

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BÀN TAY ROBOT ĐƯỢC ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG BẰNG GĂNG TAY

THE DESIGN AND FABRICATION OF A ROBOT HAND CONTROLLED BY A GESTURE GLOVE

Võ Thu Hà^{1,*},
Nguyễn Thị Thành¹, Nguyễn Đắc Nam²

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.073>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày sự nghiên cứu, thiết kế, chế tạo bàn tay robot điều khiển chuyển động bằng găng tay. Bàn tay robot điều khiển bằng găng tay chuyển động được dựa trên hai phần chính là cơ cấu bàn tay (robot hand) và mạch điều khiển (gesture control glove). Bộ phận găng tay điều khiển bao gồm mô-đun vi điều khiển Arduino NRF24L01 và 05 cảm biến uốn cong (flex sensor) cho năm ngón tay để thu thập dữ liệu về độ cong của từng ngón tay. Những dữ liệu đó sẽ được vi điều khiển Arduino nhận và được gửi bởi mô-đun NRF24L01. Đối với bàn tay robot, sau khi nhận được dữ liệu truyền của găng tay, bộ vi điều khiển của bàn tay sẽ xử lý thông tin đó và điều khiển năm động cơ servo đại diện cho năm ngón tay của bàn tay robot. Kết quả đạt được là bàn tay robot đã mô phỏng đúng độ cong của ngón tay người dùng, đã bắt chước tốt chuyển động của găng tay điều khiển và có thể bám chặt vào các vật thể có kích thước, hình dạng khác nhau giúp người dùng dễ dàng thao tác trên đồ vật.

Từ khóa: Robot bàn tay, găng tay, thiết bị gắn trên bề mặt truyền động.

ABSTRACT

This paper presents the research, design and manufacture of a robotic hand that controls movement with a glove. The moving glove-controlled robot hand is based on two main parts, the hand mechanism and the gesture control glove. The control glove unit includes the Arduino NRF24L01 microcontroller module and five five-finger flex sensors. For collecting data on the curvature of the hand, the control glove unit includes the Arduino microcontroller and five flex sensors. For collecting received by the Arduino microcontroller and sent by the NRF24L01 module. For the robotic hand, after receiving the glove's transmission data, the hand's microcontroller processes that information and drives five servo motors representing the five fingers of the robot hand. The result is that the robot hand has correctly simulated the curvature of the user's finger, has well imitated the movement of the control glove, and is able to grip objects of different sizes and shapes to help the user. Easy to use to manipulate objects.

Keywords: Robotic Hand, Glove, Surface-Mounted Actuator.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

²Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

*Email: vtha@uneti.edu.vn

Ngày nhận bài: 01/3/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/4/2023

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ngày càng xuất hiện nhiều công việc tiềm ẩn khả năng gây nguy hiểm đến cơ thể và sức khỏe của con

