

# Nghiên cứu, xây dựng thuật toán điều khiển một số hành vi tập thể của bầy robot e-puck

■ TS. LÊ THỊ THÙY NGA; TS. TRẦN NGỌC TỬ

Trường Đại học Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Robot bầy đàn là xu hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng trong lĩnh vực công nghệ robot. Với đặc thù có linh trí tuệ cao mà không đòi hỏi công nghệ chế tạo phức tạp, robot bầy đàn ngày càng thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Bài báo tập trung thiết kế thuật toán điều khiển một số hành vi tập thể của robot bầy đàn như tu bầy, tránh vật cản và di chuyển định hướng, đồng thời bài báo cũng đề xuất giải pháp khai thác platform robot e-puck đã có sẵn trên thị trường để thử nghiệm tính đúng đắn của các thuật toán đã thiết kế ở trên.

**TỪ KHÓA:** Robot bầy đàn, e-puck, tu bầy, tránh vật cản, di chuyển định hướng, hành vi tập thể

**ABSTRACT:** The research on robot swarm has been emerged swiftly with the field of robot technology. The characteristics of high intelligence isn't required the technology of complicated manufacturing. Therefore, the swarming robots have received a lot of attention from researchers. The swarm robot is a promising research trend in the field of robot technology. The article focuses on designing control algorithm for some collective behaviors of swarm robots such as convergence, avoiding obstacles and moving orientation, also mentions on solutions to exploit platform robot e-puck available in the market to test the correctness of the above designed algorithms.

**KEYWORDS:** Swarm robots, e-puck, convergence, avoid obstacles, move orientation, collective behaviors

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đặc điểm của robot bầy đàn là sử dụng số lượng lớn các robot tương đối đơn giản để thực hiện nhiệm vụ mà một robot đơn không thể thực hiện được hoặc thực hiện không hiệu quả.

Nhóm động vật và côn trùng thường có xu hướng tập hợp lại với nhau thành bầy, việc tụ bầy sẽ giúp chúng

tránh được kẻ thù và đối phó được với những thay đổi của thiên nhiên. Một trong những ứng dụng đầu tiên về hành vi tụ bầy của robot được đưa ra bởi [1]. Trong khi cùng nhau dịch chuyển thì tất cả các robot bị thu hút bởi ánh sáng trong hộp. Khi tất cả các robot tới được chỗ nguồn sáng thì chúng sẽ tụ lại thành một bầy. [2] thực hiện mô hình hàm thế năng trên các nhóm robot làm nhiệm vụ tìm kiếm những vùng nước tràn trong phòng, sau đó tạo thành vòng bao quanh chúng. Trong nghiên cứu [2], kỹ thuật điều khiển thích nghi trên robot cũng được giới thiệu để tăng sự đa dạng của nhóm, điều này giúp bỏ qua được những khu vực không cần thiết và tránh sai sót gặp phải trong quá trình tìm kiếm. Trong [3], các tác giả sử dụng các robot Alice II để vệ sinh tua-bin của máy bay phản lực. Mỗi robot sẽ tìm kiếm cánh tua-bin một cách ngẫu nhiên và đi quanh cánh của tua-bin. Họ sử dụng mô hình xác suất vi mô trong hành vi tập thể của bầy và kết quả cho thấy thời gian hoàn thành việc kiểm tra sẽ giảm khi số lượng robot tăng lên, tuy nhiên sẽ xuất hiện nhiều kiểm tra dư thừa nếu robot nhanh chóng rời khỏi cánh tua-bin mà nó đang kiểm tra.

Hành vi vận chuyển và thao tác trên vật nặng cần thiết phải có sự hợp tác giữa các nhóm robot. Trong [4] đã phát triển hệ thống vận chuyển sử dụng nhóm robot kiến. Ở đây một cơ chế "chủ - tớ" được dùng trong chuyển động của bầy. Các robot sẽ sử dụng thông tin về lực từ cảm biến lực gắn ở đầu để nhận biết các tham số điều khiển. Parker [5] giới thiệu kiến trúc Alliance cho việc đẩy hộp, họ chứng minh rằng các nhiệm vụ vẫn có thể được thực hiện ngay cả khi có trục trặc ở một hoặc hai robot. Kube [6] mô tả việc đẩy hộp bằng việc sử dụng nhóm các robot đồng nhất. Trong nghiên cứu của họ, 5 robot sẽ đẩy hộp lớn tới vị trí chỉ định trước đó là nguồn sáng. Robot sẽ thay đổi vị trí và tạo ra liên kết với nhau cho đến khi hộp được di chuyển, điều này tương tự như việc thu mối của kiến. Ở đây không có cơ chế liên lạc và hợp tác rõ ràng giữa các robot, những robot này hoàn toàn không biết được sự hiện diện của các con robot khác. lo và các đồng sự [7] cũng sử dụng kiến trúc góp tạo ra một nhóm robot làm nhiệm vụ thu rác thải. Những robot này sử dụng camera để phân biệt các đối tượng khác nhau như: thùng rác, sọt rác và robot khác. Việc hợp tác giữa các robot được thực hiện ngầm và chỉ sử dụng lực đẩy giữa các robot, đây là kết quả của sự kết hợp giữa hành vi "tìm kiếm thùng rác" và "tránh những vật cản tĩnh".

