

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
KHOA KỸ THUẬT MÁY TÍNH

QDT.CE

Cuộc thi CE_IoT_Challenge 2021

HỆ THỐNG THÙNG RÁC THÔNG MINH

Thành viên	MSSV
Phạm Trung Quốc	19520887
Phạm Quốc Đăng	19520036
Viên Minh Tân	19520928

TP. HỒ CHÍ MINH, 2021

MỤC LỤC

Chương 1. GIỚI THIỆU	1
1.1. Thực trạng và tính cấp thiết của đề tài.....	1
1.2. Hướng nghiên cứu và mục tiêu.....	2
Chương 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	3
2.1. Công nghệ LoRaWAN	3
2.1.1. Sóng LoRa	3
2.1.2. LoRaWAN	3
2.1.3. Các thành phần của LoRaWAN	4
2.1.4. Ưu điểm và nhược điểm.....	4
2.2. Kiến trúc IOT	5
Chương 3. GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT	6
3.1. Tổng quan hệ thống.....	6
3.2. Các thành phần cần thiết và phương thức hoạt động.....	7
3.2.1. Esp32cam	7
3.2.2. NewUCA và RFThings Design KIT LS2000.....	8
3.2.3. Cảm biến siêu âm HC-SR04.....	9
3.2.4. Thingspeak.....	10
3.2.5. IFTTT	11
Chương 4. KẾT QUẢ.....	12
4.1. Mô hình sản phẩm	12
4.2. Theo dõi dung lượng rác trên Thingspeak	13
4.3. Gửi thông báo về địa chỉ email của người quản lý.....	14
Chương 5. KẾT LUẬN.....	15

5.1.	Kết quả thu được	15
5.2.	Ưu điểm, nhược điểm	15
5.3.	Hướng phát triển.....	15

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Rác tồn đọng ở các thùng rác trong khu đô thị Đại học quốc gia.....	1
Hình 2.1: LoRa và những loại sóng thông dụng khác	3
Hình 2.2: Kiến trúc Three Layer	5
Hình 3.1: Sơ đồ tổng quan hệ thống “Thùng rác thông minh”	6
Hình 3.2: Module Esp32cam	7
Hình 3.3: Board NewUCA	8
Hình 3.4: RFThings Design KIT LS2000	8
Hình 3.5: Module cảm biến siêu âm HC – SR04	9
Hình 3.6: Trang chủ thingspeak.com.....	10
Hình 3.7: Sự kiện được tạo trên IFTTT	11
Hình 4.1: Gateway được tạo từ board NewUCA và Esp32cam.....	12
Hình 4.2: Mô hình hệ thống thùng rác thông minh và Gateway	12
Hình 4.3: Thùng rác thông minh	13
Hình 4.4: Hiển thị dữ liệu trên Thingspeak	13
Hình 4.5: Email thông báo khi lượng rác đạt 80%	14

Chương 1. GIỚI THIỆU

1.1. Thực trạng và tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay ô nhiễm môi trường đang là vấn đề nhức nhối, đặc biệt là rác thải sinh hoạt. Ở những các vùng nông thôn chưa có bãi tập kết rác thải thường xử lý bằng cách đốt, khói mù trời; cũng có những người mang vớt rác bừa bãi ở các kênh rạch, cống gây ô nhiễm môi trường trầm trọng. Hiện tượng này thường xảy ra ở cả thành phố, những nơi tập trung đông dân cư.



Hình 1.1: Rác tồn đọng ở các thùng rác trong khu đô thị Đại học quốc gia

Quy trình thu gom rác thải đô thị rất phức tạp và đòi hỏi một lượng lớn nguồn lực. Quy trình quản lý chất thải và thành phố hầu như không sử dụng các đổi mới công nghệ để nâng cao hiệu quả hoạt động. Những gì họ đã làm cho đến nay là cải thiện hiệu quả của tuyến đường. Ngay cả khi thực hiện tối ưu hóa tuyến đường, các xe thu gom rác thải vẫn phải kiểm tra thực tế mức độ rác của từng xe đổ. Quy trình thủ công dẫn đến lãng phí thời gian và tiền bạc vì xe thu gom rác thường ghé vào các thùng chứa không cần đổ.

