

Nghiên cứu, xây dựng hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu bằng cảm biến biến dạng dựa trên chất lỏng Ion áp dụng trong môn học Vi cơ điện tử

Trần Thị Thúy Hà*

*TS. Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Received: 6/11/2023; Accepted: 12/11/2023; Published: 16/11/2023

Abstract: The primary goal of this paper is to translate sign language gestures into both spoken words and written text. The system utilizes a glove with strain sensors based on ionic liquid technology. These strain sensors are attached to each finger of the glove, enabling the detection of movement in the fingers. When the hand moves to express a letter in sign language, the resistance of the strain sensors on each finger changes. The changes in resistance from the strain sensors are likely translated into a digital signal. This digital signal is then processed to recognize the specific sign language gesture being made. The recognized sign language gestures are converted into spoken words through a voice synthesis system. Simultaneously, the system may display the corresponding written text, providing a visual representation of the sign language gesture.

Keywords: Sign language recognition, strain sensor.

1. Giới thiệu

Ngôn ngữ ký hiệu hay ngôn ngữ dấu hiệu, thủ ngữ là ngôn ngữ dùng những biểu hiện của bàn tay thay cho âm thanh của tiếng nói. Ngôn ngữ ký hiệu do người điếc tạo ra nhằm giúp họ có thể giao tiếp với nhau trong cộng đồng của mình và tiếp thu tri thức của xã hội. Cũng như ngôn ngữ nói, ngôn ngữ ký hiệu của từng quốc gia, thậm chí là từng khu vực trong một quốc gia rất khác nhau. Tuy nhiên, ký hiệu tất cả mọi nơi trên thế giới đều có những điểm tương đồng nhất định.

Để tạo điều kiện cho việc giao tiếp hiệu quả giữa người khiếm thính và người bình thường, cùng với việc tạo sự hiểu biết và lòng thấu hiểu trong xã hội về ngôn ngữ ký hiệu, cần phải có một phương pháp có chi phí thấp, hiệu quả cao. Mục tiêu của bài báo là đề xuất một hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu bằng cảm biến biến dạng dựa trên chất lỏng ion.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Chế tạo cảm biến biến dạng dựa trên chất lỏng ion

Cảm biến biến dạng là một loại cảm biến được sử dụng để đo và ghi lại sự thay đổi trong hình dạng hoặc kích thước của các đối tượng hoặc kết cấu cơ học khi chúng chịu tác động cơ học, chẳng hạn như lực tác động, độ nặng, hoặc sức căng bề mặt. Cảm biến biến dạng hoạt động dựa trên việc theo dõi sự biến đổi trong tính chất điện trở hoặc điện dung của vật liệu cảm biến khi chúng bị biến dạng ví dụ như bị

uốn cong, nén, kéo dãn, hoặc chịu tải.

Trong nghiên cứu này, nhóm sử dụng một loại vỏ cao su silicon chứa một hỗn hợp gồm glycerin và natri clorua. Glycerin là một dẫn xuất của dầu, nó có thể được sử dụng để bảo vệ các điện cực khỏi tác động của chất lỏng ion và tăng độ nhớt của hỗn hợp. Điều này có thể giúp duy trì tính ổn định của hệ thống và ngăn tình trạng rò rỉ. Muối natri clorua cung cấp các ion. Keo silicon được bôi ở phần tiếp giáp giữa các điện cực để ngăn rò rỉ hoặc cải thiện kết nối giữa các thành phần trong hệ thống.

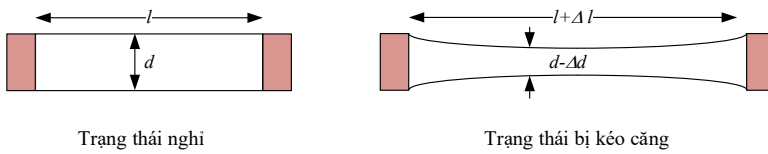
Cảm biến được đề xuất là một loại dạng điện trở. Ở trạng thái nghỉ, cảm biến có chiều dài (l) và đường kính (d). Điện trở của cảm biến có thể được đo bằng biểu thức sau:

$$R = \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (1)$$

Khi ống bị kéo căng thì chiều dài của cảm biến tăng lên một lượng ($l + \Delta l$) trong khi diện tích bề mặt cắt giảm xuống một lượng ($d - \Delta d$) (hình 2.1). Do vậy, điện trở của cảm biến thay đổi thành:

$$R = \rho \frac{l + \Delta l}{\frac{\pi (d - \Delta d)^2}{4}} \quad (2)$$

Như đã thấy, trên công thức (2), điện trở của cảm biến tăng khi ống silicon được kéo căng.



