

WALKING ROBOT SÁU CHÂN

Ths. Trần Thị Trâm

Bộ môn Cơ lý thuyết, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường ĐH Mở - Địa Chất

1 Toàn cảnh về WALKING ROBOT

Ngay từ khi ra đời robot được áp dụng rộng rãi để thay thế sức lực của con người trong việc bốc xếp và vận chuyển vật liệu ... trong các dây chuyền sản xuất tự động. Nhưng có một loại robot lại có khả năng phục vụ đặc lực ở những môi trường nguy hiểm, độc hại, ở trên cao, dưới đại dương và trên các hành tinh mà con người không thể tới được đó là robot di động. Theo nguyên tắc dịch chuyển, robot di động có thể phân ra các loại sau:

- Robot di chuyển bằng bánh xe, bánh xích (Mobile Robot).
- Robot di chuyển bằng chân (Walking Robot).
- Robot di chuyển bằng cách trườn mình (Snake Robot).

Walking Robot là dạng đặc biệt của Robot di động. Sự di chuyển của nó được thực hiện bởi sự phối hợp chuyển động của các chân. Sự di chuyển này có thể bắt chước từ thế giới động vật, như là: loài người, các loài động vật, các loài côn trùng, ...

Robot là sản phẩm của cơ điện tử, gồm có các thành phần sau :

- Phần cứng: gồm tất cả các bộ phận cấu thành thân Robot, như là: các kết cấu chân, kết cấu khung, truyền động, ... và tất cả các linh kiện điện tử cấu thành mạch điện được gắn trên thân Robot, như là: các vi mạch (IC), transistor, diode, điện trở, tụ điện, các đường dây dẫn, các loại cảm biến, ...
- Phần mềm: gồm tất cả các chương trình điều khiển từ bên ngoài được gắn trên thân Robot, như là: các chương trình điều khiển từ máy tính, hoặc từ các bộ vi xử lý, ...

Phần cơ khí được xem như là thân của Robot, còn phần mạch điện và phần mềm được xem như bộ não của Robot.

Bảng thống kê Walking Robot theo số chân :

<i>Số thứ tự</i>	<i>Loại walking robot</i>	<i>Số lượng</i>
1	<i>Monopod walking robot (robot 1 chân)</i>	2
2	<i>Bipod walking robot (robot 2 chân)</i>	33
3	<i>Tripod walking robot (robot 3 chân)</i>	1
4	<i>Quarpod walking robot (robot 4 chân)</i>	22
5	<i>Hexapod walking robot (robot 6 chân)</i>	35
6	<i>Heptapod Walking robot (robot 7 chân)</i>	1
7	<i>Octapod Walking robot (robot 8 chân)</i>	12

Ưu điểm nổi bật nhất của Walking robot có thể bước qua các chướng ngại vật trên đường đi, có thể chuyển động trên các địa hình phức tạp như: trèo lên xuống cầu thang, có thể di chuyển trên các bề mặt bất kỳ cho dù đó là bề mặt trơn nhẵn hay gồ ghề, đứng hay nghiêng. Walking robot ít bị chìm xuống ở những nơi lún, đầm lầy. Walking robot tự điều chỉnh ổn định (hay là điều chỉnh dáng đi của nó) theo các điều kiện địa hình mà các loại robot di động khác (Robot di động bằng bánh xe hoặc bánh xích,...) khó vượt qua hoặc không thể vượt qua được. Tuy nhiên, Walking robot thì khó điều khiển hơn các loại robot

di động khác, bởi vì sự di chuyển của Walking Robot được thực hiện bởi sự phối hợp chuyển động của các chân, mà mỗi chân lại có sự chuyển động phối hợp của các motor tại các khớp của chân. Ví dụ, đối với robot sáu chân (Hexapod Walking robot), nếu mỗi chân có 3 bậc do (mỗi chân có thể sử dụng 3 motor), thì có thể có đến 18 motor. Và nếu robot sáu chân thực hiện dáng đi Tripod Gait (dáng đi có 3 chân trụ, 3 chân bước tới và thay đổi luân phiên) thì phải có sự phối hợp chuyển động của các chân trong hai nhóm chân này.