người; Những công việc đó nên được thực hiện bởi các robot để đảm bảo an toàn cũng như nâng cao năng suất lao động. Vì vậy, bàn tay robot điều khiển bằng găng tay được thiết kế để hoạt động tương tự như một bàn tay và có thể thay thế cho bàn tay con người. Ngoài ra, bàn tay robot điều khiển bằng găng tay có cơ hội phát triển và mở rộng. Chúng được sử dụng cho những công việc không cần sự tiếp xúc của con người và cho những khách hàng là người khuyết tật. Không khó để nhận ra rằng sợi dây liên kết giữa robot và con người ngày càng chặt chẽ hơn. Vì nhu cầu robot thay thế con người trong tương lai ngày càng cao trong khi sự phát triển của công nghệ đã góp phần gia tăng số lượng công việc robot có thể thay thế con người. Ban đầu, robot hợp tác tham gia sản xuất để nâng cao sức khỏe, đảm nhận những công việc đơn giản và cuối cùng là thay thế con người ở những công đoạn nguy hiểm. Chúng sẽ thay đổi cách mọi người làm việc trong tương lai. Trong nghiên cứu này, bàn tay robot có khả năng thực hiện được các thao tác đơn giản với các hóa chất nguy hiểm. Để hệ thống hoạt động ổn định; độ bền và độ tin cậy của các cảm biến, mô-đun truyền thông và các cơ cấu chấp hành đã được tính toán và chọn lựa phù hợp. Vì đây là một hệ thống đơn giản nên việc bảo trì cũng sẽ nhanh chóng và đơn giản, và các bộ phận thay thế rất dễ tìm trên thị trường nếu có bất kỳ hư hỏng nào. Cảm biến flex sẽ đảm nhận một vị trí rất quan trọng trong dự án này nên hãy đảm bảo rằng nó hoạt động tốt và ổn định [1]; mỗi cảm biến sẽ được đặt trên từng ngón tay của người vận hành, qua đó độ cong của ngón tay sẽ thay đổi tác động trực tiếp lên cảm biến và bộ vi xử lý Arduino sẽ thu thập dữ liệu và chuyển đổi dữ liệu đó sang các góc quay động cơ thích hợp đã thiết lập và truyền dữ liệu đó thông qua mô-đun NRF24L01 [1-3]. Thông qua đó giao tiếp NRF24L01 của tay robot sẽ nhận dữ liệu (vì trong NRF24L01 có Advanced Shock Burst (ESB) là một giao thức đơn giản hỗ trợ truyền dữ liệu hai chiều), Arduino của mạch này sẽ nhận và truyền qua 5 servo động cơ tương đương với từng ngón tay của robot [6].

2. CÁC THÀNH PHẦN CHÍNH TRONG HỆ THỐNG BÀN TAY ROBOT ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG BẰNG GĂNG TAY

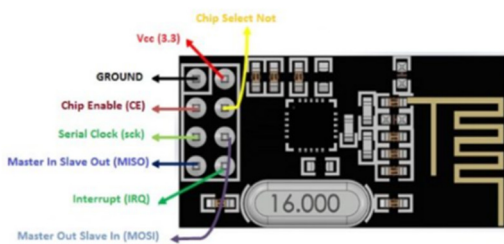
2.1. Arduino UNO và Nano và Nano

Trong nghiên cứu này, Arduino Uno R3 được sử dụng trong mạch bàn tay robot, và Arduino Nano V3.0

ATmega328P với kích thước nhỏ được dùng ở mạch găng tay [2, 3]. Arduino Uno R3 là một bo mạch vi điều khiển được phát triển bởi Arduino.Cc, một nền tảng điện tử mã nguồn mở chủ yếu dựa trên vi điều khiển AVR Atmega328P. Phiên bản hiện tại của Arduino Uno R3 đi kèm với giao diện USB, 6 chân đầu vào tương tự và 14 cổng I / O kỹ thuật số được sử dụng để kết nối với các mạch điện tử và các thiết bị bên ngoài. Gồm 14 cổng I / O, 6 chân xuất PWM cho phép người thiết kế điều khiển và kiểm soát các thiết bị điện tử ngoại vi một cách trực quan. Arduino Uno R3 được kết nối trực tiếp với máy tính qua USB để giao tiếp với phần mềm lập trình IDE, tương thích với Hệ thống Windows, MAC hoặc Linux. Tuy nhiên, Windows phù hợp hơn để sử dụng. Các ngôn ngữ lập trình như C và C++ được sử dụng trong IDE. Ngoài USB, người dùng có thể sử dụng nguồn điện bên ngoài để cấp nguồn cho bo mạch. Mạch Arduino Nano V3.0 ATmega328P là bản thu nhỏ của dòng giống Arduino Uno. Tuy nhiên, nó có thiết kế nhỏ gọn, linh hoạt, thuận tiện cho các breadboard nhỏ và các dự án đòi hỏi sự nhỏ gọn. Bo mạch Arduino Nano V3 sử dụng chip Atmega328-AU nên có thêm 2 chân Analog A6, A7. Bên cạnh đó, bo mạch sử dụng Opamp tự động chuyển nguồn khi có điện áp cao hơn trên bo mạch. Một tính năng đáng chú ý khác của Arduino Nano là sử dụng chip CH340 để giao tiếp, giúp tiết kiệm và giảm chi phí sản xuất.

