

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ – BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

**NGHIÊN CỨU GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY ROBOT
BẰNG CỦ CHỈ SỬ DỤNG CẢM BIẾN LEAP MOTION
VÀ PHẦN MỀM LABVIEW**

SVTH : Nguyễn Thanh Liêm
MSSV : 1611789
GVHD : TS. Phùng Trí Công

TPHCM, 2020

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các quý Thầy/Cô hiện đang công tác và giảng dạy tại trường Đại học Bách Khoa, những người không chỉ ân cần, tận tụy truyền đạt kiến thức cho chúng em, mà còn là những người truyền ngọn lửa yêu nghề, niềm đam mê khoa học kỹ thuật cho những kỹ sư như em và các bạn, thôi thúc chúng em phải vượt qua những giới hạn của bản thân để vươn tới chân trời tri thức mới, bắt kịp với nền khoa học kỹ thuật hiện đại của thế giới.

Em xin gửi lời cảm ơn đặc biệt đến thầy Phùng Trí Công, người thầy đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo, giúp đỡ em trong suốt quá trình thực hiện luận văn. Cảm ơn thầy về những lời nhận xét quý báu đã giúp em nhận ra những thiếu sót về kiến thức em cần phải trau dồi thêm cũng như giúp em nhận ra được những sai lầm trong suốt quá trình thực hiện luận văn. Những lời khuyên chân thành và kinh nghiệm của thầy đã giúp ích cho em rất nhiều trong việc gỡ rối những vấn đề khó khăn mà em gặp phải. Không có sự chỉ bảo và định hướng của thầy, luận văn này không thể hoàn thành.

Với sự trân trọng và cảm kích, em xin gửi lời cảm ơn đến ba mẹ, ba mẹ đã động viên con rất nhiều trong suốt quá trình học tập tại trường và nhất là giai đoạn thực hiện luận văn.

Lời cuối cùng, em/mình xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các anh chị khóa trên, bạn bè cùng khóa nói chung và tập thể lớp CK16CD1, CK16CD2 nói riêng đã giúp đỡ em/mình rất nhiều trong quá trình hoàn thành luận văn này.

TP. Hồ Chí Minh, ngày 03 tháng 09 năm 2020

Nguyễn Thanh Liêm

TÓM TẮT LUẬN VĂN

Luận văn trình bày quá trình thực hiện thiết kế và xây dựng giải thuật điều khiển cánh tay robot 3 bậc tự do sử dụng cảm biến Leap Motion và phần mềm Labview ứng dụng vào điều khiển cánh tay robot từ xa thông qua cử chỉ tay, làm giảm sự phức tạp khi điều khiển và giới hạn về mặt khoảng cách so với sử dụng bảng dạy (Teach pendant). Hơn nữa đối với điều khiển cử chỉ có thể phát triển lên các robot có nhiều bậc tự do hơn với chuyển động linh hoạt hơn, ứng dụng vào đa dạng các lĩnh vực trong cuộc sống như: giải trí, y tế, quân sự, cứu hộ, nghiên cứu không gian,...

Nội dung đề tài bao gồm: tìm hiểu tổng quan về cánh tay robot và các kết cấu cánh tay robot, phân tích lựa chọn phương án thiết kế phù hợp với nhu cầu thực nghiệm, thiết kế cơ khí cánh tay robot 3 bậc tự do, thiết kế hệ thống điện, thiết kế và xây dựng giải thuật điều khiển, thực nghiệm và đánh giá kết quả thực tế do mục tiêu đã đề ra.

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
TÓM TẮT LUẬN VĂN.....	ii
DANH MỤC HÌNH	vii
DANH MỤC BẢNG	xii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN	1
1.1 Giới thiệu cánh tay robot.....	1
1.1.1 Tay máy	1
1.1.2 Bậc tự do	1
1.1.3 Cơ cấu ba bậc chuyển động định vị của tay máy nối tiếp	2
1.1.4 Bộ điều khiển	5
1.2 Điều khiển cử chỉ và tiềm năng trong tương lai:.....	9
1.3 Cảm biến Leap Motion	11
1.3.1 Giới thiệu sơ lược	11
1.3.2 Tính năng	12
1.4 Đặt vấn đề.....	12
1.5 Mục tiêu đề tài	12
1.6 Nhiệm vụ luận văn.....	12
1.7 Phạm vi luận văn	13
1.8 Tổ chức luận văn	13
2.1 Lựa chọn loại cánh tay robot.....	14
2.2 Cơ cấu tay máy toàn khớp bản lề	16
2.3 Lựa chọn phương thức điều khiển.....	16

2.3.1	Điều khiển bằng cử chỉ cụ thể:.....	16
2.3.2	Điều khiển bằng phương pháp nội suy tọa độ:	17
2.4	Cấu trúc điều khiển	18
2.4.1	Điều khiển tập trung:	18
2.4.2	Điều khiển phân cấp:	19
2.4.3	Phân tích cấu trúc điều khiển Master – Slave của hệ thống	19
2.5	Lựa chọn phương án cơ cấu tay kẹp cho robot	20
2.5.1	Dạng tiếp xúc:	21
2.6	Lựa chọn nguồn động lực cho các khớp của cánh tay robot.....	23
2.7	Lựa chọn loại động cơ điện.....	24
2.8	Lựa chọn phương thức giao tiếp.....	25
2.9	Phương án thiết kế	26
	CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ.....	28
3.1	Yêu cầu thiết kế	28
3.2	Sơ đồ nguyên lý	29
3.3	Lựa chọn vật liệu chế tạo	30
3.4	Khối lượng các khâu của robot ước tính theo vật liệu:	32
3.5	Tính momen và chọn động cơ.....	33
3.5.1	Tính momen và chọn động cơ tại các khớp quay	34
3.5.2	Tính momen chọn động cơ tại các khâu:.....	35
3.5.3	Lựa chọn động cơ:.....	38
3.6	Tính momen và lựa chọn động cơ tại tay gấp	39
3.6.1	Phân tích lực kẹp tại tay gấp	39

3.6.2	Tính toán lựa chọn động cơ truyền động tay gấp.....	40
3.7	Tính toán trực truyền tại các khớp.....	42
3.7.1	Lựa chọn vật liệu làm trực:	43
3.7.2	Tính toán sơ bộ đường kính trực theo momen xoắn	43
3.7.3	Chọn then cho trực ở các khớp.....	44
3.7.4	Kiểm nghiệm then theo độ bền dập và độ bền cắt	45
3.8	Tính toán sơ bộ lựa chọn ô lăn đỡ trực tại các khớp:	46
3.8.1	Chọn loại ô lăn:	46
3.8.2	Tính toán lực tác dụng lên ô lăn:.....	46
3.9	Tính toán lựa chọn khớp nối trực động cơ.....	49
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN		51
4.1	Sơ đồ khái của hệ thống:.....	51
4.2	Lựa chọn vi điều khiển	51
4.3	Lựa chọn mạch truyền phát sóng RF	52
4.4	Lựa chọn kiểu truyền nhận sóng RF.....	53
4.5	Lựa chọn mạch truyền phát sóng RF	54
4.6	Thực nghiệm giao tiếp RF module RF433	57
4.6.1	Thực nghiệm truyền nhận chuỗi số và xử lý chuỗi số thông qua RF: ...	59
4.6.2	Thực nghiệm khoảng cách truyền nhận tín hiệu:	60
4.7	Lựa chọn nguồn động lực	61
4.8	Lựa chọn nguồn điều khiển	61
4.9	Lựa chọn driver điều khiển động cơ.....	62
4.10	Kết luận	63

CHƯƠNG 5. GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN	64
5.1 Sơ đồ khói điều khiển của hệ thống:	64
5.2 Các thông số điều khiển của Leap Motion:	64
5.3 Phân tích động học cho robot	65
5.4 Kiểm tra động học thuận và động học nghịch của robot bằng Matlab Simulink.....	69
5.5 Giải thuật điều khiển.....	72
5.5.1 Giải thuật chương trình chính	72
5.5.2 Chương trình con xử lý tín hiệu	73
5.5.3 Chương trình con giao tiếp xử lý ngắn nhận tín hiệu tại Master	74
5.5.4 Chương trình con truyền dữ liệu của Master	75
5.5.5 Các chương trình con xử lý tại khối Slave	75
5.6 Lập trình xử lý tín hiệu và truyền tín hiệu bằng phần mềm Labview:	77
CHƯƠNG 6. THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT	81
6.1 Thực nghiệm hoạt động của tay máy	81
6.2 Đề xuất phương án đánh giá sai sót vị trí gấp thả vật:	87
6.3 Nhận xét và tổng kết	89
6.3.1 Kết quả đạt được	89
6.3.2 Hạn chế trong quá trình làm luận văn	90
6.4 Hướng phát triển đề tài	91

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Tay máy tọa độ vuông góc.....	2
Hình 1.2. Tay máy cơ cầu Gantry.....	3
Hình 1.3. Tay máy tọa độ trụ.....	3
Hình 1.4. Tay máy tọa độ cầu.....	4
Hình 1.5. Tay máy toàn khớp bắn lề.....	5
Hình 1.6. Bộ điều khiển trong không gian khớp.....	8
Hình 1.7. Bộ điều khiển trong không gian thao tác.....	8
Hình 1.8. Các thiết kế điều khiển Master-Slave hiện đang có trong điều khiển [7]..	10
Hình 1.9. Bộ điều khiển Leap Motion.....	11
Hình 2.1. Cánh tay robot dạng nối tiếp.....	14
Hình 2.2. Cánh tay robot dạng song song.....	15
Hình 2.3. Cánh tay robot dạng tổng hợp.....	15
Hình 2.4. Điều khiển tay máy bằng cử chỉ thông qua thư viện cử chỉ có sẵn.....	17
Hình 2.5. Điều khiển nội suy tọa độ thời gian thực sử dụng Kinect.....	18
Hình 2.6. Mô hình điều khiển hệ thống.....	20
Hình 2.7. Các dạng tiếp xúc của vật và tay kẹp [6]......	21
Hình 2.8. Các cơ cấu tay kẹp với 2,3 và 4 ngón [6].....	22
Hình 2.9. Dạng kẹp sử dụng ma sát và dạng kẹp bao quanh vật [7].	22
Hình 3.1. Vùng không gian làm việc của robot.....	28
Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý cánh tay robot.....	29
Hình 3.3. Phác họa sơ bộ mô hình 3D của robot cộng tác.....	30
Hình 3.4. Thiết lập các thông số trong Mass Properties.	32

Hình 3.5. Bảng các thông số các thuộc tính Mass Properties.	33
Hình 3.6. Phân tích lực tác dụng lên khâu 3.....	34
Hình 3.7. Vị trí các khớp của robot chịu momen lớn nhất.....	35
Hình 3.8. Momen tác dụng lên trực động cơ khớp 3.	35
Hình 3.9. Momen tác dụng lên trực động cơ 2.	36
Hình 3.10. Momen tác dụng lên trực động cơ tại khâu 1.....	37
Hình 3.11. Phân tích lực kẹp tại tay gấp.	39
Hình 3.12. Sơ đồ phân tích nguyên lý của tay gấp.	40
Hình 3.13. Vị trí momen tác dụng lớn nhất lên động cơ tay gấp.	41
Hình 3.14. Vị trí lắp trực truyền động khâu 3 (trục 2).	42
Hình 3.15. Vị trí lắp trực truyền động khớp khâu 2 (trục 1).	43
Hình 3.16. Kích thước trục 2.	44
Hình 3.17. Kích thước trục 1.	44
Hình 3.18. Phân tích lực tác dụng lên ố đỡ trục 2.	46
Hình 3.19. Phân tích lực tác dụng lên ố đỡ trục 1.	47
Hình 3.20. Kích thước ố bi đỡ 1 dây NSK – 628ZZ.....	49
Hình 4.1. Sơ đồ khối hệ thống điện.	51
Hình 4.2. Sơ đồ khối của hệ thu phát sóng RF điển hình.....	53
Hình 4.3. Mạch thu phát RF SI4463.	55
Hình 4.4. Mạch thu phát RF XBee.	56
Hình 4.5. Mạch thu phát RF R433.....	57
Hình 4.6. Thực nghiệm điều khiển động cơ Servo thông qua kết nối RF.	57

Hình 4.7. Xây dựng mô hình kiểm tra truyền nhận tín hiệu của module thu phát RF	58
Hình 4.8. Sơ đồ nguyên lý mạch test phát sóng RF.....	58
Hình 4.9. Sơ đồ nguyên lý mạch test thu sóng RF.	58
Hình 4.10. Tín hiệu chuỗi số nhận được qua thu phát sóng RF.	59
Hình 4.11. Nguồn tần số được lựa chọn để cấp nguồn động lực cho hệ thống.	61
Hình 4.12. Adapter 12V – 2A được lựa chọn để cấp nguồn cho vi điều khiển Slave.	62
Hình 4.13. Driver điều khiển động cơ RC Servo PCA9685.	62
Hình 5.1. Sơ đồ khái niệm của hệ thống.....	64
Hình 5.2. Tọa độ bàn tay và tọa độ cảm biến.	65
Hình 5.3. Hệ trục tọa độ của robot Slave.	66
Hình 5.4. Tọa độ cảm biến và tọa độ cánh tay robot.	68
Hình 5.5. Đặt hệ trục tọa độ cho mô hình động học cánh tay robot.....	69
Hình 5.6. Thiết kế sơ đồ khái niệm cánh tay robot bằng Matlab Simulink.....	70
Hình 5.7. Giao diện điều khiển cánh tay robot lập trình bằng Matlab.....	70
Hình 5.8. Vị trí mặc định (Default) của cánh tay robot.	71
Hình 5.9. Vị trí gốc tọa độ của cánh tay robot.....	71
Hình 5.10. Giải thuật chương trình chính.....	72
Hình 5.11. Chương trình con xử lý tín hiệu.	73
Hình 5.12. Chương trình con giao tiếp sóng RF.....	74
Hình 5.13. Chương trình con gửi tín hiệu từ khái niệm Master đến khái niệm Slave.....	75
Hình 5.14. Giải thuật chương trình Start_Home.	75

Hình 5.15. Chương trình con Playback của vi điều khiển Slave.....	76
Hình 5.16. Chương trình con điều khiển động cơ.	77
Hình 5.17. Giao diện theo dõi thông số tín hiệu của Leap Motion trên Labview	78
Hình 5.18. Các lệnh chức năng trong khối giao tiếp VISA.....	79
Hình 5.19. Các lệnh chức năng trong khối giao tiếp Leap Motion.	79
Hình 5.20. Giao diện theo dõi (Front Panel).	80
Hình 5.21. Sơ đồ khối điều khiển (Block Diagram).	80
 Hình 6.1. Khối truyền tín hiệu.....	81
Hình 6.2. Khối nhận tín hiệu.	82
Hình 6.3. Khoảng cách giữa module phát và module thu RF.	82
Hình 6.4. Module thu sóng RF được kết nối với vi điều khiển Slave.	83
Hình 6.5. Mẫu thực nghiệm.	83
Hình 6.6. Tay máy ở vị trí mặc định Home.....	84
Hình 6.7. Tay máy chuyển động khi có tín hiệu từ cảm biến.....	84
Hình 6.8. Tay máy tiếp cận vị trí vật cần gấp.....	85
Hình 6.9. Điều khiển tay kép bằng cách thay đổi khoảng cách ngón tay.	85
Hình 6.10. Di chuyển tay máy đến vị trí cần đặt vật.	85
Hình 6.11. Thả vật bằng cách tăng khoảng cách giữa ngón cái và ngón trỏ.....	86
Hình 6.12. Robot trở về vị trí Home mặc định khi không nhận được tín hiệu cảm biến.	86
 Hình 6.13. Giao diện phần mềm Labview khi cảm biến hoạt động.....	87
Hình 6.14. Ví dụ giao diện điều khiển cánh tay robot để kiểm tra sai số vị trí.....	88
Hình 6.15. Mô hình tham khảo kiểm tra sai số vị trí.....	88

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. So sánh các chế độ huấn luyện	6
Bảng 1.2. So sánh tính hiệu quả của các phương pháp điều khiển thông qua khảo sát	10
Bảng 2.1. Bảng so sánh các dạng cánh tay robot.....	16
Bảng 2.3. So sánh các loại nguồn động lực.....	23
Bảng 2.4. So sánh các giao thức truyền nhận tín hiệu	26
Bảng 3.2. Phân tích đặc tính của một số vật liệu.....	31
Bảng 3.3. Tính chất vật lý của nhôm 6061.....	31
Bảng 3.4. Thông số ổ bi đỡ cỡ siêu nhẹ có mã hiệu là NSK - 628ZZ.....	48
Bảng 3.5. Thông số nối trực ống đòn hồi Misumi CPJC20 – BL – 8.....	50
Bảng 4.1. So sánh các chế độ truyền nhận RF	54
Bảng 4.2. Thông số kỹ thuật mạch thu phát RF SI4463.	55
Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật module thu phát RF XBee	56
Bảng 4.4. Thông số module truyền nhận RF 433MHz	56
Bảng 4.5. Thực nghiệm ảnh hưởng của khoảng cách đến hiệu quả truyền nhận tín hiệu (điều kiện không vật cản).....	60
Bảng 4.6. Thực nghiệm ảnh hưởng của khoảng cách đến hiệu quả truyền nhận tín hiệu	60
Bảng 4.7. Công suất cần thiết cung cấp cho các thiết bị:.....	61
Bảng 5.1. Thông số D-H của robot:	66

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1 Giới thiệu cánh tay robot

Robot công nghiệp là khái niệm được dùng để nói đến những robot được ứng dụng trong những ngành công nghiệp, đóng vai trò quan trọng trong quá trình tự động hóa sản xuất ở nhiều nhà máy, xí nghiệp, đóng góp vào sự phát triển của công nghiệp dưới nhiều dạng khác nhau.

Vai trò của robot công nghiệp:

- Tiết kiệm sức người, giải phóng con người khỏi những công việc nặng nhọc, tẻ nhạt và đảm bảo an toàn cho người lao động.
- Tăng năng suất lao động, nâng cao chất lượng sản phẩm.

Tổng quát, robot công nghiệp được cấu thành từ những thành phần cơ bản sau [1]:

- 1) Tay máy (manipulator).
- 2) Nguồn cung cấp.
- 3) Bộ điều khiển.
- 4) Cảm biến.
- 5) Khâu tác động cuối (end-effector).

1.1.1 Tay máy

Tay máy là một dạng robot có cấu tạo mô phỏng theo những đặc điểm cấu tạo cơ bản của cánh tay người. Các khâu của tay máy được liên kết với nhau thông qua các khớp động để hình thành một chuỗi động hở.

1.1.2 Bậc tự do

Số bậc tự do của tay máy (hay còn gọi là số bậc chuyển động) là số khả năng chuyển động độc lập trong vùng không gian làm việc của tay máy. Tay máy có số bậc tự do càng cao thì càng linh hoạt, nhưng phải lớn hơn một và không nên quá sáu. Lý do là vì với sáu bậc tự do, nếu được bố trí hợp lý, tay máy đủ điều khả năng tiếp cận đối tượng cần được tác động từ mọi hướng trong vùng không gian làm việc của nó bao gồm:

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

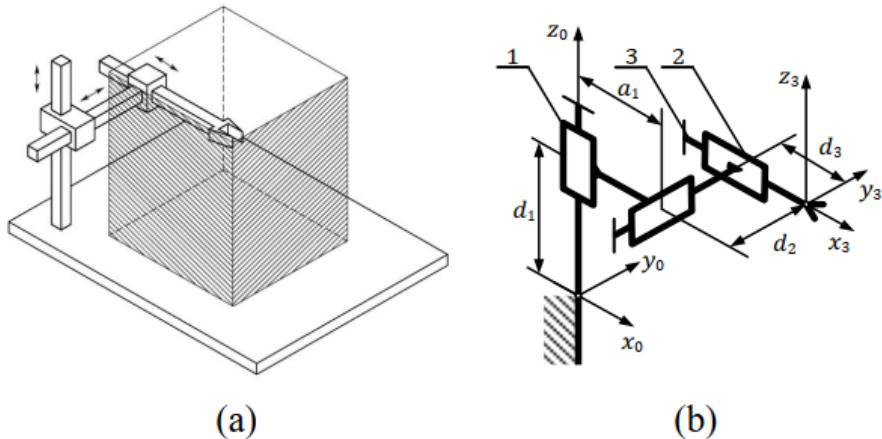
- Ba bậc chuyển động định vị.
- Ba bậc chuyển động định hướng.

1.1.3 Cơ cấu ba bậc chuyển động định vị của tay máy nối tiếp

Tọa độ vuông góc: Cơ cấu PPP, ứng dụng chủ yếu là các thao tác cung cấp và vận chuyển nguyên vật liệu và sản phẩm, chất dỡ hàng hóa, lắp ráp các chi tiết máy, hàn khép kín cho những công trình quy mô lớn như vỏ tàu, đường ống, ...

- **Ưu điểm:** độ cứng vững cao, độ chính xác là như nhau trong vùng không gian làm việc, phương trình động học đơn giản nên hệ thống điều khiển cũng đơn giản.

- **Nhược điểm:** tất cả những thành phần liên quan đến ứng dụng phải nằm trong robot.



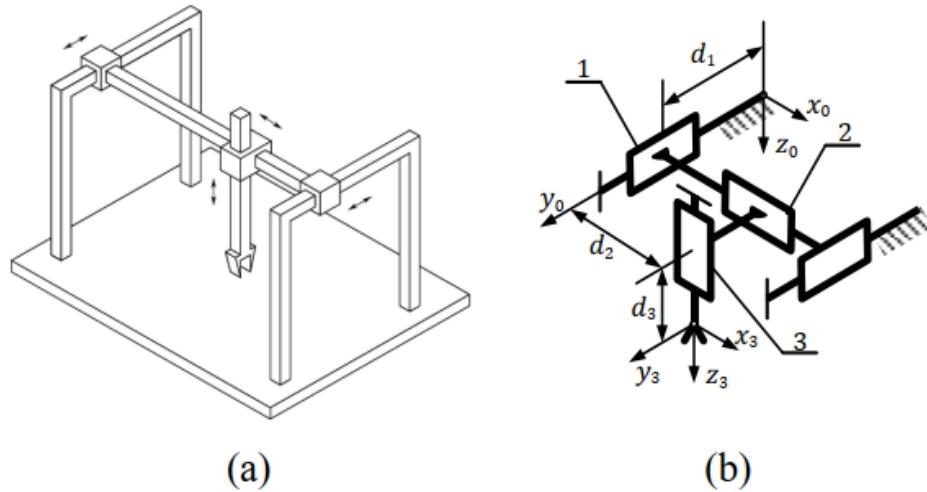
Hình 1.1. Tay máy tọa độ vuông góc.

Cơ cấu Gantry là một dạng khác của tay máy tọa độ vuông góc.

- **Ưu điểm:** giúp tay máy có thể tiếp cận đối tượng từ phía trên, thay vì từ phía bên cạnh, có thể được thiết kế cho vùng không gian làm việc lớn.Thêm vào đó, việc tay máy được lắp trên trần sẽ dành phần diện tích sàn lớn cho công việc khác.

- **Nhược điểm:** tất cả những thành phần liên quan đến ứng dụng phải nằm trong robot và yêu cầu thêm các loại cần trực và phần khung cứng vững.

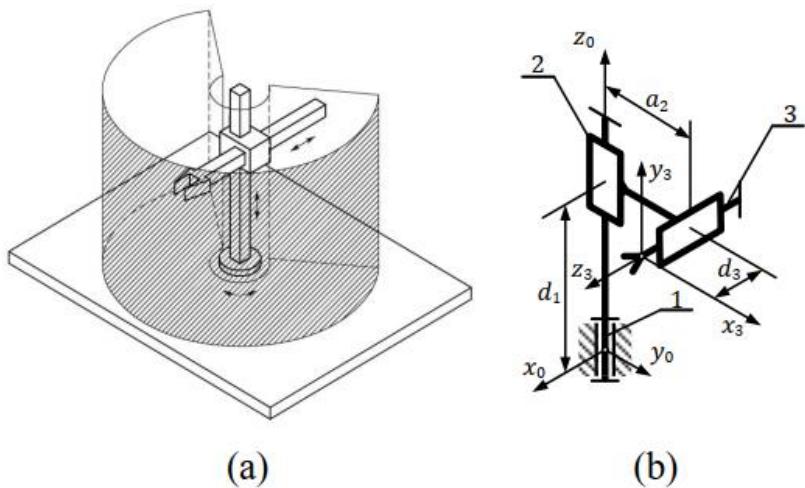
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.2. Tay máy cơ cấu Gantry.

Tọa độ trục: cơ cấu RPP, chiếm khoảng 12% thị trường tay máy.

- **Ưu điểm:** độ cứng vững tốt, khả năng chuyển động theo phương ngang giúp tay máy có thể tiến sâu vào trong các máy sản xuất.
- **Nhược điểm:** độ chính xác giảm khi tầm với theo phương ngang tăng, bị giới hạn theo chiều tịnh tiến đứng, nếu không phải bố trí ray trượt cao, làm giảm độ cứng vững và chiếm diện tích trần, không thể tránh vật cản.

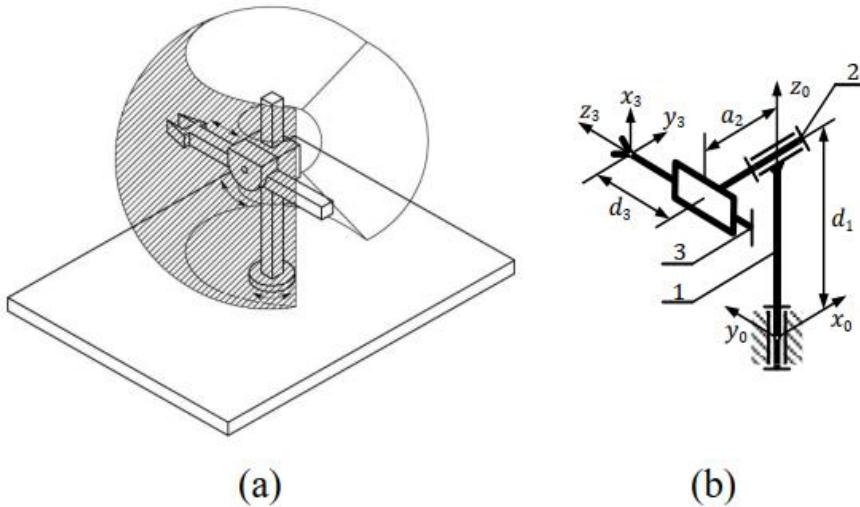


Hình 1.3. Tay máy tọa độ trục.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Tọa độ cầu: cơ cấu RRP

- *Ưu điểm:* tầm với theo phương ngang lớn, khắc phục được cho tay máy tọa độ cầu theo chiều tịnh tiến đứng
- *Nhược điểm:* độ chính xác giảm khi tầm với theo phương ngang tăng, không thể tránh vật cản.

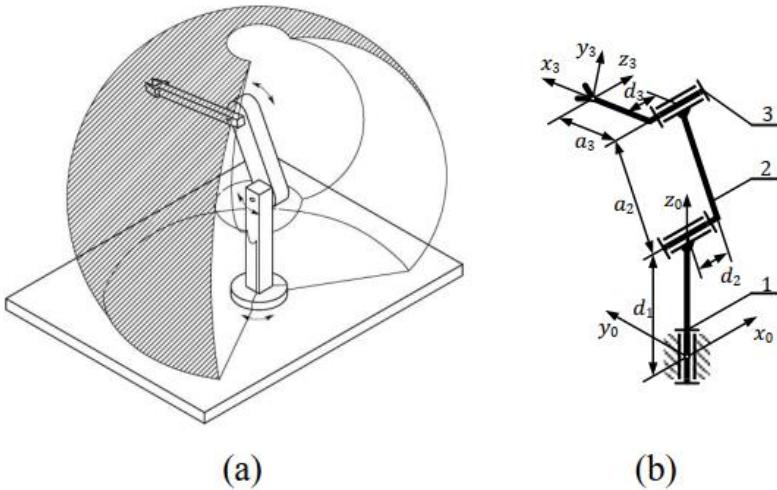


Hình 1.4. Tay máy tọa độ cầu.

Tay máy toàn khớp bắn lề: cơ cấu RRR, chiếm khoảng 59% tay máy đã được lắp trên thế giới, khả năng ứng dụng của loại tay máy này rất rộng.

- *Ưu điểm:* có khả năng tránh vật cản để tiếp cận đối tượng, yêu cầu lượng vật liệu cấu thành nhỏ hơn những cấu trúc khác với cùng một vùng không gian làm việc cho trước.
- *Nhược điểm:* độ chính xác thay đổi trong vùng không gian làm việc, độ cứng vững kém.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.5. Tay máy toàn khớp bắn lề.

1.1.4 Bộ điều khiển

1.1.4.1 Chế độ hoạt động

Chế độ huấn luyện (teaching mode): còn gọi là chế độ lập trình, chương trình được nhập vào bộ điều khiển bằng các phương pháp sau: pendant điều khiển (90%), bộ mô phỏng, lead-through và điều khiển bằng cử chỉ thông qua cảm biến.

