

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN 1**



**BÁO CÁO GIỮA KỲ
MÔN HỌC: IOT VÀ ỨNG DỤNG**

**ĐỀ TÀI:
HỆ THỐNG GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ
TRONG NHÀ MÁY**

Nhóm học phần : Nhóm 6
Giảng viên : Kim Ngọc Bách
Thành viên nhóm : Hoàng Văn Nam - B22DCCN553
Nguyễn Đức Cường - B22DCCN097
Tống Duy Nam - B22DCCN565
Ngô Văn Bộ - B22DCCN085

Hà Nội - 2025

Mục Lục

I. Giới thiệu đề tài	2
1. Xác định mục tiêu & phạm vi hệ thống	2
1.1. Mục tiêu hệ thống	2
1.2. Phạm vi triển khai	3
1.3. Tiêu chí thành công (KPIs)	3
1.4. Kết quả mong đợi	4
2. Thu thập yêu cầu từ bên liên quan	5
2.1. Người dùng cuối (End Users – Công nhân, ca trưởng, quản lý xưởng)	5
2.2. Doanh nghiệp / Bộ phận quản lý môi trường (Operators / EHS Department)	5
2.3. Kỹ thuật / IT (Technical & Maintenance Team)	6
2.4. Phương pháp thu thập yêu cầu	6
3. Xác định yêu cầu chức năng	7
3.1. Các chức năng cơ bản của hệ thống IoT giám sát chất lượng không khí trong nhà máy	7
3.2. Đặc tả luồng công việc (Use case, Sequence diagram)	9
4. Xác định yêu cầu phi chức năng	12
4.1. Hiệu năng	12
4.2. Bảo mật	12
4.3. Độ tin cậy	13
4.4. Khả năng mở rộng	13
4.5. Chi phí và năng lượng	14
5. Phân tích ràng buộc	15
5.1. Môi trường hoạt động	15
5.2. Ràng buộc pháp lý	15
5.3. Tài nguyên thiết bị	16
6. Mô hình hóa yêu cầu	17
7. Xác minh & Phê duyệt yêu cầu	17
7.1. Xem xét với các bên liên quan	17
7.2. Ưu tiên yêu cầu theo mô hình MoSCoW	18
7.3. Chốt bộ yêu cầu chính thức (SRS)	19
II. Các công nghệ, lý thuyết sẽ áp dụng cho dự án	19
1. Lý thuyết nền tảng	19
2. Công nghệ áp dụng	20
III. Các tính năng dự kiến triển khai	21
IV. Phân chia công việc trong nhóm và kế hoạch triển khai	22
1. Phân chia công việc theo nhóm	22
2. Kế hoạch triển khai	22

I. Giới thiệu đề tài

1. Xác định mục tiêu & phạm vi hệ thống

1.1. Mục tiêu hệ thống

Vấn đề thực tế:

Trong các nhà máy, khu sản xuất hoặc xưởng công nghiệp, chất lượng không khí thường bị ảnh hưởng bởi khí thải từ dây chuyền sản xuất, khói hàn, dung môi hóa chất, bụi mịn, và khí độc như CO, NH₃, hoặc VOC. Việc giám sát thủ công khiến dữ liệu không chính xác, chậm trễ, và khó phát hiện kịp thời tình trạng ô nhiễm, tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe công nhân và vi phạm tiêu chuẩn môi trường (ISO 14001, OSHA).

Mục tiêu IoT:

- **Giám sát tự động:** Thu thập và theo dõi liên tục các chỉ số chất lượng không khí trong khu vực nhà xưởng (CO, CO₂, NH₃, VOC, PM2.5, PM10, nhiệt độ, độ ẩm, áp suất vi sai).
- **Cảnh báo thông minh:** Gửi thông báo tức thời khi vượt ngưỡng cho phép qua web app, màn hình điều khiển tại xưởng hoặc hệ thống cảnh báo (đèn/còi/SMS).
- **Phân tích và báo cáo:** Lưu trữ dữ liệu lịch sử, thống kê xu hướng ô nhiễm theo ca, khu vực, hoặc thời gian để phục vụ đánh giá tuân thủ và cải thiện quy trình sản xuất.
- **Kết nối đám mây:** Dữ liệu từ các thiết bị cảm biến được tập trung lên hệ thống trung tâm để hiển thị tổng hợp và phân tích theo thời gian thực.

Kỳ vọng:

- Hỗ trợ bộ phận **EHS (An toàn – Môi trường)** theo dõi, kiểm soát và cải thiện điều kiện làm việc của công nhân.
- **Nâng cao an toàn lao động** và tuân thủ các quy định về chất lượng không khí trong nhà xưởng.
- **Hỗ trợ lãnh đạo nhà máy** ra quyết định tối ưu hóa sản xuất, giảm rủi ro phạt vi phạm môi trường.

1.2. Phạm vi triển khai

Số lượng thiết bị:

- Triển khai **20 trạm cảm biến IoT** đặt tại các khu vực sản xuất chính, kho hóa chất, khu hàn và khu đóng gói.
- Mỗi trạm bao gồm:
 - **Cảm biến BME280 hoặc DHT11**: đo nhiệt độ, độ ẩm, áp suất.
 - **Cảm biến MQ135**: đo nồng độ khí độc hại (CO, NH₃, NO₂, VOC).
 - **Cảm biến bụi GP2Y1014AU0F**: đo mật độ bụi mịn PM2.5 / PM10.
 - **ESP32 (vi điều khiển trung tâm)**: thu thập dữ liệu, xử lý và gửi lên máy chủ qua Wi-Fi hoặc Modbus TCP.
 - **Nguồn điện ổn định + UPS** để đảm bảo hoạt động liên tục trong môi trường công nghiệp.

Phân bố:

- Các cảm biến được lắp tại độ cao 1,5–2m ở các khu vực có nguy cơ ô nhiễm cao.
- Khoảng cách trung bình giữa các trạm: 50–100m tùy theo diện tích nhà xưởng.