Từ những phân tích trên cho thấy, robot bầy đàn có ứng dụng rất rộng rãi trong thực tế, tùy vào công việc phải thực hiện mà robot sẽ có platform khác nhau. Nội dung bài báo tập trung xây dựng thuật toán điều khiển một số hành vi tập thể của robot bầy đàn như tự bầy, tránh vật cản và di chuyển định hướng. Bài báo cũng đề xuất giải pháp sử dụng platform robot e-puck để thử nghiệm tính đúng đắn của các thuật toán trên.

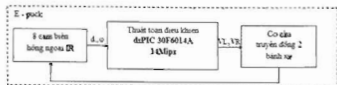
**2. NỘI DUNG CHÍNH**

**2.1. Nghiên cứu khai thác khung robot e-puck**

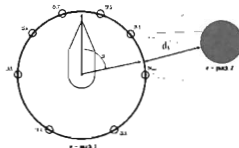
Robot e-puck là platform robot di động có kích thước nhỏ được phát triển bởi EPFL (Thụy Sĩ) cho mục đích giáo dục. Trong những năm gần đây, e-puck được sử dụng khá nhiều trong các nghiên cứu bởi vì: kết cấu cơ khí đơn giản, dễ dàng lập trình với mã nguồn mở, truyền thông không dây thông qua bluetooth và hồng ngoại, giá thành hợp lý.

• Cấu trúc phần cứng của e-puck được biểu diễn trên Hình 2.1, gồm các bộ phận sau:

E-puck được trang bị vi điều khiển dsPIC với 8kB RAM, 144kB bộ nhớ trong và được hỗ trợ biên dịch bởi GCC C.



Hình 2.3: Sơ đồ khối thể hiện mối quan hệ giữa các bộ phận trong e-puck



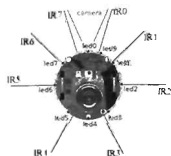
Hình 2.4: Sơ đồ biểu diễn khoảng cách  $d_1$  và góc lệch  $\varphi$  của e-puck  
**2.2. Xây dựng thuật toán điều khiển hành vi bầy đàn**  
 Các ký hiệu sử dụng trong thuật toán được giải thích ý nghĩa trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Giải thích ý nghĩa các ký hiệu

Ký hiệu	Ý nghĩa	Ký hiệu	Ý nghĩa
$d_1$	Khoảng cách thực tế giữa các robot e-puck	$\varphi$	Góc lệch giữa cảm biến tác động so với phương chính diện của e-puck
$d_{m1}$	Khoảng cách mong muốn giữa các robot e-puck	$V_x, V_y, \omega$	Vận tốc di chuyển ổn định, vận tốc bánh phải, vận tốc bánh trái của e-puck
$d_{m2}$	Khoảng cách thực tế giữa robot e-puck và vật cản	$d_{m3}$	Khoảng cách mong muốn giữa robot e-puck và vật cản
	Góc lệch giữa vật cản so với phương chính diện của e-puck	$\beta$	Góc lệch giữa hướng mong muốn so với phương chính diện của e-puck

Hình 2.1: Các bộ phận cơ bản của robot e-puck [8]

- 8 cảm biến hồng ngoại (IR) được đặt xung quanh robot (Hình 2.2);
- 01 camera màu với độ phân giải 640x480;
- 02 bánh xe có thể chuyển động liên tục;
- 8 đèn led phát sáng xung quanh robot;
- 01 loa để phát âm thanh;
- 3 micro để thu âm thanh;
- 01 cảm biến gia tốc xác định sự thay đổi vị trí và góc quay;
- Bluetooth cho phép điều khiển từ xa và truyền thông với máy tính.