Có 3 chế độ huấn luyện cho cánh tay robot phổ biến hiện nay, đó là:

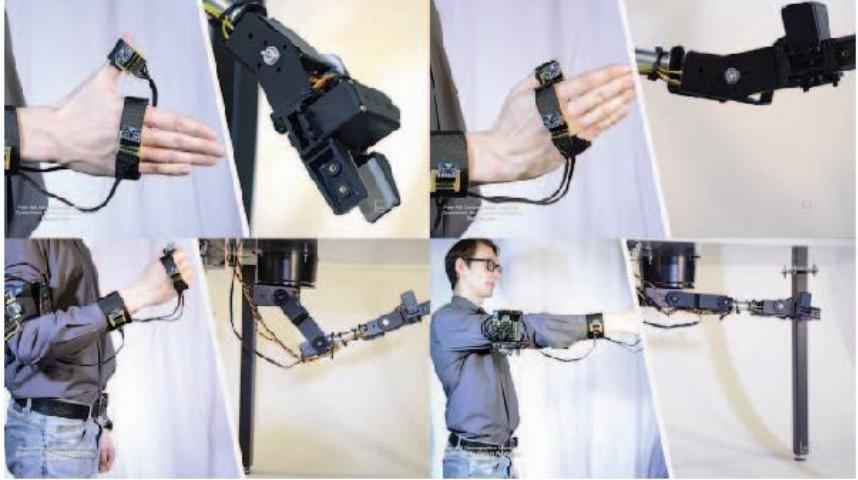
- Sử dụng bảng dạy (Teach pendant).
- Sử dụng phương thức điều khiển Lead-through.
- Sử dụng phương thức điều khiển bằng cử chỉ.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Bảng 1.1. So sánh các chế độ huấn luyện

Pendant điều khiển	
Dạng điều khiển	Đường dẫn từng điểm, đường dẫn điều khiển
	
Ưu điểm	Lập trình dễ dàng, thân thiện với kỹ thuật viên, kỹ thuật viên được yêu cầu không cần có quá nhiều kiến thức về lập trình; những va chạm không mong muốn có thể dễ dàng được phát hiện ngay.
Nhược điểm	Khó khăn khi lập trình các tác vụ phức tạp hoặc yêu cầu độ linh hoạt.
Lead-through	
Dạng điều khiển	Đường dẫn từng điểm, đường dẫn liên tục
	
Ưu điểm	Giảm thời gian lập trình, thích hợp cho những tác vụ yêu cầu độ khéo léo như hàn MIG hoặc sơn

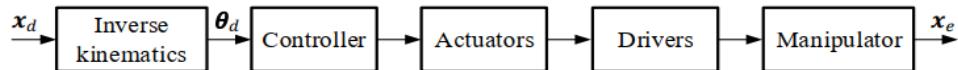
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Nhược điểm	Không đạt được chính xác tọa độ mong muốn khi di chuyển bằng teach pendant, yêu cầu cần bằng động học ở trạng thái tĩnh để dễ dàng dẫn hướng.
Điều khiển cử chỉ (gesture controlled)	
Dạng điều khiển	Lưu điểm, lưu đường dẫn, điều khiển thời gian thực
	
Ưu điểm	Linh hoạt, dễ vận hành, thử nghiệm được nhiều giải thuật, có nhiều phương thức giao tiếp, không phải đầu tư một bộ điều khiển chuyên biệt cho tay máy.
Nhược điểm	Muốn đạt độ chính xác cao cần bộ điều khiển phức tạp, thuật toán xử lý phải chính xác. Cần giới hạn phạm vi làm việc để đảm bảo an toàn, xử lý các điểm kì dị.

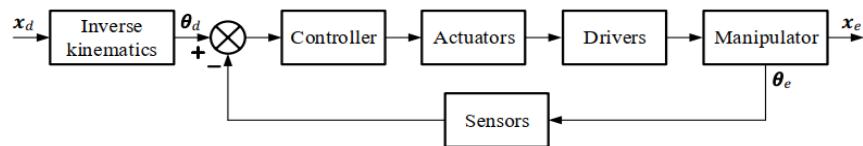
Chế độ tự động (auto mode): chế độ chạy chương trình đã được lập trình trong chế độ huấn luyện.

1.1.4.2 Các bộ điều khiển

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

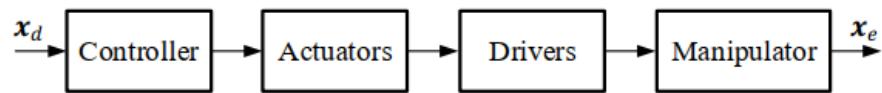


(a) Sơ đồ điều khiển vòng hở.

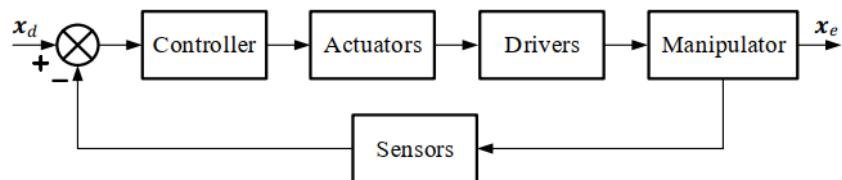


(b) Sơ đồ điều khiển vòng kín.

Hình 1.6. Bộ điều khiển trong không gian kh López.



(a) Sơ đồ điều khiển vòng hở



(b) Sơ đồ điều khiển vòng kín

Hình 1.7. Bộ điều khiển trong không gian thao tác.

1.1.4.3 Cảm biến

Tùy thuộc vào chế độ huấn luyện, lập trình trong không gian kh López (góc xoay, vận tốc góc,...) hay không gian thao tác (tọa độ, lực,...) mà cảm biến được sử dụng khác nhau. Ngoài ra, đối với cánh tay robot cần có những vị trí quan trọng cần phải được xác định, bao gồm:

- *Vị trí Home*: nếu nói trong vùng không gian thao tác, vị trí Home là một vị trí cố định và duy nhất, mà tại đó robot ở trạng thái nghỉ. Nếu nói trong vùng không gian kh López, vị trí Home là vị trí 0 của mỗi trục robot, các khớp sẽ thay đổi giá trị tính từ vị trí này.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- *Vị trí biên*: là những vị trí giới hạn vùng không gian làm việc của robot nhằm mục đích tránh va chạm đảm bảo an toàn khi robot hoạt động. Các cảm biến cơ học như công tắc hành trình được dùng cho mục đích này hoặc với các hệ thống robot nhúng có thể giới hạn bằng thuật toán lập trình.

1.1.4.4 Khâu tác động cuối (end-effector)

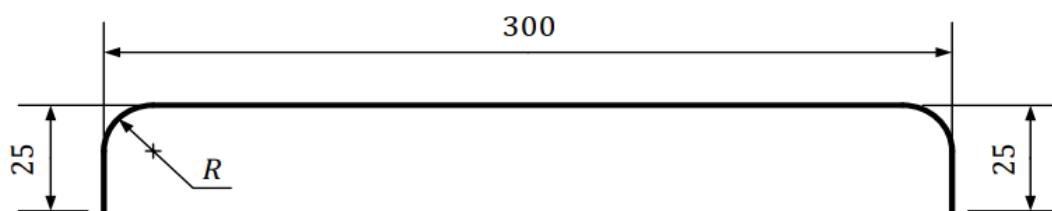
Khâu tác động cuối hay còn gọi là đầu công tác, được xác định tùy thuộc vào tác vụ mà tay máy thực hiện. Đối với tác vụ nâng chuyển vật liệu hay gấp-thả, khâu tác động cuối có thể là tay gấp có hình dạng và kích thước phù hợp với đối tượng được gấp.

1.1.4.5 Một số đặc điểm kỹ thuật khác

Tải trọng tối đa: là tải trọng mà robot mang được ở tốc độ đã được giảm nhưng vẫn duy trì được độ chính xác định mức.

Tải trọng danh nghĩa: là tải trọng mà robot mang được ở tốc độ tối đa nhưng vẫn duy trì độ chính xác định mức.

Thời gian chu kỳ tiêu chuẩn (standard cycle time): được dùng như một thước đo đánh giá hiệu năng của robot công nghiệp. Thời gian đó được đo khi robot thực hiện quỹ đạo tiêu chuẩn gồm: nâng lên theo phương thẳng đứng 25 mm, di chuyển ngang 300 mm, và cuối cùng là hạ xuống theo phương thẳng đứng 25 mm.



1.2 Điều khiển cử chỉ và tiềm năng trong tương lai:

Để kiểm chính tính hiệu quả, nghiên cứu về tính hiệu quả của các phương pháp điều khiển khi thiết kế hệ thống chủ-tớ (Master-Slave) dưới đây (hình 1.15) được lựa chọn và sử dụng các tiêu chí đánh giá: phương pháp điều khiển, độ linh hoạt, khả năng phản hồi và

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

sai só lắp lại. Để quyết định khả năng điều khiển, cần phải có sự kết hợp giữa người điều khiển đến thiết bị điều khiển, dễ dàng theo dõi phản hồi và và quyết định điều khiển. [16]



Hình 1.8. Các thiết kế điều khiển Master-Slave hiện đang có trong điều khiển [7].

Bảng 1.2. So sánh tính hiệu quả của các phương pháp điều khiển thông qua khảo sát [7].

Methodology	Effectiveness
Joystick/Remote Control (RC)	35
Electromyography	3
Voice Control (VC)	30
Haptic (mechanical/touch/glove)	30
Hand Gesture Vision Attentive	60
Hand Gesture Glove Based	30
Hand Gesture Exoskeleton	30
Body Gesture (Stereo Vision Based)	50
Eye Gaze (Stereo Vision Based)/ Face Recognition (EG)	45
Brain Control Interface (BCI)	20

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Thiết kế bộ điều khiển bằng cử chỉ tay dựa trên công nghệ Stereo Vision [7]. Stereo Vision là công nghệ phân tách thông tin 3 chiều (3D information) từ hình ảnh kỹ thuật số. Các cuộc khảo sát [8] đã đưa ra dự đoán rằng công nghệ thu thập dữ liệu 3D sẽ phát triển rộng rãi với những ứng dụng tiềm năng trong công nghiệp trong một vài năm tới. Độ chính xác và sự phát triển mạnh mẽ của cảm biến 3D được ứng dụng trong các công nghệ bám vật (object tracking), phân tích chuyển động (motion analysis), tái tạo không gian 3 chiều (3D scene reconstruction) và điều khiển cử chỉ dựa trên giao diện người dùng (gesture based user interfaces).

1.3 Cảm biến Leap Motion

1.3.1 Giới thiệu sơ lược

Leap Motion là được phát triển bởi tập đoàn Leap Motion vào khoảng năm 2010. Là một thiết bị ngoại vi có khả năng theo dõi chuyển động các ngón tay người một cách rất nhanh và chính xác cho phép người sử dụng tương tác với máy tính rất thoải mái bằng các cử động tự nhiên. Với tập API (Application Programming Interface) rất tiện dụng và thường xuyên được cập nhật, Leap Motion cho phép phát triển rất nhiều loại ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau .



Hình 1.9. Bộ điều khiển Leap Motion.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.3.2 Tính năng

Các tính năng của Leap Motion hiện tại gồm có: Điều hướng bằng nhận dạng cử chỉ chạm vào màn hình, chỉ vào các điểm trên màn hình; tương tác với các dữ liệu 3D ảo bằng các cử chỉ tay như cầm, nắm; hỗ trợ các thao tác vẽ trên màn hình [3].

1.4 Đặt vấn đề

Hiện nay, hệ thống điều khiển từ xa bằng cử chỉ (the gesture-based teleoperation system) chưa thể tiếp cận các chuyển động linh hoạt và chính xác vì chuyển động của con người là đặc trưng là không ổn định và có độ phân giải thấp. Hầu hết robot hiện nay đều yêu cầu người vận hành phải có kỹ năng kỹ thuật tốt với nhiều loại bảng dạy (teach-pendant) khác nhau để vận hành hệ thống. Công nghệ cảm biến chuyển động (motion sensing technology) ra đời đã cho phép giao tiếp giữa con người và máy móc trở nên đơn giản và dễ dàng nhờ vào các giao diện tương tác cử chỉ (gestures interface) – đã truyền cảm hứng cho các nhà nghiên cứu và kỹ sư ứng dụng công nghệ này vào vận hành cánh tay robot.

Trong đề tài này, Leap Motion sẽ đóng vai trò là một cảm biến nhận diện chuyển động, ứng dụng vào việc điều khiển cánh tay robot. Để đảm bảo khả năng tương thích, một hệ thống phần cứng cũng được xây dựng dựa trên mục tiêu của đề tài.

1.5 Mục tiêu đề tài

Luận văn tập trung vào việc thiết kế và xây dựng giải thuật điều khiển cánh tay robot bằng cử chỉ sử dụng thiết bị Leap Motion và phần mềm Labview, ứng dụng trong điều khiển robot từ xa trong lĩnh vực y tế, quân sự, ...

Yêu cầu: cánh tay robot được điều khiển từ xa, có thể phản hồi vị trí robot trong không gian giả lập, thiết bị nhận dạng đúng chuyển động tay người chuyển đổi thành chuyển động mong muốn cho robot, robot có khả năng gấp, thả vật và di chuyển vật từ điểm này đến điểm khác.

1.6 Nhiệm vụ luận văn

- Tìm hiểu tổng quan về vấn đề nghiên cứu (cánh tay robot, thiết bị Leap Motion), đặt đầu bài cụ thể.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Đề xuất phương án thiết kế robot phù hợp với điều bài đặt ra.
- Tính toán, thiết kế cơ khí cho cánh tay robot trong gấp thả vật.
- Thiết kế mạch điện điều khiển cho robot.
- Thiết kế bộ điều khiển sử dụng phần mềm Labview truyền tín hiệu cho robot.
- Xây dựng giải thuật điều khiển cánh tay robot.
- Thực nghiệm, đánh giá kết quả.

1.7 Phạm vi luận văn

Điều khiển cánh tay robot bằng cử chỉ thông qua thiết bị Leap Motion với các thông số sau:

- Khoảng cách giao tiếp điều khiển: Bán kính 10m.
- Khối lượng vật gấp tối đa: 0,25kg.
- Kích thước vùng không gian làm việc khoảng 400mm x 400mm x 500mm.

1.8 Tổ chức luận văn

Luận văn sẽ được tổ chức thành 6 chương như sau:

- Chương I: Giới thiệu tổng quan về cánh tay robot, thiết bị Leap Motion, đặt đề bài.
- Chương II: Lựa chọn phương án, phân tích thiết kế cơ khí – điện, cấu trúc điều khiển. Tiến hành lựa chọn sơ bộ động cơ, cơ cấu cơ khí, phương thức giao tiếp.
- Chương III: Thiết kế cơ khí cánh tay robot.
- Chương IV: Thiết kế hệ thống điện.
- Chương V: Thiết kế giải thuật điều khiển sử dụng phần mềm Labview và vi điều khiển, thiết kế bộ điều khiển xử lý tín hiệu từ cảm biến Leap Motion.
- Chương VI: Thực nghiệm, đánh giá kết quả.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

CHƯƠNG 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

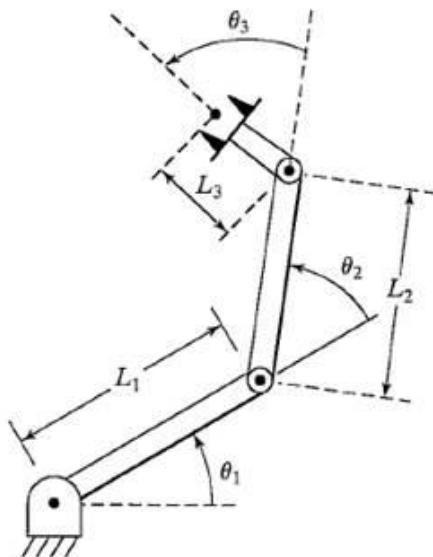
2.1 Lựa chọn loại cánh tay robot

Có 2 dạng cánh tay robot phổ biến là cánh tay robot dạng song song (Parallel manipulator) và cánh tay robot dạng nối tiếp (Serial Manipulator). Ngoài ra còn có dạng tổng hợp của 2 dạng trên (Hybrid Manipulator).

- Robot dạng nối tiếp (Serial Manipulator): Có kết cấu hở được liên kết với nhau bằng các khâu động học và được điều khiển tuần tự hoặc đồng thời.

- Ưu điểm: không gian làm việc rộng, có tính linh hoạt cao.

- Nhược điểm: khả năng nâng tải bị hạn chế, độ cứng kém do kết cấu các khâu động học hở.



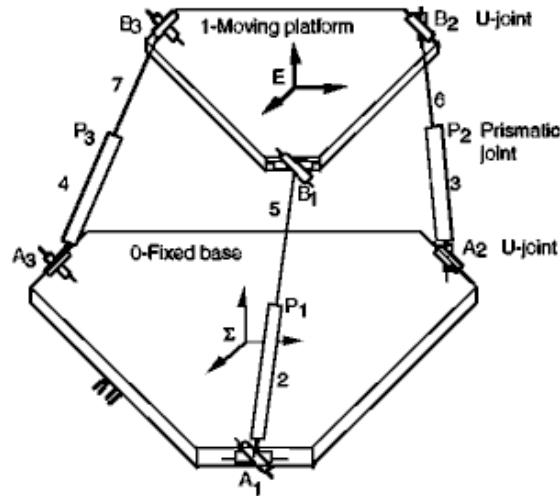
Hình 2.1. Cánh tay robot dạng nối tiếp.

- Robot dạng song song (Parallel Manipulator): Cơ cấu vòng kín, trong đó các khâu tác động cuối được liên kết bởi ít nhất hai chuỗi động học độc lập.

- Ưu điểm: độ cứng vững cao do cơ cấu vòng kín, chịu tải cao, kết cấu đơn giản, tốc độ làm việc nhanh.

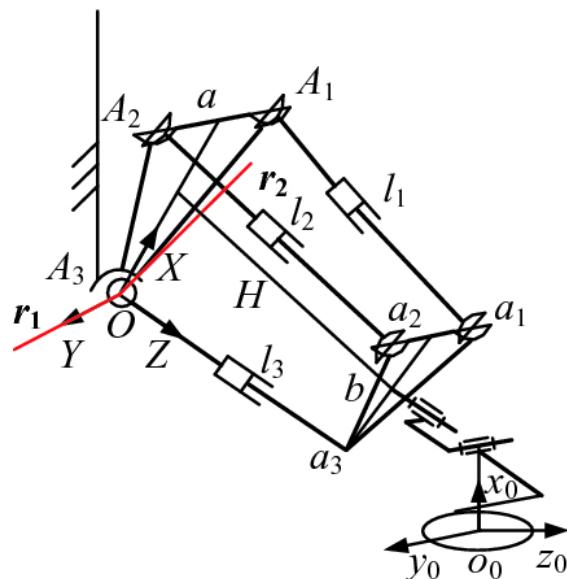
CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Nhược điểm: vùng không gian hoạt động hẹp, giải bài toán động học khó khăn hơn cơ cấu nối tiếp.



Hình 2.2. Cánh tay robot dạng song song.

- Robot dạng tổng hợp (Hybrid Manipulator): kết hợp giữa cơ cấu nối tiếp và song song, có các ưu điểm của cả 2 cơ cấu, nhược điểm là thiết kế phức tạp và kích thước lớn.



Hình 2.3. Cánh tay robot dạng tổng hợp.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Từ những nhận định trên, ta có bảng so sánh các dạng robot

Bảng 2.1. Bảng so sánh các dạng cánh tay robot.

	Nối tiếp	Song song	Tổng hợp
Vùng không gian làm việc	Nhỏ	Lớn	Lớn
Khả năng chịu tải (xét trên cùng kích thước)	Nhỏ	Lớn	Trung bình
Độ chính xác	Thấp	Cao	Trung bình
Tốc độ đáp ứng	Chậm nhất	Nhanh nhất	Trung bình
Độ linh hoạt	Cao nhất	Thấp nhất	Trung bình
Độ cứng vững	Thấp	Cao	Cao
Độ phức tạp động học	Thấp nhất	Cao hơn	Cao nhất

Từ những phân tích trên, lựa chọn cơ cấu nối tiếp vì kết cấu đơn giản, dễ chế tạo mô hình thực nghiệm, bài toán động học dễ tiếp cận và giải quyết. Nhược điểm về khả năng nâng tải sẽ được khắc phục do mẫu thực nghiệm có khối lượng nhỏ không làm ảnh hưởng đến độ cứng vững.

2.2 Cơ cấu tay máy toàn khớp bản lề

Từ những phân tích ở chương 1, lựa chọn cơ cấu cho robot là cơ cấu toàn khớp bản lề (RRR).

Dựa vào phạm vi của luận văn với tải có khối lượng không lớn, yêu cầu độ linh hoạt nhất định nên lựa chọn cơ cấu toàn khớp bản lề với kết cấu đơn giản, phổ biến dễ chế tạo.

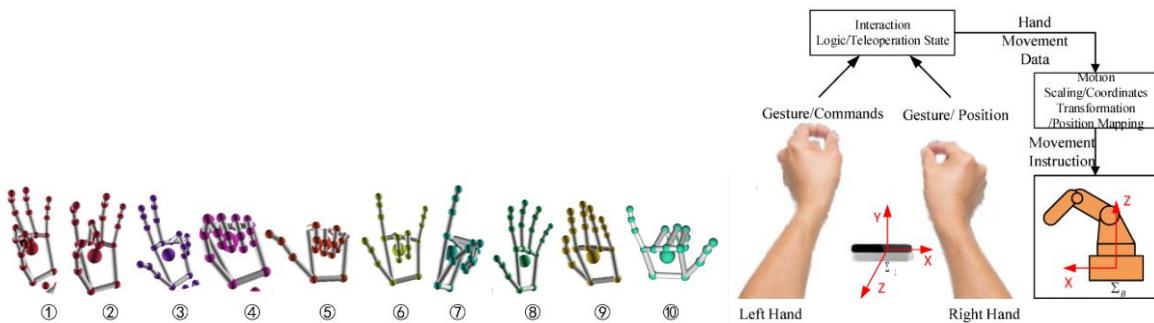
2.3 Lựa chọn phương thức điều khiển

Có hai phương án điều khiển cử chỉ được sử dụng phổ biến là điều khiển bằng cử chỉ cụ thể và điều khiển bằng nội suy tọa độ

2.3.1 Điều khiển bằng cử chỉ cụ thể:

Robot sẽ chuyển động và thực hiện các yêu cầu theo các cử chỉ được cho trước. Người dùng sẽ xây dựng sẵn một bộ thư viện các cử chỉ, cảm biến nhận và xử lý hình ảnh chuyển thành các tín hiệu điều khiển.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.4. Điều khiển tay máy bằng cử chỉ thông qua thư viện cử chỉ có sẵn.

Ưu điểm:

- Giảm được độ phức tạp khi lập trình bộ điều khiển.
- Đáp ứng của hệ thống nhanh hơn do đã được chuyên biệt hóa thao tác với từng cử chỉ.

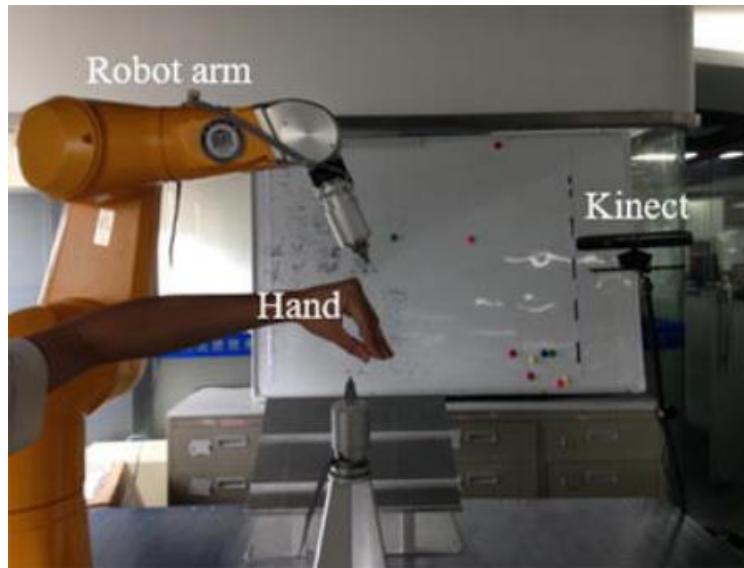
Nhược điểm:

- Chỉ điều khiển được với các cử chỉ nhất định có sẵn.
- Chưa có sự linh hoạt và liên tục trong điều khiển bằng phương pháp nội suy.

2.3.2 Điều khiển bằng phương pháp nội suy tọa độ:

Chuyển đổi tọa độ từ tọa độ bàn tay sang tọa độ của robot, giải bài toán động học tìm góc xoay ứng với vị trí của bàn tay để điều khiển robot. Có nhiều phương pháp điều khiển theo phương thức nội suy như điều khiển bằng teach-pendant, sử dụng cảm biến chuyên dụng, sử dụng camera,...

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.5. Điều khiển nội suy tọa độ thời gian thực sử dụng Kinect.

Ưu điểm:

- Có sự linh hoạt và liên tục trong điều khiển.
- Người điều khiển không cần phải nhớ một số cử chỉ nhất định.

Nhược điểm:

- Độ phức tạp của bộ điều khiển cao hơn do phải tính toán động học nghịch.
- Đáp ứng của hệ thống có thể chậm hơn do phải tính toán nhiều.
=> Chọn phương thức điều khiển nội suy tọa độ vì cần sự linh hoạt và liên tục khi điều khiển, đồng thời có thể kiểm tra mô hình động học.

2.4 Cấu trúc điều khiển

2.4.1 Điều khiển tập trung:

Ưu điểm:

- Giảm được khối lượng lập trình cho quá trình xử lý truyền nhận tín hiệu giữa các vi điều khiển.
- Bộ điều khiển nhỏ gọn và tiết kiệm chi phí.
- Dễ kiểm tra khi có lỗi xảy ra.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Nhược điểm:

- Có thể xảy ra hiện tượng nhiễu và đọc trễ giá trị cảm biến do phải xử lý nhiều thông tin.

- Đòi hỏi vi điều khiển phải có tốc độ xử lý nhanh và phải đáp ứng đủ số chân yêu cầu.

2.4.2 Điều khiển phân cấp:

Ưu điểm:

- Việc truyền nhận dữ liệu có thể được xử lý độc lập ở Master và Slave. Do đó vi điều khiển Master và Slave không cần phải có tốc độ xử lý quá nhanh.

- Có khả năng kết hợp các module truyền nhận không dây để xử lý tín hiệu ở phía truyền và phía nhận.

Nhược điểm:

- Phải xử lý tốt quá trình truyền nhận giữa các vi điều khiển.

- Khó khăn trong việc phát hiện và khắc phục lỗi.

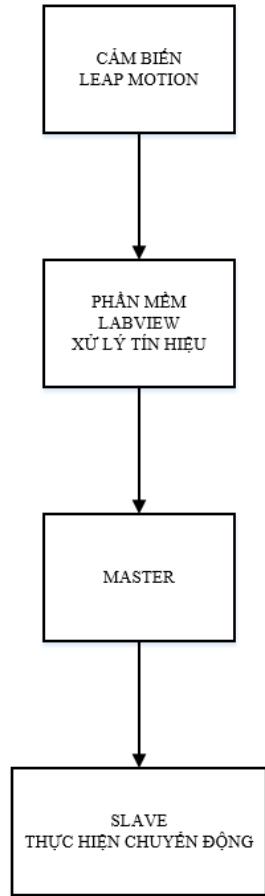
- Bộ điều khiển phức tạp hơn

=> Chọn bộ điều khiển phân cấp vì hệ thống cần phải điều khiển từ xa nên cần xử lý tín hiệu độc lập ở cả hai module thu và phát.

2.4.3 Phân tích cấu trúc điều khiển Master – Slave của hệ thống

Mô hình điều khiển hệ thống có dạng Master – Slave của hệ thống

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN



Hình 2.6. Mô hình điều khiển hệ thống.

Trong đó:

- Master chính là tay người, sử dụng cảm biến Leap Motion ghi nhận chuyển động.
- Tín hiệu thu từ Leap Motion sẽ được máy tính xử lý qua phần mềm Labview, sau đó truyền đến Slave là cánh tay robot thực hiện chuyển động mong muốn.

2.5 Lựa chọn phương án cơ cấu tay kẹp cho robot

Tay kẹp là một khâu chấp hành, đóng vai trò rất quan trọng cho cánh tay robot – làm nhiệm vụ kẹp và giữ vật, thực hiện động tác gấp và di chuyển vật từ điểm này đến điểm khác trong không gian.

Để thiết kế được tay kẹp phù hợp, cần dựa vào hình dạng của vật thể và dạng tiếp xúc của tay kẹp và vật thể.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

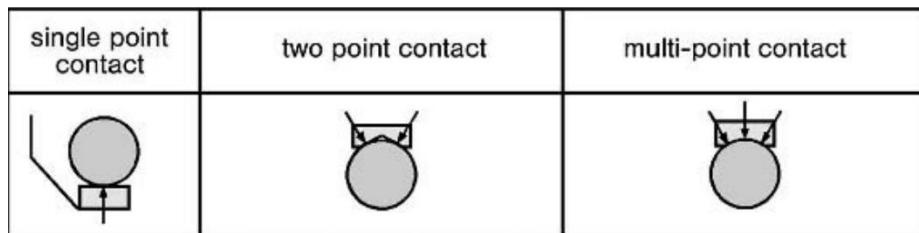
2.5.1 Dạng tiếp xúc:

Trong kỹ thuật, chúng ta thường gặp 3 dạng tiếp xúc phổ biến: tiếp xúc điểm, tiếp xúc đường, tiếp xúc mặt.

Tiếp xúc điểm: Bề mặt kẹp và vật tiếp xúc với nhau tại một điểm hoặc một số điểm. Ở dạng tiếp xúc này cần ít nhất 3 đến 4 điểm tiếp xúc để đảm bảo kẹp chặt, vật không rơi trong quá trình tay kẹp di chuyển.

Tiếp xúc đường: phần tiếp xúc giữa bề mặt kẹp và vật là đường (đường thẳng, đường cong), hình dạng của đường tiếp xúc phụ thuộc vào biên dạng vật và bề mặt kẹp. Thông thường các biên dạng đường sẽ song song với nhau, nên cần tối thiểu 2 đường tiếp xúc để giữ chặt vật.

Tiếp xúc mặt: Phần tiếp xúc giữa bề mặt kẹp và vật là một vùng diện tích. Dạng tiếp xúc này cần ít nhất hai bề mặt tiếp xúc đối diện nhau để kẹp chặt được vật.



Hình 2.7. Các dạng tiếp xúc của vật và tay kẹp [6].

=> Để đảm bảo vật được kẹp chặt, cùng với những yêu cầu đặt ra là vật có hình hộp có các mặt phẳng song song=> lựa chọn dạng tiếp xúc mặt để đảm bảo kẹp chặt được vật.

