

NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHOÁ CỬA THÔNG MINH SỬ DỤNG NHẬN DIỆN KHUÔN MẶT

Nguyễn Đức Nhật Quang^{1*}, Lê Trần Đình Phong¹, Nguyễn Thanh Bình²,
Phạm Thị Thúy Sang³, Vương Quang Phước¹

¹ Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, ĐH Huế

² Phòng Kế hoạch tài chính và Cơ sở vật chất, Trường Đại học Khoa học, ĐH Huế

³ Trung tâm Công nghệ thông tin tỉnh Thừa Thiên Huế

*Email: ndnquang@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 29/5/2023; ngày hoàn thành phản biện: 5/6/2023; ngày duyệt đăng: 4/12/2023

TÓM TẮT

Mục tiêu chính của nhóm là phát triển một mô hình hệ thống khoá cửa an toàn và hiện đại, không cần sử dụng chìa khoá mà thay vào đó sử dụng công nghệ sinh trắc học. Nhóm tập trung vào nghiên cứu và thiết kế hệ thống khoá cửa thông minh sử dụng nhận diện khuôn mặt để đảm bảo tính bảo mật cao. Chúng tôi sử dụng vi điều khiển ESP32-CAM để xử lý nhận diện khuôn mặt và so sánh dữ liệu với dữ liệu đã lưu trữ. Khi phát hiện khớp, hệ thống sẽ điều khiển rơ-le để mở hoặc đóng chốt điện từ, đảm bảo an toàn. Trường hợp không khớp, hệ thống sẽ chụp ảnh khuôn mặt và gửi lên chatbot trên ứng dụng Telegram. Kết quả thử nghiệm cho thấy hiệu quả tốt trong nhận diện khuôn mặt. Hệ thống có kích thước nhỏ, tiêu thụ công suất thấp và dễ sử dụng.

Từ khóa: esp32 camera, face recognition, intelligent detection, internet of things, smart door lock

1. MỞ ĐẦU

Cuộc sống ngày càng phát triển kéo theo nhu cầu cải thiện đời sống vật chất ngày càng tăng. Đặc biệt, nhu cầu đảm bảo an ninh cho chính ngôi nhà của mọi người luôn được quan tâm. Trong đó, hệ thống khoá cửa thông minh được phát triển để đáp ứng nhu cầu này. Các loại hệ thống khoá cửa thông minh hiện nay có tính bảo mật cao và khả năng chống trộm tốt cho ngôi nhà. Bên cạnh đó, mỗi loại khoá cửa sẽ có các ưu, nhược điểm khác nhau [1].

Các loại khoá cửa thông minh phổ biến hiện nay được sử dụng những công nghệ

hiện đại:

- Mở khoá sử dụng nhận diện vân tay: "Khi đặt ngón tay lên trên một thiết bị đọc dấu vân tay, ngay lập tức thiết bị này sẽ quét hình ảnh ngón tay đó và đưa vào hệ thống" [2]. Hệ thống sẽ xử lý dấu vân tay, chuyển sang diện dữ liệu số rồi đối chiếu các đặc điểm của vân tay đó với dữ liệu đã được lưu trữ trong hệ thống để từ đó xác thực danh tính của người quét vân tay. Vì mỗi người có một dấu vân tay độc nhất nên vân tay là một trong các phương pháp xác thực danh tính vô cùng hữu hiệu. Nhược điểm của phương pháp này là chỉ chấp nhận vân tay trên cơ thể có nhiệt, vân tay bị mờ sẽ không nhận diện được...
- Mở khoá sử dụng mật mã [3]: Công nghệ mở khoá bằng mật mã được lưu sẵn. Đây cũng là một giải pháp với độ bảo mật cao. Loại khoá cửa sử dụng công nghệ này có kích thước khá nhỏ gọn và dễ sử dụng. Tuy nhiên, sử dụng mật mã để mở khoá khiến cho quá trình mở cửa mất thời gian hơn so với các giải pháp thông minh khác như vân tay, khuôn mặt, thẻ từ...
- Mở khoá sử dụng nhận diện khuôn mặt [4][5][6][7][8][9]: Công nghệ mở khoá bằng khuôn mặt. "Đây là công nghệ bảo mật sinh trắc học dựa vào các đặc điểm trên khuôn mặt để xác thực" [10]. Ứng dụng của công nghệ nhận diện khuôn mặt rất đa dạng trong nhiều lĩnh vực như: điểm danh [5], điều tra an ninh [7], giám sát [9]...

