

THÔNG TIN CHUNG CỦA NHÓM

- Link YouTube video của báo cáo (tối đa 5 phút):
(ví dụ: <https://www.youtube.com/watch?v=AWq7uw-36Ng>)
- Link slides (dạng .pdf đặt trên Github của nhóm):
(ví dụ: <https://github.com/mynameuit/CS2205.xxx/TenDeTai.pdf>)

- Họ và Tên: Lê Trọng Nhân
- MSSV: 250201022



- Lớp: CS2205.CH201
- Tự đánh giá (điểm tổng kết môn): 9/10
- Số buổi vắng: 1
- Số câu hỏi QT cá nhân: 3
- Link Github:
<https://github.com/mynameuit/CS2205.xxx/>

ĐỀ CƯƠNG NGHIÊN CỨU

TÊN ĐỀ TÀI

HỆ THỐNG THEO DÕI VẬN TẢI LẠNH SỬ DỤNG ESP32, GPS, HOTSPOT WI-FI VÀ FIREBASE

TÊN ĐỀ TÀI TIẾNG ANH

COLD CHAIN TRANSPORT MONITORING SYSTEM USING ESP32, GPS, WI-FI HOTSPOT, AND FIREBASE

TÓM TẮT

Trong bối cảnh ngành Logistics và chuỗi cung ứng lạnh (Cold Chain) phát triển mạnh, yêu cầu giám sát chặt chẽ nhiệt độ và hành trình vận chuyển các mặt hàng nhạy cảm như nông sản, dược phẩm ngày càng trở nên cấp thiết. Đề tài trình bày quá trình nghiên cứu, thiết kế và chế tạo một hệ thống “Hộp đen IoT” tích hợp định vị GPS và giám sát môi trường chuyên dụng cho phương tiện vận tải lạnh.

Hệ thống sử dụng vi điều khiển ESP32-S3 hiệu năng cao làm bộ xử lý trung tâm, kết hợp với module định vị GNSS đa hệ GP-02 và cảm biến nhiệt độ – độ ẩm DHT22. Điểm nổi bật của giải pháp là cơ chế "Lưu trữ song song" (Parallel Logging): dữ liệu vừa được gửi lên Cloud (Firebase) để giám sát thời gian thực, vừa được ghi đồng thời xuống thẻ nhớ SD. Cơ chế này giúp đảm bảo tính toàn vẹn dữ liệu, khắc phục triệt để tình trạng mất thông tin hành trình khi phương tiện đi vào vùng mất sóng (Offline).

Về phần mềm, hệ thống vận hành trên nền tảng hệ điều hành thời gian thực FreeRTOS, tận dụng kiến trúc lõi kép của ESP32 để xử lý đa nhiệm. Giao diện người dùng được xây dựng dưới dạng Web App tích hợp bản đồ số Goong Maps, tối ưu cho điều kiện giao thông Việt Nam. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, cảnh báo tức thời qua Buzzer/Telegram khi nhiệt độ vượt ngưỡng và có khả năng phục hồi chính xác dữ liệu lịch sử sau các giai đoạn mất kết nối.

GIỚI THIỆU

1. Bối cảnh và Tính cấp thiết

Trong những năm gần đây, ngành Logistics và chuỗi cung ứng lạnh (Cold Chain) tại Việt Nam đang phát triển mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu tiêu dùng và xuất khẩu nông sản, dược phẩm. Đặc thù của hàng hóa đông lạnh là yêu cầu kiểm soát nghiêm ngặt về nhiệt độ trong suốt quá trình vận chuyển. Một sự thay đổi nhiệt độ đột ngột hoặc kéo dài có thể dẫn đến hư hỏng sản phẩm, gây thiệt hại lớn về kinh tế và uy tín.

2. Hạn chế của các giải pháp hiện hành

Tuy nhiên, đa số các giải pháp giám sát hành trình (GPS Tracker) truyền thống trên thị trường hiện nay vẫn tồn tại hai hạn chế lớn:

- **Thiếu giám sát môi trường:** Các thiết bị thường chỉ tập trung vào định vị vị trí (Location Tracking) mà bỏ qua việc giám sát nhiệt độ, độ ẩm trong khoang hàng. Điều này khiến người quản lý không thể phát hiện kịp thời các sự cố hỏng hóc hệ thống làm lạnh.
- **Mất dữ liệu khi mất kết nối (Blind Spots):** Các thiết bị phụ thuộc hoàn toàn vào sóng di động (4G/LTE) để gửi dữ liệu. Khi phương tiện đi vào các vùng lõm sóng như hầm đường bộ, đèo núi hoặc vùng sâu vùng xa, dữ liệu hành trình tại thời điểm đó thường bị mất vĩnh viễn, tạo ra các "điểm mù" trong công tác quản lý và truy vết.