Vì mục đích chế tạo dễ dàng => chọn cơ cấu tay kẹp có ngón tay để tăng sự linh hoạt và hiệu quả.

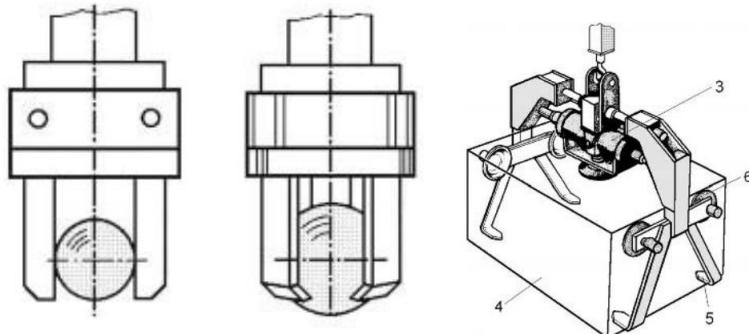
Tay kẹp cho robot thường có cấu tạo gồm từ 2 ngón trở lên

Loại 2 ngón: Cấu tạo gồm 2 ngón tay-thường là đối diện nhau, để kẹp vật.

Loại 3 ngón: Sử dụng linh hoạt các dạng tiếp xúc (điểm, đường, mặt).

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Loại 4 ngón: Kết hợp từ 2 cơ cấu 2 ngón, hoặc 4 ngón tay hoạt động độc lập. Ưu điểm của loại này là có thể đáp ứng linh hoạt các loại tiếp xúc (điểm, đường, mặt) và có thể sử dụng đa dạng kích thước, nhưng điều khiển phức tạp hơn nhiều so với những loại trên.



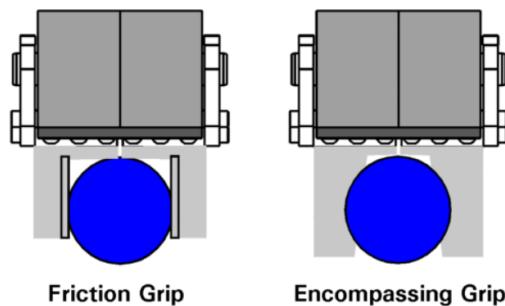
Hình 2.8. Các cơ cấu tay kẹp với 2,3 và 4 ngón [6].

Với các yêu cầu đặt ra ở đề bài, chọn cơ cấu tay kẹp có 2 ngón do vật được gấp có dạng hình hộp có các mặt phẳng song song và để dễ gia công chế tạo.

Các loại dạng kẹp:

Kẹp bằng lực ma sát: Tay kẹp giữ vật bằng lực ma sát tạo ra trên bề mặt vật và má kẹp.

Kẹp bằng cách bao quanh vật: Tay kẹp có hình dạng là biên dạng ngoài của vật được kẹp nên vật được giữ cố định.



Hình 2.9. Dạng kẹp sử dụng ma sát và dạng kẹp bao quanh vật [7].

Kết luận: Với đối tượng kẹp có dạng hình hộp chữ nhật, khối lượng nhỏ và yêu cầu độ linh hoạt khi di chuyển => Sử dụng má kẹp loại ma sát.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

2.6 Lựa chọn nguồn động lực cho các khớp của cánh tay robot

Có 3 dạng nguồn động lực phổ biến được sử dụng cho cánh tay robot là: thủy lực, khí nén và động cơ.

Bảng 2.3. So sánh các loại nguồn động lực

	Ưu điểm	Nhược điểm
Thủy lực	<ul style="list-style-type: none"> - Tốc độ nhanh. - Lực tạo ra lớn - Có thể giữ trạng thái lực và momen không đổi mà không cần bơm thêm chất lỏng 	<ul style="list-style-type: none"> - Chiếm thể tích lớn để đựng dung dịch. - Khó khăn trong việc bảo trì. - Gây ô nhiễm - Độ chính xác yêu cầu chi phí cao.
Khí nén	<ul style="list-style-type: none"> - Tốc độ nhanh. - Dễ lắp ráp, bảo trì. - An toàn (không chứa chất dễ cháy hay tạo từ trường). 	<ul style="list-style-type: none"> - Gây tiếng ồn. - Lực tạo ra không lớn bằng thủy lực. - Tiêu tốn năng lượng duy trì. - Gây ô nhiễm. - Độ chính xác cao yêu cầu chi phí cao.
Động cơ điện	<ul style="list-style-type: none"> - Độ chính xác cao. - Lực tạo ra lớn. - Điều khiển chính xác vị trí vận tốc, gia tốc, lực hay momen nhờ vào tín hiệu hồi tiếp vòng kín (encoder...). - Dễ lắp ráp, bảo trì. - Chiếm ít diện tích. - Tiếng ồn nhỏ, không gây ô nhiễm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lựa chọn công suất theo mức cố định. - Lượng nhiệt tỏa ra lớn làm giảm hiệu suất.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Kết luận: Với đề bài đặt ra cần điều khiển chính xác vị trí, momen tạo ra lớn, thời gian đáp ứng nhanh cũng như cơ cấu đơn giản và tốn ít chi phí => Chọn động cơ điện.

2.7 Lựa chọn loại động cơ điện

Dựa vào các yêu cầu về động cơ, có các loại động cơ phù hợp là: động cơ DC, động cơ step và động cơ RC Servo.

Động cơ DC:

Ưu điểm :

- Đơn giản và tốn ít chi phí trong thiết kế mạch điều khiển.
- Kiểm soát tốt tốc độ khi tăng tốc và giảm tốc.

Nhược điểm :

- Điều khiển vòng hở, không điều khiển chính xác được vị trí.
- Muốn tăng momen phải gắn thêm bộ bánh răng giảm tốc.

Động cơ step:

Ưu điểm:

- Kiểm soát xác định vị trí chính xác hướng khi quay.
- Luôn cung cấp một momen tự giữ cho trục động cơ.
- Momen xoắn lớn khi điều khiển ở tốc độ chậm.
- An toàn, khi xảy ra sự cố quá tải động cơ không bị hư hỏng.

Nhược điểm:

- Động cơ dễ bị trượt bước gây sai lệch trong điều khiển, nhất là khi mang tải nặng.
- Gây rung động lớn trong quá trình vận hành nên cơ cấu cần độ cứng vững lớn.
- Yêu cầu phải có nhiều bước để có thể di chuyển trơn tru.
- Momen xoắn giảm nhanh khi tăng tốc độ.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- So với động cơ RC servo cùng công suất, khói lượng và kích thước lớn hơn nhiều.
- Không có hồi tiếp thông tin các bước bị bỏ lỡ.

Động cơ RC servo:

Ưu điểm:

- Tránh được hiện tượng trượt bước như Step DC, hoạt động ở tốc độ cao, momen xoắn cao, luân chuyển chính xác trong góc giới hạn, kiểm soát vị trí chính xác...
- Momen tạo ra lớn so với kích thước và trọng lượng động cơ.
- Không xảy ra hiện tượng trượt bước khi quá tải (mạch điều khiển tự động nâng dòng).
- Điều khiển vòng kín.

Nhược điểm:

- Thiết lập bộ điều khiển phức tạp.
- Động cơ có thể bị hư hỏng do quá tải.
- Gây tiếng ồn.

2.8 Lựa chọn phương thức giao tiếp

- + Giao tiếp cảm biến Leap Motion và máy tính: qua cổng USB.
- + Giữa máy tính và cánh tay robot:
 - Giao tiếp bằng cáp (Serial Bus).
 - Giao tiếp bằng sóng bluetooth.
 - Giao tiếp bằng sóng RF.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

Bảng 2.4. So sánh các giao thức truyền nhận tín hiệu

	Ưu điểm	Nhược điểm
Cáp	<ul style="list-style-type: none"> - Tốc độ giao tiếp nhanh - Ổn định 	<ul style="list-style-type: none"> - Hạn chế về khoảng cách. - Gây cản trở chuyển động của robot.
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> - An toàn do là giao tiếp không dây - Khoảng cách điều khiển xa hơn (tầm 10m) 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiếu ổn định hơn so với cáp và sóng RF. - Khoảng cách vẫn còn hạn chế.
RF	<ul style="list-style-type: none"> - An toàn do là giao tiếp không dây. - Tín hiệu được truyền tương đối ổn định hơn so với bluetooth. - Khoảng cách giao tiếp xa nhất so với cáp và bluetooth (tối đa 200m). 	<ul style="list-style-type: none"> - Có khả năng bị nhiễu nếu xuất hiện tín hiệu cùng tần số.

=> **Kết luận:** Sử dụng giao tiếp không dây để an toàn, không gây cản trở cho robot.

Giao tiếp qua chuẩn RF là chuẩn giao tiếp phổ biến, giá thành rẻ, giao tiếp ổn định và khoảng cách giao tiếp xa (tối đa vài trăm mét).

2.9 Phương án thiết kế

Phương án thiết kế được lựa chọn:

- Cánh tay robot 3 bậc tự do có cơ cấu toàn khớp bản lề (RRR).
- Phương thức điều khiển: nội suy tọa độ.
- Cấu trúc điều khiển: phân cấp (Master – Slave).
- Đầu công tác: Tay kẹp dạng song song với 2 ngón kẹp.

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

- Sử dụng nguồn động lực là RC servo.
- Leap motion làm nhiệm vụ cảm biến thu nhận chuyển động.
- Máy tính xử lý tín hiệu đưa từ Leap Motion, thông qua chương trình xử lý tín hiệu Labview, truyền tín hiệu đến robot.
- Giao tiếp giữa máy tính và robot qua sóng RF.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.1 Yêu cầu thiết kế

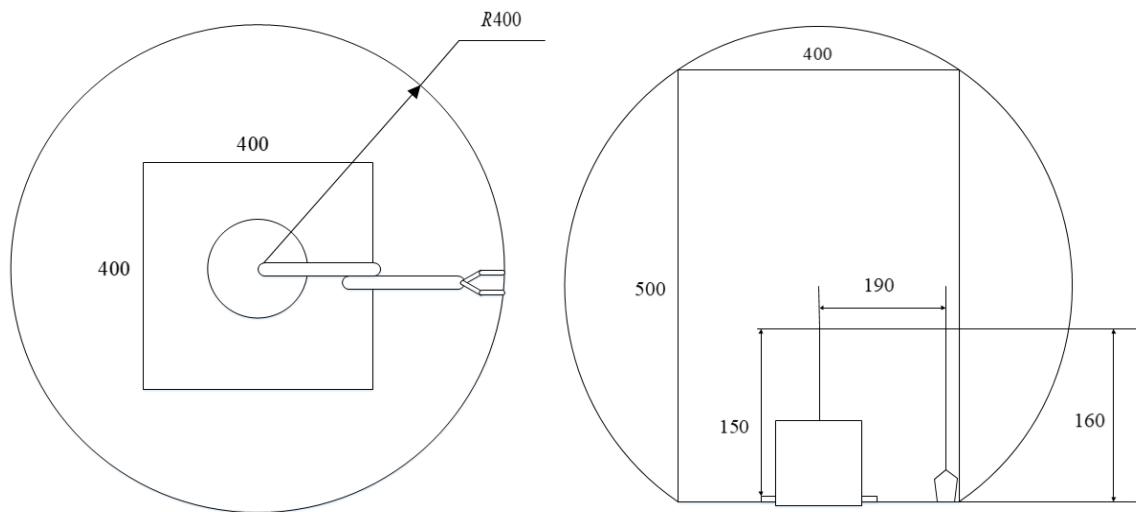
Thiết kế cánh tay robot cộng tác có 3 bậc tự do, có cơ cấu tay kẹp để gấp thả vật ứng dụng hỗ trợ từ xa để chăm sóc bệnh nhân cách ly hay tạo các tương tác với không gian để thu thập dữ liệu, kết hợp với camera để có thể quan sát hoặc mô phỏng các không gian có các thông số:

- Diện tích vùng không gian làm việc: 400mm x 400mm x 500mm (dựa theo thông số vùng không gian làm việc của cobot Universal UR3 [9]). (hình 3.1)

- Số bậc tự do: 3.

- Nhiệm vụ: tay gấp có thể nâng hạ vật có trọng lượng tối đa là 0,25kg.

- Tay gấp có dạng cơ cấu kẹp song song bằng 2 má kẹp, kẹp bằng lực ma sát, truyền động bằng bánh răng.

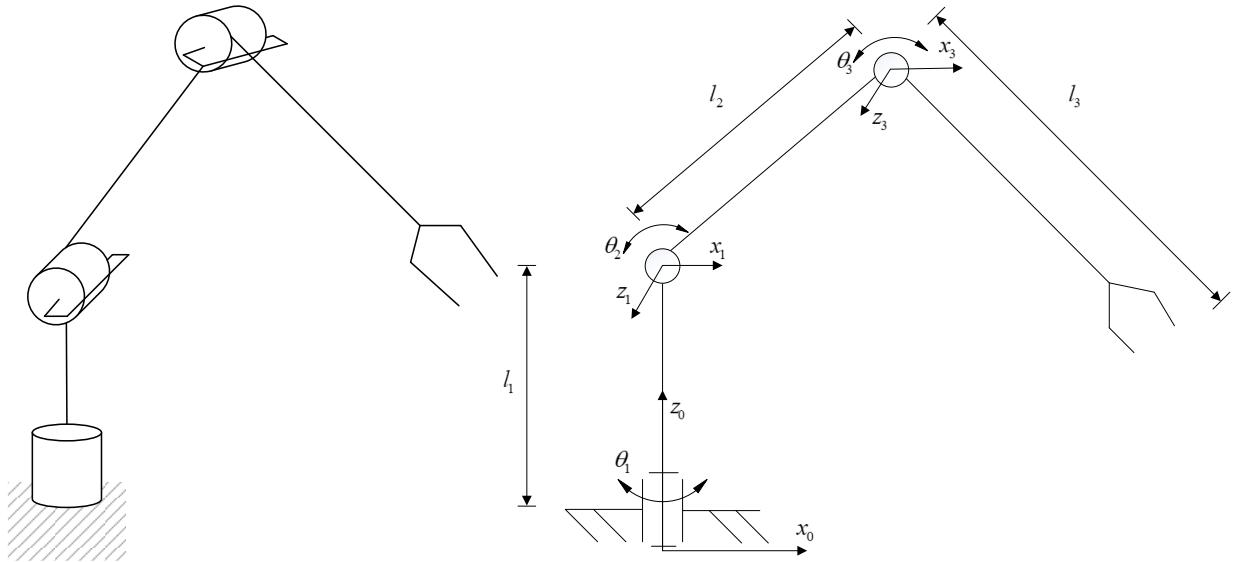


Hình 3.1. Vùng không gian làm việc của robot.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.2 Sơ đồ nguyên lý

Theo các yêu cầu thiết kế đặt ra, thiết kế cánh tay robot 3 bậc tự do và một cơ cấu kẹp có sơ đồ nguyên lý như sau:



Hình 3.2. Sơ đồ nguyên lý cánh tay robot.

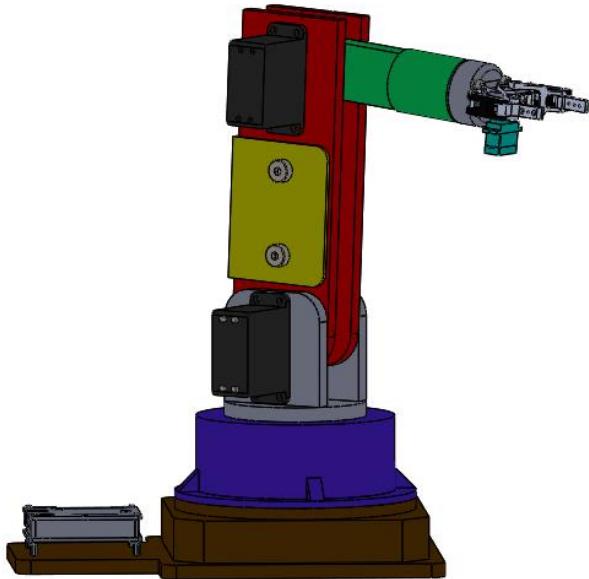
- Vùng làm việc của tay máy được quyết định bởi hai thông số là l_2 và l_3 . Nếu xem tầm với mong muốn của tay máy là L cố định và tay máy lý tưởng, khi đó $L = l_2 + l_3$. Đặt $r = \frac{l_2}{L}$, tỷ số r có giá trị tối ưu nằm trong khoảng $0,4 \div 0,6$ [12].

Theo yêu cầu đề bài $L = 400\text{mm}$ (tầm với của robot theo phương ngang), chọn $l_2 = 200\text{mm}$. Khi đó $r = 0,5$ và $l_3 = 200\text{ mm}$.

Các giá trị còn lại phụ thuộc vào kết cấu cơ khí của robot trong quá trình thiết kế.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Phác họa sơ bộ kết cấu 3D của cánh tay robot:



Hình 3.3. Phác họa sơ bộ mô hình 3D của robot cộng tác.

3.3 Lựa chọn vật liệu chế tạo

Để đảm bảo độ cứng vững để thực hiện các thao tác linh hoạt và liên tục theo cử chỉ tay người => Lựa chọn vật liệu chế tạo là kim loại để đảm bảo khả năng vận hành và độ cứng vững cho tay máy.

Đóng vai trò như là một robot cộng tác (collaboration robot), robot được sử dụng trong đê tài cần đáp ứng một số yêu cầu về vật liệu như sau:

- Có trọng lượng riêng nhẹ, có khả năng chịu lực, chịu nhiệt ở mức trung bình.
- Có cơ tính phù hợp với các ứng dụng dân dụng.
- Có tính chống ăn mòn, phù hợp trong các môi trường tiếp xúc với các chất hóa học như phòng thí nghiệm, các môi trường có độ ẩm cao, phỏng xạ,...

Vật liệu chế tạo cánh tay robot cộng tác phổ biến: Gang, thép, nhôm.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Bảng 3.2. Phân tích đặc tính của một số vật liệu.

	Trọng lượng riêng	Cơ tính	Độ phức tạp gia công	Tính chống ăn mòn	Giá thành
Gang	7.58 tấn/m ³	Cứng, giòn, không chịu được va đập	Dễ gia công	Dễ bị ăn mòn	Cao
Thép	7.85 tấn/m ³	Chịu nhiệt, đàn hồi tốt, chịu lực cao	Khó gia công hơn gang	Cao nếu sử dụng thép không gỉ (inox)	Cao
Nhôm	2.7 tấn/m ³	Dẫn nhiệt tốt, độ bền kéo cao, chịu lực khá tốt	Dễ gia công nhất	Cao (do có màng oxit Al ₂ O ₃)	Thấp hơn

Theo bảng 3.2, ta thấy Nhôm có các đặc điểm là nhẹ, độ cứng vững khá cao, dễ gia công và chế tạo bằng các phương pháp thông thường (tiện, phay, CNC,...) cùng với giá thành thấp. Trong số các loại nhôm tấm hợp kim thì nhôm 6061 được dùng phổ biến và rộng rãi trong ngành cơ khí và tự động hóa.

Tính chất của nhôm 6061 được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 3.3. Tính chất vật lý của nhôm 6061.

Tính chất	Giá trị
Khối lượng riêng	2700 (kg/m ³)
Giới hạn chảy	275 (MPa)
Giới hạn bền	310 (MPa)
Độ cứng	95 (HB)
Modun đàn hồi	68,9 (GPa)
Modun trượt	26 (GPa)

Vật liệu được lựa chọn làm các trục truyền động cho robot là ty inox vì được làm bằng thép ANSI 304, cứng vững, được bán rộng rãi trên thị trường với kích thước đa dạng và được gia công chuẩn công nghiệp.

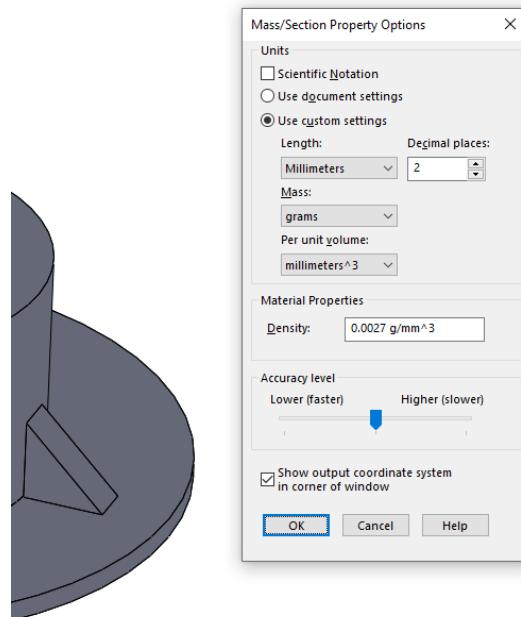
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.4 Khối lượng các khâu của robot ước tính theo vật liệu:

Theo bảng 3.3, khối lượng riêng của nhôm là 2700 kg/m^3 .

Theo mô hình kết cấu 3D cánh tay robot đã được xây dựng, sử dụng công cụ tính khối lượng trong Solidworks để tính khối lượng các khâu.

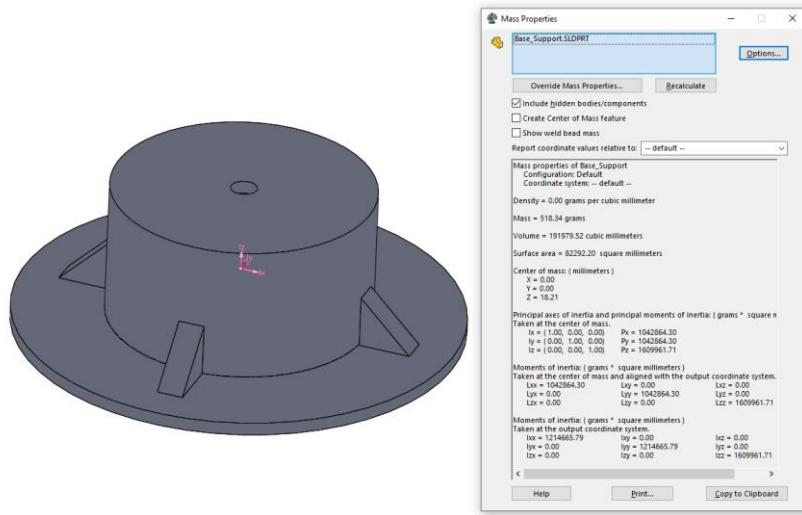
Sử dụng công cụ Mass Properties trong Solidworks, thiết lập các thông số tính toán như đơn vị chiều dài, khối lượng, thể tích và khối lượng riêng cho chi tiết.



Hình 3.4. Thiết lập các thông số trong Mass Properties.

Sau khi đã thiết lập các thông số cho chi tiết, phần mềm sẽ hiển thị các thuộc tính như khối lượng, thể tích, diện tích bề mặt,... của chi tiết theo các thông số đã thiết lập. Ở đây ta thấy khối lượng khâu 1 theo phần mềm tính toán là 518,34 g.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ



Hình 3.5. Bảng các thông số các thuộc tính Mass Properties.

Tương tự sử dụng công cụ Mass Properties để tính toán khối lượng cho các khâu còn lại (lựa chọn độ chính xác tính toán ở mức trung bình) ta được thông số khối lượng các khâu như sau: $m_1 = 0,518\text{kg}$, $m_2 = 0,954\text{kg}$, $m_3 = 0,439\text{kg}$.

Chú ý: Xem như khối lượng của khâu tập trung ở trung điểm của khâu (để thuận lợi cho việc xác định lực và tính momen).

3.5 Tính momen và chọn động cơ

Để cánh tay có thể hoạt động hiệu quả và đáp ứng được yêu cầu làm việc cần đảm bảo các yêu cầu sau.

Yêu cầu đặt ra:

- Tốc độ góc lớn nhất của khâu đạt được là $120^0/\text{s}$ hoặc $n = 20\text{rpm}$.
- Gắp được vật có khối lượng tối đa : $0,25\text{kg}$.
- Gia tốc khi di chuyển: $\gamma = 300^0/\text{s}^2 = 5,236\text{rad/s}^2$

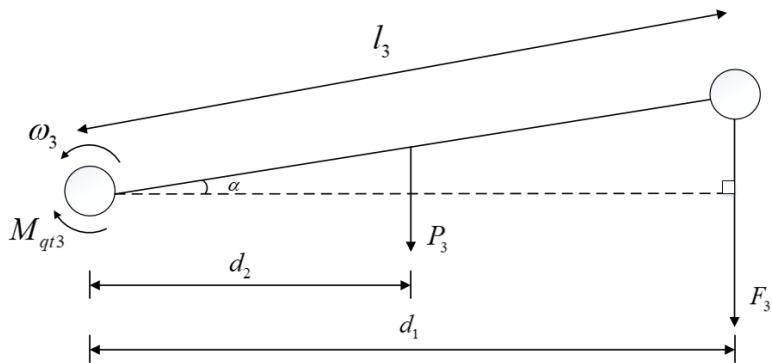
- Thời gian tăng tốc và giảm tốc: $t = \frac{120}{300} = 0,4\text{s}$.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.5.1 Tính momen và chọn động cơ tại các khớp quay

Phân tích các lực tác dụng lên khâu thứ 3 (giả sử khâu đang tăng tốc với gia tốc tối đa là $\gamma = 5,236 \text{ rad/s}^2$), tìm vị trí momen tác dụng lớn nhất lên trực động cơ.

Cô định khâu 2 và cho khâu 3 quay, sơ đồ phân tích lực tác dụng lên khâu 3 được trình bày như hình 3.6



Hình 3.6. Phân tích lực tác dụng lên khâu 3.

Tổng momen tác dụng lên khâu 3 là:

$$M = M_{qt3} + M_{P_3} + M_{F_3} = I_3\gamma + P_3 \cdot d_2 + F_3 \cdot d_1 = I_3\gamma + P_3 \cdot \frac{l_3}{2} \cdot \cos \alpha + F_3 \cdot l_3 \cdot \cos \alpha$$

(3.1)

Trong đó:

$\cos \alpha$: góc hợp bởi khâu 3 và phương ngang, có giá trị thay đổi theo góc quay của khâu 3.

M_{qt3} : momen quán tính tác dụng lên trực động cơ khâu 3.

M_{P_3} : momen do trọng lực gây ra, tác dụng tại trực động cơ khâu 3.

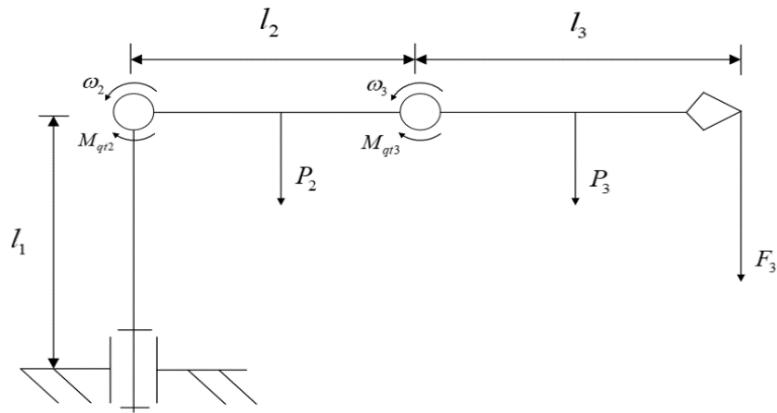
M_{F_3} : momen do tải tác dụng lên khâu 3.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Từ (3.1), momen tác dụng lên khớp của khâu 3 lớn nhất $\Leftrightarrow \cos \alpha$ lớn nhất, nghĩa là khi $\cos \alpha = 1 \Leftrightarrow \alpha = 0^\circ$. Đó cũng là lúc momen quán tính lớn nhất quanh tâm quay của động cơ 1 là tại vị trí robot ở tầm với cực đại theo phương ngang.

Tương tự, ta tìm được vị trí khâu 2 gây nên momen lớn nhất trên khớp 2 và vị trí khâu 1 gây nên momen lớn nhất trên khớp 1.

Vị trí khâu 2 gây momen lớn nhất trên khớp 2:

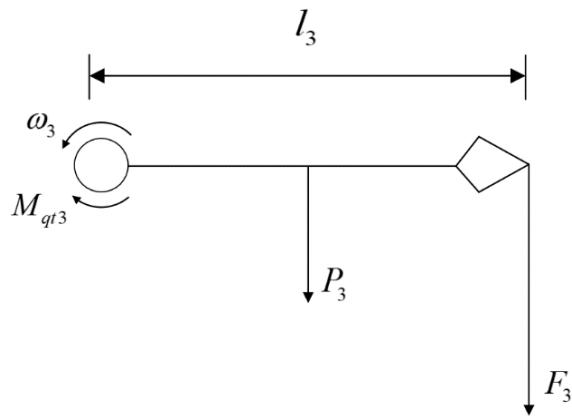


Hình 3.7. Vị trí các khớp của robot chịu momen lớn nhất.

\Rightarrow Đây là vị trí cơ sở để tính toán chọn động cơ cho cánh tay robot.