Những ưu điểm trên đây cho thấy robot có chân là một lĩnh vực nhiều tiềm năng, nhiều ứng dụng trong thực tiễn. Chẳng hạn như thám hiểm những nơi con người không thể đến: các hang động, các khu vực nhiễm phóng xạ. Trong công tác kiểm tra như: Kiểm tra các bồn chứa trong công nghiệp. Trong đời sống robot có chân được ứng dụng để tiếp cận các con thú dữ để bắn thuốc gây mê. Trong nghiên cứu robot có chân có thể cho đổ bộ trên các vùng núi đá trên các hành tinh xa xôi ... Cho đến nay, nhiều thế hệ Walking Robot được nghiên cứu và phát triển ngày càng hoàn thiện hơn. Đặc biệt trong thập kỷ vừa qua Robot đã có những cải tiến vượt bậc và dần dần giống con người hơn.

2 Cấu trúc một WALKING ROBOT sáu chân

Để điều khiển tự động hoàn toàn robot có chân phải có hiệu suất năng lượng cao vì robot phải mang các động cơ trên thân đồng thời mang cả bộ điều khiển trên nó.

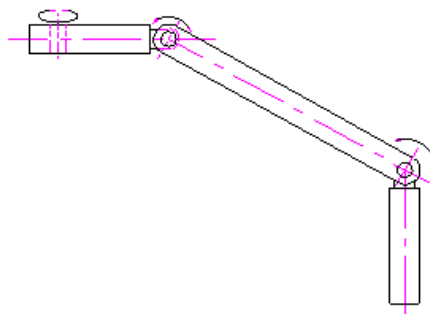
Có một số loại vật liệu khác nhau mà có thể sử dụng để làm mô hình robot, trong đó yếu tố giá cả là một nhân tố quan trọng cho việc lựa chọn vật liệu, nhưng yếu tố khối lượng là quan trọng nhất ảnh hưởng toàn bộ quá trình thiết kế và chế tạo robot. Phần lớn các vật liệu được sử dụng để làm cấu trúc khung sườn robot là nhôm, vì nó có trọng lượng nhẹ và có thể gia công cơ khí dễ dàng. Những chỗ không cần thiết chúng ta có thể xoi rãnh để giảm bớt trọng lượng robot. Quá trình thiết kế phải chú trọng đến bài toán về tính ổn định tĩnh và động của robot.

2.1 Thiết kế chân

Sự chế tạo thành công Robot phụ thuộc vào phạm vi lựa chọn thiết kế chân. Từ đó, tất cả các dạng chuyển động bằng chân được xem xét, sau đó xét đến tính khả thi của nó. Điều này thì rất quan trọng cho việc chọn lựa một cơ cấu chân mà nó sẽ tính đến phạm vi chuyển động là lớn nhất và mà không phải chịu những ràng buộc vào dáng đi đã được lựa chọn. Do đó, giai đoạn đầu tiên của quá trình thiết kế chân là tìm kiếm một kiểu chân tối ưu nhất.

Phương án 1

Trong phương án này chân robot được thiết kế với số bậc tự do là 3 bậc tự do được thể hiện như hình 1. Nó có một bậc tự do có tác dụng vẩy chân tới và lui, một bậc tự do nâng hạ chân và một bậc tự do ở khớp đầu gối.



Hình 1 Cơ cấu chân 3 bậc tự do

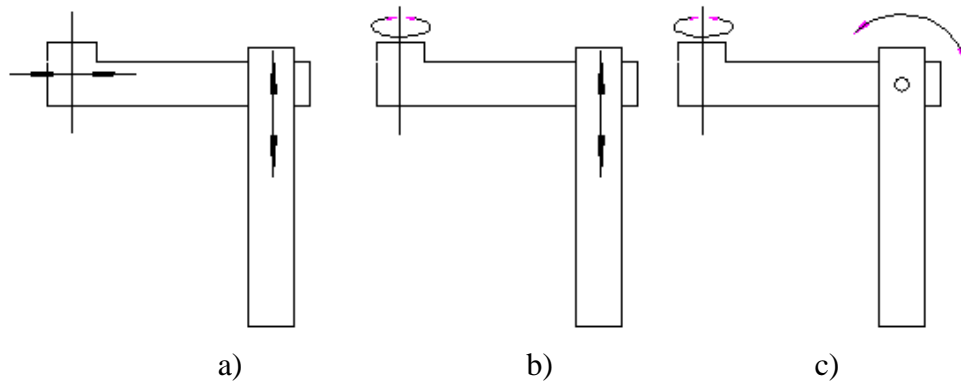
Ưu điểm của phương án này: Các cử động của chân sẽ linh hoạt hơn, di chuyển dễ dàng trong địa hình thay đổi phức tạp, linh hoạt hơn trong việc đặt chân và có thể cảm nhận được lực đặt chân thông qua một cảm biến lực đặt tại bàn chân.