Với thực trạng được nêu ra ở trên, các giải pháp quản lý việc thu gom rác thải thông minh được hỗ trợ bởi IoT tập trung vào việc nâng cao tổng hiệu quả của việc thu gom và tái chế chất thải là thực sự cần thiết.

1.2. Hướng nghiên cứu và mục tiêu

Ở các thành phố lớn trên thế giới, mô hình thùng rác thông minh đã được phát triển và ứng dụng trong vài năm trở lại đây; ưu điểm của các mô hình đó là việc nén rác, lưu trữ và thông báo về cho nhân viên thu gom khi lượng rác sắp đầy; nhưng cùng với các ưu điểm đó là chi phí cao, chiếm diện tích lớn, dễ hư hỏng, ... việc hướng tới một giải pháp quản lý việc thu gom và xử lý rác thải thông minh một cách thuận tiện, hợp lý, thiết kết gọn gàng, tiết kiệm năng lượng và chi phí là điều cần thiết.

Hầu hết các giải pháp quản lý chất thải thông minh phổ biến và khả thi bao gồm thiết bị đầu cuối (cảm biến), cổng kết nối, nền tảng IoT, web và ứng dụng di động. Một bộ cảm biến được gắn vào một thùng chứa để đo mức đồ đầy của nó. Các cổng kết nối đóng vai trò cầu nối giữa nền tảng IoT và cảm biến, gửi dữ liệu từ cảm biến lên đám mây. Một số cổng có khả năng xử lý cạnh cũng cần thiết. Các thiết bị này xử lý dữ liệu thô. Nền tảng IoT thực hiện công việc chuyển đổi dữ liệu thô thành thông tin. Hầu hết thời gian, các nền tảng IoT được lưu trữ trên các đám mây (riêng tư, cũng như chia sẻ), nhưng đôi khi do yêu cầu bảo mật dữ liệu cao, chúng cũng có thể được lưu trữ tại chỗ.

Ý tưởng về hệ thống thùng rác thông minh với các chức năng thông báo lượng rác, lưu trữ rác với số lượng lớn trong một thời gian đủ dài để giúp việc thu gom rác một cách tối ưu và đảm bảo mỹ quan đô thị; cùng với việc áp dụng công nghệ LoRaWAN vào việc thu thập và truyền dữ liệu giúp tiết kiệm được năng lượng và chi phí phát sinh; được hình thành từ những vấn đề đã nêu. Mục tiêu của hệ thống là: tối ưu hoá việc thu gom rác, giảm thiểu nguồn nhân lực, tiết kiệm nhiên liệu, bảo vệ môi trường, ... hướng tới một đô thị xanh, sạch, đẹp trong thời gian tới và đáp ứng được điều kiện về hạ tầng và nhu cầu của người dân.

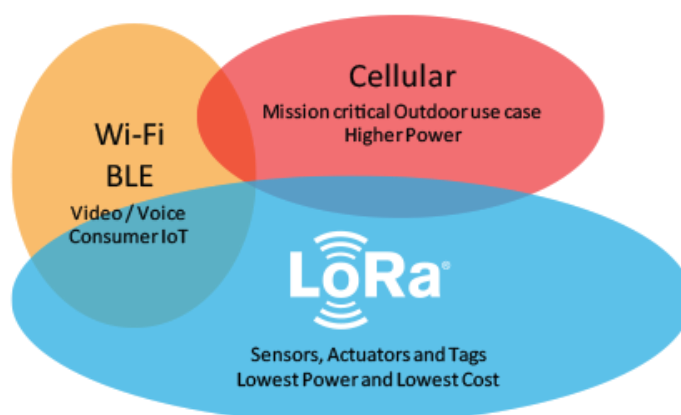
Chương 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Công nghệ LoRaWAN

2.1.1. Sóng LoRa

LoRa là viết tắt của long-range là một công nghệ điều chế RF cho mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) có khả năng truyền dữ liệu lên đến 5km ở khu vực đô thị và 10-15km ở khu vực nông thôn. Đặc điểm của công nghệ Lora là yêu cầu điện năng cực thấp, cho phép tạo ra các thiết bị hoạt động bằng pin với thời gian lên tới 10 năm.

