

# Phát triển thuật toán lập kế hoạch đường dẫn cho Autonomous Robot hút bụi

Kazi Mahmud Hasan<sup>1</sup>, Abdullah -Al-Nahid<sup>1</sup>, Khondker Jahid Reza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ngành Kỹ thuật Điện tử và Truyền thông Đại học Khulna,  
Khulna 9208, Bangladesh.

<sup>2</sup>Trường Kỹ thuật Máy tính và Truyền thông, Đại học  
Malaysia Perlis (UniMAP), cơ sở chính Pauh Putra, Arau, Perlis 02600, Malaysia.

E-mail: shuvro\_eceku07@yahoo.com, nahidku@yahoo.com, jahid\_rifat@yahoo.com#####

Tóm tắt - Robot hút bụi, hay còn gọi là robot robovac, là robot tự động được điều khiển bằng chương trình thông minh. Robot hút bụi tự động sẽ thực hiện các nhiệm vụ như quét và hút bụi trong một lượt. Robot hút bụi DVR-1 bao gồm hai bánh xe vận hành bằng động cơ DC cho phép xoay 360 độ, một bánh xe, chổi quay hai bên, cảm trước và bơm chân không thu nhỏ. Các cảm biến trong tấm cảm được sử dụng để tạo thông tin nhị phân về phát hiện chướng ngại vật, sau đó chúng được xử lý bằng một số thuật toán điều khiển. Các thuật toán này được sử dụng để lập kế hoạch đường dẫn và điều hướng. Thanh cản của rô-bốt ngăn không cho chúng va vào tường và đồ nội thất bằng cách đảo ngược hoặc thay đổi đường đi cho phù hợp.

Điều khoản chỉ mục - Cảm biến bội thu, cảm biến vạch đá, điều hướng, máy hút bụi, vùng phủ sóng hoàn chỉnh, thuật toán bản đồ tuyến đường.

## I. GIỚI THIỆU

Robot nổi lên như một thiết bị gia dụng gần đây khi nhu cầu của con người ngày càng tăng. Nghiên cứu chế tạo robot thiết bị gia dụng đang trở nên sôi động hơn bao giờ hết. Cho đến nay, một số máy làm sạch lớn, công kênh có sẵn để sử dụng trong gia đình và công nghiệp. Nhưng hoạt động của chúng là loại không tự chủ và chúng chỉ có thể thực hiện một số chức năng làm sạch cụ thể.

Hai loại robot hút bụi được biết đến rộng rãi nhất là iRobot Roomba và Neato. Roomba dọn dẹp rất hiệu quả ở những khu vực khó tiếp cận và những khu vực thường bị bỏ quên như mép tường và bên dưới đồ nội thất. Roomba cảm nhận môi trường xung quanh và hoạt động thông minh xung quanh và bên dưới đồ nội thất, tránh cầu thang và các vật rơi khác với cảm biến 'phát hiện vạch đá'. iRobot Roomba là một robot di chuyển ngẫu nhiên. Nó không xây dựng bản đồ của ngôi nhà và nó không biết nó ở đâu trong phòng mà nó sử dụng một thuật toán gọi là iAdapt. Nó đi từ bức tường này sang bức tường khác, quay đầu khi va phải chướng ngại vật và mất thời gian đủ lâu để bao phủ toàn bộ diện tích sàn [1]. Nhưng với sự trợ giúp của công cụ tìm phạm vi laze quét xung quanh theo một vòng tròn 360°, rô-bốt Neato sử dụng thuật toán SLAM cho phép nó lập bản đồ căn phòng để điều hướng và di chuyển theo các mẫu đường thẳng chồng lên nhau một phần [2][3]. Robot Roomba dựa trên cảm biến Kinect đã được nghiên cứu nhưng chi phí tương đối cao hơn [4]. Tuy nhiên, robot được đề xuất thực hiện nhiều chức năng của Roomba và Neato nhưng lại rất tiết kiệm chi phí chỉ khoảng 55 đô la Mỹ, rẻ hơn nhiều so với bất kỳ robot nào trong số đó.

các robot trên thị trường hiện nay. Nếu được sản xuất thương mại, robot này sẽ trở thành đối thủ cạnh tranh. Mặc dù hiệu quả làm sạch của cả hai robot đều ở mức trung bình nhưng vấn đề cho đến nay là giá thành. Chi phí để tạo ra chi phí là khá cao so với

