

Nghiên cứu điều khiển chuyển động của quadcopter trong không gian theo tọa độ GPS

■ TS. NGUYỄN VĂN TIẾN
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Quadcopter còn được gọi là drone, đây là thiết bị bay không người lái. Trong vài năm trở lại đây, máy bay không người lái đã trở thành một trong những xu hướng xây dựng hấp dẫn nhất. Vị trí thuận lợi trên không và khả năng thu thập dữ liệu của chúng khiến chúng trở thành một công cụ mang lại những lợi ích bao gồm từ an toàn tại chỗ đến giám sát từ xa. Bài báo nghiên cứu đưa ra phương án điều khiển chính xác vị trí các thiết bị bay 4 cánh quạt trong không gian, đồng thời nghiên cứu về các loại cảm biến phù hợp để xây dựng mô hình vật lý kiểm tra lại các lý thuyết đã nghiên cứu. Mô hình vật lý thiết bị bay có khả năng tiếp cận mục tiêu theo tọa độ GPS, đồng thời thu thập thông tin hình ảnh mục tiêu và gửi về trung tâm theo thời gian thực.

TỪ KHÓA: Thiết bị bay không người lái, quadcopter, ESP32, PPM, GPS.

ABSTRACT: Quadcopter also known as drone, this is an unmanned aerial vehicle. Over the past few years drones have become one of the hottest construction trends. Their vantage point in the air and their data collection capabilities make them a viable tool, offering benefits that range from on-site safety to remote monitoring. The research paper a plan to accurately control the position of quadcopter and receiver sensors to build a physical model. The physical model of the quadcopter has the ability to approach the target according to GPS coordinates and collect target image information and send it to the center in real time.

KEYWORDS: UAV, quadcopter ESP32, PPM, GPS

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với hệ thống đường thủy, hàng năm có hàng nghìn vụ tai nạn, sự cố xảy ra, gây thiệt hại về kinh tế và con người. Trong các sự cố đó thì việc triển khai phương án cứu hộ đóng một vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu thiệt hại về người và của. Các phương án cứu hộ muốn hiệu quả cần có các số liệu về hiện trường, do vậy một thiết bị bay không người lái có nhiệm vụ thu thập hình ảnh, số liệu về điều kiện môi trường là cần thiết. Các thiết bị bay có tốc độ cao và sẽ được triển khai tự động đến tọa độ GPS (Global Positioning System), nơi xảy ra sự cố, do vậy rút ngắn được thời gian triển khai phương án cứu nạn [1, 2]. Ngoài ra,

thiết bị bay có thể tiếp cận các môi trường nguy hại với con người như hóa chất, nhiệt độ cao, khói... Thiết bị có thể lắp đặt trên các con tàu cứu hộ, giúp cho công tác cứu hộ được triển khai hiệu quả hơn.

Nội dung bài báo bao gồm: Đề xuất cấu trúc phần cứng của thiết bị bay không người lái; Xây dựng phần mềm điều khiển và kết nối để thu nhận hình ảnh từ với quadcopter theo thời gian thực.

