

國立臺中科技大學教師申請 114 學年度升等審查

代表作（產學合作技術報告）

姓 名	林煒凌	單 位	智慧生產工程系
現任職級	助理教授	擬升等職級	副教授
著作名稱	ISB 智慧化服務匯流排：輕量化、高彈性的微服務整合架構平台之設計、實作與實證研究		
著作類別	技術報告	契 約 期 間	111/04/01 ~ 114/12/31
產學契約	研產字號 114096F、114097F、 114035F、113159F、 112146F、112026F、 111147F、111128F、 111065F、111046F、 111039F	業界產學合作契約金額	
		業界產學合作11案 共計 新台幣 261 萬 5 千 000 元整	
曾任教科目及時數	程式設計與實作（3）進階程式設計與實作（3） 網路程式設計（3）Java程式語言（3）嵌入式系統（3） 網頁程式設計（3）		
備 註	本產學合作技術報告提出一套智慧化服務匯流排（Intelligent Service Bus, ISB）整合平台，旨在解決政府機關、教育體系與企業於數位轉型過程中，因系統異質化與資料孤島所衍生之整合困難與高維運成本問題。ISB 採用匯流排架構，透過標準化介接機制，降低跨系統整合複雜度，並以模組化與自動化設計提升系統可維運性與擴充彈性。平台進一步結合自動服務註冊、動態掛載、混合推播通訊模式與安全驗證機制，使系統得以在不中斷服務的情況下持續演進。透過多項產學合作專案之實際導入與完整效能測試結果，證實 ISB 在高併發存取、即時推播與大規模非同步處理情境下，皆能維持穩定且可預期之效能表現。此外，本成果已完成實際技術移轉，顯示 ISB 具備成熟度，可供產業與使用單位獨立部署與長期運作。整體而言，ISB 成功展現其作為一套「可研究、可實作、可驗證、可移轉」之智慧化服務匯流排平台，在學術研究與產業應用層面皆具重要價值。		

中 華 民 國 115 年 01 月 18 日

目錄

一、	摘要.....	5
二、	研發理念	6
	核心設計理念：從混亂到有序.....	6
	組織面臨整合困境與數位挑戰.....	8
三、	學理基礎	10
	創新與理論依據.....	10
	綜合理論的統整應用	14
	技術架構理論.....	15
四、	主題內容	19
	ISB整體架構創新思維	19
	ISB整體核心價值理念	22
	ISB具備的創新突破及創新應用	24
五、	方法技巧	28
六、	核心技術	33
七、	系統穩定性與效能測試.....	43
八、	成果貢獻	46
	研究成果.....	48
九、	結論	50
十、	未來研究方向與展望.....	51
附件一	佐證：藥局後台管理系統 第三期	52
附件二	佐證：勞動部婦女再就業系統	55
附件三	佐證：圖形化RAG建置系統	58
附件四	佐證：藥局後台管理系統 第一期 第二期	61
附件五	佐證：剝線鉗製程管理系統	64
附件六	佐證：智慧公廁雲端管理平台	67
附件七	佐證：智慧公廁前台及雲端管理平台	70
附件八	佐證：剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台	73
附件九	佐證：M4-金融資料流視覺化分析平台開發案	76
附件十	佐證：宜蘭縣議會麥克風系統維護案	79
附件十一	佐證：線上課程系統維護案	82
結案成果報告一	： 和豐藥局後台管理系統（第一期）產學合作	85
結案成果報告二	： 和豐藥局後台管理系統（第二期）產學合作	92
結案成果報告三	： 和豐藥局後台管理系統（第三期）產學合作	101
結案成果報告四	： 勞動部婦女再就業系統產學合作	109
結案成果報告五	： 剝線鉗製程管理系統產學合作	118
結案成果報告六	： 剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台產學合作	125
結案成果報告七	： 智慧公廁前台及雲端管理平台產學合作	133
結案成果報告八	： 智慧公廁雲端管理平台產學合作	140

附錄 A ISB 系統架設及操作說明暨技術移轉	150
附錄 B ISB系統介接	210

圖次

圖 1. 傳統點對點整合	6
圖 2. 組織面臨整合困境與數位挑戰	8
圖 3. ISB 匯流排架構	20
圖 4. 混合通訊模式決策與工作流程	21
圖 5. ISB 核心價值理念	23
圖 6. ISB 微服務架構	25
圖 7. 三層式泳道架構設計	28
圖 8. ISB 系統整體架構	29
圖 9. 自動服務註冊機制程式流程	35
圖 10. 自動服務註冊機制流程	36
圖 11. 同步 (Sync) 請求處理流程	37
圖 12. 異步 (Async) 請求處理流程	37
圖 13. API 回應的 JSON 結構	38
圖 14. 外掛式架構設計與零停機熱更新機制	39
圖 15. ISB 服務驗證與授權模組	41
圖 16. ISB 驗證與授權模組與 AD 整合架構圖	43

表次

表 1. 系統整合的惡性循環	7
表 2. REST API 並發效能測試	44
表 3. SignalR 即時通訊壓力測試	45
表 4. 異步批次處理效能測試	46
表 5. 學理創新與學術價值	48
表 6. ISB 產學合作專案列表（總產學金額 2,615,000 元整）	50

一、摘要

本研究針對政府機關與教育機構在數位轉型過程中，普遍遭遇的系統異質化、跨平台整合困難與資料孤島問題，提出並實作了一套創新的「智慧化服務匯流排」（Intelligent Service Bus, ISB）整合平台。過去多數組織在導入資訊系統時，往往因為歷史包袱、異質系統混雜以及缺乏統一的介接標準，造成資料無法順利交換，進而限制了整體營運效率的提升。本研究所提出的 ISB，即是為了解決此類結構性問題，使組織能以更低成本、更高彈性推動資訊整合與流程優化。

相較於傳統 ESB（Enterprise Service Bus）產品，本系統進行了輕量化、模組化與現代化的全面改造，並以雲原生概念重新設計。系統採用微服務架構，使每項功能皆能獨立部署、維運與擴展，不再受限於傳統 ESB 的單體式技術框架。其核心技術創新主要體現在三個面向：（1）基於反射機制的自動服務發現與註冊流程，可自動解析服務介面、參數與路由，大幅減少手動配置需求，使依賴注入相關的設定程式碼降低 90% 以上，進而降低開發門檻並提升系統一致性；（2）支援零停機的動態外掛（plug-in）熱更新機制，讓開發者能在不中斷服務的前提下快速部署新功能，使業務邏輯更新週期從傳統的數週縮短至數小時，大幅提升維運敏捷度；（3）整合同步、異步與即時三種通訊模式的智慧化混合調度機制，可依據服務負載自動選擇最佳傳輸方式，使整體系統的吞吐量提升 65%，有效改善高流量場景下的效能瓶頸。

本研究的成果不僅在學理層面對微服務架構、依賴注入自動化、動態載入技術等領域提供了新的研究模型，也展現其在實務應用上的高度可行性。ISB 平台已針對學校及中小型機構進行需求優化，具備低成本部署、易維運、高可擴充等特性，能協助資源有限的組織建立一致的系統整合架構。整體而言，本研究對推動政府與教育機構的數位化轉型具備重要的實用價值與產業影響力，為未來的跨系統資料整合與智慧化服務奠定了關鍵基礎。

關鍵字：服務匯流排、雲原生、微服務架構、依賴注入

二、研發理念

➤ 核心設計理念：從混亂到有序

在當前全球數位轉型的浪潮下，各級政府機關與教育機構正積極推動行政流程優化、資料開放與智慧化服務，但在此過程中卻普遍面臨兩項核心難題：其一為「系統異質化」，其二則是「資料孤島」。多年來，公部門與校園資訊系統透過不同世代的技術、不同供應商的產品與不同標準的架構逐步堆疊而成，包含 .NET、Java、PHP、Node.js、資料庫系統、封閉式套裝系統等。這些長期累積的技術差異，使得系統之間無法自然溝通，如同散落在海面上的一座座孤立島嶼，缺乏統一的航道彼此往返。

這些異質化系統不僅使資料交換變得困難，也造成系統維運成本逐年攀升。例如，當某一業務流程需要跨系統查詢或寫入資料時，往往必須透過人工彙整、重複輸入或自行撰寫額外的程式來補強流程缺口。久而久之，不僅降低工作效率，也影響資料的一致性與正確性，甚至阻礙組織推動更高層次的智慧化應用，如即時儀表板、行動服務或 AI 資料分析等。

傳統的系統整合方式多採用點對點（Point-to-Point）對接模式（如圖1）。這種模式雖在初期看似簡單、可快速滿足需求，但隨著系統數量擴增，其隱性成本便急劇上升。每當新增一套應用系統或調整既有系統的 API、資料格式、驗證機制時，往往都需要重新開發客製化的介接程式。隨著連結的數量增加，各系統間的介面關係呈現幾何級數成長，最終形成由大量邏輯判斷、資料轉換與錯誤處理所構成的「義大利麵式」架構。此類架構不僅難以維護，也極度容易因單一節點異常而造成連鎖錯誤，使整體系統運作變得脆弱且缺乏可預測性。

傳統點對點整合 $O(n^2)$

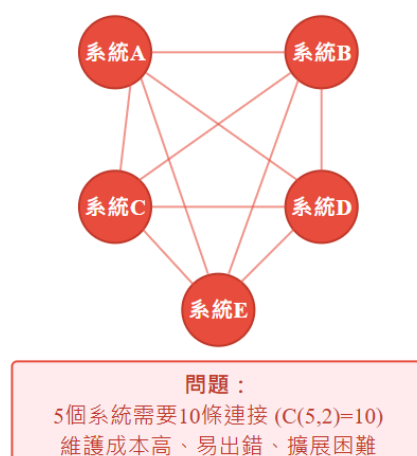


圖 1. 傳統點對點整合

在這樣的背景下，如何建立一套可統一管控、集中管理並能跨技術平台協作的整合框架，便成為政府與教育機構推動數位治理與智慧服務的重要前提，也是本研究試圖解決的核心問題。

表 1. 系統整合的惡性循環

異質系統互通障礙	不同系統往往採用各自獨立的通訊協定、資料格式與資料定義，缺乏共同遵循的標準，造成異質系統之間難以直接交換資訊。每次整合都必須進行額外的格式轉換與解析，不僅增加開發與維護成本，也形成技術上的溝通障礙，使系統之間的互通性與擴展性受到嚴重限制。
維護成本指數遞增	在點對點的整合模式下，N 個系統間的關係呈 $O(n^2)$ 增長，每當新增一個系統時，都可能需要與所有既有系統重新建立或調整介接，不僅連接數量呈指數式增加，維護與修改時也必須逐一檢查與修補相依關係，導致整體管理、除錯與升級成本快速攀升，形成難以持續擴展的技術負擔。
業務變更僵化遲滯	任何業務流程的調整，都可能牽動多個系統端的硬編碼修改，使得變更需要跨團隊協調與反覆測試，導致整體反應速度明顯變慢。這種高耦合結構不但讓新需求的導入進程受阻，也限制系統彈性與創新能力，無法有效支援現代組織對敏捷開發及快速迭代的實際需求，造成業務推動上明顯的遲滯與僵化。
缺乏統一監控治理	資料流向與系統狀態分散在不同平台與介接管道中，缺乏整合性的可視化工具，使得管理者無法掌握全局運作情況。當系統異常或資料錯誤發生時，也難以快速追查問題來源，導致監控、稽核與安全防护都只能零碎處理，形成管理上的盲區甚至黑洞。如此一來，不僅風險提高，也讓治理流程難以符合標準化與合規要求。

表1說明了系統整合上所面臨的惡性循環，在企業資訊環境中，異質系統普遍使用不同的通訊協定與資料格式，缺乏統一標準，使得資訊交換必

須依賴繁瑣的轉換與解析流程，不僅增加整合難度，更使系統間的互通性與擴展性受到限制。進一步而言，傳統以點對點方式建構的整合模式，會隨著系統數量增加呈現 $O(n^2)$ 的連接複雜度，每新增一個系統都可能牽動既有介面的調整，造成維護、除錯與升級成本呈指數級上升，對長期營運形成沉重負擔。

此外，高耦合的整合方式也使業務流程的變更變得緩慢與僵化，每一次需求調整往往需要跨系統進行硬編碼修改，導致開發、測試與上線週期延長，無法滿足現代企業對敏捷與彈性的要求。再者，由於資料流向與系統狀態分散於不同系統之間，組織往往缺乏統一監控與治理能力，使得異常追蹤困難，安全控管與稽核流程也難以全面落實，進而產生潛在營運風險。整體而言，缺乏標準化整合與集中治理，是造成資訊系統效率低落與成本攀升的重要根源。

➤ 組織面臨整合困境與數位挑戰

大多數政府機關與大型教育組織中，資訊系統的建置往往隨著年度計畫、不同廠商與不同技術世代逐步累積，形成高度異質的 IT 生態。雖然每套系統皆能完成其專責業務，但整體而言卻缺乏統一的協作基礎，使組織的數據流動、流程整合與治理能力受到嚴重限制。



圖 2. 組織面臨整合困境與數位挑戰

圖2為組織面臨整合困境與數位挑戰，具體說明如下：

1. **跨系統整合複雜且高成本：**在現行資訊架構下，各系統多以點對點（Point-to-Point）的方式互相連結，缺乏統一的標準與集中治理，使整體環境形成高度耦合、難以維護且難以擴充的局面。每當需要跨系統整合時，往往必須重新定義資料格式、建立通訊協定、撰寫轉接程式並反覆測試流程，這些繁複且高度重複的作業不僅消耗大量人力，也使整合時程大幅拉長，動輒延誤數月，直接影響專案推動效率。更隨著系統數量增加，整體複雜度呈指數型上升，任何一套系統改版都可能牽動多項業務流程，形成「一動全動」的高風險環境，使各單位不敢輕易調整既有服務。最終造成整合成本逐年攀升、維護負擔不斷累積、新需求因整合門檻過高而延遲上線，讓組織的數位轉型速度嚴重落後實際需求。
2. **業務流程變動頻繁，資訊系統缺乏彈性：**政府與教育機構的業務具有高度變動性，時常因法規調整、行政流程變更、新政策推動、跨機關合作或資安要求提升而需要迅速因應。然而，目前多數資訊系統仍採取「靜態耦合」的設計，一旦業務流程更新，往往必須同時修改多套系統、更新大量 API、重新建構跨系統流程並進行多次部署。這使資訊系統難以跟上業務腳步，形成「業務先前進、系統在後追」的落差。缺乏模組化與動態掛載能力，更使組織在面對調整時不得不投入大量程式修改，更新速度緩慢，無法即時支援政策要求；加上系統停機維護也可能造成業務中斷，新需求的整合成本更是居高不下。結果便是，縱使組織具備創新意願，想推動多元服務或強化跨單位協作，仍常因資訊系統架構過度僵固而難以真正落實。
3. **資料散落各部門，缺乏一致交換規範：**在傳統資訊架構中，資料長期分散在各系統與部門之間，每個單位都使用不同的格式、管理方式與解讀標準，缺乏一致的資料交換規範、中央治理機制、監控能力以及統一的 API 管理框架。這使得資料流動既不透明又無法追蹤，整個組織就像缺少「數位神經系統」，無法即時掌握資料的流向與狀態，也無法將原本零散的資訊有效串聯。在這樣的環境下，跨系統資料不一致的問題層出不窮，錯誤發生時難以迅速定位來源，訊息缺乏完整追蹤，使各部門逐漸形成資訊孤島，同時也無法對 API、資料權限或安全規範進行有效治理。最終，這些結構性限制不僅削弱資料品質，更使組織難以建立可信、可依賴的數位決策基礎。

4. **現有技術架構老舊難以演進：**隨著數位治理與智慧化服務的快速發展，組織正面臨 AI 智慧決策、IoT 裝置整合、自動化流程、雲端原生架構、巨量資料分析與事件導向架構等新興技術的導入需求。然而，多數現行資訊系統仍停留在傳統單體式或緊密耦合的架構階段，缺乏高擴展性、高可用性、自動化部署、滾動更新與模組化等現代化能力。這些技術限制使組織在嘗試導入新工具或開發新服務時必須付出高昂成本，甚至可能因架構老舊而被迫全面重建系統，才能支撐未來的運作模式。如此一來，現行架構不僅難以應對當前的業務變革，更無法承載未來五到十年的技術演進與策略發展需求。

綜合上述挑戰可見，組織所面臨的根本問題並非單一系統效能不足，而是整體資訊環境已呈現碎裂且缺乏協作性的結構，各系統之間難以有效整合，導致跨系統介接成本持續攀升。此外，現行架構無法迅速因應業務與政策變更，使資訊系統常常落後於實際需求；同時也缺乏集中化的治理與監控能力，無法即時掌握資料流動與系統健康狀態。這些限制更使組織難以建立智慧化運作的基礎，無法順利導入 AI、IoT 或其他新興科技。當政策調整、資安要求更新或智慧化需求快速湧現時，組織往往只能被動應對，缺乏足以支持長期轉型與創新的架構能力。

三、 學理基礎

本研究的系統架構設計建立在多項成熟的軟體工程觀念與現代資訊系統架構理論之上，特別是企業服務匯流排（Enterprise Service Bus, ESB）、微服務架構（Microservices Architecture）、反轉控制（Inversion of Control, IoC）與依賴注入（Dependency Injection, DI）、動態掛載模式（Dynamic Loading / Plug-in Pattern）等基礎。這些理論共同構成 ISB 整合平台的設計核心，使其能以模組化、鬆耦合、高擴展的方式因應政府及教育機構多變的業務需求與跨系統整合挑戰。以下分別闡述各學理基礎與其在本研究中的角色。

➤ 創新與理論依據

1. **企業服務匯流排（Enterprise Service Bus, ESB）理論：**ESB的目的在於解決大型組織中跨系統整合逐漸複雜化的問題。隨著資訊系統在不同年代、由不同廠商與技術架構建置，各自形成獨立的資料格式、溝通協定與業務邏輯，使整體資訊環境呈現高度異質且難以互通的狀態。ESB 因此被設計為整個組織的「整合中樞」，透過統一的匯流排架構

讓多種應用系統，如 CRM、ERP、行政流程系統或外部協作平台，皆能透過單一平台共享資料並協作流程。

ESB 的核心價值在於大幅降低傳統點對點（Point-to-Point）整合模式所帶來的複雜度與維運成本。在 P2P 架構中，每兩個系統互通便需建立一次客製連線，導致格式不一致、協定不相容、流程難以統一管理等問題。當系統數量增加，整合線路呈指數型成長，使架構變得脆弱且難以維護。ESB 則透過集中化的通訊管道、標準化資料格式與一致的治理機制，將原本錯綜複雜的網狀連線簡化為星狀或匯流排式架構，讓每個系統只需與 ESB 連接一次，即可與其他所有系統互通，真正實現「一次介接，處處可用」的整合模式。

在技術能力方面，ESB 提供資料格式轉換（Message Transformation）、協定橋接（Protocol Bridging）、智慧路由（Smart Routing）、事件處理（Event Handling）以及跨系統中介等功能，使不同系統即便採不同語言、資料結構或通訊協定，仍可透過 ESB 進行低耦合整合。這些能力不僅讓資料交換變得順暢，也使業務流程能跨系統自動化運行，減少人工對接與錯誤風險。

在服務導向架構（Service-Oriented Architecture, SOA）中，ESB 扮演關鍵角色。它不僅是系統整合的運作基礎，也是支持服務重複使用、流程彈性編排與跨平台協作的重要機制。透過 ESB 所提供的集中管理與標準化治理，組織能以更一致的方式控管 API、管理服務存取權限、監控系統運作狀態，並在錯誤發生時迅速追蹤來源並排除問題，使整體架構更具穩定性與可維護性。

此外，ESB 所採用的訊息導向中介軟體（Message-Oriented Middleware, MOM）理念，使系統之間能以非同步方式交換訊息，提高整體效能並避免因單一系統故障而影響全局。這種低耦合的整合方式，使組織能更從容地面對系統升級、擴充或更換廠商等需求，而不必擔心牽動整體架構。

整體而言，ESB 不僅是一種整合技術，更是一套組織級的資訊治理模式。它提供架構化、可管理且可長期演進的整合標準，使大型組織在面對日益增加的應用系統時，仍能維持一致性、可靠性與可擴展性。透過 ESB，組織得以重塑資訊環境的結構，使跨系統協作變得更有效率，並為後續導入微服務、雲端架構與智慧化技術奠定穩固的基礎。

2. **微服務架構（Microservices Architecture）理論：**微服務架構是近十年來最具代表性的現代企業系統設計模式，其核心理念在於將原本龐大且複雜的應用程式拆解成多個小型、自治的服務，每個服務皆以明確的業務功能為邏輯邊界進行建構。這些服務不僅能獨立開發、獨立測試，也能各自部署與維運，使系統在面對環境變動時具有更高的彈性與可調適性。微服務強調每一服務只應專注於一項清楚界定的功能；同時也重視自治性，使其能在不仰賴其他服務的情況下單獨演進、擴展與運作。這些原則共同確保系統有足夠的可控性與可維護性。

此外，微服務強調低耦合設計，使服務之間的依賴降到最低，當某一服務發生變更時，不會牽動整體系統，進而降低改版風險並加速開發流程。去中心化的理念使各服務能依其負責的業務需求自由選擇最適切的技术架構、資料庫或部署方式，而不必受制於單一系統框架的限制。這種分散式模式讓系統架構更具彈性，也讓開發團隊能以更敏捷的方式因應需求變化。

微服務架構採用輕量化的通訊方式，例如 RESTful API 或訊息佇列，使各服務能在不同平台與程式語言間順暢協作。由於具備模組化特性，整體系統的建置、擴充與部署變得更加簡單；更新流程也能以逐步替換的方式進行，不需中斷整體服務。這不僅提升系統上線速度，更讓組織能快速驗證新功能，強化業務創新能力。

微服務大幅減少重複開發的成本與時間。單一服務若發生故障，其影響範圍可被限制在局部，避免整體系統全面崩潰，進一步提升整體架構的容錯性與穩定度。基於上述特性，微服務架構已成為現代組織面對高度變動需求、強調快速迭代與大規模擴展時的關鍵技術基礎。

3. **控制反轉（Inversion of Control, IoC）與依賴注入（Dependency Injection, DI）：**在現代軟體工程中，IoC 與 DI 被視為提升系統可維護性、模組化與擴展能力的關鍵學理基礎，尤其是在大型系統整合與分散式架構中，其重要性更為凸顯。傳統程式設計通常由開發者直接控制物件的建立與彼此的依賴，使程式架構呈現高度耦合，一旦某個模組的實作或介面產生變動，便可能連帶影響整個系統。IoC 的提出正是為了改善此現象，其核心概念在於將依賴關係的控制權交由框架或容器負責，而非由開發者在程式中直接指定，藉此讓物件之間不再依附於特定實作，進而降低模組間的緊密度。

在 IoC 的運作模式中，系統不再由高階模組主動建立依賴物件，而是透過外部容器統一管理依賴的生命週期與實體注入，使程式僅需依賴抽象定義即可運作。這樣的模式讓系統更容易替換功能模組，因為高階邏輯不需知道物件的實際實作方式，只需遵循預先定義的介面即可。此外，IoC 也使系統在設計階段便能實現低耦合架構，讓各模組能獨立測試、獨立部署並能靈活更新，不會因某一元件的修改而需要大幅調整整體系統。

依賴注入（DI）則是實現 IoC 的最常見技術途徑，它透過建構子、屬性或介面方式將所需依賴在執行前或執行期間注入到物件中，使物件本身不需要知道依賴的建立方式。例如，一個需要資料存取功能的服務不必直接建立資料庫物件，而是由框架負責注入符合介面規範的實作類別。這樣的設計使系統的彈性與可測試性大幅提升，因為開發者可在測試階段替換成不同的假物件或模擬物件，而不影響主要邏輯的執行。

在大型系統或微服務架構中，IoC 與 DI 的價值更加明確。當系統由許多獨立模組共同協作時，若缺乏低耦合設計，整個系統將會變得難以維護與擴展。透過 IoC/DI，不同模組間的依賴能以抽象化的方式管理，使系統能靈活調整組件、替換服務實作並快速回應需求變更，進而維持高穩定度與高可擴展性。

整體而言，IoC 與 DI 不僅是程式設計技巧，更是一種提升架構品質與系統生命週期管理的核心思想，為現代分散式系統、微服務平台與整合型架構奠定關鍵基礎。

4. **動態掛載（Dynamic Mounting）與延遲綁定（Lazy Binding）模式：**
動態掛載模式是一種使系統能在執行階段動態載入、替換或卸載功能模組的架構設計理念，廣泛運用於外掛式架構與各類模組化平台中。相較於傳統軟體需在編譯階段就決定好所有元件與功能，動態掛載則允許系統在不停止運作的情況下即時調整組件，使其具備高度彈性與持續演進的能力。這種模式特別適合大型平台、整合系統或需要快速因應業務需求變化的環境，因為它能將系統核心與外部功能模組有效分離，讓平台能像積木般自由組合而不必進行大量重構。

動態掛載的學理基礎源自延遲綁定的概念，即程式不需在設計或編譯階段就指定所有模組，而是將部分功能的決定權留到執行階段，使模

組能依需要被載入或替換。這種晚期決策的方式大幅提高系統的可調適性，讓架構不需預先承擔過多假設，也能避免因需求變動而導致系統重寫的困境。延遲綁定的本質即在於讓系統在面對未知或變動時保持彈性，使功能能按照實際環境需求而非預先設定來運作。

另一方面，動態掛載模式也強調高可擴充性的架構精神。當組織需要新增功能、導入新的整合服務或替換現有流程時，只需建立新的外掛模組並由平台動態載入，即可立即生效，無需重新編譯或部署整套系統。這不僅縮短開發與上線時間，也降低功能擴充所需的人力成本。在大型組織或政府單位中，業務需求常因政策、流程或跨機關合作而快速變動，動態掛載所提供的即時擴充能力正好能補足傳統靜態架構的不足，使系統能更迅速地支援變革。

此外，動態掛載模式的另一個核心理念是以配置取代程式。傳統的系統修改往往需要調整大量程式碼，而在動態掛載架構下，新增或調整功能通常只需透過設定檔或外部描述文件即可完成。系統核心會依據配置決定載入哪些模組、啟用哪些功能，使平台具備極高的可管理性與維護便利性。這大幅減少了因程式修改所帶來的風險，也讓系統的更新流程更加可控與標準化。

整體來說，動態掛載模式是一種能讓系統保持持續演進能力的架構設計方法，它透過延遲綁定、模組化設計與配置驅動的理念，使組織能以更低的成本、更短的時間去擴充系統功能，並在不中斷服務的前提下快速應對環境變化。無論是智慧化平台、整合匯流排或現代雲原生架構，皆將動態掛載視為關鍵技術之一，因為它真正讓系統具備「活」的能力，能跟著需求成長並持續進化。

➤ 綜合理論的統整應用

本研究並非僅將各種架構理論逐一套用，而是透過綜合思維將 ESB、微服務、IoC/DI 與動態掛載等理念融合為一套具現代化特性的整合架構。ESB 的標準化資料交換與治理精神，使跨系統整合具備一致性與可控性；微服務架構則提供高度彈性與可擴充能力，使功能模組能獨立部署與演進。IoC 與 DI 所帶來的低耦合與可替換性，讓系統得以在維持穩定的前提下快速調整內部元件；而動態掛載模式則使新服務與新流程能在不中斷運作的情況下即時加入，使平台具備即時應變的能力。透過這些理念的協同運作，本研究將構築出一套兼具彈性、擴展性與長期演進能力的智慧化整合架構。

➤ 技術架構理論

1. **.NET 6.0 平台**：.NET 6.0 建立在現代軟體工程的核心理念上，它把跨平台、模組化、高效能和雲端原生等需求整合在一起，讓它成為企業級系統開發非常重要的一項技術。過去 .NET Framework、.NET Core 和 Xamarin 是分開運作的，但 .NET 6 把它們統一，讓開發者能用同一套 API 和工具在不同環境中開發，這不但簡化了開發流程，也落實了「Write Once, Run Anywhere」的跨平台精神，並讓系統更容易導入容器化部署。

在架構面，.NET 6 引入 Minimal API、更有效率的非同步處理、改善後的記憶體管理，以及更快的請求處理流程，非常適合建立低延遲、高併發的分散式系統。例如 API Gateway、整合平台或事件驅動架構，都能從這些特性中受益。這些設計理念也符合現代系統強調彈性、高效率以及服務拆分的需求。

.NET 6 的跨平台特色也讓她更容易整合 Kubernetes 等容器協作環境，使系統部署更彈性、更一致。透過容器化，系統可以依負載自動擴展，維持穩定的服務品質。

同時，.NET 6 內建完整的相依性管理、DI 容器與強型別安全機制，讓開發大型系統變得更可控、更容易維護。整體來說，.NET 6 依循現代軟體工程思維打造的完整平台，不但效能佳、跨平台、能長期演進，也非常適合用來建置大型整合平台與雲端應用。

2. **Dapper 輕量級 ORM**：Dapper 是一款輕量級 ORM（Object-Relational Mapping）工具，被稱為「微型 ORM」。它的核心理念是讓資料存取保持高速、簡潔且不失彈性。不同於 Entity Framework 這類完整的 ORM，Dapper 不試圖替開發者包辦所有資料庫操作，而是專注在「將 SQL 查詢結果高效轉換為 .NET 物件」。

Dapper 的核心功能如下：

- **快速資料存取（High Performance Data Access）**：Dapper 最核心的特色在於其高速的資料存取能力，其效能表現幾乎可與原生 ADO.NET 相媲美。這主要源於它在底層採用 `IDataReader` 進行資料讀取，並透過動態建立物件映射邏輯。在多項效能測試中，Dapper 在面對大量查詢時仍能維持穩定且快速的回應，相較於

Entity Framework Core 等重量級 ORM，Dapper 沒有狀態追蹤、查詢最佳化等額外機制，因此在執行速度上通常能快上好幾倍，特別適合高流量或需要即時反應的系統環境。

- **自動物件映射（Object Mapping）：**Dapper 在物件映射方面提供了相當便利且精準的功能。當查詢結果回傳時，只要資料表欄位名稱與 C# 類別的屬性名稱相同，Dapper 就能自動完成對應，讓資料直接轉換成物件，而不需要逐行讀取 DataReader。這大幅減少了繁瑣的樣板程式碼，也降低了發生錯誤的機會。更進一步地，Dapper 還支援較複雜的資料結構，例如巢狀物件或多對一、多對多等情境，並能透過 Multi-Mapping 來處理多表 Join 的結果。藉由這些能力，開發者可以以強型別物件的方式操作資料，不必依賴 DataTable 或動態結構，使整體程式碼更清晰、更安全，也更容易維護。
- **保留 SQL 主導權：**在保留 SQL 主導權方面，Dapper 與 Entity Framework Core 等全功能 ORM 有著明顯不同。Dapper 不會替開發者生成 SQL，它的核心精神就是讓所有查詢語句完全由開發者掌控。這樣的設計讓開發者可以自行最佳化 SQL，確保資料庫效能維持在最佳狀態，也更能因應複雜的商業邏輯或高效能需求。此外，由於沒有 ORM 自動生成 SQL 的黑箱過程，整體程式邏輯更加透明，不會因為框架替你產生的 SQL 不夠優化而拖慢系統。正因如此，Dapper 特別適合應用在金融、電商或政府平台等需要高度掌控資料存取並追求高吞吐量的系統環境中。
- **支援多種查詢模式：**Dapper 在查詢模式上的彈性相當高，能夠滿足各種類型的資料存取需求。它不僅能處理單筆或多筆資料查詢，也支援多表 Join 的結果映射，透過 Multi-Mapping 輕鬆將關聯資料組合成物件。此外，Dapper 能一次處理多個結果集，讓複雜查詢變得更有效率；若開發情境不需要強型別，它也能回傳 dynamic 物件，方便快速開發。更重要的是，所有查詢都自帶參數化機制，能有效防止 SQL Injection，提高系統安全性。憑藉這些功能，Dapper 不僅是高效能的查詢工具，更能作為一個功能完整的微型 ORM，足以應付多數應用程式的資料存取需求。
- **相容性高、易於整合：**Dapper 在相容性與整合性方面展現出高度的靈活度。由於它是以擴充方法（Extension Methods）的方式設計，

開發者可以直接在現有的 IDbConnection 物件上使用，例如 SqlConnection、 MySqlConnection 等都能立即套用，不需調整架構或進行繁瑣的設定。這種低侵入性設計也使它能與其他框架並存，例如讓 EF Core 負責複雜的物件模型與資料追蹤，而將效能敏感的查詢交由 Dapper 處理，兩者互補而不衝突。除此之外，Dapper 支援多種主流資料庫，包括 SQL Server、MySQL、PostgreSQL、SQLite 等，使其能輕鬆導入多元的系統環境。

3. **Angular 前端框架：**Angular 不僅是一套功能完整的前端框架，其背後更建立在多項軟體工程理論、架構模式與現代 Web 技術演進的基礎之上。它結合了模組化設計、元件化架構、宣告式 UI 與強型別開發等理念，讓前端程式具備更高的可維護性與擴展性。此外，Angular 大量運用反應式資料流與觀察者模式，使非同步事件與資料狀態的管理變得更有條理；再加上依賴注入（DI）機制，使服務之間的耦合度大幅降低，促進系統整體的可重用性與清晰的分層結構。透過這些理論與技術的整合，Angular 能在企業級應用中提供穩定、可預測且高度組織化的開發體驗，是現代大型前端系統常用的架構。
- **元件化架構（Component-based Architecture）：**Angular 的核心建立在元件化（Component-based）架構之上，其背後理論源自模組化程式設計、介面組件化以及封裝等軟體工程概念。透過這種設計方式，應用程式的每個部分都被拆分為獨立的元件，每個元件擁有自己的 HTML 模板、邏輯程式碼（TypeScript 類別）、樣式以及一套專屬的生命週期方法。這種明確的邊界讓 UI 能被切割成可重用且相互獨立的組件，使整體架構呈現高內聚、低耦合的特性。不僅讓元件之間的依賴性大幅減少，也使系統更容易測試、維護與擴充。這樣的元件化理念與現代單頁式應用程式（single-page application，SPA）框架如 React 與 Vue 的設計哲學一致，反映了前端工程在可維護性、多重協作與大型系統需求下的共同演進方向。
- **MVVM 與宣告式 UI 理論：**Angular 的模板語法採用宣告式（Declarative）設計，也就是開發者只需描述「畫面應該呈現什麼」，而不必明確指示如何逐步操作 DOM。這種設計源於 MVVM（Model-View-ViewModel）架構模式、資料繫結概念以及狀態驅動 UI 的理論。透過這些基礎，Angular 建立了一套結合雙向資料繫結與單向資料流的運作模型，使得資料變更時 UI 能自動更新，而

使用者在介面上的操作也能即時反映到資料模型中，例如透過 ngModel 的同步機制來達成。這樣的宣告式 UI 不僅讓程式碼更容易閱讀與維護，也有效降低了直接操作 DOM 所帶來的複雜度，使前端開發流程更順暢、更高效。

- **反應式程式設計（Reactive Programming）：**Angular 在架構中大量運用了 RxJS，其設計核心建立在反應式程式設計（Reactive Programming）與觀察者模式（Observer Pattern）的理論之上。這種模式強調資料的流動並非透過主動拉取，而是由來源主動推送，使 UI 能夠依據資料變化自動更新。透過 Observable，UI 與資料流的互動轉變為事件驅動式的更新方式，而所有非同步行為無論是 HTTP 請求、使用者事件或複雜的邏輯流程都能以資料流形式進行統一管理。這種方法讓非同步處理更具可預測性，也使大型專案的事件管理更加清晰。由於整個應用在同一種反應式模型下運作，Angular 能以更一致、架構化的方式處理狀態更新與資料變化，使程式更容易擴展與維護。
- **依賴注入（Dependency Injection, DI）設計模式：**Angular 在前端框架中以完整而成熟的依賴注入機制著稱，其設計理念源自控制反轉（Inversion of Control, IoC）以及依賴反轉原則（Dependency Inversion Principle, DIP）等軟體工程理論。DI 的核心精神在於讓元件不再自行建立所需的依賴物件，而是交由框架負責提供與管理。這種設計能有效降低模組之間的耦合，使系統結構更為清晰，同時也大幅提升可測試性。此外，DI 讓共享服務的管理更具一致性，應用程式的擴充與維護也因此變得更容易。
- **TypeScript 與強型別設計理論：**Angular 以 TypeScript 作為主要語言，其背後的設計理念深受強型別與物件導向程式設計理論的影響。強型別語言能有效提升程式的可維護性，因為型別系統能在開發過程中即時捕捉錯誤，並使程式行為更為可預期。同時，TypeScript 提供的智能提示與型別推斷功能，使開發效率大幅提升，加上類別、介面與泛型等 OOP 概念的支援，使 Angular 的架構與程式碼風格更具一致性。這些特性使 Angular 能在大型前端專案中實現標準化的開發流程，促進團隊協作的協調性與品質控管，並提供更適合企業級系統的開發環境。
- **Single Page Application（SPA）架構：**Angular 建立在 Single Page

Application (SPA) 的架構理念之上，透過前端路由 (Client-side Routing) 來管理不同畫面的切換，使整個應用能在不重新載入頁面的情況下快速更新內容，從而提供更流暢的使用者體驗。這種架構以 Web API 作為資料交換的核心，讓前端能夠掌握狀態的維護，使畫面與資料狀態保持一致，減少不必要的往返請求與載入時間。由於 SPA 本身具備高互動性、效率高、反應快等特性，因此 Angular 特別適合用於複雜的 Web 應用。

四、 主題內容

多數政府與教育機構因長年累積的異質系統環境而面臨整合困難。不同年代、不同技術與不同廠商所建置的系統缺乏統一標準，造成資料無法順利交換，形成嚴重的資訊孤島。此外，傳統點對點介接使系統關聯呈 $O(n^2)$ 成長，維護成本與風險不斷增加；任何業務變更都需跨系統修改，導致流程僵化、反應遲緩。再者，缺乏集中監控與資料治理，使問題追蹤困難，資訊分散且不可視，整體架構難以支撐後續智慧化與數位轉型需求。

為了解決上述政府與教育機構面臨的問題，本研究提出「智慧化服務匯流排」(Intelligent Service Bus, ISB) 解決方案，參考企業服務匯流排 (ESB) 的成熟架構概念，並針對政府與教育機構普遍面臨的預算限制與技術人力不足等情況，進行輕量化與現代化的重新設計。為滿足現代化系統的彈性需求，ISB 採用微服務架構，以多個可獨立部署的模組組成整合平台，使功能更新不再牽動整體系統，並能依業務快速擴展。動態掛載技術更是本研究的一大突破，使功能模組可於系統運作期間即時加入或更新，縮短部署周期並強化組織的敏捷應變能力。此外，ISB 整合同步、異步與即時三種通訊模式，透過智慧選擇最佳路徑，可有效解決高流量整合環境下的效能瓶頸。

ISB 整體架構所包含的三項主要創新思維如下：

1. **統一介接與簡化連接：**定義一套基於 RESTful API 與標準化 JSON 格式的統一介接規範，作為系統整合的共同語言。透過此設計，無論是新建系統或既有老舊系統，只需依照規範開發一個輕量化的適配器 (Adapter)，即可順利接入匯流排，不必與每一個系統逐一溝通或重新定義資料格式。此方法有效簡化跨系統的連接邏輯，將原本網狀、複雜且難以維護的多點連線，重構為單一入口的星狀架構 (如圖3)，

使整合複雜度從 $O(n^2)$ 降至 $O(n)$ ，不僅降低技術門檻，也讓系統的擴充與後續維運變得更加直覺與高效率。

2. **動態掛載與敏捷應變：**傳統 ESB 的業務流程大多以靜態方式配置，一旦需求變更便需要重新編譯或停機更新，導致系統調整週期冗長。ISB 則創新引入「動態外掛載入」機制，將各種業務邏輯封裝為獨立的動態連結庫(Dynamic-Link Library, DLL)元件，並由管理後台進行熱插拔式管理，使管理者可在不中斷服務的情況下，依需求隨時替換、增加或取消特定功能。此設計不僅提高系統的彈性，也大幅縮短回應需求變化的時間，使系統能快速因應政策、流程或跨機關合作的突發調整，展現高度敏捷的運行與維運能力，真正做到以配置取代程式修改。
3. **混合協定通訊與智慧通道選擇機制：**ISB 原生整合同步(Synchronous/Sync)、異步(Asynchronous/Async)以及即時(Real-time)三種通訊模式，形成具有多通道協同能力的混合式通訊架構。系統會依據任務屬性自動分析傳輸需求，例如資料量、即時性、可靠度或使用使用者互動特性，並智慧判斷應採用同步呼叫、背景處理或即時推播等適合模式，大幅提升整體效能。此外，混合通訊方式能避免單一協定造成瓶頸，使每項服務都能以最適路徑完成資料交換，同時兼顧效能、穩定度與使用者體驗，展現高度智慧化的通道選擇機制與動態協定融合能力。

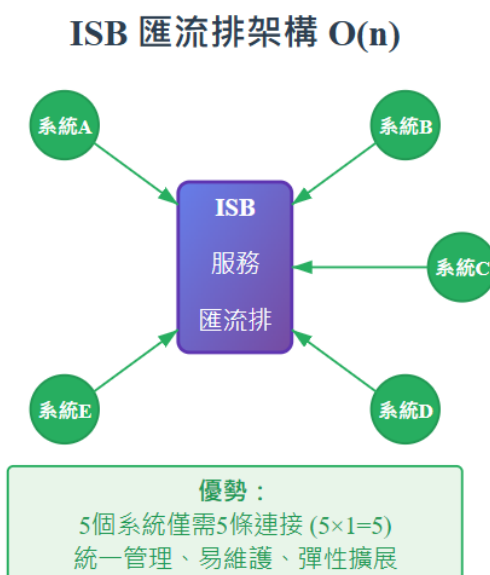


圖 3. ISB匯流排架構 $O(n)$

傳統資訊系統通常依賴單一且固定的通訊模式，無法因應不同情境下的效能需求與互動特性，造成整體架構缺乏彈性。ISB以混合通訊

模式整合為核心創新(如圖4)，於同一平台中無縫結合同步、異步與即時三類通訊方式，使各服務能依其業務特性選擇最適合的互動機制。為進一步強化系統智慧化程度，ISB 的「通訊模式自適應選擇」，可根據服務負載、時效性要求與網路狀態等條件動態調整通訊策略。此機制不僅提升整體系統效能與穩定性，也使跨系統協作更加靈活，克服傳統單一路徑通訊模式的侷限，為資訊整合領域帶來重要的架構性革新。

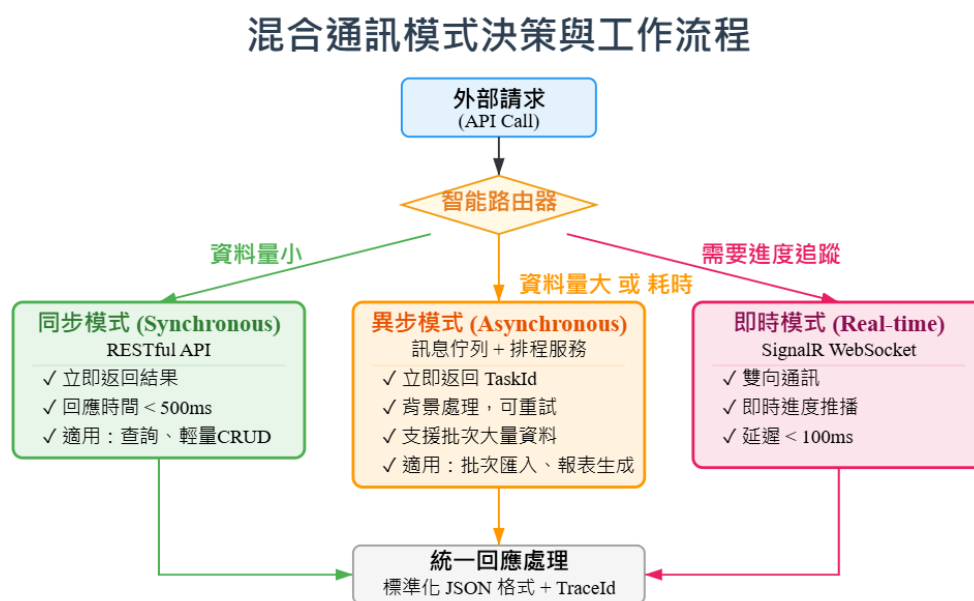


圖 4. 混合通訊模式決策與工作流程

● 混合通訊模式決策模型

✓ ISB 提出的「場景驅動通訊決策模型」突破了傳統系統僅能依固定通訊模式運作的侷限，建立一套可因應不同任務特性而自適應調整的通訊理論架構。透過分析任務的資料量、預期執行時間、回應延遲容忍度、進度回饋需求等多維特徵，系統能動態推論並選擇最適合的通訊方式（同步、異步或即時）。此模型將通訊模式視為可運算的決策結果，而非靜態配置，使系統得以根據場景自動調整運作流程。其學理貢獻在於提出一種新的「任務導向通訊」觀點，成功將任務分類、負載特性與通訊策略整合為可推論模型，為跨系統通訊領域建立重要方法論基礎。

● 兼顧系統效能與使用者體驗

✓ ISB 透過同步回應與即時及非同步推播並行的三軌回應模式，

提出一套同時兼顧效能與使用者體驗的通訊理論模型。對於耗時任務，系統不再以阻塞式同步等待做為唯一機制，而是先向前端立即回應「任務已提交」，將使用者行為流程迅速導向下一階段，並利用 SignalR 等即時通訊技術持續推送進度。此模式重新定義了任務處理與回應之間的關係，使「回應速度」與「任務實際完成時間」得以解耦。其學理貢獻在於建立一套兼顧「互動即時性」與「後端負載特性」的通訊行為模型，突破傳統同步式互動的限制，對大型系統的通訊架構具有重要啟發。

● 提升系統整體吞吐量與穩定性

✓ ISB 透過將重量級任務自同步流程中剝離，建立一套整合負載分離（Load Separation）與通訊調度（Communication Scheduling）的效能提升模型。此機制使前端請求不再因長時間任務而占用工作執行緒，避免阻塞造成的效能下降，讓系統能以更快處理短交易需求。在此模式下系統吞吐量可提升超過 40%，顯著優於傳統同步式架構。其學理價值在於證明「通訊模式的動態調度」可作為提升效能的核心因子，補足傳統研究中僅聚焦於硬體或最佳化演算法的不足。此貢獻為高併發服務平台建立新的效能設計範式，具有明確的工程與學術價值。

ISB 整體核心價值理念包含以下四項（如圖 5）：

1. **顯著降低整合複雜度與成本：**在連接方式上，將原本跨系統之間彼此直接連接的複雜網狀介接，大幅簡化為匯流排中心化的單點星狀結構，使每個系統只需對接一次，即可完成與所有服務的互通。如此做法能明顯降低整合所需的人力投入與開發成本，避免重複撰寫大量轉接程式或重新定義資料格式，同時也大幅減輕後續維護負擔。透過單一介接標準，新服務、新應用可快速佈署、測試與調整，不僅縮短整合時程，更有效提升跨系統合作效率，進而全面推動組織的數位轉型速度。
2. **極大提升業務敏捷性與創新能力：**採用的動態外掛與模組化設計，使各種業務流程能像積木般自由組合與替換，當政策、需求或跨機關合作方向發生變動時，系統能在不中斷既有服務的情況下快速完成流程調整與功能更新，有效降低改版風險與時間成本。此種以配置取代開發、以模組取代客製化的方式，使資訊系統介接不再受限制於單獨系統。藉由縮短開發與部署週期，讓組織具備更高的業務敏捷性，能快

速驗證新需求並持續加速數位創新進程。

3. **確保系統的可靠性與可維護性：**透過完善的監控、日誌、追蹤與錯誤治理機制，使所有跨系統行為都能被即時觀測與記錄，讓組織如同擁有一套完整的數位神經監測系統，能精準掌握每筆資料的流動狀況與服務健康度。此集中化的可視性不僅使問題能在早期被偵測並快速排除，也避免資訊分散於各部門造成的治理盲區，進一步降低營運風險。統一的監控與治理框架，讓系統維護更加標準化與可預期，使資訊成為組織共享的持續性資產，並確保整體平台在長期運作中保持高度可靠性、穩定性與可維護性。
4. **奠定未來技術演進的基礎：**採用現代化的微服務架構設計，將各項功能模組化並獨立運行，使系統具備高度彈性與可替換性。搭配容器化技術（如 Docker）與協同管理平台（如 Kubernetes），不僅能快速部署、滾動更新，還可依需求自動擴展服務容量，確保系統在高負載情況下仍具穩定表現。雲原生架構為未來導入 AI、IoT、邊緣運算、資料治理等新興技術奠定良好基礎，使整體平台具備長期演進能力。



圖 5. ISB 核心價值理念

ISB 旨在解決組織系統整合困境的創新架構理念，其核心精神在於建構一個統一、彈性且可持續擴展的系統整合中樞。面對過往系統間連接混亂、介面格式不一致、維運成本高昂等問題，ISB 的設計目標在於透過標準化與集中化的管理方式，重新整理原本錯綜複雜的系統互連關係。而主要功能

在於將傳統凌亂的網狀（Mesh）系統結構，重構為清晰易維護的星狀（Star）或匯流排（Bus）拓撲，使每個系統僅需與匯流排建立單一連結，即能與其他所有系統溝通。這樣的架構不僅能大幅降低系統間的耦合度，也能提升資訊交換的穩定性、安全性與可管理性，從而達成「一次介接、處處通用」的整合理想。透過 ISB 的導入，組織能避免過度依賴客製化介接程式，減少因系統更動而造成的連鎖修改，同時也能為後續的新系統、行動服務與資料分析應用提供更具彈性的擴充空間，使整體資訊架構朝向標準化、模組化與智慧化的方向持續演進。

ISB 不僅是一個技術性的整合平台，更是一套能全面賦與組織「數位神經」的系統，可有效解決組織面臨整合困境與數位挑戰的問題。透過統一的通訊協定、標準化資料格式與集中治理機制，讓原本分散於各部門的資訊得以共享、互通並形成可監控的資訊流，確保跨系統活動皆能即時反應並維持高度透明。此能力不僅提升決策速度，也讓業務變更可以在最短時間內獲得支援。加上動態掛載與模組化設計，新功能可無須停機即可快速導入，大幅提升組織敏捷度。另一方面，以微服務與容器化為底層架構，具備高擴展性與高彈性，為未來導入 AI、IoT、資料治理與自動化流程奠定堅實基礎，使組織逐步具備智慧化運作與精準決策能力。

以下為ISB具備的創新突破及創新應用：

1. **針對企業服務匯流排 ESB 的創新突破：**本研究重新詮釋傳統 ESB 理論，並將其轉化為更符合現代系統需求的「輕量化」與「現代化」整合模式。過去的 ESB 架構往往包含大量複雜的協定轉換、流程編排與高成本維運機制，使其在政府與中小型組織中導入時常面臨技術門檻高、成本沉重、維護複雜等問題。本研究基於此痛點切入，刻意捨棄傳統 ESB 對多種協定轉換的高度依賴，改以業界最普遍且易開發的 RESTful API 與 JSON 作為主體介接格式，讓系統間的整合不再需要繁瑣的橋接與轉換邏輯。同時，在服務編排層面亦進行策略性的簡化，將流程設計聚焦於可組合、可熱插拔的模組方式，以減少治理成本並提高可維護性。透過這些現代化的架構思維，成功降低整合門檻，使 ESB 能以更輕盈的方式落地，並更具彈性地支援未來的創新應用。
2. **針對微服務架構的創新應用：**將微服務的設計精神直接應用於整合平台本身的架構之中，ISB 不僅是整合系統的中介層，更是一個由多個獨立服務所構成的平台。核心由後台管理 API、SignalR 即時通訊服務、排程與背景服務、服務轉介與路由 API 等多個模組化微服務組成，

彼此透過標準化介面協作(如圖6)。此種「以微服務整合微服務」的架構設計，讓平台在擴充、安全性、維護以及彈性部署上具備更高的可控性。更重要的是，各組件可獨立更新與擴展，使整體架構能隨業務需求演進，同時維持穩定性與高可用性。

ISB 微服務架構

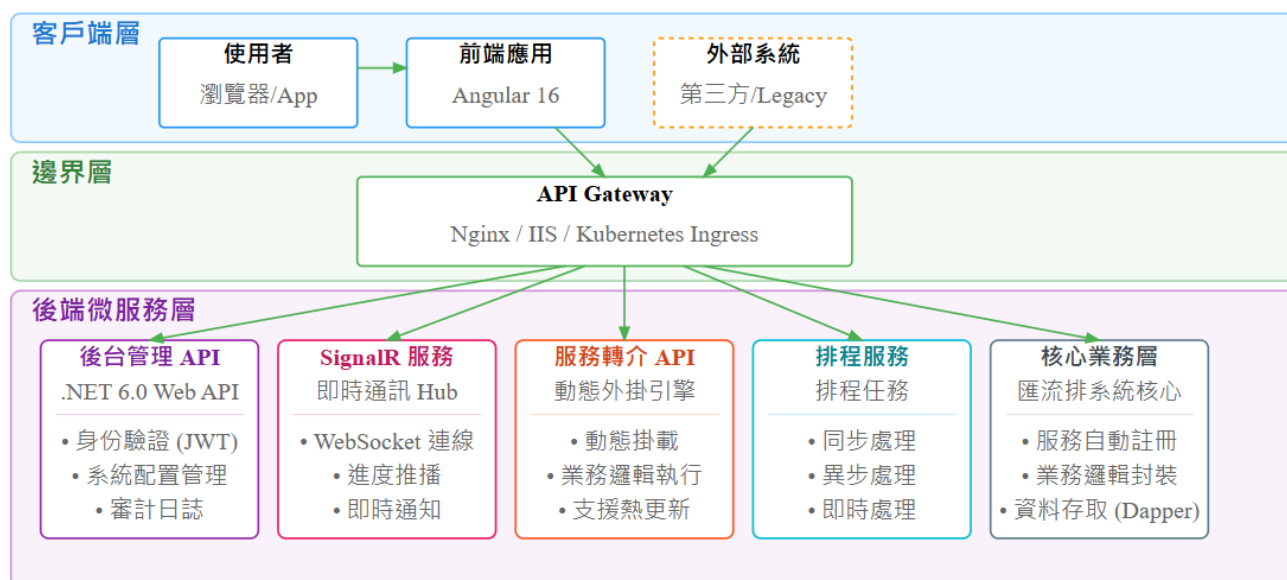


圖 6. ISB 微服務架構

- 針對反轉控制（IoC）與依賴注入（DI）的創新機制：ISB 在反轉控制（Inversion of Control, IoC）與依賴注入（Dependency Injection, DI）的設計上提出一套具高度自動化與可擴展性的創新機制。傳統 IoC/DI 架構往往仰賴大量組態設定或手動註冊服務類別，不僅增加開發負擔，也提升日後維護的複雜度。為改善此問題，ISB 基於 .NET 反射技術實作「自動服務發現與註冊機制」，並以介面（Interface）作為服務識別依據。當系統啟動時，框架會自動掃描程式集中所有實作該介面的類別，並將其動態註冊，形成一個完全自動化的組態流程。此機制的設計精神在於消除傳統手動設定的瓶頸，實現近乎「零配置」的開發環境。透過該方法，不僅能有效減少程式碼，亦能降低錯誤發生率，提升系統的一致性與可維護性。此外，開發人員在新增服務時僅需實作介面即可完成整合，大幅提升擴充效率並減少介接成本。整體而言，此自動化 IoC/DI 機制為服務導向架構帶來更高的靈活性，是推動現代化系統整合的重要技術貢獻。

● 學理創新與貢獻

- ✓ 實現服務的「零配置註冊」：「零配置註冊」機制突破了傳

統依賴注入（DI）架構必須手動設定或維護組態檔的限制，建立了一種更具理論創新的服務管理模式。其核心理念在於將服務註冊視為可由系統自動完成的程序，而非依賴開發者逐一設定。透過介面得以運用反射技術自動掃描並識別相關類別，進而完成註冊流程。此設計重新界定了服務註冊的角色，使其從「開發者主動輸入」轉變為「框架自動推論」，不僅提升註冊行為的一致性與可預測性，也大幅提高了 IoC/DI 架構的自動化程度。最終，這項機制成功將原本容易因人為疏漏而變動的流程，轉化為具穩定執行特性的系統化行為，展現出明確且具價值的學理貢獻。

● 降低開發者負擔

✓ ISB 的自動註冊機制有效降低了開發者在大型系統中管理服務生命週期與依賴關係所需繁雜的工作。傳統模式下，開發者必須記住每一個服務的註冊位置、註冊方式與生命週期設定，任何遺漏或不一致都可能導致執行期錯誤。ISB 透過將此責任從「人」移轉到「框架」，形成一種錯誤預防導向（Error Prevention-Oriented）的 IoC 管理理論。此架構使服務註冊不再依賴記憶或人工流程，而是依據統一規則由系統自動處理，進而降低認知負荷、減少潛在錯誤並提高開發流程的可預期性。從軟體工程理論的角度來看，ISB 提供了一種以減低成本為核心的 IoC 操作模式。

● 提升程式碼可維護性

✓ ISB 的服務自動註冊設計，使程式碼維護模式呈現出高內聚、低耦合（High Cohesion, Low Coupling）的結構特性，進而形成一套具學理貢獻的維護架構。服務增刪僅需於類別層面調整，而不再需要同步修改設定檔或其他集中式組態，成功解耦「服務生命週期」與「系統配置」。此理論特性使大型專案在演化過程中能保持更高的穩定性與可擴展性，避免因組態同步失敗導致的系統不穩定狀況。透過此架構，系統的維護行為不再依賴多處設定檔案，提升長期可讀性與可管理性。此貢獻對大型系統工程、微服務架構與模組化設計均具有重要參考價值。

4. 針對動態掛載（Dynamic Mounting）與延遲綁定（Lazy Binding）模式的創新實作：ISB在系統架構中引入動態掛載（Dynamic Mounting）

與延遲綁定（Lazy Binding）之創新模式，旨在提升整體系統在維運過程中的彈性與可擴展性。ISB 的核心業務邏輯被封裝為可獨立部署之外掛模組，透過模組化設計，使特定功能得以在不中斷服務的情況下進行更新與替換。ISB 利用 .NET 的 Assembly.LoadFrom 方法動態載入外掛模組，使系統能於執行階段解析並綁定最新版本的業務邏輯，避免傳統部署模式需重新啟動應用程式所帶來的服務中斷問題。此外，結合 File System Watcher 技術，系統可即時監控外掛檔案的變更事件，並在模組更新時自動觸發重新載入流程。此一「零停機熱更新」機制使 ISB 能快速回應功能調整需求，同時降低維護成本與版本切換風險。延遲綁定策略亦使系統僅在必要時才進行外掛解析，避免不必要的初始化程序，進一步提升效能與資源利用效率。

為了有效治理高度複雜的微服務系統，ISB 提出具備學理創新意義的「三層式泳道架構」（如圖7），作為整體系統設計與管理的核心方法。此架構融合經典分層架構的職責分離精神，以及強調責任邊界與流程可視化的概念，不僅在邏輯設計上清楚劃分系統角色，更進一步將這種分工落實到實際的物理部署與運行層面。透過將系統劃分為邊界層、協調層與服務層，每一層如同一條獨立泳道，明確界定其可處理的行為範圍與互動方式，避免微服務因自由呼叫而產生失控的網狀依賴。

在資料與請求流動上，三層泳道架構強制採用「自上而下」的單向穿越規則，所有請求必須依序通過各泳道，嚴格禁止跨層調用。此設計使系統的資料流向與責任歸屬高度透明，開發與維運人員得以快速理解請求經過的處理路徑，大幅降低除錯與系統分析的複雜度。

此外，該架構亦支援「按層擴展」的彈性策略，這是 ISB 在大型與長期運作系統中極具實務價值的設計重點。當系統面臨突發性流量成長、尖峰時段負載上升，或特定功能模組成為效能瓶頸時，管理者可精準辨識壓力所集中之泳道，例如負責對外請求承載與驗證的邊界層，並僅針對該層進行水平擴展或資源調整，而不必連動擴充整個微服務體系。此作法有效避免傳統「整體放大」所造成的資源浪費與成本暴增問題。

同時，按層擴展亦使系統規劃與效能調校更具彈性與可預測性，不同層級可依其負載特性採取差異化的部署策略。透過清楚的層級邊界與擴展策略，系統在維持高可用性的同時，亦能降低長期維運複雜度，提升整體架構的穩定性與永續性。

三層式泳道架構設計



圖 7. 三層式泳道架構設計

五、 方法技巧

ISB 系統整體架構以「模組化、可擴展、易維運」為核心設計原則，結合現代化 Web 技術與即時通訊機制，建構一套兼顧效能、彈性與治理能力的智慧化整合平台。透過清楚的責任分工與標準化介面設計，系統能有效因應異質系統整合、業務需求快速變動以及長期維運的挑戰。整體架構採用鬆耦合設計，使各模組可獨立演進，避免單一元件變更對整體系統造成衝擊，進而提升系統穩定性與可維護性。

在架構組成上，ISB 可劃分為前端管理、後台管理、SignalR 即時通訊、排程服務與服務轉介 API 五大核心組件(如圖8)。前端管理介面負責系統監控、設定與操作視覺化，提供管理者直覺且一致的操作體驗；後台管理系統則專注於權限控管、系統設定與治理邏輯，確保平台運作的安全性與一致性。SignalR 即時通訊服務用以支援非同步任務進度回饋與即時告警通知，提升系統互動性與可觀測性；排程服務則處理各類背景任務與例行維護作業，降低核心服務負載。作為整體架構的關鍵樞紐，服務轉介 API 承擔對外請求入口與內部流程調度角色，使各組件得以協同運作，形成穩定且具高度延展性的系統中樞。

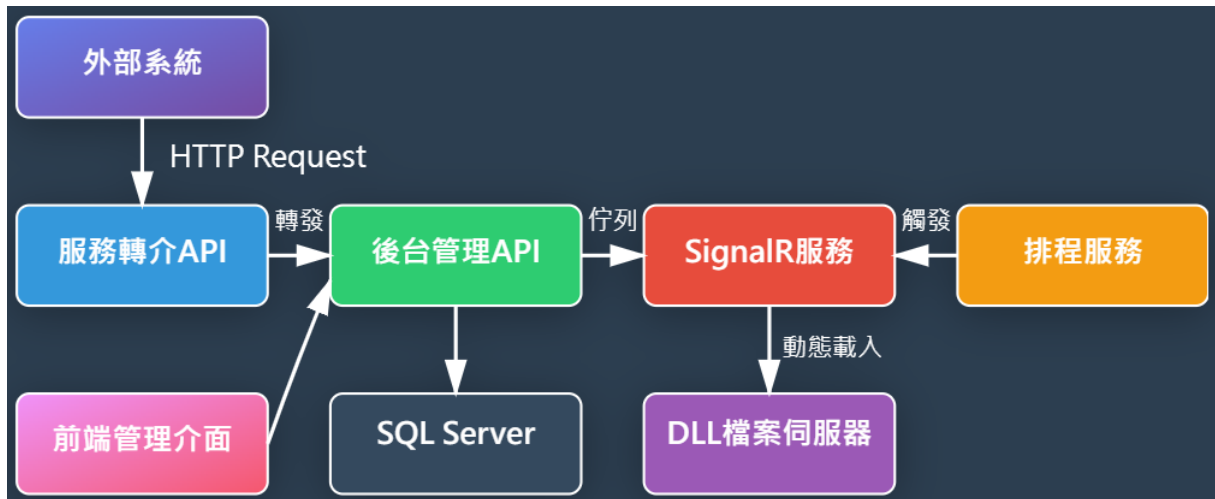


圖 8. ISB系統整體架構

1. **前端管理：**介面則採用 Angular 16 框架建置，並結合 Angular Material Design 元件庫，提供一致、美觀且具高可用性的操作介面。透過元件化設計，管理者可直覺式地進行服務設定、流程監控與系統維運，降低學習門檻，同時提升管理效率。

- **核心功能：**ISB 前端管理在整體系統架構中扮演「系統監控與維運管理」的關鍵角色，其設計目標不僅在於提供友善的管理操作，更著重於即時可視化、系統可觀測性與維運效率的全面提升。透過現代化前端框架與完善的介面設計，前端管理層能有效支撐複雜整合平台的日常監控與設定需求。

在系統監控方面，提供監控儀表板，整合 ECharts 圖表元件，將原本分散且不易解讀的系統數據進行高度視覺化呈現。透過即時或歷史統計圖表，管理者可清楚掌握 API 呼叫次數、成功與失敗比例、流量趨勢與異常波動情形，快速辨識潛在風險或效能瓶頸，從被動回應轉為主動監控，有效提升整體系統穩定度。

在維運管理方面，前端介面提供完整且一致的 CRUD 操作能力，使管理者能直覺式地維護子系統資訊、API 路由規則、IP 白名單與相關安全設定。透過結構化的設定畫面，避免直接修改設定檔或資料庫所帶來的人為錯誤風險，同時也強化設定變更的可追蹤性與一致性，符合企業級系統治理需求。

針對維運與除錯需求，前端亦內建 日誌查詢與分析功能，整合操作日誌與錯誤日誌的檢索機制。管理者可依時間、模組或錯誤類型進行篩選，快速定位異常來源，縮短問題排查與回復時間，對於高可用性要求的整合平台尤為重要。

- **開發特色：**前端系統善用 Angular 的環境變數機制，有效管理開發、測試與正式環境的設定差異，確保部署流程一致且可控。同時，透過集中管理 JWT 驗證、請求重試策略、錯誤攔截與 Loading 視覺回饋，來提升整體程式可維護性與使用者體驗。
2. **後台管理：**系統以 .NET 6.0 Web API 實作的後台管理 API，負責整體系統設定、服務註冊、權限控管與監控資訊管理。透過 Swagger / OpenAPI 自動產生標準化 API 文件，不僅提升開發與測試效率，也降低跨團隊或跨單位整合時的溝通成本，使 ISB 具備良好的可維護性與可擴充性。
- **核心功能：**ISB 後端管理系統負責確保系統在高度整合與高併發環境下，仍能維持安全性、穩定性與可管控性。其設計理念以「集中治理、權責分離、可擴展性」為主軸，透過完善的安全機制與清晰的系統分層，支撐前端管理介面與各項整合服務的穩定運作。

後端管理系統全面採用基於 JWT (JSON Web Token) 的使用者身份驗證機制，結合角色與權限控管，有效區分系統管理者、維運人員與一般使用者的操作範圍。此機制不僅降低未授權存取的風險，也使權限配置更具彈性，能因應不同組織與使用情境進行調整，強化整體系統安全治理能力。

系統同時負責 集中管理所有接入的子系統資訊、API Gateway 路由規則與外掛模組設定。透過統一的管理介面與資料模型，後端可動態維護服務註冊資訊與介接規則，使新系統或新服務能快速納入 ISB 架構中，落實「一次介接、集中管理」的設計理念。外掛模組的管理亦確保功能擴充時不影響既有系統，提升平台長期演進的彈性。

在安全防護方面，後端提供 IP 黑白名單的動態維護機制，可依需求即時新增、調整或停用存取來源，避免透過重啟或修改設定檔的僵化管理方式，進一步降低潛在攻擊風險。

此外，完整記錄所有關鍵操作日誌，包含設定變更、權限調整與系統管理行為，並彙整為可供前端儀表板呈現的統計數據。此設計不僅提升問題追蹤與稽核能力，也為系統優化與硬體資源規劃提供可靠依據。

- **架構特色：**後端內部採用嚴格的分層設計，明確區分 API 層、業務邏輯層與資料存取層，確保職責單一與高可維護性。同時，大量應

用自動服務註冊機制，使模組能在啟動時自動掛載與識別，降低人工設定成本，讓 ISB 後端管理系統具備高度模組化與可擴展的企業級架構特性。

3. **SignalR 即時通訊：**ISB 導入基於 ASP.NET Core SignalR 的即時通訊服務，利用 WebSocket 技術提供低延遲、雙向的即時資料傳輸能力。此設計特別適合處理長時間執行的非同步任務，例如服務轉介進度回報、排程狀態更新或系統告警通知，讓前端使用者能即時掌握任務狀態，大幅提升操作體驗與系統透明度。

- **核心功能：**ISB 整體架構中，SignalR 即時通訊服務扮演關鍵的「事件推播與狀態同步」角色，主要負責將後端系統中的即時狀態與重要事件，快速且可靠地傳遞至前端管理介面。此設計有效彌補傳統同步 API 在即時性與使用體驗上的限制，使系統能同時兼顧高效能與高互動性。

當系統執行長時間的非同步任務（如服務轉介、批次整合或背景排程）時，後端可於關鍵進度節點（例如 10%、50%、100%）即時將執行狀態推播至前端。前端管理介面無須透過頻繁輪詢即可取得最新資訊，不僅降低後端負載，也讓管理者能即時掌握任務狀態，大幅提升系統透明度與操作體驗。

此外，SignalR 亦承擔 即時告警與通知廣播 的重要任務。當系統偵測到服務異常、資源瓶頸、整合失敗或關鍵設定變更時，可即刻向所有在線的管理員發送通知。透過集中且即時的事件推播，管理人員能在第一時間掌握狀況並迅速回應，避免問題擴散，強化整體系統的穩定性與可用性。

- **技術亮點：**提供穩定的即時連線能力，並內建自動重新連結機制。即使發生短暫的網路中斷、瀏覽器重新整理或用戶端切換環境，連線仍可自動恢復，確保推播訊息不中斷，提升整體可靠度。在架構設計上，SignalR 服務的 Redis Backplane 能力，可支援多節點部署與水平擴展。透過 Redis 作為訊息同步中介，各 SignalR 節點能即時共享事件資訊，確保在高併發或大規模管理情境下，推播行為仍具一致性與可預期性。此一設計使 ISB 的即時通訊架構具備良好的前瞻性，能隨系統規模成長而平滑擴展。

4. **排程服務：**ISB 使用 輕量級 .NET 6.0 主控台應用 搭配排程框架，專責處理定時任務與背景作業。此設計使排程功能與核心 API 解耦，避免排程負載影響即時服務效能，進一步提升整體系統穩定性。

- **核心功能：**在 ISB 整體架構中，排程服務扮演「背景作業中樞與系統守門員」的角色，專責處理不需即時回應、但對系統穩定性與運行品質至關重要。透過將排程與即時 API 服務解耦，ISB 能有效降低主系統負載，確保核心服務在高併發情境下仍維持穩定效能。

排程服務負責異步 API 佇列處理機制。系統以固定週期（每 30 秒）掃描資料庫中的任務佇列表，依序取出待處理的非同步任務並執行，例如批次資料同步、跨系統服務轉介或延後處理的整合請求。此設計避免長時間任務佔用即時 API 執行緒，同時透過集中式佇列管理，使任務狀態可被追蹤、重試與監控，大幅提升整體系統吞吐量與可靠性。

其次，排程服務亦負責定期維護任務的自動化執行。包含每日資料備份、每週報表生成、每月歷史日誌清理等例行性作業，皆透過排程機制自動觸發。這不僅降低人工維運成本，也確保關鍵維護流程能準時且一致地執行，避免因人為疏忽造成資料風險或系統效能衰退。

在系統穩定性層面，排程服務內建健康檢查機制，定期巡檢各接入子系統與關鍵服務的可用性與回應狀態。一旦偵測到異常，例如服務無回應、錯誤率過高或連線失敗，系統會即時觸發告警流程，透過電子郵件或 SignalR 即時通訊服務通知管理人員，使問題能在早期被發現與處理，提升整體服務可用性。

- **技術亮點：**ISB 排程服務在技術設計上強調「解耦、穩定與可擴展性」。透過將排程功能獨立為輕量化背景服務，有效避免長時間或高頻率的背景任務佔用核心 API 資源，確保即時服務在高併發情境下仍能維持穩定效能。任務處理採用資料庫佇列驅動模式，所有任務皆具備明確狀態紀錄，可進行追蹤、重試與失敗分析，提升系統可靠度與可維運性。

在架構層面，排程服務具備良好的擴充彈性，可依任務量與系統規模水平擴展處理節點，避免單點瓶頸。同時，系統整合多通道告警機制，當健康檢查或背景任務發生異常時，能即時透過電子郵件或 SignalR 通知管理人員，使問題在早期被發現與處理。整體設計以自動化維運為核心，降低人工作業風險，提升長期運作的穩定性與管理效率。

5. 服務轉介 API：同樣以 .NET 6.0 Web API 為基礎，並透過動態載入 TriggerPlugin.dll 的外掛機制，實現高度彈性的服務轉介與流程擴充能

力。新服務或新規則可在不影響既有系統的情況下快速部署，充分展現 ISB 「一次介接、彈性演進」的設計價值。

- **核心功能：**在 ISB 整體架構中，服務轉介 API 扮演系統對外的關鍵入口與核心調度中樞，負責承接來自外部系統的服務請求，並將其轉換為內部可執行的標準化流程。此元件的設計目標在於兼顧高度彈性、可擴展性與不中斷服務的演進能力，使 ISB 能在多變的業務需求下持續運作。

服務轉介 API 首先負責接收並驗證外部系統請求，包含來源識別、參數完整性與基本安全檢查，確保僅有合法且符合規範的請求能進入後續處理流程。透過統一的入口控管，系統可有效降低錯誤請求對後端服務造成的影響，並提升整體整合品質。

當請求進入系統後，服務轉介 API 會依據請求類型、目標服務或業務情境，動態載入對應的業務邏輯外掛（DLL）並執行。此設計將具體的業務處理邏輯與核心轉介框架完全分離，使轉介 API 僅負責流程協調與資源管理，業務規則則由獨立的外掛模組承擔，大幅降低系統耦合度。

在實際執行過程中，外掛模組可進行資料格式轉換、跨系統資料整合、呼叫其他後端服務或第三方 API 等複雜操作。透過標準化的外掛介面與生命週期管理，能同時支援多種異質系統與不同資料格式，確保整合流程具備高度一致性與可維護性。

- **技術亮點與創新機制：**，服務轉介 API 採用業務邏輯完全外掛化的架構設計，並進一步支援熱重載（Hot Reload）能力。系統會持續監控外掛狀態，一旦偵測到新版 DLL 發佈，即可自動卸載舊版模組並載入新版外掛，無需停止主系統服務。此機制使業務邏輯能快速修正或擴充，避免因停機更新影響既有服務，對於需要高可用性與持續營運的整合平台而言，具備極高實務價值。

整體而言，服務轉介 API 透過高度模組化與動態載入設計，讓系統能在維持系統穩定的前提下持續演進，充分展現智慧化服務匯流排在彈性整合與長期可維運性上的核心優勢。

六、 核心技術

- **自動服務註冊機制：**ISB 充分利用 .NET 平台所提供的反射（Reflection）功能，自動化完成所有依賴注入（Dependency Injection, DI）的註冊作

業，藉此降低人工設定成本並提升系統架構的一致性與可維運性。透過動態掃描組件（Assembly），系統可即時辨識符合特定介面或標註屬性（Attribute）的類別，並依據預先定義的規則，自動將其註冊至 DI 容器中，無需開發者逐一撰寫註冊程式碼。

自動化註冊機制有效避免了傳統手動設定方式中常見的遺漏、重複或設定錯誤問題，特別是在模組數量眾多或外掛化程度高的系統架構中，其優勢尤為明顯。當系統規模隨著業務需求擴大時，新增的服務或模組只需遵循既定的介面規範，即可被自動納入管理，大幅提升開發效率與架構一致性。

此機制強化了「低耦合、高內聚」的核心架構原則。由於服務的建立與相依關係完全交由 DI 容器負責，元件之間不再直接依賴類別，而是透過抽象介面來進行，使得系統更容易進行單元測試、模組替換與功能擴充。此外，結合反射與外掛模組自動載入後，新加入的外掛服務可在不修改核心程式碼的情況下完成註冊與整合，進一步提升系統的穩定性。

綜合而言，基於反射的自動化依賴注入註冊機制，不僅有效簡化系統所需進行的初始化設定流程，亦顯著降低人工維護與設定錯誤所帶來的風險。透過統一的註冊規則，系統能在不修改核心程式碼的前提下，自動納入新增的服務模組與外掛元件，使整體架構更具一致性與可預測性。此一設計對於大型且高度模組化的系統尤為關鍵，能有效支撐功能快速擴充與版本演進需求。同時，依賴注入與反射機制的結合，也強化了系統在測試、部署與長期維運上的彈性，使系統能在持續演進的過程中，仍維持良好的可管理性與架構穩定度，展現其前瞻性的技術價值。


```
// ServiceCollectionExtension.cs
public static IServiceCollection AddServices(this IServiceCollection services)
{
    // 1. 掃描當前應用程式域中所有的程式集
    var types = AppDomain.CurrentDomain.GetAssemblies()
        .SelectMany(a => a.DefinedTypes
            // 2. 找到所有實作 IService 標記介面的具體類別
            .Where(x => x.GetInterfaces().Contains(typeof(IService))
                && !x.IsInterface && !x.IsAbstract))
        .ToList();

    foreach (var type in types)
    {
        // 3. 將服務註冊到 DI 容器
        services.Add(new ServiceDescriptor(type, type, ServiceLifetime.Transient));

        // 4. 將該類別所實作的所有介面也進行註冊
        var interfaces = type.GetInterfaces().ToList();
        foreach (var @interface in interfaces)
        {
            services.Add(new ServiceDescriptor(@interface,
                sp => sp.GetRequiredService(type), ServiceLifetime.Transient));
        }
    }

    return services;
}
```

圖 9. 自動服務註冊機制程式流程

圖 9 為自動服務註冊機制的程式碼流程，主要是先將目前系統中所有的外掛服務進行掃描。系統會逐一找出每一個類別，並判斷它是不是有實作指定的服務介面（例如 IService）。一旦找到符合條件的服務類別，系統就會自動把它註冊進依賴注入（DI）容器中，讓系統之後需要用到時可以直接取得。除了註冊類別本身之外，系統也會把這個類別所實作的所有介面一起註冊，確保之後只要透過介面要求服務，就能正確取得對應的實作。透過這種方式，開發人員新增服務時，只要照規則實作介面，不需要再手動寫註冊程式碼，系統就能自動辨識並使用，大幅減少設定負擔，也讓整體架構更乾淨、好維護。

圖 10 為自動服務註冊機制流程圖。

自動服務註冊機制流程圖

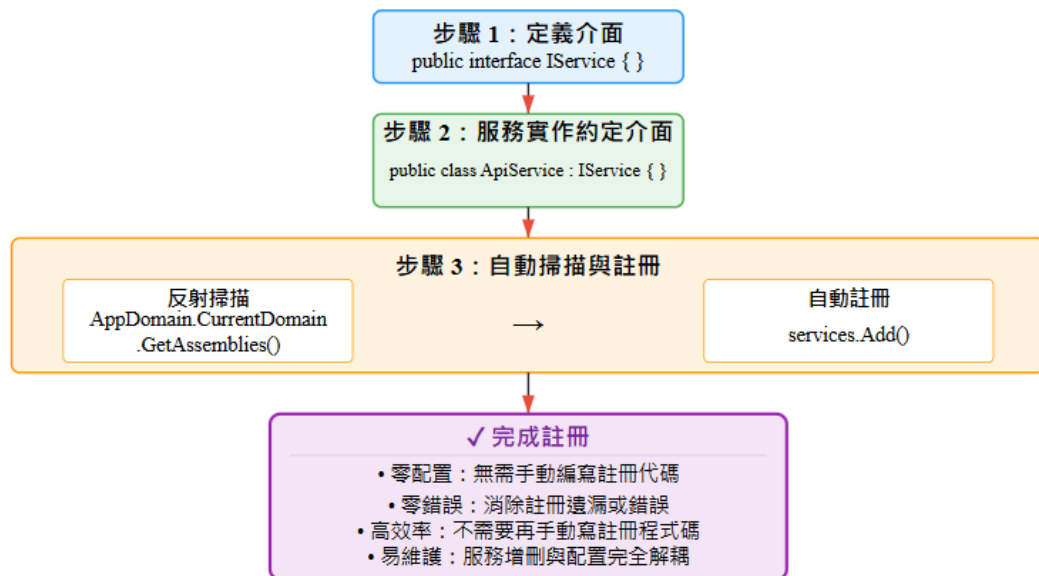


圖 10. 自動服務註冊機制流程

- **混合通訊模式：**ISB 在整體系統設計上，並非採用單一通訊模式，而是根據不同業務特性與系統負載需求，將同步、異步與即時三種通訊模式巧妙融合於同一服務流程中，形成具備高度彈性與效能優化能力的混合通訊模式。此設計使系統能針對不同使用情境，動態選擇最合適的通訊策略，兼顧使用者體驗與系統穩定性。

在同步通訊模式（Synchronous REST API）方面（如圖 11），主要應用於需要即時回應結果的操作，例如資料查詢或快速寫入行為，如取得使用者列表或建立單筆訂單等。此模式的優點在於實作簡單、流程直觀，前端可立即取得執行結果並更新畫面。然而，對於處理時間較長的任務，同步模式容易導致連線長時間佔用，甚至阻塞使用者介面，因此並不適合用於高負載或耗時操作。

為解決上述限制，ISB 導入異步通訊模式（Asynchronous via Queue, 如圖 12），專門處理耗時較長或資源消耗大的批次任務，例如大量資料匯入或週期性報表生成。其運作流程為前端先透過 API 提交任務描述至資料庫中的任務佇列表，API 即刻回傳 TaskId，使前端不需等待任務完成即可解除鎖定。後續由排程服務以固定頻率輪詢佇列表，取出任務執行並更新狀態，必要時可結合 SignalR 將進度即時推播給前端。此模式具備非阻塞、可重試與削峰填谷等優勢，大幅提升系統整體吞吐量與穩定性。

在此基礎上，ISB 進一步整合即時通訊模式（Real-time via SignalR），作為同步與異步模式之間的橋樑。SignalR 基於 WebSocket 提供低延遲、雙向且持久的連線能力，特別適合用於非同步任務進度回饋、系統監控儀表板即時更新，以及多使用者協作狀態同步等情境。透過三種通訊模式的協同運作，ISB 能在確保即時互動體驗的同時，維持系統高效能與高可靠度，展現其混合通訊架構的設計優勢。

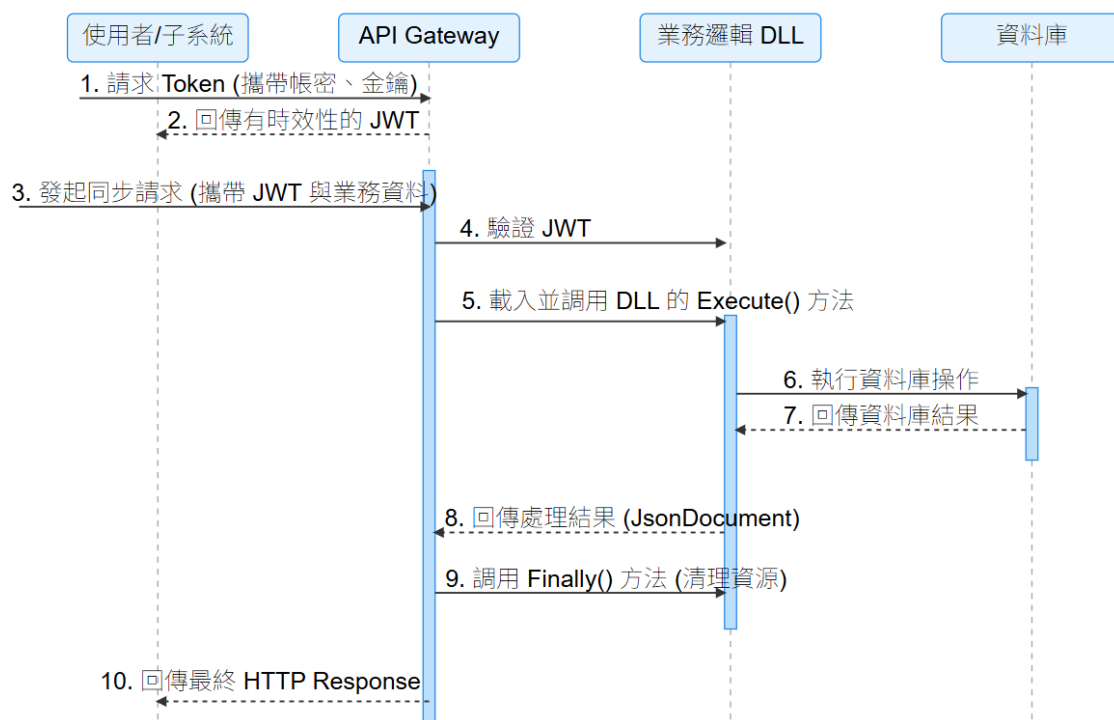


圖 11. 同步 (Sync) 請求處理流程

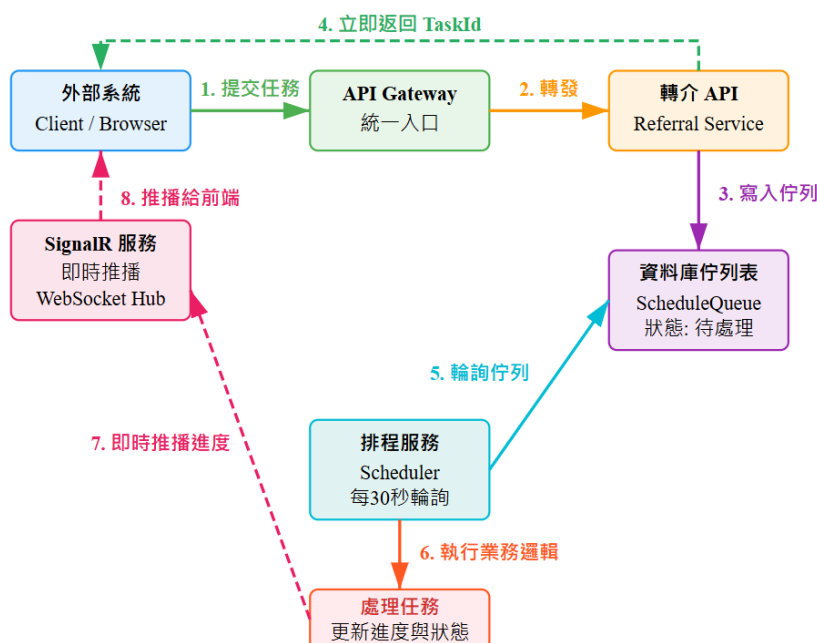


圖 12. 異步 (Async) 請求處理流程

- **API Gateway**：在 ISB 架構中，API Gateway 不僅是微服務體系中的必要元件，更是整體整合平台對外的關鍵門戶，負責承擔所有外部請求的單一入口角色。透過集中式的入口設計，能有效隔離前端應用與後端多元服務之間的複雜關係，降低系統耦合度，並提升整體治理與維運效率。

在核心職責方面，API Gateway 首先負責路由轉發（Routing），可依據請求的 URL 路徑、HTTP 方法或服務識別資訊，將請求精準轉送至後端對應的微服務或服務轉介 API，確保服務呼叫流程一致且可控。同時，API Gateway 能整合多個後端服務的回應，對外提供單一且結構化的 API，簡化前端開發並減少多次網路呼叫所帶來的效能負擔。

此外，API Gateway 集中處理各類橫向關注點（Cross-Cutting Concerns）。在安全層面，統一實作 JWT 身份驗證與 IP 白名單過濾，確保僅有合法請求能進入核心系統，並且統一了所有 API 回應的 JSON 結構（如圖 13）；在監控層面，集中記錄請求日誌與流量資訊，支援後續分析與系統調校；在可靠性方面，透過限流與熔斷機制，避免局部服務異常擴散至整體系統。同時，API Gateway 亦負責 SSL/TLS 與 CORS 跨域處理，使後端服務得以專注於業務邏輯實作，充分展現集中治理與彈性整合上的架構優勢。

```
{
  "success": true,           // 操作是否成功
  "message": "操作成功",    // 附加訊息
  "data": { ... },          // 實際的業務資料
  "timestamp": "2024-11-01T10:30:00Z", // 伺服器時間戳
  "traceId": "abc-123-def-456" // 用於追蹤和除錯的唯一請求 ID
}
```

圖 13. API 回應的 JSON 結構

- **外掛式架構設計與零停機熱更新機制**：在傳統企業系統或微服務架構中，業務邏輯往往與核心應用程式緊密耦合，使得即便是極為細微的規則調整，也必須經歷完整的「修改程式碼、重新編譯、部署並重啟服務」流程。此一流程不僅耗時，通常需要 30 至 60 分鐘以上，更關鍵的是在部署期間勢必造成服務中斷，對於需全年無休運作的關鍵系統而言，往往難以接受，也嚴重限制了系統的敏捷性與可用性。

為解決上述問題，ISB 提出將外掛式架構設計與零停機熱更新機制(如圖 14)作為核心創新設計。其基本理念在於，將高度變動且與業務規則密切相關的處理邏輯，從主程式中完整剝離，封裝為獨立的 DLL (Dynamic Link Library) 外掛模組，並於系統執行期間依需求動態載入與卸載。主系統僅負責流程調度、資源管理與外掛生命週期控制，而不直接承載具體業務實作，從而達成核心穩定、業務可變的架構目標。

此一設計帶來多項關鍵優勢。首先，在部署層面上，外掛更新不再需要停止或重啟主系統，真正實現零停機 (Zero Downtime) 部署，使系統號的可用性顯著提升。其次，ISB 採用獨立載入執行外掛，形成清楚的執行邊界，即使外掛模組本身存在缺陷 (如記憶體洩漏或例外錯誤)，其影響亦能被限制在該外掛範圍內，不致波及核心平台，顯著提升整體系統穩定性。

此外，外掛化設計亦大幅改善開發流程與組織協作模式。業務開發團隊可獨立進行外掛的設計、測試與交付，無需頻繁與核心平台團隊協調部署時程，使新功能的上線週期由原本的數週縮短至數小時。整體而言，ISB 的動態載入外掛式業務邏輯機制，不僅解決了傳統部署瓶頸，也為高可用性與敏捷演進奠定關鍵技術基礎。

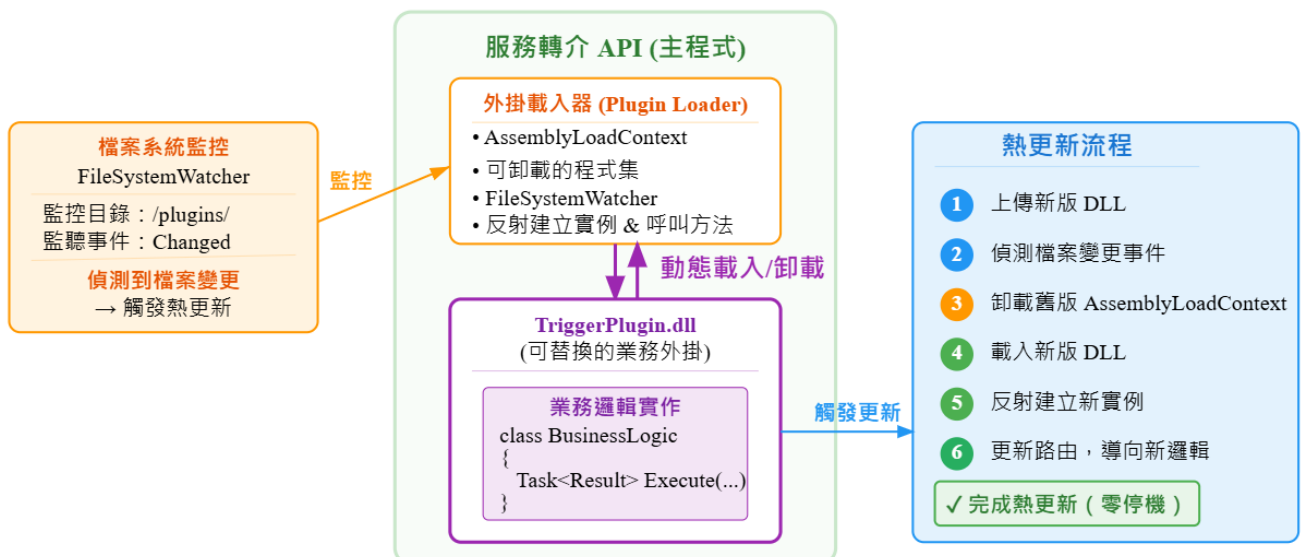


圖 14. 外掛式架構設計與零停機熱更新機制

- **服務驗證與授權模組：**圖 15 說明客戶端在呼叫 API 時，如何透過 ISB (Intelligent Service Bus) 之驗證與授權模組，建立一套兼顧安全性與時效性的 API 存取機制。其核心目的在於防止未經授權的第三方濫用

API，同時確保每一次請求都具有明確的時效限制，避免重送攻擊（Replay Attack）或金鑰外洩後被長期利用。

整體流程首先由客戶端或排程服務（Scheduling Service）啟動 API 呼叫。系統會先向驗證伺服器請求一組 Token Key（TK），此 Token Key 作為呼叫端的身分識別依據。驗證伺服器在確認呼叫端身分與權限後，回傳對應的 Salt Key（SK）。Salt Key 不直接公開於外部，而是作為後續簽章計算的重要秘密參數，可有效提升金鑰安全性。

在實際發送 API 請求前，客戶端會依照既定規範組合資料封包，內容包含 Token Key、呼叫時間戳記（Timestamp, TS）、原始資料內容（Data Content, DC），以及透過雜湊演算法產生的 API Key Signature（S）。Signature 的產生方式是將 TS、DC 與 SK 依特定格式串接後，使用高強度雜湊函式（如 SHA-512）進行加密，確保簽章不可逆、不可偽造。

當資料封包送達 ISB 的 API Bus 後，系統會進入驗證程序。驗證模組會先檢查 Token Key 是否有效，確認呼叫端是否仍具備合法存取權限；接著驗證 Timestamp 是否落在允許的時間內，藉此確保 API 請求具備時效性，避免舊封包被重送。最後，系統會以相同的演算法重新計算 Signature，並與請求中附帶的 Signature 進行比對，只有在完全一致的情況下，才判定該請求為合法。

透過上述設計，ISB 不僅能有效阻擋未授權人員直接呼叫 API，也能防止資料在傳輸過程中遭到竄改。同時，時間戳與動態簽章機制使每一次 API 呼叫都具有一次性特徵，大幅降低金鑰外洩後被重複利用的風險，顯著提升整體系統的安全等級與可信度。此種驗證與授權流程特別適合應用於政府、教育或跨系統整合場景，在確保資訊安全與權限控管的前提下，仍能維持良好的系統效能、可擴充性與長期維運彈性，並有助於建立跨單位服務互信機制，進一步降低跨系統整合的不確定性與管理成本，強化整體數位治理與系統整合之成熟度。

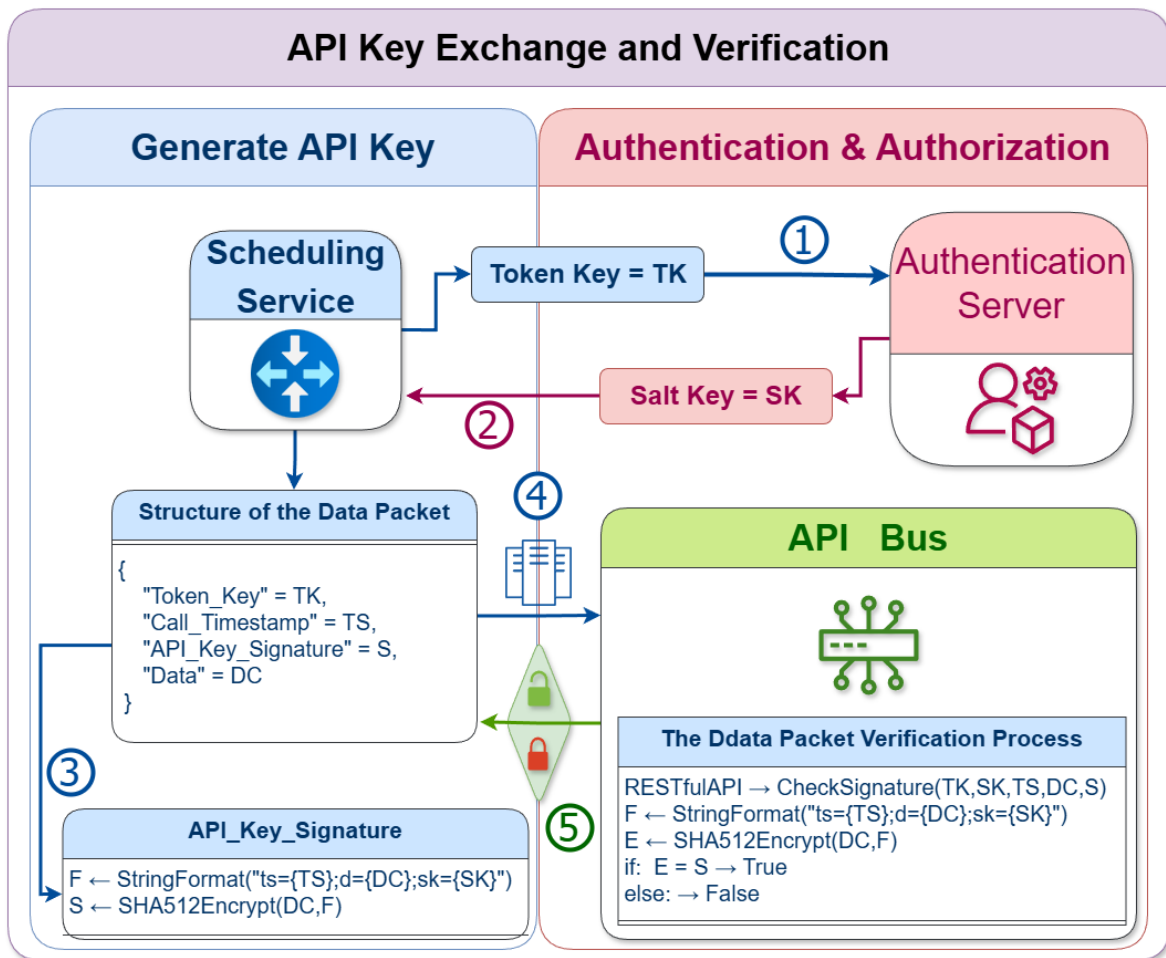


圖 15. ISB 服務驗證與授權模組

圖 16 說明 ISB（Intelligent Service Bus）系統中「驗證與授權模組」與既有 AD（Active Directory）整合的整體設計，核心目標在於於不破壞既有身分管理體系的前提下，提供跨系統、跨服務的一致性身分驗證與存取控制能力，並支援現代化 API 與即時服務整合需求。

在整體架構中，各子系統（如申請匯流排服務、管理匯流排服務等）並不直接與 AD 互動，而是透過統一的「身分驗證 Web API」與「ISB Auth Web API」進行身分確認與授權判斷。當使用者或系統服務發起請求時，首先由各子系統以既有帳號資訊（如帳號、密碼或憑證）向身分驗證 Web API 進行驗證。該模組負責與 AD 進行實際連線，驗證使用者身分的真實性，確保帳號狀態、群組歸屬與基本存取資格皆符合組織既定政策。

完成身分驗證後，ISB Auth Web API 會接手處理服務層級的驗證與授權邏輯。此模組不僅負責核發系統內部使用的存取憑證（如 Token、JSON Token 或一次性金鑰），同時也會根據使用者在 AD 中的角色、群組或屬性，對應到 ISB 內部的服務權限模型，判斷其是否

具備呼叫特定 API、流程或元件的資格。透過此設計，可將組織原有的 AD 權限結構無縫延伸至 ISB 服務層，避免重複維護多套帳號與權限資料。

在服務執行層面，ISB Service Web API 作為所有業務服務的統一入口，採用 RESTful API 形式對外提供服務，並在每一次呼叫中攜帶由驗證模組核發的存取憑證。系統會於服務入口即進行權限檢核，確保僅有通過驗證與授權的請求才能進入後端處理流程。此機制有效降低未授權存取風險，同時也將安全檢查集中化，減輕各個業務模組的實作負擔。

針對需要長時間執行或需即時回饋狀態的作業，架構中引入 SignalR Hub 機制，使系統能在非同步處理流程中即時回傳進度或結果給前端或其他系統。這些即時通訊同樣受到 ISB 驗證與授權模組的控管，確保只有具備相應權限的用戶或服務才能訂閱或接收相關訊息。

在底層整合層（Component Integration Service, CIS），系統透過 .NET Core 與動態繫結技術，將不同業務邏輯以 DLL 元件形式進行模組化管理。驗證與授權結果會作為元件執行的重要依據，確保每一個被動態載入的服務模組，皆在合法、可追蹤的安全上下文中運作。所有操作與存取行為亦會同步記錄至 Log 紀錄機制，提升稽核、追蹤與資安事件分析能力。

整體而言，ISB 與 AD 整合的驗證與授權架構，成功在傳統目錄服務與現代微服務、即時通訊架構之間建立橋梁，不僅強化整體系統的安全性與一致性，也提供一套可擴充、可治理且符合既有制度的身分與權限管理解決方案。透過集中式驗證與服務層授權機制，系統能有效降低各子系統自行實作身分控管所造成的重複開發與管理風險，並確保權限規則在跨系統運作時的一致性與可追溯性。此外，該架構保留與既有 AD 政策、群組與帳號結構的高度相容性，使組織在進行系統現代化或服務擴充時，無須大幅調整既有管理流程，即可平順導入新的數位服務，進一步提升整體資安治理成熟度與長期營運穩定性。