Phương châm của bài báo này là đánh giá hệ thống robot hiệu quả về chi phí, trọng lượng nhẹ, ít ồn ào và bảo trì thấp. Đồng thời, có khả năng tự động tránh mọi chướng ngại vật và có khả năng tìm đường đi sau khi rơi từ độ cao. Mặt khác, robot có thể thực hiện các chức năng lau sàn như hút bụi và quét trong khi di chuyển xung quanh. Công nghệ lập bản đồ không có trong thiết kế này do vấn đề hiệu quả về chi phí. Ý tưởng ưu tiên cho robot làm sạch toàn bộ khu vực trong phòng.

Một vài bàn chải bên quay được gắn vào bên dưới của máy làm sạch để tích tụ bụi bẩn, mảnh vụn kể cả lông thú cưng trong quá trình di chuyển trên đường đi. Mặc dù robot có hình dạng tròn nhưng nó vẫn có thể làm sạch dọc theo các cạnh và những nơi khó tiếp cận khác. Robot cũng có thể được điều khiển bằng điều khiển từ xa để đến đích. Trong bài báo này, phần II mô tả sơ đồ khối cơ bản của các hệ thống, trong đó phần III đưa ra một số ý tưởng ngắn gọn về các cảm biến. Các thuật toán phát triển được thảo luận trong phần IV. Phần V giải quyết các vấn đề về thiết kế. Bài viết này kết thúc với phân tích hiệu suất của robot.

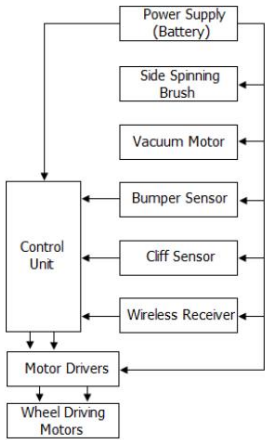
## II. SƠ ĐỒ KHỐI

Robot được đề xuất là thiết bị điện tử chạy bằng pin có hai cảm biến khác nhau tạo ra thông tin nhị phân. Thông tin này sau đó được gửi đến bộ phận điều khiển được coi như bộ não của robot.

Thiết bị này tự động tạo ra các tín hiệu điều khiển dựa trên thông tin được cung cấp bởi các cảm biến. Cuối cùng các tín hiệu điều khiển này được chuyển tiếp đến các trình điều khiển động cơ bánh xe.

Hiện tại, hai chế độ, tức là thủ công và tự động được đưa vào robot. Chế độ thủ công cho phép người dùng tự vận hành rô-bốt cho dù người vận hành có điều khiển rô-bốt tự động hay không. Nhưng hai chế độ không thể chạy đồng thời.

Biểu diễn sơ đồ khối hoàn chỉnh được đưa ra trong Hình 1 bên dưới.



Hình 1. Sơ đồ khối của robot DVR-1.

III. CẢM BIẾN

Về cơ bản, chủ yếu có hai loại cảm biến để cảm nhận môi trường cho robot. họ đang

