

Thiết kế, chế tạo máy bay không người lái điều khiển bằng găng tay cảm biến

Design and manufacture of a drone controlled by a sensory glove

> PGS.TS VŨ LÊ HUY^{1,2*}, LÊ MẠNH TRUNG¹, NGUYỄN DUY HƯNG¹, VŨ ĐÌNH DŨNG¹
TRẦN TRỌNG TÚ¹, TS NGUYỄN ĐÌNH DŨNG^{1,2}

¹Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa

²Viện Nghiên cứu và Công nghệ PHENIKAA (PRATI), Công ty Cổ phần Tập đoàn Phương Hoàng Xanh A&A

*Email: huy.vule@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Máy bay không người lái (UAV) với nhiều biến thể khác nhau đã xuất hiện trong cuộc sống với nhiều ứng dụng thực tiễn hữu ích. Hiện nay, các máy bay không người lái chủ yếu được điều khiển bởi các thiết bị ngoại vi như tay cầm điều khiển, cần điều khiển, chuột, bàn phím... Bài báo này trình bày kết quả thiết kế, chế tạo máy bay không người lái được điều khiển bằng găng tay cảm biến với các chuyển động bay cơ bản như tiến lùi, ngang dọc, lên xuống. Bài toán động học và mô hình 3D của máy bay không người lái được xây dựng trong nghiên cứu này theo chuẩn loại máy bay không người lái hạng trung với 4 động cơ (Quadcopter). Găng tay cảm biến sử dụng 2 cảm biến IMU 6DOF với bo mạch chính STM32F103C8T6 đo chuyển động uốn của ngón tay để xác định chiều bay theo thời gian thực và truyền dữ liệu qua giao tiếp không dây LoRa. Phiên bản đầu tiên của máy bay không người lái và găng tay cảm biến đã được chế tạo và thử nghiệm thành công với kết quả cho thấy máy bay bay ổn định và theo dõi tốt dữ liệu từ găng tay cảm biến.

Từ khóa: Máy bay không người lái, Quadcopter, UAV, găng tay cảm biến.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones with many variations have gradually appeared in life with many useful practical applications. Up to now, UAVs have been being controlled by peripheral devices such as controller, joystick, keyboard, mouse, etc. This paper presents the results of designing and manufacturing a drone controlled by a sensory glove with basic flight movements such as forward and backward, horizontal and vertical, up and down. The kinematics problem and 3D model of the drone are established in this study according to the standard of medium-sized drones with four rotors (quadcopter). The glove is sensorized with the two 6DOF IMU sensors connected to the main board STM32F103C8T6 to measure the flexion motions of the fingers to determine the flight direction in real time and transmit data via Lora wireless communication. The first version of the drone and the sensory glove has been successfully created and tested with the results showing the stability flight and tracking well the data from the glove.

Keywords: Unmanned aerial vehicles, Quadcopter, UAV, sensor glove.

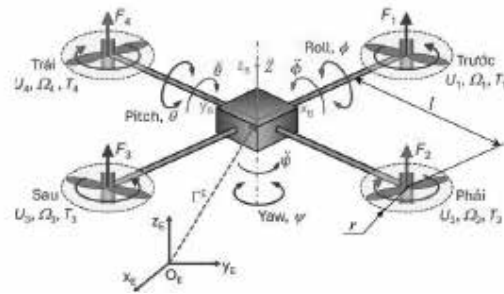
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự xuất hiện của máy bay không người lái (UAV) [1] cùng với thời kỳ công nghiệp 4.0 và công nghệ điều khiển tự động và sự tương tác giữa người - máy, các hệ thống và thiết bị điều khiển phi truyền thống trong những năm gần đây đang ngày càng thu hút được sự quan tâm trong nhiều lĩnh vực như quốc phòng, cứu hộ, nông nghiệp thông minh và công nghệ sáng tạo. Máy bay không người lái có nhiều dạng khác nhau có thể bay tự động hoặc được điều khiển từ xa bằng nhiều thiết bị ngoại vi khác nhau [2]. Ngoài việc sử dụng các phương thức điều khiển từ xa truyền thống như

