

Mingde e-Daren: An Age-Friendly Digital Service Platform for Rural Communities

明德 e 達人——偏鄉高齡友善數位服務平台

古翔宇 盧泓穎 徐語辰 張彥哲（資工三甲） 指導老師：周念湘

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大 2 號

flhuang@nuu.edu.tw

摘要

因應台灣於 2025 年邁入超高齡社會，本專題以服務設計方法論為框架，針對苗栗偏鄉長者面臨的數位落差與生活不便，開發整合性數位平台「明德 e 達人」。系統涵蓋四大子系統：結合混合式 AI（ML Kit 與 Gemini 1.5 Flash）的智慧用藥平台、具備 AI 標籤的 NAS 檔案管理、語意對話驅動的物資訂購小幫手，以及高齡友善的智行共乘媒合。本專案前端採 Flutter 開發，後端整合 Supabase、NestJS 等技術，經測試各系統運作穩定，具備實際導入偏鄉社區關懷據點的落地潛力。

關鍵詞：偏鄉高齡化、服務設計、明德 e 達人、智慧用藥、Flutter、Supabase

Abstract:

In response to Taiwan's transition into a super-aged society by 2025, this project adopts the service design methodology as its core framework to address the digital

divide and daily inconveniences experienced by the elderly in rural Miaoli. To tackle these challenges, an integrated digital platform, "Mingde e-Daren," was developed. The system comprises four major subsystems: a smart medication platform integrating a hybrid AI architecture (ML Kit and Gemini 1.5 Flash), a NAS file management system equipped with AI tagging, a semantic dialogue-driven assistant for ordering daily supplies, and a senior-friendly ride-sharing matchmaking service. The frontend of this project is developed using the Flutter cross-platform framework, while the backend integrates technologies including Supabase and NestJS. Comprehensive system testing verifies that all subsystems operate stably, demonstrating the platform's substantial potential for practical implementation in rural community care centers.

Keywords: Rural Aging, Service Design, Mingde e-Daren, Smart Medication, Flutter, Supabase

一、緒論

1.1 研究背景與動機

台灣於 2018 年邁入高齡社會，2025 年 65 歲以上人口突破 420 萬人，並正式進入超高齡社會。偏鄉地區因青年外流、醫療資源集中於市區、公共運輸匱乏與數位基礎建設不足，承受比都市長者更嚴重的「複合型弱勢」。世界衛生組織於 2022 年啟動「無傷害用藥」計畫，而偏鄉長者一次領取大量藥物、藥袋字體細小密集，缺乏藥師指導下極易發生用藥錯誤。

本專題構想起源於團隊在苗栗縣明德社區關懷據點的田野觀察。透過深度訪談發現，長者面臨的困難並非孤立，而是呈現「用藥安全→檔案管理→日常採買→交通出行」的連鎖性困境。據此，本專題從「整合性服務平台」角度出發，將四個看似獨立的需求模組整合於統一技術架構與使用者體驗框架之下。

1.2 現行痛點分析

經社區探訪與需求盤點，歸納出偏鄉高齡社區四大核心痛點：

1. 社區資料管理混亂：公文書、志工排班與長者照護紀錄散落於紙本或個人裝置，缺乏統一儲存、權限控管與檢索機制。
2. 用藥安全風險：長者多患慢性病，藥袋資訊繁雜字體細小，易忘記服藥或吃錯藥，慢箋代領流程亦缺乏數位化追蹤。
3. 公共交通匱乏：偏鄉公車平均班距達 60–120 分鐘，商業叫車軟體介面複雜且費用高昂，不符長者需求。
4. 數位落差與採買不便：長者難以適應主流電商複雜流程，民生採買多仰賴口頭請託，缺乏無障礙的數位媒合管道。

1.3 研究目的與範圍

本專題旨在設計並實作以偏鄉高齡者為中心、融合 AI 技術與服務設計方法的整合平台，回應上述四大需求，並提出四項研究問題：RQ1 混合式 AI 架構於藥袋萃取任務的辨識成功率能否達 90% 以上？RQ2 RBAC 結合語意向量化能否在確保資安前提下提升檢索準確率？RQ3 規則式意圖分類能否在無外部 API 下達 90% 以上準確率？RQ4 三維媒合機制能否於公車覆蓋不足區域提供可行交通替代方案？這四個研究問題分別對應四個子系統的核心技術挑戰，並於後續章節透過實作與測試驗證。

