

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



**TÌM HIỂU KIẾN TRÚC HỆ THỐNG IOT
VÀ CÁC GIAO THỨC IOT QUAN TRỌNG**

Người thực hiện: Nguyễn Tuấn Anh

Bộ môn: Mạng máy tính – Khoa Công nghệ thông tin

HÀ NỘI- 01/2026

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1– TỔNG QUAN VỀ IOT	3
1.1.TỔNG QUAN VỀ INTERNET OF THINGS (IOT)	3
1.1.1. Khái niệm IoT.....	3
1.1.2. Đặc điểm của IoT.....	3
1.1.3. Kiến trúc cơ bản của hệ thống IoT	3
1.1.4. Ứng dụng của IoT.....	3
1.2.KIẾN TRÚC HỆ THỐNG IOT	4
1.2.1. Lớp thiết bị cảm biến và chấp hành	5
1.2.2. Lớp kết nối mạng.....	5
1.2.3. Lớp gateway	6
1.2.4. Lớp xử lý và lưu trữ dữ liệu.....	6
1.2.5. Lớp ứng dụng	6
1.2.6. Lớp bảo mật.....	6
1.3. MÔ HÌNH TỔNG QUÁT	7
1.4. KẾT LUẬN	7
CHƯƠNG 2- GIAO THỨC MQTT VÀ CÁC CÔNG NGHỆ	8
TRUYỀN THÔNG IOT.....	8
2.1. TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN THÔNG TRONG HỆ THỐNG IOT	8
2.1.1.Vai trò của truyền thông trong IoT	8
2.1.2. Các yêu cầu đối với giao thức IoT.....	8
2.2. Các công nghệ kết nối trong IoT	8
2.2.3. ZIGBEE.....	10
2.2.4. LORA VÀ LORAWAN	11
2.2.5. NB-IOT (NARROWBAND INTERNET OF THINGS).....	12
2.2.6. 4G/5G	14
2.3. CÁC GIAO THỨC ỨNG DỤNG TRONG IOT.....	17
CHƯƠNG 3-ỨNG DỤNG IOT SỬ DỤNG GIAO THỨC MQTT	28
3.1.CÁC ỨNG DỤNG PHỔ BIẾN CỦA IOT	28
3.2.XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG GIÁM SÁT ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ SỬ DỤNG MQTT.....	29
3.2.1.Thiết kế mô hình hệ thống	29
3.2.2.triển khai hệ thống	30
NHẬN XÉT	30
KẾT LUẬN	31
TÀI LIỆU THAM KHẢO	32

CHƯƠNG 1– TỔNG QUAN VỀ IOT

1.1.TỔNG QUAN VỀ INTERNET OF THINGS (IOT)

1.1.1. Khái niệm IoT

Internet of Things (IoT - Internet vạn vật) là mạng lưới các thiết bị vật lý được kết nối với Internet nhằm thu thập, trao đổi và xử lý dữ liệu một cách tự động. Các thiết bị này có thể là cảm biến, bộ điều khiển, máy móc, phương tiện giao thông, thiết bị gia dụng hoặc bất kỳ đối tượng nào được tích hợp khả năng kết nối mạng.

Thông qua IoT, các thiết bị có thể giao tiếp với nhau hoặc với con người mà không cần nhiều sự can thiệp trực tiếp. Dữ liệu thu thập từ môi trường sẽ được truyền đến hệ thống xử lý, từ đó đưa ra các quyết định điều khiển phù hợp hoặc cung cấp thông tin phục vụ công tác quản lý và giám sát.

1.1.2. Đặc điểm của IoT

Hệ thống IoT thường có các đặc điểm cơ bản sau:

- **Kết nối liên tục:** Các thiết bị được kết nối với Internet hoặc mạng nội bộ để trao đổi dữ liệu.
- **Tự động hóa:** Quá trình thu thập dữ liệu và điều khiển được thực hiện tự động.
- **Giám sát thời gian thực:** Người dùng có thể theo dõi trạng thái thiết bị mọi lúc, mọi nơi.
- **Khả năng mở rộng cao:** Dễ dàng bổ sung thêm các thiết bị mới vào hệ thống.
- **Tích hợp trí tuệ nhân tạo và điện toán đám mây:** Giúp phân tích dữ liệu và tối ưu hóa hoạt động của hệ thống.

1.1.3. Kiến trúc cơ bản của hệ thống IoT

Một hệ thống IoT điển hình thường gồm bốn lớp:

1. **Lớp cảm nhận (Perception Layer):**
 - Bao gồm các cảm biến và thiết bị thu thập dữ liệu.
 - Ví dụ: cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chuyển động.
2. **Lớp mạng (Network Layer):**
 - Thực hiện truyền dữ liệu giữa các thiết bị và máy chủ.
 - Sử dụng các giao thức như Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRa, MQTT hoặc HTTP.
3. **Lớp xử lý (Processing Layer):**
 - Thực hiện lưu trữ, xử lý và phân tích dữ liệu.
 - Thường được triển khai trên máy chủ hoặc nền tảng điện toán đám mây.
4. **Lớp ứng dụng (Application Layer):**
 - Cung cấp giao diện cho người dùng.
 - Hiện thị dữ liệu, gửi cảnh báo và cho phép điều khiển thiết bị từ xa.

1.1.4. Ứng dụng của IoT

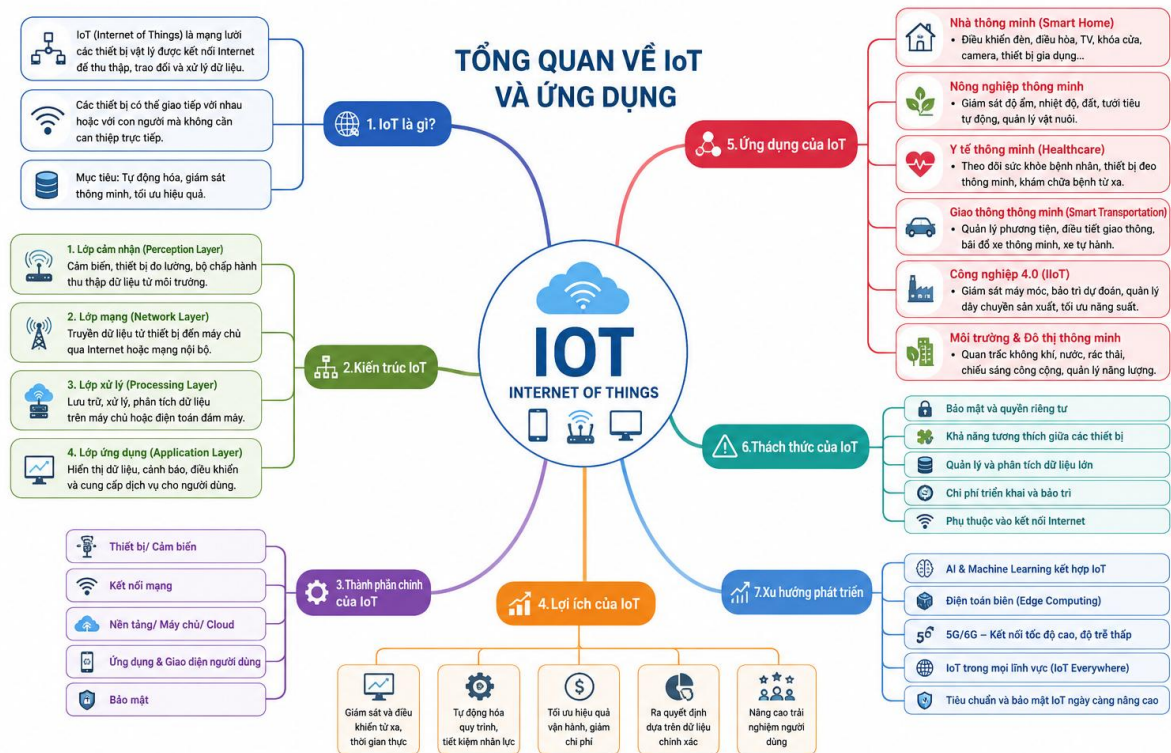
Hiện nay IoT được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực:

- **Nhà thông minh (Smart Home):** Điều khiển đèn, quạt, điều hòa, khóa cửa từ xa.
- **Nông nghiệp thông minh:** Giám sát độ ẩm đất, điều khiển hệ thống tưới tự động.
- **Y tế thông minh:** Theo dõi sức khỏe bệnh nhân từ xa.
- **Giao thông thông minh:** Quản lý phương tiện và điều tiết giao thông.
- **Công nghiệp 4.0:** Giám sát máy móc, dây chuyền sản xuất và bảo trì dự đoán.
- **Môi trường:** Quan trắc chất lượng không khí, nước và thời tiết.

1.5. Vai trò của IoT trong thời đại số

IoT đang trở thành một trong những công nghệ nền tảng của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư (Industry 4.0). Việc kết nối các thiết bị và thu thập dữ liệu liên tục giúp nâng cao hiệu quả quản lý, giảm chi phí vận hành, tăng năng suất lao động và hỗ trợ ra quyết định dựa trên dữ liệu thực tế. Nhờ đó, IoT góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong doanh nghiệp, tổ chức và đời sống xã hội.

IoT là công nghệ cho phép các thiết bị vật lý kết nối và trao đổi dữ liệu thông qua Internet, tạo ra các hệ thống thông minh có khả năng giám sát, điều khiển và tự động hóa trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống và sản xuất.

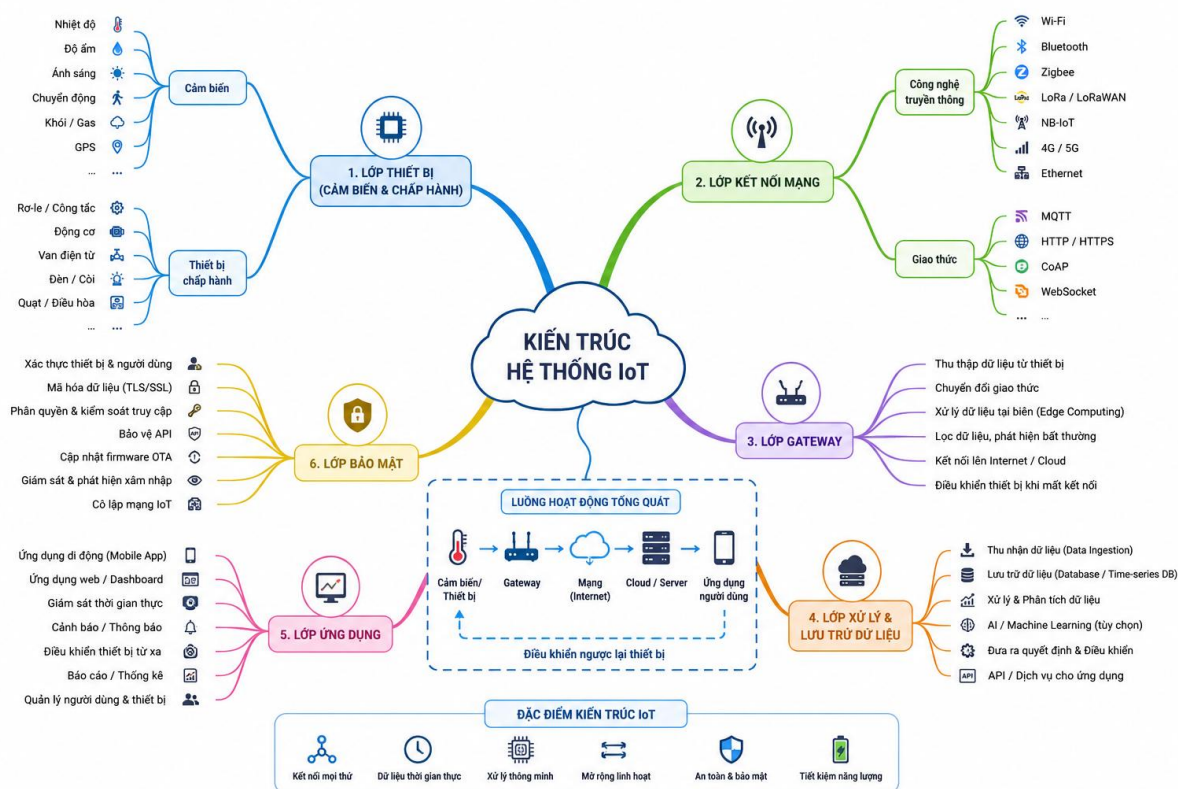


Hình 1-1-Tổng quan về IOT và Ứng dụng

1.2.KIẾN TRÚC HỆ THỐNG IOT

Kiến trúc hệ thống IoT là mô hình tổng thể mô tả cách các thiết bị, cảm biến, mạng truyền thông, nền tảng xử lý dữ liệu và ứng dụng người dùng phối hợp với nhau để thu thập, truyền tải, xử lý và khai thác dữ liệu từ thế giới thực. Một hệ thống IoT hoàn

chính không chỉ gồm các thiết bị cảm biến đơn lẻ, mà là sự kết hợp chặt chẽ giữa phần cứng, phần mềm, mạng truyền thông, điện toán đám mây và các cơ chế bảo mật.