Nhược điểm ở đây là tăng khối lượng thiết kế cho mỗi chân, cần thêm nguồn dẫn động cho bậc tự do thứ ba, phức tạp hơn trong việc điều khiển, các mạch xử lý nhiều hơn và năng lượng tiêu thụ nhiều hơn. Ngoài ra momen cần cho động cơ phải đủ lớn, vì nó phải mang thêm tải là bậc tự do thứ ba. Giá thành chế tạo mỗi chân sẽ tăng lên.

Phương án này tuy có nhiều ưu điểm nhưng lại quá phức tạp cho việc dẫn động và điều khiển nên khó khả thi đối với phạm vi đề tài này.

Phương án 2

Trong phương án hai kết cấu chân robot được thiết kế với 2 bậc tự do nên robot sẽ kém linh hoạt hơn chân 3 bậc tự do. Tuy nhiên, ưu điểm là kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, dễ điều khiển, giá thành cho mỗi chân thấp hơn. Trong phương án này ta lại khảo sát 3 trường hợp thiết kế chân như sau:



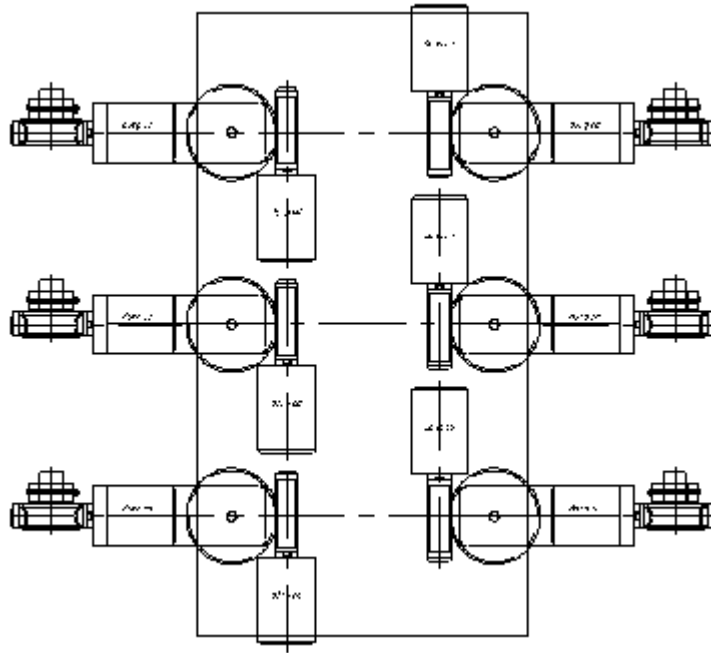
Hình 2 Cơ cấu chân 2 bậc tự do

Với trường hợp a) ta nhận thấy hai bậc tự do cho hai khâu là tịnh tiến, điều này sẽ khó khăn trong quá trình di chuyển. Với trường hợp b) thì hai bậc tự do cho hai khâu là xoay và tịnh tiến, trường hợp này có ưu điểm hơn trường hợp a) nhưng vẫn kém linh hoạt hơn trường hợp c). Đây là trường hợp mà cả hai bậc tự do đều là chuyển động xoay quanh khớp. Do đó, đây sẽ là phương án lựa chọn cho walking robot.

Ngoài ra còn nhiều kiểu thiết kế chân walking robot, nhưng trong phạm vi bài báo này chúng tôi chỉ có thể nêu hai phương án trên.

2.2 Thân dạng hình chữ nhật

Với dạng thân hình chữ nhật thì các chân được bố trí đều theo các cạnh dài của hình chữ nhật. Thân robot dạng này dễ chế tạo và phù hợp với các loại walking robot có mật độ đi đường thẳng nhiều hơn đi đường cong. Vì khi di chuyển theo đường cong sẽ gặp nhiều khó khăn trong việc xây dựng giải thuật điều khiển và chương trình điều khiển các chân sẽ phức tạp hơn đi theo đường thẳng.