研究範圍涵蓋四個子系統的完整開發與測試，服務場域聚焦於苗栗縣客家聚落的社區關懷據點，目標用戶為 65 歲以上長輩、社區志工、檔案管理人員與共乘司機。各子系統與其主要利害關係人之對應整理如表 1。

表 1 各子系統利害關係人與核心需求

利害關係人	核心需求	系統對應功能
長輩	正確服藥、操作簡便、自主出行	藥袋掃描、看圖認藥、語音輸入、一鍵叫車
志工	高效代領、清晰任務、減少行政	批次代領、健保卡鎖、需求單分類
據點管理者	服務透明、資源調度、檔案治理	RBAC 權限、審計記錄、即時監控
司機	明確行程、合理車資	行程發布、自動媒合、級距車資

二、文獻探討

2.1 高齡化社會與數位落差

台灣從高齡社會到超高齡社會僅用 25 年，遠快於歐美國家的 50–70 年。Van Dijk (2020) 將數位落差分為動機、物質、技能與使用四個層次，在偏鄉高齡者群體中，這四個層次同時存在且相互強化。世界衛生組織提出的「高齡友善城市」框架涵蓋八個面向，其中「溝通與資訊」與「交通運輸」直接對應本專題的智慧用藥、社區學習與智行共乘子系統。

2.2 偏鄉高齡者需求分析

偏鄉高齡者的需求具有顯著的「複合性」與「情境依賴性」——用藥安全與就醫交通直接相關，社區學習與文化活動則間接影響用藥依從性。麻省理工學院 AgeLab 指出，成功的老化科技須同時滿足功能性、可用性與情感性三條件；本專題四子系統分別對應此三層次。此外，客家文化傳承是不可忽視的維度：苗栗縣 65 歲以上客家人客語流利度達 68%，30 歲以下僅 12%，顯示嚴重的代際語言斷層，數位平台若能承載客家文化內容，可同時滿足文化需求並創造跨代互動。

2.3 相關技術發展現況

智慧用藥已有 Medisafe、MyTherapy 等應用，但設計以都市年輕用戶為假設，缺乏 AI 辨識與在地志工服務整合。Google 的 Gemini 1.5 Flash 具備多模態理解能力，可直接分析圖像並輸出結構化語

意資訊；COCO-SSD 與 Sentence-BERT 則在瀏覽器端即時推論方面達實用水準。Flutter 採 Skia 自繪引擎，在 GPU 密集任務的幀率表現優於 React Native 約 15–25%，且 AOT 編譯使冷啟動時間控制在 1–2 秒內，故選為三個子系統的統一前端。

2.4 服務設計方法論

本專題以英國設計委員會「雙鑽石模型」為流程框架：第一鑽石透過田野調查與深度訪談探索需求並收斂為四大核心需求，第二鑽石則進行創意發想、技術評估與快速原型，收斂為四子系統架構。高齡友善設計原則貫穿所有子系統，並將 Nielsen（1994）十項可用性啟發式原則轉譯為具體規範：字體 $\geq 24\text{pt}$ 、按鈕觸控區域 $\geq 48 \times 48\text{dp}$ 、色彩對比符合 WCAG 2.1 AA 級、操作流程簡化為三步以內。

三、系統架構與技術

3.1 整體架構

平台採「統一平台、分項實作、共享基礎」模式，系統整體架構如圖 1 所示。前端主體以 Flutter 開發，共享 Material 3 高齡友善設計規範；NAS 控制台則以 React 實作。共享基礎設施以 Supabase 為核心，透過 Auth 實現單一登入與全域通行，並利用 PostgreSQL 的 RLS 機制嚴格把關跨子系統的资料安全。

為兼顧隱私與效能，AI 能力採混合式架構：端側（ML Kit、COCO-SSD）負責離線即時推論；雲端則透過 Edge Functions 觸發 Gemini 1.5 Flash 與語意模型處理高階運算。四大子系統在此基礎設施上獨立運作且相互支援，建構出完整的社區服務