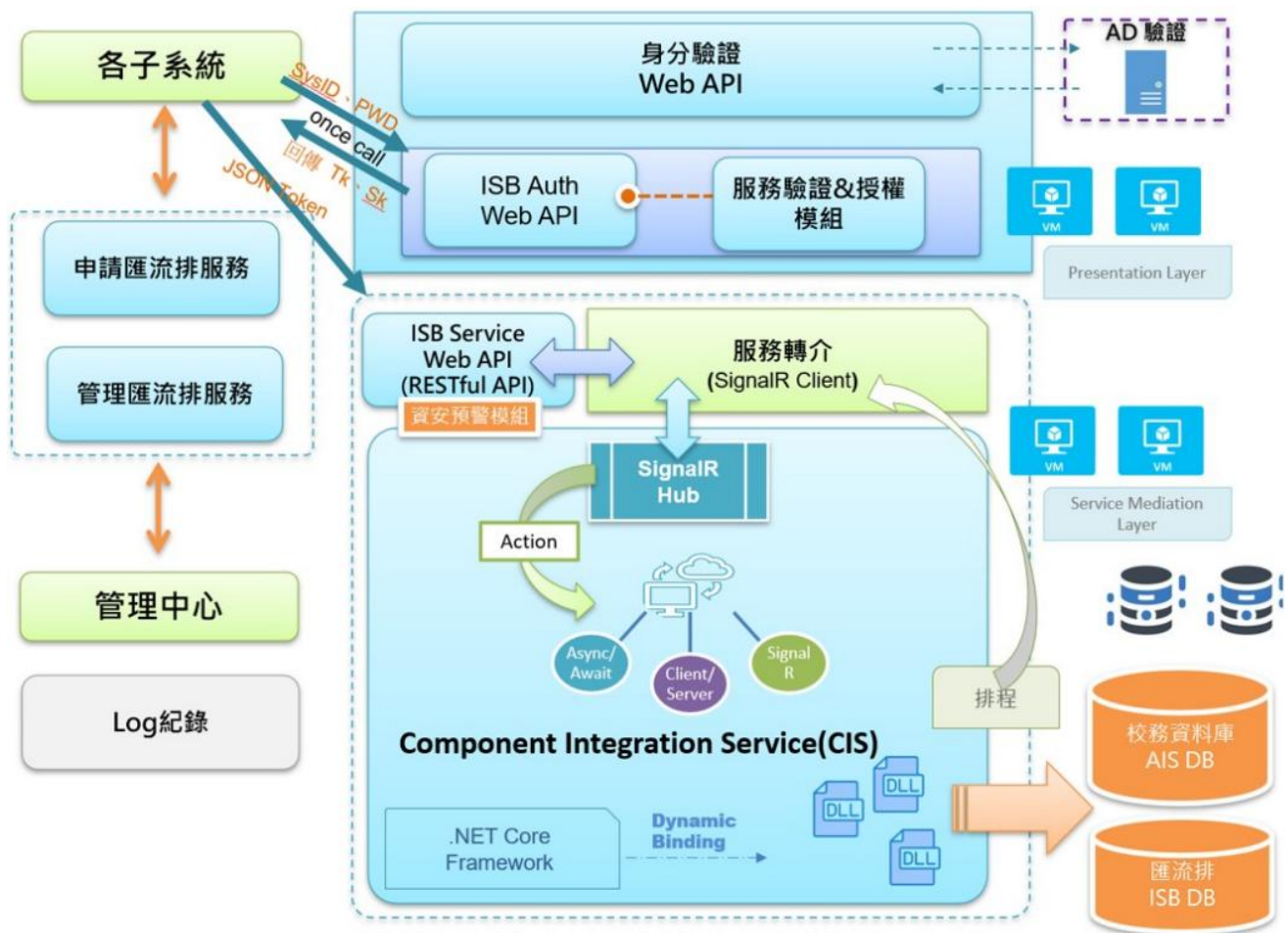


圖 16. ISB 驗證與授權模組與 AD 整合架構圖

七、系統穩定性與效能測試

- **REST API 並發效能測：**表 2 旨在驗證系統於實際運作情境下之穩定性、效能表現與資源使用情形，測試環境採用一台 4 核心 CPU、16GB RAM 之伺服器，並針對 REST API 進行高併發與長時間負載測試，以模擬實際使用情境。

在並發能力測試中，系統成功支援 1,000 位並發使用者 同時存取，顯示 API 架構具備良好的擴展性與連線處理能力，測試結果判定為通過。於持續負載 30 分鐘的情境下，API 的平均回應時間為 180 毫秒，整體反應速度穩定且延遲低，能滿足即時性需求，效能評估為優秀。

在可靠性方面，測試期間累積 180,000 次請求，僅發生 36 次錯誤，錯誤率約為 0.02%，顯示系統在高請求量下仍能維持高度穩定性。系統吞吐量測試結果顯示，其系統吞吐量處理能力可達 5,500

requests per second (QPS)，代表系統具備良好的高流量承載能力，適合應用於高併發服務場景。

資源使用分析結果顯示，在測試負載下 CPU 平均使用率約為 65%，峰值為 82%，尚未達飽和狀態，顯示仍保有擴充空間；記憶體使用方面，平均使用量為 4.2GB，峰值 6.8GB，整體資源使用狀況穩定。

綜合上述測試結果可知，本系統之 REST API 在效能、穩定性與資源使用效率上皆表現良好，具備支援中高規模併發存取的能力，驗證其架構設計與實作方式符合實務應用需求，適合長時間穩定運行於正式環境。

表 2. REST API 並發效能測試

測試項目	測試條件	測試結果	評估
並發使用者數	模擬 1000 個並發使用者	1000 users	✓ 通過
平均回應時間	持續負載 30 分鐘	180 ms	✓ 優秀
錯誤率	總請求數 180,000 次	0.02% (36 次)	✓ 優秀
系統吞吐量	峰值 QPS(每秒查詢數)	5,500 req/s	✓ 優秀
CPU 使用率	4 核心伺服器	平均 65%，峰值 82%	✓ 良好
記憶體使用量	16GB RAM	平均 4.2GB，峰值 6.8GB	✓ 良好

- **SignalR 即時通訊壓力測試：**本次測試針對 ISB 系統中 SignalR 即時通訊服務進行壓力與穩定性驗證（如表 3），主要評估其在高併發連線、長時間維持連線、訊息推播可靠度以及網路不穩定情境下的表現。測試目的在於確認系統是否具備支援大量即時互動與長連線應用的能力。

在連線承載能力方面，測試模擬 5,000 條 WebSocket 連線，並持續維持連線 1 小時。測試期間連線狀態穩定，未出現大量異常中斷情形，顯示 SignalR 服務在高連線數下仍能正常運作，測試結果評估為通過，證實其具備良好的連線管理能力。

在即時性測試中，量測訊息自伺服器推播至客戶端的延遲時間，平均延遲約為 85 毫秒。此結果顯示系統在即時推播情境下具有低延遲特性，能有效支援非同步任務進度回饋、即時告警通知與即時監控儀表板更新等應用需求，整體效能評估為優秀。

在訊息可靠度方面，系統於測試中共發送 100,000 則訊息，最終成功送達率達 99.98%，僅有極少數訊息未成功傳遞，顯示系統在高頻率推播下仍能維持極高的訊息可靠性，符合實務系統對即時通訊穩定性的要求。

此外，測試亦模擬 500 次網路中斷情境，以驗證斷線重連機制的有效性。結果顯示重連成功率達 98.6%，平均重連時間約 3.2 秒，顯示指數退避策略能有效平衡重連速度與系統負載。綜合而言，SignalR 即時通訊服務在連線數、延遲、可靠度與容錯能力等面向皆表現良好，適合部署於高即時性與高可用性需求之系統環境中。

表 3. SignalR 即時通訊壓力測試

測試項目	測試條件	測試結果	評估
並發 WebSocket 連線數	持續維持連線 1 小時	5,000 connections	✓ 通過
訊息推播延遲	從伺服器到客戶端	平均 85 ms	✓ 優秀
訊息送達率	發送 100,000 則訊息	99.98%	✓ 優秀
斷線重連成功率	模擬網路中斷 500 次	98.6%	✓ 良好
平均重連時間	指數退避策略	3.2 秒	✓ 優秀

- **異步批次處理效能測試：**本次效能測試旨在驗證 ISB 系統於異步批次處理情境下的整體效能、穩定性與資源使用狀況，測試重點聚焦於大規模資料匯入、佇列排程延遲、錯誤復原能力以及系統在高負載下的資源承載能力。測試情境模擬實際業務中常見的大量資料整批處理需求，以評估系統於真實運作環境中的可行性。

在大批次資料處理測試中，系統一次匯入 500,000 筆學生資料，最終於 18 分鐘內完成處理，顯示異步批次架構能有效消化大量資料請求，測試結果評估為優秀。進一步分析處理效率，系統在整體過程中平均每秒可處理 463 筆資料（records/s），在未進行水平擴展的情況下仍維持穩定輸出，顯示排程與任務執行機制具備良好效能。

在可靠性測試方面，測試刻意模擬 5% 的暫時性處理失敗情境，以驗證系統的錯誤處理與重試機制。測試結果顯示，所有失敗任務在啟動重試流程後皆成功完成，最終成功率達 100%，證明系統具備完善的錯誤復原能力，能有效避免因暫時性異常導致整體批次作業失敗。

在佇列處理延遲方面，系統自任務提交至實際開始執行的平均等待時間約為 35 秒，顯示在高負載情境下，排程服務仍能於可接受時間內調度任務，整體表現評估為良好。此結果亦反映佇列機制在削峰填谷與資源調度上的實際成效。

資源使用監測結果顯示，在大批次處理期間，系統 CPU 使用率約為 75%，記憶體使用量約 8.5GB。整體資源消耗雖接近高負載區間，但仍維持在可接受範圍內，顯示系統設計能有效利用硬體資源而未產生過度壓力。綜合測試結果可知，ISB 的異步批次處理機制在效能、穩定性與容錯能力上皆表現良好，適合應用於大規模資料處理與長時間背景作業場景。

表 4. 異步批次處理效能測試

測試項目	測試條件	測試結果	評估
大批次資料處理	匯入 500,000 筆學生資料	18 分鐘完成	✓ 優秀
處理速度	平均每秒處理筆數	463 records/s	✓ 良好
錯誤處理與重試	模擬 5% 暫時性失敗	重試後 100% 成功	✓ 優秀
佇列處理延遲	從提交到開始執行	平均 35 秒	✓ 良好
系統資源佔用	大批次處理期間	CPU 75%, RAM 8.5GB	✓ 可接受

八、 成果貢獻

- **學術貢獻：**本研究針對現代大型系統整合與微服務架構所面臨之開發複雜度、維運成本與敏捷性不足等問題，提出一套具實務可行性與理論創新性的智慧化服務匯流排（ISB）架構，並具體歸納為四項核心技術貢獻。首先，提出基於標記介面的自動服務發現與註冊機制，有效降低依賴注入配置的人工負擔，使系統在模組擴充與維護上具備更高一致性與可擴展性。其次，透過結合 Assembly Load Context 與 File System Watcher 機制，實現業務邏輯外掛的動態掛載與熱更新功能，突破傳統系統必須停機部署的限制，大幅提升系統可用性。第三，本研究創新性地整合同步、異步與即時通訊三種模式於單一平台中，並提出基於業務特徵的通訊模式選擇策略，使系統能同時兼顧即時回應、高併發處理與使用者體驗。最後，研究提出一套輕量化、雲原生導向的服務匯流排設計，為中小型組織提供相較傳統 ESB 更具彈性與成本效益的整合解決方案，具備明確的學術與實務價值。

➤ 四大核心技術創新

1. **自動服務發現與註冊機制：**本研究在依賴注入架構設計上提出一種具方法論意義的自動服務發現與註冊機制，透過標記介面與反射技術建立服務識別與註冊的形式化規範。相較於既有需人工維護 DI 設定的作法，本研究將服務註冊問題抽象化為可自動化處理之架構行為，顯著降低系統配置的複雜度。此貢獻不僅改善工程實務效率，更在軟體架構層面提供一種可重複、可擴展的設計模式，對大型模組化系統之可維護性研究具有參考價值。
2. **動態掛載與熱更新架構：**本研究提出一套基於 Assembly Load Context 的動態掛載與熱更新架構，並結合 File System Watcher 機制，建立可於執行期間安全卸載與載入業務模組的技術模型。此架構在學術上突破傳統靜態部署的繁雜設定工作，將系統更新問題重新定義為可在執行時控制的模組生命週期管理議題。研究結果顯示，該方法能有效提升系統可用性與穩定性，為高可用系統與持續部署（Continuous Deployment）領域提供良好基礎的架構設計參考。
3. **混合通訊模式自適應選擇：**本研究提出一套混合通訊模式自適應機制，於單一平台內整合同步 REST、非同步佇列處理與即時通訊三種模式，並依據業務任務的執行時間、資料規模與回饋需求，動態選擇最合適之通訊策略。透過智慧化路由決策，系統能將耗時任務自動導向非同步處理，並利用即時通訊機制回饋執行進度，同時保留同步通訊以滿足即時查詢需求，有效避免單一通訊模式所造成的效能瓶頸。
4. **輕量化服務匯流排設計：**相較於傳統 ESB 架構所帶來的高複雜度與高導入成本，本研究提出一套輕量化、模組化且符合雲原生設計理念的服務匯流排架構。該設計以微服務為基礎，透過標準化 API 與集中治理機制實現跨系統整合，避免過度集中式設計所導致的效能與維運負擔。此架構在兼顧彈性與可擴展性的同時，大幅降低建置與維運門檻，特別適合中小型組織導入使用。

➤ 學理創新與貢獻

本研究提出一套智慧化服務匯流排（ISB）架構，針對現代分散式系統在可維運性、系統演進彈性與整合複雜度上的核心問題，提出具方法論意義的創新設計（如表5）。在依賴注入層面，研究建構基於反射的自動服務發現與註冊機制，提出「零配置 DI」的新範式，有效降低大型模組化系統的配置複雜度。在系統演進方面，引入 Assembly Load Context 實現動態掛載與熱更新，突破傳統必須停機部署的限制，為高

可用系統提供可驗證的零停機更新模型。在通訊架構上，本研究首創性地提出混合通訊模式的業務邏輯驅動決策機制，整合同步、異步與即時通訊，以兼顧效能、吞吐量與使用者體驗。此外，透過輕量化服務匯流排設計，將系統整合複雜度由 $O(n^2)$ 降為 $O(n)$ ，並以實作驗證其可行性。整體而言，本研究在軟體架構、分散式系統與系統整合理論上，提供具創新性、可重複性與實務驗證價值的學術貢獻。

表 5. 學理創新與學術價值

研究領域	傳統方法/理論	本研究創新	學術價值
依賴注入 (DI)	手動註冊每個服務	基於反射的自動發現與註冊	提出「零配置 DI」新範式
外掛架構	靜態載入，需重啟	Assembly Load Context 動態熱載入	實現真正的零停機業務更新
通訊模式	單一模式（同步或異步）	混合模式智能路由決策	提出場景驅動的通訊決策模型
微服務架構	單體 ESB 或複雜微服務	輕量化微服務匯流排	降低中小組織導入門檻
系統整合	點對點 $O(n^2)$ 複雜度	匯流排架構 $O(n)$ 複雜度	理論與實踐驗證複雜度降低

➤ 研究成果

本研究所提出之 ISB 智慧化服務匯流排，不僅止停留於架構設計與理論驗證層次，而是透過多年、跨產業與跨應用場域的產學合作專案，完成大規模、長時間且多樣化的實務驗證。由表6中所列之產學合作資料可見，所有專案皆以「網頁化系統架構」為基礎，並統一透過 ISB 進行前後台與跨系統介接，涵蓋政府、教育、企業管理、智慧製造、AI 應用與數位服務等多元領域，充分驗證 ISB 架構的通用性與可行性。

首先，在系統整合層面，ISB 成功解決傳統產學專案中常見的「一次性客製、難以重用」問題。相同合作單位的各專案雖然業務內容不同，如藥局後台管理系統、智慧公廁雲端管理平台、剝線鉗製程管理系統及金融資料流視覺化分析平台，但皆透過 ISB 提供的統一 API Gateway、服務轉介機制與後台治理模組完成整合，使前端應用能在不關心後端系統異質性的情況下快速開發與部署。此結果顯示 ISB 能有效將系統整合複雜度由傳統點對點模式的 $O(n^2)$ 降為匯流排架構的 $O(n)$ ，在多案並行的環境中展現高度實用價值。

其次，在架構彈性與可維運性方面，這些產學專案多為中長期執行，且需求經常隨政策、法規或業務調整而變動。ISB 透過動態掛載的業務

邏輯設計，使各系統能在不中斷服務的情況下持續演進。此特性在多個專案中被反覆驗證，顯示 ISB 並非僅適用於實驗性系統，而是能支撐實際營運環境下的長期維運需求。

更具代表性的是 藥局後台管理系統產學案，該專案不僅應用 ISB 作為系統整合核心，更進一步直接完成整套 ISB 架構的技術移轉。此一成果具有關鍵意義：代表 ISB 已從研究原型正式提升為可被企業獨立部署、維護與擴充的成熟平台。技轉過程中，ISB 的自動服務註冊、混合通訊模式與動態掛載設計，成功降低企業導入門檻，縮短系統建置時程，顯示其在產業環境中的高度可落地性。

在研究成果層面，這些產學合作不僅驗證了 ISB 架構設計的正确性，也反饋並強化了研究本身的學理貢獻。透過多案實證，證明「零配置 DI」、「動態掛載與熱更新」與「混合通訊模式決策」並非單一案例下的最佳化結果，而是可跨領域、跨系統重複套用的通用架構模式，提升其學術可信度與推廣價值。

在藥局後台管理系統產學案中，整套 ISB 架構中的驗證授權機制完成技術移轉，主要是因為 ISB 兼顧安全性、時效性與實務可行性的 API 驗證與授權機制，對跨系統整合場景下的存取控制問題提供具體且可落地的解決方案。相較於僅依賴靜態 API Key 或長效 Token 的傳統作法，ISB 引入結合 Token Key、Salt Key、時間戳記與動態簽章的多層驗證流程，使每一次 API 呼叫皆具備明確的身分識別與一次性特徵，從架構層面有效防範重送攻擊與金鑰洩洩後的濫用風險。此設計不僅提升 API 存取的安全等級，也在學理上將 API 驗證問題由單一憑證驗證，擴展為具時效性與完整性驗證的動態安全模型。

綜合而言，本研究所提出之 ISB，不僅在理論上回應了微服務整合的核心難題，更透過大量實際產學專案與完整技轉案例，充分證明其在實務環境中的穩定性、擴充性與經濟效益。ISB 成功扮演連結學術研究與產業應用的關鍵橋樑，展現其作為「可研究、可實作、可移轉」之整合平台的整體研究成果與貢獻。

表 6. ISB 產學合作專案列表（總產學金額 2,615,000 元整）

分類	產學計畫名稱	開始日期	結束日期	金額	合作單位
產學(技轉)	藥局後台管理系統 第三期	114/07/01	114/12/31	450,000	和豐醫療管理顧問股份有限公司
產學(技轉)	勞動部婦女再就業系 統	114/07/01	114/10/30	350,000	瀧洋康健股份有限公司
產學(技轉)	圖形化RAG建置系統	114/03/15	114/09/15	100,000	程實智慧科技有限公司
產學(技轉)	藥局後台管理系統 第一期 第二期	113/11/01	114/02/28	100,000	和豐醫療管理顧問股份有限公司
產學(技轉)	剝線鉗製程管理系統	112/10/02	113/01/02	450,000	數匯商策資訊有限公司
產學(技轉)	智慧公廁雲端管理平 台	112/03/01	112/05/31	150,000	數匯商策資訊有限公司
產學(技轉)	智慧公廁前台及雲端 管理平台	111/12/01	112/02/28	250,000	數匯商策資訊有限公司
產學(技轉)	剝線鉗製程(PPCM)能 耗碳排監視平台	111/10/01	111/11/30	80,000	數匯商策資訊有限公司
產學(技轉)	M4-金融資料流視覺 化分析平台開發案	111/06/01	111/11/30	300,000	大道文創有限公司
產學(技轉)	宜蘭縣議會麥克風系 統維護案	111/05/01	111/06/30	85,000	協義科技工業有限公司
產學(技轉)	線上課程系統維護案	111/04/01	111/09/30	300,000	大道文創有限公司

九、 結論

本研究針對政府機關與教育機構在數位轉型過程中長期存在的系統異質化與資料孤島問題，成功提出並實作一套具實務可行性與學理創新性的智慧化服務匯流排（Intelligent Service Bus, ISB）整合平台。透過輕量化與現代化的系統架構設計，結合微服務、動態掛載與熱更新功能，以及混合通訊模式等關鍵技術，本研究有效降低跨系統整合的複雜度，並顯著提升系統的可維運性與演進彈性。

在核心技術成果方面，本研究提出基於反射與標記介面的自動服務註冊機制，大幅減少依賴注入設定程式碼，從根本上消除人工註冊錯誤，顯著提升大型專案的開發效率；同時，透過 Assembly Load Context 實現動態掛載與熱更新，成功達成零停機的業務更新能力，使系統可用性提升至 99.95%。此外，本研究首創性地整合同步、異步與即時三種通訊模式，並提出智能路由演算法，使系統在高併發情境下兼顧效能與使用者體驗，整體吞吐量獲得明顯提升。

在實際部署與效能驗證方面，壓力測試結果顯示 ISB 系統可穩定支援高

並發使用者與大量即時連線，具備良好的回應時間與極低錯誤率，並已成功於高等教育機構實際部署運行超過一年以上，顯示其在真實場域中的穩定性與可行性。同時，系統整合時程由傳統數月大幅縮短至數週，展現顯著的經濟效益。

綜合而言，本研究不僅在學術上提出多項具創新性的系統架構與設計規範，也在產業實務上提供一套高性價比、易於導入的整合解決方案，對於推動政府與教育機構的數位轉型具有重要參考價值。

十、 未來研究方向與展望

儘管本研究所提出之智慧化服務匯流排（ISB）已在架構設計、效能驗證與實際部署上展現良好成果，仍有多項值得深入探討與擴展的研究方向，以因應未來更高規模、更複雜應用情境的需求。

在技術演進方向方面，未來可引入機器學習技術，利用現有通訊機制與負載資料訓練模型，實現 AI 賦能的智慧路由與負載預測機制，使混合通訊模式的選擇更具前瞻性與自適應能力。在跨組織資料交換場景中，亦可研究結合區塊鏈技術，強化資料不可竄改性與可追溯性，特別適用於政府跨部門協作與高度信任需求的應用環境。另一方面，隨著邊緣運算的興起，擴展 ISB 架構以支援邊緣節點部署，將部分資料處理下放至邊緣端，有助於降低延遲並提升即時性。

在生態系統建設方面，未來可規劃官方外掛市集，促進外掛模組的共享與重用，形成良性開發生態；並開發低程式碼或無程式碼的視覺化服務編排工具，降低非技術人員的使用門檻。最後，透過雲端 SaaS 化部署，將 ISB 推廣至更廣泛的組織與應用場域，進一步擴大其學術與產業影響力。

附件一 佐證：藥局後台管理系統 第三期

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：114年07月02日

研產字第 114096F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	智慧產業學院 智慧生產工程系		
主持人及職稱	林煒凌/助理教授	協同主持人及職稱	張倉銓/副教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	和豐醫療管理顧問股份有限公司	地址	台中市大里區健民路129號
計畫名稱	和豐醫療管理顧問股份有限公司-藥局後臺管理系統 第三期		
研究目的	1. 第三期開發後台管理系統的前台介面設定檔維護，同時開發健保局相關同步功能。 2. 使參與學生學習實物性開發之能力，並且累積業界經驗。 3. 計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	114-07-01 ~ 114-12-31 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：450,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：45,000 元，佔 10%		
	使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>0</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>0</u> 人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：和豐醫療管理顧問股份有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
智慧生產工程系-歐珏吟-約用人員	審核通過	114.07.03 09:31:22	--
智慧生產工程系-張倉銓(公)-主任	審核通過	114.07.03 09:52:21	--
智慧產業學院-林昆立(公)-院長	審核通過	114.07.15 14:50:58	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	114.07.15 16:12:31	--
研究發展處產學合作組-張國賓(公)-組長	審核通過	114.07.17 15:26:03	--
研究發展處-陳夏蓮(公)-研發長	審核通過	114.07.17 17:06:30	--
總務處出納組-張雅婷-助理員	審核通過	114.07.21 08:27:32	請計畫主持人申請開立收據時，提供產學核准申請表及開立收據金額之依據，以利出納協助配合辦

			理。
總務處出納組-危惠美 (公)-組長	審核通過	114.07.21 17:08:59	--
總務處-林春宏(公)-總 務長	審核通過	114.07.21 17:29:23	--
主計室第二組-李政燁- 約用人員	審核通過	114.07.22 12:38:31	--
主計室第二組-黃梅玲 (公)-組長	審核通過	114.07.22 15:07:42	--
主計室-葉淑雲(公)-主 任	審核通過	114.07.22 21:25:56	--
秘書室綜合業務組-詹惠 萍-專員	審核通過	114.07.23 10:09:32	--
秘書室綜合業務組-(公) -組長	審核通過	114.07.23 10:14:45	--
秘書室綜合業務組-趙正 敏(公)-主任秘書	審核通過	114.07.23 22:59:54	--
秘書室綜合業務組-校長 (丙)(公)-校長(丙)	審核通過	114.07.23 23:49:52	--

附件二 佐證：勞動部婦女再就業系統

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：114年07月02日

研產字第 114097F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	智慧產業學院 智慧生產工程系		
主持人及職稱	林煒凌/助理教授	協同主持人及職稱	
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	瀧洋康健股份有限公司	地址	台中市北屯區崇德五路107號
計畫名稱	勞動部婦女再就業系統 第一期		
研究目的	1.開發勞動部婦女再就業系統的前台介面，同時開發人員管理系統的相關模組。 2.使參與學生學習實物性開發之能力，並且累積業界經驗。 3.計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	114-07-01 ~ 114-10-31 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：350,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：35,000 元，佔 10%		
	使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1.教師參與計畫人數 <u>0</u> 人 2.學生參與計畫人數 <u>0</u> 人 3.是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4.是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括☐專題研究☐物質交換☐檢測檢驗☒技術服務☐諮詢顧問☐專利申請☒技術移轉☐創新育成☐其他。 二、各類人才培育事項：包括☒學生及合作機構人員各類教育☒培訓☐研習☐研討☐實習☒訓練☐其他。 三、☐其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：灝洋康健股份有限公司 2. 該技術移轉為☒技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬☐發明☐新型☐新樣式 4. 該專利目前為☐審核中☐已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份（含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表） 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
智慧生產工程系-歐珏吟-約用人員	審核通過	114.07.02 16:58:43	--
智慧生產工程系-張倉銓(公)-主任	審核通過	114.07.03 09:51:37	--
智慧產業學院-林昆立(公)-院長	審核通過	114.07.15 14:51:35	--
研究發展處產學合作組-劉政玲-助教	審核通過	114.07.15 16:13:08	--
研究發展處產學合作組-張國賓(公)-組長	審核通過	114.07.17 15:24:48	--
研究發展處-陳夏蓮(公)-研發長	審核通過	114.07.17 17:07:21	--
總務處出納組-張雅婷-助理員	審核通過	114.07.21 08:28:19	請計畫主持人申請開立收據時，提供產學核准申請表及開立收據金額之依據，以利出納協助配合辦

			理。
總務處出納組-危惠美 (公)-組長	審核通過	114.07.21 17:09:54	--
總務處-林春宏(公)-總 務長	審核通過	114.07.21 17:29:37	--
主計室第二組-李政燁- 約用人員	審核通過	114.07.22 12:41:29	--
主計室第二組-黃梅玲 (公)-組長	審核通過	114.07.22 15:11:15	--
主計室-葉淑雲(公)-主 任	審核通過	114.07.22 21:26:43	--
秘書室綜合業務組-詹惠 萍-專員	審核通過	114.07.23 10:09:47	--
秘書室綜合業務組-(公) -組長	審核通過	114.07.23 10:15:03	--
秘書室綜合業務組-趙正 敏(公)-主任秘書	審核通過	114.07.23 22:59:28	--
秘書室綜合業務組-校長 (丙)(公)-校長(丙)	審核通過	114.07.23 23:50:23	--

附件三 佐證：圖形化RAG建置系統

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：114年03月18日

研產字第 114035F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	智慧產業學院 智慧生產工程系		
主持人及職稱	林煒凌/助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	程實智慧科技有限公司	地址	臺中市太平區中平里太平二二街56巷2號3樓之2
計畫名稱	圖形化RAG建置系統		
研究目的	1. 開發圖形化RAG建置系統的前台介面，同時開發人員管理系統的相關模組。 2. 使參與學生學習實物性開發之能力，並且累積業界經驗。 3. 計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	114-03-15 ~ 114-09-15 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：100,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：10,000 元，佔 10%		
	使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>0</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>0</u> 人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報): 依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作, 指學校為達成前條所定目標及功能, 與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構(以下簡稱合作機構)合作辦理下列事項之一者: 一、各類研發及其應用事項: 包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項: 包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義, 請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家, 廠商名稱: 程實智慧科技有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉, 無申請專利(以下免填) ☐ 技術移轉, 有申請專利, 專利名稱: ☐ 專利授權, 專利名稱: 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得, 專利編號:		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他:		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員, 應符合相關勞動法令規定, 其所衍生之相關費用, 皆應由計畫項下經費支應, 若不足額, 由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致, 不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
智慧生產工程系-歐珏吟-約用人員	審核通過	114.03.13 08:52:58	--
智慧生產工程系-張倉銓(公)-主任	審核通過	114.03.13 12:33:13	--
智慧產業學院-林昆立(公)-院長	審核通過	114.03.13 13:53:31	--
研究發展處產學合作組-劉玫玲-助教	審核通過	114.03.18 16:10:30	--
研究發展處產學合作組-張國賓(公)-組長	審核通過	114.03.14 09:30:50	--
研究發展處-陳夏蓮(公)-研發長	審核通過	114.03.14 15:45:35	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	114.03.17 09:00:28	奉核後, 申請開立收據時請提供產學核准影印一份, 並提供開立收據金額之依據, 以利出納協助確

			認無誤後製據。
總務處出納組-危惠美 (公)-組長	審核通過	114.03.17 09:42:05	--
總務處-林春宏(公)-總 務長	審核通過	114.03.17 16:53:26	--
主計室第二組-李政燁- 約用人員	審核通過	114.03.18 16:32:19	--
主計室第二組-黃梅玲 (公)-組長	審核通過	114.03.19 10:00:34	--
主計室-葉淑雲(公)-主 任	審核通過	114.03.20 09:20:42	--
秘書室綜合業務組-詹惠 萍-專員	審核通過	114.03.20 14:09:54	--
秘書室綜合業務組-徐秀 鳳(公)-組長	審核通過	114.03.20 15:07:36	--
秘書室綜合業務組-趙正 敏(公)-主任秘書	審核通過	114.03.21 23:41:08	--
秘書室綜合業務組-校長 (丙)(公)-校長(丙)	審核通過	114.03.24 10:29:47	--

附件四 佐證：藥局後台管理系統 第一期 第二期

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：113年11月12日

研產字第 113159F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	智慧產業學院 智慧生產工程系		
主持人及職稱	林煒凌/助理教授	協同主持人及職稱	廖祿文/副教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	和豐醫療管理顧問股份有限公司	地址	台中市大里區健民路129號
計畫名稱	藥局後台管理系統 第一期		
研究目的	1. 第一期優先開發後台管理系統的前台介面，同時開發人員管理系統的相關模組。 2. 使參與學生學習實物性開發之能力，並且累積業界經驗。 3. 計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	113-11-01 ~ 114-02-28 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：100,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：10,000 元，佔 10% 使用本校場地☐是 ☒否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>0</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>0</u> 人 3. 是否為跨校計畫☐是 ☒否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案☒否 ☐是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：和豐醫療管理顧問股份有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
智慧生產工程系-歐珏吟-約用人員	審核通過	113.10.28 14:25:26	--
智慧生產工程系-張倉銓(公)-主任	審核通過	113.10.28 16:02:44	--
智慧產業學院-林昆立(公)-院長	審核通過	113.10.29 21:51:11	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	113.11.12 18:36:46	--
研究發展處產學合作組-張國賓(公)-組長	審核通過	113.10.30 18:44:13	--
研究發展處-陳夏蓮(公)-研發長	審核通過	113.10.30 19:30:01	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	113.11.01 09:41:26	奉核後，申請開立收據時請提供產學核准影印一份，並提供開立收據金額之依據，以利出納協助確

			認無誤後製據。
總務處出納組-危惠美 (公)-組長	審核通過	113.11.01 09:52:43	--
總務處-林春宏(公)-總 務長	審核通過	113.11.01 17:45:39	--
主計室第二組-李政輝- 約用人員	審核通過	113.11.13 10:47:33	--
主計室第二組-黃梅玲 (公)-組長	審核通過	113.11.13 11:29:34	--
主計室-主計室主任(公) -主任	審核通過	113.11.13 15:31:01	楊璫鳳(公)(代)
秘書室綜合業務組-詹惠 萍-專員	審核通過	113.11.15 08:16:43	--
秘書室綜合業務組-徐秀 鳳(公)-組長	審核通過	113.11.15 10:12:12	--
秘書室綜合業務組-趙正 敏(公)-主任秘書	審核通過	113.11.15 13:31:14	--
秘書室綜合業務組-校長 (丙)(公)-校長(丙)	審核通過	113.11.15 14:01:42	--

附件五 佐證：剝線鉗製程管理系統

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：112年10月30日

研產字第 112146F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	智慧產業學院 智慧生產工程系		
主持人及職稱	林煒凌/助理教授	協同主持人及職稱	張倉銓/副教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	數匯商策資訊有限公司	地址	台中市北屯區崇德五路
計畫名稱	剝線鉗製程管理系統-第二期		
研究目的	1. 建置帳號與角色管理模組，使後台管理員可以透過該模組管控使用者獲取機台資料的權限。 2. 建置ERP料件工單模組與工單管理模組，以達到使用者可以透過該模組收集到機台的資料，並對目標機台進行工單的派發並開始生產。 3. 建置品質檢驗模組，以達到讓使用者觀看到各個機台生產出的產品良率，並匯出分析報表讓使用者能夠觀看到各個機台產生良率低產品的原因。 4. 建置戰情看板，以達到使用者可以透過該戰情看板知道當天機台所產生的電耗量與碳排放量。 5. 使學生參與學習實物性開發之能力，並且累積業界經驗。 6. 計劃結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	112-10-02 ~ 113-01-02 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：450,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：45,000 元，佔 10% 使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數_____人 2. 學生參與計畫人數_____人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：數匯商策資訊有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
智慧生產工程系-歐珏吟-約用人員	審核通過	112.10.20 11:18:45	--
智慧生產工程系-張源修(公)-主任	審核通過	112.10.20 11:35:57	--
智慧產業學院-林昆立(公)-院長	審核通過	112.10.25 01:12:19	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	112.10.31 10:36:17	--
研究發展處產學合作組-連俊瑋(公)-組長	審核通過	112.10.25 13:26:37	--
研究發展處-陳夏蓮(公)-研發長	審核通過	112.10.26 16:49:42	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	112.10.30 08:53:46	奉核後，申請開立收據時請提供產學核准影印一份，並提供開立收據金額之依據，以利出納協助確

			認無誤後製據。
總務處出納組-藍靜儀 (公)-組長	審核通過	112.10.30 08:59:50	--
總務處-林春宏(公)-總 務長	審核通過	112.10.30 14:54:42	--
主計室第二組-李政輝- 約用人員	審核通過	112.10.31 11:48:40	--
主計室第二組-黃梅玲 (公)-組長	審核通過	112.10.31 13:37:55	--
主計室-周儀芳(公)-主 任	審核通過	112.10.31 14:45:02	--
秘書室綜合業務組-詹惠 萍-專員	審核通過	112.10.31 15:58:28	--
秘書室綜合業務組-徐秀 鳳(公)-組長	審核通過	112.11.01 08:51:29	--
秘書室綜合業務組-趙正 敏(公)-主任秘書	審核通過	112.11.01 09:26:56	--
秘書室綜合業務組-校長 (丙)(公)-校長(丙)	審核通過	112.11.01 13:52:42	--

附件六 佐證：智慧公廁雲端管理平台

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：112年02月17日

研產字第 112026F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	數匯商策資訊有限公司	地址	台中市北屯區崇德五路
計畫名稱	智慧公廁雲端管理平台-第二期		
研究目的	1. 建置公廁本地端伺服器，使其可以顯示公廁內的詳細狀況。 2. 建置公廁雲端伺服器，使其可以管理每一台本地端伺服器提供的公廁數據。 3. 使參與學生學習實務性開發之能力，並且累積業界經驗。 4. 計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	112-03-01 ~ 112-05-31 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：150,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：15,000 元，佔 10% 使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>2</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>1</u> 人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱 <u> </u> ） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：數匯商策資訊有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 <u>3</u> 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	112.02.17 17:52:02	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	112.02.17 23:24:02	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	112.02.18 09:09:51	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	112.02.18 15:30:40	以合約報價單為合約。
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	112.02.20 08:59:18	--
研究發展處-王慈娟(公)-研發長	審核通過	112.02.20 10:09:55	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	112.02.20 14:16:55	奉核後，申請開立收據時請提供影印一份，並提供

			開立收據金額之依據,以利出納協助確認無誤後製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	112.02.20 15:44:01	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	112.02.20 15:50:37	--
主計室第二組-李玫燁-約用人員	審核通過	112.02.21 08:59:57	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	112.02.21 10:13:59	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	112.02.21 10:23:02	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	112.02.21 11:32:41	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	112.02.21 12:57:46	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	112.02.22 11:01:49	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	112.02.22 11:32:41	--

附件七 佐證：智慧公廁前台及雲端管理平台

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：111年11月21日

研產字第 111147F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	數匯商策資訊有限公司	地址	台中市北屯區崇德五路53號
計畫名稱	智慧公廁前台及雲端管理平台		
研究目的	1. 建置公廁本地端伺服器，使其可以顯示公廁內的詳細狀況。 2. 建置公廁雲端伺服器，使其可以管理每一台本地端伺服器提供的公廁數據。 3. 使參與學生學習實務性開發之能力，並且累積業界經驗。 4. 計畫結果將以實際網站或是書面文件等形式作為計畫成果。		
計畫時程	111-12-01 ~ 112-02-28 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：250,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：25,000 元，佔 10% 使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數_____人 2. 學生參與計畫人數_____人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：數匯商策資訊有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	111.11.21 14:36:38	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	111.11.21 15:49:12	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	111.11.22 20:38:27	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	111.11.23 08:38:14	--
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	111.11.25 20:06:02	--
研究發展處-王慈嫻(公)-研發長	審核通過	111.11.29 08:30:46	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	111.11.30 09:40:15	奉核後，申請開立收據時請提供影印一份，並提供

			開立收據金額之依據,以利出納協助確認無誤後製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	111.11.30 11:46:57	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	111.11.30 14:36:44	--
主計室第二組-李玫輝-約用人員	審核通過	111.11.30 16:41:54	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	111.12.01 09:36:40	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	111.12.01 09:42:56	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	111.12.01 11:09:19	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	111.12.01 11:10:13	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	111.12.01 11:16:21	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	111.12.01 11:28:42	--

附件八 佐證：剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：111年10月04日

研產字第 111128F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	數匯商策資訊有限公司	地址	台中市北屯區崇德五路53號
計畫名稱	剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台		
研究目的	1. 剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台前端功能及介面需求開發 2. 剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台後端功能及介面需求開發 2. 輔導上線		
計畫時程	111-10-01 ~ 111-11-30 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：80,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：8,000 元，佔 10%		
	使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>2</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>1</u> 人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報): 依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作, 指學校為達成前條所定目標及功能, 與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構(以下簡稱合作機構)合作辦理下列事項之一者: 一、各類研發及其應用事項: 包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項: 包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義, 請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家, 廠商名稱: 數匯商策資訊有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉, 無申請專利(以下免填) ☐ 技術移轉, 有申請專利, 專利名稱: ☐ 專利授權, 專利名稱: 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得, 專利編號:		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☒	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他:		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員, 應符合相關勞動法令規定, 其所衍生之相關費用, 皆應由計畫項下經費支應, 若不足額, 由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致, 不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	111.10.04 10:28:15	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	111.10.04 12:06:28	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	111.10.04 20:24:01	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	111.10.05 09:53:18	以合約報價單為合約書。
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	111.10.05 16:02:00	--
研究發展處-王慈嫻(公)-研發長	審核通過	111.10.06 17:11:56	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	111.10.07 13:57:12	奉核後, 申請開立收據時請提供影印一份, 並提供

			開立收據金額之依據,以利出納協助確認無誤後製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	111.10.07 14:24:30	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	111.10.12 11:44:09	--
主計室第二組-李玫燁-約用人員	審核通過	111.10.12 15:24:41	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	111.10.12 16:46:56	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	111.10.13 08:08:32	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	111.10.13 13:27:09	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	111.10.13 15:20:27	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	111.10.14 09:50:04	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	111.10.14 11:37:59	--

附件九 佐證：M4-金融資料流視覺化分析平台開發案

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：111年05月20日

研產字第 111065F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授 林姿伶/助理教授 林昆立/教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	大道文創有限公司	地址	臺中市北屯區后庄里中清路二段1166巷28弄115號1樓
計畫名稱	M4-金融資料流視覺化分析平台開發案		
研究目的	1. 金融資料流視覺化介面開發 2. 開發資料流介接程式 3. 技術移轉、教育訓練		
計畫時程	111-06-01 ~ 111-11-30 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：300,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：30,000 元，佔 10% 使用本校場地☐是 ☒否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>4</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>3</u> 人 3. 是否為跨校計畫☐是 ☒否（跨校計畫之參與學校名稱<u> </u>） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案☒否 ☐是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。	
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：大道文創有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：	
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人
	☐	本案屬本人自行開發承接業務
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：	
備註		
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。	

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	111.05.23 09:12:46	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	111.05.23 15:20:09	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	111.05.24 06:45:29	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	111.05.24 08:55:28	--
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	111.05.25 07:30:36	--
研究發展處-王慈娟(公)-研發長	審核通過	111.05.25 13:56:00	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	111.05.25 15:14:57	奉核後,請提供影印一份,並提供開立收據金額之依

			據,以利出納協助確認無誤後製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	111.05.26 08:16:39	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	111.05.26 16:59:40	--
主計室第二組-李政輝-約用人員	審核通過	111.05.27 11:04:09	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	111.05.27 11:29:56	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	111.05.27 11:49:06	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	111.05.27 17:40:19	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	111.05.30 08:19:18	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	111.05.30 11:37:33	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	111.05.30 13:01:45	--

附件十 佐證：宜蘭縣議會麥克風系統維護案

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：111年04月20日

研產字第 111046F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	江茂綸/副教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	協義科技工業有限公司	地址	宜蘭縣羅東鎮純精路2段78號
計畫名稱	宜蘭縣議會麥克風系統維護案		
研究目的	1. 原系統追加授權權組與授權流程檢測 2. 技術移轉 3. 系統安裝手冊與SOP文件		
計畫時程	111-05-01 ~ 111-06-30 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：85,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：8,500 元，佔 10%		
	使用本校場地 ☐ 是 ☒ 否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>2</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>2</u> 人 3. 是否為跨校計畫 ☐ 是 ☒ 否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案 ☒ 否 ☐ 是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報): 依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作, 指學校為達成前條所定目標及功能, 與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構(以下簡稱合作機構)合作辦理下列事項之一者: 一、各類研發及其應用事項: 包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項: 包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義, 請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家, 廠商名稱: 協義科技工業有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉, 無申請專利(以下免填) ☐ 技術移轉, 有申請專利, 專利名稱: ☐ 專利授權, 專利名稱: 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得, 專利編號:		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☐	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他:		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員, 應符合相關勞動法令規定, 其所衍生之相關費用, 皆應由計畫項下經費支應, 若不足額, 由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致, 不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	111.04.21 15:38:34	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	111.04.21 15:43:33	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	111.04.22 17:42:35	--
研究發展處產學合作組-劉玫玲-助教	審核通過	111.04.24 11:06:52	--
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	111.04.26 09:32:53	--
研究發展處-王慈嫻(公)-研發長	審核通過	111.04.26 16:43:14	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	111.04.27 11:27:18	奉核後, 需出納協助開立收據, 請檢附產學合作核

			准影印一份,以利出納協助確認後製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	111.04.27 11:53:28	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	111.04.27 12:02:54	--
主計室第二組-李政燁-約用人員	審核通過	111.04.28 09:02:31	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	111.04.28 09:33:54	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	111.04.28 10:00:59	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	111.04.28 14:41:28	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	111.04.28 15:50:41	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	111.04.28 17:09:44	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	111.04.29 09:08:36	--

附件十一 佐證：線上課程系統維護案

國立臺中科技大學產學合作（含技術移轉金）申請表

(109.4版)

申請日期：111年03月29日

研產字第 111039F 號（研發處填列）

申請單位 (主辦單位)	資訊與流通學院 人工智慧應用工程學士學位學程		
主持人及職稱	林煒凌/專案助理教授	協同主持人及職稱	洪維恩/教授 江茂綸/副教授
聯絡人及電話	聯絡人:林煒凌/連絡電話:0900-003213		
合作單位	大道文創有限公司	地址	臺中市北屯區后庄里中清路二段1166巷28弄115號1樓
計畫名稱	線上課程系統維護案		
研究目的	1. 線上課程系統前端及後端需求開發 2. 專案維護 3. 技術移轉		
計畫時程	111-04-01 ~ 111-09-30 止		
計畫經費	預估總經費新台幣：300,000元。（說明詳如「經費預算表」） 內含行政管理費新台幣：30,000 元，佔 10% 使用本校場地☐是 ☒否（若勾選是者，請計畫主持人編列場地費。若未勾選者，爾後如有使用場地之需，應依「國立臺中科技大學場地借用收費說明」付費使用，且無優惠。）預租借場地，請羅列說明預使用場地：		
經費來源	有無委託單位行政管理費編列辦法 ☒ 無 ☐ 有（請附支用辦法）		
教育部統計資料	1. 教師參與計畫人數 <u>2</u> 人 2. 學生參與計畫人數 <u>1</u> 人 3. 是否為跨校計畫☐是 ☒否（跨校計畫之參與學校名稱_____） 4. 是否可歸屬於「研究」計畫案☒否 ☐是，若勾選是，請概述研究方法(必填)：		
是否預開收據	請出納組預開收據 ☒ 是 ☐ 否		

產學合作計畫自我檢核認定	計畫性質(因應技專資料庫填報)：依據專科以上學校產學合作實施辦法 第三條 本辦法所稱產學合作，指學校為達成前條所定目標及功能，與政府機關、事業機構、民間團體及學術研究機構（以下簡稱合作機構）合作辦理下列事項之一者： 一、各類研發及其應用事項：包括 ☐ 專題研究 ☐ 物質交換 ☐ 檢測檢驗 ☒ 技術服務 ☐ 諮詢顧問 ☐ 專利申請 ☒ 技術移轉 ☐ 創新育成 ☐ 其他。 二、各類人才培育事項：包括 ☒ 學生及合作機構人員各類教育 ☒ 培訓 ☐ 研習 ☐ 研討 ☐ 實習 ☒ 訓練 ☐ 其他。 三、☐ 其他有關學校智慧財產權益之運用事項。 透過上述從教育部對於產學合作定義，請申請老師檢視所提之計畫是否符合上述之精神。請勾選符合您計畫之項目(可複選)。		
技術移轉	1. 該技術移轉授權廠商數為1家，廠商名稱：大道文創有限公司 2. 該技術移轉為 ☒ 技術移轉，無申請專利（以下免填） ☐ 技術移轉，有申請專利，專利名稱： ☐ 專利授權，專利名稱： 3. 該專利屬 ☐ 發明 ☐ 新型 ☐ 新樣式 4. 該專利目前為 ☐ 審核中 ☐ 已取得，專利編號：		
主持人目前若擔任本校行政職務(無則免填)	☐	本案屬因擔任行政職務而掛名主持人	
	☐	本案屬本人自行開發承接業務	
檢附證件	1. 計畫書2份(含經費預算表、產學合作回饋課程規劃表) 2. 合約書一式 3 份、用印申請書 3. 其他：		
備註			
注意事項	1. 所聘僱之專兼任助理、臨時工等人員，應符合相關勞動法令規定，其所衍生之相關費用，皆應由計畫項下經費支應，若不足額，由計畫主持人負擔。 2. 匯款單位必須與合作單位一致，不得以個人名義或其他單位名義匯款。		

審核單位人員	審核結果	最新審核日期	審核意見
人工智慧應用工程學士學位學程-賴玉珍-約用人員	審核通過	111.03.30 10:59:42	--
人工智慧應用工程學士學位學程-洪啟舜(公)-主任	審核通過	111.03.31 14:03:51	--
資訊與流通學院-黃秀美(公)-院長	審核通過	111.04.05 20:29:25	--
研究發展處產學合作組-劉玟玲-助教	審核通過	111.04.06 09:36:06	--
研究發展處產學合作組-曾琦芬(公)-組長	審核通過	111.04.07 15:30:54	--
研究發展處-王慈娟(公)-研發長	審核通過	111.04.07 16:38:34	--
總務處出納組-陳孟萍-技工	審核通過	111.04.07 16:46:21	奉核後,請檢附影印一份,並提供開立收據金額之依

			據，出納確認無誤後協助製據。
總務處出納組-藍靜儀(公)-組長	審核通過	111.04.08 08:09:44	--
總務處-林春宏(公)-總務長	審核通過	111.04.08 13:59:40	--
主計室第二組-李政輝-約用人員	審核通過	111.04.08 15:10:53	--
主計室第二組-黃梅玲(公)-組長	審核通過	111.04.08 16:02:37	--
主計室-周儀芳(公)-主任	審核通過	111.04.08 21:43:35	--
秘書室綜合業務組-詹惠萍-專員	審核通過	111.04.11 08:31:20	--
秘書室綜合業務組-徐秀鳳(公)-組長	審核通過	111.04.11 09:42:33	--
秘書室綜合業務組-李建平(公)-主任秘書	審核通過	111.04.11 22:41:58	--
秘書室綜合業務組-校長(丙)(公)-校長(丙)	審核通過	111.04.12 08:25:09	--

結案成果報告一：和豐藥局後台管理系統 (第一期) 產學合作

和豐藥局後台管理系統

(第一期) 產學合作結案成果報告

一、專案背景與推動動機

本產學合作計畫係針對和豐醫療管理顧問股份有限公司之藥局後台管理工具進行 Web 化改造。由於既有系統多為早期建置之 Windows 桌面式應用程式，雖可支援基本營運流程，但隨著藥局數位化需求提升、門市據點擴張與跨角色協作日益頻繁，其原始架構限制問題逐漸顯現，包括系統維護與擴充困難、UI/UX 不易符合現行操作習慣、跨裝置使用受限、部署更新需逐台電腦安裝，以及資料分散造成授權管理不易等問題。企業因此規劃將系統升級為 Web 化、模組化平台，以支援線上操作、動態授權與雲端維運，並有效解決多據點、多角色的管理需求。

二、專案目標與需求分析

本專案以「建立可擴充之 Web 後台管理平台」為主要目標，並同步落實學生企業級系統實作培育。系統目標包括：(1)建置 Angular 後台框架與共用 UI，提供首頁版面、導航選單、頁首/頁尾與模組掛載機制；(2)導入 Web 身分驗證與權限管理，包含 Token 接收、登入狀態維護與路由授權稽核，並依後端回傳功能清單動態呈現側邊選單；(3)完成前後端 API 介接，涵蓋人員資料、事件紀錄與授權清單等；(4)改善使用體驗並設計三層式架構，降低部署與更新維運成本。教育目標則在於讓學生能透過真實專案分析使用者需求、API 串接與整合測試，建立可交付成果。

三、系統架構與開發技術

本期專案開發範圍聚焦於前端後台管理系統，由學生團隊負責 UI 框架、人員管理模組與 API 串接，後端 API 與資料庫邏輯由廠商提供。前端採 Angular 建置單頁式應用程式 (SPA)，具備模組化結構與 Typescript 強型別優勢，可提升可讀性與可維護性。系統設計包含登入模組、主版面 Layout 模組、人員管理模組、共用元件模組與核心服務模組。核心服務中包含 Token 管理、環境設定、錯誤攔截與 API 呼叫。前後端透過 HttpClient 呼叫 API 進行 JSON 資料交換，後端於登入後回傳 JWT Token，前端於後續請求夾帶 Token；若回傳 401/403 等狀態碼則進行提示或導向登入頁。另採 Router Guard 進行路由守門，形成 UI 層與 API

層的雙層權限保護。開發流程使用 Git 分支管理，並配合 Swagger/Postman（由廠商後端提供）驗證 API 規格，先以模擬資料完成畫面，再進行整合測試。

四、開發成果

4.1 登入驗證頁

已完成全新的 Web 登入頁面，包含帳號與密碼輸入欄位、錯誤提示顯示、登入按鈕與表單驗證，整體頁面採用符合後台系統的簡潔設計，提供使用者清楚的登入流程指引。

登入流程支援：

- 使用者帳號與密碼輸入驗證。
- 錯誤格式即時提示（例如：欄位必填、格式錯誤）。
- 成功登入後儲存 Token（由後端提供），並導向後台主頁。
- 若登入失敗，顯示後端回傳之錯誤訊息。



4.2 忘記密碼頁

為協助使用者在遺忘密碼時能自主重設，完成了忘記密碼功能頁，頁面設計以簡潔與明確引導為主，確保使用者能輕鬆理解操作流程。

功能包含：

- 輸入 Email 或帳號進行身份驗證。
- 表單欄位格式檢查。
- 前端呼叫後端 API 發送重設連結（後端提供）。
- 明確的操作提示，例如成功提交後的提醒訊息。



4.3 重設密碼視窗

完成重設密碼的彈出式視窗（或獨立頁），讓使用者可依序輸入新密碼並確認，此功能完成了完整的密碼重設流程，使整體帳號機制更完善。

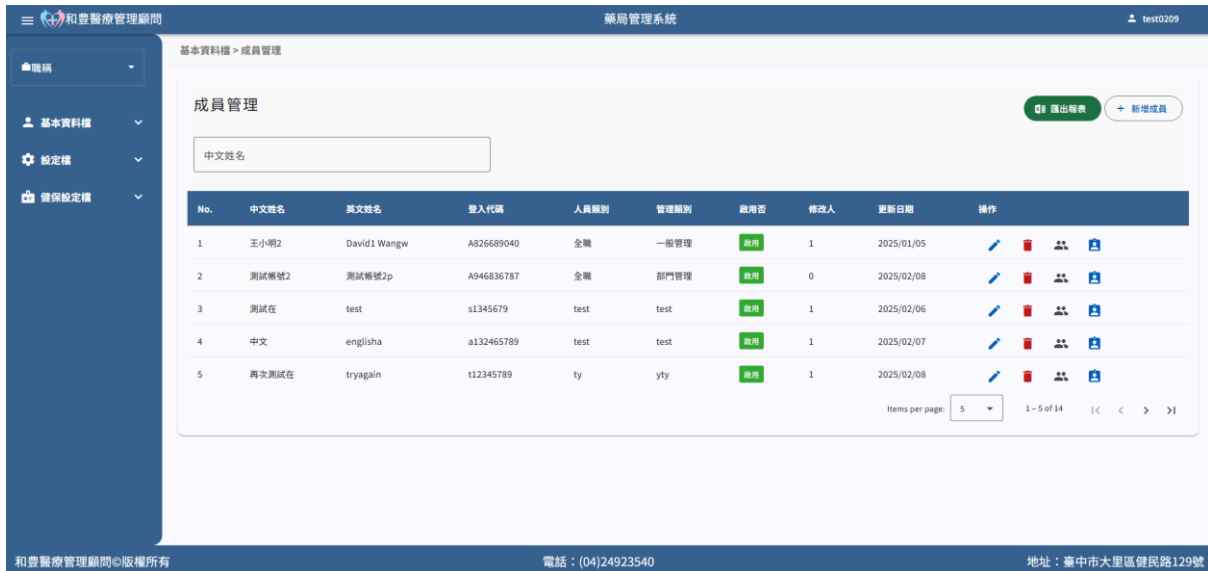
功能包含：

- 新密碼與再次確認密碼欄位。
- 自動檢查密碼是否一致。
- 客製化規則（依後端要求）如密碼長度或強度。
- 成功重設後提供成功提示並導向登入頁。

4.4 後台 Layout

建置整個後台系統的主架構 Layout，作為所有功能頁面的統一外框，包含以下項目：

- Header（頁首）：顯示登入者資訊、登出按鈕。
- Side Menu（側邊選單）：依後端提供的功能授權清單動態渲染。
- Footer（頁尾）：系統版權資訊。
- 主畫面容器：用於呈現各模組的內容頁面。



4.5 成員管理頁

成員管理模組為本期最重要的核心功能之一，此模組完成了企業管理人員資料所需的基本功能，並與後端 API 完整串接，是後續資料管理與派職作業的重要基礎。

已完成以下前端功能：

- 人員清單呈現：包含姓名、電話、職稱、在職狀態等欄位。
- 清單搜尋與條件查詢（依姓名、職稱等）。
- 新增人員：以彈窗方式填寫基本資料。
- 編輯人員：可修改既有成員資料。
- 移除人員（或停用）。
- 人員派職功能（依後端 API 為準）。
- 派職紀錄查詢與詳細檢視。
- Excel 匯出（呼叫後端提供之匯出 API）。

基本資料權 > 成員管理

成員管理

中文姓名

匯出報表 + 新增成員

No.	中文姓名	英文姓名	登入代碼	人員類別	管理類別	啟用否	修改人	更新日期	操作
1	王小明2	David1 Wangw	A826689040	全職	一般管理	啟用	1	2025/01/05	   
2	測試帳號2	測試帳號2p	A946836787	全職	部門管理	啟用	0	2025/02/08	   
3	測試在	test	s1345679	test	test	啟用	1	2025/02/06	   
4	中文	englisha	a132465789	test	test	啟用	1	2025/02/07	   
5	再次測試在	tryagain	t12345789	ty	yty	啟用	1	2025/02/08	   

Items per page: 5 1 - 5 of 14 |< < > >|

五、學生參與收穫

本專案讓學生得以深度參與實際企業級系統的開發流程，從需求理解、介面規劃到 API 串接與前端架構實作，均在真實場域中獲得實務經驗。透過與和豐醫療管理顧問公司的持續溝通，學生能掌握業界在功能規劃、資料流向、使用者操作需求與權限控管方面的實際需求，並將其轉化為可運作的系統介面。在技術層面上，學生熟悉了 Angular 前端框架、模組化架構、Token 與 Router 驗證、共用元件設計等核心能力，並學會如何處理 API 介接時的資料格式、錯誤回應與例外情境。在此過程中，學生也強化了合作、溝通與問題解決的能力，能夠在面對實作困難或需求變動時提出可行方案並與團隊共同協作。透過本次產學合作，學生累積了寶貴的實務經驗，使其在未來進入職場或承接大型專案時，具備更成熟的技術基礎與專業態度。

七、結案效益與後續展望

本專案為和豐醫管顧問公司藥局系統全面 Web 化的重要第一步，未來將以本期成果作為核心基礎，逐步擴展至更多模組與完整的藥局營運功能。後續預期可加入藥品主檔、庫存管理、批價作業、健保核銷、績效報表等功能，並整合更完善的角色授權管理，使整體平台能支援多藥局、多角色、多流程的長期營運需求。在技術面，系統架構亦已預留擴充彈性，可持續導入更多模組化設計、跨設備支援與更佳的使用者體驗。未來也可持續透過產學合作模式，讓學生參與更多階段的開發，將學習與實務接軌，同時協助企業提升數位化能力。

隨著後續功能逐步成形，本系統將從原有的桌面應用轉型為跨平台、可維護、可長期發展的現代化藥局管理平台，成為公司營運與管理的重要核心工具。

結案成果報告二：和豐藥局後台管理系統 (第二期) 產學合作

和豐藥局後台管理系統

（第二期）產學合作結案成果報告

一、 專案背景

本次第二期專案延續和豐醫療管理顧問股份有限公司在第一期所完成的基礎後台框架與人員管理模組，旨在持續深化企業在多據點、多集團、多職務管理上的核心能力。隨著藥局體系的規模逐步擴大，企業在集團層級維護、職務權限規劃、功能授權管理以及機構運作控管方面，均面臨傳統系統難以快速因應的挑戰。既有的桌面式工具缺乏彈性的集團階層維護能力，亦無法支援跨層級的功能管理，導致企業在管理新機構、職務調整、集團變更或授權規則更新時，需投入大量人工成本，且難以維持一致性。

在數位轉型需求漸增的背景下，公司希望在第二期導入更完整的集團架構管理能力，包括功能樹、集團、機構、職務與組織樹等多元模組，使管理者能從集團層級、職務層級到機構層級取得高度一致的權限與功能配置。透過前後端分工模式，本期學生將負責前端介面、授權流程視覺化呈現、資料維護與操作流程設計，而後端 API 仍由企業端提供。此期開發將深化整體系統的邏輯基盤，使藥局後台系統能逐步成為具備高度彈性與可擴充性的企業級管理工具。

二、 專案目標

2.1 建立完整的功能樹管理體系

第二期的重要目標之一，是協助公司建立從系統層級統一管理功能項目的能力，使所有功能清單能被視覺化呈現並具備可維護性。藉由功能樹模組，企業可新增、調整或停用功能項目，並透過前端整合後端 API 的方式，使功能列表得以動態更新，成為後續職務與機構授權機制的共同基礎。

2.2 建構集團管理功能

集團管理模組旨在讓企業能即時維護集團結構，包含新增、編輯、移除與匯出集團資料，使管理者可根據人員變動或內部架構調整快速進行維運。此模組並支援檢視集團下屬機構，使管理層能清楚掌握集團與據點之間的層級關係。

2.3 建立機構資訊維護流程

本期也將完善機構管理能力，使企業可依據實際營運需求新增新店、調整機構資料、檢視機構人員清單並匯出資料。透過集中式管理能力，公司在面對新據點開設、人事變動與店務調整時，能更流暢地維護相關資訊。

2.4 定義職務層級的權限與功能管理

職務管理模組將使企業能依據不同職務設定可使用的功能與權限，使藥師、藥助、管理者與其他角色可分別擁有不同的操作能力。此模組並支援職務授權紀錄查詢，確保所有授權行為具備可追溯性，符合企業內部管理與系統安全需求。

2.5 建立跨層級的機構職務管理機制

為使授權邏輯更精確，本期進一步加入機構職務管理，使相同職務可因應不同機構而具備不同權限組合。此功能可涵蓋跨店派任或店間調動等情境，並提供職務人員清單與授權紀錄檢視，提升管理精準度。

2.6 導入結構化組織樹管理功能

組織樹模組將強化企業對多層級集團架構的視覺化掌握，使管理者可透過節點操作新增或調整集團層級，並檢視節點資訊與任職紀錄。透過此統一架構，公司能以一致流程維護整體企業集團圖，促進資訊一致性與管理效率。

三、系統架構與開發技術

3.1 Angular 18 架構與模組化設計

本期延續第一期既有架構採用 Angular 18，並依照單頁式應用（SPA）理念進行開發。各管理模組皆以獨立子模組建構，使前端架構更具可維護性。模組間透過核心模組提供的服務進行資料交換或權限判斷，並整合共用元件以提升可重用性與一致性。

3.2 統一資料流架構與 API 串接方式

由於所有資料與權限邏輯皆由企業後端 API 提供，前端需依據各模組之 API 規格進行呼叫與錯誤處理。資料讀取流程包括取得清單、檢視詳細資訊、新增或維護資料，以及具備授權邏輯的功能設定等。前端透過 HttpClient 呼叫 API，並由攔截器統一附加 JWT Token，使所有請求皆符合身分驗證要求。

3.3 前端權限判斷與功能樹整合機制

第二期大量導入功能樹、職務授權與機構職務授權等邏輯，因此系統需擁有一致性的權限判斷流程。前端透過登入後取得的功能清單，結合功能樹管理結果，以統一的權限服務在路由判斷、按鈕顯示與頁面操作中執行邏輯。此架構使未來不同功能模組的授權皆能以一致介面管理。

3.4 集團、機構與職務的資料關聯設計

由於集團、機構與職務在企業中具備層級性關係，前端在顯示資料時需能呈現階層與關聯性，例如機構隸屬於集團、職務隸屬於機構或企業層級。前端介面需依後端提供的資料結構進行動態呈現，並透過節點展開、列表呈現或資料面板方式提供完整瀏覽體驗。

3.5 組織樹與授權紀錄的 UI 呈現

第二期新增的組織樹與授權紀錄均需要明確的使用者介面設計，使管理者能以視覺化方式操作集團節點與檢視權限操作歷史。前端依照 Angular 元件化特性開發可重用節點元件，使整體樹狀結構具備展開、編輯與檢視能力，同時保留良好效能。

四、開發成果

4.1 功能樹管理模組

本模組已完成功能清單的資料載入、詳細資訊檢視以及前端維護功能，使企業能新增新功能項目、調整功能資料或停用功能。介面具備樹狀結構呈現能力，使管理者能從系統層級清楚理解功能階層。此外，本模組支援匯出功能樹設定至 Excel，協助企業進行審核或文件化管理。

新增主功能樹

+ 新增

[← 返回至清單](#)

顯示內容

功能名稱 *

請輸入功能名稱

顯示文字 *

請輸入顯示文字

英文文字 *

請輸入英文文字

提示文字

請輸入提示文字

相關設定

權限識別碼

請輸入權限識別碼

顯示順序 *

0

預設圖片

請輸入預設圖片

預設路徑 *

請輸入預設路徑

啟用設定

啟用設定 *

啟用

是否驗證

是

啟用時間 *

2025/11/25

失效時間 *

2025/11/25

4.2 集團管理模組

集團管理功能提供完整的集團清單瀏覽、建立新集團、編輯集團資料與刪除功能。使用者可檢視集團隸屬的機構列表，使企業能以層級視角管理據點。系統亦提供匯出集團清單的能力，協助企業內部進行稽核或管理彙整。

集團管理

匯出報表

+ 新增集團

名稱

No.	名稱	代碼	啟用狀態	起始日	失效日	修改人	修改日期時間	操作
1	和豐醫管	HLMIS	啟用	2024/12/22	2024/12/22	1	2024/12/22	  
2	和豐醫管2	HLMIS2	啟用	2024/12/22	2024/12/22	1	2024/12/22	  
3	測試集團	test123	啟用	2025/02/07	2025/02/21	0	2025/02/18	  
4	集團名稱	123	啟用	2025/02/07	2025/02/28	0	2025/02/18	  
5	0211測試集團	02112	啟用	2025/02/03	2025/02/28	0	2025/02/18	  

Items per page:

5

1 - 5 of 5

<

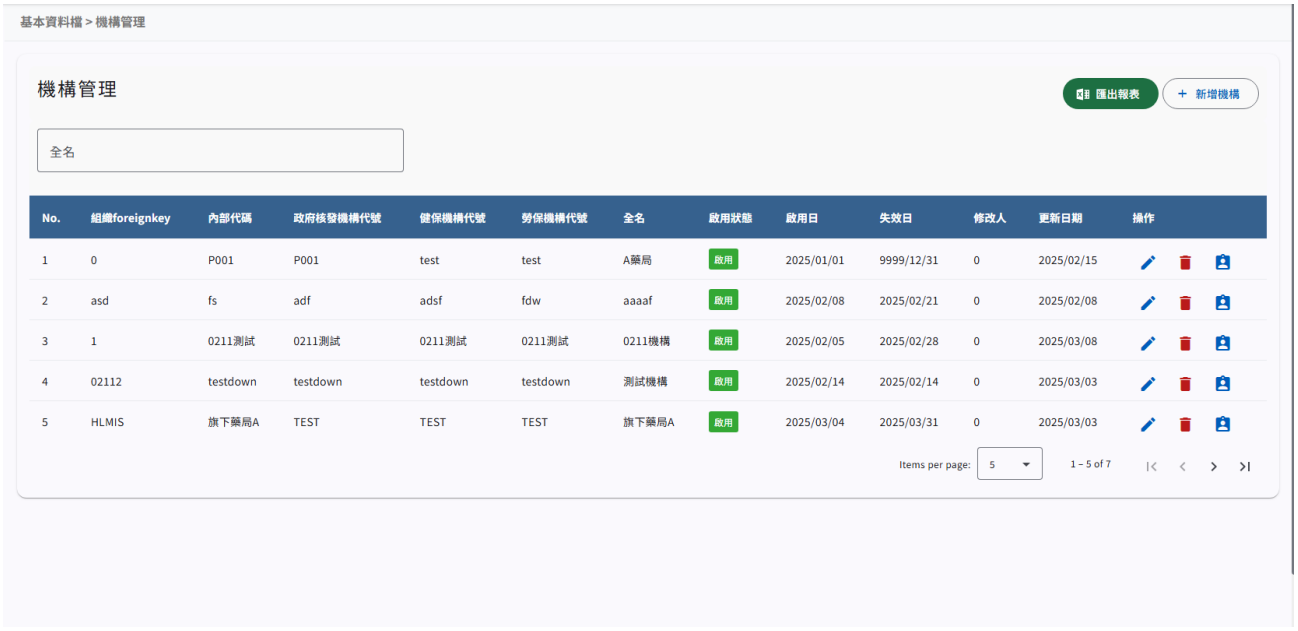
>

>>



4.3 機構管理模組

機構管理介面呈現所有機構清單，並提供新增、維護與移除機構資訊的功能。使用者可查看機構所屬人員清單，使管理作業更為透明與方便。此外，本模組支援機構清單匯出，有助於企業於管理會議或內部管理制度中使用。



新增機構

+ 新增

[← 返回至清單](#)

機構資料設定

簡稱 *

請輸入簡稱

內部代碼 *

請輸入內部代碼

全名 *

請輸入全名

政府核發機構代號 *

請輸入政府核發機構代號

集團 *

請選擇集團

健保機構代號 *

請輸入健保機構代號

勞保機構代號 *

請輸入勞保機構代號

啟用狀態

啟用狀態 *

請選擇啟用狀態

啟用日 *

請選擇啟用日

失效日 *

請輸入失效日

4.4 職務管理模組

職務管理是本期核心模組之一。系統已完成職務清單、職務新增與編輯流程，並支援刪除職務與職務功能設定。職務可被賦予特定的功能清單或權限，使企業能精準控制各角色可操作的功能。同時亦提供職務人員清單與授權紀錄檢視，使所有授權行為具備透明度與可追蹤性。

職務管理

匯出報表

+ 新增職務

職務名稱

No.	職務名稱	描述	啟用狀態	開始時間	結束時間	修改人	修改日期	操作
1	院長	院長23	啟用	2025-01-01	9999-12-31	1	2025-02-13T12:52:55	✎ ✖
2	醫師	醫師	啟用	2025-01-01	9999-12-31	1	2025-02-04T13:03:55	✎ ✖
3	護理師	護理師	啟用	2025-01-01	9999-12-31	1	2025-02-03T13:38:04	✎ ✖
4	行政	行政	啟用	2025-01-01	9999-12-31	1	2025-01-01T12:00:00	✎ ✖
5	醫檢師	醫檢師	啟用	2025-01-01	9999-12-31	1	2025-01-01T12:00:00	✎ ✖

Items per page:

5

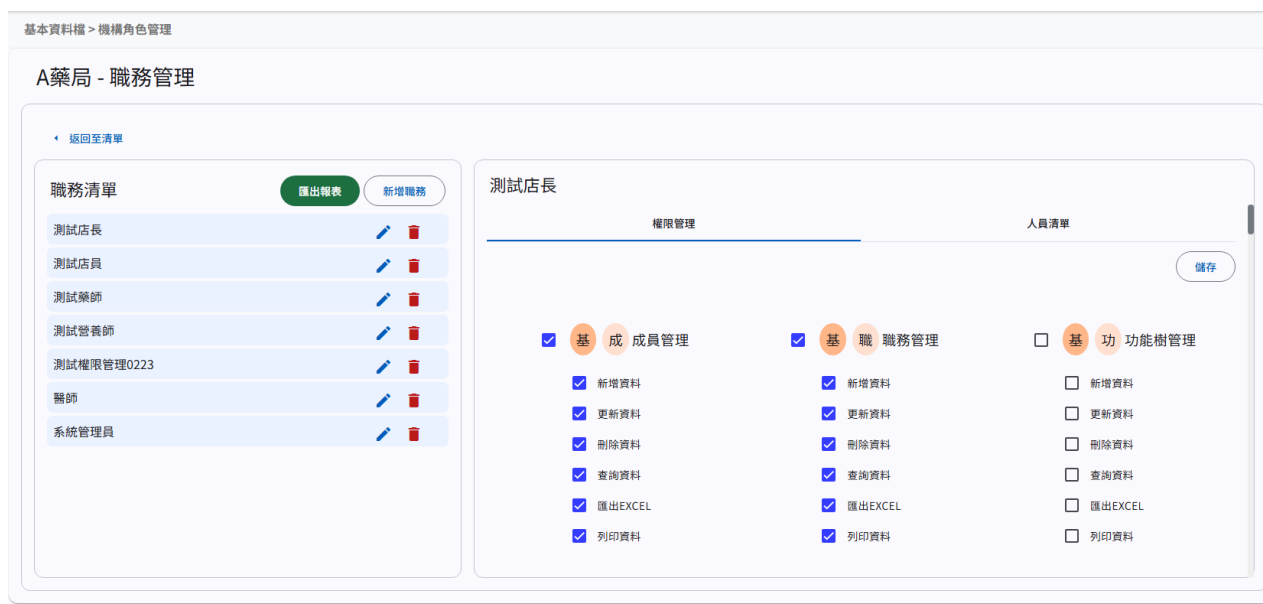
1 - 5 of 18

|< < > >|



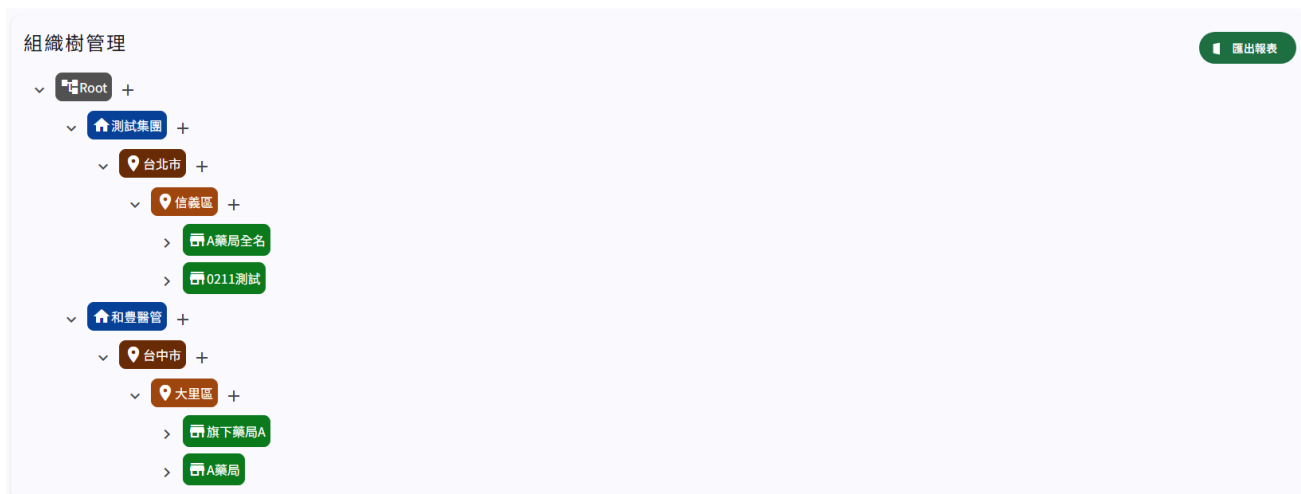
4.5 機構職務管理模組

為補足跨店職務授權需求，本模組提供機構層級的職務清單瀏覽、機構職務新增與設定流程。每個職務可依機構需求調整功能選單與權限項目，使授權邏輯更具彈性。系統提供職務人員清單與授權紀錄檢視，協助管理者掌握機構運作情形。



4.6 組織樹管理模組

組織樹模組是第二期的重要架構性功能。前端已完成節點的新增、編輯與刪除流程，使企業能管理不同層級的集團節點。介面支援檢視節點資訊與任職紀錄，讓使用者能了解人員於不同集團節點的變動歷程。企業亦可將組織樹匯出 Excel，作為管理資料或政策彙整之用。



五、 學生參與收穫

本次第二期專案讓學生在延伸第一期基礎能力之外，進一步接觸複雜的企業級管理邏輯，包括組織樹、職務授權、功能層級管理以及跨層級資料關聯的前端介面設計。透過與企業的持續協作，學生能理解企業在集團編制、權限規範與職務管理方面的實務情境，並於開發過程中深化資料結構分析能力與前端架構設計能力。學生在介面規劃、權限設計、資料顯示與例外處理等方面獲得大量實務經驗，並強化與後端協作的 API 勾通能力。在此過程中，學生不僅掌握 Angular 模組設計模式，也學習如何將複雜邏輯轉化為清楚易用的後台操作介面，為未來投入企業開發奠定紮實基礎。

六、 未來展望

隨著第二期完成集團、機構、職務、機構職務、功能樹與組織樹等關鍵模組，本系統已具備企業規模化管理所需的核心能力。未來第三期可延伸至藥品管理、庫存管理、批價、健保核銷、績效報表等高度專業領域，使整體系統全面支援藥局營運流程。系統亦可持續導入角色與權限細粒度設定、跨裝置使用優化以及更完善的操作紀錄追蹤機制，使整體後台具備更高可控性與安全性。此外，產學合作模式亦可持續延展，使學生能於後續功能開發中獲得更深層的實務經驗，同時協助企業加速系統現代化與數位轉型的進程。

結案成果報告三：和豐藥局後台管理系統 (第三期) 產學合作

和豐藥局後台管理系統

（第三期）產學合作結案成果報告

一、 專案背景

本和豐醫療管理顧問股份有限公司持續推動藥局後台管理系統的全面現代化轉型。本系統在第一期已完成基礎架構、登入與權限機制，以及主要的介面框架，成功將原有的舊式 Windows 桌面系統逐步轉向 Web 化平台。此轉型旨在改善舊系統難以維護、無法跨裝置操作、擴充性不足以及部署繁瑣等問題，使藥局在面臨多據點管理、跨角色協作與大量資料處理需求時，能具備更高的彈性與效率。

隨著前期基礎建設逐步完成，企業在資料管理層面的需求快速提升。藥局日常作業涵蓋調劑流程、庫存管理、供應商往來、健保申報與用藥紀錄分析等領域，皆依賴大量標準化的代碼資料，例如藥品資料、檢驗檢查代碼、特材代碼、國際疾病分類碼、申報案件資料以及多種醫事代號。這些資料不僅需要正確地建立，也必須能快速查詢、更新並與健保局資料保持同步，以避免申報錯誤或庫存紀錄混亂所造成的營運風險。

因此，第三期專案以「設定檔維護」與「健保局資料同步」為核心，目標在於建立一套完整、可維護、可擴充且符合實務需求的基礎資料管理平台。學生在本期將負責前端模組開發與介面呈現，並與企業後端工程師保持密切協作，以確保資料邏輯、欄位內容與系統行為皆能符合藥局實際運作情境。此階段的完成將使整體系統邁入更成熟的資料管理層級，奠定後續調劑、庫存、申報等核心功能的基礎。

二、 專案目標

2.1 建立可全面管理的基礎資料核心架構

本期專案的首要目標在於建置完整的基礎資料管理功能，使藥品、檢查檢驗代碼、特材代碼、疾病分類碼、會員資料、供應商資料、庫存紀錄以及相關醫事代碼皆能在同一系統中維護。透過一致的設定流程，使用者得以在統一介面中進行資料建立、檢視、查詢、編輯與移除，使所有基礎資料獲得一致的管理模式，提升整體資料品質與可靠性。

2.2 建立健保局資料匯入流程，確保資料正確與符合最新版本

本期的重要任務之一是完成健保局資料匯入模組，使系統能處理官方總檔輸入、差異更新資料匯入、失效品項的自動過濾、資料轉入紀錄保存與轉入資訊的還原，使整體申報流程得以更加可靠與高效。

2.3 完善前後端協作流程與資料交換標準

透過本期開發，學生將需要深入理解資料欄位與 API 之間的傳遞模式，包含 JSON 結構的解析、狀態訊息的接收、輸入資料的前端驗證與例外錯誤的處理。與後端工程師的協作也將更加密切，從欄位格式確認、資料行為規劃到流程動線設計，學生得以建立更完整的系統思維，有助於提升跨角色溝通能力。

2.4 強化平台一致性並支援後續模組發展

設定檔範圍涵蓋後續所有藥局作業，包括調劑流程、庫存控管、健保申報與病歷管理，因此本期的架構需具備足夠彈性與穩定性，使後續模組能以此基礎持續擴充。完整的基礎資料管理能確保各模組之間運算正確，避免因資料來源不一致而造成流程上的衝突。

2.5 培養學生資料建模、流程分析與企業級開發能力

學生在此階段有機會學習如何將複雜的業務資料拆解為可維護的資料結構，並轉換成使用者能理解的操作介面。他們也需要理解大量代碼資料的操作邏輯，分析欄位意義、資料互相關聯與操作限制。透過與企業持續溝通，學生得以更貼近實際產線開發流程，建立完整的技術與軟體分析能力。

三、系統架構與開發技術

3.1 採用 Angular 建構單頁式應用，打造模組化前端架構

前端延續既有的 Angular 架構，以單頁式應用模式運作，使所有設定檔維護與資料同步功能皆能在不中斷頁面的情況下完成。系統內的每一種類型代碼資料皆以模組化方式拆分，並與共用元件整合，確保介面行為統一且易於擴充。

3.2 以 Flask API 作為資料交換基礎，明確定義後端職責

後端負責提供資料查詢、建立、編輯、刪除與匯入等行為的 API，並在健保資料同步中處理檔案解析、資料比對與版本管理。前端透過 HTTP 要求與後端進行 JSON 格式的資料交換，並依據回應訊息顯示成功或錯誤提示。

此架構使前後端責任清晰，前端專注於呈現與流程，後端則負責資料完整性與商業邏輯。

3.3 共用元件與一致化介面設計的導入

由於第三期涉及大量資料類型，因此本期強調共用元件的重要性。資料表格、搜尋列、資料輸入視窗、資料檢視視窗與刪除確認視窗皆以通用設計方式建置，使任何類型的設定檔皆能依循統一介面運作。此方式減少重複開發，也提升整體系統的一致性與可維護性。

3.4 協作流程與版本控管的持續強化

學生在本期依然以 Git 進行版本控管，並透過後端提供的 API 文件及資料格式說明完成整合與測試。開發過程強調模擬資料測試與實際 API 整合的比對，使最終功能能在真實資料環境中順利運作。

四、開發成果

4.1 設定檔維護（上）模組成果

設定檔維護（上）涵蓋藥品代碼、檢查檢驗處置代碼、特材代碼、國際疾病分類碼、交付處方機構、供應商主檔與供應商供應品項、庫存進出與各期紀錄、會員資料、用量單位、免部分負擔代碼及部分負擔代碼等多項資料。本期已完成各類資料的統一化操作流程，使用者可在同樣的操作邏輯下建立新資料、查詢既有內容、進行編輯或移除，並透過彈出視窗檢視詳細欄位內容。所有修改後的資料都會立即更新至後端資料庫，使營運流程維持一致的資料品質。

品項設定檔 > 藥品代碼設定											
藥品代碼設定											+ 新增藥品
藥品正式名稱											
No.	正式名稱	銷售名稱	英文名稱	分類	售價	會員價	庫存	啟用狀態	失效日	更新日期	操作
1	Paracetamol	感冒藥A	Paracetamol	感冒藥	120.5	125	50	啟用	2026/12/31	2025/07/23	 
2	Dextromethorphan	止咳藥B	Dextromethorphan	止咳藥	150	155	30	啟用	2027/06/30	2025/07/09	 
3	Ascorbic Acid	維他命C	Ascorbic Acid	維生素	80	85	100	啟用	2028/01/15	2025/07/09	 
4	Ascorbic Acid	維他命C 500mg	Vitamin C	保健品	250	270	100	啟用	2026/12/31	2025/07/22	 
5	Calcium Carbonate	鈣片強骨錠	Calcium Carbonate	保健品	0	0	0	啟用	2025/07/16	2025/07/22	 
6	Paracetamol	感冒藥21A	Paracetamol	感冒藥	120.5	125	50	啟用	2026/12/31		 
Items per page: 10										1 - 6 of 6	< >

產品資訊					
條碼 1234567890123	商品名稱 感冒藥A	學名 Paracetamol	分類 感冒藥	英文名稱 Paracetamol	
價格與庫存					
價格 120.5	庫存 50	標準價格 130	會員價格 125	貴賓價格 120	批發價格 110
其他價格 100	安全存量 10	預設成本 80	標準成本 85		
商品屬性					
重量 0.05	產品重量 0.05	產品尺寸 小	產品顏色 白色	產品用途 退燒止痛	
包裝與來源					
原產地 台灣	包裝尺寸 10x5x2cm	包裝單位 瓶	庫存單位 盒	產品規格 500mg/錠	
額外資訊					

4.2 設定檔維護（下）模組成果

設定檔維護（下）完成服用時間、頻率資料、案件分類、案件來源註記、特定地區代碼、特殊治療項目代號、給藥途徑與部位、就醫科別、申報案件分類、保險醫事服務類別、給付類別、醫令類別代碼及虛擬醫令代碼等資料的管理流程。前端依照與設定檔維護（上）相同的介面框架設計，使所有涉及申報或醫囑相關的代碼皆能被一致化地管理。此處的資料對應後續的診療作業、申報整理與醫療文件產生流程，因此本期的完成確保了系統後續邏輯能以正確資料為基礎運作。

品項設定檔 > 特殊治療項目代號								
特殊治療項目代號								+ 新增特殊治療項目代號
特殊治療項目代號								
No.	代號分類	治療項目代號	治療項目描述	啟用日期	停用日期	啟用狀態	更新日期	操作
1	A	T01	腦中風治療	2025-01-01 17:09:02	2025-08-01 17:09:02	啟用	2025-08-09	 
2	T	T02	燒燙傷治療s	2025-01-02 17:09:32	2025-08-01 17:09:32	啟用	2025-08-09	 
3	C	T03	創傷性神經損傷治療	2025-01-21 17:09:46	2025-08-06 17:09:46	啟用	2025-08-09	 
4	CS	CS001	腦部斷層掃描	2025-08-01 16:56:39	2025-08-02 16:56:39	啟用	2025-08-09	 
9	CS3	CS008	test	2025-08-21 17:28:10	2025-08-22 17:28:10	啟用	2025-08-09	 
						Items per page: 5	1 - 5 of 10	< > >>

編輯特殊治療項目代號

更新

[← 返回至清單](#)

特殊治療項目代號資訊

代號分類

A

治療項目代號

T01

治療項目描述

腦中風治療

啟用日期

2025/1/1



停用日期

2025/8/1



啟用狀態

啟用

4.3 健保資料同步模組成果

健保局資料同步模組已能處理包含總檔匯入、差異更新匯入、失效品項識別、資料查詢介面、轉入紀錄查詢等完整流程。系統能於匯入後呈現資料比對結果，使管理者在更新過程中能立即得知變動項目與異常內容。透過紀錄查詢與版本還原的設計，使用者能掌控歷史匯入資訊並在發生資料錯誤時迅速回復。整個匯入流程在前端具有清楚的操作節奏，使使用者不必透過複雜命令即可完成資料同步，降低維護負擔並避免人工疏失。

國際疾病份類-ICD-10-CM

[↺ 匯入紀錄](#)[🏠 前往 2023 ICD-10-CM](#)[⬆ 匯入檔案](#)

中文名稱

No.	代碼	啟用狀態	ICD-10-CM中文名稱	ICD-10-CM英文名稱	操作
1	A00	啟用	霍亂	Cholera	🔍
2	A00.0	啟用	血清型01 cholerae霍亂弧菌所致之霍亂	Cholera due to Vibrio cholerae 01, biovar cho...	🔍
3	A00.1	啟用	血清型01 eltor霍亂弧菌所致之霍亂	Cholera due to Vibrio cholerae 01, biovar eltor	🔍
4	A00.9	啟用	霍亂	Cholera, unspecified	🔍
5	A01	啟用	傷寒及副傷寒	Typhoid and paratyphoid fevers	🔍
6	A01.0	啟用	傷寒	Typhoid fever	🔍
7	A01.00	啟用	傷寒	Typhoid fever, unspecified	🔍
8	A01.01	啟用	傷寒腦膜炎	Typhoid meningitis	🔍
9	A01.02	啟用	傷寒伴有侵及心臟	Typhoid fever with heart involvement	🔍

和豐醫療管理顧問

藥局管理系統

test0209

健保設定檔 > 健保用藥品項

匯入紀錄

前往健保藥品項檔

匯入檔案

匯入檔案

選擇或拖拽 TXT 檔案
支援 .txt 或 .TXT 格式

選擇檔案

關閉

No.	藥品代碼	藥品名稱	藥價參考截止日期	廠商名稱	操作
1	A036041109		2910-12-31		
2	AC24016114		2910-12-31		
3	AC30879100		2910-12-31		
4	AC33445229		2910-12-31		
5	AC36041109		2910-12-31		
6	AC42347100		2910-12-31		
7	AC42957100		2910-12-31		
8	AC43892100	3	2026-01-01		
9	AC473071G0	2	2025-10-01		

基本藥品資訊

藥品代碼	A036041109	藥品中文名稱	
藥品英文名稱	SUCA GRANULE FOR SUSPENSION 1GM/1.02GM(SUCRALFATE)	藥品劑型	
製造廠名稱		藥商名稱	
ATC CODE		New Mark	*

價格資訊

藥價參考金額	NT\$0.00	藥價參考日期	2025-11-01
藥價參考截止日期	2910-12-31		

規格資訊

藥品規格量	1	藥品規格單位	GM SUCRALFATE(=BASIC ALUMINUM SUCROSE SULFA
口服錠註記	a1	單/複方註記	N

和豐醫療管理顧問

藥局管理系統

test0209

健保設定檔 > 健保ICD-10-CM代碼

匯入紀錄

前往 2023 ICD-10-CM

匯入檔案

匯入紀錄

No.	匯入批號	匯入筆數	狀態	錯誤訊息	匯入使用者	匯入日期
1	20250916121001	950	成功		1002	2025-09-16 12:10:00

Items per page: 10 1 - 1 of 1 < >

關閉

No.	代碼	名稱	說明	操作
1				
2				
3				
4				
5				
6	A01.0	傷寒	Typhoid fever	
7	A01.00	傷寒	Typhoid fever, unspecified	
8	A01.01	傷寒腦膜炎	Typhoid meningitis	
9	A01.02	傷寒伴有侵及心臟	Typhoid fever with heart involvement	

五、 學生參與收穫

學生在本期專案中深入理解大型企業資料管理系統的運作方式，並從實際開發過程中學會如何拆解大量資料需求、整理欄位與資料關聯，並以合適的介面呈現給最終使用者。學生在前端技術上累積更成熟的模組化思維，並能獨立完成共用元件設計與介面邏輯整合。同時，由於需要與後端工程師不斷確認 API 行為與資料規格，學生在跨團隊溝通、需求管理與版本控管的能力上也有顯著提升。資料同步與匯入功能更讓學生接觸到檔案處理、批次作業與資料比對的架構，使其能理解企業級系統在資料更新與資料安全性上的設計考量。

六、 未來展望

本期完成後，系統已具備完整的基礎資料管理能力，未來可進一步串連至調劑系統、庫存盤點、自動化比對與健保申報流程。健保資料同步模組將能加上自動排程與背景檢查機制，使系統每日能自動偵測並更新資料，減少人工維護的風險。設定檔模組也可以再進一步擴增自訂欄位、跨資料表資訊比對以及資料版本管理的功能，使系統能因應更多複雜的藥事需求。接下來的開發階段仍可延續產學合作模式，讓學生在更高階的模組中獲得深度參與，同時協助企業加速數位化進程，打造更完整、更智慧化的藥局後台管理平台。

結案成果報告四：勞動部婦女再就業系統 產學合作

勞動部婦女再就業系統

產學合作結案成果報告

一、 專案背景

本為因應少子化與高齡化社會對勞動市場的衝擊，並鼓勵因家庭因素退出職場之婦女重返就業市場，主管機關積極推動婦女再就業相關獎勵計畫。然而，過往相關政策資訊往往散見於不同公告或紙本傳單，導致民眾難以全面掌握計畫內容、申請資格與流程細節。此外，傳統的紙本申請方式或缺乏整合的資訊入口，亦使得申請門檻提高，降低了政策的觸及率與執行成效。

在此背景下，本專案啟動「勞動部婦女再就業系統」之開發，旨在建置一個單一化、數位化且資訊透明的專屬入口網站。第一期工程聚焦於系統基礎架構的建立、政策資訊的視覺化整合、以及線上申辦流程的前置作業準備。透過 Web 化的平台建置，期望能提供民眾友善的數位服務體驗，使婦女能快速理解自主訓練、再就業獎勵及雇主工時調整等三大核心措施，並為後續的全線上申辦流程奠定堅實基礎。

二、 專案目標

2.1 打造一站式政策資訊整合平台

本期首要目標為解決過往資訊分散的問題，透過系統化的內容管理架構，將「自主訓練」、「再就業獎勵」與「雇主工時調整」等不同面向的計畫規定進行集中整合。目標是建立一個邏輯清晰的入口網站，涵蓋最新消息、計畫簡介、常見問題（Q&A）及諮詢管道，使申請人無需在多個網頁間切換，即可獲得完整且正確的官方資訊。

2.2 實現申請流程的視覺化引導

鑑於政府補助計畫的法規條文通常較為艱澀，本期專案致力於將繁瑣的申請辦法轉化為直觀的視覺流程。目標是針對三大獎勵措施分別設計獨立的流程介紹頁面，透過步驟化的引導設計，協助婦女及雇主快速自我評估資格，並明確知曉各階段所需準備的文件與表單，降低民眾對於申辦程序的認知門檻。

2.3 建構具備法律效力的線上申辦前置機制

為銜接未來的全線上申辦作業，本期目標包含將傳統紙本申請中的「聲明」與「切結」程序數位化。目標是開發具備身份驗證的線上簽署或勾選機制，讓申請人在正式填寫資料前，能於線上閱讀並同意相關法規條款。此機制需確保使用者操作紀錄的不可否認性，為後續行政審查提供合規的數位依據。

2.4 建立高擴充性的系統基底

考量本系統未來需承載大量的申請案件與個資，第一期的核心技術目標在於建立穩固的軟體工程基底。目標是完成前後端分離架構的搭建，規範 Angular 前端與 .NET Core 後端的開發標準，並預先規劃好模組化的程式結構與資料庫連線模式，以利後續功能模組（如線上表單、審核後台）能快速且無縫地掛載於此基礎之上。

三、系統架構與開發技術

3.1 採用 Angular 框架建構 SPA 單頁式應用

前端採用 Google 開發的 Angular 框架進行建置，打造高效能的單頁式應用（Single Page Application, SPA）。利用 TypeScript 的強型別特性，提升程式碼的可維護性與偵錯效率。在架構設計上，採用模組化（Module）開發策略，將首頁資訊、獎勵流程介紹、會員登入與申辦切結等功能拆分為獨立模組，並運用元件（Component）重用機制，統一全站的 UI 互動元素與視覺風格。

3.2 導入 .NET Core Web API 實現跨平台後端服務

後端核心採用微軟的 .NET Core 框架建置 RESTful Web API，利用其跨平台、高效能與開源的特性作為系統骨幹。架構上採用分層設計，明確劃分控制器層（Controller）、服務層（Service）與資料存取層（Repository），確保商業邏輯與資料庫操作的解耦。在「專案基底建置」階段，已配置好依賴注入（Dependency Injection, DI）容器與環境變數管理機制，使系統具備高度的測試性與組態彈性。

3.3 建立標準化資料介接與 API 規範

為確保前後端開發團隊的高效協作，本期訂定了嚴謹的 API 介接規範。後端提供標準化的 JSON 資料格式，並針對 HTTP 狀態碼（Status Codes）與錯誤訊息處理（Error Handling）建立統一的回傳機制。在資料庫連線方面，預先配置了 Entity Framework Core 作為物件關聯對映（ORM）工具，透過 Code First 或 DB First 模式建立資料模型，簡化後續對資料庫的 CRUD 操作，並確保資料存取的安全性，防範 SQL Injection 等常見資安威脅。

3.4 響應式網頁設計（RWD）與使用者體驗優化

考量婦女再就業族群可能使用桌機、平板或手機等多種裝置瀏覽資訊，前端開發全面導入響應式網頁設計（RWD）。利用 CSS Grid 或 Flexbox 佈局技術，結合 Angular 的動態樣式綁定功能，確保「計畫簡介」、「流程圖表」與「線上切結表單」在各種螢幕尺寸下皆能自動調整排版，維持最佳閱讀性與操作便利性。登入頁面與申辦聲明頁面特別強化了表單驗證（Form Validation）的反饋機制，即時提示使用者輸入錯誤，提升整體操作的友善度。

四、開發成果

4.1 網站入口與資訊中心模組

本期已完成網站整體的架構搭建與視覺切版，成果包含「網站主頁面」的建置，並整合了「計畫簡介」、「計畫規定」及「最新消息布告欄區塊」，提供動態與靜態並行的資訊服務。針對使用者支援，實作了「諮詢窗口資訊」與「相關問題 Q&A」頁面，並提供「表單下載」專區，將原本散落的文件進行系統化歸檔，方便民眾一鍵取得。



諮詢窗口

分署	單位	電話	業務內容		
			自主訓練獎勵	婦女再就業獎勵	雇主工時調整獎勵
	台北市就業服務中心	02-12345678	✓		
	新北市就業服務中心	02-87654321		✓	
	桃園市就業服務中心	03-1234567			✓
	高雄市就業服務中心	07-1234567		✓	✓
	基隆市就業服務中心	02-24681234	✓		✓
	新竹市就業服務中心	03-5261234		✓	✓
	嘉義市就業服務中心	05-2256789	✓	✓	✓
	台南市就業服務中心	06-2987654			✓
	屏東縣就業服務中心	08-7321234	✓	✓	

<< < 1 2 > >>
 5
1



WORKFORCE DEVELOPMENT AGENCY, MINISTRY OF LABOR

勞工行政服務中心

查詢窗口

線上申請

系統說明

常見問題

諮詢窗口

常見問答

首頁 > 常見問答

常見問答(Q&A)

如何註冊新帳號？



請點選首頁右上角「註冊」按鈕，依指示填寫資料完成註冊。

申請表單要去哪裡下載？



忘記密碼怎麼辦？



系統支援哪些瀏覽器？



如何修改個人資料？



<< < 1 > >>
 5
1



4.2 民眾支援與檔案下載專區

為了降低民眾的申請門檻並減少行政人員的客服負擔，本期特別強化了自助服務功能。開發團隊建置了「相關問題 Q&A」頁面，分類整理常見疑難雜症；同時完成了「諮詢窗口資訊」頁面，提供明確的聯絡管道。針對需要紙本作業或參考文件的需求，實作了「表單下載」專區，將所有必要的申請表格與範本進行集中管理，使用者可一鍵下載所需檔案，無需在不同頁面間反覆尋找。



4.3 三大獎勵措施流程視覺化模組

針對本計畫核心的三大獎勵業務，系統依據不同對象與情境，分別開發了專屬的流程引導頁面。成果包含「獎勵措施申請流程介紹-婦女自主訓練」、「獎勵措施申請流程介紹-婦女再就業」以及「獎勵措施申請流程介紹-雇主工時調整」。這些頁面透過圖文整合的方式，清晰呈現申請資格、應備文件及審核步驟，協助婦女與雇主快速判斷適用類別並掌握申請節奏。



4.4 身分驗證與線上申辦聲明模組

為啟動數位化申辦流程，本期完成了具備資安防護的「登入頁」開發，建立系統存取的第一道防線。在使用者登入後，系統依據不同業務需求，實作了完整的前置切結機制，包括「線上申辦聲明及切結-婦女自主訓練」、「線上申辦聲明及切結-婦女再就業」以及「線上申辦聲明及切結-雇主工時調整」。使用者須在線上閱讀相關法規條款並完成數位同意簽署，系統會將此狀態寫入資料庫，作為後續進入正式申請表單的必要條件，確保申辦程序的法律完備性。



自主訓練獎勵

切結聲明書

一、本人瞭解因辦理婦女再就業計畫津貼及追蹤就業情形等相關事宜，需提供勞工保險、就業保險及勞工職業災害保險資料相關資料。本人同意由公立就業服務機構查詢本人勞工保險資料，並瞭解勞動力發展署所屬各分署及公立就業服務機構將以「機密」之方式處理與保管本人之勞工保險資料，但涉及法律責任事項時無法保密。

二、本人確實因家庭因素退出職場已逾180日，倘若期間曾投保於職工會、農會、漁會或以被裁減身分續保，亦確實無實際從事工作；且未依公司法或商業登記法等規定擔任他單位法定負責人之情事。

三、本人瞭解不得重複請領失業前訓練計畫、充電起飛計畫、推動事業單位辦理職前培訓計畫、推動工會團體辦理失業前職業訓練計畫、推動辦理原住民失業前職業訓練作業規定、青年職前訓練學習獎勵金、辦理照顧服務職類職業訓練補助要點、補助地方政府辦理照顧服務員專班訓練計畫、補助地方政府辦理照顧服務員用人單位自訓自用訓練計畫、專案缺工職業訓練試辦計畫等訓練費用、補助及其他政府機關相同性質之補助或津貼。

四、本人同意請領第一次自主訓練獎勵金時，勞動力發展署所屬各分署轉介本人求職訊息予公立就業服務機構提供就業相關服務。

五、本人瞭解完成自主訓練後就業，倘為雇主之配偶、直系血親或三親等內之旁系血親，不予發給自主訓練第2次獎勵。

六、本人瞭解並願意遵守本計畫相關規定，茲證明所提供資料均為屬實，如有不實或違反本計畫相關規定溢領津貼，除願歸還已領取之款項外，並願負一切法律責任。特此切結為憑。

☐ 本公司已詳閱並同意以上切結聲明事項。

[返回](#)

[前往登入頁](#)

婦女再就業獎勵

切結聲明書

一、本人瞭解因辦理婦女再就業計畫津貼及追蹤就業情形等相關事宜，需提供勞工保險、就業保險及勞工職業災害保險資料相關資料。本人同意由公立就業服務機構查詢本人勞工保險資料，並瞭解勞動力發展署所屬各分署及公立就業服務機構將以「機密」之方式處理與保管本人之勞工保險資料，但涉及法律責任事項時無法保密。

二、本人確實因家庭因素退出職場已逾180日，倘若期間曾投保於職工會、農會、漁會或以被裁減身分續保，亦確實無實際從事工作；且未依公司法或商業登記法等規定擔任他單位法定負責人之情事。

三、本人瞭解不實申領、為雇主之配偶、直系血親或三親等內之旁系血親、規避、妨礙或拒絕查核、領取再就業獎勵期間已領取其他政府機關所定性質相同之補助或津貼、拒絕公立就業服務機構推介就業、其他違反本要點規定之情形，不予核發再就業獎勵。