Hình 3 Thân dạng hình chữ nhật

2.3 Chọn động cơ

Để tạo nguồn dẫn động cho hai bậc tự do của chân ta cần trang bị các động cơ. Để đơn giản và dễ dàng trong điều khiển thì mỗi bậc tự do sẽ có một động cơ để dẫn động. Các loại động cơ có thể dùng được là:

- Động cơ bước, loại này được điều khiển bằng các xung rời rạc và có góc xoay nhỏ dễ dàng trong quá trình điều khiển chân, đây là một ưu điểm. Tuy nhiên, động cơ này có trọng lượng quá nặng và momen quá yếu. Như vậy, khối lượng của chân sẽ tăng thêm vì vậy gây khó khăn trong việc chế tạo robot.
- Động cơ DC servo loại động cơ DC có encoder để kiểm soát số vòng quay của động cơ tức là kiểm soát hành trình mà chân robot đã di chuyển được. Với loại này thì khối lượng nhẹ hơn và có thể dễ dàng chọn lựa loại động cơ mong muốn.

2.4 Chọn dạng truyền động

Nếu momen của động cơ quá nhỏ không đủ để mang tải thì cần phải có bộ truyền để tăng momen. Các dạng bộ truyền có thể sử dụng được là: bánh răng hoặc trục vít bánh vít

Bộ truyền bánh răng

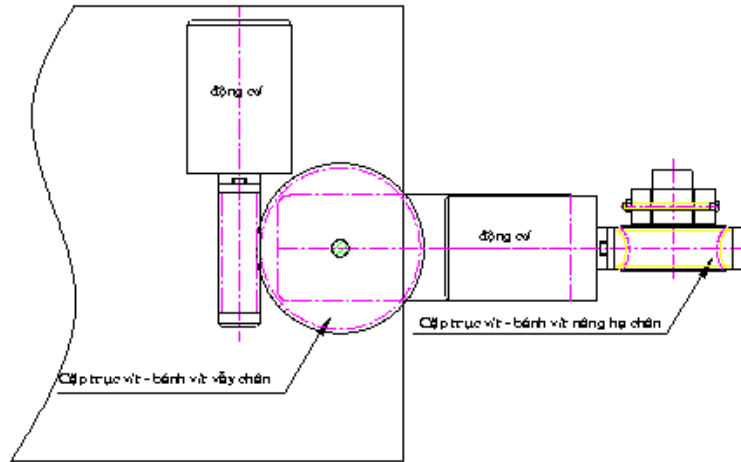
- Ưu điểm: Kích thước nhỏ, khả năng tải lớn. Tỉ số truyền không thay đổi do không có hiện tượng trượt. Hiệu suất cao $\eta = 0.97 - 0.99$. Làm việc với vận tốc lớn (đến 150 m/s), công suất lớn. Tuổi thọ cao, làm việc với độ tin cậy cao.
- Khuyết điểm: Chế tạo tương đối phức tạp. Đòi hỏi độ chính xác cao. Có nhiều tiếng ồn khi hoạt động với vận tốc lớn.

Bộ truyền trục vít - bánh vít:

Bộ truyền trục vít bánh vít có ưu điểm là tỉ số truyền lớn, làm việc êm, không ồn, có khả năng tự hãm và có độ chính xác động học cao.

Khuyết điểm là hiệu suất thấp, sinh nhiệt nhiều do có vận tốc trượt lớn nên phải tính nhiệt cho bộ truyền trực vít và kèm theo các biện pháp làm nguội.

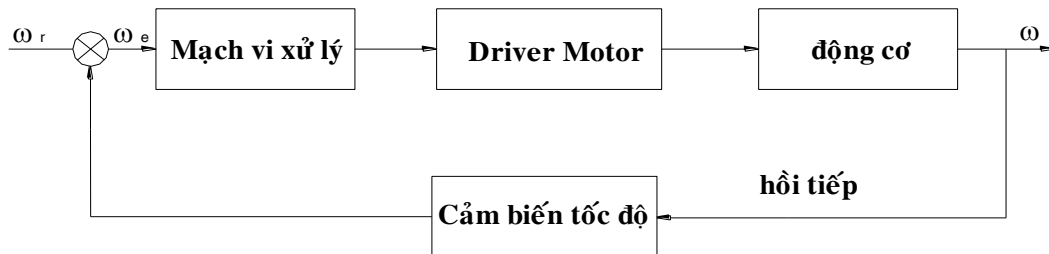
Chúng tôi nhận thấy bộ truyền Trực vít-Bánh vít có nhiều ưu điểm hơn bộ truyền bánh răng. Đặc biệt, là khả năng tự hãm, vì các chuyển động của chân robot là các chuyển động cần có điểm dừng và khi không còn tác động của động cơ thì phải đảm bảo sao cho kết cấu chân còn khả năng giữ tư thế đứng vững của robot. Sơ đồ bố trí động cơ trên thân robot và bộ phận truyền động cho các bậc tự do vẩy và nâng hạ chân được trình bày trong hình 4.



