

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT THÔNG MINH CẢNH BÁO TRẺ EM BỊ BỎ QUÊN TRÊN XE Ô TÔ SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ IOT

ĐẶNG GIA DŨNG
NGUYỄN THÚY MAY
Trường Đại học Thái Bình

Nhận bài ngày 20/7/2026. Sửa chữa xong 15/8/2026. Duyệt đăng 18/8/2026.

Abstract

In recent years, numerous incidents involving children being inadvertently left inside school buses or other vehicles have been reported, some of which have resulted in serious or even fatal consequences. These incidents are primarily attributed to human error and the absence of effective monitoring and early-warning mechanisms. This situation highlights the need for technological solutions capable of detecting potentially dangerous situations, issuing timely alerts, and supporting the supervision of children during transportation. In this context, the application of Internet of Things (IoT) technology to in-vehicle child monitoring systems represents a practical and promising approach. Such systems can enhance real-time monitoring and warning capabilities, thereby helping reduce the risk of children being left unattended and improve safety in student transportation.

Keywords: Child monitoring system, child presence detection in vehicles, intelligent alert system, Internet of Things (IoT), school transportation safety.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng xe ô tô và xe buýt đưa đón học sinh ngày càng phổ biến nhằm đảm bảo sự thuận tiện và an toàn trong việc di chuyển. Tuy nhiên, thực tế đã ghi nhận nhiều trường hợp trẻ em bị bỏ quên trên xe sau khi kết thúc hành trình, dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng đối với sức khỏe, thậm chí đe dọa tính mạng của trẻ. Nguyên nhân của các sự cố này chủ yếu xuất phát từ việc kiểm tra phương tiện chưa được thực hiện đầy đủ hoặc thiếu các công cụ hỗ trợ giám sát hiệu quả sau mỗi chuyến đi. Đặc biệt, trong điều kiện thời tiết nắng nóng, nhiệt độ trong xe có thể tăng nhanh, làm gia tăng mức độ nguy hiểm đối với trẻ em nếu không được phát hiện kịp thời. Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu và phát triển các hệ thống giám sát thông minh có khả năng phát hiện và cảnh báo khi còn người trong xe là rất cần thiết. Trong đó, công nghệ Internet vạn vật (IoT) cho phép kết nối các cảm biến với hệ thống mạng để thu thập, xử lý và truyền dữ liệu theo thời gian thực, từ đó hỗ trợ cảnh báo nhanh chóng đến người quản lý thông qua thiết bị di động.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Giới thiệu chung

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ Internet vạn vật (Internet of Things - IoT) đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng các hệ thống giám sát thông minh có khả năng thu thập dữ liệu, xử lý thông tin và truyền cảnh báo theo thời gian thực. Thông qua việc kết hợp các cảm biến, bộ điều khiển và nền tảng kết nối Internet, hệ thống có thể phát hiện các tình huống bất thường và gửi thông báo đến người quản lý một cách nhanh chóng, góp phần nâng cao hiệu quả giám sát và đảm bảo an toàn. Nội dung tập trung trình bày các kiến thức nền tảng liên quan đến công nghệ IoT, kiến trúc hệ thống IoT, các giải pháp chống bỏ quên trẻ em hiện nay, đồng thời giới thiệu các thiết bị phần cứng và nền tảng phần mềm được sử dụng trong nghiên cứu. Đây là cơ sở để thực hiện quá trình thiết kế, thi công và đánh giá hệ thống (Ismail et al., 2021; Ali et al., 2024). Sử dụng cảm biến để phát hiện sự hiện diện,

Email: danggiadungtbu@gmail.com

kết hợp vi điều khiển truyền dữ liệu lên nền tảng đám mây. Phương pháp này cân bằng được giữa chi phí đầu tư hợp lý, cấu trúc đơn giản, và khả năng giám sát, cảnh báo từ xa liên tục theo thời gian thực (Nguyễn Bá Hải, 2021; Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Zeng et al., 2022; Jayaweera et al., 2025). Dựa trên việc đánh giá các giải pháp, nhóm nghiên cứu lựa chọn hướng tiếp cận sử dụng cảm biến kết hợp công nghệ IoT. Đây là giải pháp đáp ứng tốt các tiêu chí về kinh tế, kỹ thuật và tính khả thi để áp dụng đại trà (Nguyễn Bá Hải, 2021; Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Ismail et al., 2021; Jayaweera et al., 2025).

