

PHÂN TÍCH NÉT ĐẶC THỦ VÀ ĐỀ XUẤT HƯỚNG NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG MULTI-ROBOT

Trần Thị Thanh Hải^{*}, Lại Khắc Lai
Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Hệ thống Multi-robot là một tập hợp các robot cùng thực hiện một nhiệm vụ nhận được từ người điều khiển dựa trên cơ chế hợp tác giữa các cá thể robot, khi mà mỗi cá thể không thể thực hiện được hoặc thực hiện nhưng đạt hiệu quả thấp. Tuy nhiên, trong quá trình thực thi nhiệm vụ, các robot có thể bị va chạm, bị mất hoặc nhiễu thông tin liên lạc làm gián đoạn việc thực hiện nhiệm vụ. Vì vậy việc nghiên cứu và xây dựng thuật toán điều khiển mới để nâng cao chất lượng cho hệ thống là điều cần thiết. Bài báo này phân tích và đánh giá những ưu nhược điểm của các công trình khoa học đã được công bố, từ đó chỉ ra những đặc thù và hướng nghiên cứu về hệ thống Multi-robot.

Từ khóa: Hệ thống Robot bầy đàn, điều khiển Robot, Robot hợp tác, Robot di động, điều khiển phân tán

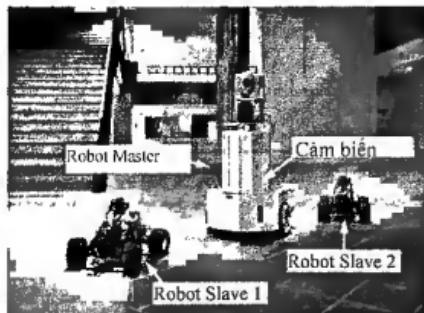
MỞ ĐẦU

Hệ thống Multi-robot đã xuất hiện trong thập kỷ qua với nhiều hình dáng và kết cấu khác nhau, thực hiện các mục tiêu nghiên cứu khác nhau và được áp dụng thành công trong nhiều lĩnh vực. Nhưng hệ thống Multi-Robot vẫn được quan tâm nghiên cứu phát triển để có thể hoạt động trong môi trường phức tạp, nơi mà môi trường làm việc không an toàn và có những thay đổi không lường trước có thể xảy ra do các tác động từ bên ngoài, do sự va chạm giữa các robot hoặc mất thông tin liên lạc từ chính bản thân của robot gây nên [1].

Trong hệ thống Multi-robot thường có một robot chủ động "Master" và nhiều robot phụ thuộc "Slave". Các robot sẽ được nhận tín hiệu điều khiển từ trung tâm điều khiển để thực hiện nhiệm vụ. "Master" sau khi phân tích và xử lý sẽ gửi tín hiệu điều khiển đến hệ "Slave", và tín hiệu phản hồi có thể được truyền ngược từ các robot "Slave" về robot "Master", những tín hiệu phản hồi có thể là về vị trí, vận tốc, gia tốc của robot, lực tương tác với môi trường làm việc và thậm chí là hình ảnh, âm thanh, nhiệt độ... tại khu vực làm việc trong hệ thống.

Các hệ thống Multi-robot với nhiều Slave có thể thực hiện các tác vụ nhanh và hiệu quả

hơn so với hệ thống một Slave duy nhất [16]. Ví dụ như trong bài toán tìm kiếm và cứu nạn, trung tâm điều khiển gửi thông tin về kế hoạch nhiệm vụ tìm kiếm chiếc máy bay mất tích tới hệ thống các robot. Các robot sẽ ra ngoài và tìm kiếm, nếu cảm biến của robot nào phát hiện ra tín hiệu của chiếc máy bay bị mất tích, nó sẽ đóng vai trò của "Master", sau đó "Master" sẽ chia gửi thông tin về vị trí hiện tại của nó tới các "Slave" để hợp tác cứu nạn trong một khu vực cụ thể [7]. Ngoài ra, các hệ thống Multi-robot được trang bị cảm biến có thể tự động thực hiện nhiều nhiệm vụ quân sự như rà phá bom mìn, tìm kiếm xử lý nguồn hóa chất, lái xe tự động, cứu hỏa v.v ...



