

TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐẠI NAM

**Nghiên Cứu và Phát Triển Hệ Thống Trang
Trại Thông Minh Nuôi Lợn
Ứng Dụng Công Nghệ IoT và Trí Tuệ Nhân
Tạo**

Thành viên nhóm 8:

Nguyễn Văn Tân, Nguyễn Văn Long, Ngô Thị Mừng, Đào Trần Lê Việt Anh
Trường Đại Học Đại Nam
Khoa Công Nghệ Thông Tin

Ngày 18 tháng 3 năm 2025

1. Nội Dung và đặt vấn Đề

Trong ngành chăn nuôi lợn, các phương pháp truyền thống tốn nhiều công sức, tài nguyên và khó kiểm soát chính xác các yếu tố môi trường. Điều này dẫn đến nhiều thách thức như dịch bệnh, lãng phí thức ăn và hiệu quả sản xuất thấp. Để giải quyết các vấn đề trên, chúng tôi phát triển hệ thống trang trại thông minh ứng dụng công nghệ IoT. Hệ thống sử dụng ESP32 làm bộ điều khiển chính, kết nối với ba Arduino UNO và ESP32-CAM để tự động hóa quy trình cho ăn, giám sát môi trường, cảnh báo an toàn và theo dõi qua camera. Hệ thống còn tích hợp công nghệ nhận diện giọng nói, cho phép điều khiển bằng lệnh thoại đơn giản. Nghiên cứu này nhằm xây dựng giải pháp toàn diện, thích ứng với nhiều quy mô trang trại, nâng cao hiệu quả sản xuất và tính bền vững trong ngành chăn nuôi lợn.



2. Mục tiêu nghiên cứu

Nhóm nghiên cứu đặt ra các mục tiêu cụ thể sau:

- Xây dựng hệ thống tự động giám sát các thông số môi trường quan trọng như nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas, chất lượng không khí và mực nước trong máng uống.
- Thiết kế và triển khai hệ thống cho ăn tự động dựa trên lịch trình được lập sẵn và các thông số môi trường thu thập được.
- Phát triển hệ thống điều khiển nhiệt độ và thông gió tự động để đảm bảo điều kiện môi trường tối ưu cho lợn.

- Xây dựng giao diện Web/App để người dùng có thể giám sát và điều khiển hệ thống từ xa thông qua Internet.
- Ứng dụng công nghệ nhận diện giọng nói để tăng cường tính tiện lợi và khả năng tương tác với hệ thống.
- Đánh giá hiệu quả của hệ thống thông qua các thử nghiệm thực tế và đề xuất các hướng phát triển trong tương lai.

3. Phạm vi nghiên cứu tập trung vào các khía cạnh sau:

- Thiết kế hệ thống phần cứng sử dụng ESP32 làm bộ điều khiển chính, kết hợp với ba Arduino UNO và một ESP32-CAM.
- Phát triển phần mềm nhúng cho vi điều khiển và ứng dụng Web/Mobile.
- Triển khai hệ thống điều khiển tự động cho quy trình cho ăn, kiểm soát môi trường và giám sát.
- Tích hợp AI SpeechRecognition để điều khiển hệ thống bằng giọng nói.
- Đánh giá hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống trong môi trường thực tế.

4. Công nghệ IoT trong chăn nuôi

Internet of Things (IoT) là xu hướng công nghệ cho phép kết nối các thiết bị vật lý với Internet để thu thập và trao đổi dữ liệu. Trong chăn nuôi, IoT tạo ra một cuộc cách mạng thông qua việc xây dựng các hệ thống trang trại thông minh.

4.1. Chăn nuôi thông minh

Chăn nuôi thông minh (Smart Farming) là việc áp dụng công nghệ hiện đại, đặc biệt là IoT, vào sản xuất chăn nuôi. Các hệ thống này có khả năng:

- Thu thập dữ liệu liên tục về các điều kiện môi trường.
- Tự động hóa các quy trình như cho ăn, kiểm soát nhiệt độ, thông gió.
- Giám sát sức khỏe và hành vi của vật nuôi.
- Tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu tác động môi trường.