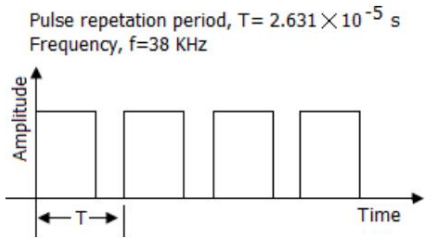
- A. Cảm biến cản B. Cảm biến vách đá

A. Cảm biến cản Cảm

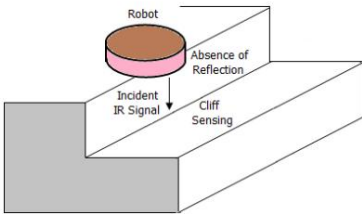
biến cản được sử dụng để phát hiện chướng ngại vật thay vì cảm biến tiệm cận IR. Bởi vì các bộ thu đèn LED hồng ngoại khá trực tiếp và do đó, chúng không thể phát hiện các vật cản sắc nhọn như chân ghế hoặc các cạnh sắc [5]. Vì rô-bốt không có cảm biến tiệm cận tích hợp nên nó chỉ có thể phát hiện bất kỳ chướng ngại vật nào bằng cách sử dụng cảm biến cản khi va chạm. Cảm biến cản về cơ bản là một công tắc cảm biến tiếp xúc. Các công tắc rất đáng tin cậy và không cần bất kỳ bộ lọc nào. Khi robot đâm vào thứ gì đó, tấm cản của nó sẽ thu lại, kích hoạt các cảm biến vật thể cơ học để thông báo cho máy về chướng ngại vật. Sau đó, nó thực hiện các hành động liên tiếp là sao lưu, xoay và di chuyển về phía trước cho đến khi tìm thấy một đường dẫn rõ ràng. Thông tin được đặt thành '0' hoặc '1'. Nếu giá trị là '0' có nghĩa là không gặp chướng ngại vật và '1' có nghĩa là va chạm. Cản trước cách mặt đất 2 cm, nghĩa là robot có thể xác định chướng ngại vật cao hơn 2 cm.

B. Cảm biến vách

đá Trong khi đang làm sạch, rô bốt sẽ tránh các bước hoặc bất kỳ hình thức thả rơi nào khác bằng cách sử dụng ba cảm biến hồng ngoại ở mặt trước, mặt dưới của thiết bị. Cảm biến có một bộ phát hồng ngoại và một bộ thu. Đèn hồng ngoại được điều chế ở tần số 38 KHz để không xảy ra nhiễu do ánh sáng ban ngày. Các cảm biến vách đá này liên tục phát ra chuỗi xung hồng ngoại như trong Hình 2 và tín hiệu phản hồi ngay lập tức. Nếu nó đang đến gần một vách đá, các tín hiệu đột ngột bị mất. Đây là cách robot biết đi theo hướng khác. Đầu ra của các cảm biến vách đá là tương đương nhị phân trong đó '0' nghĩa là không có vách đá và '1' nghĩa là có vách đá.



Hình...2 Dạng sóng ánh sáng hồng ngoại 38 KHz được điều chế.



Hình 3. Quá trình cảm biến vách đá trong đó tín hiệu hồng ngoại tới không phản xạ trở lại.

IV. THUẬT TOÁN

Trước đó đã nói rằng rô-bốt có hai chế độ hoạt động riêng biệt và đó là: A. Chế độ tự động B. Chế độ thủ công

A. Chế độ tự động Thông

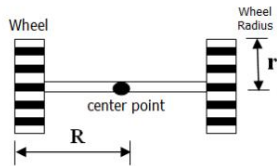
thường, chế độ tự động được hướng dẫn bởi các thuật toán lập kế hoạch đường đi của rô-bốt. Lập kế hoạch đường đi là một yếu tố quan trọng vì hiệu quả của robot làm sạch phụ thuộc rất nhiều vào nó [6]. Bốn thuật toán khác nhau được tập trung trong bài viết này để lập kế hoạch đường dẫn. họ đang

- i.Đi bộ ngẫu nhiên
- ii.Xoắn
- óc iii.Đường hình chữ 'S'
- iv. tường theo

tới. Bước đi ngẫu

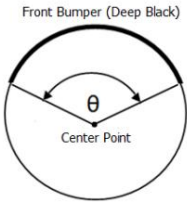
nhiên Thuật toán đầu tiên dựa trên ý tưởng về chuyển động ngẫu nhiên. Một bước đi ngẫu nhiên không yêu cầu bất kỳ sự thực hiện chính xác nào về kế hoạch tuyến đường [7]. Robot di chuyển về phía trước cho đến khi cảm nhận được chướng ngại vật và sau đó robot sẽ dừng lại nếu có bất kỳ chướng ngại vật nào. Tiếp theo, nó rẽ bằng cách so sánh số đọc cảm biến từ hướng trái hoặc phải để rẽ và cuối cùng bằng cách tạo ra một số ngẫu nhiên, nó quyết định mức độ rẽ. Nhưng có một điều kiện phức tạp gọi là góc thoát góc, cần được kiểm tra nếu không robot sẽ bị kẹt trong các góc [8][9]. Cản trước của robot có hai cảm biến cản và được sử dụng để cảm nhận va chạm với chướng ngại vật.