Môi trường hoạt động:

- Trong nhà, chịu ảnh hưởng của nhiệt, bụi, rung và hơi hóa chất.
- Vỏ cảm biến đạt chuẩn **IP65**, chống bụi và hơi ẩm.
- Giao tiếp dữ liệu qua mạng nội bộ nhà máy (Wi-Fi công nghiệp hoặc Ethernet).

1.3. Tiêu chí thành công (KPIs)

Độ chính xác:

- Sai số nhiệt độ $< \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Sai số độ ẩm $< \pm 5\%\text{RH}$
- Sai số bụi mịn (PM2.5/PM10) $< \pm 10\%$
- Sai số khí độc (CO, NH₃, VOC) $< \pm 15\%$ so với giá trị chuẩn hiệu chuẩn định kỳ

Độ trễ:

- Dữ liệu cảm biến cập nhật lên dashboard trung tâm trong vòng **< 3 giây** kể từ khi đo.

Độ tin cậy:

- Tỷ lệ truyền dữ liệu thành công **≥ 98%**, hoạt động ổn định 24/7.

Hiệu quả giám sát:

- Cảnh báo **≥ 90%** các sự kiện vượt ngưỡng trong vòng 5 giây.
- Dữ liệu được ghi nhận với tần suất tối thiểu **1 lần/phút**.

Chi phí:

- Tổng chi phí đầu tư hệ thống ban đầu **< 250 triệu VNĐ** cho 20 trạm cảm biến (bao gồm phần cứng, truyền thông và phần mềm).

Khả năng mở rộng:

- Có thể mở rộng tới **50 trạm cảm biến** trong 3 năm tới mà không cần thay đổi kiến trúc hệ thống hoặc máy chủ trung tâm.

1.4. Kết quả mong đợi

- Hệ thống **giám sát tự động, liên tục và chính xác** chất lượng không khí trong toàn bộ khu vực nhà máy.
- Bộ phận **EHS và quản lý sản xuất** có thể giám sát dữ liệu từ xa qua **dashboard web hoặc ứng dụng di động**, nhận **cảnh báo tức thì** khi phát hiện rủi ro ô nhiễm.
- **Dữ liệu lưu trữ lịch sử** giúp phân tích nguyên nhân, xu hướng, và hỗ trợ các báo cáo ISO/OSHA.
- **Tối ưu môi trường làm việc**, giảm thiểu rủi ro sức khỏe cho công nhân, tăng hiệu suất sản xuất.
- **Nâng cao hình ảnh doanh nghiệp** trong tuân thủ môi trường và phát triển bền vững.

2. Thu thập yêu cầu từ bên liên quan

Bước này nhằm đảm bảo hệ thống được thiết kế đúng với nhu cầu thực tế của các bên tham gia trong nhà máy – bao gồm **công nhân, bộ phận an toàn môi trường (EHS), quản lý nhà máy và đội kỹ thuật vận hành hệ thống IoT**. Việc xác định rõ nhu cầu từng nhóm giúp hệ thống không chỉ hoạt động hiệu quả về mặt kỹ thuật mà còn mang lại giá trị quản lý và an toàn thực tiễn.

2.1. Người dùng cuối (*End Users – Công nhân, ca trưởng, quản lý xưởng*)

Đối tượng: Công nhân làm việc trong khu vực sản xuất, ca trưởng hoặc quản đốc xưởng – những người trực tiếp chịu ảnh hưởng bởi môi trường làm việc.

Nhu cầu thường gặp:

- **Hiển thị dữ liệu:** Xem nhanh các chỉ số không khí (CO, NH₃, PM2.5, PM10, nhiệt độ, độ ẩm) trên màn hình hiển thị hoặc ứng dụng nội bộ.
- **Cảnh báo tức thời:** Nhận thông báo (đèn, còi, tin nhắn, app) khi thông số vượt ngưỡng an toàn.
- **Khuyến nghị hành động:** Được gợi ý hành động phù hợp như “bật hệ thống thông gió”, “ngừng vận hành máy hàn”, hoặc “rời khu vực nguy hiểm tạm thời”.
- **Truy cập dễ dàng:** Giao diện đơn giản, thân thiện, hiển thị trên bảng điện tử trong xưởng hoặc trên điện thoại của ca trưởng.

2.2. Doanh nghiệp / Bộ phận quản lý môi trường (*Operators / EHS Department*)

Đối tượng: Bộ phận EHS (Environment, Health, Safety), phòng quản lý nhà máy, hoặc ban điều hành chịu trách nhiệm tuân thủ tiêu chuẩn môi trường và an toàn lao động.

Mối quan tâm chính:

- **Giám sát & vận hành:** Hệ thống giúp theo dõi tự động các khu vực sản xuất, giảm nhân công đo đạc thủ công, đồng thời phát hiện sớm rủi ro khí độc.
- **Báo cáo & phân tích:** Cần biểu đồ xu hướng ô nhiễm, thống kê theo ca/khu vực, và báo cáo định kỳ theo tiêu chuẩn **ISO 14001, OSHA, QCVN 05:2023/BTNMT**.

- **Ra quyết định:** Dữ liệu đo giúp EHS xác định khu vực rủi ro cao, đề xuất cải thiện thông gió hoặc thay đổi quy trình vận hành.
- **Khả năng mở rộng:** Dễ dàng thêm cảm biến mới hoặc mở rộng sang khu xưởng khác mà không cần xây lại hệ thống.

2.3. Kỹ thuật / IT (Technical & Maintenance Team)

Đối tượng: Đội ngũ kỹ sư IoT, CNTT, bảo trì nhà máy – chịu trách nhiệm triển khai, vận hành, và duy trì hệ thống.