2.2. Cảm biến Flex

Cảm biến Flex giống như một điện trở in có thể thay đổi trên một chất nền mỏng, linh hoạt. Khi để bị uốn cong, cảm biến này tạo ra một đầu ra điện trở tương ứng với bán kính uốn cong, bán kính càng nhỏ, giá trị điện trở càng cao. Cảm biến này hoạt động giống như một bộ lưu biến vì điện trở sẽ bị thay đổi khi nó bị xoắn. Sự thay đổi của điện trở có thể phụ thuộc vào độ tuyến tính của bề mặt vì điện trở sẽ không giống nhau khi nó phẳng. Cách đọc cảm biến flex là kết nối nó với một điện trở có giá trị cố định để tạo ra một bộ chia điện áp. Để thực hiện việc này, hãy kết nối một đầu của cảm biến với nguồn và đầu kia với điện trở kéo xuống. Sau đó, điểm giữa điện trở kéo xuống có giá trị cố định và cảm biến flex được kết nối với đầu vào ADC của Arduino.



Hình 1. Nối giao tiếp chân của nrf24l01

2.3. Module Bluetooth NRF24I01

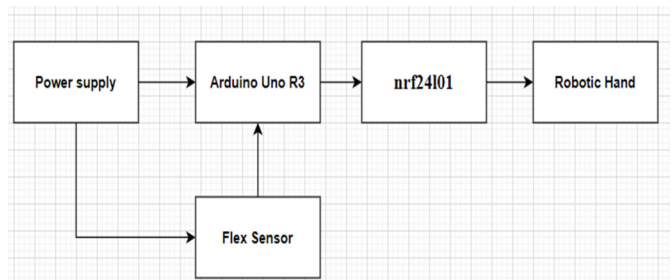
Mô-đun thu phát nRF24L01 được thiết kế để hoạt động ở băng tần ISM toàn cầu 2,4 GHz và sử dụng điều chế điều chế khóa dịch tần số với phổ được định dạng bởi bộ lọc Gauss (GFSK) để truyền dữ liệu. Tốc độ truyền dữ liệu có thể là 250kbps, 1Mbps và 2Mbps. Nếu được sử dụng trong không gian mở và với tốc độ truyền thấp hơn, phạm vi của

nó có thể đạt tới 100 mét. Mô-đun có thể sử dụng 125 kênh khác nhau, mang lại khả năng có một mạng gồm 125 modem hoạt động độc lập tại một nơi. Mỗi kênh có thể có tối đa 6 địa chỉ hoặc mỗi đơn vị có thể giao tiếp với tối đa 6 đơn vị khác cùng lúc. Mức tiêu thụ điện năng của mô-đun này chỉ khoảng 12mA trong quá trình truyền tải, thậm chí còn thấp hơn một đèn LED đơn lẻ. Điện áp hoạt động của mô-đun là từ 1,9 đến 3,6V, nhưng điều tốt là các chân khác chịu được mức logic 5V, vì vậy chúng ta có thể dễ dàng kết nối nó với Arduino mà không cần sử dụng bất kỳ bộ chuyển đổi mức logic nào. Ba trong số các chân này dành cho giao tiếp SPI và chúng cần được kết nối với các chân SPI của Arduino nhưng lưu ý rằng mỗi bảng Arduino có các chân SPI khác nhau. Các chân CSN và CE có thể được kết nối với bất kỳ chân kỹ thuật số nào của bảng Arduino và chúng được sử dụng để thiết lập mô-đun ở chế độ chờ hoặc chế độ hoạt động và giữa chế độ truyền hoặc chế độ lệnh. Ghim cuối cùng là ghim ngắt không cần phải sử dụng.