tay cầm điều khiển, cần điều khiển, chuột, bàn phím... [3], hiện nay, găng tay cảm biến cũng được nghiên cứu trong các ứng dụng điều khiển robot và thiết bị thông minh [4, 5]. Khác với việc sử dụng các phương thức điều khiển truyền thống, hệ thống sử dụng găng tay cảm biến cho phép người điều khiển sử dụng các cử động tay tự nhiên để điều khiển hướng bay, độ cao, tốc độ và các thao tác đặc biệt cho UAV. Găng tay cảm biến có thể tích hợp các cảm biến như cảm biến uốn cong, gia tốc kế, con quay hồi chuyển để nhận biết chính xác từng động tác ngón tay và cử động bàn tay, từ đó truyền tín hiệu không dây đến máy bay không người lái để thực hiện lệnh

điều khiển tương ứng. Các hệ thống này cho phép người dùng điều khiển UAV theo cách tự nhiên hơn, thông qua chuyển động tay và ngón tay, đồng thời mở rộng khả năng ứng dụng UAV trong môi trường hạn chế thiết bị ngoại vi hoặc trong môi trường đòi hỏi thao tác nhanh chóng và chính xác.

Tại các nước đang phát triển, mặc dù UAV đã được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như nông nghiệp, giám sát công trình và tìm kiếm cứu hộ, song các giải pháp điều khiển hiện tại vẫn chủ yếu dựa vào điều khiển truyền thống. Việc nghiên cứu và chế tạo một hệ thống điều khiển UAV sử dụng gắng tay cảm biến nhằm tăng tính trực quan, giảm độ phức tạp khi vận hành và mở rộng khả năng ứng dụng là rất cần thiết. Đặc biệt, trong điều kiện địa hình phức tạp, môi trường khó tiếp cận hoặc yêu cầu độ phản ứng cao, hệ thống này có thể hỗ trợ người vận hành điều khiển UAV nhanh chóng, chính xác và linh hoạt hơn. Một số nghiên cứu cũng đã thực hiện phát triển phương pháp điều khiển máy bay không người lái bằng sử dụng gắng tay cảm biến [2, 6, 7]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới chỉ sử dụng chuyển động của mu bàn tay và các chuyển động đơn giản của ngón tay mà chưa xác định được các góc chuyển động chính xác của ngón tay để đưa ra các lệnh điều khiển chính xác và đa dạng hơn. Bài báo này thực hiện thiết kế và chế tạo một hệ gồm một máy bay không người lái dạng với 4 động cơ (Quadcopter) được điều khiển bằng gắng tay cảm biến. Trong đó, gắng tay có gắn các cảm biến ở bàn tay và ngón tay để lấy dữ liệu phục vụ cho việc điều khiển Quadcopter qua giao tiếp không dây LoRa.



Hình 1. Mô hình tham số động lực học Quadcopter

Bảng 1. Thông số điều khiển các trạng thái bay

Thông số điều khiển	Tín hiệu điều khiển	Trước	Phải	Sau	Trái
Độ cao	U_1	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H + \Delta_A$
Góc roll	U_2	Ω_H	$\Omega_H - \Delta_B$	Ω_H	$\Omega_H + \Delta_A$
Góc pitch	U_3	$\Omega_H - \Delta_B$	Ω_H	$\Omega_H + \Delta_A$	Ω_H
Góc yaw	U_4	$\Omega_H - \Delta_B$	$\Omega_H + \Delta_A$	$\Omega_H - \Delta_B$	$\Omega_H + \Delta_A$

Vị trí của Quadcopter được xác định bởi $\Gamma^E = [X \ Y \ Z]$ từ gốc O_B tới gốc O_E , với X, Y và Z là vị trí của Quadcopter. Gọi $\Xi^E = [\Phi \ \Theta \ \Psi]$ là vector vị trí góc Quadcopter được tạo bởi hướng của hệ trục tọa độ O_B so với hệ trục tọa độ quán tính O_E . Theo tài liệu [8] có hướng của Quadcopter được xác định bởi ma trận quay R_0 của hệ trục $O_B X_B Y_B Z_B$ so với $O_E X_E Y_E Z_E$ ứng với các góc Φ, θ, Ψ như sau:

$$R_0 = \begin{bmatrix} C_\Phi C_\theta & C_\Psi S_\theta S_\Phi - S_\Psi C_\theta & C_\Psi S_\theta C_\Phi + S_\Psi S_\theta \\ S_\Phi C_\theta & S_\Psi S_\theta S_\Phi + C_\Psi C_\theta & S_\Psi S_\theta C_\Phi - C_\Psi S_\theta \\ -S_\theta & C_\theta S_\Phi & C_\theta C_\Phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó, sử dụng các ký hiệu viết tắt tương ứng với một góc α là $C_\alpha = \cos(\alpha)$, $S_\alpha = \sin(\alpha)$. Khi đó, lực của các cánh quạt được xác định:

$$F_i = R_0 \sum_{j=1}^4 F_j \quad (2)$$

Trong đó: Các lực thành phần $F_i = 0,5\rho\Lambda C_T r^2 \Omega_i^2 = d\Omega_i^2$, với Λ - Thiết diện cánh quạt; r - Bán kính cánh quạt, p - Mật độ của không khí; C_T - Hệ lực đẩy khi động học. Mô-men của các góc θ (góc pitch) và góc Φ (góc roll) và góc Ψ (góc yaw) được xác định từ hiệu các cặp lực F_i như sau:

$$M_\theta = l(F_3 - F_1) \quad (3)$$

$$M_\Phi = l(F_4 - F_2)$$

$$M_\Psi = c(F_1 - F_2 + F_3 - F_4)$$

Trong đó: l - Khoảng cách giữa tâm Quadcopter và động cơ; c - Hằng số dương. Các tín hiệu điều khiển U_1, U_2, U_3 và U_4 được xác định theo công thức:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \\ M_\Phi \\ M_\theta \\ M_\Psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b & b & b & b \\ 0 & -lb & 0 & lb \\ -lb & 0 & lb & 0 \\ d & -d & d & -d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Omega_1^2 \\ \Omega_2^2 \\ \Omega_3^2 \\ \Omega_4^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Trong đó: $d > 0$ - Hệ số của lực cản; $b > 0$ - Hệ số lực đẩy tác động lên Quadcopter.

Áp dụng phương trình Newton-Euler cho Quadcopter [9] và các phương trình ở trên có phương trình chuyển động tịnh tiến:

$$\begin{cases} \ddot{X} = (\cos\phi \sin\theta \cos\psi + \sin\psi \sin\phi)U_1/m \\ \ddot{Y} = (\cos\phi \sin\theta \cos\psi - \sin\theta \sin\phi)U_1/m \\ \ddot{Z} = (\cos\phi \cos\theta)U_1/m - g - K_Z Z \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: g - Gia tốc trọng trường; m - Tổng khối lượng Quadcopter, $K_X = h_1/m$, $K_Y = h_2/m$, $K_Z = h_3/m$ - Các hằng số. Phương trình chuyển động quay thu được như sau:

$$\begin{cases} \ddot{\phi} = \theta\dot{\psi} \frac{(I_y - I_z)}{I_x} - \dot{\theta} \frac{I_p \dot{\Omega}_y}{I_x} - \dot{\phi}^2 \frac{h_4}{I_x} + \frac{U_2}{I_x} \\ \ddot{\theta} = \dot{\theta}\dot{\psi} \frac{(I_x - I_z)}{I_y} - \dot{\phi} \frac{I_p \dot{\Omega}_x}{I_y} - \dot{\theta}^2 \frac{h_5}{I_y} + \frac{U_3}{I_y} \\ \ddot{\psi} = \dot{\theta}\dot{\phi} \frac{(I_x - I_y)}{I_z} - \dot{\psi}^2 \frac{h_6}{I_z} + \frac{U_4}{I_z} \end{cases} \quad (6)$$

2. MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

2.1. Tính toán động lực học

Máy bay không người lái được thiết kế theo mô hình Quadcopter có dạng đầu cọng (hay chữ thập) với 4 động cơ được đặt ở 4 góc như mô tả trên Hình 1. Cặp cánh quạt phía trước và phía sau có cùng chiều quay, trong khi đó cặp cánh bên phải và bên trái có cùng chiều quay và quay ngược chiều với cặp cánh quạt phía trước và phía sau nhằm cân bằng mô-men xoắn tác dụng lên khung. Cả 4 cánh phải sinh ra một lực đẩy bằng nhau khi Quadcopter cất cánh và hạ cánh. Các hệ trục tọa độ gắn với Quadcopter được biểu diễn trong Hình 1, trong đó $O_E X_E Y_E Z_E$ là hệ trục tọa độ quán tính, $O_B X_B Y_B Z_B$ là hệ trục tọa độ gắn với Quadcopter với gốc O_B trùng với tâm của Quadcopter [8]. Các lực, mô-men và tốc độ của các cánh quạt được ký hiệu là F_i, T_i và Ω_i , với i từ 1 tới 4 lần lượt ứng với quạt trước, phải, sau và trái. Giả sử các cánh quạt đang có tốc độ bằng nhau Ω_H để giữ Quadcopter ổn định. Việc điều khiển thay đổi độ cao của Quadcopter được thực hiện bằng cách cùng giảm hoặc cùng tăng tốc độ của 4 cánh quạt với cùng một tham số Δ_A . Trong đó, Δ_A là khoảng cách thay đổi tốc độ quay được thêm vào hoặc bớt đi cho các động cơ ứng với dữ liệu tín hiệu đầu vào nhận được U_1 . Khi đó, tốc độ quay của các cánh quạt sẽ là $\Omega_H + \Delta_A$ như thể hiện trong Bảng 1. Góc roll của Quadcopter được điều khiển bằng cách tăng hoặc giảm tốc độ cánh quạt "Trái" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ cánh quạt "Phải" một lượng Δ_B , trong khi tốc độ cánh quạt "Trước" và "Sau" không đổi. Tương tự, góc pitch của Quadcopter được điều khiển bằng việc điều chỉnh tăng hoặc giảm tốc độ của cánh quạt "Sau" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ của cánh quạt "Trước" một lượng Δ_B , còn tốc độ cánh quạt "Trái" và "Phải" không đổi. Việc điều khiển góc yaw của Quadcopter thực hiện bằng cách điều chỉnh tăng hoặc giảm tốc độ cặp cánh quạt "Trái - Phải" một lượng Δ_A và giảm hoặc tăng tốc độ của cặp cánh quạt "Trước - Sau" một lượng Δ_B . Bảng 1 tổng hợp sự điều khiển tốc độ của các cánh quạt ứng với các trường hợp điều khiển theo chiều của các góc roll, pitch và yaw như trong Hình 1.

Trong đó: $I = \text{diag}[I_x, I_y, I_z]$ - Ma trận quán tính; J_p - Mô-men quán tính của rô-to động cơ.

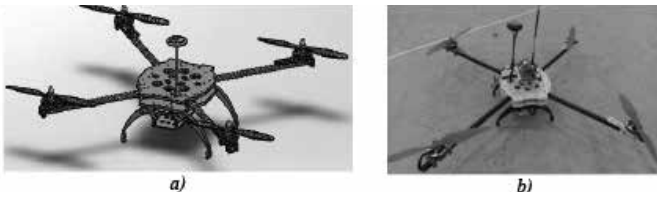
2.2. Thiết kế, chế tạo

Trong bài báo này, các thông số thiết kế cơ khí sơ bộ của máy bay không người lái dạng Quadcopter được đề ra với tổng khối lượng $m = 2$ kg, mật độ không khí trong điều kiện nhiệt độ ở 25°C và áp suất không khí tại mặt đất khoảng 1 atm là $\rho = 1,249$ kg/m³. Tổng lực nâng tính được [10] là:

$$F_T = \sum_{i=1}^4 F_i = 4(\rho S v^2) = 4(\rho \pi r^2 (r\omega)^2) = 4(\rho \pi r^4 \omega^2) = mg \quad (7)$$

Trong đó: $s = m^2$ - Diện tích vùng cánh quạt hoạt động; $v = r\omega$ - Vận tốc dòng khí cho mỗi cánh quạt với ω là tốc độ quay của cánh quạt được xác định từ tốc độ động cơ 20.000 vòng/phút. Từ công thức (7) có được chiều dài cánh quạt $r = 156$ mm, từ đó chọn cánh quạt tiêu chuẩn 12x8 thường dùng cho máy bay không người lái hạng trung. Bên cạnh đó, khoảng cách giữa hai động cơ l trên cùng một trục phải đủ lớn để các cánh quạt không chạm nhau, do đó có $l > \sqrt{2}r$ được chọn là 400 mm. Các động cơ cánh quạt được lựa chọn sử dụng là động cơ 5010 - 740 kV.