Hình 1. Mô hình của hệ thống Multi-robot

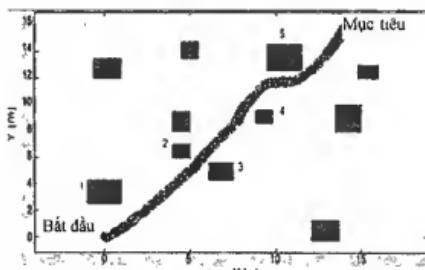
Trên hình 1 biểu diễn mô hình cơ bản của một hệ thống Multi-robot có phản hồi bao gồm: Robot Master (nhận thao tác từ con người và

*Tel: 0973163003, Email: tranthanhhai1406@gmail.com

đóng vai trò điều khiển) và Robot Slave (nhận lệnh điều khiển từ Master và thao tác công việc với môi trường) ngoài ra để trao đổi thông tin còn có hệ thống truyền thông (Communication channel) với nhiều giao thức khác nhau (mạng internet, qua hệ thống dây truyền dẫn, hệ thống không dây wireless...) thực hiện nhiệm vụ truyền thông giữa người điều khiển với các robot hoặc giữa các robot với nhau.

MỘT SỐ ĐẶC THỦ VỀ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG MULTI-ROBOT

Hệ thống Multi-robot được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: điều hành robot không gian từ mặt đất, chỉ huy phương tiện không người lái dưới nước, xử lý những vật liệu nguy hiểm trong các nhà máy hạt nhân, trong hoạt động phẫu thuật, tối ưu việc thao diễn những robot tránh chướng ngại vật, cứu hộ con người, ứng dụng trong các lĩnh vực khai thác và sản xuất...

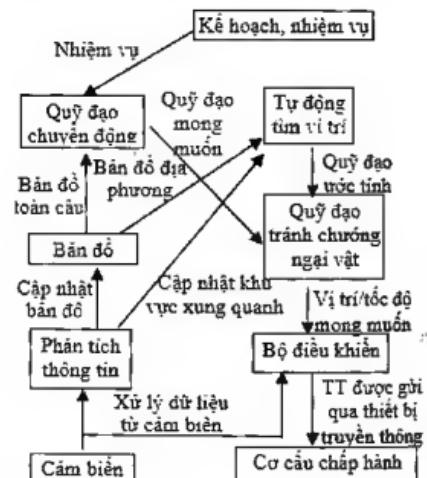


Hình 2. Mô hình quỹ đạo tìm kiếm mục tiêu của hệ thống Multi-robot

Nói chung, một hệ thống Multi-robot có thể được mô tả như một bộ robot hoạt động trong cùng một môi trường. Tuy nhiên, các hệ thống multi-robot có thể là các hệ thống đơn giản, thu thập và xử lý dữ liệu đến những hệ thống phức tạp có thể tương tác với môi trường và tương tác với nhau theo những phương thức khá phức tạp. Hơn nữa, giữa các robot có nguyên tắc làm việc phối hợp để cùng hoàn thành nhiệm vụ, trái với một cấu trúc đơn giản chỉ cung cấp dịch vụ cho người vận hành (máy in hoặc ngay cả một công tắc

ánh sáng). Trong khi thực tế các hệ thống Multi-robot được trang bị các cảm biến và bộ truyền động tinh vi, có thể thực hiện các tác vụ phức tạp.