2.2. Cơ sở lý thuyết về Internet vạn vật (IoT)

Kiến trúc của hệ thống IoT áp dụng trong bài báo này được xây dựng dựa trên mô hình 4 lớp tiêu chuẩn:

Lớp cảm biến (Perception Layer): Có nhiệm vụ thu thập thông tin từ môi trường thực tế (như nhiệt độ, độ ẩm, chuyển động, sự hiện diện) và chuyển đổi thành tín hiệu điện (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023).

Lớp mạng (Network Layer): Đảm nhiệm việc truyền dữ liệu giữa lớp cảm biến và lớp xử lý thông qua các giao thức truyền thông không dây (WiFi, 4G) (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Lê Minh Triết, 2021).

Lớp xử lý dữ liệu (Processing Layer): Nơi tiếp nhận, phân tích tín hiệu từ vi điều khiển và máy chủ đám mây, từ đó đưa ra quyết định cảnh báo (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021).

Lớp ứng dụng (Application Layer): Giao diện tương tác trực tiếp với người dùng (như ứng dụng trên smartphone), giúp phụ huynh hoặc quản lý giám sát trạng thái xe từ xa (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021).

3. Thiết kế hệ thống giám sát thông minh

Hệ thống được thiết kế theo nguyên tắc thu thập, phân tích và phản hồi tự động dựa trên điều kiện của phương tiện (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021). Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống được thể hiện qua cấu trúc phối hợp giữa các khối chức năng.

3.1. Thiết kế phần cứng hệ thống

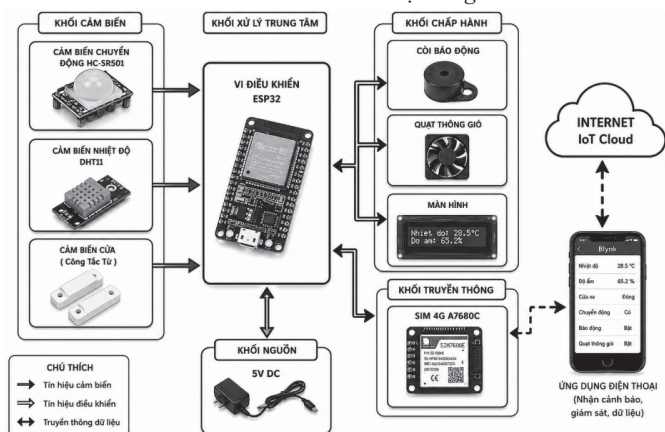
Hệ thống phần cứng bao gồm 7 khối chức năng chính:

3.1.1. Khối xử lý trung tâm: Sử dụng vi điều khiển ESP32. ESP32 là chip SoC hiệu năng cao với bộ vi xử lý lõi kép 32-bit Xtensa LX6, tần số 240 MHz, tích hợp sẵn module WiFi và Bluetooth. Việc chọn ESP32 giúp tiết kiệm chi phí cho module ngoại vi và đảm bảo khả năng xử lý mượt mà dữ liệu từ nhiều cảm biến cùng lúc (Lê Minh Triết, 2021).

3.1.2. Khối cảm biến: * *Cảm biến hiện diện HLK-LD2410:* Khác với cảm biến hồng ngoại PIR thông thường dễ bị báo giả và bị phụ thuộc ánh sáng, hệ thống sử dụng radar vi sóng 24GHz FMCW.