LoRa nằm hoàn toàn ở lớp vật lý trong mô hình OSI, tuy nhiên thay vì đi cáp, không khí được sử dụng như một phương tiện để vận chuyển sóng vô tuyến từ một bộ phát RF trong thiết bị IoT đến bộ thu RF trong gateway và ngược lại.



Hình 2.1: LoRa và những loại sóng thông dụng khác

2.1.2. LoRaWAN

LoRaWAN là một giao thức mạng mở cung cấp các kết nối giữa các cổng LPWAN với các thiết bị IoT ở nút cuối được tiêu chuẩn hóa và duy trì bởi LoRa Alliance. LoRaWAN cũng chịu trách nhiệm quản lý tần số giao tiếp, tốc độ dữ liệu và năng lượng cho tất cả các thiết bị trong mạng. LoRaWAN hoạt động trong phạm vi phổ không được cấp phép dưới 1GHz.

2.1.3. Các thành phần của LoRaWAN

- End Devices (thiết bị cuối): là một cảm biến hoặc thiết bị truyền động được kết nối không dây với mạng LoRaWAN thông qua các gateway sử dụng công nghệ điều chế LoRa.
- Gateway LoRaWAN (cổng LoRaWAN): nhận các dữ liệu RF được điều chế LoRa từ các thiết bị cuối và chuyển tiếp dữ liệu này đến máy chủ ở mạng LoRaWAN. Các cảm biến được kết nối với gateway thông qua mạng IP backbone, đặc biệt cùng một cảm biến có thể gửi dữ liệu đến nhiều gateway miễn là có kết nối giữa chúng.
- Network server (máy chủ mạng): quản lý toàn bộ hệ thống mạng, các thông số thích hợp để điều chỉnh hệ thống và thiết lập kết nối AES 128-bit an toàn để truyền tải và kiểm soát dữ liệu. Máy chủ mạng đảm bảo tính xác thực của mọi cảm biến trên mạng và tính toàn vẹn của các thông báo, tuy nhiên lại không thể nhìn thấy hoặc truy cập vào dữ liệu ứng dụng.
- Application servers (máy chủ ứng dụng): chịu trách nhiệm xử lý, quản lý và diễn giải dữ liệu nhận được từ các cảm biến một cách an toàn, đồng thời tạo ra một downlink payloads tới các thiết bị đầu cuối.
- Join Server: quản lý quá trình kích hoạt cho các end devices được thêm vào mạng. Join Server chứa thông tin cần thiết để xử lý các yêu cầu tham gia vào mạng, báo hiệu cho network server và application servers nào sẽ được kết nối với thiết bị đầu cuối và thực hiện mã hóa các phiên ứng dụng, mạng.

2.1.4. Ưu điểm và nhược điểm

- Ưu điểm:
 - Tầm xa
 - Tuổi thọ pin cao
 - Chi phí thấp
 - Truyền hai chiều
 - Đảm bảo ổn định