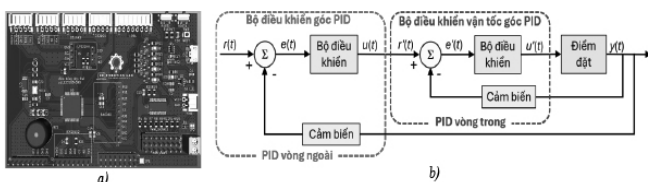
Từ các thông số và kết quả tính toán, các bộ phận của máy bay không người lái được thiết kế bằng các vật liệu như nhựa in 3D và thanh carbon như thể hiện trên Hình 2a nhằm đảm bảo khối lượng yêu cầu. Phần thân máy bay không người lái để chứa mạch điều khiển và khớp liên kết của các cánh quạt được chế tạo sử dụng công nghệ in 3D. Hình b thể hiện hình ảnh máy bay không người lái sau khi chế tạo có kích thước lớn nhất 1,1 m và khối lượng cả pin của Quadcopter sau khi hoàn chỉnh là 1,84 kg đảm bảo khối lượng thiết kế đặt ra.



Hình 2. Hình ảnh (a) thiết kế 3D và (b) sản phẩm đã được chế tạo của Quadcopter

2.3. Điều khiển máy bay không người lái

Động cơ cánh quạt quay ở tốc độ cao được điều khiển thay đổi tốc độ liên tục để giúp máy bay không người lái giữ được sự cân bằng cũng như thay đổi góc lái. Trong nghiên cứu này, mạch điều khiển của Quadcopter được thiết kế như trên Hình 3a sử dụng bộ xử lý trung tâm STM32F405RGT6. Việc sử dụng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) thông thường thì động cơ sẽ không kịp đáp ứng sự thay đổi tốc độ khi muốn thay đổi góc lái cũng như sẽ bị giật nếu thay đổi tốc độ đột ngột gây hỏng động cơ hoặc không điều khiển được máy bay. Vậy nên, việc sử dụng bộ điều khiển tích hợp để điều khiển tốc độ động cơ là cần thiết. Ở bài báo này sử dụng thuật toán PID vòng lặp kép [11] như thể hiện trên Hình 3b giúp điều khiển dữ liệu xung PWM đảm bảo sự mượt mà, chính xác và đáp ứng được việc thay đổi tốc độ khi thay đổi góc lái. Bộ điều khiển PID vòng lặp kép này giúp tăng tốc độ phản ứng trong vòng điều khiển tốc độ góc nhanh hơn, giúp hệ phản hồi tức thì với sai lệch nhỏ, tăng độ ổn định bằng việc phân tách điều khiển thành hai tầng giúp dễ điều chỉnh, tránh hiện tượng dao động.



Hình 3. Sơ đồ (a) bảng mạch điều khiển và (b) thuật toán bộ điều khiển PID vòng lặp kép

Bộ điều khiển PID vòng lặp kép bao gồm hai vòng điều khiển PID lồng nhau với vòng ngoài thực hiện điều khiển góc và vòng trong thực hiện điều khiển vận tốc góc. Bộ điều khiển góc PID có đầu vào $r(t)$ là giá trị đặt (góc mong muốn), cảm biến thực hiện đo góc thực tế $y(t)$, bộ so sánh thực hiện tính sai số $e(t) = r(t) - y(t)$. Bộ điều khiển PID vòng ngoài này xử lý sai số để tạo ra tín hiệu điều khiển trung gian $u(t)$ là giá trị đặt cho PID vòng trong. Bộ điều khiển tốc độ góc PID có đầu vào $r'(t)$ chính là giá trị tốc độ góc mong muốn từ vòng ngoài $u(t)$, cảm biến thực hiện đo tốc độ góc hiện tại. Bộ điều khiển PID vòng trong giữ tốc độ góc mong muốn và đo được với sai số $e'(t)$, kết quả xử lý sai số này đưa ra lệnh điều khiển $u'(t)$ chính là tín hiệu điều khiển cuối cùng truyền tới động cơ.