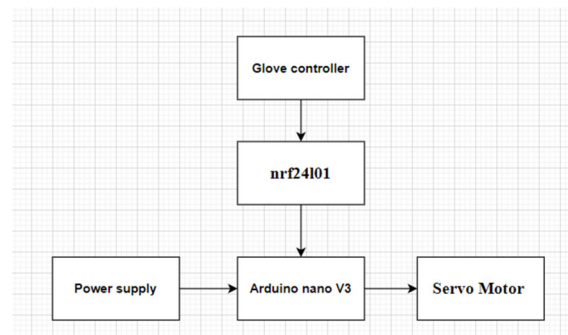
2.4. Động cơ servo

Động cơ servo hoạt động từ 4,8V đến 6,5V; điện áp càng cao thì mô-men xoắn này có thể đạt được càng cao, nhưng phổ biến nhất là hoạt động ở +5V. Hầu như tất cả các động cơ servo có thể xoay từ 0° đến 180° là do cách sắp xếp bánh răng của chúng.

3. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN BÀN TAY ROBOT CHUYỂN ĐỘNG BẰNG GĂNG TAY



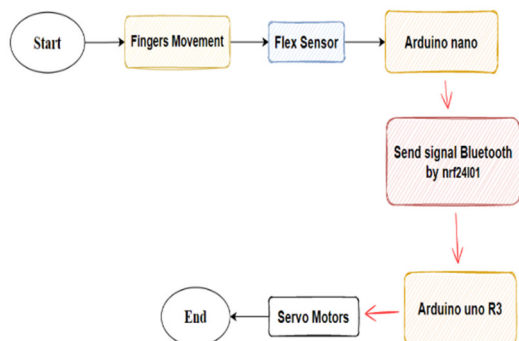
Hình 2. Sơ đồ cấu trúc điều khiển bàn tay



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc điều khiển găng tay

Khi khởi động, găng tay điều khiển sẽ bắt đầu hoạt động, các chuyển động của ngón tay sẽ tác động đến cảm biến flex và tạo ra các giá trị cố định được nhập vào Arduino nano và thông qua mô-đun nrf24l01 truyền dữ liệu đến Arduino Uno r3 trên tay robot và chuyển dữ liệu đó qua để điều khiển động cơ servo chuyển động tương ứng với các ngón tay. Đặt các ngón tay đại diện cho cảm biến

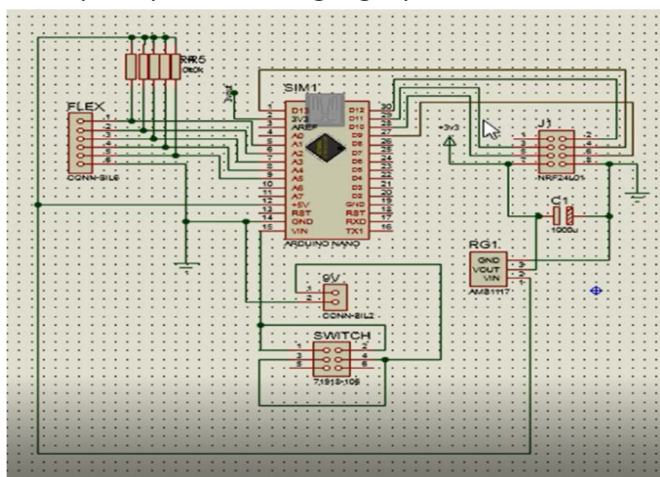
linh hoạt, chân analog từ A1 đến A5 sẽ từ ngón út đến ngón cái, để kiểm tra mã hoạt động hay không, các giá trị thay đổi của cảm biến flex sẽ được hiển thị và hiển thị trên màn hình nối tiếp. Các giá trị sẽ khác nhau dựa trên chiều dài của ngón tay; độ cong sẽ khác nhau.