Để tránh bị kẹt ở các góc cua, thời gian rẽ được tính như sau.



Hình 4. Trục nối bánh lái và các biến tương ứng.

Gia sử rằng,  
Bán kính bánh xe= r  
Khoảng cách bánh xe đến điểm trung tâm = R  
Số vòng quay của bánh xe mỗi giây=N  
Vậy thời gian robot quay được 3600 =  $\frac{R}{N}$  thứ hai



Hình 5. Góc cản trước so với tâm.

Nếu cản trước của rô-bốt tạo một góc 'θ' với tâm của trục nối bánh lái thì để tránh tình trạng kẹt góc Thời gian quay tối thiểu sau va chạm= 720.rN

$$\frac{R\theta}{N}$$

thứ hai

Bây giờ một số tính ngẫu nhiên được thêm vào thời gian này để cải thiện hiệu suất đi bộ ngẫu nhiên.

Thời gian ngẫu nhiên được đặt là  
Thời gian ngẫu nhiên = 0 đến  $\frac{R}{N}$  thứ hai

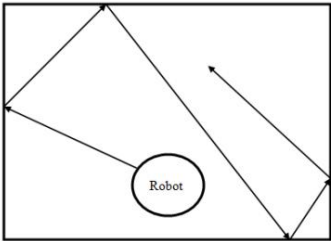
Một trình tạo số ngẫu nhiên được sử dụng để tạo thời gian ngẫu nhiên này.  
Vì vậy, tổng thời gian quay được tính là- R Rθ

$$\frac{R}{N} + \theta \text{ đến } \frac{R}{N}$$

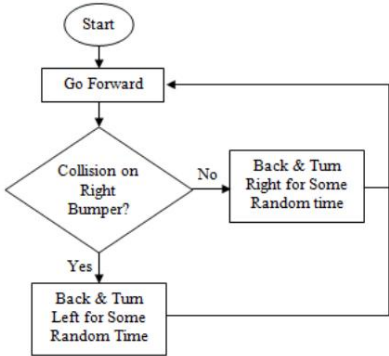
thứ hai

Đối với robot mà chúng tôi đã triển khai, Bán kính bánh xe, r = 4cm Khoảng cách từ bánh xe đến tâm, R= 12cm Số vòng quay của bánh xe trên giây, N=1,2 Góc cản, θ= 1200

Vì vậy, 0,41 + 0 đến 0,41 giây, sơ đồ của thuật toán đi bộ ngẫu nhiên được đưa ra dưới đây.



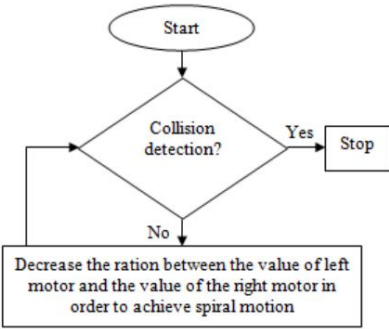
Hình 6. Đường đi chuyển của robot DVR-1 trong thuật toán đi bộ ngẫu nhiên.



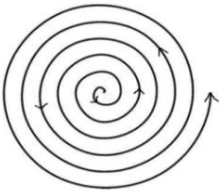
Hình 7. Lưu đồ thuật toán đi bộ ngẫu nhiên.

thứ hai. Thuật toán xoắn ốc Thuật toán này cho phép robot tạo ra một vòng tròn gia tăng. Trước hết, robot kiểm tra xem có đủ chỗ để bắt đầu di chuyển theo hình xoắn ốc hay không. Nếu có, rô-bốt sẽ uốn lượn theo hướng LHS (phía bên trái), tăng bán kính từ điểm trung tâm cho đến khi cảm nhận được chướng ngại vật. Khi cảm nhận được chướng ngại vật, robot sẽ dừng thực hiện thuật toán. Thuật toán này giúp phủ nhanh diện tích phòng [10].

Thuật toán được thể hiện trong Hình 8 bằng lưu đồ. Đối với thuật toán này, tốc độ của động cơ dẫn động bánh xe bên phải được coi là chạy ở tốc độ tối đa trong khi tốc độ của động cơ bên trái tăng dần theo thời gian.