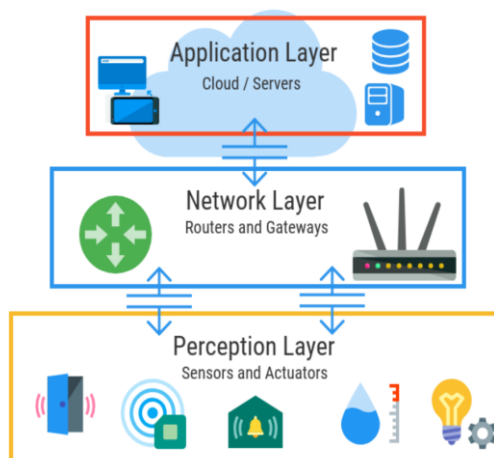
- Hoạt động không cần licences
- Nhược điểm:
 - Không dành cho tải trọng dữ liệu lớn
 - Không cho giám sát liên tục
 - Không phù hợp với các ứng dụng thời gian thực đòi hỏi độ trễ thấp và yêu cầu thiết bị ràng buộc.
 - Thách thức khi triển khai các gateway trong các khu đô thị.
 - Tần số mở có thể bị nhiễu và tốc độ dữ liệu có thể thấp.

2.2. Kiến trúc IOT

Hệ thống được xây dựng trên mô hình kiến trúc Three Layer (kiến trúc 3 tầng).

Kiến trúc Three Layer cơ bản gồm 3 tầng:

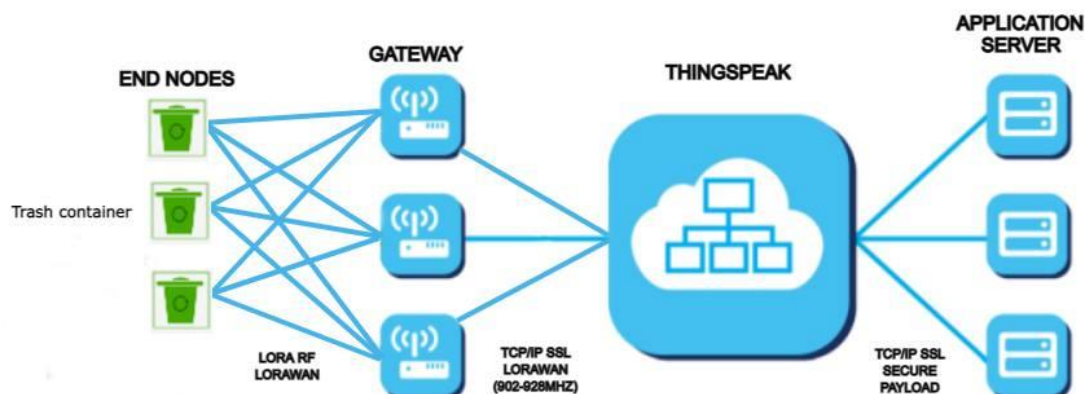
- Tầng vật lý: Cảm biến, thiết bị truyền động, thiết bị tương tác, hoặc xác định các đối tượng thông minh khác trong môi trường...Cụ thể ở đây là thùng rác thông minh gồm có các cảm biến làm nhiệm vụ thu thập dữ liệu.
- Tầng mạng: kết nối các thiết bị ngoại vi, các thiết bị mạng và máy chủ, truyền và xử lý dữ liệu. Hệ thống thùng rác thông minh sử dụng sóng LoRa và các Gateway để kết nối và truyền dữ liệu.
- Tầng ứng dụng: xử lý và lưu trữ dữ liệu với các dịch vụ và chức năng chuyên biệt. Cụ thể trong hệ thống sử dụng nền tảng Thingspeak.



Hình 2.2: Kiến trúc Three Layer

Chương 3. GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1. Tổng quan hệ thống



Hình 3.1: Sơ đồ tổng quan hệ thống “Thùng rác thông minh”

- End Nodes (thiết bị cuối): các cảm biến siêu âm đặt trong các thùng rác dùng để giám sát lượng rác trong thùng và được gửi dữ liệu lên Gateway thông qua RFThings Design KIT LS200. Kết nối không dây với mạng LoRaWAN thông qua các gateway sử dụng công nghệ điều chế LoRa.
- Gateway LoRaWAN (NewUCA vs ESP32cam): nhận các dữ liệu RF được điều chế LoRa từ các thiết bị cuối và chuyển tiếp dữ liệu này đến máy chủ ở mạng LoRaWAN (ThingSpeak).
- Network server (ThingSpeak): quản lý toàn bộ hệ thống mạng, các thông số thích hợp để điều chỉnh hệ thống. Máy chủ mạng đảm bảo tính xác thực của mọi cảm biến trên mạng và tính toàn vẹn của các thông báo, tuy nhiên lại không thể nhìn thấy hoặc truy cập vào dữ liệu ứng dụng.
- Application servers (IFTTT): chịu trách nhiệm xử lý, quản lý và diễn giải dữ liệu nhận được từ các cảm biến một cách an toàn, đồng thời tạo ra một downlink payloads tới các thiết bị đầu cuối.