4.2. Thiết bị IoT trong trang trại nuôi lợn

Các thiết bị IoT đóng vai trò quan trọng trong việc thu thập dữ liệu và điều khiển tự động:

- **Arduino UNO:** Vi điều khiển phụ trách các chức năng chuyên biệt như hệ thống cho ăn, giám sát môi trường và cảnh báo.
- **ESP32:** Vi điều khiển chính (Master) thu thập dữ liệu từ các Arduino UNO và điều khiển toàn bộ hệ thống.
- **Cảm biến DHT11:** Theo dõi nhiệt độ và độ ẩm không khí trong chuồng trại, giúp đảm bảo điều kiện môi trường phù hợp cho lợn.
- **Cảm biến khí gas MQ135:** Phát hiện nồng độ khí độc hại như amoniac và methane, kích hoạt hệ thống cảnh báo khi vượt ngưỡng an toàn.
- **Rơ-le (Relay):** Điều khiển bật/tắt các thiết bị quạt thông gió, máy bơm, hệ thống chiếu sáng.



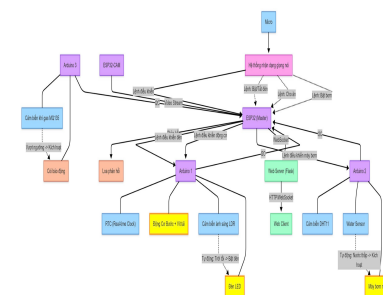
- **Cảm biến ánh sáng LDR:** Phát hiện mức độ ánh sáng để điều khiển hệ thống chiếu sáng tự động theo thời gian thực.
- **RTC (Real Time Clock):** Đồng hồ thời gian thực để lập lịch cho ăn chính xác.

- **Động cơ bước:** Kết hợp với vít tải tạo thành hệ thống phân phối thức ăn tự động theo lịch trình.
- **ESP32-CAM:** Camera giám sát hoạt động của lợn trong chuồng trại.
- **Pin:** Nguồn điện dự phòng cho hệ thống trong trường hợp mất điện.
- **Máy bơm nước:** Cung cấp nước sạch cho lợn khi mực nước trong máng xuống thấp.
- **Còi báo động:** Phát tín hiệu âm thanh khi phát hiện điều kiện bất thường như nhiệt độ cao hoặc nồng độ khí gas vượt ngưỡng.



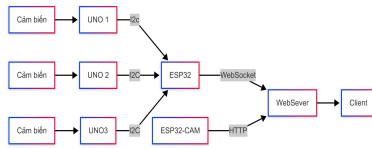
5. Kiến trúc hệ thống trang trại thông minh

5.1. Mô hình tổng quan



Hình 1: Mô hình tổng quan hệ thống trang trại thông minh

Hệ thống trang trại thông minh nuôi lợn được thiết kế theo mô hình phân tầng Master-Slave. ESP32 đóng vai trò là bộ điều khiển chính (Master), kết nối và quản lý ba Arduino UNO (Slave) và một ESP32-CAM:



- **ESP32 Master:** Thu thập dữ liệu từ các Arduino UNO thông qua giao thức I2C, xử lý dữ liệu và gửi lên web server. Tích hợp AI SpeechRecognition để xử lý lệnh giọng nói.
- **Arduino UNO 1:** Quản lý hệ thống cho ăn tự động với động cơ bước và vít tải, kết hợp với hiển thị thời gian thực (RTC).
- **Arduino UNO 2:** Giám sát môi trường với cảm biến DHT11 đo nhiệt độ và độ ẩm, cảm biến mực nước và điều khiển máy bơm qua relay.
- **Arduino UNO 3:** Hệ thống cảnh báo an toàn với cảm biến khí gas MQ135 và còi báo động.
- **ESP32-CAM:** Cung cấp khả năng giám sát hình ảnh trực tiếp thông qua video stream.

5.2. Giao thức truyền thông

Hệ thống sử dụng nhiều giao thức truyền thông khác nhau để đảm bảo kết nối ổn định và hiệu quả:

- **I2C:** Giao thức truyền thông nối tiếp giữa ESP32 Master và các Arduino UNO.
- **WiFi:** Kết nối ESP32 Master và ESP32-CAM với mạng Internet.
- **WebSocket:** Truyền dữ liệu thời gian thực từ ESP32 Master lên web server.
- **MQTT:** Giao thức nhẹ, phù hợp cho IoT, được sử dụng để truyền dữ liệu giữa thiết bị và cloud server.

