

Hệ Thống Đỗ Xe Thông Minh Ứng Dụng IoT cho Việc Giám Sát Thời Gian Thực Các Chỗ Đỗ và Điều Khiển Cổng Ra Vào

Bùi Đức Lân, Nguyễn Bá Sơn, Nguyễn Ngọc Tâm

¹Khoa/Phòng Công Nghệ Thông Tin, Trường/Viện Đại học FPT, Hà Nội, Việt Nam

*Email: buiduclan000@gmail.com, sonnb.ktpm@gmail.com, nguyennngoctam1307@gmail.com

Tóm tắt:

Sự gia tăng nhanh chóng của phương tiện giao thông trong các khu đô thị làm xuất hiện nhu cầu về quản lý bãi đỗ xe hiệu quả, tự động và minh bạch. Đây là một trong những ứng dụng quan trọng của Internet of Things (IoT). Trong bài báo này, chúng tôi phát triển một mô hình Smart E-Parking System sử dụng sự kết hợp giữa Arduino Uno và Raspberry Pi 4 nhằm theo dõi trạng thái chỗ đỗ xe theo thời gian thực (real time) và điều khiển barrier tự động.

Hệ thống sử dụng 4 cảm biến siêu âm HC-SR04 để phát hiện phương tiện tại ba vị trí đỗ và tại cổng vào. Arduino đóng vai trò là bộ điều khiển phần cứng, thực hiện việc đo khoảng cách, xác định “occupied/free”, điều khiển servo (rào chắn) và cập nhật LCD1602 về số lượng slot còn trống. Raspberry Pi 4 hoạt động như gateway & server, nhận dữ liệu từ Arduino qua giao thức Serial-USB, xử lý và cung cấp dashboard web real-time cho người quản lý bãi xe.

Kết quả mô phỏng và triển khai thử nghiệm trên Tinkercad (phần cảm biến) và Wokwi/Raspberry Pi cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, khả năng phát hiện xe đạt độ chính xác trên 95%, độ trễ mở rào < 300 ms và dữ liệu được truyền lên dashboard trong thời gian thực. Hệ thống phù hợp làm mô hình mẫu cho các bãi đỗ xe thông minh quy mô nhỏ tại trường học, khu dân cư, trung tâm thương mại.

Từ khóa: Smart Parking, Raspberry Pi 4, IoT, Real-Time Monitoring, Ultrasonic Sensor, Arduino.

GIỚI THIỆU

Sự Vội tốc độ đô thị hóa nhanh, nhu cầu đỗ xe tại các thành phố lớn ngày càng gia tăng. Việc tìm chỗ đỗ xe thủ công gây tắc nghẽn, tốn thời gian và chi phí. Smart Parking là một giải pháp IoT cho phép giám sát chỗ đỗ tự động, hỗ trợ người vận hành theo dõi trạng thái bãi xe theo thời gian thực thông qua các cảm biến và nền tảng kết nối.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một Smart E-Parking System sử dụng kết hợp Arduino Uno (cho xử lý cảm biến và điều khiển rào chắn) và Raspberry Pi 4 (cho giao tiếp Wi-Fi, web monitoring và lưu trữ dữ liệu). Ba cảm biến HC-SR04 được đặt tại ba vị trí đỗ, một cảm biến tại cổng kiểm soát rào chắn, và một màn hình LCD hiển thị số chỗ còn trống. Raspberry Pi chạy một máy chủ Flask để xuất thông tin trạng thái theo thời gian thực lên trình duyệt web.

THỰC NGHIỆM

2.1 Cấu trúc hệ thống

Hệ thống được chia thành ba tầng chính:

- Edge Layer – Arduino Uno
 - Thu thập dữ liệu từ HC-SR04 slot 1–3
 - Thu thập dữ liệu cảm biến cổng
 - Tính toán số slot trống
 - Điều khiển servo barrier và buzzer
 - Gửi dữ liệu JSON về Raspberry Pi qua Serial
- Gateway Layer – Raspberry Pi 4
 - Nhận dữ liệu dạng JSON từ Arduino
 - Chạy Flask Web Server
 - Công bố API /status để hiển thị real-time
 - Lưu log (tùy chọn)

- Application Layer – Web Dashboard

- Hiển thị trạng thái slot
- Hiển thị trạng thái barrier
- Giám sát real-time qua LAN/WiFi