3.5.2 Tính momen chọn động cơ tại các khâu:

Khâu 3



Hình 3.8. Momen tác dụng lên trực động cơ khớp 3.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

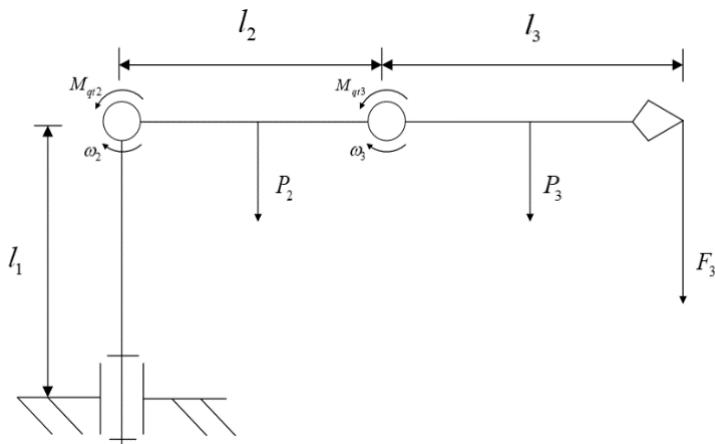
Theo [25], momen quán tính của thanh thẳng đồng chất, chiều dài 1, khối lượng m, trục quay ở đầu thanh được tính như sau:

$$I_{3/3} = m_3 \cdot \frac{l^2}{3} = 0,439 \cdot \frac{0,16^2}{3} = 3,75 \cdot 10^{-3} (\text{kg.m}^2). \quad (3.2)$$

Momen do tải gây ra trên khâu 3:

$$\begin{aligned} M_{F3} &= I_{3/3} \cdot \gamma + P_3 \cdot \frac{l_3}{2} + F_3 \cdot l_3 \\ &= 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 3.14 + 0,439 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,16}{2} + 0,25 \cdot 9,81 \cdot 0,16 = 0,75 \text{Nm} \\ \Rightarrow &\text{Công suất động cơ cần thiết: } P_3 = \omega_3 \cdot M_3 = 3,14 \cdot 0,75 = 2,36 \text{W}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Khâu 2



Hình 3.9. Momen tác dụng lên trực động cơ 2.

Momen quán tính khâu 2: $I_2 = I_{2/2} + I_{3/2}$ (3.4)

Trong đó $I_{2/2}, I_{3/2}$ là momen quán tính của khâu 2,3 khi quay quanh trục khớp 2.

Ta có:

$$I_{2/2} = m_2 \cdot \frac{l_2^2}{3} = 0,954 \cdot \frac{0,19^2}{3} = 0,01 (\text{kg.m}^2).$$

$$I_{3/2} = I_3 + m_3 \cdot r^2 = m_3 \cdot \frac{l_3^2}{12} + m_3 \cdot (l_2 + \frac{l_3}{2})^2 \quad (3.5)$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

$$= 0,439 \cdot \frac{0,16^2}{12} + 0,439 \cdot (0,19 + \frac{0,16}{2})^2 = 0,03(\text{kg.m}^2).$$

Trong đó:

+ I_3 là momen tại tâm của khâu 3.

+ r là khoảng cách từ tâm khâu 3 đến trục quay.

$$\text{Suy ra: } I_2 = I_{2/2} + I_{3/2} = 0,01 + 0,03 = 0,04(\text{kg.m}^2). \quad (3.6)$$

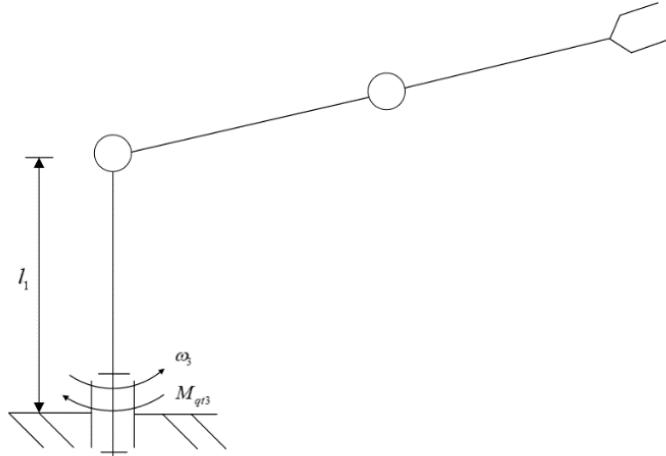
Momen tổng tác dụng lên khớp trục động cơ khâu 2:

$$M_2 = I_2\gamma + P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_3 \cdot (l_2 + \frac{l_3}{2}) + F_3 \cdot (l_2 + l_3) \quad (3.7)$$

$$= 0,04 \cdot 3,14 + 0,954 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,19}{2} + 0,439 \cdot 9,81 \cdot (0,16 + \frac{0,19}{2}) + 0,25 \cdot 9,81 \cdot (0,19 + 0,16) \\ = 2,97 \text{Nm.}$$

$$\Rightarrow \text{Công suất cần thiết của động cơ: } P_{ct2} = \omega_2 \cdot M_2 = 3,14 \cdot 2,97 = 9,33 \text{W}.$$

Khâu 1



Hình 3.10. Momen tác dụng lên trục động cơ tại khâu 1.

$$\text{Momen quán tính: } I_1 = I_{1/1} + I_{2/1} + I_{3/1} \quad (3.8)$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Momen quán tính của khâu 1 đối với trục quay khớp 1:

$$I_{1/1} = m_1 \frac{r^2}{2} = 0,518 \cdot \frac{\left(\frac{0,17}{2}\right)^2}{2} = 1,87 \cdot 10^{-3} (\text{kg} \cdot \text{m}^2).$$

Momen quán tính của khâu 2 quanh trục khớp 1:

$$I_{2/1} = m_2 \cdot \frac{l_2^2}{3} = 0,954 \cdot \frac{0,19^2}{3} = 0,011 (\text{kg} \cdot \text{m}^2).$$

Momen quán tính của khâu 3 quanh trục khớp 1:

$$\begin{aligned} I_{3/1} &= I_3 + m_3 \cdot r^2 = m_3 \cdot \frac{l_3^2}{12} + m_3 \left(l_2 + \frac{l_3}{2}\right)^2 \\ &= 0,439 \cdot \frac{0,16^2}{12} + 0,439 \cdot \left(0,19 + \frac{0,16}{2}\right)^2 = 0,033 (\text{kg} \cdot \text{m}^2). \end{aligned}$$

Trong đó I_3 là momen quán tính tại tâm khâu 3, r là khoảng cách từ tâm khâu 3 đến trục quay.

$$\text{Vậy ta có : } I_1 = I_{1/1} + I_{2/1} + I_{3/1} = 1,87 \cdot 10^{-3} + 0,011 + 0,033 = 0,046 (\text{kg} \cdot \text{m}^2).$$

Momen tải trên trục động cơ 1:

$$M_1 = I_1 \gamma = 0,046 \cdot 3,14 = 0,144 \text{ Nm}$$

Công suất động cơ 1: $P_{ct1} = \omega_1 \cdot M_1 = 0,144 \cdot 3,14 = 0,45 \text{ W}$

3.5.3 Lựa chọn động cơ:

Ta có công suất các động cơ tại các khớp như sau:

$$P_{ct1} = 0,45 \text{ W}, P_{ct2} = 9,33 \text{ W}, P_{ct3} = 2,36 \text{ W}.$$

$$\Rightarrow \text{Công suất cần thiết ở mỗi trục động cơ } P_{dc} = k \cdot P_{ct \max} = 1,5 \cdot 9,33 = 14 \text{ W}.$$

Momen tải ở các khớp: $M_1 = 0,144 \text{ Nm}$; $M_2 = 2,97 \text{ Nm}$; $M_3 = 0,75 \text{ Nm}$.

$$\Rightarrow \text{Momen cần thiết của động cơ } M_{dc} = k \cdot M_{ct \max} = 1,5 \cdot 2,97 = 4,46 \text{ W}$$

(trong đó : $k = 1,5$ là hệ số an toàn của động cơ chọn theo tài liệu [6]).

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Số vòng quay của trục động cơ đáp ứng yêu cầu: $n_{ct} = 30$ vòng/phút.

Từ những yêu cầu về momen, tốc độ của động cơ, các động cơ có sẵn trên thị trường phù hợp với thiết kế, chọn động cơ RC Servo MG996R với các thông số [2]:

Điện áp hoạt động	4.8 – 7.2V
Công suất	15W
Tốc độ quay khi có tải	72rpm
Momen	11kgf.cm
Khối lượng	55g
Kích thước	40.7mm x 19.7mm x 42.9mm

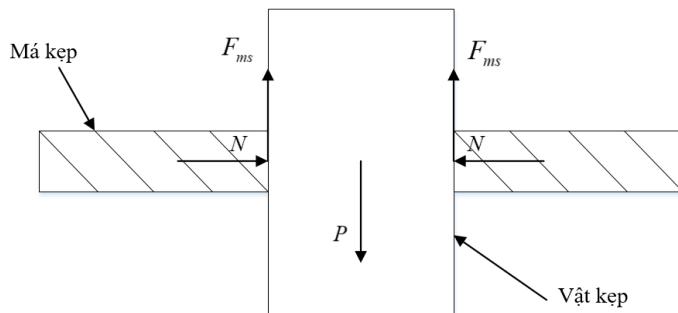
=> Động cơ MG996R đáp ứng được các yêu cầu đặt ra về công suất và momen xoắn.

3.6 Tính momen và lựa chọn động cơ tại tay gấp

Như đã trình bày trong chương lựa chọn phương án, cơ cấu kẹp được chọn là cơ cấu kẹp song song bằng 2 má kẹp, kẹp bằng sử dụng lực ma sát.

Tay gấp được thiết kế theo cơ cấu kẹp dạng song song, với một bánh răng dẫn động và một bánh răng bị động => Để dễ tính toán thiết kế và gia công lựa chọn kiểu truyền động bánh răng trụ răng thẳng ăn khớp ngoài.

3.6.1 Phân tích lực kẹp tại tay gấp



Hình 3.11. Phân tích lực kẹp tại tay gấp.

Để đảm bảo vật được giữ chắc thì lực ma sát nghỉ tại bề mặt của hai má kẹp phải lớn hơn hoặc bằng trọng lực của vật.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

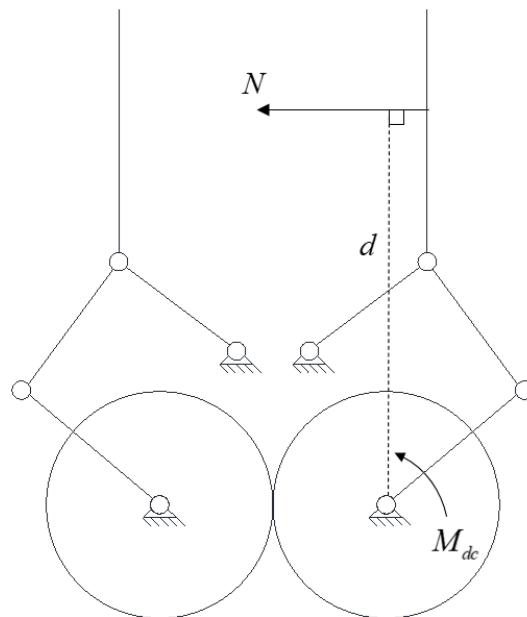
$$\text{Có nghĩa: } 2x F_{ms} \geq P \quad (3.9)$$

$$\Leftrightarrow 2.\mu.N \geq m.g$$

$$\Leftrightarrow N \geq \frac{m.g}{2.\mu} = \frac{0,25.9,81}{2.0,5} = 2,4525(N).$$

Vậy lực ma sát nghỉ phải lớn hơn 0,981N để đảm bảo vật được kẹp chặt.

Ta có sơ đồ nguyên lý tay của tay gấp:



Hình 3.12. Sơ đồ phân tích nguyên lý của tay gấp.

3.6.2 Tính toán lựa chọn động cơ truyền động tay gấp

Công thức tính momen động cơ tại tay gấp có dạng:

$$M = N.d \quad (3.10)$$

Trong đó:

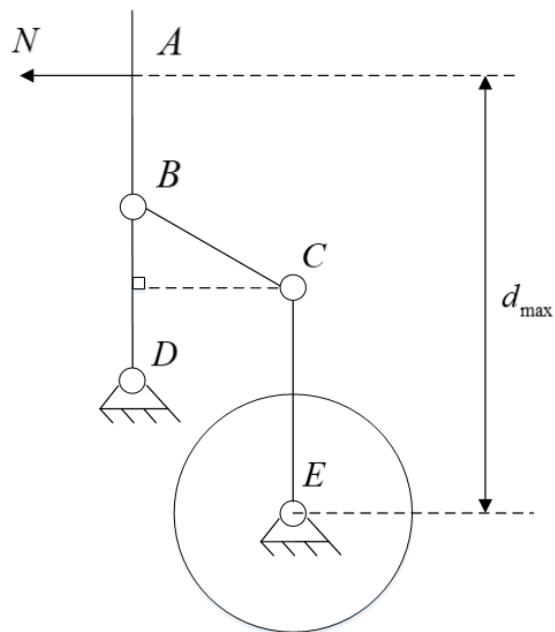
N: Là phản lực của tay gấp tác dụng lên vật.

d: Cánh tay đòn, là khoảng cách từ điểm đặt của phản lực N đến tâm quay của trục động cơ.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

=> Momen tác dụng lên trục động cơ lớn nhất khi khoảng cách d lớn nhất.

Phân tích lực bên một nửa tay gấp gắn với trục động cơ, trường hợp khoảng cách d đạt giá trị lớn nhất d_{\max} .



Hình 3.13. Vị trí momen tác dụng lớn nhất lên động cơ tay gấp.

Các thông số thiết kế:

$$BC = 22 \text{ mm}; CE = 31 \text{ mm}; \angle DBC = 23^\circ; DC = BC \cdot \sin \angle DBC = 8,6 \text{ mm}; AB = 17,5 \text{ mm}$$

Xét tam giác vuông BCD:

$$BD = BC \cdot \cos \angle DBC = 22 \cdot \cos 23^\circ = 20,25 \text{ mm}.$$

$$\Rightarrow d_{\max} = AB + BD + CE = 17,5 + 20,25 + 31 = 68,75 \text{ mm.}$$

Momen tại trục động cơ: $M = N \cdot d \geq 2,45 \cdot 0,069 = 0,169 \text{ Nm}$.

Với các thông số đã tính toán => lựa chọn động cơ RC Servo MG90S có momen xoắn vừa đủ để giữ vật và có kích thước nhỏ gọn, khối lượng nhẹ.

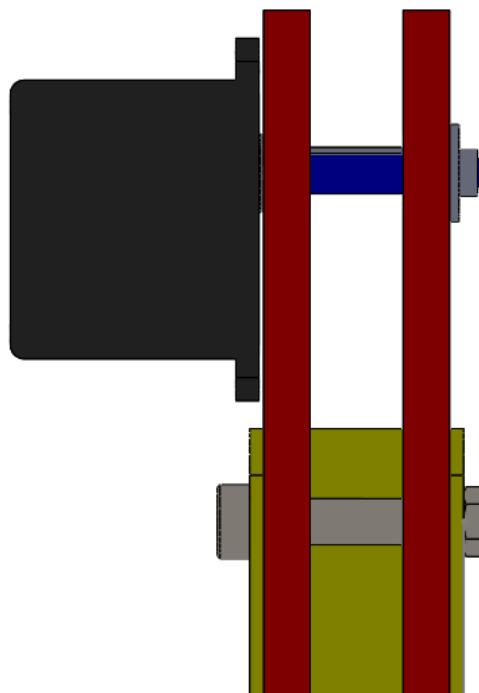
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Thông số kỹ thuật của động cơ MG90S:

Điện áp hoạt động	4.8 – 6V
Công suất	15W
Tốc độ quay khi có tải	72rpm
Momen	1.8kg/cm(4.8V), 2.2kg/cm(6V)
Khối lượng	13.4g
Kích thước	22.8mm x 12.2mm x 28.5mm

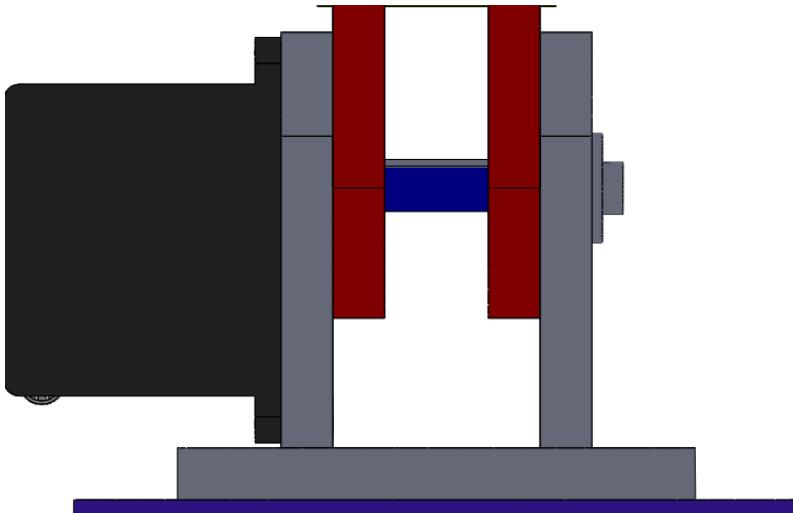
=> Động cơ đáp ứng được những yêu cầu đặt ra về công suất và momen.

3.7 Tính toán trực truyền tại các khớp



Hình 3.14. Vị trí lắp trực truyền động khuỷu 3 (trục 2).

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ



Hình 3.15. Vị trí lắp trực truyền động khớp khâu 2 (trục 1).

3.7.1 Lựa chọn vật liệu làm trực:

Với những thiết bị không cần độ chính xác cao, khả năng chịu tải thấp \Rightarrow dùng thép không gỉ ANSI 304 có ứng suất cho phép $[\tau] = 25 \text{ MPa}$.

3.7.2 Tính toán sơ bộ đường kính trực theo momen xoắn

$$\text{Công thức : } d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau]}} \quad (3.11)$$

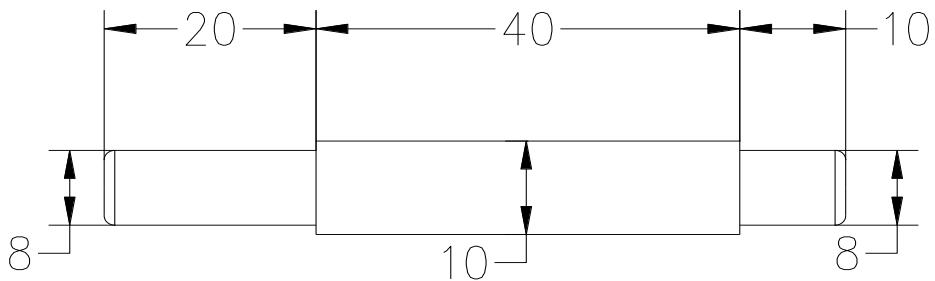
Trong đó: T là momen xoắn truyền bởi trực.

$[\tau]$ là ứng suất xoắn cho phép (MPa). Với vật liệu trực là thép ANSI 304 thì $[\tau]=25 \text{ MPa}$ (trị số nhỏ đối với trực vào của hộp giảm tốc và trị số lớn với trực ra).

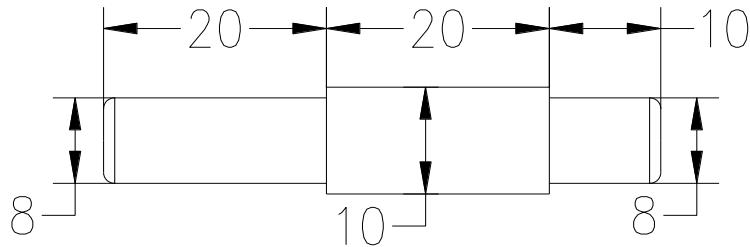
$$\Rightarrow \text{Đường kính trực sơ bộ : } d_{sb} \geq \sqrt[3]{\frac{5T}{[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{5.1,377}{25}} \approx 6.51 \text{ mm.}$$

Theo tiêu chuẩn chọn đường kính trực là 8mm tại vị trí thân trực lắp với khớp 1. Các kích thước còn lại chọn như hình 3.16 và 3.17

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ



Hình 3.16. Kích thước trục 2.



Hình 3.17. Kích thước trục 1.

Sử dụng phôi làm trục là phôi cán (đường kính dưới 150mm) [4].

3.7.3 Chọn then cho trục ở các khớp

Với đường kính trục tại vị trí truyền động là $d = 10$ mm, ta chọn then bằng ứng với đường kính trục trong khoảng [7,10] (Bảng thông số kích thước mặt cắt của then và rãnh then bằng [11]).

Tại khớp truyền động khâu 3:

Chọn then bằng với các thông số:

Chiều dài then $l = 4/5.l_{mayo} = 4/5.20 = 16$ mm.

Chiều rộng $b = 3$ mm.

Chiều cao $h = 3$ mm.

Chiều sâu trên rãnh trục: $t = 2$ mm.

Chiều sâu trên mayo: $t_1 = 1,1$ mm.

Tại khớp truyền động khâu 2:

Chọn then bằng với các thông số:

Chiều dài then $l = 4/5.l_{mayo} = 4/5.40 = 32$ mm.

Chiều rộng $b = 3$ mm.

Chiều cao $h = 3$ mm.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Chiều sâu trên rãnh trực: $t = 2 \text{ mm}$.

Chiều sâu trên mayo: $t_1 = 1,1 \text{ mm}$.

3.7.4 Kiểm nghiệm then theo độ bền dập và độ bền cắt

Ta có các thông số kiểm định:

$$\sigma_d = \frac{2T}{dl_t(h - t_1)} \leq [\sigma_d] \quad (3.12)$$

$$\tau_c = \frac{2T}{dl_t b} \leq [\tau_c] \quad (3.13)$$

Trong đó: σ_d , τ_c là ứng suất dập và ứng suất cắt tính toán (MPa);

d : đường kính trực (mm), xác định được khi tính trực;

T : momen xoắn trên trực, Nmm;

l_t , b , h , t – kích thước (mm).

$[\sigma_d]$ - ứng suất dập cho phép (MPa), trị số trong bảng 9.5 [6], với điều kiện làm việc và đập nhẹ $\Rightarrow [\sigma_d] = 100 \text{ MPa}$;

$[\tau_c]$ - ứng suất cắt cho phép (MPa), với then bằng thép 45 hoặc CT6 chịu tải trọng và đập nhẹ $[\tau_c] = 20 \dots 30 \text{ MPa}$;

Kiểm nghiệm then trực khớp khâu 3:

$$\sigma_d = \frac{2T}{dl_t(h - t_1)} = \frac{2.1,377.10^3}{10.20.(3-1,1)} = 7,24 < [\sigma_d]$$

$$\tau_c = \frac{2T}{dl_t b} = \frac{2.1,377.10^3}{10.20.3} = 4,59 < [\tau_c]$$

Tại vị trí này trực 1 thỏa mãn điều kiện bền dập và cắt.

Kiểm nghiệm then trực khớp khâu 2:

$$\sigma_d = \frac{2T}{dl_t(h - t_1)} = \frac{2.1,377.10^3}{10.40.(3-1,1)} = 3,62 < [\sigma_d]$$

$$\tau_c = \frac{2T}{dl_t b} = \frac{2.1,377.10^3}{10.40.3} = 2,30 < [\tau_c]$$

Tại vị trí này trực 2 thỏa mãn điều kiện bền dập và cắt.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

3.8 Tính toán sơ bộ lựa chọn ổ lăn đỡ trực tại các khớp:

Do các trục không lắp bánh răng. Ổ lăn ở đây có nhiệm vụ đỡ trực và truyền động momen xoay từ động cơ đến khâu quay. Có 2 loại ổ thường được sử dụng là ổ lăn và ổ trượt.

Theo yêu cầu khả năng đáp ứng về tải không quá cao, ít chịu va đập cùng với tính thuận tiện trong tháo lắp và thay thế \Rightarrow Lựa chọn ổ lăn.

3.8.1 Chọn loại ổ lăn:

Đường kính ổ lăn: $d_{ol} = 8\text{mm}$.

Điều kiện làm việc của tay máy:

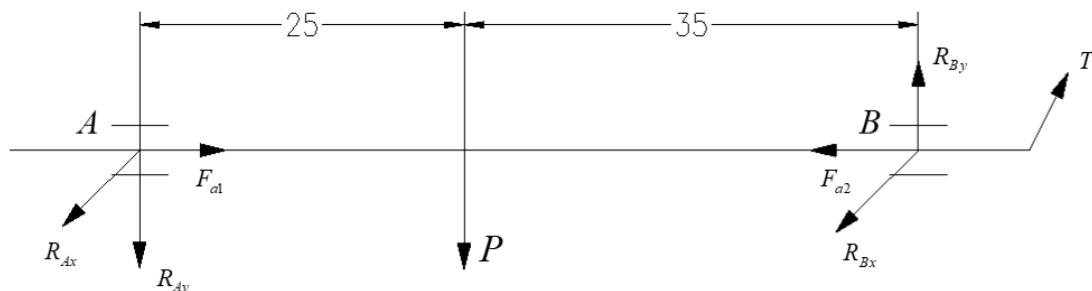
- Chỉ làm việc khi có nhu cầu nên cường độ làm việc tương đối, không liên tục.
- Không yêu cầu độ chính xác quá cao nhưng phải đáp ứng được độ cứng vững và chính xác tương đối trong việc gấp và thả vật.

\Rightarrow Dựa vào điều kiện làm việc của tay máy, lựa chọn ổ bi đỡ 1 dây có thể đảm bảo khả năng quay nhanh của trục và tiết kiệm chi phí.

3.8.2 Tính toán lực tác dụng lên ổ lăn:

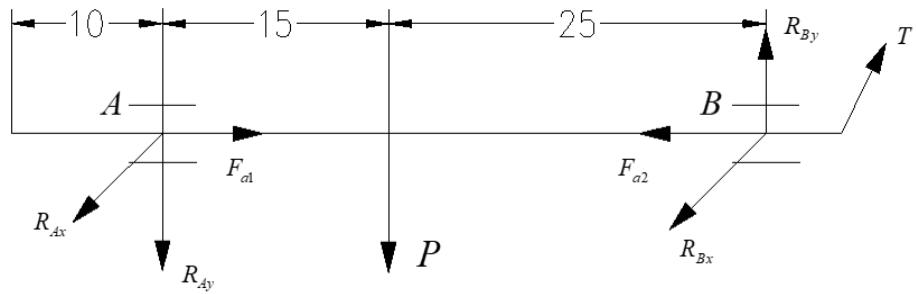
Lực tác động lên trục chủ yếu là lực tiếp tuyến và lực dọc trục, ta phân tích lực để lựa chọn ổ đỡ trực phù hợp.

Trong quá trình hoạt động trục chịu tác dụng của lực dọc trục lớn nhất bằng P khi trục hướng thẳng đứng.



Hình 3.18. Phân tích lực tác dụng lên ổ đỡ trực 2.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ



Hình 3.19. Phân tích lực tác dụng lên ô đõ trục 1.

Lực vòng do trực động cơ tác dụng:

$$F_t = \frac{2T}{d_m} = \frac{2 \cdot 1,377}{7 \cdot 10^{-3}} = 393,43 \text{ N.} \quad (3.14)$$

Lực dọc trục do trực động cơ tác dụng rất nhỏ (do được lắp ghép bằng mối ghép ren vít) nên ta chỉ xét đến lực vòng tác dụng lên trục.

Trục 1:

Trọng lực tác dụng lên trọng tâm trục O có giá trị bằng tổng trọng lực của khâu 3 và khâu 2:

$$P_1 = P_2 + P_3 = (0,954 + 0,439) \cdot 9,81 = 13,67 \text{ N.}$$

Trong mặt phẳng yOz, ta có phương trình cân bằng momen: $M_{x/A} = 0$

$$\Rightarrow R_{By} \cdot (25+15) = F_t \cdot 15$$

$$\Rightarrow R_{By} = 147,54 \text{ N}$$

Phương trình cân bằng lực theo trục Y:

$$R_{By} = R_{Ay} + P_1$$

$$\Rightarrow R_{Ay} = R_{By} - P_1 = 147,54 - 13,67 = 133,87 \text{ N}$$

Trong mặt phẳng xOz, ta có phương trình cân bằng momen: $M_{y/A} = 0$

$$\Rightarrow R_{Bx} \cdot (25 + 15) = F_t \cdot (25+15+10)$$

$$\Rightarrow R_{Bx} = 491,79 \text{ N}$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Phương trình cân bằng lực theo trục X:

$$R_{Ax} + R_{Bx} = F_t \Rightarrow R_{Ax} = F_t - R_{Bx} = 393,43 - 491,79 = 98,36 \text{ N.}$$

Lực hướng tâm:

$$\text{Tại A: } F_{rA} = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = 166,12 \text{ N.}$$

$$\text{Tại B: } F_{rB} = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = 513,44 \text{ N.}$$

Tải trọng quy ước:

$$Q = (XVF_r + YF_a)K_\sigma K_t = (1.1.513,44 + 0).1,3.1 = 667,472 \text{ N.} \quad (3.15)$$

Trong đó: V=1 do vòng trong quay.

Các giá trị X, Y, K_σ, K_t tra trong bảng 11.2 và 11.3 tài liệu [5].

- Thời gian làm việc tính theo triệu vòng quay: cho L = 100 triệu vòng.

- Khả năng tải động tính toán:

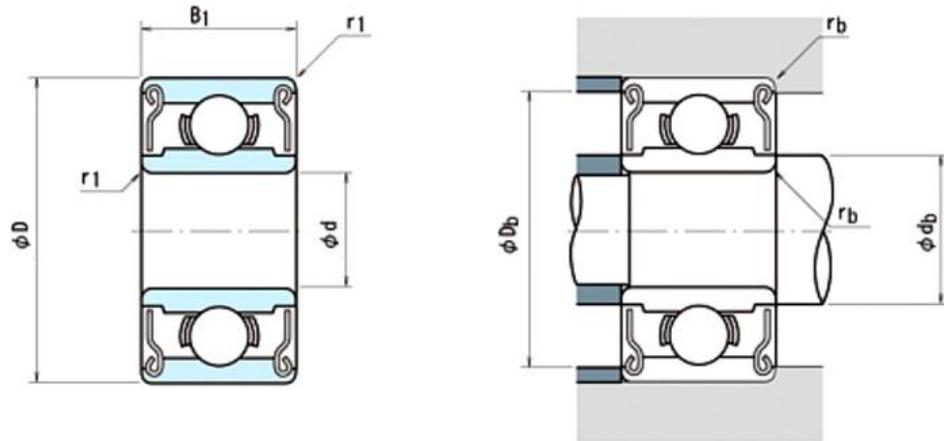
$$C_t = Q \sqrt[3]{L} = 667,47 \cdot \sqrt[3]{100} = 3098,12 \text{ N} \quad (3.16)$$

Với các thông số đã tính toán, lựa chọn ổ bi đỡ cỡ siêu nhẹ có mã hiệu là NSK – 628ZZ , C = 3300N , C₀ = 1370N.