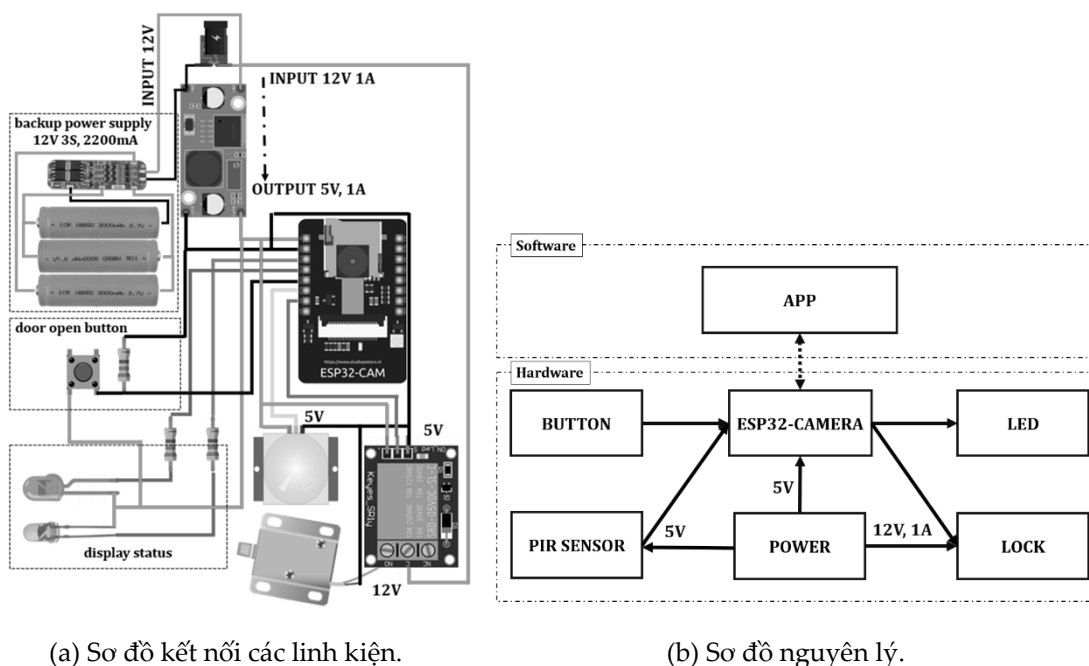
Nắm bắt được xu thế từ thực tiễn, nghiên cứu này tập trung vào "Hệ thống khoá cửa thông minh sử dụng camera nhận diện khuôn mặt" và trình bày 2 chức năng chính: Mở khoá trực tiếp sử dụng nhận diện khuôn mặt và mở khoá từ xa thông qua ứng dụng đa nền tảng:

- Mở khoá trực tiếp sử dụng nhận diện khuôn mặt: Đầu tiên, cần phải đăng ký khuôn mặt trên máy chủ web cục bộ (local web server) và bật phát hiện chuyển động thông qua ứng dụng Telegram. Sau đó, nếu camera phát hiện khuôn mặt trong vùng quét thì hệ thống sẽ kiểm tra khuôn mặt đó có được lưu trong hệ thống hay không bằng cách so sánh các đặc trưng của nó khớp với khuôn mặt đã lưu thì mở cửa, ngược lại thì chụp ảnh và gửi ảnh đó đến chủ nhà thông qua ứng dụng Telegram.
- Mở khoá từ xa thông qua ứng dụng đa nền tảng: Phương pháp này sử dụng ứng dụng Telegram để điều khiển việc mở khoá từ xa bằng cách gửi lệnh "/Un_lock" trong ứng dụng, hệ thống sẽ tiến hành mở khoá cửa. Mở khoá từ xa thông qua ứng dụng Telegram giúp cho người sử dụng có thể kiểm soát, mở cửa cho người thân khi không có nhà. Ngoài ra, hệ thống vẫn có thể mở cửa khi kết nối với Internet thông qua Wi-Fi bị ngắt, chỉ cần phát Wi-Fi cùng tên và mật khẩu mà hệ thống đã lưu, hệ thống sẽ kết nối lại và hoạt động bình thường.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHÓA CỬA THÔNG MINH

2.1 Thiết kế phần cứng

Sơ đồ kết nối các linh kiện của hệ thống khoá cửa được trình bày trong hình 1a. Trong sơ đồ này, các dây dẫn được sử dụng để kết nối các linh kiện với nhau, bao gồm các dây nguồn và dây tín hiệu để truyền thông tin điều khiển giữa các linh kiện trong hệ thống. Ngoài ra, cấu trúc của hệ thống khoá cửa được thể hiện trong sơ đồ nguyên lý ở hình 1b.