Hình 2 mô tả một quỹ đạo tìm kiếm mục tiêu của Robot Master và các Robot Slave từ điểm xuất phát. Trong quá trình làm việc, từ các tín hiệu cảm biến, các robot sau khi phân tích, xử lý dữ liệu đã xác định quỹ đạo chuyển động đến mục tiêu. Lúc này, các robot vừa phải di chuyển đến mục tiêu, vừa phải tránh va chạm với các vật cản trên đường đi, đồng thời với quá trình trao đổi thông tin liên lạc, xử lý thông tin khi xuất hiện tín hiệu nhiễu và mất thông tin liên lạc giữa các robot.



Hình 3. Quá trình tổ chức thực hiện nhiệm vụ

Hệ thống Multi-robot là một phần quan trọng trong các nghiên cứu về robot. Vào cuối những năm 1980, một nhóm các nhà khoa học đã bắt đầu nghiên cứu hướng nghiên cứu này. Một trong những thách thức lớn đối với các hệ thống Multi-robot là thiết kế các chiến lược phối hợp thích hợp giữa các robot để chúng có thể hoạt động hiệu quả về mặt thời gian và không gian làm việc. Hơn nữa, các robot sẽ làm việc cùng nhau để hoàn thành một nhiệm vụ nhất định bằng cách di chuyển trong môi trường, tương tác với nhau về thể

chất. Các nghiên cứu [10], [11] chỉ dùng hệ thống máy tính với phần mềm để điều khiển phân tán truyền thống với không gian khá nhỏ hẹp.

Hiện nay, các nghiên cứu về Robot di động liên quan nhiều đến điều khiển quỹ đạo chuyển động với biến điều khiển là lực tác động phản hồi về môi trường từ robot Slave. Môi trường ở đây được giả thiết như một hệ động lực học đơn giản thông qua việc sử dụng một thiết bị xúc giác như Diolaiti và Melchiorri (2002). Đặc biệt, một lực tương tác ảo được tính toán trên cơ sở của những tín hiệu nhiễu xung quanh Robot di động để ngăn chặn thông tin nguy hiểm, do đó nhiệm vụ điều hướng có thể được thực hiện tốt hơn và tính ổn định của sự tương tác ảo được đảm bảo. Gần đây hơn Lee, Martinez-Palafox, và Spong (2006) [4] cũng kết hợp việc xử lý trễ vào trong cách mạch vòng xử lý thông tin.

Mặt khác, khi hoạt động ở một địa điểm từ xa, robot "Slave" gửi thông tin phản hồi cho "Master" để đánh giá môi trường xung quanh và ra lệnh tiếp theo cho Slave. Tuy nhiên, điều này đòi hỏi băng thông cao để có thể truyền dữ liệu không chỉ là hình ảnh thời gian thực, mà cả tín hiệu phản hồi lực đến "Master", nhằm xử lý thông tin và định vị môi trường xung quanh của các robot. Đặc biệt, các robot cần phải có một số các hệ thống dự phòng để khi "Master" bị mất liên lạc với "Slave" từ xa do sự hạn chế của băng thông giao tiếp hoặc "Slave" đang ở trong vùng mất tín hiệu [13]. Akin cũng đã nghiên cứu một chiến lược để hợp tác khi không có thông tin liên lạc giữa các robot qua đó có thể tự tìm kiếm và định hướng để xác định vị trí của các robot khác [12]. Chiến lược hợp tác dựa trên lý thuyết của nhiều quy luật như là trí tuệ nhân tạo, lý thuyết trò chơi, lý thuyết về kinh tế, sinh học, động vật học, sự sống nhân tạo...[16], [8]. Ở đây, tác giả đã quan tâm nghiên cứu tới hệ thống bao gồm nhiều robot di động tự trị thể hiện hành vi hợp tác. Các nhóm robot di động được xây dựng với

mục đích nghiên cứu các vấn đề như kiến trúc nhóm, tác động xung đột lẫn nhau, quá trình hợp tác cùng thực hiện nhiệm vụ và các vấn đề xác định vị trí, quỹ đạo chuyển động tới mục tiêu.