Hình 1-2-Sơ đồ tư duy về kiến trúc IOT

1.2.1. Lớp thiết bị cảm biến và chấp hành

Đây là lớp gần nhất với môi trường vật lý. Lớp này bao gồm các cảm biến như cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, chuyển động, áp suất, khói, khí gas, GPS... Các cảm biến có nhiệm vụ thu thập dữ liệu từ môi trường thực tế.

Bên cạnh cảm biến, hệ thống IoT còn có các thiết bị chấp hành như rơ-le, động cơ, van điện tử, đèn, còi báo động hoặc thiết bị điều khiển. Các thiết bị này nhận lệnh từ hệ thống để thực hiện hành động cụ thể, ví dụ bật quạt, mở cửa, tưới cây, cảnh báo cháy hoặc điều chỉnh nhiệt độ.

Ví dụ: Trong hệ thống nhà thông minh, cảm biến nhiệt độ đo nhiệt độ phòng, còn thiết bị chấp hành có thể là điều hòa hoặc quạt tự động bật khi nhiệt độ vượt ngưỡng.

1.2.2. Lớp kết nối mạng

Sau khi dữ liệu được thu thập, hệ thống cần truyền dữ liệu đó đến nơi xử lý. Lớp kết nối mạng đảm nhiệm việc truyền thông giữa thiết bị IoT và các hệ thống trung tâm.

Tùy theo phạm vi, tốc độ và mức tiêu thụ năng lượng, IoT có thể sử dụng nhiều công nghệ truyền thông khác nhau như Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IoT, 4G/5G hoặc Ethernet. Với các hệ thống trong nhà, Wi-Fi và Bluetooth thường được sử dụng. Với các hệ thống nông nghiệp thông minh hoặc giám sát môi trường diện rộng, LoRa hoặc NB-IoT phù hợp hơn vì tiết kiệm năng lượng và truyền xa.

Lớp mạng cũng sử dụng các giao thức truyền dữ liệu như MQTT, HTTP, CoAP hoặc WebSocket. Trong đó, MQTT là giao thức rất phổ biến trong IoT vì nhẹ, nhanh và phù hợp với các thiết bị có tài nguyên hạn chế.

1.2.3. Lớp gateway

Gateway là thành phần trung gian giữa các thiết bị IoT và hệ thống xử lý trung tâm. Không phải thiết bị cảm biến nào cũng có khả năng kết nối trực tiếp lên Internet, vì vậy gateway giúp thu thập dữ liệu từ nhiều thiết bị, chuyển đổi giao thức và gửi dữ liệu lên máy chủ hoặc nền tảng đám mây.

Ví dụ: Nhiều cảm biến dùng Zigbee có thể gửi dữ liệu đến một gateway. Gateway này sau đó chuyển dữ liệu sang giao thức MQTT và gửi lên cloud qua Internet.

Ngoài chức năng truyền dữ liệu, gateway còn có thể xử lý sơ bộ dữ liệu tại biên, lọc dữ liệu nhiễu, phát hiện bất thường hoặc điều khiển thiết bị ngay cả khi mất kết nối Internet.

1.2.4. Lớp xử lý và lưu trữ dữ liệu

Đây là lớp trung tâm của hệ thống IoT. Dữ liệu sau khi được gửi từ thiết bị hoặc gateway sẽ được lưu trữ, phân tích và xử lý. Lớp này có thể được triển khai trên máy chủ nội bộ, máy chủ cloud hoặc kết hợp cả hai.

- Các công việc chính của lớp này gồm:
- Thu nhận dữ liệu từ thiết bị IoT.
- Lưu trữ dữ liệu theo thời gian thực.
- Phân tích dữ liệu để phát hiện xu hướng hoặc bất thường.
- Đưa ra quyết định điều khiển tự động.

Cung cấp dữ liệu cho ứng dụng người dùng.

Ví dụ: Trong hệ thống giám sát nhiệt độ kho lạnh, dữ liệu nhiệt độ được gửi liên tục về máy chủ. Nếu nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép, hệ thống sẽ gửi cảnh báo và có thể tự động kích hoạt thiết bị làm lạnh.

1.2.5. Lớp ứng dụng

Lớp ứng dụng là nơi người dùng trực tiếp tương tác với hệ thống IoT. Lớp này có thể là ứng dụng web, ứng dụng di động, dashboard giám sát, hệ thống cảnh báo hoặc phần mềm quản lý.

Thông qua lớp ứng dụng, người dùng có thể xem dữ liệu thời gian thực, theo dõi biểu đồ, cấu hình ngưỡng cảnh báo, điều khiển thiết bị từ xa và nhận thông báo khi có sự cố.

Ví dụ: Người dùng có thể mở điện thoại để xem nhiệt độ trong nhà, bật tắt đèn, kiểm tra camera hoặc nhận cảnh báo khi có chuyển động bất thường.

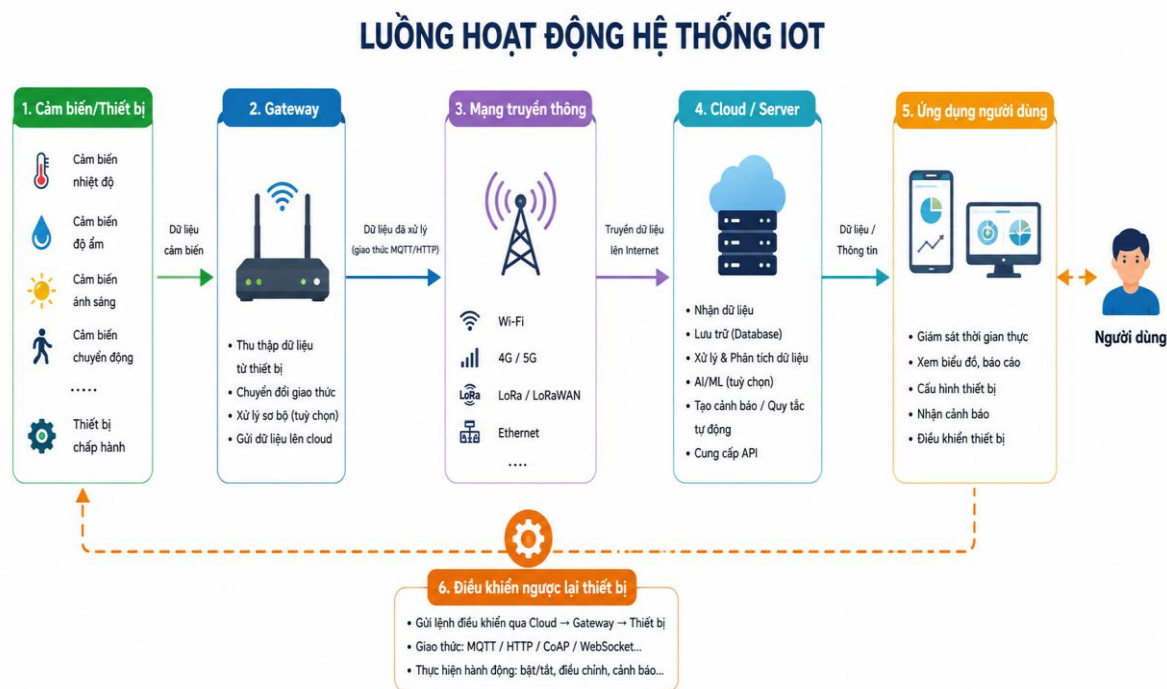
1.2.6. Lớp bảo mật

Bảo mật là thành phần rất quan trọng trong kiến trúc IoT. Do các thiết bị IoT thường kết nối Internet và thu thập dữ liệu thực tế, hệ thống rất dễ bị tấn công nếu không được bảo vệ tốt.

Các biện pháp bảo mật thường bao gồm xác thực thiết bị, mã hóa dữ liệu, phân quyền người dùng, cập nhật phần mềm định kỳ, bảo vệ API, giám sát truy cập bất thường và cô lập mạng IoT với mạng nội bộ quan trọng.

Nếu thiếu bảo mật, kẻ tấn công có thể chiếm quyền điều khiển thiết bị, đánh cắp dữ liệu hoặc làm gián đoạn hoạt động của toàn bộ hệ thống.

1.3. MÔ HÌNH TỔNG QUÁT



Hình 1-3-Sơ đồ tư duy về kiến trúc IOT

Ví dụ trong hệ thống nông nghiệp thông minh:

- Cảm biến đo độ ẩm đất.
- Dữ liệu được gửi qua LoRa đến gateway.
- Gateway gửi dữ liệu lên cloud bằng MQTT.
- Cloud phân tích dữ liệu.
- Nếu đất quá khô, hệ thống gửi lệnh bật máy bơm.
- Người dùng theo dõi trạng thái trên điện thoại.

1.4. KẾT LUẬN

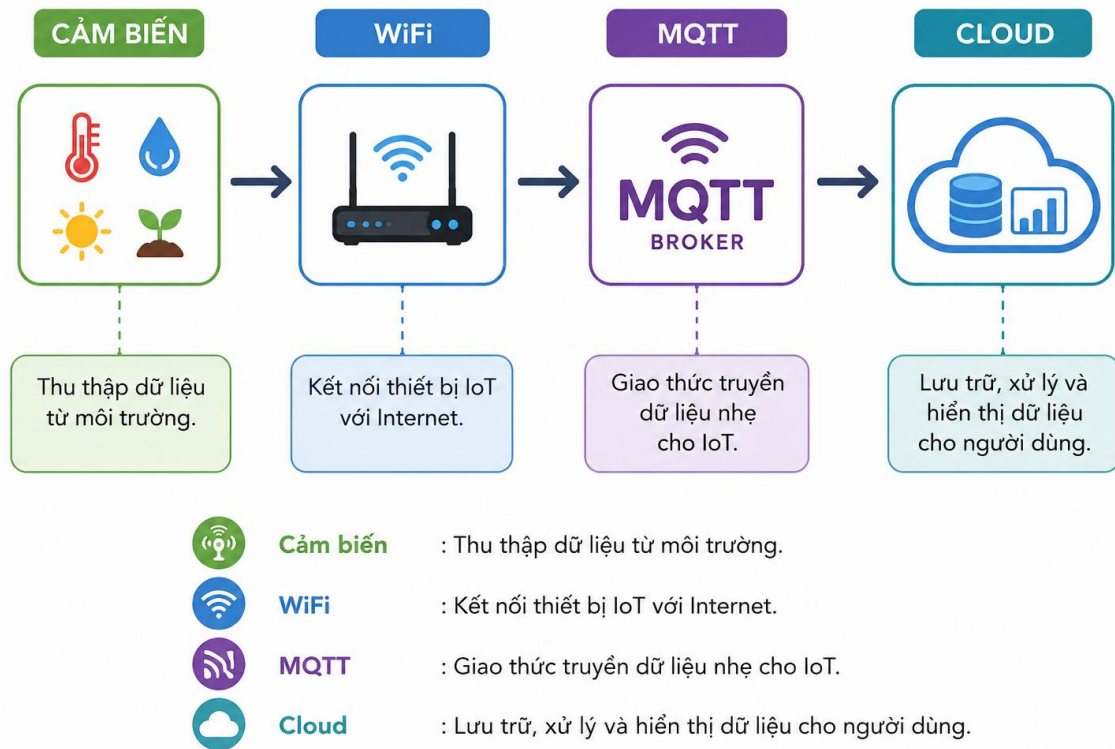
Kiến trúc hệ thống IoT là nền tảng quan trọng quyết định hiệu quả, độ ổn định và khả năng mở rộng của một hệ thống IoT. Một kiến trúc tốt cần đảm bảo các thiết bị thu thập dữ liệu chính xác, mạng truyền thông ổn định, dữ liệu được xử lý kịp thời, ứng dụng dễ sử dụng và hệ thống được bảo mật an toàn. Nhờ kiến trúc này, IoT có thể được ứng dụng rộng rãi trong nhà thông minh, nông nghiệp thông minh, y tế, giao thông, công nghiệp, thành phố thông minh và nhiều lĩnh vực khác.

