỏ ngoài cùng của hệ thống được làm bằng chất liệu nhựa trong suốt. Nó giúp bảo vệ gương xoay và bộ thu hồng ngoại khỏi bụi và ngoại vật tác động. Đồng thời vật liệu nhựa trong suốt cho phép ánh sáng hồng ngoại đi qua dễ dàng. Bọc quanh trụ là một ống nhựa thứ hai, có màu đục nhằm ngăn ánh sáng truyền qua. Một khe hở được tạo ra trên ống này cho phép ánh sáng đi qua theo một hướng nhất định. Chiều rộng của khe là 1mm và chạy dọc theo ống. Với thiết kế như vậy, tín hiệu hồng ngoại chỉ có thể đi vào gương theo một hướng xác định. Thành phần cuối cùng là tấm gương được đặt lệch 45° cho phép ánh sáng

phản chiếu hướng về phía đầu thu hồng ngoại. Cùng với tấm gương và trụ đỡ, ống bọc được đặt trên một đĩa nhựa và gắn vào một động cơ công suất thấp.

Một trong những đặc trưng của hệ thống là vị trí đặt đầu thu hồng ngoại. Bằng cách lắp đầu thu lên phía trên, ưu điểm đầu tiên là giúp giảm nhiễu hồng ngoại từ môi trường xung quanh, ví dụ như nguồn sáng từ bóng đèn hay ánh sáng tự nhiên. Lợi điểm thứ hai là giảm thiểu điểm mù. Thiết bị khi hoạt động cần cấp điện và truyền tín hiệu về mạch trung tâm, chính những đường dây tín hiệu này có thể che chắn hệ thống và sinh ra điểm mù. Động cơ quay gương và cảm biến tốc độ cần nhiều đường dây tín hiệu hơn trong khi đầu thu hồng ngoại chỉ cần hai dây. Khi lắp đầu thu hồng ngoại ở phía dưới, góc nhìn hướng lên, gương xoay và cảm biến tốc độ ở phía trên thì đường dây tín hiệu và nguồn để cung cấp cho động cơ và cảm biến tốc độ sẽ tăng mức độ che chắn tín hiệu.

2.2. Thiết kế phần mềm

Để đầu thu hồng ngoại có thể xác định góc nhận tín hiệu từ robot khác, một cảm biến tốc độ được gắn phía sau đĩa xoay có nhiệm vụ ghi nhận tốc độ xoay. Một bộ định thời có sẵn trong vi điều khiển được sử dụng để ghi nhận thời điểm mỗi khi đĩa xoay hoàn thành một vòng. Thời gian này được lưu lại và đặt tên là *t_{full}*. Đồng thời, bộ định thời còn có chức năng đánh dấu thời điểm mà bộ thu hồng ngoại nhận được tín hiệu. Thời điểm này được ghi lại là *t_{get}*. Như vậy, góc tới tương đối A giữa tín hiệu truyền đến và bộ thu hồng ngoại của robot được tính bằng công thức (1):

(1)

Một khi biết được hướng tín hiệu truyền đến, robot có thể chọn kênh truyền tín hiệu phản hồi tương ứng. Như vậy, chỉ với một kênh truyền thông, robot có thể

phát hiện tín hiệu truyền thông cũng như xác định hướng nhận tín hiệu. Kết hợp với một kênh truyền độc lập thứ hai, robot có thể phản hồi đúng hướng cần thiết. Nhờ vậy năng lượng tiêu thụ cho quá trình truyền thông của robot sẽ giảm xuống do không phải phát tín hiệu tại những hướng không cần thiết. Hơn thế nữa, điều này cũng giúp giảm thiểu can nhiễu hồng ngoại trong hệ nhiều robot cùng hoạt động đồng thời.