6. Chức năng điều khiển

Hệ thống hỗ trợ các tính năng điều khiển thiết bị từ xa, bao gồm:

- Bật/tắt hệ thống cho ăn tự động từ ứng dụng hoặc web theo lịch trình hoặc nhu cầu thực tế.
- Điều chỉnh liều lượng thức ăn dựa trên giai đoạn phát triển và số lượng lợn.
- Điều khiển hệ thống thông gió để kiểm soát nồng độ khí amoniac và methane trong chuồng trại.
- Giám sát và tự động điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm để duy trì môi trường tối ưu (18-22°C, độ ẩm 50-70).
- Nhận cảnh báo khi phát hiện điều kiện bất thường như nhiệt độ vượt ngưỡng, khí độc hại cao hay mực nước trong máng thấp.
- Theo dõi hoạt động của lợn qua camera ESP32-CAM để đánh giá sức khỏe và phát hiện bất thường.
- Hỗ trợ điều khiển thiết bị bằng giọng nói thông qua hệ thống AI SpeechRecognition.
- Lưu trữ và phân tích dữ liệu lịch sử để tối ưu hóa quy trình chăn nuôi.

6.1 Công nghệ AI

- TensorFlow Lite: Framework học máy cho thiết bị nhúng.
- AI SpeechRecognition.

7. Kết nối và truyền dữ liệu

7.1 Kết nối cảm biến với vi điều khiển

Các cảm biến được kết nối với vi điều khiển ESP32 và Arduino Uno thông qua các cổng analog và digital. Cụ thể các kết nối như sau:

Cảm biến DHT11 được kết nối với Arduino UNO 2 qua cổng digital D4 để đo nhiệt độ và độ ẩm môi trường trong chuồng trại.

Cảm biến khí gas MQ135 được kết nối với Arduino UNO 3 qua cổng analog A0 để phát hiện nồng độ khí độc hại.

Cảm biến mực nước được kết nối với Arduino UNO 2 qua cổng analog A1 để giám sát lượng nước trong máng uống.

Đồng hồ thời gian thực RTC DS3231 được kết nối với Arduino UNO 1 qua cổng I2C (SDA: A4, SCL: A5) để lập lịch cho ăn chính xác.

Động cơ bước được điều khiển bởi Arduino UNO 1 thông qua các cổng D8, D9, D10, D11 để vận hành hệ thống phân phối thức ăn.

Cảm biến ánh sáng LDR được kết nối với Arduino UNO 1 qua cổng analog A0 để điều khiển hệ thống chiếu sáng.

Máy bơm nước được kết nối với Arduino UNO 2 thông qua relay gắn với cổng D6, trong khi relay điều khiển quạt thông gió được kết nối với Arduino UNO 3 qua cổng D7.

ESP32-CAM hoạt động độc lập và kết nối với hệ thống thông qua WiFi.

7.2 Giao thức truyền dữ liệu

Hệ thống sử dụng nhiều giao thức truyền dữ liệu:

- **I2C:** Giao thức truyền thông nối tiếp được sử dụng để kết nối các Arduino UNO với ESP32 Master, cho phép trao đổi dữ liệu với tốc độ thấp nhưng ổn định.
- **WiFi:** ESP32 Master và ESP32-CAM kết nối với internet thông qua WiFi để truyền dữ liệu lên web server.
- **WebSocket:** Giao thức này được sử dụng để truyền dữ liệu thời gian thực từ ESP32 Master lên web server, đảm bảo cập nhật liên tục các thông số cho người dùng.
- **MQTT:** Giao thức nhẹ, phù hợp cho IoT, được sử dụng để truyền dữ liệu giữa thiết bị và cloud server.

7.3 Lưu trữ và xử lý dữ liệu

Dữ liệu thu thập từ hệ thống cảm biến trong trang trại thông minh được lưu trữ và xử lý thông qua một hệ thống đa tầng:

- **Cơ sở dữ liệu:** Dữ liệu từ tất cả các cảm biến được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu MongoDB trên server. MongoDB được chọn vì khả năng xử lý dữ liệu lớn, không cấu trúc và tính linh hoạt cao, phù hợp với dữ liệu IoT đa dạng từ nhiều loại cảm biến.
- **Xử lý dữ liệu:** Hệ thống sử dụng Node.js để xử lý dữ liệu và cung cấp API RESTful cho ứng dụng Web/Mobile. Node.js được chọn vì hiệu suất cao trong việc xử lý các yêu cầu bất đồng bộ, phù hợp với tính chất thời gian thực của hệ thống.
- **Phân tích dữ liệu:** Các thuật toán phân tích được áp dụng để xác định xu hướng, phát hiện bất thường và tối ưu hóa các tham số môi trường. Cụ thể, hệ thống có khả năng:
 - Phân tích mô hình tiêu thụ thức ăn theo thời gian
 - Tương quan giữa các điều kiện môi trường và tăng trưởng của lợn
 - Dự đoán và cảnh báo sớm các vấn đề sức khỏe tiềm ẩn
- **Lưu trữ dài hạn:** Dữ liệu lịch sử được nén và lưu trữ trong bộ nhớ dài hạn, cho phép truy xuất để phân tích xu hướng và so sánh hiệu suất qua các chu kỳ nuôi khác nhau.

Luồng dữ liệu hoạt động:

1. Các Arduino UNO thu thập dữ liệu từ cảm biến tương ứng (môi trường, cho ăn, an toàn)
2. ESP32 Master thu thập dữ liệu từ tất cả Arduino UNO thông qua I2C
3. ESP32 Master xử lý sơ bộ dữ liệu (lọc nhiễu, tính trung bình, phát hiện bất thường)
4. Dữ liệu được định dạng JSON và gửi lên server thông qua MQTT hoặc WebSocket
5. Server lưu trữ dữ liệu vào MongoDB và cung cấp API cho ứng dụng web/mobile

6. Người dùng có thể truy cập dữ liệu theo thời gian thực hoặc dữ liệu lịch sử qua giao diện
7. Lệnh điều khiển từ người dùng được gửi ngược lại theo quy trình: App → Server → ESP32 → Arduino UNO tương ứng

Hệ thống còn hỗ trợ tạo báo cáo định kỳ về hiệu suất trang trại, bao gồm lượng thức ăn tiêu thụ, điều kiện môi trường trung bình và các chỉ số sức khỏe của đàn lợn, giúp người quản lý có cái nhìn tổng quan về hiệu quả vận hành.

7.2 Giao thức truyền dữ liệu

Hệ thống trang trại thông minh nuôi lợn của chúng tôi sử dụng nhiều giao thức truyền dữ liệu khác nhau để đảm bảo kết nối ổn định và hiệu quả giữa các thành phần:

7.4. Lưu trữ và xử lý dữ liệu

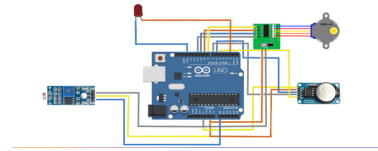
Dữ liệu thu thập từ hệ thống cảm biến trong trang trại thông minh được lưu trữ và xử lý thông qua một hệ thống đa tầng:

- **Cơ sở dữ liệu:** Dữ liệu từ tất cả các cảm biến được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu MongoDB trên server. MongoDB được chọn vì khả năng xử lý dữ liệu lớn, không cấu trúc và tính linh hoạt cao, phù hợp với dữ liệu IoT đa dạng từ nhiều loại cảm biến.
- **Xử lý dữ liệu:** Hệ thống sử dụng Node.js để xử lý dữ liệu và cung cấp API RESTful cho ứng dụng Web/Mobile. Node.js được chọn vì hiệu suất cao trong việc xử lý các yêu cầu bất đồng bộ, phù hợp với tính chất thời gian thực của hệ thống.
- **Phân tích dữ liệu:** Các thuật toán phân tích được áp dụng để xác định xu hướng, phát hiện bất thường và tối ưu hóa các tham số môi trường. Cụ thể, hệ thống có khả năng:
 - Phân tích mô hình tiêu thụ thức ăn theo thời gian

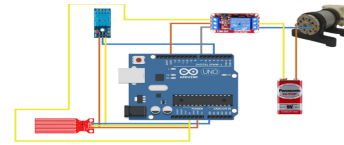
- Tương quan giữa các điều kiện môi trường và tăng trưởng của lợn
- Dự đoán và cảnh báo sớm các vấn đề sức khỏe tiềm ẩn

Luồng dữ liệu hoạt động:

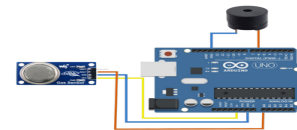
- Arduino UNO 1, 2, 3 thu thập dữ liệu từ các cảm biến tương ứng.
- Arduino UNO 1 quản lý hệ thống cho ăn tự động dựa trên lịch trình RTC.