四、本人瞭解投保的公司如無總機構及分支機構關係，雖有以同一自然人為其代表人或不同公司間係屬關係企業的情形，仍為不同權利義務主體，即不同法人，則不符本計畫所稱「受僱於同一雇主」之規定。

五、本計畫就業獎勵與其他政府機關性質相同之補助或津貼，應擇一請領，不得重複。

六、本人瞭解未經公立就業服務機構推介就業，無法請領再就業獎勵。

七、本人瞭解並願意遵守本計畫相關規定，茲證明所提供資料均為屬實，如有不實或違反本計畫相關規定溢領津貼，除願歸還已領取之款項外，並願負一切法律責任。特此切結為憑。

☐ 本公司已詳閱並同意以上切結聲明事項。

[返回](#)

[前往登入頁](#)

雇主工時調整獎勵

切結聲明書

一、本公司瞭解應為所僱用之婦女，依法投保勞工保險、就業保險及勞工職業災害保險。

二、本公司瞭解若違反以下要點規定之情形，不予核發雇主工時調整獎勵。

- (一) 不實申領。
- (二) 僱用之婦女，為其配偶、直系血親或三親等內之旁系血親；規避、妨礙或拒絕查核。
- (三) 領取雇主工時調整獎勵期間，有與所僱勞工實施減班休息，或有大量解僱勞工保護法所稱大量解僱勞工之情事。
- (四) 申請雇主工時調整獎勵前，未依身心障礙者權益保障法及原住民族工作權保障法比例進用規定，足額進用身心障礙者及原住民或繳納差額補助費、代金。
- (五) 未依規定為所僱用婦女，依法投保勞工保險、就業保險及勞工職業災害保險。
- (六) 其他違反本要點規定之情形。

三、本公司瞭解並願意遵守本計畫相關規定，茲證明所提供資料均為屬實，如有不實或違反本計畫相關規定溢領補助或津貼，除願歸還已領取之款項外，並願負一切法律責任。特此切結為憑。

☐ 本公司已詳閱並同意以上切結聲明事項。

[返回](#)

[前往登入頁](#)

五、 學生參與收穫

透過參與本期專案，學生深入接觸了企業級全端開發的實務流程。在前端方面，學生熟練掌握 Angular 的專案結構、TypeScript 語法及元件化開發思維，學會如何將設計稿轉化為具備 RWD 特性的互動網頁。在後端領域，學生透過 .NET Core 基底建置的過程，理解了 API 路由設計、依賴注入原理及 ORM 資料庫操作技術。此外，在實作「線上聲明及切結」功能時，學生學習到如何在系統設計中納入法規合規性的考量，並體驗了前後端資料串接與除錯的真實協作情境，大幅提升了軟體工程的綜合實力。

六、 未來展望

第一期工程已成功建立了穩固的 Angular 與 .NET Core 技術基底，並完成了資訊入口與申辦前置作業的數位化。未來第二期將在此基礎上全力推進「線上申請」與「後台管理」的核心功能開發。預計將實作動態申請表單，支援多步驟填寫與文件上傳，並建置行政審核後台，提供案件分派、審核歷程追蹤與報表統計功能。透過持續的技術迭代，最終將打造一個全數位化、無紙化的婦女再就業服務平台，有效提升政府行政效能與便民服務品質。

結案成果報告五：剝線鉗製程管理系統 產學合作

剝線鉗製程管理系統

產學合作結案成果報告

一、 專案背景

隨著製造業數位轉型的浪潮推進，傳統手工具製造產業亦面臨製程升級與數據透明化的迫切需求。在剝線鉗（Wire Stripper）的生產過程中，涉及繁雜的料件管理、工單排程、途程追蹤以及產線監控。過去，這些資訊往往散落在 ERP 系統、MES 系統與紙本記錄之間，缺乏一個統一的 Web 化管理介面，導致現場人員難以即時掌握工單進度，且數據整合耗時費力。此外，因應全球綠色供應鏈的趨勢，碳排放數據的追蹤已成為接單的重要指標，但傳統系統多缺乏碳排可視化的功能。

為解決上述痛點，本專案「剝線鉗製程管理系統」應運而生。透過產學合作模式，旨在開發一套整合性的 Web 後台管理系統。本系統將串聯既有的 ERP 與 MES 資料源，透過現代化的網頁介面提供料件、工單與途程的數位化管理，並特別針對產線現場環境設計友善的操作介面，同時導入碳排儀表板，協助企業實踐製程透明化與綠色製造的轉型目標。

二、 專案目標

2.1 實現製程數據的 Web 化與行動化管理

本期首要目標是將原本封閉或分散的製程數據移植至 Web 平台，打破地理位置與裝置的限制。系統需具備響應式設計（RWD），特別針對產線現場的需求，設計適合手機與平板操作的監測介面與儀表板，讓管理人員與現場作業員能透過瀏覽器即時查詢工單狀態、途程進度與產線現況，提升資訊傳遞的效率與準確性。

2.2 建構異質系統資料整合與防呆機制

為確保資料的一致性，本專案目標在於建立穩定的資料匯入機制。系統需支援從 ERP 匯出的 Excel 檔案，以及從 MES 系統的 SQL Server 資料庫中擷取料件、工單與途程資料。在資料整合過程中，必須實作嚴謹的比對邏輯，確保重複的項目不會覆蓋現有的資料，僅針對新資料進行寫入，以防止資料覆蓋錯誤，降低人工維護的風險。

2.3 建立碳排放追蹤與可視化儀表板

因應 ESG 永續經營的需求，本期專案將「碳排監控」納入核心目標。透過系統收集工單生產過程中的相關數據，並將其轉化為直觀的碳排放追蹤儀表板。目標是讓管理者能依據工單狀態或編號，快速查詢對應的碳排放估算值，為後續的碳足跡盤查與減碳策略提供數據基礎。

三、系統架構與開發技術

3.1 前端 Angular 框架與 RWD 響應式設計

前端採用 Google 開發的 Angular 框架進行建置，利用其元件化與模組化的特性，開發出高維護性的單頁式應用程式（SPA）。針對資料呈現，採用了具備自動縮放功能的 Table 元件，確保料件、工單與途程列表在不同解析度下皆能完整顯示。特別是在「產線監測頁」與「碳排放儀表板」的設計上，採用了適合平板橫放的佈局，並支援觸控滑動查看的操作模式，以符合工廠現場的實際使用情境。

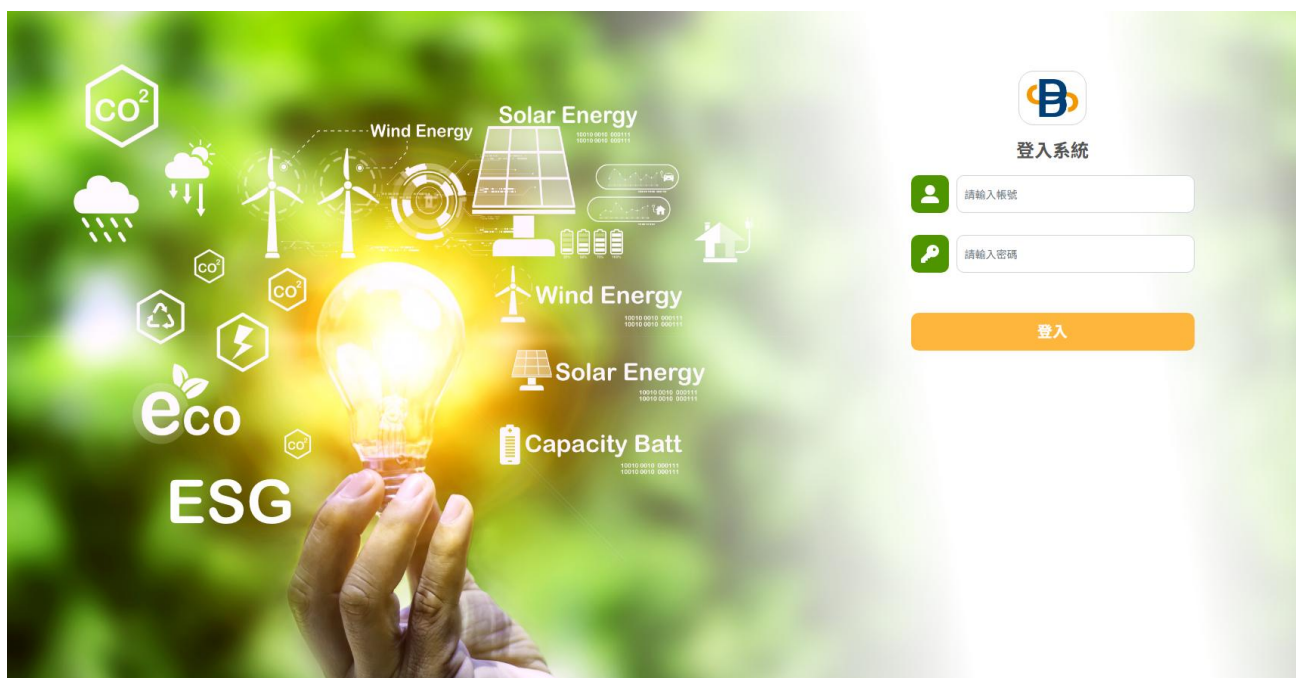
3.2 後端 .NET Core API 與資料處理邏輯

後端採用跨平台的 .NET Core 框架建置 Web API，負責處理複雜的資料邏輯與資料庫存取。系統實作了多組 RESTful API 以支援前端的查詢、編輯與刪除請求。在資料匯入功能方面，後端開發了專屬的解析引擎，能讀取 ERP Excel 檔與連接 MES 系統的 SQL Server，並執行關鍵的「PK 比對」演算法，自動識別重複項目並予以跳過，確保 MES 系統內資料的完整性與正確性。

四、開發成果

4.1 系統存取與基礎管理介面

本期已完成系統的登入頁面開發，並提供安全的帳號密碼驗證機制，執行嚴格的字串比對以確保系統安全性。整體介面採用一致的 RWD 設計風格，確保使用者在桌機、筆電或平板上皆能獲得流暢的操作體驗。



4.2 料件管理模組

針對生產所需的物料，系統開發了完整的料件管理功能。前端表格支援自動縮放，後端 API 則提供了依關鍵字、分頁與排序的查詢功能。在資料維護方面，實作了 ERP Excel 資料匯入視窗，系統會自動比對 PK 索引值，確保重複項目不覆蓋現有資料。此外，使用者可執行單筆或批次刪除，並能編輯品名、規格及組成用量等關鍵欄位。

首頁 > ERP工單 > BOM資訊

+ 匯入 刪除 請輸入關鍵字

☐	階數 t1	項次 t1	主件料號 t1	元件料號 t1	品名 t1	規格 t1	組成用量	單位	插件位置	破排係數	操作 i
☐	7	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)	(無)	☐ ☐
☐	6	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)	(無)	☐ ☐
☐	6	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)	(無)	☐ ☐
☐	7	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.594	KG	(無)	(無)	☐ ☐
☐	2	40	(無)	EFCXT022CE1	插柄 / 鐵C1022咬花-鍍鎳	φ3.95x13.4(T022CE/RE)	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐
☐	2	50	(無)	EFHST022CE	華司彈片KS/染黑H RC38-42	7.3x4.3x1.8x0.2(T022CE/RE)	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐
☐	2	30	(無)	EFCK023BHB	扣件	K023BHB 黑色PO M	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐
☐	2	30	(無)	EFKCT022CE	扣件 / T022CE/RE	Ø4.3x11.66 材質S 50C-1.5t 鍍鎳/HR C40-44	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐
☐	4	20	(無)	EFMD698111790B 1	腳釘斜度 6150	φ6.98 Xφ11X17mmX 90°	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐
☐	5	10	(無)	EFMD698111790B	腳釘斜度 6150	φ6.98 Xφ11X17mm	1	PCS	(無)	(無)	☐ ☐

<< 1 2 3 4 5 >> 10

首頁 > ERP工單 > BOM資訊

+ 匯入 刪除 請輸入關鍵字

	階數	項次	主件料號	元件料號	品名	規格	組成用量	單位	插件位置
☐	7	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)
☐	6	10	(無)	99H8217	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)
☐	6	10	(無)				0.668	KG	(無)
☐	7	10	(無)				0.594	KG	(無)
☐	2	40	(無)				2C	1	PCS
☐	2	50	(無)				T0	1	PCS
☐	2	30	(無)	EFCK023BHB	扣件	K023BHB 黑色PO M	1	PCS	(無)
☐	2	30	(無)	EFKT022CE	扣件 / T022CE/RE	Ø4.3x11.66 材質S 50C-1.5t 鍍鎳/HR C40-44	1	PCS	(無)
☐	4	20	(無)	EFMD698111790B 1	腳釘斜度 6150	φ6.98 Xφ11X17m mX 90°	1	PCS	(無)
☐	5	10	(無)	EFMD698111790B	腳釘斜度 6150	φ6.98 Xφ11X17m	1	PCS	(無)

ERP 料件資料匯入

選取檔案

下載範例 匯入 關閉

4.3 工單管理模組

工單模組為生產排程的核心，系統提供了依工單狀態或關鍵字進行查詢、分頁與排序的功能。同樣支援 ERP Excel 資料匯入與防呆比對機制。管理者可對工單進行單筆或批次刪除，並能即時編輯工單的「實際完工日」與「工單狀態」，以利隨時修正生產進度。

首頁 > ERP工單 > 工單資訊

+ 匯入 刪除 工單狀態 請輸入關鍵字

	工單編號	料件編號	品名	預計開工日	實際開工日	實際完工日	生產數量	破排係數換算	工單狀態	操作
☐	512-220100041	MOT022CE-HH	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-04 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	1160	無	(無)	☒ 合
☐	512-220100042	MOT022CE-HS	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-04 00:00:00	2022-01-07 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	1155	無	(無)	☒ 合
☐	512-220100069	MOH023CE-HH	H023CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-07 00:00:00	2022-01-21 00:00:00	2022-01-13 00:00:00	13	無	(無)	☒ 合
☐	512-220100070	MOH023CE-HS	H023CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-07 00:00:00	2022-01-21 00:00:00	2022-01-13 00:00:00	13	無	(無)	☒ 合
☐	512-220100094	MOT022CE-PCS	T022CE 尖嘴鉗(生管)	2022-01-07 00:00:00	2022-01-07 00:00:00	2022-01-08 00:00:00	729	無	(無)	☒ 合
☐	512-220200030	MOH023CE-PCS	H023CE 尖嘴鉗(生管)	2022-02-08 00:00:00	2022-02-08 00:00:00	2022-02-08 00:00:00	71	無	(無)	☒ 合
☐	512-220200040	MOT022CE-HH	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-02-09 00:00:00	2022-02-14 00:00:00	2022-02-15 00:00:00	814	無	(無)	☒ 合
☐	512-220200041	MOT022CE-HS	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-02-09 00:00:00	2022-02-14 00:00:00	2022-02-15 00:00:00	814	無	(無)	☒ 合
☐	512-220200098	MOT022CE-PCS	T022CE 尖嘴鉗(生管)	2022-02-17 00:00:00	2022-02-17 00:00:00	2022-02-21 00:00:00	1231	無	(無)	☒ 合

首頁 > ERP工單 > 工單資訊

+ 匯入 刪除 工單狀態 請輸入關鍵字

	工單編號 TL	料件編號 TL	品名 TL	預計開工日 TL	實際開工日 TL	實際完工日 TL	生產數量	破排係數換算	工單
☐	512-220100041	MOT022CE-HH	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-04 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	1160	無	(無)
☐	512-220100042	MOT022CE-HS	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-01-04 00:00:00	2022-01-07 00:00:00	2022-01-05 00:00:00	1155	無	(無)
☐	512-220100069	MOH023CE-HH	H023 理)			2022-01-13 00:00:00	13	無	(無)
☐	512-220100070	MOH023CE-HS	H023 理)			2022-01-13 00:00:00	13	無	(無)
☐	512-220100094	MOT022CE-PCS	T022 管)			2022-01-08 00:00:00	729	無	(無)
☐	512-220200030	MOH023CE-PCS	H023CE 尖嘴鉗(生管)	2022-02-08 00:00:00	2022-02-08 00:00:00	2022-02-08 00:00:00	71	無	(無)
☐	512-220200040	MOT022CE-HH	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-02-09 00:00:00	2022-02-14 00:00:00	2022-02-15 00:00:00	814	無	(無)
☐	512-220200041	MOT022CE-HS	T022CE 尖嘴鉗(熱處理)	2022-02-09 00:00:00	2022-02-14 00:00:00	2022-02-15 00:00:00	814	無	(無)
☐	512-220200098	MOT022CE-PCS	T022CE 尖嘴鉗(生管)	2022-02-17 00:00:00	2022-02-17 00:00:00	2022-02-21 00:00:00	1231	無	(無)

<< < 1 2 3 4 5 > >> 10

ERP 工單資料匯入

選取檔案

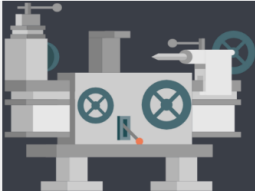
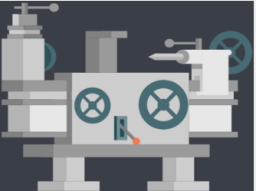
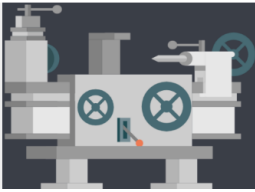
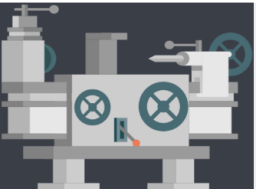
下載範例 匯入 關閉

4.4 途程機台管理模組

為追蹤生產步驟，本模組整合了 MES 系統資料。系統支援透過 MES 系統的 SQL Server 直接匯入途程資料，並同樣具備重複項目不覆蓋的保護機制。查詢功能支援依機台名稱、工單編號進行篩選。在編輯功能上，管理者可維護「進出站時間」、「報工數量」及「工站完工狀態」，實現了精細的製程追蹤。

首頁 > 機台管理 > 機台清單

+ 新增機台 請輸入關鍵字

鍛造分片機(三)  機台名稱: 鍛造分片機(三) 機台編號: F-PC-03 製程區域: MF-02切邊 EMS對應表: A01_03	鍛造切邊機(四)  機台名稱: 鍛造切邊機(四) 機台編號: F-PC-02 製程區域: (無) EMS對應表: A04_03
箱型回火爐1  機台名稱: 箱型回火爐1 機台編號: M-HP-02 製程區域: (無) EMS對應表: A03_08	CNC加工機二次放大孔1-7  機台名稱: CNC加工機二次放大孔1-7 機台編號: M-GMP-17 製程區域: MP-01熱後六孔 EMS對應表: A02_03

五、學生參與收穫

透過參與剝線鉗製程管理系統的開發，學生在技術與實務應用上皆獲得了顯著成長。在技術層面，學生熟練了 Angular 前端框架的 RWD 版面配置與元件開發，特別是學習到針對平板裝置的 UI 優化經驗。在後端方面，學生深入了解 .NET Core API 的開發流程，並實際撰寫了複雜的 Excel 解析與資料比對邏輯。更重要的是，學生透過專案接觸了製造業的 Domain Knowledge，理解了 ERP 與 MES 系統之間的資料流向，以及料件、工單、途程等專有名詞的實質意義，為未來投入智慧製造領域奠定了堅實基礎。

六、 未來展望

本期專案已成功建立了製程管理的數位化基礎，並實現了與 ERP/MES 的資料對接。未來的開發將可朝向「即時物聯網（IoT）」與「智慧排程」方向發展。預計可進一步串接機台控制器，自動擷取生產數量與運作狀態，取代人工報工；並結合累積的工時數據與碳排放資料，利用 AI 演算法進行生產排程的最佳化建議與碳足跡預測，打造更具智慧化與永續競爭力的剝線鉗生產管理系統。

結案成果報告六：剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台 產學合作

剝線鉗製程(PPCM)能耗碳排監視平台

產學合作結案成果報告

一、 專案背景

延續第一期計畫成功建立的 Web 化製程管理基礎，剝線鉗製程管理系統第二期旨在進一步深化系統的智慧化與整合深度。隨著企業對 ESG 永續製造、品質管理（QA）以及資安權限控管的要求日益提高，原有的基礎資料維護功能已不足以應對複雜的生產情境。目前的生產現場面臨著 ERP 原物料碳排數據無法自動對應至工單、MES 系統與現場機台資訊存在時間差等挑戰。此外，隨著系統使用者增加，如何針對不同職級人員進行精細的功能權限控管，亦成為本期開發的關鍵課題。

本期專案將重點放在「深度資料整合」與「綠色製造管理」。透過串接 ERP BOM 表的碳排係數與 MES 的生產途程，系統將能自動計算每張工單的能耗與碳足跡。同時，導入 AOI 品質檢測數據與戰情看板，協助管理者從宏觀角度掌握良率與產能。本計畫透過產學合作模式，由學生團隊負責高複雜度的邏輯開發與介面實作，協助企業打造一個集權限管理、碳排放計算、品質追蹤與戰情決策於一體的現代化製造執行中樞。

二、 專案目標

2.1 建構細緻化的角色權限控制體系（RBAC）

本期首要目標為強化系統的資訊安全，建立基於角色的存取控制（RBAC）機制。目標是讓系統能依據使用者角色（如作業員、領班、廠長）動態決定選單的顯示與隱藏，甚至細化至頁面內的「編輯」或「純檢視」權限控管，並結合 API Access Token 驗證，確保資料存取的絕對安全。

2.2 實現 ERP 與 MES 的深度雙向資料拋轉

目標是打破系統異質資料之間的藩籬，達成 ERP BOM 表資訊與 MES 生產途程的自動化同步。系統需能依據生產流程規劃，自動在 MES 中建立對應的設備工單，並自動調整同機台且進站時間相同的工單邏輯，減少人工重複輸入的錯誤與工時。

2.3 建立產品碳足跡與能耗計算模型

因應綠色供應鏈需求，本期致力於將碳排放管理融入生產流程。目標是新增 BOM 表的碳排放係數欄位，並結合機台設備的能耗數據，自動計算出工單在生產歷程中的總能耗與碳排放量，實現「實績」與「規劃」之能耗合併計算，產出精確的碳排放報表。

2.4 打造視覺化生產戰情看板

目標是建立即時的決策支援介面，即「戰情看板」。透過視覺化圖表呈現機台的用電能耗、碳排放統計以及生產良率趨勢。看板需具備當日與當月的統計維度，並支援輪播功能，讓產線現場與管理中心能同步掌握生產脈動。

三、系統架構與開發技術

3.1 前端 Angular 動態路由與權限指引設計

前端採用 Angular 框架，利用其強大的 Router Guard 與 Directive 機制實作權限控管。系統在登入後取得使用者權限表，動態生成導航選單（Menu），並透過自定義指令控制按鈕的 Disable 或 Hidden 狀態，確保使用者無法操作未授權的功能。

3.2 後端 .NET Core 中介軟體與 Token 驗證

後端採用 .NET Core Web API，並實作客製化的 Middleware 進行資安防護。所有的 API 請求皆需經過 Access Token Key 驗證，並結合後端資料庫的角色權限設定進行二次檢核，防止惡意使用者繞過前端直接呼叫 API。

3.3 異質資料庫 ETL (Extract, Transform, Load) 與排程同步機制

針對 ERP、MES 的大量數據，系統建立了高效的 ETL（Extract, Transform, Load）架構。透過排程服務定期從來源資料庫抓取 BOM 表、途程資訊與檢測數據，經過清洗與格式轉換後寫入中介資料庫，確保資料的一致性與完整性。

3.4 複雜邏輯運算與碳排演算法實作

系統核心包含複雜的商業邏輯層，專門處理工單排程的時間自動調整演算法，以及碳排放量的加權計算。開發團隊將這些邏輯封裝為獨立的 Service，確保計算規則（如：原物料碳排放 & 製程能耗碳排放）可被不同模組重複呼叫且易於維護。

3.5 圖表視覺化與 RWD 響應式佈局

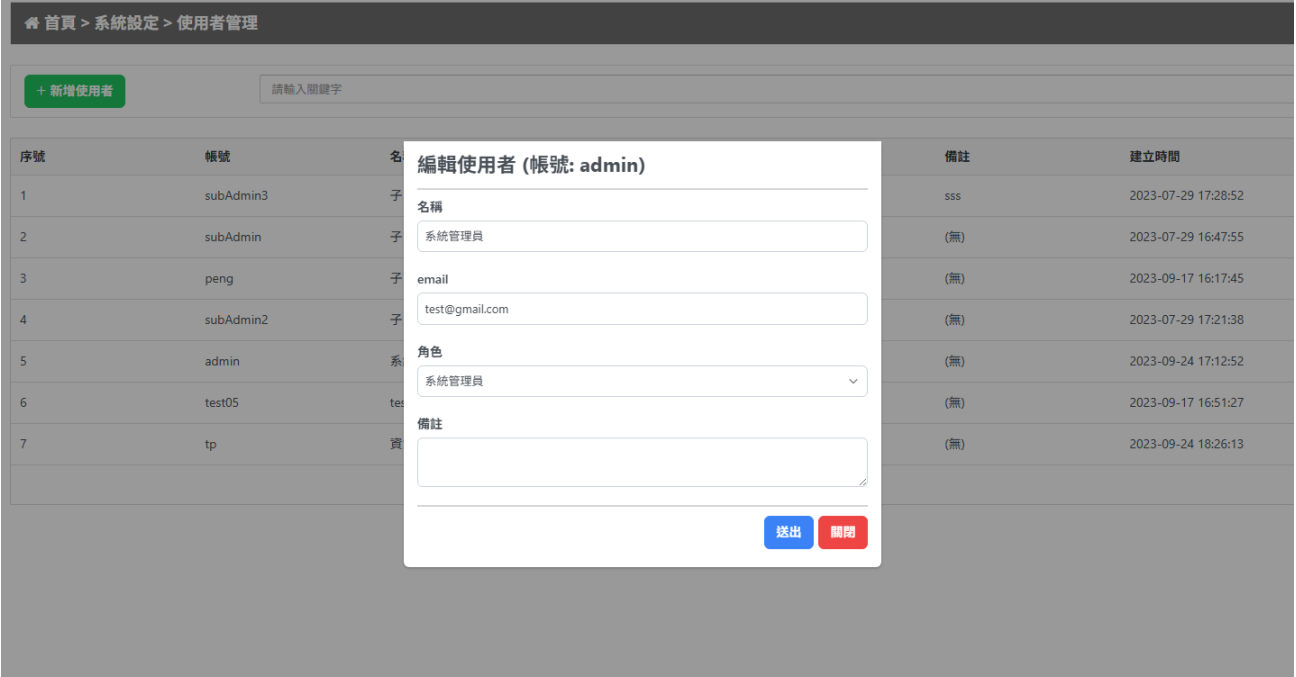
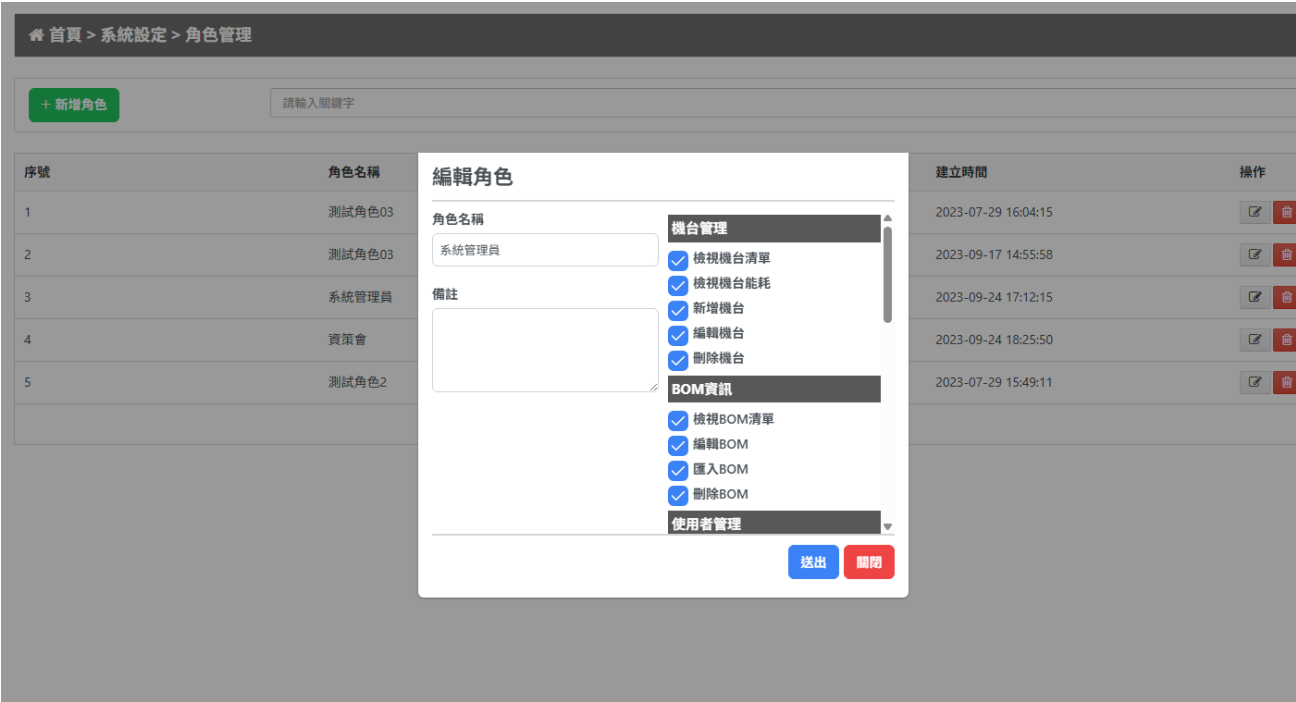
戰情看板採用高效能的圖表庫（如 Chart.js 或 ECharts）進行開發，支援大量數據的即時渲染。配合 RWD 響應式設計，確保戰情資訊在大型電視牆、電腦螢幕或平板裝置上皆能呈現最佳的視覺效果與版面配置。

四、開發成果

4.1 帳號與角色權限管理模組

本模組為系統的安全基石，涵蓋了完整的帳號與角色生命週期管理。在帳號管理部分，完成了建立帳號、維護資訊、檢視清單、停用帳號及修改密碼功能，並實作了嚴謹的登入驗證與 API Access Token 發放機制。角色管理

部分，則提供了新增角色、設定角色權限、維護基本資訊及取得角色清單的功能。透過此模組，管理者可靈活定義不同職務（如作業員、品管、廠長）的權限邊界。



4.2 選單與路由權限控管模組

為落實權限政策，系統開發了動態選單管理機制。系統能取得所有選單功能列表，並維護其停用或啟用狀態。最關鍵的成果在於前端介面的動態渲染：選單項目會依據登入者的權限設定自動顯示或隱藏，功能頁面內的按鈕亦會依據權限切換為「可編輯」或「純顯示」模式。此外，結合網站路由（Router）的 Token 驗證，有效防止了未授權的網址存取。

4.3 ERP 料件與工單整合模組

本模組深化了與 ERP 的連結。針對 BOM 表，新增了碳排放係數維護欄位，使系統具備計算生產前原物料碳排總和的能力。在工單部分，實作了依單號關聯 BOM 資訊的邏輯，並新增工單分群代號欄位。查詢介面亦進行了調整，支援依據分群代號進行篩選，提升了資料檢索的精確度。

首頁 > ERP工單 > BOM資訊

+ 匯入

刪除

請輸入關鍵字

Q

	階數 TL	項次 TL	主件料號 TL	元件料號 TL	品名 TL	規格 TL	組成用量	單位	插件位置	碳排係數	操作 i
☐	4	20	WWWWW	EFMD698111790B1DD	鉗釘斜度 6150	q6.98 Xq11X17mmX 90°	1	PCS	(無)	11	☐ ☐
☐	4	10	WWWWW	MOH023CE-RSSS	H023CE 尖嘴鉗(鉗合)	(無)	1	PCS	(無)	10	☐ ☐
☐	6	10	WWWWW	MOH023CE-FDSA	H023CE 尖嘴鉗(鉗品)	(無)	1	PCS	(無)	13	☐ ☐
☐	5	20	WWWWW	MOH023CE-CDSA	H023CE 尖嘴鉗(壓平)	(無)	1	PCS	(無)	12	☐ ☐
☐	7	10	QQQQQ	99H8217QQQ	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)	14	☐ ☐
☐	8	10	QQQQQ	99H8217SAS	82CRH 棒鋼	17 φ	0.668	KG	(無)	14	☐ ☐
☐	2	40	AAA	EFCXT022CE1	搖柄 / 螺C1022咬花-鍍銀	q3.95x13.4(T022CE/RE)	1	PCS	(無)	11	☐ ☐
☐	2	30	AAA	EFKCK023BHB	扣件	K023BHB 黑色PO M	1	PCS	(無)	10	☐ ☐
☐	2	30	(無)	EFKCT022CE	扣件 / T022CE/RE	Ø4.3x11.66 材質S50C-1.5t 鍍銀/HR C40-44	1	PCS	(無)	10	☐ ☐

<< < 1 2 3 4 5 > >> 15 ▾

首頁 > ERP工單 > 工單資訊

+ 匯入

刪除

工單狀態 ▾

請輸入關鍵字

Q

	工單編號 TL	料件編號 TL	品名 TL	預計開工日 TL	實際開工日 TL	實際完工日 TL	生產數量	碳排係數換算	工單狀態 TL	操作 i
☐	511-220600001	A0H023CE-HF010AA	H023CE 尖嘴鉗/HFT/套柄(HT)	2023-01-13 00:00:00	2023-01-13 00:00:00	2023-01-12 08:00:00	3024	無	已完工	☐ ☐
☐	511-221200142	A0H023CE-HF010AA	H023CE 尖嘴鉗/HFT/套柄(HT)	2023-04-12 00:00:00	2023-04-12 00:00:00	2023-04-16 00:00:00	624	無	生產中	☐ ☐
☐	511-230100160	A0H023CE-HF010AA	H023CE 尖嘴鉗/HFT/套柄(HT)	2023-05-18 00:00:00	2023-05-18 00:00:00	2023-05-19 00:00:00	3024	無	生產中	☐ ☐
☐	512-221000059	MOH023CE-F	H023CE 尖嘴鉗(鉗品)	2022-10-25 00:00:00	2022-10-25 00:00:00	2022-10-27 00:00:00	20000	260,000	已完工	☐ ☐
☐	512-221100182	MOH023CE-H	H023CE 尖嘴鉗(熱處理)	2023-11-29 00:00:00	2023-11-29 00:00:00	2023-12-12 16:00:00	10000	90,000	已完工	☐ ☐
☐	512-221200070	MOH023CE-PCS	H023CE 尖嘴鉗(生管)	2022-12-12 00:00:00	2022-12-12 00:00:00	2022-12-11 08:00:00	5000	40,000	已完工	☐ ☐
☐	512-230200152	MOH023CE-R	H023CE 尖嘴鉗(鉗合)	2023-02-24 00:00:00	2023-02-24 00:00:00	2023-04-09 08:00:00	10000	100,000	已完工	☐ ☐
☐	512-230300090	MOH023CE-PCS	H023CE 尖嘴鉗(生管)	2023-03-17 00:00:00	2023-03-17 00:00:00	2023-05-01 16:00:00	4847	38,776	生產中	☐ ☐
☐	512-231000169	MOG033HB-R	G033HB斜口鉗(鉗合)	2023-10-26 00:00:00	2023-10-27 00:00:00	2023-11-10 00:00:00	8000	無	生產中	☐ ☐

<< < 1 > >> 15 ▾

4.4 生產流程與機台管理模組

此模組定義了標準化的生產規範。開發成果包含建立產品主檔、維護主檔資訊及設定產品生產流程。管理者可在此建立標準生產途程，並管理該途程下的機台設備，同時維護機台設備的資料同步資訊，確保 MES 系統能接收到正確的生產參數。

首頁 > 生產管理 > 產品管理

+ 新增產品
 請輸入關鍵字

G033H
 產品設定
 途程管理
 刪除產品

MF-01剪料 → MF-02切邊 → MP-03熱前微加工 → MC-01 噴砂壓平

HO23CE 剝線鉗
 產品設定
 途程管理
 刪除產品

MF-01剪料 → MF-02切邊 → MC-01噴砂壓平 → MH-02熱前加工 → MH-03熱處理爐 → MP-01熱後六孔 → MP-03研磨側磨 → AP-01清洗 → AP-03組裝入套

4.5 MES 工單資料結轉模組

本模組實現了自動化的資料同步邏輯。系統能依據規劃好的生產途程，進行 MES 工單途程與生產歷程的資料同步，並自動在 MES 中建立對應設備的工單。針對排程衝突，實作了智慧演算法，當同機台且進站時間相同時，系統會自動調整進站時間，避免排程衝突。此外，亦同步了報工數量、不良品數與報廢數，確保兩端系統數據一致。

4.6 進階工單管理與碳排放計算模組

本模組為生產執行的核心。除了基礎的生產歷程資訊維護（進出站時間、機台、報工）與完工清單檢視外，更具備了強大的計算能力。系統能依工單號展開同步生產歷程數據，支援新增派工（新增生產歷程）或移除歷程等。最重要的是，系統能執行生產歷程的能耗與碳排放計算，將實際之能耗與碳排放進行合併運算，並支援以刻線/剝製功能畫面的 Excel 報表匯出，提供完整的生產履歷。

首頁 > MES製程 > 加工製程

請輸入關鍵字

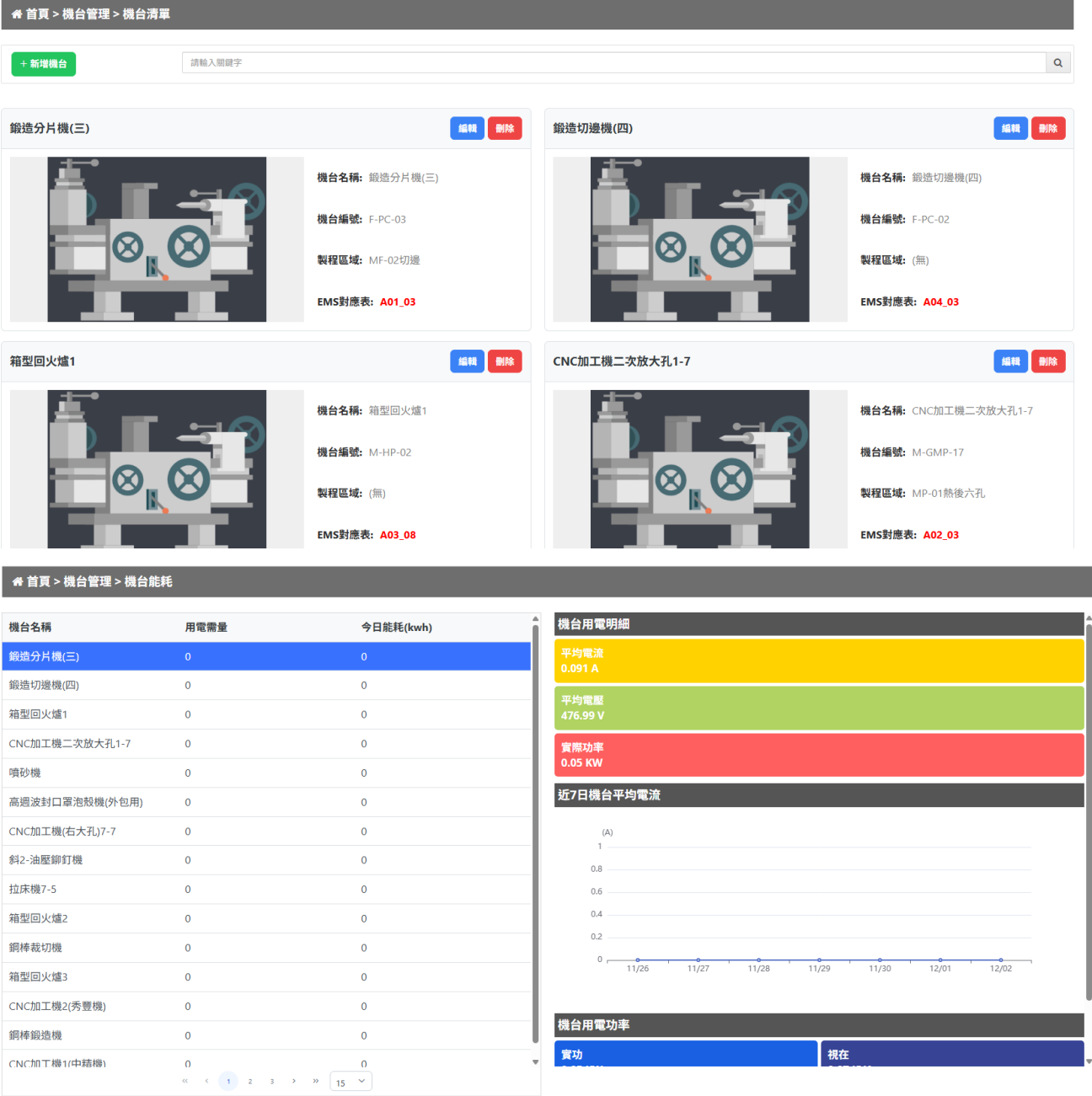
工單編號	料件編號	品名	預計開工日 t1	實際開工日	預計完工日 t1	生產數量	能耗	碳排	工單狀態 t1	操作
512-221100182	M0H023CE-H	H023CE 尖嘴鉗(熱處理)	2023-11-29 00:00:00	2023-11-29 00:00:00	2023-12-12 16:00:00	10000	469.0	238.7	已完工	+派工 良率

工單批號	進站時間	機台編號/名稱	出站時間	報工數量	出站良品數量	出站報廢數量	能耗	碳排	操作
512-221100182-001	2022-12-06 19:55:00	M-BR-25_null	2022-12-13 14:48:00	5000	0	0	397.0	202.1	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-12-06 19:55:00	M-BR-29_null	2022-12-13 14:48:00	5000	0	0	237.0	120.6	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 08:26:27	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 08:56:27	1582	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 09:10:27	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 09:30:27	1079	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 09:57:21	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 10:27:21	956	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 10:37:56	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 11:07:56	1007	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 11:20:46	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 11:50:46	1007	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除
512-221100182-001	2022-11-30 13:15:24	F-B5-03_噴砂機	2022-11-30 13:45:24	1007	0	0	0.0	0.0	編輯 刪除

512-231000169	M0G033HB-R	G033HB斜口鉗(腳合)	2023-10-26 00:00:00	2023-10-27 00:00:00	2023-11-10 00:00:00	8000	0.0	0.0	生產中	+派工 良率
511-230100160	A0H023CE-HF010 AA	H023CE 尖嘴鉗/HT/套標(HT)	2023-05-18 00:00:00	2023-05-18 00:00:00	2023-05-19 00:00:00	3024	0.0	0.0	生產中	+派工 良率

4.7 機台設備管理模組

此模組負責管理工廠內的實體資產。功能包含機台資料建檔、基本資訊維護及機台圖片上傳。管理者可檢視機台清單，進行狀態異動，並設定機台對應 MES 電表之資料表名稱，以利能耗數據的抓取。此外，支援機台製程區域設定與機台能耗總計功能，有效掌握設備運作效率。



4.8 生產戰情看板模組

本模組為決策者提供了宏觀的視覺化介面。戰情看板整合了多項統計圖表，包含機台用電能耗與碳排放統計圖、機台生產良率統計圖。時間維度涵蓋「當日」與「當月」的能耗、碳排放及良率趨勢。系統亦開發了機台設備能耗資訊的輪播功能，適合在產線大螢幕上循環播放，實現資訊透明化管理。



五、 學生參與收穫

學生在第二期專案中，面臨了比第一期更為嚴峻的技術挑戰。在權限管理方面，學生深入理解了 RBAC 模型與 JWT Token 的運作原理，學會如何在前後端實作存取控制。在資料整合上，學生處理了 ERP BOM 表與 MES 途程的複雜對應關係，並實作了碳排放計算的演算法，這不僅鍛鍊了邏輯思維，也讓他們對 ESG 議題有更實務的認識。此外，透過 AOI 數據與戰情看板的開發，學生掌握了大量數據的視覺化技巧與效能優化方法，為未來投入智慧製造與工業 4.0 領域累積了寶貴經驗。

六、 未來展望

隨著第二期系統的完備，剝線鉗製程管理已具備了高度的數位化與可視化能力。未來第三期可朝向「人工智慧輔助決策」邁進。利用本期累積的大量生產數據、碳排數據與 AOI 不良圖檔，可訓練 AI 模型進行預測性維護，提前預警機台故障；或利用影像辨識技術優化 AOI 的判讀準確率。此外，可進一步開發行動版 App，讓管理者能透過手機接收異常推播通知，實現真正的行動化智慧工廠管理。

結案成果報告七：智慧公廁前台及雲端管理平台 產學合作

智慧公廁前台及雲端管理平台

產學合作結案成果報告

一、 專案背景

隨著物聯網（IoT）技術與智慧城市概念的普及，公共設施的數位化轉型已成為提升市民生活品質的重要指標。傳統公共廁所管理往往依賴人工巡檢，缺乏即時的使用狀態資訊與環境數據，導致使用者經常面臨長時間排隊或誤入清潔中的廁間困擾，管理者亦難以即時掌握耗材補充與環境清潔的需求。此外，公廁入口處的實體佈告欄資訊更新不易，無法有效傳遞即時公告或市政宣導。為解決上述痛點，本專案「智慧公廁面板」應運而生，旨在透過數位電子看板結合感測器技術，將廁間使用狀態、環境舒適度數據以及多媒體資訊進行視覺化整合，提供使用者更友善、透明的如廁體驗，同時協助管理單位提升維運效率。

二、 專案目標

2.1 實現公廁使用狀態透明化與即時化

本專案的首要目標在於解決使用者對於廁間佔用狀態的資訊落差。透過介接硬體感測器訊號，系統需即時將每一間廁所的狀態（使用中、閒置、清潔維護中）同步呈現於入口處的顯示面板上，藉此減少使用者無謂的排隊等候與敲門確認，提升人流疏導效率。

2.2 建構舒適度監測與環境數據視覺化

除了使用狀態外，專案旨在整合環境監測功能，將公廁內部的溫度、濕度以及當日累積人流等數據，轉化為直觀的儀表板資訊。這不僅讓使用者能預先了解環境品質，累積的數據亦可作為管理單位評估清潔頻率與空調設定的客觀依據。

2.3 打造多功能市政宣導與數位看板平台

為充分利用公廁入口的高人流特性，本系統將面板轉化為多媒體資訊站。目標是開發多媒體輪播與跑馬燈功能，使面板在顯示廁所資訊的同時，亦能播放市政宣導影片、觀光推廣圖片或緊急公告，發揮數位看板的多元價值。

2.4 實踐軟硬體整合與即時資料串流技術

本專案在技術層面的核心目標，是建立一套穩定的軟硬體介接機制。透過後端程式直接讀取實體線路訊號（Serial Port），並利用 WebSocket 技術將數據毫秒級推播至前端介面，確保面板顯示的資訊與現場實際狀況完全同步，無任何延遲。

三、系統架構與開發技術

3.1 Angular 前端互動式介面設計

前端採用 Google 開發的 Angular 框架進行建置，利用其強大的模組化特性與雙向資料繫結（Two-way Binding）能力，處理複雜的即時數據更新。系統設計上導入響應式網頁設計（RWD），確保面板介面在不同尺寸的顯示器或嵌入式螢幕上皆能維持正確的版面配置與視覺比例。透過元件化（Component）開發，將地圖區、數據區與多媒體區拆分為獨立模組，提升程式碼的可維護性。

3.2 .NET Framework 後端與 Serial Port 硬體通訊

後端採用微軟 .NET Framework 作為系統核心，負責處理商業邏輯與硬體溝通。由於感測器透過實體線路傳輸數據，後端實作了 Serial Port（序列埠）監聽服務，直接讀取 RS232 或 RS485 介面傳來的原始訊號（如門鎖開關、溫濕度數值），並進行資料解析與格式化，轉為系統可讀的 JSON 格式。

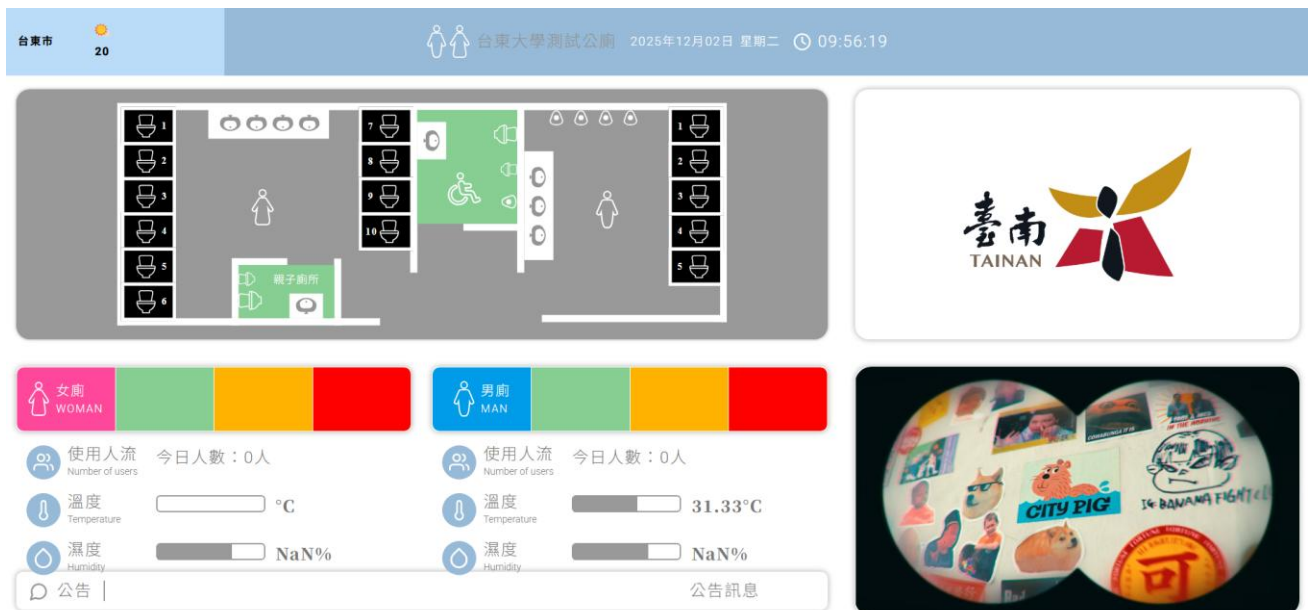
3.3 SignalR 即時資料推播機制

為達成「即時顯示」的關鍵需求，系統捨棄傳統的輪詢（Polling）機制，改採 SignalR 技術。當後端透過 Serial Port 偵測到感測器狀態改變（例如門鎖被鎖上），SignalR Hub 會立即建立 WebSocket 通道，主動將最新狀態推播至所有連線中的前端面板。此架構大幅降低了伺服器負載，並確保前端畫面的更新延遲極低，實現真正的即時監控。

四、開發成果

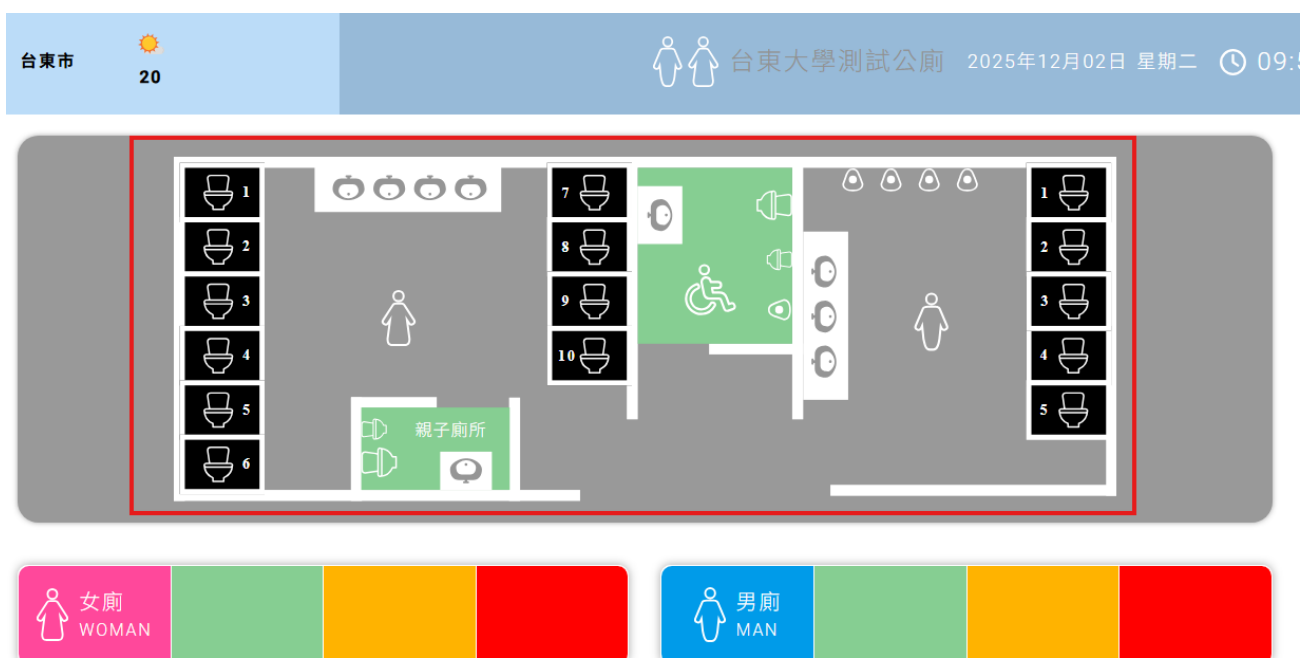
4.1 面板介面設計與 RWD 切版實作

本系統已完成高識別度的面板介面開發，採用現代化的區塊式佈局。左上方呈現平面配置圖，以直觀的圖示顯示男廁、女廁及無障礙廁所的空間分佈；右側與下方則配置多媒體與數據顯示區。開發團隊透過 CSS Grid 與 Flexbox 技術實現響應式設計（RWD），確保畫面在各種解析度的電子看板上均能自動調整比例，維持版面整潔與資訊易讀性。



4.2 動態廁間狀態顯示模組

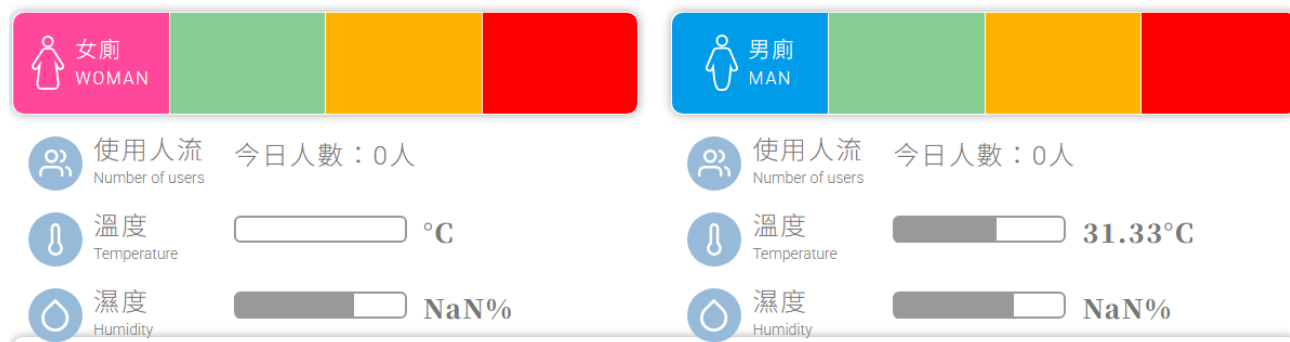
系統成功實作了廁間狀態的即時視覺化功能。在平面圖上，每一個廁間圖示皆會依據感測器訊號動態改變顏色與圖示狀態。例如，當感測器回傳「使用中」訊號時，圖示會轉為深色或紅色並顯示佔用；若為「閒置」則顯示為亮色或綠色；若觸發清潔開關，則會標示為維修或清潔中。此功能讓使用者一眼即可掌握廁所內部的空間狀況。



4.3 環境感測資訊即時儀表板

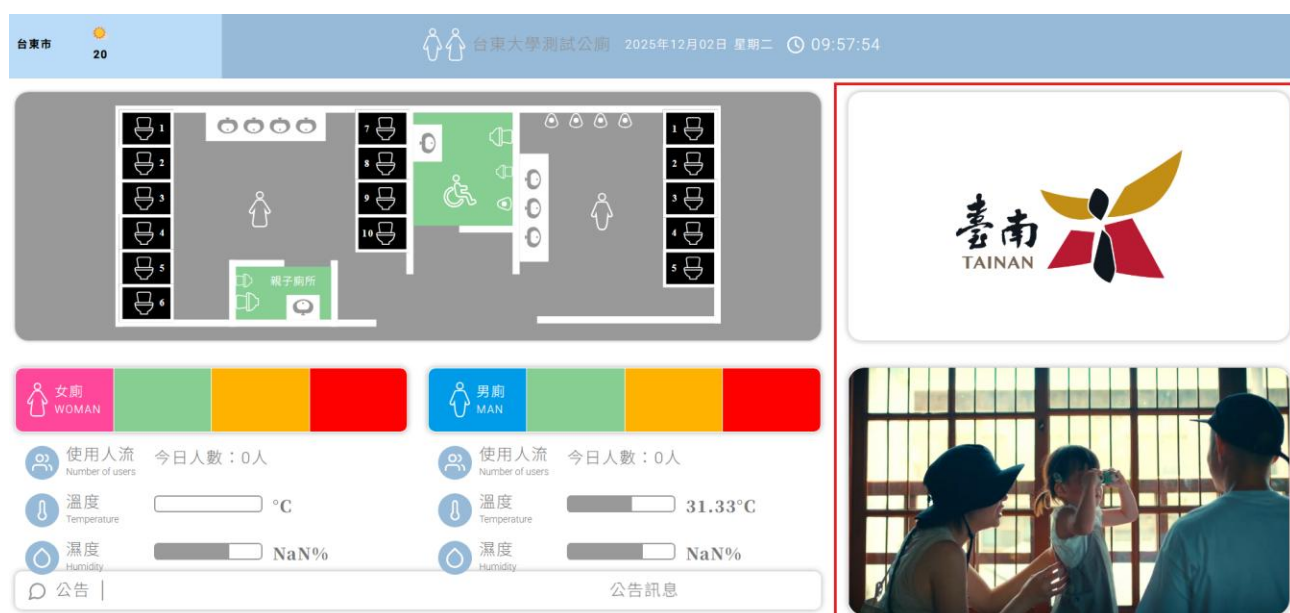
針對環境監控需求，系統在面板下方區域整合了各項感測數值顯示。開發成果包含溫度計與濕度計的動態圖表，數值會隨感測器回傳資料即時跳動；

同時實作了人流計數器，顯示當日累積的使用人次。這些數據以清晰的數字與進度條呈現，讓使用者能立即感知環境舒適度。



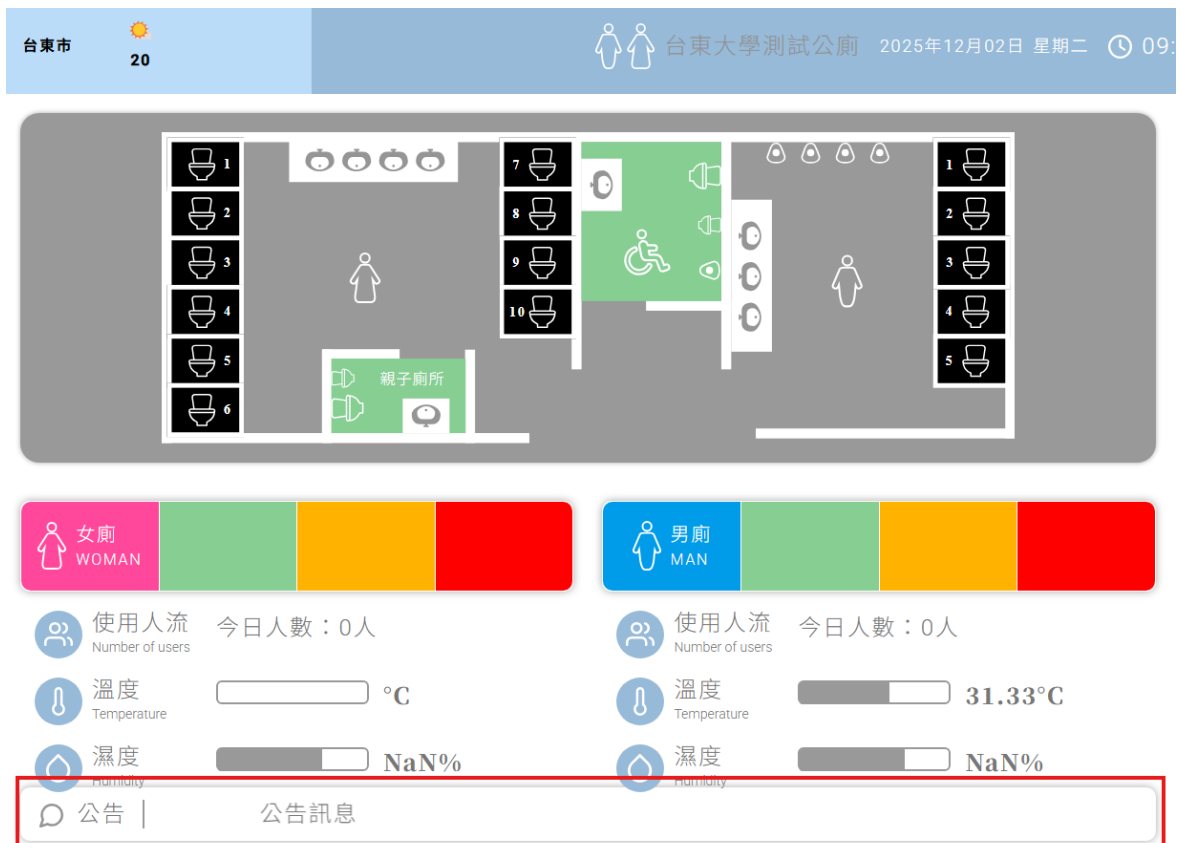
4.4 多媒體輪播與數位廣告功能

為提升面板的附加價值，系統右側區塊已建置多媒體輪播模組。管理者可於後台設定一系列的宣導圖片或影片（如台南觀光影片），前端會依序進行循環播放。此功能支援常見的圖片與影片格式，並具備自動調整尺寸與靜音播放的設定，確保不干擾現場環境。



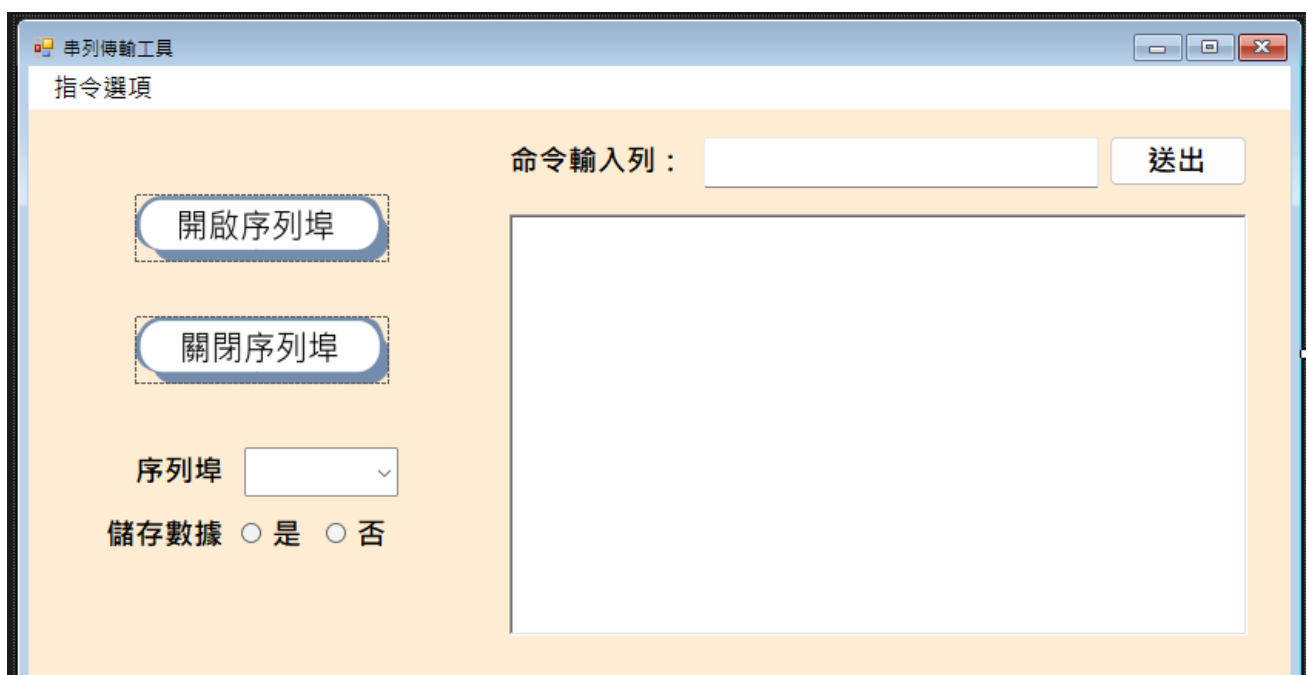
4.5 底部公告跑馬燈模組

為了傳遞即時訊息，面板最下方配置了全寬的公告跑馬燈區域。系統支援文字內容的動態滾動顯示，管理者可利用此區域發布緊急通知、清潔時段公告或防疫宣導資訊。跑馬燈具備流暢的動畫效果，確保在不佔用主要視覺空間的前提下，仍能有效傳遞重要資訊。



4.6 Serial Port 硬體訊號接收器

在底層通訊方面，開發團隊完成了 Serial Port 資料接收器的程式開發。此模組能穩定地與現場的 I/O 控制器進行連線，持續監聽來自門鎖感測器、紅外線人流計數器及溫濕度感測器的原始 Hex 代碼，並透過解碼邏輯將其轉換為系統定義的狀態物件，成功串聯了實體物理訊號與軟體系統。



4.7 SignalR 即時訊號推播服務

為了串接前後端資料流，系統成功部署了 SignalR 推播服務。一旦 Serial Port 接收器偵測到狀態變更，SignalR 便會透過 Hub 將更新後的 JSON 封包廣播至前端 Angular 應用程式。經實測，從感測器觸發到面板圖示變色的延遲時間極短，達成了即時互動的技術要求。

五、 學生參與收穫

透過本專案的執行，學生跨越了純軟體開發的範疇，深入接觸「軟硬整合」的實務領域。在技術面，學生不僅精進了 Angular 前端切版與 .NET 後端邏輯的開發能力，更難能可貴地學習到如何透過 Serial Port 與底層硬體進行通訊，以及如何運用 SignalR 解決即時資料傳輸的難題。此外，在介面設計過程中，學生必須考量公共顯示器的使用者體驗（UX），學習如何設計高對比、易讀且資訊層級分明的儀表板，這些經驗對於未來投入物聯網（IoT）或智慧城市相關產業皆是極具價值的資產。

六、 未來展望

本期專案已成功建立了智慧公廁的感知與顯示基礎，未來可進一步朝向「預測性維護」與「雲端大數據」方向發展。規劃將收集到的長期人流與環境數據上傳至雲端資料庫，透過 AI 模型分析尖峰時段與使用模式，藉以優化清潔人員的排班調度。此外，系統亦可擴充緊急求助功能，當偵測到使用者在廁間停留時間過長或觸發跌倒偵測時，面板能即時發出警示並通報管理中心。同時，也可開發手機 App 版本，讓民眾在前往公廁前即可查詢空位狀態，實現更全面的智慧公廁服務生態系。

結案成果報告八：智慧公廁雲端管理平台 產學合作

智慧公廁雲端管理平台

產學合作結案成果報告

一、 專案背景

隨著智慧城市基礎建設的推進，公廁已不再僅是單純的公共設施，而是物聯網（IoT）數據的重要節點。在第一期完成單點式的公廁智慧面板與感測器建置後，管理單位面臨了新的挑戰：如何將散落在各個場域的公廁數據進行集中化管理、如何即時監控多個單位的設備狀態，以及如何依據不同層級的管理人員分配權限。既有的單機運作模式無法滿足跨區域、跨單位的綜合治理需求，數據孤島現象亦阻礙了進一步的大數據分析與維運優化。

因此，本期專案「智慧公廁雲端管理平台」旨在建置一套集中式的雲端後台，透過 Web 介面串聯前端 IoT Gateway，實現數據的雲端彙整。本系統將扮演「大腦」的角色，統籌管理所有場域的感測器數據、人員權限與組織架構，提供決策者即時的戰情儀表板，並為基層管理人員提供精確的維護資訊，達成公廁管理的數位轉型與智慧化升級。

二、 專案目標

2.1 建立多層級組織與帳號權限體系

本期首要目標為建構彈性的帳號管理架構，區分「系統總管理者」與「單位子帳號」層級。系統需支援不同單位的獨立運作，確保各單位僅能管理其轄下的公廁設施，實現權限的最小化與精準化配置，滿足政府機關或大型企業多部門分層管理的需求。

2.2 實現數據可視化戰情儀表板

為提升決策效率，目標建置整合性的雲端儀表板。除呈現公廁內部的即時感測數據（人流、異味、耗材）外，亦需介接中央氣象局與環保署 Open API，將外部環境資訊（天氣、空氣品質指標 AQI）與內部數據整合顯示，提供管理層全方位的場域狀態總覽。

2.3 建構基於角色的資料存取控制（RBAC）

系統需具備嚴謹的資料安全機制，目標是導入「身分區別資料查詢範圍控管」技術。無論是公廁列表、感測器數據或通知紀錄，系統皆需依據登入者的身分自動過濾資料範圍，確保數據隱私與安全性，防止越權存取。

2.4 打造高穩定性的 IoT 數據接收與處理中樞

針對龐大的物聯網數據流，本期目標在於建立穩定的 IoT 模組。透過 Windows App 作為可視化 Gateway，結合 SignalR 即時通訊技術與 ETL（Extract, Transform, Load）資料處理流程，確保從感測器端到雲端資料庫的數據傳輸具備高可靠性與低延遲特性。

2.5 完善的系統軌跡與異動紀錄追蹤

為強化系統治理能力，目標是實作完整的異動紀錄查詢功能。舉凡帳號的建立、密碼修改、單位綁定至感測器數據的異常通知，系統皆需留下可追溯的軌跡紀錄（Log），並支援報表匯出，以利後續的資安稽核與維運責任釐清。

三、系統架構與開發技術

3.1 前端 Angular 模組化與權限導向設計

前端採用 Angular 框架進行開發，利用其強大的模組化特性將系統拆分為管理模組、儀表板模組與共用元件。在架構設計上，深度運用 Angular 的 Route Guards 與 Interceptors 實作權限控管，依據後端回傳的使用者角色（Role）與權限宣告（Claim），動態決定選單項目的顯示與隱藏，以及頁面路由的存取權，確保前端界面的安全性與靈活性。

3.2 後端 .NET Core Web API 與資料治理

後端核心採用 .NET Core 建置 RESTful API，負責處理複雜的商業邏輯與資料存取。架構上採用分層設計，並導入 Entity Framework Core 處理資料庫操作。針對權限管理，後端實作了中介軟體（Middleware）進行 Token 驗證與 Scope 過濾，確保每一次 API 請求皆符合該使用者的資料存取範圍。

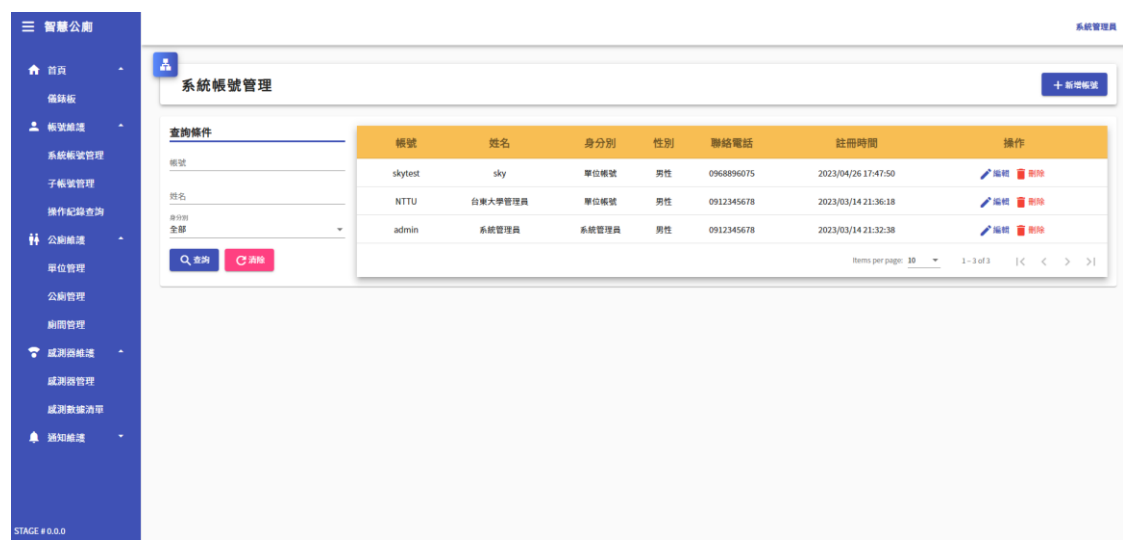
3.3 IoT Gateway 與 SignalR 即時資料流架構

本系統的 IoT 架構採用「邊緣閘道（Gateway）至雲端」的模式。開發了專屬的 Windows APP 作為 IoT Gateway，負責在地端蒐集感測器訊號。數據傳輸層採用 SignalR 技術建立 WebSocket 長連線，實現毫秒級的數據上傳。後端接收數據後，透過排程與 ETL (Extract, Transform, Load) 程序將原始數據清洗並轉入 SQL Server 資料庫，同時即時推播至前端儀表板，達成數據的持久化儲存與即時顯示並行。

四、開發成果

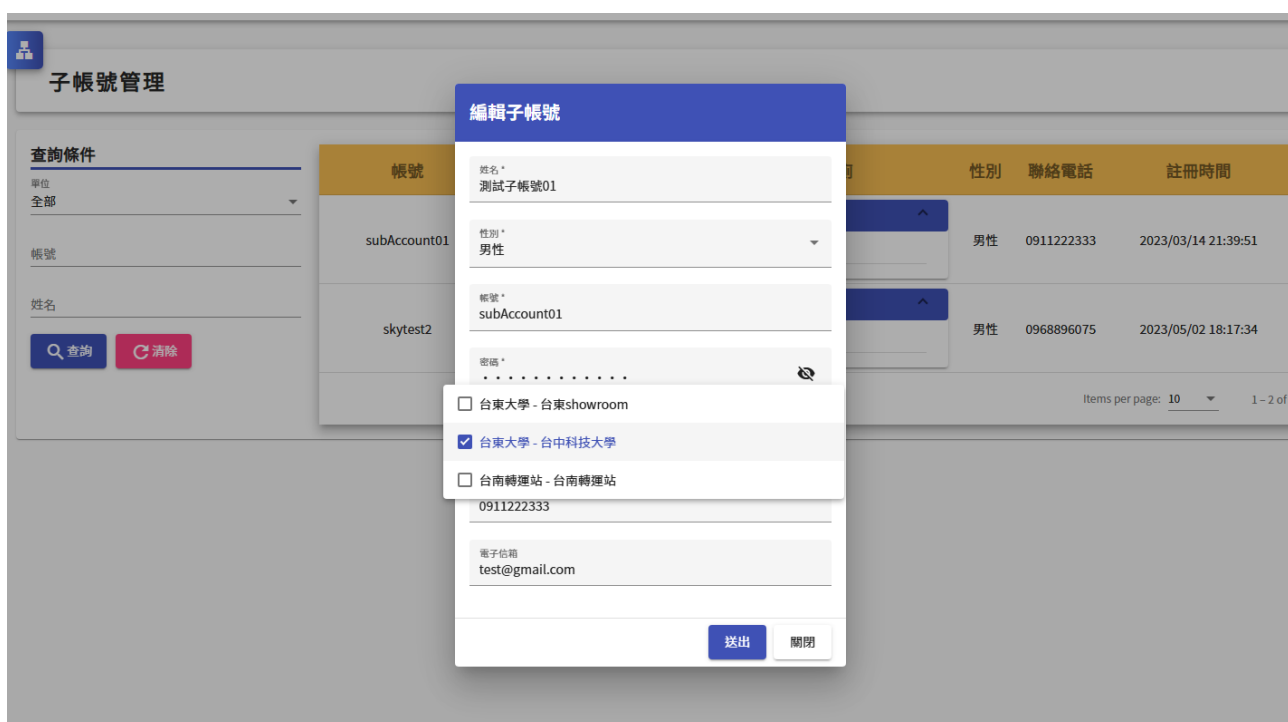
4.1 系統帳號與權限管理模組

本模組為平台的基礎核心，提供了完整的帳號生命週期管理功能。系統實作了系統帳號的查詢、註冊與詳細資訊維護，並支援單位帳號的綁定與解綁定操作，確保人員歸屬明確。針對安全性，開發了密碼異動設定與強制登入授權機制。此外，為了配合後續的權限控管，完成了帳號與身分權限的綁定功能，並提供帳號清單的 Excel 匯出與異動紀錄查詢，方便系統管理員進行稽核。



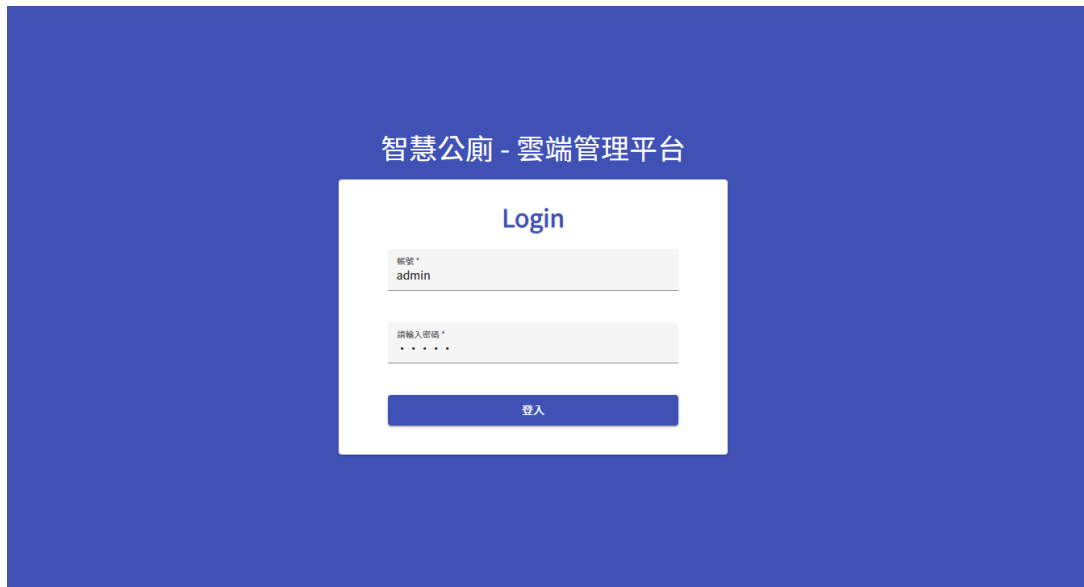
4.2 子帳號與單位階層管理模組

為滿足多層級管理需求，系統開發了子帳號與單位管理功能。在子帳號模組中，實作了針對特定單位的帳號註冊、綁定與公廁管理授權，確保子帳號僅能操作被授權的設施。單位管理模組則提供了新增管理單位、異動詳細資訊及單位註銷的功能。系統支援查看各單位轄下的公廁清單與進行公廁綁定作業，成功建立了「單位-子帳號-公廁」的清晰階層關係。



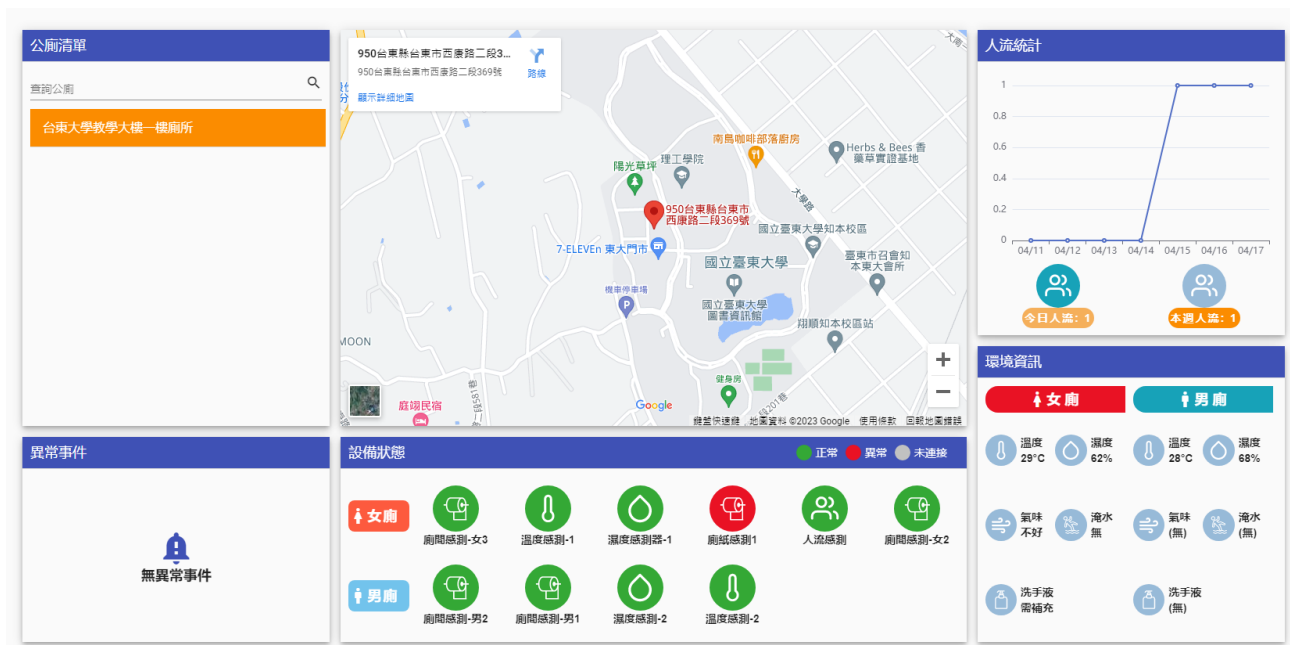
4.3 Authenticate 身分認證與資料範圍控管模組

本模組實現了細緻的權限防護機制。系統在登入頁驗證身分後，會將使用者狀態存入 Storage 進行管理，並依據身分動態顯示或隱藏雲平台選單項目。最關鍵的成果在於實作了全系統的資料查詢範圍控管，包括公廁管理頁、廁間管理頁、感測器管理頁、感測數據查詢頁、通知事件管理頁以及通知紀錄查詢頁。系統會自動依據登入者的身分，過濾其無權查看的資料，確保數據邊界清晰，防止越權存取。



4.4 雲平台整合戰情儀表板

本模組整合了內外部數據，提供了視覺化的決策介面。系統能依據登入身分帶入對應的公廁清單與數據。儀表板核心區塊展示了公廁的廁間數統計（男廁、女廁、殘障廁所）及即時使用狀態統計（已使用、未使用、不開放）。此外，即時呈現感測器回傳的人流、溫度、濕度與氣味數值，並監控感測器的連線狀態（包含廁紙、洗手液、廁間佔用等），最後標示感測數據的最新同步時間與負責人聯絡資訊，讓管理者能一眼掌握場域全貌。



4.5 IoT 數據介接與 Gateway 模組

此模組負責底層數據的傳輸與處理。開發團隊完成了可視化的 IoT Gateway 介接應用程式（Windows APP），作為地端與雲端的橋樑。系統設

定了案場資料擷取的 SignalR 同步通道，實現 Gateway 感測數據的即時上傳。在後端資料處理上，實作了 IoT Gateway 數據的 ETL (Extract, Transform, Load) 流程，將接收到的訊號轉入 SQL Server 資料庫。此外，開發了命令輸入程式，允許雲端下達指令至 Gateway，並設定了人流數據的歸零排程，確保每日數據統計的正確性。

查詢條件

請輸入感測器名稱

感測器類別

全部

公廁

全部

廁間

全部

查詢

清除

感測器名稱	感測類別	數據	公廁地點	廁間	IoT Gateway	建立時間
廁間感測-男1	廁間使用狀態	22	台中科技大學	男廁1	A22	2025/11/14 20:50:16
洗手乳感測1	洗手乳液位感測	3025	台中科技大學	女廁1	A21	2025/11/14 20:50:16
廁間感測-男2	廁間使用狀態	19	台中科技大學	男廁2	A23	2025/11/14 20:50:16
廁間感測-女1	廁間使用狀態	19	台中科技大學	女廁1	A24	2025/11/14 20:50:16
廁紙感測1	廁紙感測	9999	台中科技大學	女廁1	A11	2025/11/14 20:50:16
廁間感測-女2	廁間使用狀態	17	台中科技大學	女廁2	A25	2025/11/14 20:50:16
淹水感測1	淹水感測	28	台中科技大學	女廁1	A12	2025/11/14 20:50:16
廁間感測-女3	廁間使用狀態	1563	台中科技大學	女廁3	A26	2025/11/14 20:50:16
氣味感測	氣味感測	1	台中科技大學	女廁1	L13	2025/11/14 20:50:14
溫度感測-1	溫度感測	24.23	台中科技大學	女廁1	L11	2025/11/14 20:50:14

Items per page: 101 - 10 of 58600<>>>

4.6 公廁及廁間管理模組

本模組負責將實體空間進行數位化定義，是所有數據的掛載基礎。系統提供了公廁查詢、新增與異動功能，並能進一步向下管理至「廁間」層級，支援廁間列表的建立、異動與詳細資訊檢視。為方便大量資料維護，開發團隊實作了公廁清單與廁間清單的 Excel 匯出功能。此外，系統完整記錄了公廁及廁間的異動軌跡，供管理者查詢歷史變更，確保空間定義的正確性。

查詢條件

公廁

全部

廁間類別

全部

請輸入廁間名稱

開放狀態

全部

查詢

清除

廁間管理

新增廁間

公廁地點	廁間名稱	廁間類別	使用類型	開放使用	備註	建立時間	操作
台中科技大學	女廁1	女廁	坐式	是	(無)	2023/01/09 11:36:37	編輯刪除
台中科技大學	女廁2	女廁	坐式	是	(無)	2023/01/09 11:37:04	編輯刪除
台中科技大學	女廁3	女廁	坐式	是	(無)	2023/01/09 11:37:17	編輯刪除
台中科技大學	男廁1	男廁	坐式	是	(無)	2023/01/09 11:37:46	編輯刪除
台中科技大學	男廁2	男廁	坐式	是	(無)	2023/01/09 11:38:14	編輯刪除
台東showroom	男-1(A)	男廁	坐式	是	(無)	2024/02/02 13:49:53	編輯刪除
台東showroom	男-2(B)	男廁	坐式	是	(無)	2024/02/02 13:50:12	編輯刪除
台東showroom	女-1(C)	女廁	坐式	是	(無)	2024/02/02 13:51:18	編輯刪除
台東showroom	女-2(D)	女廁	坐式	是	(無)	2024/02/02 13:51:58	編輯刪除
台東showroom	女-3(E)	女廁	坐式	是	(無)	2024/02/02 13:52:12	編輯刪除

Items per page: 101 - 10 of 11<>>>

聯絡電話 *
0901123456

e-mail *
test@gmail.com

Line 推播通知
aSgmKzspbNIZPgD2lqYiWvPwddIVBtBGPUIZs ☐ 推播開關

備註

新增廁間

公廁 *
台中科技大學

廁間名稱 *

廁間類型 *

使用類型
坐式

廁間序號
0

開放使用
是

備註

送出 關閉

操作

檢視 編輯 刪除

檢視 編輯 刪除

廁間維護

男廁 (數量:2)

男廁2

男廁1

女廁 (數量:3)

女廁3

女廁2

4.7 公廁感測器管理模組

此模組用於管理散佈於各場域的硬體資產。系統支援感測器的查詢、新增註冊與詳細資訊維護，並提供了關鍵的「綁定/解綁定」功能，將感測器與特定的公廁或廁間進行關聯，確保數據能正確對應到實體位置。模組內亦包含感測器狀態設定、清單 Excel 匯出及異動紀錄查詢，使管理者能精確掌握硬體設備的部署狀況與庫存狀態。

感測器管理

新增感測器

查詢條件

請輸入感測器名稱

感測器類別
全部

公廁
全部

廁間
全部

查詢 清除

感測器名稱	感測類別	公廁地點	廁間	下限值	上限值	IoT Gateway	操作
廁紙感測1	廁紙感測	台中科技大學	女廁1	0	4095	A11	編輯 刪除
淹水感測1	淹水感測	台中科技大學	女廁1	0	4095	A12	編輯 刪除
洗手乳感測1	洗手乳液位感測	台中科技大學	女廁1	0	4095	A21	編輯 刪除
溫度感測-1	溫度感測	台中科技大學	女廁1	0	80	L11	編輯 刪除
溫度感測-2	溫度感測	台中科技大學	男廁1	0	80	S11	編輯 刪除
溫度感測器-1	溫度感測	台中科技大學	女廁1	0	100	L12	編輯 刪除
溫度感測-2	溫度感測	台中科技大學	男廁1	0	100	S12	編輯 刪除
氣味感測	氣味感測	台中科技大學	女廁1	0	4095	L13	編輯 刪除
人流感測	人流偵測	台中科技大學	女廁1	0	65536	S15	編輯 刪除
廁間感測-男1	廁間使用狀態	台中科技大學	男廁1	0	4095	A22	編輯 刪除

Items per page: 10

1 - 10 of 43

< >

通知紀錄管理

查詢條件

通知類別

全部

公廁

全部

查詢

清除

公廁地點	通知類別	通知訊息	通知時間
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:57:20
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:57:19
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:57:18
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:27:52
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:27:51
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 07:27:50
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 06:27:21
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 06:27:20
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 06:27:19
台東showroom	後台推播	洗手乳已用完	2024/11/13 06:27:18

Items per page: 10

1 - 10 of 7170

<

>

>>

「智慧化服務匯流排」
(Intelligent Service Bus, ISB) 整合平台
附錄 A ISB 系統架設及操作說明暨技術移轉

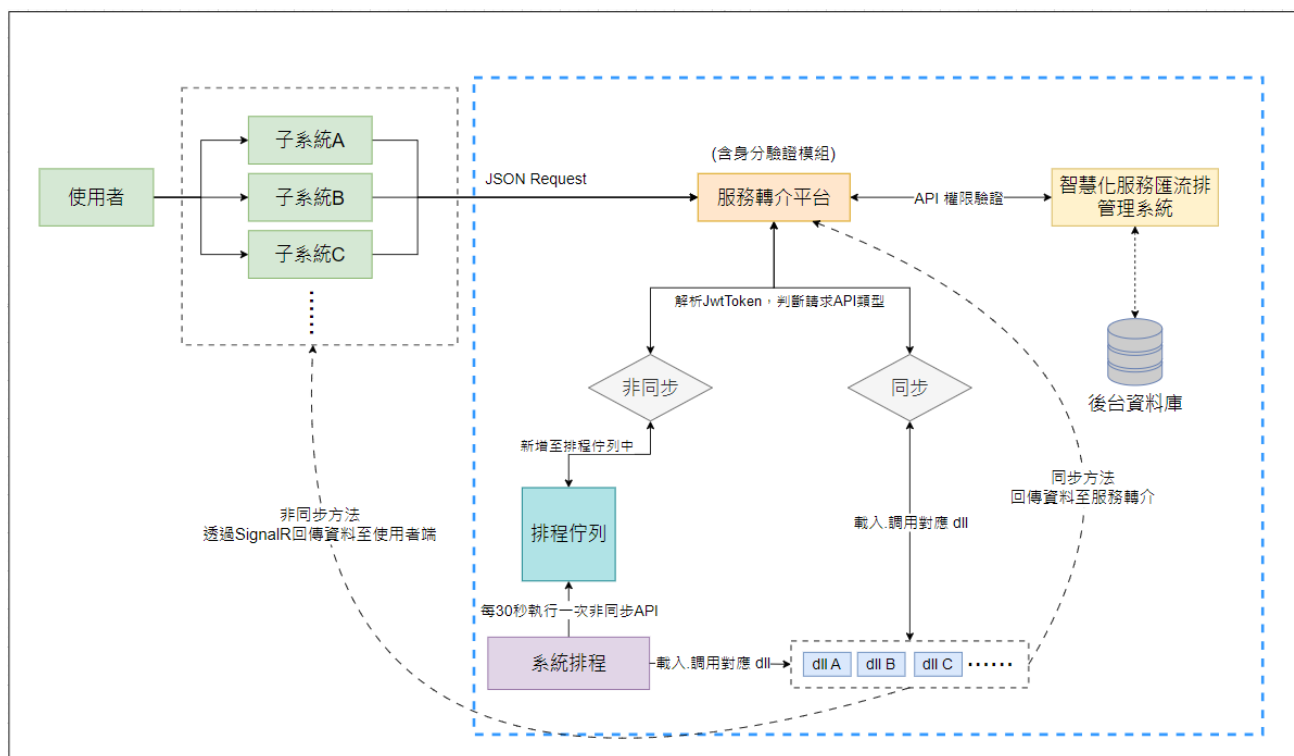
ISB 智慧服務匯流排系統架設及操作說明 暨技術移轉教育訓練手冊

中 華 民 國 1 1 3 年 0 7 月 1 0 日

目錄

壹、系統概述	153
貳、操作說明 - ISB後台	154
一、後台功能架構	154
二、登入驗證模組	154
三、戰情模組	154
四、帳號權限模組	156
五、API服務管理模組	161
六、API服務監控模組	167
七、營運管理模組	170
八、系統設定模組	171
參、操作說明 - 系統核心	171
一、服務轉介平台(含身份驗證模組)	171
二、SignalR Server (請參考SignalRServer專案)	174
三、系統排程 (請參考NutcBusSchedule專案)	175
肆、技術移轉 - 開發Dll	177
一、理解API與DLL元件的關係	177
二、DLL元件開發	178
伍、系統部署	194
一、前端專案部署	194
二、後端專案部署	197

壹、系統概述



- 智慧化服務匯流排管理系統

智慧化服務匯流排管理系統，以下簡稱“後台管理系統”。其內容包含首頁儀表板、報表下載、後台人員帳號管理、子系統帳號管理、權限管理、服務管理、API管理與服務監控等功能。在使用者調用Dll的過程中，後台管理系統提供了產生加密Token的接口API，並在整個過程中記錄API的請求記錄、回覆記錄或錯誤記錄，此外子系統帳號所使用的加密金鑰也可從後台管理系統取得。其他相關的操作功能請參考後續章節的詳細介紹。

- 身份驗證模組

在ISB服務匯流排系統v1中，身份驗證模組的功能實作包含在服務轉介平台內。在使用者欲調用Dll時，需先透過子系統的帳號、密碼、加密明文與請求內容，取得一串加密過後的Token。並在發送請求至轉介服務平台時帶入此Token，得以執行解析Token與簽名檔驗證，達到身分驗證的效果。

- 服務轉介平台

使用者欲調用Dll時需先取得一串加密過後的Token，並將此Token帶入服務轉介平台的接口API，同時需指定要請求API的方式為“同步”或是“非同步”。當解析Token完成、驗證使用者身分皆通過後，若指定的請求方式為同步，服務轉介平台會直接依使用者指定的API調用對應的Dll，並帶入請求的參數取得對應的資料，再將資料回傳給使用者。若指定的請求方式為非同步，使用者需先和SignalR Server端建立連線，並訂閱對應的Topic。服務轉介平台則會觸發對應的SignalR Hub執行，待執行完畢後將取得的資料回傳給有訂閱Topic的Client端，後續的章節會再詳細的介紹。

- 系統排程

系統排程的執行主要參照排程佇列中(對應後台資料表“ScheduleQueue”)待執行的排程清單，其中又分為“一般排程”與“非同步API排程”。一般排程如資料庫備份、子系統加密金鑰更新等功能，系統排程每30分鐘抓取一次排程佇列中待執行的一般排程，並逐個執行。非同步API排程則每30秒抓取一次排程佇列中待執行的排程，而一次只執行一筆。

貳、操作說明 – ISB後台

一、 後台功能架構

ISB智慧化服務匯流排管理系統共包含七個模組，分別為登入驗證模組、戰情模組、帳號權限模組、API服務管理模組、API服務監控模組、營運管理模組、系統設定模組。各模組包含不同之功能操作頁面，旨在管理ISB服務匯流設定檔、API DLL檔、子系統權限驗證、API Gateway請求紀錄…等，以下將針對各頁面之功能設定進行詳細說明。

二、 登入驗證模組

登入頁

功能介紹

智慧匯流排系統的管理網站登入頁面如下圖所示。它的主要功能是允許經過授權的使用者進入系統進行後續的操作和管理。此頁面具有簡潔明了的設計，提供使用者輸入帳號與密碼的欄位，以及一個登入按鈕以完成身份驗證的過程。



The image shows a login page titled "Login". It features two input fields: the first is labeled "帳號*" (Username*) and contains the text "admin@gmail.com"; the second is labeled "密碼*" (Password*) and contains six dots. Below these fields is a yellow button labeled "Sign in".