2. CẤU TRÚC THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI TỰ ĐỘNG TIẾP CẬN MỤC TIÊU THEO TỌA ĐỘ GPS

2.1. Thông số mô hình quadcopter

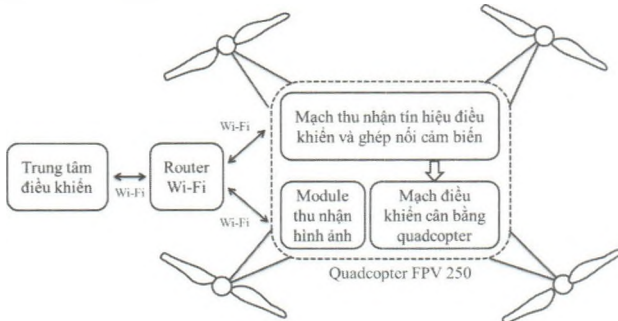
Quadcopter là một dạng máy bay sử dụng lực quay của động cơ để tạo dòng khí đẩy xuống, qua đó xuất hiện lực nâng khiến máy bay bay lên. Không giống như dòng máy bay cánh bằng, các loại máy bay phản lực sử dụng độ nghiêng của cánh để tạo lực nâng. Quadcopter phổ biến nhất là loại có 4 động cơ, bằng cách điều chỉnh lực quay từng motor, quadcopter có thể lộn nhào di chuyển cực kì linh động. Đối tượng nghiên cứu trong bài báo sử dụng bộ khung quadcopter như Hình 2.1, sau đó triển khai thêm các thành phần điều khiển và các cảm biến để cho phép điều khiển quadcopter tiếp cận và thu thập thông tin hình ảnh của mục tiêu. Quadcopter bao gồm 4 động cơ, kết hợp với bộ điều khiển và một nguồn pin để cung cấp năng lượng. Chiều dài cơ sở của quadcopter là 250 mm, trọng lượng 560 g [3]. Các động cơ sử dụng loại không chổi than tốc độ quay 25.000 vòng/phút tạo lực nâng 0,5 kg trên mỗi động cơ khi hoạt động ở công suất tối đa. Nguồn năng lượng của quadcopter được lấy từ bộ pin có dung lượng 2.500 mAh. Để giảm trọng lượng của quadcopter thì loại pin được sử dụng là Li-Po.



Hình 2.1: Hình ảnh bộ kit quadcopter

2.2. Mô hình đề xuất của thiết bị bay không người lái tự động tiếp cận mục tiêu

Mô hình hệ thống bao gồm: trung tâm điều khiển, bộ thu nhận tín hiệu điều khiển và ghép nối cảm biến, thiết bị bay quadcopter.



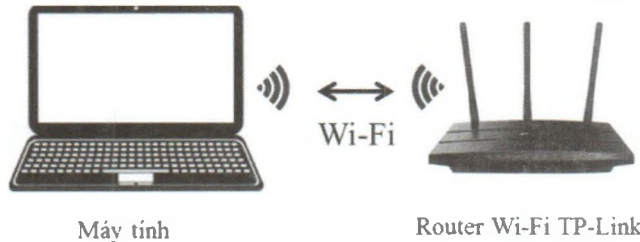
Hình 2.2: Sơ đồ cấu trúc thiết bị bay không người lái tự động tiếp cận mục tiêu

Quadcopter được điều khiển bởi mạch điều khiển cân bằng giúp quadcopter có thể cất cánh, hạ cánh một cách cân bằng và ổn định [4, 5]. Trên quadcopter được lắp các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm) và mô-đun thu nhận hình ảnh để thu thập thông số môi trường. Các dữ liệu cảm biến và hình ảnh thu nhận được gửi về trung tâm điều khiển qua kết nối wifi (Wireless Fidelity).

Bộ router wifi đóng vai trò tạo kết nối giữa trung tâm điều khiển và quadcopter vào cùng một mạng, do vậy các gói dữ liệu (data packs) giữa trung tâm điều khiển và quadcopter có thể trao đổi qua lại với nhau.

2.2.1. Cấu trúc của trung tâm điều khiển

Cấu trúc của trung tâm điều khiển như trên Hình 2.3.



Hình 2.3: Trung tâm điều khiển

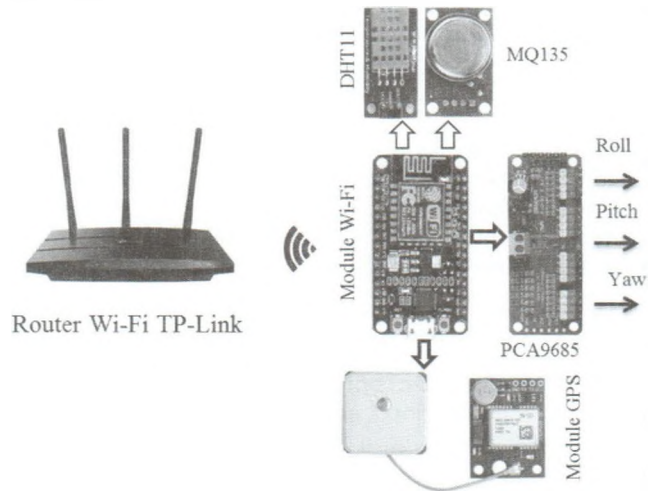
Trung tâm điều khiển bao gồm một máy tính điều khiển được cài đặt phần mềm để điều khiển và thu nhận thông tin hình ảnh, thông số chất lượng không khí (nhiệt độ, độ ẩm...) của mục tiêu thông qua wifi. Máy tính điều khiển được kết nối tới mô-đun wifi của quadcopter thông qua router wifi, thông qua router wifi để gửi các tín hiệu lệnh điều khiển từ máy tính tới cho quadcopter.