3.2. Các thành phần cần thiết và phương thức hoạt động

3.2.1. Esp32cam

Kit RF thu phát Wifi BLE ESP32 Camera ESP32-CAM Ai-Thinker được sản xuất bởi Ai-Thinker có kích thước nhỏ gọn với bộ xử lý chính là module ESP32 + Camera OV2640 được sử dụng trong các ứng dụng truyền hình ảnh, xử lý ảnh qua Wifi, Bluetooth hoặc các ứng dụng IoT,...



Hình 3.2: Module Esp32cam

Thông số kỹ thuật của module Esp32cam

- Điện áp đầu vào: 5V DC (nguồn $\geq 2A$)
- Điện áp giao tiếp GPIO: 3.3V DC
- SPI Flash: 32Mbit
- RAM: 520KB SRAM
- IO port: 9
- Tần số dao động: 2412 ~ 2484MHz
- Hỗ trợ giao tiếp: UART, SPI, I2C, PWM
- UART Baudrate: mặc định 115200
- Bảo mật: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS

Trong hệ thống này, esp32cam có nhiệm vụ gửi dữ liệu lên Thingspeak (Cloudserver).

3.2.2. NewUCA và RFThings Design KIT LS2000



Hình 3.3: Board NewUCA

NewUCA và esp32cam kết hợp tạo thành một gateway có nhiệm vụ nhận dữ liệu từ Design KIT LS2000 và truyền dữ liệu lên cloud server.



Hình 3.4: RFThings Design KIT LS2000

RFThings Design KIT LS2000 nhận, xử lý dữ liệu từ các cảm biến và truyền lên gateway.

3.2.3. Cảm biến siêu âm HC-SR04



Hình 3.5: Module cảm biến siêu âm HC – SR04

Dựa vào những đặc điểm như: nhỏ gọn, tiết kiệm điện năng, dễ sử dụng, giá thành thấp nên cảm biến siêu âm HC-SR04 được lựa chọn cho việc xây dựng hệ thống.

Thông số kỹ thuật của cảm biến HC-SR04:

- Điện áp: 5V DC
- Dòng hoạt động: < 2mA
- Mức cao: 5V
- Mức thấp: 0V
- Góc tối đa: 15 độ
- Khoảng cách: 2cm – 450cm (4.5m)
- Độ chính xác: 3mm

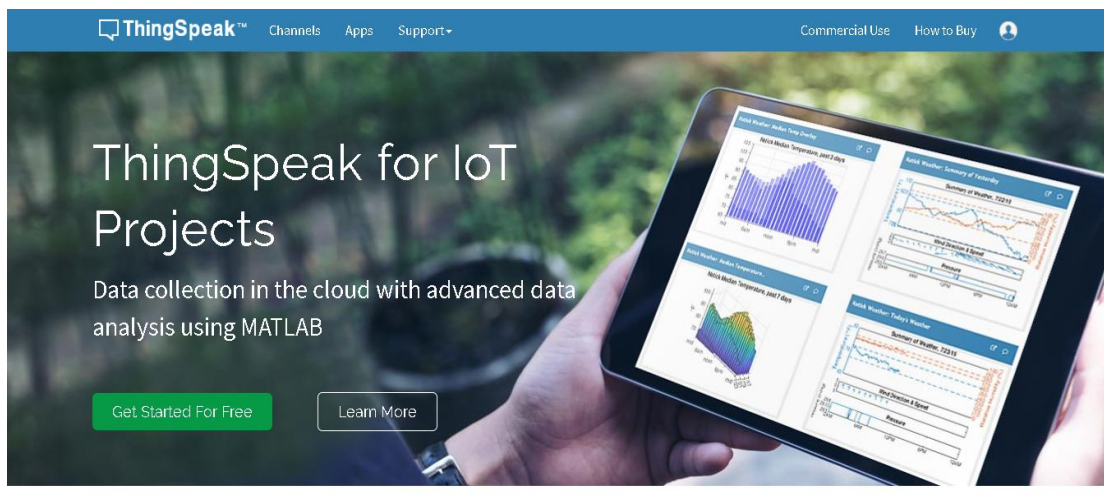
Cảm biến siêu âm SR04 sử dụng nguyên lý phản xạ sóng siêu âm. Cảm biến gồm 2 module. 1 module phát ra sóng siêu âm và 1 module thu sóng siêu âm phản xạ về. Bằng cách đo thời gian từ lúc phát đến lúc nhận sóng ta sẽ tính được khoảng cách từ cảm biến đến chướng ngại vật.