生態系。

圖 1 系統整體架構圖

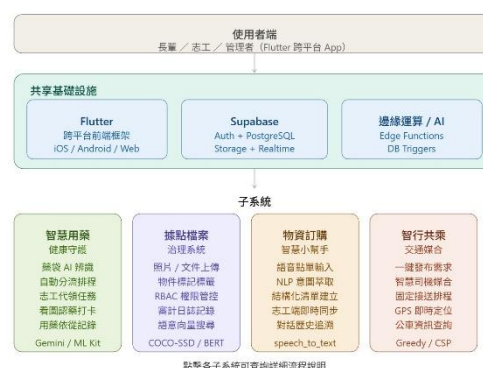


表 2 團隊分工與子系統對照

子系統	核心技術	主要功能
智慧用藥與社區學習	Flutter, Supabase, ML Kit, Gemini	藥袋辨識、志工代領、看圖認藥、本機通知
NAS 檔案管理控制台	React, NestJS, PostgreSQL, COCO-SSD	RBAC 權限、AI 語意標籤、語意搜尋、審計
物資訂購與智慧小幫手	Flutter, Supabase, speech_to_text	需求單、價格參考、意圖分類對話、語音輸入
智行共乘交通媒合	Flutter, Supabase, GPS	共乘媒合、固定接送、即時定位、公車資訊

3.2 開發工具與技術棧

前端：Flutter（Dart）、React 18 + TypeScript、Tailwind CSS；後端與 API：Supabase、NestJS 11；資料庫：PostgreSQL 15、Redis；AI 模型：Gemini 1.5 Flash、Google ML Kit、COCO-SSD、Sentence-BERT（MiniLM-L12-v2）。專案以 7 週為開發週期，分為環境建置、核心功能、流程整合、平台擴充與驗收五個里程碑，並透過 Git 版本控制與 Supabase migration 機制確保資料庫 schema 一致性。

四、子系統設計與實作

4.1 智慧用藥與社區學習平台

本系統採前後端分離四層架構如下（Flutter App、Supabase REST + Realtime、Edge Functions、AI 視覺層）。路由以 GoRouter 分為長輩分支與志工分支，並透過 RoleGuard 中介層進行角色權限驗證。

利害關係人分析以 Mendelow 權力／利益矩陣將長輩定位為核心、志工為關鍵執行者、社區管理者為協調角色。

圖 2 藥單辨識畫面



AI 辨識引擎採混合式架構：第一階段由前端 ML Kit 離線辨識藥袋文字並暫存本地；第二階段將影像上傳後由 Edge Function 觸發 Gemini 1.5 Flash 進行語意萃取，以「角色—任務—格式—範例」結構化提示要求模型回傳含醫療機構、領藥日期與藥物陣列的 JSON。系統建立「掃描→辨識→審核→代領→看圖吃藥」閉環，批次代領自動將同藥局、領藥日期相差 10 天內的慢箋合併，並以「健保卡鎖」機制防止流程跳躍。核心資料表與 RLS 權限整理如表 3。

圖 3 志工端頁面



表 3 智慧用藥子系統核心資料表

資料表	用途	RLS 權限
prescriptions	藥單主檔，存 AI 辨識結果	長輩自身；志工讀取／更新
medication_logs	吃藥打卡紀錄	長輩自身
volunteer_tasks	志工代領任務	長輩讀取；志工更新
drug_dictionary	藥品圖典（看圖認藥）	登入者可讀
learning_content	防詐騙／健康／客語內容	長輩讀取；志工 CRUD

資安方面採縱深防禦，涵蓋 TLS 1.3 傳輸、Supabase Auth 認證、RLS 資料列權限、Edge Function PII 過濾與 private bucket 短效 signed URL（TTL≤60 秒），並以 STRIDE 方法進行威脅建模。針對 Gemini 429 限流，系統採指數退避重試（1s→2s→4s）並可降級為純 OCR 模式。

4.2 NAS 檔案管理控制台

系統以 React 18+ NestJS 之 B/S 架構開發，以 TypeORM 操作 PostgreSQL，並引入 Redis 快取加速檔案路徑查詢與權限驗證。RBAC 機制符合 NIST 標準，實作核心 RBAC 與階層 RBAC，預設系統管理員、檔案管理員、一般使用者與訪客四種角色，遵循最小權限原則與目錄層級「最接近優先」繼承策略；審計記錄完整追蹤操作時間、操作者、類型與結果，支援多維度查詢。技術選型整理如表 4。

表 4 NAS 檔案管理子系統技術選型

項目	選型	理由
前端	React 18+ TypeScript	元件化、型別安全、生態龐大
後端	NestJS (Node 20)	模組化、依賴注入、企業級
資料庫	PostgreSQL 15	ACID、JSONB、RLS 機制
快取	Redis	高速讀寫、加速路徑查詢
AI 偵測	COCO-SSD (TF.js)	瀏覽器端即時、無需 GPU
語意向量	Sentence-BERT	輕量、多語言、相似度計算