3. Giải pháp đề xuất

Để khắc phục triệt để các vấn đề trên, đề tài tập trung nghiên cứu và phát triển hệ thống “Hộp đen IoT giám sát vận tải lạnh”. Hệ thống được thiết kế theo hướng tiếp cận lưu trữ tại biên (Edge Storage) kết hợp điện toán đám mây.

Điểm đột phá của giải pháp nằm ở cơ chế Lưu trữ song song (Parallel Logging). Dữ

liệu thu thập từ cảm biến và vệ tinh sẽ được xử lý đồng thời theo hai luồng:

- Luồng Online: Gửi liên tục lên Firebase Realtime Database để phục vụ giám sát thời gian thực khi có mạng.
- Luồng Offline: Tự động ghi vào thẻ nhớ MicroSD (như một hộp đen) ngay khi phát hiện mất kết nối. Khi mạng được khôi phục, hệ thống hỗ trợ trích xuất dữ liệu từ thẻ nhớ để "lấp đầy" các khoảng trống trong lịch sử hành trình trên bản đồ.

4. Nền tảng công nghệ

Hệ thống được xây dựng dựa trên các công nghệ tiên tiến phù hợp với xu hướng IoT hiện đại:

- Vi xử lý đa lõi (Dual-core): Sử dụng chip ESP32-S3 với 2 lõi CPU độc lập. Một lõi chuyên biệt xử lý luồng dữ liệu định vị vệ tinh (GNSS) tốc độ cao để đảm bảo không mất gói tin khi xe chạy nhanh; lõi còn lại xử lý logic cảm biến và giao tiếp mạng.
- Hệ điều hành thời gian thực (FreeRTOS): Quản lý đa tác vụ (Multitasking) giúp hệ thống vận hành ổn định, phản hồi tức thời các cảnh báo nhiệt độ ngay cả khi đang thực hiện các tác vụ nặng như ghi thẻ nhớ hay mã hóa dữ liệu.
- Bản đồ số Việt Nam (Goong Maps): Tích hợp Goong Maps API để hiển thị trực quan vị trí xe và tình trạng giao thông (Traffic Layer) chuyên biệt cho lãnh thổ Việt Nam, thay thế cho Google Maps nhằm tối ưu chi phí và độ chính xác địa phương.

MỤC TIÊU

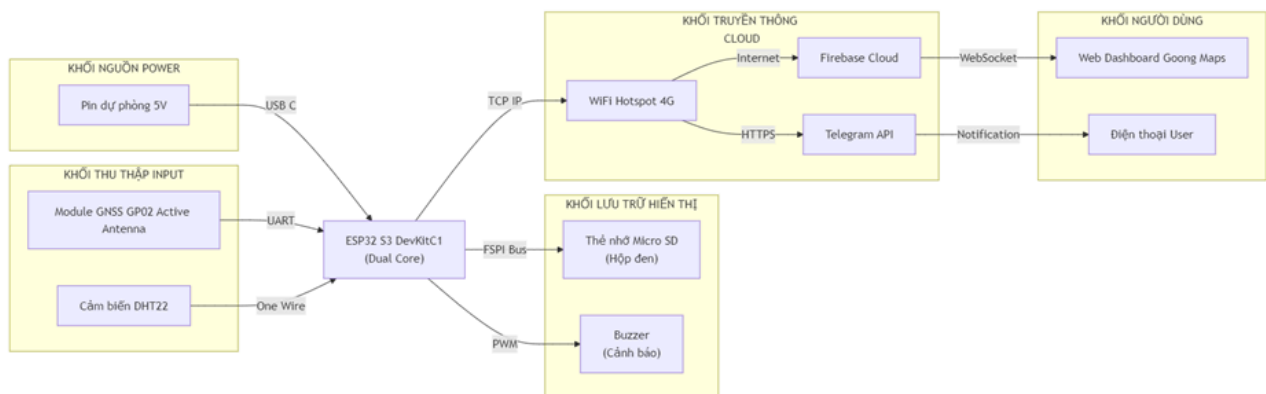
1. Thiết kế và chế tạo thiết bị phần cứng "Hộp đen IoT" chuyên dụng: Nghiên cứu tích hợp vi điều khiển hiệu năng cao ESP32-S3 với module định vị vệ tinh đa hệ GP-02 (GPS/BDS) và cảm biến DHT22. Mục tiêu là tạo ra một thiết bị nhỏ gọn, hoạt động ổn định trên xe vận tải, có khả năng thu thập liên tục và chính xác các thông số: tọa độ, vận tốc, hướng di chuyển cùng nhiệt độ và độ ẩm trong khoang lạnh.
2. Phát triển giải pháp phần mềm đảm bảo toàn vẹn dữ liệu (Chống mất tin): Xây dựng firmware hoạt động đa nhiệm trên nền hệ điều hành FreeRTOS với cơ chế "Lưu trữ song song". Hệ thống được lập trình để tự động xử lý linh hoạt: ưu tiên gửi dữ liệu lên đám mây (Firebase) khi có mạng, và tự động chuyển sang ghi lưu trữ vào thẻ nhớ SD (như hộp đen) khi xe đi vào vùng mất sóng, đảm bảo lịch sử hành trình luôn đầy đủ và liên mạch.
3. Xây dựng hệ thống giám sát trực quan và cảnh báo tức thời: Phát triển Web App tích hợp bản đồ số Goong Maps để hiển thị trực quan lộ trình xe và tình trạng giao thông tại Việt Nam. Đồng thời, thiết lập cơ chế cảnh báo đa kênh gồm: còi Buzzer hú tại chỗ và tin nhắn Telegram gửi về điện thoại người quản lý ngay khi nhiệt độ vượt ngưỡng an toàn hoặc thiết bị mất kết nối, giúp xử lý sự cố kịp thời.