Giải pháp này sử dụng các cảm biến để phát hiện sự hiện diện của con người hoặc các điều kiện môi trường bên trong xe, sau đó truyền dữ liệu đến bộ điều khiển trung tâm để xử lý và gửi cảnh báo thông qua nền tảng IoT (Ismail et al., 2021; Jayaweera et al., 2025; Ali et al., 2024). Hệ thống sử dụng cảm biến PIR để phát hiện chuyển động và cảm biến DHT11 để giám sát nhiệt độ trong khoang xe. Khi phát hiện nguy cơ trẻ em bị bỏ quên, hệ thống sẽ kích hoạt còi báo động, đồng thời gửi cảnh báo đến người quản lý thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh (Nguyễn Bá Hải, 2021). So với các giải pháp khác, phương pháp này có ưu điểm là chi phí đầu tư thấp, cấu trúc đơn giản, dễ triển khai và có khả năng giám sát từ xa thông qua Internet. Hệ thống cũng dễ dàng mở rộng bằng cách tích hợp thêm các cảm biến hoặc chức năng mới trong tương lai. Tuy nhiên, hiệu quả hoạt động phụ thuộc vào chất lượng kết nối mạng và nguồn điện cung cấp cho hệ thống. Bên cạnh đó, độ chính xác của việc phát

Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống



hiện còn phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật của các cảm biến được sử dụng (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Lê Minh Triết 2021). Blynk là nền tảng Internet vạn vật (IoT) được phát triển nhằm hỗ trợ việc xây dựng các hệ thống giám sát và điều khiển từ xa thông qua mạng Internet. Nền tảng này cho phép kết nối các thiết bị phần cứng như Arduino, ESP8266, ESP32 và nhiều dòng vi điều khiển khác với ứng dụng trên điện thoại thông minh hoặc giao diện web. Thông qua Blynk, dữ liệu từ các cảm biến có thể được thu thập, lưu trữ và hiển thị theo thời gian thực. Đồng thời, người dùng cũng có thể gửi các lệnh điều khiển từ xa đến thiết bị thông qua Internet mà không cần phải xây dựng máy chủ riêng. Nhờ giao diện trực quan, khả năng triển khai nhanh và hỗ trợ nhiều loại phần cứng, Blynk hiện đang được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng nhà thông minh, giám sát môi trường, nông nghiệp thông minh và các hệ thống điều khiển từ xa dựa trên công nghệ IoT. Việc lựa chọn ESP32 giúp hệ thống có khả năng kết nối Internet thông qua WiFi mà không cần sử dụng thêm module truyền thông bên ngoài, góp phần giảm chi phí và đơn giản hóa quá trình thiết kế. Quạt thông gió hỗ trợ giảm nhiệt độ trong trường hợp khẩn cấp. Quạt sẽ được kích hoạt nhằm cung cấp không khí, hạ nhiệt tạm thời, kéo dài thời gian chờ cứu hộ (Quốc hội, 2024; Chính phủ, 2024).

3.1.3. Khối hiển thị: Màn hình LCD 16x2 giao tiếp qua chuẩn I2C, hiển thị trực quan thông số nhiệt độ, độ ẩm và trạng thái hệ thống ngay tại xe.

3.1.4. Khối cảnh báo: Còi buzzer; hệ thống cảnh báo từ xa qua IoT và SIM 4G A7680C

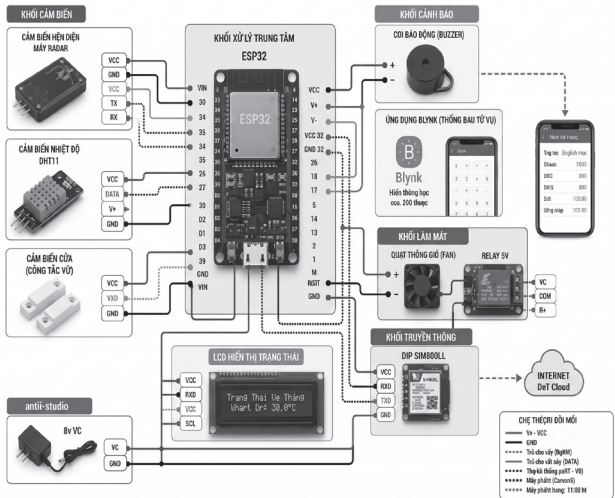
Chức năng: Phát cảnh báo âm thanh tại chỗ khi phát hiện nguy hiểm; Gửi thông báo đến điện thoại người quản lý; Hỗ trợ xử lý kịp thời các tình huống khẩn cấp.