AI 語意標籤透過瀏覽器端 COCO-SSD 物件偵測自動標記圖片內容，並以 Sentence-BERT 將檔名、描述與標籤轉為

384 維語意向量，於搜尋時以餘弦相似度排序（閾值 0.65）。在千筆檔案測試集上，語意搜尋 Top-5 準確率達 78%，顯著高於傳統關鍵字搜尋的 52%。瀏覽器端 AI 推論（推論延遲約 100–300 毫秒）的設計避免敏感檔案上傳雲端，兼顧隱私與離線可用性，亦體現邊緣 AI 精神，為未來導入聯邦學習奠定基礎。

4.3 物資訂購與智慧小幫手

前端以 Flutter 開發，狀態管理採 Riverpod，所有功能控制在三步以內，支援文字與語音兩種輸入；語音採 speech_to_text 套件，安靜環境辨識準確率達 85% 以上。智慧小幫手採規則式意圖分類器（本質為槽位填充對話系統之簡化實現），將輸入分類為記錄需求、查詢價格、查看需求、取消需求與一般對話五類。

分類器採三層匹配策略：第一層精確關鍵字（如「買」「多少錢」「要」）、第二層正規表達式句型模板（如「我要買〔數量〕〔商品〕」）、第三層同義詞語義匹配。以「我要買兩瓶醬油」為例，意圖識別判定為「記錄需求」，槽位填充提取「數量=2、商品=醬油」。平均分類時間低於 50 毫秒，常見語句準確率達 90% 以上，無需呼叫外部 AI API，適合偏鄉網路不穩環境。核心資料表包含 demand_records（需求單）、price_references（全聯價格參考）、chat_histories（對話歷史）與 location_points（據點資料），需求單狀態透過 Supabase Realtime 同步至志工端。

4.4 智行共乘交通媒合平台

系統分為長者端、司機端與管理員端，採高齡友善「一鍵式」設計：長者僅需從常用地點（如苗栗醫院、南苗市場）選擇目的地，系統即自動媒合；車資採簡化級

距定價（5 公里內 20 元、5–10 公里 50 元、10 公里以上 100 元），讓長者叫車前即知所需費用。

自動媒合即時流程為：長者發布需求（帶入 GPS 座標與目的地）→ Supabase 透過 WebSocket 即時廣播給周遭具司機權限的在線使用者 → 志工接單後訂單狀態變更為 accepted 並綁定雙方 ID 防止重複接單 → 司機端每隔數秒回傳 GPS 座標，長者端與管理員端透過監聽資料表即時重繪車輛位置。媒合本質為約束滿足問題之啟發式求解，以貪婪演算法篩選滿足時間與座位硬約束的司機，再以地理距離排序，複雜度 $O(n \log n)$ 可於毫秒級完成。司機端採 GPS 與 A-GPS 混合定位，偏鄉開闢區域精度約 3–5 米；若行程長時間無位置更新，系統自動通知管理員。固定接送功讓長者預約每週固定行程，司機亦能提前規劃，提升整體營運效率。

五、系統測試與成效評估

四個子系統均完成功能測試與非功能需求驗證，主要成效如下表所示。

表 5 各子系統測試成效摘要

測試項目	目標	測試結果
藥袋 AI 辨識（一般處方）	關鍵欄位準確率 >90%	達標，約 92%
拍照到建檔端到端延遲	≤15 秒	達標，平均約 12 秒
Realtime 推播延遲	≤2 秒	達標，<500 毫秒
RAG／語意搜尋 Top-5	>傳統關鍵字	78%（傳統 52%）
語音意圖分類準確率	>90%	達標，>90%
RLS 權限滲透測試	無越權存取	達標，無遺漏

非功能驗證顯示，Supabase Realtime 推播延遲低於 500 毫秒，Redis 快取使檔案路徑查詢回應時間降低約 60%。在技術限制方面，無領藥日慢箋辨識成功率約 85%，低於一般處方的 92%，主因不同醫療機構藥袋排版差異極大；檔案語意標籤目前僅支援圖片物件偵測，PDF 與 Word

內容理解尚待開發；語音辨識於吵雜環境準確率下降；GPS 於偏鄉山區可能漂移。受限於專案時程，四個子系統尚未進行正式長者用戶測試，介面設計主要依據文獻中的高齡友善準則與啟發式評估（可識別約 80% 可用性問題），此為本研究方法的主要限制。

