

MÔ PHỎNG THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHO ROBOT DI ĐỘNG

DESIGN AND SIMULATION OF FUZZY CONTROL FOR MOBILE ROBOT

Lưu Trọng Hiếu¹, Lê Hồng Lâm², Nguyễn Hữu Hiếu²

¹Trường Đại học Khoa học và Kỹ thuật Quốc gia Đài Loan; luutronghieus@ctu.edu.vn

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; honglambkdn@gmail.com, nhieu@dut.udn.vn

Tóm tắt - Bài báo miêu tả thiết kế bộ điều khiển (BDK) mờ dựa trên tín hiệu cảm biến từ robot di động nhằm giúp robot có thể di chuyển tránh chướng ngại vật. Trong các thí nghiệm, ngõ vào của BDK là tín hiệu nhận được từ cảm biến siêu âm lắp trên robot; ngõ ra là vận tốc mong muốn. Bộ luật điều khiển mờ được thiết kế bằng phương pháp lỗi và thử nghiệm (trial and error). Thí nghiệm được mô phỏng trên phần mềm chuyên dụng về điều khiển robot di động. Mục tiêu đặt được cho BDK là giúp robot có thể tự ra quyết định khi di chuyển tránh để không va chạm trong môi trường có chướng ngại vật động cũng như trong mê cung có một lối vào một lối ra. Kết quả mô phỏng cũng đánh giá tính khả thi, tính ổn định và khả thi khi áp dụng BDK mờ vào môi trường thực tế.

Từ khóa - robot di động; điều khiển thông minh; bộ điều khiển mờ; di chuyển bám tường; tránh né chướng ngại vật.

Abstract - In this paper, some controls based on sensors applying to mobile robots for obstacle avoidance are proposed. In experiments Input signals are taken from sonar sensors while output values are the expected velocity of mobile robots. The designing of rules are based on the trial and error method. Experiments are simulated on specialized software, which is developed. The object is to help robots within dynamic obstacle environment as well as in maze having one entrance and exit. The withoutting. Experiment results are provided to prove the stability of the proposed control method and the ability applying it to real situations.

Key words - autonomous mobile robot; intelligent control; fuzzy logic; wall following; obstacle avoidance.

1. Đặt vấn đề

Điều khiển thông minh cho robot di động đã trở thành một chủ đề được quan tâm trên toàn thế giới. Các nhà khoa học đã áp dụng ngày càng nhiều phương pháp vào điều khiển bởi vì môi trường xung quanh robot thay đổi ngẫu nhiên.

Thiết lập bộ điều khiển (BDK) cho robot sử dụng phương pháp mờ áp dụng cho các cảm biến siêu âm bởi Demirli, K. [1]. Tuy nhiên, thiết kế này không áp dụng khi môi trường thay đổi.

Sử dụng BDK mờ và mạng nơron để tránh chướng ngại vật bởi Beom, H. R. [2]. Quỹ đạo của robot trong phương pháp này không ổn định bởi vì nó không tối ưu hóa được vận tốc chuyển động. Robot cũng không thể đáp ứng được khi môi trường thay đổi.

Sử dụng thuật toán di truyền để tối ưu hóa BDK mờ – thần kinh nhằm tránh chướng ngại vật điều khiển robot di động bởi Qiao, Liu [3] có thể giải quyết vấn đề ở [2]. Tuy nhiên, hạn chế của thiết kế là robot không thể nhận biết được các chướng ngại vật động.

Sử dụng mờ logic cho robot di động di chuyển theo đường dẫn (path following) bởi Susnea, I. [4] dùng để điều khiển robot di chuyển theo lộ trình cho trước, hạn chế là môi trường đã được quan sát và thiết lập di chuyển trước.

Sử dụng mờ logic cho robot tìm đường đến mục tiêu trong bởi Limin, Ren [5] cho phép robot có thể tự tìm đường đến vị trí biết trước; tuy nhiên thí nghiệm chỉ tiến hành trên bản đồ tương đối đơn giản. nên robot có thể di chuyển dễ dàng.

Mô phỏng sử dụng BDK mờ định hướng robot di chuyển đến vị trí mong muốn bởi Raguraman, S. M. [6] cho phép robot có thể di chuyển đến vị trí đã định trước, tuy nhiên tương tự như Qiao, Liu [3], phương pháp không nhận biết được các chướng ngại vật động có thể gặp trên quỹ đạo.