CHƯƠNG 2- GIAO THỨC MQTT VÀ CÁC CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG IOT

2.1. TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN THÔNG TRONG HỆ THỐNG IOT

2.1.1. Vai trò của truyền thông trong IoT

- Kết nối thiết bị với hệ thống xử lý
- Truyền dữ liệu cảm biến
- Nhận lệnh điều khiển
- Đảm bảo dữ liệu thời gian thực



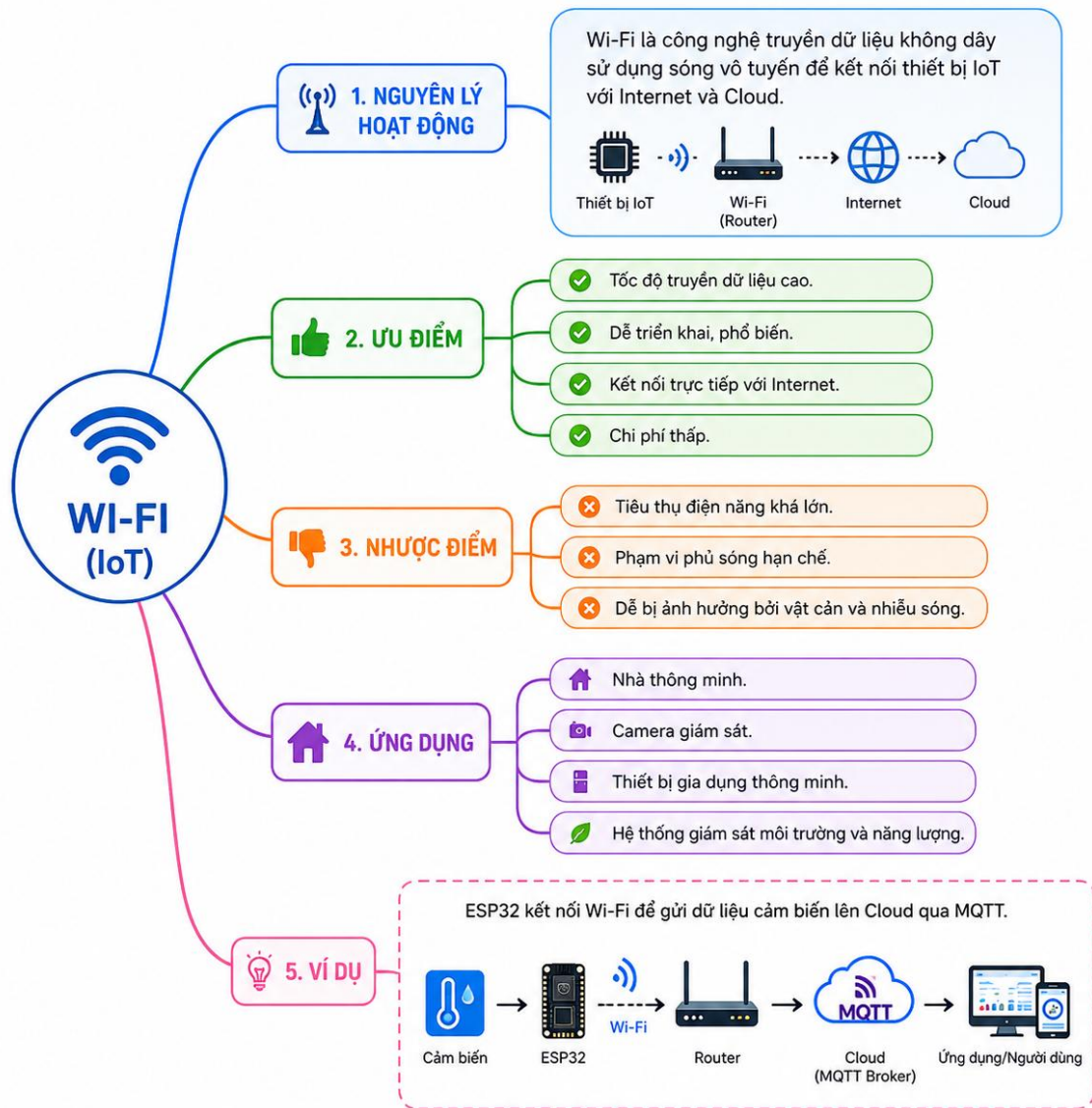
Hình 2-1- Kiến trúc hệ thống IoT sử dụng giao thức MQTT trên nền tảng Cloud

2.1.2. Các yêu cầu đối với giao thức IoT

- Băng thông thấp
- Tiêu thụ năng lượng thấp
- Độ trễ thấp
- Khả năng mở rộng
- Độ tin cậy cao
- Bảo mật

2.2. Các công nghệ kết nối trong IoT

2.2.1. Wi-Fi



Hình 2-2- Mô hình Wifi trong IOT

2.2.2. Bluetooth Low Energy (BLE)

Nguyên lý hoạt động

BLE là công nghệ truyền dữ liệu không dây tầm ngắn hoạt động trên băng tần 2,4 GHz. BLE được thiết kế để tiêu thụ rất ít năng lượng bằng cách truyền dữ liệu theo từng gói nhỏ trong thời gian ngắn và chuyển sang chế độ ngủ khi không hoạt động.

Ưu điểm

- Tiêu thụ điện năng rất thấp.
- Kết nối nhanh, ổn định.
- Chi phí triển khai thấp.
- Phù hợp với các thiết bị chạy bằng pin.

Nhược điểm

- Tốc độ truyền dữ liệu thấp hơn Wi-Fi.

- Phạm vi hoạt động ngắn (thường 10–100 m).
- Không phù hợp với ứng dụng truyền dữ liệu dung lượng lớn.

Ứng dụng

- Đồng hồ thông minh (Smart Watch).
- Vòng đeo sức khỏe.
- Thiết bị theo dõi vị trí (Beacon).
- Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm dùng pin.
- Thiết bị nhà thông minh.

Ví dụ: Cảm biến nhiệt độ sử dụng ESP32 BLE gửi dữ liệu đến điện thoại thông minh để theo dõi nhiệt độ theo thời gian thực.



Hình 2-3. Mô hình Bluetooth trong IoT

2.2.3. ZIGBEE

Nguyên lý hoạt động

ZigBee là công nghệ truyền thông không dây công suất thấp hoạt động trên băng tần 2,4 GHz, cho phép các thiết bị IoT giao tiếp theo mô hình mạng lưới (Mesh Network). Dữ liệu có thể truyền qua nhiều nút trung gian để mở rộng phạm vi kết nối.

Ưu điểm

- Tiêu thụ điện năng rất thấp.
- Hỗ trợ số lượng lớn thiết bị.
- Phạm vi phủ sóng rộng nhờ mạng Mesh.
- Hoạt động ổn định trong hệ thống IoT.

Nhược điểm

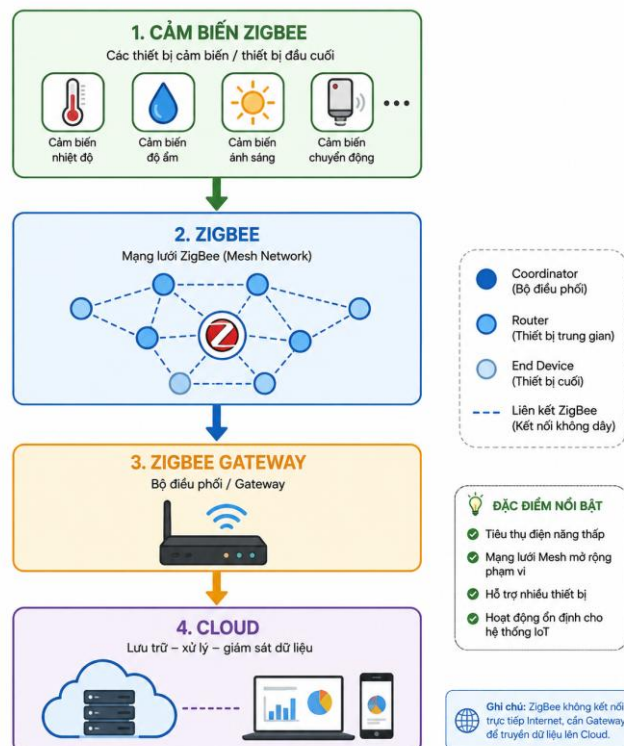
- Tốc độ truyền dữ liệu thấp (khoảng 250 kbps).
- Cần bộ điều phối (Coordinator).
- Không kết nối trực tiếp với Internet.

Ứng dụng

- Nhà thông minh (Smart Home).
- Hệ thống chiếu sáng thông minh.
- Cảm biến môi trường.
- Hệ thống tự động hóa công nghiệp.
- Giám sát nông nghiệp thông minh.

Ví dụ:

Các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm trong nhà thông minh sử dụng ZigBee gửi dữ liệu đến bộ điều khiển trung tâm để quản lý và giám sát.



Hình 2-4. Mô hình ZigBee trong IOT

2.2.4. LORA VÀ LORAWAN

Nguyên lý hoạt động

LoRa (Long Range) là công nghệ truyền dữ liệu không dây tầm xa, công suất thấp, phù hợp cho các thiết bị IoT cần truyền dữ liệu ở khoảng cách lớn.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) là giao thức mạng sử dụng LoRa để kết nối các thiết bị IoT với Gateway và Internet.

Dữ liệu từ cảm biến được gửi bằng sóng LoRa đến Gateway, sau đó Gateway chuyển dữ liệu lên Cloud để lưu trữ và xử lý.

Ưu điểm

- Phạm vi truyền rất xa (2–15 km hoặc hơn).
- Tiêu thụ năng lượng thấp.
- Phù hợp với khu vực rộng lớn.

- Hỗ trợ hàng nghìn thiết bị IoT.

Nhược điểm

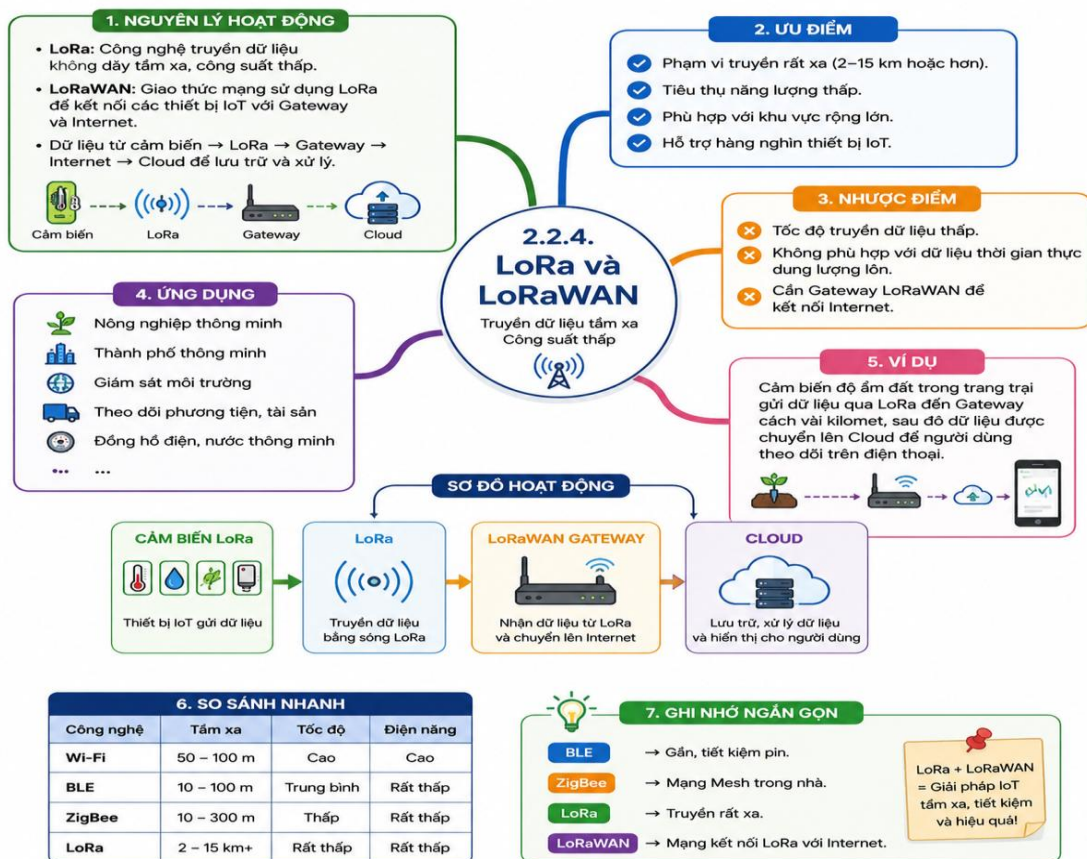
- Tốc độ truyền dữ liệu thấp.
- Không phù hợp với dữ liệu thời gian thực dung lượng lớn.
- Cần Gateway LoRaWAN để kết nối Internet.

Ứng dụng

- Nông nghiệp thông minh.
- Thành phố thông minh (Smart City).
- Giám sát môi trường.
- Theo dõi phương tiện, tài sản.
- Đồng hồ điện, nước thông minh.

Ví dụ

Cảm biến độ ẩm đất trong trang trại gửi dữ liệu qua LoRa đến Gateway cách vài kilomet, sau đó dữ liệu được chuyển lên Cloud để người dùng theo dõi trên điện thoại.