Hình 4 Sơ đồ bố trí động cơ và bộ phận truyền động

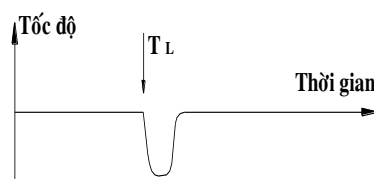
2.5 Các chỉ tiêu của hệ thống điều khiển :

Trong phần này ta khảo sát một hệ thống điều khiển thường hay gặp trong điều khiển thiết bị đó là hệ thống điều khiển vòng kín.



Hình 5 Hệ thống điều khiển vòng kín

Với hệ thống trên ta nhận thấy tốc độ đầu ra của động cơ được kiểm soát bởi bộ cảm biến tốc độ và tốc độ này sẽ được so sánh với tốc độ mong muốn là ω_r , bất cứ một sự sai lệch nào đều được phát hiện và hiệu chỉnh thông qua bộ cảm biến tốc độ và so sánh. Hệ thống này sẽ cho ta cách điều khiển chính xác giá trị góc quay của động cơ hay giá trị chính xác bước đi của robot. Sau đây là biểu đồ đáp ứng thời gian của tốc độ dưới ảnh hưởng của momen tải.



Hình 6 Biểu đồ đáp ứng của hệ thống điều khiển vòng kín

Hình 6 cho thấy khi động cơ mang tải tốc độ động cơ có giảm xuống nhưng trong một thời gian ngắn rồi lại giữ giá trị như trước.

Thực hiện thành công một hệ thống điều khiển sẽ có những đặc trưng sau đây:

- Phải thiết kế theo dạng môđun cho từng bộ phận riêng biệt, nhưng thông thường bộ điều khiển trung tâm có khả năng giao tiếp trao đổi thông tin rộng rãi với tất cả môđun bộ phận.
- Bộ giao tiếp phải là thiết bị độc lập, như thế thiết bị phần cứng sẽ nhận được dữ liệu thông qua card lưu trữ dữ liệu. Chúng được nạp vào bộ điều khiển như là bộ vi xử lý AT89C51 của Atmel, hay những bộ điều khiển với công nghệ mới hơn.
- Hệ thống điều khiển phải có khả năng phân chia từng bậc, có khả năng tương thích và tích hợp các môđun mới. Hệ thống phải có khả năng chấp nhận môđun mới nhưng không làm ảnh hưởng đến sự hoạt động của các môđun khác đã được thiết kế trước đó.
- Làm giảm hiện tượng nhiễu do điện từ (EMI: Electro Magnetic Interference). Tiếng ồn có thể chấp nhận trên một môđun nhưng có thể gây nhiễu cho các môđun khác. Vì lý do đó tất cả các môđun phải được thiết kế cùng với việc giảm ồn cho toàn bộ chúng.
- Phải đủ nhanh để thực hiện tính toán điều khiển thời gian cho robot.
- Nên thực hiện đơn giản, vững chắc và linh hoạt.

3 Giải thuật chuyển động thẳng

Cách đi lặp đi lặp lại vị trí đặt chân khi robot di chuyển được gọi là cách đi tuần hoàn. Và cách đi còn lại là cách đi không tuần hoàn. Với cách đi không tuần hoàn được ứng dụng để di chuyển trong các địa hình phức tạp như: Leo, trèo qua lại các chướng ngại vật. Một cách đi có thể biểu hiện trong dạng có chu kỳ. Bắt đầu với n chân tiếp xúc với nền, khối lượng của thân được thay đổi đặt trên các chân chạm đất, các chân không chạm đất được nâng lên và di chuyển. Các chân tiếp xúc với nền sẽ là các chân nâng, còn khối lượng của thân sẽ được di chuyển lên phía trước trong chu kỳ tiếp theo.