Khối làm mát: Sử dụng quạt thông gió điều khiển bởi ESP32. Chức năng: Tạo luồng không khí lưu thông trong khoang xe; Giảm nhiệt độ khi vượt ngưỡng an toàn; Hỗ trợ bảo vệ trẻ em trong tình huống nguy hiểm.

Khối truyền thông: Sử dụng WiFi tích hợp trên ESP32 và module SIM 4G A7680C. Chức năng: Kết nối hệ thống với Internet; Truyền dữ liệu lên nền tảng IoT Cloud; Gửi cảnh báo từ xa qua Internet hoặc mạng di động 4G; Đảm bảo khả năng giám sát liên tục và ổn định.

Khối nguồn: sử dụng bộ nguồn DC 5V để cấp điện cho toàn bộ hệ thống. Chức năng: Cung cấp nguồn điện ổn định cho ESP32 và các thiết bị ngoại vi; Đảm bảo hệ thống hoạt động liên tục và an toàn.

Hình 2: Sơ đồ nối dây hệ thống



3.2. Thiết kế phần mềm và thuật toán điều khiển

Phần mềm điều khiển hệ thống được lập trình bằng C/C++ trên môi trường Arduino IDE. Thuật toán hoạt động dựa trên cơ chế máy trạng thái (State Machine) gồm các trạng thái: IDLE (chờ), ALARM_ON (báo động), và WAIT_RESTART (chờ khởi động lại) (Lê Minh Triết, 2021).

Nguyên lý và lưu đồ thuật toán:

Khởi tạo hệ thống, kết nối WiFi, khởi động module 4G A7680C và các cảm biến.

Kiểm tra trạng thái tài xế (thông qua cảm biến cửa/công tắc). Nếu tài xế vẫn đang ở trên xe (hệ thống hoạt động bình thường hoặc đang lái), hệ thống ở trạng thái IDLE, không kích hoạt cảnh báo.

Khi tài xế rời khỏi xe và khóa cửa, hệ thống chuyển sang chế độ giám sát gắt gao.

Tại vòng lặp chính, ESP32 liên tục lấy mẫu từ module radar HLK-LD2410 và cảm biến DHT11 (Lê Minh Triết, 2021) (Nguyễn Bá Hải, 2021).

Nếu phát hiện tín hiệu con người (trẻ em), hệ thống chuyển sang trạng thái cảnh báo (Ismail et al., 2021; Ali et al., 2024):

Đẩy thông báo lên ứng dụng Blynk qua mạng Internet (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Lê Minh Triết, 2021).

Module SIM 4G thực hiện gọi điện thoại và gửi SMS đến số thuê bao cài đặt trước (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021).

Bật còi báo động (Buzzer) tại xe (Ali et al., 2024).

Đồng thời, ESP32 kiểm tra ngưỡng nhiệt độ từ DHT11. Nếu nhiệt độ $>30^{\circ}\text{C}$ (ngưỡng tùy chỉnh), Relay được đóng để bật quạt thông gió.

Hệ thống liên tục duy trì trạng thái này cho đến khi trẻ em được đưa ra ngoài, nhiệt độ hạ xuống an toàn, hoặc tài xế xác nhận an toàn để reset hệ thống (Nguyễn Bá Hải, 2021).

3.3. Thiết kế nền tảng ứng dụng IoT (Blynk)

Để người quản lý có thể giám sát từ xa, để tài sử dụng nền tảng Blynk IoT. Blynk cung cấp máy chủ đám mây (Blynk Cloud) và giao diện ứng dụng trên điện thoại thông minh (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021). Giao diện ứng dụng được thiết kế trực quan gồm:

Biểu đồ/Gauge hiển thị nhiệt độ, độ ẩm theo thời gian thực.

Đèn báo trạng thái phát hiện con người.