Hình 2.2: Sơ đồ bố trí các cảm biến IR trên thân e-puck [8]  
 \* Ngôn ngữ lập trình cho e-puck được viết bằng C

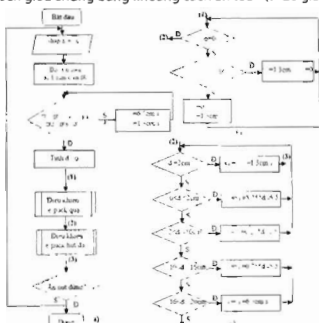
**2.2.1. Hành vi tự bầy**

Mục đích của chương trình hướng vào e-puck là điều khiển các e-puck tụ về một khu vực tâm bảy khi chỉ biết khoảng cách và hướng giữa các cặp robot với nhau nhờ vào 8 cảm biến hồng ngoại (từ IR0 đến IR7) được gắn xung quanh thân robot như Hình 2.2. Khoảng cách an toàn giữa các e-puck trong thử nghiệm được đặt là  $d_{m1} = 02cm$ , tầm nhìn xa nhất của e-puck: 20cm. Ngoài tầm quan sát của các cảm biến thì các e-puck sẽ không nhìn thấy nhau và giữa chúng không tồn tại bất kỳ một mối liên kết nào, lúc đó các e-puck sẽ phải đi tìm nhau bằng cách di chuyển theo vòng xoắn ốc to dần cho đến khi chúng nhìn thấy ít nhất một cá thể khác trong bảy thì việc di chuyển theo vòng xoắn ốc dừng lại và chuyển sang chế độ di chuyển theo bầy đàn. Trong tầm quan sát của cảm biến, các e-puck sẽ tiến lại gần nhau khi ở khoảng cách xa hơn  $d_{m1}$ , nếu ở khoảng cách gần hơn thì các e-puck sẽ lùi ra xa. Khi khoảng cách giữa các e-puck đã ở giới hạn an toàn thì các robot chỉ có thể đi

chuyển trong khu vực hội tụ và bảy e-puck chỉ dừng khi gặp nguồn cung cấp.

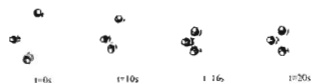
Giả thiết môi trường hoạt động của bảy e-puck là môi trường thuần nhất, không có chướng ngại vật. Lưu đồ thuật toán điều khiển quá trình hội tụ của bảy e-puck được biểu diễn như Hình 2.5. Quá trình hội tụ của một bầy gồm 3 robot e-puck được miêu tả trên Hình 2.6. Ban đầu đặt các robot vào vị trí bất kỳ trong môi trường thử nghiệm không có chướng ngại vật. Khi e-puck nhìn thấy đồng loại thì nó sẽ tiến lại gần, nếu không thấy bất kỳ cá thể nào khác thì nó sẽ đi chuyển theo vòng xoắn ốc để tìm cho đến khi nhìn thấy. Sau 10 giây, các robot đều đã nhìn thấy nhau và cùng đi chuyển về phía nhau, khoảng cách giữa chúng đã được rút ngắn. Sau 16 giây, các robot đã tụ lại trong một khu vực nhưng do khoảng cách giữa hai cặp cá thể gần hơn so với khoảng cách quy định nên hai cá thể này đã lùi ra cho đến khi khoảng cách giữa chúng bằng khoảng cách an toàn ( $t=20$  giây).

biến IR, trong đó chủ yếu sử dụng 6 cảm biến phía trước gồm: IR0, IR1, IR2, IR5, IR6, IR7. Lưu đồ thuật toán điều khiển quá trình tránh vật cản của robot e-puck được biểu diễn như Hình 2.7.



a - Lưu đồ tổng quát; b - Lưu đồ thuật toán điều khiển e-puck quay; c - Lưu đồ thuật toán điều khiển e-puck hội tụ/dây

Hình 2.5: Lưu đồ thuật toán điều khiển quá trình tụ bầy của e-puck

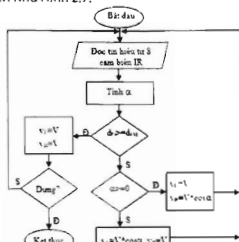


Hình 2.6: Hình ảnh biểu diễn vị trí của 3 robot e-puck trong quá trình tụ bầy

Từ kết quả thử nghiệm quá trình hội tụ của robot bầy đàn Hình 2.6 cho thấy, trong quá trình di chuyển các cá thể robot không va chạm vào nhau và luôn hướng về phía nhau để tạo thành một bầy, sau một khoảng thời gian đủ lớn, các cá thể robot đã hội tụ lại trong một khu vực xác định.

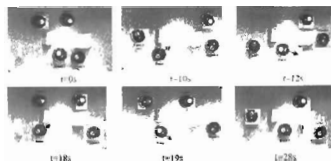
### 2.2.2. Hành vi tránh vật cản của robot bầy đàn

Các robot e-puck được đặt trong môi trường phẳng có các vật cản tĩnh, trong quá trình di chuyển các cá thể không va chạm vào nhau và có khả năng tránh được vật cản. Mỗi robot e-puck sẽ phát hiện vật cản nhờ 8 cảm



Hình 2.7: Lưu đồ thuật toán điều khiển quá trình tránh vật cản của robot e-puck

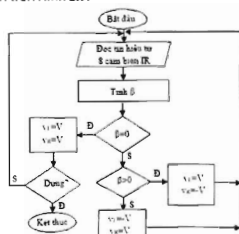
Hình 2.8 biểu diễn vị trí của các cá thể robot e-puck trong khi chuyển động ngẫu nhiên. Trong quá trình di chuyển, các cá thể robot đã tránh được các vật cản nằm trên lộ trình di chuyển của chúng.