Khi có tín hiệu cứu nạn từ mục tiêu, máy tính sẽ tính toán quỹ đạo để tiếp cận mục tiêu sau đó sẽ gửi lệnh cất cánh tới quadcopter. Trong quá trình bay, tọa độ của quadcopter sẽ liên tục được gửi về máy tính. Chương trình trên máy tính sẽ tính toán quỹ đạo bay của quadcopter và so sánh với quỹ đạo đã tính toán để hiệu chỉnh quỹ đạo của quadcopter. Khi đã tiếp cận được mục tiêu, quadcopter sẽ chụp ảnh và đo đạc các thông số môi trường rồi gửi về máy tính.

2.2.2. Cấu trúc bộ thu nhận tín hiệu điều khiển và ghép nối cảm biến

Bộ thu nhận tín hiệu điều khiển bao gồm: mô-đun wifi kết nối tới trung tâm điều khiển; cảm biến nhiệt độ - độ ẩm DHT11; cảm biến đo chất lượng không khí MQ135, cảm biến GPS NEO-6M; mô-đun PCA9685 tạo tín hiệu đặt Roll, Pitch, Yaw dạng PPM (Pulse Position Modulation) cho quadcopter.

Lệnh đặt quỹ đạo từ máy tính được gửi đến bộ thu nhận tín hiệu thông qua router wifi, tín hiệu đặt bao gồm Roll, Pitch, Yaw. Tín hiệu Yaw là xoay hoặc xoay đầu của quadcopter hoặc sang phải hoặc trái. Đó là chuyển động cơ bản để quay quadcopter. Pitch là chuyển động của quadcopter hoặc về phía trước và phía sau. Roll là tín hiệu làm cho bay quadcopter sang một bên, hoặc sang trái hoặc phải.



Hình 2.4: Cấu trúc bộ thu nhận tín hiệu điều khiển

Bộ thu GPS sẽ liên tục xác định tọa độ GPS của quadcopter sau mỗi 1s và sau đó gửi về trung tâm điều khiển phục vụ giám sát và điều khiển quỹ đạo của quadcopter.

2.2.3. Mô-đun thu nhận hình ảnh

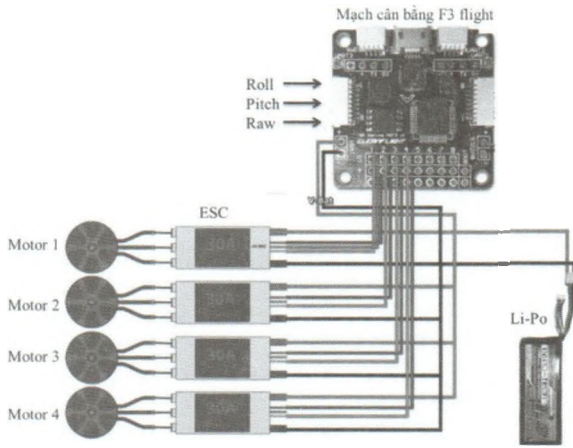
Mô-đun thu nhận hình ảnh như trên Hình 2.5, mô-đun được phát triển trên nền tảng vi điều khiển trung tâm là ESP32 SoC với công nghệ wifi và kiến trúc ARM mới nhất hiện nay, kết hợp với camera OV2640 sử dụng trong các ứng dụng truyền hình ảnh, xử lý hình ảnh qua wifi.