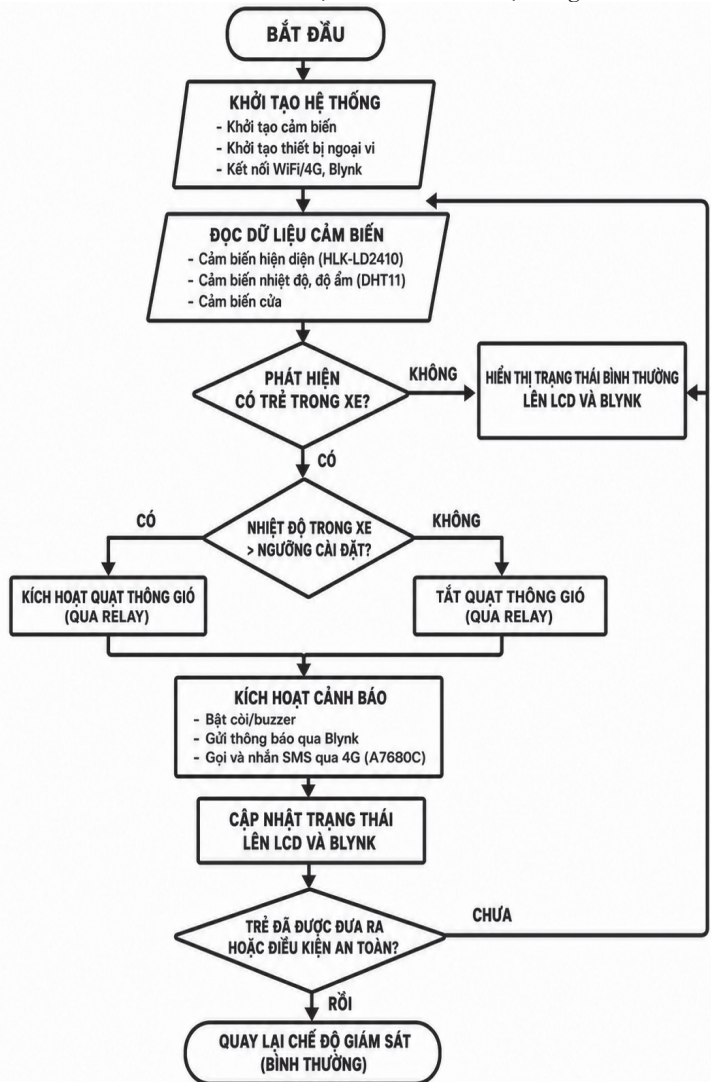
Trạng thái hoạt động của quạt thông gió và còi báo động. Khi xảy ra sự cố, Blynk sẽ phát Push Notification khẩn cấp lên màn hình điện thoại người dung (Nguyễn Phạm Anh Dũng, 2023; Nguyễn Bá Hải, 2021).

4. Thi công, thử nghiệm và đánh giá kết quả

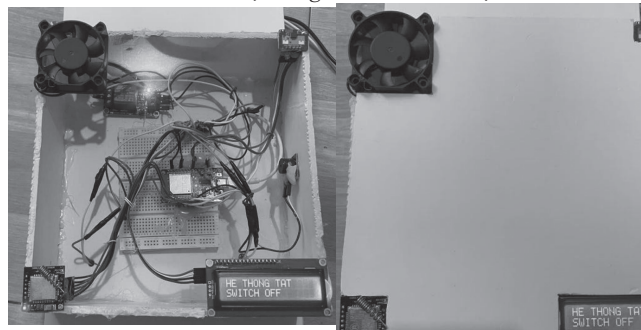
4.1. Thi công mô hình

Từ cơ sở thiết kế, mô hình phần cứng đã được thi công hoàn thiện. Vi điều khiển ESP32 được kết nối với module radar HLK-LD2410 qua giao tiếp UART, màn hình LCD qua I2C, và SIM A7680C qua UART2. Toàn bộ hệ thống được cấp nguồn DC 5V đảm bảo hoạt động ổn định. Mô hình vật lý được bố trí trong một sa bàn mô phỏng không gian khoang xe ô tô để tiến hành thử nghiệm.