Hình 2-5- LoRa và LoRaWAN

2.2.5. NB-IOT (NARROWBAND INTERNET OF THINGS)

Nguyên lý hoạt động

NB-IoT là công nghệ mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) được phát triển trên hạ tầng mạng di động 4G/5G. Thiết bị IoT sử dụng SIM để kết nối trực tiếp với trạm phát sóng của nhà mạng và truyền dữ liệu lên Internet hoặc Cloud.

Ưu điểm

- Phạm vi phủ sóng rất rộng.
- Kết nối trực tiếp với Internet.
- Tiêu thụ điện năng thấp.
- Hỗ trợ số lượng lớn thiết bị IoT.
- Độ ổn định và bảo mật cao.

Nhược điểm

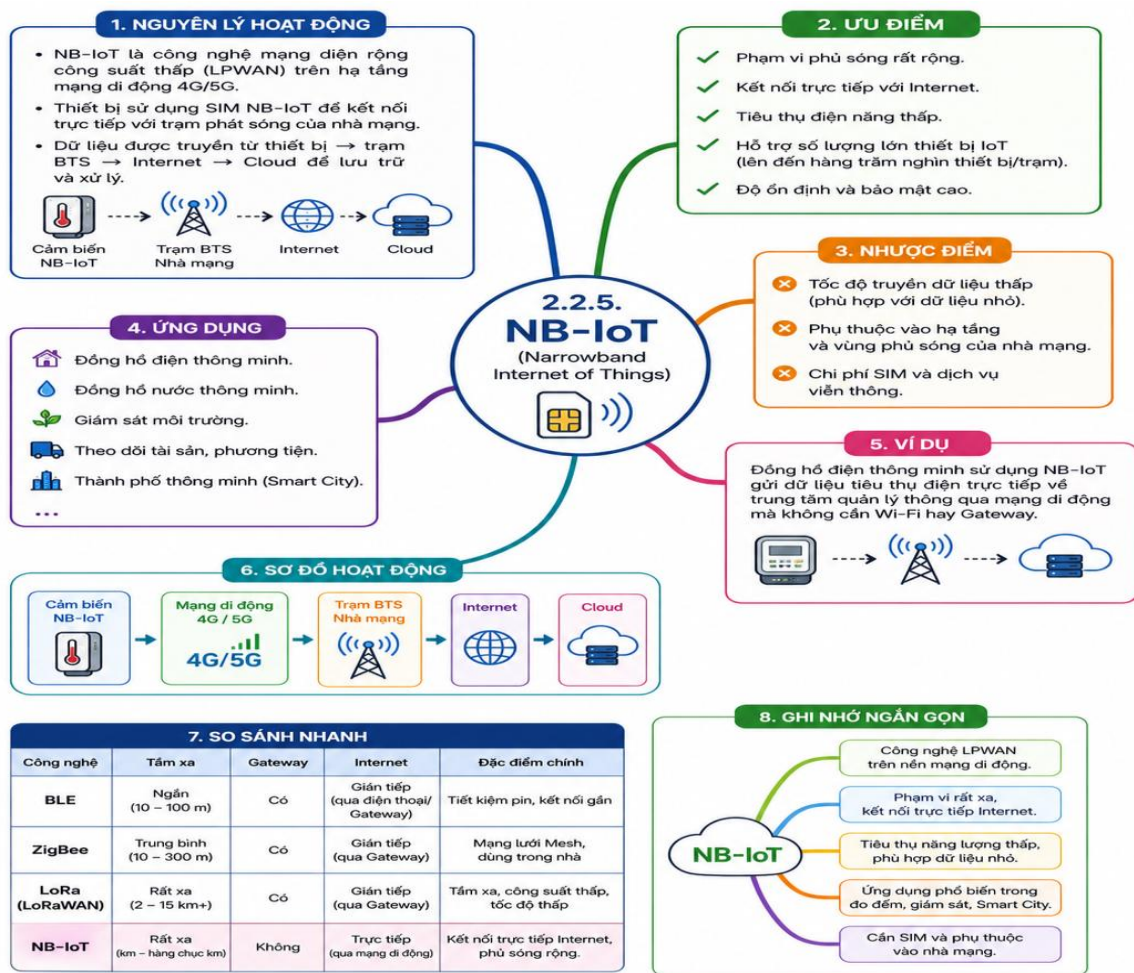
- Tốc độ truyền dữ liệu thấp.
- Phụ thuộc vào hạ tầng nhà mạng.
- Chi phí SIM và dịch vụ viễn thông.

Ứng dụng

- Đồng hồ điện thông minh.
- Đồng hồ nước thông minh.
- Giám sát môi trường.
- Theo dõi tài sản và phương tiện.
- Thành phố thông minh (Smart City).

Ví dụ:

Đồng hồ điện thông minh sử dụng NB-IoT gửi dữ liệu tiêu thụ điện trực tiếp về trung tâm quản lý thông qua mạng di động mà không cần Wi-Fi hay Gateway.



Hình 2-6-NB-IoT

2.2.6. 4G/5G

Nguyên lý hoạt động

4G và 5G là các công nghệ mạng di động cho phép thiết bị IoT kết nối trực tiếp với Internet thông qua mạng viễn thông của nhà mạng. Thiết bị sử dụng SIM hoặc eSIM để truyền và nhận dữ liệu thông qua các trạm phát sóng BTS.

Ưu điểm

- Tốc độ truyền dữ liệu rất cao.
- Phạm vi phủ sóng rộng.
- Kết nối trực tiếp Internet.
- Hỗ trợ truyền dữ liệu thời gian thực.
- 5G có độ trễ rất thấp.

Nhược điểm

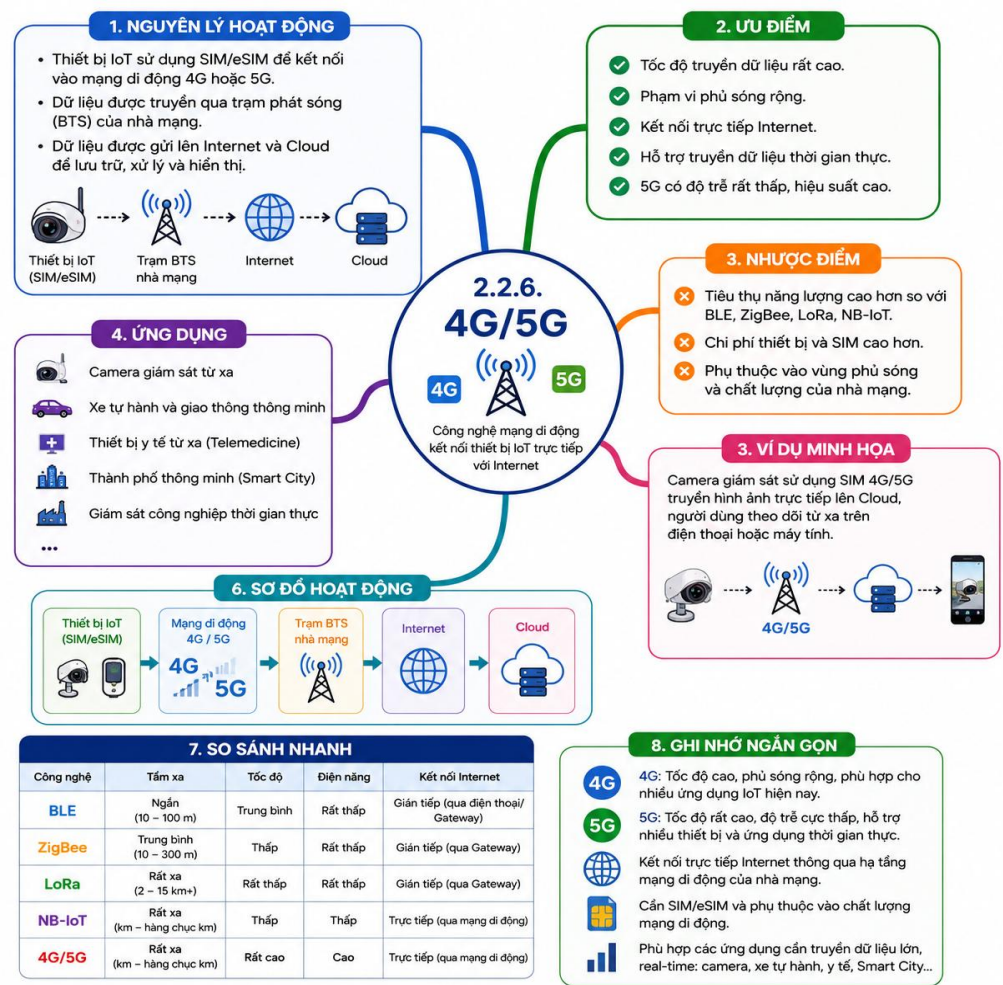
- Tiêu thụ năng lượng cao hơn BLE, ZigBee, LoRa.
- Chi phí thiết bị và SIM cao.
- Phụ thuộc vào vùng phủ sóng của nhà mạng.

Ứng dụng

- Camera giám sát từ xa.
- Xe tự hành và giao thông thông minh.
- Thiết bị y tế từ xa.
- Thành phố thông minh.
- Hệ thống giám sát công nghiệp thời gian thực.

Ví dụ

Camera giám sát sử dụng SIM 4G/5G truyền hình ảnh trực tiếp lên Cloud để người dùng theo dõi từ xa bằng điện thoại.



Hình 2-7-4G/5G

BẢNG 2-1. Bảng đánh giá các công nghệ truyền trong IOT

STT	Công nghệ	Phạm vi kết nối	Tốc độ truyền dữ liệu	Mức tiêu thụ năng lượng	Ưu điểm nổi bật	Nhược điểm chính	Ứng dụng tiêu biểu	Ghi chú

1	Wi-Fi	50 – 100 m	Cao (Mbps đến Gbps)	Cao	Tốc độ cao, kết nối Internet trực tiếp	Tốn điện, phạm vi hạn chế	Nhà thông minh, camera IP, thiết bị gia dụng thông minh	Phù hợp môi trường có nguồn điện ổn định
2	BLE (Bluetooth Low Energy)	10 – 100 m	Trung bình	Rất thấp	Tiết kiệm pin, giá thành thấp	Khoảng cách ngắn	Đồng hồ thông minh, thiết bị đeo, cảm biến sức khỏe	Thường kết nối với điện thoại hoặc Gateway
3	ZigBee	10 – 300 m	Thấp (250 kbps)	Rất thấp	Hỗ trợ mạng Mesh, kết nối nhiều thiết bị	Cần Gateway, tốc độ thấp	Nhà thông minh, tự động hóa tòa nhà, cảm biến môi trường	Mở rộng phạm vi nhờ mạng Mesh
4	LoRa / LoRaWAN	2 – 15 km hoặc hơn	Rất thấp	Rất thấp	Truyền rất xa, pin dùng nhiều năm	Không phù hợp dữ liệu lớn	Nông nghiệp thông minh, giám sát môi trường, Smart City	Cần Gateway LoRaWAN
5	NB-IoT	Hàng km đến hàng chục km	Thấp	Thấp	Kết nối trực tiếp Internet, phủ sóng rộng	Phụ thuộc nhà mạng, cần SIM	Đồng hồ điện/nước thông minh, theo dõi tài sản	Hoạt động trên hạ tầng 4G/5G
6	4G/5G	Hàng chục	Rất cao	Cao	Tốc độ rất cao,	Chi phí cao, tiêu	Camera giám sát,	Phù hợp ứng dụng