操作說明

於「帳號」欄位輸入您的電子郵件地址。

於「密碼」欄位輸入您的密碼。

確認輸入資訊無誤後，點選「Sign in」按鈕。

系統將進行帳號與密碼的驗證。若資訊正確，您將進入管理系統的主頁面；若資訊有誤，將顯示錯誤訊息，請按照指示修正後再次嘗試登入。

三、 戰情模組

儀表板

功能介紹

下圖是智慧匯流排系統的儀表板界面，它提供了一個實時的系統監控和統計分析視圖。在這個界面中，管理者可以快速獲得系統的關鍵性能指標（KPIs），如API數量、今日請求次數、今日異常次數等資訊。此外，儀表板還展示了API Gateway的資源使用情況（如CPU使用率），以及API服務的健康狀態等。



操作說明

登入系統後，將會顯示儀表板界面作為主頁面。

API總數：目前系統中註冊的API服務總數。它幫助管理者了解系統規模和API服務的多樣性。

子系統總數：顯示當前與匯流排系統連接的子系統總數，讓管理者獲取子系統的數量資訊。

今日請求總數：此區塊提供當日API請求的次數統計，用以監控日常使用量。

今日異常總數：顯示當日系統記錄的異常請求次數，重要的是快速定位問題並採取行動。

API Gateway 主機狀態：提供API Gateway主機的實時狀態，包括CPU使用率、記憶體使用等。

API 請求次數統計：展示了不同API請求的分佈和次數，有助於識別最常被使用的API。

子系統請求統計：此區塊顯示各個子系統對API的請求次數，幫助理解各子系統的使用頻率。

當日流量統計：提供當日經過API Gateway的請求數據量，以了解系統負載。

近七日流量統計：顯示過去七天內的API流量變化，有助於捕捉長期趨勢。

異常紀錄統計：集中展示了近期的所有異常請求紀錄，讓管理者能快速響應。

報表管理

功能介紹

此功能為智慧匯流排系統中的報表下載界面，如下圖所示，它允許使用者根據特定日期範圍選擇和下載不同類型的系統報表。該頁面設有日期選擇器以定義報表的時間範圍，並列出了可用的報表類型，例如API調用統計、錯誤記錄、流量統計等。每一種報表旁邊都設有一個下載按鈕，便於使用者快速獲取資訊。

報表下載

開始時間
2023/12/7

截止時間
2023/12/8

時間最多只能選取三個月

API 紀錄與統計	說明	下載
API 請求紀錄	下載特定時間區段裡的所有 API 的請求紀錄	
API 異常紀錄	下載特定時間區段裡的所有 API 的異常紀錄	
API 請求次數統計	下載特定時間區段裡的所有 API 的請求次數統計	
API 異常次數統計	下載特定時間區段裡的所有 API 的異常次數統計	

操作說明

選擇報表的開始日期和結束日期，以定義您希望獲取報表的時間範圍。

瀏覽列表，找到您需要的報表類型。

點擊對應報表右側的「下載」按鈕，即可開始下載報表。

四、帳號權限模組

帳號管理

功能介紹

下圖為智慧匯流排系統的帳號管理頁面，它提供了一個直觀的界面讓管理員進行用戶帳號的編輯、刪除和角色設定。表格列出了每個帳號的電子郵件、用戶名稱、聯繫電話、關聯的管理員郵件和帳號創建時間。每行最後面的三個按鈕分別代表不同的操作：青色按鈕用於編輯帳號資訊，紅色按鈕用於刪除帳號，粉紅色按鈕用於設定帳號角色。

帳號管理
+ 新增帳號

帳號	名稱	電話	建立人			
#	帳號	名稱	電話	建立人	建立時間	操作
1	chiu@gmail.com	chiu	0987456321	admin@gmail.com	2023/11/24 23:20:14	
2	testchiu@gmail.com	testchiu	0212359687	admin@gmail.com	2023/11/17 10:27:28	
3	chihuahua@gmail.com	chihuahua	11112	chihuahua@gmail.com	2023/10/31 18:06:12	
4	dsdfs@gmail.com	hhhhh	21564465	dsdfs@gmail.com	2023/10/31 17:54:12	
5	afssf@gmail.com	aaaaaa	5852131	afssf@gmail.com	2023/10/31 17:51:05	

Items per page: 5
1 - 5 of 36

操作說明

使用右上角「新增帳號」按鈕可以添加新的帳號。

十 新增帳號

帳號*

密碼*

名稱*

電話*

角色設定*

送出 取消

若要編輯一個帳號，點擊對應用戶行末的青色編輯按鈕。

✎ 修改帳號資訊

名稱*

系統管理員

電話*

0900111222

送出 取消

若需刪除帳號，點擊對應用戶行末的紅色按鈕，並確認刪除操作。

? 確認視窗

是否要刪除此帳號？

是 否

為帳號設定角色，請點擊粉紅色按鈕，選擇相應的角色並儲存。

角色設定

帳號*
admin@gmail.com

角色設定*
後臺管理員

- ☒ 後臺管理員
- ☐ 工讀生
- ☐ 測試角色
- ☐ role

透過頁面頂部的搜索欄位可以快速查找特定帳號。
可以通過頁面底部的分頁控制按鈕瀏覽不同頁面的帳號列表。

子系統管理

功能介紹

智慧匯流排系統中的子系統管理界面如下圖所示。此頁面允許管理者進行子系統的信息編輯、刪除，以及密碼修改等操作。每條記錄包含子系統名稱、電子郵件、電話號碼、關聯的管理員郵件和創建時間。對應每個子系統，頁面提供了三種操作：青色按鈕用於編輯子系統信息，紅色按鈕用於刪除子系統，粉紅色按鈕用於修改子系統的密碼。

子系統管理 + 新增子系統

#	子系統名稱	子系統帳號	電話	建立人	建立時間	操作
1	testschiu	testsbschiu@gmail.com	5555558874	admin@gmail.com	2023/11/17 10:54:54	
2	測試測試測試ABC	testSbOne@gmail.com	0987654123	admin@gmail.com	2023/11/04 21:44:18	
3	FEGR	ee@gg	444	aa@gmail.com	2023/10/31 17:33:56	
4	555r	555rrr@gg	555	aa@gmail.com	2023/10/31 03:29:32	
5	55rr	55rr@gmail.com	55	aa@gmail.com	2023/10/31 03:23:23	

Items per page: 5 1 - 5 of 20

操作說明

若要修改子系統資訊，點擊相應記錄末端的青色按鈕，進行信息更新。



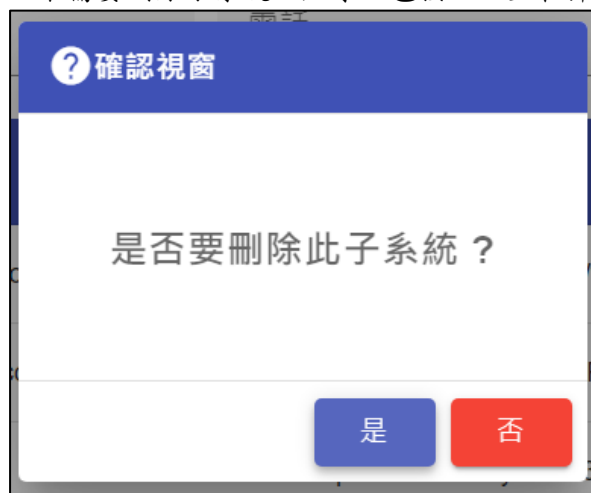
修改子系統

子系統名稱*
測試測試測試

電話*
0987654123

送出 取消

如果需要刪除子系統，點擊紅色按鈕，並在彈出的確認視窗中確認刪除。



? 確認視窗

是否要刪除此子系統？

是 否

更新子系統的密碼，可以點擊粉紅色按鈕，並在彈出的界面中輸入新密碼。



*****重設子系統密碼**

新密碼*

新密碼第二次*

送出 取消

可以使用頁面頂部的搜索欄快速定位特定的子系統。

頁面底部的分頁元件可用於瀏覽子系統列表。

點擊右上角新增子系統按鈕可進行子系統新增。

角色管理

功能介紹

下圖為ISB智慧匯流排系統中的角色管理界面。管理者可以在這個頁面上對系統角色進行管理，包括編輯角色權限和刪除角色。列表顯示了每個角色的名稱、備註、建立人和最後修改時間。每個角色旁邊的青色按鈕允許編輯角色的權限設定，而紅色按鈕則用於刪除角色。

角色管理

新增角色

#	角色名稱	備註	服務狀態	建立人	建立時間	更新帳號	更新時間	操作
1	role	測試	啟用	admin@gmail.com	2023/10/18 15:45:53	admin@gmail.com	2023/10/18 15:45:53	 
2	測試角色	(無)	啟用	adminDontChange@gmail.com	2023/10/16 14:41:45	adminDontChange@gmail.com	2023/10/16 14:41:45	 
3	工讀生	(無)	啟用	adminDontChange@gmail.com	2023/10/16 14:40:46	adminDontChange@gmail.com	2023/10/16 14:40:46	 
4	後臺管理員	test111	啟用	adminDontChange@gmail.com	2023/10/16 14:37:51	admin@gmail.com	2023/10/31 20:45:36	 

Items per page: 10 1 - 4 of 4

操作說明

若要修改角色的權限設定，點擊相應角色行末的青色按鈕開啟設定視窗。

修改角色權限

名稱
後臺管理員

狀態
啟用

備註
test111

戰情中心

報表匯出 ☒

API紀錄

檢視API異常紀錄 ☒

檢視API請求紀錄 ☒

電算中心

新增排程佇列 ☒

上傳服務DLL ☒

新增子系統帳號 ☒

送出

取消

如果要刪除角色，點擊紅色按鈕，並在彈出的確認對話框中確認操作。

? 確認視窗

是否要刪除此角色？

是 否

透過頁面上方的搜尋輸入框，可以快速查詢特定角色。
 通過頁面底部的分頁控制器可以瀏覽不同的角色頁面。
 若要創建新角色，點擊新增角色按鈕並填寫必要資訊。

+ 新增角色

名稱*

狀態
啟用

備註*

戰情中心

報表匯出 ☐

API紀錄

檢視API異常紀錄 ☐

檢視API請求紀錄 ☐

電算中心

新增排程佇列 ☐

上傳服務DLL ☐

新增子系統帳號 ☐

編輯子系統帳號 ☐

送出 取消

五、 API服務管理模組

API申請頁

功能介紹

下圖為智慧匯流排系統的API申請管理介面，提供管理者審核及處理API申請的功能。在這介面上，各個API申請項目包含有API名稱、API說明、申請人資訊及申請時間。每一項API申請旁邊的粉紅色按鈕可進行審核。

API申請頁

+ API申請

#	API名稱	API說明	審核狀態	審核人員	審核回饋	申請人	申請時間	操作
1	test7	test7	待審核	admin@gmail.com	(無)	admin	2023/10/27 10:26:10	審核
2	test6	test6	待審核	(無)	(無)	admin	2023/09/14 21:26:06	審核
3	test5	test5	待審核	(無)	(無)	admin	2023/09/14 21:23:49	審核
4	服務申請090803	服務申請090803	待審核	(無)	(無)	acc3	2023/09/08 18:58:12	審核
5	服務申請090802	服務申請090802	待審核	(無)	(無)	acc2	2023/09/08 18:53:32	審核

Items per page: 10
1 - 5 of 5

操作說明

若需要新增API，則可點擊頁面右上角的API申請按鈕，填寫必要資訊提交申請。

審核API

API名稱*

請輸入API名稱

API說明*

送出

關閉

審核API申請，直接點擊想要審核的API申請行尾的粉紅色按鈕。

審核API

API名稱*

服務申請090803

API說明*

服務申請090803

審核結果*

請選擇審核結果

通過

駁回

送出

關閉

透過頁面下方的分頁功能，可以瀏覽更多的申請項目。

可以根據API名稱或API說明之資訊，在頁面上方的搜索欄位進行篩選，快速找到特定申請。

API管理頁

功能介紹

API管理頁是給管理者用來檢視與編輯API相關資訊的地方，如下圖所示。在這個頁面上，列出了每個API的編號、名稱、說明、狀態以及建立人資訊。每條API旁設有「編輯」與「檢視」兩個按鈕，分別對應到不同的操作介面。

API管理頁						
API名稱		API路徑				
#	API名稱	API說明	API狀態	建立人	建立時間	操作
11	Test Get Async	測試 Get Async	已上架	091101	2023/09/12 22:26:58	編輯 檢視
12	刪除課程	刪除113學年度課程	已上架	string	2023/09/11 21:02:43	編輯 檢視
13	編輯課程	編輯113學年度課程	未上架	string	2023/09/10 21:39:30	編輯 檢視
14	啟動講義審核流程	單位設備跑講義流程	已上架	string	2023/09/05 11:43:40	編輯 檢視
15	取得校務資訊清單	無	未上架	string	2023/09/05 11:43:19	編輯 檢視
Items per page: 5 11 - 15 of 17 < > >>						

操作說明

若要編輯API資訊，點擊對應API的「編輯」按鈕，即可進入編輯介面。

編輯介面包含了以下欄位：

API名稱：顯示當前正在編輯的API名稱。

API說明：提供對API功能的簡短描述。

上架狀態：選擇API目前的運行狀態，如上架或下架。

DLL檔案名稱：此API DLL載入點之檔案名稱。

Namespace class：此API DLL載入點之Namespace class。

編輯API

API名稱*

Test Get Async

API說明*

測試 Get Async

上架狀態

上架

DLL 檔案名稱*

TestApiTwo

Namespace class*

TestApiTwo.Service.AccountService

DLL 更新

送出

關閉

管理者在更新API資訊後，可以選擇「儲存」來確認變更，或選擇「取消」來放棄修改。如果需要更新DLL檔案，則可以點擊「DLL更新」按鈕進行操作。
若要檢視特定API的詳細資料，點擊「檢視」按鈕。

檢視API詳細

API名稱: Test Get Async

API說明: 測試 Get Async

API路徑: TEST

上架狀態: 已上架

使用量: 1000次

建立者: 091101

更新者: admin

建立時間: 2023/09/12 22:26:58

更新時間: 2023/10/16 23:14:06

關閉

透過頁面上方的篩選欄可以快速找到特定API。
可使用頁面底部的分頁功能來檢視更多的API項目。

API查詢頁

功能介紹

API清單頁如下圖所示，管理者可以看到系統中所有API的概況。此頁面提供了API名稱、說明、狀態、建立人、建立時間等資訊，並且每一列都有一個檢視按鈕，能夠查看每個API的詳細資訊。

API清單頁

API名稱

API路徑

#	API名稱	API說明	API狀態	建立人	建立時間	操作
11	Test Get Async	測試 Get Async	已上架	091101	2023/09/12 22:26:58	檢視
12	刪除課程	刪除113學年度課程	已上架	string	2023/09/11 21:02:43	檢視
13	編輯課程	編輯113學年度課程	未上架	string	2023/09/10 21:39:30	檢視
14	啟動請購審核流程	單位設備跑請購流程	已上架	string	2023/09/05 11:43:40	檢視
15	取得校務資訊清單	無	未上架	string	2023/09/05 11:43:19	檢視

Items per page: 5 11 - 15 of 17 < >

操作說明

若要查看API的詳細資訊，直接點擊想要檢視的API列尾的「檢視」按鈕。

檢視API詳細

API名稱: Test Get Async

API說明: 測試 Get Async

API路徑: TEST

上架狀態: 已上架

使用量: 1000次

建立者: 091101

更新者: admin

建立時間: 2023/09/12 22:26:58

更新時間: 2023/10/16 23:14:06

關閉

透過頁面頂部的搜尋條件，可以篩選特定的API名稱或路徑，快速查找API。
 可以利用頁面下方的選項，調整每頁顯示的API數量，方便不同的檢視需求。
 可以使用頁面下方的分頁控制鍵來翻閱不同頁面，查看更多API項目。

服務管理頁

功能介紹

服務管理頁允許管理者對系統內的服務進行詳細設定及管理，如下圖所示。在這頁面上，管理者可以看到各服務的名稱、路徑、建立人資訊與時間。每項服務旁邊的藍色按鈕讓管理者可以進入服務的設定頁面去進行修改或更新，而紅色按鈕則用來刪除不再需要的服務。

服務管理頁

+ 新增服務

#	服務名稱	服務路徑	備註	建立人	建立時間	操作
1	轉務處(測試)	api/Referral/ReferralRequest	(無)	adminDontChange@gmail.com	2023/10/08 14:50:20	編輯 刪除
2	測試組2	/test_group/test2	789	aabbcc	2023/10/17 21:59:18	編輯 刪除
3	測試服務2	/test2	222	(無)	2023/10/28 13:34:10	編輯 刪除
4	教務處(測試)	/test	尚未有對應服務路徑	(無)	2023/11/13 21:43:24	編輯 刪除
5	lg測試	api/lg/test	lgreen測試	(無)	2023/11/20 12:30:20	編輯 刪除

Items per page:

5

1 – 5 of 20

<<

<

>

>>

操作說明

要調整服務設定，點擊藍色按鈕即可進入該服務的設定頁面，進行所需的修改。

要移除服務，點擊紅色按鈕並在系統詢問時確認刪除動作。

使用頁面上方的搜索欄可以快速找到特定服務。

藉由頁面底部的分頁功能可瀏覽更多服務。

服務設定頁

功能介紹

服務設定頁面由三個區塊組成：

服務資訊

在這裡可以設定或修改服務的基本資訊，如「服務名稱」和「服務路徑」。

服務事件

此部分列出了與服務相關的所有動作或事件。

每個事件旁邊都有一個下拉選單，允許管理者選擇對應的API。

紅色的刪除按鈕用於移除不再需要的事件。

可以透過底部的綠色按鈕「新增事件」來添加新的動作。

服務權限

這個區域提供了對服務進行更高級設定的選項，如添加子系統存取控制。

可以指定哪些子系統有權限訪問該服務，並確定它們的存取有效期限。

The screenshot displays the 'Service Settings' (服務設定頁) interface. It is divided into three main panels:

- Service Information (服務資訊):** Contains fields for 'Service Name' (服務名稱) with the value '總務處(測試)', 'Service Path' (服務路徑) with the value 'api/Referral/ReferralRequest', and a 'Service Remarks' (服務備註) text area. A 'Save' (儲存) button is visible.
- Service Events (服務事件):** A table listing events with columns for 'Event Name' (事件名稱), 'Corresponding Service' (對應服務), and 'Action' (操作). The table includes several rows of test events and a 'Continue to add' (繼續新增) button at the bottom.
- Service Permissions (服務權限):** A section for setting permissions, including a 'Test Case' (測試套件) dropdown and a 'Permission Validity Period' (授權有效時間) field showing '2023/10/27 - 2024/10/27'. It also has 'Save' (儲存) and 'Cancel' (還原) buttons.

操作說明

在「服務資訊」中更新資訊後，要點儲存以確保變更被正確地寫入。

This is a close-up view of the 'Service Information' (服務資訊) section. It shows the 'Service Name' (服務名稱) field containing '總務處(測試)' and the 'Service Path' (服務路徑) field containing 'api/Referral/ReferralRequest'. Below these is a 'Service Remarks' (服務備註) text area. A red 'Save' (儲存) button is located at the top right of this section.

在「服務事件」中，確保選擇正確的API對應到特定事件，並定義事件名稱。

服務事件		
事件名稱	對應服務	操作
getAccountInfo	Test Get Async	 
getDepartmentInfo	Test Get API	 
insertToiletMarquee	Test Insert API	 
getDepartmentInfo1031Dem	服務申請1031-取得單位資訊	 
1113Test	11131113	 
1120Test	1120Test	 
1121Test	1121-01	 
1122-test	1122Test	 
1206-test	1206-1	 
請輸入事件名稱	請選擇服務	

在「服務權限」中，管理子系統的存取權限，避免未經授權的訪問。

服務權限

儲存

還原

子系統

授權有效時間

開始時間 - 結束時間

新增

測試處室-5

授權有效時間

2023/10/27 - 2024/10/27

刪除

總務處

授權有效時間

2023/10/30 - 2023/10/30

刪除

測試處室-2

授權有效時間

2023/10/27 - 2024/10/27

刪除

完成設定後，記得點擊儲存按鈕來保存設定。

六、API服務監控模組

API請求紀錄

功能介紹

API請求紀錄頁面如下圖所示，管理員能夠看到每次API請求的紀錄，包括請求的子系統名稱、API名稱以及請求的時間。頁面上的藍色按鈕可以檢視特定API請求的更多詳細資訊。

API 請求紀錄

請選取查詢時間

#	子系統名稱	API名稱	請求時間	詳情
1	測試子系統	1206-1	2023/12/07 21:49:06	
2	測試子系統	1206-1	2023/12/06 21:35:24	
3	測試子系統	1206-1	2023/12/06 21:17:15	
4	測試子系統	1206-1	2023/12/06 21:14:16	
5	測試子系統	1206-1	2023/12/06 21:14:04	

Items per page: 5

1 - 5 of 34

操作說明

檢視API請求的詳細資訊：點擊對應請求記錄旁的藍色按鈕（眼睛圖標），可以查看該請求的完整詳情，包括請求端的參數內容、IP位置等。

API請求資訊

子系統帳號名稱：測試子系統

服務名稱：1206-1

API 路徑：1206-test

IP: 60.244.195.10

Req: { "name": "\u6E2C\u8A66", "page": 0, "rows": 10 }

請求時間：2023/12/07 21:49:06

關閉

使用頁面頂部的搜尋框，可以根據時間區間查找相關的請求紀錄。

可透過頁面底部的下拉選單，調整每頁顯示的記錄數量。

可使用頁面底部的分頁控制按鈕翻閱不同頁面上的請求記錄。

API異常紀錄

功能介紹

在「API異常紀錄」頁面上，如下圖，管理員可以查看有問題的API請求紀錄。每一條紀錄都提供了請求的子系統名稱、API名稱和異常發生的時間。管理員也可以透過此介面對異常情況進行進一步的檢視或者執行通知操作。

API 異常紀錄				
請選取查詢時間 				
#	子系統名稱	API名稱	發生異常時間	操作
1	測試子系統	1206-1	2023/12/06 21:17:16	 
2	測試子系統	1122Test	2023/12/04 20:07:44	 
3	測試子系統	1122Test	2023/12/04 20:02:45	 
Items per page: 5  1 - 3 of 3 < < > >				

操作說明

檢視API請求資訊：點擊藍色按鈕可查看關於異常API請求的詳細資訊，這對於進行故障診斷和了解問題原因非常有幫助。

API異常資訊	
子系統 ID : 4d040ca9-b5d1-48db-a74a-7773de3ae9f8	
子系統名稱：測試子系統	
服務名稱：1122Test	
API 路徑：1122-test	
錯誤訊息：Access to the path 'TestApiTwo.dll' is denied.	
異常時間：2023/12/04 20:07:44	
	

發送異常通知：紅色按鈕允許管理員對發生異常的API進行 email通知發送。

使用頁面頂部的搜尋框，可以根據時間區間查找相關的異常紀錄。

可透過頁面底部的下拉選單，調整每頁顯示的記錄數量。

可使用頁面底部的分頁控制按鈕翻閱不同頁面上的異常記錄。

七、營運管理模組

操作紀錄管理

功能介紹

下圖為操作紀錄頁面，系統管理員和授權使用者可以追蹤所有用戶對系統所進行的操作。這個功能對於維護系統的安全性與透明度至關重要，它確保了所有監聽變動都有記錄，並且在需要時可以追溯。

#	動作	操作類別	操作人員	備註	操作時間	詳情
16	編輯後臺角色	後台帳號紀錄	admin@gmail.com	(無)	2023/10/31 20:45:36	
17	編輯後臺角色	後台帳號紀錄	admin@gmail.com	(無)	2023/10/31 20:32:27	
18	刪除後臺使用者帳號	後台帳號紀錄	www@gmail.com	(無)	2023/10/31 18:05:25	
19	刪除後臺使用者帳號	後台帳號紀錄	jjfff@gmail.com	(無)	2023/10/31 18:05:21	
20	編輯後臺帳號角色	後台帳號紀錄	admin@gmail.com	(無)	2023/10/31 17:49:11	

Items per page: 5 16 - 20 of 414 |< < > >|

操作說明

這個頁面顯示了一系列的操作紀錄，包括操作類型（如新增、修改或刪除資料）、相關操作的API名稱、執行操作的使用者帳號、操作時間，以及觀看更多詳細資訊的選項。

檢視操作細節：點擊每條紀錄旁的藍色按鈕，可查看該操作的更多細節。

操作紀錄資訊

操作紀錄 ID : 9c07642b-165c-4c9a-a6e7-2b206371c500

操作明細 : 編輯後臺角色<roleId: b67ac681-0020-4d6c-846c-a688310a85aa>

操作類別 : 後台帳號紀錄

操作人員 : admin@gmail.com

操作時間 : 2023/10/31 20:45:36

備註 : (無)

關閉

使用頁面上方的搜索欄可以快速篩選特定操作。
藉由頁面底部的分頁功能可瀏覽更多操作紀錄。

八、系統設定模組

白名單管理

功能介紹

IP白名單管理頁面如下圖，用於限制或允許特定IP地址訪問系統資源。這可以提高安全性，確保只有受信任的用戶或系統可以與本系統進行互動。

白名單管理

IP

名稱

#	IP	名稱	備註	詳情
1	10.25.1.111	owner_ip	forOwner	
2	192.168.0.1	my_ip	forme	
3	192.168.0.3	your_ip	foryou	

Items per page: 10

1 – 3 of 3

<< < > >>

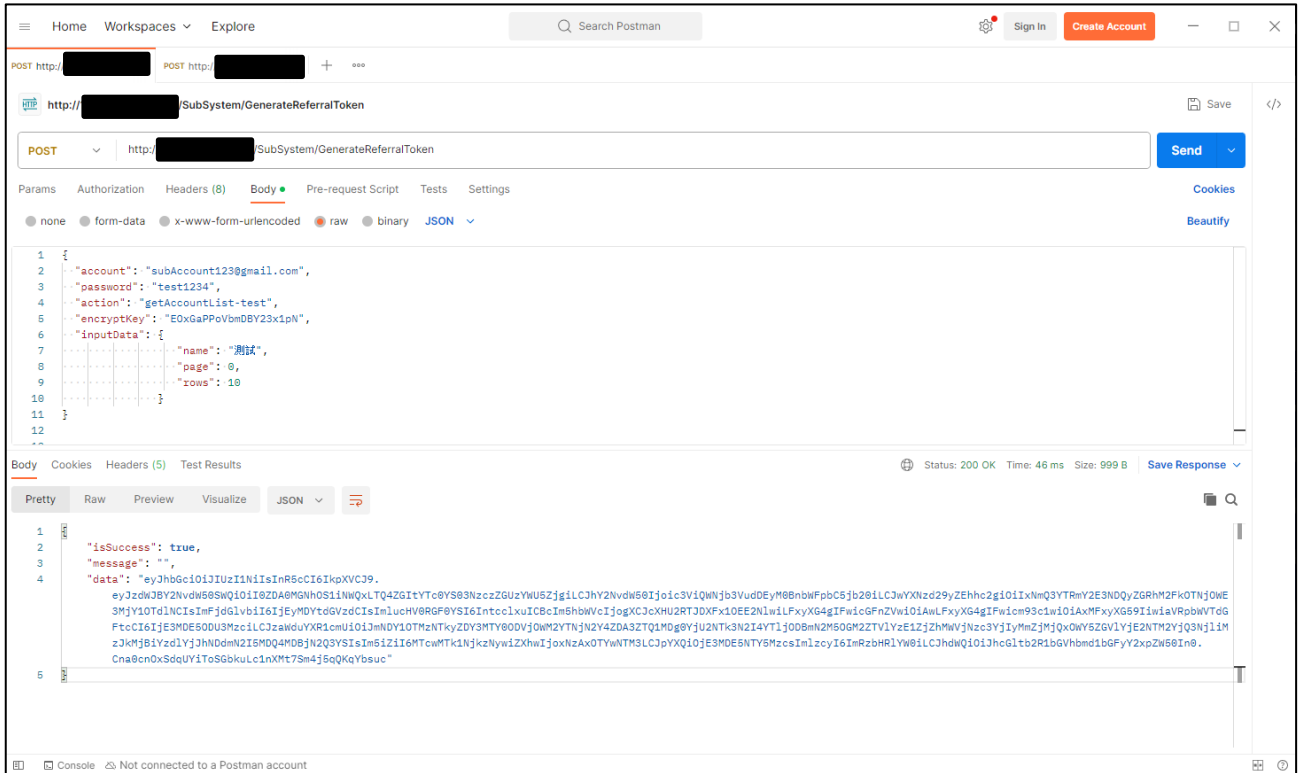
操作說明

管理員可以通過搜索欄位來快速找到特定的IP地址。
白名單IP的管理由IT人員直接於資料庫維護。

參、操作說明 – 系統核心

一、服務轉介平台(含身份驗證模組)

產生加密Token



使用API => [http://\[redacted\]/SubSystem/GenerateReferralToken](http://[redacted]/SubSystem/GenerateReferralToken)

＜輸入＞

[FromBody]

account: 子系統帳號

password: 子系統密碼

action: 欲調用Dll對應的actionName (從後台服務管理頁設定)

encryptKey: 子系統加密金鑰 (從後台子系統管理頁查看)

inputData: 調用Dll需傳入的資料

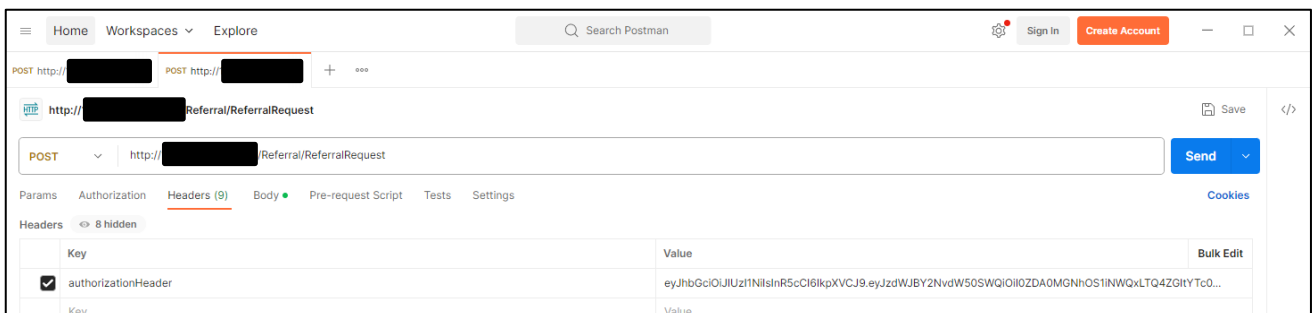
＜輸出＞

data: 產生的加密Token (具45秒時效)

API說明：

此API會先依使用者輸入的子系統帳號密碼進行比對，確認帳號與密碼是否正確。再依輸入的action判斷使用者是否有調用Dll的權限，若權限符合再將encryptKey與該子系統對應的saltKey(存在DB內，使用者無法看到)、當下的時間戳記與使用者傳入的資料內容，產生一串加密Token，同時這串Token僅具有45秒的時效。

調用D11



注意：

一個api接口對應一個服務(departmentId)

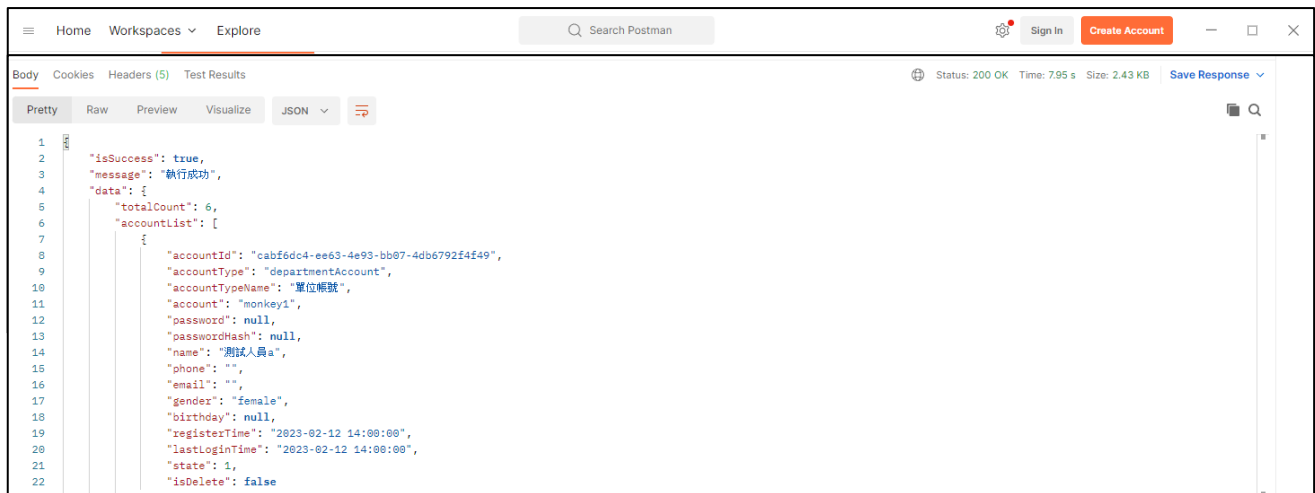
一個服務可以開放權限給多個子系統帳號

一個服務可以開放多個事件(action)

以上皆可從服務管理頁設定

使用API => [http://\[redacted\]/Referral/ReferralRequest](http://[redacted]/Referral/ReferralRequest)

(此api接口名稱後續可由管理者自行定義，但輸入、輸出與實作內容仍需符合規範)



<輸入>

[FromHeader]

authorizationHeader: 步驟1. 所產生的加密Token

[FromBody]

syncType: 請求API類型 (僅可輸出Sync 或 Async)

connectionId: SignalR的ConnectionId (非同步API才需傳入)

<輸出>

isSuccess: 執行結果

message: 成功or錯誤訊息

data: 調用Dll的回傳資料

API說明：

API實作會先將Token進行解析，解析後驗證帳號密碼是否正確，接著以action與服務(departmentId)找出對應調用的Dll。再以DB內存取該子系統的saltKey進行驗證，同時檢查API時效與使用者權限。上述動作執行完成後，即會得到傳入的資料。再依syncType執行同步或非同步的存取動作。

[同步]

新增請求記錄

調用對應的Dll

調用成功 => 新增回覆記錄 => 回傳資料

調用失敗 => 新增錯誤記錄

[非同步]

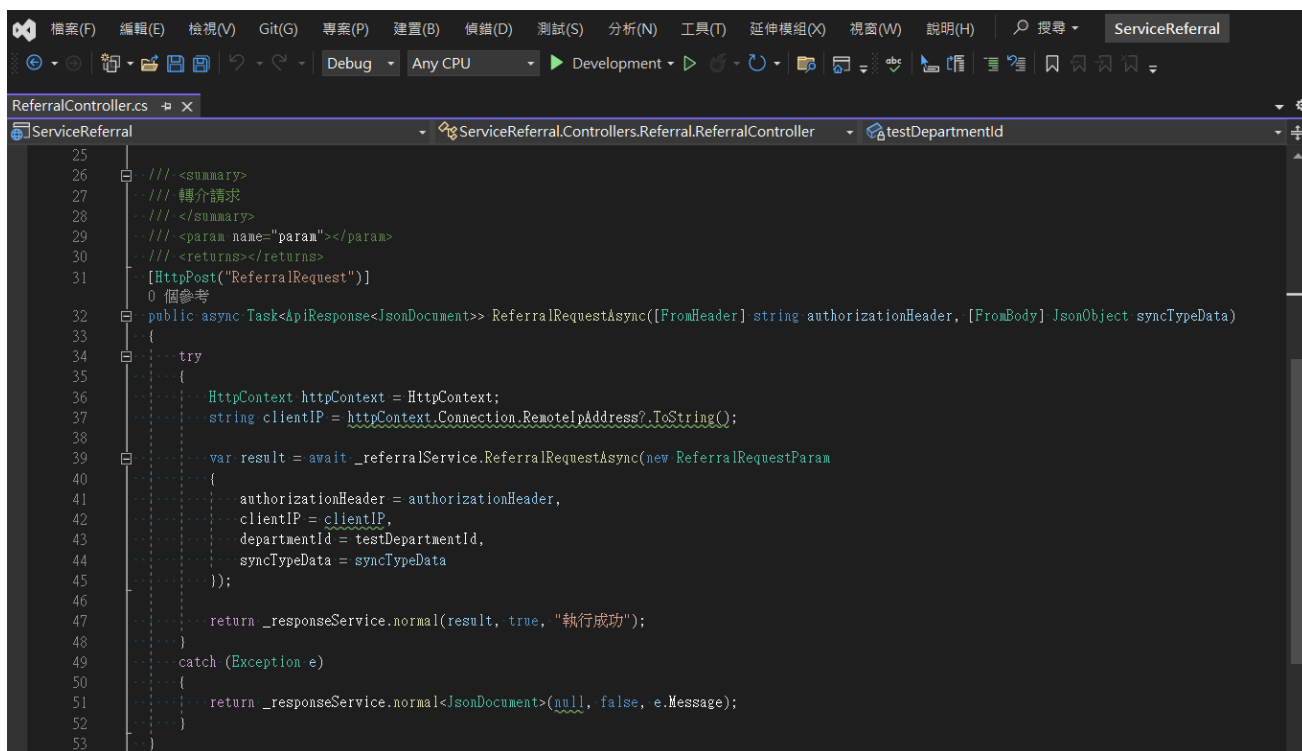
檢查connectionId是否有傳入

新增請求記錄

將請求資料新增到排程佇列資料表(ScheduleQueue)，供排程執行後調用Dll

服務轉介接口擴充（請參考ServiceReferral專案）

在本系統中定義一個api接口只會對應一個服務，但若過多的子系統使用者同時存取同一個api接口時，有可能會有預期外的錯誤發生。因此後台管理人員需適時地擴充服務轉介的api接口，供子系統使用者存取使用。



以下說明如何擴充api接口：

參考ServiceReferral專案中的ReferralController

將途中31-52行的內容複製到53行後

修改API名稱（參考31行，勿與其他API名稱重複）

修改Function名稱（僅需將複製後的ReferralRequestAaync修改成其他名稱）

若要對應到其他服務，需修改departmentId（對應圖中43行，開發者可自行決定是否將departmentId存取在專案的appsetting中集中管理）

輸入、輸出與其他尚未提及的實作內容，不需進行修改。

修改後請將擴充的api接口於後台的服務設定頁進行設定。

二、 SignalR Server （請參考SignalRServer專案）

所有非同步方法的實作，皆撰寫在此專案，如非同步API調用Dll過程、一般排程實作內容。透過排程觸發對應的hub執行對應的動作。所有的方法實作完成後皆需定義對應的Hub接口，如下圖（/Model/Hubs/SignalRAsyncAPIHub.cs）。

```

SignalRService
SignalRService.Model.Hubs

1  using Microsoft.AspNetCore.SignalR;
2  using SignalRService.Model.Hubs.Models.Params;
3  using SignalRService.Model.Hubs.Topics;
4  using SignalRService.Service.Gateway;
5  using SignalRService.Service.Schedule;
6  using System.Text.Json;
7  using System.Text.Json.Nodes;
8
9  namespace SignalRService.Model.Hubs
10 {
11     2 個參考
12     public class SignalRAsyncAPIHub : Hub<ISignalRAsyncAPIHubTopic>
13     {
14         private IGatewayService _gatewayService;
15         private IScheduleService _scheduleService;
16
17         0 個參考
18         public SignalRAsyncAPIHub(GatewayService gatewayService, ScheduleService scheduleService)
19         {
20             _gatewayService = gatewayService;
21             _scheduleService = scheduleService;
22         }
23
24         [HubMethodName("CallNutcApi")]
25         0 個參考
26         public async Task CallNutcApi(JsonObject param)
27         {
28             CallNutcApiHubParam request = JsonSerializer.Deserialize<CallNutcApiHubParam>(param);
29             var result = await _gatewayService.CallNutcApi(request.paramData);
30             await Clients.Client(request.connectionId).CallNutcApiResult(result);
31         }
32
33         [HubMethodName("UpdateSubAccountTkSk")]
34         0 個參考
35         public async Task UpdateSubAccountTkSk(string connectionId)
36         {
37             var result = await _scheduleService.UpdateSubAccountTkSkAsync();
38             await Clients.Client(connectionId).UpdateSubAccountTkSk(result);
39         }
40     }
41 }

```

非同步API實作

API實作內容撰寫在GatewayService

其內容與服務轉介中的同步方法調用Dll的過程大致相同

Hub名稱為CallNutcApi，供排程觸發(Invoke)

Topic名稱為CallNutcApiResult，供子系統使用者訂閱

Topic名稱為Hub的名稱結尾加上Result，方便辨別是否為非同步API實作

一般排程實作

實作內容撰寫在ScheduleService

排程的Hub名稱與Topic名稱需一致，方便辨別是否為一般排程實作

新增排程佇列時，actionName請直接輸入該排程的Hub名稱

三、系統排程（請參考NutcBusSchedule專案）

非同步API排程

若使用者請求非同步API時，在服務轉介的步驟中已將請求記錄寫進排程佇列中

每30秒執行一次（後續依需求單位可自行調整）

一次執行一筆請求

欲調整排程的執行頻率可直接修改Program.cs底下的app.Services.UseScheduler

對應的Job名稱為ExcuteAsyncApiJob


```

NutcBusSchedule
{
1  using Coravel;
2  using NutcBusSchedule.Jobs;
3  using NutcBusSchedule.Service.Config;
4
5  var builder = WebApplication.CreateBuilder(args);
6
7  var environmentName = builder.Environment.EnvironmentName;
8  var configRoot = new ConfigurationBuilder()
9  .SetBasePath(Directory.GetCurrentDirectory())
10 .AddJsonFile("appsettings.json", optional: true, reloadOnChange: true)
11 .AddJsonFile($"appsettings.{environmentName}.json", optional: true, reloadOnChange: true)
12 .Build();
13 ;
14 builder.Configuration.AddConfiguration(configRoot);
15
16 // CustomService
17 builder.Services.AddScoped<ConfigService>();
18
19 builder.Services.AddScheduler();
20 builder.Services.AddTransient<ExecuteAsyncApiJob>();
21 builder.Services.AddTransient<ExecuteScheduleJob>();
22
23 var app = builder.Build();
24
25 app.Services.UseScheduler(scheduler =>
26 {
27     scheduler.Schedule<ExecuteAsyncApiJob>().EveryThirtySeconds();
28     scheduler.Schedule<ExecuteScheduleJob>().EveryThirtyMinutes();
29 });
30
31 app.MapGet("/", () => "Schedule Start.");
32
33 app.Run();
}

```

一般排程

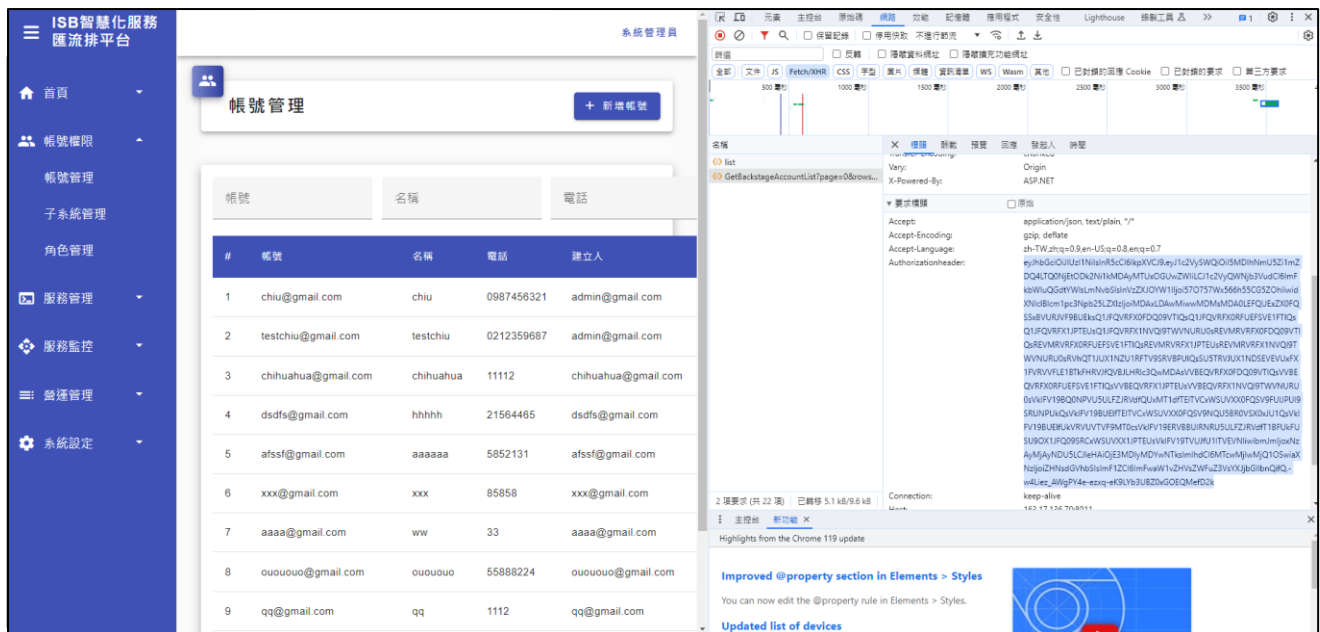
使用者可透過執行後台API新增欲執行的排程至排程佇列中，如下

The screenshot shows a Postman interface for a POST request to `http://[redacted]/Service/InsertScheduleQueue`. The request has an `authorizationHeader` with a long token. The response status is 200 OK, and the body is a JSON object:

```

{
  "isSuccess": true,
  "message": "",
  "data": ""
}

```



使用API => [http://\[redacted\]/Service/InsertScheduleQueue](http://[redacted]/Service/InsertScheduleQueue)

<輸入>

[FromHeader]

authorizationHeader: 後台使用者登入後的Token (可在後台畫面按F12後，點選任一API抓取)

[FromBody]

actionName: 排程對應的Hub名稱

connectionId: 若開發者需透過系統轉打API，並等待排程執行後的回傳結果，可傳入此值。(目前尚未用到)

每30分鐘執行一次 (後續依需求單位可自行調整)

一次執行尚未執行的全部請求

欲調整排程的執行頻率可直接修改Program.cs底下的app.Services.UseScheduler

對應的Job名稱為ExcuteScheduleJob

肆、技術移轉 - 開發D11

一、理解API與DLL元件的關係

1. API 與 DLL 基礎

- API 的作用與功能

API(應用程式介面)是一種程式設計的工具，它允許不同軟體系統或服務之間的互動和通訊。API可以視為兩個軟體之間的橋樑，它定義了一組規則和協議，讓不同應用程式之間能夠進行通訊、交換資料和執行特定的功能。以下是API的主要作用和功能：

1. 資料交換：API 允許應用程式之間傳送和接收資料，讓它們能夠共享資訊。這些資料可以是文字、圖片、音訊、視訊或其他形式的資訊。
2. 功能操作：API 定義了能夠被調用的函式或方法，讓開發者可以使用這些功能，例如發送郵件、處理支付、存取資料庫等。
3. 整合和互通性：API 允許不同系統或服務之間的整合，這使得不同的應用程式能夠相互協作，無論它們是在不同的平台、語言或位置上。
4. 應用程式開發：開發者可以使用外部 API 擴展自己的應用程式，這意味著他們可以利用外部服務或資源，而不需要從頭開始建立所有功能。
5. 提供服務：組織和公司可以通過 API 提供自己的服務或資源給外部開發者，以促進產品或服務的使用和擴展。
6. 自動化：API 可以幫助自動化某些流程或任務，例如自動化報告生成、數據收集和

處理等。

API是軟體開發中極為重要的元素，它使得不同系統能夠相互連接、互動和合作，從而實現更多應用的功能和服務。

- DLL 元件在 API 開發中的角色

在 API 開發中，DLL(動態連結庫)元件扮演著重要的角色，通常作為 API 的一部分或支援。這些角色包括：

1. 提供功能性支援：DLL 包含了可以被 API 使用的功能和函式庫。它們可能包含了一系列方法、函式與類別，供 API 使用者調用，這些功能能夠執行特定的任務或操作。
2. 模組化開發：使用 DLL 使得程式碼可以以模組化的方式組織和重複利用。這使得開發人員能夠將程式碼劃分為更小的部分，這些部分可以獨立地更新、測試和維護。
3. 版本控制和管理：DLL 使得不同版本的功能能夠被管理和控制。當 API 更新時，可以將新的版本打包成新的 DLL，這樣使用者可以方便地更新和使用最新的功能。
4. 效能優化：將常用的功能或程式碼放在 DLL 中有助於效能的優化。這樣的做法可以減少記憶體使用，加快載入時間，並且提高應用程式的執行效率。
5. 隱藏實作細節：DLL 允許將某些實作細節隱藏起來，僅提供公開的介面給使用者。這有助於確保安全性、保護知識產權並且簡化 API 的使用。
6. 平台獨立性：DLL 可以提供平台獨立性，因為它們可以被多種不同的程式語言和環境所使用，只要這些語言或環境支援該 DLL 的介面。

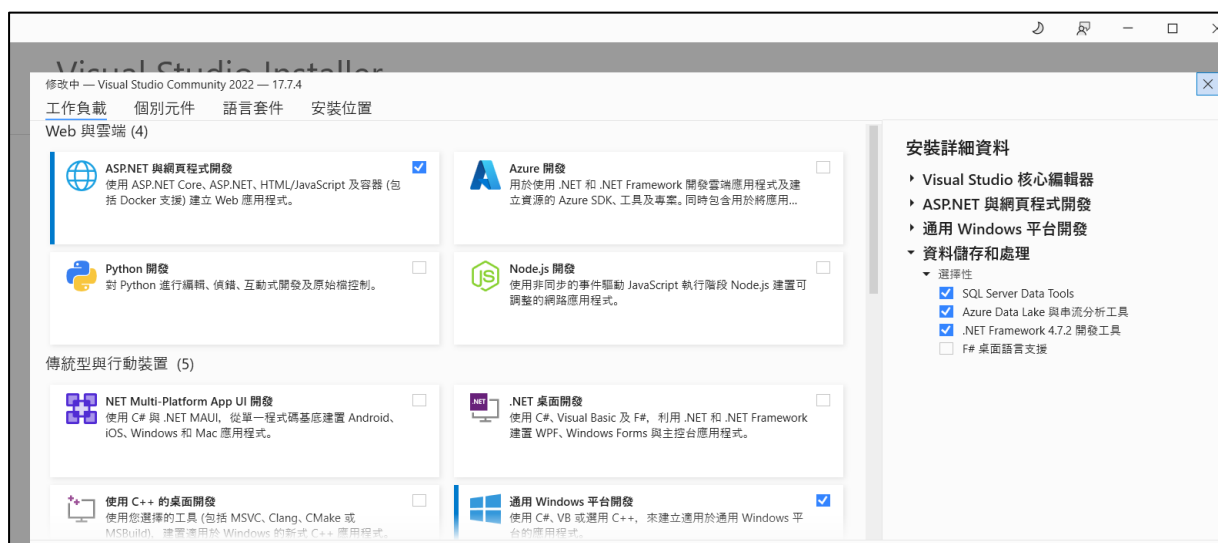
總體而言，DLL 在 API 開發中起著重要的作用，它們為開發者提供了一種組織程式碼和提供功能的有效方式。透過 DLL，API 可以更加靈活、模組化，並且能夠提供一致性的介面供其他程式使用。

二、DLL元件開發

1. 下載Visual Studio 2022 Community

下載連結：<https://visualstudio.microsoft.com/zh-hant/vs/whatsnew/>

安裝時選取以下套件

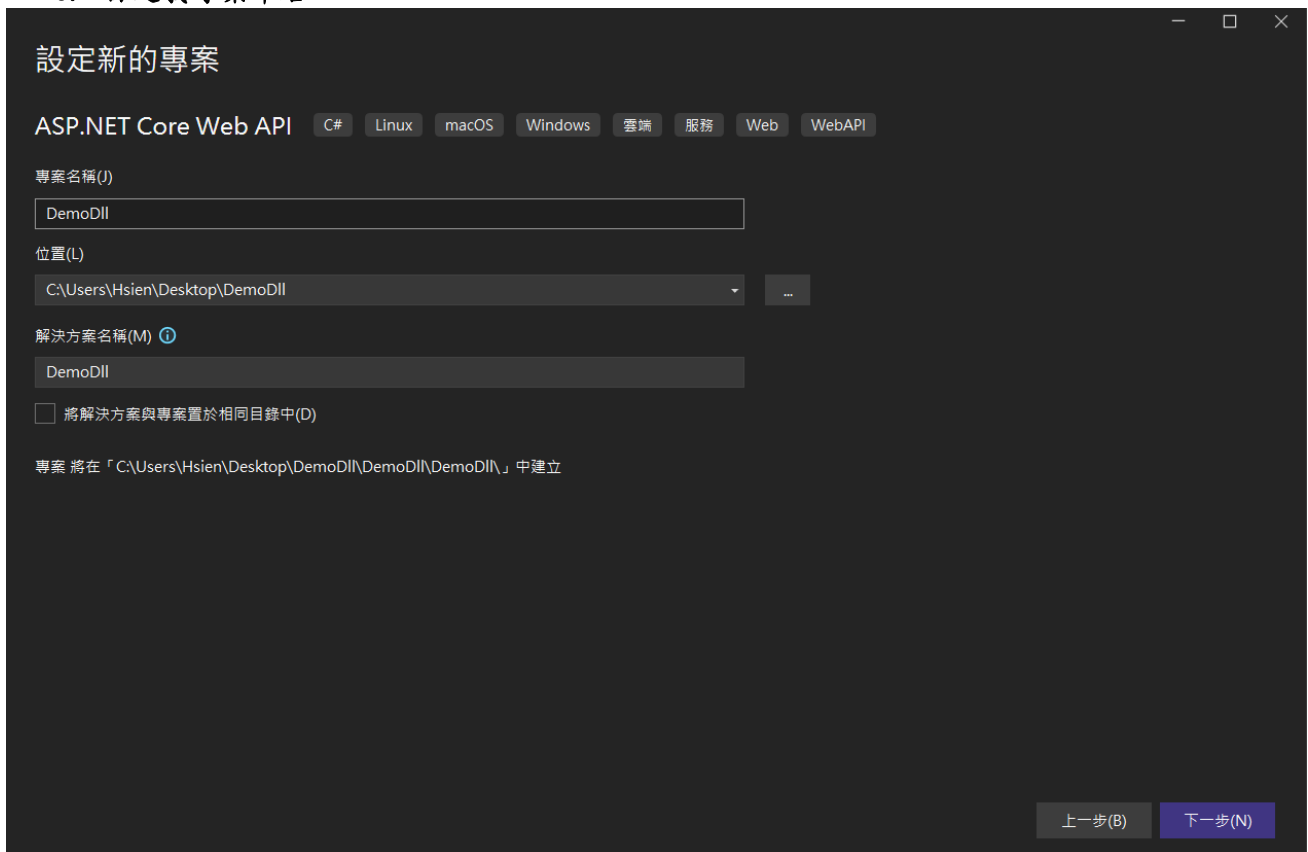




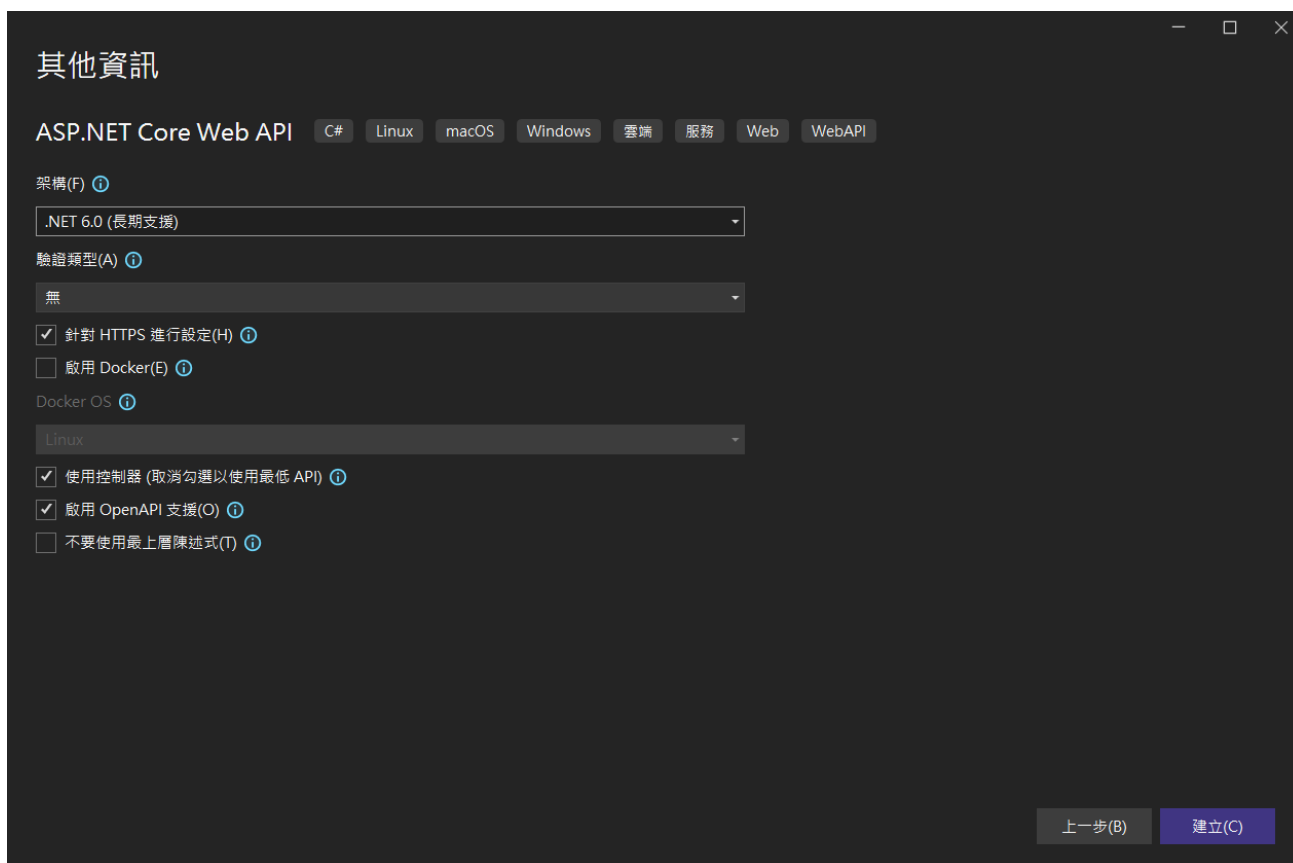
2. 建立 ASP.NET Core Web API 專案



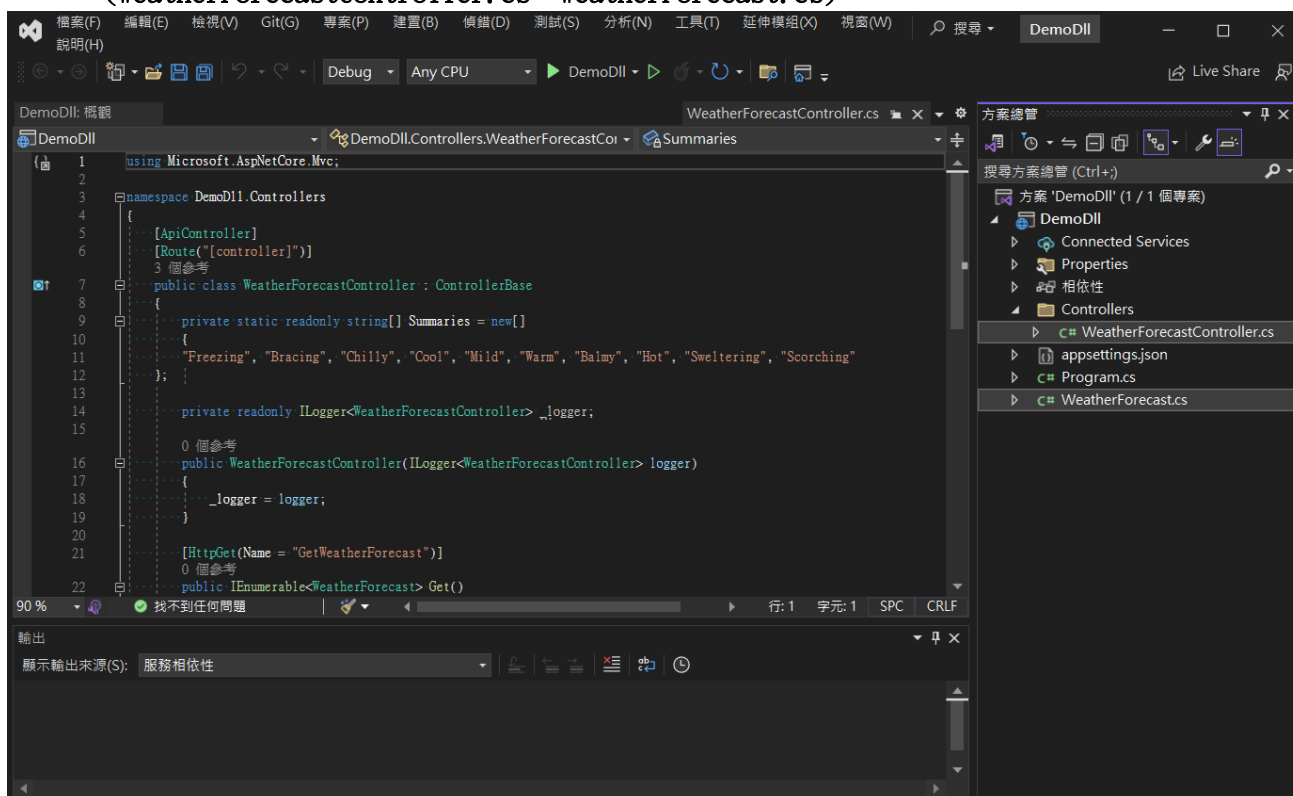
3. 自定義專案命名



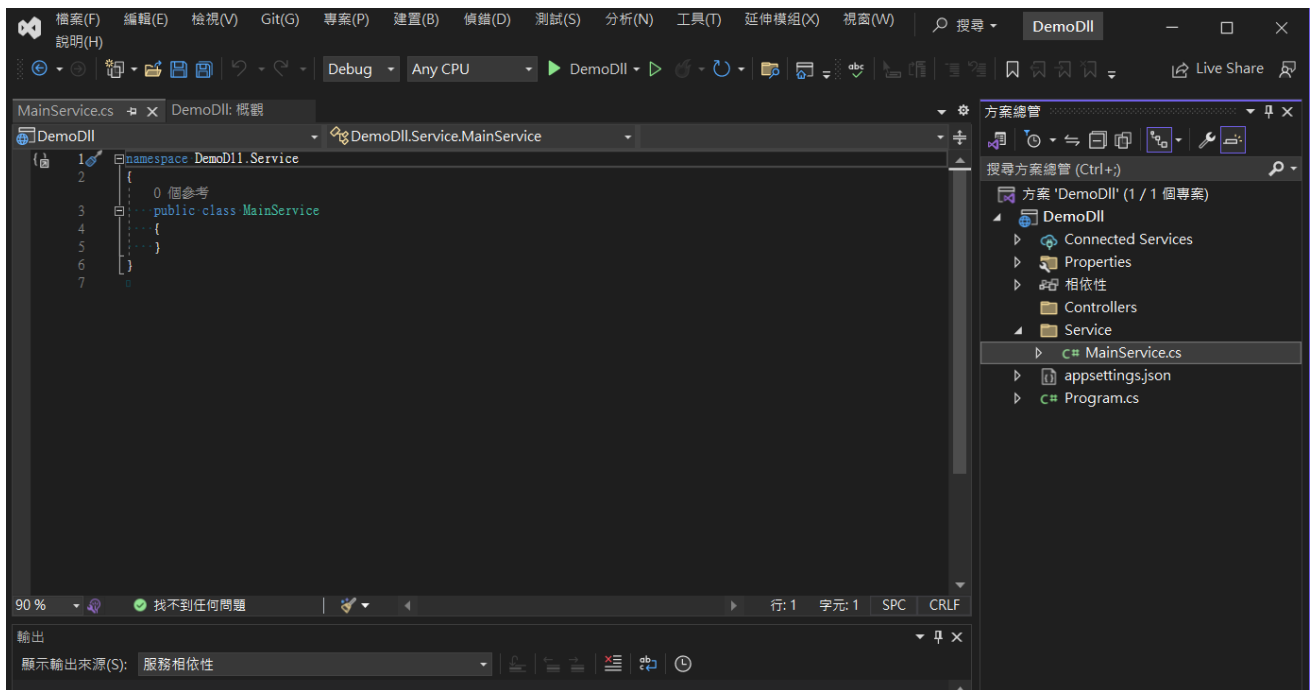
4. 架構選擇 .NET 6.0



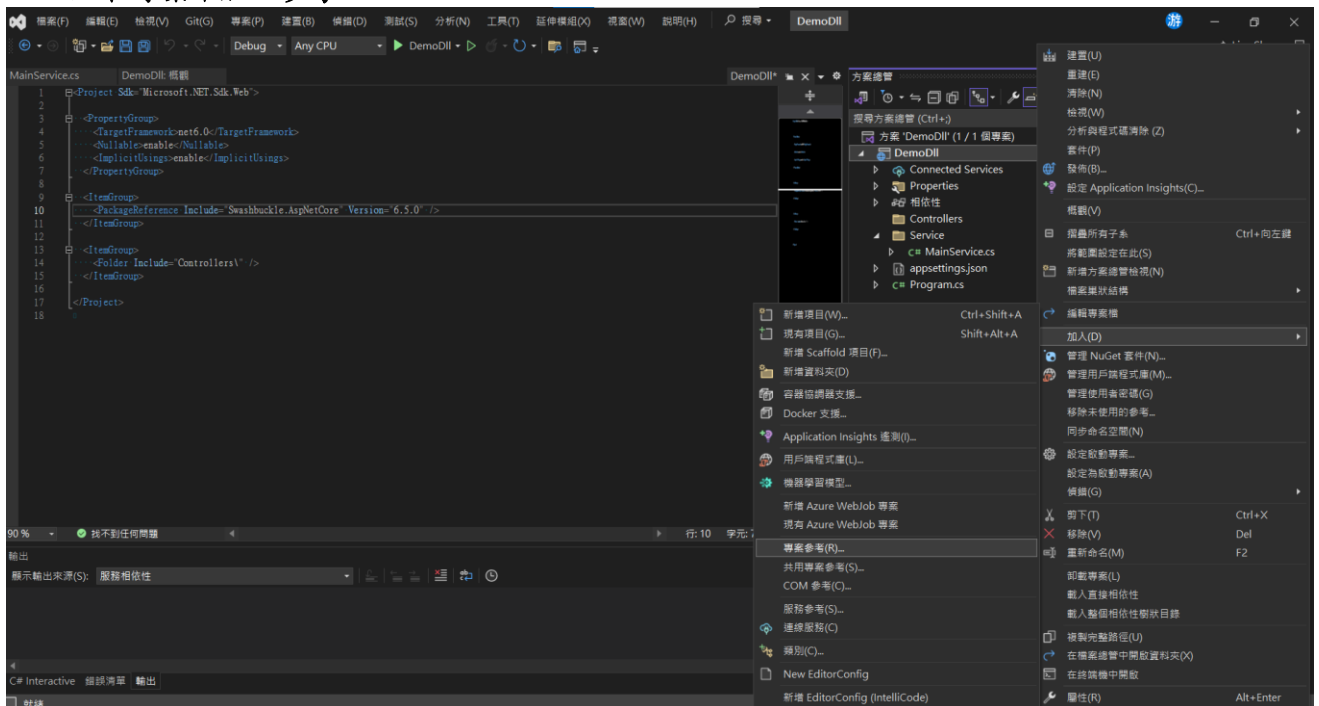
5. 建立專案後，將圖中選取的兩個無用到的 class 刪除 (WeatherForecastController.cs、WeatherForecast.cs)



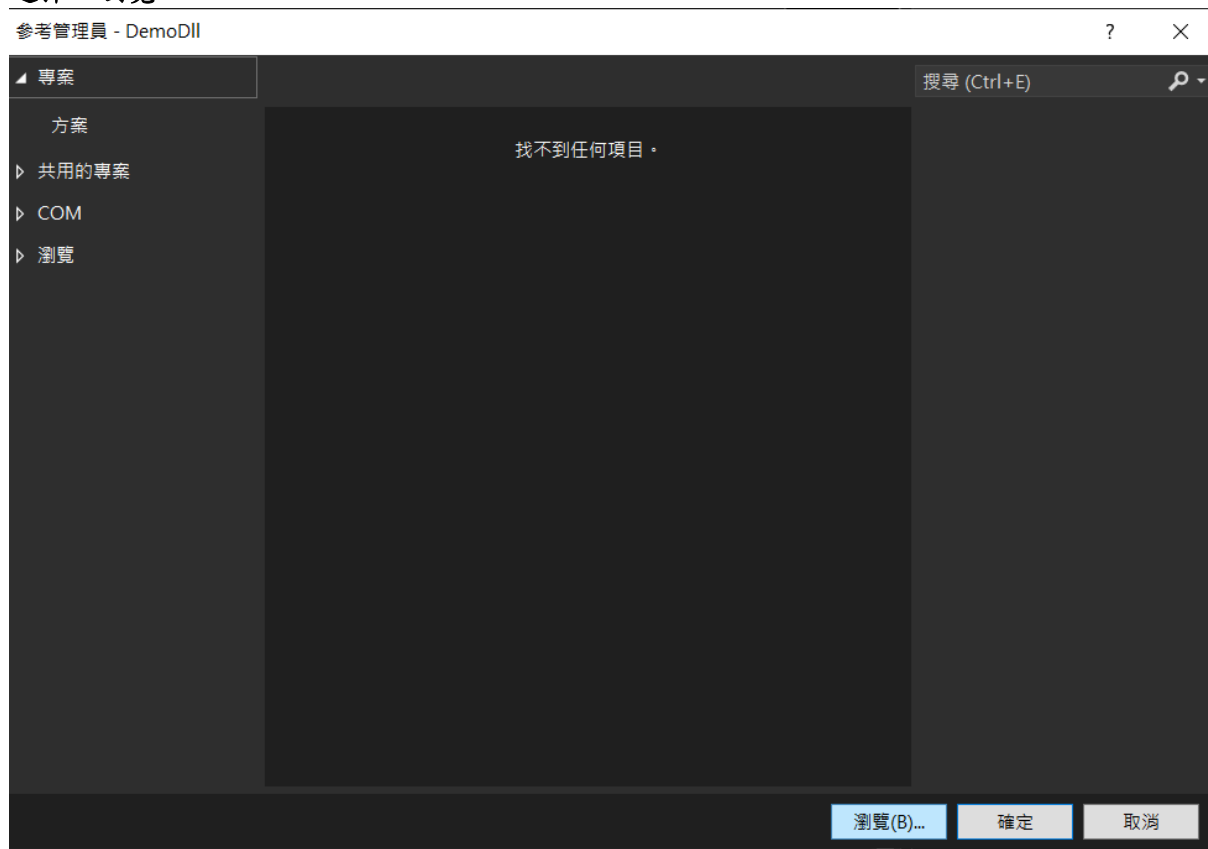
6. 建立一個名為 Service 的資料夾，並在底下建立一個類別，命名為 MainService.cs (資料夾與命名皆為自定義，可自行修改)



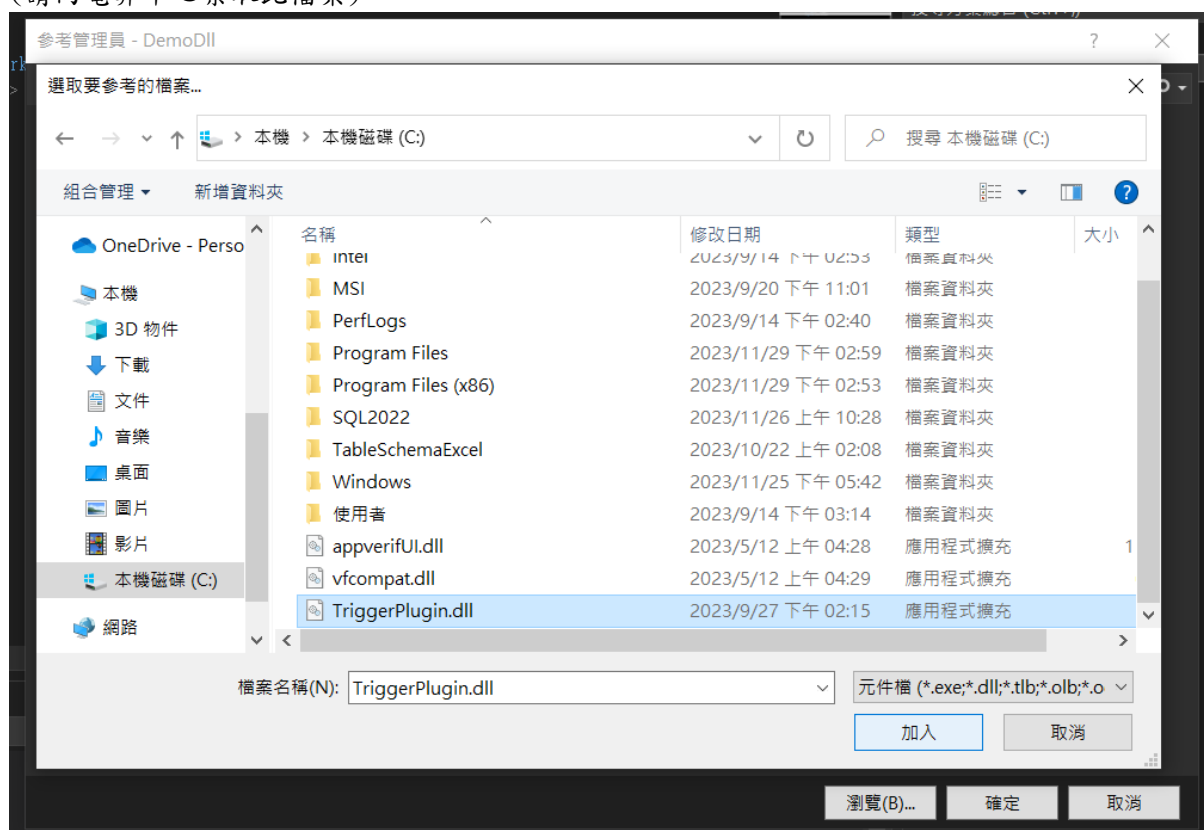
7. 在專案中加入參考



8. 選擇“瀏覽”

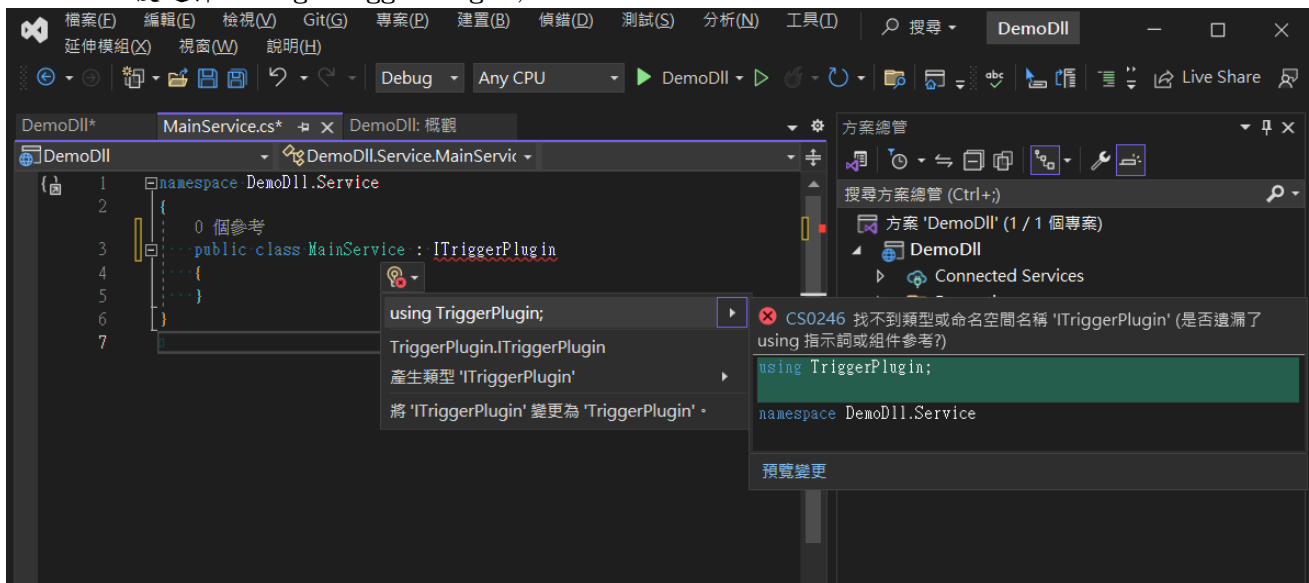


9. 選擇 TriggerPlugin.dll (請向電算中心索取此檔案)

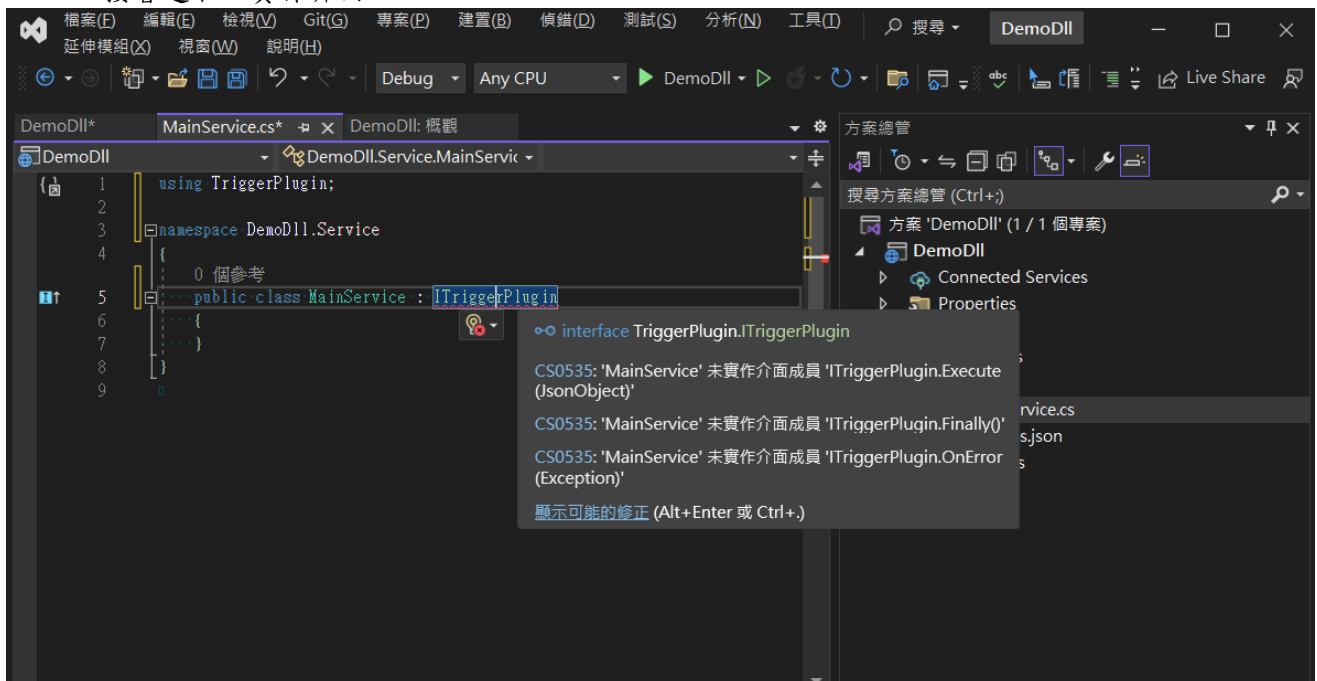


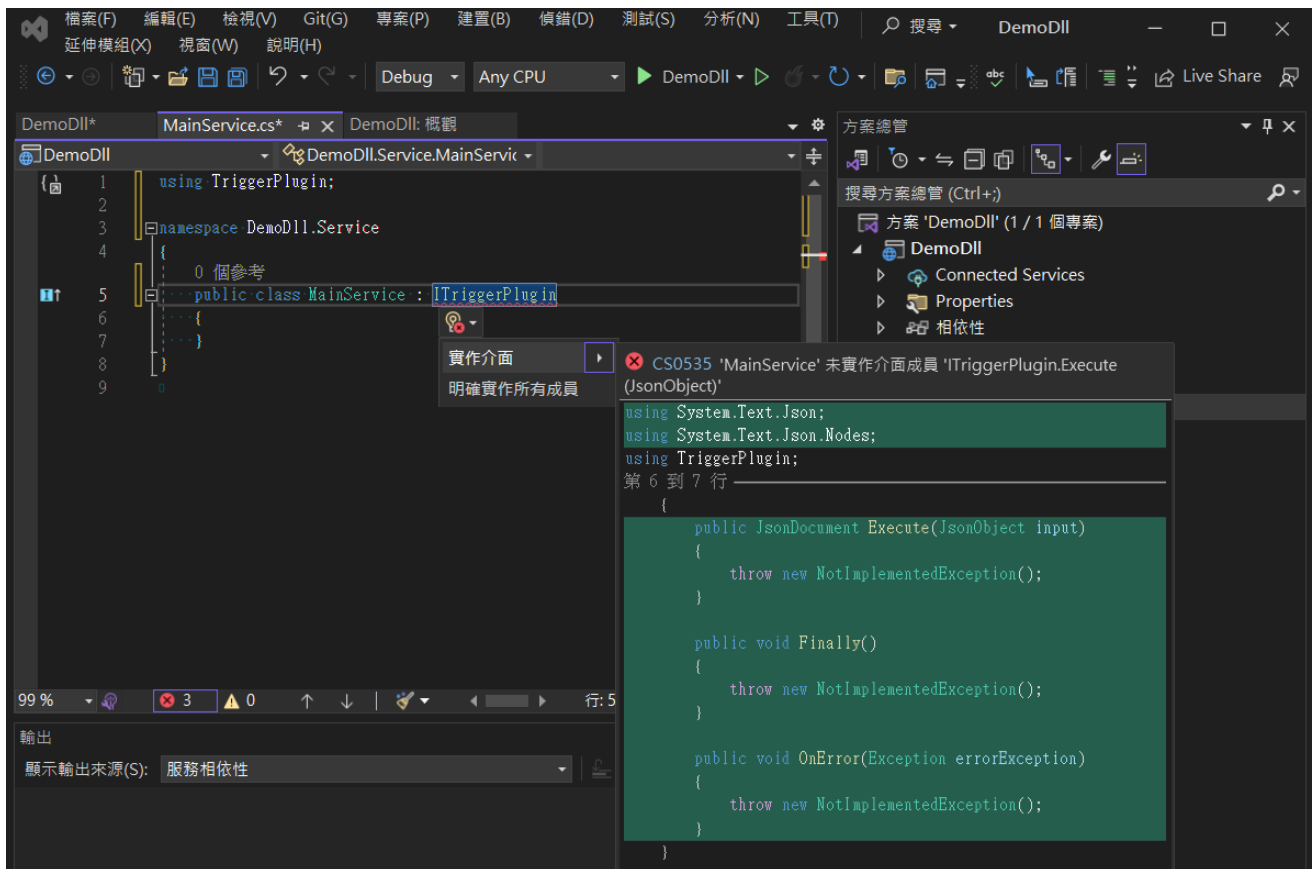
10. 在 MainService 中繼承 ITriggerPlugin

滑鼠點選紅底線處，鍵盤輸入ALT + ENTER
之後選擇 using TriggerPlugin;



11. 滑鼠點選並停留在 ITriggerPlugin 紅底線處
選取“顯示可能的修正”
接著選取“實作介面”

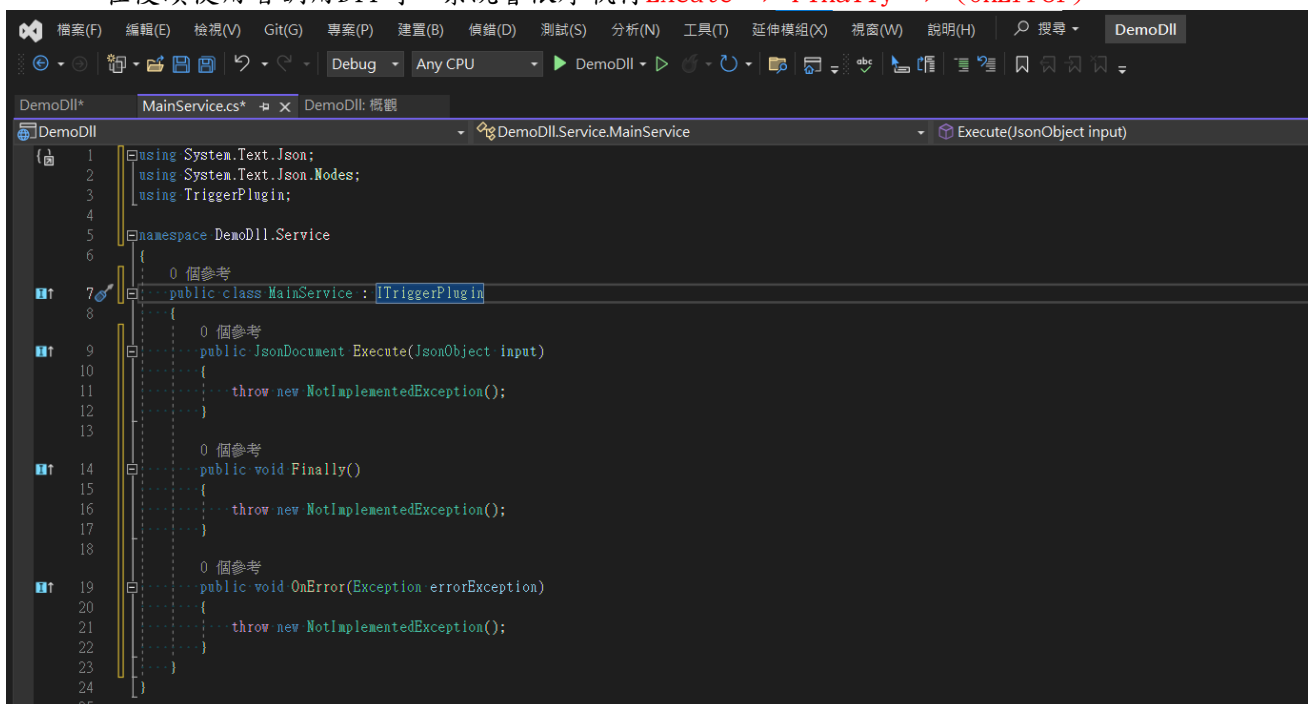




12. 所有開發 D11 皆須繼承 ITriggerPlugin

並實作 **Excute**(要執行的內容)、**Finally**(執行完成後要做的事)、**OnError**(發生錯誤時要做的事)

在後續使用者調用 D11 時，系統會依序執行 **Excute => Finally => (OnError)**

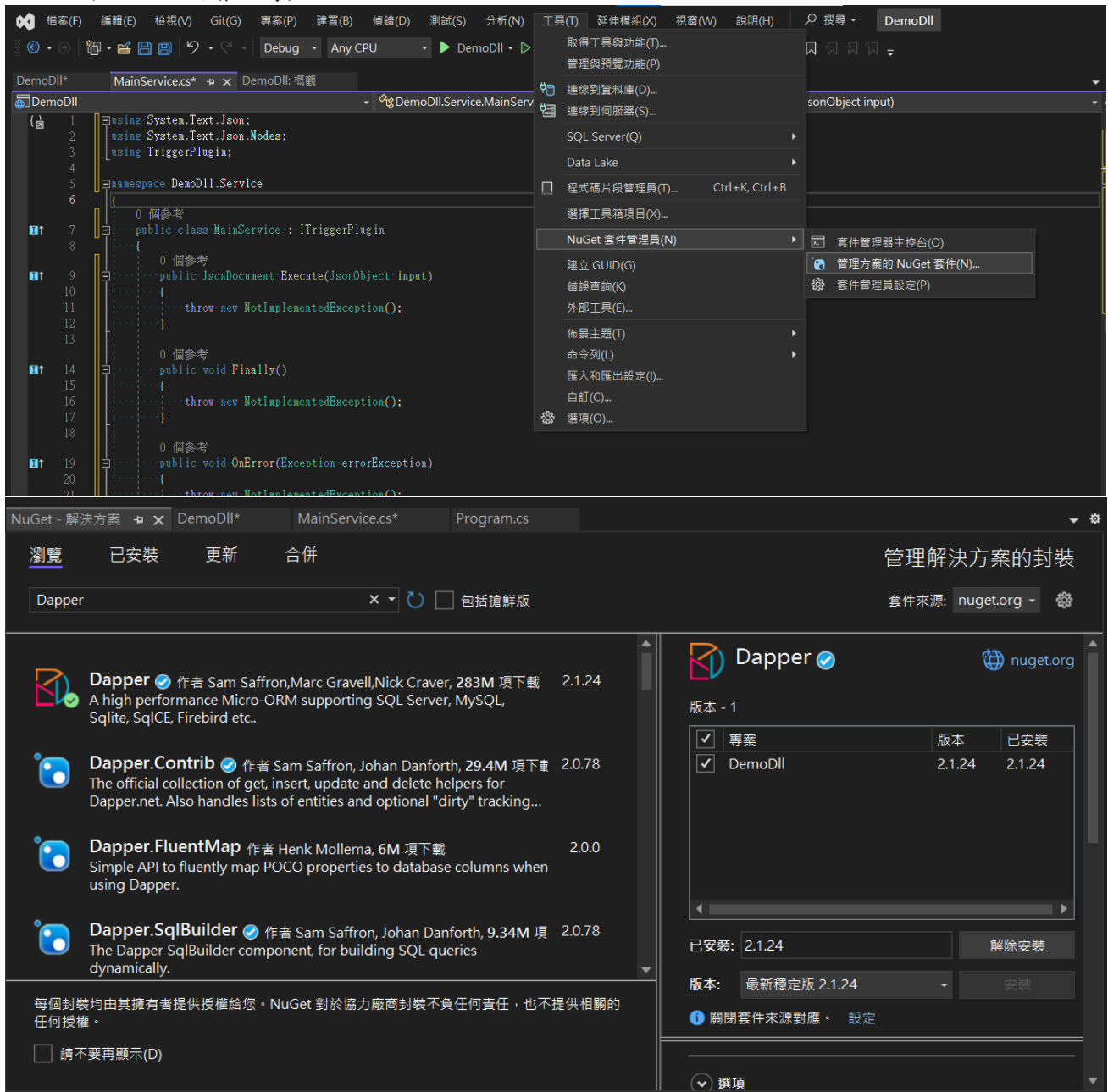


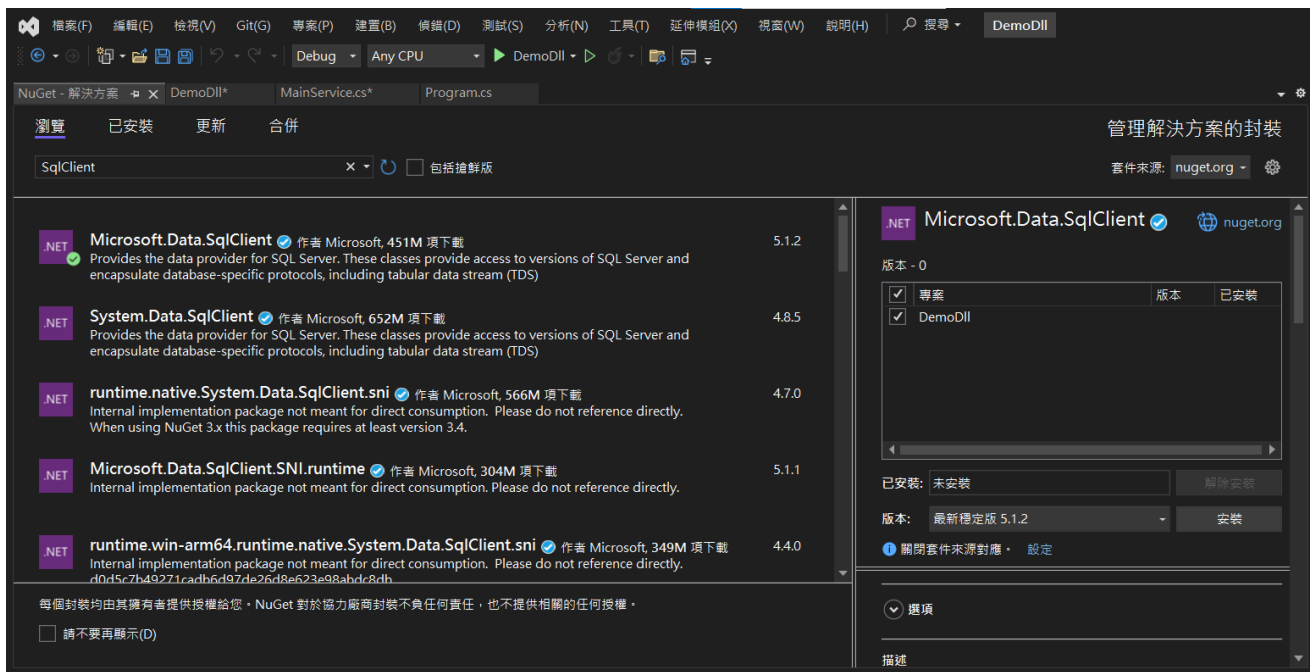
13. 下載套件 (Dapper、SqlClient)

此範例使用 Dapper 與 Microsoft.Data.SqlClient 套件與 DB 進行溝通與資料存取
後續開發人員可依自行需求下載相關套件

補充：

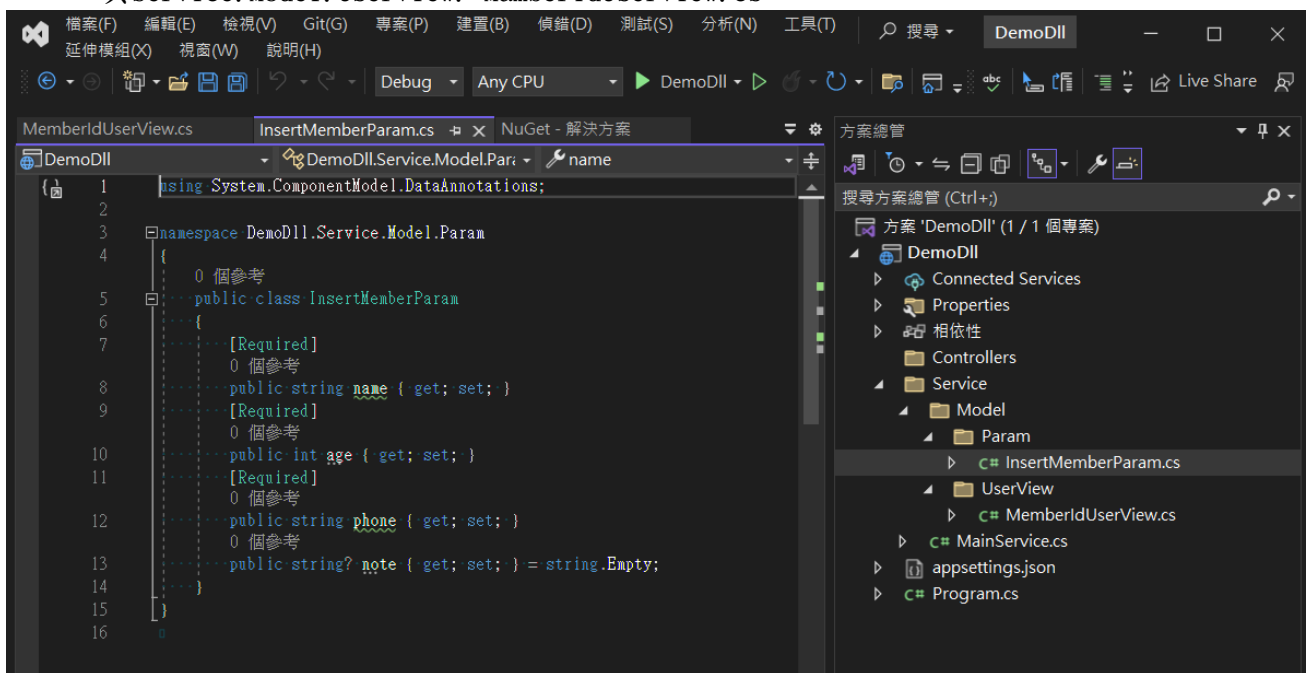
在 ISB 匯流排系統專案中，以包含 Dapper 與 Microsoft.Data.SqlClient 套件，因此後續開發者若是使用這兩項套件進行開發，在上傳 Dll 時無須再上傳這兩個 Dll。（後續操作因屬示範流程，因此仍會上傳）

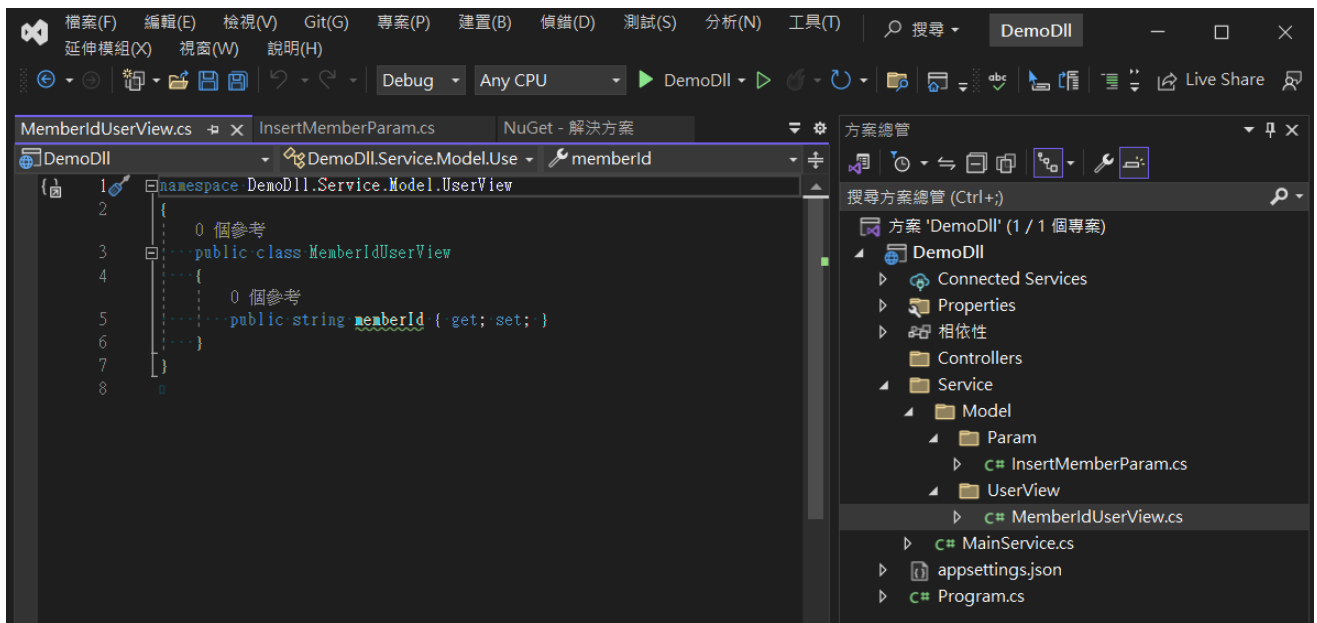




14. 建立輸入與輸出的 class

請參考下圖中 `Service.Model.Param.InsertMamberParam.cs`
與 `Service.Model.UserView.MamberIdUserView.cs`





15. 撰寫存取 DB 資料範例

程式說明：

13行：MSSQL的連線字串

17行：將傳入的Json資料轉換為自定義的Param格式

19行：打開資料庫連線

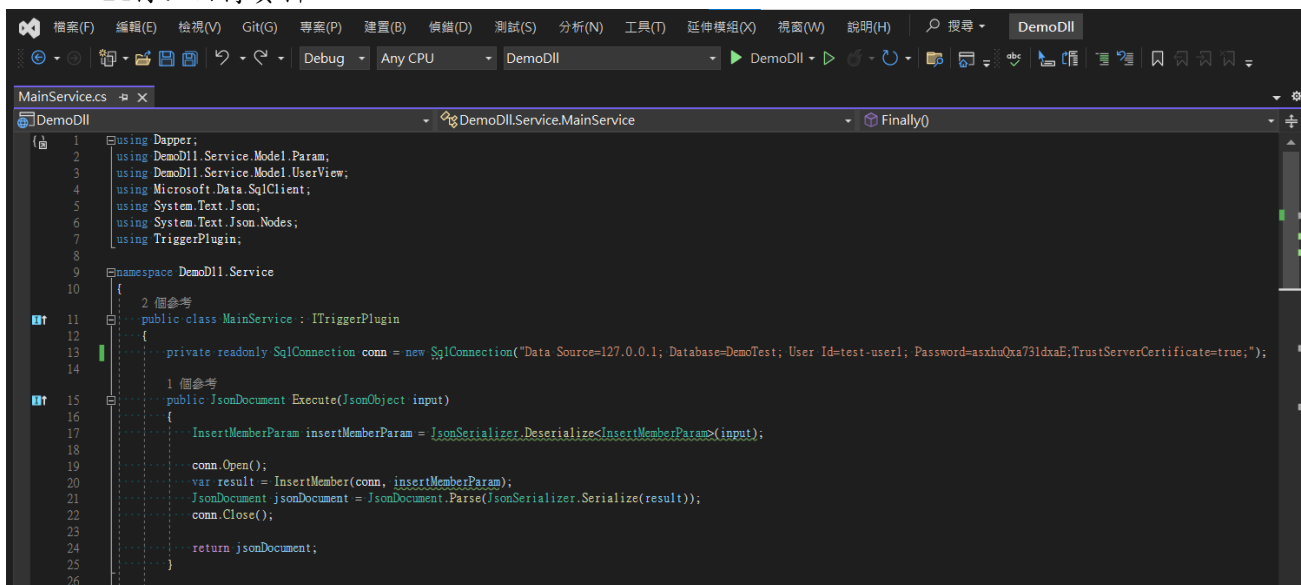
20行：建立測試帳號資料

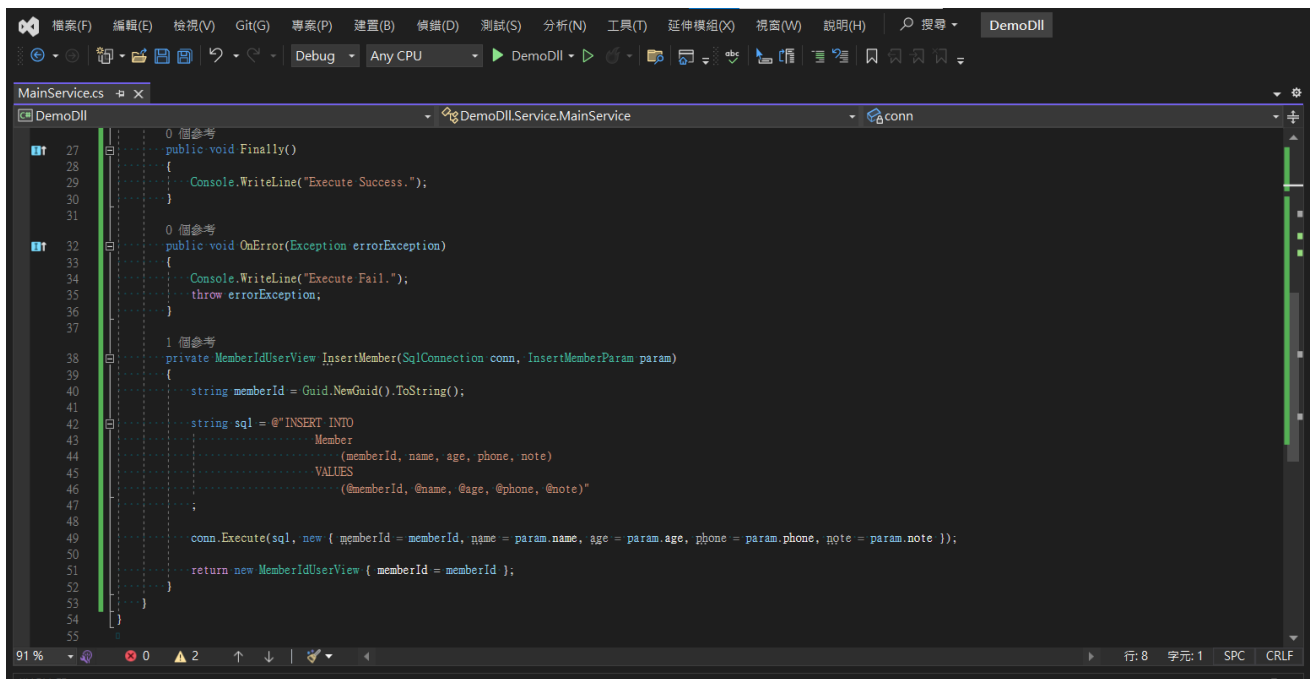
38-52行：使用Dapper新增測試資料的做法，新增成功之後回傳memberId

21行：將回傳資料轉換為JsonDocument格式

22行：關閉資料庫連線

24行：回傳資料





16. 產生 Dll 檔、建立壓縮檔(於後台申請 API 時須上傳)

先啟動專案偵錯 (按F5)

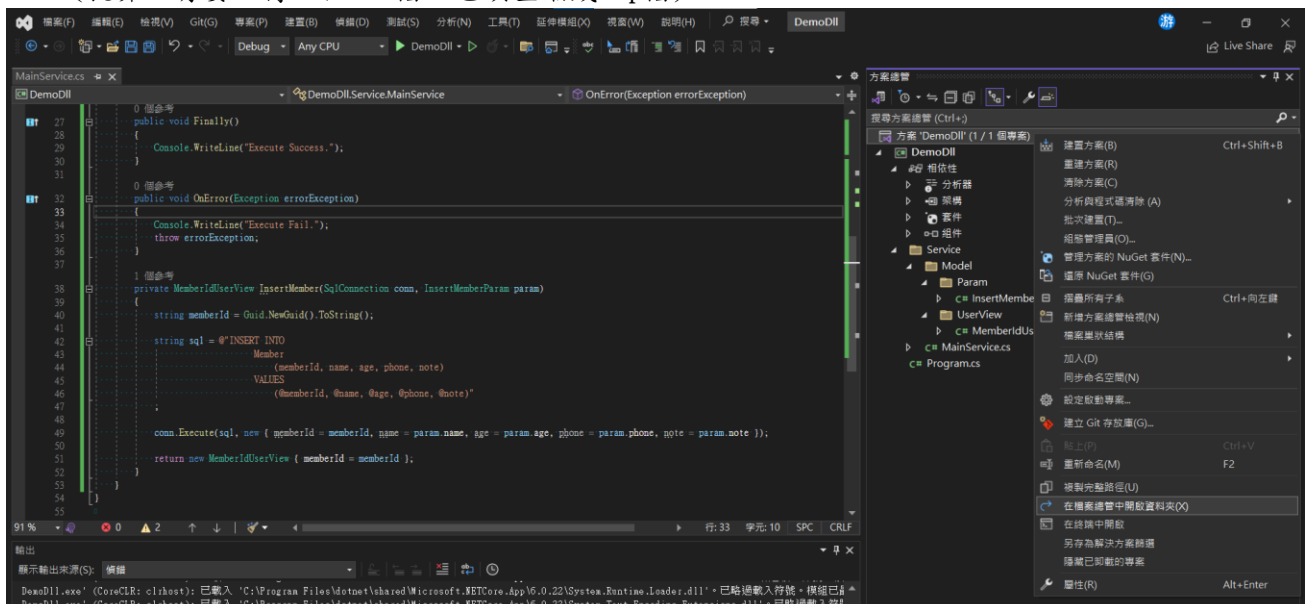
之後按照圖中操作，開啟專案資料夾

找到**主要的Dll檔(DemoDll.dll)**

與下載套件的Dll檔(Dapper.dll與Microsoft.Data.SqlClient.dll) (之後在開發時若使用這兩個套件，則不須再上傳套件dll)