Trong [14] các tác giả Samratul Fuady, Adrianto Ravi Ibrahim và Riyanto T.Bambang đã đưa ra phương án điều khiển hệ thống Multi-robot nhờ hệ thống điều khiển kiểm soát sự phân bố của các robot và ngăn cản một vài trở ngại thông qua ba bước điều khiển: bước thứ nhất tập trung vào thuật toán phối hợp giữa các robot, bước thứ hai sử dụng hệ thống hybrid để theo dõi vị trí của các robot nhằm tránh chướng ngại vật, bước thứ ba thay đổi thích nghi để đưa tín hiệu điều khiển tới robot không hoạt động.

Còn Aubrey Marchel Tientcheu trong [2] hướng tới chiến lược điều khiển hệ thống Multi-robot bằng việc nghiên cứu, khảo sát chu kỳ, nguyên tắc làm việc của từng robot, tổng hợp hệ thống nhằm thu được nguyên tắc phối hợp chung. Trên cơ sở của một mô hình rất nổi tiếng boids được phát triển bởi Reynolds, nơi mà bắt đầu từ mỗi cá thể có cách vận dụng chiến lược riêng và chỉ có thông tin vị trí của mình. Chiến lược điều khiển này chính là điều khiển phân tán từng robot, điều khiển sắp xếp chúng hướng tới mục tiêu bằng các thông tin cảm biến cục bộ.

Phương pháp sử dụng luật điều khiển PD là hướng nghiên cứu được khá nhiều các nhà nghiên cứu quan tâm. Trong [15] tác giả T.Namerikawa đã cải tiến và có sự thay đổi phương pháp PD, các kết quả nhận được là khả quan hơn, sai lệch quỹ đạo chuyển động đã được cải thiện đặc biệt khi các robot di chuyển tự do, thời gian trễ trên kênh truyền thông là biến thiên, tuy nhiên trong nghiên cứu này vẫn chưa đề cập đến vấn đề điều khiển lực khi có sự va chạm với môi trường. Một hướng khác cũng đã được đưa ra đó là phương pháp điều khiển thụ động được đề xuất trong [5]. Trong một nghiên cứu gần đây hơn [6], [15] về điều khiển bám, các tác giả

đã sử dụng phương pháp phối hợp trò kháng, đề xuất này đã làm giảm ảnh hưởng của nhiễu trong quỹ đạo chuyển động của các robot, đã điều khiển được lực tương tác trên các robot, tuy nhiên các lực trên chưa thật sự tương đồng ở hai phía của hệ thống và thời gian trễ truyền thông chỉ là hằng số.

Hiện nay, cũng đã có những nghiên cứu sử dụng luật điều khiển thích nghi cho các robot năng động khi hoạt động trong môi trường nhiều trở ngại nhằm đạt được hiệu quả tối ưu cho quá trình chuyển động của robot về quãng đường [3]. Mặt khác, luật điều khiển cũng hướng các robot di chuyển đến mục tiêu theo một quy trình được xác lập, tránh va chạm giữa các robot và chướng ngại vật. Để cải thiện phương pháp điều khiển hệ thống Multi-robot một cách hiệu quả và giám sát thay đổi quỹ đạo chuyển động của các robot hướng tới mục tiêu, phương pháp dẫn đầu ảo được đề xuất cho mỗi robot và một thuật toán điều khiển phân tán được lựa chọn để giải quyết các vấn đề trên.

Ở trong nước, tác giả Lê Thị Thúy Nga và Lê Hùng Lân [9] đã đề xuất giải pháp điều khiển hệ thống các robot tìm kiếm mục tiêu và tránh vật cản bằng kỹ thuật điều khiển hành vi dựa trên không gian rõ ràng. Đồng thời dựa trên lý thuyết Lyapunov để đưa ra các điều kiện nhằm ổn định quá trình tập trung về mục tiêu của các robot.