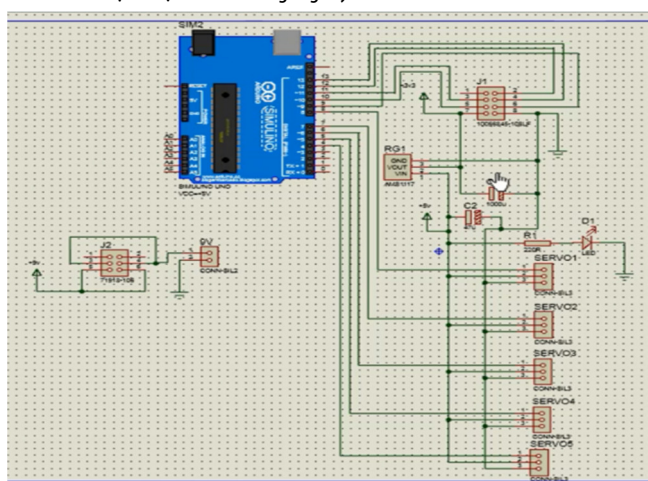
Hình 4. Sơ đồ cấu trúc điều khiển găng tay

4. THIẾT KẾ SƠ ĐỒ MẠCH BẰNG PROTEUS

4.1. Mạch điện điều khiển găng tay



Hình 5. Mạch điện điều khiển găng tay



Hình 6. Sơ đồ đấu dây động cơ servo

Hình 5 là sơ đồ mạch điện của găng tay điều khiển được vẽ bằng cách sử dụng Proteus 8. Mạch điện bao gồm một công tắc nguồn điện dùng để cung cấp điện với dòng điện

9V; vì pin 9V nhỏ và cung cấp đủ dòng điện hoạt động cho mạch nên phù hợp để cho vào găng tay. Các động cơ servo, hình 6 được kết nối với các chân kỹ thuật số của Arduino; Ngoài ra, sẽ có một đèn LED để hiển thị dòng điện đi qua các động cơ. Mô-đun nrf24l01 được kết nối giống như mạch của găng tay điều khiển. Vì mạch của tay robot có nhiều linh kiện nên đường dẫn điện sẽ nhiều hơn, mạch in sẽ lớn gấp đôi mạch găng tay điều khiển.

4.2. Phân tích mạch điều khiển găng tay và mạch điều khiển bàn tay

Về mạch điều khiển găng tay: Trong mạch sẽ có NRF24L01 có chân kết nối VCC và GND sẽ được nối qua tụ 1000µF vào AMS1117 (là IC điều áp 3 chân) để điều chỉnh dòng điện và cố định dòng điện vào từ Arduino nano thành NRF 24L0. Mạch được cấp nguồn bằng pin 9v được đưa qua công tắc tắt mở mạch. Các chân nhận tín hiệu của NRF24L01 sẽ được kết nối với các chân số từ D9 đến D13 của Arduino nano. Các chân analog của Arduino nano từ A1 đến A5 sẽ được kết nối với 5 cảm biến flex thông qua 5 điện trở với giá trị 10k ohm cho mỗi chân. Mạch điều khiển bàn tay robot cũng sẽ là NRF24l01 được kết nối với các chân tương tự như mạch điều khiển trong mạch tay. Mạch điều khiển bàn tay robot này sẽ được cấp nguồn trực tiếp thông qua bộ chuyển đổi 9V. Năm động cơ servo đại diện cho năm ngón tay được cấp nguồn qua AMS1117 và 1 tụ điện 47µF để ổn định điện áp. Led D1 dùng để hiển thị các động cơ có được cấp nguồn hay không; các chân kỹ thuật số của Arduino từ D8 đến D4 sẽ được sử dụng để kết nối năm động cơ servo.

5. KẾT QUẢ LẮP RÁP TAY ROBOT 3D

Kết quả in và lắp ráp bàn tay robot 3D phần cơ khí cụ thể như bảng 1.

6. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐIỀU KHIỂN BÀN TAY ROBOT BẰNG GĂNG TAY

Phương pháp triển khai thực nghiệm điều khiển bàn tay robot là chỉ cần di chuyển từng ngón tay và khoảng cách giữa găng tay điều khiển sẽ gửi tín hiệu đến tay robot, ngoài ra còn kiểm tra khả năng hoạt động của phần cơ xem có bị vướng vào các điểm chuyển động hay không. Sau lần kiểm tra này, sẽ thấy sản phẩm cần cải tiến những gì để giúp sản phẩm có thể hoạt động tốt hơn, hình 7 ÷ 14 là kết quả đạt được.