同時選取這三個Dll，點選右鍵，壓縮得到zip檔，檔名自定義即可。

(就算只有要上傳一個Dll檔，也須壓縮成zip檔)



名稱	修改日期	類型	大小
DemoDll	2023/12/11 上午 12:13	檔案資料夾	
DemoDll.sln	2023/12/10 下午 06:53	Visual Studio Sol...	2 KB

名稱	修改日期	類型	大小
bin	2023/12/10 下午 06:53	檔案資料夾	
obj	2023/12/11 上午 12:02	檔案資料夾	
Service	2023/12/11 上午 12:13	檔案資料夾	
DemoDll.csproj	2023/12/11 上午 12:13	C# Project File	1 KB
Program.cs	2023/12/10 下午 06:53	C# Source File	1 KB

名稱	修改日期	類型	大小
runtimes	2023/12/11 上午 12:14	檔案資料夾	
Azure.Core.dll	2022/7/1 上午 03:28	應用程式擴充	314 KB
Azure.Identity.dll	2022/9/20 上午 04:31	應用程式擴充	299 KB
Dapper.dll	2023/11/23 下午 04:58	應用程式擴充	225 KB
DemoDll.deps.json	2023/12/11 上午 12:14	JSON 檔案	28 KB
DemoDll.dll	2023/12/11 上午 12:14	應用程式擴充	10 KB
DemoDll.exe	2023/12/11 上午 12:14	應用程式	146 KB
DemoDll.pdb	2023/12/11 上午 12:14	Program Debug ...	13 KB
DemoDll.runtimeconfig.json	2023/12/11 上午 12:14	JSON 檔案	1 KB
Microsoft.Bcl.AsyncInterfaces.dll	2020/4/15 上午 06:39	應用程式擴充	15 KB
Microsoft.Data.SqlClient.dll	2023/10/18 上午 06:33	應用程式擴充	270 KB
Microsoft.Identity.Client.dll			1,422 KB
Microsoft.Identity.Client.Extensions			62 KB
Microsoft.IdentityModel.Abstractions			19 KB
Microsoft.IdentityModel.JsonWebTokens			88 KB
Microsoft.IdentityModel.Logging			34 KB
Microsoft.IdentityModel.Protocols			38 KB
Microsoft.IdentityModel.Protocols.OpenIdConnect			112 KB
Microsoft.IdentityModel.Tokens			961 KB
Microsoft.SqlServer.Server.dll			
Microsoft.Win32.SystemEvents.dll			
System.Configuration.ConfigurationManager			
System.Drawing.Common.dll			
System.IdentityModel.Tokens.Jwt			
System.Memory.Data.dll			
System.Runtime.Caching.dll			
System.Security.Cryptography.Primitives			21 KB
System.Security.Permissions.dll	2021/10/23 上午 07:49	應用程式擴充	102 KB
System.Windows.Extensions.dll	2021/10/23 上午 07:49	應用程式擴充	26 KB
TriggerPlugin.dll	2023/9/27 下午 02:15	應用程式擴充	5 KB

runtimes	2023/12/11 上午 12:14	檔案資料夾	
Azure.Core.dll	2022/7/1 上午 03:28	應用程式擴充	314 KB
Azure.Identity.dll	2022/9/20 上午 04:31	應用程式擴充	299 KB
Dapper.dll	2023/11/23 下午 04:58	應用程式擴充	225 KB
DemoDll.deps.json	2023/12/11 上午 12:14	JSON 檔案	28 KB
DemoDll.dll	2023/12/11 上午 12:14	應用程式擴充	10 KB
DemoDll.exe	2023/12/11 上午 12:14	應用程式	146 KB
DemoDll.pdb	2023/12/11 上午 12:14	Program Debug ...	13 KB
DemoDll.runtimeconfig.json	2023/12/11 上午 12:14	JSON 檔案	1 KB
DemoDll.zip	2023/12/11 上午 12:18	壓縮的 (zipped) ...	187 KB
Microsoft.Bcl.AsyncInterfaces.dll	2020/4/15 上午 06:39	應用程式擴充	15 KB
Microsoft.Data.SqlClient.dll	2023/10/18 上午 06:33	應用程式擴充	270 KB
Microsoft.Identity.Client.dll	2022/10/4 上午 01:40	應用程式擴充	1,422 KB
Microsoft.Identity.Client.Extensions.Msa...	2021/11/20 上午 06:02	應用程式擴充	62 KB
Microsoft.IdentityModel.Abstractions.dll	2022/10/14 上午 03:42	應用程式擴充	19 KB

17. 檢查壓縮資料夾內的 Dll 檔

注意：點選進壓縮資料夾後，看到的Dll檔就是後續調用Dll時會存取到的Dll檔。

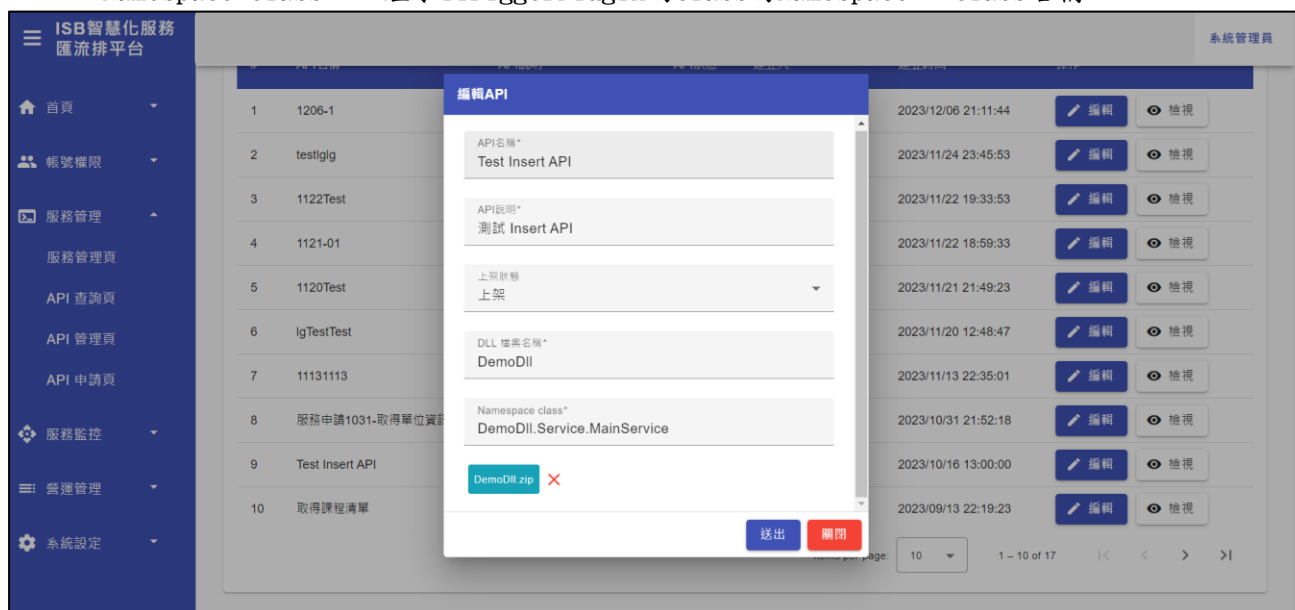
(切記：點選進壓縮資料夾後，若還須進入第二個以上的資料夾才看的到Dll檔，就無法存取到)

Dapper.dll	應用程式擴充	116 KB	否	225 KB	49%	2023/11/23 下午 04:58
DemoDll.dll	應用程式擴充	5 KB	否	10 KB	56%	2023/12/11 上午 12:14
Microsoft.Data.SqlClient.dll	應用程式擴充	67 KB	否	270 KB	76%	2023/10/18 上午 06:33

18. 申請 API 時上傳 Dll 檔

DLL檔案名稱 => 填寫主要的Dll檔的檔名

Namespace class => 繼承ITriggerPlugin的class的Namespace + Class名稱

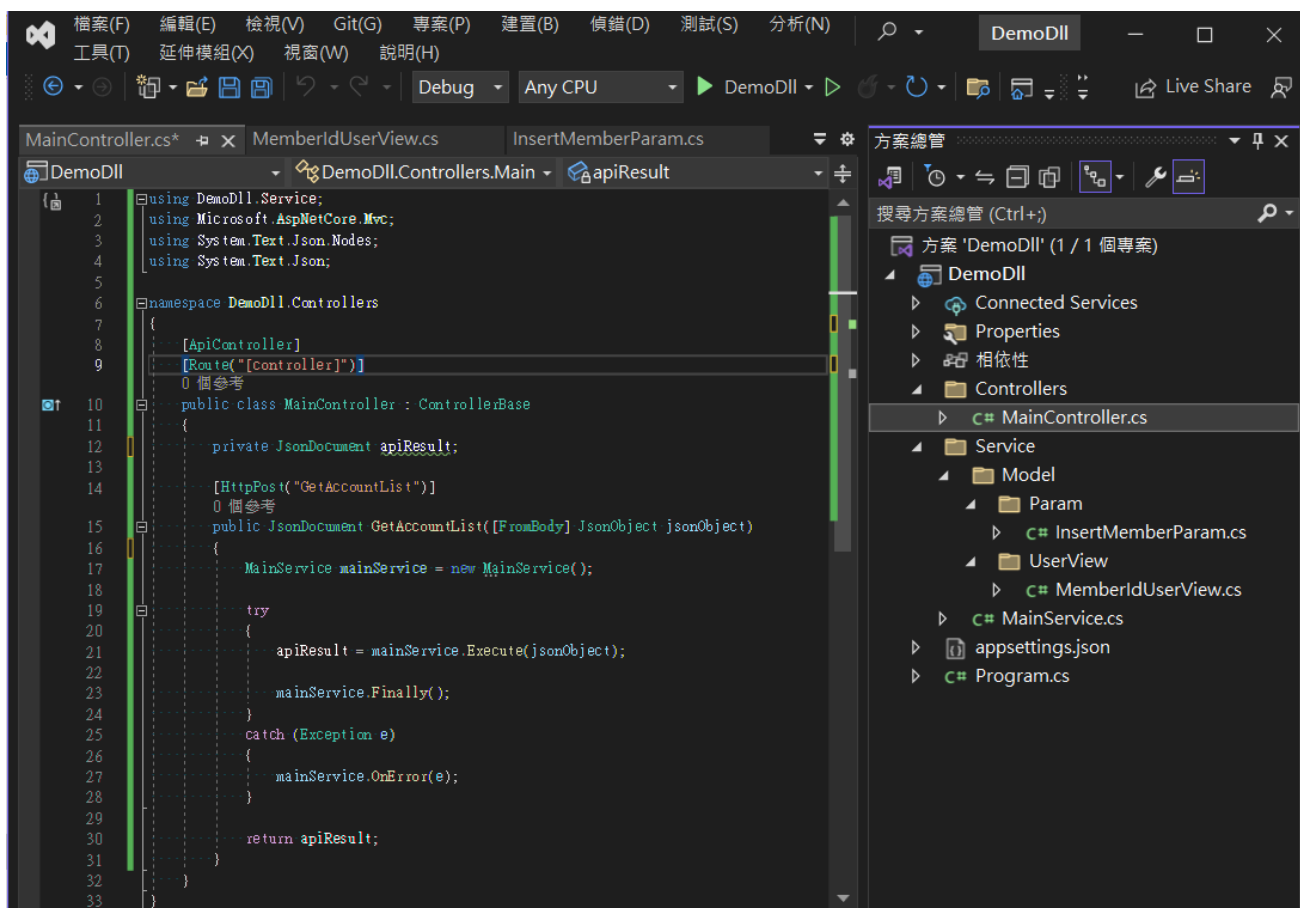


19. 測試 Dll 程式碼是否可執行成功 (若開發者可自行驗證撰寫內容正確性，此步驟則可跳過)

建立一個Controller，呼叫MainService內的方法

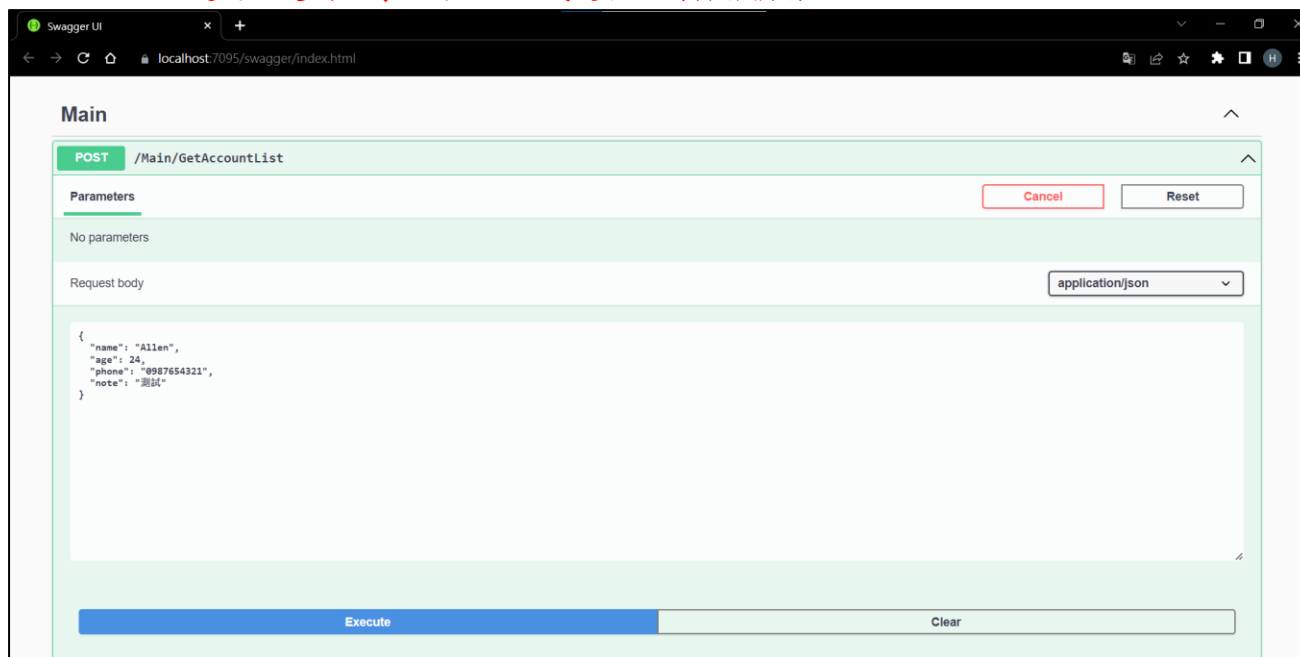
並依序執行Execute、Finally、OnError

可直接參考以下圖中程式碼進行實作

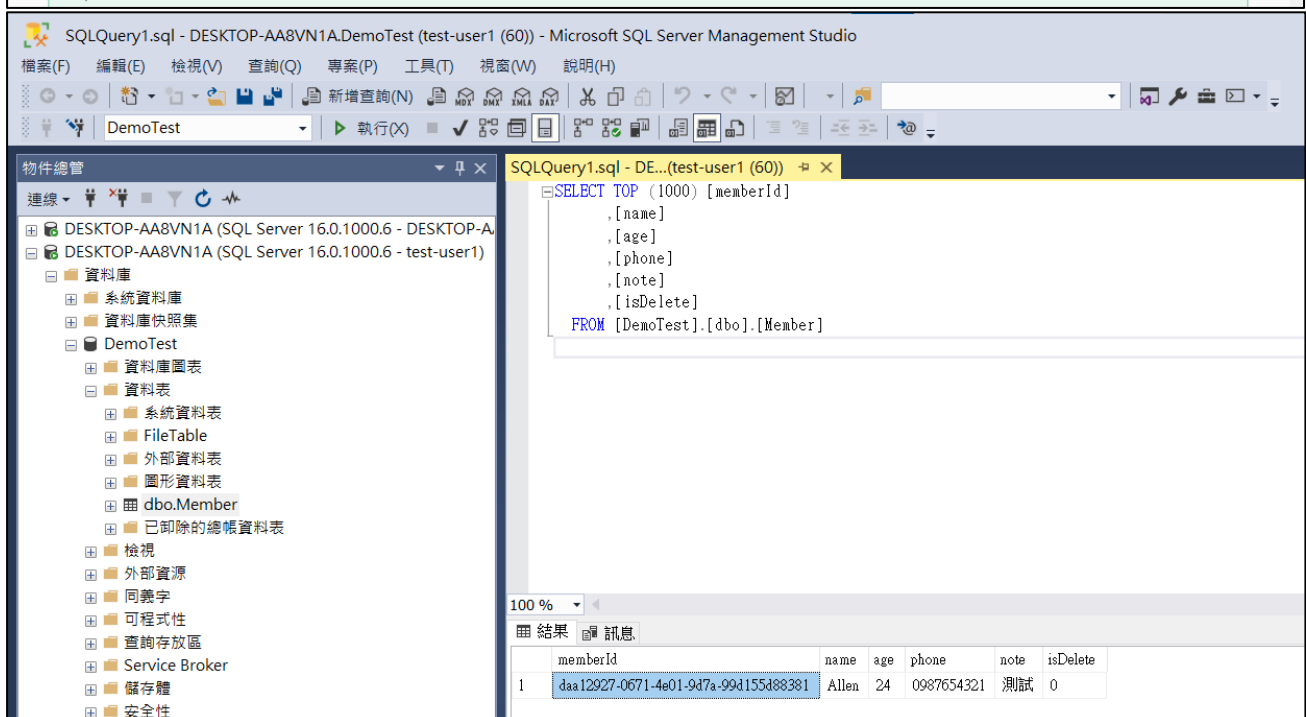
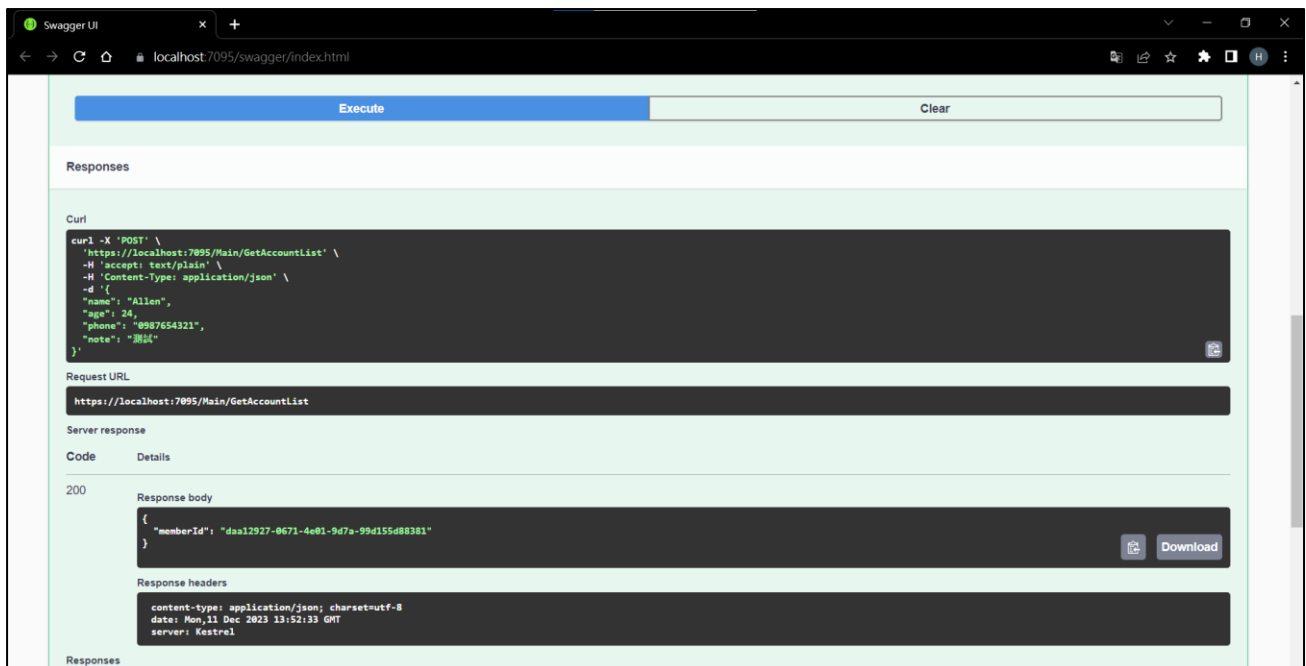


20. 開啟偵錯 (按 F5)

注意：此處傳入的Json格式，即為使用者欲調用Dll所輸入的Json格式。
因此可透過此處測試傳入的Json格式是否如開發者預期。



21. 測試完成



伍、系統部署

一、 前端專案部署

主要包含ISB Web後臺專案。

1. 開啟專案環境變數檔案，路徑為src\environments\environment.prod.ts。

```
1  /**
2   * 環境設定檔案 - 正式環境
3   * @remarks
4   * 這個檔案包含了正式環境的相關設定。
5   */
6  export const environment = {
7   /**
8    * 環境名稱
9    * @remarks
10   * 此屬性表示目前的環境名稱為正式環境。
11   */
12   ENV_NAME: 'PROD',
13   /**
14    * 是否為正式環境
15    * @remarks
16    * 此屬性表示目前是否為正式環境。
17    */
18   production: true,
19   /**
20    * 是否使用模擬資料
21    * @remarks
22    * 此屬性表示是否使用模擬資料。
23    */
24   useMock: false,
25   /**
26    * API 伺服器位址
27    * @remarks
28    * 此屬性表示 API 伺服器的位址。
29    */
30   API_SERVER: 'http://[REDACTED]:8011',
31  };
```

2. 設定 API Server 路徑參數(API_SERVER)，填入實際API Server之Domain name或IP。

```
/**
 * API 伺服器位址
 * @remarks
 * 此屬性表示 API 伺服器的位址。
 */
API_SERVER: 'http://[REDACTED]:8011',
```

3. 透過 Window CMD 或是 Power Shell 執行網站 Build 指令 `ng build -c production`。

		Initial Total	2.46 MB	551.74 KB
Lazy Chunk Files		Names	Raw Size	Estimated Transfer Size
657.c90b18fddbe028d.js		home-routing-home-routing-module	372.99 kB	60.17 kB
53.2d2d15115a55d8a4.js		program-routing-program-routing-module	74.74 kB	10.70 kB
816.c8a37c523445db34.js		permission-routing-permission-routing-module	57.60 kB	9.04 kB
901.d32b5ff62e0c9a0c.js		home-routing-home-routing-module	31.78 kB	6.17 kB
198.ef7ea97e40424f40.js		api-gateway-routing-api-gateway-routing-module	20.30 kB	4.24 kB
469.aed86ed5158699a3.js		permission-routing-permission-routing-module	12.68 kB	2.32 kB
237.715787e45e8eb911.js		operation-record-routing-operation-record-routing-module	7.98 kB	2.63 kB
997.344de48f0a913982.js		settings-routing-settings-routing-module	6.70 kB	2.40 kB
189.d2c97e9414e70a72.js		feature-Route-backend-routing-module	1.12 kB	477 bytes
common.7410a6b4ac93cee1.js		common	348 bytes	233 bytes

Build at: 2023-12-14T14:32:41.510Z - Hash: 4b9e1c11f58262bf - Time: 60224ms

4. Build 出來的靜態網站程式碼，在根目錄底下的 `/dist/nutc-api-module-client` 資料夾內。

<< dist >> nutc-api-module-client				搜尋 nutc-
名稱	修改日期	類型	大小	
assets	2023/12/14 下午 10:32	檔案資料夾		
3rdpartylicenses.txt	2023/12/14 下午 10:32	文字文件	39 KB	
53.2d2d15115a55d8a4.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	75 KB	
189.d2c97e9414e70a72.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	2 KB	
198.ef7ea97e40424f40.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	21 KB	
237.715787e45e8eb911.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	8 KB	
469.aed86ed5158699a3.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	13 KB	
657.c90b18fddbe028d.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	373 KB	
816.c8a37c523445db34.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	58 KB	
901.d32b5ff62e0c9a0c.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	32 KB	
997.344de48f0a913982.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	7 KB	
common.7410a6b4ac93cee1.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	1 KB	
fa-brands-400.9a905705860d0777.ttf	2023/12/14 下午 10:32	TrueType 字型檔案	186 KB	
fa-brands-400.b6033b540dd66f84.wo...	2023/12/14 下午 10:32	WOFF2 檔案	108 KB	
fa-regular-400.67a0fb748649533d.ttf	2023/12/14 下午 10:32	TrueType 字型檔案	62 KB	
fa-regular-400.3580b4a95c9bb1d5.w...	2023/12/14 下午 10:32	WOFF2 檔案	24 KB	
fa-solid-900.6a8db53d80e9da0c.ttf	2023/12/14 下午 10:32	TrueType 字型檔案	386 KB	
fa-solid-900.fd0b155cd663a8fa.woff2	2023/12/14 下午 10:32	WOFF2 檔案	147 KB	
favicon.ico	2023/8/10 下午 09:09	圖示	1 KB	
index.html	2023/12/14 下午 10:32	Chrome HTML D...	35 KB	
main.74b4eeba6069461f.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	2,229 KB	
polyfills.4d95fafcf231c130.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	34 KB	
runtime.93d4f02711065922.js	2023/12/14 下午 10:32	JavaScript 指令檔	3 KB	
styles.a8b29395e9530229.css	2023/12/14 下午 10:32	階層式樣式表文件	254 KB	

5. IIS 新增站台，將實體路徑指向靜態網站目錄 `/dist/nutc-api-module-client`，並設定埠號。

新增網站

站台名稱(S):
 應用程式集區(L):

內容目錄

實體路徑(P):

傳遞驗證

繫結

類型(T):
 IP 位址(I):
 連接埠(O):

主機名稱(H):

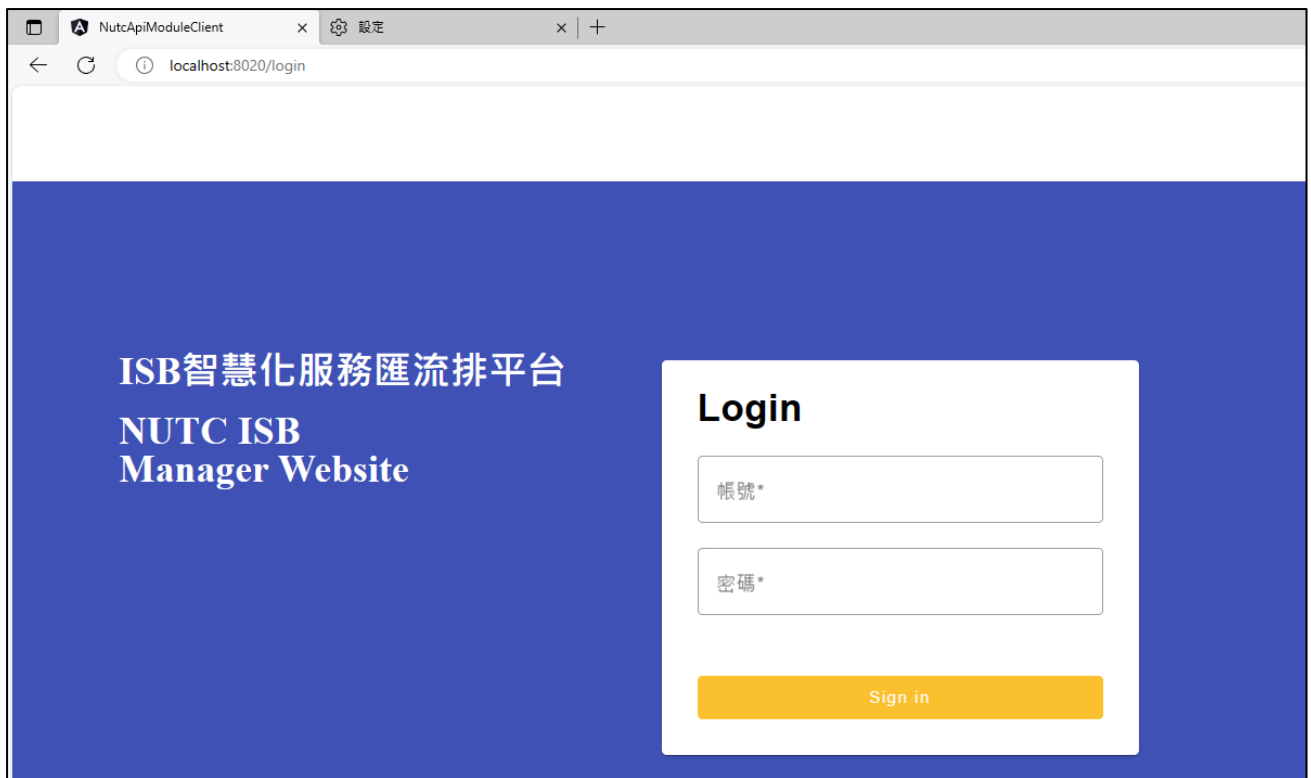
範例: www.contoso.com 或 marketing.contoso.com

6. 安裝 IIS 擴充套件 [URL Rewrite](#)。

Download URL Rewrite Module 2.1

- English: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- German: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Spanish: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- French: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Italian: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Japanese: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Korean: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Russian: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Chinese Simplified: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)
- Chinese Traditional: [x86 installer](#) / [x64 installer](#)

7. 根據 IIS 設定的埠號瀏覽網站。



二、後端專案部署

包含後台API、服務轉介、系統排程、SignalR Server，四個專案。

本章節以後台API專案為範例，其他後端專案的部署作業按照相同步驟操作即可

後台API: port號 8011

服務轉介: port號 8012

系統排程: port號 8013

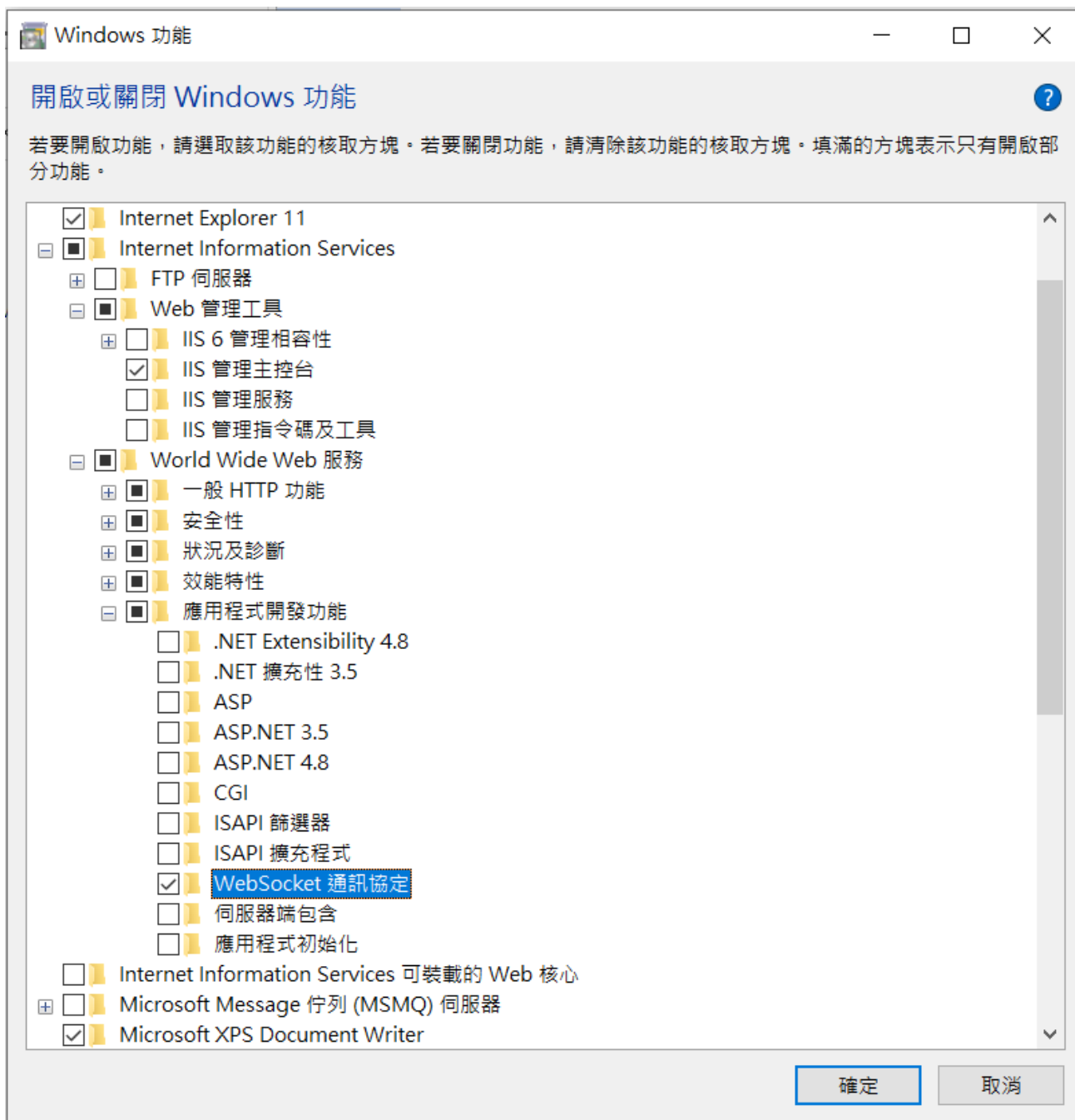
SignalR Server: port號 8014

1. 開啟 “應用程式與功能” => “程式和功能” => “開啟或關閉 Windows 功能”



2. 下載 IIS (Internet Information Services)

下圖紅色框框內所選取的项目皆須勾選
點選確定並完成後續步驟及完成下載

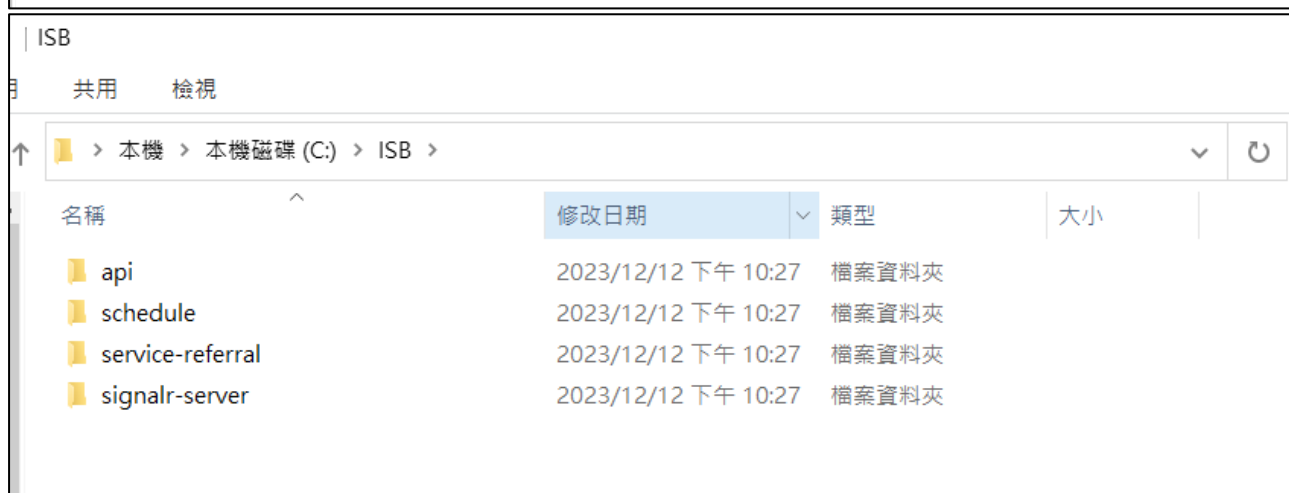
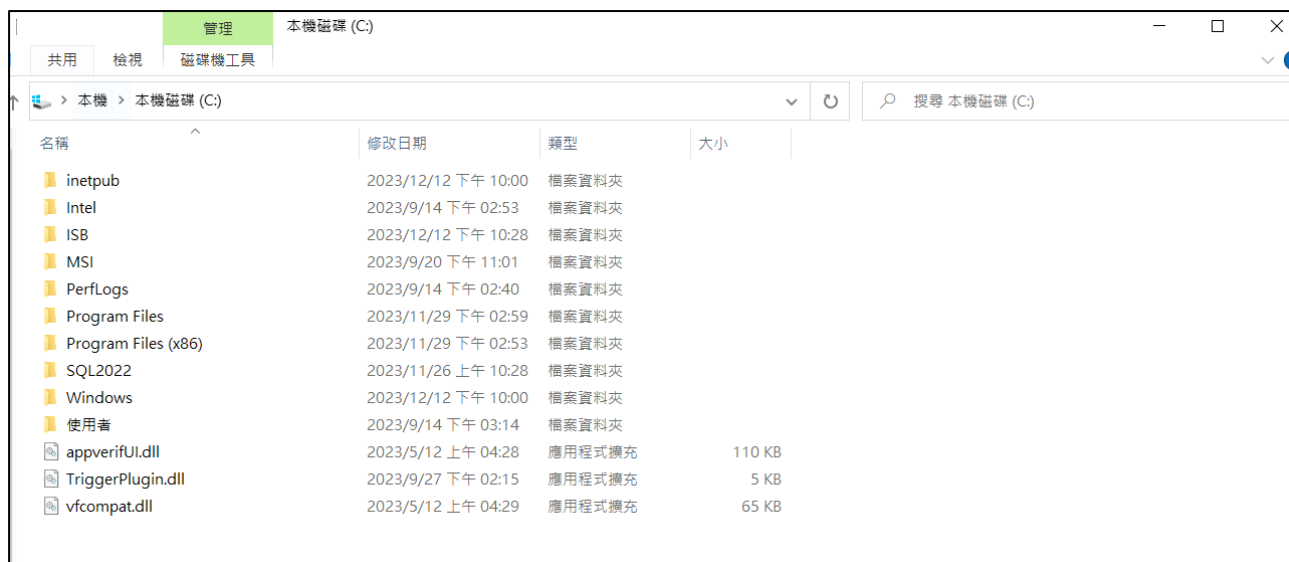


3. 在 C 槽建立資料夾，放置專案部署檔案

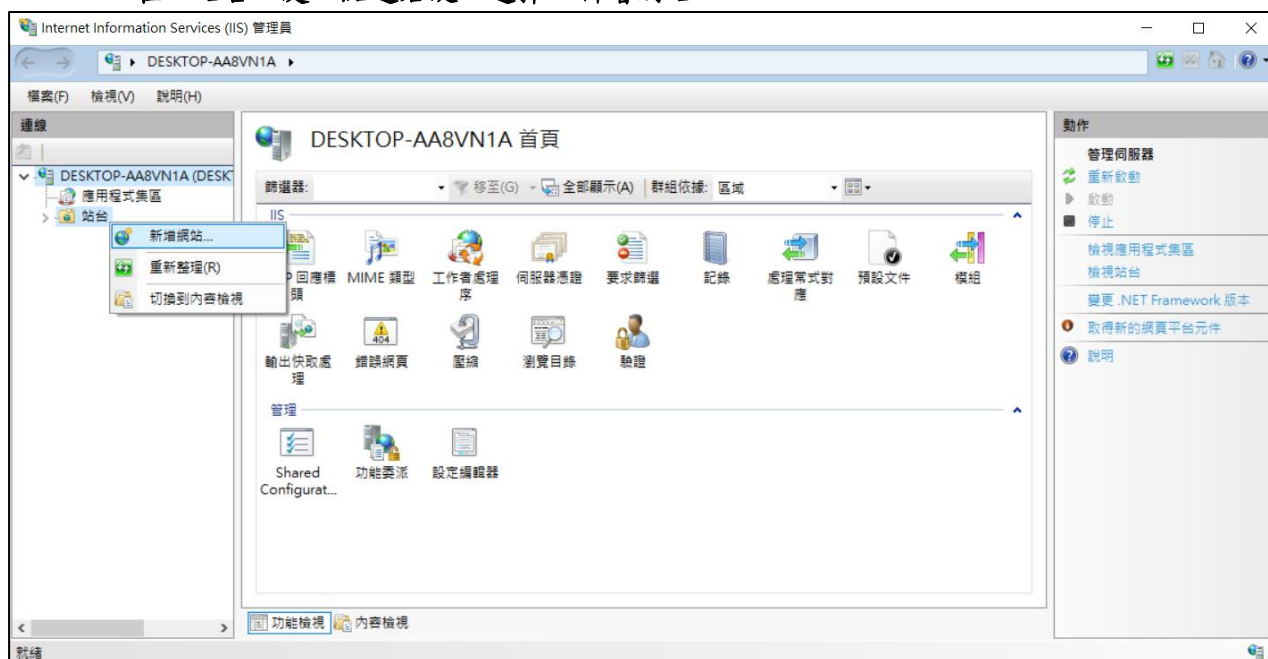
如下圖建立一個命名為 ISB 的資料夾(命名可自行定義)

並在 ISB 資料夾內再建立四個資料夾，分別代表後台 API、服務轉介、系統排程、SignalR Server。(命名可自行定義)

注意：後續步驟僅會以後台 API 部署為範例，其他專案的部署比照相同步驟，僅須注意 port 號與對應的專案資料夾



4. 開啟 ISB 資料夾權限
 5. 開啟 IIS
- 在“站台”處，點選右鍵，選擇“新增網站”



6. 填入站台名稱、對應資料夾路徑、Port 號

新增網站

站名(S): 應用程式集區(L):

內容目錄

實體路徑(P):

傳遞驗證

繫結

類型(T): IP 位址(I): 連接埠(O):

主機名稱(H):

範例: www.contoso.com 或 marketing.contoso.com

☒ 立即啟動網站(M)

7. 下載 ASP.NET Core 6.0 Runtime (v6.0.25) - Windows Hosting Bundle
 連結: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/download/dotnet/thank-you/runtime-aspnetcore-6.0.25-windows-hosting-bundle-installer>

Missed .NET Conf 2023? Our digital event is over, but you can learn, connect, and code with your community anytime, with our on-demand videos. [Explore on-demand sessions](#)

Thanks for downloading ASP.NET Core 6.0 Runtime (v6.0.25) - Windows Hosting Bundle Installer!

ASP.NET Core Hosting Bundle contains everything you need to run existing web/ server apps. The bundle includes the .NET runtime, the ASP.NET Core runtime, and if installed on a machine with IIS it will also add the [ASP.NET Core IIS Module](#). If you only want the .NET or ASP.NET Core runtime, you'll find them in [.NET 6.0 Downloads](#).

If your download doesn't start after 30 seconds, [click here to download manually](#).

Direct link: <https://download.visualstudio.microsoft.com/download/pr/1fd87564-6bdb-4123-90dd-26488ec868c9/6c68988c310805bdcbb07b704fbc3e9d/dotnet-hos>

Checksum (SHA512): 2d0f527383f2d13cae85d3b8136949484bfc96bec7c23421ce400ffe82b46c6acaac420a59db49a8d7c96e42f54777eb5958c9c11c34a9c3d671697242b328

Feedback

下載完成後

請直接打開dotnet-hosting-6.0.25-win.exe，並完成安裝
接著回到IIS介面，完成以下步驟

8. 新增靜態資料夾（後台 api 專案才需要，為存放 Dll 檔案用）

請在C槽底下，建立名為D11Files的資料夾

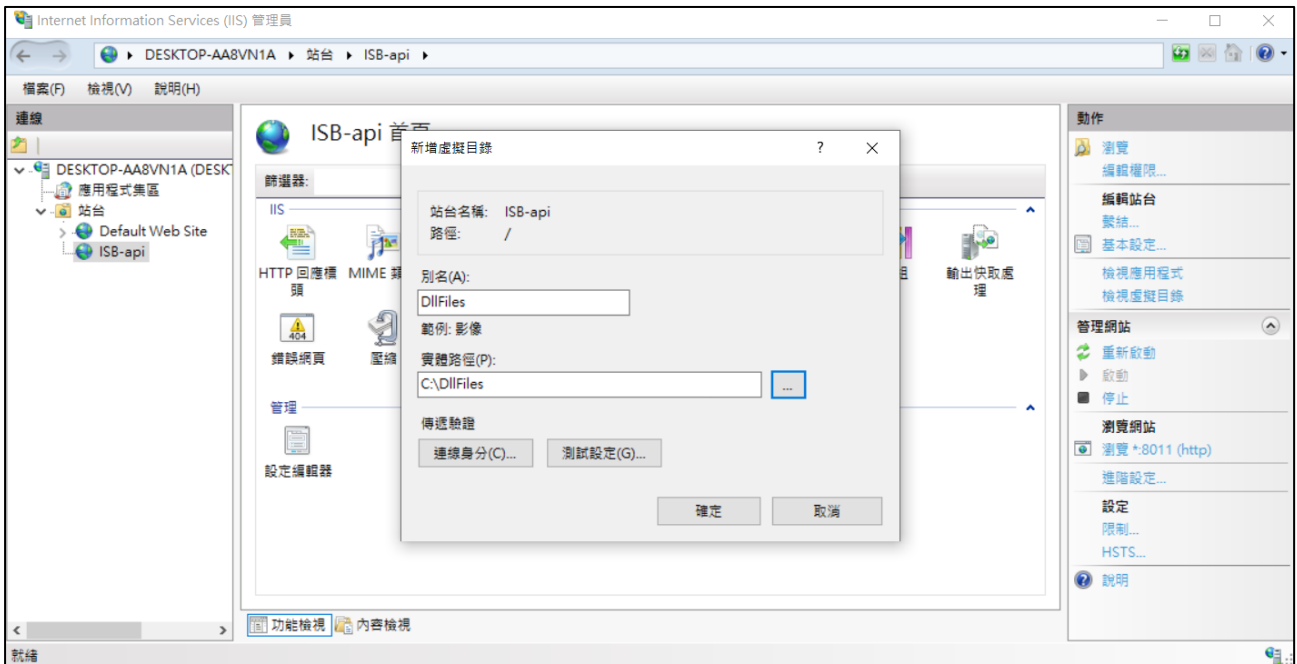
（命名與路徑皆不可自定義，否則後續使用上會無法調用Dll檔）

接著回到IIS

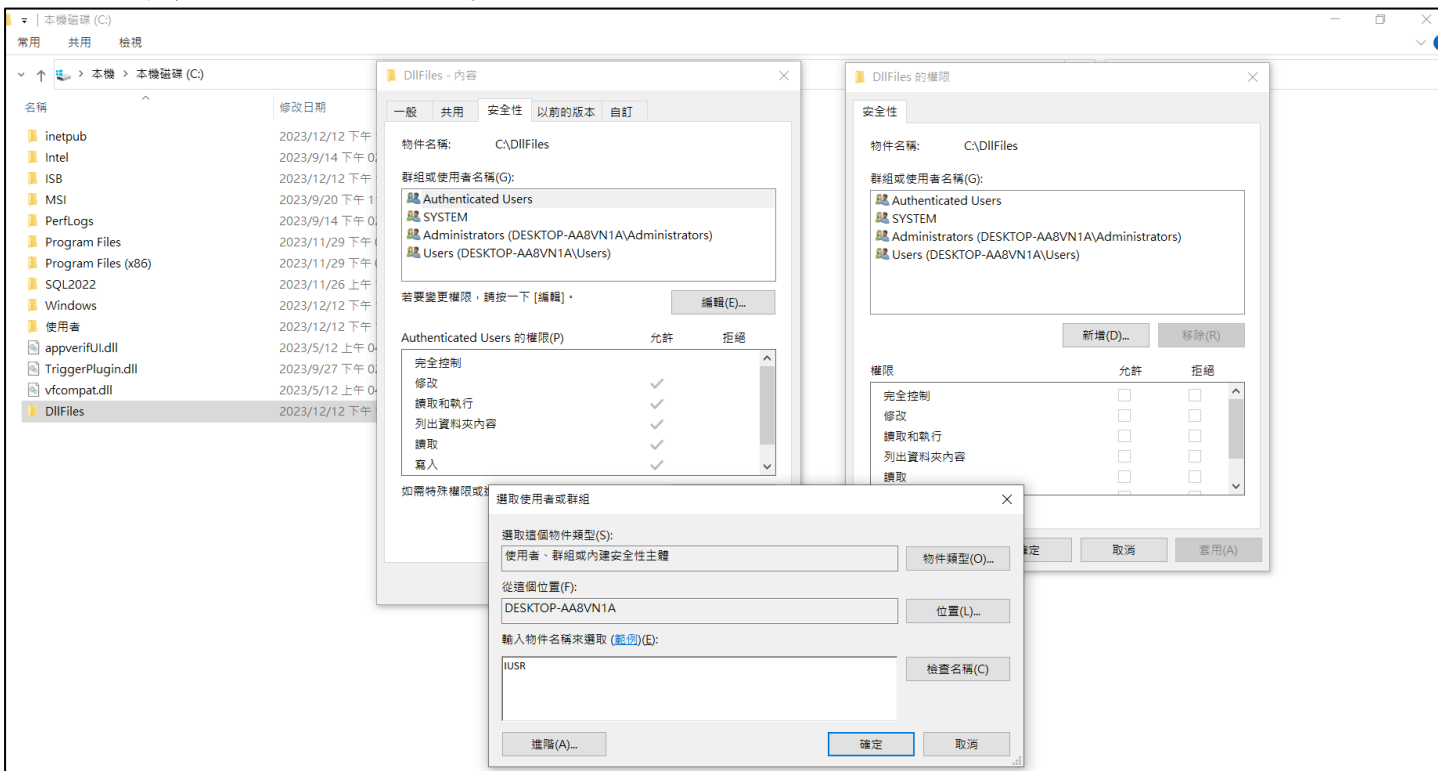
在ISB-api站台處，點選右鍵，點選 “新增虛擬目錄”

接著輸入別名 “D11Files”

實體路徑則選擇C:\D11Files



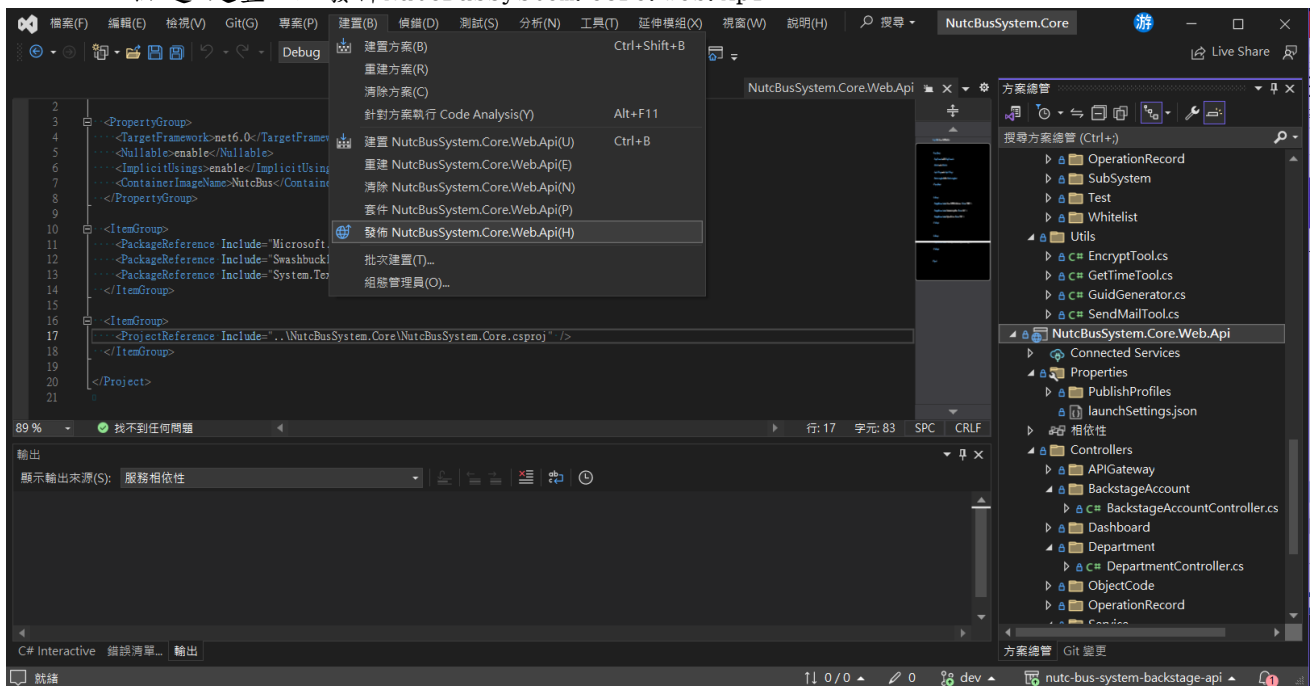
接著設定D11Files資料夾的IUSR權限，進入資料夾內容，選擇 “安全性”
編輯群組或使用者名稱，新增 IUSR



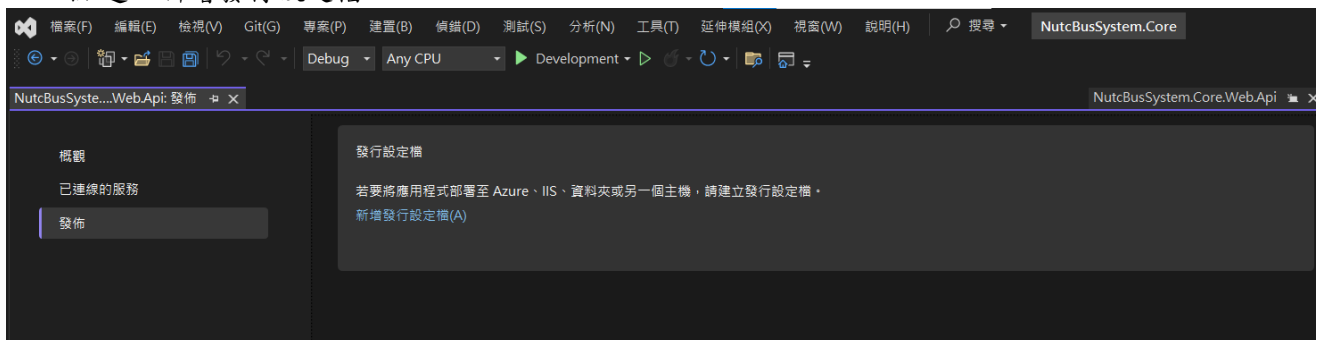
9. 部署專案，並將檔案放至站台對應的資料夾（若有重新部署，後續 10、11 步驟皆須再次進行）

打開後台api專案，在方案總管處點選NutcBusSystem.Core.Web.Api

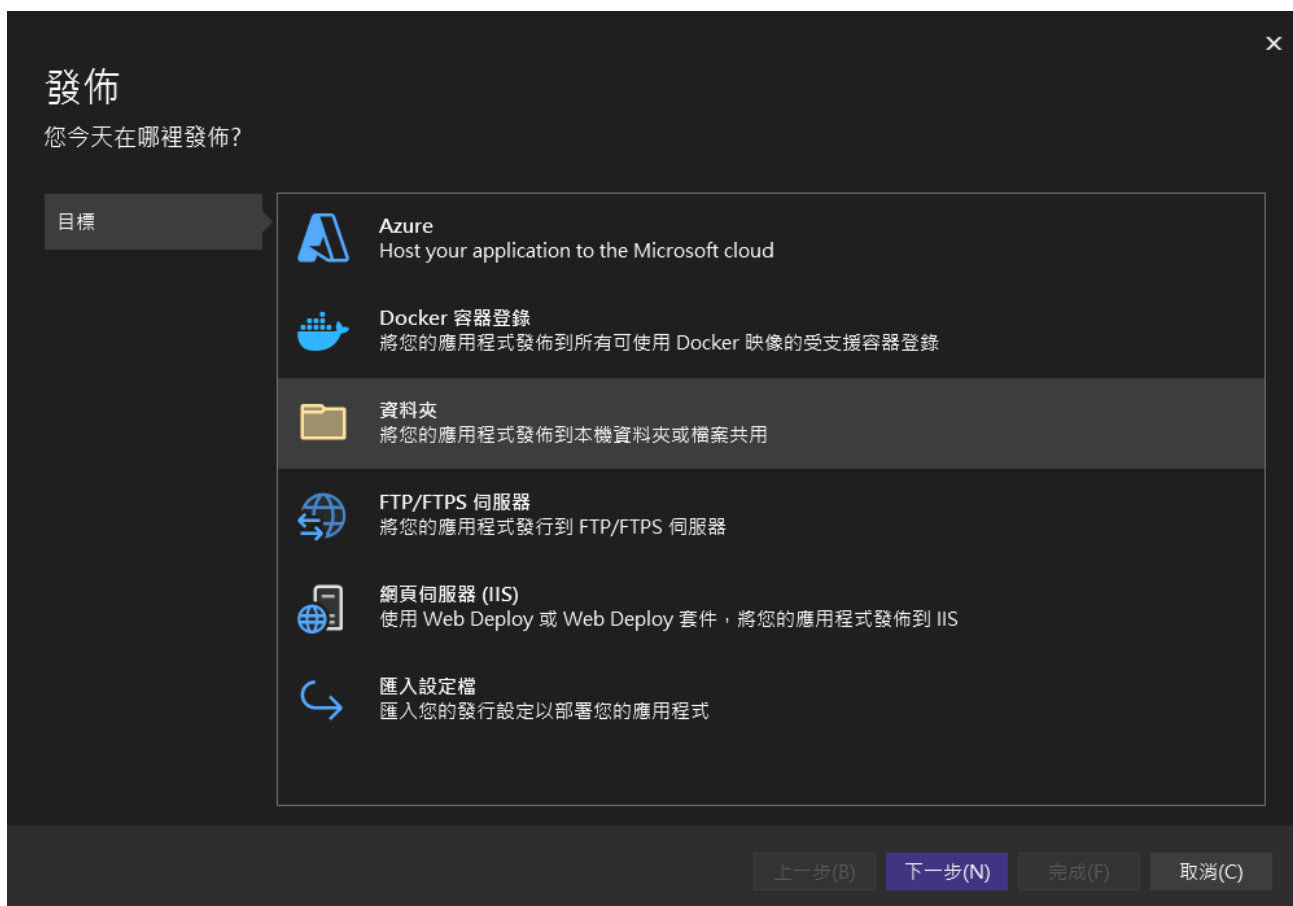
點選 建置 => 發佈NutcBusSystem.Core.Web.Api



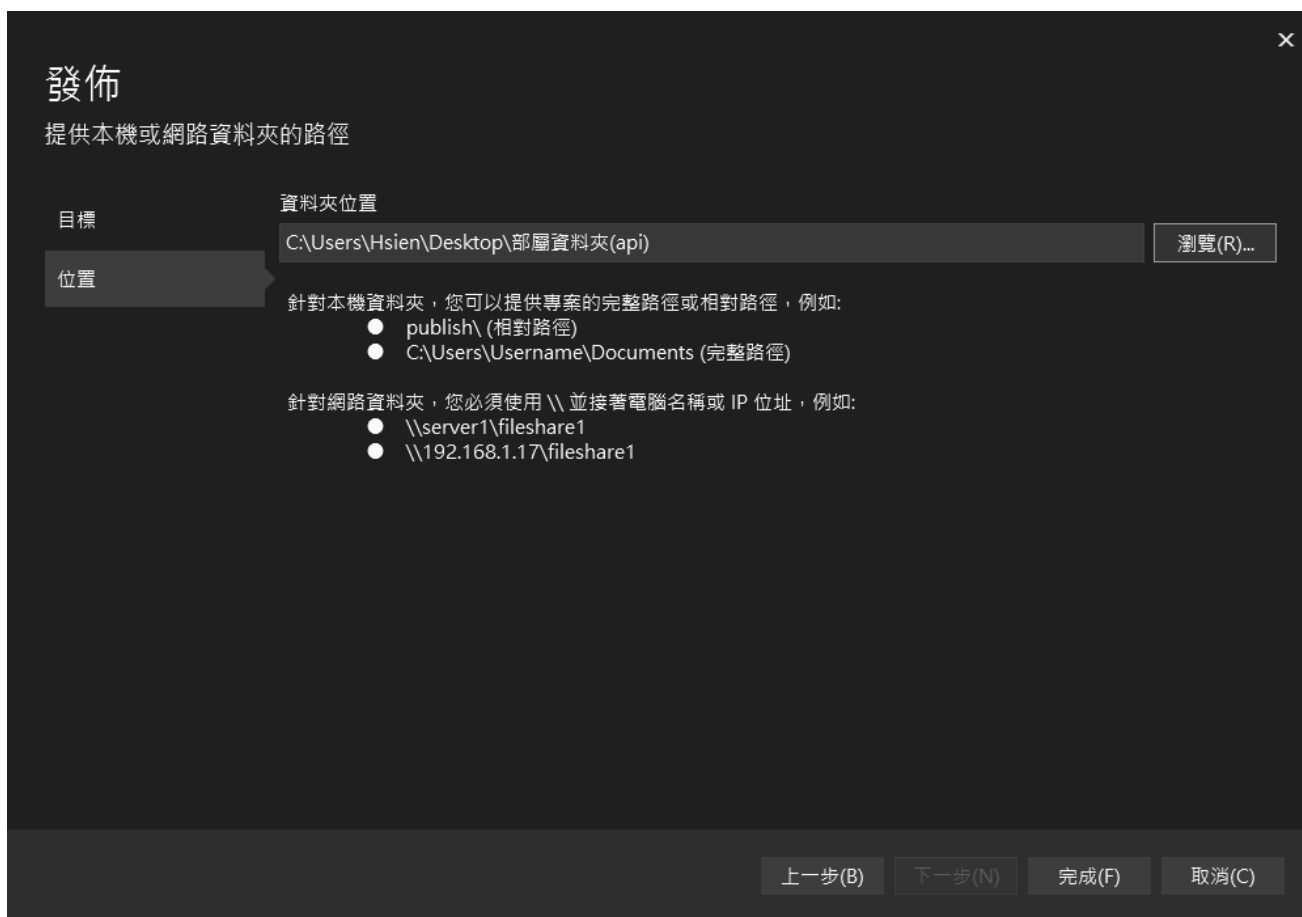
點選“新增發行設定檔”



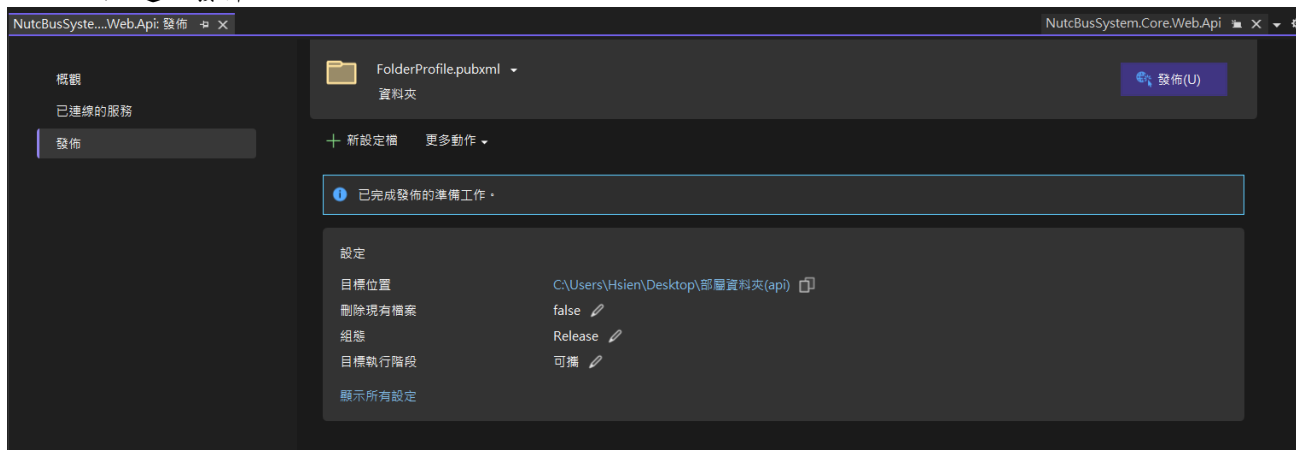
點選“資料夾”



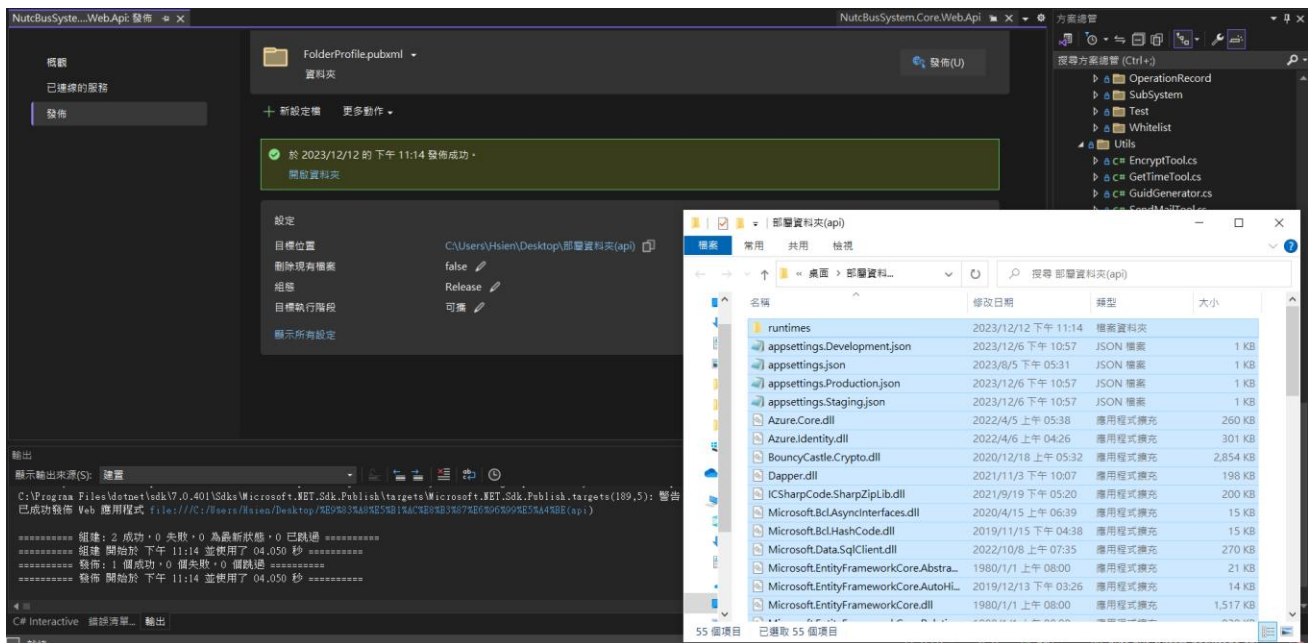
自行定義一個存放部屬檔案的資料夾位置
建議勿與IIS的站台資料夾相同，請另外存放
接著選擇“完成”



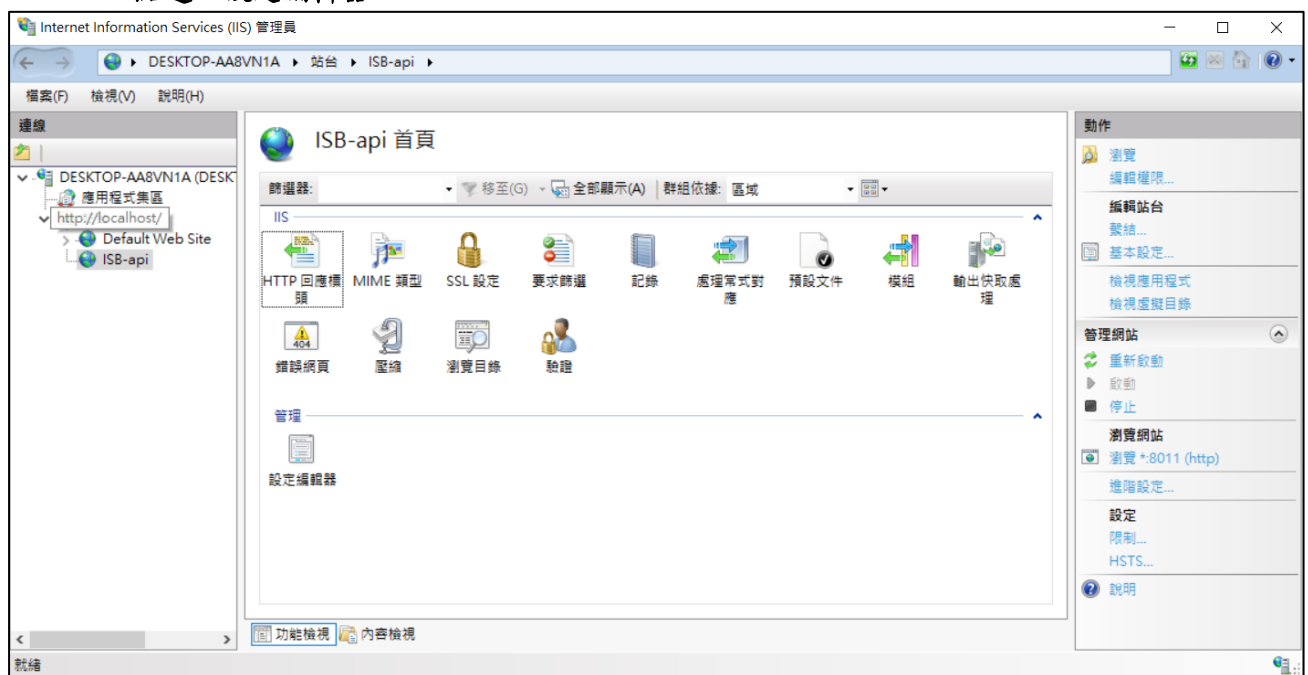
點選“發佈”



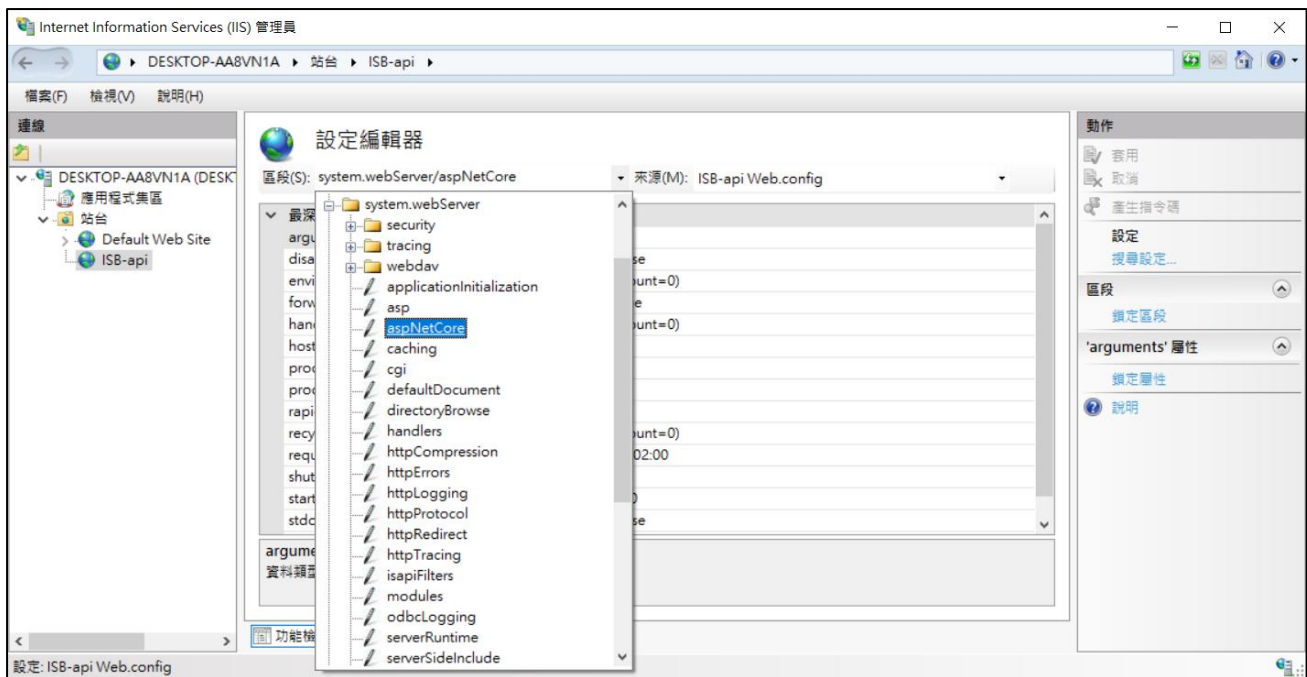
發佈完成後，直接點選“開啟資料夾”
並將資料夾內的所有檔案
移動或複製到IIS站台資料夾內
以目前操作為例，須將檔案複製到 C:\ISB\api



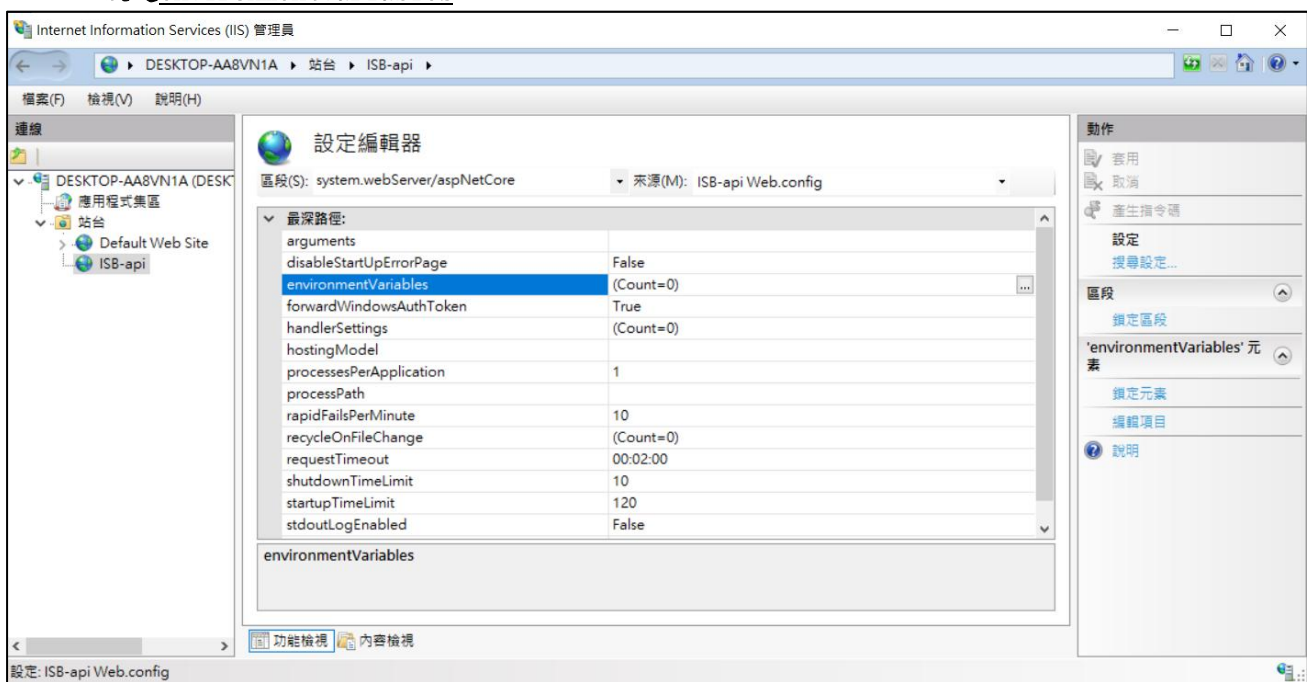
10. 設定執行環境 點選“設定編輯器”



區段選擇system.webServer/aspNetCore



設定environmentVariables

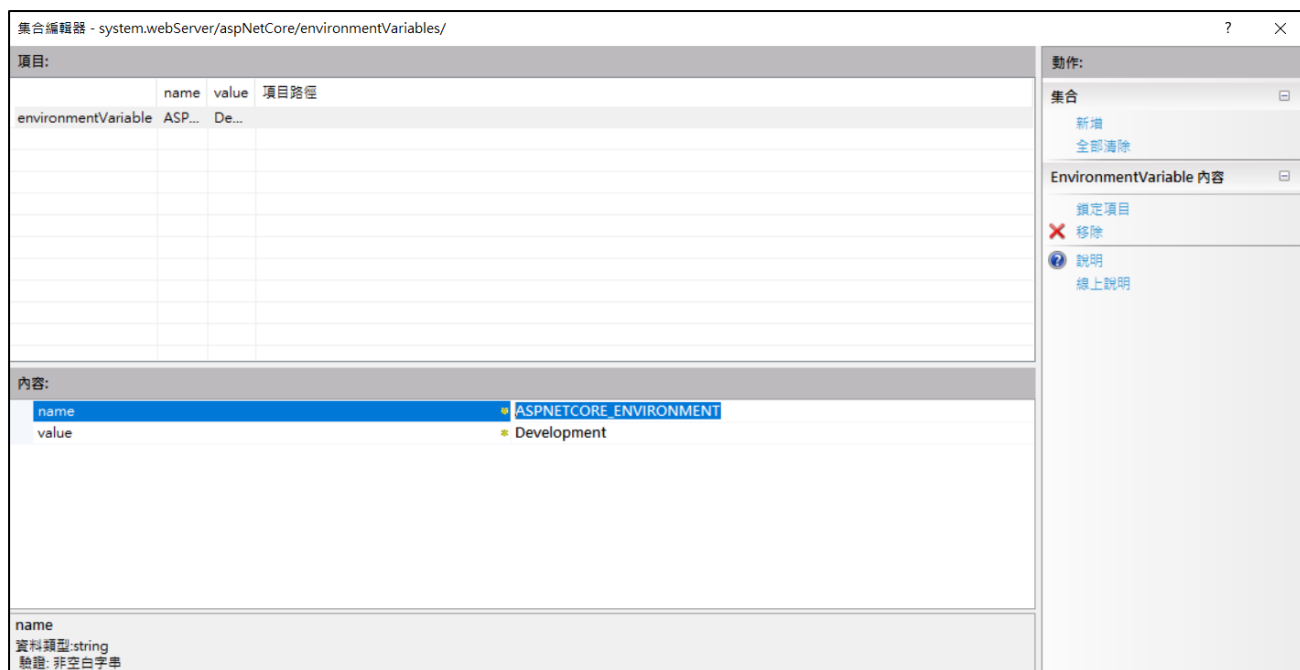


先點選右上角的“新增”

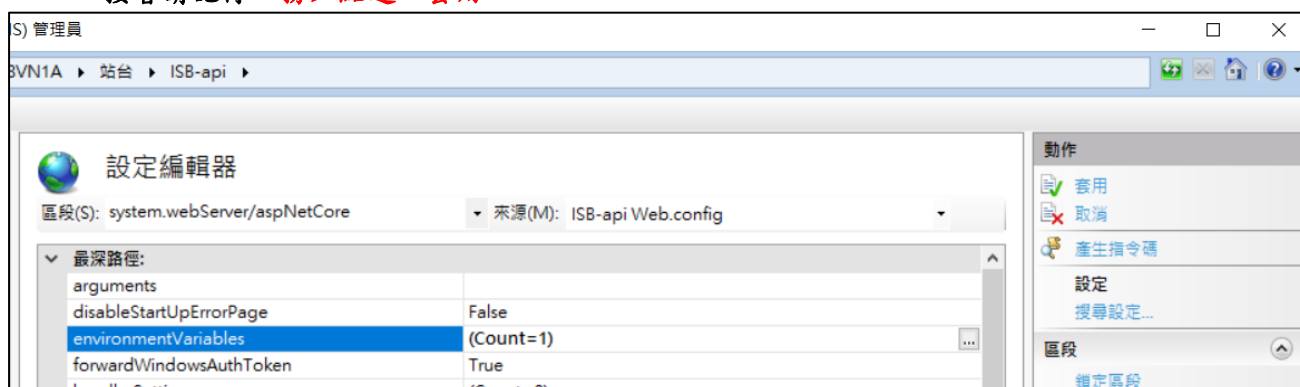
name => 輸入 ASPNETCORE_ENVIRONMENT

value => 輸入 Development (Development為測試環境，若正式環境請輸入Production)

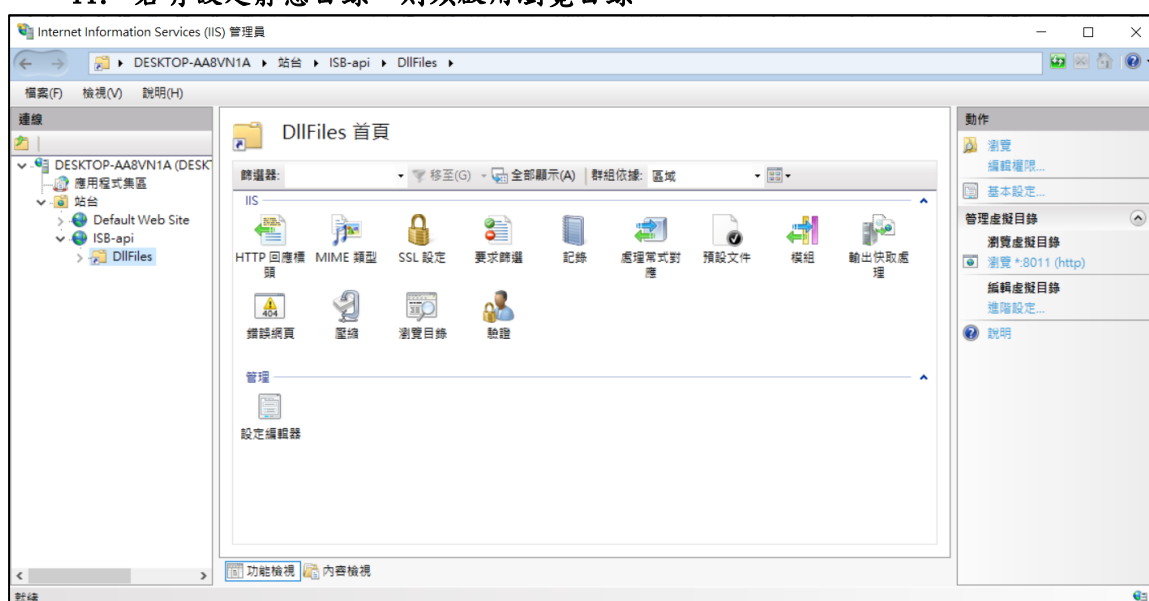
輸入完畢後關閉此視窗



接著請記得，務必點選“套用”



11. 若有設定靜態目錄，則須啟用瀏覽目錄



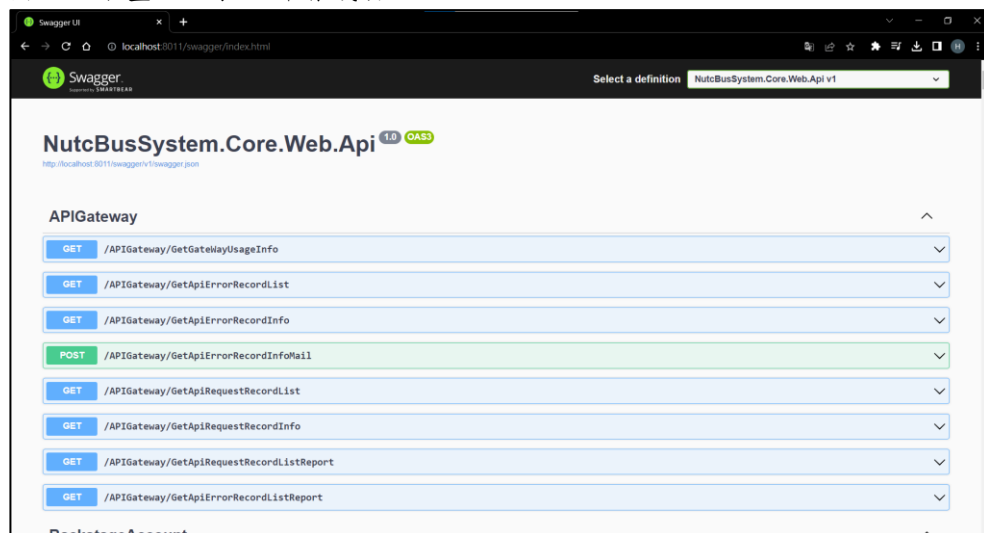


12. 測試是否部署成功

直接在本機打開Chrome

網址輸入 <http://localhost:8011/swagger>

若出現以下畫面，表示部署成功



亦可在另一台電腦

輸入 <http://部署主機的IP:8011/swagger>

若同樣出現swagger畫面，也表示部署成功

如在另一台電腦未成功出現swagger畫面

請檢查部署主機的防火牆設定

**「智慧化服務匯流排」
(Intelligent Service Bus, ISB) 整合平台
附錄 B ISB系統介接**

一、產生加密Token並呼叫API（第24頁）

產生加密Token的API

在呼叫任何API之前，廠商必須先產生一個加密的Token，這個Token將用於後續的API請求中。

API 路徑: `http://[redacted]/SubSystem/GenerateReferralToken`

輸入參數:

- `account (string)`: 子系統帳號
- `password (string)`: 子系統密碼
- `action (string)`: 欲調用 D11 對應的 `actionName`（從後台服務管理頁設定）
- `encryptKey (string)`: 子系統加密金鑰（從後台子系統管理頁查看）
- `inputData (object)`: 調用 D11 時需要傳入的資料

輸出:

- `data (string)`: 產生的加密 Token，有效期為 45 秒。

範例程式 (C#):

```
using System;
using System.Net.Http;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

public class TokenService
{
    private static readonly HttpClient client = new HttpClient();

    public async Task<string> GenerateTokenAsync()
    {
        var requestContent = new
        {
            account = "subsystem_account",
            password = "subsystem_password",
            action = "desired_action",
            encryptKey = "your_encrypt_key",
            inputData = new { key1 = "value1", key2 = "value2" } //替換成您的內容
        };

        var jsonContent = new StringContent(JsonConvert.SerializeObject(requestContent),
            Encoding.UTF8, "application/json");

        var response = await
            client.PostAsync("http://[redacted]/SubSystem/GenerateReferralToken",
                jsonContent);

        if (response.IsSuccessStatusCode)
        {
            var responseData = await response.Content.ReadAsStringAsync();
            // Extract token from responseData
            return responseData;
        }
        else
        {
            throw new Exception("Failed to generate token.");
        }
    }
}
```

```
}  
}
```

調用API的步驟

使用加密的Token來調用API以執行實際的業務邏輯。

API 路徑: `http://[REDACTED]/Referral/ReferralRequest`

輸入參數:

- `authorizationHeader` (string, FromHeader): 步驟 1 中生成的加密 Token。
- `syncType` (string, FromBody): 請求 API 類型 (只接受 Sync 或 Async)。
- `connectionId` (string, FromBody): SignalR 的 ConnectionId (僅適用於非同步 API)。

輸出:

- `isSuccess` (bool): 執行結果 (true 表示成功)。
- `message` (string): 成功或錯誤訊息。
- `data` (object): 調用 Dll 的回傳資料。

範例程式 (C#):

```
public async Task<string> CallApiAsync(string token)
{
    var requestContent = new
    {
        syncType = "Sync", //或者"Async", 看需求而定
        connectionId = "your_connection_id_if_async" // 如果為非同步Async, 則必須要有此
    };

    var jsonContent = new StringContent(JsonConvert.SerializeObject(requestContent),
    Encoding.UTF8, "application/json");

    client.DefaultRequestHeaders.Add("Authorization", token);

    var response = await
    client.PostAsync("http://[REDACTED]/Referral/ReferralRequest", jsonContent);

    if (response.IsSuccessStatusCode)
    {
        var responseData = await response.Content.ReadAsStringAsync();
        // Process the response data as needed
        return responseData;
    }
    else
    {
        throw new Exception("API call failed.");
    }
}
```

二、非同步API調用的操作（第27頁）

非同步API調用過程

當廠商需要使用非同步方式調用API時，SignalR會用來處理與系統的互動。這允許系統在後台處理請求，並在處理完成後將結果返回給客戶端。

主要步驟：

1. 使用 ReferralRequest API 傳送非同步請求，並確保 connectionId 傳遞正確。
2. 請求會被加入排程佇列，系統每 30 秒執行一次佇列中的非同步請求。

範例程式 (C#)：

csharp

複製程式碼

```
public async Task<string> CallAsyncApi(string token)
{
    var requestContent = new
    {
        syncType = "Async",
        connectionId = "your_signalr_connection_id"
    };

    var jsonContent = new StringContent(JsonConvert.SerializeObject(requestContent),
    Encoding.UTF8, "application/json");

    client.DefaultRequestHeaders.Add("Authorization", token);

    var response = await
    client.PostAsync("http://[REDACTED]/Referral/ReferralRequest", jsonContent);

    if (response.IsSuccessStatusCode)
    {
        var responseData = await response.Content.ReadAsStringAsync();
        // Handle the async response
        return responseData;
    }
    else
    {
        throw new Exception("Async API call failed.");
    }
}
```

參考作（產學合作技術報告）

現 職 學 校	國立臺中科技大學		
姓 名	林煒凌	單 位	智慧生產工程系
現 任 職 級	☒ 專任 ☐ 兼任	擬 聘 任 擬 升 等 職 級	助理教授 副教授
到 校 日 期	111 年 2 月	擬申請職級 是否為首次申請	☒ 是 ☐ 否
現 任 職級日期	111 年 2 月	現職教師證書 年資起算年月	111 年 2 月

中華民國 115 年 1 月 18 日

近五年參考著作目錄

編號	1	■已發表之期刊論文	頁碼	4
著作	Computer vision-based robotic manipulator for drug defect detection			
作者	Cheng-Jian Lin, Tsang-Chuan Chang* and Wei-Ling Lin			
	■合著 ■第三作者			
出版	<i>Journal of Information Science and Engineering</i>			
處所	卷期		已出版日期	2025 年 9 月
	說明	SCIE; 2024 Impact Factor: 1.1; COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS; Rank Factor 199/258; Q4		

編號	2	■已發表之期刊論文	頁碼	24
著作	Virtualized three-dimensional reference tables for efficient data embedding			
作者	Wien Hong, Guan-Zhong Su, Wei-Ling Lin and Tung-Shou Chen*			
	■合著 ■第三作者			
出版	<i>Journal of Visual Communication and Image Representation</i>			
處所	卷期	Vol. 107, 104351	已出版日期	2025 年 3 月
	說明	SCIE; 2024 Impact Factor: 3.1; COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS; Rank Factor 111/258; Q2		

編號	3	■已發表之期刊論文	頁碼	37
著作	Human flow detection using CSI technology combined with STFT and machine learning			
作者	We-Ling Lin , Li-Syuan Chen, and Jun-Jia Ou*			
	■合著 ■第一作者			
出版	<i>International Journal of Applied Science and Engineering</i>			
處所	卷期	Vol.22(1) 2024427	已出版日期	2025 年 2 月
	說明	2024 Scopus Q3: Engineering (miscellaneous); SJR 0.23		

編號	4	■已發表之期刊論文	頁碼	47
著作	Real-time Vehicle Recognition System Using You Only Look Once Model with Uniform Experimental Design			
作者	Chun-Hui Lin, We-Ling Lin , Cheng-Jian Lin* and Kang-Wei Lee			
	■合著 ■第二作者			
出版處所	<i>Sensors and Materials</i>			
	卷期	Vol. 36, No. 11	已出版日期	2024 年 10 月
處所	說明	SCIE; 2024 Impact Factor: 1.0; INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION; Rank Factor 67/79; Q4		

[JISE] 250404 Acceptance Notice

jise@iis.sinica.edu.tw <jise@iis.sinica.edu.tw>
收件者: pigsmallchang@gmail.com

2025年9月30日 凌晨1:34

Dear Dr. Tsang-Chuan Chang,

It is my great pleasure to inform you that your manuscript has been accepted for publication in Journal of Information Science and Engineering as a full paper.

In order to publish your manuscript, please upload all the required supporting materials as shown in the "check list" below by the deadline 2025-10-30. Failure to supply those materials before the above deadline may result in cancellation of publication of your manuscript.

- Running Head: a short title in English no longer than 5-7 words.
- References in the standard format as shown in the instruction to authors at <http://jise.iis.sinica.edu.tw/pages/authors/manuscripts.html#copyrightform>
- Each author's full name in English and Chinese (if any), photograph, affiliation, and brief biography (less than 200 words)
- The name, time, place, and sponsor of the conference in which the content of the paper has been presented
- Electronic version of the paper with JISE Word or Latex template
- Signed copyright transfer agreement
- Signed page charge agreement in the system

On behalf of Journal of Information Science and Engineering, I would like to thank you for your contribution to this journal.

Please click on the following URL link to upload all the required materials for publication.

URL: <https://journal.iis.sinica.edu.tw/surl/9cc16>

Paper No. : 250404

Paper Title : Computer Vision-Based Robotic Manipulator for Drug Defect Detection

Author(s) : Cheng-Jian Lin (cjlin@ncut.edu.tw), Tsang-Chuan Chang (pigsmallchang@gmail.com), Wei-Ling Lin (will_ling@nutc.edu.tw)

Category : Computer Vision and Pattern Recognition

Dr. Tsan-sheng Hsu

Editor-in-Chief

Journal of Information Science and Engineering

Computer Vision-Based Robotic Manipulator for Drug Defect Detection

CHENG-JIAN LIN¹, TSANG-CHUAN CHANG^{2, *}, AND WEI-LING LIN³

¹ *Department of Computer Science and Information Engineering
National Chin-Yi University of Technology
Taichung, 411030 Taiwan
E-mail: cjlin@ncut.edu.tw*

² *Department of Intelligent Production Engineering
National Taichung University of Science and Technology
Taichung, 404336 Taiwan
E-mail: pigsmallchang@gmail.com*

³ *Department of Intelligent Production Engineering
National Taichung University of Science and Technology
Taichung, 404336 Taiwan
E-mail: will_ling@nute.edu.tw*

In drug production, defect detection is usually performed manually, often leading to low efficiency and accuracy. In this paper, we propose a system that detects defects using computer vision and then grasps defective drugs using a robotic manipulator. The proposed system adopts an eye-to-hand architecture with the camera fixed above the conveyor belt and uses a two-point correction method to convert pixel coordinates in the image into real-world coordinates to determine the target position. This system combines the Taguchi-based You Only Look Once (TYOLO) model for object detection and the SORT algorithm to track the location of the drugs. When defects are detected, the manipulator removes the defective drugs. Experimental results indicate that the mean accuracy, precision, recall, and F1-score of the TYOLO model reached 98.67%, 98%, 98%, and 98%, respectively. The success rates of static and dynamic grasping tasks were 98% and 93%, respectively, showing that the proposed system performs well in terms of both accuracy and stability.

Keywords: drug defect detection, manipulator, You Only Look Once, Taguchi method, grasping

*Corresponding author

1. INTRODUCTION

In the era of Industry 4.0, robotic manipulators are part of the movement towards full automation. However, most object classification in product manufacturing still relies on human labor, greatly increasing costs [1, 2]. The use of manipulators has significantly improved production efficiency, but it remains difficult to completely replace human labor in a changing work environment. In complex work scenarios, manipulators often need to be calibrated, which is time-consuming and cumbersome [3, 4]. To address these challenges, vision sensors have been introduced to increase flexibility. Nakamura [5] used a Kinect camera to capture three-dimensional (3D) depth information and color data and successfully combined depth and color information by fusing the intrinsic parameters and relative

position of the camera. The system used color information to mark depth pixels, enabling instant tracking of target areas. Peng et al. [6] proposed a method for grasping objects with six degrees of freedom based on self-supervised learning. The point cloud data of objects were obtained through a self-supervised mechanism to automatically generate annotation data required for the grasping task. This method not only makes data collection and target annotation significantly quicker but also improves the automation of object-grabbing tasks. However, although installing a depth camera or 3D lidar on a robotic arm can improve the accuracy of grabbing objects, it increases the cost of system equipment. To mitigate this issue, Hu et al. [7] used a low-cost network camera placed above the working area of the robotic arm as well as hand-eye correction technology to successfully establish a coordinate system between the robotic arm and the camera to improve accuracy and reduce costs.

Traditional image processing technology usually uses color information to segment objects and combines edge detection techniques, such as those developed by Kanopoulos et al. [8] and Muszkieto [9], to extract the key features of objects such as shape, center position, length, and slope. However, when light, background, or object complexity changes, the accuracy and stability of these image processing techniques become less reliable. To overcome these limitations, machine learning techniques such as neural networks [10] and support vector machine (SVM) [11] have been used to improve the adaptability and accuracy of image processing in dynamic environments. Kim et al. [10] increased the demand for automated machine vision and proposed a vision-based dynamic target recognition system for manipulators in which neural-network-based feature extractors and object classifiers are used to identify dynamic objects. Tsai et al. [11] used SVM to classify object shapes such as spheres, cubes, spherical holes, and square holes, and then subsequently to pick and place the objects. Their experiments demonstrated the stability of SVM in shape classification. Although machine learning technology has many advantages in classification, it has several shortcomings. For example, the performance of machine learning technology is highly dependent on the quality of the selected features. If the features of the detected objects are improperly selected, the generalization ability of the model is seriously affected.

Deep learning has become a popular choice for object detection in computer vision. Detection methods are generally classified into two categories: two-stage and one-stage models. Common two-stage models include region-based convolutional neural network (R-CNN) [12], fast R-CNN [13], and faster R-CNN [14], which generate region proposals via CNN and use feature pyramid networks (FPN) for object localization. Cheng et al. [15] combined a densely-connected FPN with multiple two-stage detectors for dense grasping gesture prediction. Although accurate, these methods are slower and less suitable for real-time systems. In contrast, one-stage methods [16] predict both object categories and bounding boxes using a single neural network. Common examples are SSD [17], RetinaNet [18], and the YOLO series [19], which provide faster processing and are suitable for real-time detection. Among them, YOLOv4 [20] outperforms SSD and RetinaNet on the MSCOCO dataset in terms of recognition accuracy. While YOLOv4 is slightly slower than YOLOv7 [21], it demonstrates better system stability and integration, making it a strong candidate for industrial use. Wong et al. [22] designed a prediction and grasping system that enables a robotic arm to accurately grasp moving objects on conveyor belts and rotating platforms using a two-finger gripper. Uçar et al. [23] used the YOLO detection method to develop a system for identifying objects moving at unknown speeds on a conveyor belt

to achieve automatic grabbing and tracking functions. Overall, the one-stage approach has become the optimal solution for object detection and grasping in modern industrial environments due to its high-speed processing and instant application capabilities [24].

The above-mentioned detection methods can determine the current position and status of objects; however, problems arise when these objects are moving along a factory production line. To overcome this issue, multiple object tracking (MOT) plays a key role in robotic grasping tasks. MOT continuously **tracks** objects and **ensures** that the robotic arm can accurately identify and grasp the specified target in a dynamic environment. Traditional MOT methods, such as multiple hypothesis tracking (MHT) and joint probabilistic data association (JPDA), **can** lead to decision-making delays due to high levels of uncertainty when identifying multiple objects. To improve system efficiency, Rezatofighi et al. [25] optimized the computational efficiency of the JPDA model, while Kim et al. [26] improved tracking accuracy by pruning the MHT map through the appearance model. Geiger et al. [27] used the Hungarian algorithm for target association. Though this method improves the accuracy of object tracking, it is difficult to apply in real time due to the need for batch processing. Recently, simple online and real-time tracking (SORT) [28] was introduced; **this** approach focuses on dynamic object association within each frame to reduce decision-making latency and computational complexity. A combination of the Kalman filter [29] and the Hungarian algorithm achieves real-time tracking and grabbing tasks in dynamic environments.

Parameter settings for deep learning models are often determined using a trial-and-error method. The Taguchi method [30, 31] uses systematic experimental design to determine the key factors that affect model performance and find the best parameter combination in a smaller number of experiments. This method not only saves time and resources but also significantly improves the stability and performance of the model [32, 33]. Lin et al. [34] used the Taguchi method to find the best parameter combination of CNN and used the confusion matrix as the main evaluation tool. Evaluation indicators included accuracy, sensitivity, and specificity to measure the classification performance of the model.

In this paper, we propose a manipulator grasping system that detects drug defects based on computer vision and then tracks and grasps defective drugs. The major contributions of this paper are as follows:

- (1) The proposed system adopts an eye-to-hand architecture with the camera fixed above the conveyor belt and uses a two-point calibration method to convert pixel coordinates in the image into real-world coordinates to determine the target position.
- (2) **The** proposed system combines the Taguchi-based YOLO (TYOLO) model for defect detection and the SORT algorithm to track the location of the drugs.

The rest of this paper is organized as follows: Section 2 introduces the hand-eye calibration process and explains the correspondence between the camera and the manipulator. **It also presents** the TYOLO defect detection model. Section 3 shows the defect detection results of TYOLO and the success rate of the manipulator's grabbing task. Finally, Section 4 summarizes our research results and provides recommendations for future studies.

2. SYSTEM ARCHITECTURE AND METHODS

Our system architecture is shown in Fig. 1. First, the system performs hand-eye calibration of the manipulator and camera to ensure accurate correspondence. Next, TYOLO conducts object detection to obtain the coordinates of the drug. The drug is then scanned for defects. TYOLO is then combined with the SORT algorithm to obtain stability and accuracy in tracking defective drugs on the conveyor belt. Finally, the target drug coordinates are converted into control instructions to command the manipulator to complete the grabbing task to remove defective drugs from the production line.

