組別：202607

專題名稱：基於 BLE Mesh 之 AIoT 智慧公廁管理系統

一、指導老師：林子怡老師

二、組　　員：王承揚（11230005）、沈德翰（11230023）、朱翊誠（11230079）

三、系統環境：

(一) 軟體：Python Flask、SQL 資料庫、RWD 網頁、LLM API、Discord Webhook。

(二) 硬體：Seeed XIAO nRF52840、Jetson Orin Nano、溫濕度／氣體／紅外線／液位感測器。

(三) 通訊設備/協定：BLE Mesh（AES-128 CCM）、REST API、Cloudflare Tunnel。

四、系統功能與特色：

(一) **功能**

1. 環境感測與評分：BLE Mesh 回傳資料，Jetson 計算 0～100 分評分。
2. 即時顯示與通知：動態平面圖顯示隔間狀態，異常事件推播至 Discord。
3. AI 智慧助理：自然語言查詢，LLM 產生趨勢摘要與維護建議。
4. 耗材與佔用提醒：偵測衛生紙、洗手液存量與佔用逾時，提醒人員處理。
5. 設備監控：資料逾時未回報即標示離線，網頁並提供排風扇控制。

(二) **特色**

1. BLE Mesh 多點中繼，有助降低牆面訊號死角、減少佈線。
2. Edge AI：Jetson 本地完成解碼、評分與異常判斷，LLM 僅作輔助分析。
3. 評分觸發維護，依環境評分提醒人員處理，減少人力定時巡檢。
4. AES-128 CCM 加密，搭配 Cloudflare Tunnel 降低通訊埠暴露風險。
5. 低功耗：支援太陽能／鋰電池／市電，休眠後實測約 27～52 mW。
6. GitHub 開源管理，網頁支援多廁所節點切換查看。

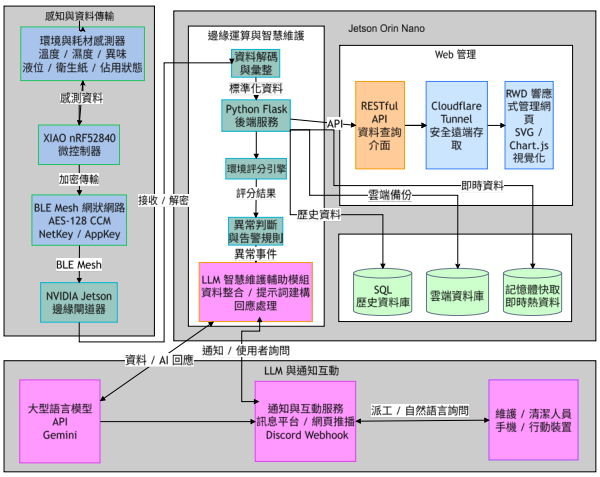


圖 1　系統架構圖



圖 2　網頁即時狀況畫面