Yêu cầu thường có:

- **Tích hợp hệ thống:** Dễ dàng kết nối với hạ tầng CNTT sẵn có (MES, SCADA, ERP, hệ thống cảnh báo nhà máy).
- **Giao thức truyền thông:** Hỗ trợ MQTT, HTTP hoặc Modbus TCP/IP, đảm bảo truyền dữ liệu ổn định, thời gian thực, và tiêu thụ năng lượng thấp.
- **Bảo mật dữ liệu:** Mã hóa end-to-end, xác thực thiết bị, phân quyền người dùng theo vai trò (RBAC), tuân thủ ISO 27001.
- **Bảo trì & cập nhật:** Hỗ trợ OTA (Over-The-Air) để cập nhật firmware, hiệu chỉnh cảm biến, và theo dõi tình trạng thiết bị từ xa.
- **Tính ổn định:** Giám sát uptime thiết bị, tự động khởi động lại khi mất kết nối hoặc lỗi phần mềm.

2.4. Phương pháp thu thập yêu cầu

Để đảm bảo yêu cầu được xác định chính xác, nhóm dự án sẽ áp dụng kết hợp nhiều phương pháp:

- **Phỏng vấn:** Làm việc trực tiếp với công nhân, ca trưởng, bộ phận EHS, và IT để hiểu rõ quy trình vận hành và mong muốn thực tế.
- **Khảo sát nội bộ:** Thu thập phản hồi về vị trí lắp đặt, ngưỡng cảnh báo, và hình thức hiển thị dữ liệu mong muốn.
- **Quan sát hiện trường:** Đánh giá điều kiện thực tế trong xưởng (bụi, nhiệt, nhiễu sóng, luồng gió) để lựa chọn cảm biến và giải pháp truyền thông phù hợp.
- **Phân tích tài liệu:** Tham khảo các tiêu chuẩn kỹ thuật, quy định an toàn, và báo cáo môi trường hiện có để xác định các chỉ số cần đo và ngưỡng cảnh báo chuẩn.

3. Xác định yêu cầu chức năng

3.1. Các chức năng cơ bản của hệ thống IoT giám sát chất lượng không khí trong nhà máy

a. Thu thập dữ liệu cảm biến

Đây là chức năng **cốt lõi** của hệ thống, chịu trách nhiệm đo lường các thông số môi trường tại từng khu vực sản xuất.

Các cảm biến được sử dụng gồm:

- **BME280 / DHT11**: đo nhiệt độ, độ ẩm và áp suất khí quyển.
- **MQ135 / MiCS-6814**: đo nồng độ các khí độc hại (CO, NH₃, VOC, NO₂).
- **GP2Y1014AU0F**: đo nồng độ bụi mịn PM2.5 / PM10.

Chu kỳ đo: 1–2 phút/lần (có thể tùy chỉnh theo yêu cầu).

Dữ liệu thu thập bao gồm:

- Nhiệt độ (°C)
- Độ ẩm (%)
- PM2.5 / PM10 (µg/m³)
- Nồng độ khí độc (ppm)
- Thời gian đo (timestamp)
- ID thiết bị và vị trí lắp đặt

→ Giúp **theo dõi tình trạng không khí trong nhà xưởng theo thời gian thực**, phát hiện nhanh khu vực vượt ngưỡng cho phép.

b. Gửi dữ liệu về Gateway/Cloud

Sau khi đo, dữ liệu được gửi qua **Wi-Fi hoặc Ethernet** đến **Gateway trung tâm**, rồi chuyển tiếp lên **máy chủ nội bộ hoặc đám mây (Cloud Server)** để xử lý và lưu trữ.

Giao thức sử dụng: MQTT, HTTP RESTful API hoặc Modbus TCP/IP.

Yêu cầu kỹ thuật:

- Dữ liệu truyền ổn định, có cơ chế **retry và buffer** khi mất kết nối.

- Có **checksum** hoặc **chữ ký số** đảm bảo toàn vẹn dữ liệu.
- Hỗ trợ **mã hóa TLS/SSL** trong truyền thông.

→ Đảm bảo dữ liệu môi trường được **truyền chính xác, liên tục và bảo mật cao**.

c. Lưu trữ và phân tích dữ liệu

Dữ liệu được lưu trong cơ sở dữ liệu **time-series (InfluxDB)** hoặc **NoSQL (MongoDB)** để tối ưu cho dữ liệu cảm biến thời gian thực.

Hệ thống thực hiện:

- **Phát hiện bất thường:** khi chỉ số vượt ngưỡng cho phép.
- **Tính toán AQI (Air Quality Index)** tự động theo chuẩn Bộ TN&MT hoặc WHO.
- **Phân tích xu hướng:** theo thời gian, khu vực, hoặc ca sản xuất.
- **Lưu trữ dài hạn:** phục vụ báo cáo tuân thủ (ISO, OSHA) hoặc kiểm tra nội bộ.

→ Biến dữ liệu thô thành **thông tin có ý nghĩa**, giúp bộ phận EHS và quản lý ra quyết định chính xác.

d. Hiển thị dữ liệu qua ứng dụng (Dashboard nội bộ)

Hệ thống cung cấp **giao diện web dashboard** hoặc **ứng dụng nội bộ** cho phép xem và giám sát dữ liệu trực quan:

- **Bảng điều khiển thời gian thực:** hiển thị AQI, nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ khí độc, bụi mịn.
- **Mã màu cảnh báo:**
 - Xanh (Tốt)
 - Vàng (Trung bình)
 - Cam (Kém)
 - Đỏ (Nguy hại)
- **Thông báo tự động:** gửi email/SMS/App khi vượt ngưỡng cho phép.
- **Báo cáo thống kê:** theo ca, ngày, tuần, tháng; có thể xuất file PDF/Excel.

→ Giúp **EHS Manager, ca trưởng và kỹ sư vận hành** nắm bắt nhanh tình trạng không khí trong xưởng để kịp thời ứng phó.

e. Điều khiển/ra lệnh ngược lại thiết bị (Actuation Control)

Hệ thống có khả năng **tương tác hai chiều**, gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị phụ trợ:

- **Tự động bật/tắt quạt thông gió, hệ thống lọc bụi, scrubber hoặc van điều áp** khi phát hiện ô nhiễm.
- **Cho phép điều khiển thủ công** từ dashboard đối với ca trưởng hoặc EHS Manager.
- **Cấu hình ngưỡng cảnh báo và chu kỳ đo** từ xa.