$$\text{Khoảng cách} = (\text{thời gian} * \text{vận tốc âm thanh (340 m/s)}) / 2$$

Áp dụng công thức trên vào hệ thống, ta có thể tính được lượng rác có trong thùng bằng công thức sau:

$$\text{Lượng rác (\%)} = (\text{Chiều dài tổng} - \text{Khoảng cách}) / \text{Chiều dài tổng} * 100$$

3.2.4. Thingspeak





Hình 3.6: Trang chủ thingspeak.com


Thingspeak là một nền tảng mà bạn có thể trực quan hóa và phân tích dữ liệu trên đám mây. Nó là một sản phẩm Matlab và bạn có thể xử lý và phân tích dữ liệu trực tiếp từ đám mây. Chủ yếu nó được sử dụng trong các dự án IoT cần phân tích để theo dõi những thay đổi về giá trị cảm biến trên đám mây. Trong hệ thống này, Thingspeak được dùng để theo dõi và hiển thị dữ liệu được gửi từ các gateway.


Thingspeak dễ sử dụng, miễn phí, hỗ trợ công cụ theo dõi, giám sát dữ liệu trực quan thông qua các biểu đồ, hệ thống định vị GPS, phù hợp với yêu cầu đặt ra của hệ thống.

3.2.5. IFTTT

**Applet ran**
Aug 18 - 11:02 PM

**If Maker Event "Dust_Exceeds", then Send me an email at 19520887@gm.uit.edu.vn**
The event named "Dust_Exceeds" occurred on the Maker Webhooks service

**Webhooks**
Receive a web request
● Trigger ran, 11:02 PM

**Email**
Send me an email
● Action ran, 11:02 PM

Hình 3.7: Sự kiện được tạo trên IFTTT

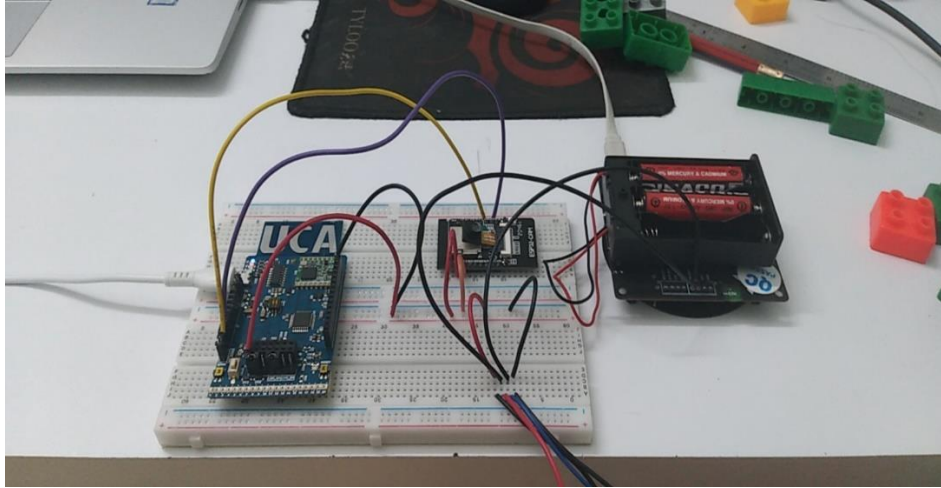
IFTTT là web trung gian, khi dữ liệu ở Thingspeak trên 80% thì sẽ gửi một yêu cầu đến IFTTT; IFTTT sẽ gửi một thông báo đến địa chỉ email của người quản lý.