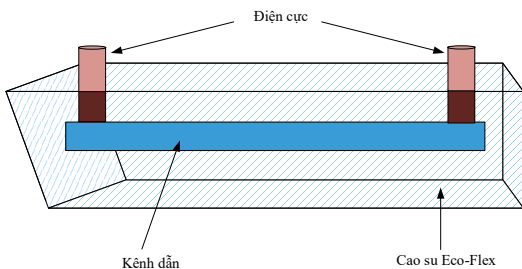
Hình 2.1. Cảm biến biến dạng chất lỏng ở hai trạng thái nghỉ và kéo căng.

Khi natri clorua (NaCl) hòa tan vào nước, các phân tử NaCl sẽ phân li thành các ion Na^+ (cation) và Cl^- (anion). Đây là hiện tượng phân ly ion trong dung dịch, và các ion này có điện tích và khả năng di chuyển trong chất lỏng do sự tồn tại của chúng.

Đặt một hiệu điện thế một chiều DC (direct current) vào chất lỏng (thông qua hai điện cực), điện trường được tạo ra sẽ tác động lên các ion trong dung dịch. Điều này dẫn đến sự thay đổi trong quy luật chuyển động của các ion và làm phép đo không ổn định. Điện cực dương sẽ thu hút các ion âm (anion) trong khi điện cực âm sẽ thu hút các ion dương (cation). Chuyển động này tạo ra một dòng điện bên trong chất lỏng ion. Đó là lý do tại sao chúng ta có thể sử dụng chúng làm vật liệu dẫn điện. Để cải thiện độ chính xác của phép đo, thay thế nguồn một chiều bằng một nguồn điện xoay chiều.

Cảm biến đề xuất được thiết kế (hình 2.2) dựa trên nguyên tắc điện phân ion và sử dụng một cấu trúc có một kênh dẫn điện được bọc bởi hai lớp silicon (eco-flex). Cấu trúc này có thể tạo ra một kênh kẹp cho chất lỏng ion hoặc dung dịch điện phân chứa natri clorua (NaCl) hoặc các chất tương tự.

Các điện cực được đặt ở hai đầu của kênh để che các lỗ và kết nối với mạch đo bên ngoài. Điều này cho phép kiểm soát và đo đạc các thông số trong kênh.



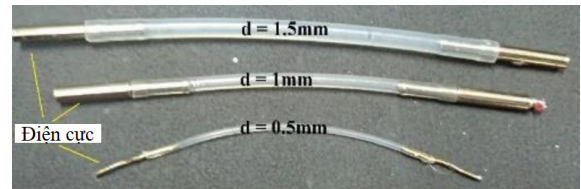
Hình 2.2. Cấu trúc của cảm biến.

Cảm biến đề xuất được tiến hành chế tạo bằng cách trộn cao su EcoFlex 0010 (Smooth-On) theo tỷ lệ 1A:1B. Hỗn hợp EcoFlex sau khi đã trộn sẽ được đổ vào máy in 3D (Objet 500, hệ thống in 3D) để tạo ra phần (A) với độ cao 50mm. Khuôn chứa hỗn hợp EcoFlex được đặt trong buồng chân không

trong vòng 5 phút để loại bỏ bọt khí bên trong hỗn hợp. Loại bỏ bọt khí là quan trọng để đảm bảo cảm biến có cấu trúc đồng nhất và không có lỗ khí. Sau đó, hỗn hợp EcoFlex sẽ đông cứng để tạo cấu trúc của cảm biến.