Bảng 3.4. Thông số ổ bi đỡ cỡ siêu nhẹ có mã hiệu là NSK - 628ZZ

d	D	B	B _r	r	r ₁	C _r (N)	C _{0r} (N)
8	22	7	7	0,3	0,3	3300	1370

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ



Hình 3.20. Kích thước ổ bi đỡ 1 dãy NSK – 628ZZ.

3.9 Tính toán lựa chọn khớp nối trục động cơ

- Chọn loại nối trục: Nối trục ống đòn hồi.

Với momen của trục động cơ là 1,377Nm và đường kính trục động cơ $d_{dc}=7\text{mm}$.

Momen xoắn tính toán T_t xác định theo công thức để chọn kích thước khớp nối:

$$T_t = k \cdot T \leq [T] \quad (3.17)$$

Trong đó:

- T : momen xoắn danh nghĩa.

- k : hệ số chế độ làm việc, phụ thuộc vào loại máy công tác, cho trong bảng 16-1 [7].

Với chế độ làm việc của cánh tay robot công tác \Rightarrow lựa chọn hệ số chế độ làm việc $k=1,5$.

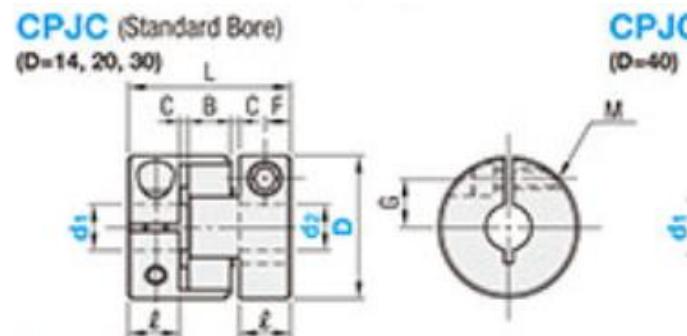
$$\Rightarrow T_t = 1,5 \cdot 1,377 = 2,066\text{N}$$

Theo momen xoắn tính toán $T=2,066\text{Nm}$ và đường kính trục là 8mm, theo [10] ta chọn nối trục ống đòn hồi mã hiệu CPJC20-BL-8 của hãng Misumi có kích thước cơ bản theo bảng 3.3

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ CƠ KHÍ

Bảng 3.5. Thông số nối trực ống đàn hồi Misumi CPJC20 – BL – 8.

Loại	D	d_1, d_2 ($d_1 \leq d_2$)	L	ℓ	B	C	F	G	Vít sử dụng
CPJC	20	8	30	10	8	1	5	6.5	M2

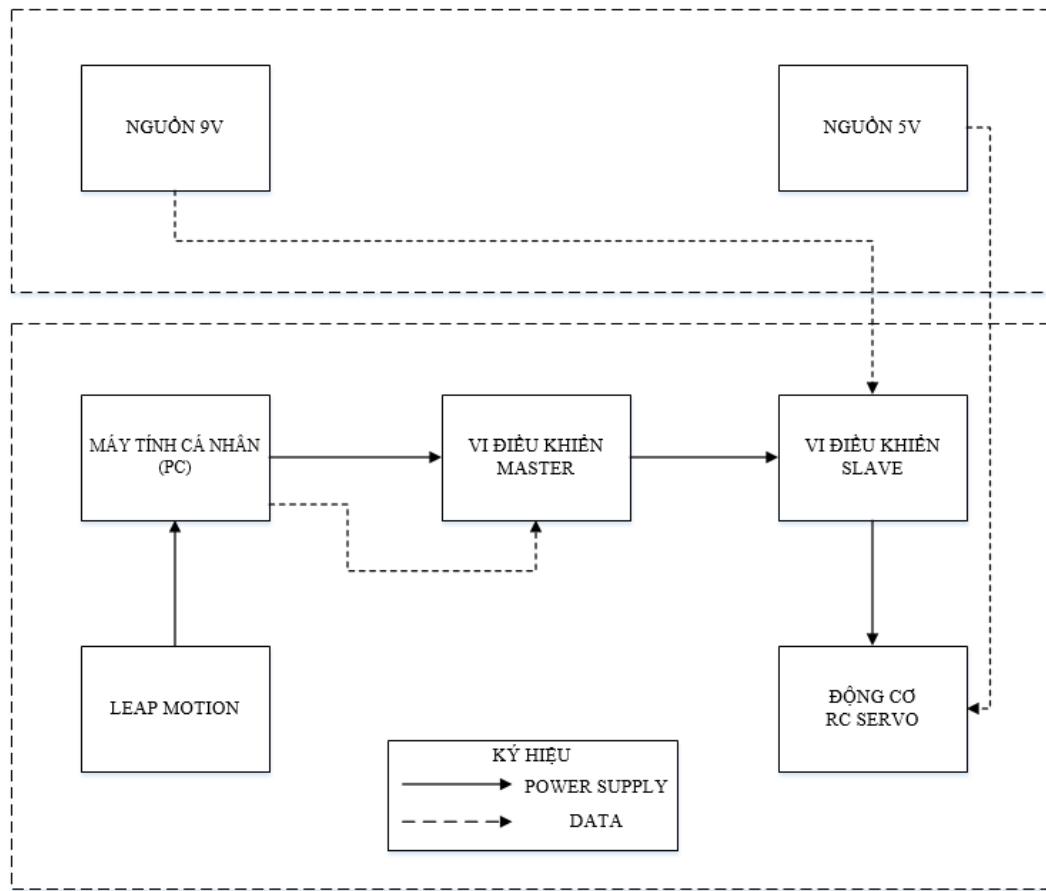


Hình 3.21. Kích thước khớp nối ống đàn hồi Misumi CPJC20-BL

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

4.1 Sơ đồ khái của hệ thống:



Hình 4.1. Sơ đồ khái của hệ thống điện.

4.2 Lựa chọn vi điều khiển

Môi trường vận hành của hệ thống là các phòng thí nghiệm và các ứng dụng dân dụng nên không yêu cầu khắt khe theo tiêu chuẩn công nghiệp nhưng phải đáp ứng các yêu cầu cơ bản sau:

- Có khả năng giao tiếp và nhận tín hiệu từ máy tính thông qua kết nối Serial.
- Có khả năng kết nối và giao tiếp với mạch tạo sóng RF.
- Thời gian truyền nhận thông tin xử lý tín hiệu nhanh chóng.

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

- Có chức năng xuất xung PWM để điều khiển động cơ RC Servo.
- Có các chuẩn giao tiếp có dây thông dụng như: RS232, RS495, I2C, ...
- Có tối thiểu 2 bộ Timer.

Ta chọn vi điều khiển Arduino UNO đáp ứng đầy đủ các tiêu chí trên. Có thể sử dụng để làm cả Master và Slave.

=> Lựa chọn vi điều khiển Arduino UNO R3 với các đặc tính kỹ thuật:

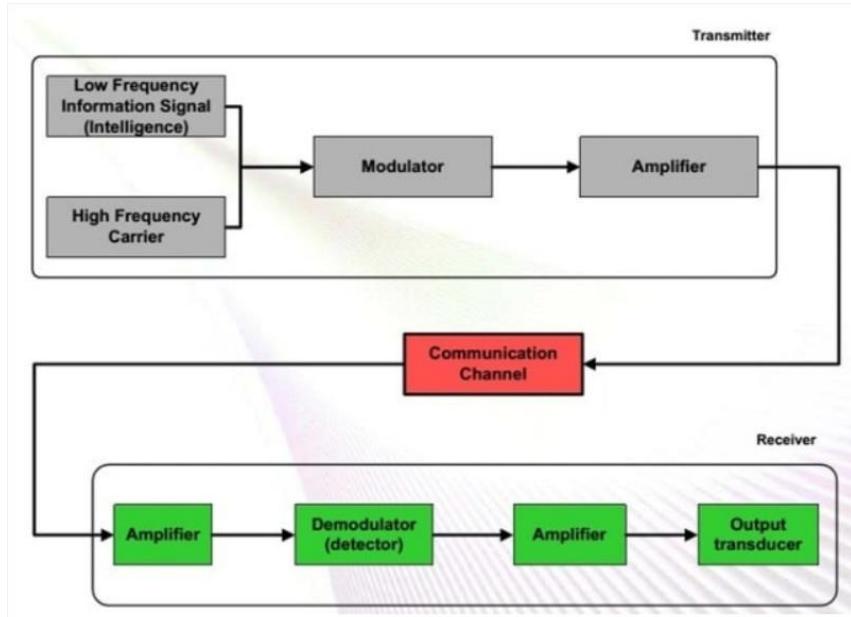
- Có module giao tiếp Serial. Có hầu hết các giao tiếp thông dụng như SPI, I2C, ...
- Chip xử lý: Atmega328P, hoạt động ở tần số 16MHz
- Tốc độ xử lý đạt được thấp nhất là 8 MIPS.
- Cung cấp 3 bộ timer (2 bộ 8bit và một bộ 16bit), có bộ cấp xung PWM.

4.3 Lựa chọn mạch truyền phát sóng RF

Chuẩn truyền RF (Radio Frequency) là chuẩn truyền được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong các ứng dụng dân dụng, hầu hết các vi điều khiển hiện đại hỗ trợ việc truyền nhận các tín hiệu qua sóng RF thông qua module chuyên biệt.

Sơ đồ khối của một bộ phát thu RF điển hình được biểu diễn như hình 4.6 dưới đây:

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN



Hình 4.2. Sơ đồ khái niệm của hệ thu phát sóng RF điện hình.

Hai thành phần chính trong sơ đồ này là khối phát (transmitter), là khối phát đi tín hiệu RF và khối thu (Receiver) thu lại một phần tín hiệu RF. Khối phát truyền tín hiệu tới khối thu thông qua một kênh sóng vô tuyến (communication channel) trong không gian.

Để thuận lợi nghiên cứu và thực nghiệm trong phạm vi đề tài => lựa chọn chuẩn truyền sóng RF 433MHz để truyền tín hiệu giữa Master và Slave. Đây là tần số truyền RF được sử dụng phổ biến để truyền thông tin trong không khí và truyền khoảng cách tối đa có thể lên đến 100m (nếu sử dụng anten chuyên dụng).

4.4 Lựa chọn kiểu truyền nhận sóng RF

Có 3 kiểu truyền nhận RF phổ biến, các chế độ truyền xác định hướng của luồng tín hiệu giữa hai thiết bị được kết nối:

- Simplex: đơn công (vd: remote điều khiển từ xa).
- Half - duplex: bán song công (vd: bộ đàm, tại một thời điểm chỉ có một máy phát và một máy thu).
- Full – duplex: song công (vd: máy điện thoại, vừa phát vừa thu hoặc chỉ để phát hay thu).

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Bảng 4.1. So sánh các chế độ truyền nhận RF

Tiêu chí so sánh	Simplex	Half Duplex	Full Duplex
Hướng truyền tín hiệu	Đơn hướng	Hai chiều, mỗi lần truyền theo một hướng nhất định	Hai chiều, có thể truyền đồng thời theo hai hướng
Gửi/nhận tín hiệu	Bên gửi chỉ có thể gửi dữ liệu	Bên gửi có thể gửi và nhận dữ liệu, nhưng chỉ thực hiện được một hành động vào một thời điểm	Bên gửi có thể gửi và nhận dữ liệu cùng một lúc
Hiệu suất truyền nhận	Hiệu suất truyền nhận thấp nhất nhưng vẫn đáp ứng khoảng cách không quá xa (khoảng vài trăm mét).	Tốt hơn chế độ Simplex	Chế độ truyền nhận tốt nhất với các băng thông đa dạng
Chi phí	Thấp nhất, dễ tiếp cận nhất	Cao hơn simplex	Cao nhất
Độ phức tạp	Dễ tiếp cận nhất	Cao hơn simplex	Phức tạp nhất

Yêu cầu truyền nhận:

- Hình thức điều khiển là Master – Slave, kết quả hoạt động của hệ thống là sự thay đổi vị trí của cánh tay robot trong không gian được quan sát bên ngoài.

- Khoảng cách truyền nhận trong tầm khoảng ≤ 30 m (Khoảng cách tối ưu để quan sát rõ quá trình hoạt động của robot trong tầm mắt người).

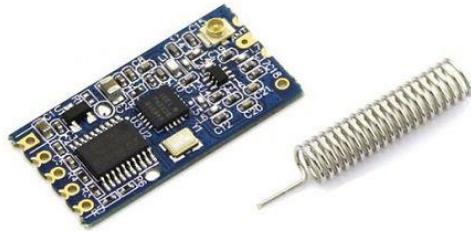
=> Để đáp ứng các yêu cầu trên, lựa chọn kiểu truyền nhận Simplex (đơn hướng) làm kiểu truyền nhận dữ liệu giữa Master và Slave.

4.5 Lựa chọn mạch truyền phát sóng RF

Các module thu phát RF thông dụng:

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Mạch thu phát RF UART SI4463:



Hình 4.3. Mạch thu phát RF SI4463.

Mạch sử dụng giao thức giao tiếp bằng UART với khoảng cách xa.

Thông số kỹ thuật của mạch thu phát RF SI4463 được thể hiện trong bảng 4.2

Bảng 4.2. Thông số kỹ thuật mạch thu phát RF SI4463.

Điện áp hoạt động	3,2 – 5,5VDC
Tần số hoạt động	433,4 – 473,0MHz
Khoảng cách truyền nhận trung bình	600 m
Khoảng cách truyền nhận tối đa	1000 m
Tốc độ truyền nhận (môi trường mở)	5000bps

Mạch thu phát RF Xbee:

Các mạch thu phát Xbee là các module truyền thông dựa trên tiêu chuẩn Zigbee.

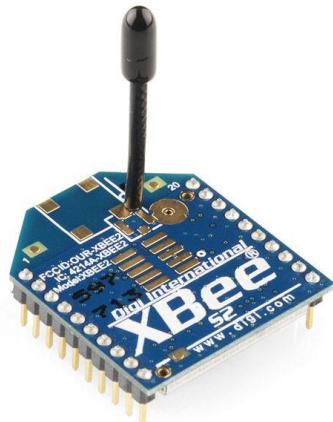
Zigbee là một tiêu chuẩn mở toàn cầu cho công nghệ không dây, được thiết kế để sử dụng tín hiệu vô tuyến kỹ thuật số năng lượng thấp cho các mạng khu vực cá nhân – PAN (Personal Area Network). Các module Xbee được sử dụng cho các ứng dụng phạm vi mở rộng và chúng được dùng cho các ứng dụng đòi hỏi độ trễ thấp và thời gian giao tiếp có thể ước tính được [15].

Thông số kỹ thuật của modul RF Xbee:

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THÔNG ĐIỆN

Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật module thu phát RF Xbee

Điện áp hoạt động	2,6 – 3,6 VDC
Tần số hoạt động	2450 – 2480MHz
Khoảng cách truyền nhận trung bình	1000 m
Khoảng cách truyền nhận tối đa	1600 m
Tốc độ truyền nhận (môi trường mở)	5000bps



Hình 4.4. Mạch thu phát RF Xbee.

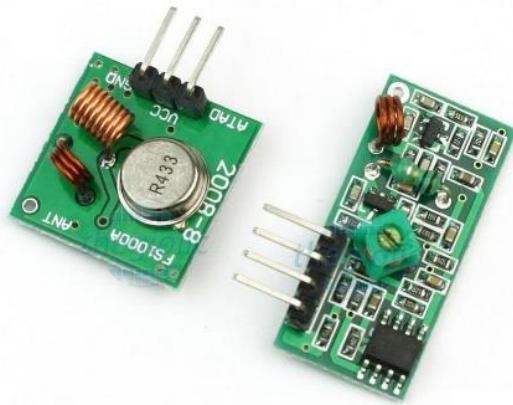
Mạch thu phát RF433:

Sử dụng chuẩn truyền UHF có tần số 433MHz đơn giản để truyền nhận dữ liệu

Bảng 4.4. Thông số module truyền nhận RF 433MHz

Khoảng cách truyền nhận	20 – 200m
Điện áp làm việc	3V – 12V
Tần số giao tiếp	315MHz hoặc 433MHz
Tốc độ truyền	10Kbps

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN



Hình 4.5. Mạch thu phát RF R433.

Với yêu cầu đầu tiên, lựa chọn modul RF433 do khoảng cách truyền nhận xa (khoảng 200m), truyền nhận ổn định và kích thước nhỏ gọn cùng với giá thành hợp lý (cân bằng giữa các tiêu chí đặt ra). Do chỉ truyền nhận góc quay cho mỗi động cơ nên tốc độ truyền nhận không yêu cầu cao. Tần số truyền nhận 433MHz của modul RF433 là hợp lý.

4.6 Thực nghiệm giao tiếp RF module RF433

Thực nghiệm truyền nhận tín hiệu qua sóng RF – điều khiển động cơ RC Servo SG90 bằng biến trở thông qua kết nối RF, thu được kết quả:

The screenshot shows two instances of the Arduino IDE running on a Windows 10 desktop. Both instances are connected to the same WiFi network (FVCV53FIEV85B86) and are monitoring port COM14 and COM13 respectively. The left window displays the following serial output:

```
7:03:34.073 -> sent: 121  
7:03:34.292 -> sent: 121  
7:03:34.492 -> sent: 120  
7:03:34.652 -> sent: 120  
7:03:34.852 -> sent: 121  
7:03:35.052 -> sent: 121  
7:03:35.269 -> sent: 120  
7:03:35.443 -> sent: 120  
7:03:35.650 -> sent: 120  
7:03:35.824 -> sent: 121  
7:03:36.032 -> sent: 121  
7:03:36.238 -> sent: 120  
7:03:36.412 -> sent: 120  
7:03:36.622 -> sent: 121  
7:03:36.795 -> sent: 121
```

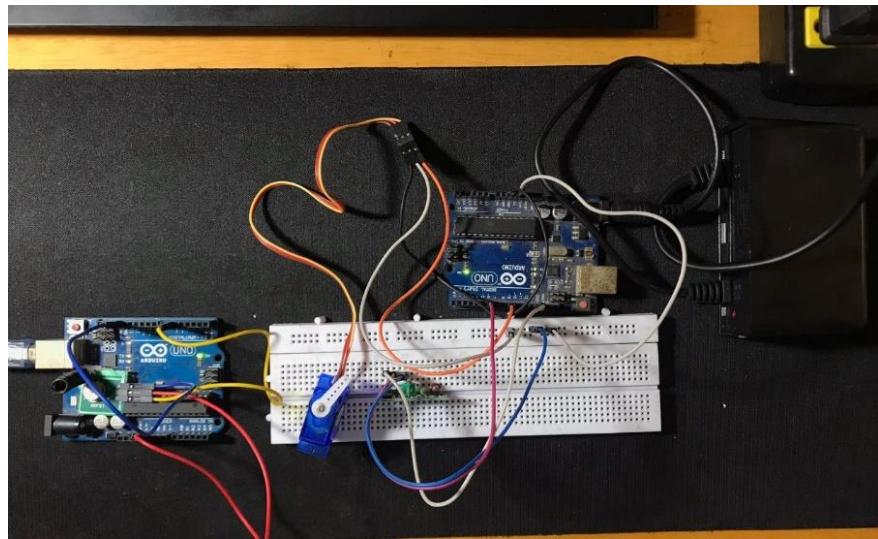
The right window displays the following serial output:

```
17:03:36.099 -> 1758  
17:03:36.099 -> 1758  
17:03:36.099 -> 1758  
17:03:36.099 -> 1758  
17:03:36.099 -> 1758  
17:03:36.933 -> 1758  
17:03:36.933 -> 1758  
17:03:36.933 -> 1758  
17:03:36.933 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758  
17:03:36.968 -> 1758
```

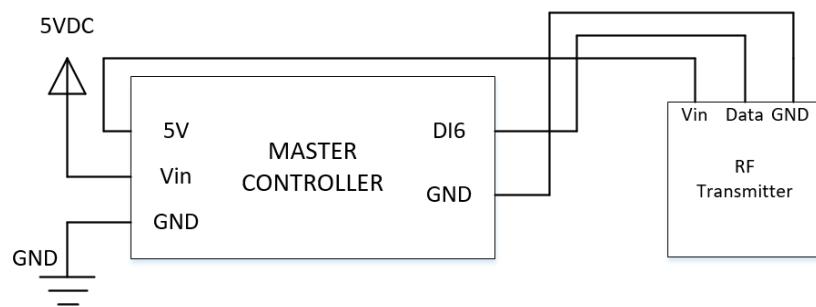
Both windows have the "Autoscroll" and "Show timestamp" checkboxes checked. The left window has "9600 baud" selected, while the right window has "115200 baud".

Hình 4.6. Thực nghiệm điều khiển động cơ Servo thông qua kết nối RF.

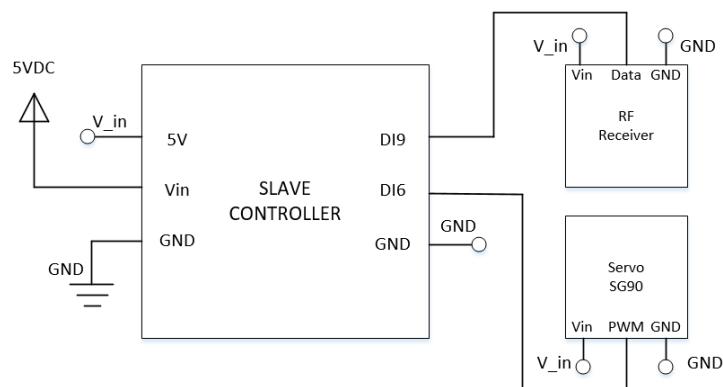
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN



Hình 4.7. Xây dựng mô hình kiểm tra truyền nhận tín hiệu của module thu phát RF.



Hình 4.8. Sơ đồ nguyên lý mạch test phát sóng RF.

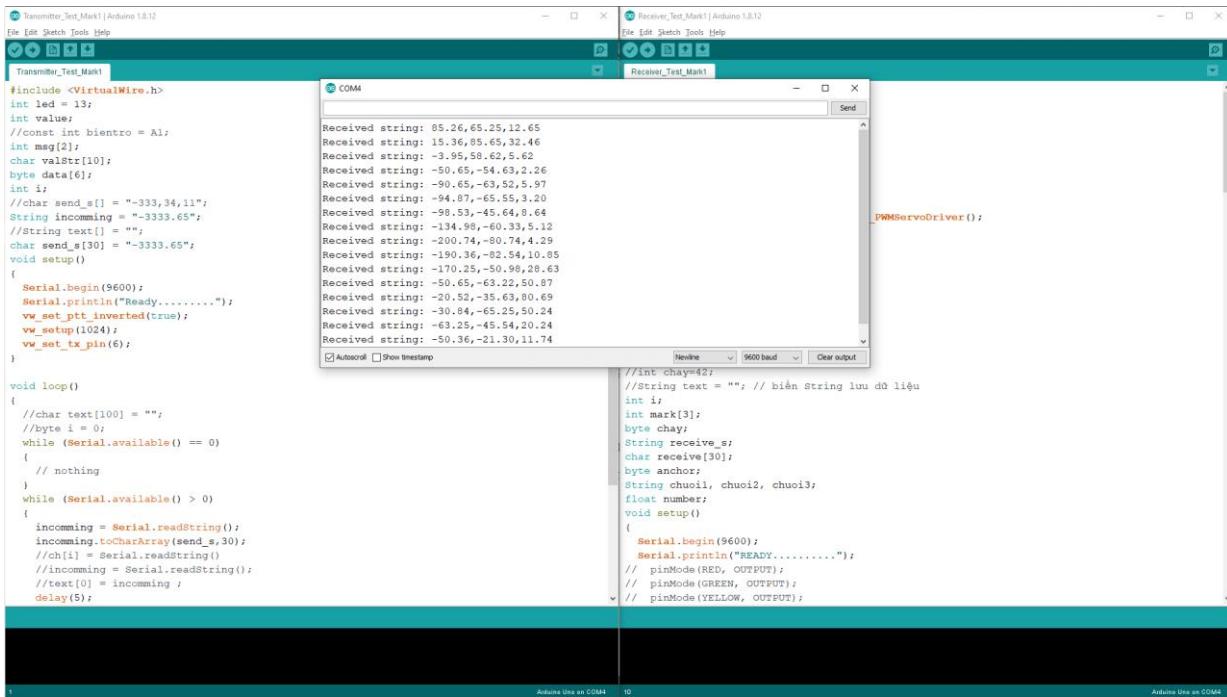


Hình 4.9. Sơ đồ nguyên lý mạch test thu sóng RF.

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

4.6.1 Thực nghiệm truyền nhận chuỗi số và xử lý chuỗi số thông qua RF:

Truyền chuỗi số tọa độ bàn tay từ Leap Motion đến vi điều khiển Slave, theo dõi tín hiệu chuỗi số nhận được qua màn hình Serial Monitor của vi điều khiển Slave với thời gian delay nhận tín hiệu là 5ms ta thu được kết quả:



Hình 4.10. Tín hiệu chuỗi số nhân được qua thu phát sóng RF.

Dựa vào thực nghiệm module ta thấy có thể giao tiếp truyền nhận một lần một mảng số nguyên hoặc một chuỗi ký tự thông qua module nhận và phát, sau đó tách chuỗi số thành các số thực bằng vi điều khiển Slave để chuyển thành góc xoay chính xác cho servo.

Thời gian lấy mẫu khi truyền nhân là $t_{\text{sample}} = 5 \text{ ms}$.

Với kiểu truyền `uint8_t` có kích thước 1 byte = 8bit, mỗi lần truyền một ký tự kiểu `char` có kích thước là 1 byte = 8bit.

Tốc độ baudrat truyền nhân lựa chọn là 9600bps.

Tốc độ truyền nhận dữ liệu thông qua giao thức UART giữa Arduino và module RF

$$\text{phát là: } t = \frac{8}{9600} \approx 0,8\text{ms}.$$

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Tốc độ truyền nhận giữa module RF phát và thu là: 10kps.

$$\Rightarrow \text{Tốc độ truyền nhận giữa 2 vi điều khiển là: } t_{\text{con}} = 0,8 + \frac{8}{10.10^3} + 5.10^{-3} = 1.6\text{ms.}$$

4.6.2 Thực nghiệm khoảng cách truyền nhận tín hiệu:

Thử nghiệm truyền nhận tín hiệu ở các khoảng cách khác nhau cho trước trong môi trường không vật cản giữa bộ phát và bộ thu, mô hình truyền nhận bao gồm module phát RF, module thu RF, vi điều khiển Master, vi điều khiển Slave và động cơ RC Servo MG996R.

Tiến hành điều khiển góc xoay của động cơ RC Servo ở các khoảng cách cho trước, ghi lại số liệu thực nghiệm:

Bảng 4.5. Thực nghiệm ảnh hưởng của khoảng cách đến hiệu quả truyền nhận tín hiệu (điều kiện không vật cản).

Khoảng cách truyền nhận (m)	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5
0-5	X	X	X	X	X
5-10	X	X	X	X	X
10-15	X	X	Y	X	X
>15	X	Y	X	O	Y

Bảng 4.6. Thực nghiệm ảnh hưởng của khoảng cách đến hiệu quả truyền nhận tín hiệu (điều kiện có vật cản).

Khoảng cách truyền nhận (m)	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5
0-5	X	X	X	X	X
5-10	X	Y	X	Y	X
10-15	X	X	Y	Y	Y
>15	X	Y	X	O	Y

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Chú thích:

- X: tín hiệu nhận được ổn định không xảy ra hiện tượng trễ hoặc mất tín hiệu tạm thời.
- Y: có xảy ra hiện tượng trễ hoặc mất tín hiệu tạm thời.
- O: hoàn toàn không nhận được tín hiệu.

Nhận xét: Module truyền nhận tín hiệu tốt trong khoảng cách từ 0-10m, ngoài khoảng cách này tín hiệu nhận được không ổn định.

4.7 Lựa chọn nguồn động lực

Bảng 4.7. Công suất cần thiết cung cấp cho các thiết bị:

Thiết bị	Số lượng	Dòng điện	Điện áp	Tổng
Động cơ MG996S	3	170mA-1400mA	5V	3200mA.5V
Động cơ SG90	1	220mA-650mA	5V	650mA.5V
Công suất cần thiết				3850mA.5V=19.25W

Từ bảng công suất cần thiết cho các thiết bị, chọn nguồn tổ ong có công suất 25W có dòng ra là 5A để cấp nguồn cho hệ thống.



Hình 4.11. Nguồn tổ ong được lựa chọn để cấp nguồn động lực cho hệ thống.

4.8 Lựa chọn nguồn điều khiển

- Nguồn cho vi điều khiển Slave:

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Điện áp cấp khuyen dùng của vi điều khiển Slave là từ 7-12V DC, dòng tiêu thụ là 30mA => Sử dụng adapter 12V-2A để cấp nguồn cho vi điều khiển Slave để đảm bảo điện áp ổn định.



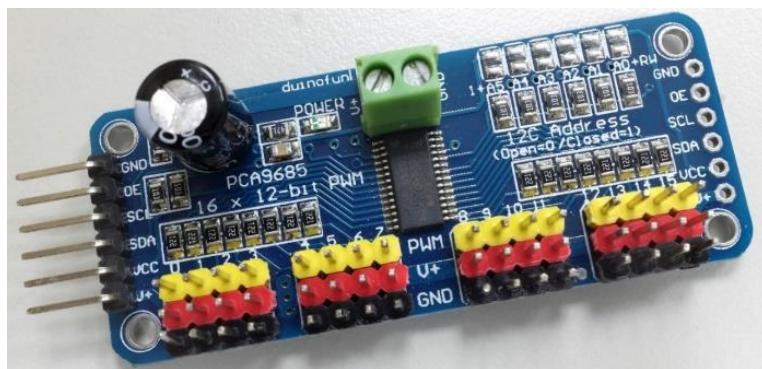
Hình 4.12. Adapter 12V – 2A được lựa chọn để cấp nguồn cho vi điều khiển Slave.