(a) Sơ đồ kết nối các linh kiện.

(b) Sơ đồ nguyên lý.

Hình 1. Cấu trúc của hệ thống khoá cửa.

Khi hệ thống được cấp nguồn, các linh kiện này sẽ đảm nhận từng chức năng cụ thể:

- Rơ-le (relay) đóng hoặc mở chốt điện từ thông qua tín hiệu được gửi đến từ ESP32-CAM để khóa hoặc mở khóa cửa.
- Đèn LED hiển thị thông báo tình trạng của hệ thống. Khi đèn hiển thị màu đỏ, hệ thống đang đóng cửa. Ngược lại, khi đèn hiển thị màu xanh, hệ thống đang mở cửa.
- Cảm biến chuyển động hồng ngoại (passive infrared sensor – PIR sensor) gửi tín hiệu thông báo đến ESP32-CAM khi phát hiện đối tượng phát ra ánh sáng hồng ngoại như người hoặc động vật chuyển động trong vùng quét của nó.
- ESP32-CAM cho phép camera lấy hình ảnh của đối tượng và tiến hành nhận diện khuôn mặt để gửi lệnh mở cửa hoặc lưu hình ảnh của khuôn mặt không nằm trong hệ thống và thông báo cho chủ nhà.

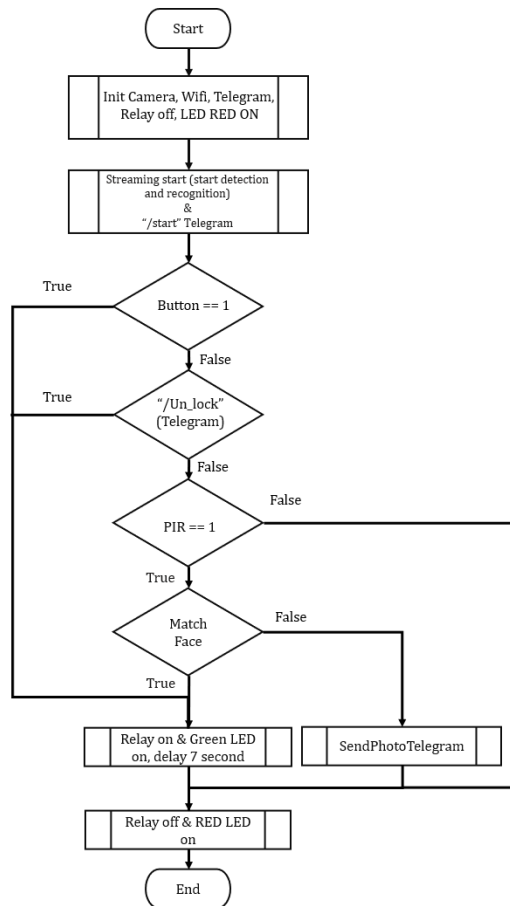
- Nút nhấn (button) cho phép chủ nhà mở cửa từ bên trong.

Các linh kiện kết nối với ESP32-CAM [13] và hoạt động của chúng được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Kết nối chân giữa ESP32-CAM với các linh kiện

STT	ESP32-CAM	Kết nối linh kiện	Tín hiệu	Hoạt động
1	IO14	PIR	Input	Phát hiện chuyển động
2	IO15	Button	Input	Mở khoá cửa từ bên trong
3	IO2	Relay	Output	Đóng/mở khoá cửa
4	IO12	LED red	Output	Hiển thị đang đóng khoá cửa
5	IO13	LED green	Output	Hiển thị đang mở khoá cửa

2.2 Lưu đồ giải thuật



Hình 2. Lưu đồ giải thuật của hệ thống khoá cửa.