2.3. Bố trí thí nghiệm và nghiên cứu

Hệ thống xử lý trung tâm là một vi điều khiển họ AVR là Atmega2560. Tốc độ xung nhịp hoạt động được chọn là 11,0592 MHz với thạch anh ngoài. Truyền thông hồng ngoại được thực hiện bởi hai bộ chức năng USART có sẵn của vi điều khiển. Một bộ được kết nối đến mạch phân kênh và trộn kênh để làm nhiệm vụ thu phát chính. Bộ thu còn lại được kết nối đến đầu thu của hệ gương xoay với nhiệm vụ chỉ nhận tín hiệu. Tốc độ truyền dẫn được đặt là 38400 kbps với giao thức chuẩn 8 bit dữ liệu, 1 bit dừng và không kiểm tra chẵn lẻ (tiêu chuẩn 8N1).

Bộ phát hồng ngoại được tạm thời chọn là HIR7393C với bước sóng 850 nm và góc quan sát 50° (Everlight, 2013). Hệ thống gương xoay hoạt động không phụ thuộc vào đặc tính góc của bộ phát mà chỉ cần đồng bộ về hệ số bước sóng.

Để trao đổi dữ liệu với máy tính, robot sử dụng một chip CP2102 của hãng Silicon Labs nhằm giao tiếp qua chuẩn USB. Trong quá trình thí nghiệm, một chương trình viết bằng phần mềm MATLAB sẽ thu thập và hiển thị dữ liệu truyền về từ vi điều khiển. Chương trình này còn có nhiệm vụ phân tích góc truyền nhận và tỉ lệ thu phát thành công.

Quá trình thí nghiệm được tiến hành theo trình tự đơn giản. Thiết bị thu và phát đại diện cho hai robot được đặt trên cùng một mặt phẳng. Thiết bị phát tín hiệu đóng

vai trò như một robot cần truyền tín hiệu. Nó phát tín hiệu theo chu kỳ đã định. Trong khi đó, thiết bị chính mang hệ gương xoay đóng vai trò của robot thu. Giữ nguyên robot thu, trong khi đó bên phía phát sau mỗi lần thử nghiệm được di chuyển một góc 10° quanh robot chính so với vị trí trước đó. Như vậy sau 36 lần đo sẽ ghi nhận đủ dữ liệu một vòng quanh robot thu. Do kích thước của khung robot, khoảng cách tối thiểu giữa bên phát và thu là 10 cm. Sau mỗi lần đo đặc, khoảng cách được tăng lên 1cm cho đến khi đạt khoảng cách 60 cm. Khoảng cách lớn hơn làm giảm tín hiệu hồng ngoại và truyền thông trở nên không ổn định. Do vậy, khoảng cách này được coi như khoảng giới hạn truyền thông với hệ thống.

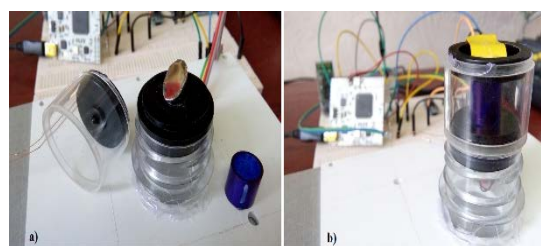
Vì đặc thù của các hệ phần cứng dùng vi điều khiển là xử lý tuần tự, do vậy mỗi lần một robot chỉ có thể tiến hành truyền thông với một robot cùng hệ. Các robot khác nếu muốn thực hiện truyền thông phải chờ đến lượt tiếp sau. Truyền thông giữa các cặp robot là độc lập và có tính tương đồng về giao thức. Do vậy, kết quả từ quá trình thực nghiệm với một cặp robot có thể áp dụng cho trường hợp nhiều robot cùng hoạt động.

Thí nghiệm được tiến hành trong điều kiện phòng thí nghiệm thông thường. Hệ thống chiếu sáng tiêu chuẩn bằng đèn LED, hạn chế tác động của nguồn sáng hồng ngoại không mong muốn. Nền phòng thí nghiệm được ghép gỗ nhờ vậy giảm thiểu tối đa phản xạ hồng ngoại đến hệ gương xoay. Do đặc thù của thiết bị thu phát hồng ngoại, hệ thống không phù hợp để sử dụng trên các hệ robot hoạt động ngoài trời.