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Nội dung nghiên cứu

Đề tài tập trung giải quyết các bài toán kỹ thuật chính sau:

- Xây dựng phần cứng (Node IoT): Thiết kế và lắp ráp mạch thu thập dữ liệu sử dụng vi điều khiển ESP32-S3, tích hợp module định vị vệ tinh GP-02 (GPS/BDS) và cảm biến môi trường DHT22.
- Phát triển Firmware xử lý đa nhiệm: Lập trình điều khiển thiết bị hoạt động song song hai luồng chính: luồng định vị (đọc liên tục tọa độ) và luồng logic (đọc cảm biến, xử lý cảnh báo, giao tiếp mạng).
- Tối ưu hóa lưu trữ và truyền thông: Nghiên cứu cơ chế "Lưu trữ song song" (vừa gửi Cloud, vừa ghi thẻ nhớ) và giải thuật "Smart Interval" để điều chỉnh tần suất gửi dữ liệu dựa trên trạng thái hoạt động của xe.
- Xây dựng nền tảng giám sát: Thiết kế cơ sở dữ liệu trên Firebase và giao diện Web App tích hợp bản đồ số Goong Maps để theo dõi hành trình và nhiệt độ thời gian thực.



Hình 1. Sơ đồ khối của hệ thống

2. Phương pháp thực hiện

Hệ thống được triển khai dựa trên Mô hình tham chiếu IoT 4 tầng (Thiết bị, Mạng,

Platform, Ứng dụng) với các phương pháp kỹ thuật cụ thể sau:

a. Phương pháp thiết kế phần cứng:

- Sử dụng ESP32-S3 DevKitC-1 làm bộ xử lý trung tâm (SoC) nhờ khả năng kết nối Wi-Fi tích hợp và kiến trúc lõi kép mạnh mẽ.
- Áp dụng chuẩn giao tiếp UART (GPIO 17/18) để đọc chuỗi NMEA từ module GNSS GP-02 và giao tiếp One-wire (GPIO 4) để đọc dữ liệu nhiệt độ/độ ẩm từ DHT22.
- Sử dụng giao tiếp SPI (FSPI) để kết nối thẻ nhớ MicroSD, đảm bảo tốc độ ghi log nhanh và ổn định.

b. Phương pháp phát triển Firmware (Lập trình nhúng):

- Đa nhiệm với FreeRTOS: Phân chia tài nguyên CPU thành 2 Task chính chạy trên 2 lõi riêng biệt để tránh nghẽn dữ liệu:
 - GPS Task (Core 1): Chạy ưu tiên cao để xử lý liên tục dữ liệu vệ tinh, đảm bảo không mất gói tin khi xe di chuyển nhanh.
 - Logic Task (Core 0): Xử lý đọc cảm biến, ghi thẻ nhớ và đồng bộ Firebase.
- Cơ chế Smart Interval: Tự động điều chỉnh chu kỳ gửi dữ liệu: 20 giây/lần khi xe dừng/ổn định và 3 giây/lần khi xe chạy hoặc có cảnh báo, giúp tối ưu băng thông và dung lượng lưu trữ.
- Cơ chế Offline (Store-and-Forward): Khi mất kết nối Internet, dữ liệu được chuyển hướng lưu vào file log trên thẻ nhớ (định dạng CSV). Hệ thống tự động phát hiện và xóa các file log cũ quá 30 ngày để giải phóng bộ nhớ.

c. Phương pháp xây dựng Cloud & Web App:

- Cơ sở dữ liệu: Sử dụng Firebase Realtime Database với cấu trúc cây JSON, chia tách thành hai nhánh: /vehicle_live (trạng thái tức thời) và /vehicle_history (lịch sử hành trình).