4.9 Lựa chọn driver điều khiển động cơ

Yêu cầu:

- Đủ công suất để cung cấp cho 4 động cơ RC Servo (3 động cơ MG996S ở các khớp và 1 động cơ SG90 ở tay gấp).
- Có khả năng ổn áp và ổn định dòng từ nguồn động lực để cấp cho động cơ.
- Giá thành hợp lý.

Dựa theo các yêu cầu nêu trên, lựa chọn driver điều khiển cho động cơ là PCA9685 (hình 4.6).



Hình 4.13. Driver điều khiển động cơ RC Servo PCA9685.

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

Thông số kỹ thuật của driver PCA9685

Điện áp sử dụng	Từ 3,3V đến 5V
Phương thức giao tiếp	I2C
Số kênh PWM	16 kênh
Độ phân giải PWM	12bit/ 1 ngõ ra

4.10 Kết luận

Chương này đã hoàn thành được các nhiệm vụ sau:

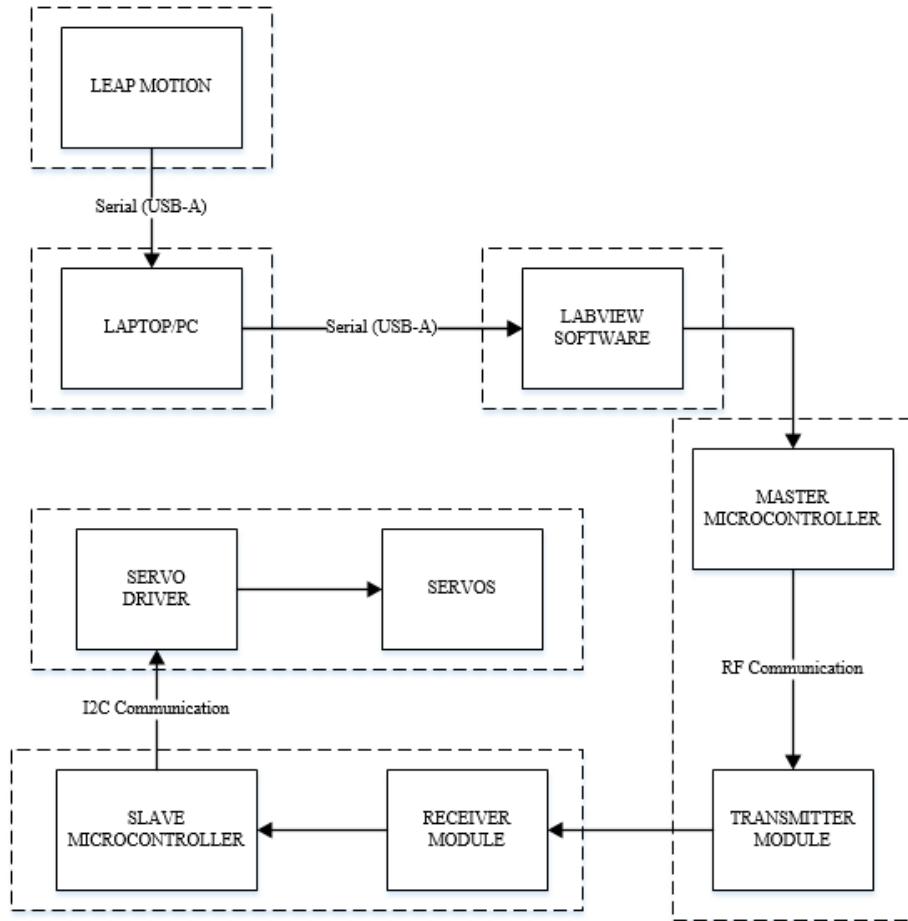
- Tìm hiểu cấu tạo, cách thức hoạt động của cảm biến và các thông số cần thiết để tiến hành làm giải thuật.

- Lựa chọn được phương thức điều khiển RF và loại hình giao tiếp truyền nhận RF.
 - Lựa chọn được các linh kiện điện – điện tử như: vi điều khiển, module thu phát RF, nguồn cấp, driver điều khiển động cơ,...
 - Kết nối và tiến hành thử nghiệm giao tiếp RF qua module với vi điều khiển Arduino và động cơ RC Servo SG90.
- => Chương 4 đã cơ bản hoàn thành phần cứng cho mô hình hệ thống. Mô hình sau khi hoàn thành sẽ thể hiện việc thực nghiệm đánh giá giải thuật ở các chương kế tiếp.

CHƯƠNG 5. GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

5.1 Sơ đồ khái niệm của hệ thống:

Để thể hiện tổng quát các thành phần của hệ thống, ta sử dụng sơ đồ khái niệm:



Hình 5.1. Sơ đồ khái niệm của hệ thống.

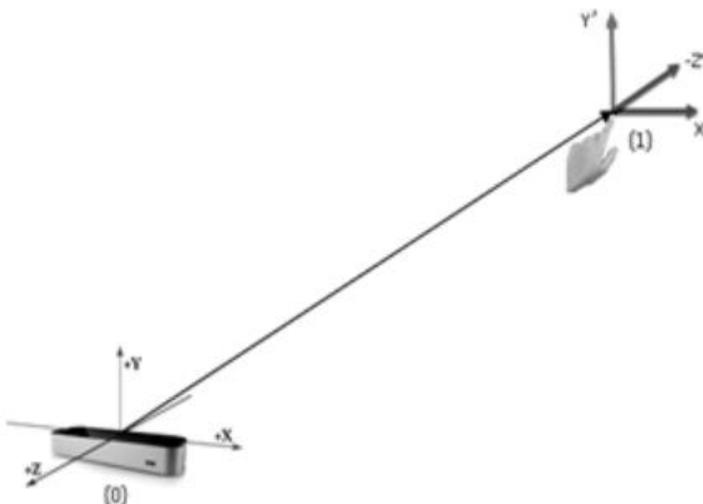
5.2 Các thông số điều khiển của Leap Motion:

Như trên hình 3.27 hệ tọa độ {0} được gắn với cảm biến Leap Motion và hệ tọa độ {1} được gắn với ngón tay. Leap Motion phát hiện vị trí, góc xoay và vận tốc của ngón tay. Leap Motion cung cấp các vector vị trí như X,Y,Z, góc xoay α , β , γ và các vector vận tốc V_x , V_y , V_z ứng với hệ trục tọa độ {0}. Để liên kết hệ tọa độ {0} và {1}, cơ bản cần một ma trận chuyển đổi đồng nhất giữa 2 tọa độ. Nếu góc xoay được cho là α , β , γ và vị trí là X,Y,Z, ma trận chuyển đổi từ {1} về {0} được biểu diễn như sau:

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

$${}^0_1 T = \begin{bmatrix} c\theta_1.c\theta_3 & s\theta_1.s\theta_2.s\theta_3 - c\theta_1.s\theta_3 & c\theta_1.s\theta_2.c\theta_3 + s\theta_1.s\theta_3 & X \\ c\theta_2.s\theta_3 & s\theta_1.s\theta_2.s\theta_3 + c\theta_1.c\theta_3 & c\theta_1.s\theta_2.s\theta_3 - s\theta_1.c\theta_3 & Y \\ -s\theta_2 & s\theta_1.c\theta_2 & c\theta_1.c\theta_2 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Ma trận (5.1) được sử dụng với ma trận động học nghịch của cánh tay robot để tìm góc xoay của khớp.



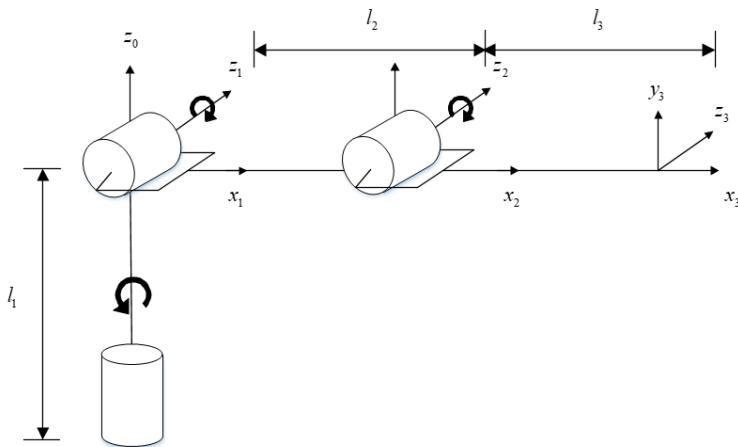
Hình 5.2. Tọa độ bàn tay và tọa độ cảm biến.

5.3 Phân tích động học cho robot

Sau khi phân tích động học thuận và động học nghịch cần kiểm tra lại bằng Matlab Simulink.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

Đặt hệ trục tọa độ cho cánh tay robot:



Hình 5.3. Hệ trục tọa độ của robot Slave.

Bảng 5.1. Thông số D-H của robot:

Khâu	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	-90°	150	θ_1
2	190	0	0	θ_2
3	150	0	0	θ_3

Ma trận chuyển đổi giữa các hệ trục tọa độ có dạng tổng quát:

$${}_{i-1}^i T = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

Từ ma trận chuyển đổi tổng quát, ta có các ma trận chuyển đổi con như sau:

$${}^0_1 T = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & 0 \\ \sin \theta_1 & 0 & -\cos \theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

$${}^1_2 T = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & l_2 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2_3 T = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & l_3 \cos \theta_3 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & l_3 \sin \theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ma trận biến đổi của hệ trục tọa độ của điểm công tác về trục tọa độ gắn với khâu gá được thể hiện qua công thức (5.2)

$${}^0_3 T = {}^0_1 T \cdot {}^1_2 T \cdot {}^2_3 T = \begin{bmatrix} c\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3) & -s(\theta_2 + \theta_3) c\theta_1 & -s\theta_1 & c\theta_1(l_3 c(\theta_2 + \theta_3) + l_2 c\theta_2) \\ s\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3) & -s(\theta_2 + \theta_3) s\theta_1 & c\theta_1 & s\theta_1(l_3 c(\theta_2 + \theta_3) + l_2 c\theta_2) \\ -s(\theta_2 + \theta_3) & -c(\theta_2 + \theta_3) & 0 & l_1 - l_2 s\theta_2 - l_3 s(\theta_2 + \theta_3) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

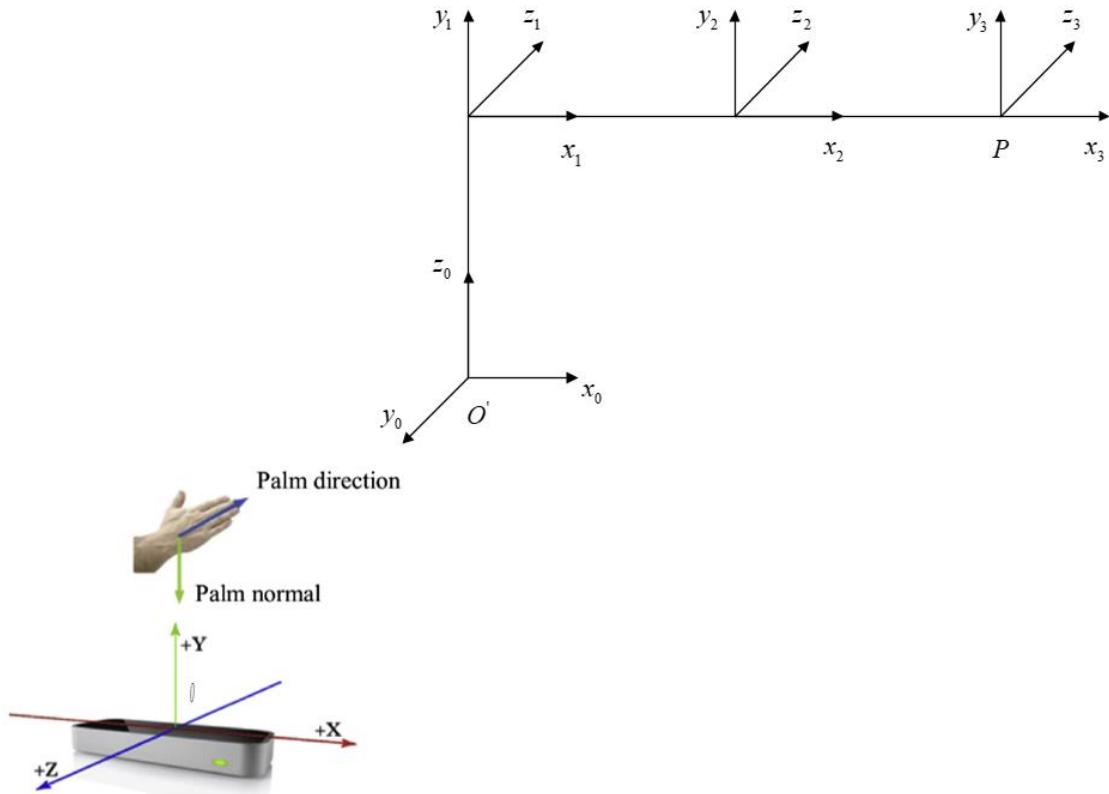
Để có thể điều khiển cánh tay robot theo đúng hệ trục tọa độ, cần tìm ma trận xoay của cánh tay robot và cảm biến:

$$P_o = {}^0_o T \cdot P_o \quad (5.4)$$

Tọa độ đầu công tác P của tay máy

$${}^0_P d = \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\theta_1(l_3 c(\theta_2 + \theta_3) + l_2 c\theta_2) \\ s\theta_1(l_3 c(\theta_2 + \theta_3) + l_2 c\theta_2) \\ l_1 - l_2 s\theta_2 - l_3 s(\theta_2 + \theta_3) \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



Hình 5.4. Tọa độ cảm biến và tọa độ cánh tay robot.

Động học nghịch cho các vị trí của robot:

Giá trị các góc θ được tính lần lượt như sau:

$$\begin{cases} \theta_1 = a \tan 2(y, x) \\ \theta_2 = a \tan 2(a, b) \pm a \tan 2(\sqrt{a^2 + b^2 - c^2}, c) \\ \theta_3 = a \tan 2(e, d) \end{cases}$$

Trong đó:

$$a = -2l_2(l_1 - Z)$$

$$b = -2l_2(X \cos \theta_1 + Y \sin \theta_1)$$

$$c = l_3^2 - (Z - l_1)^2 - l_2^2 - (X \cos \theta_1 + Y \sin \theta_1)^2$$

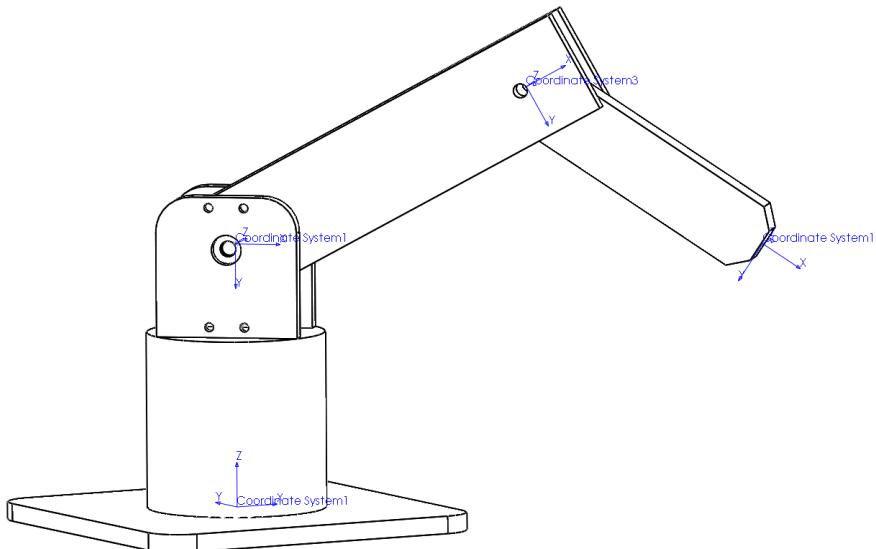
$$d = (l_1 - Z) \sin \theta_2 + (X \cos \theta_1 + Y \sin \theta_1) \cos \theta_2 - l_2$$

$$e = (l_1 - Z) \cos \theta_2 - (X \cos \theta_1 + Y \sin \theta_1) \sin \theta_2$$

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

5.4 Kiểm tra động học thuận và động học nghịch của robot bằng Matlab Simulink:

Đặt hệ trục tọa độ tại các khớp của cánh tay robot



Hình 5.5. Đặt hệ trục tọa độ cho mô hình động học cánh tay robot.

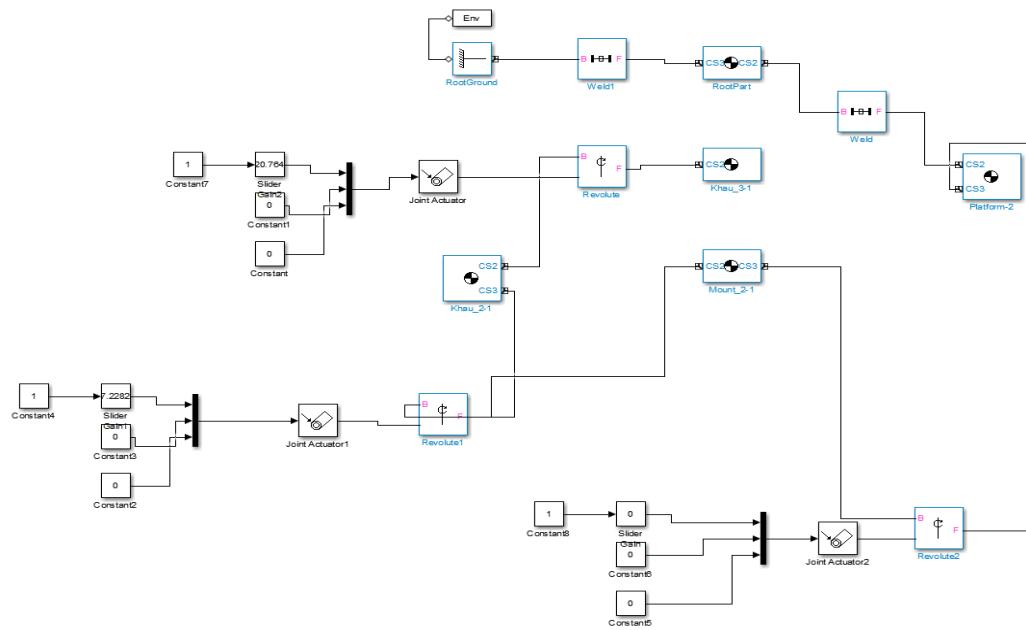
Sử dụng công cụ Matlab Simulink và Toolbox Simscape Multibody để kiểm tra động học thuận và động học nghịch cho robot

Matlab Simulink chứa thư viện chức năng rất phong phú. Nó cho phép phân tích, mô hình hóa và mô phỏng các hệ thống động tuyến tính và phi tuyến, liên tục và rời rạc một cách trực quan trong môi trường giao tiếp đồ họa, bằng các thao tác chuột đơn giản

Bộ công cụ Simscape Multibody được hỗ trợ trong Simulink cung cấp giao diện để tương tác với các đối tượng CAD thông qua các file có đuôi “.xml”, bao gồm cả các cánh tay máy. Từ đó có thể tiến hành mô phỏng động lực học của đối tượng

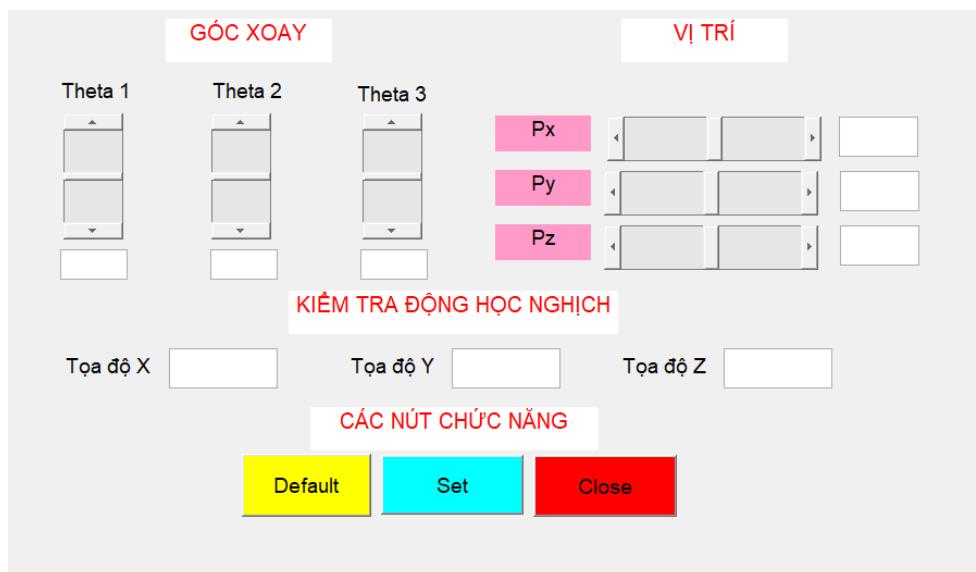
Thiết kế sơ đồ khói trong ứng dụng Matlab Simulink để điều khiển cánh tay robot:

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



Hình 5.6. Thiết kế sơ đồ khói điều khiển cánh tay robot bằng Matlab Simulink.

Thiết kế giao diện điều khiển Matlab GUI mô phỏng động học :

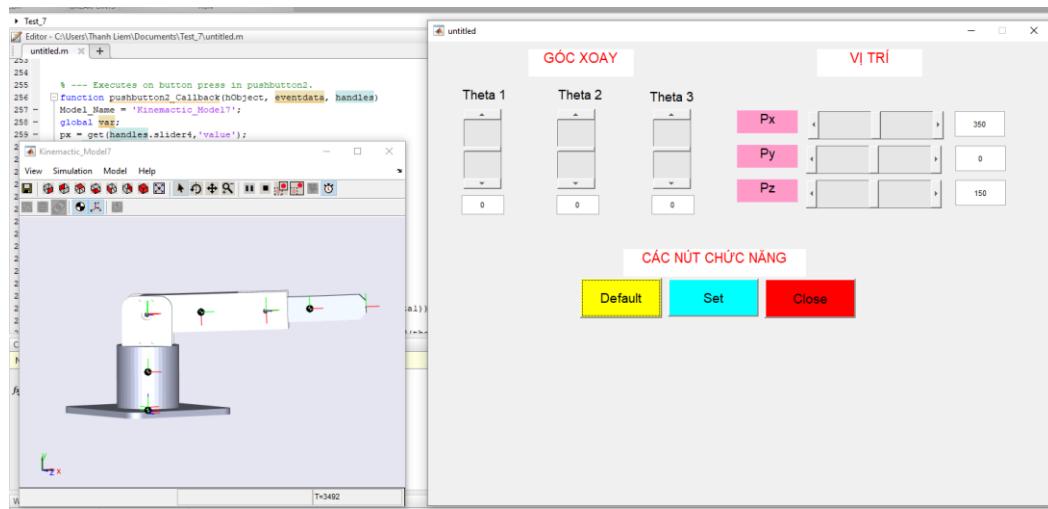


Hình 5.7. Giao diện điều khiển cánh tay robot lập trình bằng Matlab.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

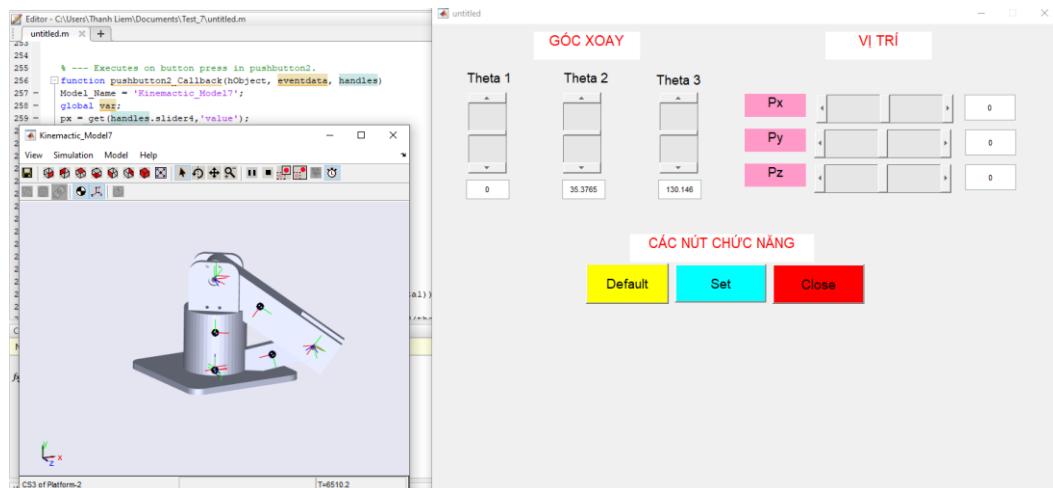
Kiểm tra một số vị trí của tay máy bằng Matlab:

+ Vị trí mặc định:



Hình 5.8. Vị trí mặc định (Default) của cánh tay robot.

+ Vị trí gốc tọa độ (giải bài toán động học nghịch):

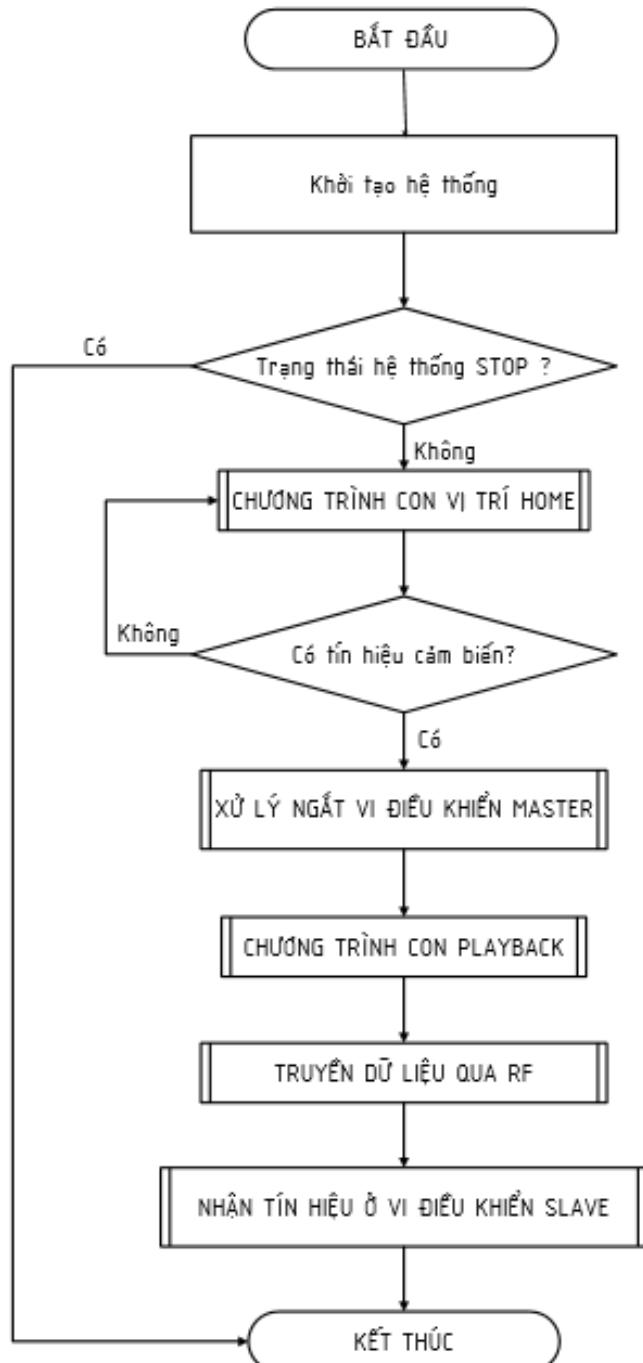


Hình 5.9. Vị trí gốc tọa độ của cánh tay robot.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

5.5 Giải thuật điều khiển

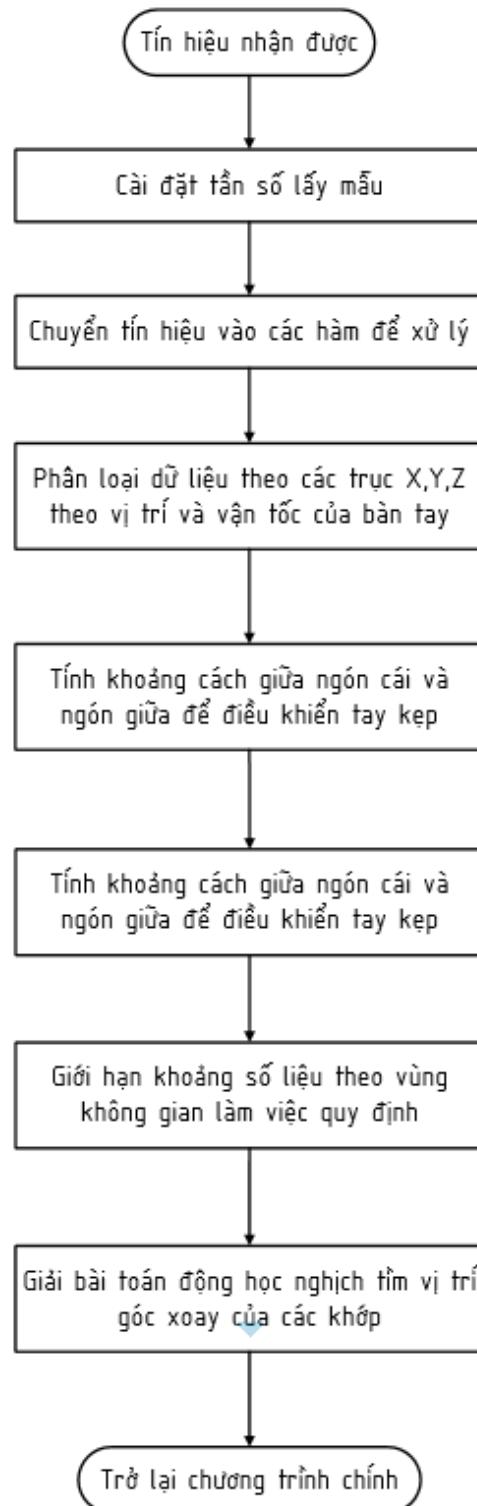
5.5.1 Giải thuật chương trình chính



Hình 5.10. Giải thuật chương trình chính.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIÊN

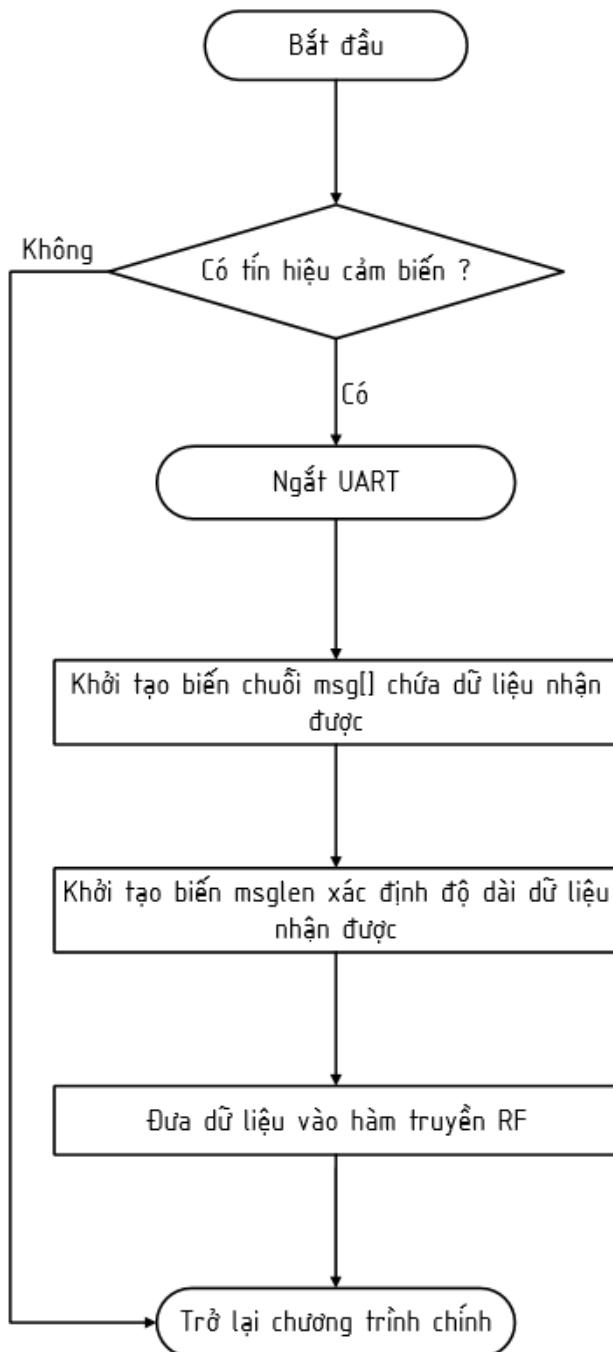
5.5.2 Chương trình con xử lý tín hiệu



Hình 5.11. Chương trình con xử lý tín hiệu.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

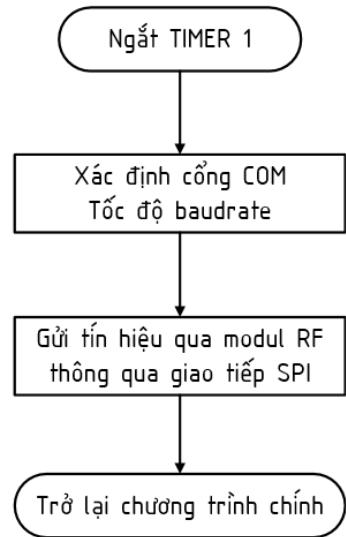
5.5.3 Chương trình con giao tiếp xử lý ngắt nhận tín hiệu tại Master



Hình 5.12. Chương trình con giao tiếp sóng RF.