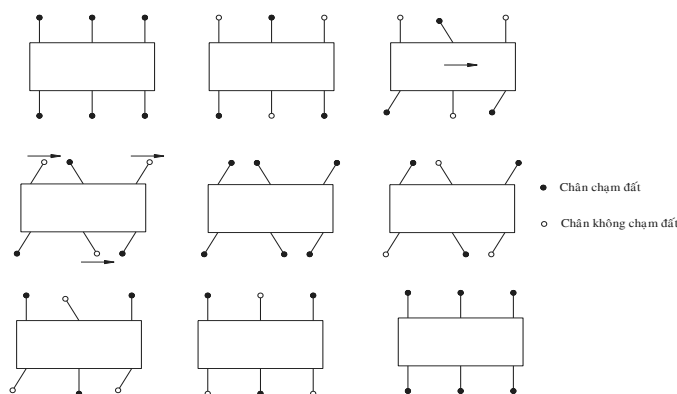
Ở trạng thái cân bằng tĩnh định robot luôn luôn có ít nhất ba chân tiếp xúc với đất và giữ trọng tâm của thân nằm trong tam giác tạo bởi ba điểm tiếp xúc của chân với nền. Còn trong cách đi cân bằng động học luôn có ít nhất ba chân tiếp xúc với nền ở một vài thời điểm trong chu kỳ, và nó có thể có trạng thái tất cả các chân rời khỏi mặt đất trong một khoảng thời gian ngắn. Một chu kỳ cơ bản của cách đi được gọi là một bước. Trong phần này một bước là một chu kỳ của sự di chuyển của chân được hoàn thành và nó được lặp đi lặp lại.

Có ba cách đi mà chúng ta có thể áp dụng cho walking robot sáu chân là: cách đi tam giác thay đổi, cách đi gợn sóng và cách đi dạng sóng. Với mỗi cách đi được ứng dụng để di chuyển trên những địa hình khác nhau, với mỗi loại địa hình chỉ có một cách đi chuyển nhất định mà thôi.

3.1 Cách đi tam giác thay đổi

Cách đi này được sử dụng cho robot di chuyển trên mặt phẳng với tốc độ di chuyển nhanh. Với cách đi này các chân robot được chia ra làm hai pha: pha ban đầu nâng lên ba chân khỏi nền, sau đó ba chân chạm đất vẩy về phía sau. Sau khi ba chân chạm đất đã vẩy về phía sau xong thì ba chân còn lại sẽ vẩy về phía trước, trong khi đó thân của robot sẽ di chuyển về phía trước. Sau đó, đến pha thứ hai các chân nâng lên được hạ xuống để nâng

ba chân còn lại. Và cứ như vậy lặp đi lặp lại các chu kỳ tiếp theo. Với cách này robot luôn luôn được cân bằng vì ở bất cứ thời điểm nào robot cũng luôn có ba chân tiếp xúc với nền.



Hình 7 Cách đi tam giác thay đổi

Đây là cách đi đơn giản và ổn định nhất của walking robot sáu chân. Quy luật chính của cách đi tam giác thay đổi là ta chia các chân robot ra làm hai nhóm khác nhau nhưng thực hiện việc di chuyển giống nhau ở từng nửa chu kỳ. Tuy nhiên, cách đi này không phải là cách đi tối ưu dành cho robot tĩnh định sáu chân.

3.2 Cách đi dạng gợn sóng

Cách đi dạng này được sử dụng khi robot đòi hỏi độ ổn định nhiều hơn so với cách đi tam giác thay đổi. Cách đi này đảm bảo luôn luôn có bốn chân tiếp xúc với nền trong suốt mọi thời điểm di chuyển, vì vậy, nó đảm bảo độ ổn định của thân cao hơn. Di chuyển đầu tiên là của chân phía sau đuôi của mỗi bên thân, sau đó là các chân tiếp theo. Các cặp chân hoạt động lệch pha nhau 180° . Với cách đi này thân của robot di chuyển chậm hơn so với cách đi tam giác thay đổi nhưng lại có độ ổn định cao hơn.