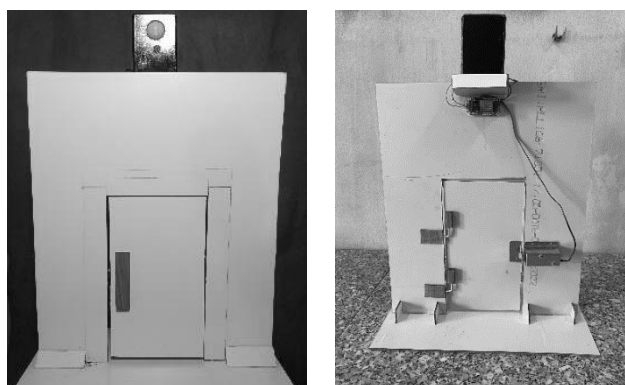
Quá trình hoạt động của hệ thống khoá cửa thông minh sử dụng nhận diện khuôn mặt (hình 2) được thực hiện theo trình tự sau:

- Khởi tạo camera, Wi-Fi, Telegram, Ro-le, LED
- Kết nối hệ thống với ứng dụng Telegram, sau đó kích hoạt chức năng phát hiện chuyển động và mở giao diện Web, kích hoạt chức năng nhận diện khuôn mặt:
 - o Mở khoá trực tiếp qua nhận diện khuôn mặt: Nếu khuôn mặt có các đặc trưng đã được lưu trong hệ thống thì mở khoá cửa trong 10 giây, sau đó tự động đóng khóa cửa. Ngược lại, nếu sai thì hệ thống chụp ảnh và gửi ảnh đó đến chatbot trong Telegram.
 - o Mở khoá từ xa qua ứng dụng Telegram: Thực hiện gọi lệnh `"/Un_lock"` đến chatbot trong Telegram, hệ thống mở khoá cửa trong 10 giây, sau đó tự động đóng khóa cửa.

3. KẾT LUẬN THỰC NGHIỆM

3.1 Thiết kế mô hình thử nghiệm

Để tiến hành kiểm tra các tính năng đã thiết kế sẵn của hệ thống, yêu cầu phải thiết kế mô hình cửa được gắn hệ thống khoá thông minh (hình 3).



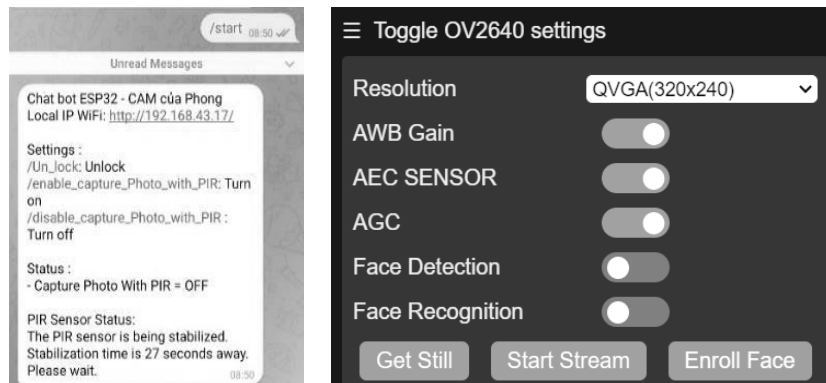
(a) Mặt trước của mô hình. (b) Mặt sau của mô hình.

Hình 3. Thiết kế mô hình thử nghiệm cho hệ thống khoá cửa.

Hệ thống sử dụng nguồn điện 12V để cấp nguồn cho khóa điện từ và nguồn 5V cho mạch điện hoạt động. Ngoài ra, hệ thống được tích hợp sẵn pin lithium là nguồn dự phòng trong trường hợp mất điện (hình 1a). Sau khi cấp nguồn cho hệ thống khoá cửa, thiết lập các chức năng trên ứng dụng Telegram và local web server (hình 4):

- Ứng dụng Telegram: Vào chatbot, gửi lệnh `"/start"` để kiểm tra kết nối giữa ESP32 CAM và ứng dụng Telegram (hình 4a). Sau khi xuất hiện bảng thông báo, phần cài đặt (setting) bao gồm:
 - o `"/unlock"`: mở khoá qua ứng dụng.

- `/enable_capture_Photo_with_PIR`: kích hoạt cảm biến.
- `/disable_capture_Photo_with_PIR`: tắt cảm biến.
- Local web server: Chatbot hiển thị mục `Local IP Wi-Fi: http://192.168.43.17/`, truy cập vào đường dẫn đi đến trang web (hình 4b).
 - Start Stream: phát video trực tiếp từ ESP32-CAM lên web.
 - Face Detection và Face Recognition: phát hiện khuôn mặt và nhận diện khuôn mặt.
 - Enroll Face: thêm khuôn mặt mới vào hệ thống.



(a) Chatbot trên Telegram. (b) Local web server.

Hình 4. Telegram và Local web server.