Trong bài báo này, tác giả thiết lập bộ các điều khiển

mờ cho robot trong các môi trường khác nhau. Quỹ đạo chuyển động của robot cũng được vẽ lại. Từ đó có thể đánh giá được tính hiệu quả và khả thi của BDK.

2. Phương pháp và thuật toán

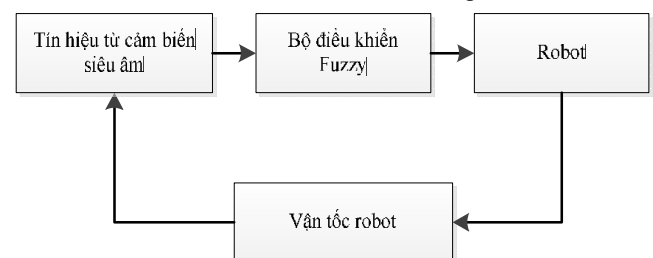
2.1. Robot di động P3DX

Robot di động P3DX (Hình 1), là dạng mô hình được thiết kế cho giảng dạy và nghiên cứu khoa học. Theo Amanda Whitbrook [7].

Hình 1. Robot P3DX

Phần mềm Mobile Sim từ công ty pioneer cho phép người sử dụng có thể mô phỏng quá trình chuyển động của robot nhằm kiểm tra tính chính xác của các thuật toán.

Trong bài viết này, tác giả áp dụng BDK mờ vào cho robot, mô hình bài toán được thể hiện trong Hình 2.



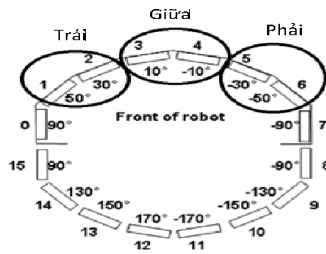
Hình 2. Mô hình áp dụng BDK mờ

Từ Hình 2, ta thấy rằng, BDK mờ có tín hiệu ngõ vào là tín hiệu từ cảm biến siêu âm, được đưa vào BDK mờ. Cuối cùng ngõ ra của BDK được chuyển xuống robot nhằm thay đổi vận tốc của robot trong các trường hợp khác nhau.

2.2. Môi trường 1 – chướng ngại vật động

Trong tình huống này, một chướng ngại vật động sẽ di chuyển từ trái qua phải phía trước robot. BDK mờ cho phép robot tránh và vượt qua được chướng ngại vật.

Phát hiện và nhận diện được vị trí của chướng ngại vật là yêu cầu quan trọng nhất trong tình huống này. Vì thế 6 cảm biến phía trước của robot được sử dụng nhằm xác định vị trí của chướng ngại vật. Sơ đồ của các cảm biến được miêu tả trong Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bố trí cảm biến

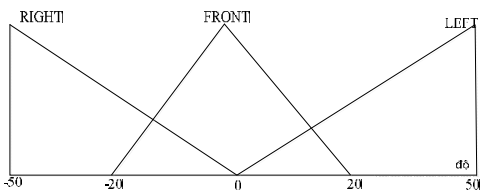
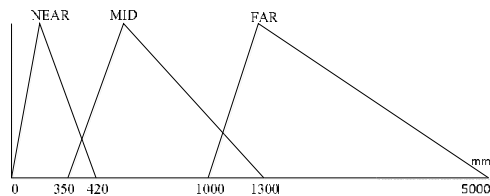
6 cảm biến được chia thành 3 nhóm: trái = {1, 2} ở vị trí 30° , 50° ; giữa = {3, 4} ở vị trí -10° , 10° ; phải = {5, 6} ở vị trí -30° , -50° .

Sau khi đọc các cảm biến, tín hiệu được đưa vào bộ mờ 2 tập mờ “distance” và “corner” với 3 thành phần được xây dựng:

+ Distance = {“NEAR”, “MID” and “FAR”}.

+ Corner = {“RIGHT”, “MID” and “LEFT”}.