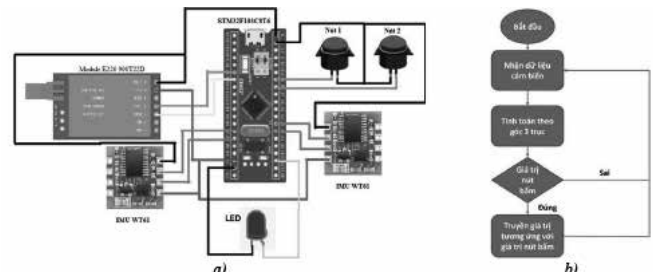
3. GĂNG TAY CẢM BIẾN

Để điều khiển từ xa cho máy bay không người lái dạng Quadcopter đã được chế tạo, một găng tay cảm biến được chế tạo và sử dụng trong nghiên cứu này như hiển thị trong Hình 4. Găng tay sử dụng bảng mạch sử dụng vi điều khiển STM32 F103C8T6 để thu thập dữ liệu từ hai cảm biến gắn vào găng tay tại vị trí đốt ngón tay trở và mu bàn tay như trên Hình 4a. Vi điều khiển STM32 F103C8T6 được lựa chọn do có tần số hoạt động cao, nhỏ gọn và đặc biệt phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu điều khiển thời gian thực. Hai cảm biến được sử dụng là IMU 6DOF WT61 để đo góc giữa đốt ngón tay trở và mu bàn tay. Loại cảm biến này cho tần số lấy mẫu nhanh, dữ liệu chính xác, có lọc nhiễu dữ liệu. Kết nối của các mô-đun, cảm biến và bảng mạch STM32 F103C8T6 được thể hiện bằng sơ đồ trong Hình 5. Găng tay được kết nối với máy bay không người lái bằng giao tiếp truyền thông không dây LoRa [12] qua mô-đun E220 900T22D với tần số hoạt động 864 Mhz nhằm hạn chế sai lệch dữ liệu trong môi trường có vật cản và nhiệt độ cao cũng như khả năng truyền xa của giao tiếp này.



Hình 4. Hình ảnh (a) găng tay cảm biến và (b) lệnh điều khiển cho Quadcopter

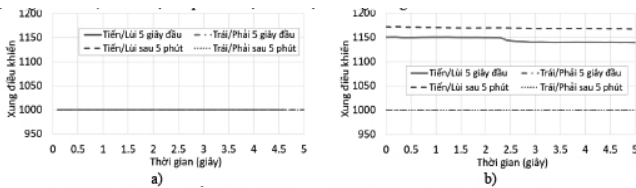
Để điều khiển Quadcopter, người điều khiển sẽ đeo găng tay như Hình 4a và thao tác với các lệnh điều khiển được mô tả trong Hình 4b. Chương trình điều khiển được tải lên bo mạch STM32F103C8T6 đã được mã hóa bằng công cụ STM32CubeIDE, trong đó thuật toán điều khiển được thể hiện trong Hình 5b. Góc giữa đốt ngón tay trở và mu bàn tay được tính toán trong khoảng góc $[-90^{\circ}, 0^{\circ}]$ và chuyển thành giá trị xung dữ liệu trong khoảng $[1000, 2000]$ xung ứng với các giá trị xung điều khiển của tay cầm điều khiển máy bay không người lái hiện hành. Mạch điều khiển STM32F103C8T6 sẽ gửi các giá trị xung dữ liệu theo định dạng quy ước trước. Quadcopter sẽ nhận dữ liệu và giải mã các chuyển động của găng tay để chuyển thành chuyển động của Quadcopter.