3. Kết quả và thảo luận

Dựa trên các thông số trong quá trình thí nghiệm, các đặc tính truyền thông được kiểm chứng. Với tốc độ truyền tải 38400

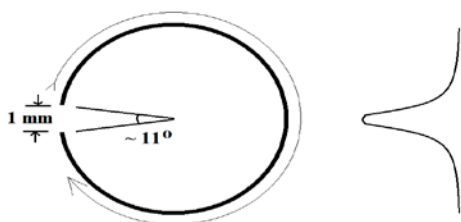
kbps cùng giao thức chuẩn, thời gian cần thiết để truyền một byte dữ liệu là khoảng 0,3ms. Về phía thiết bị thu, tốc độ quay của gương xấp xỉ 30Hz hay chu kỳ 33ms. Ống nhựa che gương có chu vi 31,5mm và độ rộng khe mở là 1mm. Như vậy, thời gian cần thiết để quét qua góc mở tạo bởi khe mở vào khoảng 1ms. Do vậy, thiết bị thu có thể nhận đầy đủ một chuỗi ba byte qua khe mở theo bất kỳ hướng nào khi gương xoay. Hình 3 cung cấp một góc nhìn về hệ thống thực tế trong thí nghiệm.



Hình 3. Ảnh chụp thực tế phiên bản thứ nhất hệ gương xoay cùng các thành phần. a) Các thành phần của hệ được tách rời bao gồm vỏ nhựa bảo vệ bên ngoài, đầu thu hồng ngoại, gương lệch đặt trên giá xoay và ống che chắn với khe mở. b) Hệ gương xoay hoàn chỉnh trong khi hoạt động.

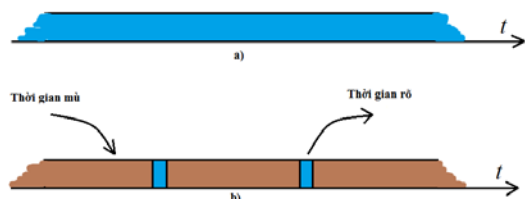
Với một lượng dữ liệu chỉ có ba byte, việc truyền thông tin là hạn chế. Tuy vậy, một chuỗi ba byte là đủ để báo hiệu truyền thông và cung cấp thông tin về hướng dữ liệu. Sau đó, robot thu nhận biết hướng cần thiết và đưa tín hiệu điều khiển bộ trộn kênh để có thể lựa chọn đúng hướng cho truyền thông.

Độ rộng của khe mở là 1mm nên vùng quan sát từ tấm gương là khoảng 11° theo minh họa trong Hình 4. Trong khi đó, bộ phát hồng ngoại có góc mở 50° , lớn hơn khoảng năm lần. Với cấu hình thiết bị như vậy sẽ đảm bảo robot có thể xác định hướng truyền thông dễ dàng hơn ngay cả khi hướng tín hiệu phát lệch tâm so với thiết bị thu.



Hình 4. Góc quan sát của bộ thu qua khe mở và phân bố cường độ sáng tương đối.

Trong quá trình thí nghiệm, chúng tôi nhận thấy tác động của thời gian mù. Trong trường hợp bộ phát và bộ thu thẳng hàng thì truyền thông có thể diễn ra tại bất cứ thời điểm nào. Khi gương xoay qua hướng không có tín hiệu thì bộ thu coi như bị mù vì tầm quan sát đến bộ phát bị che. Hình 5 minh họa hiện tượng này theo trục thời gian.



Hình 5. Thời gian truyền thông và vấn đề truyền theo tầm nhìn. a) Bộ thu phát nằm trong cùng tầm nhìn hay hướng quan sát, tín hiệu có thể được truyền mà không có "thời gian mù". b) Khi gương xoay sang hướng khác, bộ thu mất tầm quan sát với bộ phát. Với một góc nhất định, bộ thu và bộ phát có một khoảng "thời gian rõ" để truyền và nhận tín hiệu.