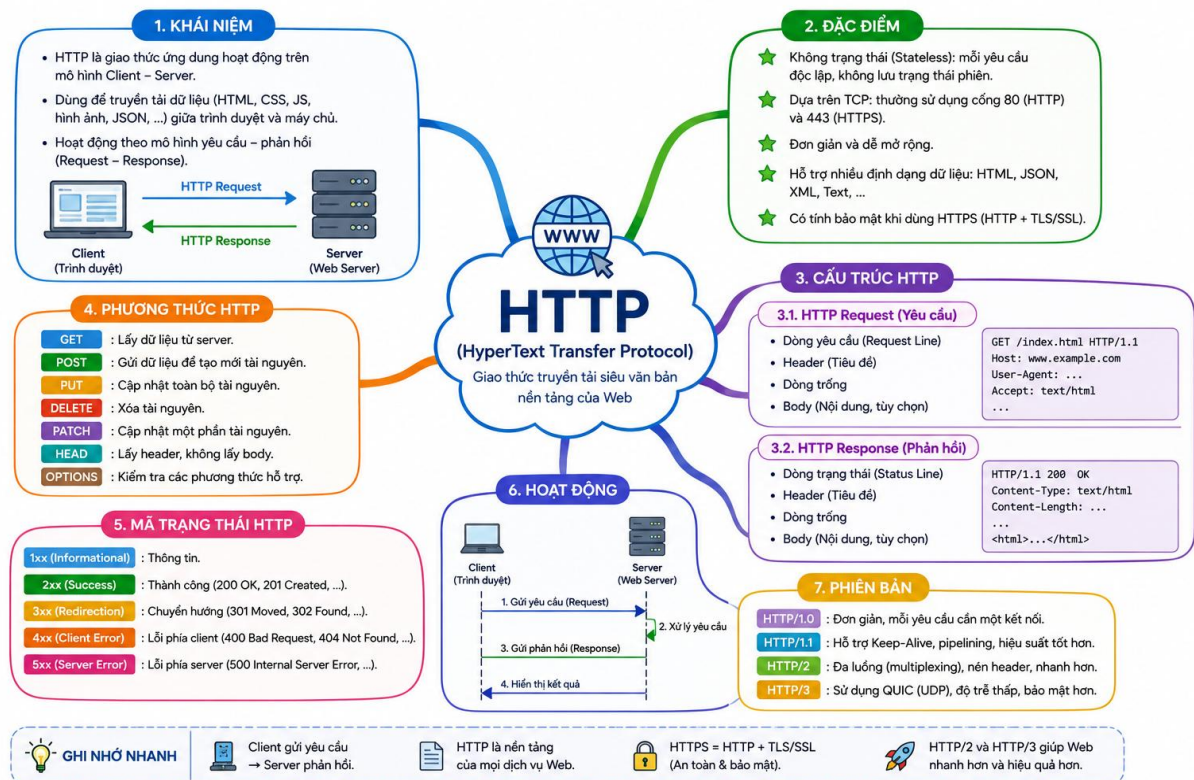
		km			độ trễ thấp	thụ điện lớn	xe tự hành, y tế từ xa	thời gian thực
--	--	----	--	--	----------------	-----------------	------------------------------	-------------------

BẢNG 1-2-Nhu cầu và ứng dụng công nghệ truyền dữ liệu trong IOT

Nhu cầu	Công nghệ phù hợp
Tốc độ truyền dữ liệu cao	Wi-Fi, 4G/5G
Tiết kiệm năng lượng	BLE, ZigBee, LoRa
Khoảng cách truyền xa	LoRa, NB-IoT, 4G/5G
Nhà thông minh	Wi-Fi, ZigBee, BLE
Nông nghiệp thông minh	LoRa, NB-IoT
Thành phố thông minh (Smart City)	LoRa, NB-IoT, 4G/5G
Camera giám sát	Wi-Fi, 4G/5G
Thiết bị đeo thông minh	BLE