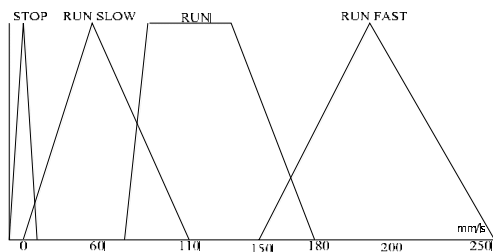
Tiếp theo, mối quan hệ của các thành phần này được xây dựng, Hình 4 miêu tả mối quan hệ này.



Hình 4. Mờ hóa tín hiệu ngõ vào

Từ những tín hiệu ngõ vào, các tín hiệu ngõ ra được thiết lập. Tập mờ “Distance” bao gồm 4 thành phần được xây dựng. Hình 5 miêu tả mối quan hệ này.

+ Decision = {“STOP”, “RUN_SLOW”, “RUN” and “RUN_FAST”}.



Hình 5. Mờ hóa tín hiệu ngõ ra

Cuối cùng, bộ luật mờ được thiết lập dựa trên các tín hiệu ngõ vào và ra. Do có 2 bộ vào với 3 thành phần nên ta có 8 luật sau đây. Bảng 1 sẽ miêu tả điều này.

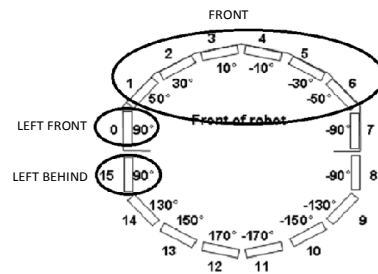
Bảng 1. bộ luật mờ cho môi trường 1

DISTANCE	CORNER	DECISION
Near	Right	Stop
Near	Mid	Stop
Near	Left	Stop
Mid	Right	Run
Mid	Mid	Run slow
Mid	Left	Run
Far	Right	Run fast
Far	Mid	Run fast
Far	Left	Run fast

2.3. Môi trường 2 – mê cung

Trong tình huống này, tác giả thiết kế BDK mờ cho robot có thể tự tìm đường thoát khỏi mê cung bằng phương pháp di chuyển bám tường “wall following”. Robot chỉ di chuyển bên trái hoặc bên phải của mình, bám một bên theo tường của mê cung để tự tìm đường ra.

Hình 5 miêu tả sơ đồ cảm biến của robot dùng trong trường hợp này



Hình 5. Sơ đồ cảm biến

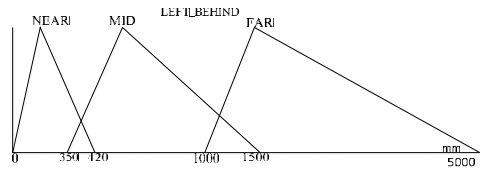
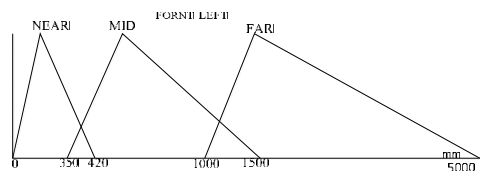
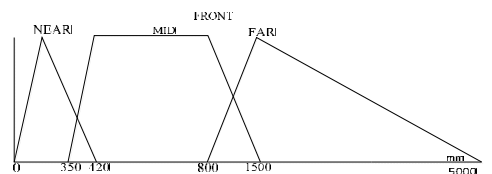
+ Tín hiệu cho “FRONT” là giá trị nhỏ nhất của tín hiệu từ cảm biến 1 – 6.

+ Tín hiệu cho “LEFT_FRONT” là giá trị của cảm biến thứ 0.

+ Tín hiệu cho “LEFT_BEHIND” là giá trị cho cảm biến thứ 15.

Các thành phần trong 3 tập mờ được miêu tả: Front, Left_front, Left_behind = {“NEAR”, “MID”, “FAR”}.

Hình 6 miêu tả BDK mờ cho tín hiệu ngõ vào của robot.