六、結論與未來展望

6.1 跨子系統整合分析

「明德 e 達人」在四個子系統之間建立統一技術基礎，帶來多重效益。前端層面，三個 Flutter 子系統共享 Material 3 設計系統、高齡友善元件庫與色彩識別規範（森林綠為長輩端、岩藍為管理／志工端），長輩只需熟悉一套操作邏輯即可使用所有功能。後端層面，Supabase 作為共享基礎設施提供統一的 Auth、資料庫與即時推播，長輩與志工僅需一組帳號即可登入所有子系統，PostgreSQL 的 RLS 確保跨子系統資料安全。此「單一登入、全域通行」設計大幅簡化使用者管理與權限控管。從軟體架構觀點，四子系統在邏輯層面構成鬆耦合的微服務生態，未來可導入 API 開道作為統一入口，逐步由「模組化單體」演進為「分散式微服務」。

6.2 結論

本專題針對苗栗縣明德社區的高齡化與資源匱乏挑戰，成功開發「明德 e 達人」整合服務平台，達成四項目標：資料治理智慧化（NAS+語意搜尋+RBAC）、用藥防護閉環化（Gemini 藥袋辨識結合穿戴裝置提醒）、交通媒合即時化（導入 Supabase Realtime 技術實現社區共乘媒合）與數位生活無礙化（語音意圖驅動小幫手）。四個子系統並非孤立運作，而構成相互支援的服務生態系——智慧用藥確保正確服藥、智行共乘提供就醫交通、物資訂購讓志工「一趟出門、多項服務」、NAS 檔案管理則為整體治理提供基礎支

撐。平台以統一技術架構與高齡友善設計，證明科技能以溫暖、無障礙的方式走入偏鄉長者生活，此模式亦可推廣至台灣其他偏鄉地區。

6.3 整體優勢與貢獻

與現有獨立解決方案相比，本平台的優勢可歸納為五點：整合性（四大需求整合於單一平台，避免長輩學習多個 App）、高齡友善（統一遵循字體、色彩、流程規範）、在地化（深度整合健保慢箋代領、社區公告制共乘、客家文化傳承）、AI 賦能（三個子系統導入輕量級 AI 或規則式方法，無需昂貴雲端 GPU）、開源可擴展（採 Flutter、Supabase、NestJS、PostgreSQL，社區可自行部署與二次開發）。在學術貢獻上，本專題填補台灣「偏鄉高齡者整合性數位服務平台」研究空白，所展示的「服務設計方法論導入資訊系統開發」範式可作為後續研究參考案例。

6.4 未來展望

1. 個資安全強化：導入藥袋影像自動遮罩、定位資料留存期限管理與存取稽核異常偵測。
2. 深化物聯網與健康追蹤：讀取穿戴裝置生理數據，結合 AI 分析主動發出健康風險預警。
3. 擴大在地商家 API 對接：邀請在地超市、藥局加入平台進行庫存與價格同步。
4. 容器化與跨村里推廣：以 Docker 封裝後端，使其他偏鄉社區能低成本快速部署。
5. 導入聯邦學習：在保護個資前提下，跨社區共享藥袋辨識模型的學習成果。

參考文獻

- [1] 行政院客家委員會，客家語言發展調查報告，台北：行政院客家委員會，2023。
- [2] 行政院數位發展部，縮減數位落差政策白皮書，台北：行政院，2024。
- [3] 交通部，偏鄉地區公共運輸發展現況與檢討，台北：交通部，2024。
- [4] 衛生福利部統計處，臺灣病人安全通報系統年度報告，台北：衛生福利部，2023。
- [5] Design Council, The Double Diamond: A Universal Framework for Innovation, London: Design Council, 2019.
- [6] J. Nielsen, Usability Engineering, San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994.
- [7] A. L. Mendelow, "Environmental Scanning: The Impact of the Stakeholder Concept," ICQ Proceedings, vol. 2, no. 1, pp. 407-428, 1991.
- [8] J. Van Dijk, The Digital Divide, Cambridge: Polity Press, 2020.
- [9] A. R. Lang et al., "Mobile health applications for medication adherence in older adults: A scoping review," Innovation in Aging, in press, 2025.
- [10] M. Wornow et al., "Clinical foundation models evaluation," arXiv preprint, 2025.
- [11] Google LLC, Gemini 1.5 Flash API Reference, <https://ai.google.dev/gemini-api/docs>, 2024.
- [12] Supabase Inc., Supabase Documentation, <https://supabase.com/docs>, 2024.
- [13] World Health Organization, Medication Without Harm: WHO Global Patient Safety Challenge, Geneva: WHO, 2021.