3.2 Kết quả

Sau khi thiết kế mô hình thử nghiệm, tất cả tính năng của hệ thống đều hoạt động đúng và ổn định theo yêu cầu đề ra, cụ thể:

- Nhận diện khuôn mặt để mở khoá cửa: hệ thống so sánh khuôn mặt khớp với dữ liệu khuôn mặt đã lưu, cho phép mở khoá cửa (hình 5).
- Phát hiện khuôn mặt người lạ: khi hệ thống phát hiện khuôn mặt không khớp với dữ liệu khuôn mặt đã lưu, tiến hành chụp ảnh khuôn mặt và gửi lên chatbot của ứng dụng Telegram để cảnh báo cho chủ nhà (hình 6).
- Mở khoá từ xa qua ứng dụng Telegram: Hệ thống sẽ mở khoá cửa khi người dùng click vào `/Un_lock` trong mục cài đặt.



Hình 5. Kết quả hệ thống khi nhận diện đúng khuôn mặt.



Hình 6. Kết quả khi hệ thống nhận diện sai khuôn mặt.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu đã tập trung thực hiện việc nhận diện khuôn mặt mở khoá cửa, đăng kí khuôn mặt, thông báo khi có người lạ và mở khoá từ xa qua ứng dụng. Các kết quả mà đề tài nghiên cứu thu được là rất khả quan khi đã triển khai thành công hệ thống với khả năng xử lý khá nhanh và chính xác. Hệ thống được thử nghiệm tuy còn đơn giản, nhưng đây là tiền đề cho phép nhóm nghiên cứu phát triển, mở rộng hệ thống trên cả phần cứng và phần mềm để xây dựng một hệ thống hoàn chỉnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vân Nguyễn (2022). "Sinh trắc học là gì? Sinh trắc học hoạt động như thế nào?", Online: <https://funix.edu.vn/chia-se-kien-thuc/sinh-trac-hoc-la-gi-sinh-trac-hoc-hoat-dong-nhu-the-nao/>.
- [2]. Whitehat (2017). "Bảo mật sinh trắc học trên smartphone liệu có an toàn tuyệt đối?", Online: <https://ehealth.gov.vn/Preview.aspx?newsId=44278>.
- [3]. S. Ibrahim, V. K. Shukla and R. Bathla (2020). "Security Enhancement in Smart Home Management Through Multimodal Biometric and Passcode," *2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, London, UK, 2020, pp. 420-424, doi: 10.1109/ICIEM48762.2020.9160331.
- [4]. Huong-Giang Doan, Ngoc-Trung Nguyen (2020). "Realtime Face Recognition for Intelligent Door System", *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, Vol. 8, No. 9, pp. 5226-5232.
- [5]. N. R. Borkar, S. Kuwelkar (2017). "Real-time implementation of face recognition system", *International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, pp. 249-255.
- [6]. K. Koide, E. Menegatti, M. Carraro, M. Munaro, J. Miura (2017). "People tracking and re-identification by face recognition for RGB-D camera networks", *European Conference on Mobile Robots (ECMR)*, pp. 1-7.
- [7]. X. Tian (2009). "Face Recognition System and It's Application", *First International Conference on Information Science and Engineering*, Nanjing, pp. 1244-1245.
- [8]. D. A. Chowdhry, A. Hussain, M. Z. Ur Rehman, F. Ahmad, A. Ahmad, M. Pervaiz (2013). "Smart security system for sensitive area using face recognition", *CSUDET*, Selangor, pp. 11-14.
- [9]. Z. Jian, S. Wan-juan (2010). "Face detection for security surveillance system", *5th International Conference on Computer Science & Education*, pp. 1735-1738.
- [10]. "Ưu nhược điểm của sinh trắc học", Online: <https://cunghoidap.com/uu-nhuoc-diem-cua-sinh-trac-hoc>
- [11]. BKAV. "Bảo mật mong mắt của Galaxy S8 dễ dàng bị hack bằng... hồ dán giấy", Online: <https://whitehat.vn/threads/bao-mat-mong-mat-cua-galaxy-s8-de-dang-bi-hack-bang-ho-dan-giay.8965/>
- [12]. Ines Mahmoud, Imen Saidi and Chadi bouzazi (2022). "Design of an IOT System based on Face Recognition Technology using ESP32-CAM", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.22 No.8, August 2022.
- [13]. Eethamakula Kosalendra (2021). "Wi-Fi Door Lock System Using ESP32 CAM Based on IOT", *The International journal of analytical and experimental modal analysis XIII(VII)*.
- [14]. D. Aswini, R. Rohindh, K. S. Manoj Ragavendhara and C. S. Mridula (2021). "Smart Door Locking System", *2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics,*