Phần A được đưa vào trong lò sấy chân không LVO 2030 ở nhiệt độ cao (80 độ). Sau 2 giờ, cấu trúc được tháo ra khỏi khuôn. Đối với phần thứ hai của cảm biến (phần B), cũng được chế tạo tương tự để tạo ra một lớp EcoFlex mỏng (2 mm). Tuy nhiên, phần B chỉ được để ở nhiệt độ phòng trong 15 phút thay vì cho vào lò sấy. Sau đó, lớp đầu tiên (phần A) được đặt cẩn thận lên trên lớp mỏng (phần B) và được sấy khô trong lò ở nhiệt độ 80 độ. Sau 2 giờ, quá trình xử lý nhiệt độ cao hoàn tất, cảm biến được lấy ra khỏi lò và tháo khuôn.

Bước cuối cùng của quá trình chế tạo cảm biến là đổ đầy kênh bằng chất lỏng dẫn điện (hỗn hợp natri clorua, nước và glycerin). Các điện cực được phủ vàng để tăng tính ổn định khi thực hiện phép đo và đảm bảo tiếp xúc tốt giữa điện cực và chất lỏng. Sau khi kênh đã được đổ đầy và điện cực đã được đưa vào, cảm biến được hoàn thiện và sẵn sàng cho việc đo đạc (hình 2.3).

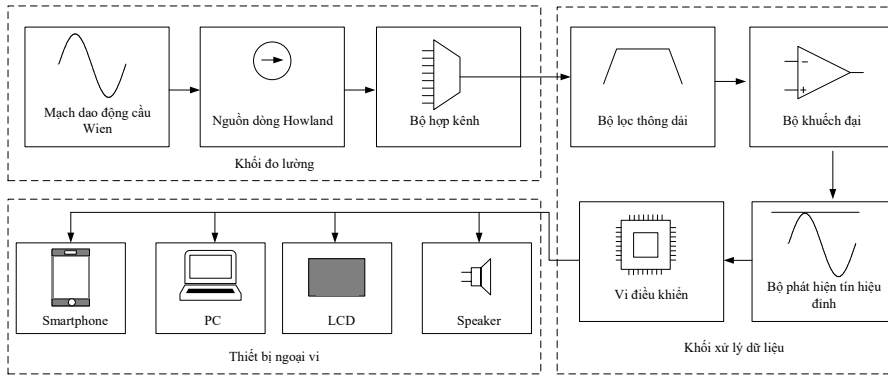


Hình 2.3. Nguyên mẫu được chế tạo của cảm biến biến dạng dựa trên chất lỏng ion.

2.2. Xây dựng hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu dựa trên cảm biến chất lỏng ion

Cảm biến được thiết kế để phản ánh sự thay đổi điện trở khi nó bị kéo căng hoặc trải qua biến dạng. Sự thay đổi này có thể được đo bằng cách đặt một nguồn dòng điện vào điện trở và đo điện áp rơi. Sử dụng dòng điện một chiều (DC), sẽ sinh ra hiện tượng điện phân ở giữa hai điện cực. Điều này có thể làm hỏng cảm biến. Ngoài ra, điện dung ký sinh giữa điện cực và chất lỏng dẫn điện có thể làm phép đo không ổn định dẫn đến kết quả đo thiếu chính xác. Do vậy, dòng điện xoay chiều (AC) được thay thế cho dòng một chiều (DC) dùng để đo sự thay đổi điện trở của cảm biến.

Sơ đồ khối của hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu sử dụng cảm biến chất lỏng ion được minh họa trong hình 2.4.



ký hiệu bằng cách sử dụng cảm biến biến dạng chất lỏng ion.