Hình 2.5: Mô-đun thu nhận hình ảnh ESP32-CAM

2.2.4. Cấu trúc bộ điều khiển bay của quadcopter

Mạch điều khiển của quadcopter bao gồm: mạch cân bằng, bộ điều tốc điện tử ESC và động cơ không chổi than (Hình 2.6).

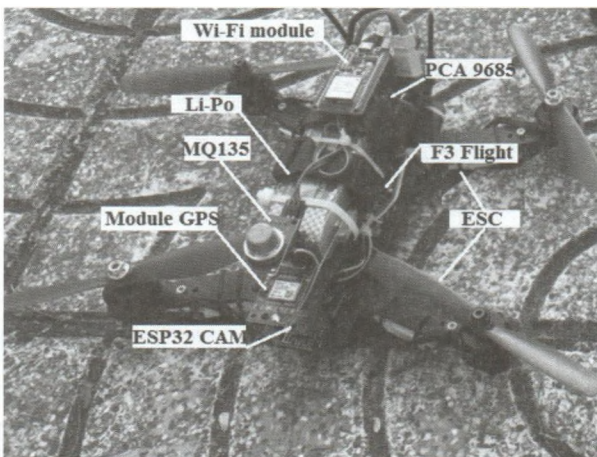


Hình 2.6: Cấu trúc bộ điều khiển bay của quadcopter

Trên một chiếc quadcopter thường có 4 cánh quạt và động cơ thường sử dụng là loại không chổi than (Brushless DC). Chúng bao gồm một stator, trục chính, cổ định và có dây đồng quấn xung quanh. Khi dòng điện chạy qua cuộn dây, nó tạo ra từ tính và tương tác với nam châm trên roto, làm cho roto quay. Để làm cho một động cơ Brushless quay, cần phải cấp dòng qua cuộn dây của nó với thời gian phải rất chính xác. Không giống như động cơ có chổi than, động cơ brushless là động cơ ba pha - 3 dây nên cần một bộ điều tốc độ điện tử ESC (Electronic Speed Controller) để phụ trách việc này. Không có ESC, động cơ sẽ không thể quay.

Mạch cân bằng là một hệ thống nhỏ làm nhiệm vụ chuyển các tín hiệu điều khiển từ bộ thu nhận tín hiệu điều khiển thành tín hiệu điều khiển động cơ tương ứng. Trong mạch cân bằng thường có cảm biến gyro để đo góc nghiêng của quadcopter và kết hợp với tín hiệu vị trí đặt được đưa qua một vòng lặp PID để tìm ra cách điều chỉnh động cơ tối ưu nhất và đưa tới ESC để làm cho quadcopter chuyển động theo đúng quỹ đạo đã đặt.

Mô hình quadcopter tự động tiếp cận mục tiêu theo GPS sau khi thiết kế hoàn chỉnh như trên Hình 2.7.



Hình 2.7: Mô hình thiết bị bay đã được chế tạo

3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM ĐIỀU KHIỂN

Trên Hình 3.1 là giao diện chương trình trên máy tính trung tâm điều khiển. Khi có tín hiệu cứu nạn được gửi đến, tọa độ vị trí mục tiêu được chương trình thu nhận và tính toán quỹ đạo di chuyển đến mục tiêu, sau đó gửi lệnh cất cánh đến quadcopter. Trong quá trình bay, quadcopter sẽ tự xác định vị trí thông qua mô-đun GPS và sẽ liên tục gửi vị trí về trung tâm điều khiển. Khi đã đến mục tiêu, mô-đun thu nhận hình ảnh sẽ quan sát mục tiêu và gửi về phần mềm. Ngoài ra, các thông số nhiệt độ, độ ẩm cũng được phần mềm thu thập và hiển thị lên giao diện làm căn cứ để người vận hành đưa ra phương án cứu nạn phù hợp.