Chúng tôi đã điều chỉnh độ rộng khe mở để tìm hiểu tác động của góc quan sát. Khi tăng độ rộng khe hở đồng nghĩa với việc mở rộng góc nhận tín hiệu. Điều này cho phép lượng tín hiệu đi qua nhiều hơn trong một khoảng thời gian khi gương quay. Nhờ đó tăng cường khả năng phát hiện truyền thông và thu nhận dữ liệu. Tuy nhiên, tăng độ rộng khe mở làm giảm độ chính xác khi tính toán góc truyền thông. Hơn thế nữa, khe mở rộng khiến bộ thu nhận được nhiều nhiễu hơn từ môi trường. Ngược lại, thu hẹp khe mở làm tăng độ chính xác khi xác định góc truyền thông. Thế nhưng điều này khiến góc

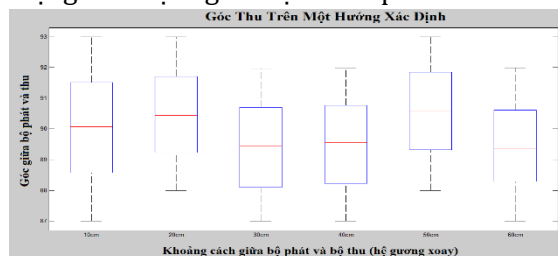
quan sát bị co lại và giảm lượng tín hiệu thu nhận được. Vì thế robot khó phát hiện tín hiệu truyền thông cũng như lượng dữ liệu có ý nghĩa nhận được bị giảm theo. Như vậy, sự đánh đổi tác động giữa độ rộng khe mở và độ dài dữ liệu phải được lựa chọn kỹ lưỡng phụ thuộc vào ứng dụng của từng loại robot.

Một đặc tính khác cần quan tâm là tốc độ vòng quay của gương. Tương tự như trường hợp độ rộng khe mở, tốc độ của vòng quay cũng được thay đổi để thử nghiệm. Đầu tiên, tốc độ quay của gương được tăng lên. Tốc độ quay cao làm giảm lượng tín hiệu đi qua khe mở và đến được đầu thu trong một khoảng thời gian nhất định. Ngược lại, do tốc độ quay cao, khoảng thời gian mù giảm xuống. Do vậy robot có thể phát hiện tín hiệu truyền thông nhanh hơn. Trường hợp hai, tốc độ quay được giảm xuống. Như vậy thời gian góc mù tăng lên. Robot thu cần chờ trong một khoảng thời gian lớn hơn để có thể phát hiện tín hiệu truyền thông. Đồng thời, phía phát cũng cần phát nhiều tín hiệu hơn để bù lại thời gian góc mù của phía thu. Nhưng ngược lại, tốc độ quay giảm xuống cho phép nhiều dữ liệu có thể đi qua khe mở. Kết quả là số lượng dữ liệu thu được tăng lên. Nhìn chung, tác động tốc độ quay của gương xoay là yếu tố thứ hai cần phải tính đến. Trên thực tế, động cơ có tốc độ cao thường đắt tiền và có công suất tiêu thụ lớn. Trong khi đó, tốc độ truyền dữ liệu hồng ngoại cao hơn nhiều so với tốc độ quay của gương. Do vậy, gương xoay có tốc độ vừa phải như trong hệ thống hiện tại là phù hợp cho các hệ robot bầy đàn.