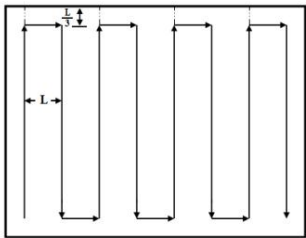


Hình.8. Biểu đồ luồng của thuật toán xoắn ốc.



Hình 9. Đường chuyển động được tạo bởi thuật toán xoắn ốc.

iii. Lộ trình hình chữ 'S' Sơ đồ lộ trình của thuật toán này giống như chữ 'S'. Thuật toán này là quy trình nhanh nhất để bao phủ toàn bộ diện tích phòng [7][11]. Với mỗi lần va chạm với chướng ngại vật, hướng quay của robot liên tục thay đổi ở chế độ này.



Hình 10. Đường chuyển động của mẫu hình chữ 'S'.

Robot có cấu trúc cơ thể hình tròn. Đối với thuật toán này, sau mỗi lần va chạm robot có một chuỗi chuyển động. Họ là

- một. Mặt sau
- b. 90° Rẽ (Phải/Trái)
- c. Đi
- d. 90° Rẽ (Trái/Phải)

Giả sử rằng, đường kính thân robot =  
Các đường song song phải sao cho rô-bốt chồng lên một phần các đường liền kề.

Vì vậy, khoảng cách tối đa giữa các đường thẳng song song=

Để, Khoảng cách quay lại = —

Sau đó, thời gian khác nhau là

Vì vậy, các thời gian cần thiết khác nhau là (giây)

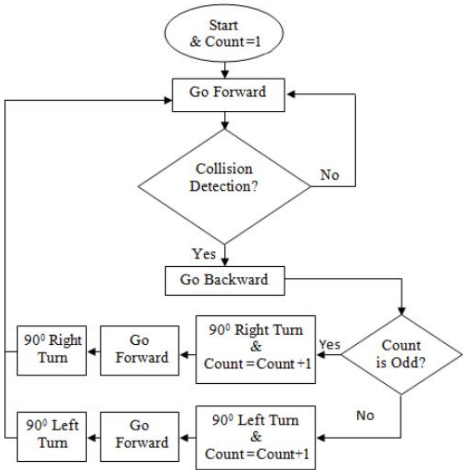
Quay lại = ————— thứ hai (1)

Rẽ = ————— thứ hai (2)

đi = ————— thứ hai (3)

Robot có đường kính thân, L= 14,5cm Vì vậy, các khoảng thời gian cần thiết khác nhau được tính như sau 1) Lùi = 0,16 giây 2) Quay = 0,625 giây 3) Đi = 0,48 giây

Lưu đồ của thuật toán hình chữ 'S' được đưa ra trong Hình 11.

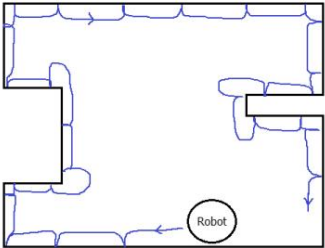


Hình 11. Lưu đồ của thuật toán mẫu hình chữ 'S'.

v.v. Wall follow

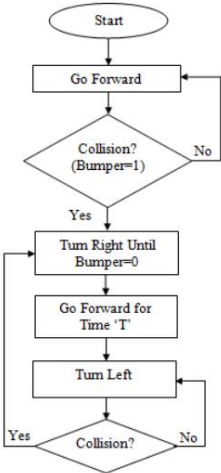
Thuật toán bám tường cho phép robot di chuyển dọc theo tường. Trong khi di chuyển dọc theo tường, nó sử dụng bàn chải quay bên để thu gom bụi bắn từ các góc và tường. Thuật toán này cũng giúp phủ sóng hiệu quả toàn bộ khu vực.

Đường di chuyển dự kiến của bức tường theo thuật toán được đưa ra dưới đây.



Hình.12. Robot di chuyển dọc theo ranh giới phòng trong tường theo thuật toán.

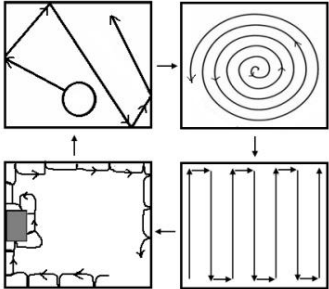
Lưu đồ thuật toán theo tường được đưa ra dưới đây.