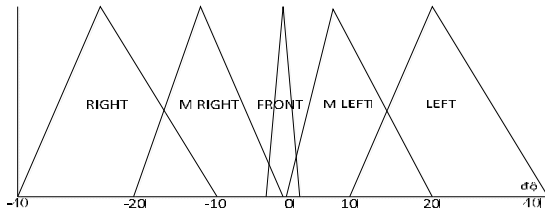


Hình 6. Mờ hóa tín hiệu ngõ vào

Tiếp theo, dựa trên thông tin ngõ vào, tác giả thiết lập BDK ngõ ra cho robot. Trong thí nghiệm này, tác giả giữ nguyên vận tốc của robot là 40mm/s và chỉ điều khiển góc quẹo. Tín hiệu ngõ ra được mờ hóa như sau:

Corner= {Right, M_Right, Front, M_Left, Left}.

Hình 7 miêu tả bộ mờ hóa ở tín hiệu ngõ ra của robot.



Hình 7. Mờ hóa tín hiệu ngõ ra

Cuối cùng, một bộ luật mờ được thiết lập. Do có 3 ngõ vào với 3 thành phần khác nhau nên có 27 luật mờ cho trường hợp này. Bảng 2 miêu tả bộ luật mờ như sau:

Bảng 2. luật mờ cho môi trường 2

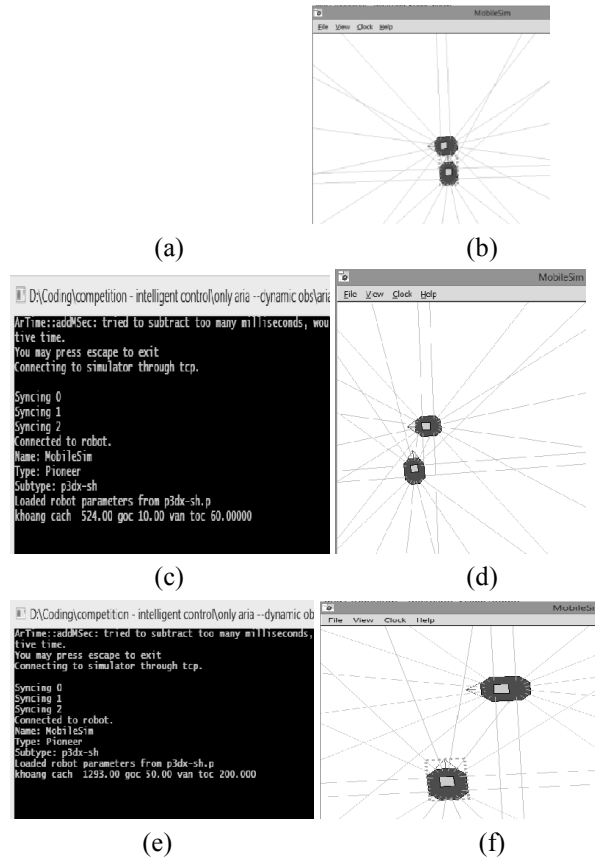
DISTANCE	CORNER	PITCH	DECISION
Near	Near	Near	Right
Near	Near	Mid	M_Right
Near	Near	Far	Right
Near	Mid	Near	Right
Near	Mid	Mid	M_Right
Near	Mid	Far	M_Right
Near	Far	Near	Right
Near	Far	Mid	M_Right
Near	Far	Far	M_Right
Mid	Near	Near	M_Right
Mid	Near	Mid	M_Right
Mid	Near	Far	Right
Mid	Mid	Near	M_Left
Mid	Mid	Mid	Front
Mid	Mid	Far	M_Right
Mid	Far	Near	Left
Mid	Far	Mid	M_Left
Mid	Far	Far	M_Left
Far	Near	Near	M_Right
Far	Near	Mid	M_Right
Far	Near	Far	Right
Far	Mid	Near	M_Left
Far	Mid	Mid	Front
Far	Mid	Far	M_Right
Far	Far	Near	Left
Far	Far	Mid	M_Left
Far	Far	Far	Left

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

3.1.1. Chương ngại vật động

BDK mờ được lập trình bằng ngôn ngữ C. Tác giả sử dụng 1 robot chạy ngang theo hướng trái phải để mô phỏng cho chương ngại vật động; robot chạy hướng trên dưới được lập trình điều khiển bằng BDK mờ. Hình 8 mô phỏng quá trình chuyển động và kết quả của robot.