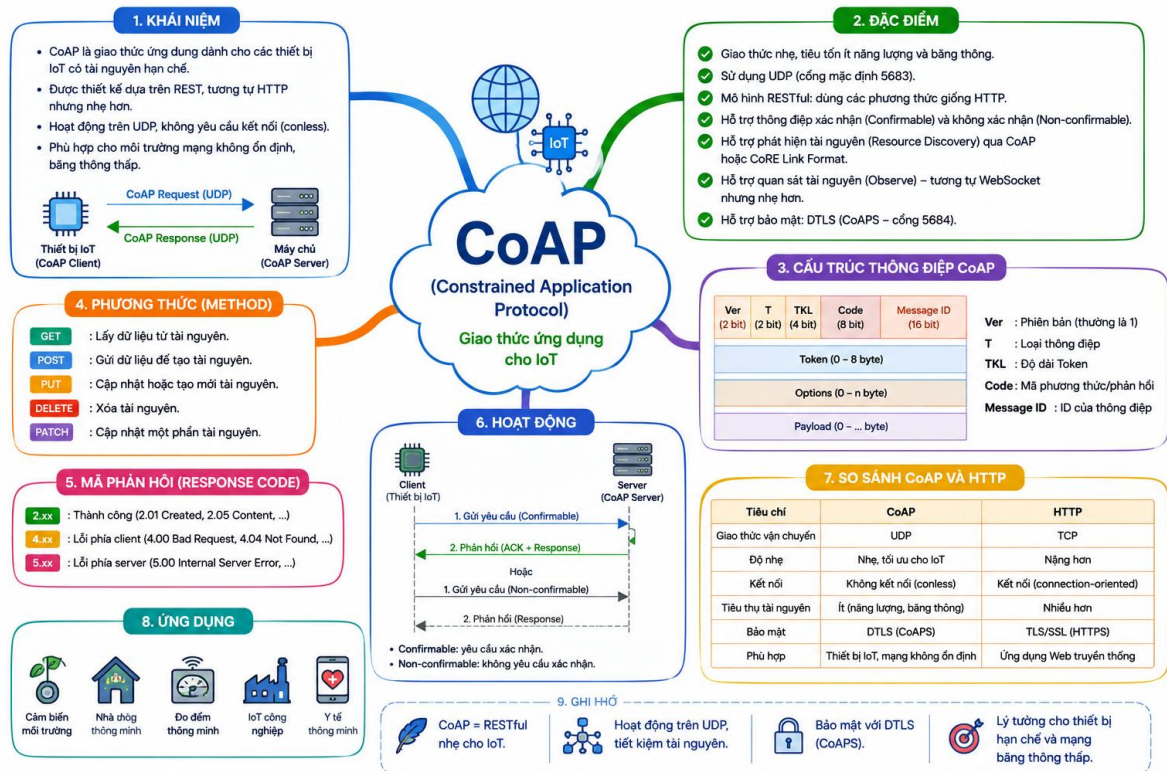
2.3. CÁC GIAO THỨC ỨNG DỤNG TRONG IOT

2.3.1. Giao thức http



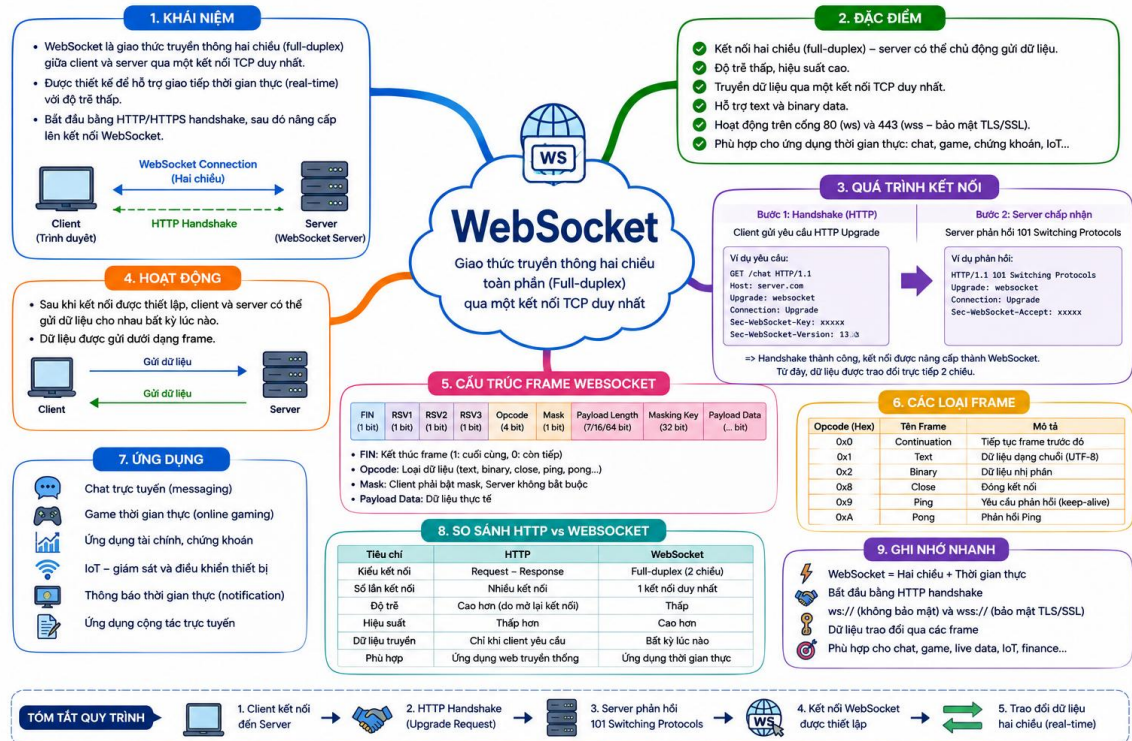
Hình 2-8-Giao thức HTTP

2.3.2. Giao thức CoAP



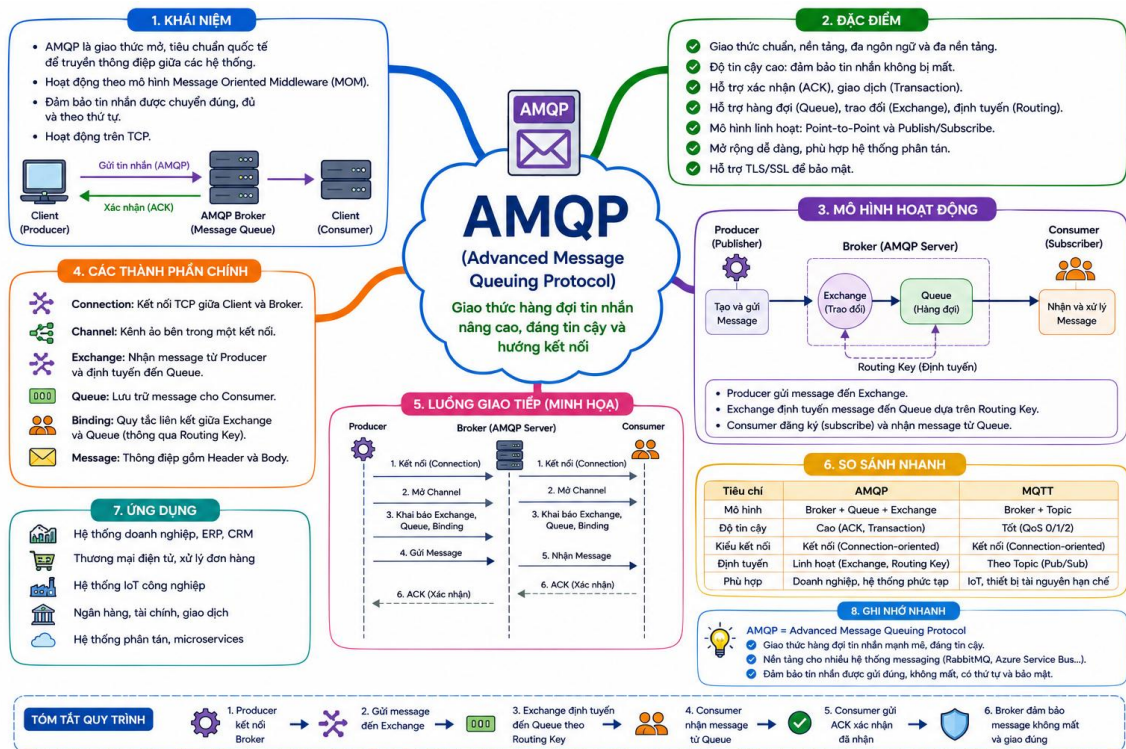
Hình 2-9-Giao thức CioAP

2.3.3. Giao thức WebSocket



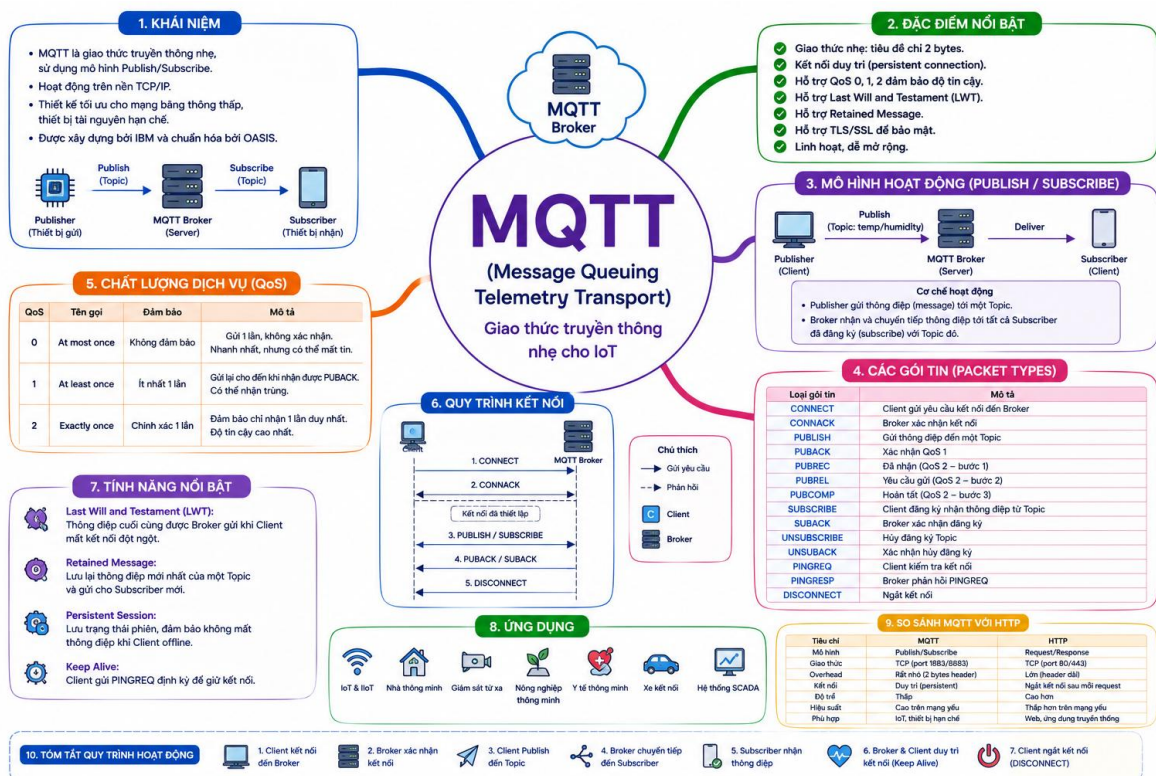
Hình 2-10-Giao thức WbeSocket

2.3.4. Giao thức AMQP



Hình 2-11-Giao thức AMQP

2.4. Giao thức MQTT



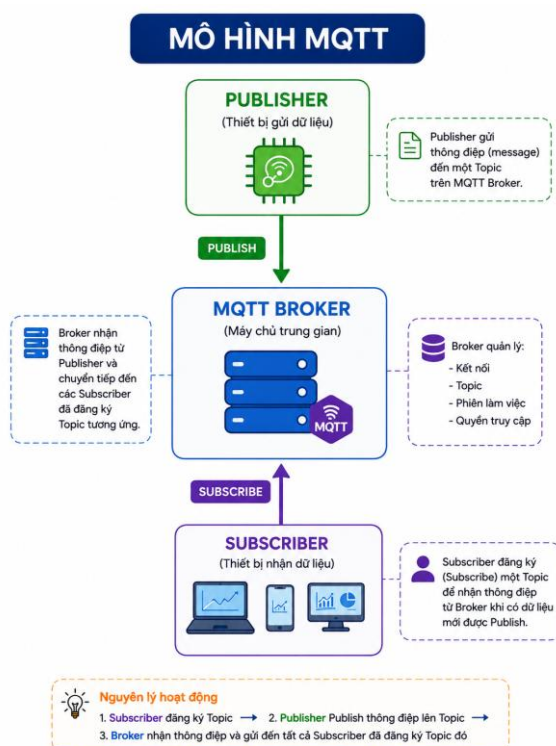
Hình 2-12-Giao thức MQTT

2.4.1. Giới thiệu giao thức MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là giao thức truyền thông nhẹ được thiết kế dành cho các thiết bị IoT và các hệ thống có băng thông thấp, tài nguyên hạn chế hoặc kết nối mạng không ổn định. MQTT được phát triển bởi IBM vào năm 1999 và hiện nay được chuẩn hóa bởi tổ chức OASIS.

MQTT hoạt động theo mô hình **Publish/Subscribe (Xuất bản/Đăng ký)** thông qua một máy chủ trung gian gọi là **Broker**. Các thiết bị gửi dữ liệu (Publisher) sẽ xuất bản thông điệp lên một chủ đề (Topic), trong khi các thiết bị nhận dữ liệu (Subscriber) đăng ký theo dõi chủ đề đó để nhận thông tin từ Broker.

Khác với mô hình Client–Server truyền thống, MQTT giúp giảm lượng dữ liệu trao đổi, tiết kiệm băng thông mạng và năng lượng tiêu thụ, từ đó trở thành một trong những giao thức phổ biến nhất trong lĩnh vực Internet of Things.



Hình 2-13-Mô hình MQTT

Đặc điểm nổi bật của MQTT

- Giao thức nhẹ, tiêu tốn ít tài nguyên.
- Hoạt động trên nền TCP/IP.
- Sử dụng mô hình Publish/Subscribe.
- Hỗ trợ truyền dữ liệu thời gian thực.
- Độ tin cậy cao nhờ các mức QoS (Quality of Service).
- Tiết kiệm băng thông và năng lượng.
- Phù hợp với các thiết bị IoT có cấu hình thấp.

Ví dụ minh họa

Trong hệ thống nhà thông minh, cảm biến nhiệt độ sẽ đóng vai trò **Publisher** và gửi dữ liệu nhiệt độ lên Topic: **home/temperature**

Broker MQTT sẽ tiếp nhận dữ liệu và chuyển đến các thiết bị đã đăng ký Topic này, chẳng hạn như ứng dụng điện thoại hoặc hệ thống giám sát, đóng vai trò **Subscriber**.

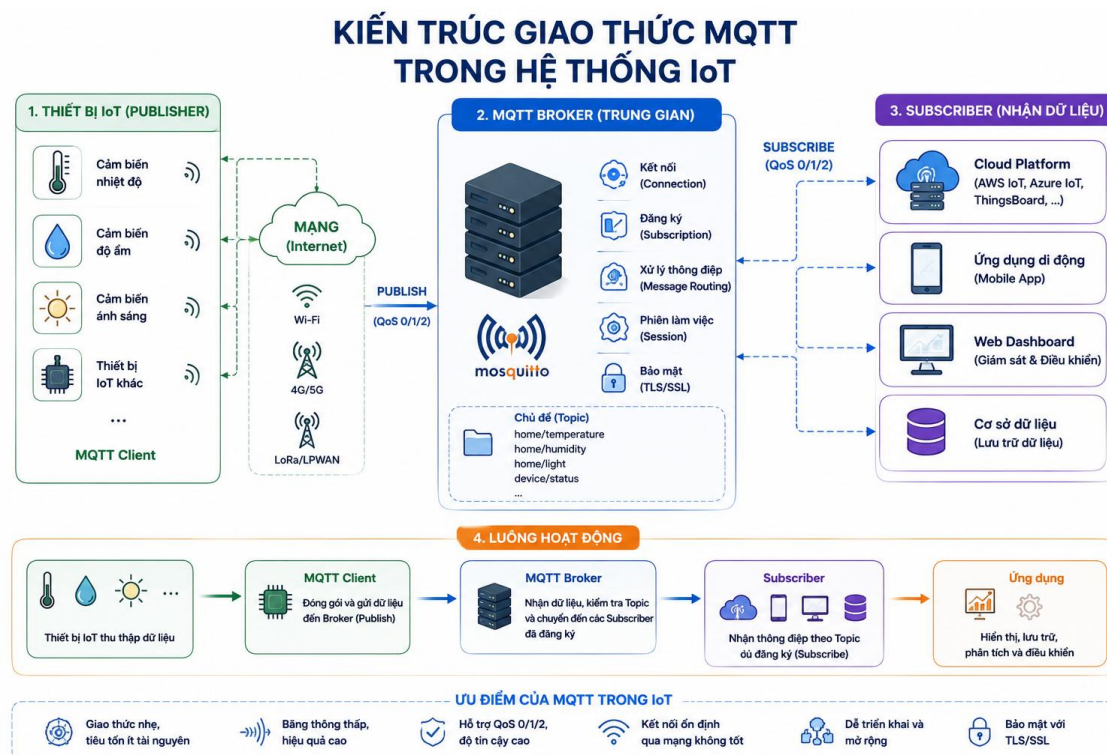
Ứng dụng của MQTT

- Nhà thông minh (Smart Home).
- Nông nghiệp thông minh.
- Giám sát môi trường.
- Hệ thống SCADA và công nghiệp.
- Thành phố thông minh (Smart City).
- Theo dõi phương tiện và tài sản.

Kết luận:

MQTT là giao thức truyền thông phổ biến nhất trong IoT hiện nay nhờ tính đơn giản, hiệu quả và khả năng hoạt động tốt trên các thiết bị có tài nguyên hạn chế. Đây là giao thức được sử dụng rộng rãi trong các nền tảng IoT như Mosquitto, Node-RED, ThingsBoard và nhiều hệ thống IoT công nghiệp hiện đại.

2.4.2. Kiến trúc MQTT



Hình 2-15-Kiến trúc giao thức MQTT trong IOT

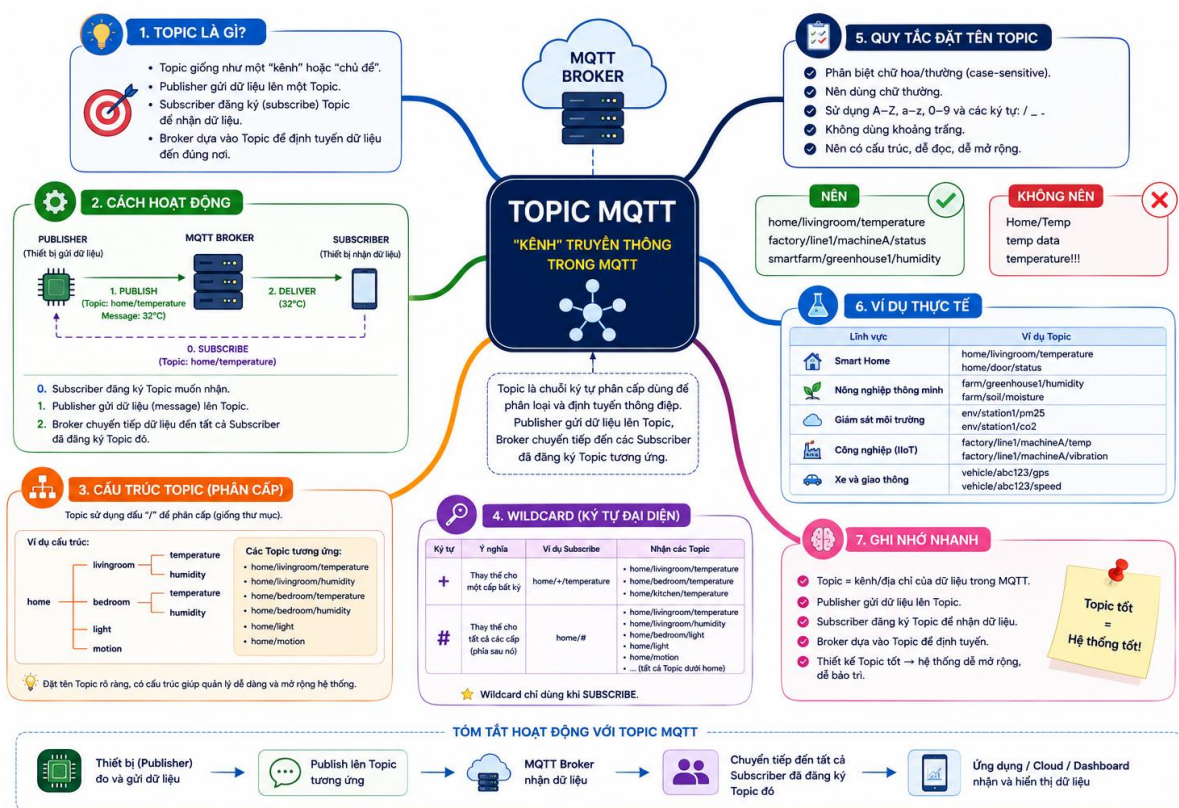
2.4.3. Topic MQTT

Topic trong MQTT là "chủ đề" để gửi và nhận dữ liệu. MQTT Broker sẽ dựa vào Topic để biết dữ liệu cần chuyển cho ai

Ghi nhớ ngắn gọn:

- Topic = địa chỉ của dữ liệu trong MQTT.
- Publisher gửi dữ liệu vào Topic.
- Subscriber đăng ký Topic để nhận dữ liệu.
- Broker dựa vào Topic để định tuyến dữ liệu.

Topic là chuỗi ký tự phân cấp dùng để phân loại và định tuyến thông điệp trong MQTT. Publisher gửi dữ liệu lên một Topic xác định, Broker tiếp nhận và chuyển tiếp dữ liệu đến các Subscriber đã đăng ký Topic tương ứng.



Hình 2-16-TOPIC MQTT

2.4.4. Quá trình trao đổi dữ liệu MQTT

Quá trình trao đổi dữ liệu MQTT

MQTT hoạt động theo mô hình **Publish/Subscribe**, trong đó dữ liệu được truyền thông qua một máy chủ trung gian gọi là **MQTT Broker**.

Các bước trao đổi dữ liệu

Bước 1: Subscriber kết nối đến Broker

- Thiết bị nhận dữ liệu (Subscriber) kết nối với MQTT Broker.

- Subscriber đăng ký (Subscribe) các Topic mà mình quan tâm.
 - o Ví dụ:
 - o home/temperature

Bước 2: Publisher kết nối đến Broker

- Thiết bị gửi dữ liệu (Publisher) kết nối với MQTT Broker.
- Publisher chuẩn bị dữ liệu cần gửi.