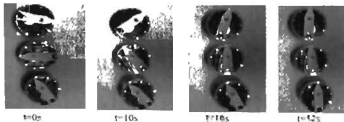
Hình 2.8: Hình ảnh biểu diễn vị trí của 4 robot e-puck trong quá trình di chuyển tránh vật cản

### 2.2.3. Hành vi di chuyển định hướng của robot bầy đàn

Các robot được đặt theo một hướng bất kỳ trong môi trường thử nghiệm, sau một thời gian chúng sẽ cùng di chuyển quay đầu về một hướng, thuật toán cài đặt cho mỗi robot e-puck di chuyển định hướng được thể hiện trên Hình 2.9.



Hình 2.9: Thuật toán điều khiển quá trình di chuyển định hướng của robot bầy đàn



Hình 2.10: Hình ảnh biểu diễn vị trí của 3 robot e-puck trong quá trình di chuyển định hướng

Hình 2.10 cho thấy, sau một thời gian xoay chuyển, các robot e-puck đã cùng quay đầu về một hướng.

### 3. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được thuật toán điều khiển các hành vi tập thể của robot bầy đàn như: tụ bầy, tránh vật cản và di chuyển định hướng. Các thuật toán đã thiết kế được cài đặt lập trình nhúng cho cả thể vật lý e-puck. Kết quả cho thấy, giải pháp sử dụng platform e-puck rất phù hợp để thử nghiệm các thuật toán điều khiển robot bầy đàn với mục đích phục vụ cho đào tạo. Nội dung bài báo mới dừng lại ở việc điều khiển các hành vi bầy đàn cơ bản, các hành vi phức tạp hơn như tìm kiếm vật thể thất lạc, thu thập thông tin của môi trường... sẽ được phát triển ở các nghiên cứu tiếp theo.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. C. R. Kube, H. Zhang (1993), *Collective robotics: From Social Insects to Robots*, *Adaptive Behavior* 2, pp.189-219.
- [2]. D. J. Brummmer, D. D. Dudenhoeffer, M. D. McKay, M. O. Anderson (2002), *A Robotic Swarm for Spill Finding and Perimeter Formation*, Box 1625 Idaho Falls, U.S.A, ID 83415-3779.
- [3]. N. Correll, A. Martinoli (2009), *Towards Multi-Robot Inspection of Industrial Machinery - From Distributed Coverage Algorithms to Experiments with Miniature Robotic Swarms*, *IEEE Robotics & Automation*, pp.103-112.
- [4]. D. J. Stilwell, J. S. Bay (1993), *Toward the development of a material transport system using swarms of ant-like robots*, *Robotics and Automation Proceedings, IEEE International Conference on*, pp.766-771.
- [5]. L. E. Parker (1999), *Cooperative Robotics for Multi-target Observation, Intelligent Automation and Soft Computing. special issue on Robotics Research at Oak Ridge National Laboratory*, 5, pp.5-19.
- [6]. C. R. Kube (2000), *Cooperative transport by ants and robots*, *Eric Bonabeau Robotics and Autonomous Systems*, 30, pp.85-101.
- [7]. Io. Ganymede, Callisto (1995), *A Multiagent Robot Trash - Collecting Team*, *AI Magazine*, vol.16, no.2, pp.39-51.
- [8]. <https://cyberbotics.com/e-puck>, truy cập ngày 15/4/2019.
- [9]. Le Hung Lan, Le Thi Thuy Nga, Le Hong Lan, *Aggregation Stability of Multiple Agents With Fuzzy Attraction and Repulsion Forces*, *MMAR* 2013, pp.81-85.
- [10]. Lê Thị Thúy Nga, Lê Hùng Lân (2015), *Điều*

kiển robot bầy đàn tránh vật cản và tìm kiếm mục tiêu, *VCCA* 3, 87-93.

[11]. Nga Le Thi Thuy, Thang Nguyen Trong, *The Multitasking System of Swarm Robot based on Null-Space - Behavioral Control Combined with Fuzzy Logic*, *Micromachines* 8 (2017), doi:10.3390/mi8120357.

Ngày nhận bài: 05/01/2020

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2020

Người phản biện: T.S. Nguyễn Văn Hải

TS. Nguyễn Hoàng Văn