Với mỗi chữ cái, sự thay đổi điện trở của các cảm biến được khảo sát lặp lại khoảng 10 lần để lấy giá trị trung bình. Ví dụ, với chữ 'A', nó được ký hiệu bằng cách giờ bàn tay thuận của bạn thành năm chấm, hướng ra ngoài, với ngón tay cái

Hình 2.4. Sơ đồ khối của hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu dựa trên chất lỏng ion

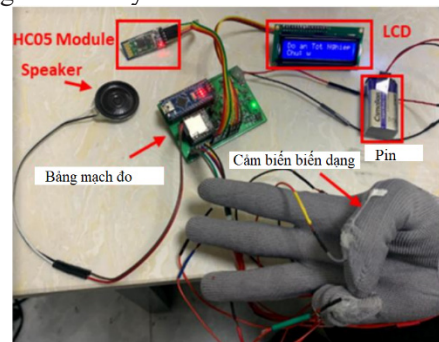
Giá trị điện trở của cảm biến chất lỏng ion được xác định thông qua một mạch dao động cầu Wien và nguồn dòng Howland. Mạch tạo dao động cầu Wien được sử dụng để tạo tín hiệu hình sin có tần số xác định và đưa vào cảm biến. Sau đó, giá trị của từng cảm biến được đọc một cách lần lượt thông qua bộ hợp kênh. Sau khi đọc giá trị từ các cảm biến, tín hiệu được đưa qua bộ lọc thông dải để loại bỏ các tạp âm. Tiếp theo, biên độ của tín hiệu được phân tách bằng bộ tách sóng cực đại trước khi nó được gửi đến bộ vi xử lý trung tâm. Tại khối xử lý trung tâm, dữ liệu được xử lý và giải mã thông qua một thuật toán đã được lập trình trước. Kết quả cuối cùng là việc hiển thị thông tin trên màn hình và phát ra giọng nói.

2.3. Thu thập và xử lý dữ liệu của hệ thống nhận dạng ngôn ngữ ký hiệu dựa trên cảm biến chất lỏng ion

Hệ thống cảm biến này được áp dụng để theo dõi chuyển động của ngón tay. Sử dụng năm cảm biến được gắn trên bàn tay theo thứ tự từ ngón cái đến ngón út để phát hiện chuyển động của ngón tay. Mỗi cảm biến đo biên độ của tín hiệu, phản ánh sự uốn cong của ngón tay. Từ dữ liệu thu được, một thuật toán được xây dựng để chuyển đổi tín hiệu kỹ thuật số thành giọng nói. Đầu tiên, hệ thống được khởi tạo để kích hoạt giao tiếp và các khối chức năng khác. T, hệ thống lấy dữ liệu từ 5 cảm biến và lưu chúng vào bộ nhớ tạm thời trước khi đưa qua bộ lọc trung bình. Sau đó, dữ liệu thu được được giải mã thành các chữ cái. Thời gian chờ (1 giây) đảm bảo hệ thống không bị nhầm lẫn với chuyển động nhanh của tay. Cuối cùng, dữ liệu được xử lý sẽ được chuyển sang khối thực thi, bao gồm loa, điện thoại thông minh và máy tính.

Hình 2.5 cho thấy sự triển khai thực tế của hệ thống và cách các thành phần quan trọng kết nối với nhau để tạo ra một hệ thống nhận dạng ngôn ngữ

úp vào cạnh năm tay. Qua thực nghiệm cho thấy, các cảm biến được gắn trên ngón trỏ, giữa, áp út, ngón út có tỷ lệ điện trở thay đổi nhiều nhất do các ngón này gập mạnh khiến cảm biến bị căng ra, đồng thời điện trở của cảm biến được gắn ngón cái nhỏ hơn do chỉ thò ra ngoài năm tay.



Hình 2.5. Hệ thống nhận dạng ngôn ngữ thực tế trước khi đóng gói

Để đánh giá độ chính xác của hệ thống, mỗi chữ cái được tiến hành thực nghiệm lặp đi lặp lại khoảng 15 lần. Kết quả cho thấy tỷ lệ chính xác trung bình là 98%, như trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. Kết quả thí nghiệm với 10 chữ cái riêng biệt.

STT	Chữ cái	Số lần đúng	Số lần sai	Độ chính xác (%)
1	A	13	2	86.67
2	B	15	0	100
3	C	14	1	93.33
4	D	15	0	100
5	E	15	0	100
6	F	15	0	100
7	V	15	0	100
8	W	15	0	100
9	Y	15	0	100
10	I	15	0	100
Tổng		147/150	3/150	98

(Xem tiếp trang 57)