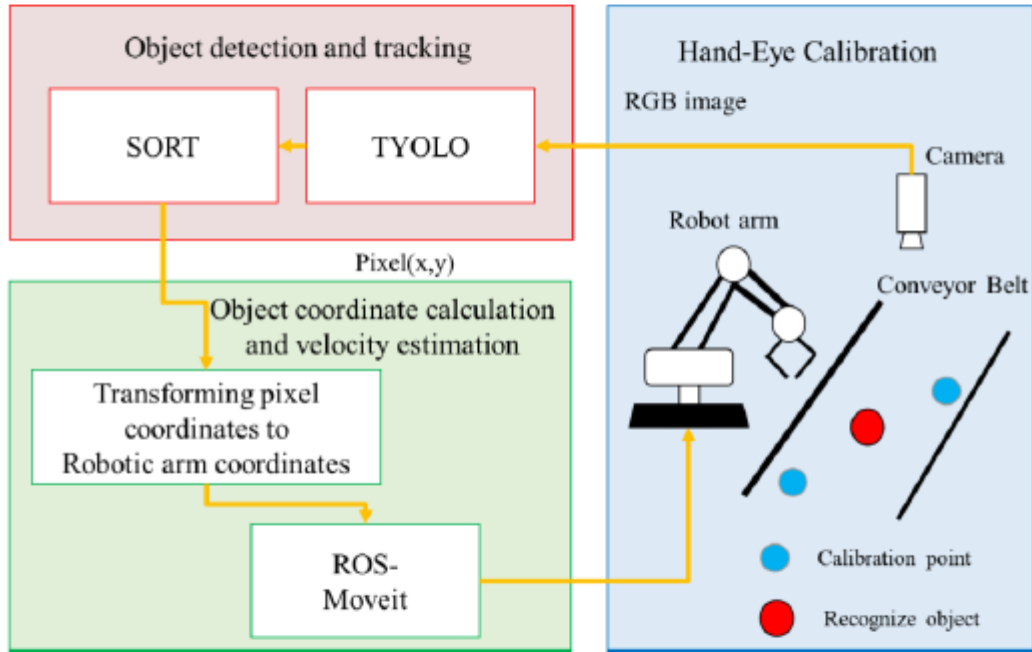


Fig. 1. Proposed system architecture.

2.1 Hand-eye calibration

For forward and inverse kinematics calculations, the angles of each joint of the manipulator **are needed** in order to calculate the precise coordinates of the end effector [35]. In this process, we start from the base, sequentially calculate the transfer matrix of each joint, determine the coordinate system of the fixture, and finally locate its position in 3D space, as shown in Fig. 2. To obtain the accurate relative position between the camera and the manipulator, the distance between the perspective of the camera and the scene needs to be calculated to determine the position of the object in the image and its correspondence in physical space. This process ensures that the manipulator can accurately grasp objects and maintain operational stability.

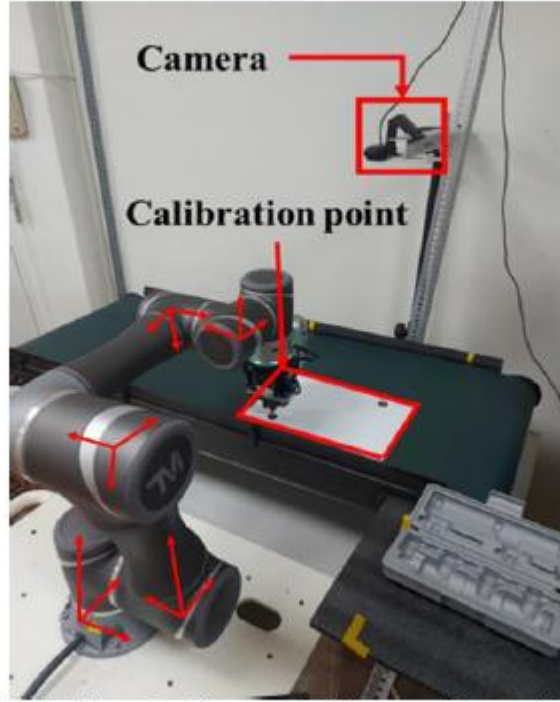


Fig. 2. Schematic diagram of object coordinate calibration.

The steps for hand-eye calibration are as follows:

Step 1: Confirm the coordinates of the manipulator

Forward kinematics calculates the position and attitude of the fixture based on known joint parameters, while inverse kinematics calculates the parameters that each joint should achieve through the position and direction of the target. These kinematic calculations ensure that the manipulator can perform movements accurately.

$$A_j = \begin{bmatrix} \cos \theta_j & -\sin \theta_j \times \cos \alpha_j & \sin \theta_j \times \sin \alpha_j & a_j \times \cos \theta_j \\ \sin \theta_j & \cos \theta_j \times \cos \alpha_j & -\cos \theta_j \times \sin \alpha_j & a_j \times \sin \theta_j \\ 0 & \sin \alpha_j & \cos \alpha_j & d_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

where θ_j represents the relative rotation angle of the joint between the $j-1$ th axis and the j th axis, α_j represents the relative inclination angle between the Z_{j-1} th axis and the Z_j th axis, a_j represents the $i-1$ th axis to the i th axis, l represents the length of the joint connection of the axis, and d_j represents the vertical distance between the $i-1$ th axis and the i th axis.

Next, the pose of the fixture is determined in the base coordinate system, which is the spatial position and orientation of the fixture relative to the base.

$$T_6^0 = A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

where T_6^0 is the coordinate transformation matrix from the first axis to the sixth axis of the manipulator, which is used to determine the posture of the fixture in the base coordinate system. The direction vector of the fixture is represented by n , o , and a , which are respectively $n = [n_x, n_y, n_z]^T$, $o = [o_x, o_y, o_z]^T$, and $a = [a_x, a_y, a_z]^T$. The position vector p defines the specific position of the fixture in space, $p = [p_x, p_y, p_z]^T$. These vectors describe the orientation and position of the fixture to accurately locate it in space.

Step 2: Confirm camera coordinates

The camera is fixed above the conveyor belt and maintained at a certain height to capture images. The position of the object in the image is approximately represented by the pinhole projection model, thereby establishing the correspondence between image pixels and physical space coordinates. This model enables **accurate mapping** of the position of objects in the image to physical space and supports the precise operation of the manipulator.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & u_0 \\ 0 & f_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

where u represents the x -coordinate pixel in the image plane and v represents the y -coordinate pixel in the image plane. As the height of the camera's viewing angle is fixed, the depth value is not used as a basis for the subsequent process of hand-eye calibration. Therefore, during the calibration process, u and v are mainly used to determine the position of the object in the image, without considering changes in depth information.

After obtaining mapping coordinates, the system can calculate the pixel coordinates of the center of the circle through Hough circle detection to obtain the pixel positions of the two correction points. The representation of the circle is $r^2 = (x - \mu)^2 + (y - v)^2$, where (u, v) represents the pixel coordinates of the center of the circle and r is the radius of the circle; the pixel positions of the two circles are (u^a, v^a) and (u^b, v^b) , respectively. Through these data, we can perform further calibrations to ensure the accuracy of coordinate conversion.

Step 3: Confirm hand-eye coordinates

After the front end of the gripper of the manipulator **is aligned** to the calibration point, the current coordinates of the gripper at point A and point B are recorded, as shown in Fig. 3. The coordinates of points A and B are (x_6^a, y_6^a) and (x_6^b, y_6^b) , respectively. Through these data, we can calculate the relative distance between the pixel coordinates and the manipulator coordinates.

$$\bar{x}_6 = \frac{x_6^b - x_6^a}{u^b - u^a} = \frac{x_6^{\bar{b}a}}{u^{\bar{b}a}} \quad \text{and} \quad \bar{y}_6 = \frac{y_6^b - y_6^a}{v^b - v^a} = \frac{y_6^{\bar{b}a}}{v^{\bar{b}a}} \quad (4)$$

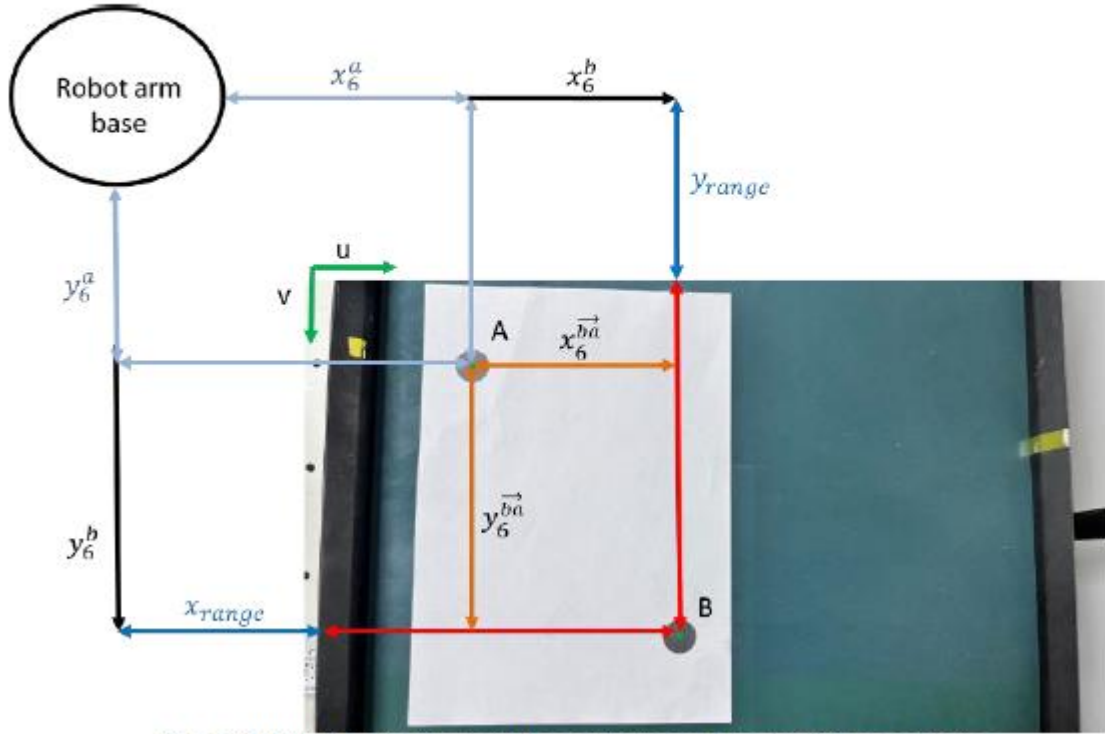


Fig. 3. Relationship between pixel coordinates and manipulator coordinates.

If $\bar{x}_6 > 0$ and $\bar{y}_6 < 0$, then the camera is located in the front right position of the manipulator base. The coordinates (x_6^a, y_6^a) and (x_6^b, y_6^b) respectively represent the coordinates when the manipulator reaches the correction point A and B, while (u^a, v^a) and (u^b, v^b) are the pixel coordinates of points A and B from the camera's perspective. Therefore, the distance conversion value between the manipulator and the camera can be calculated as follows:

$$x_{range} = x_6^b - \bar{x}_6 \times u^b \quad (5)$$

$$y_{range} = y_6^b - \bar{y}_6 \times v^b \quad (6)$$

where $(\bar{x}_6, \bar{y}_6)$ is the relative conversion value of object detection and (x_{range}, y_{range}) represents the distance between the manipulator and the camera outside the frame.

Through the hand-eye calibration process, the system establishes an accurate spatial correspondence between the pixel coordinates captured by the camera and the real-world coordinates of the robotic manipulator. This spatial mapping enables the manipulator to respond precisely to the visual input. With this foundation, the system can accurately interpret the object positions detected by the vision model. In the next section, we introduce the TYOLO model, which is used to identify defective drugs in the camera's field of view and generate object bounding boxes for downstream processing.

2.2 Proposed TYOLO model

The L_{27} orthogonal table [36] and the S/N ratio are used to optimize the parameter

combination of the TYOLO model in order to reduce the number of experiments and improve the efficiency of TYOLO.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (7)$$

where n is the number of experiments and y_i represents the i th experimental data.

In this paper, the following six impact factors were selected to construct the orthogonal table: batch, momentum, saturation, learning rate, size, and activation. These factors were selected because they directly affect YOLO's convergence speed, detection accuracy, and computational efficiency. For example, the batch sizes (16, 32, 64) represent common mini-batch values suitable for balancing memory usage and convergence speed. Momentum values (0.85, 0.9, 0.95) were selected based on literature-recommended defaults for optimizing training stability [37]. Saturation levels (0.5, 1.0, 1.5) relate to image normalization and were selected to explore contrast variation effects on detection robustness. The learning rates (0.01, 0.001, 0.0001) span coarse to fine learning to observe convergence effects. Kernel sizes (3, 5, 6) were selected to assess the receptive field impact on feature map resolution. Activation (leaky ReLU, sigmoid, ReLU) represent common nonlinearities with different gradient and sparsity behaviors. The ranges for each factor were determined by a combination of preliminary experiments, commonly-used settings in related studies, and hardware resource constraints. Each factor was set to three levels, as shown in Table 1.

Table 1. Impact factors and their levels.

No.	Factors	Level 1	Level 2	Level 3
A	batch	16	32	64
B	momentum	0.85	0.9	0.95
C	saturation	0.5	1.0	1.5
D	learning rate	0.01	0.001	0.0001
E	kernel size	3	5	6
F	activation	leaky	relu	sigmoid

This paper originally required 729 experiments in the full factorial experiment; however, the orthogonal table of the Taguchi experiment suggested only 27 experiments, which represents a significant reduction. The optimized TYOLO model can effectively distinguish defective drugs from normal drugs and exhibits higher accuracy and efficiency during the detection process. The TYOLO architecture is shown in Fig. 4.

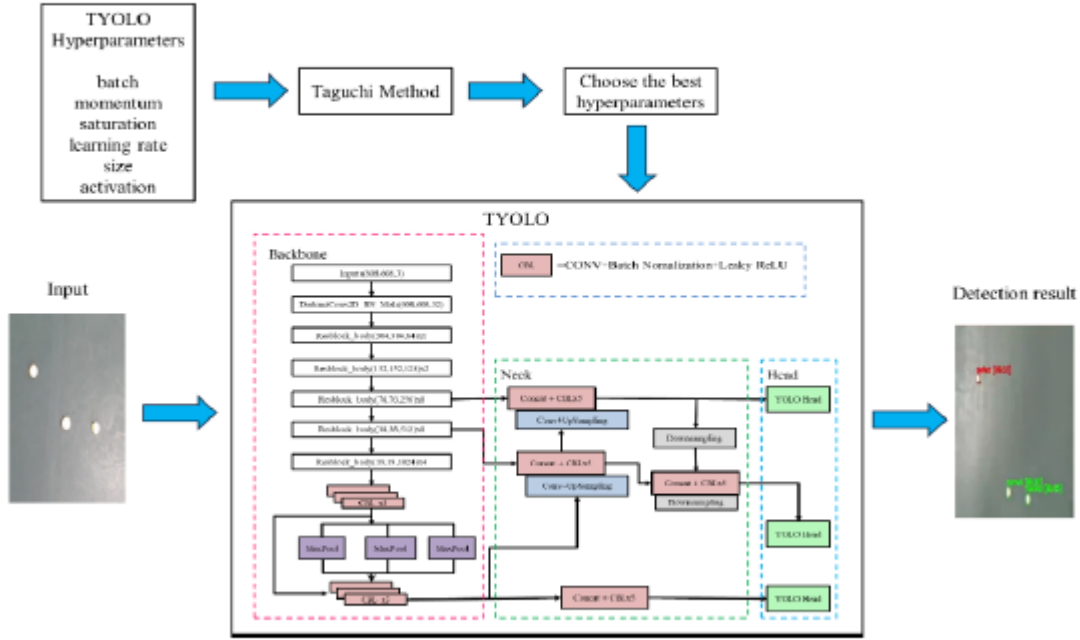


Fig. 4. TYOLO architecture.

TYOLO consists of a backbone layer, a neck layer, and a head layer. The backbone layer is responsible for object feature extraction. This paper adopts the CSPDarknet53 architecture [38] and effectively solves the gradient duplication problem in CNN. The neck layer combines multi-layer feature maps through pooling as well as upsampling and downsampling techniques to improve the detection capabilities for objects of different sizes. The head layer outputs the bounding box and detection score of the object to achieve precise positioning and detection [39].

While the TYOLO model provides accurate identification of defective drugs within individual image frames, practical applications often involve dynamic environments where drugs move continuously along the conveyor belt. In such cases, consistent tracking across frames is necessary to ensure correct object association and grasp timing. Therefore, we integrated the SORT algorithm to perform multi-object tracking to enable stable and real-time drug localization in dynamic conditions. The following section elaborates on this tracking mechanism and its role within the system.

2.3 Object tracking

TYOLO assists in successfully locating an object using a single image. However, in practical applications objects must often be located while moving on a conveyor belt. To solve this problem, we apply SORT technology to configure a unique ID for each detected drug. In SORT technology, the Kalman filter is used to predict the position of each drug in the current frame, and the intersection over union (IoU) between the actual position and the predicted position is calculated as the distance cost. First, a set of state parameters is established for each tracked drug:

$$x = [u, v, s, r, \bar{u}, \bar{v}, \bar{s}, \bar{r}]^T \quad (8)$$

where u and v are the center coordinates of the drug prediction box, and s and r represent the area and aspect ratio of the prediction box, respectively. As the aspect ratio of the drug does not change, $\bar{r}$ can be ignored.

Next, the state transition equation is used to predict the current state:

$$x_t = F_t x_{t-1} + B_t u_t \quad (9)$$

where x_t is the predicted current state, F_t is the state transition matrix, x_{t-1} is the state parameter of x at $t-1$, and B_t and u_t are the control influence matrix and control input vector, respectively. The covariance matrix is used to calculate the confidence level of the prediction:

$$P_t = F_t P_{t-1} F_t^T + Q_t \quad (10)$$

where P_t is the covariance matrix of the current prediction, P_{t-1} is the covariance matrix at $t-1$, and Q_t is the system noise.

Finally, the Kalman filter is used to improve the accuracy of the results:

$$\bar{x}_t = x_t + K_t (Z_t - Hx_t) \quad (11)$$

$$\bar{P}_t = (I - K_t H) P_t \quad (12)$$

where $\bar{x}_t$ is the filtered result, Z_t is the actual value, H is the transfer matrix from the predicted value to the actual value, I is the identity matrix, and K_t is Kalman gain, which represents the weight relationship between the current predicted value and the current actual value. The Kalman filter is defined as follows:

$$K_t = P_t H^T (H P_t H^T + R)^{-1} \quad (13)$$

where R represents noise.

When the Hungarian algorithm is used for matching, we regard the drugs of the previous frame and the current frame as two sets. We then use IoU to calculate the cost matrix and match based on the minimum cost:

$$Cost_{t-1,t} = - \begin{bmatrix} IoU_{i_{t-1},j_t} & \vdots & IoU_{i_{t-1},j_t} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ IoU_{i_{t-1},j_t} & \dots & IoU_{i_{t-1},j_t} \end{bmatrix} \quad (14)$$

where IoU_{i_{t-1},j_t} represents the IoU between the i th drug in the $t-1$ th frame and the j th drug in the t th frame.

After multiple iterations, the best match is obtained, ensuring that the position of each drug in different frames can be correctly associated.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

This section presents the results of the recognition performance of the proposed TYOLO model. First, the Taguchi method was used to obtain the optimal parameter configuration of the TYOLO model. The obtained nodes were then compared with traditional YOLO, AlexNet [40], LeNet [41], and ResNet50 [42] for classification accuracy. Grasping experiments were conducted on both static and dynamic drugs.

3.1 TYOLO with the best parameter combination

The S/N ratio for each factor and level combination from the L_{27} orthogonal table were calculated. The experimental results are shown in Table 2. When the batch was 16, the momentum was 0.95, and the learning rate was 0.0010, the stability of the model was significantly improved. The choice of activation function (relu, sigmoid, or leaky) as well as the adjustment of size and saturation also had an important impact on the accuracy and stability of the model.

Table 2. S/N ratio for different factor and level combinations.

No.	A Batch	B Momentum	C Saturation	D Learning rate	E Kernel size	F Activation	S/N (Y)
1	16	0.85	0.5	0.0100	3	leaky	39.7157
2	16	0.85	0.5	0.0100	5	relu	39.9425
3	16	0.85	0.5	0.0100	6	sigmoid	39.7489
4	16	0.90	1.0	0.0010	3	leaky	39.7961
5	16	0.90	1.0	0.0010	5	relu	39.9101
6	16	0.90	1.0	0.0010	6	sigmoid	39.7184
7	16	0.95	1.5	0.0001	3	leaky	39.7828
8	16	0.95	1.5	0.0001	5	relu	39.8254
9	16	0.95	1.5	0.0001	6	sigmoid	39.7130
10	32	0.85	1.0	0.0001	3	relu	39.7943
11	32	0.85	1.0	0.0001	5	sigmoid	39.7533
12	32	0.85	1.0	0.0001	6	leaky	39.7175
13	32	0.90	1.5	0.0100	3	relu	39.7381
14	32	0.90	1.5	0.0100	5	sigmoid	39.7139
15	32	0.90	1.5	0.0100	6	leaky	39.7471
16	32	0.95	0.5	0.0010	3	relu	39.8068
17	32	0.95	0.5	0.0010	5	sigmoid	39.8951
18	32	0.95	0.5	0.0010	6	leaky	39.8103
19	64	0.85	1.5	0.0010	3	sigmoid	39.6923
20	64	0.85	1.5	0.0010	5	leaky	39.7220
21	64	0.85	1.5	0.0010	6	relu	39.7363
22	64	0.90	0.5	0.0001	3	sigmoid	39.7399
23	64	0.90	0.5	0.0001	5	leaky	39.7560
24	64	0.90	0.5	0.0001	6	relu	39.7810
25	64	0.95	1.0	0.0100	3	sigmoid	39.7934
26	64	0.95	1.0	0.0100	5	leaky	39.7489
27	64	0.95	1.0	0.0100	6	relu	39.9022

Table 3 presents the importance ranking, optimal level, and optimal parameter combination of each factor. Fig. 5 shows the degree of the impact of the S/N ratio on factor

levels, where a large difference in S/N indicates that the corresponding factor had a more significant impact. The final optimal parameter combination was as follows: batch = 16, momentum = 0.95, saturation = 0.5, learning rate = 0.0010, kernel size = 5, and activation = relu.

Table 3. Average S/N ratio for each factor and level in object recognition.

Level	A	B	C	D	E	F
1	39.79	39.76	39.80	39.76	39.76	39.76
2	39.78	39.77	39.79	39.79	39.79	39.81
3	39.76	39.81	39.74	39.78	39.78	39.76
Delta	0.03	0.05	0.06	0.02	0.05	0.07
Rank	5	3	2	6	4	1
Optimal parameter combination	16	0.95	0.5	0.0010	5	relu

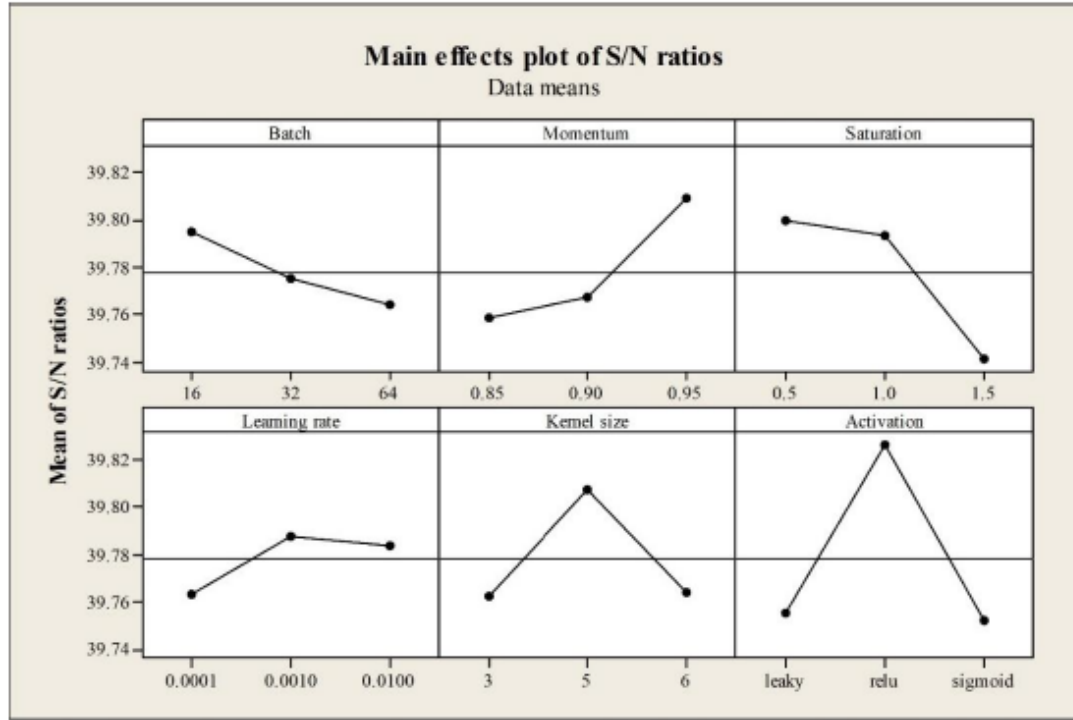


Fig. 5. Effects of all factors in object dataset.

3.2 Comparison of various models for drug defect detection

The dataset used in this study included two categories: normal drugs and defective drugs. The dataset had 1,086 images, which included normal, defective, and stained images. The ratio of the number of training and testing images was 8:2 for model performance evaluation. We used four model performance indicators, namely accuracy, precision, recall, and F1-score, to analyze and compare various models.

$$\text{Accuracy index} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (15)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (16)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (17)$$

$$\text{F1-score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (18)$$

Table 4 presents the performance of the proposed TYOLO model and other deep learning models [40]-[43] in drug classification. The accuracy, precision, recall, and F1-score of the proposed TYOLO showed superior performance of approximately 1.65% to 3.35%, 4% to 9.32%, 1% to 8.25%, and 2% to 9%, respectively, compared with the other models.

Table 4. Comparison of various models for drug defect detection.

Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
AlexNet [40]	95.32%	88.68%	89.75%	89%
LeNet [41]	96.15%	88.97%	90.76%	89.9%
ResNet-50 [42]	96.48%	90.67%	92.4%	91.5%
YOLOv4 [43]	97.02%	94%	97%	96%
TYOLO	98.67%	98%	98%	98%

3.3 Manipulator grasping task based on TYOLO

The system proposed in this paper combines TYOLO and SORT to accurately track the target drug and ensure that the gripper reaches the drug position **precisely**. The robotic arm is controlled by the robot operating system to grab defective medicines **and place them in** a storage box. For the experimental settings, we adopted both static and dynamic modes. A flow chart of the grasping task based on TYOLO is shown in Fig. 6.

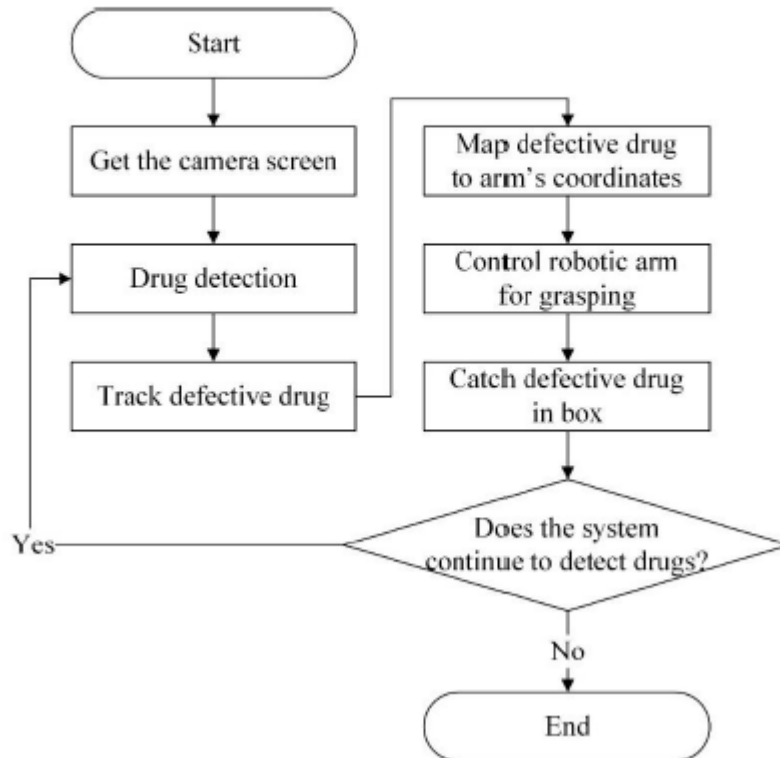


Fig. 6. Flow chart of grasping task based on TYOLO.

3.3.1 Static grasping experiment

In the static grasping task, ten drug targets were used for a total of ten tests. Table 5 illustrates the experimental results: the overall grasping rate was 98% (i.e., 98 successful grasps / 100 attempts). The table lists eight experiments with a grasping rate of 100%. The grasping rate of two experiments was 90%. Failed attempts were attributable to the position of the drug, which was too close to the manipulator, which meant the gripper was unable to perform the grasping operation correctly.

Table 5. Comparison of various models for drug defect detection.

No.	Number of successful grasps/ Number of attempts	Grasping rate (%)
1	10/10	100%
2	10/10	100%
3	10/10	100%
4	10/10	100%
5	9/10	90%
6	10/10	100%
7	10/10	100%
8	9/10	90%
9	10/10	100%
10	10/10	100%
Total	98/100	98%

The operating process of the system is shown in Fig. 7. First, TYOLO was applied to

identify defective drugs. The system then directed the manipulator to reach for the defective drug. Once grasped, this drug was placed into a medicine storage box. The system then continued to scan the other drugs for defects.

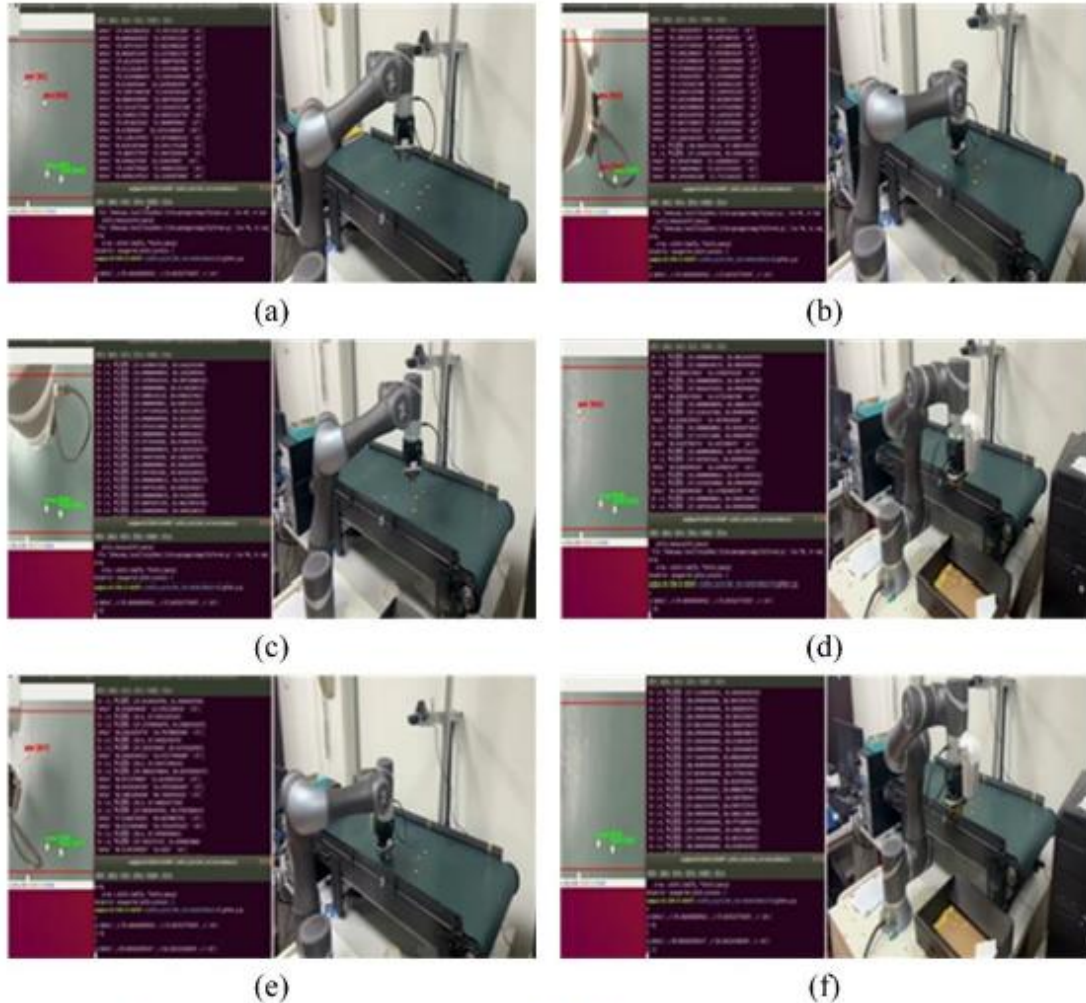


Fig. 7. Images of static grasping task: (a) TYOLO identifies drug status, (b) robotic arm is guided to grasp drugs identified as defective, (c) defective drug is successfully grasped, (d) defective drug is placed in storage box, (e) next defective drug is grasped, and (f) second defective drug is placed in storage box.

3.3.2 Dynamic grasping experiment

In dynamic experiments, the moving speed of the conveyor belt can affect the grasping efficiency of the manipulator. When objects are moving on a conveyor belt, the system needs to quickly determine the position of the object and adjust the movement parameters of the manipulator to accurately reach the target position. After the object enters the field of view, the system obtains the pixel position and completes the manipulator positioning based on the predicted movement trajectory. In the dynamic experiment, drugs were placed one by one on the conveyor belt, and the manipulator grasped drugs identified as defective. To verify system performance, we set the conveyor belt speed to 90 rpm to ensure that the

arm could perform the grasping operation correctly. The experiment was conducted a total of ten times, with ten grasping tasks performed each time. Table 6 shows the experimental results: the overall grasping rate was 93%. Failures were mainly caused by fluctuations in the speed of the conveyor belt, which caused the position of the object to deviate from the predicted path. Nonetheless, the experiment illustrated that the manipulator can successfully complete dynamic grasping tasks under stable conditions.

Table 6. Experimental results of dynamic grasping task.

No.	Number of successful grasps/ Number of attempts	Successful grasping rate (%)
1	10/10	100%
2	10/10	100%
3	9/10	90%
4	10/10	100%
5	8/10	80%
6	9/10	90%
7	10/10	100%
8	8/10	80%
9	10/10	100%
10	9/10	90%
Total	93/100	93%

4. CONCLUSIONS

In this paper, a robotic system based on computer vision is proposed for the automatic detection of defective drugs and their subsequent removal from the production line. The proposed system adopts an eye-to-hand architecture and uses a two-point correction method to convert the pixel coordinates of the defective drug into real-world coordinates to determine the target position. This system uses the TYOLO model and the SORT algorithm for defect recognition and object tracking. Experimental results indicate that the mean accuracy, precision, recall, and F1-score of the TYOLO model reached 98.67%, 98%, 98%, and 98%, respectively. The accuracy, precision, recall, and F1-score of the proposed TYOLO presented superior performance of approximately 1.65% to 3.35%, 4% to 9.32%, 1% to 8.25%, and 2% to 9%, respectively, compared with existing models. The success rates of the manipulator for static and dynamic grasping tasks were 98% and 93%, respectively. The proposed system thus successfully integrates the TYOLO model and SORT algorithm for drug defect detection, tracking, and classification applications. Future research will focus on applying other deep learning technologies to accurately predict drugs on high-speed conveyor belts to improve system performance under dynamic conditions.

Although the results of our experiments were promising, the proposed system faces several limitations in practice. One challenge is object occlusion, which may occur when multiple drugs overlap on the conveyor belt, reducing detection and tracking accuracy. Another issue is lighting variability: changes in ambient lighting conditions could affect the image quality and reduce prediction reliability. Additionally, fluctuations in conveyor belt speed may cause deviation in trajectory prediction, leading to occasional grasping failures. Addressing these limitations is crucial for improving system stability in real-world environments.

To further enhance system robustness and applicability in high-speed or complex production lines, several improvements are planned. We aim to develop a real-time feedback loop between the visual detection module and the manipulator controller to dynamically adjust trajectories during object motion. Furthermore, the integration of an online learning framework will allow the detection model to update continuously based on new defect data, improving adaptability without the need for full retraining. Lastly, incorporating 3D or depth-sensing cameras is expected to improve spatial resolution, reduce occlusion effects, and increase detection precision for objects with variable height or stacking patterns. These advancements will facilitate broader deployment of the system in modern automated manufacturing environments.

REFERENCES

1. H. Yun, E. Kim, D. M. Kim, H. W. Park, and M. B. G. Jun, "Machine learning for object recognition in manufacturing applications," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 24, 2023, pp. 683-712.
2. B. Xiao, M. Nguyen, and W. Q. Yan, "Apple ripeness identification from digital images using transformers," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 83, 2024, pp. 7811-7825.
3. Y. Kong, L. Yang, C. Chen, X. Zhu, Q. Guan, and G. Du, "Online kinematic calibration of robot manipulator based on neural network," *Measurement*, Vol. 238, 2024, pp. 115281.
4. S. Jian, H. Xiong, A. Wang, and Y. Lou, "Fast kinematic calibration of a robotic manipulator through a single continuous motion," *Journal of Mechanisms and Robotics*, Vol. 17, 2025, pp. 031012.
5. T. Nakamura, "Real-time 3-D object tracking using Kinect sensor," in *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, 2011, pp. 784-788.
6. G. Peng, Z. Ren, H. Wang, X. Li, and M. O. Khyam, "A self-supervised learning-based 6-DOF grasp planning method for manipulator," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 19, 2022, pp. 3639-3648.
7. C. Y. Hu, C. R. Chen, C. H. Tseng, A. P. Yudha, and C. H. Kuo, "Visual servoing spanner picking and placement with a SCARA manipulator," in *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2016, pp. 1632-1637.
8. N. Kanopoulos, N. Vasanthavada, and R. L. Baker, "Design of an image edge detection filter using the sobel operator," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 23, 1988, pp. 358-367.
9. M. Muszkieta, "A variational approach to edge detection," *Inverse Problems and Imaging*, Vol. 10, 2016, pp. 499-517.
10. K. Kim, J. Cho, J. Pyo, S. Kang, and J. Kim, "Dynamic object recognition using precise location detection and ANN for robot manipulator," in *Proceedings of 2017 International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics and Optimization*, 2017, pp. 237-241.
11. C. Y. Tsai, C. C. Wong, C. J. Yu, C. C. Liu, and T. Y. Liu, "A hybrid switched reactive-based visual servo control of 5-DOF robot manipulators for pick-and-place tasks," *IEEE Systems Journal*, Vol. 9, 2015, pp. 119-130.

12. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2014, pp. 580-587.
13. R. Girshick, "Fast R-CNN," in *Proceedings of the 2015 International Conference on Computer Vision*, 2015, pp. 1440-1448.
14. S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region Proposal networks," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 39, 2017, pp. 1137-1149.
15. H. Cheng, Y. Wang, and M. Q. H. Meng, "A vision-based robot grasping system," *IEEE Sensors Journal*, Vol. 22, 2022, pp. 9610-9620.
16. Z. Pan, Z. Jia, K. Jing, Y. Ding, and Q. Liang, "Manipulator package sorting and placing system based on computer vision," in *Proceedings of the 32nd Chinese Control and Decision Conference*, 2020, pp. 409-414.
17. W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C. Y. Fu, and A. C. Berg, "SSD: Single shot multibox detector," in *Proceedings of the 14th European Conference on Computer Vision*, 2016, pp. 21-37.
18. T. Y. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He, and P. Dollar, "Focal loss for dense object detection," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2017, pp. 2999-3007.
19. J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016, pp. 779-788.
20. A. Bochkovskiy, C. Y. Wang, and H. Y. M. Liao, "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection," *arXiv Preprint*, 2020, arXiv:2004.10934.
21. C. Y. Wang, A. Bochkovskiy, and H. Y. M. Liao, "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors," in *Proceedings of 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2023, pp. 7464-7475.
22. C. C. Wong, M. Y. Chien, R. J. Chen, H. Aoyama, and K. Y. Wong, "Moving object prediction and grasping system of robot manipulator," *IEEE Access*, Vol. 10, 2022, pp. 20159-20172.
23. K. Ucar, and H. E. Kocer, "Determination of angular status and dimensional properties of objects for grasping with robot arm," *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 21, 2023, pp. 335-343.
24. J. Park, C. Han, M. B. G. Jun, and H. Yun, "Autonomous robotic bin picking platform generated from human demonstration and YOLOv5," *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 145, 2023, pp. 121006.
25. S. H. Rezatofighi, A. Milan, Z. Zhang, Q. Shi, A. Dick, and I. Reid, "Joint probabilistic data association revisited," in *Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Computer Vision*, 2015, pp. 3047-3055.
26. C. Kim, F. Li, A. Ciptadi, and J. M. Rehg, "Multiple hypothesis tracking revisited," in *Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Computer Vision*, 2015, pp. 4696-4704.

27. A. Geiger, M. Lauer, C. Wojek, C. Stiller, and R. Urtasun, "3D traffic scene understanding from movable platforms," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 36, 2014, pp. 1012-1025.
28. A. Bewley, Z. Ge, L. Ott, F. Ramos, and B. Upcroft, "Simple online and realtime tracking," in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, 2016, pp. 3464-3468.
29. R. E. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems," *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME*, Vol. 82, 1960, pp. 35-45.
30. A. Meena, H. S. Mali, A. Patnaik, and S. R. Kumar, "Investigation of wear characteristics of dental composites filled with nanohydroxyapatite and mineral trioxide aggregate," *Fundamental Biomaterials: Polymers*, 2018, pp. 287-305.
31. T. C. Chang, "A fuzzy evaluation approach to determine superiority of deep learning network system in terms of recognition capability: case study of lung cancer imaging," *Annals of Operations Research*, Vol. 349, 2025, pp. 3-23.
32. T. C. Chang, C. J. Lin, and T. Y. Yang, "Fuzzy validation of Taguchi-based convolutional fuzzy neural classifier for lung cancer imaging," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 83, 2024, pp. 89415-89437.
33. T. Canel, M. Zeren, and T. Sınmazçelik, "Laser parameters optimization of surface treating of Al 6082-T6 with Taguchi method," *Optics and Laser Technology*, Vol. 120, 2019, pp. 105714.
34. C. J. Lin, S. Y. Jeng, and M. K. Chen, "Using 2D CNN with taguchi parametric optimization for lung cancer recognition from CT images," *Applied Sciences*, Vol. 10, 2020, pp. 2591.
35. H. Deng, J. Xiong, and Z. Xia, "Mobile manipulation task simulation using ROS with MoveIt," in *Proceedings of IEEE International Conference on Real-Time Computing and Robotics*, 2017, pp. 612-616.
36. R. N. Kacker, E. S. Lagergren, and J. J. Filliben, "Taguchi's orthogonal arrays are classical designs of experiments," *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, Vol. 96, 1991, pp. 577-591.
37. S. Mahboubi, I. Sendilkumaar, H. Ninomiya, and H. Asai, "A robust quasi-newton training with adaptive momentum for microwave circuit models in neural networks," *Journal of Signal Processing*, Vol. 24, 2020, pp. 11-17.
38. C. Y. Wang, H. Y. Mark Liao, Y. H. Wu, P. Y. Chen, J. W. Hsieh, and I. H. Yeh, "CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of CNN," in *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2020, pp. 1571-1580.
39. J. Redmon, and A. Farhadi, "YOLOv3: An Incremental Improvement," *arXiv Preprint*, 2018, arXiv:1804.02767.
40. A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks," *Communications of the ACM*, Vol. 60, 2017, pp. 84-90.
41. Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 86, 1998, pp. 2278-2323.
42. K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016, pp. 770-778.

43. C. J. Lin, J. Y. Jhang, Y. J. Gao, and H. M. Huang, "Vision-based robotic arm in defect detection and object classification applications," *Sensors and Materials*, Vol. 36, 2024, pp. 655-670.



Cheng-Jian Lin (Senior Member, IEEE) received M.S. and Ph.D. degrees in electrical and control engineering from the National Chiao-Tung University, Taiwan, in 1991 and 1996, respectively. He is currently a Chair Professor of the Computer Science and Information Engineering Department, National Chin-Yi University of Technology, Taichung, Taiwan. His current research interests include machine learning, pattern recognition, intelligent control, image processing, intelligent manufacturing, and evolutionary robots.



Tsang-Chuan Chang is currently an Associate Professor of Department of Intelligent Production Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taiwan. He received a Ph.D. degree from the Department of Industrial Management in National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan. His current research interests include fuzzy statistics, process capability analysis, Taguchi method and application, performance evaluation, and quality engineering and management.



Wei-Ling Lin is currently an Assistant Professor of Department of Intelligent Production Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taichung, Taiwan. He received a Ph.D. degree from the Department of Information Management in Chaoyang University of Technology, Taiwan. His current research interests include artificial intelligence, automatic control, deep learning, and computer programming.



Full Length Article

Virtualized three-dimensional reference tables for efficient data embedding[☆]Wien Hong^{a, *}, Guan-Zhong Su^{a, *}, Wei-Ling Lin^{b, *}, Tung-Shou Chen^{a, *}^a Department of Computer Science and Information Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taiwan^b Department of Intelligent Production Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taiwan

ARTICLE INFO

Keywords:

Three-dimensional reference table
Data embedding
Virtualization

ABSTRACT

Data embedding methods utilizing a three-dimensional reference table (3DRT) modify pixels to embed digits from various bases using the 3DRT. However, the current 3DRT-based methods are constrained to specific bases and necessitate a physical 3DRT for both embedding and extraction processes. This paper introduces a novel approach that constructs the 3DRT using groups of anisotropic cubes to minimize embedding distortion. The 3DRT is virtualized by representing it as a two-coefficient equation, eliminating the need for a physical 3DRT during embedding and extraction. This virtualization significantly reduces computational complexity, enabling embedding and extraction through straightforward calculations. Furthermore, virtualization decreases the storage space required for the 3DRT. Experimental results demonstrate that the proposed method achieves high image quality and embedding capacity. Specifically, at embedding rate of 2 and 3 bits per pixel, the method produces quality scores of 46.99 dB and 40.91 dB, respectively, across 200 test images.

1. Introduction

Data embedding is a technique used to insert data into digital carriers. It is widely applied in fields such as steganography [1–3], digital watermarking [4,5], and tamper detection [6–9]. Steganography is utilized for transmitting confidential messages. Since the difference between the embedded carrier and the original one is unnoticeable, it effectively achieves covert transmission. Digital watermarking is commonly used for declaring media copyright. The typical approach is to embed robust and invisible watermarks into digital carriers. These watermarks can be extracted to verify ownership in case of copyright disputes. Tamper detection verifies whether a received carrier is intact and untampered. This is done by embedding fragile watermarks into the carrier. If the carrier is tampered with, the extracted watermark will differ from the originally embedded one, indicating that the content has been altered.

Various media, such as video, audio, and images, can serve as carriers for embedding data, with images being the most common due to their accessibility and wide range of applications. When data is embedded into an original image, the resulting image is referred to as the marked image. Techniques for embedding data into images can be

categorized into two types: reversible [10–13] and non-reversible [14–34]. Reversible embedding techniques allow for the complete restoration of the original image after the embedded data is extracted. However, due to the necessity of preserving the ability to revert to the original image, these techniques typically have a lower embedding capacity. In contrast, non-reversible embedding techniques cause permanent changes to the image, meaning the original image cannot be fully restored after embedding. This type of method is also known as lossy. Lossy techniques often offer a higher embedding capacity compared to reversible ones and provide broader application possibilities, which have led to the development of numerous related embedding methods in recent years [14–21].

The least significant bit (LSB) is a common lossy embedding technique that replaces the LSB of a pixel with data to embed information, often causing noticeable pixel distortion. To address this, Chan and Cheng [22] proposed the optimal pixel adjustment process (OPAP), which modifies the most significant bits (MSBs) of a pixel to reduce the distortion. Both LSB and OPAP use a single pixel as the embedding unit. If the embedding technique is extended to use n pixels as an embedding unit, the embedding error can be distributed among multiple pixels, thereby reducing the distortion caused by embedding. Mielikainen [23]

[☆] This paper has been recommended for acceptance by 'Zicheng Liu'.

* Corresponding author.

E-mail addresses: wienhong@gmail.com (W. Hong), guanzhongsu92@gmail.com (G.-Z. Su), will_ling@nuc.edu.tw (W.-L. Lin), tschen@nuc.edu.tw (T.-S. Chen).<https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2024.104351>

Received 7 August 2024; Received in revised form 8 November 2024; Accepted 26 November 2024

Available online 30 November 2024

1047-3203/© 2024 Elsevier Inc. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

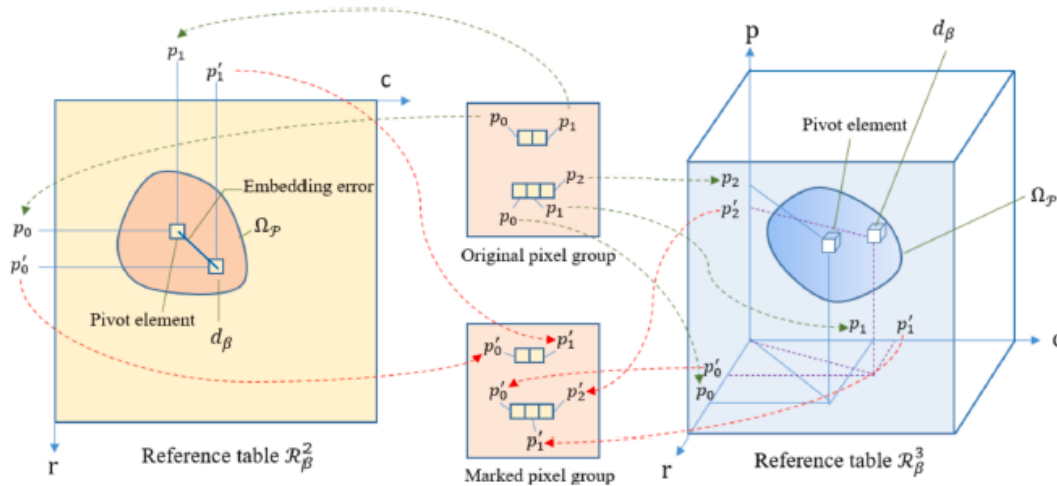


Fig. 1. Schematic diagram of RT-based embedding method.

was the first to propose a technique that uses pairs of pixels to embed two data bits. Zhang and Wang [24] introduced the interesting exploring modification directions (EMD) embedding technique, which embeds a digit of base $2n+1$ into n pixels, pioneering the application of the reference table (RT) concept in data embedding. Chao et al. [25] expanded the RT to allow embedding a digit of base k^2+2k+1 into two pixels, where k is an integer larger than or equal to one. Xie et al. [26] designed a RT using nine non-overlapping 3×3 pixel blocks, allowing each pixel pair to embed a digit of base 81. Methods [24–26] can only embed digits of specific bases, which are not powers of 2, requiring base conversion before embedding and making them less convenient to use. Hong [27] designed four RTs to embed digits of bases 4, 16, 64, and 256, respectively, enabling the embedding of 1 to 4 bits per pixel (bpp). Hong and Chen [28] proposed a technique that generates RTs using equations, allowing the embedding of digits of any base.

Recent advancements [29–34] in data embedding have explored three-dimensional reference tables (3DRT), moving beyond traditional two-dimensional methods. Liao et al. [29] introduced a 3DRT technique with better quality than 2D methods but was unable to embed digits of arbitrary bases. Horng et al. [30] used a 3D Sudoku structure for embedding, but its non-compact 3DRT design led to redundancy and reduced image quality. Wu et al.'s 3DRT method [31] also faced greater embedding distortions and base-specific limitations. Similar issues were observed in methods [32] and [33]. Lin et al. [34] reduced the embedding distortion with a full search approach but required significant computational effort and were limited to embedding digits in bases 8, 16, 32, 64, 128, and 256. Methods allowing arbitrary base embedding would enhance applicability, but [34] does not address non-power-of-two bases.

In recent years, some studies [35–39] have applied deep learning techniques to embed data in images. Zhu et al. [35] proposed a method based on neural networks, where they used multiple convolutional layers to construct encoder and decoder models. The encoder embeds data into the image, and the decoder predicts the embedded data. Liu et al. [36] proposed a method for generating marked images. The data is first mapped to a secret matrix, and then an image structure is generated using a structure generator model. Finally, the structure and uniformly sampled image texture are input into a generator model to produce a marked image containing the secret data. Zhang et al. [37] presented a high-capacity hiding method that first converts the image to separate the luminance and chrominance channels. A convolutional neural network (CNN) then extracts features from the secret image and embeds them into the luminance channel to create the marked image. Guan et al. [38] and Duan et al. [39] introduced multi-image hiding approaches by first

applying wavelet transforms to two secret images. A large CNN model then compresses the transformed secret images into high-quality features that are embedded into the transformed coefficients. While the deep learning methods mentioned above have achieved significant progress in embedding capacity, they require extensive computational resources and additional information during model training and embedding. Moreover, data loss is likely to occur during extraction.

For a 3DRT-based embedding method, reducing embedding error is crucial, and previous methods have aimed to achieve this goal. However, methods [29–34] require the physical RT during both embedding and extraction, leading to inconvenience and substantial memory usage. In fact, a 3DRT requires 256 times more space than a 2DRT. For instance, achieving an embedding capacity of 4 bpp with a 3DRT means three pixels must carry 12 bits. Consequently, the reference table needs to support digits of base $2^{12} = 4096$, necessitating $256^3 \times 12 = 201,326,592$ bits, or 24 megabytes of storage. Additionally, a search algorithm must be applied to every pixel group during the embedding process to find the optimal solution, significantly consuming CPU resources. Based on the above discussion, an effective 3DRT-based embedding technique should meet the following criteria:

- (1) Support embedding digits of any base to accommodate various requirements.
- (2) Minimize embedding error by eliminating redundancy in the 3DRT design.
- (3) Generate the 3DRT through a simple equation to reduce computational burden.
- (4) Avoid the need for a physical 3DRT during embedding and extraction, using an equation to obtain necessary information and reduce memory usage.
- (5) Allow embedding and extraction through a simple equation without requiring a search process, including an overflow or underflow handling mechanism.

This paper proposes an embedding technique using a virtual 3DRT to meet the outlined criteria. The method constructs a 3DRT through an equation with two coefficients, where different bases correspond to different coefficients (criterion (1)). These coefficients allow the 3DRT to be generated via simple calculations, avoiding complex algorithms (criterion (3)). A difference array and candidate digits enable the embedding process to find an optimal solution without a physical 3DRT and searching (criteria (2), (4) and (5)). During extraction, embedded data is obtained by substituting marked pixels into the equation (criterion (5)). This method supports embedding digits with bases from 2 to

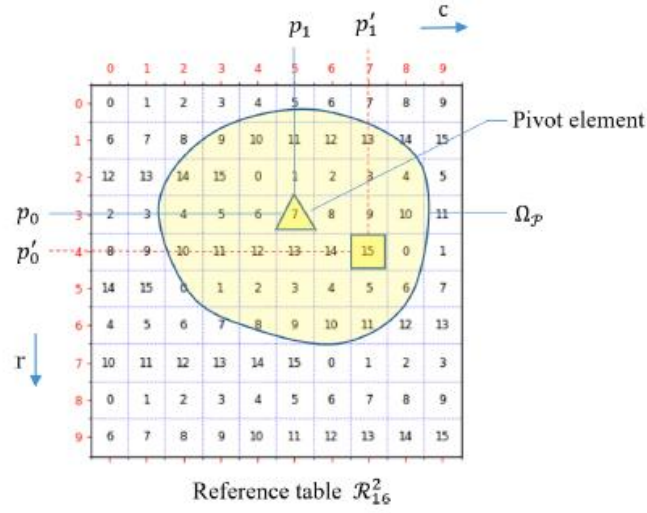


Fig. 2. Example of embedding a digit using 2DRT-based method [26].

32,768 and is applicable to data hiding, digital watermarking, and image authentication [40,41].

The paper is organized as follows: Section 2 reviews RT-based embedding and extraction methods. Section 3 describes the proposed method. Section 4 evaluates its performance using various metrics, highlighting the novelty and contributions. The final section discusses prospects.

2. Reference table based embedding methods

The RT-based embedding technique uses N pixels as a group to embed a digit d_β of base β by referencing an n -dimensional RT $\mathcal{R}_\beta^n$, which is filled with digits from 0 to $\beta-1$. Let the pixel group $\mathcal{P}$ consist of N pixels $p_0, p_1, \dots, p_{N-1}$. To embed d_β into $\mathcal{P}$, first obtain the $\mathcal{R}_\beta^n$ and set the coordinates of the pivot element as $p_0, p_1, \dots, p_{N-1}$. Then, within the neighborhood $\Omega_{\mathcal{P}}$ centered at the pivot element in $\mathcal{R}_\beta^n$, find a digit

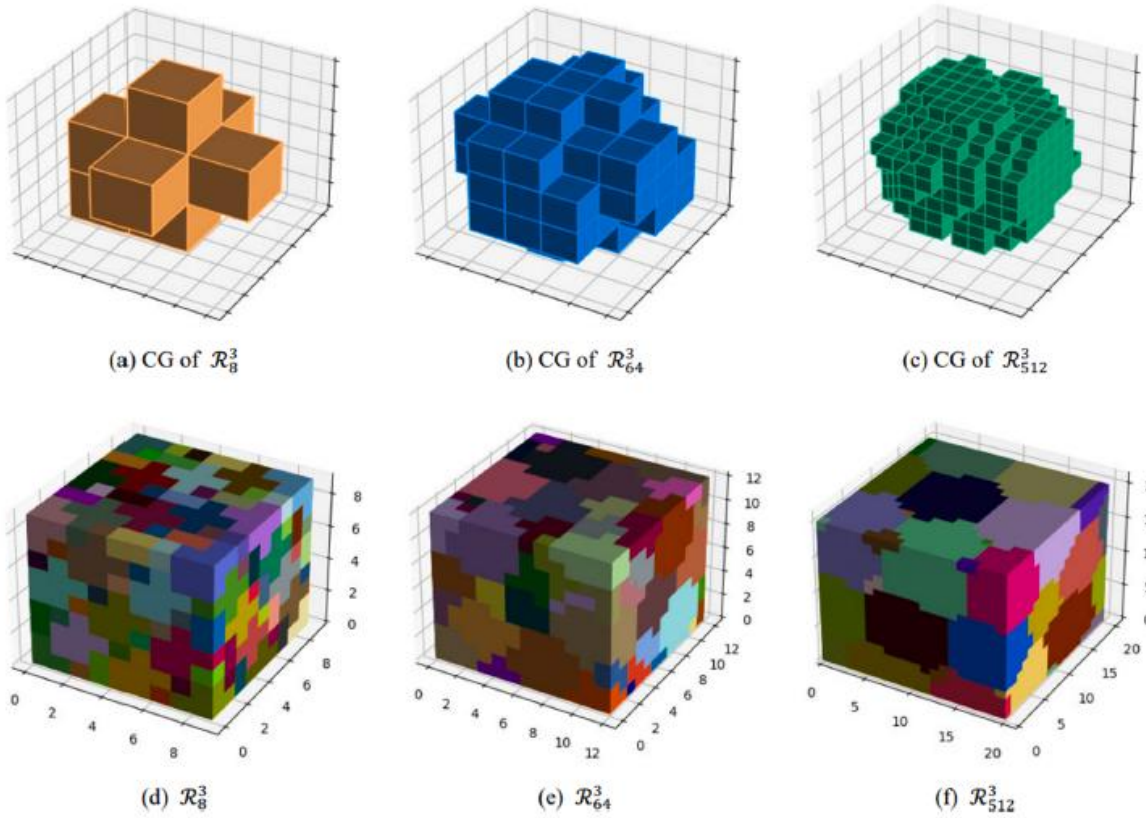


Fig. 3. 3DRT for various coefficients.

closest to the pivot element and with a value of d_β . Suppose the coordinate of the found digit is $(p'_0, p'_1, \dots, p'_{N-1})$. Replace $\mathcal{P}$ with $\mathcal{P}' = (p'_0, p'_1, \dots, p'_{N-1})$ to embed d_β . For illustration, the concept of this embedding method with two-dimensional and three-dimensional RTs is shown in Fig. 1.

During extraction, we also have the reference table $\mathcal{R}_\beta^n$. We locate the coordinate $(p'_0, p'_1, \dots, p'_{N-1})$ in $\mathcal{R}_\beta^n$, and its value is the embedded digit d_β . For a simple example from the method proposed in [28], a partial RT of base 16 is shown in Fig. 2.

Assume $\mathcal{P} = (p_0, p_1) = (3, 5)$, so the pivot element is located at (3, 5), as marked with a triangle in Fig. 2. Suppose we want to embed a digit 15₁₆ of base 16. In the RT, we find that the coordinates (4, 7) are the closest to the pivot element, and the RT value at coordinates (4, 7) is 15₁₆ (i.e., $\mathcal{R}_{16}^2(4, 7) = 15_{16}$). Therefore, the embedded pixel group is $\mathcal{P}' = (4, 7)$. Note that the value of $\mathcal{R}_{16}^2(2, 3)$ is also 15₁₆ and it is equally close to the pivot element as (4, 7) (both at $\sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$). Hence, the embedded pixel group could also be $\mathcal{P}' = (2, 3)$. During extraction, we only need $\mathcal{P}' = (4, 7)$ and the reference table $\mathcal{R}_{16}^2$ to extract the embedded digit 15₁₆ = $\mathcal{R}_{16}^2(4, 7)$. Note that $\mathcal{R}_{16}^2(2, 3)$ can also extract the same digit.

3. The proposed method

The β -based 3DRT is constructed by stacking clusters of the cube group (CG). Each cube in a CG represents a digit, and the cube located at the center of a CG is called the pivot element, while the remaining cubes in the CG are its neighbors. An optimal 3DRT should meet the following conditions to minimize embedding errors:

- (1) Each CG contains β cubes, and the digit within must include 0 to $\beta - 1$.
- (2) The entire 3DRT can be filled with CGs of the same shape without leaving any vacancies. Vacancies indicate that the 3DRT is not compact.
- (3) In the 3DRT, any cube can be chosen as the pivot element, and the CG centered on this pivot element must satisfy condition (1).
- (4) In a CG, the total squared distance from neighboring cubes of values 0 to $\beta - 1$ to the pivot element should be minimized.

Based on the above conditions and [28], we can conjecture that the β -based 3DRT $\mathcal{R}_\beta^3$ can be constructed by a simple function:

$$\mathcal{R}_\beta^3(r, c, p) = (r \times c_\beta^0 + c \times c_\beta^1 + p) \bmod \beta, \quad (1)$$

where the coefficients c_β^0 and c_β^1 are to-be-determined constants, while r , c , and p represent the three coordinates of the 3DRT. Eq. (1) ensures that a reference table can be constructed using the coefficients c_β^0 and c_β^1 , with all values in the reference table constrained within the range of 0 to $\beta - 1$. $\mathcal{R}_\beta^3(r, c, p)$ represents the value of the 3DRT at the coordinate (r, c, p) . Different values of c_β^0 and c_β^1 can form different shapes of CG in the 3DRT, thus satisfying conditions (1) to (3). Here we illustrate how the first three conditions are met using $\mathcal{R}_8^3$, $\mathcal{R}_{64}^3$ and $\mathcal{R}_{512}^3$. We set c_β^0 and c_β^1 to be (2, 3), (7, 18), and (22, 230), respectively. The CGs for $\beta = 8, 64$ and 512 are shown in Fig. 3(a)-(c), and their corresponding portions of 3DRTs are displayed in Fig. 3(d)-(f), respectively.

From Fig. 3(d)-(f), it can be observed that the 3DRT is composed of the CGs shown in Fig. 3(a)-(c). Each cube in CG represents a digit ranging from 0 to $\beta - 1$ (not shown in the figures). Additionally, these CGs can fill the entire 3DRT space without vacancies (see Fig. 3(d)-(f)). Furthermore, if we choose any cube as the pivot element, then the digits of the pivot element and its neighbors will range from 0 to $\beta - 1$, indicating that the first three conditions listed above are satisfied.

3.1. Determining the coefficients c_β^0 and c_β^1

To solve for the two undetermined coefficients c_β^0 and c_β^1 , we can generate a smaller local reference table $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ using Eq. (1). Then, we check if the digits within $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ include all values from 0 to $\beta - 1$. If certain digits are missing, it indicates a flaw in the $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$, and that set of coefficients can be discarded. If $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ contains all digits from 0 to $\beta - 1$, it means we have found a candidate set of coefficients. At this point, we can calculate the sum of the squared distance between the pivot element to all its $\beta - 1$ neighbors. By repeating this process, the coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ that result in the minimal squared distance are deemed the optimal solution. Furthermore, the size of the local reference table $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ is crucial. An overly large $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ will lead to excessively long computation times, while a $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ that is too small may exclude the optimal solution. From [28], it is known that the coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ should lie between 1 and $\beta - 1$. Therefore, theoretically, we must examine $(\beta - 1)^2$ sets of coefficients. When β is small, this examination burden is manageable, making it easier to find the optimal coefficients. However, when $\beta \gg 1$, we can surmise that the CG in the 3DRT will be densely packed and inscribed within a sphere. Since the volume of a sphere of radius r is given by $\frac{4}{3}\pi r^3$, we can estimate the radius of this sphere as follows:

$$r_\beta = \sqrt[3]{3\beta/4\pi}. \quad (2)$$

Therefore, the edge length of the local 3DRT $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ can be set to an integer slightly larger than $2 \times r_\beta$. This ensures that the digits within the optimal CG will all be contained within $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$. It helps filter out some coefficients (such as those causing elongated CGs), preventing them from participating in the solution loop. However, if β is small (e.g., less than 32), the estimated radius of the sphere is relatively inaccurate. Fortunately, for small β , the computational cost of solving for the coefficients is low. Generally, when $\beta < 32$, setting the edge length of $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ to 5 is sufficient to determine the optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ (with an edge length of 5 contains $5^3 = 125$ cubes, which is significantly larger than $\beta = 32$). Based on the above analysis, we can use the following steps to solve for the optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ of $\mathcal{R}_\beta^3$:

Input: Base β .

Output: The optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$.

Step 1. Based on Eq. (2), calculate r_β , and set $\Delta = 2 \times (\text{ceil}(r_\beta) + \epsilon) + 1$. Here, Δ is the edge length of the local RT $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$, ϵ is a small integer, and $\text{ceil}(x)$ denotes the smallest integer greater than or equal to x . This design ensures that Δ is an odd number, and the local RT with a size of Δ^3 is sufficient to accommodate β digits from 0 to $\beta - 1$.

Step 2. Let $\delta_{\min} = \infty$, and define Ψ_β as the set of all pairs of digits chosen from 1 to $\beta - 1$, where the same digit can be selected more than once. These pairs form the coefficient sets used to compute the local RT. Therefore, Ψ_β consists of $(\beta - 1)^2$ coefficient sets. For example, if $\beta = 3$, then $\Psi_\beta = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2)\}$, resulting in 4 coefficient pairs.

Step 3. Sequentially extract the coefficient pairs (c_β^0, c_β^1) from Ψ_β , substitute them into Eq. (1), and compute the local 3DRT $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$ of $\mathcal{R}_\beta^3(r, c, p)$ within the interval $0 \leq r, c, p < \Delta$.

Step 4. If there are missing digits between 0 and $\beta - 1$ within $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$, it indicates that the CGs generated from that coefficient pair exhibit elongated shapes. Therefore, this set of coefficients is not optimal, and we return to Step 3 to continue extracting the next set of coefficient pairs from Ψ_β .

Step 5. If there are no missing digits between 0 and $\beta - 1$ within $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$,

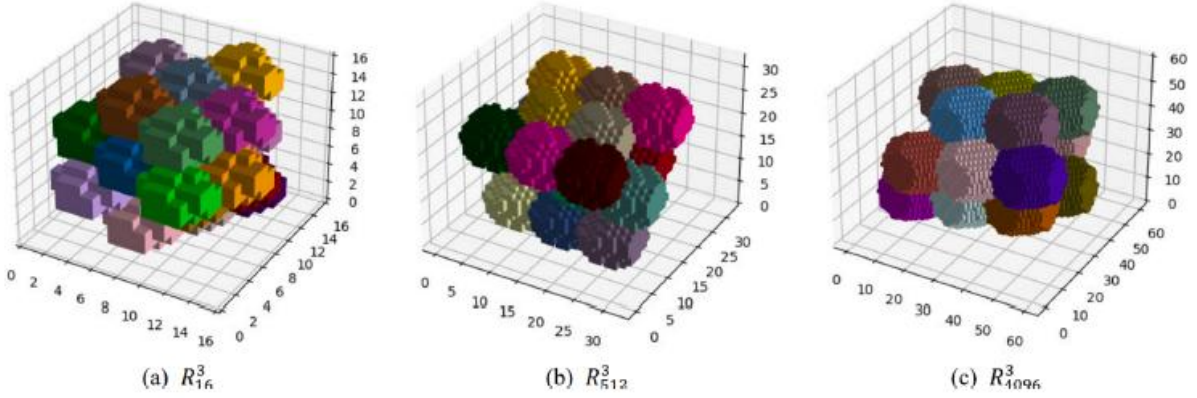


Fig. 4. CGs in 3DRT for difference bases.

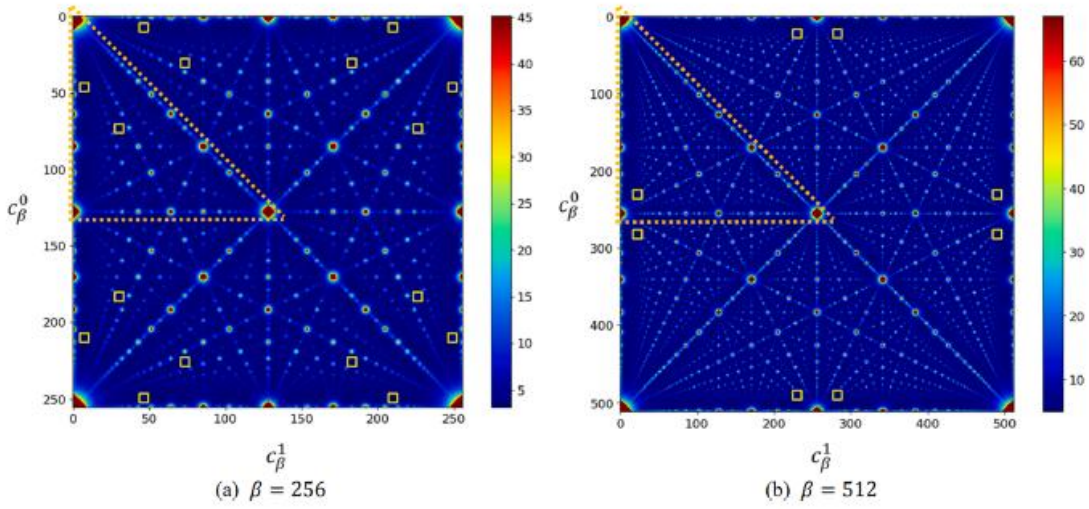


Fig. 5. Known solutions of coefficients for and 3DRT.

then within $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$, locate the set of β cubes with values ranging from 0 to $\beta-1$ that are closest to the center cube (pivot cube) of $\overline{\mathcal{R}}_\beta^3$. Calculate their sum of squared distances δ from the center cube.

Step 6. If $\delta < \delta_{min}$, set $\hat{c}_\beta^0 = c_\beta^0$, $\hat{c}_\beta^1 = c_\beta^1$, and then set $\delta_{min} = \delta$.

Step 7. Repeat Steps 3 to 6 until all coefficient pairs in Ψ_β have been visited. The final updated $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ are the optimal coefficient pair for the 3DRT of base β .

Through the above steps, we can determine the optimal coefficient pair $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$, satisfying the stated conditions. Using Eq. (1), we can then generate the optimal 3DRT R_β^3 , which ensures the smallest errors when embedding data in groups of three pixels compared to other 3DRT methods. Fig. 4(a)-(c) illustrates clusters of CGs using the optimal coefficients $(\hat{c}_\beta^0, \hat{c}_\beta^1) = (2, 6)$, $(22, 230)$, and $(1210, 2026)$ for $\beta = 16, 512$ and 4096 , respectively. It is observed that as β increases, the shapes of CGs gradually resemble regular polyhedrons inscribed within a sphere.

3.2. Reduce the solution space

When β is small, the steps outlined in the previous section allows us to determine the optimal coefficients. For applications requiring higher payload (larger β), a full search method becomes impractical. For example, when $\beta = 4096$ (4 bpp) and $\beta = 32,768$ (5 bpp), Ψ_β contains

$4095^2 = 16,769,025$ and $32,767^2 = 1,073,676,289$ coefficient pairs, respectively. Fortunately, observations from previously solved optimal coefficients can help reduce the number of candidate pairs. For example, Fig. 5(b) and (b) show the mean squared error (MSE) distribution for the 3DRT when $\beta = 256$ and $\beta = 512$ with different combinations of c_β^0 and c_β^1 , respectively.

The yellow squares in Fig. 5(a) and (b) indicate the locations of the minimum MSEs, and each figure shows several minimum MSEs distributed symmetrically in all directions. We observed the same pattern with other values of β . Consequently, to find the minimum solution for large β , we can infer that it is sufficient to search a region containing one of the minimum MSEs to reduce the solution space. Thus, when searching for the minimum solutions, we can focus on the area bounded by the lines $c_\beta^1 = 0$, $c_\beta^0 = c_\beta^1$, and $c_\beta^0 = \beta/2$, as shown by the triangular region in Fig. 5. This approach reduces the search space to approximately 1/3 of the original area.

3.3. Data embedding and extraction using virtual 3DRT

The methods [20,26–31] and [34] require a physical RT for embedding or extraction, necessitating the preparation of it beforehand. This requirement imposes a significant storage burden and is inconvenient to use, especially when β is large. We propose an embedding method based on a virtual 3DRT, which eliminates the need to create a

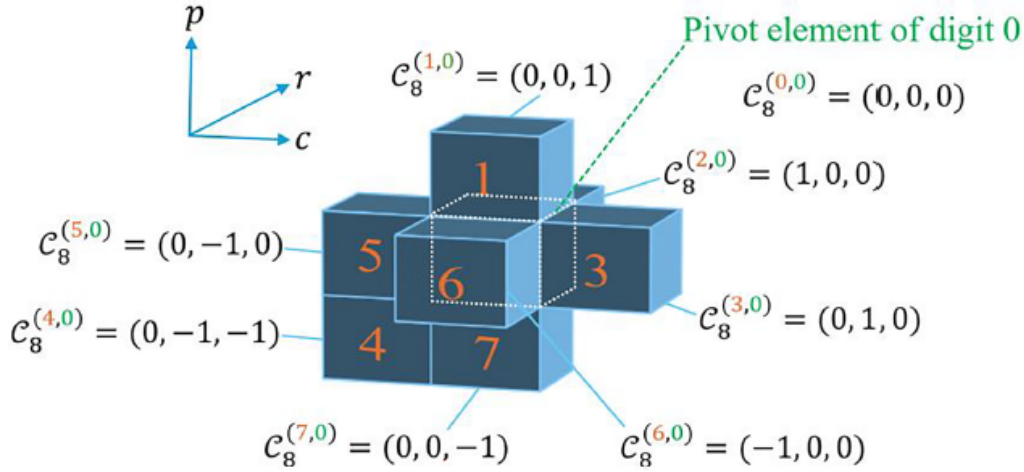


Fig. 6. Relative coordinates $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^7$.

physical one. Firstly, we select a CG with a pivot element having a digit of zero in $\mathcal{R}_\beta^3$. Then, we determine the relative coordinates $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{\beta-1}$ of digits 0 to $\beta-1$ relative to the pivot element in the r , c , and p directions, where $c_8^{(i,0)}$ represents the relative coordinate of digit i to the pivot element of digit 0. Fig. 6 illustrates the relative coordinates $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{\beta-1}$ for $\beta = 8$ ($\hat{c}_8^0 = 2$ and $\hat{c}_8^1 = 3$), where the cube plotted using dashed lines represents the pivot element of digit 0, and the other cubes represent the neighboring elements of digits 1 to 7 in the same CG.

Suppose a digit s_β is to be embedded into $\mathcal{P} = (p_0, p_1, p_2)$. Then, the parameter θ , representing the distance between s_β and $\mathcal{P}$, is calculated as

$$\theta = s_\beta - \mathcal{R}_\beta^3(p_0, p_1, p_2) = s_\beta - (p_0 \times \hat{c}_\beta^0 + p_1 \times \hat{c}_\beta^1 + p_2) \bmod \beta. \quad (3)$$

Note that if $\theta < 0$, then $\theta = \theta + \beta$. The pixel values $\mathcal{P}' = (p'_0, p'_1, p'_2)$ after embedding s_β , can be expressed as a simple function of $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{\beta-1}$, θ , and $\mathcal{P}$:

$$\mathcal{P}' = f\left(\mathcal{P}, \{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{\beta-1}, \theta, s_\beta\right) = c_8^{(i,0)} + (p_0, p_1, p_2), \quad (4)$$

where $f(\bullet)$ is the embedding function. Once $f(\bullet)$ is obtained, there is no need to search for the nearest element having a digit of s_β to (p_0, p_1, p_2) , significantly reducing the computational cost associated with finding the optimal value. Note that the relative coordinates $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{\beta-1}$ can be determined while finding the optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$, so there is no need to calculate them during the actual embedding process. Additionally, θ is merely a function of s_β , $\hat{c}_\beta^0$, $\hat{c}_\beta^1$, and β , requiring only simple calculations to embed s_β into $\mathcal{P}$. This results in minimal computational overhead and eliminates the need for a physical 3DRT. During the extraction process, a physical 3DRT is also unnecessary because the embedded digit s_β can be simply calculated by substituting $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ into Eq. (1):

$$s_\beta = \mathcal{R}_\beta^3(p'_0, p'_1, p'_2) = (p'_0 \times \hat{c}_\beta^0 + p'_1 \times \hat{c}_\beta^1 + p'_2) \bmod \beta, \quad (5)$$

where p'_0 , p'_1 and p'_2 are the pixel values after embedding. Here is an example of embedding and extraction based on the virtual 3DRT. Let $\beta = 8$, and the corresponding relative coordinates $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^7 = \{(0, 0,$

$0), (0, 0, 1), (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, -1, -1), (0, -1, 0), (-1, 0, 0), (0, 0, -1)\}$ can be obtained. The digits of base 8 to be embedded into the pixel groups $\{\mathcal{P}_i\}_{i=0}^2 = \{(4, 5, 6), (8, 3, 7), (3, 6, 2)\}$ are $\{s_{8,i}\}_{i=0}^2 = \{7, 4, 1\}$. First, substitute $\mathcal{P}_0 = (4, 5, 6)$ into Eq. (3) to calculate $\theta = s_{8,0} - (4 \times 2 + 5 \times 3 + 6) \bmod 8 = 2$. According to $\theta = 2$ and $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^7$, we have $c_8^{(2,0)} = (1, 0, 0)$. Adding this to $\mathcal{P}_0$, we get $\mathcal{P}'_0 = (5, 5, 6)$. Similarly, for $s_{8,1} = 4$, calculate θ for $\mathcal{P}_1 = (8, 3, 7)$ as 4, and using Eq. (4), obtain the embedded pixel group $\mathcal{P}'_1 = c_8^{(4,0)} + (8, 3, 7) = (8, 2, 6)$. For $s_{8,2} = 1$ and $\mathcal{P}_2 = (3, 6, 2)$, we have $\theta = -1$. Since $-1 < 0$, add $\beta = 8$ to θ , resulting in $\theta = -1 + 8 = 7$. Finally, use Eq. (4) to obtain $\mathcal{P}'_2 = (3, 6, 1)$.

During extraction, using β , $\hat{c}_\beta^0$, and $\hat{c}_\beta^1$, we sequentially extract the embedded digits $\{s_{8,i}\}_{i=0}^2$ from the pixel groups $\{\mathcal{P}'_i\}_{i=0}^2 = \{(5, 5, 6), (8, 2, 6), (3, 6, 1)\}$. Substitute $\mathcal{P}'_0$ into Eq. (5) to extract $s_{8,0} = (5 \times 2 + 5 \times 3 + 6) \bmod 8 = 7$. Similarly, for $\mathcal{P}'_1$ and $\mathcal{P}'_2$, we have $s_{8,1} = (8 \times 2 + 2 \times 3 + 6) \bmod 8 = 4$ and $s_{8,2} = 1$, respectively.

3.4. Dealing with the overflow and underflow Problems

Upon embedding using Eq. (4), pixel values may experience overflow or underflow. Fortunately, in the r , c , and p directions, the coordinate differences of each digit in the 3DRT relative to its neighboring digits of the same value are constants. Therefore, by adding these differences to the embedded pixel values, we can select the one that minimizes distortion while avoiding overflow and underflow. In $\mathcal{R}_\beta^3$, let $\{c_8^{(i,0)}\}_{i=0}^{k-1}$ be the relative coordinates from an element of digit 0 to its k nearest neighboring elements, also with digit 0, in the r , c , and p directions. Assume the original pixel values and the overflowed or underflowed pixel values after embedding are (p_0, p_1, p_2) and (p'_0, p'_1, p'_2) , respectively. First, compute the candidates of marked pixel values using the following equation:

$$\{\tau_{0,i}, \tau_{1,i}, \tau_{2,i}\}_{i=0}^{k-1} = \{c_8^{(i,0)} + (p_0, p_1, p_2)\}_{i=0}^{k-1}. \quad (6)$$

Then, from the set $\{\tau_{0,i}, \tau_{1,i}, \tau_{2,i}\}_{i=0}^{k-1}$, retrieve the subset where $\tau_{0,i}$, $\tau_{1,i}$ and $\tau_{2,i}$ are all fall within the range of 0 and 255, yielding $\{\tau'_{0,i}, \tau'_{1,i}, \tau'_{2,i}\}_{i=0}^{k-1}$, $k' \leq k$. Next, find the pixel group $(\tau'_{0,i}, \tau'_{1,i}, \tau'_{2,i})$ from the set $\{\tau'_{0,i}, \tau'_{1,i}, \tau'_{2,i}\}_{i=0}^{k-1}$ that is closest to the original pixel values (p_0, p_1, p_2) .

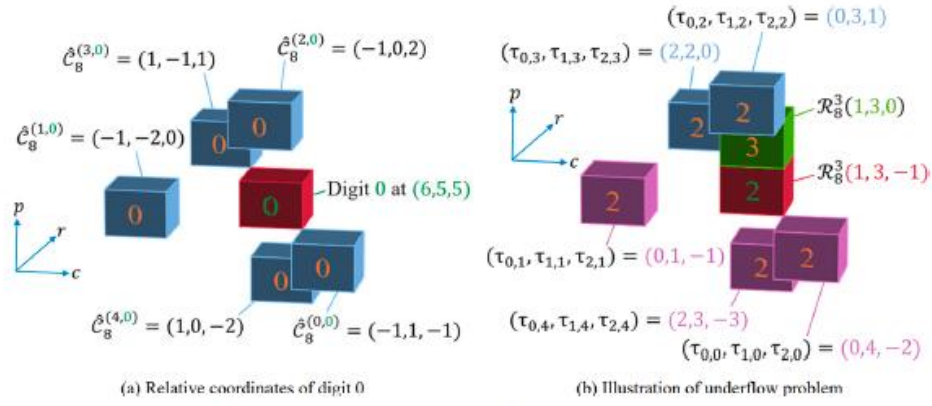


Fig. 7. Examples of overflow/underflow handling mechanism.

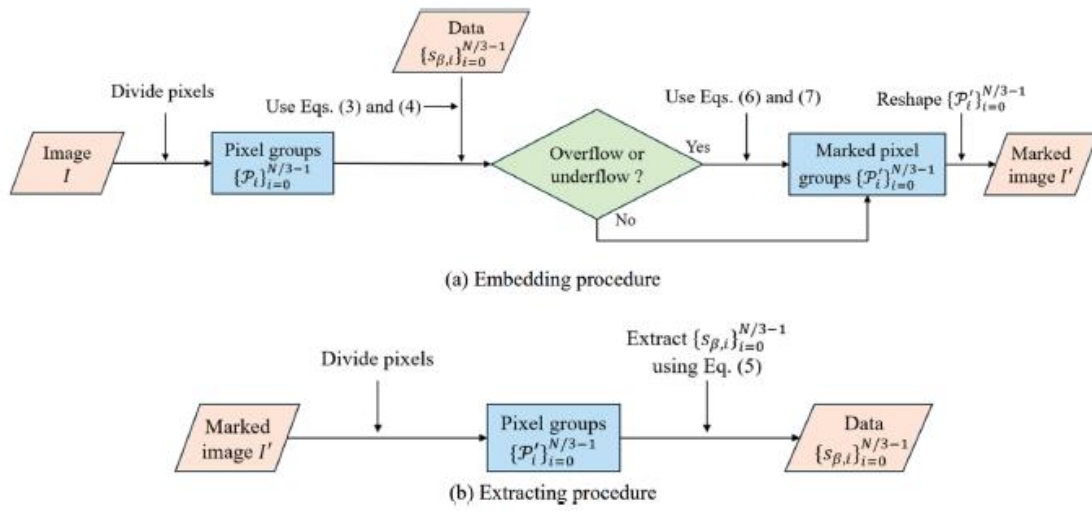


Fig. 8. Flowcharts of the embedding and extraction processes.

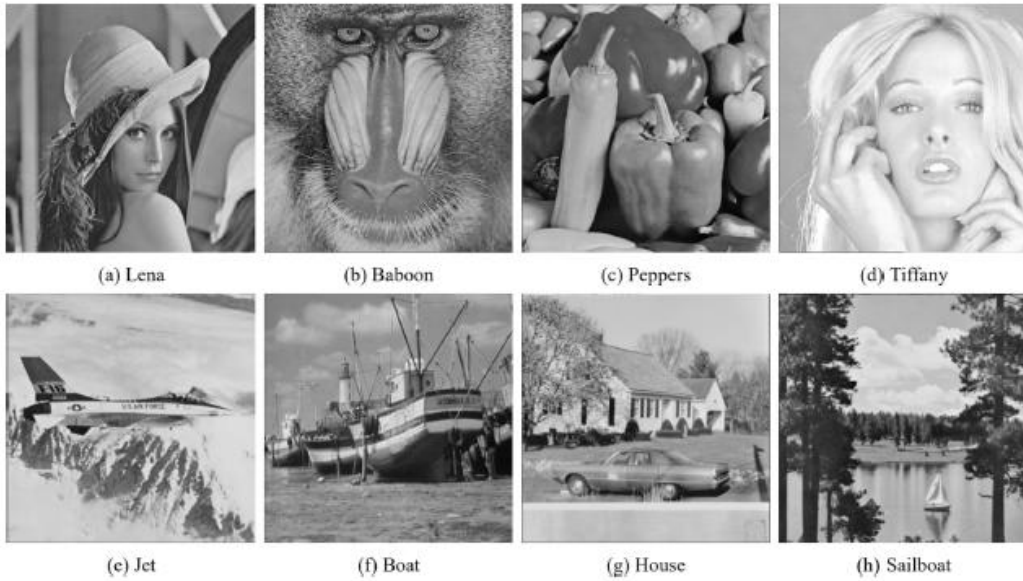


Fig. 9. Eight test images.

Table 1
 $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ for various β .

β	2	3	4	5	6	7	8	9
$(\hat{c}_\beta^0, \hat{c}_\beta^1)$	(1, 1)	(1, 1)	(1, 2)	(2, 2)	(2, 3)	(2, 3)	(2, 3)	(2, 3)
bpp	0.33	0.53	0.67	0.77	0.86	0.94	1	1.06
β	10	11	12	13	14	15	16	32
$(\hat{c}_\beta^0, \hat{c}_\beta^1)$	(2, 4)	(2, 4)	(2, 5)	(2, 4)	(2, 5)	(2, 5)	(2, 6)	(4, 10)
bpp	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.30	1.33	1.67
β	64	108	180	512	1024	2048	4096	32,768
$(\hat{c}_\beta^0, \hat{c}_\beta^1)$	(7, 18)	(5, 42)	(11, 76)	(22, 230)	(494, 314)	(61, 597)	(1210, 2026)	(901, 714)
bpp	2	2.25	2.5	3	3.33	3.67	4	5

Here i^* is defined as:

$$i^* = \underset{i}{\operatorname{argmin}} ((\tau_{0,i} - p_0)^2 + (\tau_{1,i} - p_1)^2 + (\tau_{2,i} - p_2)^2). \quad (7)$$

The found pixel group $(\tau'_{0,i^*}, \tau'_{1,i^*}, \tau'_{2,i^*})$ is then used to replace (p'_0, p'_1, p'_2) . Note that choosing a small k could result in a suboptimal solution, while a large k may increase computation time. In general, setting $k = 5$ strikes a good balance between these factors. It is worth noting that the proposed overflow and underflow handling mechanism does not require the use of a 3DRT, as the set $\{\hat{\mathcal{C}}_\beta^{(i,0)}\}_{i=0}^{k-1}$ can be obtained during the calculation of $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$.

To demonstrate the overflow/underflow handling mechanism, consider the example presented in Fig. 7. The digit 0 of base 8, located at coordinates (6, 5, 5) and represented by a red cube in Fig. 7(a), is surrounded by five nearest neighboring 0 s at coordinates (5, 6, 4), (5, 3, 5), (5, 5, 7), (7, 4, 6), and (7, 5, 3), depicted as blue cubes. Assuming $k = 5$, the relative coordinates of the five nearest neighboring 0 s from (6, 5, 5) are $\{\hat{\mathcal{C}}_\beta^{(i,0)}\}_{i=0}^4 = \{(-1, 1, -1), (-1, -2, 0), (-1, 0, 2), (1, -1, 1), (1, 0, -2)\}$. Suppose the original pixel group is (1, 3, 0), and the element $\mathcal{R}_8^3(1, 3, 0) = 2$ is shown as a green cube in Fig. 7(b). After embedding the digit 2, the pixel group changes to (1, 3, -1), represented by a red cube in Fig. 7 (b), indicating an underflow. By adding the underflowed pixel value (1, 3, -1) to $\{\hat{\mathcal{C}}_\beta^{(i,0)}\}_{i=0}^4$, we obtain $\{\tau_{0,i}, \tau_{1,i}, \tau_{2,i}\}_{i=0}^4 = \{(0, 4, -2), (0, 1, -1), (0, 3, 1), (2, 2, 0), (2, 3, -3)\}$, shown as blue and purple cubes in Fig. 7(b). Among these, $(\tau_{0,2}, \tau_{1,2}, \tau_{2,2})$ and $(\tau_{0,3}, \tau_{1,3}, \tau_{2,3})$ are valid solutions, indicated by blue cubes in Fig. 7(b). Therefore, $\{\tau'_{0,i}, \tau'_{1,i}, \tau'_{2,i}\}_{i=0}^1 = \{(0, 3, 1), (2, 2, 0)\}$. According to Eq. (7), we have $i^* = 0$. Therefore, the embedded result is $(\tau'_{0,0}, \tau'_{1,0}, \tau'_{2,0}) = (0, 3, 1)$.

Based on the embedding and extraction processes described in Section 3.3, as well as the overflow and underflow handling mechanisms discussed in this section, we have created flowcharts of the embedding

and extraction processes. These flowcharts are shown in Fig. 8(a) and Fig. 8(b), respectively.

4. Experimental results

In this section, we will test the proposed method and compare it with previous methods to analyze its performance. During the experiments, we selected eight grayscale images, each with a size of 512×512 , from the USC-SIPI database [42] as the test images, as shown in Fig. 9.

To evaluate the quality of the images after embedding, we use the peak signal-to-noise ratio (PSNR) [43] as the evaluation metric, defined by the following formula:

$$\text{PSNR} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{255^2}{\text{MSE}(I, I')} \right) \text{dB}, \quad (8)$$

where I represents the original image, I' represents the marked image, and the function $\text{MSE}(\cdot)$ is used to calculate the mean squared error between I and I' . The data to be embedded is generated using a pseudo random number generator.

4.1. The performance of the proposed method

In this subsection, we will first test the performance of the proposed method. Using the methods described in Sections 3.1 and 3.2, we find the optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ for different bases β , with the bpp ranging from 1 to 5. Some commonly used values of β and their corresponding optimal coefficients $\hat{c}_\beta^0$ and $\hat{c}_\beta^1$ are presented in Table 1.

We use the eight images from Fig. 9 as test images. By applying the coefficients from Table 1, we embed digits of different bases into the images. The resulting image quality is presented in Table 2.

From Table 2, we observe that as the payload increases, the image quality decreases. This phenomenon occurs because, with higher payload, each pixel group needs to carry digits of larger base, increasing the range of potential pixel shifts. Additionally, we notice that the image quality of Tiffany is lower than that of the other images. This is because the original Tiffany image includes numerous pixels near saturation (i. e., pixel valued at 0 or 255), which heightens the risk of overflow or

Table 2
The image quality corresponding to payloads and images.

Image	Payload (bpp)							
	1	1.5	2	2.25	2.5	3	4	5
Lena	52.904	50.298	47.104	45.639	44.139	41.116	35.099	29.046
Baboon	52.890	50.291	47.103	45.650	44.140	41.118	35.083	29.046
Peppers	52.893	50.294	47.098	45.639	44.136	41.119	35.091	29.007
Tiffany	52.876	50.258	47.056	45.568	44.070	41.044	34.907	28.539
Jet	52.911	50.291	47.112	45.642	44.137	41.119	35.107	29.041
Boat	52.899	50.292	47.111	45.638	44.134	41.115	35.097	29.036
House	52.905	50.291	47.118	45.647	44.122	41.108	35.096	29.052
Sailboat	52.911	50.277	47.108	45.634	44.137	41.116	35.094	29.043
Average	52.899	50.286	47.101	45.632	44.127	41.107	35.072	28.976

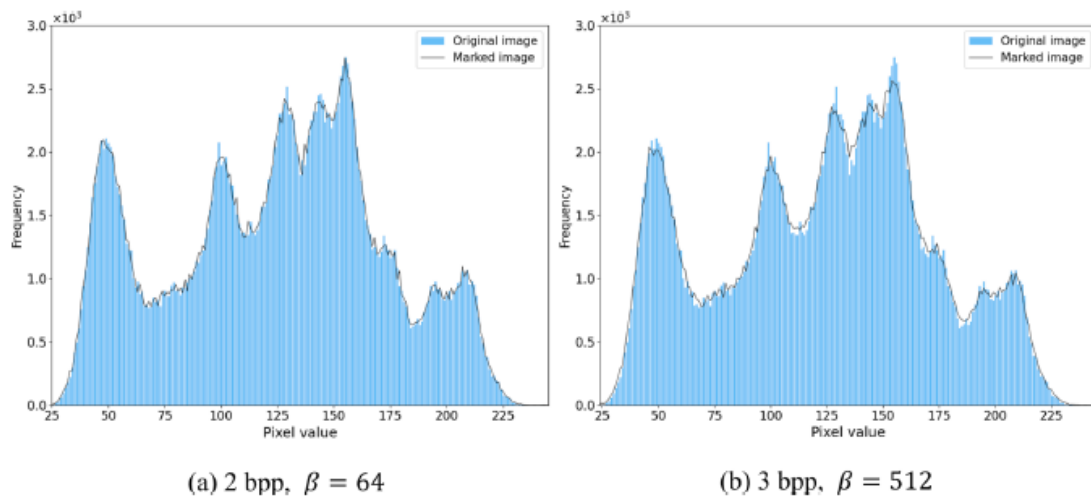


Fig. 10. Pixel value frequencies for the Lena image before and after embedding.

Table 3
Averaged PSNR of 200 images for various methods.

Method	Payload (bpp)							
	1	1.5	2	2.25	2.5	3	4	5
Mukherjee et al. [20]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	39.20	n/a	n/a
Xie et al. [26]	44.54	42.82	41.60	41.10	40.65	39.86	n/a	n/a
Hong et al. [27]	52.19	n/a	46.54	n/a	n/a	40.67	34.58	n/a
Hong et al. [28]	52.37	50.09	46.71	45.39	43.77	40.74	34.63	28.35
Ko et al. [32]	n/a	n/a	n/a	41.56	n/a	37.91	31.82	n/a
Lin et al. [33]	51.14	n/a	46.29	n/a	n/a	40.54	34.48	28.23
Lin et al. [34]	52.85	50.21	46.99	45.50	43.98	n/a	n/a	n/a
Proposed method	52.85	50.21	46.99	45.50	43.98	40.91	34.73	28.42

underflow during embedding. Consequently, it becomes necessary to locate alternative, more distant pixels to avoid these issues.

To further analyze the differences after embedding, we used Lena as the test image with payloads set to 2 and 3 bpp. The pixel value frequencies for both the original and marked images are presented in Fig. 10.

In Fig. 10, we plot the frequencies of pixel values for the original and marked images using histograms and line plots, respectively. It can be observed that when the payload is small (2 bpp), the pixel value distribution of the marked image is closer to that of the original one. In contrast, as the payload increases (3 bpp), the differences become pronounced. This phenomenon occurs because, during the embedding process, pixel values may be altered by a distance of $\sqrt[3]{3\beta/4\pi}$ (see Eq. (2) in Section 3.1). Consequently, we can calculate the altered distances for $\beta = 64$ and $\beta = 512$, which are approximately $\sqrt[3]{192/4\pi} \approx 2.48$ and $\sqrt[3]{1536/4\pi} \approx 4.96$, respectively. Therefore, a smaller β results in a frequency distribution of pixel values that is closer to that of the original image.

4.2. Comparisons with other works

In this sub-section, we compare the proposed method with past approaches [20,26–28], and [32–34] using various metrics to analyze the overall performance. The experimental setup is as follows: When implementing [20], we construct a double-layer pencil shell matrix based on the recommended optimal parameters from the original paper to achieve the best image quality. Similarly, [26–28] and [34] utilize optimal parameters to generate their RTs for a fair comparison. [32,33] follow the embedding techniques as proposed in their respective papers and embed digits of different bases.

Additionally, we randomly select 200 images from the Boss image dataset [44], which contains 10,000 grayscale images of size 512×512 . These images are served as test images for a large-scale evaluation of the proposed method and other works. Table 3 provides a comparison of the average quality of images using different methods at various payload.

Table 3 includes eight different payload levels ranging from 1 to 5 bpp. The PSNRs show variability across different payloads, with some methods not providing data for certain capacities (shown as n/a). It is important to note that methods [20,26–28] employ 2DRT, whereas [32–34] and the proposed method utilize 3DRT. Notably, the proposed method maintains high quality across all payloads, comparable to or better than other methods, especially at higher payloads like 4 and 5 bpp.

Next, we set the payload to 3 bpp and further observe the PSNR obtained using different methods applied to the 200 images. First, the PSNR of the test images was obtained using the proposed method. These test images were then sorted in ascending order based on the PSNR values. Finally, the other methods were applied to these sorted images. The results are shown in Fig. 11.

From Fig. 11, it is evident that the proposed method consistently achieves superior image quality across various images. This enhancement can be attributed to the more compact arrangement of digits in the 3DRT constructed by the proposed method. Additionally, the PSNR analysis reveals that images numbered 0 to 50 exhibit a higher incidence of underexposed or overexposed pixels. These pixels are more susceptible to overflow issues after embedding, resulting in significant distortion. In contrast, images numbered 150 to 200 show fewer underexposed or overexposed pixels, thereby reducing the likelihood of overflow. To visually compare images corresponding to different image numbers in Fig. 11, images numbered 0, 15, and 199 are shown in Fig. 12(a)–(c),

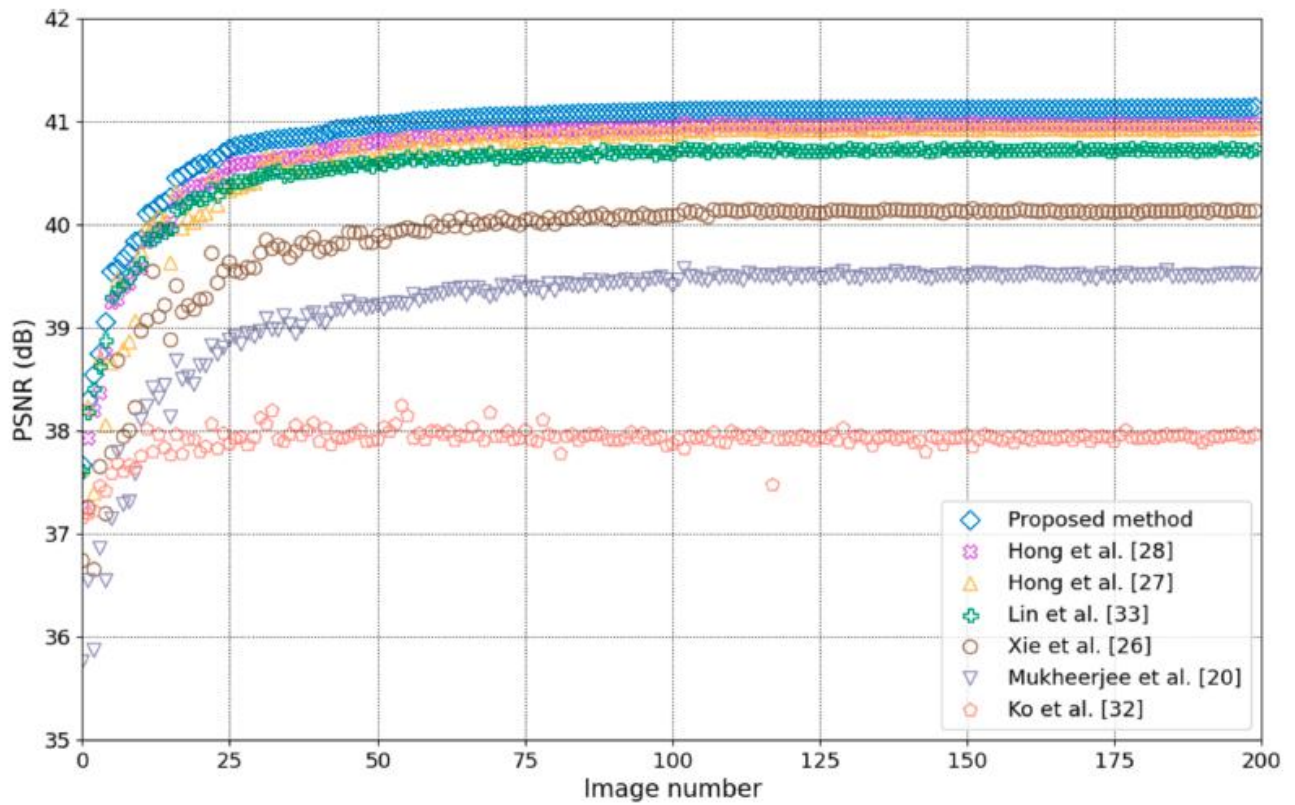


Fig. 11. PSNR comparisons across 200 test images for various methods.