- Arduino UNO 2 kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm và hệ thống nước.

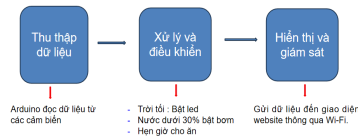


- Arduino UNO 3 giám sát khí gas và điều khiển thông gió.



- ESP32 Master thu thập dữ liệu từ tất cả Arduino UNO thông qua I2C.
- ESP32 Master xử lý và gửi dữ liệu lên Server/App.
- ESP32-CAM truyền video stream trực tiếp lên web server.
- Người dùng giám sát dữ liệu qua App/Web.

- Lệnh điều khiển từ người dùng được gửi ngược lại theo quy trình: App → Server → ESP32 → Arduino UNO tương ứng.



8. Nhận diện giọng nói và điều khiển thiết bị

8.1. Công nghệ nhận diện giọng nói

Hệ thống tích hợp công nghệ AI SpeechRecognition để nhận diện và xử lý các lệnh thoại, cho phép điều khiển trang trại thông minh bằng giọng nói.

- **Module nhận diện giọng nói:** Sử dụng vi mạch chuyên dụng để thu và xử lý âm thanh.
- **Thuật toán xử lý:** Thuật toán được tối ưu hóa cho các lệnh ngắn và cụ thể, phù hợp với môi trường trang trại.
- **Ngôn ngữ hỗ trợ:** Hệ thống được huấn luyện để nhận diện các lệnh tiếng Việt đơn giản.

8.2. Các lệnh giọng nói được hỗ trợ

Hệ thống nhận diện giọng nói hỗ trợ các lệnh cơ bản sau:



- **"Bật đèn" / "Tắt đèn":** Điều khiển hệ thống chiếu sáng trong chuồng trại.
- **"Bật bơm" / "Tắt bơm":** Kích hoạt hoặc ngắt máy bơm nước cho máng uống.
- **"Cho ăn" / "Dừng cho ăn":** Điều khiển hệ thống cung cấp thức ăn tự động.

8.3. Quy trình nhận diện và xử lý lệnh

Quy trình xử lý lệnh giọng nói với Speech AI bao gồm các bước sau:

1. Người dùng phát âm lệnh thoại trực tiếp với Speech AI.
2. Speech AI phân tích và nhận diện lệnh thoại sử dụng các thuật toán xử lý ngôn ngữ tự nhiên.
3. Hệ thống tự động chuyển đổi lệnh thoại thành lệnh văn bản.
4. Xác định lệnh tương ứng từ bộ từ điển lệnh đã được định nghĩa sẵn.
5. Nếu lệnh được nhận diện chính xác, hệ thống gửi lệnh đến ESP32 Master.
6. ESP32 Master điều khiển Arduino UNO tương ứng để thực hiện lệnh.

8.4. Kết nối với hệ thống điều khiển

Sau khi nhận diện thành công, lệnh được chuyển đến các thiết bị tương ứng:

- **Lệnh điều khiển đèn:** Gửi đến Arduino UNO 1 để bật/tắt hệ thống chiếu sáng.
- **Lệnh điều khiển bơm:** Gửi đến Arduino UNO 2 để bật/tắt máy bơm nước.
- **Lệnh cho ăn:** Gửi đến Arduino UNO 1 để kích hoạt động cơ bước và vít tải.

Hệ thống nhận diện giọng nói không chỉ giúp điều khiển trang trại một cách thuận tiện mà còn đặc biệt hữu ích trong trường hợp người quản lý cần thao tác nhanh chóng hoặc khi đang bận các công việc khác.

8.5. Hệ thống giám sát và cảnh báo

Hệ thống được tích hợp với cơ chế giám sát và cảnh báo thông minh:

- **Giám sát liên tục các thông số môi trường:** nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas

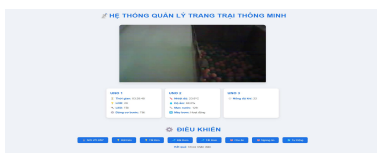
- Phát hiện các điều kiện bất thường dựa trên ngưỡng được thiết lập
- Gửi thông báo qua ứng dụng di động/email khi phát hiện tình trạng cảnh báo
- Tự động kích hoạt hệ thống thông gió khi nồng độ khí gas vượt ngưỡng
- Điều chỉnh nhiệt độ tự động khi phát hiện nhiệt độ quá cao hoặc quá thấp