- Communication, Computing and Automation (ICAECA)*, Coimbatore, India, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICAECA52838.2021.9675590.
- [15]. F. Aman and C. Anitha (2017). "Motion sensing and image capturing based smart door system on android platform," *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, Chennai, India, 2017, pp. 2346-2350, doi: 10.1109/ICECDS.2017.8389871.
- [16]. M. Shanthini, G. Vidya and R. Arun (2020), "IoT Enhanced Smart Door Locking System," *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, Tirunelveli, India, 2020, pp. 92-96, doi: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214288.
- [17]. B. Jayaram, D. A. Subhahan, S. B. T. A. Mohanaprakash, S. Joshi and M. J. Kumar (2022), "IoT and Image Processing based Smart Door Locking System," *2022 International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems (ICACRS)*, Pudukkottai, India, 2022, pp. 291-295, doi: 10.1109/ICACRS55517.2022.10029199.
- [18]. N. R. S, R. Venkatasamy, J. A. Dhanraj, S. Aravinth, K. Balachandar and D. N (2022), "Design and Development of IOT based Smart Door Lock System," *2022 Third International Conference on Intelligent Computing Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, Kannur, India, 2022, pp. 1525-1528, doi: 10.1109/ICICT54557.2022.9917767.
- [19]. Huong-Giang Doan (2021), "Điều khiển cửa thông minh sử dụng nhận dạng khuôn mặt", *2021 Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 2021, Vol. 57, No. 5.

RESEARCH AND DESIGN OF A SMART DOOR LOCK SYSTEM USING FACIAL RECOGNITION

Nguyen Duc Nhat Quang^{1*}, Le Tran Dinh Phong¹, Nguyen Thanh Binh²,
Pham Thi Thuy Sang³, Vuong Quang Phuoc¹

¹Faculty of Electronics, Electrical Engineering and Material Technology,
University of Sciences, Hue University

²Office for Financial Planning & Facilities, University of Sciences, Hue University

³Hue Center of Information and Technology

*Email: ndnquang@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

The main objective of our team is to develop a safe and modern door lock system that eliminates the need for keys and instead utilizes biometric technology. Our team focuses on the research and design of a smart door lock system using facial recognition to ensure high security. We employ the ESP32-CAM microcontroller to process facial recognition and compare the data with the stored information. Upon a match, the system controls the relay to unlock or lock the electromagnetic latch, ensuring safety. In the case of a mismatch, the system captures the facial image and sends it to a chatbot on the Telegram application. The test results demonstrate good effectiveness in facial recognition. The system features a compact size, low power consumption, and a user-friendly interface.

Keywords: esp32 camera, face recognition, intelligent detection, internet of things, smart door lock



Nguyễn Đức Nhật Quang sinh ngày 08/10/1992 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2015, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2020, ông nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành Khoa học máy tính và Kỹ thuật thông tin (CSIE) tại Trường Đại học Quốc gia Thành Công (NCKU), Đài Loan. Hiện nay, ông đang công tác tại Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Thiết kế vi mạch số, Trí thông minh nhân tạo (AI), Internet vạn vật kết nối (IoT), Hệ thống nhúng.



Lê Trần Đình Phong sinh ngày 17/03/2001 tại Thừa Thiên Huế. Hiện nay, ông đang là sinh viên năm 4 chuyên ngành Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Internet vạn vật kết nối (IoT), Hệ thống nhúng.



Nguyễn Thanh Bình sinh ngày 02/12/1981 tại Quảng Trị. Năm 2003, ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Công nghệ thông tin, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội. Năm 2007, ông nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành Khoa học máy tính tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, ông đang công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Mạng máy tính, Khoa học máy tính.



Phạm Thị Thúy Sang sinh ngày 23/3/1998 tại Quảng Trị. Năm 2020, bà tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Công nghệ thông tin, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, bà đang công tác tại Trung tâm Công nghệ Thông tin tỉnh Thừa Thiên Huế (Hue CIT).

Lĩnh vực nghiên cứu: Công nghệ phần mềm.



Vương Quang Phước sinh ngày 14/08/1990 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2013, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2018, ông nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử tại Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng. Hiện nay, ông đang công tác tại Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hệ thống thông tin quang, Mạng máy tính, Trí thông minh nhân tạo (AI).