Cuối cùng, vị trí đầu thu hồng ngoại được thử nghiệm. Theo thiết kế, đầu thu được đặt phía trên và sử dụng hai dây tín hiệu. Mỗi khi gương xoay về phía có đường dây tín hiệu này, một phần ánh sáng bị che chắn và tán xạ. Bằng cách sử dụng đường dây có kích thước nhỏ sẽ giảm thiểu tác động lên đường truyền sáng. Trong thí nghiệm, chúng tôi đã sử dụng dây đồng có kích thước chuẩn 30AWG. Keo trong được sử dụng để cố định đường dây và tránh tác động lên đường truyền sáng. Kết quả thu

được cho thấy tác động của đường dây tín hiệu là không đáng kể và có thể bỏ qua.

Để có thể thực hiện truyền thông, bộ thu và phát phải nằm trong vùng quan sát của nhau. Như vậy, robot chỉ cần xác định được góc thu nhận tín hiệu có sai số nhỏ hơn hoặc bằng nửa độ lớn của góc quan sát là đủ để tiến hành truyền thông. Dựa trên kết quả thu được từ thí nghiệm, chúng tôi nhận thấy sai số khi tính toán góc thu đạt $\pm 3^\circ$, nhỏ hơn nhiều so với độ lớn của góc phát tín hiệu. Với độ chính xác như vậy, robot với hệ gương xoay sau khi phát hiện ra hướng thu nhận tín hiệu có thể thực hiện truyền thông trên đúng kênh cần thiết. Điểm cần chú ý là phía phát phải truyền tín hiệu liên tục cho đến khi phía thu phát hiện ra tín hiệu vì khoảng “thời gian mù” dài hơn nhiều khoảng “thời gian rõ”. Tuy nhiên, tốc độ truyền hồng ngoại là rất lớn so với tốc độ xoay của gương nên điều này không ảnh hưởng nhiều đến hệ thống. Cụ thể trong thí nghiệm, phía phát chỉ cần phát tối thiểu một chuỗi 100 byte là đủ để hệ gương xoay phát hiện ra tín hiệu. Hình 6 thể hiện kết quả thí nghiệm với một góc cố định giữa bộ thu và phát.



Hình 6. Kết quả xác định góc thu tín hiệu bằng hệ gương xoay. Góc thử nghiệm giữa bộ phát và thu cố định tại 90° khi khoảng cách giữa chúng được tăng dần.

Phương pháp truyền thống là sử dụng nhiều cặp thu phát hồng ngoại và do vậy đòi hỏi sử dụng nhiều tài nguyên phần cứng, cụ thể là các khối chức năng USART. Đồng thời, bộ điều khiển trung tâm cũng phải thực hiện các tính toán phức tạp để có thể nhận biết và xác định hướng truyền thông (Min & cs., 2017). Bằng cách sử dụng hệ gương xoay, chúng tôi có thể đơn giản hóa việc tính toán, giảm tải áp lực lên bộ điều khiển trung tâm.

Điều này đem lại nhiều lợi ích cho các hệ robot. Thứ nhất, nó giúp bộ xử lý trung tâm của robot có thể tận dụng tài nguyên để thực hiện những tác vụ khác. Thứ hai là hệ thống có thể được triển khai trên những hệ robot có tài nguyên phần cứng hạn chế, xây dựng với kinh phí thấp.

Cách tiếp cận theo phương pháp xoay góc thiết bị như nghiên cứu của chúng tôi đã được thực hiện bởi (Geunho & Young, 2011) nhưng với mục đích xác định vật cản chứ không dùng cho truyền thông. Trong hệ thống này, các tác giả sử dụng hai thiết bị đo khoảng cách bằng hồng ngoại được gắn trên các đầu xoay có điều khiển. Bằng cách này, robot xác định được góc có chướng ngại vật dựa trên thông tin có sẵn từ bộ điều khiển trục xoay. Mỗi trục chỉ xoay 180° nên cần hai thiết bị để bao quát toàn bộ trường quan sát quanh robot. Tuy nhiên, ý tưởng sử dụng đầu thu phát hồng ngoại để xác định vật cản và khoảng cách là đáng chú ý và hoàn toàn có thể áp dụng cho hệ thống của chúng tôi.