Tóm lại, nghiên cứu và đánh giá quá trình làm việc của hệ thống Multi-robot có thể dựa trên các mức độ [1]:

Mức độ thứ nhất về sự hợp tác: Mức độ thứ nhất liên quan đến khả năng hợp tác làm việc của hệ thống để hoàn thành một nhiệm vụ cụ thể. Ở cấp độ này, hệ thống mới chỉ được điều khiển sao cho các robot có thể hợp tác làm cùng một nhiệm vụ.

Mức độ thứ hai về sự hiếu biết: Mức độ này đề cập đến thông tin mà mỗi cá thể robot nhận được về các đồng đội trong cùng hệ thống Multi-robot. Các robot trong hệ thống sẽ ý

thức được quỹ đạo hoạt động và việc thực thi nhiệm vụ của các robot khác thông qua hệ thống truyền thông.

Mức độ phối hợp: Mức thứ ba liên quan đến các cơ chế được sử dụng cho sự liên kết hợp tác giữa các cá thể robot, cụ thể hơn là sự truyền thông tin từ Master tới các Slave hoặc sự phản hồi thông tin trở lại Master từ các Slave. Sự phối hợp ở đây có thể hiểu là "sự hợp tác trong đó các hành động được thực hiện bởi mỗi cá thể robot có tính đến các hành động được thực hiện bởi các tác nhân của robot khác trong hệ thống Multi-robot sao cho toàn bộ quá trình điều khiển là một sự kết hợp hài hòa và đạt hiệu quả cao". Tuy nhiên, có nhiều cách khác nhau mà các robot có thể chịu ảnh hưởng từ hành động của các cá thể robot khác trong hệ thống. Các tính năng cơ bản là giao thức điều phối, được định nghĩa như là một tập hợp các quy tắc mà các robot phải làm theo để tương tác với nhau trong cùng môi trường làm việc. Tuy nhiên trong một số trường hợp việc sử dụng hiệu quả một quy trình phối hợp có thể là rất khó khăn.

Mức độ tổ chức: Mức độ thứ tư của cấu trúc thứ bậc của chúng ta liên quan đến cách hệ thống ra quyết định được thực hiện trong hệ thống Multi-robot. Cấp độ tổ chức giới thiệu một sự phân biệt trong các hình thức phối hợp, phân biệt các phương pháp tập trung, tổng hợp hệ thống từ các phương pháp điều khiển phân tán. Cụ thể, một hệ thống tập trung vào robot Master chịu trách nhiệm tổ chức công việc, chia gửi thông tin tới các robot Slave; Master tham gia vào quá trình ra quyết định cho nhóm các robot trong hệ thống, trong khi các cá thể robot khác chỉ có thể hành động theo chỉ dẫn của Master. Mặt khác, một hệ thống Multi-robot cũng bao gồm các Slave hoàn toàn tự trị trong quá trình ra quyết định đối với nhau; tác động qua lại nhau và truyền thông tin trở lại Master.

Về truyền thông: Sự hợp tác giữa các robot thường phụ thuộc bởi một cơ chế truyền thông cho phép các robot trao đổi thông tin.

Tuy nhiên, đối với hệ thống Multi-robot cơ chế truyền thông rất khác nhau và mới chỉ hoạt động với một số lượng giới hạn các robot (ít hơn 10), với hai loại truyền thông khác nhau tùy thuộc vào cách các robot trao đổi thông tin: truyền thông trực tiếp hoặc gián tiếp. Truyền thông trực tiếp sử dụng một số thiết bị phần cứng chuyên dụng, trong khi truyền thông gián tiếp sử dụng các tín hiệu điều khiển dạng xung. Thực tế là trong truyền thông trực tiếp hệ thống Multi-robot dựa trên một thiết bị vật lý chuyên dụng, kết quả là một giải pháp đắt tiền hơn và không đáng tin cậy để đạt được sự phối hợp giữa các robot. Còn truyền thông gián tiếp có thể đảm bảo sự tương tác giữa các cá thể robot trong hệ thống, giảm bớt sự phức tạp cho việc thiết kế các hệ thống quy mô lớn và tránh sự đồng bộ hóa giữa các cá thể robot, bằng cách cung cấp một cấu trúc truyền thông chia sẻ mà mỗi cá thể robot có thể truy cập trong một mô hình phân tán đồng thời của hệ thống.