Ví dụ:

Nhiệt độ = 30°C

Bước 3: Publisher Publish dữ liệu

- Publisher gửi Message lên Broker thông qua Topic.

Ví dụ:

Topic: home/temperature

Message: 30

Bước 4: Broker xử lý và định tuyến

- Broker nhận Message.
- Kiểm tra Topic tương ứng.
- Tìm tất cả Subscriber đã đăng ký Topic đó.

Bước 5: Broker chuyển tiếp dữ liệu

- Broker gửi Message đến các Subscriber phù hợp.

Ví dụ:

Điện thoại

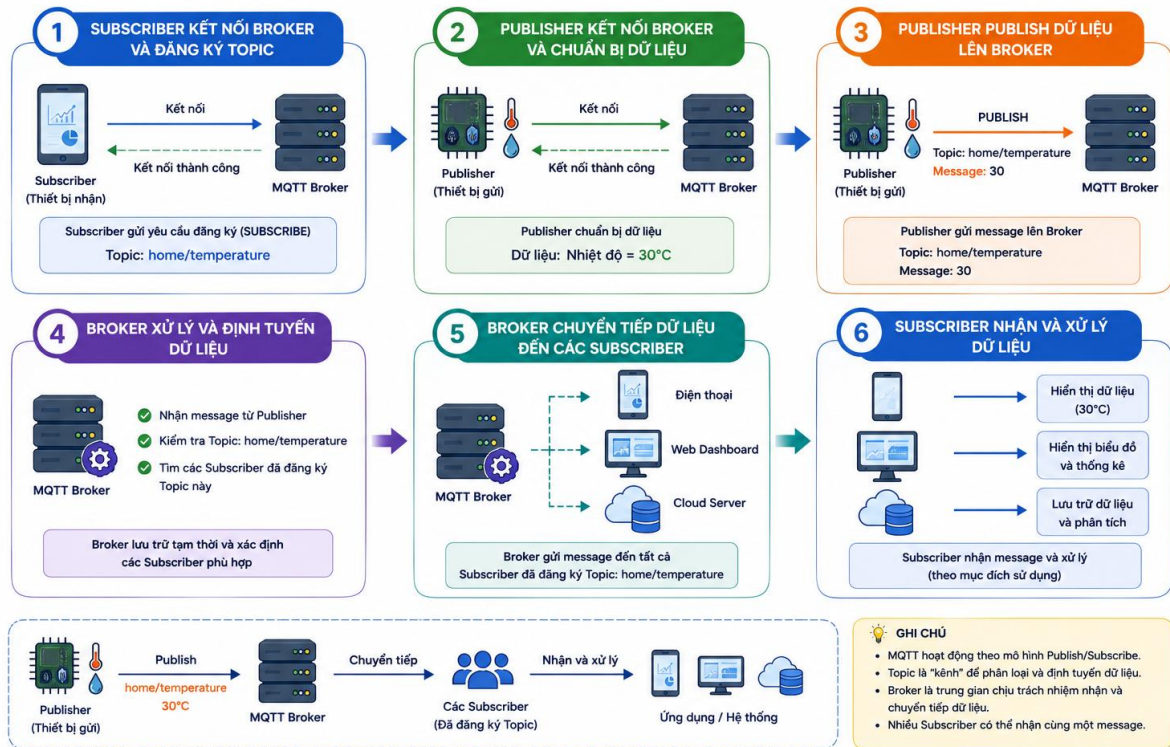
Web Dashboard

Cloud Server

Bước 6: Subscriber nhận dữ liệu

- Subscriber nhận và xử lý dữ liệu.
- Hiển thị, lưu trữ hoặc điều khiển thiết bị.

QUY TRÌNH 6 BƯỚC TRAO ĐỔI DỮ LIỆU MQTT



Hình 2-17- Quy trình 6 bước trao đổi dữ liệu MQTT

2.4.5. Chất lượng dịch vụ QoS

BẢNG SO SÁNH CÁC MỨC QOS TRONG MQTT

QoS (Quality of Service) là cơ chế đảm bảo độ tin cậy khi truyền thông điệp giữa Publisher và Subscriber thông qua MQTT Broker.

Tiêu chí	QoS 0	QoS 1	QoS 2
Tên gọi	At Most Once	At Least Once	Exactly Once
Độ tin cậy	Thấp	Trung bình	Cao nhất
Số lần gửi	1 lần	Gửi lại nếu chưa nhận ACK	Quy trình xác nhận nhiều bước
Có ACK không?	✗ Không	✓ Có	✓ Có
Có thể mất dữ liệu?	✓ Có	✗ Không	✗ Không
Có thể nhận trùng?	✗ Không	✓ Có thể	✗ Không
Băng thông sử dụng	Thấp nhất	Trung bình	Cao nhất

Tốc độ	Nhanh nhất	Nhanh	Chậm nhất
Độ phức tạp	Đơn giản	Trung bình	Phức tạp
Ưu điểm	Tốc độ cao, ít tổn tài nguyên, tiết kiệm băng thông	Đảm bảo dữ liệu được nhận, độ tin cậy khá cao	Đảm bảo dữ liệu nhận đúng một lần duy nhất, độ tin cậy tối đa
Nhược điểm	Có thể mất dữ liệu khi mạng lỗi	Có thể nhận dữ liệu trùng lặp	Tốn băng thông, nhiều bước xác nhận, độ trễ cao
Lĩnh vực ứng dụng	Giám sát môi trường, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng	Nhà thông minh, điều khiển thiết bị IoT, cảnh báo sự cố	Ngân hàng, tài chính, y tế, hệ thống công nghiệp quan trọng
Ví dụ thực tế	ESP32 gửi nhiệt độ mỗi 5 giây	Lệnh bật/tắt đèn, máy bơm, quạt	Giao dịch thanh toán, lệnh điều khiển dây chuyền sản xuất
Ứng dụng phù hợp	Dữ liệu cảm biến liên tục	Điều khiển thiết bị	Giao dịch quan trọng

QoS 0 phù hợp với dữ liệu cảm biến được gửi liên tục; QoS 1 thích hợp cho các ứng dụng điều khiển thiết bị IoT cần đảm bảo dữ liệu được nhận; trong khi QoS 2 được sử dụng cho các hệ thống yêu cầu độ tin cậy tuyệt đối như tài chính, y tế và công nghiệp quan trọng.

2.4.6. Giao thức MQTT Broker

Giới thiệu MQTT Broker

MQTT Broker là thành phần trung tâm trong kiến trúc MQTT, đóng vai trò tiếp nhận, quản lý và phân phối các thông điệp giữa Publisher và Subscriber. Khi Publisher gửi dữ liệu đến một Topic, Broker sẽ nhận thông điệp, xác định các Subscriber đã đăng ký Topic tương ứng và chuyển tiếp dữ liệu đến các Subscriber đó.

Broker giúp tách biệt thiết bị gửi và thiết bị nhận, cho phép hệ thống IoT hoạt động linh hoạt, dễ mở rộng và hỗ trợ số lượng lớn thiết bị kết nối đồng thời.

Chức năng chính của MQTT Broker

- Quản lý kết nối của các MQTT Client.
- Tiếp nhận và xử lý thông điệp từ Publisher.
- Định tuyến thông điệp theo Topic.
- Chuyển tiếp dữ liệu đến Subscriber.
- Hỗ trợ các mức QoS (0, 1, 2).
- Quản lý phiên làm việc (Session).

- Hỗ trợ bảo mật bằng TLS/SSL, xác thực người dùng.

Một số MQTT Broker phổ biến

1. Eclipse Mosquitto

Eclipse Mosquitto là MQTT Broker mã nguồn mở phổ biến nhất hiện nay, được phát triển bởi [Eclipse Foundation](https://eclipse.dev/mosquitto/).

Ưu điểm:

- Miễn phí, mã nguồn mở.
- Cài đặt và cấu hình đơn giản.
- Tiêu thụ ít tài nguyên hệ thống.
- Hỗ trợ MQTT 3.1, 3.1.1 và MQTT 5.0.
- Phù hợp cho học tập, nghiên cứu và các dự án IoT nhỏ đến trung bình.

Nhược điểm:

- Khả năng mở rộng chưa mạnh bằng EMQX hoặc HiveMQ.
- Chức năng quản trị còn đơn giản.

Ứng dụng:

- Học tập và nghiên cứu IoT.
- Các hệ thống Smart Home.
- Dự án ESP32, Arduino, Raspberry Pi.

2. EMQX

EMQX là MQTT Broker hiệu năng cao được phát triển cho các hệ thống IoT quy mô lớn.

Ưu điểm:

- Hiệu năng rất cao.
- Hỗ trợ hàng triệu kết nối đồng thời.
- Hỗ trợ Clustering và Load Balancing.
- Tích hợp Dashboard quản trị trực quan.
- Hỗ trợ nhiều giao thức như MQTT, WebSocket, CoAP.

Nhược điểm:

- Cấu hình phức tạp hơn Mosquitto.
- Yêu cầu phần cứng mạnh hơn.

Ứng dụng:

- Smart City.
- Công nghiệp 4.0.
- Hệ thống giám sát quy mô lớn.
- Nền tảng IoT doanh nghiệp.

3. [HiveMQ](#)

HiveMQ là MQTT Broker thương mại hướng tới doanh nghiệp với khả năng mở rộng và độ tin cậy rất cao.

Ưu điểm:

- Hiệu năng và độ ổn định cao.
- Hỗ trợ MQTT 5.0 đầy đủ.
- Quản lý tập trung mạnh mẽ.
- Hỗ trợ Clustering quy mô lớn.
- Bảo mật và giám sát chuyên nghiệp.

Nhược điểm:

- Phiên bản đầy đủ có chi phí bản quyền cao.
- Chủ yếu dành cho doanh nghiệp.

Ứng dụng:

- Hệ thống ngân hàng.
- Ô tô kết nối (Connected Car).
- Nhà máy thông minh.
- Các nền tảng IoT doanh nghiệp lớn.

2.4.7. Bảo mật trong MQTT

- Username/Password
- TLS/SSL
- Chứng chỉ số
- ACL

2.5. Đánh giá và lựa chọn MQTT cho đề tài

Bảng so sánh hai giao thức truyền tin

Tiêu chí	HTTP	MQTT
Băng thông	Cao	Thấp
Độ trễ	Trung bình	Thấp
IoT	Trung bình	Rất tốt
Năng lượng	Cao	Thấp

Kết luận:

Sau khi so sánh các giao thức truyền thông IoT, MQTT được lựa chọn cho đề tài vì có cấu trúc nhẹ, tiêu thụ ít băng thông, độ trễ thấp và phù hợp với các thiết bị nhúng như ESP32.

CHƯƠNG 3-ỨNG DỤNG IOT SỬ DỤNG GIAO THỨC MQTT

3.1.CÁC ỨNG DỤNG PHỔ BIẾN CỦA IOT

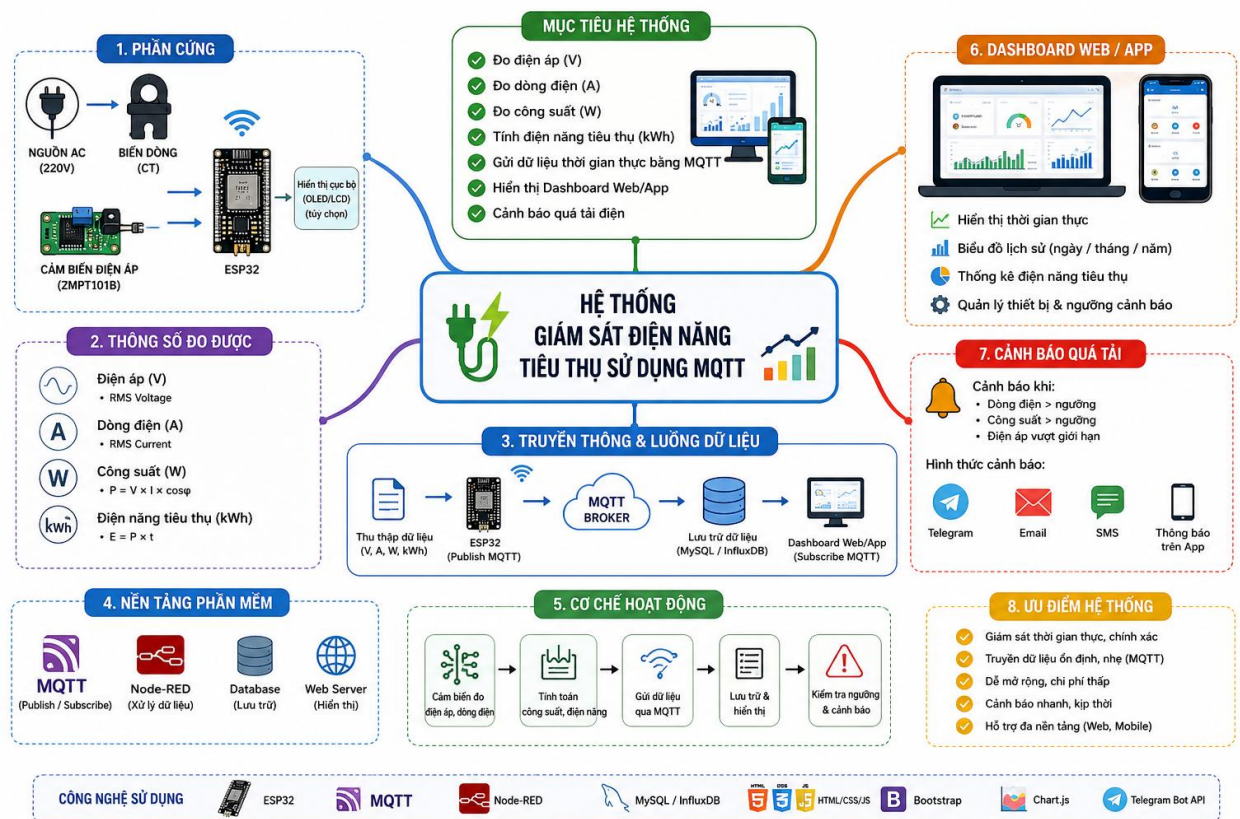
MQTT là giao thức phổ biến nhất trong IoT hiện nay vì nhẹ, nhanh, tiêu tốn ít băng thông và phù hợp với các thiết bị nhúng như ESP32, ESP8266, Raspberry Pi. Dưới đây là các ứng dụng IoT sử dụng MQTT từ cơ bản đến nâng cao.