3.2.6. Sources code

Link GitHub: [PTQ-UIT/IoT-QDT-UIT \(github.com\)](https://github.com/PTQ-UIT/IoT-QDT-UIT)

Chương 4. KẾT QUẢ

4.1. Mô hình sản phẩm



Hình 4.1: Gateway được tạo từ board NewUCA và Esp32cam

Do không nằm trong khu vực phủ sóng của các LoRa Gateway có sẵn nên nhóm thực hiện tạo một LoRa Gateway từ board NewUCA và Esp32cam.



Hình 4.2: Mô hình hệ thống thùng rác thông minh và Gateway

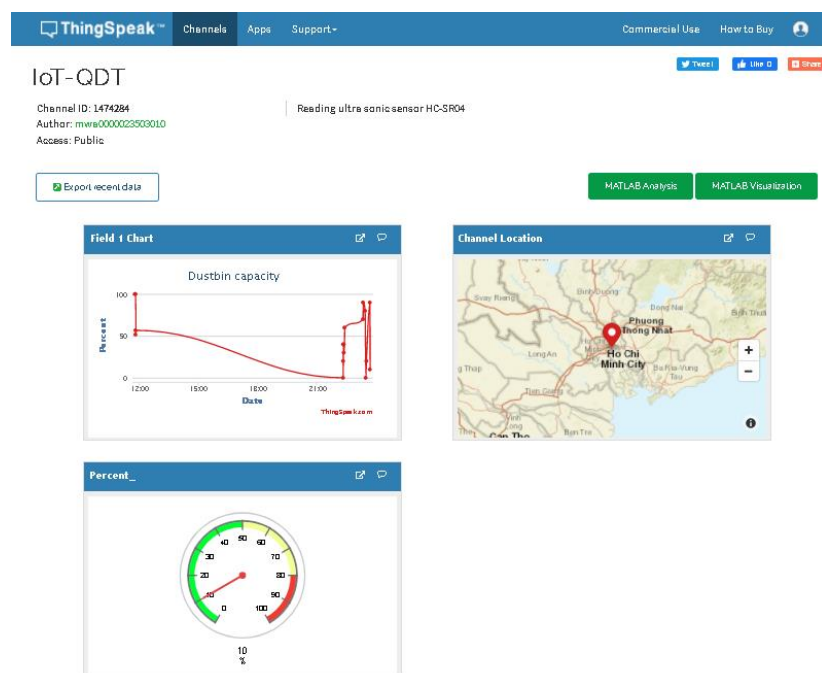
Hệ thống bao gồm một thùng rác, một cảm biến siêu âm HC-SR04 được kết nối với RFThings Design KIT LS200, một Gateway và nguồn.



Hình 4.3: Thùng rác thông minh

Sản phẩm thùng rác thông minh với cảm biến HC-SR04 và Design KIT LS2000 được lắp ở phần trên.