8.6. Giao diện người dùng

Giao diện web được phát triển với ReactJS cho phép người dùng:

- Xem trạng thái hiện tại của các thiết bị và thông số môi trường
- Theo dõi video stream từ ESP32-CAM
- Điều khiển thủ công các thiết bị qua giao diện trực quan
- Thiết lập lịch trình cho ăn và các ngưỡng cảnh báo
- Xem báo cáo và phân tích dữ liệu lịch sử

9. Kết Quả



9.1. Thiết lập thử nghiệm

Hệ thống được triển khai tại một trang trại nuôi lợn quy mô nhỏ với 20 con lợn thịt. Thời gian thử nghiệm kéo dài 30 ngày để đánh giá hiệu quả và độ ổn định của hệ thống trong điều kiện thực tế. Trong quá trình thử nghiệm, chúng tôi đánh giá các khía cạnh sau:

- Độ chính xác của hệ thống cho ăn tự động

- Độ chính xác nhận diện lệnh giọng nói trong các môi trường khác nhau
- Độ trễ từ khi ra lệnh đến khi hệ thống phản hồi
- Tác động đến sức khỏe và tăng trưởng của lợn

9.2. Kết quả nhận diện giọng nói

Hệ thống nhận diện giọng nói được thử nghiệm trong các môi trường khác nhau tại trang trại lợn để đánh giá độ chính xác và khả năng hoạt động thực tế.

9.3. Hiệu quả hệ thống tự động

So với phương pháp chăn nuôi truyền thống, hệ thống trang trại thông minh đã mang lại những cải thiện đáng kể trong quy trình nuôi lợn. Sau 30 ngày thử nghiệm, chúng tôi ghi nhận các kết quả sau:

- **Tiết kiệm thức ăn:** Giảm 32% lượng thức ăn lãng phí nhờ hệ thống cho ăn tự động định lượng chính xác và theo dõi mức tiêu thụ.
- **Cải thiện tăng trưởng:** Tăng 18% tốc độ tăng trưởng của lợn so với phương pháp chăn nuôi truyền thống, nhờ duy trì điều kiện môi trường tối ưu và chế độ cho ăn đều đặn.
- **Tiết kiệm nhân lực:** Giảm 45% thời gian chăm sóc hàng ngày, cho phép người chăn nuôi tập trung vào các hoạt động giá trị cao hơn như giám sát sức khỏe và cải thiện chất lượng.
- **Cải thiện sức khỏe:** Giảm 25% tỷ lệ bệnh tật do duy trì ổn định nhiệt độ, độ ẩm và chất lượng không khí trong chuồng trại.
- **Phản ứng kịp thời:** Phát hiện sớm 8 trường hợp bất thường về nhiệt độ và 3 trường hợp nồng độ khí gas cao, cho phép can thiệp kịp thời trước khi gây ảnh hưởng đến đàn lợn.

Đặc biệt, khả năng giám sát từ xa thông qua camera ESP32-CAM và điều khiển bằng giọng nói đã cải thiện đáng kể hiệu quả quản lý trang trại, giảm thời gian di chuyển và tăng tần suất kiểm tra.

Biểu đồ tăng trưởng của lợn trong thời gian thử nghiệm cho thấy sự cải thiện đáng kể so với phương pháp chăn nuôi truyền thống.

Đánh giá hiệu năng hệ thống

Đánh giá các thành phần phần cứng và phần mềm của hệ thống:

- Thời lượng pin: ESP32 với pin 3000mAh hoạt động được trung bình 4 ngày trong chế độ tiết kiệm năng lượng
- Khoảng cách thu âm hiệu quả: 5-7 mét trong điều kiện yên tĩnh
- Độ trễ hệ thống trung bình: 2 giây từ khi ra lệnh đến khi thiết bị phản hồi

10. Thảo Luận

10.1. Ưu điểm của hệ thống

Hệ thống trang trại thông minh nuôi lợn mang lại nhiều ưu điểm:

- **Tính tiện dụng:** Người dùng có thể điều khiển hệ thống từ xa mà không cần thao tác trực tiếp tại trang trại
- **Hiệu quả kinh tế:** Giảm chi phí nhân công và tài nguyên (thức ăn, năng lượng)
- **Nâng cao sức khỏe vật nuôi:** Duy trì điều kiện môi trường tối ưu và phát hiện sớm các vấn đề sức khỏe
- **Tính bền vững:** Tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, giảm lãng phí và giảm phát thải khí độc hại
- **Khả năng mở rộng:** Dễ dàng tích hợp thêm cảm biến và thiết bị mới