Yêu cầu kỹ thuật:

- **Cần xác thực người dùng và phân quyền truy cập.**
- **Lệnh điều khiển phải được mã hóa và ghi log đầy đủ.**

→ Đảm bảo hoạt động **an toàn, có kiểm soát và không bị truy cập trái phép.**

f. Quản lý và bảo mật hệ thống

Bao gồm các chức năng vận hành, bảo trì và bảo mật:

- **Quản lý thiết bị:** theo dõi trạng thái hoạt động, vị trí lắp đặt, tình trạng pin hoặc kết nối mạng.
- **Quản lý người dùng:** phân quyền (công nhân, ca trưởng, kỹ sư IT, EHS, quản lý nhà máy).
- **Cập nhật OTA (Over-The-Air):** tự động cập nhật firmware hoặc cấu hình mới.
- **Bảo mật:** mã hóa dữ liệu bằng TLS/SSL, xác thực hai lớp (2FA), và lưu nhật ký truy cập.
- **Cảnh báo sự cố hệ thống:** khi thiết bị ngừng truyền dữ liệu hoặc vượt ngưỡng lỗi.

→ Giúp hệ thống hoạt động **ổn định, an toàn và dễ quản lý trong môi trường công nghiệp.**

3.2. *Đặc tả luồng công việc (Use case, Sequence diagram)*

Use cases chính:

- **U1:** View real-time air metrics – Xem thông số AQI, CO₂, VOC, NH₃, H₂S, PM2.5/PM10, nhiệt độ, độ ẩm, chênh áp theo khu vực.
- **U2:** Receive alerts/alarms – Nhận cảnh báo khi vượt ngưỡng, kích hoạt còi/SMS/App/Siren.
- **U3:** Manual device control – Điều khiển quạt, damper, scrubber thủ công.
- **U4:** Set zone thresholds & rules – Đặt ngưỡng và quy tắc tự động theo khu/xưởng/ca.
- **U5:** Schedule ventilation/scrubber – Lập lịch thông gió hoặc chạy scrubber theo ca, thời gian.
- **U6:** Historical trends & compliance reports – Xem xu hướng, biểu đồ, báo cáo tuân thủ ISO/OSHA.
- **U7:** Device onboarding & config – Thêm mới/cấu hình cảm biến, gateway, thiết bị điều khiển.
- **U8:** OTA firmware update – Cập nhật firmware thiết bị từ xa.
- **U9:** User/role management – Quản lý người dùng, phân quyền, nhật ký hoạt động.
- **U10:** Export/Sync data API – Tích hợp dữ liệu với MES/SCADA/ERP/BI.
- **U11:** Maintenance & calibration logs – Ghi nhận, nhắc lịch bảo trì và hiệu chuẩn thiết bị.

Phân nhóm chức năng:

- **Monitoring & Control:** U1 – U2 – U3 – U5
(Theo dõi và điều khiển thời gian thực, thủ công hoặc theo lịch)
- **Automation & Safety Rules:** U4
(Thiết lập quy tắc/ngưỡng, kích hoạt cảnh báo — «trigger» → U2)
- **Analytics & Integration:** U6 – U10
(Báo cáo, tuân thủ tiêu chuẩn, tích hợp với MES/ERP/BI)
- **Operations & Maintenance:** U7 – U8 – U9 – U11
(Quản trị thiết bị, cập nhật firmware, người dùng, hiệu chuẩn/bảo trì)

Quan hệ chính:

- **hw > U1:** Thiết bị cảm biến gửi dữ liệu telemetry (real-time).
- **U3/U5 > hw:** Gửi lệnh điều khiển (manual/scheduled).
- **U4 > U2:** Cảnh báo phát sinh từ quy tắc/ngưỡng tự động.

- **U11 ..> U3 (include):** Ghi nhận thay đổi cấu hình sau hiệu chuẩn.
- **U10 ↔ MES/SCADA/ERP:** Đồng bộ dữ liệu và báo cáo giữa hệ thống doanh nghiệp và nền tảng IoT.

4. Xác định yêu cầu phi chức năng

4.1. Hiệu năng

Độ trễ tối đa:

Thời gian từ khi cảm biến (BME280, MQ135/MiCS-6814, GP2Y1014AU0F) thu thập dữ liệu đến khi hiển thị trên dashboard nội bộ hoặc màn hình giám sát **không vượt quá 3 giây**.

→ Giúp bộ phận **EHS** và **ca trưởng** nắm bắt kịp thời tình trạng không khí, xử lý nhanh các sự cố ô nhiễm hoặc rò rỉ khí độc.

Tần suất lấy mẫu:

- BME280: đo mỗi **60 giây/lần** (nhiệt độ, độ ẩm, áp suất).
- MQ135/MiCS-6814: đo mỗi **30 giây/lần** (CO, NH₃, VOC, NO₂).
- GP2Y1014AU0F: đo mỗi **10–20 giây/lần** (bụi mịn PM2.5, PM10).

→ Tần suất này cân bằng giữa **độ chính xác**, **độ phản hồi nhanh**, và **mức tiêu thụ năng lượng hợp lý**.

Khả năng chịu tải:

Hệ thống có thể tiếp nhận và xử lý dữ liệu **từ ít nhất 500 cảm biến hoạt động đồng thời** qua MQTT hoặc HTTP REST API mà không gây nghẽn hoặc mất gói tin.

→ Đảm bảo hệ thống vận hành ổn định ngay cả khi mở rộng quy mô hoặc trong giờ sản xuất cao điểm.

4.2. Bảo mật

Xác thực (Authentication):

- Mỗi thiết bị IoT có **Device ID + Token định danh riêng biệt**.
- Người dùng đăng nhập bằng **tài khoản xác thực JWT hoặc OAuth2**.