Hình 3.1: Giao diện chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu cảm biến

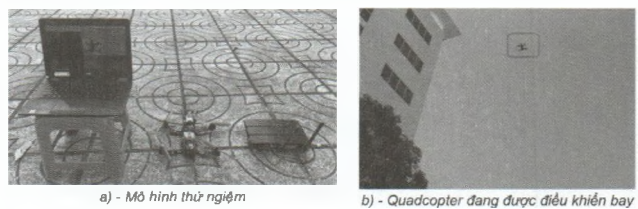
4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ

Để đánh giá sự hoạt động của máy bay trong môi trường thực tế, bài báo thực nghiệm trên mô hình vật lý của quadcopter. Để cài đặt thông số bộ điều khiển PID vào mạch điều khiển bay, chúng ta cần sử dụng phần mềm CleanFlight với các tham số của bộ điều khiển như sau:

$$K_{P(ROLL, PITCH)}=0,81, K_{I(ROLL,PITCH)}=0,45, K_{D(ROLL,PITCH)}=0,3; K_{P(YAW)}=0,65, K_{I(YAW)}=0,45.$$

Phần mềm điều khiển cài đặt ở chế độ tự động, tốc độ bay trung bình, độ cao 4 - 5 m, tọa độ mục tiêu thử nghiệm với kinh độ - vĩ độ là (20,837335;106,692979), tọa độ hiện tại của quadcopter (20,836453;106,693272).

Khi có lệnh cất cánh, quadcopter tự động khởi động đến độ cao khoảng 5 m và di chuyển đến tọa độ mục tiêu. Vị trí hiện tại của quadcopter được hiển thị trên phần mềm. Khi đến mục tiêu, hình ảnh mục tiêu được gửi về phần mềm. Một số hình ảnh thử nghiệm như trên Hình 4.1.



Hình 4.1: Thử nghiệm thiết bị bay tự động tiếp cận mục tiêu

Kết quả thực nghiệm cho thấy, thiết bị có khả năng tự động cất cánh tiếp cận mục tiêu và quay trở về theo đúng thuật toán đã xây dựng. Hình ảnh, nhiệt độ và độ ẩm môi trường cũng được thiết bị bay truyền về phần mềm điều khiển một cách liên tục.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày nghiên cứu thiết kế thiết bị bay không người lái 4 cánh quạt (quadcopter) tự động tiếp cận mục tiêu theo tọa độ GPS phục vụ mục đích cứu nạn. Các cảm biến cũng đã được lắp trên quadcopter để thu thập các thông tin về môi trường và được gửi về máy tính điều khiển trung tâm theo thời gian thực thông qua kết nối wifi. Kết quả nghiên cứu của bài báo được thực nghiệm trên mô hình vật lý và cho kết quả hoạt động chính xác.

Tuy nhiên, do công suất thu - phát của mô-đun wifi mà mô hình vật lý sử dụng thấp, do vậy phạm vi điều khiển hiệu quả chỉ trong khoảng 200 m. Để nâng cao phạm vi điều khiển có thể sử dụng bộ thu phát wifi tầm xa kết hợp với các chuẩn wifi mới như 802.11ac hoặc 802.11ax.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.42.

Tài liệu tham khảo

[1]. Gata Krystosik-Gromadzińska (2021), *The use of drones in the maritime sector - areas and benefits*, Scientific Journals Zeszyty Naukowe of the Maritime University of Szczecin, Digital Object Identifier 10.1109.

[2]. Aoying li1, Sheng gao1, *Maritime Buoyage Inspection System Based on an Unmanned Aerial Vehicle and ActiveDisturbance Rejection Control*.

[3]. Efe Camci, Erdal Kayacan (2019), *Planning Swift Maneuvers of Quadcopter Using Motion Primitives Explored by Reinforcement Learning*, American Control Conference (ACC).

[4]. Nguyễn Hùng Thái Sơn, Võ Nguyên Phúc (2015), *Thiết kế và thi công mô hình bay quadcopter*, Tạp chí Khoa học Lạc Hồng, số 4.

[5]. Bhavyanth Kondapalli (2018), *Development and Future of Drones: Explore heights*, Bhavyanth Kondapalli.

Ngày nhận bài: 12/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 26/5/2022

Người phản biện: TS. Đỗ Khắc Tiệp

TS. Nguyễn Mạnh Cường