4. Kết luận

Việc thực hiện truyền thông đa hướng bằng thiết bị thu phát hồng ngoại đơn hướng sẽ giúp giảm tiêu hao tài nguyên phần cứng đồng thời giữ nguyên ưu điểm về khai thác thông tin hướng truyền thông. Hệ thống gương xoay có thiết kế đơn giản và dễ triển khai, phù hợp cho các hệ robot được thiết kế với chi phí thấp, tài nguyên phần cứng hạn hẹp. Các kết quả thí nghiệm đã chứng minh tính thực tế của thiết kế. Thử nghiệm còn cho thấy khả năng mở rộng và áp dụng cho các hệ đa robot khác cũng sử dụng truyền thông hồng ngoại, ví dụ như hệ robot bầy đàn, hệ robot tái cấu trúc.

Trên lý thuyết, tốc độ quay của gương xoay là ổn định. Tuy nhiên, do sự thay đổi về công suất nguồn và tác động từ quá trình hoạt động, tốc độ quay sẽ bị thay đổi. Trong tương lai, hệ thống cần được điều chỉnh để có thể quản lý tốt hơn yếu tố này. Một giải pháp có thể được triển khai đó là bổ sung tín hiệu điều khiển động cơ để kiểm soát hệ gương xoay tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Daniel, P., Myron, L., & Magnus, E. The GRITSBot in its natural habitat - A multi-robot testbed. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 4062 - 4067, 2015.
- Everlight. *Product file [Data file, 2013 Datasheet]*. Retrieved from <http://www.everlight.com/>, 2013.
- Farshad, A., Khairulmizam, S., & Abdul, R. R. Development of IR-Based Short-Range Communication Techniques for Swarm Robot Applications. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol 10 (4), 61 - 68, 2010.
- Francesco, M., Michael, B., Xavier, R., James, P., Christopher, C., Adam, K., Stephane, M., Jean-Christophe, Z., Dario, F., & Alcherio, M. The e-puck, a Robot Designed for Education in Engineering. *In Proceedings of the 9th IEEE/RAS Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions*, vol 1 (1), 59 - 65, 2009.
- Geunho, L., & Nak Young, C. Low-Cost Dual Rotating Infrared Sensor for Mobile Robot Swarm Applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol 7 (2), 277 - 286, 2011.
- Jose, B., Bradley, W., & Prithviraj, D., Carl A. Nelson. Configuration Discovery of Modular Self-reconfigurable Robots: Real-Time, Distributed, IR + XBee Communication Method. *Robotics and Autonomous Systems*, vol 91, 284 - 298, 2017.
- Kornienko, S., & Kernbach, S. IR-based Communication and Perception in Microrobotic Swarms. *CoRR*, 2011.
- Loffler, A., Klahold, J., & Ruckert, U. The Mini-Robot Khepera as a Foraging Animate: Synthesis and Analysis of Behaviour. *In Proceedings of the 5th International Heinz Nixdorf Symposium: Autonomous Minirobots for Research and Edutainment (AMiRE)*, vol 97, 93 - 130, 2001.
- Levent, B. A review of swarm robotics tasks. *Neurocomputing*, vol 172, 292 - 321, 2016.
- Mark, Y., Wei, M. S., Behnam, S., Daniela, R., Mark, M., Hod, L., Eric, K., & Gregory, C. Modular Self-Reconfigurable Robot Systems [Grand Challenges of Robotics]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol 14 (1), 43 - 52, 2007.
- Michael, R., Alejandro, C., & Radhika, N. Programmable self-assembly in a thousand-robot swarm. *American Association for the Advancement of Science*, vol 345 (6198), 795 - 799, 2014.
- Min, S. K., Sang, H. K., & Soon, J. K. Middleware Design for Swarm-Driving Robots Accompanying Humans. *Sensors*, vol 17 (392), 2017. doi:10.3390/s17020392.
- Sergey, K., & Olga, K. IR-based Communication and Perception in Microrobotic Swarms. *CoRR*, 1109.3617, 2011.