Phân quyền (Authorization):

- Công nhân/ca trưởng: chỉ xem dữ liệu khu vực sản xuất của mình.
- Kỹ sư kỹ thuật (OT/IT): có quyền cấu hình, hiệu chuẩn, cập nhật firmware.
- EHS Manager: được phép đặt ngưỡng cảnh báo, xem báo cáo và thống kê.
- Quản lý nhà máy: toàn quyền truy cập dữ liệu, giám sát và xuất báo cáo.

→ Hệ thống đảm bảo **ngăn chặn truy cập trái phép, giả mạo dữ liệu hoặc thao túng thiết bị**, đáp ứng tiêu chuẩn **ISO 27001** và **GDPR**.

4.3. Độ tin cậy

Cơ chế dự phòng (Redundancy):

- Toàn bộ dữ liệu được lưu song song tại **máy chủ chính (Primary Server)** và **máy chủ sao lưu (Replica Server)**.
- Khi xảy ra sự cố (mất kết nối, lỗi ổ cứng, quá tải), hệ thống tự động **chuyển sang chế độ dự phòng (failover)**.

Phục hồi khi mất kết nối (Recovery):

- Gateway lưu tạm dữ liệu trong **bộ nhớ đệm (buffer)** khi mạng nội bộ hoặc Wi-Fi bị gián đoạn, sau đó tự động gửi lại khi kết nối khôi phục.

Theo dõi tình trạng thiết bị:

- Cảnh báo tự động khi cảm biến ngừng gửi dữ liệu **>10 phút** hoặc vượt ngưỡng lỗi định sẵn.
- Ghi log toàn bộ sự kiện lỗi và trạng thái để dễ dàng kiểm tra.

→ Đảm bảo hệ thống **hoạt động liên tục, không gián đoạn**, đáp ứng yêu cầu vận hành 24/7 trong môi trường công nghiệp.

4.4. Khả năng mở rộng

Mở rộng thiết bị dễ dàng:

- Có thể tăng từ **20 trạm cảm biến lên 100 hoặc 500 trạm** mà không cần thay đổi hạ tầng phần mềm hoặc server trung tâm.

Kiến trúc module hóa:

- Các nhóm cảm biến, gateway và dịch vụ cloud được thiết kế độc lập, giúp dễ dàng **thêm mới, thay thế hoặc nâng cấp từng phần** mà không ảnh hưởng toàn hệ thống.

Tích hợp cloud platform:

- Sẵn sàng kết nối với **AWS IoT Core, Google Cloud IoT, hoặc Azure IoT Hub** để phục vụ xử lý dữ liệu lớn, phân tích AI hoặc học máy trong tương lai.

→ Giúp hệ thống có **tính linh hoạt và khả năng mở rộng dài hạn**, phù hợp cho cả nhà máy đơn lẻ hoặc cụm khu công nghiệp.

4.5. Chi phí và năng lượng

Tiết kiệm năng lượng:

- Thiết bị sử dụng **chế độ ngủ (sleep mode)** giữa các chu kỳ đo để tiết kiệm điện.
- Một số node có thể hoạt động bằng **năng lượng mặt trời** hoặc nguồn 24V công nghiệp, có UPS dự phòng 2–4 giờ.

Tối ưu băng thông:

- Sử dụng **MQTT thay vì HTTP**, giúp giảm 60–70% lưu lượng truyền.
- Gói tin được nén (payload compression) và chỉ truyền khi có thay đổi đáng kể (delta update).

Chi phí đầu tư:

- Tổng chi phí cho 20 trạm cảm biến, gateway, máy chủ và phần mềm giám sát < **250 triệu VNĐ**.
- Chi phí bảo trì/năm < 5% chi phí đầu tư ban đầu.

→ Tối ưu chi phí giúp hệ thống **hiệu quả, tiết kiệm năng lượng, thân thiện môi trường**, dễ mở rộng trong các dây chuyền hoặc khu xưởng khác.

5. Phân tích ràng buộc

5.1. Môi trường hoạt động

Đặc điểm môi trường:

Các cảm biến (BME280, MQ135/MiCS-6814, GP2Y1014AU0F, v.v.) được lắp đặt **bên trong khu vực sản xuất, kho hóa chất, xưởng hàn, xưởng cơ khí hoặc khu đóng gói** – nơi có nhiều bụi, hơi nóng, rung động và khí thải công nghiệp.

→ Thiết bị cần chịu được **nhiệt độ từ 0°C đến 70°C**, độ ẩm cao, hơi dầu, bụi mịn, và sự rung lắc do máy móc vận hành liên tục.

Chống bụi, chống ẩm:

Vỏ bảo vệ của các trạm cảm biến phải đạt chuẩn **IP65 hoặc cao hơn**, có lớp lọc bụi và chống ăn mòn hóa chất.

→ Giúp thiết bị duy trì hoạt động chính xác trong môi trường có **bụi sắt, khói hàn hoặc hơi dung môi**.

Nhiều sóng và kết nối:

Trong môi trường công nghiệp, tín hiệu Wi-Fi dễ bị ảnh hưởng bởi **kim loại, động cơ công suất lớn, biến tần và lưới điện ba pha**.

→ Cần bố trí **gateway trung gian có ăng-ten công nghiệp**, hoặc kết hợp **Ethernet/Modbus TCP** để truyền dữ liệu ổn định hơn.

Nguồn điện:

Hầu hết thiết bị dùng **nguồn điện 24V DC hoặc 220V AC**, tuy nhiên cần có **UPS (nguồn dự phòng)** trong trường hợp mất điện đột ngột.

→ Với các khu vực xa nguồn cấp, có thể sử dụng **pín sạc + năng lượng mặt trời**, kèm chế độ **sleep mode** để tiết kiệm năng lượng.

Nếu bỏ qua ràng buộc môi trường, cảm biến sẽ dễ bị hư hỏng, sai số tăng cao hoặc ngắt kết nối thường xuyên, ảnh hưởng đến độ tin cậy của dữ liệu đo trong xưởng.