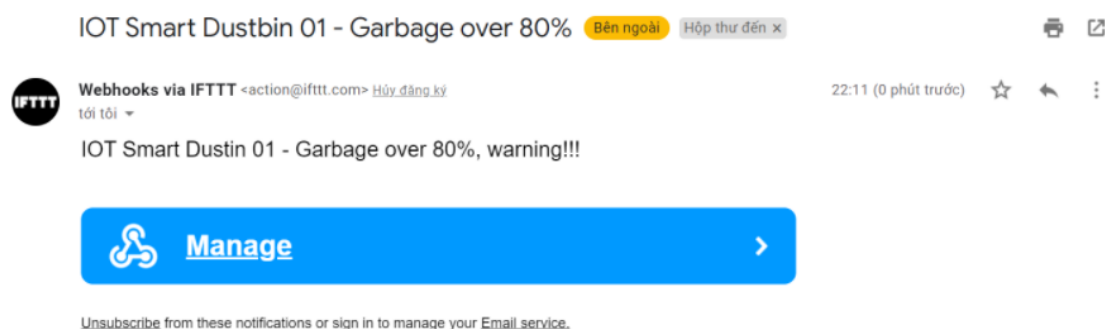
4.2. Theo dõi dung lượng rác trên Thingspeak



Hình 4.4: Hiện thị dữ liệu trên Thingspeak

Dữ liệu được hiển thị trên Thingspeak dưới dạng biểu đồ đường (Field 1 Chart), vị trí của thùng rác trên map (Channel Location) và đồng hồ hiển thị phần trăm lượng rác (Percent___).

4.3. Gửi thông báo về địa chỉ email của người quản lý



Hình 4.5: Email thông báo khi lượng rác đạt 80%

Email thông báo được gửi từ IFTTT khi dữ liệu trên Thingspeak vượt quá giới hạn lượng rác (80%).

Chương 5. KẾT LUẬN

5.1. Kết quả thu được

Cơ bản hoàn thành mục tiêu đề ra là xây dựng một thông thùng rác thông minh có khả năng giám sát lượng rác theo thời gian thực.

5.2. Ưu điểm, nhược điểm

- Ưu điểm: Tiết kiệm năng lượng, phạm vi hoạt động rộng, tiết kiệm thời gian so với cách thức truyền thống, tiết kiệm chi phí, phù hợp với nhu cầu xử lý rác thải hiện nay.
- Nhược điểm: ít tính năng (không có phân loại rác, nén rác, khử mùi, ...), chưa thể mở rộng hệ thống trên diện rộng do số lượng gateway còn hạn chế.

5.3. Hướng phát triển

Để mở rộng hơn các tính năng của thùng rác phù hợp với nhu cầu sử dụng và điều kiện hiện có, nhóm có một số giải pháp đề xuất để áp dụng với hệ thống thùng rác thông minh như sau:

- Người dân sẽ phải đăng ký dịch vụ để được bỏ rác: việc đăng ký dịch vụ sẽ giúp quản lý được số lượng người dân sử dụng dịch vụ qua đó có thể thực hiện thu phí một cách dễ dàng, giúp chủ động hơn trong việc nâng cấp, sửa chữa và duy trì hệ thống.
- Thêm chức năng phân loại rác cho hệ thống: việc phân loại rác rất quan trọng trong quá trình thu gom và xử lý rác thải đô thị. Việc phân loại rác ngay từ khâu đầu tiên giúp nâng cao hiệu quả của việc xử lý rác, bảo vệ môi trường và thúc đẩy việc tái chế rác thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Mạnh Thảo, “rfthings-stm32l4” [online], Available: <https://github.com/RFTThings/rfthings-stm32l4>, [Accessed 11 August 2021].
- [2] The MathWorks Inc, “ThingSpeak Documentation”, Available: <https://au.mathworks.com/help/thingspeak> , [Accessed 14 August 2021].
- [3] Rui Santos, Sara Santos, “How to program / Upload Code to Esp32CAM AI-Thinker (Arduino IDE)” [online], Available: <https://randomnerdtutorials.com/program-upload-code-esp32-cam>, [Accessed 12 August 2021]
- [4] Rui Santos, Sara Santos, “ESP32 Publish Sensor Readings to Thingspeak (easiest way)”, Available: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-thingspeak-publish-arduino>, [Accessed 12 August 2021]
- [5] Dejan, “Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino Tutorial” [online], Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04>, [Accessed 13 August 2021]