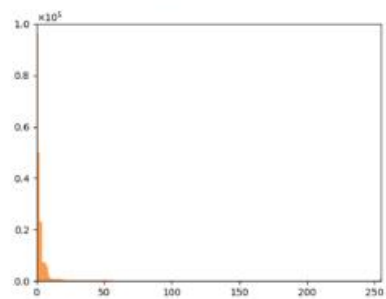
(a) Image 0



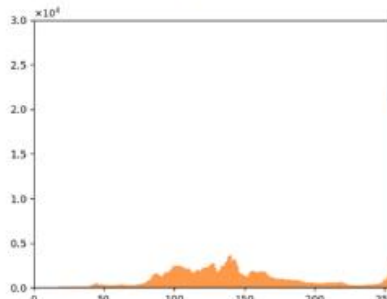
(b) Image 15



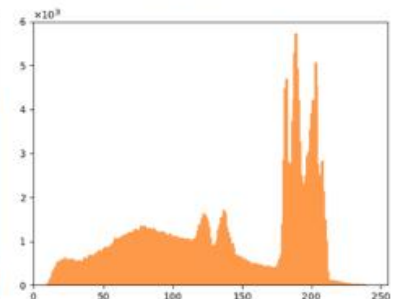
(c) Image 199



(d) Histogram of image 0



(e) Histogram of image 15



(f) Histogram of image 199

Fig. 12. Images and their histograms.

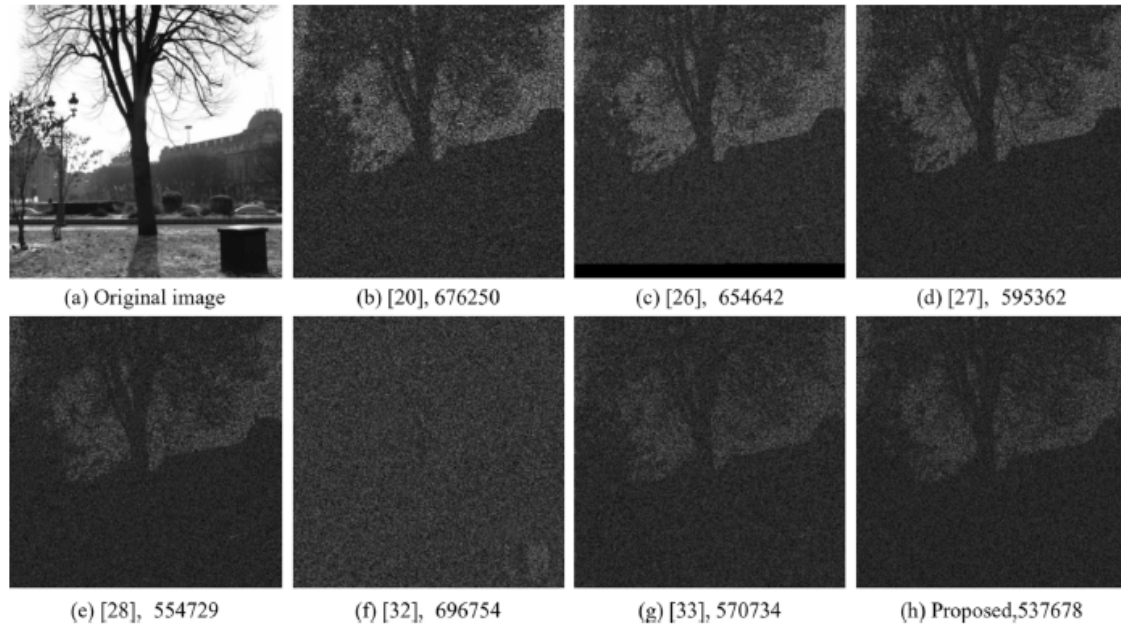


Fig. 13. Absolute difference image between the original and marked images.

while their histograms are displayed in Fig. 12(d)-(f), respectively.

We observe that Fig. 12(a) contains a background with a significant number of underexposed pixels. Consequently, Fig. 12(d) shows a higher frequency of pixels near the value 0. In contrast, Fig. 12(b) has many overexposed pixels, resulting in a higher frequency of pixels at the value 255, as seen in Fig. 12(e). These types of pixels are prone to causing underflow or overflow during the embedding process, leading to greater distortion. This observation supports our earlier conjecture regarding the nature of images numbered 0 to 50. Finally, Fig. 12(c) shows no signs of underexposed or overexposed pixels, with its pixel values concentrated between 30 and 220, as depicted in Fig. 12(f), resulting in higher image quality.

To visually compare the impact of embedding on the original image, we select an image from the BOSS image database (see Fig. 13(a)) as the test image. Using both previous methods and the proposed method, we embed data at a capacity of 3 bpp and assess the resulting differences. Since the marked and original images show minimal visible differences, we use the image difference as a metric to highlight these distinctions. By subtracting the original image from each marked image obtained by different methods and taking the absolute value, we generate corresponding absolute difference images (Fig. 13 (b)-(h)). In these figures, pixels with zero difference are colored black, while those with an absolute difference of 12 or more are colored white. Values between 0 and 12 are represented by a gradient interpolating between black and white, so the brighter the pixels, the greater the distortion in the image. Additionally, we calculate the total sum of these absolute differences to quantify the total distortion caused by embedding, as shown in the subtitles of Fig. 13(b)-(h).

Observing Fig. 13, it can be seen that the difference images for methods [20,26], and [27] are brighter than those of [28] and [33]. This is because the reference tables used in the former methods cause pixel values to shift to greater distances. Additionally, the dark area at the bottom of Fig. 13(c) arises because method [26] excludes certain pixel values from embedding for a 3 bpp payload. We also observe that [32] has a greater number of light dots (see Fig. 13(f)), which can be attributed to the fact that 1/4 of the pixels are embedded using the LSB method, leading to increased distortion. Notably, the proposed method shows lower total distortion compared to other methods, as the used reference table effectively restricts pixel alterations. Furthermore, the

Table 4
Comparisons using five metrics.

Method	Reference Table	Embedding Time	Memory (bytes)	Base β	Image Quality
[20]	2D (2 layer)	Long	$256^2 \times 2$	16, 4	Medium
[26]	2DRT	Medium	256^2	81	Low
[27]	2D	Medium	256^2	4, 16, 64, 256	Medium
[28]	2D	Medium	256^2	Any β	High
[32]	Magic cube	Short	β	64, 512, 4096	Low
[33]	Index table	Short	$3 \times \beta$	β^8	High
[34]	3D	Long	256^3	1 to 256	Outstanding
Proposed method	Virtual 3DRT	Short	$3 \times (\beta + k)$	Any β	Outstanding

method replaces underflow and overflow pixels with optimal values, thereby minimizing embedding-induced distortion in the image.

Table 4 summarizes the overall performance of various methods, comparing the proposed method with existing approaches across five performance metrics: reference table used, embedding time, memory required for the reference table, ability to embed arbitrary bases, and marked image quality.

Table 4 shows that the proposed method, utilizing a virtual 3DRT, excels in short embedding times and efficient memory usage ($3 \times (\beta + k)$ bytes). It also boasts the ability to embed digits in any base while maintaining high image quality. In contrast, methods like [20,26,27,28], and [34] either have longer embedding times, higher memory requirements, or lower image quality. Methods [32] and [33] offer short embedding times but are limited to specific bases. The proposed method's balance of flexibility, efficiency, and image quality makes it a superior choice among the compared methods.

Finally, we compare the proposed method with deep learning approaches [35–39]. We use metrics such as capacity, embedded content,

Table 5
Comparisons using six metrics.

Method	Capacity	Embedded Content	Lossless Extraction	Computational Cost	Embedding Time	Side Information Size
[35]	Low	Data	No	Medium	Short	Medium
[36]	Low	Data	Yes	Medium	Short	Medium
[37]	High	Image	No	Large	Medium	Large
[38]	Outstanding	Images	No	Extra Large	Long	Extra Large
[39]	Outstanding	Images	No	Extra Large	Long	Extra Large
Proposed method	High	Data	Yes	Small	Short	Small

lossless extraction capability, computational cost, embedding time, and size of side information to evaluate the performance of the proposed method from various perspectives.

From Table 5, it can be observed that methods [35] and [36] provide a relatively lower embedding capacity compared to other methods. This is because they do not perform feature extraction on the data but instead use an encoder to embed the data directly into the image. Interestingly, although method [36] only offers a lower payload, it is capable of lossless data extraction. In contrast, while methods [37–39] achieve higher payloads, some data are lost during the extraction process. This phenomenon occurs because these methods embed features of the secret image into the host image, and the embedded features cannot fully reconstruct the secret image.

Notably, the proposed method not only provides a satisfactory embedding capacity but also allows for lossless extraction of data from the marked image. Additionally, it can be observed that the proposed method has a lower computation cost and shorter embedding time compared to methods [35–39]. This is because the proposed method requires only simple calculations to embed data, while methods [35–39] rely on models for data embedding and extraction, resulting in significantly longer processing times. Furthermore, the proposed method requires a negligible amount of side information compared to the methods being evaluated, as it only needs two coefficients (i.e., $\hat{c}_\theta^0$ and $\hat{c}_\theta^1$) for data extraction, whereas methods [35–39] require an entire model with numerous parameters.

5. Conclusions

This paper introduces an embedding method based on a virtual 3DRT. By constructing a local reference table and filtering certain coefficients, we significantly reduce the time needed to find optimal coefficients, addressing the prior dependency on a physical reference table. Our technique, leveraging a virtual reference table, enhances embedding efficiency, resolves overflow/underflow issues, and requires minimal memory for storage. Notably, the proposed method surpasses previous techniques in image quality and supports embedding digits across various bases, making it suitable for diverse applications, including data hiding, image authentication, and image restoration. One limitation of the proposed method is that it can be computationally demanding when searching for optimal coefficients in larger bases, such as base 262,144 (6 bpp) or higher. Fortunately, embedding large-base digits is uncommon in practical applications, and the coefficients provided in Table 1 are adequate for most cases. Future work could explore more efficient search algorithms to further reduce the search time for large-base coefficients and potentially extend the virtualized 3DRT to higher-dimensional structures. This enhancement would broaden the method's applicability in high-demand, real-world environments.

CRedit authorship contribution statement

Wien Hong: Writing – review & editing, Formal analysis, Conceptualization. Guan-Zhong Su: Writing – original draft, Data curation. Wei-Ling Lin: Validation, Resources. Tung-Shou Chen: Writing – review & editing, Methodology.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

No data was used for the research described in the article.

References

- [1] C. Nazife, C. Cevik, O. Osman, G. Ahmet, N. Sajjad, S. Zatih, Improved exploiting modification direction steganography for hexagonal image processing, *J. King Saud Univ. – Comput. Informat. Sci.* 34 (10) (2022) 9273–9283.
- [2] P.C. Mandal, I. Mukherjee, G. Paul, B.N. Chatterji, Digital image steganography: A literature survey, *Inf. Sci.* 609 (2022) 1451–1488.
- [3] M. K. Shyla, K. B. S. Kumar, and R. K. Das, Image steganography using genetic algorithm for cover image selection and embedding, *Soft Computing Letters*, vol. 3, Article id: 100021, 2021.
- [4] M. L. P. Gort, M. Oliaro, A. Cortesi, Relational data watermarking resilience to brute force attacks in untrusted environments, *Expert Systems with Applications*, vol. 212, Article id: 118713, 2023.
- [5] G. Liu, R. Xiang, J. Liu, R. Pan, and Z. Zhang, An invisible and robust watermarking scheme using convolutional neural networks, *Expert Systems with Applications*, vol. 210, Article id: 118529, 2022.
- [6] S. D. Kosuru, G. Swain, N. Kumar, and A. Pradhan, Image tamper detection and correction using Merkle tree and remainder value differencing, *Optik*, vol. 261, Article id: 169212, 2022.
- [7] X. Zhou, W. Hong, G. Yang, T. S. Chen, and J. Chen, An unsolvable pixel reduced authentication method for color images with grayscale invariance, *J. King Saud Univ.-Comput. Informat. Sci.*, vol. 35, no. 9, Article id: 101726, 2023.
- [8] E.A.A. Vega, E.G. Fernández, A.L.S. Orozco, L.J.G. Villalba, Image tampering detection by estimating interpolation patterns, *Futur. Gener. Comput. Syst.* 107 (2020) 229–237.
- [9] J. Molina-Garcia, B. P. Garcia-Salgado, V. Ponomaryov, R. Reyes-Reyes, S. Sadovnychiy, and C. Cruz-Ramos, An effective fragile watermarking scheme for color image tampering detection and self-recovery, *Signal Process.: Image Commun.*, vol. 81, Article id: 115725, 2020.
- [10] K. Manohar, T.D. Kieu, A centroid based vector quantization reversible data hiding technique, *Multimed. Tools Appl.* 78 (18) (2019) 25273–25298.
- [11] W. Ding, H. Zhang, R. Reulke, Y. Wang, Reversible image data hiding based on scalable difference expansion, *Pattern Recogn. Lett.* 159 (2022) 116–124.
- [12] X. Yang, T. Wu, and F. Huang, Reversible data hiding in JPEG images based on coefficient-first selection, *Signal Processing*, vol. 200, Article id: 108639, 2022.
- [13] S. Mansouri, H. K. Bizaki, and M. Fakhredanesh, Reversible data hiding with automatic contrast enhancement using two-sided histogram expansion, *J. Visual Commun. Image Represent.*, vol. 81, Article id: 103359, 2021.
- [14] W.C. Kuo, S.H. Kuo, C.C. Wang, L.C. Wu, High capacity data hiding scheme based on multi-bit encoding function, *Optik* 127 (4) (2016) 1762–1769.
- [15] X. Liao, Z. Qin, L. Ding, Data embedding in digital images using critical functions, *Signal Process. Image Commun.* 58 (2017) 146–156.
- [16] C.C. Wang, W.C. Kuo, Y.C. Huang, L.C. Wu, A high capacity data hiding scheme based on re-adjusted GEMD, *Multimed. Tools Appl.* 77 (5) (2018) 6327–6341.
- [17] Y.X. Liu, C.N. Yang, Q.D. Sun, S.Y. Wu, S.S. Lin, Y.S. Chou, Enhanced embedding capacity for the SMSD-based data-hiding method, *Signal Process.: Image Commun.* 78 (2019) 216–222.
- [18] H. S. Leng, J. F. Lee, and H. W. Tseng, A high payload EMD-based steganographic method using two extraction functions, *Digital Signal Process.*, vol. 113, Article id: 103026, 2021.
- [19] W. Su, J. Ni, X. Hu, and F. Huang, Towards improving the security of image steganography via minimizing the spatial embedding impact, *Digital Signal Process.*, vol. 131, Article id: 103758, 2022.
- [20] S. Mukherjee, S. Sarkar, and S. Mukhopadhyay, Pencil shell matrix based image steganography with elevated embedding capacity, *J. Informat. Security Appl.*, vol. 62, Article id: 102955, 2021.
- [21] H. Zhang, S. Sun, L. Hu, A novel data hiding scheme based on improved diamond encoding in IWT domain, *Multimed. Tools Appl.* 82 (12) (2023) 18727–18745.

- [22] C.K. Chan, L.M. Cheng, Hiding data in images by simple LSB substitution, *Pattern Recogn.* 37 (3) (2004) 469–474.
- [23] J. Mielikainen, LSB matching revisited, *IEEE Signal Process. Lett.* 13 (5) (2006) 285–287.
- [24] X. Zhang, S. Wang, Efficient steganographic embedding by exploiting modification direction, *IEEE Commun. Lett.* 10 (11) (2006) 781–783.
- [25] R.M. Chao, H.C. Wu, C.C. Lee, Y.P. Chu, A novel image data hiding scheme with diamond encoding, *EURASIP J. Inf. Secur.* 2009 (2009).
- [26] X.Z. Xie, Y. Liu, C.C. Chang, Extended squared magic matrix for embedding secret information with large payload, *Multimed. Tools Appl.* 78 (2019) 19045–19059.
- [27] W. Hong, Adaptive image data hiding in edges using patched reference table and pair-wise embedding technique, *Inf. Sci.* 221 (2013) 473–489.
- [28] W. Hong, T.S. Chen, A novel data embedding method using adaptive pixel pair matching, *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.* 7 (1) (2012) 176–184.
- [29] X. Liao, S. Guo, J. Yin, New cubic reference table based image steganography, *Multimed. Tools Appl.* 77 (2018) 10033–10050.
- [30] J. H. Horng, S. Xu, C. C. Chang, and C. C. Chang, An efficient data-hiding scheme based on multidimensional mini-SuDoKu, *Sensors*, vol. 20, Article id: 2739, 2020.
- [31] H. Wu, J.H. Horng, C.C. Chang, Adaptive data hiding scheme based on magic matrix of flexible dimension, *KSII Trans. Internet Informat. Syst.* 15 (9) (2021) 3348–3364.
- [32] H.J. Ko, C.T. Huang, H.W. Tseng, S.J. Wang, Efficient cost-reduced with high-quality image of imperceptible steganography using modulo and magic cube, *IEEE Access* 10 (2022) 67686–67693.
- [33] J. Lin, K.H. Liu, C.L. Lin, A novel data hiding scheme based on multidimensional reference tensors, *Multimed. Tools Appl.* 83 (9) (2024) 25695–25712.
- [34] J. Lin, J. H. Horng, Y. Liu, and C. C. Chang, An anisotropic reference matrix for image steganography, *J. Visual Commun. Image Represent.*, vol. 74, Article id: 102969, 2021.
- [35] J. Zhu, R. Kaplan, J. Johnson, and L. Fei-Fei, HiDeN: Hiding data with deep networks, in: *Proceedings of the European Conference on Computer Vision, ECCV*, vol. 11219, 2018.
- [36] X. Liu, Z. Ma, J. Ma, J. Zhang, G. Schaefer, H. Fang, Image disentanglement autoencoder for steganography without embedding, in: *Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2022*, pp. 2303–2312.
- [37] R. Zhang, S. Dong, J. Liu, Invisible steganography via generative adversarial networks, *Multimed. Tools Appl.* 78 (7) (2019) 8559–8575.
- [38] Z. Guan, J. Jing, X. Deng, M. Xu, L. Jiang, Z. Zhang, Y. Li, DeepMIH: Deep invertible network for multiple image hiding, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 45 (1) (2022) 372–390.
- [39] X. Duan, G. Wu, C. Li, Z. Li, and C. Qin, DUIANet: A double layer U-Net image hiding method based on improved Inception module and attention mechanism, *J. Visual Commun. Image Represent.*, vol. 98, Article id: 104035, 2024.
- [40] X. Zhou, W. Hong, T. S. Chen, and G. Yang, "Reversible demosaiced image authentication scheme with recoverability using clustering and matching techniques, *J. Informat. Security Appl.*, vol. 73, Article id: 103425, 2023.
- [41] W. Hong, X. Zhou, T. S. Chen, and C. H. Hsieh, An efficient reversible authentication scheme for demosaiced images with improved detectability, *Signal Process.: Image Commun.*, vol. 80, Article id: 115666, 2020.
- [42] The USC-SiPI image database. Available online. <http://sipi.usc.edu/database>. Accessed 18 May 2024.
- [43] A. Hore, D. Ziou, Image quality metrics: PSNR vs. SSIM, in: *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition, 2010*, pp. 2366–2369.
- [44] The BOSS image database. Available online. <https://dde.binghamton.edu/download/>. Accessed 18 May 2024.

Human flow detection using CSI technology combined with STFT and machine learning

We-Ling Lin¹, Li-Syuan Chen², Jun-Jia Ou^{3*}

¹ Department of Intelligent Production Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taichung, Taiwan

² Department of Computer Science and Information Engineering, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

³ Department of Computer Science and Information Engineering, National Taichung University of Science and Technology, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

This study investigates the significance of pedestrian flow detection technologies in highly populated areas such as museums, exhibition centers, and amusement parks, particularly in the fields of enterprise management, smart healthcare, and public safety. Traditional detection methods, such as cameras and infrared sensors, are often constrained by privacy concerns and environmental factors. In contrast, Channel State Information (CSI) technology utilizes variations in wireless communication signals, offering a privacy-preserving and cost-effective solution. To validate this approach, the study employs lightweight WiFi transceivers to capture signal perturbations caused by human activities, with a custom labeling and balancing method applied to the collected data. Short-Time Fourier Transform (STFT) is then used to convert the data into time-frequency domain representations for feature extraction. The processed dataset is subsequently fed into machine learning models for training and prediction. Four machine learning algorithms—Random Forest Classifier (RandomForestClassifier), Support Vector Classifier (SVC), XGBoost Classifier (XGBClassifier), and Gradient Boosting Classifier (GradientBoostingClassifier)—were evaluated, all demonstrating excellent performance. Among these, the Random Forest Classifier achieved 99% accuracy in scenarios detecting 0–2 people passing through the monitored area. The results indicate that integrating WiFi-based CSI technology with machine learning models can enable precise and efficient real-time pedestrian flow monitoring, showcasing promising applications in museum and healthcare environments.

Keywords: Artificial intelligence of things (AIoT), Channel state information (CSI), Human flow detection, Machine learning, Short-time fourier transform (STFT).

OPEN ACCESS

Received: December 27, 2024
Revised: January 24, 2025
Accepted: February 7, 2025

Corresponding Author:
Jun-Jia Ou
sl311232029@mutc.edu.tw

 **Copyright:** The Author(s).
This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted distribution provided the original author and source are cited.

Publisher:
[Chaoyang University of Technology](https://www.chaoyang.edu.tw/)
ISSN: 1727-2394 (Print)
ISSN: 1727-7841 (Online)

1. INTRODUCTION

In the context of advancing digital transformation and the growing demand for intelligent solutions, pedestrian flow detection technology plays a crucial role in enterprise operations management, smart healthcare, and public safety (Espinosa et al., 2021). From office buildings to hospitals, accurately tracking the dynamic distribution of people helps prevent overcrowding (Azizi et al., 2020) and improves energy efficiency (Shah et al., 2019). In public spaces such as hospitals, art galleries, exhibition halls, and amusement parks, understanding pedestrian flow patterns allows managers to identify hotspots and sparsely populated areas, optimizing flow planning and ensuring efficient crowd evacuation during emergencies. However, traditional pedestrian flow detection systems face numerous challenges in practical applications.

Currently, common pedestrian flow detection technologies include the cameras, infrared sensors, and radio-frequency identification (RFID) tags (Fitwi et al., 2021; Rangdale et al., 2023), which have been widely adopted in the commercial areas, public

facilities, and increasingly apparent. Image-based detection systems typically require high-resolution cameras and good lighting conditions to accurately capture pedestrian flow changes (Winkler et al., 2014; Kwon et al., 2024; Wang et al., 2024). This not only raises hardware costs but also makes the systems vulnerable to environmental factors such as poor lighting. Moreover, the use of cameras poses significant privacy concerns, particularly in public spaces, potentially eliciting public resistance and skepticism toward surveillance systems. In enterprise environments, compliance with privacy protection laws further complicates the adoption of such technologies.

In contrast, while infrared sensors (Narayana et al., 2015) mitigate the direct privacy issues associated with image-based systems, their detection range is limited, and they are susceptible to external environmental interference, which can lead to sensor inaccuracies. More importantly, infrared sensors struggle to accurately distinguish individuals in crowded or rapidly changing environments, making it difficult to meet the growing demand for diverse and precise pedestrian flow detection solutions.

RFID, as a detection method based on electronic tags and reading devices, avoids some limitations of cameras and infrared sensors (Want, 2006). For example, RFID systems are independent of lighting conditions and less sensitive to environmental interference, improving detection stability and accuracy. However, the application of RFID technology also has challenges (Jia et al., 2012). First, each detected individual requires an RFID tag, which can increase costs and complexity for large crowds. Additionally, deploying RFID reading devices requires professional setup, and their range and accuracy may be limited by device specifications, potentially creating blind spots in large or complex scenarios. The effectiveness of RFID tags may also decline in cases of rapid movement or tag obstruction, further limiting its flexibility in various applications.

To address the challenges of traditional crowd detection methods, the application of Channel State Information (CSI) technology has emerged as a novel solution. By analyzing variations in wireless communication signals, CSI technology can accurately capture changes in the spatial environment. Unlike conventional detection systems, CSI technology does not rely on video surveillance or additional tagging devices but instead utilizes existing WiFi signals for real-time monitoring, thereby reducing deployment costs and effectively protecting user privacy (Moshiri et al., 2021; Ge et al., 2023). These characteristics make CSI technology particularly suitable for privacy-sensitive environments such as corporate office buildings, exhibition halls, and healthcare facilities. Numerous CSI-based crowd detection methods have been developed, typically using Access Point (AP) devices as data sources combined with machine learning (Xiao et al., 2019) or deep learning techniques (Liu et al., 2017) to develop recognition models. These methods leverage AP devices to obtain stable and high-dimensional CSI data, achieving high accuracy. However, systems relying on such equipment face high costs, increasing the

difficulty of deployment. Moreover, many scenarios, such as corridors and stairwells, do not require such powerful equipment. This study aims to design and validate a lightweight CSI-based crowd detection technology, offering an efficient and cost-effective solution while exploring its feasibility in real-world scenarios.

Expected contributions are,

- Creation of a low-cost, non-contact crowd detection system: Propose an innovative solution based on MCU-enabled CSI technology, utilizing WiFi signal variations for crowd monitoring to achieve a low-cost, privacy-preserving deployment model.
- Integration of lightweight hardware architecture: Implement a compact design using the ESP32 module as the core device, enabling collaborative operation of AP and STA (Station Mode). The ESP32 STA transmits signals, and the AP receives and analyzes CSI data, providing an efficient and flexible hardware design.
- Introduction of advanced feature extraction techniques: Employ short-time fourier transform (STFT) to extract time-frequency features from raw CSI data, improving classification accuracy and reducing noise interference.
- Comprehensive model evaluation and comparison: Validate the effectiveness of CSI data processing by comparing the performance of Random Forest Classifier (RandomForestClassifier), Support Vector Classifier (SVC), XGBoost Classifier (XGBClassifier) and Gradient Boosting Classifier (GradientBoostingClassifier).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Literature Review

In recent years, research has increasingly focused on utilizing modern communication technologies for detecting and tracking individuals in the various environments (Qian et al., 2017; Shi et al., 2022; Wu et al., 2023). Among these technologies, CSI refers to detailed information about a wireless communication channel obtained at the receiver, including features such as signal strength, phase, and frequency variations. These data provide insights into the state of the communication channel, enabling analysis of the spatial variations of wireless signals over time. The unique characteristics of CSI make it particularly effective in sensing minute environmental changes within a wireless network, such as detecting the presence and movement of obstacles, or even human postures and actions (Ma et al., 2021; Wang et al., 2021; Zhang et al., 2022; Zhou et al., 2023).

The application of CSI technology relies on Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) systems. By transmitting and receiving signals through multiple antennas, MIMO systems allow the receiver to gather detailed information about the channel. This not only enhances the capacity of wireless communication but also improves the ability to monitor spatial changes with precision. As a result, CSI technology has demonstrated significant potential in non-

visual surveillance, privacy protection, and intelligent environmental sensing (Lin et al., 2015; Chen et al., 2019). One of the earliest and most extensively studied applications of CSI technology is activity recognition. Researchers have analyzed variations in WiFi signals caused by human movements to identify specific actions. For instance, Zeng et al. proposed a CSI-based activity recognition system (Zeng et al., 2016; Ding et al., 2019), which differentiates various body movements by analyzing changes in WiFi signals. This approach eliminates the need for wearable devices while ensuring privacy, as it relies on wireless signal data sequences rather than image data. The system effectively identifies basic actions such as walking, sitting, and standing, achieving an accuracy rate of over 80%.

With recent technological advancements, cutting-edge artificial intelligence and imaging technologies have been widely applied in the medical field, driving innovations in medical diagnostics and healthcare. For instance, Laghari et al. (2023) proposed a model based on the Deep Residual-Dense Network (DRDN) and Bidirectional Recurrent Neural Network (BiRNN), successfully applied to the detection of atrial fibrillation (AF). Leveraging deep learning techniques, this model significantly improved the early identification rate of arrhythmias. Additionally, Saeed et al. (2023) developed a convolutional neural network (CNN) model named DeepLeukNet for classifying microscopic images, aiding in the detection of acute lymphoblastic leukemia (ALL) and demonstrating the potential of AI in cancer diagnosis.

In the domain of medical imaging, Laghari et al. (2022) explored how to collect and interpret medical images ranging from the nanoscale to hyperspectral imaging in highly challenging environments. These technologies enable detailed analysis of internal human structures, thereby enhancing diagnostic accuracy. Another review by Laghari et al. (2024) focused on the applications of virtual and augmented reality in healthcare, particularly in the quality assessment of user experiences in serious games. These technologies have been employed in patient rehabilitation training and psychotherapy. Furthermore, Das et al. (2023) proposed a remote healthcare system combining electroencephalogram (EEG) and kinect sensors. This system not only provides convenient health monitoring for the elderly and disabled but also facilitates remote diagnostics. The value of such technologies became increasingly apparent during the pandemic, highlighting their importance for modern healthcare.

The application of CSI technology in the field of healthcare is growing, achieving notable advancements in health monitoring and intelligent medical research. CSI can accurately capture environmental information around the human body by detecting subtle changes in wireless signals, eliminating the need for wearable devices, and making it ideal for contactless monitoring. This feature is particularly

useful for detecting physiological indicators such as falls, respiratory rates and heart rates (Wang et al., 2020). For instance, traditional fall detection methods rely on cameras or wearable devices, often facing privacy issues or usage inconvenience. In contrast, CSI-based technologies have been applied to monitor vital signs such as breathing and heart rate (Liu et al., 2023; Lei et al., 2024; Sun et al., 2024). By analyzing minor changes in wireless signals, CSI can identify slight chest movements, thereby inferring respiratory and heart rates. This technology is not only suitable for daily health monitoring but also advantageous for remote monitoring scenarios.

In the realm of CSI applications for human flow, various studies have focused on developing technologies for spatial crowd counting. For example, Xiao et al. (2019) proposed an AI-based mobile sensing technology that uses wireless signals for crowd detection. This method employs machine learning models to analyze signal features, achieving efficient flow monitoring in dynamic environments. However, it relies on high-performance hardware and complex data processing architectures, leading to high system deployment costs and limited adaptability. Similarly, Liu et al. (2017) introduced a deep learning model, WiCount, which utilizes WiFi signals for crowd counting by analyzing high-dimensional data. While this approach demonstrates good accuracy, it demands significant device resources and faces challenges related to noise during the feature extraction process.

In comparison, the method proposed in this study leverages lightweight CSI devices combined with STFT for feature extraction. This approach effectively reduces noise interference in the data while enhancing the accuracy of classification models. Moreover, the system has relatively low hardware requirements, enabling efficient and cost-effective deployment, particularly suitable for crowd counting in narrow spaces such as corridors or staircases. Compared to the aforementioned studies, this method emphasizes practicality and feasibility, achieving a balance between performance and cost, thereby providing an innovative solution for crowd detection.

2.2 Research Methodology

With advancements in wireless communication technology, environmental monitoring through CSI signals has emerged as a novel and practical approach. In existing studies, human flow detection often relies on image recognition methods, which are typically complex and costly to deploy in real-world scenarios. This study aims to develop a low-cost, simplified CSI-based system to replace image-based human flow detection. Therefore, we set up a simulated environment to capture human flow data and used this data to build an efficient, cost-effective, and adaptable human flow detection system. The overall flowchart is illustrated in Fig. 1.

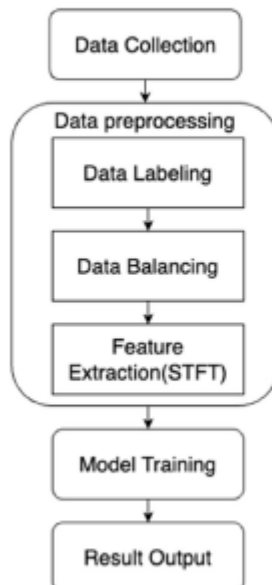


Fig. 1. Overall flowchart

2.2.1 Environment Setup

The experimental environment was set up in an open corridor where we placed our equipment. The setup consists of four single-chip microcontrollers, a camera, and a computer. Each single-chip unit includes two signal receivers and transmitters made from single-chip technology, capturing signal variations as solid objects pass through the space between them. A camera was also included in the setup to record video, facilitating later data annotation. A schematic of the complete environment setup is shown in Fig. 2, while the experimental setup in the actual environment is depicted in Fig. 3.

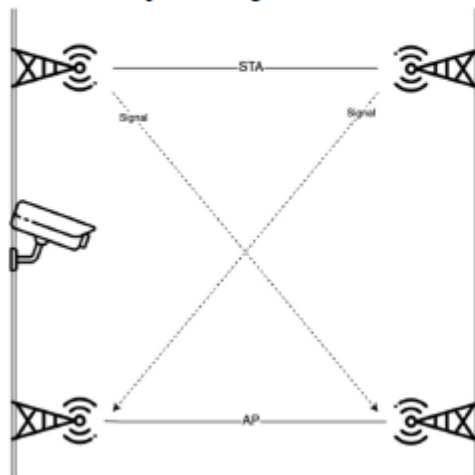


Fig. 2. Environment setup diagram



Fig. 3. Experimental setup in the actual environment

As seen in Fig. 2 and Fig. 3, to ensure the captured data has sufficient signal strength and distinguishable features, we opted for two sets of transmitter/receiver pairs positioned at an angled transmission layout, with signals crossing each other. The distance between each unit is two meters, which extends the signal coverage area and ensures a more noticeable signal variation when people pass through. During the experiment, data collection was conducted across different numbers of people passing through the corridor, covering scenarios from zero to two individuals, as shown in Fig. 4 (a, b). This setup allows the system to operate effectively under varying crowd sizes. For data accuracy, each experiment was performed under consistent environmental conditions.

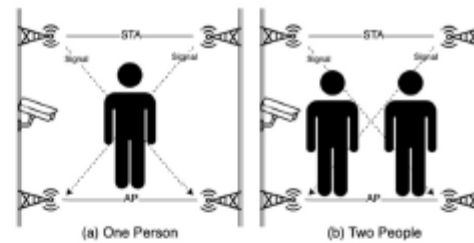


Fig. 4. Data collection environment diagram

2.2.2 Data Processing

CSI data provides high-resolution insights into the propagation characteristics of signals within a wireless channel. This data typically encompasses frequency domain features such as amplitude and phase. Because wireless signals experience multipath effects like reflection, refraction, and diffraction as they propagate through space, CSI is adept at capturing dynamic environmental changes and subtle channel perturbations caused by human activities (Cominelli et al., 2023). Consequently, CSI data can deliver detailed temporal and frequency characteristics useful for recognizing human activity patterns. However, due to its high-frequency variability and nonstationary nature, analyzing CSI data directly in the time or frequency domain can be challenging and may not fully reveal its underlying behavioral patterns. Therefore, in this study, we utilize time segments labeled with human activity characteristics and employ STFT techniques to transform the data. This approach allows us to extract effective time-frequency features, thereby supporting subsequent classification tasks.

2.2.2.1 Feature Labeling

Once the raw data has been collected, the first step is to label the data by marking the characteristics of crowd size, such as no people, one person, or two people, at the time points they appear. These labels are then categorized into arrays corresponding to the different crowd sizes for storage. Subsequently, based on the labeled time intervals, the corresponding CSI data is extracted and stored. To prevent imbalances in feature occurrence frequency that could affect predictive outcomes, we impose a data quantity limit on each feature to ensure a consistent sample size. This is essential for subsequent data processing and analysis.

2.2.2.2 Data Transformation

To address the non-stationary characteristics of CSI data and extract its time-frequency features, this study employs the STFT as the primary data preprocessing method (Baba, 2012). By applying a sliding window in the time domain, STFT segments the signal into localized intervals and performs the Fourier transform on each. This results in a joint distribution of time and frequency, effectively revealing the frequency components that vary over time. This capability provides significant advantages in handling non-stationary signals and is particularly suitable for extracting the time-frequency features of human flow activities. The short-time Fourier transform is defined as:

$$X(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \cdot w(\tau - t) \cdot e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (1)$$

The formula referenced in (Allen et al., 1997). In this equation:

$x(\tau)$: the time-domain signal.

$w(\tau - t)$: the window function used to localize the signal in time.

$e^{-j2\pi f\tau}$: the kernel function of the Fourier transform.

The resulting $X(t, f)$ represents the energy distribution of the signal at time t and frequency f . This formula illustrates that the STFT decomposes a time-domain signal into its time-frequency domain representation. By adjusting the window function's length and type, a balance between time resolution and frequency resolution can be achieved.

2.2.3 Model Selection

This section introduces the models used in this research. Observing the characteristics of CSI data reveals that signal transmission is affected by factors such as multipath effects, reflection, attenuation, interference, and noise, resulting in high-dimensional and nonlinear properties. Thus, four machine learning classifiers were chosen for comparison: RandomForestClassifier, SVC, XGBClassifier and GradientBoostingClassifier. Each classifier possesses unique operating features, making them well-suited for addressing different types of issues in CSI signals. This study trains and compares models using each of these classifiers.

The first classifier, RandomForestClassifier, comprises multiple decision trees, each learning from a randomly selected subset of CSI features and then using a voting system among the trees to make the final decision. RandomForestClassifier achieves model diversity by resampling data multiple times during training, effectively identifying the CSI features most influential in classification.

SVC, known for its strong performance in high-dimensional data, classifies data by finding a decision boundary that maximizes the margin between classes. The model maps input data to a high-dimensional space and identifies an optimal plane that distinguishes different classes. Focusing on support vectors—data points near the decision boundary with the most significant impact on classification. SVC avoids overfitting, making it ideal for small-scale, high-dimensional CSI data classification.

Finally, XGBClassifier and GradientBoostingClassifier are both gradient-boosting-based classifiers, iteratively generating decision trees to improve classification accuracy. Despite sharing a common principle, they differ in implementation. XGBClassifier includes optimization features like automated missing-value handling, L1/L2 regularization, parallel computation, and GPU acceleration, making it suitable for large datasets and reducing overfitting risk. In contrast, GradientBoostingClassifier relies on manual hyperparameter tuning and manual missing value imputation, offering greater flexibility. Both models are well-suited for CSI data processing.

3. RESULTS AND DISCUSSION

This study conducted experiments on CSI human flow data using four different machine learning classifiers and compared their performance. The purpose of the experiments was to evaluate each classifier's accuracy and stability when handling CSI signals with high dimensionality, multipath effects, and nonlinearity. Classification was performed for scenarios with zero to two individuals passing through the corridor, and the predictive abilities of the models were quantified through confusion matrices and accuracy rates.

3.1 Results of STFT Feature Analysis

After pre-processing and transforming the raw data, we extracted three segments corresponding to different numbers of people passing through the observation area. These segments were analysed using time-frequency spectrograms. Fig. 5 presents the data from left to right, showing scenarios of zero, one, and two individuals passing, respectively. As observed in the figure, when no people are within the detection range, the signal exhibits minimal fluctuations and remains stable. In contrast, when one person is present, the signal shows more variations in both high and low frequencies compared to when no one is present. With two people when passing through the signals,

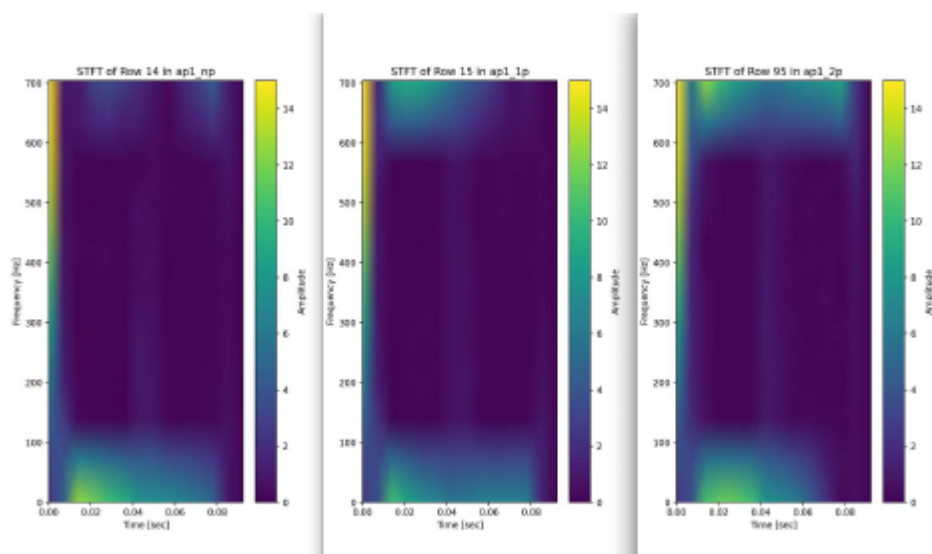


Fig. 5. Comparison of STFT spectrograms

becomes even more dynamic, with noticeably brighter colours in the high and low-frequency regions. These results indicate that the CSI data processed through STFT contain sufficient features for the model to learn effectively.

3.2 Accuracy Analysis

In this section, accuracy was used as the primary evaluation metric to compare the performance of four models RandomForestClassifier, SVC, XGBClassifier, and GradientBoostingClassifier under varying numbers of individuals and different data processing methods. The overall accuracy of each classifier summarized in Table 1.

Table 1. Transfer the sensor log data into training data

Model / Data	Raw data accuracy (%)	After STFT accuracy (%)
RandomForestClassifier	50	99
SVC	44	98
XGBClassifier	73	98
GradientBoostingClassifier	69	98

From the table, it can be observed that there is a notable difference in accuracy among the models when applied to raw CSI data. XGBClassifier achieved the highest performance with an accuracy of 73%, while SVC had the lowest at 44%. This suggests that with unprocessed CSI data, XGBoost's inherent capabilities to handle high-dimensional data and noise, as well as its automatic handling of missing values, allow it to perform relatively well. On the other hand, although SVC generally performs well with high-dimensional data, the noise and nonlinearity of CSI data

may make it challenging for SVC to identify an appropriate boundary.

In order to further compare the performance of the proposed method in this study with existing technologies, we selected data processing and prediction methods from two related studies and applied them to the dataset used in this research. The first study is the machine learning-based approach proposed by Xiao et al. (2019), while the second is the deep learning-based approach introduced by Liu et al. (2017).

The method proposed by Xiao et al. (2019) uses a sliding window for noise reduction and extracts statistical features (skewness and kurtosis) as the basis for classification, employing a SVM for crowd detection. However, when applied to the dataset in this study, the accuracy achieved was only 29%, indicating limitations in handling the specific environment and data characteristics of this research.

On the other hand, Liu et al. (2017) method employs Butterworth filtering and phase correction for noise elimination, extracting phase and amplitude from CSI data as feature inputs, and utilizes a fully connected Backpropagation Neural Network (BP Neural Network) for crowd detection. When tested on this study's dataset, this method also demonstrated limited applicability, achieving an accuracy of just 30%, highlighting its inadequacies in addressing the unique environment and data characteristics of this research.

3.3 Confusion Matrix Analysis

In this section, confusion matrices are used to illustrate each model's performance in predicting different numbers of individuals. Confusion matrices of each model trained and tested on raw data are shown in Fig. 6.

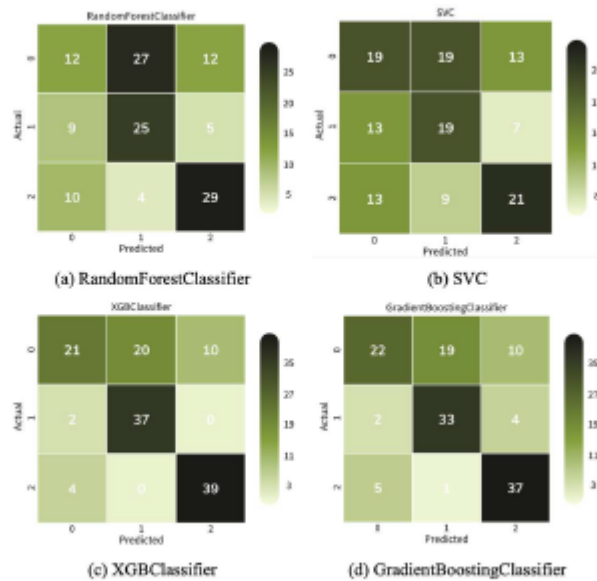


Fig. 6. Confusion matrix of raw data

As seen in Fig. 6, although each model achieves a certain level of accuracy, they demonstrate varying performance levels due to differing adaptability to CSI data. While some models perform better than others, there is significant room for improvement overall. Therefore, we applied STFT to preprocess the data and then trained the models, resulting in the confusion matrices shown in Fig. 7.

From Fig. 7, it is clear that after training on STFT-

processed data, the accuracy of all four models improved significantly. This is because the STFT processing effectively filtered out noise and interference from the raw data, making the essential and distinguishing features in the data more prominent and easier for the models to recognize.

Next, we will present the results of applying the methods proposed by Xiao et al. (2019) and Liu et al. (2017) through confusion matrices, as shown in Fig. 8.

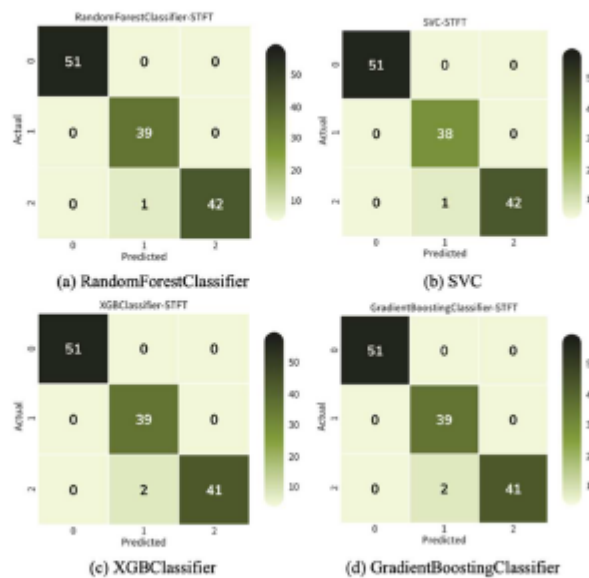


Fig. 7. Confusion matrix after STFT

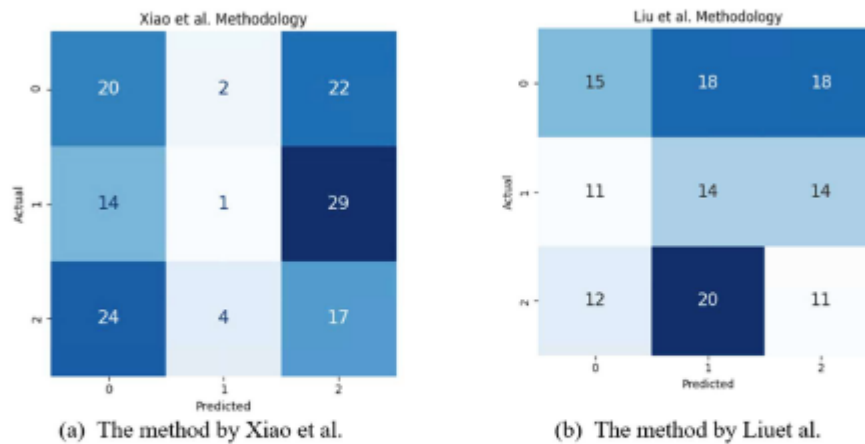


Fig. 8. Confusion matrix after STFT

From Fig. 8, it can be observed that the recognition performance of these two methods is significantly poor when applied to the data collected under the equipment and environmental settings of this study. The confusion matrix reveals evident classification errors, particularly with higher error rates in cases with fewer individuals or boundary categories, resulting in low overall accuracy. This may be attributed to the noisy characteristics of the dataset and environmental variations, indicating that these two methods are unsuitable for the experimental environment and equipment used in this study.

Finally, we used three common quantitative metrics—Precision, Recall, and F1-Score, to summarize the results of all methods into a table. The table presents the Macro average values of these three metrics for comparison. The summarized results are shown in Table 2.

From Table 2, it can be observed that the machine learning method proposed by Xiao et al. (2019) achieved a Precision of only 25%, indicating a high proportion of misclassifications when identifying individuals, resulting in low accuracy. The Recall was only 29%, demonstrating that this method had low sensitivity for this classification task and failed to effectively detect most targets. The combined average F1-Score for Precision and Recall was also low at just 24%, suggesting that this method is unable to meet the requirements of this equipment and experimental environment.

Similarly, the deep learning method proposed by Liu et al. (2017) performed poorly in the application scenario of this study. It achieved a Precision of 31%, Recall of 30%, and an F1-Score of only 30%. Despite employing advanced deep learning techniques, this method failed to adapt to the lightweight equipment and data characteristics used in this study, leading to suboptimal performance and accuracy.

In contrast, in this study's experimental results, the RandomForestClassifier combined with STFT feature extraction on lightweight hardware achieved the best performance, with Precision, Recall, and F1-Score all reaching 99%. Other machine learning classifiers (SVC, XGBClassifier, GradientBoostingClassifier) also performed well, maintaining results at a high level of 98%, demonstrating the feasibility of using STFT combined with machine learning to detect CSI data in this environment.

These experimental results highlight that the application of the STFT technique in this study effectively filtered out environmental noise from the CSI data collected by lightweight devices and extracted distinguishable time-frequency features. This approach significantly improved the detection accuracy and stability of the models, showcasing the potential of combining lightweight hardware with optimized data processing techniques for CSI data applications.

Table 2. Quantitative metrics for each method

Method / Metrics	Precision (%)	Recall (%)	F1- Score (%)
STFT + RandomForestClassifier	99	99	99
STFT + SVC	98	98	98
STFT + XGBClassifier	98	98	98
STFT + GradientBoostingClassifier	98	98	98
Xiao method	25	29	24
Liu method	31	30	30

4. CONCLUSION

This study successfully designed and validated an efficient, lightweight, and cost-effective WiFi CSI-based human flow detection system centered on the ESP32 module. Compared to devices used in other studies, the adoption of ESP32 significantly reduced the system's hardware cost and size. By integrating STFT analysis with machine learning techniques, the system effectively filtered environmental noise and extracted key features for accurate human flow detection. Experimental results demonstrated that the system is particularly suitable for simple scenarios such as corridors and staircases, highlighting its advantages in privacy protection, low cost, and non-contact sensing. This work lays a solid foundation for the development of privacy-friendly human flow detection systems.

Future research can further enhance this lightweight device by integrating deep learning techniques, such as autoencoders or time-frequency domain fusion analysis, to improve its data representation capabilities and detection performance in more complex scenarios. Additionally, optimizations can be made for multi-target detection and dynamic environments, especially to address challenges posed by multipath effects and environmental variations. Overall, this study achieved an efficient application of WiFi CSI technology in human flow detection using low-cost, lightweight hardware and provides a reference for future advancements and extensions of CSI-based technologies.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Science and Technology Council, R.O.C. under Grant NSTC 113-2622-E-025-001 - and NSTC 112-2222-E-025-002 -

REFERENCES

- Allen, J.B., Rabiner, L.R. 1977. A unified approach to short-time fourier analysis and synthesis. *Proceedings of the IEEE*, 65, 1558–1564.
- Azizi, S., Nair, G., Rabiee, R., Olofsson, T. 2020. Application of internet of things in academic buildings for space use efficiency using occupancy and booking data. *Building and Environment*, 186, 107355.
- Baba, T. 2012. Time-frequency analysis using short-time fourier transform. *The Open Acoustics Journal*, 5, 1–10.
- Chen, Z., Zhang, L., Jiang, C., Cao, Z., Cui, W. 2019. WiFi CSI-based passive human activity recognition using attention-based BLSTM. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 18, 2714–2724.
- Cominelli, M., Gringoli, F., Restuccia, F. 2023. Exposing

- the CSI: A systematic investigation of CSI-based Wi-Fi sensing capabilities and limitations. *Proceedings of the 2023 IEEE International Conference on Pervasive Computing*, 1–8.
- Das, S., Adhikary, A., Laghari, A.A., Mitra, S. 2023. Eldo-Care: EEG with kinect sensor based Telehealthcare for the disabled and the elderly. *Neuroscience Informatics*, 100130.
- Daware, T., Dhote, T. 2023. Enhancing public safety through real-time crowd density analysis and management. *Proceedings of the 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1040–1046.
- Ding, J., Wang, Y. 2019. WiFi CSI-based human activity recognition using deep recurrent neural network. *IEEE Access*, 7, 174257–174269.
- Espinosa, A., Lopez Ruiz, J., Mata Mata, F., Espinilla, M. 2021. Application of IoT in healthcare: Keys to implementation of the sustainable development goals. *Sensors*, 21, 2330.
- Fitwi, A., Chen, Y., Sun, H., Harrod, R. 2021. Estimating interpersonal distance and crowd density with a single-edge camera. *Computers*, 10, 143.
- Ge, Y., Taha, A., Shah, S.A., Dashtipour, K., Zhu, S., Cooper, J., Imran, M.A. 2023. Contactless WiFi sensing and monitoring for future healthcare: Emerging trends, challenges, and opportunities. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 16, 171–191.
- Jia, X., Feng, Q., Fan, T., Lei, Q. 2012. RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). *IEEE Pervasive Computing*, 5, 1282–1285.
- Kwon, H., An, S., Lee, H.-Y., Cha, W.C., Kim, S., Cho, M., Kong, H.-J. 2024. Beyond surveillance: Privacy, ethics, and regulations in face recognition technology. *Frontiers in Big Data*, 7, 1337465.
- Laghari, A.A., Yin, S. 2022. How to collect and interpret medical pictures captured in highly challenging environments that range from nanoscale to hyperspectral imaging. *Current Medical Imaging*, 20, 281222212228.
- Laghari, A.A., Estrela, V.V., Li, H., Shoulin, Y., Khan, A.A., Anwar, M.S., Wahab, A., Bouraqia, K. 2024. Quality of experience assessment in virtual/augmented reality serious games for healthcare: A systematic literature review. *Technology and Disability Preprint*, 1–12.
- Laghari, A.A., Sun, Y., Alhussein, M., Aurangzeb, K., Anwar, M.S., Rashid, M. 2023. Deep residual-dense network based on bidirectional recurrent neural network for atrial fibrillation detection. *Scientific Reports*, 13, 15109.
- Lei, Z., Rong, B., Jiahao, C., Yonghong, Z. 2024. Smart city healthcare: Non-contact human respiratory monitoring with WiFi-CSI. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 70, 333–341.
- Lin, Q., Yue, Y. 2015. Device-free passive human detection using Wi-Fi technology: Current state and future trend. *Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*, 1717–1723.

- Liu, J., Liu, H., Chen, Y., Wang, Y., Wang, C. 2020. Wireless sensing for human activity: A survey. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22, 1629–1645.
- Liu, M., Lin, Z., Xiao, P., Xiang, W. 2023. Human biometric signals monitoring based on WiFi channel state information using deep learning. *arXiv preprint, arXiv:2203.03980*.
- Liu, S., Zhao, Y., Chen, B. 2017. WiCount: A deep learning approach for crowd counting using WiFi signals. *Proceedings of the IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications and IEEE International Conference on Ubiquitous Computing and Communications (ISPA/IUCC)*, 967–974.
- Ma, Y., Arshad, S., Muniraju, S., Torkildson, E., Rantala, E., Doppler, K., Zhou, G. 2021. Location and person-independent activity recognition with WiFi, deep neural networks, and reinforcement learning. *ACM Transactions on Internet of Things*, 2, 1–25.
- Moshiri, P.F., Shahbazian, R., Nabati, M., Ghorashi, S.A. 2021. A CSI-based human activity recognition using deep learning. *Sensors*, 21, 7225.
- Narayana, S., Prasad, R.V., Rao, V.S., Prabhakar, T.V., Kowshik, S.S., Iyer, M.S. 2015. PIR sensors: Characterization and novel localization technique. *IEEE Sensors Journal*, 14, 142–153.
- Qian, K., Wu, C., Yang, Z., Liu, Y., Jamieson, K. 2017. Widar: Decimeter-level passive tracking via velocity monitoring with commodity Wi-Fi. *Proceedings of the 18th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, 1–10.
- Qian, K., Wu, C., Zhang, Y., Zhang, G., Yang, Z., Liu, Y. 2018. Widar2.0: Passive human tracking with a single Wi-Fi link. *IEEE Sensors Journal*, 16, 350–361.
- Rangdale, S., Jadhav, N., Solav, S., Gayake, N., Nanware, S., Dipmala, S., Tekade, P. 2023. A survey on crowd detection and management using deep learning. *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Internet of Things (ICCVIoT'23)*, Coimbatore, India, 224–232.
- Shah, A.S., Nasir, H., Fayaz, M., Lajis, A., Shah, A. 2019. A review on energy consumption optimization techniques in IoT-based smart building environments. *Information*, 10, 108.
- Shi, Z., Cheng, Q., Zhang, J.A., Xu, R.Y.D. 2022. Environment-robust WiFi-Based human activity recognition using enhanced CSI and Deep learning. *IEEE Internet of Things Journal*, 9, 24643–24654.
- Sun, J., Bian, X., Li, M. 2024. Non-contact heart rate monitoring method based on Wi-Fi CSI signal. *Sensors*, 24, 2111.
- Wang, C.-Y., Lin, F.-S. 2024. AI-driven privacy in elderly care: Developing a comprehensive solution for camera-based monitoring of older adults. *Applied Sciences*, 14, 4150.
- Wang, D., Yang, J., Cui, W., Xie, L., Sun, S. 2021. Multimodal CSI-based human activity recognition using GANs. *IEEE Internet of Things Journal*, 8, 17345–17355.
- Wang, X., Yang, C., Mao, S. 2020. Resilient respiration rate monitoring with realtime bimodal CSI data. *IEEE Sensors Journal*, 20, 10187–10198.
- Want, R. 2006. An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing*, 5, 25–33.
- Winkler, T., Rinner, B. 2014. Security and privacy protection in visual sensor networks: A survey. *ACM Computing Surveys*, 47, 1–42.
- Wu, D., Zeng, Y., Gao, R., Li, S., Li, Y., Shah, R.C., Zhang, D. 2023. WiTraj: Robust indoor motion tracking with WiFi signals. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 22, 3062–3078.
- Xiao, F., Guo, Z., Ni, Y., Xie, X., Maharjan, S., Zhang, Y. 2019. Artificial intelligence empowered mobile sensing for human flow detection. *IEEE Network*, 33, 78–83.
- Zeng, Y., Pathak, P. H., Mohapatra, P. 2016. WiWho: WiFi-based person identification in smart spaces. *Proceedings of the 15th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, 1–10.
- Zhang, J., Li, Y., Xiong, H., Dou, D., Miao, C., Zhang, D. 2022. HandGest: Hierarchical sensing for robust-in-the-air handwriting recognition with commodity WiFi devices. *IEEE Internet of Things Journal*, 9, 19529–19544.
- Zhou, H., Zhang, Y., Temiz, M. 2023. High-resolution indoor sensing using channel state information of WiFi networks. *Electronics*, 12, 3931.

Real-time Vehicle Recognition System Using You Only Look Once Model with Uniform Experimental Design

Chun-Hui Lin,¹ We-Ling Lin,² Cheng-Jian Lin,^{1*} and Kang-Wei Lee¹

¹Department of Computer Science and Information Engineering, National Chin-Yi University of Technology,
Taichung 411, Taiwan

²Department of Intelligent Production Engineering, National Taichung University of Science and Technology,
Taichung 404, Taiwan

(Received June 25, 2024; accepted October 30, 2024)

Keywords: intelligent transportation system, vehicle recognition, uniform experimental design, YOLO

As urban areas develop and technology advances, artificial intelligence technologies offer numerous applications to alleviate a pressing issue: traffic congestion. The importance of traffic management and safety monitoring underscores the crucial role of integrating vehicle recognition technology with the Internet of Things within intelligent transportation systems. In this study, You Only Look Once with Uniform Experimental Design (U-YOLOv4) is proposed to enhance the performance of vehicle recognition. The approach aims to optimize hyperparameters within YOLOv4, resulting in a high recognition rate in the model. Furthermore, two datasets were utilized: Vehicle from Beijing Institute of Technology (BIT) and Computational Intelligence Application Laboratory from National Chin-Yi University of Technology (CIA-NCUT). The experimental results revealed significant improvements when comparing U-YOLOv4 to YOLOv4. In the BIT-Vehicle dataset, U-YOLOv4 achieved a mean average precision of 97.84%, whereas in the CIA-NCUT dataset, it reached 89.19%, highlighting its superior performance over YOLOv4. The U-YOLOv4 model has overall demonstrated significant improvement in vehicle recognition, revealing its adaptability across different datasets and various scenarios. Its application is expected to play a crucial role in intelligent transportation systems, enhancing traffic management efficiency and road safety.

1. Introduction

With the global population continuing to grow and business activities flourishing, transportation and road traffic have become increasingly essential for daily operations. However, this also leads to a range of issues, including traffic congestion, heightened carbon dioxide emissions, increased risk of traffic accidents, and challenges in route planning and management. In response to these challenges, intelligent transportation systems (ITSs) utilize technologies such as the Internet of Things (IoT), big data analysis, and artificial intelligence to enhance transportation efficiency and public safety, and ultimately, to improve the convenience of travel.⁽¹⁾ Specifically, IoT technology facilitates connectivity among transportation facilities,

*Corresponding author: e-mail: cjlin@ncut.edu.tw
<https://doi.org/10.18494/SAM5196>

vehicles, and pedestrians, enabling instant data collection and sharing. Big data analysis extracts valuable information from massive data to support traffic management and decision-making. Artificial intelligence technology is applied in traffic monitoring, signal control, and intelligent traffic prediction, enhancing the intelligence of the transportation system. Among these technologies, the vehicle recognition system, a pivotal component of ITS, connects to the IoT to identify vehicles and transmit relevant information to the monitoring center or other traffic management platforms. Moreover, it provides traffic managers with real-time data access for adjustments and responses. Specifically, the vehicle recognition system not only analyzes traffic flow but also estimates driving delay times and suggests alternative routes, thereby reducing energy consumption and carbon dioxide emissions. Simultaneously, regarding urban security, the vehicle recognition system can pinpoint accident locations, identify illegal vehicles, track suspect vehicles, and provide real-time information to relevant units to maintain public safety.^(2,3) These benefits collectively promote urban transportation efficiency and safety, mitigate the negative impact of transportation on the environment, and enhance the travel experience for individuals.

Accurately detecting and identifying vehicles in the constantly shifting traffic environment remain a significant challenge. The diversity and complexity of traffic scenes, including factors such as traffic volume, road directions, and the multitude of vehicle types, pose substantial hurdles for vehicle recognition technology. Additionally, adverse weather conditions, varying light sources, and object occlusions exacerbate the difficulty of vehicle identification, leading to diminished accuracy and stability.⁽⁴⁾ Consequently, there is a clear need to enhance and refine vehicle recognition technology to meet the changing demands of road traffic. Conventional machine learning (ML) approaches mainly consist of two steps in target recognition:⁽¹⁾ feature extraction and classification. Specifically, features are typically extracted directly from image pixels using low-level feature extraction methods such as speeded-up robust features (SURF),^(5,6) scale-invariant feature transformation (SIFT),^(6,7) and histogram of oriented gradients (HOG).^(8,9) Subsequently, classification is commonly performed using algorithms such as k-nearest neighbor (KNN)⁽¹⁰⁾ and support vector machine (SVM).⁽⁹⁾ However, the instability of conventional ML lies in the fact that feature extraction relies on manual design by experts, which can result in a time-consuming and computationally tedious process. Fortunately, with the development of deep learning, conventional approaches are gradually being replaced by convolutional neural networks (CNNs). CNNs perform image localization and classification by extracting features from images using multi-level convolution and pooling layers, and it has been widely used in object detection tasks.⁽¹¹⁾ In vehicle recognition tasks, CNN models can not only detect and classify different categories of vehicles through model training but also adapt to various scenes and environments.

Among all CNN models, object detection models can be mainly divided into two types: two-stage and one-stage.⁽¹²⁾ The former models usually generate candidate regions of interest (region proposals) first, then feed those candidate areas into CNN for further processing such as feature extraction and classification to identify the objects' locations and categories. Representative models, such as region-based CNN (R-CNN),⁽¹³⁾ Fast R-CNN, and Faster R-CNN,⁽¹⁴⁾ achieve high accuracy and are particularly suitable for complex scenes where accurate object recognition

is required. However, they are hindered by the time-consuming nature of the two-step process of generating and classifying region proposals. On the other hand, one-stage object detection models, such as the Single Shot MultiBox Detector (SSD)⁽¹⁵⁾ and You Only Look Once (YOLO),⁽¹⁶⁾ integrate region proposals and object classification into a single network, allowing model parameters to propagate from the input layer to the output layer. One-stage models offer the advantage of reducing computational time, making them particularly suitable for real-time applications. However, their accuracy tends to be lower than that of two-stage models. In the context of vehicle identification tasks, it is crucial to consider both computational time and accuracy to achieve effective real-time vehicle identification.

Notably, the series of YOLO models⁽¹⁷⁾ have demonstrated a strong capability for feature extraction and rapid object recognition through multiple improvements and optimizations. Its excellent performance has been acknowledged in numerous practical applications. For instance, Liu *et al.* replaced the backbone network with the ConvNeXt-S network for the feature extraction part in YOLOv4.⁽¹⁸⁾ Additionally, a global attention mechanism was integrated, and the loss function was modified with SIOU for real-time vehicle detection tasks.⁽¹⁸⁾ Liu *et al.* also applied the GhostbottleNet algorithm to the feature extraction process within YOLOv5 to address the issue of incomplete feature extraction caused by the uneven distribution of image features in surface ship detection and recognition tasks.⁽¹⁹⁾ Safonova *et al.* implemented YOLO models to detect infested trees using images acquired from high-resolution unmanned aerial vehicles.⁽²⁰⁾ However, the performance of these models was impeded by the types of detection and the complexity of the images, highlighting the importance of appropriately adjusting hyperparameters to improve the model's accuracy, thereby enhancing its performance and robustness.

The selection of hyperparameters can significantly impact the model performance by enhancing accuracy, improving model generalization, reducing overfitting, and even expediting the training process. Numerous researchers have proposed several methods, including full factorial design, grid search,⁽²¹⁾ and random search.⁽²²⁾ However, these approaches typically demand a substantial number of experiments and impose high requirements on computing resources and time.⁽²³⁾ Considering constraints on time and cost, the Taguchi method and uniform experimental design have emerged as widely adopted alternatives. The Taguchi method is an effective experimental design approach that enables the discovery of optimal hyperparameter combinations in a limited number of experiments. Although the number of experiments in the Taguchi method typically exceeds the number of levels squared, it is still relatively smaller than those of full factorial experiments and grid searches, making it easy to implement. Nevertheless, the Taguchi method has limitations, as the settings for factors and levels cannot be too extensive and are determined by experts with specific experience and intuition regarding the experiments.⁽²⁴⁾ On the other hand, in uniform experimental design, factors and levels are determined on the basis of predistribution, ensuring balanced exploration across different factors and levels. This approach effectively reduces the number of experiments while maintaining the comprehensive exploration of the hyperparameter space. In other words, a uniform experimental design can discover better hyperparameter combinations in a limited number of experiments, effectively addressing multi-factor and multi-level parameter selection

problems.⁽²⁵⁾ Therefore, to enhance model accuracy while conserving computational time through fewer experiments, in this study, we employed a uniform experimental design to optimize parameters, effectively addressing the challenge of multi-factor and multi-level parameter selection. Moreover, building upon the concept of a rapid and accurate real-time vehicle recognition system, we proposed an improved YOLOv4 model with uniform experimental design (U-YOLOv4) to achieve high-precision vehicle detection and classification. The contributions of this study can be summarized as follows:

- The proposed U-YOLOv4 model achieved real-time vehicle detection and enhances recognition accuracy.
- The uniform experimental design method is utilized to determine optimal parameter combinations in multi-factor and multi-level parameter selection efficiently.
- A practical vehicle dataset, Computational Intelligence Application Laboratory from National Chin-Yi University of Technology (CIA-NCUT), was established from traffic videos in western Taiwan. Furthermore, U-YOLOv4 was implemented in actual scenes along a country road in Taiwan.

The remainder of this study is organized as follows. In Sect. 2, we introduce the proposed real-time vehicle recognition system using the U-YOLOv4 method. In Sect. 3, we present a comparison of the results between U-YOLOv4 and YOLOv4, and in Sect. 4, we draw conclusions and outline future prospects.

2. Real-time Vehicle Recognition System

The overall workflow of this study is illustrated in Fig. 1. To address the challenges present in vehicle identification, the uniform design experiment method was employed to optimize the model hyperparameters. Subsequently, through regression analysis, the optimal parameter combination was determined to enhance the performance of the YOLOv4 model. Additionally, real-time images captured from cameras installed on highways in western Taiwan were obtained, and the system was deployed on an AGX Xavier embedded platform.

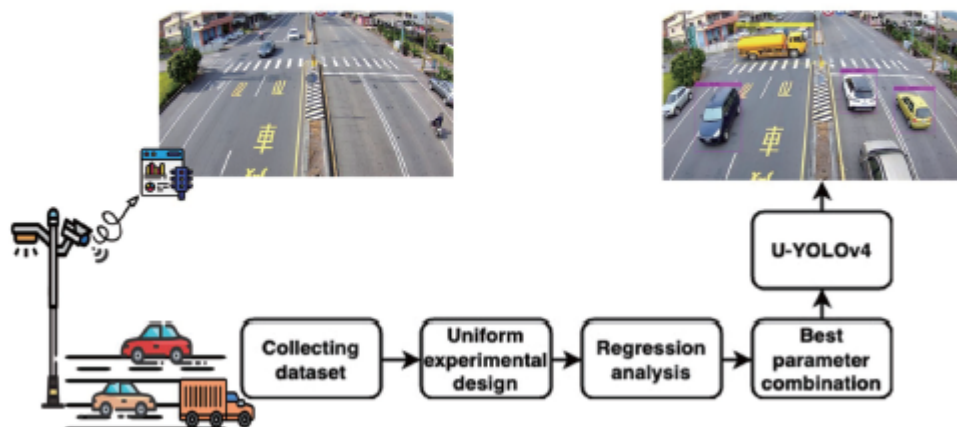


Fig. 1. (Color online) Overall workflow of real-time vehicle recognition system.

2.1 YOLOv4 model

YOLOv4,⁽²⁶⁾ an end-to-end designed model, as shown in Fig. 2, can be trained on a single graphics processing unit for fast and accurate performance.⁽¹⁶⁾ Its architecture is mainly composed of three parts as shown in Fig. 2, namely, the backbone, neck, and head. The backbone utilizes CSPDarknet53 with the concept of the cross-stage partial network for achieving effective feature extraction. The neck combines a spatial pyramid pooling layer and path aggregation network components for integrating feature maps of different scales. Lastly, the head employs the original YOLOv3 architecture, which converts feature maps obtained from the backbone into prediction boxes and categories.^(16,17) In this study, hyperparameters such as batch normalization (BN), the number of convolution kernels, and the activation function (AF) in the last three layers of the YOLOv4 head were chosen for uniform experimental design adjustment.

2.2 Uniform experimental design

The uniform experimental design method⁽²³⁾ replaces the orderliness and comparable characteristics of orthogonal experiments by evenly distributing parameters within a certain

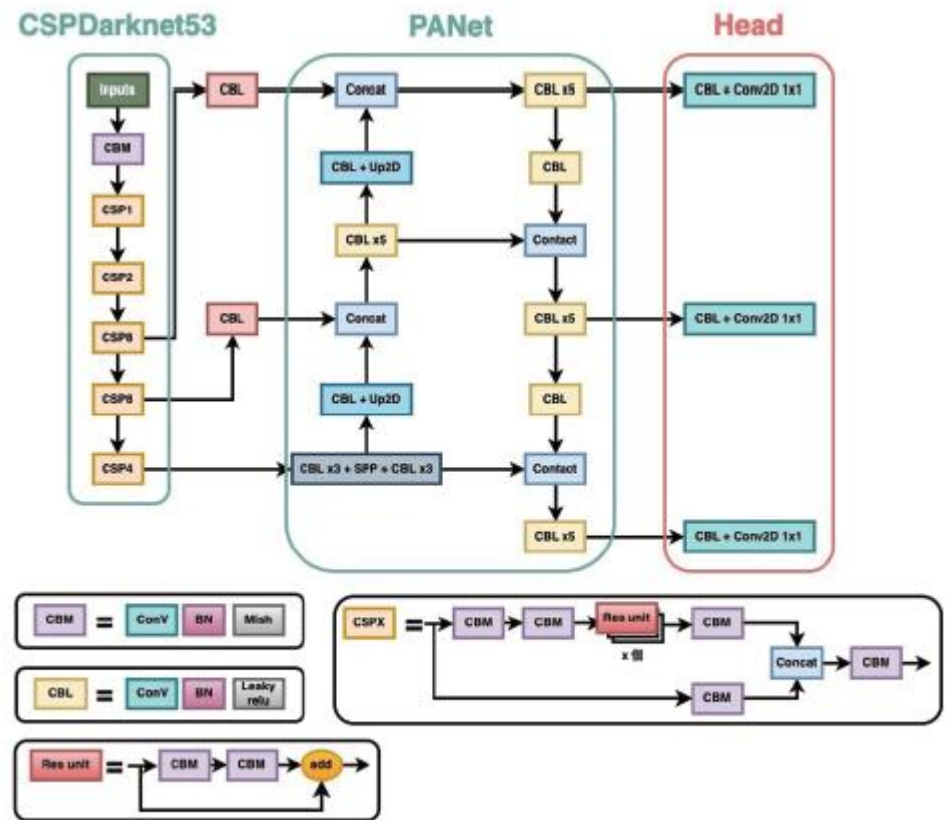


Fig. 2. (Color online) YOLOv4 architecture diagram.

range. This ensures that the parameters cover the entire design space and that each experimental point is representative.⁽²⁵⁾ This benefits the effective exploration within the design space, lowering computational costs and avoiding repeated experiments, especially when the design space is large or complex. In this study, seven factors, including three 2-level factors and four 3-level factors, were designed and are listed in Table 1. Moreover, the required number of experiments was determined according to the uniform layout and good lattice point sets, as revealed in Table 2. The uniform experimental design flowchart is also provided in Fig. 3.

Table 1
Experimental factors and levels in uniform experimental design.

Factor		Level 1	Level 2	Level 3
CBL 1	BN	0	1	—
	Filters	128	256	512
	AF	Mish	ReLU	Leaky ReLU
CBL 2	BN	0	1	—
	AF	Mish	ReLU	Leaky ReLU
CBL 3	BN	0	1	—
	AF	Mish	ReLU	Leaky ReLU

Table 2
List of uniform layout.

	1	2	3	4	5	6	7
1	8	6	14	1	11	13	4
2	10	10	11	4	14	10	15
3	4	15	1	5	9	7	5
4	9	7	2	13	8	1	14
5	1	11	4	10	12	12	10
6	13	12	8	7	13	3	1
7	14	9	5	2	1	6	9
8	12	14	9	14	6	14	7
9	2	2	10	3	7	2	8
10	7	13	15	9	4	4	12
11	3	8	12	12	2	9	2
12	5	5	7	6	3	15	13
13	15	3	13	11	10	8	11
14	6	4	6	15	15	5	6
15	11	1	3	8	5	11	3

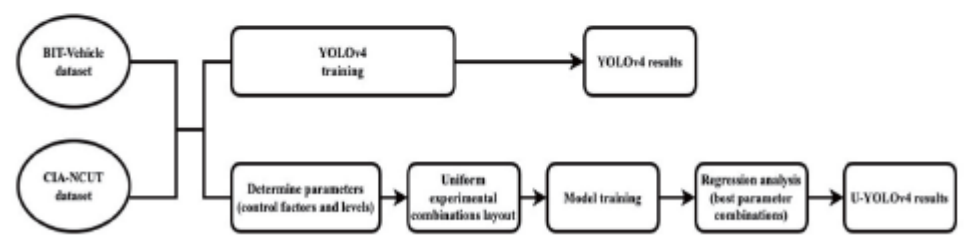


Fig. 3. Flowchart of uniform experimental design.

2.3 Multiple regression analysis

Multiple regression is a statistical analysis method that explores the relationship between one dependent variable and one or more independent variables. Unlike simple linear regression, which involves only one independent variable and one dependent variable, multiple regression considers the effect of multiple independent variables. This allows for a more comprehensive analysis of the factors affecting the dependent variable.⁽²⁴⁾ In this study, quadratic multiple regression was performed after completing the 15 experiments described in the previous section to identify the optimal parameter combination. The formula for quadratic multiple regression is

$$\varepsilon = Y - \left[\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} X_i + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} X_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{m=i+1}^n \beta_{3i} X_i X_m \right] \quad (1)$$

where ε , Y , and β_0 represent the residual term, dependent variable, and intercept term, respectively. β_{1i} signifies the coefficient of the linear term, indicating the effect of the i th independent variable on the dependent variable; β_{2i} denotes the coefficient of the quadratic term, representing the effect of the square of the i th independent variable on the dependent variable; β_{3i} indicates the coefficient of the interaction term, representing the impact of the product of the i th independent variable and other independent variables on the dependent variable. Additionally, X_i and X_m denote the values of independent variables, while n represents the total number of independent variables.

2.4 Evaluation metric

Four evaluation metrics—mean average precision (*mAP*), precision, recall, and *F1-score*—are described to assess the performance of the U-YOLOv4 and conventional YOLOv4 models. The formulas for these metrics are listed as follows:

$$mAP = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} AP_k}{n} \quad (2)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$F1 = \frac{2 \times precision \times recall}{precision + recall} \quad (5)$$

where TP , TN , FP , and FN respectively stand for true positives, true negatives, false positives, and false negatives, respectively. Moreover, n represents the number of categories and AP_k denotes the average precision in the k th category.

3. Results and Discussion

In this section, we aim to verify the effectiveness of U-YOLOv4 using two datasets. Moreover, the optimal parameter combinations and the vehicle recognition performance, along with further discussions, are provided. Furthermore, the model was also evaluated under various lighting scenarios and tested for real-time application on highways.

3.1 Results of U-YOLOv4 using Beijing Institute of Technology (BIT)-Vehicle dataset

3.1.1 BIT-Vehicle dataset

The BIT-Vehicle dataset comprises a total of 9850 vehicle images, including six types of vehicle, namely, trucks, buses, sedans, minibuses, minivans, and SUVs, as illustrated in Fig. 4. These images were captured from various sections of the highway, encompassing different light conditions, with each image featuring one or two vehicles. For the experiments, the data were randomly split into an 80:20 ratio, with 7880 images used for training and 1970 images for testing. The detailed breakdown of each category within the BIT-Vehicle dataset is provided in Table 3.



Fig. 4. (Color online) Images within BIT-Vehicle dataset.

Table 3
Number of vehicle categories within BIT-Vehicle dataset.

Category	Bus	Microbus	Minivan	Sedan	SUV	Truck
Training data	457	702	388	4751	1104	648
Testing data	101	181	88	1170	288	175
Total count	558	883	476	5922	1392	822

3.1.2 Uniform experimental design

In YOLOv4, the head plays a crucial role as it processes aggregated features and predicts bounding boxes, object scores, and classification scores. Therefore, optimizing pretraining parameter combinations can significantly enhance the model's performance. Herein, Table 4 lists a total of fifteen uniform design experiments. Following the completion of these experiments, all data underwent analysis using quadratic multiple regression to determine the optimal parameter combination. Finally, the results are presented in Table 5, with the optimal pretraining parameter combination displayed in Table 6.

3.1.3 Comparison of experimental results between U-YOLOv4 and YOLOv4 using BIT-Vehicle dataset

To assess the performance of U-YOLOv4, comparison experiments were conducted with the original YOLOv4 model. The performance was averaged from three experiments using the BIT-Vehicle dataset, as listed in Table 7. The U-YOLOv4 model achieved the same precision, recall, and *F1-score* as the original YOLOv4 model, at 94.5, 97.5, and 96%, respectively. Furthermore, U-YOLOv4 demonstrated a 0.58% increase in *mAP* compared with the original YOLOv4 model. Specifically, the U-YOLOv4 model exhibited better recognition in five categories: minibus, minivan, sedan, SUV, and truck. This indicates that U-YOLOv4 can more accurately locate targets in detection tasks and shows a slight improvement in overall detection accuracy.

3.2 Results of U-YOLOv4 using CIA-NCUT dataset

3.2.1 CIA-NCUT dataset

In this subsection, the CIA-NCUT dataset, collected by the team from National Chin-Yi University of Science and Technology, is introduced. This dataset is particularly suited to reflecting actual road conditions in Taiwan. Acquired through cameras installed on highway sections in western Taiwan, it was complemented by the development of the AGX Xavier embedded platform for video data collection. Moreover, since image recognition outcomes can be affected by weather conditions and lighting environments, the dataset comprises images captured under various conditions such as day, night, and rainy days as illustrated in Fig. 5. These images encompass both forward and backward perspectives from driving viewpoints. The CIA-NCUT dataset includes five vehicle categories: cars, buses, trucks, motorcycles, and

Table 4
List of fifteen uniform design experiments.

	CBL 1			CBL 2		CBL 3	
	BN	Filters	AF	BN	AF	BN	AF
1	1	512	Leaky	0	ReLU	1	ReLU
2	1	128	Leaky	1	ReLU	0	Leaky
3	0	512	Mish	0	Mish	1	Mish
4	1	128	Leaky	0	ReLU	1	Mish
5	0	256	Mish	1	Mish	0	ReLU
6	1	512	Leaky	0	Leaky	1	ReLU
7	1	512	Leaky	1	Leaky	0	Leaky
8	1	256	ReLU	1	Mish	0	ReLU
9	0	256	Mish	0	Leaky	0	Mish
10	0	128	ReLU	0	Leaky	0	Leaky
11	0	256	ReLU	1	ReLU	1	Mish
12	0	256	Mish	1	Mish	1	ReLU
13	1	512	Mish	0	Leaky	0	Mish
14	0	128	ReLU	0	Mish	1	Leaky
15	1	128	ReLU	1	ReLU	1	Leaky

Table 5
Results of uniform design experiments using BIT-Vehicle dataset.

	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	mAP (%)
1	95	97	96	96.79
2	94	97	96	97.43
3	95	98	96	97.15
4	95	97	96	97.47
5	94	97	96	96.46
6	95	97	96	96.71
7	94	98	96	97.44
8	94	98	96	97.64
9	95	97	96	97.40
10	95	97	96	97.40
11	95	97	96	95.63
12	94	97	96	97.53
13	94	98	96	97.67
14	94	97	96	97.36
15	94	97	96	96.96

Table 6
Optimal pretraining parameter combination using BIT-Vehicle dataset.

CBL 1		CBL 2		CBL 3	
BN	1	BN	0	BN	1
Filters	128	AF	Leaky	AF	ReLU
AF	Leaky				

bicycles, totaling 76597 images. After image labeling, the data were randomly divided into a training dataset of 61278 images and a testing dataset of 15319 images, maintaining an 80:20 ratio. Given that each image contains multiple vehicles, the total number is presented in Table 8.

To ensure consistency and comparability across experiments, the uniform design experiments adopted the same process as described in Sect. 3.1.2 for the BIT-Vehicle Dataset. Subsequently, a

Table 7
Comparison of experimental results between U-YOLOv4 and YOLOv4 using BIT-Vehicle dataset.

Method	YOLOv4 (%)	U-YOLOv4 (%)
<i>Precision</i>	94.50	94.50
<i>Recall</i>	97.50	97.50
<i>F1-score</i>	96	96
<i>mAP</i>	97.26	97.84
Bus	100	100
Minibus	98.35	98.64
Minivan	92.70	94.44
Sedan	98.90	98.92
SUV	96.55	97.32
Truck	96.74	97.73



Fig. 5. (Color online) Images within CIA-NCUT dataset.

Table 8
Number of vehicle categories within CIA-NCUT dataset.

	Car	Bus	Truck	Motorcycle	Bicycle
Training data	57701	4204	9561	28293	4506
Testing data	14392	968	2480	6981	1103
Total count	72093	5172	12041	35274	5609

quadratic multiple regression analysis was conducted to select the optimal combination of pretraining parameters. The results of all fifteen uniform design experiments are presented in Table 9, with the optimal pretrained parameter combination revealed in Table 10.

Table 9
Results of uniform design experiments using CIA-NCUT dataset.

	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>	<i>mAP (%)</i>
1	71	91	80	88.91
2	71	90	80	88.86
3	72	90	80	88.52
4	72	89	80	88.42
5	72	89	80	88.45
6	71	90	80	88.68
7	71	90	79	88.88
8	72	91	80	88.82
9	72	90	80	88.57
10	70	91	79	88.69
11	71	90	79	88.45
12	72	90	80	88.50
13	73	89	80	88.53
14	71	90	79	88.50
15	71	90	80	88.46

Table 10
Optimal pretraining parameter combination using CIA-NCUT dataset.

CBL 1		CBL 2		CBL 3	
BN	0	BN	1	BN	0
Filters	256	AF	Leaky	AF	Mish
AF	Leaky				

3.2.2 Comparison of experimental results between U-YOLOv4 and YOLOv4 using CIA-NCUT dataset

Table 11 presents a comparison of experimental results between U-YOLOv4 and YOLOv4. Despite a slight decline in *precision* and *F1-score* for U-YOLOv4, there was an approximate 1 to 2% improvement in *mAP* and *recall* rates. This trend highlights U-YOLOv4's proficiency in accurately identifying objects in target detection tasks, with heightened sensitivity. Specifically, with increasing *recall*, the model becomes more effective at capturing true positive samples, albeit potentially resulting in more false positives and thus reducing *precision* and *F1-score*. Importantly, U-YOLOv4 demonstrated superior recognition ability in each category compared with the original YOLOv4 model.

3.3 Implementation of U-YOLOv4 on highways in Taiwan

To understand the performance of the actual implementation of U-YOLOv4 in real-time vehicle recognition, a section of a provincial highway in Taiwan was selected. The workflow, as shown in Fig. 6, includes cameras installed on pillars, transmitting real-time video back to the monitoring center via the internet.

Figure 7 shows vehicle recognition images generated by U-YOLOv4 and YOLOv4. It is evident that YOLOv4 struggles to recognize vehicles appearing far away from the camera (highlighted in the red circle). Conversely, U-YOLOv4 demonstrates a higher recognition rate in

Table 11
Comparison of experimental results between U-YOLOv4 and YOLOv4 using CIA-NCUT dataset.

Method	YOLOv4 (%)	U-YOLOv4 (%)
<i>Precision</i>	72	70
<i>Recall</i>	90	92
<i>F1-score</i>	80	79
<i>mAP</i>	88.31	89.19
Sedan	83.83	84.07
Passenger	93.68	94.92
Truck	94.56	94.86
Scooter	83.76	84.48
Bicycle	85.74	87.64

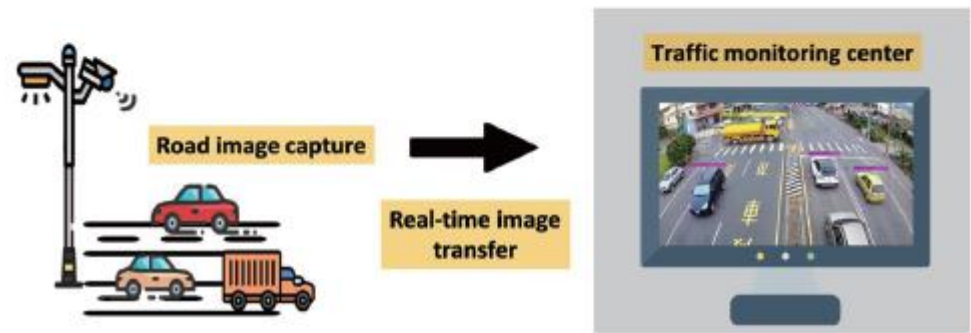


Fig. 6. (Color online) Workflow of actual implementation in real-time vehicle recognition.

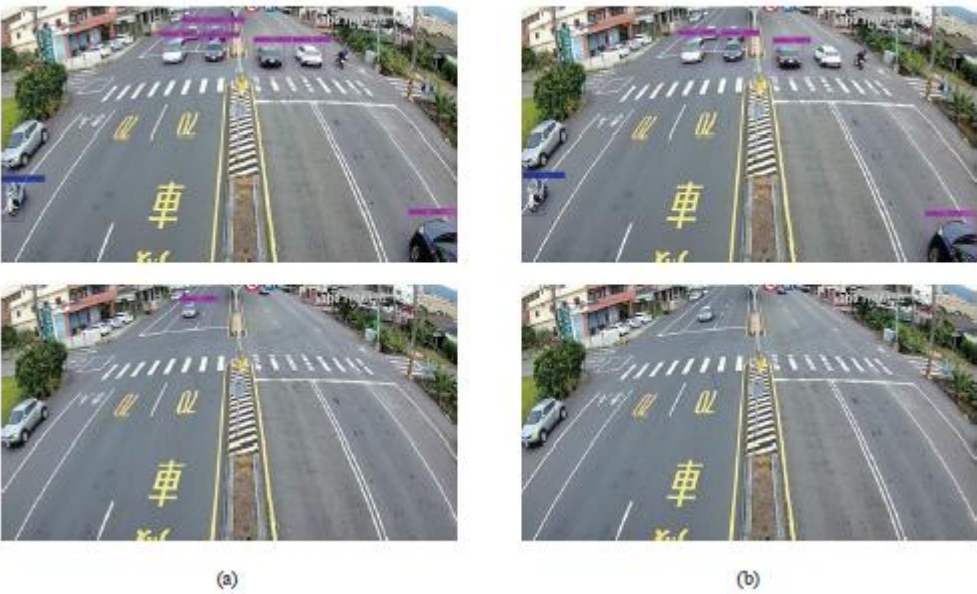


Fig. 7. (Color online) Vehicle recognition images generated by (a) U-YOLOv4 and (b) YOLOv4.

real-time image recognition and effectively identifies smaller vehicles at greater distances from the camera.

Overall, U-YOLOv4 improved *mAP* by 0.58% compared with the original YOLOv4 while maintaining consistent performance in *precision*, *recall*, and *F1-score* in the BIT-Vehicle dataset. On the other hand, the CIA-NCUT dataset, with more complex situations, showed that U-YOLOv4 improved by 0.88% to 2% in recall and *mAP*, but its performance in precision and F1-score declined slightly. This difference may be attributed to the diversity of the dataset, such as varying weather conditions, light sources, and vehicle directions, posing challenges to the model's generalization ability. Additionally, in real-time vehicle detection applications, U-YOLOv4 performs better than YOLOv4 in detecting smaller vehicles at greater distances. However, there is still room for improvement in the confidence of identifying those vehicles.

4. Conclusion

In this study, we employed a uniform experimental design method to optimize the YOLOv4 model for vehicle detection systems. By leveraging the characteristics of a uniform distribution, the parameter space was systematically explored, resulting in the successful development of U-YOLOv4 with improved performance. Additionally, the CIA-NCUT dataset was established by collecting traffic images from actual roads in Taiwan. Evaluation results on both the BIT-Vehicle and CIA-NCUT datasets demonstrated that U-YOLOv4 improved *mAP* by 0.58% to 2% compared with the original YOLOv4. Although there were slight decreases in some performance indicators, the overall performance was still enhanced. Moreover, U-YOLOv4 was applied to a highway section in Taiwan, confirming its effectiveness in real-world scenarios, particularly in identifying smaller vehicles at greater distances.

Nonetheless, challenges persist in the real-time detection and identification application of U-YOLOv4, including insufficient confidence in certain situations, necessitating further improvement. In future research, U-YOLOv4 can be enhanced through refined feature extraction and model adjustments, thereby boosting the accuracy and confidence of identification and enhancing its application value and reliability.