5.2. Ràng buộc pháp lý

An toàn điện & thiết bị:

Tất cả thiết bị IoT trong nhà máy phải **đạt chứng nhận an toàn điện và tương**

thích điện từ (EMC/EMI) theo tiêu chuẩn **TCVN – IEC**, đặc biệt khi lắp gần máy hàn hoặc động cơ công nghiệp.

Dữ liệu và quyền riêng tư:

Dữ liệu môi trường đo được trong nhà máy có thể liên quan đến **vị trí khu vực sản xuất, dây chuyền hoặc thông tin nội bộ**, do đó cần:

- Mã hóa dữ liệu khi truyền và lưu trữ.
- Giới hạn quyền truy cập theo vai trò (RBAC).
- Tuân thủ **Luật An toàn thông tin mạng (2015)** và chính sách bảo mật nội bộ của doanh nghiệp.

Hiệu chuẩn và độ chính xác:

Các chỉ tiêu như PM2.5, CO, NH₃, VOC phải được **hiệu chuẩn định kỳ 6 tháng/lần**, tuân theo **QCVN 05:2023/BTNMT** hoặc tiêu chuẩn ISO tương đương.

→ Chỉ có dữ liệu đã được hiệu chuẩn mới có giá trị phục vụ kiểm tra môi trường và báo cáo ISO/OSHA.

Nếu không tuân thủ ràng buộc pháp lý, doanh nghiệp có thể không được chấp thuận trong kiểm tra môi trường, hoặc bị xử phạt khi dữ liệu không đạt chuẩn quy định.

5.3. Tài nguyên thiết bị

Giới hạn phần cứng:

Vi điều khiển như **ESP32, STM32 hoặc Arduino Mega** có dung lượng RAM nhỏ (256KB–512KB), chỉ nên đảm nhiệm **thu thập và xử lý sơ bộ dữ liệu**, còn các tác vụ nặng (phân tích, học máy, AI) phải thực hiện trên **gateway hoặc cloud server**.

→ Giúp tránh tình trạng **treo vi điều khiển, mất gói tin hoặc trễ truyền dữ liệu**.

Dung lượng pin và năng lượng:

Trong môi trường nhà máy, nguồn điện ổn định nhưng một số thiết bị đặt ở khu vực khó tiếp cận có thể chạy bằng **pin sạc dự phòng**.

→ Cần tối ưu tần suất đo (mỗi 2–5 phút) và chỉ truyền dữ liệu khi có thay đổi lớn để **giảm hao năng lượng**.

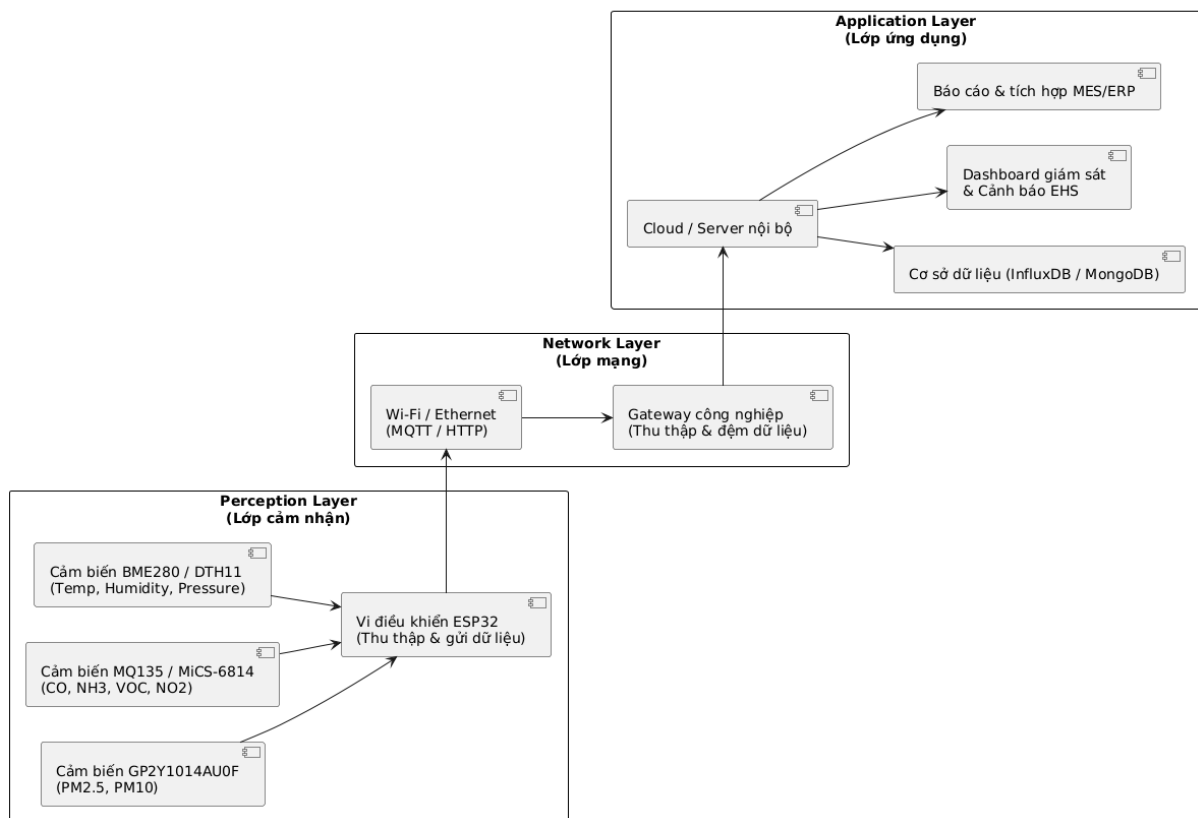
Bảo trì và hiệu chuẩn:

- Cảm biến bụi (GP2Y1014AU0F) và cảm biến khí (MQ135, MiCS-6814) cần được **hiệu chuẩn định kỳ 3–6 tháng/lần**.
- Hệ thống phải **cảnh báo tự động khi cảm biến lệch chuẩn hoặc không gửi dữ liệu quá 10 phút**.
→ Giúp duy trì độ chính xác lâu dài và giảm chi phí bảo trì.