Kết luận, các thuật toán điều khiển hệ thống Multi-robot đã được nghiên cứu gần đây chủ yếu mới đề cập đến việc xác định vị trí, quỹ đạo di chuyển đến mục tiêu, không gian làm việc còn nhỏ hẹp, thời gian trễ truyền thông là hàng số, mức độ hợp tác thực hiện nhiệm vụ, tránh chướng ngại vật và thông tin phản hồi từ Slave còn hạn chế.

ĐỀ XUẤT HƯỚNG NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG MULTI-ROBOT

Hệ thống Multi-robot hiện nay là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng trong kỹ thuật robot và trí tuệ nhân tạo. Hệ thống này được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: điều hành robot không gian từ mặt đất, chỉ huy phương tiện không người lái dưới nước, xử lý những vật liệu nguy hiểm trong các nhà máy hạt nhân, trong hoạt động phẫu thuật, tới việc thao diễn những robot di động tránh chướng ngại vật, cứu hộ con người, ứng dụng trong các lĩnh vực khai thác và sản xuất...

Do các lĩnh vực ứng dụng và nhiệm vụ mà hệ thống Multi-robot phải đối mặt ngày càng

phức tạp, nên ngoài việc tăng cường khả năng hợp tác của các robot trong hệ thống thì còn phải kể đến tính ổn định, khả năng thực hiện nhiệm vụ trong môi trường làm việc không hoàn hảo. Ở môi trường này đòi hỏi các robot cần có khả năng tránh chướng ngại vật, khả năng tìm kiếm thông tin khi mất tín hiệu truyền thông, hoặc mất tín hiệu từ các robot khác, khả năng xử lý thông tin phản hồi khi các robot trong hệ thống gặp sự cố, khả năng xử lý thông tin khi bị nhiễu tín hiệu truyền thông hoặc quá trình truyền dữ liệu giữa robot Master và robot Slave có hiện tượng trễ truyền thông... có thể làm mất ổn định, làm sai lệch việc thực hiện các thao tác, làm giảm tính đồng nhất của các robot, từ đó làm ảnh hưởng đến chất lượng, hiệu quả làm việc của từng robot nói riêng và của cả hệ thống nói chung.

Tóm lại, hệ thống Multi-robot đã và đang được ứng dụng trong thực tế. Đối tượng điều khiển là hệ phi tuyến có trễ và chịu ảnh hưởng của nhiều tác động. Vì vậy việc nghiên cứu ứng dụng lý thuyết điều khiển phi tuyến, lý thuyết điều khiển hiện đại xây dựng thuật toán điều khiển nhằm nâng cao chất lượng điều khiển hệ thống Multi-robot trong môi trường không hoàn hảo là vấn đề cần được quan tâm nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alessando Farinelli, Luca Iocchi, Daniele Nardi (2004), "Multirobot Systems: A Classification Focused on Coordination", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Part B (Volume: 34, Issue: 5, Oct. 2004), pp. 2015-2028.
2. Aubrey Marchel Tientcheu (2016), "Formation control for Multirobot system", July 15, 2016 by CRC Press Reference - 300 Pages - 80 B/W Illustrations ISBN 9781466501423.
3. Cai Ze-su, Zhao Jie, and Cao Jian (2012), "Formation Control and Obstacle Avoidance for Multiple Robots Subject to Wheel-Slip", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2012, Vol. 9, p. 188.
4. D. Lee, O. Martinez-Palafox, and M. W. Spong (2006), "Passive bilateral teleoperation of a wheeled mobile robot over a delayed communication network", *Proceedings of the*