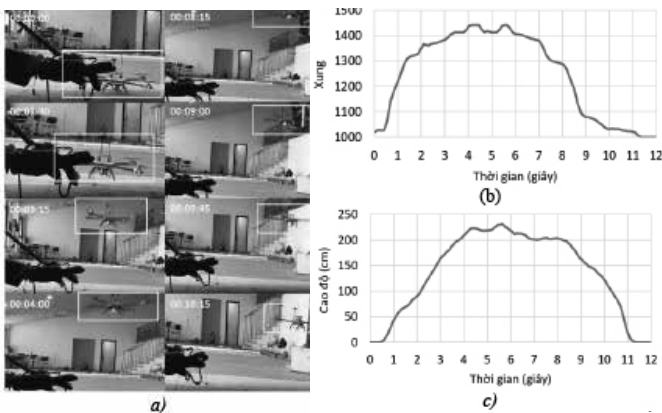
Hình 5. Sơ đồ (a) kết nối mạch và (b) thuật toán điều khiển của găng tay cảm biến

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để thử nghiệm độ chính xác và ổn định của dữ liệu nhận được từ găng tay cảm biến, găng tay cảm biến thực hiện truyền dữ liệu điều khiển đến máy bay không người lái tới máy tính qua cổng Serial ở khoảng cách gần có kết quả thể hiện trên Hình 6. Trường hợp khi để găng tay đứng yên có dữ liệu gửi nhận trong 5 giây đầu và 5 giây sau đó 5 phút được thể hiện trên Hình 6a. Tương tự, dữ liệu khi gập ngón trỏ trong 5 giây đầu và dữ liệu sau 5 phút đến máy bay không người lái thể hiện trên Hình 6b. Đồ thị trên Hình 6 thể hiện rằng khi để găng tay đứng yên dữ liệu ổn định ở 1.000 xung, nhưng có sự thay đổi giá trị khi gập ngón tay. Điều này có thể được giải thích bởi khi gập ngón tay 90° , việc giữ nguyên tư thế tay để thử nghiệm ở 1 giá trị xung là rất khó, nên dữ liệu có phần sai lệch sau một khoảng thời gian.



Hình 6. Dữ liệu xung điều khiển của găng tay (a) khi đứng yên và (b) khi gập ngón tay



Hình 7. Hình ảnh (a) trạng thái bay, (b) dữ liệu từ găng tay và (c) độ cao của máy bay so với mặt đất

Hệ gồm Quadcopter và găng tay cảm biến được chế tạo đã được kết nối thử nghiệm như thể hiện trong Hình 7 với điều kiện môi trường thử nghiệm không mưa gió. Trong đó, Hình 7a thể hiện hình ảnh quá trình điều khiển bay Quadcopter bằng găng tay cảm biến qua các khung hình được cắt ra từ video ứng với các trạng thái độ cao khác nhau của Quadcopter so với mặt sàn. Hình 7b thể hiện dữ liệu điều khiển độ cao của Quadcopter thông qua số xung được chuyển đổi từ góc giữa hai cảm biến WT61 trên găng tay (Hình 4a) theo thời gian bay thử nghiệm. Trong khi đó, Hình 7c hiển thị kết quả đo độ cao của Quadcopter so với mặt sàn được đo với cảm biến laser ứng với thời gian bay thử nghiệm như ở các ảnh trong Hình 7a. Các đồ thị cho thấy sự tương quan độ cao của Quadcopter so với tín hiệu xung điều khiển từ găng tay cảm biến. Tuy nhiên, độ cao của Quadcopter thay đổi chậm hơn so với số xung gửi đến của găng tay do Quadcopter không thể tạo gia tốc lớn để đáp ứng thay đổi ngay lập tức về độ cao mà cần có sự tăng giảm dần dần.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo một hệ gồm máy bay không người lái dạng Quadcopter và một găng tay cảm biến gia tốc IMU dùng để điều khiển trạng thái bay của