Hình 13. Lưu đồ thuật toán Wall follow.

Chu kỳ làm sạch

Robot tiếp tục thực hiện bốn thuật toán đó lần lượt (chế độ kết hợp) cho đến khi toàn bộ diện tích bề mặt được làm sạch hoàn toàn. Thời gian thực hiện cho mỗi thuật toán được đặt thủ công bởi người dùng hoặc nếu không, thời gian thực hiện mặc định cho mỗi thuật toán được đặt ngẫu nhiên.

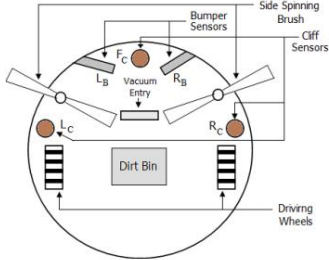


Hình.14. Các thuật toán khác nhau thực hiện theo thứ tự tuần hoàn trong chu trình làm sạch của robot.

B. Chế độ thủ

công Chế độ thủ công cho phép người dùng vận hành rô-bốt khó tiếp cận các địa điểm. Người dùng có quyền tự do ra lệnh cho robot

tạo bất kỳ mẫu nào. Ở chế độ tự động, các chướng ngại vật và vách đá được xử lý tự động bằng các cảm biến và bộ điều khiển trên tàu. Nhưng khi người dùng vận hành rô-bốt ở chế độ thủ công, một số logic bổ sung phải được phát triển. Nếu không được lập trình như vậy, rô-bốt có thể va phải chướng ngại vật nặng hoặc rơi từ cầu thang xuống. Điều này có thể mang lại thiệt hại lớn cho robot. Các chuyển động được phép liên quan đến cả hai cảm biến được liệt kê trong Hình 15.



Hình 15. Mặt dưới của rô bốt DVR-1 hiển thị các cách sắp xếp cảm biến khác nhau.

Robot có hai cảm biến cản ở bên trái và bên phải lần lượt là LB (cản trái) và RB (cản phải).

Bảng I bao gồm các lệnh được phép liên quan đến ốp lưng cảm biến.

cảm biến cản		Các lệnh nổi bật
LB	RB	
0	0	Tất cả (Tiền, Phải, Trái, Lùi)
0		Lùi & Trái
1	1 0	Lùi & Phải
1	1	Phía sau

Có ba cảm biến vách đá ở dưới cùng của robot có tên LC, FC và RC. Các lệnh nổi bật của cảm biến vách đá ở chế độ thủ công được đưa ra dưới đây.

cảm biến vách đá			Các lệnh nổi bật
LC	FC	RC	
0	0	0	Tắt cả
0	0	1	Lùi & Trái
0		0	Tắt cả ngoại trừ Chuyển tiếp
0		1	Lùi & Phải
1	1 1 0	0	Lùi & Phải
	0		Phía sau
1 1	1	1 0	Lùi & Phải
1	1	1	Phía sau

IV. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CỦA ROBOT ĐỀ XUẤT

Thiết kế cơ khí bao gồm ba phần chính. Chúng sẽ được thảo luận trong phần này.

A. Khung gầm

Thân rô-bốt có hình tròn và các bánh dẫn động được đặt dọc theo trục tâm để rô-bốt có thể quay tại chỗ theo bất kỳ hướng nào [8]. Một bánh xe quay tự do được đặt ở phía sau rô-bốt để giữ thăng bằng.

Phần thân của robot hút bụi bao gồm một miếng băng nhựa hình tròn, trên đó tất cả các bộ phận được gắn vào. Robot được đề xuất được làm bằng nhựa vì nó là vật liệu tương đối nhẹ và khá bền cho cấu trúc như vậy. Thông số kỹ thuật của động cơ là 2Amp/6VDC, 5500 vòng/phút với hộp số 70:1.

B. Hệ thống lái

Robot có các loại hệ thống lái khác nhau. Với bánh dẫn động đặt trên trục tâm của rô-bốt và dẫn động vi sai, rô-bốt có thể quay 360° [12]. Cơ sở này được sử dụng trong người máy.