STT	Ứng dụng	Thiết bị chính	Lợi ích
1	Giám sát nhiệt độ phòng	ESP32 + DHT11	Theo dõi nhiệt độ từ xa
2	Giám sát độ ẩm nhà kính	ESP32 + DHT22	Hỗ trợ trồng rau sạch
3	Điều khiển đèn qua điện thoại	ESP32 + Relay	Nhà thông minh
4	Điều khiển quạt tự động	ESP32 + Relay + DHT22	Tiết kiệm điện
5	Ổ cắm thông minh	ESP32 + Relay	Điều khiển thiết bị từ xa
6	Chuông cửa thông minh	ESP32 + Nút nhấn	Nhận thông báo trên điện thoại
7	Hệ thống chống trộm	ESP32 + PIR	Cảnh báo thời gian thực
8	Giám sát mức nước bể chứa	Cảm biến siêu âm	Chống tràn nước
9	Tưới cây tự động	Độ ẩm đất + Relay	Nông nghiệp thông minh
10	Giám sát điện năng tiêu thụ	PZEM-004T	Tiết kiệm điện
11	Quản lý bãi đỗ xe	Cảm biến khoảng cách	Smart Parking
12	Theo dõi chất lượng không khí	MQ135, PMS5003	Smart Environment
13	Theo dõi vị trí GPS	GPS NEO-6M	Quản lý xe
14	Hệ thống cảnh báo cháy	MQ2 + Cảm biến lửa	PCCC thông minh
15	Đồng hồ điện thông minh	Công tơ + MQTT	Smart Meter
16	Đồng hồ nước thông minh	Lưu lượng kế	Smart Water

17	Giám sát dây chuyền sản xuất	PLC + MQTT	Công nghiệp 4.0
18	Hệ thống SCADA IoT	PLC + Node-RED	Giám sát nhà máy
19	Quản lý tòa nhà thông minh	Nhiều cảm biến	Building Management
20	Smart City	Hàng nghìn cảm biến	Thành phố thông minh

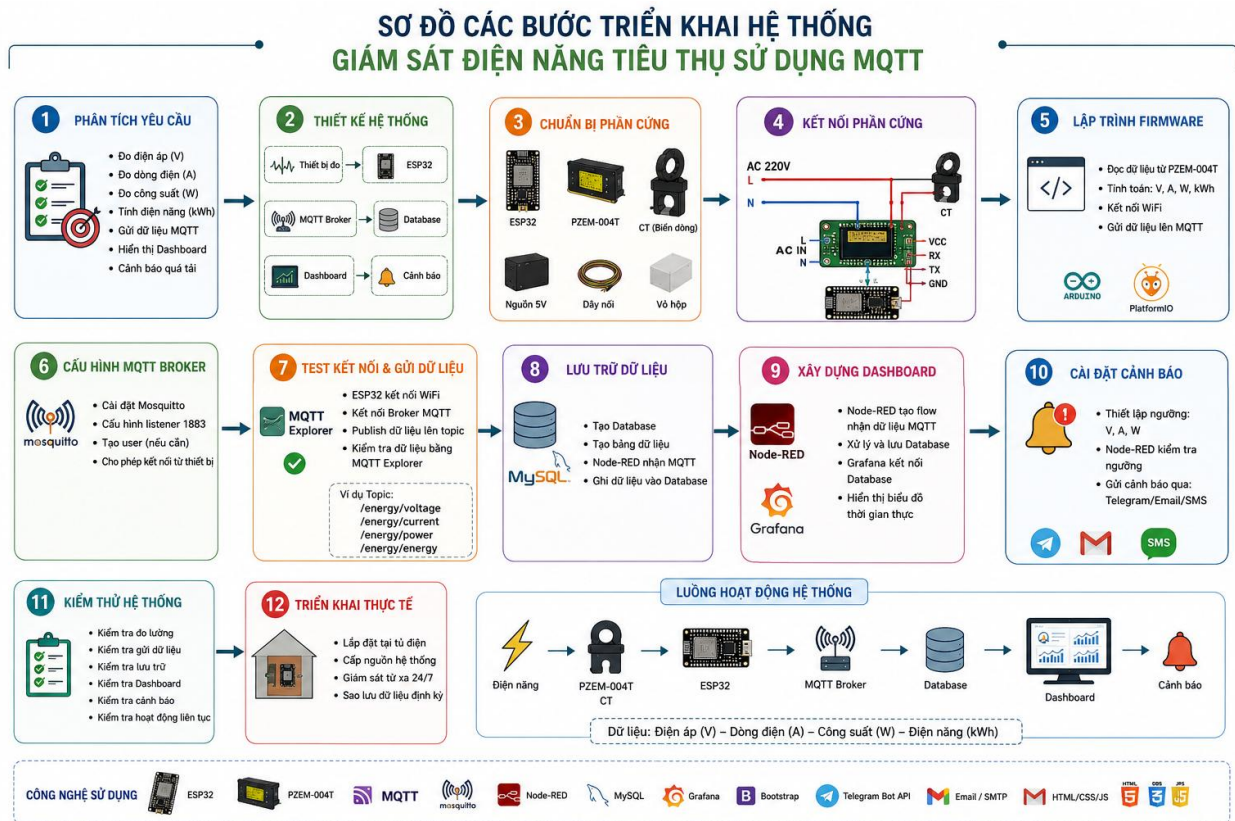
3.2.XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG GIÁM SÁT ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ SỬ DỤNG MQTT

3.2.1.Thiết kế mô hình hệ thống



Hình 2-18-hệ thống giám sát điện năng tiêu thụ

3.2.2. triển khai hệ thống



Hình 2-19-Sơ đồ các bước triển khai hệ thống Giám sát điện năng tiêu thụ
NHẬN XÉT

- Thu thập và giám sát các thông số điện năng gồm điện áp, dòng điện, công suất và điện năng tiêu thụ theo thời gian thực.
- Truyền dữ liệu từ thiết bị đo đến máy chủ thông qua giao thức MQTT với tốc độ nhanh và băng thông thấp.
- Hiện thị dữ liệu trực quan trên Dashboard Web hoặc ứng dụng di động, giúp người dùng dễ dàng theo dõi tình trạng sử dụng điện.
- Hỗ trợ lưu trữ dữ liệu để thống kê, phân tích và đánh giá mức tiêu thụ điện theo từng khoảng thời gian.
- Cảnh báo khi xảy ra quá tải hoặc các thông số vượt ngưỡng cho phép, góp phần nâng cao an toàn trong quá trình sử dụng điện.
- Dễ dàng mở rộng và tích hợp với các hệ thống IoT khác trong gia đình, doanh nghiệp hoặc nhà máy.
- Là giải pháp phù hợp cho các ứng dụng quản lý năng lượng thông minh, tiết kiệm điện và hỗ trợ chuyển đổi số trong thời đại Công nghiệp 4.0.

KẾT LUẬN

Qua quá trình tìm hiểu kiến trúc hệ thống IoT và các giao thức truyền thông IoT, có thể thấy IoT đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực của đời sống và sản xuất. Việc kết hợp giữa các thiết bị cảm biến, mạng truyền thông, nền tảng xử lý dữ liệu và ứng dụng người dùng đã tạo nên các hệ thống thông minh có khả năng giám sát và điều khiển từ xa một cách hiệu quả.

Trong số các giao thức được sử dụng trong IoT, MQTT được đánh giá là một trong những giao thức phù hợp nhất nhờ cơ chế truyền dữ liệu nhẹ, tốc độ nhanh và tiêu tốn ít tài nguyên. Đây cũng là lý do MQTT được sử dụng phổ biến trong các hệ thống giám sát thời gian thực hiện nay.

Thông qua ứng dụng hệ thống giám sát điện năng tiêu thụ sử dụng MQTT, có thể thấy việc áp dụng IoT giúp người dùng dễ dàng theo dõi các thông số như điện áp, dòng điện, công suất và điện năng tiêu thụ. Dữ liệu được cập nhật liên tục, hỗ trợ phát hiện sớm các trường hợp bất thường và nâng cao hiệu quả quản lý năng lượng.

Nhìn chung, IoT và MQTT không chỉ mang lại nhiều lợi ích trong việc giám sát và tự động hóa mà còn là nền tảng quan trọng cho sự phát triển của các hệ thống thông minh trong tương lai.

Định hướng phát triển

- Trong thời gian tới, hệ thống có thể được mở rộng bằng cách bổ sung nhiều điểm đo điện năng khác nhau, giúp giám sát tập trung trên phạm vi rộng hơn. Bên cạnh đó, dữ liệu thu thập được có thể lưu trữ và phân tích để đánh giá xu hướng sử dụng điện theo ngày, tuần hoặc tháng.

- Ngoài ra, có thể tích hợp thêm các chức năng cảnh báo qua điện thoại, email hoặc Telegram khi phát hiện quá tải điện. Xa hơn nữa, việc kết hợp với trí tuệ nhân tạo sẽ giúp dự đoán mức tiêu thụ điện và hỗ trợ xây dựng các giải pháp quản lý năng lượng thông minh.

- Để nâng cao hiệu quả học tập và nghiên cứu về IoT, sinh viên cần được tăng cường thực hành với các thiết bị thực tế như ESP32, cảm biến đo điện năng và MQTT Broker. Việc kết hợp giữa lý thuyết và mô hình thực nghiệm sẽ giúp người học hiểu rõ hơn về nguyên lý hoạt động cũng như khả năng ứng dụng của công nghệ IoT.

Bên cạnh đó, các mô hình giám sát điện năng sử dụng MQTT hoàn toàn có thể được triển khai trong gia đình, phòng thí nghiệm, doanh nghiệp hoặc nhà xưởng nhằm hỗ trợ quản lý điện năng hiệu quả, tiết kiệm chi phí và nâng cao độ an toàn trong quá trình sử dụng điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

- [1]. Nguyễn Thanh Bình, *Internet of Things (IoT) và các ứng dụng trong thực tiễn*, Nhà xuất bản Thông tin và Truyền thông, Hà Nội, 2021.
- [2]. Nguyễn Bình Dương, *Giáo trình Mạng máy tính*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 2020.
- [3]. Lê Văn Sơn, *Giáo trình Công nghệ Internet of Things*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2022.

Tài liệu tiếng Anh và Internet

- [4]. Andrew Minter, *Analytics for the Internet of Things (IoT)*, Packt Publishing, 2017.
- [5]. Arshdeep Bahga and Vijay Madisetti, *Internet of Things: A Hands-On Approach*, Universities Press, 2015.
- [6]. MQTT Organization, *MQTT Version 5.0 Specification*, Available: <https://mqtt.org>
- [7]. Eclipse Foundation, *Eclipse Mosquitto Documentation*, Available: <https://mosquitto.org>
- [8]. EMQ Technologies, *EMQX Documentation*, Available: <https://www.emqx.com>
- [9]. HiveMQ GmbH, *MQTT Essentials Series*, Available: <https://www.hivemq.com>
- [10]. Random Nerd Tutorials, *ESP32 MQTT Communication Tutorials*, Available: <https://randomnerdtutorials.com>