Quadcopter. Quadcopter được thiết kế theo chuẩn kích thước của máy bay không người lái hạng trung với khối lượng tổng cộng 1,84 kg, kích thước lớn nhất 110 cm, sử dụng bốn động cơ 5010 - 740 kV. Quadcopter cũng đã được tích hợp mạch điều khiển tự thiết kế và bộ điều khiển PID vòng lặp kép nhằm đem đến kết quả điều khiển nhanh và ổn định hơn. Chuyển động của Quadcopter được điều khiển bởi số xung được tính từ vị trí tương đối của bàn tay và ngón tay nhờ các cảm biến IMU 6DOF WT61 gắn trên găng tay. Cả Quadcopter và găng tay cảm biến đều sử dụng bộ xử lý trung tâm STM32F405RGT6. Quá trình truyền nhận tín hiệu điều khiển giữa Quadcopter và găng tay cảm biến cũng đã được khảo sát và quá trình bay cũng đã được thử nghiệm. Kết quả cho thấy Quadcopter đã theo yêu cầu điều khiển từ găng tay cảm biến, tuy nhiên còn tồn tại độ trễ đáp ứng yêu cầu về chuyển động với gia tốc lớn, do đó cần phải phát triển thêm để đáp ứng nhiều ứng dụng yêu cầu tác vụ thời gian thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Asif Ali Laghari, Awais Khan Jumani, Rashid Ali Laghari, Haque Nawaz (2023), Unmanned aerial vehicles: A review, Cognitive Robotics.
- [2]. Taha Müezzinoğlu and Mehmet Karaköse (2021), An Intelligent Human-Unmanned Aerial Vehicle Interaction Approach in Real Time Based on Machine Learning Using Wearable Gloves. Sensors, 21, 1766.
- [3]. Paolo Boffi, Monica Clerici, Giuseppe Mauri, Giulia Meneghin, Alberto Gallace, Pier Luca Lanzi (2024), Comparing Traditional and Haptic Controllers for Fine-Movement Tasks in Virtual Reality, IEEE 12th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), pp.1-8.
- [4]. Leonardo Borgioli, Ki-Hwan Oh, Alberto Mangano, Alvaro Ducas, Luciano Ambrosini, Federico Pinto, Paula A López, Jessica Cassiani, Miloš Zefran, Liaohai Chen and Pier Cristoforo Giulianotti (2024), Sensory Glove-Based Surgical Robot User Interface, International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS).
- [5]. Vu Le Huy, Le Manh Trung, Pham Ngoc Viet, Tran Trong Tu, Le Van Tuan, Nguyen Duy Hung, Nguyen Chi Hung (2024), Full-Movement Simulation of Humanoid Robot Hand Controlled by Sensory Glove, Acta Polytechnica Hungarica, vol.21, no.9, pp.129-146.
- [6]. Kianoush Haratiannejadi, Rastko R. Selmic (2020), Smart Glove and Hand Gesture-Based Control Interface for Multi-Rotor Aerial Vehicles in a Multi-Subject Environment, IEEE Access, vol.8, pp.227667-227677.
- [7]. Ji-Won Lee and Kee-Ho Yu (2023), Wearable Drone Controller: Machine Learning-Based Hand Gesture Recognition and Vibrotactile Feedback, Sensors, 23, 2666.
- [8]. Hoàng Văn Huy (2024), Mô phỏng hệ điều khiển quadrotor sử dụng động cơ chấp hành một chiều với bộ điều khiển thích nghi, HaUI Journal of Science and Technology, vol.60, no.9, pp.111-117.
- [9]. Tommaso Bresciani (2008), Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter, Lund University.
- [10]. MD. Faiyaz Ahmed, Mohd. Nayab Zafar, J. C. Mohanta (2020), Modeling and Analysis of Quadcopter F450 Frame, 2020 International Conference on Contemporary Computing and Applications (IC3A), pp.196-201.
- [11]. Esam H. Abdelhameed (2016), Concurrent speed and position tracking of elevator driven by linear induction motor using cascade PI-PI control system, 2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), pp.468-473.
- [12]. Aidil Muhamad, Seno Darmawan Panjaitan, Redi Ratiandi Yacob (2024), Design And Development of Flight Controller For Quadcopter Drone Control, Telecommunications, Computers and Electricals Engineering Journal (TELECTRICAL), vol.1, no.3, pp.279-291.