- IEEE international conference on robotics and automation*, pp. 3298-3303.
5. Dongjun Lee and Mark W. Spong (2005), "Passive bilateral control of teleoperators under constant time-delay", *Proc. of the 16th IFAC World Congress, Czech Republic*.
 6. J. Park, R. Cortesao, and O. Khatib (2010), *Robust and Adaptive Teleoperation for Compliant Motion Tasks*, Stanford University, Robotics Group, 94305-9010 CA, USA.
 7. John T. Feddema, Chris Lewis and David A. Schoenwald (2002), "Decentralized Control of Cooperative Robotic Vehicles: Theory and Application", *IEEE transactions on robotics and automation*, Vol 18, No. 5, October 2002.
 8. L. E. Parker (2000), "Current state of the art in distributed autonomous mobile robotics", *Distributed Autonomous Robotic Systems 4*, L. E. Parker, G. Bekey, and J. Barhen, Eds. New York: Springer-Verlag, pp. 3-12.
 9. Lê Thị Thúy Nga, Lê Hùng Lân (2015), "Điều khiển robot bầy dàn tránh vật cản và tìm kiếm mục tiêu", *VCCA - 2015*.
 10. M. B. Dias, R. Zlot, N. Kalra, A. Stentz (2006), "Market-Based Multirobot Coordination: A Survey and Analysis", *Proceedings of the IEEE* (Volume: 94, Issue: 7, July 2006), pp. 1257 - 1270.
 11. Nicolas Jouandeau and Arab Ali Cherif (2012), *A Survey and Analysis of Multi-Robot Coordination*, Paris 8 University, Saint-Denis, France, 03 Nov 2012.
 12. R. C. Arkin (1992), "Cooperation without communication: Multiagent schemabased robot navigation", *J. Robot Syst.*, Vol. 9, No. 3, pp. 351-364.
 13. S.-G Hong, J.-J. Lee and S. Kim (1999), "Generating artificial force for feedback control of teleoperated mobile robots", *Proceedings of the IEEE/RSJ international conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 3, pp. 1721-1726.
 14. Samratul Fuady, Adrianto Ravi Ibrahim, Riyanto T. Bambang (2013), "Distributed formation control of multi-robot system with obstacle avoidance", *Proc. 2013 IEEE Conference Location: Jogjakarta, Indonesia*.
 15. T. Namerikawa and H. Kawada (2006), "Symmetric Impedance Matched Teleroperation with Postision Tracking", *Proc. of 45th IEEE Conference on Decision and Control*, p.4496 - 4501, 13rd-15th, Dec. 2006.
 16. Y. U. Cao, A. S. Fukunaga, and A. B. Kahng (1995), "Cooperative mobile robotics: Antecedents and directions", *Proc. 1995 IEEE/RSJ IROS Conf.*, pp. 226-234.

SUMMARY

SPECIFIC CHARACTERISTICS ANALYSIS AND RESEARCH PROPOSAL TO CONTROL MULTI-ROBOT SYSTEM

Tran Thi Thanh Hai*, Lai Khac Lai

University of Technology - TNU

The Multi-robot system is a set of robots performing the same task received from the operator which based on cooperation mechanism between individual robots, where each individual can not perform or can be used to decrease the system effectiveness. However, during the execution of the task, the robot may be subject to collision, loss or interference of communication interrupting the performance of the task. Therefore, research and development of new control algorithms to improve the quality of the system is essential. This paper analyzes and evaluates the advantages and disadvantages of the published scientific work, thus pointing out the particularities and the research direction of the Multi-robot system.

Keywords: *Multi-Robot system, Robot controller, Cooperative Robotics system, Mobile Robotics system, Distributed control*

Ngày nhận bài: 24/10/2017; Ngày phản biện: 29/10/2017; Ngày duyệt đăng: 30/11/2017

*Tel 0973 163003, Email: tranthanhhai1406@gmail.com