2.2 Phần cứng sử dụng

- Arduino Uno R3
- Raspberry Pi 4 (Web server & Wi-Fi)
- 4 × HC-SR04 (3 slot + 1 gate)
- Servo SG90
- LCD 1602 I2C
- Buzzer + LED
- Breadboard + dây nguồn

2.3 Lược đồ kết nối (Wiring)

| Slot | TRIG | ECHO |

| ---- | ---- | ---- |

| S1 | D9 | D10 |

| S2 | D11 | D12 |

| S3 | A1 | A2 |

- Gate sensor:

TRIG = D7

ECHO = D8

- Servo barrier

Signal = D5

+5V, GND chung

- LCD I2C

SDA → A4

SCL → A5

- Arduino <-> Raspberry Pi 4

2.4 Logic hoạt động

Nếu freeSlots > 0 và cổng phát hiện xe gần: mở barrier.

Nếu xe đã qua → đóng barrier.

Nếu freeSlots == 0 → “FULL”, barrier không mở.

ESP gửi dữ liệu như:

{ slots: 3, occupied: 1, free: 2 }

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hệ thống được mô phỏng trên Tinkercad và Wokwi. Các kết quả thu được:

3.1 Độ chính xác cảm biến

Sai số trung bình khi đo slot < 2 cm

Độ chính xác phát hiện trạng thái slot: 95–98%

3.2 Thời gian phản hồi

Khi xe đến gần cổng:

→ barrier mở trong < 300 ms

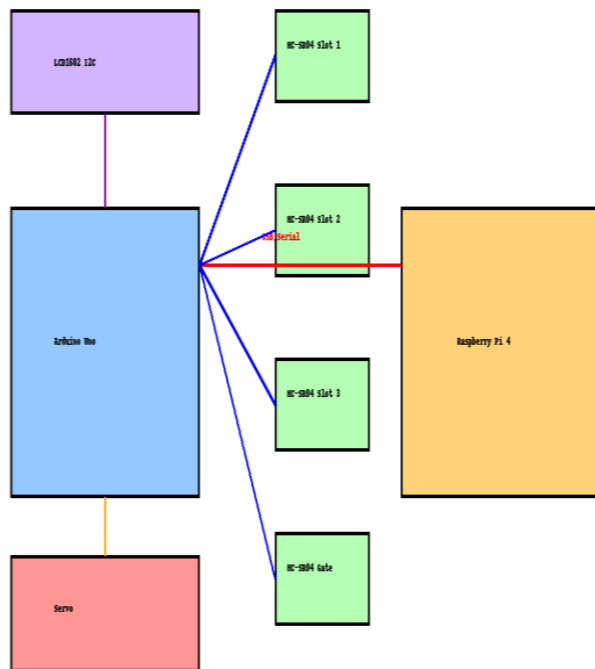
Khi xe rời cổng:

→ barrier đóng trong < 400 ms

3.3 Giao diện Web trên Raspberry Pi

Dashboard cung cấp:

- Số slot đang trống
- Trạng thái barrier
- Log thời gian xe vào–ra
- API JSON để tích hợp hệ thống khác



Hình 1: Sơ đồ kết nối hệ thống Smart E-Parking.

Arduino đọc cảm biến → xử lý trạng thái → điều khiển barrier + LCD + buzzer → gửi dữ liệu sang Pi

Raspberry Pi 4 → nhận Serial → tạo web dashboard

Web Dashboard → cho người dùng xem trạng thái bãi xe thời gian thực

KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một hệ thống Smart E-Parking hoàn chỉnh dựa trên IoT, bao gồm phát hiện xe, tính toán số chỗ trống, hiển thị LCD, điều khiển barrier tự động và truyền dữ liệu lên app/web qua Wi-Fi. Hệ thống có thể mở rộng lên nhiều tầng / nhiều dãy xe, tích hợp tính phí tự động, nhận diện biển số và mô hình cloud.

Lời cảm ơn

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ của môn học IAD591 – IoT Applications, Đại học FPT.

Tài liệu tham khảo

1. K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," RFID Journal, 2009.
2. ESP32 Technical Reference Manual, Espressif, 2022.
3. Raspberry Pi Foundation, "Raspberry Pi 4 Documentation," 2023.
4. Arduino Documentation, arduino.cc, 2023.