3.3 Cách đi dạng sóng

Cách đi này có nhiều nguyên lý đi hơn so với cách đi dạng gợn sóng. Di chuyển đầu tiên là của chân cuối cùng của một bên. Khi chân di chuyển thì thứ tự các chân bước lên phía trước lan ra như con sóng về phía trước của thân và tiếp tục các chân phía bên kia cũng bắt đầu từ chân phía sau cùng. Điều này có nghĩa là robot luôn có 5 chân tiếp xúc với mặt đất ở mọi thời điểm. Cách đi này chậm nhất so với hai cách đi đã trình bày ở trên. Nhưng nó có độ ổn định cao nhất và cách đi này có thể sử dụng để di chuyển trên các địa hình phức tạp, gồ ghề như đi trên núi, địa hình đất đá ...

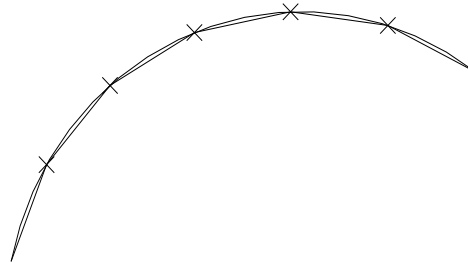
Trong phạm vi bài báo này để đơn giản chúng tôi sử dụng cách đi tam giác thay đổi cho walking robot sáu chân. Trong cách di chuyển của robot gồm có di chuyển thẳng tới và lùi, di chuyển rẽ trái và rẽ phải. Trong hai di chuyển rẽ trái và rẽ phải thì đều dựa trên nền tảng của di chuyển thẳng. Trong đó, đường cong của quỹ đạo di chuyển sẽ được chia nhỏ ra thành nhiều đoạn nhỏ, mà trong đó mỗi một đoạn được xem như là một đoạn thẳng. Và robot sẽ di chuyển trên các đoạn thẳng này. Nhưng hoạt động của từng chân khi này sẽ khác nhau không phải giống như di chuyển thẳng hoàn toàn. Mà các chân phối hợp với nhau sao cho phù hợp với quỹ đạo cần di chuyển.

Độ chính xác đạt được tùy thuộc vào số lượng các đoạn chia nhỏ nhiều hay ít. Đoạn chia càng nhỏ thì quỹ đạo di chuyển sẽ càng giống với quỹ đạo yêu cầu. Tuy nhiên, khi đó sẽ đòi hỏi độ chính xác của góc vẩy chân và như vậy thì khối lượng tính toán xử lý sẽ nhiều

lên. Bộ vi xử lý cần phải có tốc độ tính toán nhanh, dung lượng bộ nhớ phải nhiều mới đáp ứng được yêu cầu này.

4 Giải thuật chuyển động theo đường cong

Trong di chuyển theo đường cong ta sử dụng di chuyển theo đường thẳng làm nền tảng cơ bản. Chẳng hạn, một đường quỹ đạo cần di chuyển là một cung tròn như hình 8:



Hình 8 Chuyển động theo đường cong

Một đường quỹ đạo cần di chuyển chẳng hạn như cung tròn theo hình trên. Thì ta chia cung tròn này thành các đoạn thẳng nhỏ vì trong giới hạn gần đúng ta có thể xem một cung tròn là một tập hợp gồm vô số các đoạn thẳng và việc di chuyển theo một quỹ đạo như trên thì chỉ là việc di chuyển trên từng các đoạn thẳng nhỏ. Tuy nhiên robot chúng ta thiết kế gồm sáu chân nên các đoạn thẳng nhỏ quá sẽ khó có thể thực hiện. Do đó, chỉ trong một giới hạn nào đó thì theo giải thuật này robot sáu chân mới đáp ứng được.

Trong chuyển động theo đường cong này, bộ điều khiển phải làm nhiệm vụ đưa ra các phương án chuyển động của từng khâu trong từng chân thích hợp.

5 Kết quả

Qua việc trình bày ở trên, việc chế tạo các loại walking robot đặc biệt là loại sáu chân là hiện thực. Việc chế tạo walking robot sẽ góp phần giải quyết phần nào đó công việc nguy hiểm mà con người đang phải làm.

6 Tài liệu tham khảo

1. MICHEAL B BINNARD
Leg Design For a Small Walking Robot
2. JONH J CRAIG
Introduction to Robotics Mechanics and Control – SeconEdition – Addison Wesley Publishing Company
3. LUNG – WEN TSAI
Robot Analysis the Mechanics of Seial and Parallel Manipulators – Jonh Wiely & Sons, INC
4. PHILIP JOHN MCKERROW
Introduction to Robotics – Addison Wesley Publishing company