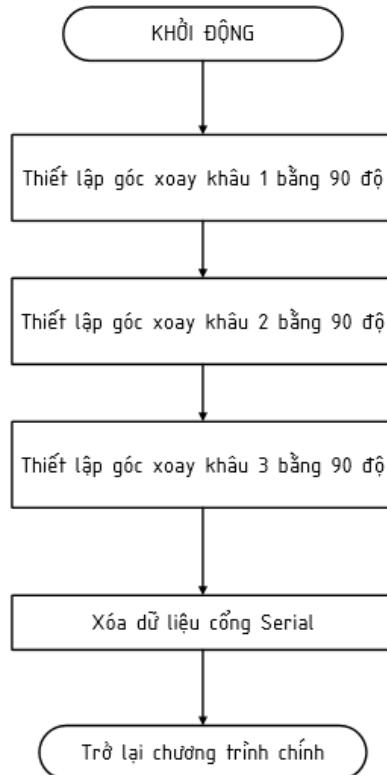
CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

5.5.4 Chương trình con truyền dữ liệu của Master



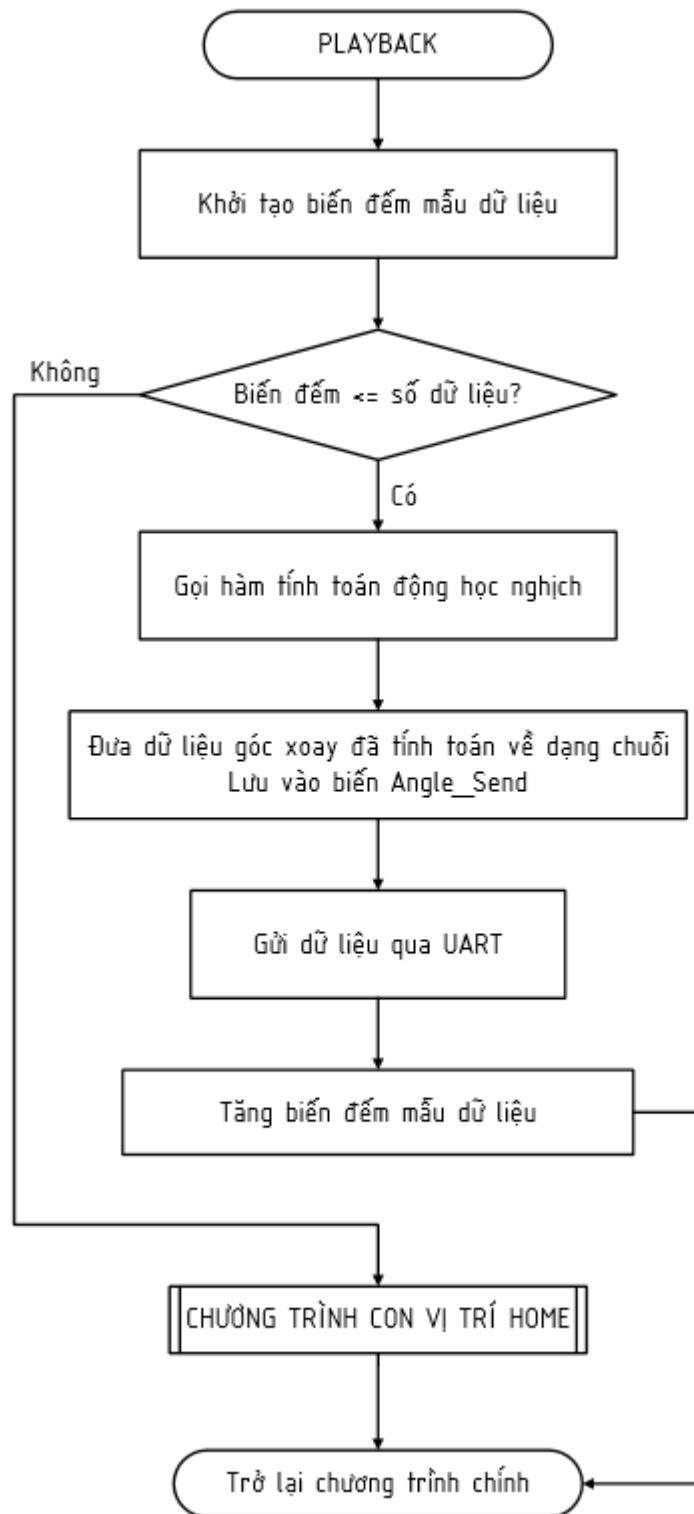
Hình 5.13. Chương trình con gửi tín hiệu từ khói Master đến khói Slave.

5.5.5 Các chương trình con xử lý tại khói Slave



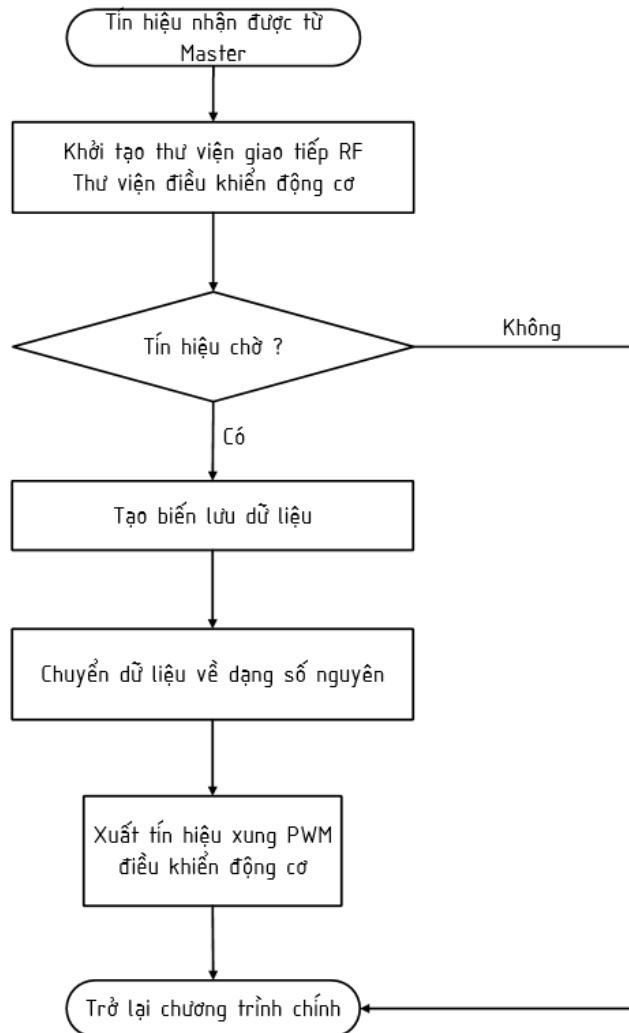
Hình 5.14. Giải thuật chương trình con vị trí Home.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



Hình 5.15. Chương trình con Playback của vi điều khiển Slave.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



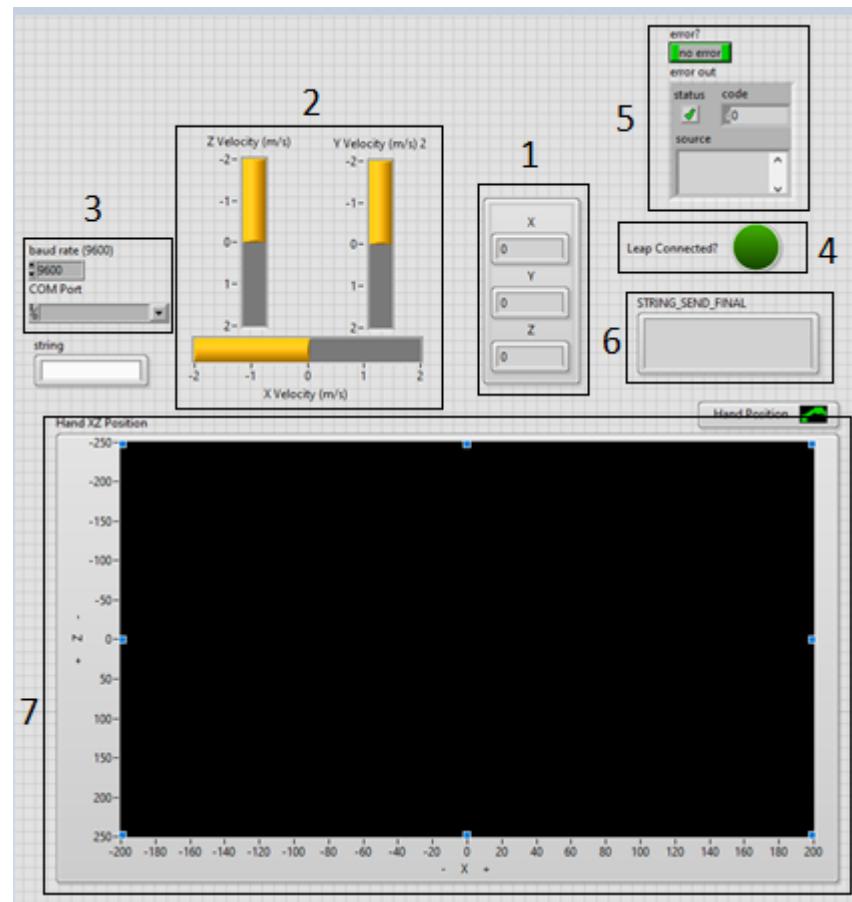
Hình 5.16. Chương trình con điều khiển động cơ.

5.6 Lập trình xử lý tín hiệu và truyền tín hiệu bằng phần mềm Labview:

Các thông số hiển thị trên hình 5.17

1. Tọa độ vị trí bàn tay.
2. Vận tốc di chuyển theo các phương x,y,z của bàn tay.
3. Khối cấu hình giao tiếp Serial.
4. Trạng thái hoạt động của Leap Motion.
5. Khối thông báo lỗi.
6. Chuỗi tọa độ được gửi tới vi điều khiển Master.
7. Biểu diễn tọa độ 2D của bàn tay trong hệ trực cảm biến .

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



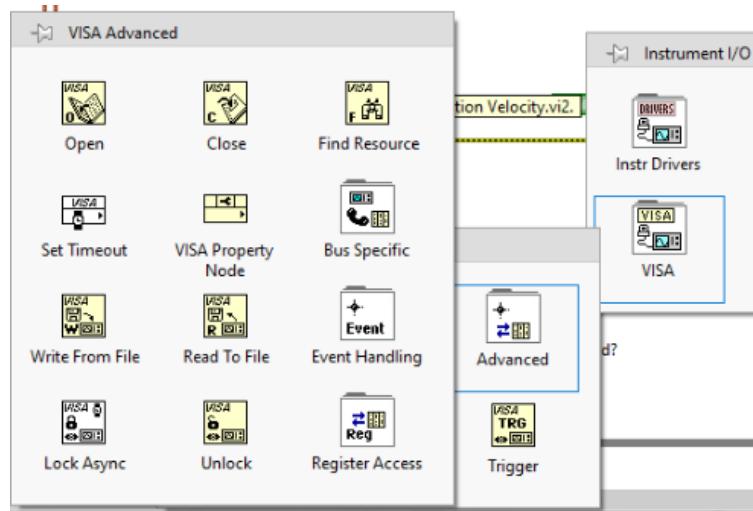
Hình 5.17. Giao diện hỗ trợ theo dõi thông số tín hiệu của Leap Motion trên Labview.

Truyền tín hiệu cảm biến qua giao thức Serial bằng Labview VISA

Các chức năng cơ bản có trong khối VISA của Labview:

- VISA Configure Serial Port: thiết lập cài đặt để giao tiếp qua cổng Serial
- VISA Write: truyền dữ liệu tới thiết bị được kết nối với cổng được thiết lập.
- VISA Read: đọc dữ liệu đang chờ ở cổng thiết lập từ thiết bị kết nối.
- VISA Close: đóng cổng kết nối.
- Bytes at Seral Port: kiểm tra nếu có dữ liệu đang chờ.

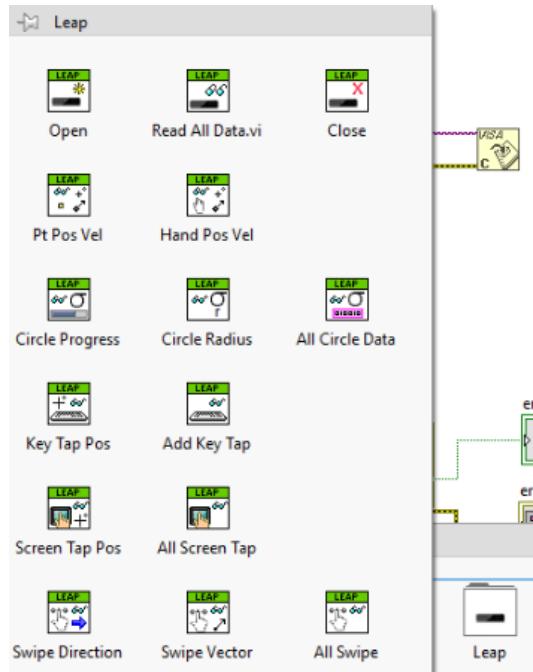
CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN



Hình 5.18. Các lệnh chức năng trong khối giao tiếp VISA.

Khối giao tiếp Leap Motion:

Với bộ thư viện giao tiếp MarkerHub của Labview, ta có thể dễ dàng tạo lập kết nối và truy xuất dữ liệu của Leap Motion một cách nhanh chóng và hiệu quả.

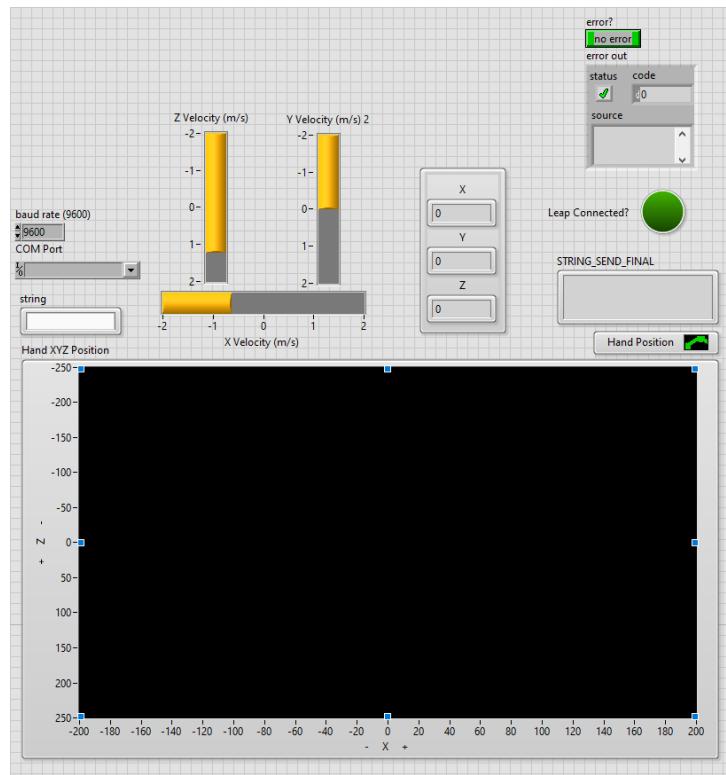


Hình 5.19. Các lệnh chức năng trong khối giao tiếp Leap Motion.

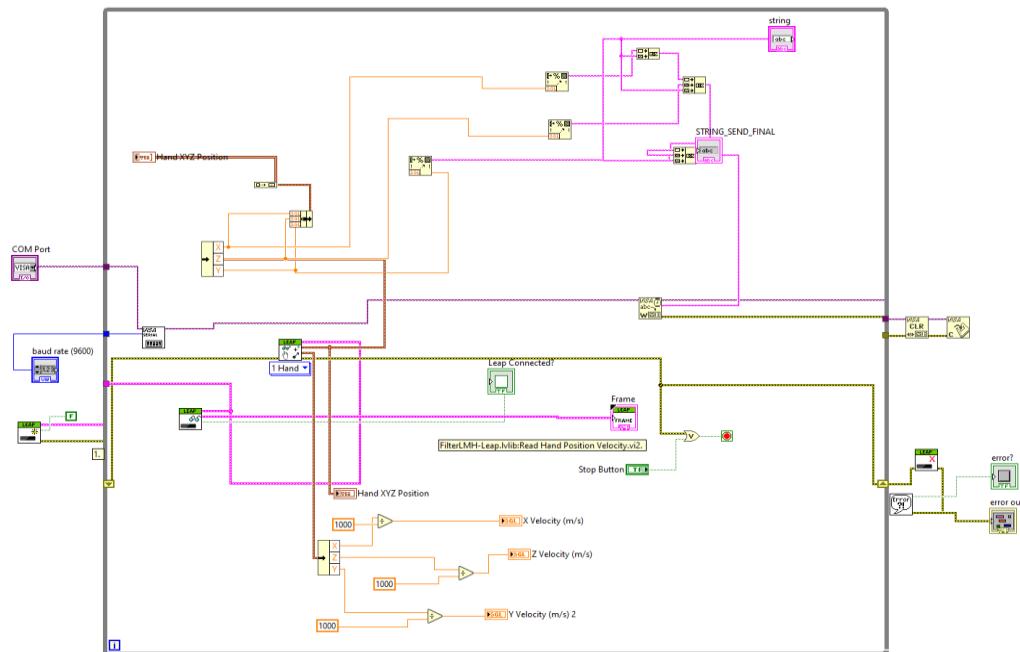
Để có thể tiếp nhận dữ liệu từ Leap Motion và có thể gửi dữ liệu đến vi điều khiển Master cần có sự kết hợp giữa hai khối VISA và khối giao tiếp Leap Motion.

CHƯƠNG 5: GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN

Chương trình giao tiếp hoàn chỉnh:



Hình 5.20. Giao diện theo dõi (Front Panel).



Hình 5.21. Sơ đồ khói điều khiển (Block Diagram).

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

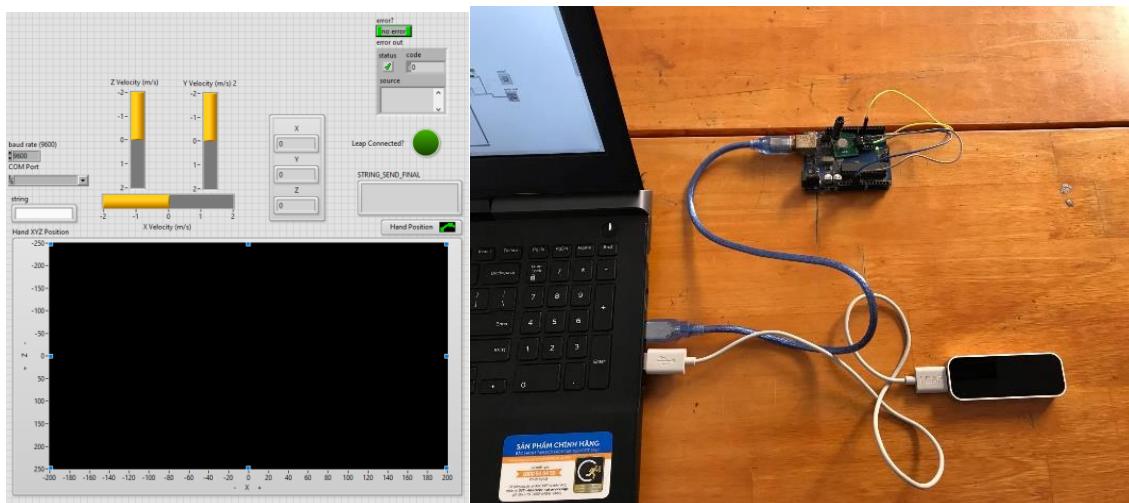
CHƯƠNG 6. THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

6.1 Thực nghiệm hoạt động của tay máy

Mô hình thực nghiệm: Điều khiển tay máy gấp, thả, di chuyển vật theo cử động bàn tay theo tọa độ đã tính toán bằng bài toán động học nghịch thông qua cảm biến Leap Motion, tín hiệu cảm biến được truyền nhận qua module giao tiếp sóng RF.

Mô hình thực nghiệm gồm 2 khối chính:

+ Khối truyền tín hiệu: Bao gồm cảm biến Leap Motion, PC và module phát RF. Leap Motion được kết nối với PC để nhận tín hiệu cảm biến, tín hiệu được xử lý bằng phần mềm Labview và được truyền qua vi điều khiển Master thông qua kết nối Serial, tại đây vi điều khiển Master sẽ tính toán động học để tìm góc xoay cho động cơ và gửi tín hiệu cho vi điều khiển Slave thông qua module phát RF.

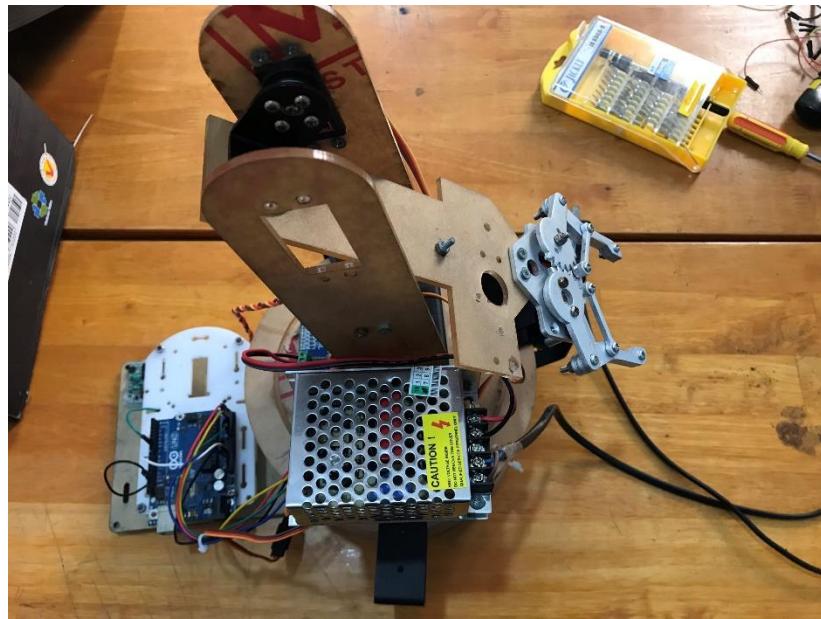


Hình 6.1. Khối truyền tín hiệu.

+ Khối nhận tín hiệu:

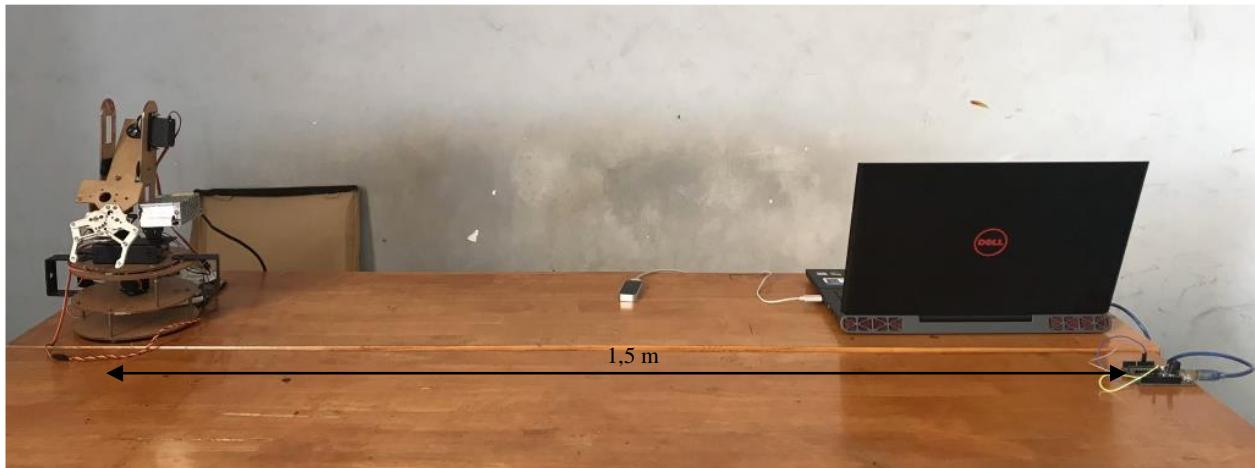
Tay máy được cấp nguồn từ nguồn tổ ong và adapter 9V. Module thu sóng RF được kết nối với vi điều khiển Slave.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT



Hình 6.2. Khối nhận tín hiệu.

Mô hình thực nghiệm được đặt trên một mặt phẳng. Khoảng cách giữa mạch phát sóng và mạch thu sóng RF là 1,5m.



Hình 6.3. Khoảng cách giữa module phát và module thu RF.

Tốc độ di chuyển của tay máy phụ thuộc vào tốc độ thay đổi vị trí của bàn tay. Do tần số cập nhật của Leap Motion là rất lớn (150Hz) so với tín hiệu PWM của động cơ MG996R (50Hz) nên cần giới hạn thời gian lấy mẫu tín hiệu từ cảm biến.

Thời gian lấy mẫu được sử dụng trong mẫu thực nghiệm là: $t_{\text{sample}} = 0,05\text{s}$.

Thời gian thay đổi vị trí theo tính toán: $t_{\text{change}} = t_{\text{sample}} + t_{\text{con}} = 0,05 + 1,6 \cdot 10^{-3} = 0,0516\text{s}$.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

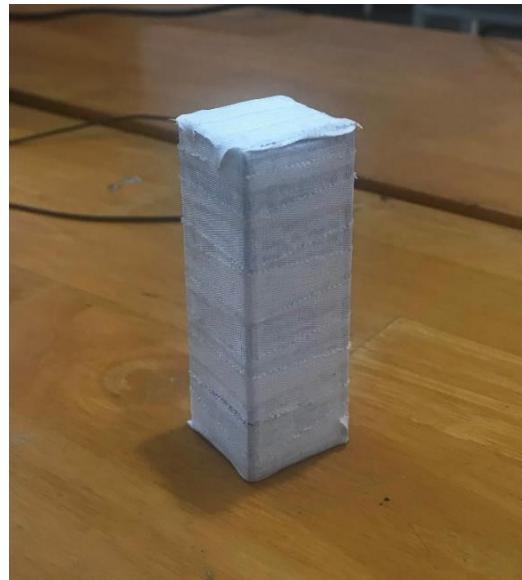
Module thu sóng RF được kết nối với vi điều khiển Slave:



Hình 6.4. Module thu sóng RF được kết nối với vi điều khiển Slave.