Hình 8. (a), (b) khi robot gần chướng ngại vật; (c), (d) khi robot hơi gần chướng ngại vật; (e), (f) khi robot xa chướng ngại vật

+ Ở Hình 8 (a), (b) khi robot cách chướng ngại vật động khoảng 220 mm, góc 0 thì vận tốc là 0 mm/s.

+ Ở Hình 8 (c), (d) khi robot cách chướng ngại vật động 520 mm, góc 10 thì vận tốc là 60 mm/s.

+ Ở Hình 8 (e), (f) khi robot cách chướng ngại vật động khoảng 1220 mm, góc 50 thì vận tốc là 200mm/s.

Từ kết quả trên, ta nhận thấy BDK mờ đã thiết kế có thể hoạt động tốt trong trường hợp này.

3.1.2. Mê cung

Trong tình huống này, tác giả thiết kế một mê cung có lối vào như Hình 9, robot áp dụng phương pháp tìm đường wall following để tự tìm đường ra, quỹ đạo di chuyển của robot được miêu tả bằng màu đỏ.



Hình 9. Robot trong mê cung

Từ kết quả Hình 9, ta nhận thấy robot có thể tự thoát ra khỏi mê cung mà không xảy ra va chạm với bất kỳ chướng ngại vật nào. Từ đó có thể đánh phương pháp làm đã có kết quả tốt.

3.2. Thảo luận

Kết quả cho thấy chương trình thiết lập trên Visual C có thể hoạt động tốt với phần mềm Mobile – Sim, qua đó có thể thúc đẩy các hướng nghiên cứu tiếp theo dựa trên phần mềm này.

Kết quả cho thấy mô phỏng có thể chạy tốt trong 2 môi trường của chướng ngại vật động và mê cung.

Phương pháp mờ là phương pháp không có tính hội tụ nên khi vẽ quỹ đạo, chuyển động của robot mang hướng không ổn định.

4. Kết luận

Bài báo này trình bày phương pháp thiết kế và mô phỏng BDK mờ cho robot di động trong 2 trường hợp: chướng ngại vật động và di chuyển trong mê cung.

Kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp xây dựng BDK mờ trong 2 môi trường: có chướng ngại vật động và mê cung đạt được mục tiêu đề ra. Robot có thể tự ra quyết định khi di chuyển mà không chạm vào các chướng ngại vật.

Bài báo cho thấy tính khả thi cao khi áp dụng các bộ điều khiển thông minh vào robot di động. Nhóm tác giả đề

nghị nên áp dụng thêm các thuật toán genetic và mạng thần kinh kết hợp với BDK mờ cho robot thêm tính chủ động (autonomous).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Demirli, K. and I.B. Türkşen, Sonar based mobile robot localization by using fuzzy triangulation, *Robotics and Autonomous Systems*, 2000. 33(2–3): p. 109–123.
- [2] Beom, H.R. and H.S. Cho, A Sensor-based Obstacle Avoidance Controller For A Mobile Robot Using Fuzzy Logic And Neural Network, in *Intelligent Robots and Systems, 1992., Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on*, 1992.
- [3] Qiao, L., L. Yong-gang, and X. Cun-xi, Optimal Genetic Fuzzy Obstacle Avoidance Controller of Autonomous Mobile Robot Based on Ultrasonic Sensors, in *Robotics and Biomimetics, 2006. ROBIO '06. IEEE International Conference on*, 2006.
- [4] Susnea, I., et al, Path following, real-time, embedded fuzzy control of a mobile platform wheeled mobile robot, in *Automation and Logistics, 2008. ICAL 2008, IEEE International Conference on*, 2008.
- [5] Limin, R., W. Weidong, and D. Zhijiang, A new fuzzy intelligent obstacle avoidance control strategy for wheeled mobile robot, in *Mechatronics and Automation (ICMA), 2012 International Conference on*, 2012.
- [6] Raguraman, S.M., D. Tamilselvi, and N. Shivakumar, Mobile robot navigation using Fuzzy logic controller, in *Control, Automation, Communication and Energy Conservation, 2009, INCACEC 2009. 2009 International Conference on*, 2009.
- [7] Whitbrook, A., <Controlling the Pioneer P3-DX robots at CSiT, University of Nottingham.pdf>.

(BBT nhận bài: 14/08/2014, phản biện xong: 28/01/2015)