- Bản đồ số: Tích hợp Goong Maps API (JavaScript SDK) để hiển thị bản đồ nền Việt Nam. Sử dụng lớp dữ liệu Polyline để vẽ lộ trình và lớp Traffic để hiển thị mật độ giao thông thời gian thực.
- Cảnh báo đa kênh: Kết hợp cảnh báo tại chỗ bằng Buzzer (điều khiển qua PWM) và cảnh báo từ xa thông qua Telegram API (gửi tin nhắn HTTP Request từ ESP32).

KẾT QUẢ MONG ĐỢI

1. Sản phẩm phần cứng hoàn thiện

- Chế tạo thành công thiết bị "Hộp đen IoT" hoạt động ổn định trên nền tảng vi điều khiển ESP32-S3, tích hợp gọn gàng các module định vị GNSS GP-02 và cảm biến DHT22.
- Thiết bị có khả năng hoạt động bền bỉ, chịu được rung lắc cơ học khi gắn trên phương tiện vận tải và duy trì kết nối ổn định với Wi-Fi Hotspot.

2. Khả năng giám sát và hoạt động trực tuyến (Online)

- Định vị chính xác: Hệ thống hiển thị mượt mà vị trí phương tiện trên Web Dashboard, cập nhật tọa độ, tốc độ và hướng di chuyển theo thời gian thực với độ trễ thấp.
- Bản đồ chuyên dụng: Tích hợp thành công bản đồ Goong Maps, hiển thị chính xác tên đường, địa danh tại Việt Nam và cung cấp lớp dữ liệu giao thông (Traffic Layer) giúp người quản lý đánh giá tình trạng tắc đường/lưu thông.
- Giám sát môi trường: Thông số nhiệt độ và độ ẩm trong khoang hàng được cập nhật liên tục, cho phép vẽ biểu đồ biến thiên nhiệt độ theo thời gian thực.

3. Hệ thống cảnh báo đa kênh tức thời

Hệ thống phản ứng ngay lập tức khi phát hiện các trạng thái bất thường (nhiệt độ vượt ngưỡng cài đặt 25°C - 33°C hoặc mất kết nối mạng):

- Cảnh báo tại chỗ: Còi Buzzer phát âm thanh cảnh báo với các nhịp điệu khác nhau (nhịp nhanh cho lỗi nhiệt độ, âm dài cho lỗi mất mạng) giúp tài xế nhận biết ngay lập tức.
- Cảnh báo từ xa: Hệ thống tự động gửi tin nhắn thông báo qua Telegram tới người quản lý, kèm theo các thông tin chi tiết: thời gian sự cố, giá trị nhiệt độ hiện tại và đường dẫn (link) bản đồ đến vị trí xe.

4. Đảm bảo toàn vẹn dữ liệu (Cơ chế Offline)

- Không mất dữ liệu: Khi phương tiện đi vào vùng mất sóng (Offline), thiết bị tự động chuyển sang chế độ ghi log vào thẻ nhớ MicroSD, đảm bảo không có "điểm chết" dữ liệu.
- Khôi phục hành trình: Web App cung cấp chức năng tải file log từ thẻ nhớ (định dạng CSV), cho phép hệ thống tự động ghép nối và vẽ lại chính xác toàn bộ lộ trình di chuyển của xe trong khoảng thời gian mất kết nối.
- Lưu trữ thông minh: Thiết bị tự động quản lý bộ nhớ, xóa các file log cũ quá 30 ngày để đảm bảo hệ thống vận hành liên tục trong thời gian dài mà không bị tràn bộ nhớ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (*Định dạng DBLP*)

- [1]. Espressif: "ESP32-S3 Series Datasheet," 2023. Available:
<https://www.espressif.com>.
- [2]. Ai-Thinker: "GP-02 BDS/GNSS/GPS Module Specifications," 2025.
- [3]. Aosong Electronics Co.: "DHT22 Datasheet," SparkFun Electronics.
- [4]. R. Barry: "Mastering the FreeRTOS Real-Time Kernel," Real Time Engineers Ltd., 2016.
- [5]. Google: "Firebase Realtime Database Documentation," 2025. Available:
<https://firebase.google.com/docs>.
- [6]. Goong Maps: "Goong Maps API Documentation," 2025. Available:
<https://docs.goong.io/javascript/>.