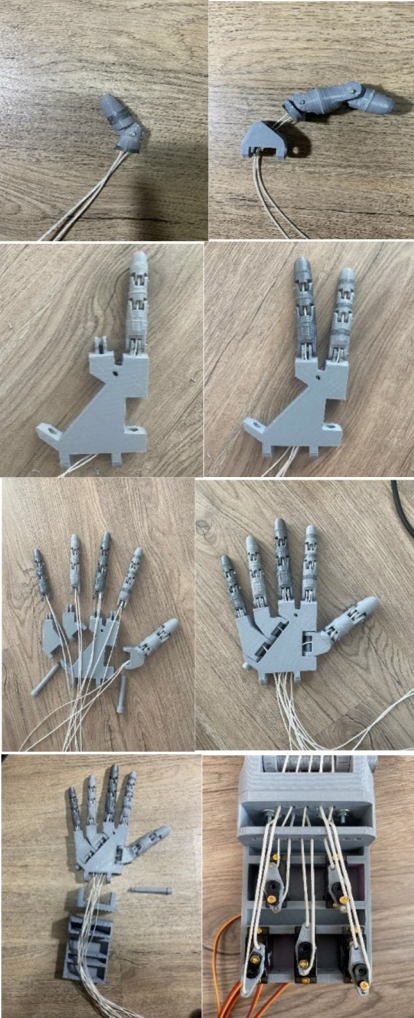



Hình 7. Kiểm tra phần cơ có nhận tín hiệu hay không

Bảng 1. Hình ảnh 3D và thực của bàn tay robot

STT	Hình ảnh vẽ 3D	Hình ảnh thực	Chú thích
1			<p>Đây là bản in 3D của ngón tay cái được vẽ dựa trên ngón tay người thật và các khớp có thể di chuyển được sẽ được mài và vận để có tính di động tốt; gân của bàn tay sẽ lấy một sợi dây thun dài dùng để mô phỏng.</p>
2			<p>Đây là hình ảnh in 3D và thứ tự lắp ráp của tay robot, có hai khớp ở tay có chuyển động phức tạp nên sẽ được rút ra như một con vít dài để giảm trọng lượng cho sản phẩm. Phần đính kèm động cơ servo trong phần cánh tay sẽ được thiết kế để phù hợp với 5 động cơ và khoảng cách giữa các động cơ sẽ tương xứng để tất cả các động cơ hoạt động mà không chạm vào nhau. Phần giữa cánh tay và cổ tay sẽ được khoan vừa đủ để luồn nhựa từ các ngón tay vào động cơ servo.</p>

Bảng 1. Hình ảnh 3D và thực của bàn tay robot (tiếp)

STT	Hình ảnh vẽ 3D	Hình ảnh thực	Chú thích
3			Lắp ráp cho phần cơ khí từ trên xuống dưới.
4			Thành phẩm sau khi lắp ráp đầy đủ các bộ phận, gồm cả găng tay điều khiển và tay robot.



Hình 8. Kiểm tra hoạt động của ngón tay 1



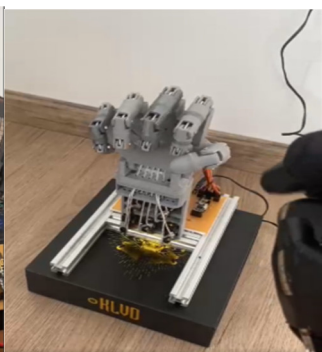
Hình 9. Kiểm tra hoạt động của ngón tay 2



Hình 10. Kiểm tra hoạt động của ngón tay 3



Hình 11. Kiểm tra hoạt động của cả 5 ngón tay



Hình 12. Kiểm tra hoạt động của cả năm ngón tay cùng một lúc



Hình 13. Kiểm tra hoạt động của các ngón tay có độ cong nhỏ



Hình 14. Kiểm tra hoạt động của các ngón tay có độ cong lớn

Nhận xét: Độ chính xác của các chuyển động khó để đánh giá, tuy nhiên, sau đây là những sự cố đã xảy ra trong quá trình thử nghiệm:

- Độ trễ: Sẽ có độ trễ khi truyền dữ liệu vì khi bắt đầu di chuyển ngón tay, động cơ servo có độ trễ khoảng 0,5s.
- Khoảng cách: Phạm vi hoạt động khá xa; nó có thể lên đến 10m nếu không có chướng ngại vật hoặc ít chướng ngại vật; nó hoạt động hoàn toàn tốt, nhưng nếu có nhiều chướng ngại vật, khoảng cách đó vẫn có thể hoạt động, nhưng thời gian trễ sẽ tăng lên đến 1s hoặc ít hơn.
- Chuyển động của khớp: Phần thiết kế cơ khí, vẽ, in 3D cần có những đường cắt hợp lý giúp chuyển động không bị vướng.

Để khắc phục sự cố do phần nhựa thừa cản trở chuyển động của ngón tay, có hai giải pháp để cải thiện vấn đề này là:

- Giải pháp 1: Dùng dao, kéo cắt bỏ phần thừa và dùng giấy nhám mài những điểm cong để chúng hoạt động hiệu quả hơn. Ưu điểm là chi phí mua nguyên liệu rẻ, thời gian gia công nhanh chóng; nhược điểm là sản phẩm sẽ không đẹp vì xử lý thủ công.
- Giải pháp 2: Thay vì sử dụng nhựa dây có chất liệu kém hơn sẽ được thay thế bằng nhựa có thể giặt bằng nước với chất lượng in tốt hơn và độ bền tốt hơn. Ưu điểm là đẹp và bền; nhược điểm là thực hiện tốn kém và mất thời gian vì phải in từ đầu.

7. KẾT LUẬN

Bàn tay robot điều khiển bằng găng tay được thiết kế dựa trên bàn tay thật với khả năng làm việc linh hoạt nên sẽ được sử dụng phổ biến. Mặc dù quy mô của nghiên cứu nhỏ nhưng tốc độ xử lý cao.

Sau quá trình nghiên cứu, thử nghiệm, có thể kết luận rằng đây sẽ là một công trình có nhiều mục đích sử dụng khác nhau ngoài việc dùng để nghiên cứu, giúp đỡ người lao động làm những công việc nguy hiểm; nó cũng có thể giúp những người tàn tật. Khả năng dễ dàng nâng cấp cho các mục đích khác nhau có thể thay thế hầu hết mọi thành phần bằng những thành phần khác với nhiều chức năng và độ bền hơn. Việc sử dụng và sửa chữa hệ thống của sản phẩm này tương đối dễ dàng nên người dùng sẽ không mất nhiều thời gian tìm hiểu. Bởi vì các thành phần của sản phẩm được sử dụng với các linh kiện tiêu chuẩn để có thể dễ dàng mua và thay thế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Codebender. *How to Use a Flex Sensor - Arduino Tutorial*. [online] Instructables. Available at: <https://www.instructables.com/How-to-use-a-Flex-Sensor-Arduino-Tutorial/> [Accessed 3 January 2022].
- [2]. Microcontroller Tutorials, 2017. *Connecting a Servo Motor to An Arduino*. [online] Available at: <https://www.teachmemicro.com/arduino-servo-motor-tutorial/> [Accessed 10 January 2022].
- [3]. Martin Višňovský, Róbert Rákay, Alena Galajdová, Dušan Šimšík, 2017. *Creating Industrial [Network with PROFINET Communication for Education Purposes*. Acta Mechanica Slovaca 21 (4): 66 – 72.

AUTHORS INFORMATION

Vo Thu Ha¹, Nguyen Thi Thanh¹, Nguyen Duc Nam²

¹Faculty of Electrical Engineering, University of Economics - Technology for Industries, Hanoi, Vietnam

²Faculty of Electrical Engineering, Viet Tri University of Industry, Vietnam