10.2. Hạn chế và giải pháp

Mặc dù có nhiều ưu điểm, hệ thống vẫn tồn tại một số hạn chế cần khắc phục:

- **Nhận diện giọng nói trong môi trường ồn:** Hiệu suất giảm đáng kể trong môi trường có tiếng ồn cao như chuồng trại lợn. Giải pháp đề xuất là sử dụng thuật toán lọc nhiễu nâng cao và microphone định hướng.
- **Phụ thuộc vào kết nối mạng:** Hệ thống yêu cầu kết nối internet ổn định để truyền dữ liệu và xử lý giọng nói. Giải pháp đề xuất là phát triển cơ chế lưu trữ dữ liệu cục bộ và đồng bộ hóa khi có kết nối.
- **Tiêu thụ năng lượng:** Hoạt động liên tục của các cảm biến và ESP32 tiêu tốn nhiều năng lượng. Giải pháp đề xuất là triển khai chế độ ngủ thông minh và tích hợp nguồn năng lượng tái tạo.
- **Chi phí đầu tư ban đầu:** Dù mang lại lợi ích lâu dài, chi phí ban đầu có thể còn cao đối với các hộ chăn nuôi nhỏ. Giải pháp đề xuất là phát triển các phiên bản giảm lược với chi phí thấp hơn.

11. Kết Luận và Hướng Phát Triển

11.1. Kết luận

Hệ thống trang trại thông minh nuôi lợn ứng dụng công nghệ IoT đã được xây dựng và thử nghiệm thành công với các chức năng chính như:

- **Giám sát môi trường thông minh:** Hệ thống theo dõi liên tục các thông số nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí gas, đảm bảo điều kiện sống tối ưu cho lợn.
- **Tự động hóa cho ăn:** Hệ thống phân phối thức ăn tự động theo lịch trình được lập sẵn, giúp tiết kiệm thức ăn và đảm bảo lợn được cho ăn đều đặn.

- **Nhận diện giọng nói tiện lợi:** Cho phép điều khiển các thiết bị như bật/tắt đèn, bơm nước chỉ bằng lệnh giọng nói.
- **Theo dõi và giám sát từ xa:** Dữ liệu cảm biến và hình ảnh từ camera được hiển thị trên Web theo thời gian thực, giúp người dùng có thể giám sát trang trại từ bất cứ đâu.
- **Cảnh báo thông minh:** Hệ thống phát hiện và cảnh báo sớm các điều kiện bất thường, giúp ngăn ngừa dịch bệnh và tăng cường sức khỏe đàn lợn.

Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống đã giúp
giảm 32

11.2. Hướng phát triển

Trong tương lai, hệ thống có thể được mở rộng và cải tiến theo các hướng sau:

- **Tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI):** Áp dụng các thuật toán học máy để phân tích hành vi của lợn, dự đoán bệnh tật và tối ưu hóa chế độ dinh dưỡng.
- **Phát triển hệ thống phát hiện bệnh:** Tích hợp camera nhiệt và phân tích hình ảnh để phát hiện sớm các triệu chứng bệnh lý ở lợn.
- **Mở rộng quy mô:** Điều chỉnh hệ thống để có thể quản lý nhiều chuồng trại với số lượng lớn vật nuôi.
- **Phát triển ứng dụng di động:** Xây dựng ứng dụng di động riêng giúp người chăn nuôi dễ dàng giám sát và điều khiển hệ thống ngay trên điện thoại.
- **Tích hợp hệ thống năng lượng tái tạo:** Sử dụng năng lượng mặt trời để vận hành hệ thống, giúp giảm chi phí điện năng và tăng tính bền vững.
- **Tích hợp blockchain:** Áp dụng công nghệ blockchain để đảm bảo tính minh bạch và truy xuất nguồn gốc trong chuỗi cung ứng thực phẩm.

12. Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn đến các giảng viên hướng dẫn và các thành viên trong nhóm đã hỗ trợ và đóng góp vào quá trình nghiên cứu và phát triển hệ thống. Đồng thời, nhóm cũng mong muốn nhận được những ý kiến đóng góp từ cộng đồng để tiếp tục cải tiến và mở rộng hệ thống trong tương lai.

— HẾT —