Nếu không tối ưu tài nguyên thiết bị, hệ thống sẽ nhanh chóng gặp lỗi: hết pin, sai số cao, hoặc phải thay cảm biến thường xuyên, làm tăng chi phí vận hành.

6. Mô hình hóa yêu cầu

Mô hình 3 lớp IoT - Giám sát chất lượng không khí trong nhà máy



7. Xác minh & Phê duyệt yêu cầu

7.1. Xem xét với các bên liên quan

Sau khi hoàn tất phân tích, nhóm phát triển tổ chức họp xác minh yêu cầu với các bên liên quan:

- **Nhóm kỹ thuật IoT/IT-OT:** kiểm tra tính khả thi về phần cứng, kết nối mạng, phần mềm và hạ tầng cloud.
- **Bộ phận EHS:** xác minh độ chính xác cảm biến, chuẩn tính AQI, và yêu cầu pháp lý trong nhà máy.
- **Người dùng cuối (ca trưởng, kỹ sư vận hành):** đánh giá giao diện hiển thị, cảnh báo, khả năng thao tác.
- **Ban quản lý và pháp chế:** đảm bảo tuân thủ an toàn điện, bảo mật dữ liệu và quy định nội bộ.

Tiêu chí xác minh:

Tất cả chức năng chính như thu thập, hiển thị, cảnh báo, điều khiển và lưu trữ đã được mô tả đầy đủ.

Yêu cầu phản ánh đúng điều kiện môi trường trong nhà máy (nhiệt độ 0–70°C, nhiều bụi và rung).

Không có mâu thuẫn giữa nhu cầu người dùng và khả năng kỹ thuật.

Ví dụ xác minh:

Cảm biến GP2Y1014AU0F có sai số đo PM2.5 nhỏ hơn $\pm 8\%$.

Dashboard hiển thị chỉ số AQI đúng thang WHO và QCVN.

Nếu phát hiện yêu cầu chưa rõ hoặc không khả thi, nhóm kỹ thuật sẽ điều chỉnh và ghi nhận vào Phiếu thay đổi yêu cầu (Change Request).

7.2. Ưu tiên yêu cầu theo mô hình MoSCoW

Các yêu cầu được sắp xếp theo mức độ quan trọng để tập trung phát triển hiệu quả:

Must-have (bắt buộc):

Bao gồm các chức năng tối thiểu để hệ thống vận hành như thu thập dữ liệu cảm biến định kỳ 1–2 phút/lần, hiển thị thời gian thực, gửi cảnh báo khi vượt ngưỡng AQI, và xác thực người dùng.

Should-have (nên có):

Là các tính năng nâng cao giúp tăng hiệu quả, ví dụ: biểu đồ xu hướng 7 ngày, báo cáo định kỳ, dashboard tối ưu cho thiết bị di động, hoặc hỗ trợ thêm cảm biến CO₂.

Nice-to-have (tùy chọn):

Là các tính năng mở rộng như giao diện dark mode, bản đồ AQI động (heatmap) hoặc gợi ý hành động “bật quạt thông gió”.

Phân loại theo MoSCoW giúp nhóm phát triển tập trung vào phần quan trọng trước, mở rộng dần trong giai đoạn sau.

7.3. Chốt bộ yêu cầu chính thức (SRS)

Sau khi tất cả bên liên quan thống nhất, nhóm phát triển phê duyệt bộ yêu cầu chính thức trong tài liệu **SRS (Software Requirement Specification)**.

Mục tiêu:

Giám sát chất lượng không khí trong nhà máy theo thời gian thực, cảnh báo sớm ô nhiễm và hỗ trợ quản lý môi trường công nghiệp.

Thiết bị sử dụng:

ESP32, cảm biến BME280, MQ135/MiCS-6814, GP2Y1014AU0F, gateway công nghiệp Wi-Fi hoặc Modbus TCP.

Yêu cầu chức năng:

Hệ thống thu thập và truyền dữ liệu định kỳ, hiển thị AQI – PM2.5 – khí độc – nhiệt độ – độ ẩm theo khu vực, gửi cảnh báo khi vượt ngưỡng và điều khiển tự động thiết bị thông gió.

Yêu cầu phi chức năng:

Độ trễ hiển thị ≤ 3 giây, hệ thống hoạt động 24/7, dữ liệu mã hóa AES-256 và phân quyền người dùng.

Ràng buộc kỹ thuật:

Thiết bị hoạt động trong khoảng 0–70°C, vỏ IP65, sử dụng nguồn 24VDC hoặc có UPS dự phòng.

Mô hình yêu cầu:

Kiến trúc 3 lớp IoT (Perception – Network – Application).

II. Các công nghệ, lý thuyết sẽ áp dụng cho dự án

1. Lý thuyết nền tảng

- **Mô hình 3 lớp IoT (Perception – Network – Application):**
Lớp cảm nhận thu thập dữ liệu môi trường (PM2.5, khí độc, nhiệt độ, độ ẩm); lớp mạng chịu trách nhiệm truyền dữ liệu qua Wi-Fi/MQTT; lớp ứng dụng xử lý, hiển thị và cảnh báo.
- **Nguyên lý cảm biến môi trường:**
 - **BME280 / DHT11:** đo nhiệt độ, độ ẩm, áp suất không khí.
 - **MQ135 / MiCS-6814:** đo nồng độ khí CO, NH₃, VOC, NO₂.
 - **GP2Y1014AU0F:** phát hiện bụi mịn PM2.5, PM10 qua nguyên lý tán xạ ánh sáng.
- **Chỉ số AQI (Air Quality Index):**
Tính toán mức độ ô nhiễm không khí dựa trên các thông số đo, theo chuẩn WHO và QCVN 05:2023/BTNMT.
- **Nguyên lý truyền dữ liệu IoT:**
Sử dụng giao thức MQTT/HTTP để gửi dữ liệu từ thiết bị → Gateway → Cloud.
- **Xử lý và phân tích dữ liệu thời gian thực:**
Lưu trữ dữ liệu trong cơ sở dữ liệu thời gian (Time-series DB), hiển thị trên dashboard, kết hợp ngưỡng cảnh báo tự động.