Hình 3: Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống



Hình 4: Hệ thống sau khi hoàn thiện



4.2. Kịch bản thử nghiệm và kết quả

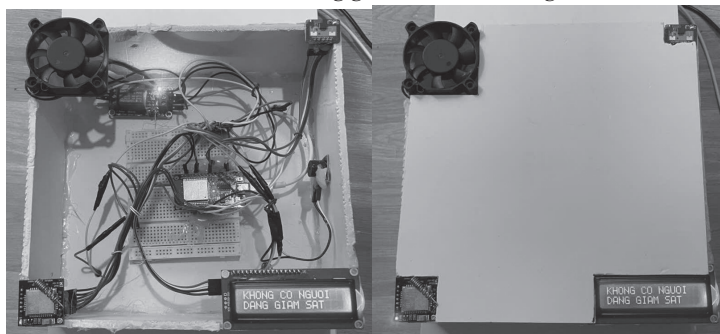
Để đánh giá toàn diện tính năng của hệ thống, nhóm nghiên cứu đã xây dựng và tiến hành ba kịch bản thử nghiệm chính:

Trường hợp 1: Trạng thái bình thường (Không có người).

Thực hiện: Đặt hệ thống vào trạng thái giám sát, không có người trong không gian nhận diện của radar, nhiệt độ bình thường.

Kết quả: Hệ thống ghi nhận trạng thái an toàn. Màn hình LCD hiển thị “KHONG CO NGUOI” và thông số nhiệt độ. Trên ứng dụng Blynk không phát sinh cảnh báo, còi và quạt không hoạt động.

Hình 5: Hệ thống giám sát bình thường



Trường hợp 2: Trạng thái phát hiện trẻ bị bỏ quên.

Thực hiện: Giả lập tình huống tài xế rời xe và chốt cửa. Đưa một vật thể có mô phỏng nhịp sống hoặc người thực tế vào vùng quét của cảm biến radar HLK-LD2410.

Kết quả: * Cảm biến radar phát hiện chính xác sự hiện diện gần như ngay lập tức.

Màn hình LCD chuyển sang trạng thái cảnh báo; Buzzer phát âm thanh lớn; Ứng dụng Blynk nhận được cảnh báo “Có người trên xe”.

Điện thoại của quản lý nhận được cuộc gọi và SMS từ module SIM 4G A7680C.

Hệ thống đã hoạt động hoàn toàn đúng với thiết kế.

Trường hợp 3: Xử lý khi nhiệt độ môi trường tăng cao

Thực hiện: Trong lúc hệ thống đang phát tín hiệu cảnh báo có người, tiến hành gia nhiệt môi trường gần cảm biến DHT11 vượt qua mức an toàn (ví dụ $> 30^{\circ}\text{C}$).

Kết quả: Vì điều khiển ESP32 lập tức phát lệnh đóng mạch Relay. Quạt thông gió được khởi động để làm mát và lưu thông không khí. Nhiệt độ môi trường bên trong xe liên tục được cập nhật lên ứng dụng Blynk. Khi nhiệt độ hạ xuống dưới ngưỡng cài đặt, quạt tự động ngắt để tiết kiệm năng lượng.

Bảng 1: Bảng tổng hợp kết quả thử nghiệm hệ thống

STT	Nội dung thử nghiệm	Kết quả	Đánh giá
1	Phát hiện hiện diện bằng radar FMCW	Đạt	Nhạy, không báo giả
2	Đo và hiển thị nhiệt độ, độ ẩm	Đạt	Sai số thấp
3	Hiển thị thông số lên màn hình LCD	Đạt	Rõ nét, trực quan
4	Gửi cảnh báo từ xa (Blynk, SMS, Gọi điện)	Đạt	Phản hồi nhanh
5	Điều khiển quạt thông gió tự động	Đạt	Đóng cắt Relay chuẩn xác
6	Tính ổn định khi hoạt động liên tục	Đạt	Hoạt động bền bỉ, không treo

4.3. Đánh giá chung

Quá trình thi công, lập trình, thử nghiệm và đánh giá hệ thống giám sát thông minh chống bỏ quên trẻ em trên xe sử dụng công nghệ IoT. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng các yêu cầu thiết kế và thực hiện hiệu quả các chức năng giám sát, cảnh báo và truyền dữ liệu từ xa.