Các động cơ ở các khớp của tay máy được điều khiển thông qua góc xoay đã được tính toán và được truyền qua vi điều khiển Slave thông qua sóng RF.

Thực nghiệm gấp thả vật có kích thước 30mm x 30mm x 80mm:



Hình 6.5. Mẫu thực nghiệm.

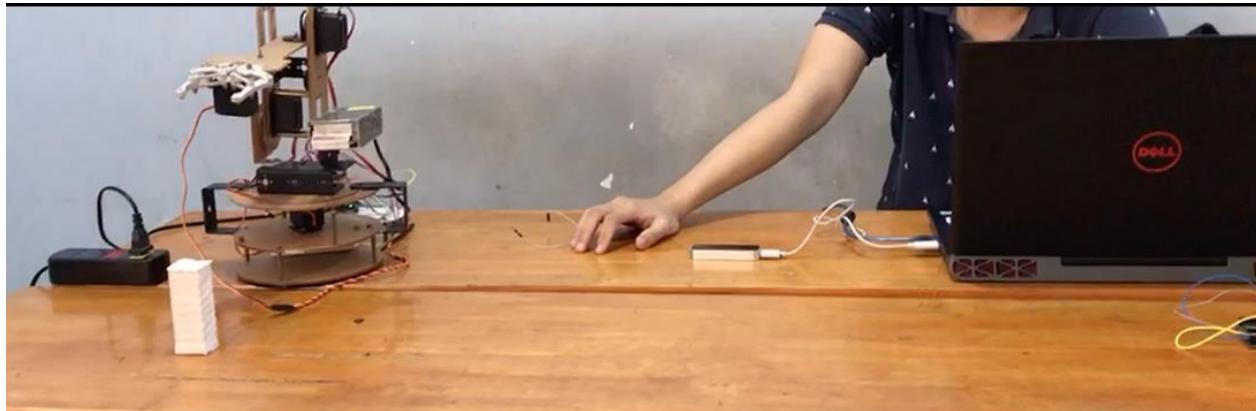
Mục tiêu thực nghiệm:

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

Robot có khả năng di chuyển vật thể từ điểm A đến điểm B, hướng di chuyển và tọa độ đầu công tác ứng với chuyển động và vị trí của bàn tay.

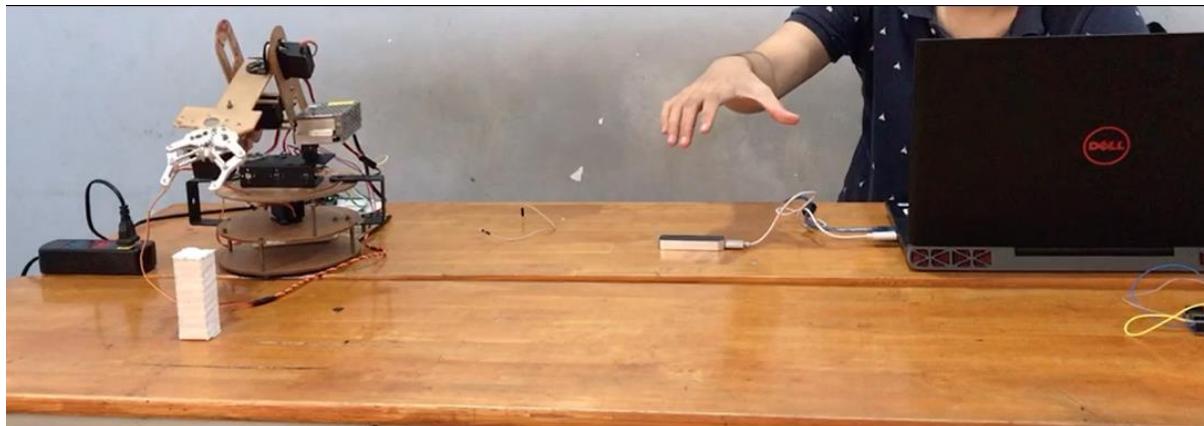
Hình ảnh từ quá trình thực nghiệm:

Khi chưa nhận được tín hiệu từ cảm biến, robot ở vị trí Home mặc định



Hình 6.6. Tay máy ở vị trí mặc định Home.

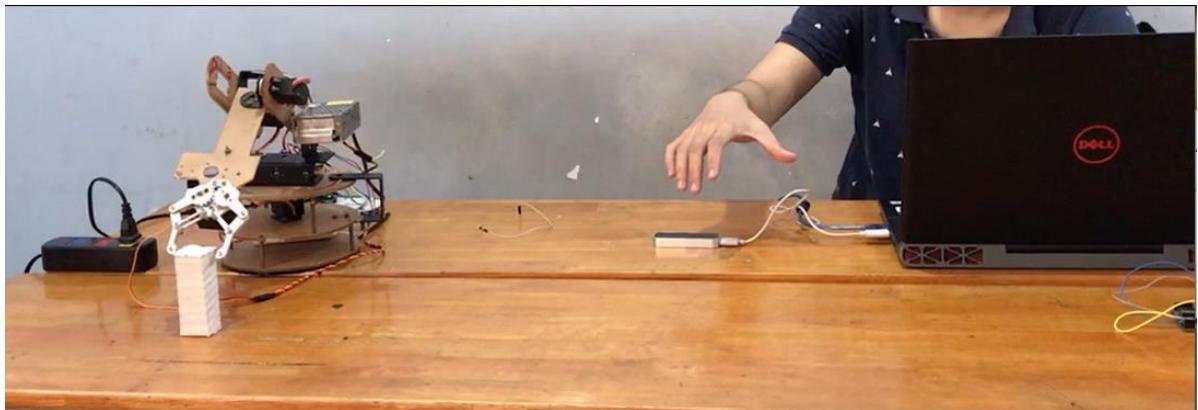
Khi có tín hiệu từ cảm biến, cánh tay robot bắt đầu chuyển động theo chương trình Playback



Hình 6.7. Tay máy chuyển động khi có tín hiệu từ cảm biến.

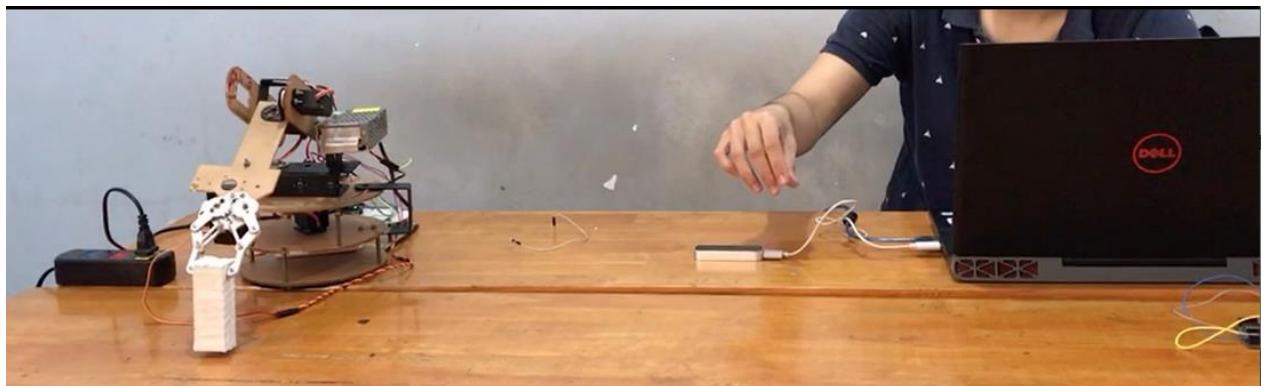
Di chuyển tay kẹp của robot đến vị trí vật cần gấp:

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT



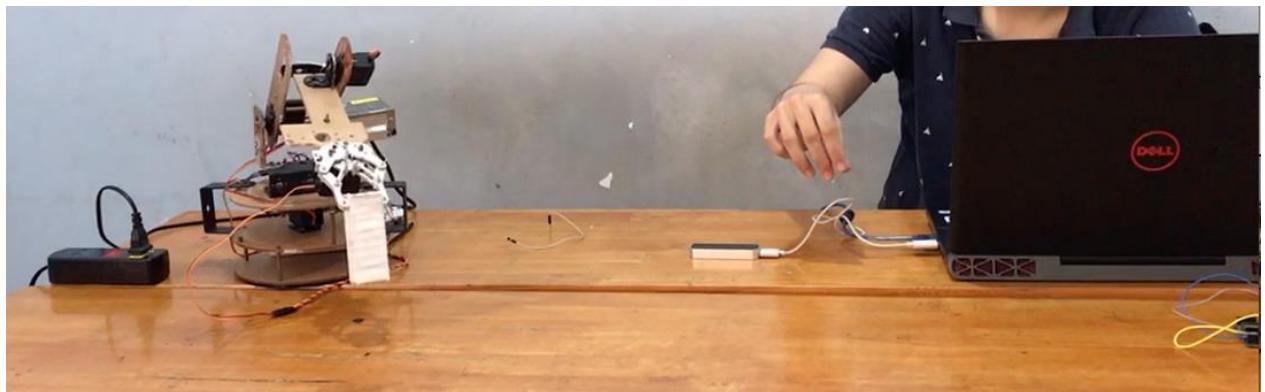
Hình 6.8. Tay máy tiếp cận vị trí vật cần gấp.

Điều khiển cơ cấu đầu công tác (tay kẹp) kẹp vật bằng cách thay đổi khoảng cách giữa ngón cái và ngón trỏ.



Hình 6.9. Điều khiển tay kẹp bằng cách thay đổi cách ngón tay.

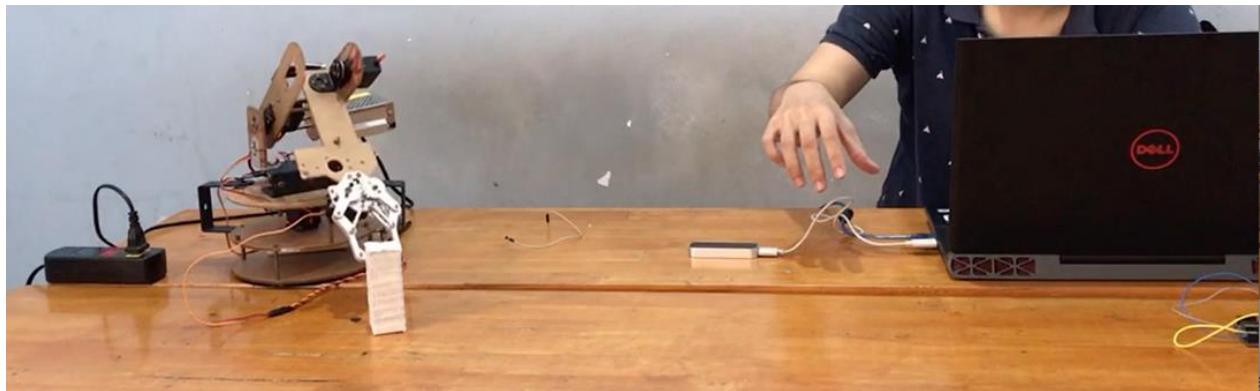
Điều khiển tay máy từ vị trí A đến vị trí B bằng cách thay đổi vị trí bàn tay



Hình 6.10. Di chuyển tay máy đến vị trí cần đặt vật.

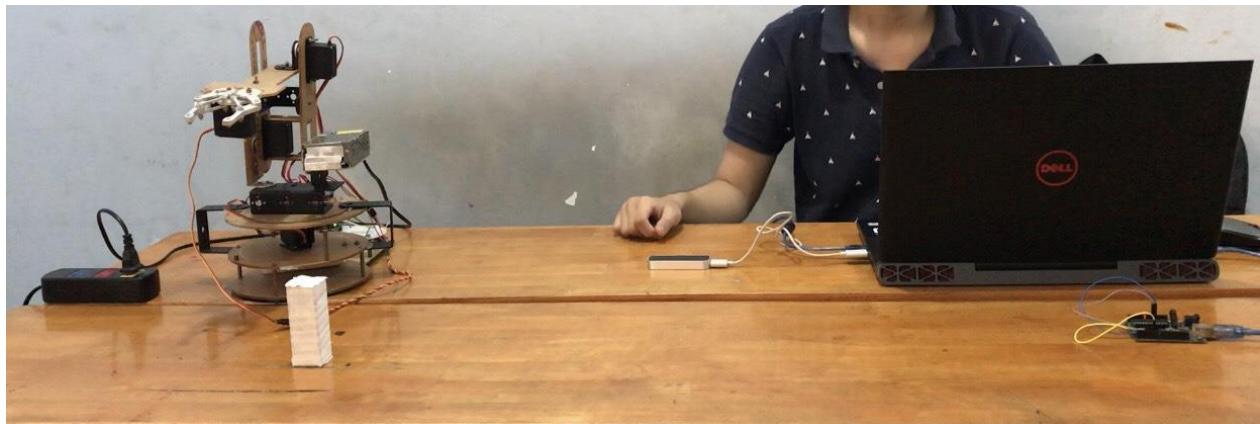
Đến vị trí cần thả vật, tăng khoảng cách giữa ngón cái và ngón trỏ để thả vật.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

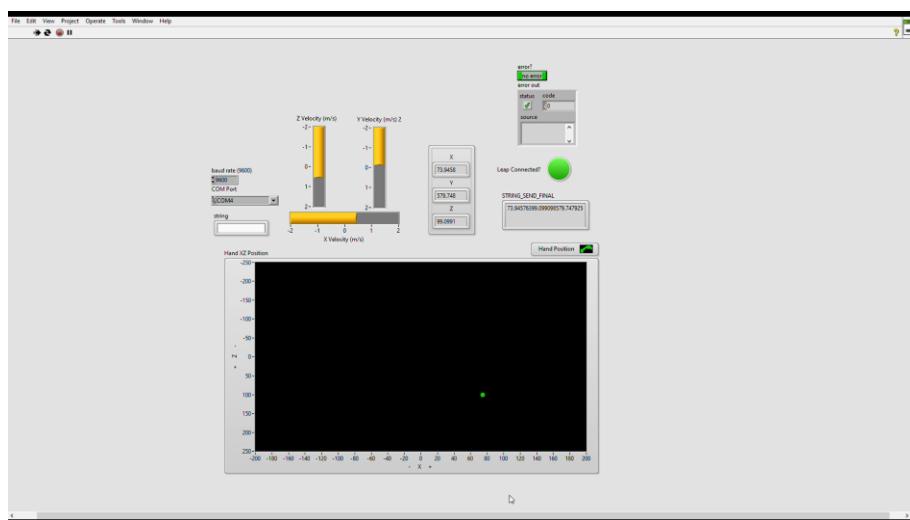


Hình 6.11. Thả vật bằng cách tăng khoảng cách giữa ngón cái và ngón trỏ.

Sau khi đặt vật, chuyển tay ra khỏi vùng hoạt động của Leap Motion. Robot trở về trạng thái Home mặc định.



Hình 6.12. Robot trở về vị trí Home mặc định khi không nhận được tín hiệu cảm biến.



Hình 6.13. Giao diện phần mềm Labview khi cảm biến hoạt động.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

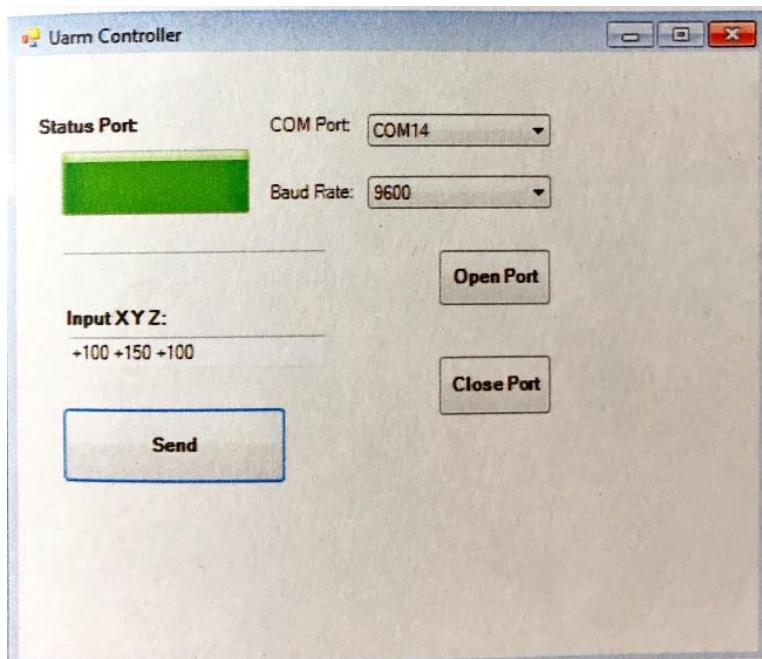
6.2 Đề xuất phương án đánh giá sai số vị trí gấp thả vật:

Do kết cấu mô hình chưa đạt độ cứng vững cũng như độ chính xác cần thiết cũng như thời gian thực hiện đề tài còn hạn chế nên em xin đề xuất phương án đánh giá sai số vị trí của đầu công tác robot so với vị trí vật gấp.

Đối với mục tiêu xác định vị trí vật để thực hiện thao tác gấp và thả một cách chính xác cần kiểm tra sai số vị trí của đầu công tác so với vật. Phương pháp phổ biến hiện nay là dùng thuật toán xử lý ảnh để xác định tọa độ vật gấp và phản hồi tín hiệu về máy tính, tín hiệu này đóng vai trò “dẫn đường” cho đầu công tác robot tiếp cận đúng vị trí của vật.

Tuy nhiên giữa tọa độ thông qua xử lý ảnh và tọa độ thực tế sẽ xuất hiện sai số, ta cần kiểm nghiệm lại sai số này để đảm bảo hệ thống hoạt động đúng yêu cầu.

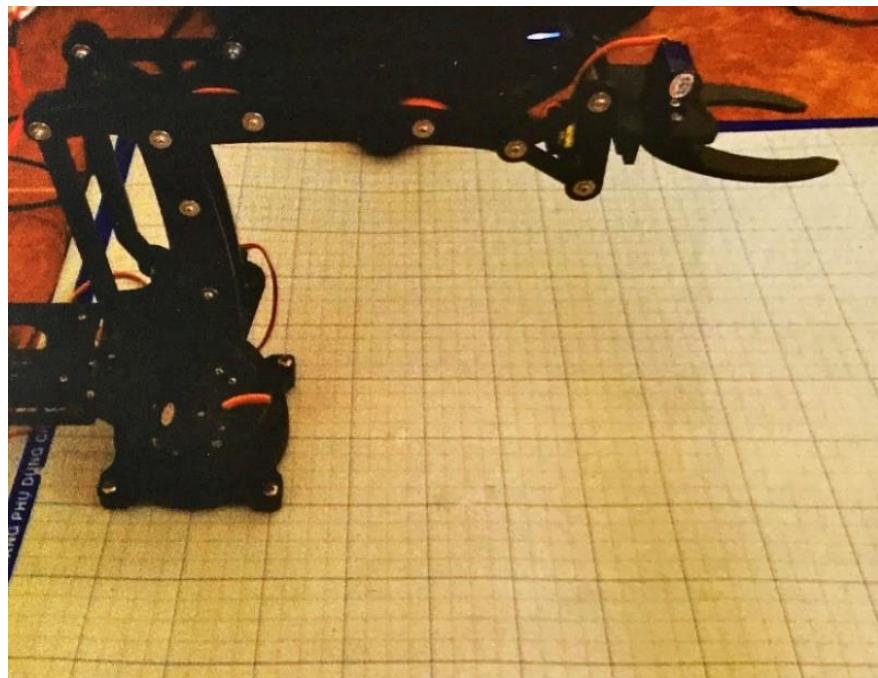
Để kiểm tra độ chính xác cho tay máy, ta lập trình một giao diện giao tiếp giữa máy tính và tay máy (ví dụ lập trình giao diện Winform bằng ngôn ngữ C#). Giao diện này gồm có chức năng thiết lập giao tiếp, đóng và mở COM port, hiển thị dữ liệu tọa độ đầu công tác theo tính toán của tay máy về máy tính.



Hình 6.14. Ví dụ giao diện điều khiển cánh tay robot để kiểm tra sai số vị trí.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

Tay máy sẽ được đặt trên một tấm đế có chia ô để dễ dàng xác định vị trí đầu công tác (bảng chia càng chia nhiều ô càng chính xác).

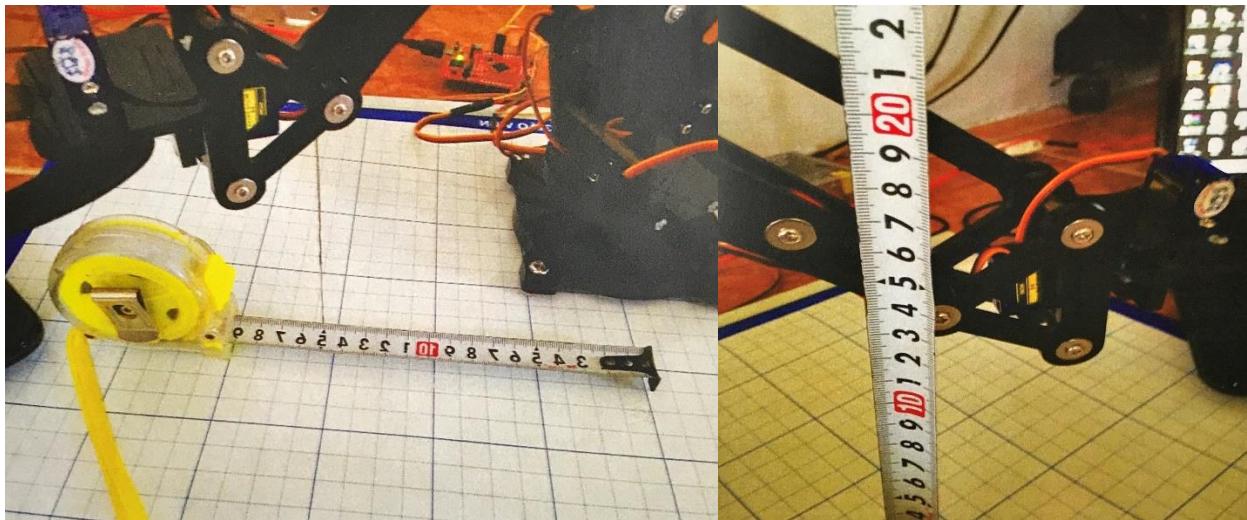


Hình 6.15. Mô hình tham khảo kiểm tra sai số đầu công tác và vị trí vật.

Đề xuất phương án tiến hành đánh giá:

- Quy ước hệ trục tọa độ trên bảng chia ô.
- Đánh dấu tọa độ điểm đầu công tác ở vị trí Home lên bảng chia (điểm A).
- Tiến hành điều khiển cánh tay robot từ điểm A đến điểm B.
- Thông số tọa độ điểm B theo tính toán được hiển thị lên giao diện máy tính.
- Tiến hành đo đạc tọa độ thực tế của đầu công tác trên bảng chia.
- So sánh tọa độ đầu công tác theo tính toán và theo tọa độ thực. Tính toán sai số vị trí theo ba trục x,y,z.
- Thực hiện nhiều lần ở các vị trí đầu công tác khác nhau và đánh giá sai số.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT



Hình 6.16. Ví dụ đo đặc tọa độ đầu công tác của robot theo các phương.

6.3 Nhận xét và tổng kết

6.3.1 Kết quả đạt được

Luận văn đã thực hiện được các công việc sau:

- Tìm hiểu tổng quan về cánh tay robot: kết cấu, bộ điều khiển, đầu công tác,...
- Tìm hiểu về cảm biến Leap Motion và xử lý tín hiệu từ cảm biến.
- Phân tích, lựa chọn các phương án thiết kế cơ khí, mạch điện và lập trình đáp ứng được yêu cầu mà đề bài đã đặt ra.
- Tìm hiểu, thiết kế cơ khí cánh tay robot 3 bậc tự do theo tiêu chuẩn. Xây dựng mô hình 3D, tính toán kiểm nghiệm kết cấu và lắp ráp mô hình thực tế kiểm nghiệm giải thuật.
- Xây dựng hệ thống điện tổng quát, lựa chọn các giao thức kết nối truyền nhận dữ liệu, tìm hiểu hoạt động của cảm biến, động cơ và thực nghiệm hoạt động.
- Xây dựng giải thuật điều khiển hệ thống chính và các chương trình con như: giao tiếp, truyền nhận tín hiệu qua UART, qua sóng RF, chương trình điều khiển động cơ,...
- Tay máy hoạt động ổn định, có khả năng gấp, thả vật từ vị trí này đến vị trí khác mà không làm rơi vật.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

- Tín hiệu sóng RF được phát và thu một cách ổn định, không gặp hiện tượng mất tín hiệu ở khối Slave.

- Nội suy đúng các tọa độ theo hướng di chuyển của bàn tay.

6.3.2 Hạn chế trong quá trình làm luận văn

Cơ khí:

- Phần tay kẹp hơi yếu do không có cơ chế đảm bảo song song giữa 2 má kẹp khi hoạt động.

- Động cơ MG996R sau một thời gian thực nghiệm xuất hiện độ trễ và nhiệt lượng tỏa ra làm giảm hiệu suất.

- Mỗi ghép của mô hình thực nghiệm có độ chính xác chưa cao gây ra sai số trong quá trình hoạt động.

- Chưa đảm bảo sự song song giữa các khâu của mô hình.

Điện:

- Module giao tiếp chưa thực sự ổn định, chưa hoạt động tốt ở môi trường có vật cản.

- Động cơ có quán tính lớn, thời gian tăng tốc từ trạng thái cố định đột ngột gây rung lắc cho hệ thống.

Điều khiển:

- Vẫn còn xuất hiện sai số, nhiễu tín hiệu trong quá trình truyền nhận. Độ vọt lồ còn cao khi bắt đầu sử dụng chức năng điều khiển bằng Leap Motion. Nhiều tín hiệu làm giảm sự ổn định tọa độ, làm cho tay máy khó có thể giữ yên tại một vị trí tọa độ trong khoảng thời gian cần thiết để gấp vật.

- Động cơ tích hợp bộ encoder và mạch điều khiển bên trong động cơ nhưng không cho phép can thiệp, đọc tín hiệu từ encoder do đó chưa xây dựng được bộ điều khiển cho động cơ

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ TỔNG KẾT

- Chưa tích hợp camera giúp quan sát từ xa và nhận diện vị trí vật chính xác hơn. Chưa thể đánh giá sai số vị trí thực tế.

6.4 Hướng phát triển đề tài

Phát triển lên kết cấu 6 bậc tự do để tay máy linh hoạt dễ tiếp cận đối tượng hơn.

Phát triển thêm hệ thống cân bằng để giảm rung lắc trong quá trình hoạt động.

Độ chính xác các khớp cần nâng cao hơn để hạn chế sai số.

Kết cấu tay kẹp còn đơn giản, độ cứng vững chưa cao. Xuất hiện sai số do khoảng cách giữa bánh răng truyền động thay đổi. Có thể phát triển các dạng đầu công tác khác phục vụ nhiều mục đích.

Có thể thay đổi kết cấu (hình bình hành) và thay thế động cơ RC Servo bằng động cơ bước hoặc động cơ AC Servo để nâng cao khả năng nâng tải.

Tích hợp camera nhận diện tọa độ vật thể chính xác và thông báo cho người điều khiển bằng máy tính mà không cần quan sát trực tiếp bằng mắt. Có thể nghiên cứu giải thuật nhận diện vật bằng hình ảnh và tiếp cận tự động (ví dụ: Sử dụng cảm biến Kinect và thư viện PointCloud,...).

Cải thiện khoảng cách giao tiếp điều khiển từ xa. Phát triển lên hệ thống IoT có khả năng theo dõi và điều khiển từ xa.

Hoàn thiện giải thuật điều khiển động cơ chính xác hơn, thêm bộ lọc nhiễu tín hiệu cảm biến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.N. Jazar (2010). *Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control (2nd Edition)*. Springer.
- [2] Torq Pro & Tower Pro. *MG996R Datasheet*.
- [3] Ultrahaptics Ltd. *Leap Motion Controller Datasheet*.
- [4] Trịnh Chất (2006). *Thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí - tập 1*. NXB Giáo Dục.
- [5] Trịnh Chất (2006). *Thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí - tập 2*. NXB Giáo Dục.
- [6] Joseph L.Jones, Anita M.Flynn, Bruce A.Seiger (1998). *Mobile Robots (Second Edition)*. CRC Press.
- [7] P.D.S.H Gunawardane, Nimali T.Medagedara, B.G.D.A. Madhusanka (2017). Control of Robot Arm Based on Hand Gesture using Leap Motion Sensor Technology. *International Journal of Robotics and Mechatronics*, 2, 1-18.
- [8] Wei Zhang, Hongtai Cheng, Liang Zhao, Lina Hao, Manli Tao and Chaoqun Xiang (2019). A Gesture-Based Teleoperation System for Compliant Robot Motion. *Applied Sciences*, 9, 1
- [9] Universal Robot A/S. *Universal Robot UR3 Catalogue*.
- [10] MISUMI Corporation. *Jaw Couplings Catalogue*.
- [11] Lê Khánh Điền (2015). *Vẽ kỹ thuật cơ khí*. NXB Đại học Quốc gia TPHCM.
- [12] Lelai Zhoua, Shaoping Baia, Michael Rygaard Hanseb (2012). Integrated dimensional and drive-train design optimization of a light-weight anthropomorphic”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 60, pp.113-122.
- [13] Nguyễn Hữu Lộc (2018). *Giáo trình cơ sở Thiết kế máy*. NXB Đại học Quốc gia TPHCM.
- [14] [Online] https://vi.wikipedia.org/wiki/Mô_men_quán_tính

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[15] [Online] <https://www.onskyinc.com/2019/03/20/song-zigbee-la-gi-vi-sao-nha-thong-minh-su-dung-cong-nghe-nay/>

[16] SUMMITEK Technology Co., Ltd. *433MHz RF Module Datasheet.*