C. Bàn chải

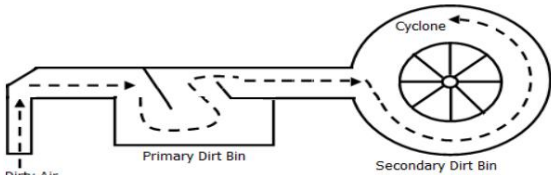
bên Robot có hai bàn chải bên ở phía dưới để thu gom bụi bẩn dọc theo tường và các góc. Các bàn chải quay đối diện với nhau. Thông số kỹ thuật động cơ điều khiển chổi than bên là 0,5Amp/6VDC với hộp số 30:1.



Hình.16. Bàn chải bên hông và bộ lọc chân không của robot.

D. Hệ thống chân

không Chân không khô kiểu lốc xoáy được sử dụng để thu gom bụi bẩn. Về cơ bản, chức năng của thiết bị tách lốc xoáy là loại bỏ phần lớn bụi và mảnh vụn bị hút lên, đồng thời tách chúng ra khỏi luồng không khí mang chúng. Nó thực hiện điều này bằng cách đưa không khí chứa đầy bụi vào buồng lốc xoáy. Lốc xoáy làm cho không khí và bụi lưu thông xung quanh bên ngoài thùng chứa, và do lực ly tâm như vậy giữ vật chất cụ thể ở các cạnh bên ngoài. Động cơ chân không là 5Amp/6VDC với 8000rpm.



Hình.17. Hút không khí bẩn và hệ thống lọc lốc xoáy.

E. Pin và thiết bị điện tử

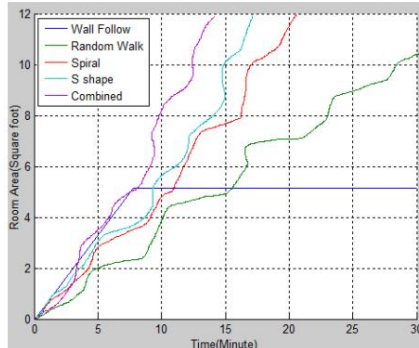
Pin được sử dụng là loại axit-chì 6V/4.5Ah. Pin chì-axit nặng hơn pin khô nhưng chúng có một lợi thế lớn - chúng rẻ hơn nhiều so với pin li-ion hoặc NI-MH. Pin cung cấp đủ năng lượng để robot hoạt động trong khoảng một giờ. Thời gian sạc cho pin khoảng 5-6 tiếng.

V. DỮ LIỆU THỰC HIỆN

Hiệu suất được đo riêng để làm sạch, tránh chướng ngại vật và bảo hiểm. Đường thử để làm sạch là trên nền gạch phủ đầy bụi và cát. Khả năng tránh chướng ngại vật được thử nghiệm trong môi trường phòng bình thường: ghế, bàn trong phòng. Nó chỉ ra rằng một thanh đơn giản với hai công tắc vi mô như một tấm cảm nhạy cảm là khá đủ cho

nhệm vụ được giao. Căn phòng rộng 12x12 ft vuông và quá trình thử nghiệm tiếp tục cho đến khi toàn bộ căn phòng được làm sạch.

Bốn thuật toán khác nhau đã được thử nghiệm riêng. Cuối cùng một chu kỳ làm sạch đã được thử nghiệm. Dữ liệu thu được sau đó được vẽ trong MATLAB. Hiệu quả được coi là vùng phủ sóng trong thời gian. Về lý thuyết, chỉ thuật toán đi bộ ngẫu nhiên hoặc xoắn ốc hoặc hình chữ 'S' mới có thể cung cấp phạm vi bao phủ hoàn chỉnh của khu vực nếu được cung cấp thời gian cần thiết. Do thực tế là cả hai thuật toán đều liên quan đến tính ngẫu nhiên một phần hoặc hoàn toàn, kết quả đầu ra của chúng rất khó đoán. Tuy nhiên, dựa trên nhiều thử nghiệm, dữ liệu cho thấy rô-bốt bao phủ toàn bộ khu vực nhanh hơn khi hoạt động ở chế độ kết hợp.