2. Công nghệ áp dụng

- **Phần cứng:**
 - **ESP32** : vi điều khiển có Wi-Fi tích hợp, thu thập và gửi dữ liệu cảm biến.
 - **Cảm biến:** BME280 / DHT11, MQ135, GP2Y1014AU0F.
 - **Nguồn:** 24VDC công nghiệp, có UPS hoặc pin dự phòng.
- **Phần mềm nhúng (Firmware):**
 - Viết bằng **Arduino IDE** hoặc **PlatformIO**, truyền dữ liệu qua MQTT.
 - Hỗ trợ cập nhật từ xa (OTA update) khi cần hiệu chỉnh hoặc nâng cấp.

- **Gateway / Edge:**
 - Thiết bị công nghiệp hoặc Raspberry Pi, chạy **Mosquitto MQTT broker**.
 - Lưu tạm dữ liệu, xử lý ngưỡng cục bộ (Edge Rule Engine).
- **Phần mềm ứng dụng (Application Layer):**
 - **Server:** Python (Flask/FastAPI) hoặc Node.js.
 - **Database:** InfluxDB / MongoDB để lưu dữ liệu thời gian thực.
 - **Dashboard:** sử dụng **Grafana / React / Blynk IoT** hiển thị biểu đồ, cảnh báo.
 - **Tích hợp:** gửi cảnh báo qua **Email, Telegram, SMS**.
 - **Bảo mật:** mã hóa TLS/SSL, xác thực người dùng (JWT/RBAC).

III. Các tính năng dự kiến triển khai

1. **Thu thập dữ liệu môi trường:**
ESP32 đọc dữ liệu từ các cảm biến PM2.5, khí độc, nhiệt độ, độ ẩm theo chu kỳ 1–2 phút.
2. **Truyền dữ liệu lên hệ thống trung tâm:**
Gửi dữ liệu qua MQTT đến Gateway, sau đó chuyển tiếp lên Cloud hoặc server nội bộ để lưu trữ và xử lý.
3. **Hiển thị thông tin thời gian thực:**
Dashboard trực quan hiển thị các chỉ số AQI, PM2.5, CO, NH₃, nhiệt độ, độ ẩm theo khu vực sản xuất.
4. **Cảnh báo vượt ngưỡng:**
Khi nồng độ bụi hoặc khí độc vượt ngưỡng, hệ thống tự động phát cảnh báo qua email/app hoặc kích hoạt đèn báo tại xưởng.
5. **Điều khiển thiết bị tự động:**
Kích hoạt quạt hút, hệ thống lọc khí hoặc van thông gió khi môi trường xấu.
6. **Lưu trữ và báo cáo dữ liệu:**
Ghi lại toàn bộ dữ liệu theo thời gian thực, cho phép xem lại lịch sử, xuất báo cáo ngày/tuần/tháng.
7. **Quản lý người dùng và thiết bị:**
Hỗ trợ phân quyền: kỹ sư, quản lý, EHS; theo dõi trạng thái cảm biến, hiệu chuẩn, và cập nhật firmware từ xa.

8. Phân tích xu hướng ô nhiễm:

Biểu đồ thể hiện xu hướng biến động nồng độ bụi, khí độc, hỗ trợ ra quyết định cải thiện môi trường làm việc.

9. Tích hợp hệ thống quản lý nhà máy (MES/ERP):

Cho phép đồng bộ dữ liệu chất lượng không khí vào hệ thống giám sát sản xuất tổng thể.

IV. Phân chia công việc trong nhóm và kế hoạch triển khai

1. Phân chia công việc theo nhóm

STT	Họ và tên	Mã sinh viên	Công việc
1	Ngô Văn Bộ	B22DCCN085	Thiết kế kiến trúc hệ thống IoT, lập trình xử lý dữ liệu và dashboard, kết hợp model AI để đưa ra lời khuyên.
2	Hoàng Văn Nam	B22DCCN553	Xây dựng giao diện web/app hiển thị dữ liệu, biểu đồ AQI, cảnh báo và kết nối cơ sở dữ liệu.
3	Nguyễn Đức Cường	B22DCCN097	Xây dựng giao diện web/app hiển thị dữ liệu, biểu đồ AQI, cảnh báo và kết nối cơ sở dữ liệu.
4	Tổng Duy Nam	B22DCCN565	Cấu hình truyền dữ liệu (MQTT/HTTP), xây dựng gateway, thiết lập bảo mật TLS/SSL và quản lý kết nối.

Bảng 1: Phân chia công việc

2. Kế hoạch triển khai

STT	Thời gian	Nội dung
1	10/9 – 21/9	Chọn đề tài và khảo sát các hệ thống trong thực tế. Xây dựng các chức năng tổng quát.
2	22/9 – 29/9	Chọn mua linh kiện phần cứng, kết nối và chạy thử nghiệm. Đánh giá tính khả thi các chức năng đã được đề ra
3	30/9 – 5/10	Lựa chọn các chức năng khả thi, lựa chọn các kỹ thuật – công nghệ sẽ áp dụng cho dự án.

		Phân chia công việc và nhiệm vụ riêng
4	6/10 – 14/10	Hoàn thành báo cáo giữa kỳ.
5	15/10 – 28/10	Mỗi thành viên thực hiện công việc riêng đã được phân chia ở bảng phân chia công việc
6	29/10 – 3/11	Tổng hợp các phần, hoàn thiện hệ thống. Viết tài liệu báo cáo cuối kỳ.
7	3/11 – Báo cáo	Rà soát lỗi, báo cáo cuối kỳ

Bảng 2: Kế hoạch dự kiến