Kết quả đạt được là cơ sở để khẳng định tính khả thi của nghiên cứu và làm tiền đề cho việc nghiên cứu, hoàn thiện hệ thống trong các ứng dụng thực tế.

5. Kết luận

Mô hình thực nghiệm đã được thiết kế, lắp ráp và vận hành thành công. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, dữ liệu từ các cảm biến được thu thập và xử lý chính xác, các chức năng cảnh báo được thực hiện đúng theo yêu cầu thiết kế. Khi phát hiện trẻ còn trong xe, hệ thống có khả năng kích hoạt còi báo động, gửi thông báo cảnh báo từ xa và điều khiển quạt thông gió nhằm hỗ trợ giảm nhiệt độ trong khoang xe. Điều này góp phần nâng cao mức độ an toàn cho trẻ em trong các tình huống khẩn cấp.

Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp đề xuất có tính khả thi cao, chi phí triển khai hợp lý và phù hợp với xu hướng ứng dụng công nghệ IoT trong các hệ thống giám sát thông minh. Đề tài không chỉ có ý nghĩa về mặt nghiên cứu mà còn có tiềm năng ứng dụng thực tế trên các phương tiện đưa đón học sinh, xe gia đình và các phương tiện vận tải có trẻ em tham gia.

Tài liệu tham khảo

- Ali, M. H. A., Murali, R., Shahrman, A. B., Mohamed, M., Razlan, Z. M., Rani, M. F. H., Abashah, A., Othman, A. A., & Ramasamy, G. (2024). Vehicle alarm characteristics and vehicle-driver distance for child presence detection (CPD) system. *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia*, 7(2), 138–142.
- Chính phủ. (2024). *Nghị định số 168/2024/NĐ-CP ngày 26/12/2024 quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực trật tự, an toàn giao thông đường bộ*. NXB Chính trị Quốc gia Sự thật.
- Ismail, N. H. F., Abu Husain, N., Mansor, M. S. F., Baharuddin, M. M., Mohd Zaki, N. I., Abu Husain, M. K., Ma'aram, A., Wiyono, A. S., Chaiyakul, T., & Ahmad, Y. (2021). Child presence detection system and technologies. *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia*, 3(3), 290–297.
- Jayaweera, S. S., Wang, B., Wang, W.-H., & Liu, K. J. R. (2025). DeepCPD: Deep learning-based in-car child presence detection using WiFi.
- Jayaweera, S. S., Wang, B., Zeng, X., Wang, W.-H., & Liu, K. J. R. (2023). WiFi-based robust child presence detection for smart cars. *Proceedings of IEEE ICASSP*.
- Lê Minh Triết. (2021). *Lập trình và ứng dụng IoT với ESP8266 và ESP32*. NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Nguyễn Bá Hải. (2021). *Hệ thống đo lường và điều khiển thông minh sử dụng IoT*. NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Nguyễn Phạm Anh Dũng. (2023). *IoT (Internet vạn vật): Kiến trúc IoT, IoT công nghiệp và công nghiệp 4.0, IoT tổ ong*. NXB Thông tin và Truyền thông.
- Norhuzaini, A. A., Yaacob, M., & Ngajikin, N. H. (2022). A system of child detection in car using thermal sensor. *Journal of Sustainable Manufacturing in Transportation*.
- Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. (2024). *Luật Trật tự, an toàn giao thông đường bộ số 36/2024/QH15*. NXB Chính trị Quốc gia Sự thật.
- Zeng, X., Wang, B., Wu, C., Regani, S. D., Liu, K. J. R., et al. (2022). WiCPD: Wireless child presence detection system for smart cars. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(24), 24866–24881.