Hình.18. Biểu đồ hiệu suất của các thuật toán khác nhau trong đầu trường phòng chân 12x12

## VI. PHẦN KẾT LUẬN

Mục đích của công việc này là thiết kế và triển khai các thuật toán chuyển động của máy hút bụi tự động có thể hoạt động bên trong căn hộ nhưng không có chướng ngại vật. Mặc dù rô-bốt có số lượng cảm biến tối thiểu, nhưng các thuật toán được phát triển đã hoàn thành mục tiêu này. Sự phát triển trong tương lai của robot bao gồm công nghệ lập bản đồ, thuật toán sục tự động và tường ảo. Mạng nơ-ron và điều khiển dựa trên logic mờ sẽ được phát triển để điều khiển robot tốt hơn trong tương lai.

Vì robot được đề xuất thực hiện một số chức năng của Roomba và Neato, nhưng chi phí sẽ thấp hơn chúng và khoảng 30 USD. Nếu được sản xuất thương mại, robot này sẽ trở thành đối thủ cạnh tranh.

## NGƯỜI GIỚI THIỆU

[1] Có tại:

<http://www.irobot.com/EngineeringAwesome/images/iAdapt%20Fast%20Facts.pdf>

[2] "Thực hành: Đánh giá máy hút bụi Neato XV-11". Trang chủ 2011-01-13. <http://www.homeautomation.com/2011/01/hands-on-neato-xv-11-robotic-vacuum-review/>. Truy cập ngày 13 tháng 1 năm 2011.

[3] "Người máy Neato XV-11". BotJunkie. 2010-05-18. <http://www.botjunkie.com/2010/05/18/botjunkie-review-gono-robotics-xv-11/>. Truy cập ngày 19-09-2010.

[4] Ruiz, E.; Acuna, R.; Chacchán, N.; Terrones, A.; Cabrera, ME, "Phát triển nền tảng điều khiển cho Robot di động Roomba sử dụng ROS và cảm biến Kinect," Hội nghị chuyên đề và cuộc thi về Robotics (LARS/LARC), Mỹ Latinh 2013, tập, số, tr.55,60, 21-27/10/2013.

[5] V. Colla, AM Sabatini, Cảm biến tiệm cận tổng hợp để ước tính màu sắc và vị trí mục tiêu, trong: Kỷ yếu của Hội nghị chuyên đề quốc tế lần thứ 6 của IMEKO về Đo lường và Kiểm soát trong Robotics, Brussels, 1996, trang 134-139.

[6] Chaomin Luo & Simon X. Yang Deborah A. Stacey: "Lập kế hoạch lộ trình thời gian thực với khả năng tránh bế tắc của rô-bốt dọn dẹp", Kỷ yếu của Hội nghị quốc tế về rô-bốt và tự động hóa của IEEE năm 2003. Đài Bắc, Đài Loan, ngày 14-19 tháng 9. 2003

[7] Stachniss và Cyrill, "Khám phá và lập bản đồ rô-bốt", trong Springer Tracts in Advanced Robotics, Vol. 55, 2009, XVIII, 196 tr. 89 hình minh họa.

[8] YD Zhang, Fan KL, BL Luk, YH Fung, SK Tso "Thiết kế cơ khí của robot dọn dẹp" trong IEEE lần thứ 8 Hội nghị về Cơ điện tử và Thị giác máy trong thực tế (2001)

[9] Ryo Kurazume, Shigeo Hirose, "Phát triển một Hệ thống Robot làm sạch với Hệ thống định vị hợp tác" trong Autonomous Robots (2000) Tập 9, Số phát hành: 3, Nhà xuất bản: Springer, Trang: 237-246

[10] Sewan Kim, "Robot làm sạch tự động: Tổng quan và tích hợp hệ thống rô-bốt" trong Hội nghị quốc tế về Robot và Tự động hóa của IEEE 2004 Kỷ yếu ICRA 04 2004 (2004) Trang: 4437-4441 Tập 5

[11] Chinh-Hao Chen và Kai-Tai Song: "Điều khiển chuyển động toàn diện của rô-bốt làm sạch bằng cảm biến hồng ngoại", Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế IEEE 2005 về Cơ điện tử ngày 10 tháng 7 năm 2005, Đài Bắc, Đài Loan.

[12] Charles A. Schuler, Willam L. Mcnamee, "Industrial Electronics and Robotics," McGraw-Hill International Edition, Dòng điện tử công nghiệp, 2003.