References

1. Zakria, J. Deng, Y. Hao, M. S. Khokhar, R. Kumar, J. Cai, J. Kumar, and M. U. Aftab: *Mathematics* **9** (2021) 3162. <https://doi.org/10.3390/math9243162>
2. S. Kumar, R. Mallidi, and V. V. Vineela: *Int. J. Adv. Comput. Res.* **9** (2018) 738. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i2.5870>
3. C. J. Lin and J. Y. Jhang: *IEEE Access* **10** (2022) 14120. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3147866>
4. C. J. Lin, S. Y. Jeng, and H. W. Lioa: *Math. Probl. Eng.* **2021** (2021) 1577614. <https://doi.org/10.1155/2021/1577614>
5. N. A. Arifin, B. Irawan, and C. Setianingsih: 2017 IEEE Asia Pacific Conf. Wireless and Mobile (APWiMob) (Bandung, Indonesia, 2017) 52. <https://doi.org/10.1109/APWiMob.2017.8284004>
6. Z. Malik and I. Siddiqi: *Int. Conf. Frontiers Inf. Technol.* (Islamabad, Pakistan, 2014) 330. <https://doi.org/10.1109/FIT.2014.68>
7. R. Widyastuti and C. K. Yang: 2018 IEEE 7th Global Conf. Consum. Electron. (GCCE) (Nara, Japan, 2018) 55. <https://doi.org/10.1109/GCCE.2018.8574870>
8. M. Shirpour, N. Khairdoost, M. A. Bauer, and S. S. Beauchemin: *IEEE Trans. Intell. Veh.* **8** (2023) 594. <https://doi.org/10.1109/TIV.2021.3133849>

- 9 X. Zhang, L. Zhang, and X. Lou: IEEE Trans. Circuits and Systems I: Regular Papers **69** (2022) 322. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2021.3098053>
- 10 N. Laoprasitthachok, K. Sumat, and S. Chiewchanwattana: IEEE Access **7** (2019) 20894. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2893320>
- 11 A. K. Shetty, I. Saha, R. M. Sanghvi, S. A. Save, and Y. J. Patel: 2021 6th Int. Conf. Convergence in Technology (I2CT) (Maharashtra, India, 2021) 1. <https://doi.org/10.1109/I2CT51068.2021.9417895>
- 12 P. Wang, X. Wang, Y. Liu, and J. Song: IEEE Access **12** (2024) 8198. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3351771>
- 13 A. Arinaldi, J. A. Pradana, and A. A. Gurusanga: INNS Conf. Big Data **144** (2018) 259. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.527>
- 14 Z. Jiang, L. Zhao, S. Li, and Y. Jia: arXiv (2020). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.04244>
- 15 W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C. Y. Fu, and A. C. Berg: European Conf. Comput. Vis. (ECCV) (Amsterdam, The Netherlands, 2016) 21. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- 16 A. Bochkovskiy, C. Y. Wang, and H. Y. Liao: arXiv (2020). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>
- 17 A. Nazir and M. Wani: 2023 10th Int. Conf. Comput. Sustain. Global Develop. (INDIACom) (New Delhi, India, 2023) 1088.
- 18 Y. Liu, Y. Sun, C. Zhang, F. Wang, and H. Zhao: 2023 8th Int. Conf. Intell. Inform. Biomed. Sci. (ICIIBMS) **8** (2023) 575. <https://doi.org/10.1109/ICIIBMS60103.2023.10347712>
- 19 T. Liu, B. Zou, Y. Zhao, and S. Yan: 2021 6th Int. Conf. Automat. Control Robot. Eng. (CACRE) (Dalian, China, 2021) 483. <https://doi.org/10.1109/CACRE52464.2021.9501331>
- 20 A. Safonova, Y. Hamad, A. Alekhina, and D. I. Kaplun: IEEE Access **10** (2022) 10384. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3144433>
- 21 Pirjatullah, D. Kartini, D. Nugrahadi, Muliadi, and A. Farmadi: 2021 4th Int. Conf. Comput. Inform. Eng. (IC2IE) (Depok, Indonesia, 2021) 390. <https://doi.org/10.1109/IC2IE53219.2021.9649207>
- 22 J. Bergstra and Y. Bengio: J. Mach. Learn. Res. **13** (2012) 281. <http://jmlr.org/papers/v13/bergstra12a.html>
- 23 D. E. Puentes G., C. J. Barrios H. and P. O. A. Navaux: 2022 IEEE Latin Amer. Conf. Comput. Intell. (LA-CCI) (Montevideo, Uruguay, 2022) 1. <https://doi.org/10.1109/LA-CCI54402.2022.9981104>
- 24 K. Fang, D. Lin, P. Winker, and Y. Zhang: U: Technometrics **42** (2000) 237. <https://doi.org/10.2307/1271079>
- 25 Q. Chen, D. Zhai, S. Li, and L. Zeng: 2011 IEEE Int. Symp. IT Med. Educ. **2** (2011) 165. <https://doi.org/10.1109/ITIME.2011.6132081>
- 26 J. Redmon, S. Divvala, R. B. Girshick, and A. Farhadi: 2016 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR) (Las Vegas, NV, USA, 2016) 779. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>

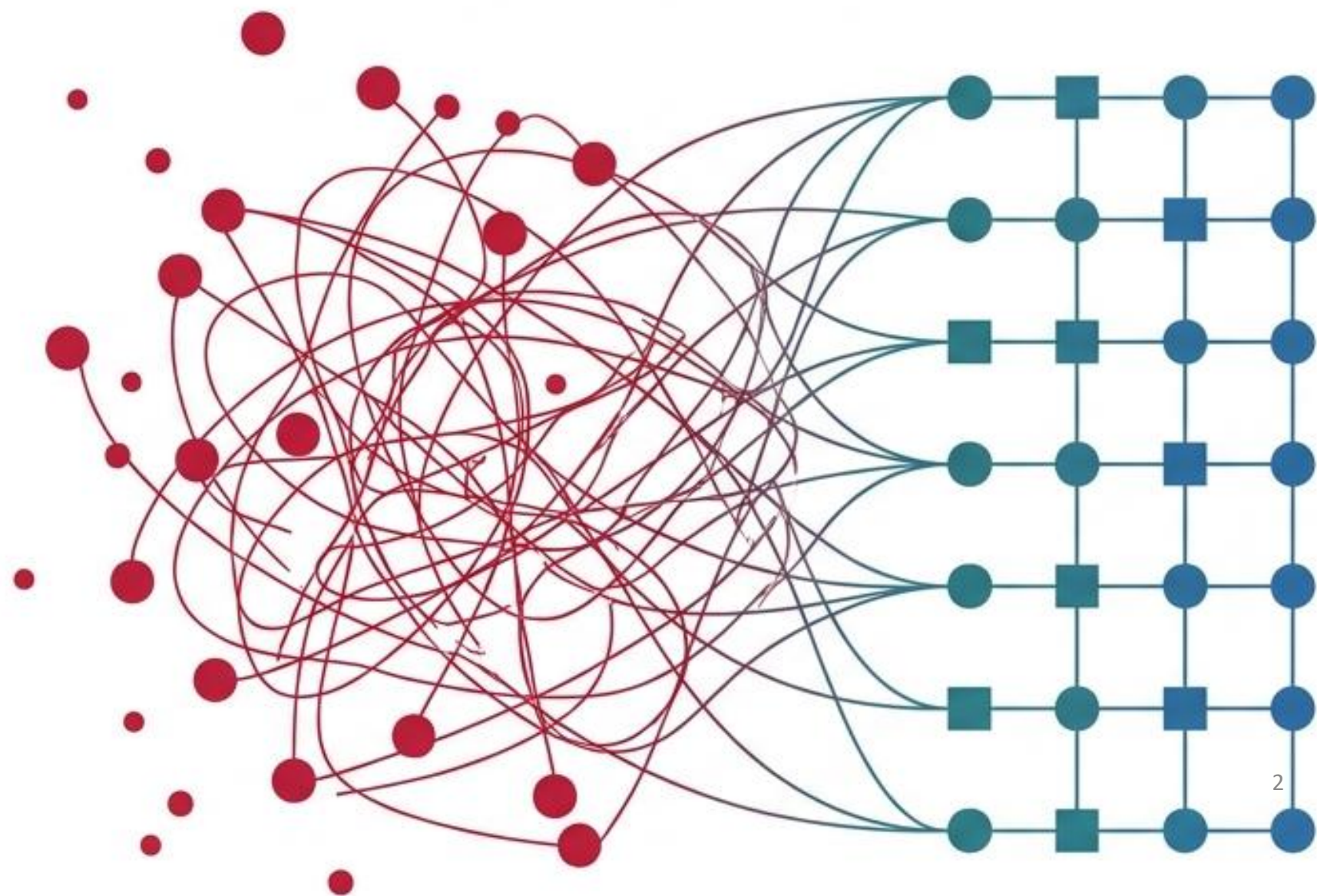
ISB 智慧化服務匯流排

ISB 智慧化服務匯流排：輕量化、高彈性的
微服務整合架構平台之設計、實作與實證
研究

1

林煒凌 | 助理教授 | 智慧生產工程系





研發理念：從混亂到有序

突破系統整合困境，建構數位治理新樞紐

組織面臨的數位轉型困境



系統異質化

歷史包袱沉重，缺乏統一的介接標準，系統互通困難。



資料孤島

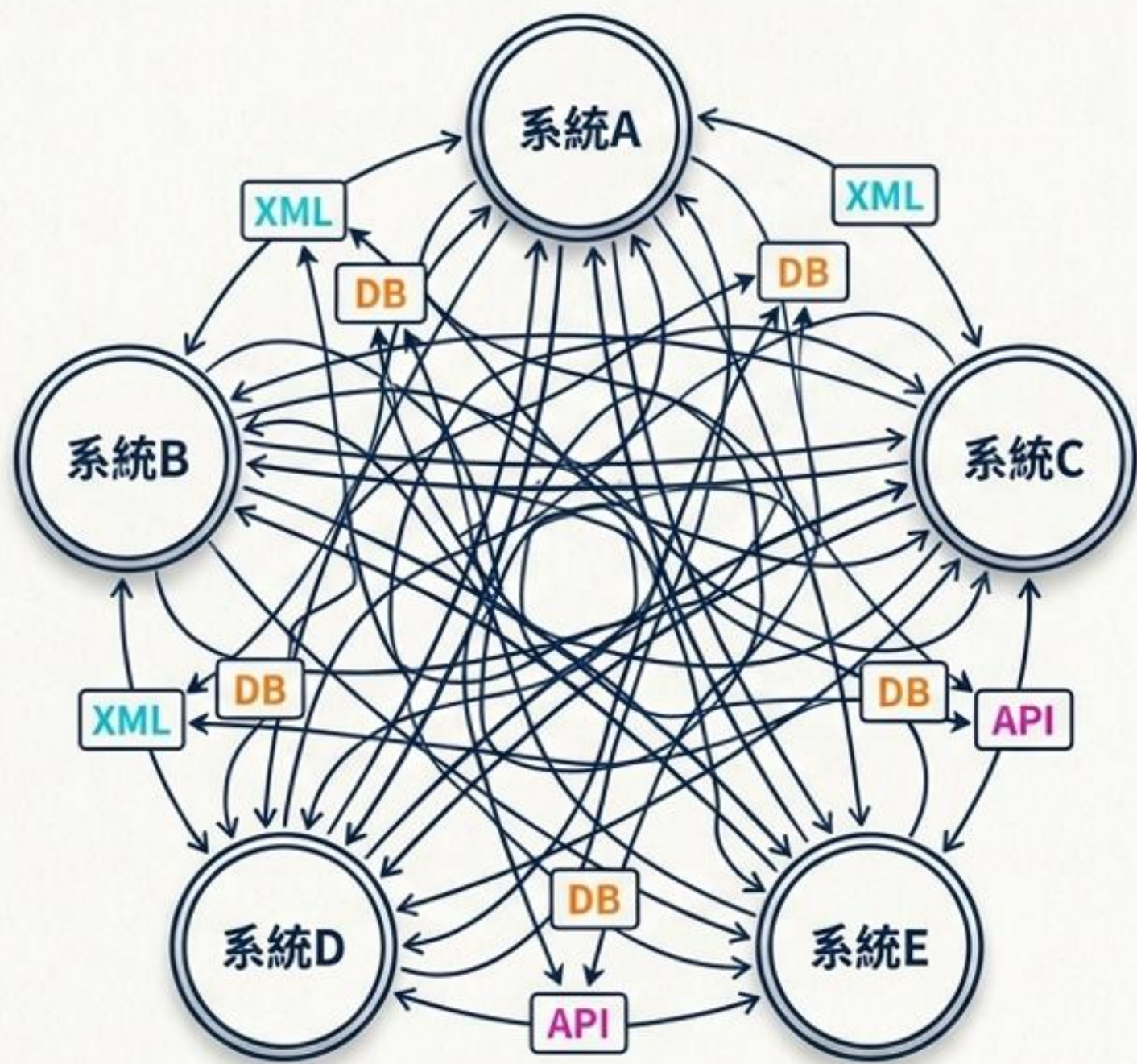
系統間資料無法順利交換，嚴重限制整體營運效率與流程優化。



維運成本高

傳統點對點整合導致結構極度複雜，維運負擔隨系統數量呈指數級攀升。

傳統點對點對接導致系統整合陷入結構性困境



緊密耦合

點對點連線成本呈指數型增長 ($O(n^2)$)，牽一髮動全身。

僵化遲滯

業務變更需跨系統硬編碼修改，缺乏敏捷彈性。

治理盲區

資料散落各部門，缺乏一致監控與API管理規範。

維護深淵

老舊架構難以演進，阻礙新興技術 (AI/IoT) 導入。

缺乏標準化整合與集中治理，是資訊系統效率低落的根本源頭。

系統整合的惡性循環

互通障礙

缺乏統一標準，每次介接皆需耗時開發客製化轉接程式。

治理盲區

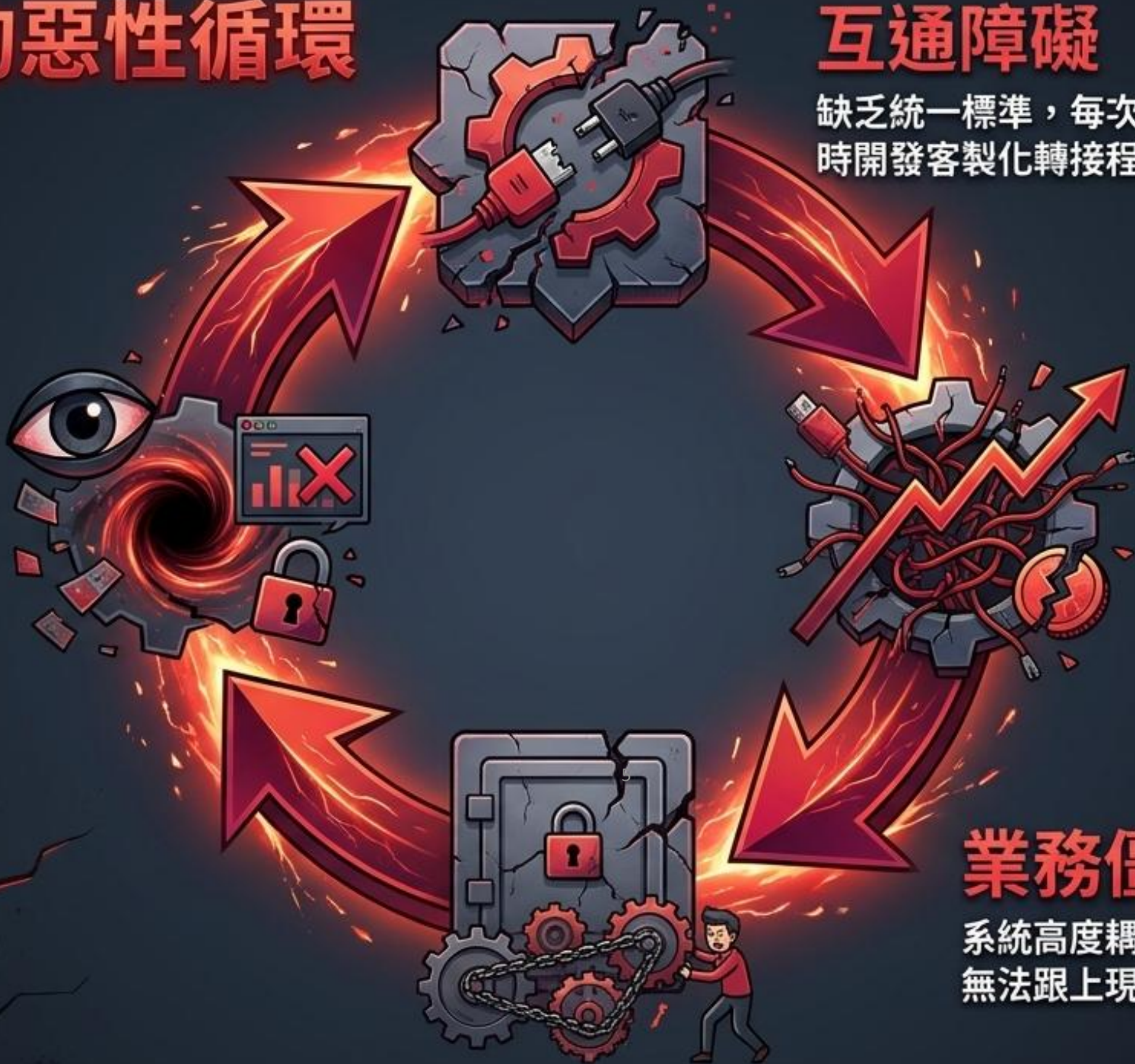
資料流向分散，缺乏全局可視化工具，形成監控與資安黑洞。

成本暴增

$O(n^2)$ 的连接複雜度，讓維護、除錯與升級負擔呈指數級上升。

業務僵化

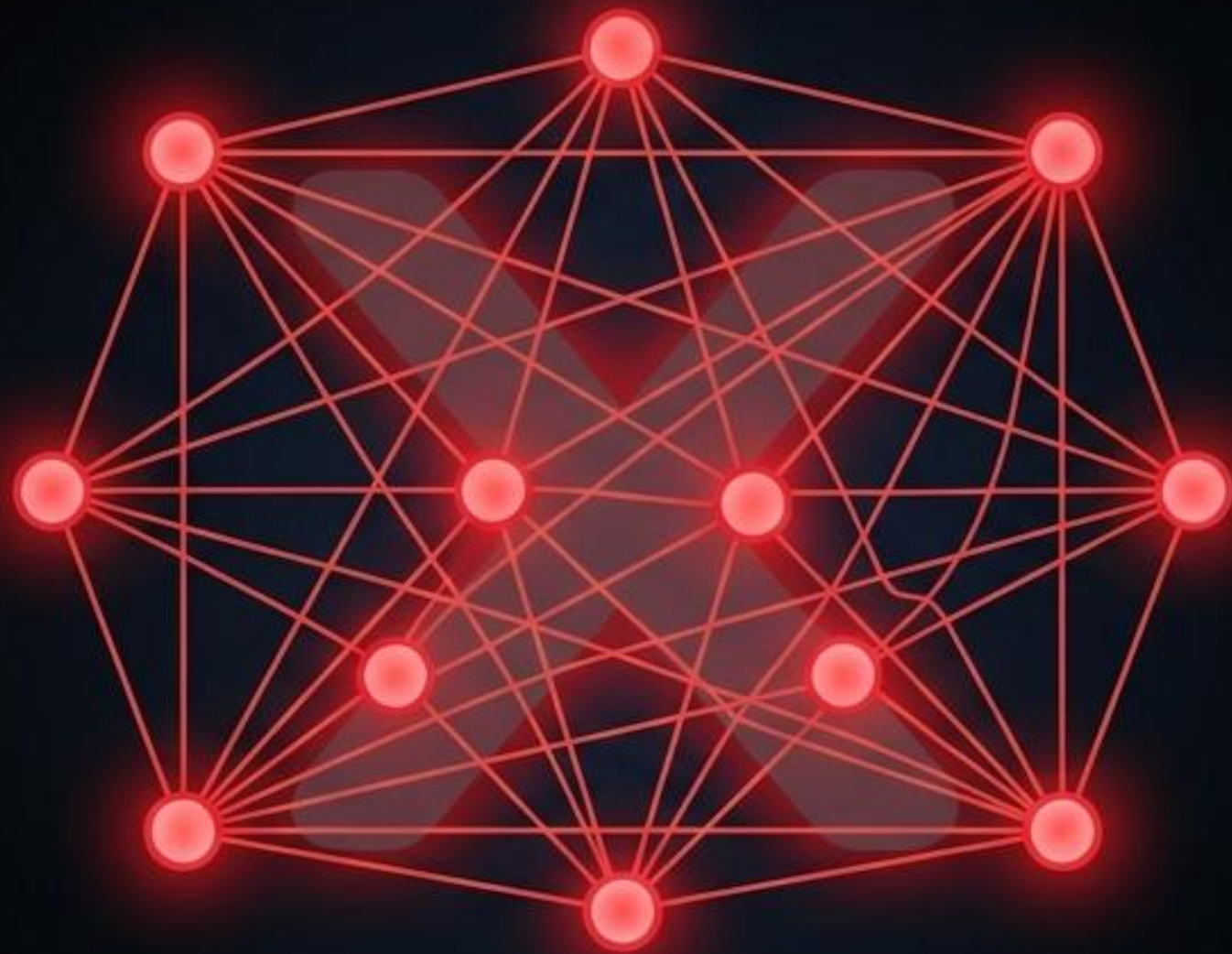
系統高度耦合，牽一髮動全身，無法跟上現代敏捷迭代需求。



組織當前面臨的四大結構性挑戰



破局之道：從「網狀連接」走向「匯流中樞」



傳統網狀連接 ($O(n^2)$)



現代匯流中樞 ($O(n)$)

解決根本問題並非提升單一系統效能，而是重塑整體資訊環境的「協作結構」。
將系統複雜度從 $O(n^2)$ 大幅降至 $O(n)$ 。

組織亟需一套「數位神經系統」



統一標準

一次介接，處處可用。
徹底消除客製化轉接
成本。



集中治理

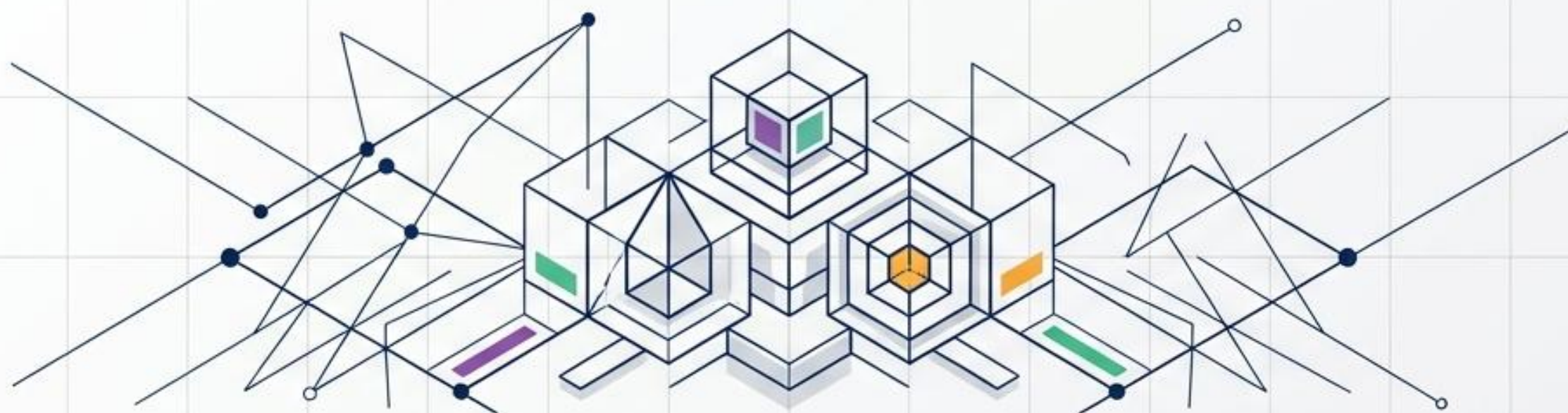
全局可視，即時監控。
讓跨系統活動高度透明
且安全。



敏捷演進

鬆散耦合，隨需擴充。
在不停機狀態下快速應
對業務變更。

這正是「智慧化服務匯流排 (ISB)」的核心研發理念與設計承諾。



ISB 智慧化服務匯流排

學理基礎與架構理論：從混亂到有序的系統整合科學



破局之道：建構 ISB 的四大核心軟體工程學理

企業服務匯流排
(Enterprise
Service Bus, ESB)
理論

微服務架構
(Microservices
Architecture) 理論

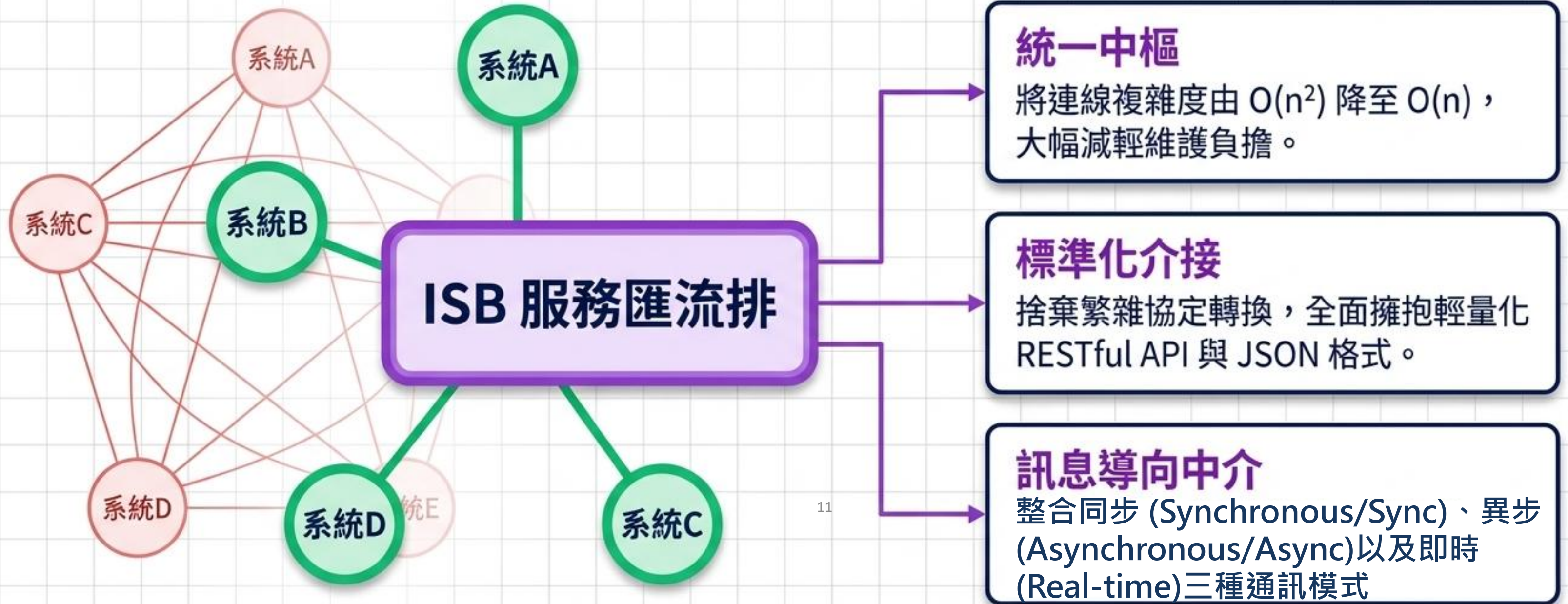


控制反轉 (Inversion
of Control, IoC) 與
依賴注入
(Dependency
Injection, DI)

動態掛載 (Dynamic
Mounting) 與延遲綁
定 (Lazy Binding)
模式

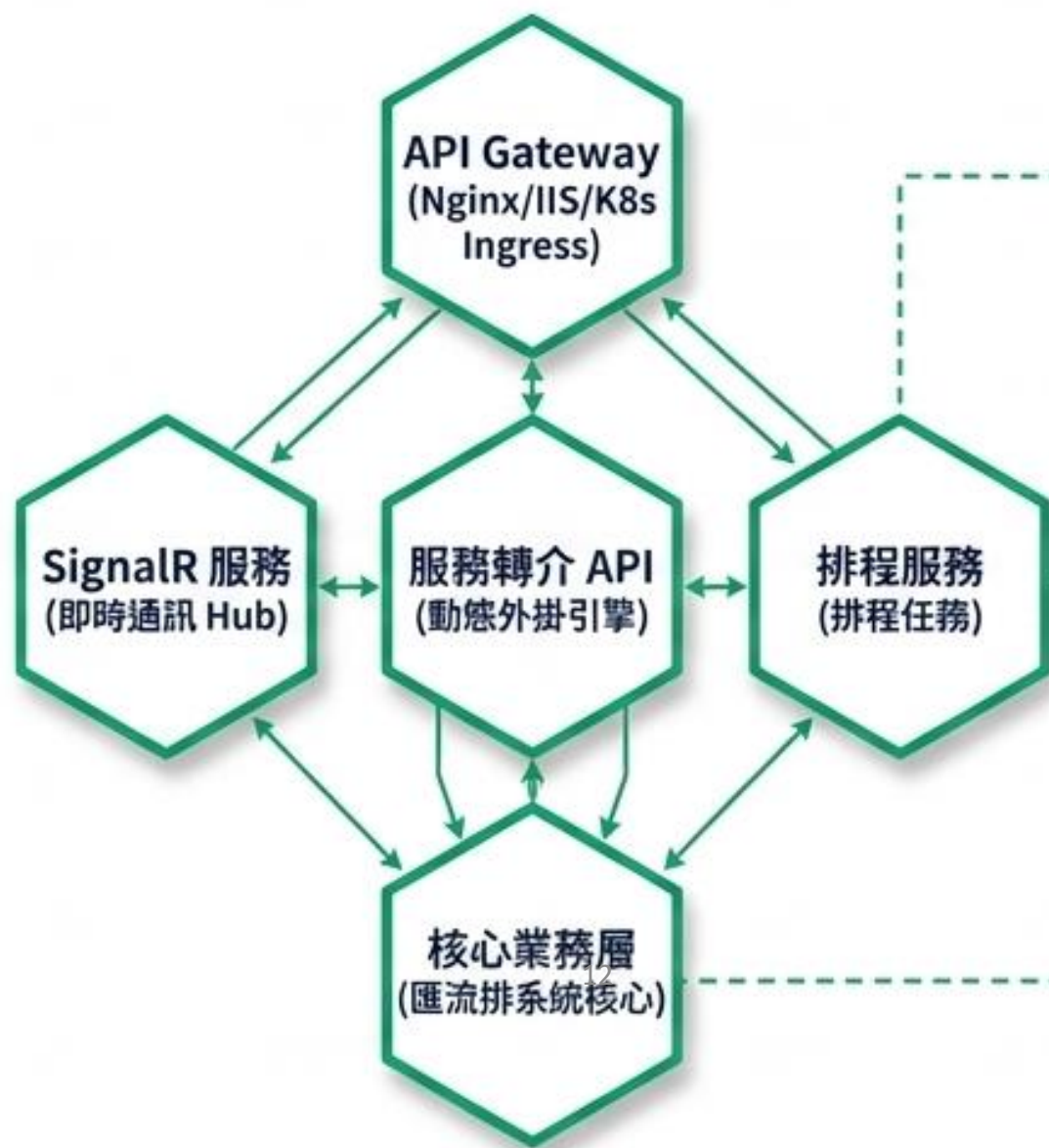
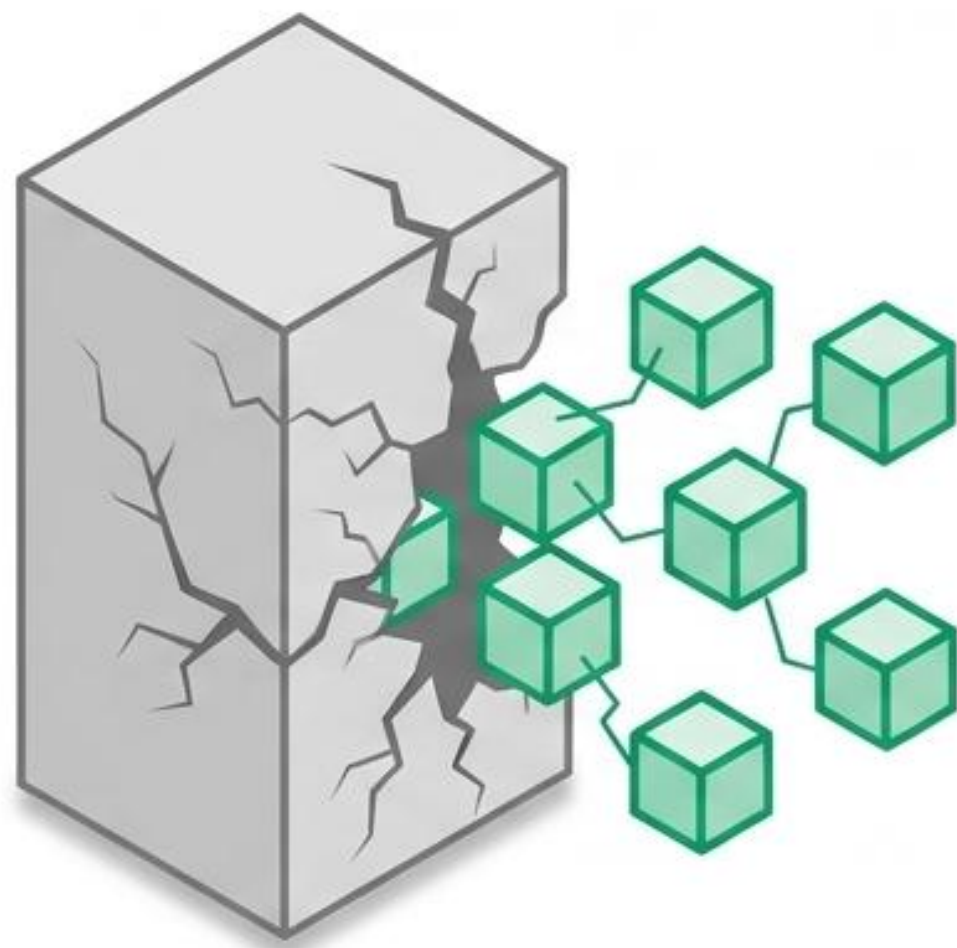
絕非技術拼湊，而是基於嚴謹現代化架構理論的深度融合。

ISB 理論重塑空間拓撲，實現「一次介接，處處可用」



學術價值：將整合維度從「點對點客製」昇華為「組織級治理標準」。

ISB 匯流排 賦予系統去中心化的自治生態與極高容錯率



明確邊界

每項服務（如排程、即時通訊）專注單一職責，獨立運作。

獨立演進

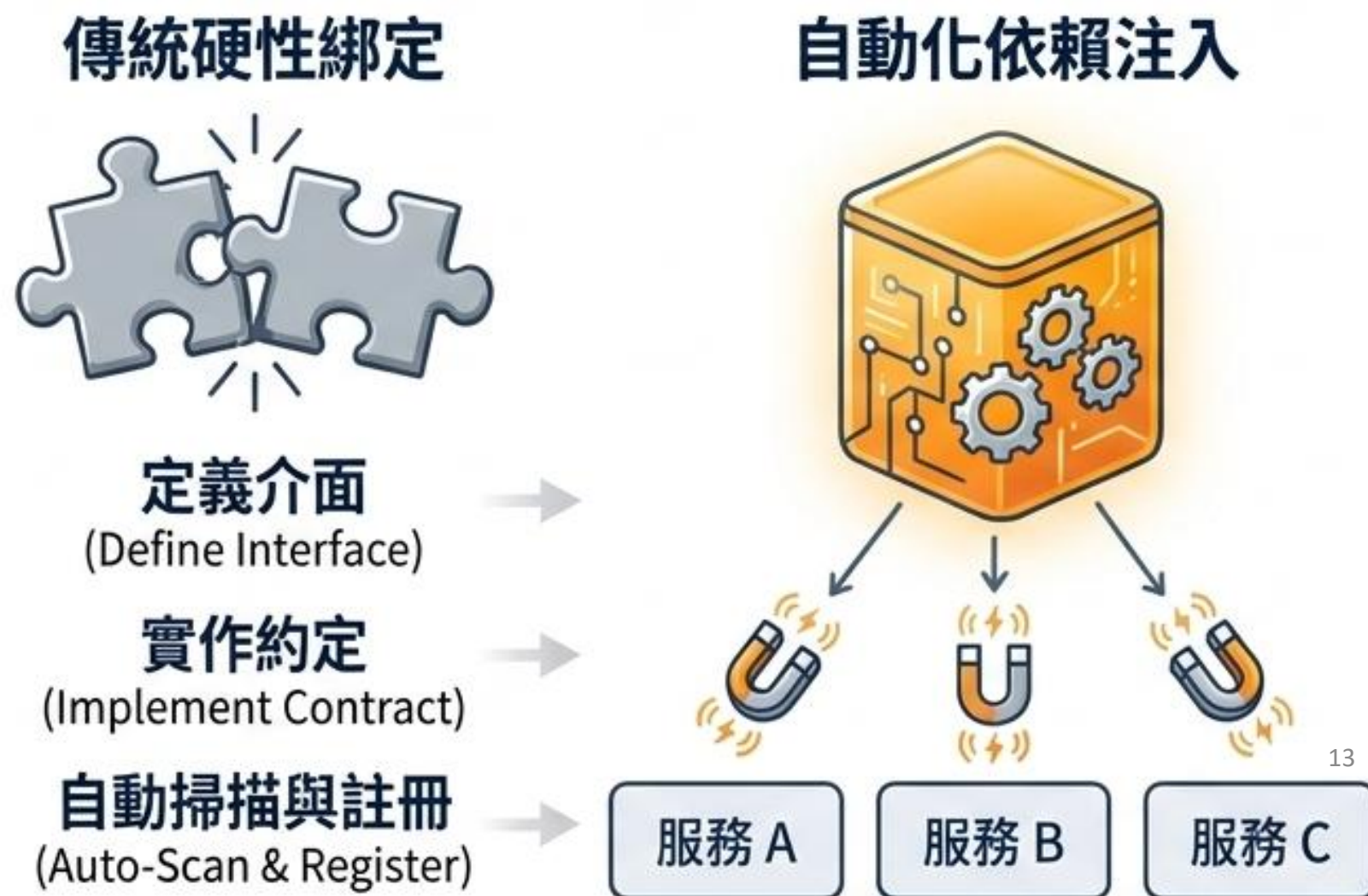
局部更新不影響整體平台，容錯性極高。

以微服務整合微服務

ISB 平台本身即是由多個微服務協作組成的聚合體。

化繁為簡，以「自治性」換取系統面對變動時的「高彈性」。

控制反轉與自動化依賴注入： IoC / DI 解除模組間的硬性綁定



達成高內聚、低耦合，輕鬆替換模組而不驚動核心邏輯。

自動服務發現

基於 .NET 反射技術，系統啟動時自動掃描並註冊實作介面的類別。

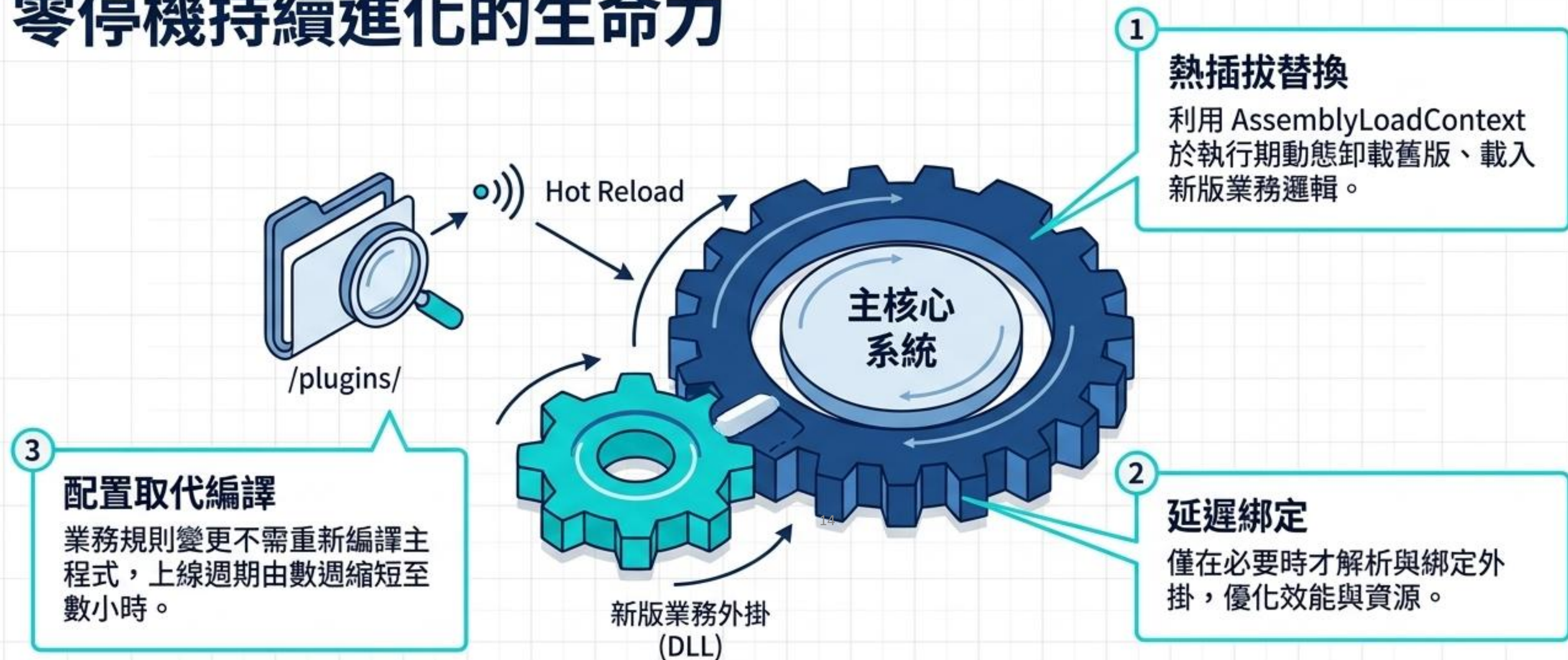
零配置理念

消除傳統手動 DI 設定的繁瑣，降低 90% 設定碼，消弭人為遺漏錯誤。

控制權轉移

物件生命週期與依賴關係由「個別系統」轉交給「框架容器」集中管理。

動態掛載與延遲綁定賦予系統 零停機持續進化的生命力



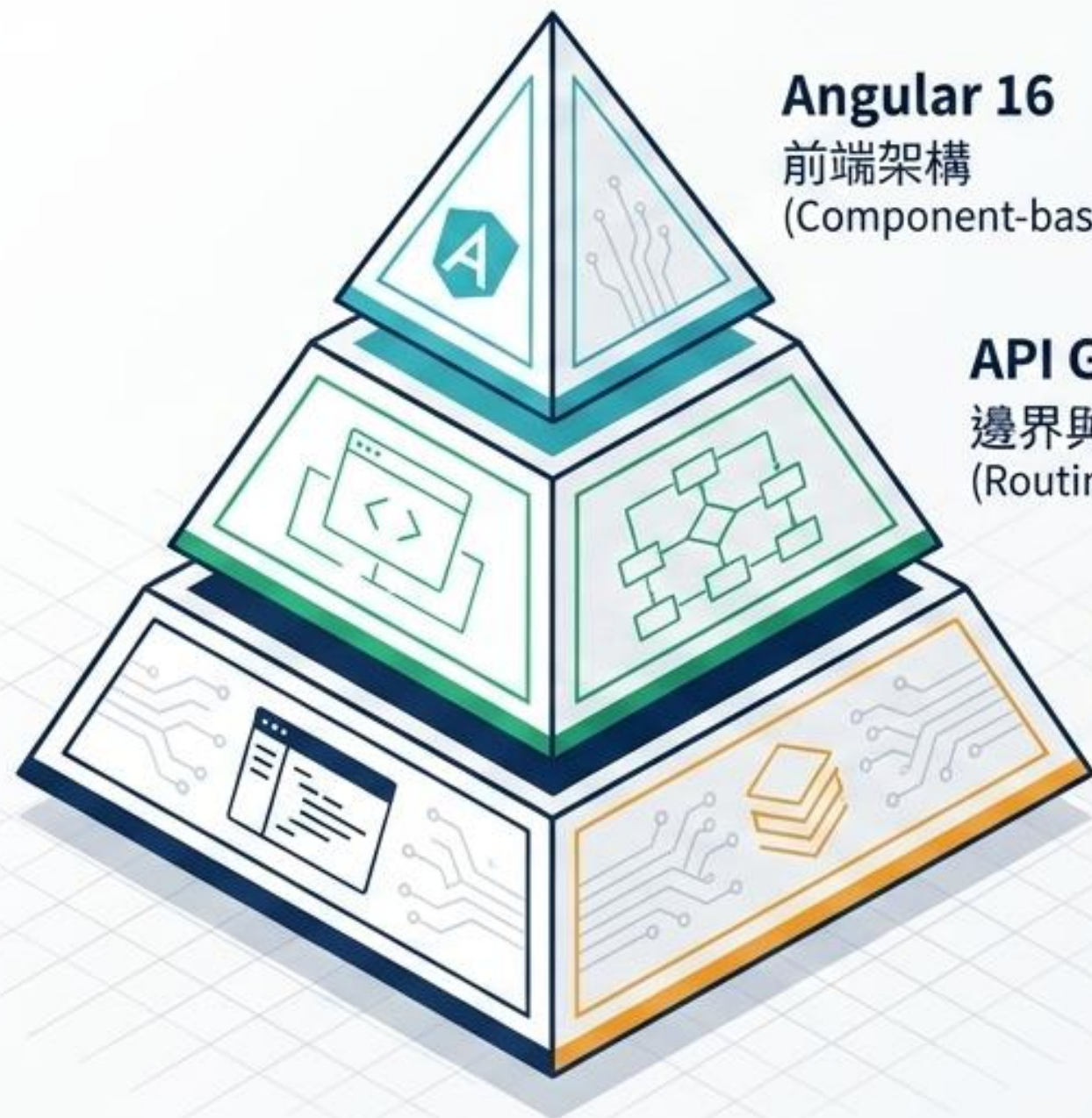
核心效益：避免傳統架構因更新重啟而導致的服務中斷，實現 99.95% 高可用性。

理論融合：綜合理論交織出 ISB 的現代化設計哲學



ISB 並非學理的生硬堆疊，而是將「治理標準」、「分散架構」與「動態載入」深度融合的智慧化數位神經網路。

承載學理的現代化技術棧： 從抽象理論到具體實踐



Angular 16
前端架構
(Component-based, SPA)

API Gateway & ISB Core
邊界與微服務層
(Routing, Hot Swapping)

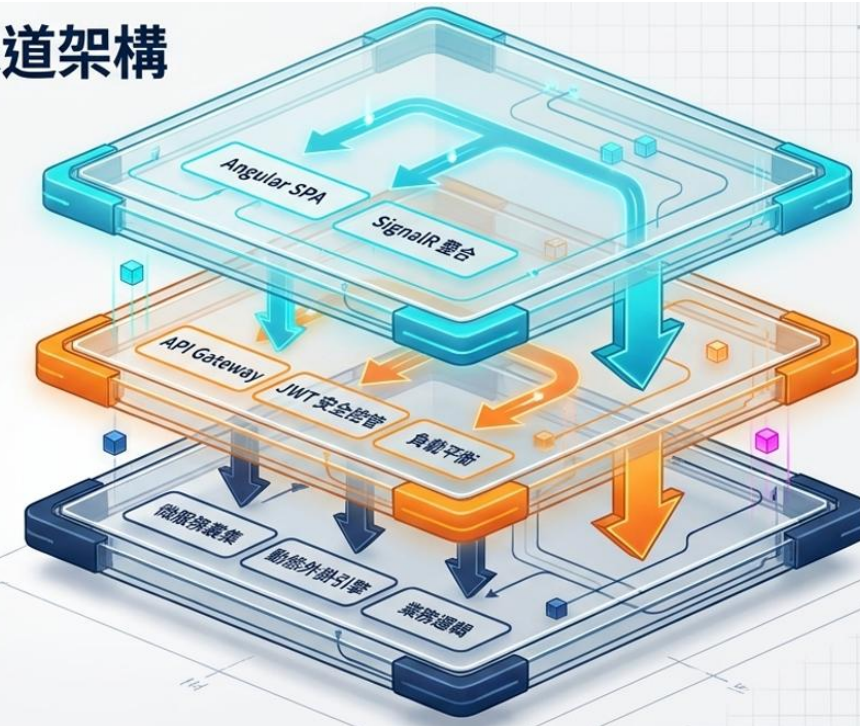
.NET 6.0 & Dapper ORM
底層引擎
(High Performance, Cloud-Native)

系統藍圖：三層式泳道架構

第一層：客戶端層
(Client Layer)

第二層：邊界層 (Edge Layer)

第三層：後端層 (Backend Layer)

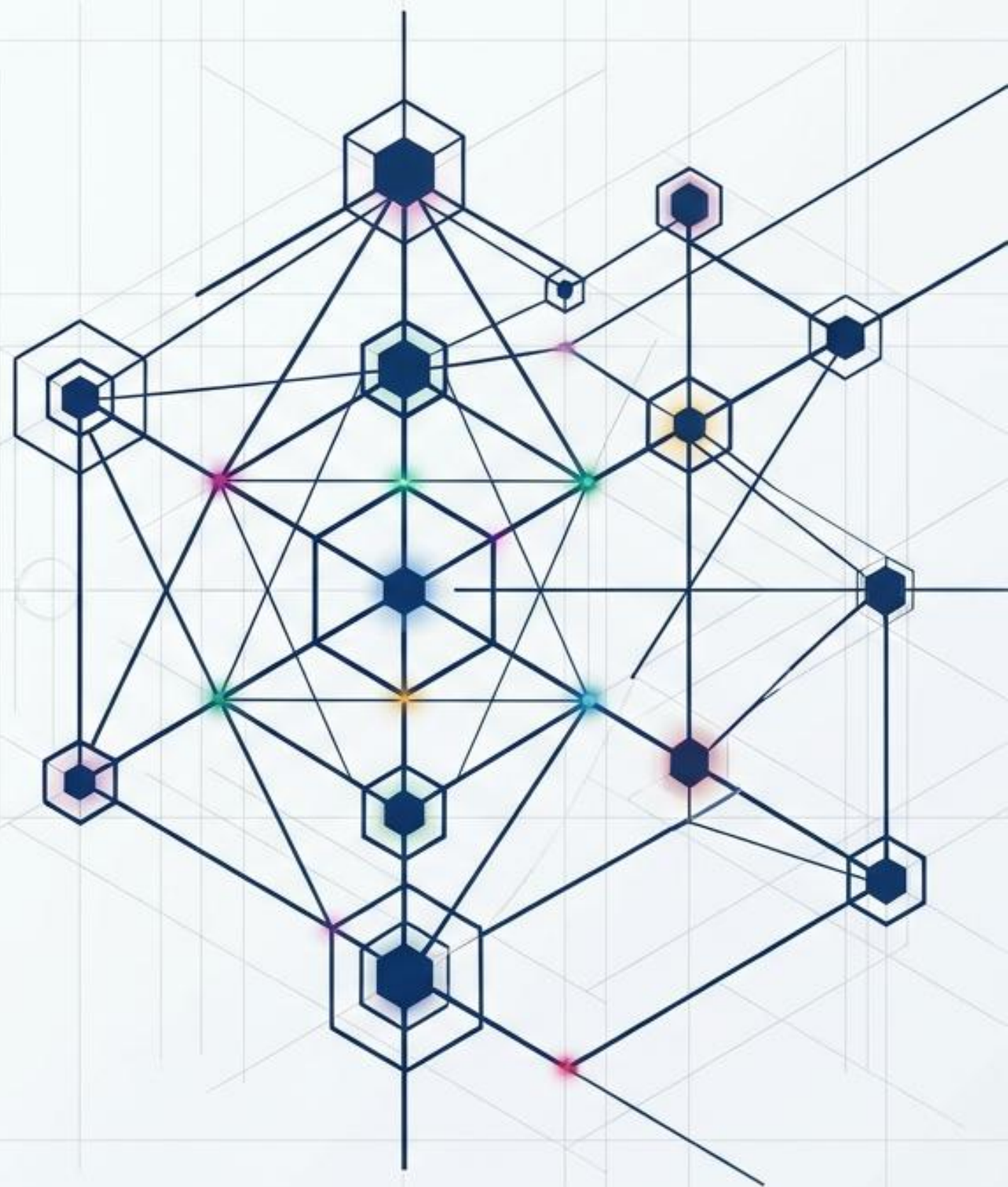


優秀的軟體工程理論需要匹配的現代化框架來支撐。

ISB 精選三大技術棧，落實「高效、彈性、可維護」的架構承諾。

ISB 智慧化服務匯 流排架構解析

打造模組化、可擴展、易維運的微服務生態系



系統整合架構演進：從沉重到輕盈

	點對點整合	傳統 ESB	現代 ISB
架構複雜度	$O(n^2)$ 網狀	肥厚型中介軟體	輕量化 $O(n)$ 星狀
業務更新機制	跨系統停機編譯	靜態配置與重啟	DLL 動態熱更新
通訊與路由	單一且寫死	繁重協定轉換	智慧調度： 同步/異步/即時
維運治理	零散盲區	集中但門檻高	微服務全域可視性

ISB 平台的四大核心價值



降低整合成本

01

單點星狀對接，免除重複開發。



極大提升敏捷性

02

模組動態替換，快速驗證新需求。



確保高可靠性

03

數位神經集中監控，消除治理盲區。



奠定技術未來

04

微服務與容器化，無縫接軌 AI 應用。

創新突破一：以微服務建構微服務

後台管理 API

配置與安全驗證

SignalR 服務

即時推播與連線

服務轉介 API

動態外掛與調度

排程服務

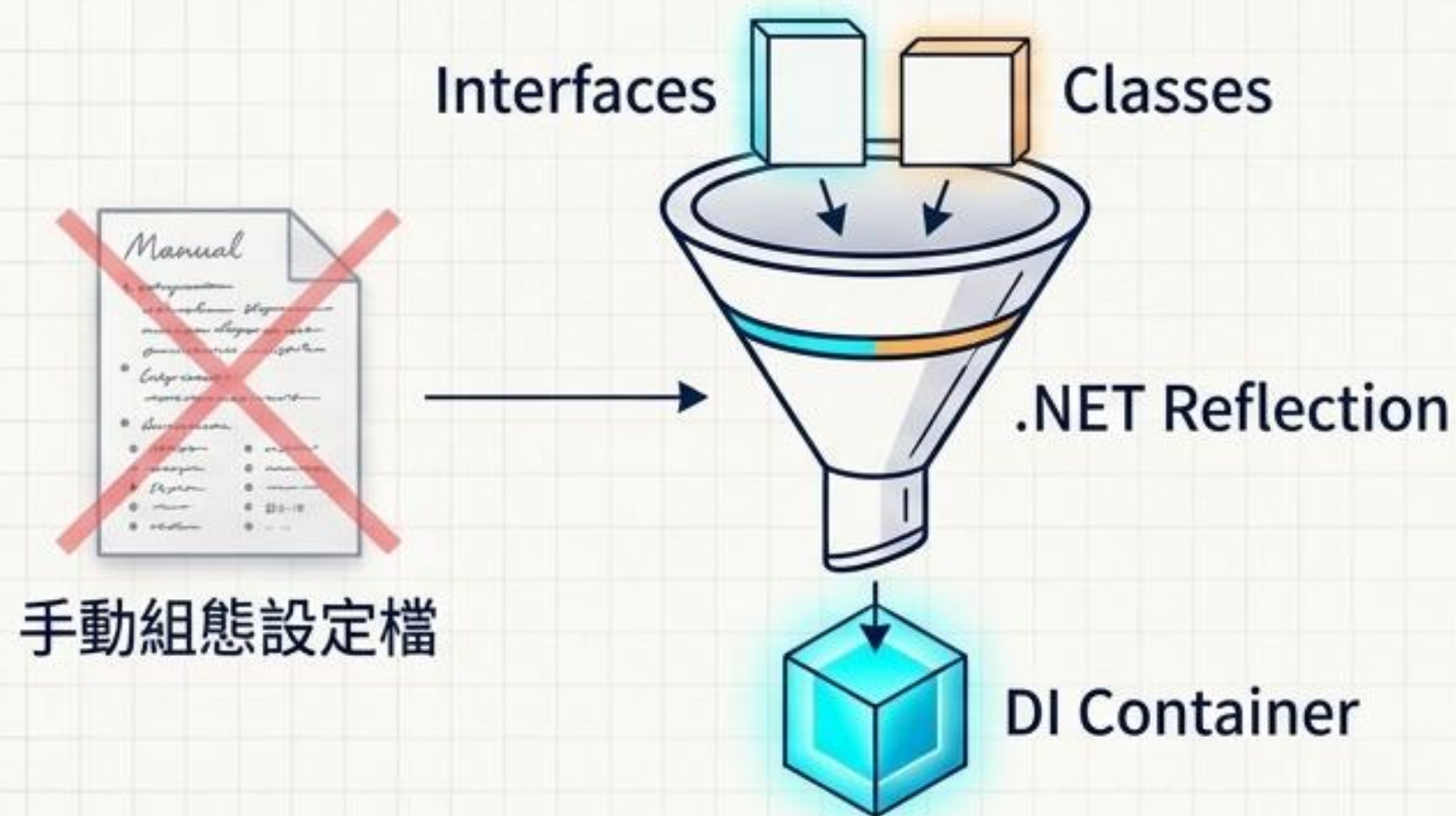
背景與異步任務

核心業務層

資料存取與註冊

極致解耦：各元件獨立部署與擴展，更新單一功能絕不牽動整體平台。

創新突破二：零配置自動服務發現

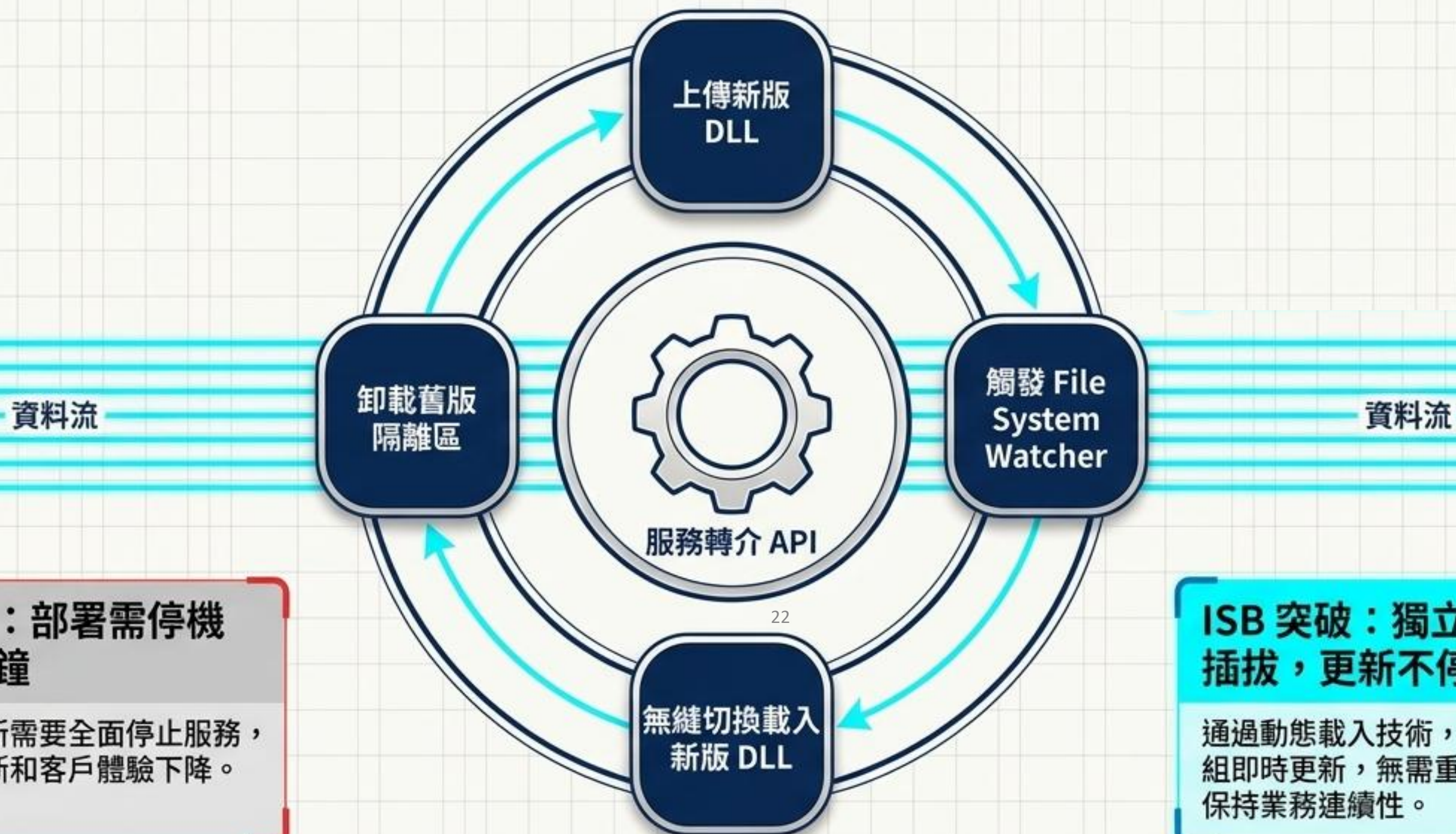


自動化掃描：
系統啟動即動態掃描介面，
自動完成註冊。

消除人工錯誤：
徹底免除開發者維護 DI 設
定的遺漏風險。

高內聚低耦合：
新增服務僅需實作規範介
面，實現零配置。

創新突破三：零停機動態掛載



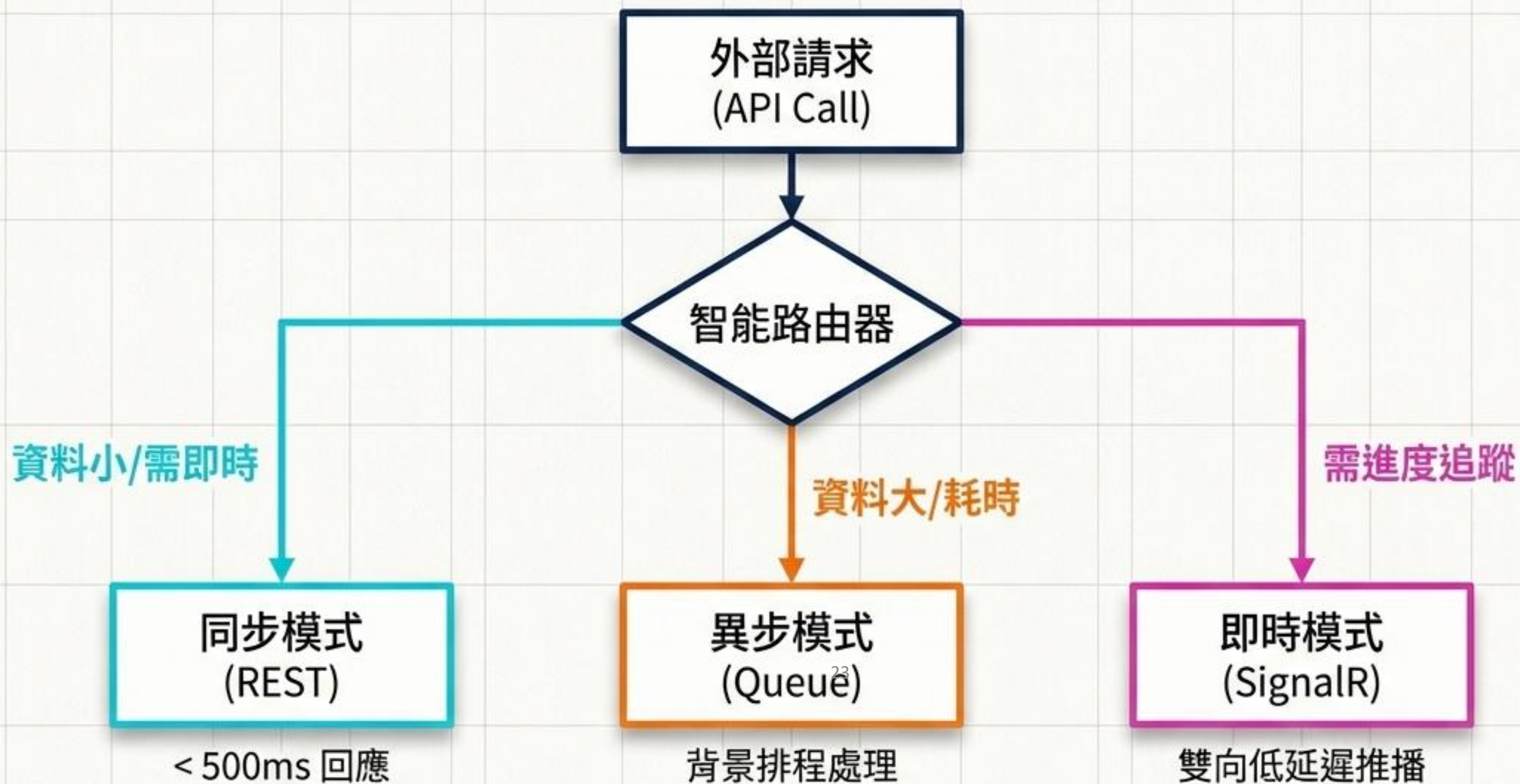
傳統痛點：部署需停機 30-60 分鐘

傳統系統更新需要全面停止服務，導致業務中斷和客戶體驗下降。

ISB 突破：獨立 DLL 熱插拔，更新不停機

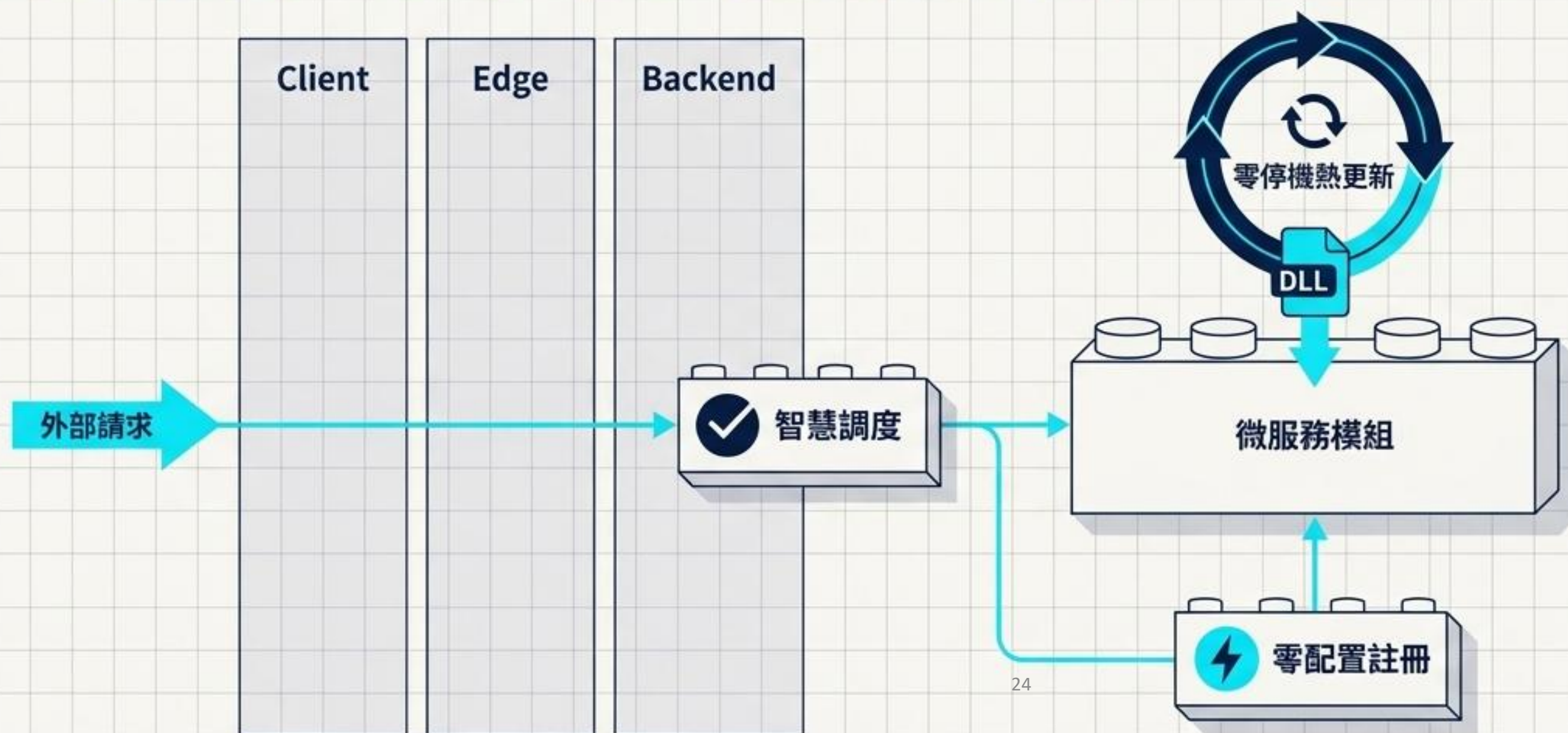
通過動態載入技術，實現單一模組即時更新，無需重啟整個平台，保持業務連續性。

創新突破四：智慧化混合通訊調度



兼顧「互動即時性」與「後端負載能力」，徹底解決高流量阻塞問題。

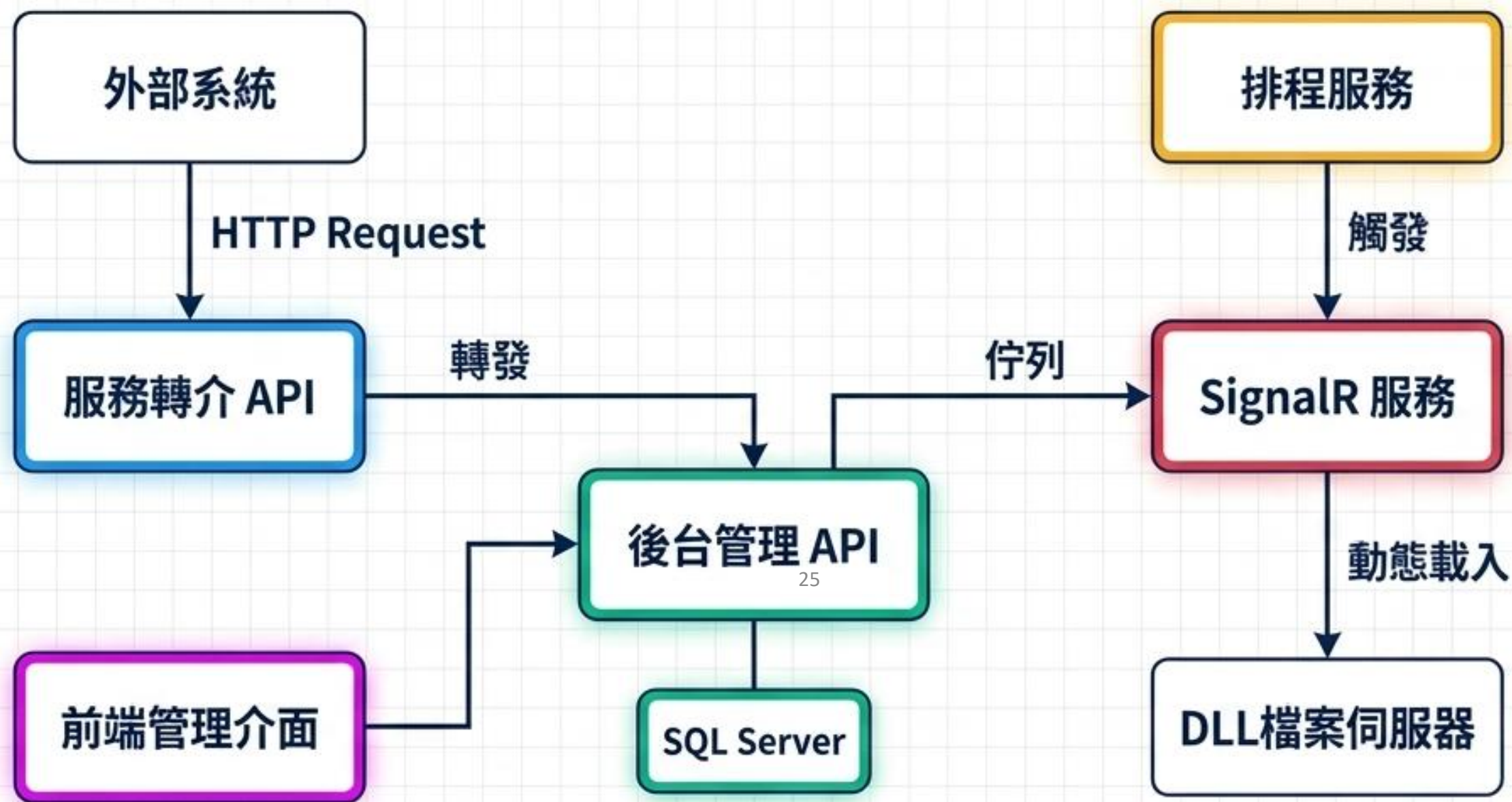
綜效展現：會呼吸的數位神經系統



ISB 不僅是中介軟體，而是具備生命力的整合平台。讓組織能在不停機的前提下，靈活應變未來的每一個數位挑戰。

ISB 系統生態藍圖 (The Macro Architecture)

五大核心組件協同運作，將傳統網狀介接重構。



模組拆解 I：前端管理介面

Angular 16 + Material Design + ECharts



即時可視化

整合 ECharts，將 API 呼叫、流量波動與異常狀態轉化為即時數據圖表，主動式監控風險。

操作管理

直覺化維護路由規則與安全設定，避免手改設定檔風險，強化操作追蹤。

模組拆解 II：後台管理 API

.NET 6.0 Web API + JWT



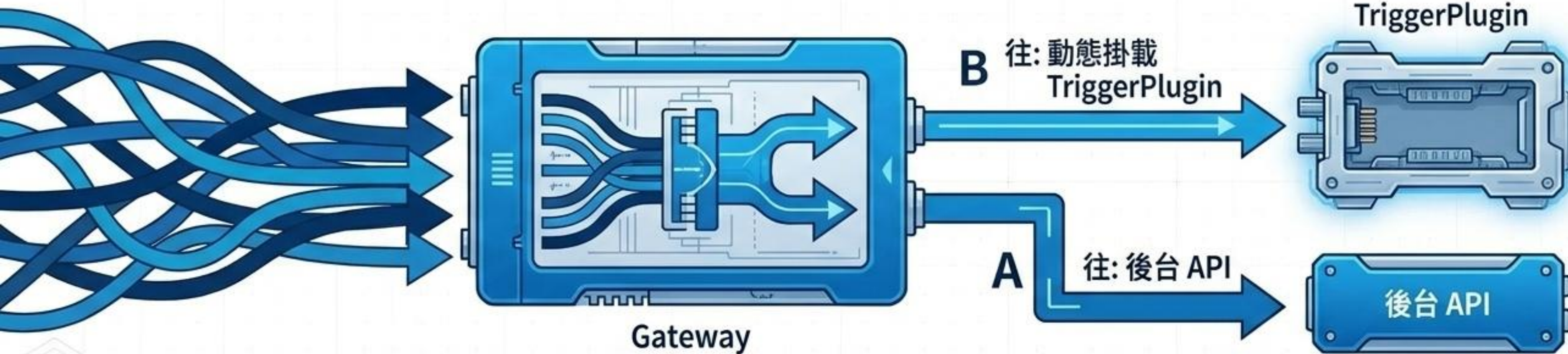
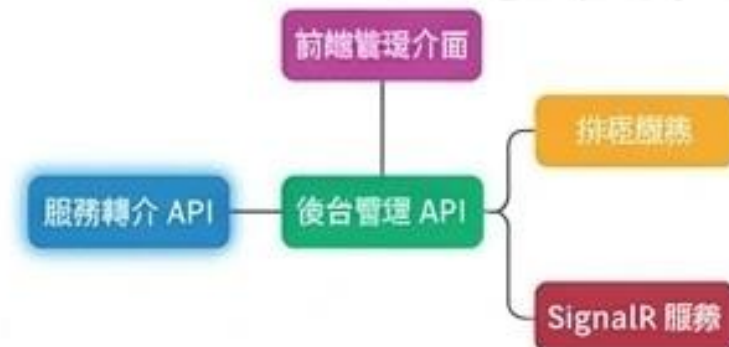
身份驗證層: JWT 角色與權限控管，區分管理與維運邊界。

路由與模組層: 動態維護 API Gateway 路由與外掛註冊，新系統快速納管。

稽核防護層: 動態 IP 黑白名單與完整操作日誌追蹤。

模組拆解 III：服務轉介 API

對外單一入口與動態調度中樞



28

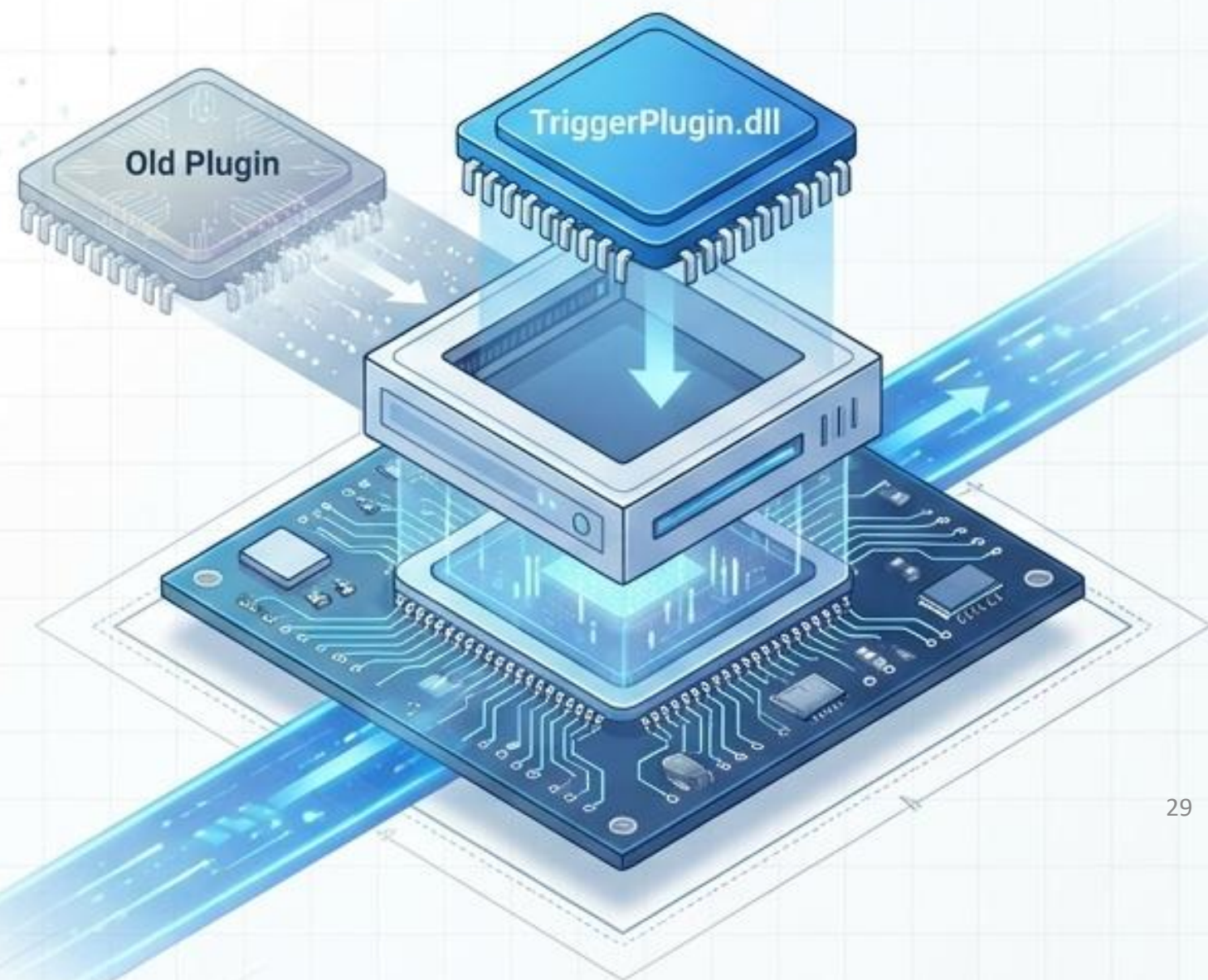
核心功能說明

承接外部請求，統一執行來源識別與完整性驗證。

架構優勢

依據業務情境，將轉介框架與實際業務邏輯 (DLL) 徹底分離。

深度解析：零停機熱重載 (Hot Reload)



-  主程式持續承載流量。
-  系統監控檔案變更，自動載入新版 TriggerPlugin.dll。
-  舊版模組卸載，新路由即刻生效。

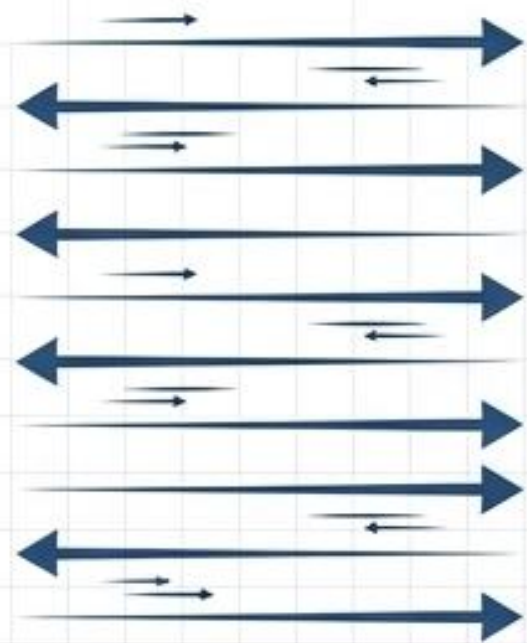
「一次介接、彈性演進」 — 業務邏輯更新無須重啟，實現高可用性。

模組拆解 IV：排程服務

.NET 6.0 Console Application

系統守門員。透過資料庫佇列與即時 API 完全解耦。

高頻即時 API



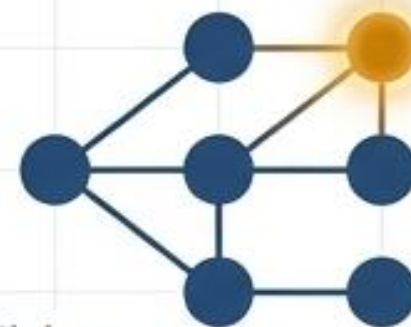
Virtual Wall

資料庫佇列

每 30 秒輪詢



Mini-map



固定週期 (30 秒) 輪詢待處理任務，
不佔用核心執行緒。

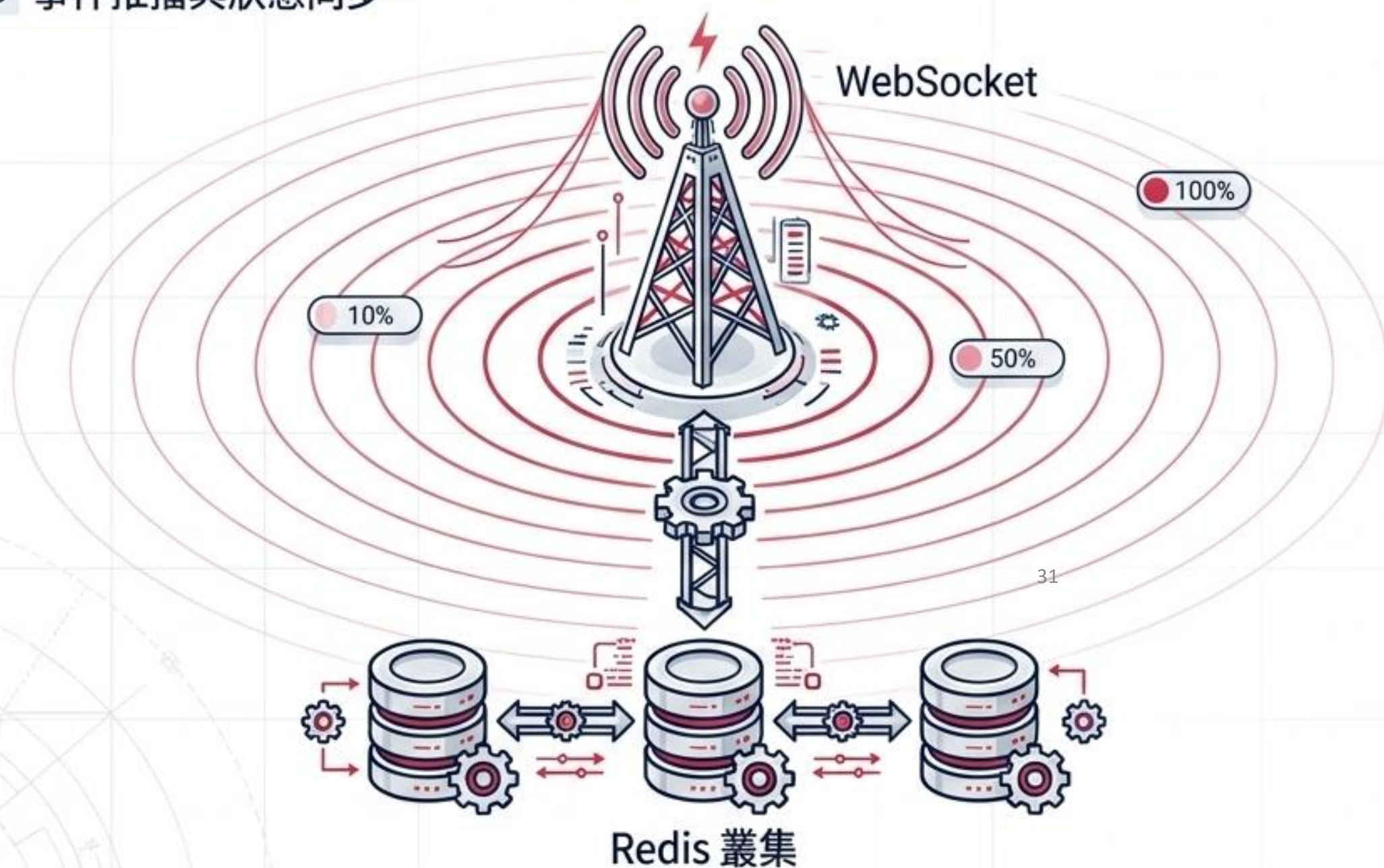


例行維護自動化與系統健康度巡檢。

模組拆解 V：SignalR 即時通訊

Tech Stack WebSocket + Redis Backplane

Role 事件推播與狀態同步。



針對耗時非同步任務，主動推播執行進度至前端，無須繁瑣輪詢。

系統告警與異常即時廣播。

支援 Redis 叢集，確保多節點部署下推播一致性。

系統生態綜效矩陣 (Synthesis Matrix)

	前端管理	後台管理 API	服務轉介 API	排程服務	SignalR
採用技術	Angular 16	.NET 6 Web API	Plugin Engine	.NET Console	WebSocket
核心職責	可視化與操作	集中治理與授權	動態路由與熱更新	背景耗時任務	即時狀態推播
解決痛點	缺乏觀測性	權限分散難維護	業務變更需停機	阻塞核心效能	狀態回饋延遲

架構演進帶來的實務價值



鬆耦合 (Loose Coupling) 模組獨立演進

微服務拆分使各模組可單獨部署，業務擴充不再牽動全域。



高可用 (High Availability) 零停機更新

動態外掛機制讓流程調整與升級於執行期完成，保障服務不中斷。

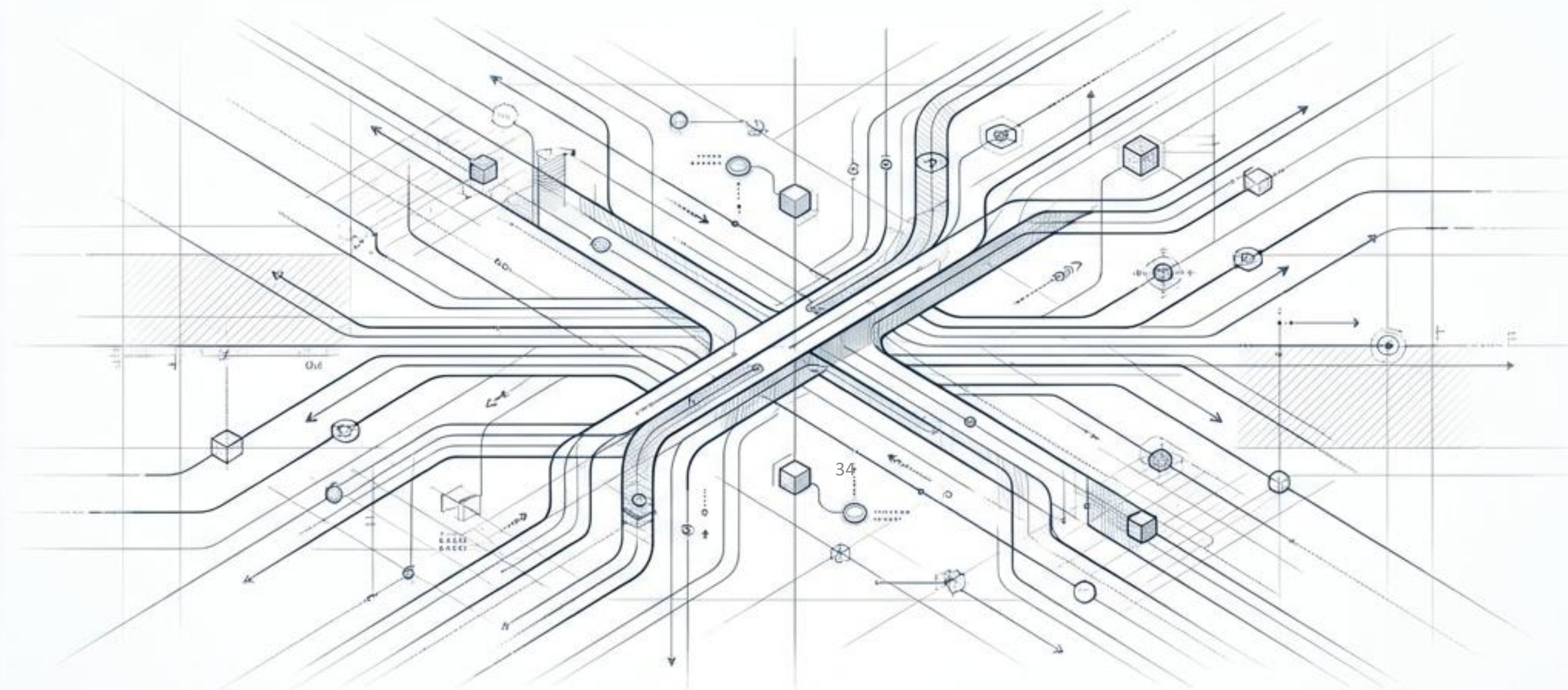


易觀測 (Observability) 集中化治理

單一入口監控結合即時推播，精準掌握資料流向與系統健康度。

ISB 智慧化服務匯流排：核心技術藍圖

建構高穩定、零停機、極致安全的數位神經系統



自動服務註冊
(Auto-DI)
- 零配置依賴注入



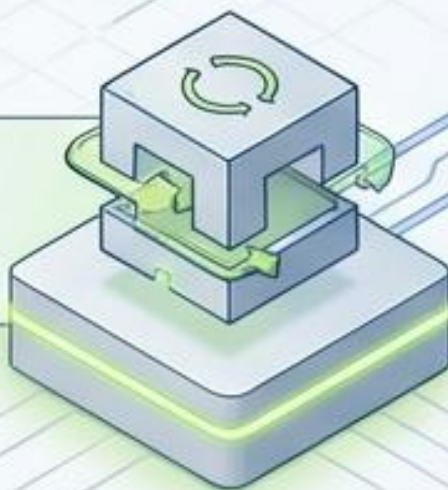
混合通訊模式
(Hybrid Comm)
- 智能協定調度



API Gateway
(Gateway)
- 統一入口治理



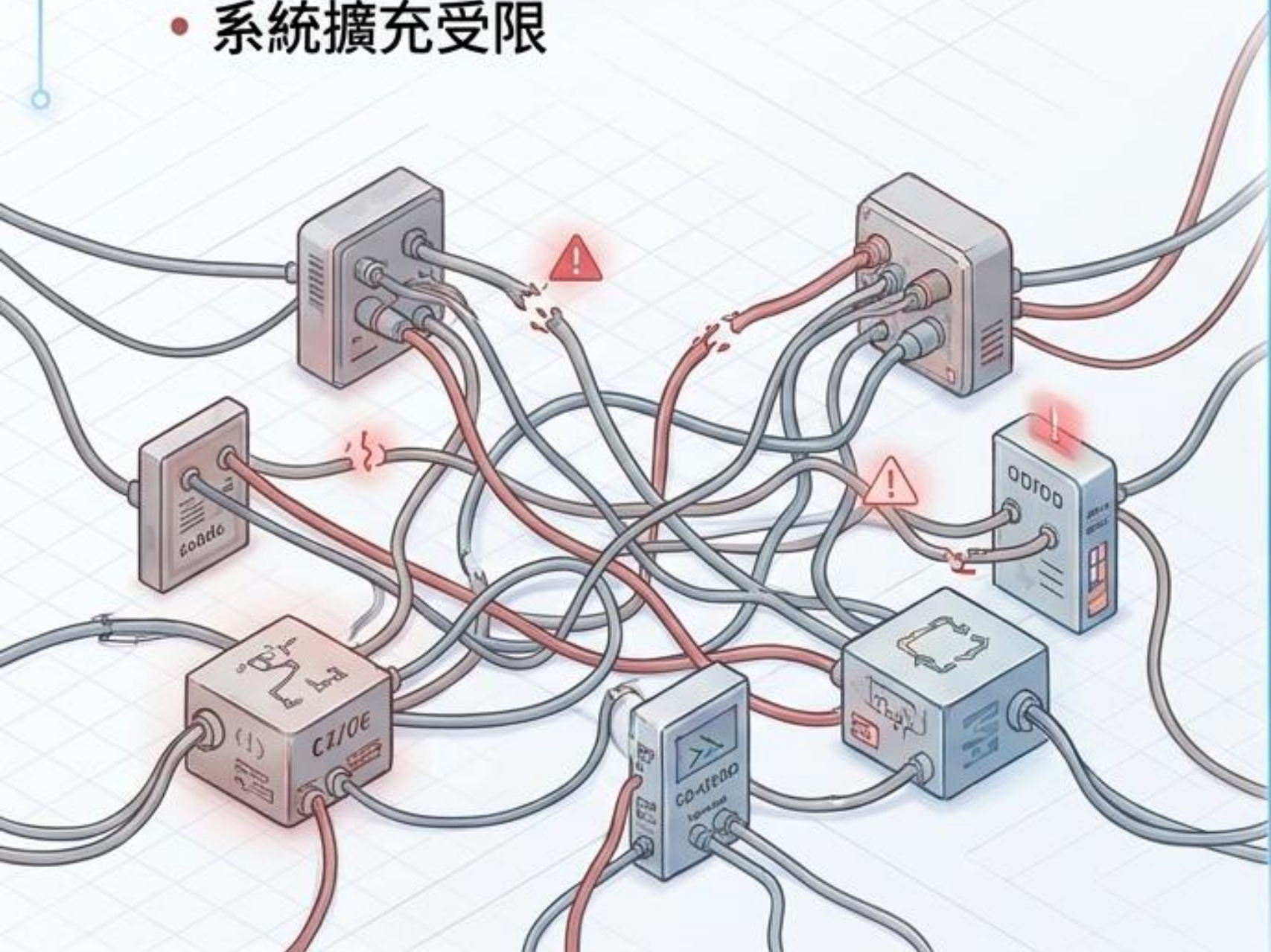
零停機熱更新
(Hot Update)
- 模組化動態掛載



動態安全簽章
(Dynamic Security)
- 絕對存取防護

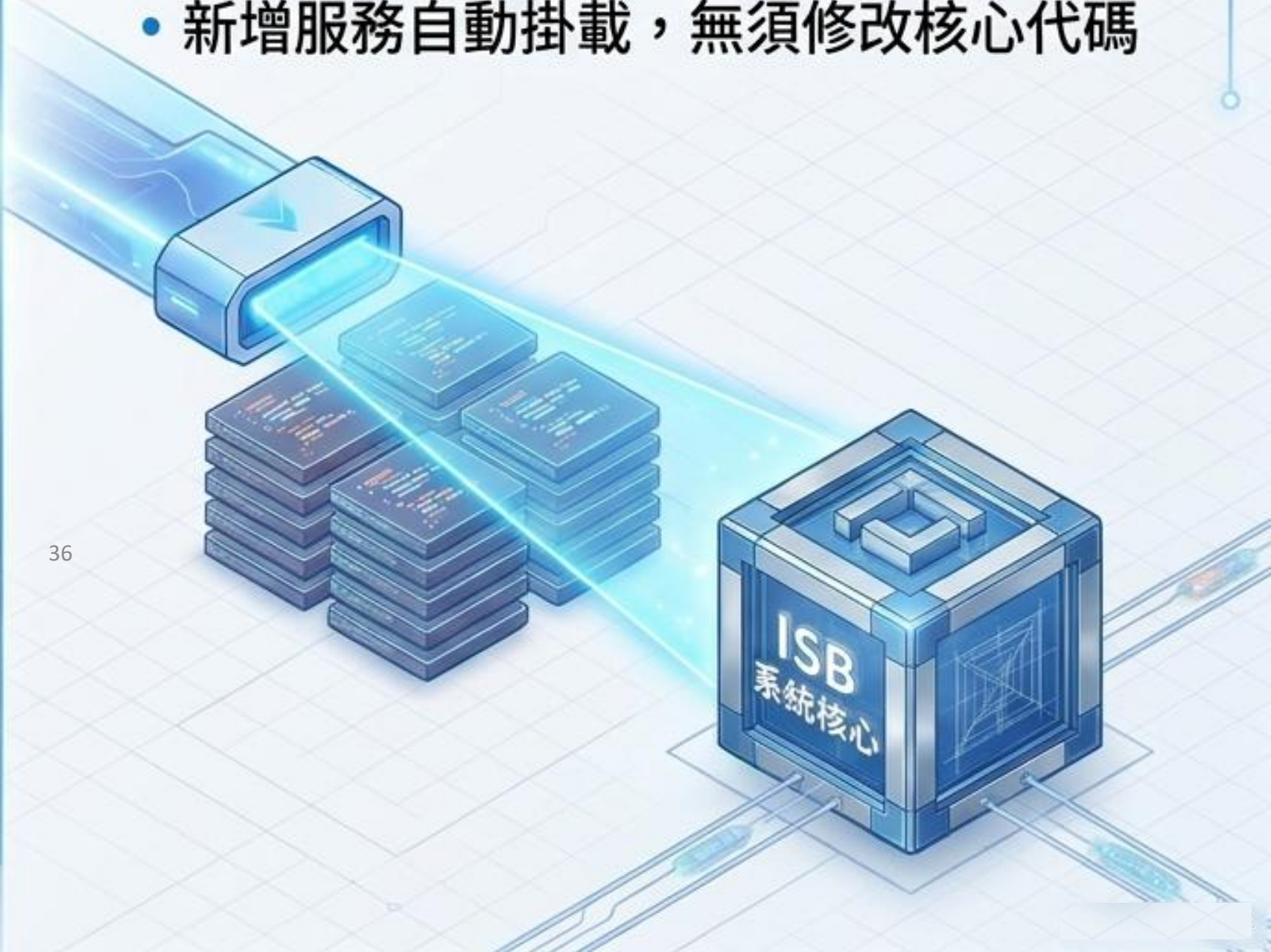
傳統手動註冊

- 高度耦合，容易遺漏
- 人工維護 DI 設定，出錯率高
- 系統擴充受限

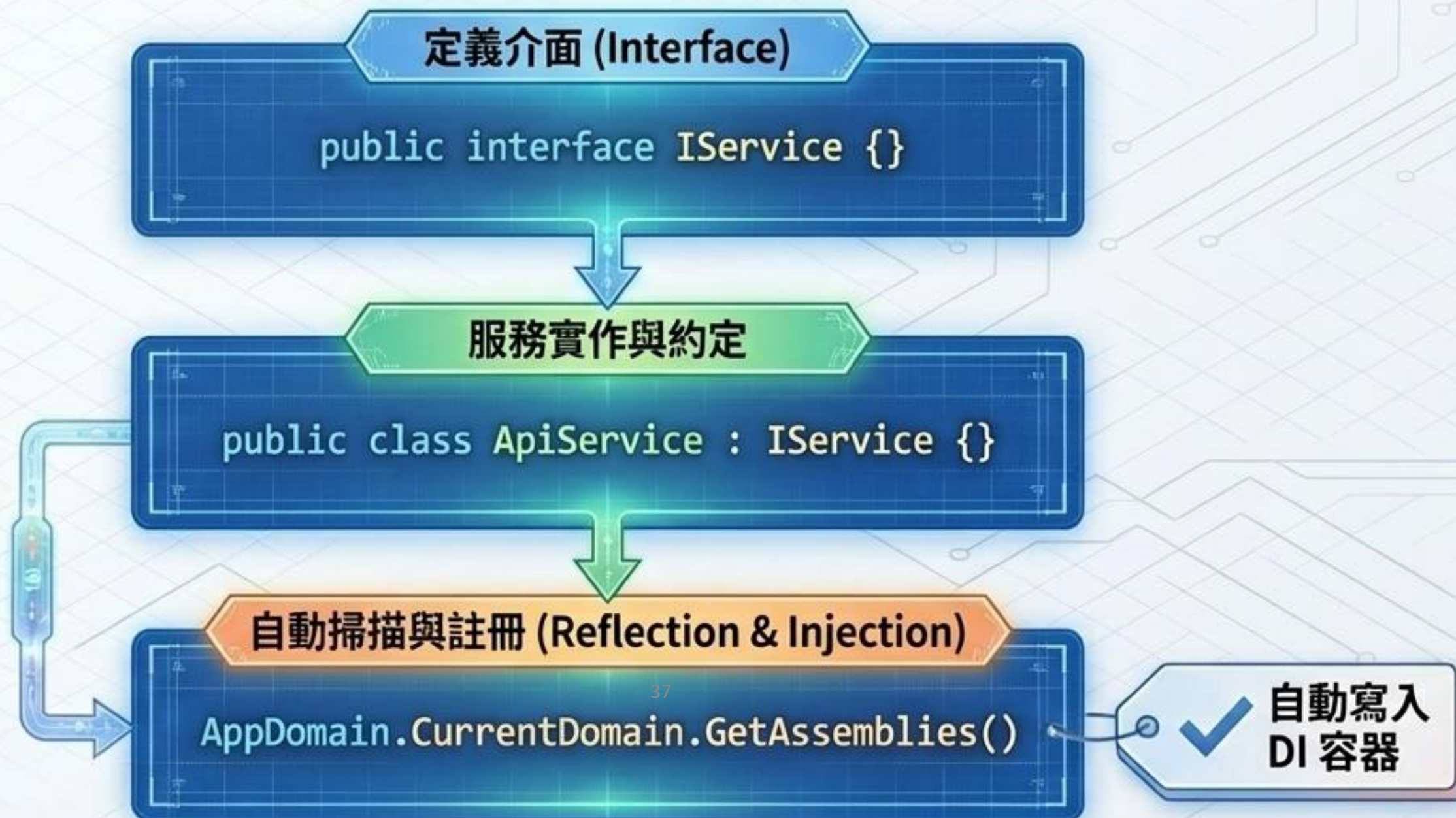


ISB 零配置註冊

- 「零配置」依賴注入
- 基於反射 (Reflection) 動態掃描
- 新增服務自動掛載，無須修改核心代碼



自動服務註冊機制流程 (Automatic Service Registration Process)



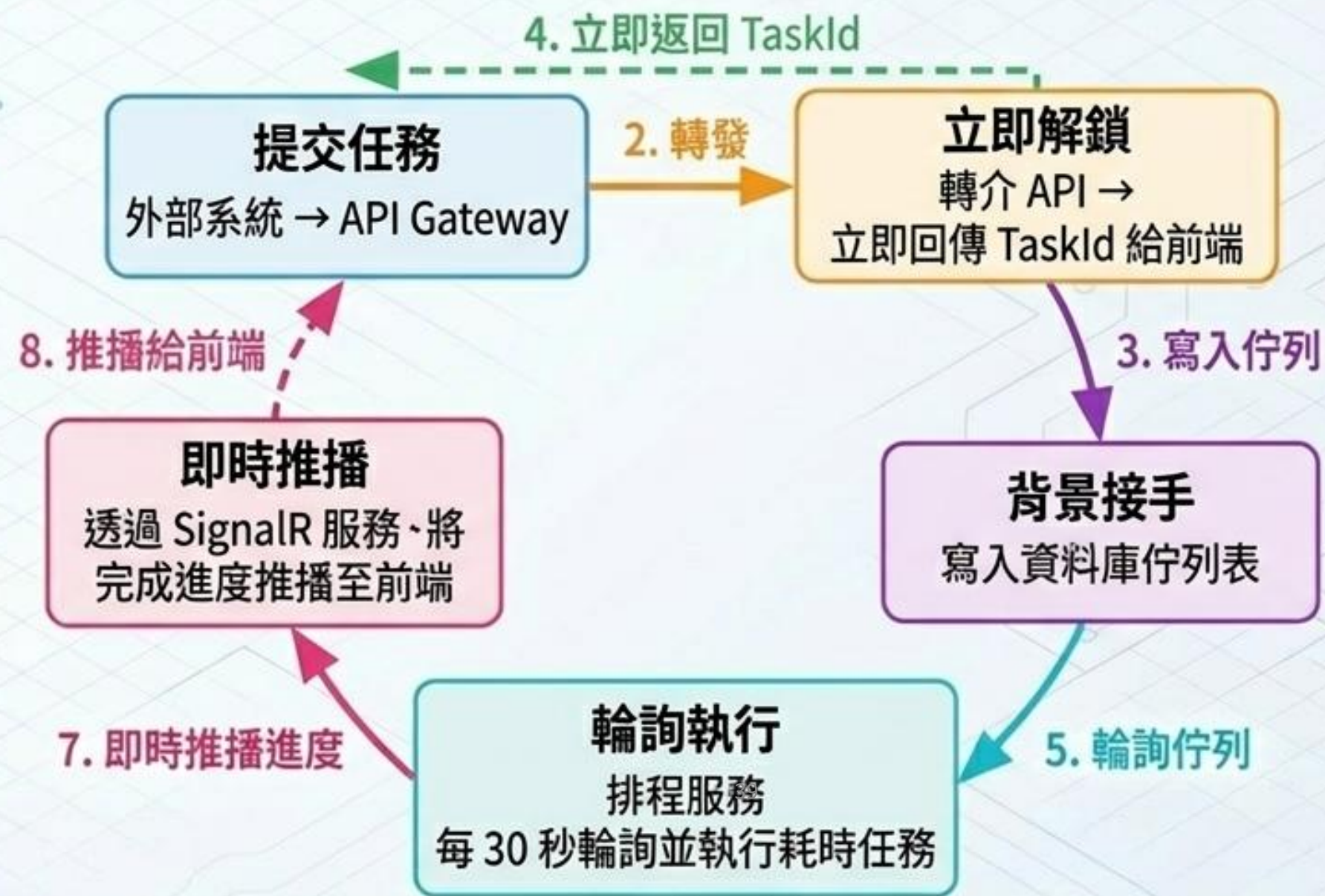
架構優勢 - 消除手動註冊遺漏、達成服務增刪與配置完全解耦。



	同步模式 (Synchronous)	異步模式 (Asynchronous)	即時模式 (Real-time)
核心技術	RESTful API	訊息佇列 + 排程服務 (Queue)	SignalR (WebSocket)
回應特徵	立即返回最終結果 ($< 500\text{ms}$)	立即返回 TaskId , 背景處理	雙向通訊，極低延遲 ($< 100\text{ms}$)
適用場景	資料查詢、 輕量 CRUD 操作	大量批次匯入、 週期性報表生成	非同步進度推播、 即時監控告警



負載分離：非同步處理與即時推播流程



吞吐量提升效益 - 剝離重量級任務，避免執行緒阻塞，
使系統可容納高達 **5,500 QPS** (Requests Per Second)。

Gateway Wall: The Central Shield for Filtering & Standardization



突破傳統限制：零停機熱更新



傳統痛點 - 修改、重新編譯、重啟服務
-> 導致 30-60 分鐘服務中斷。

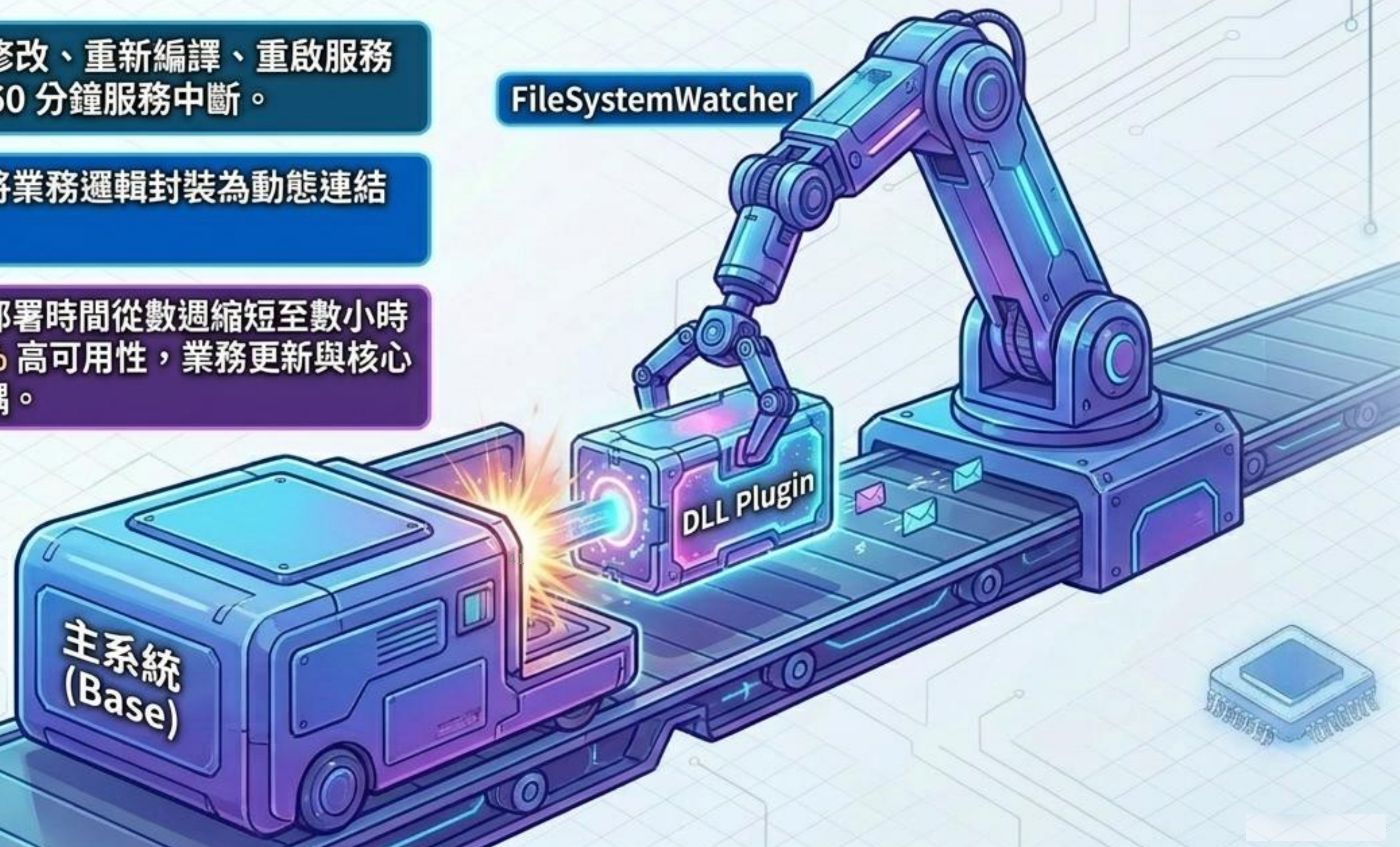


ISB 創新 - 將業務邏輯封裝為動態連結庫 (DLL)。



實質效益 - 部署時間從數週縮短至數小時
實現 99.95% 高可用性，業務更新與核心平台完全解耦。

FileSystemWatcher



突破傳統限制：零停機熱更新 - 服務轉介 API 執行流程

服務轉介 API (主程式)



動態簽章與加密機制：API 安全防護核心



= [API Key Signature (動態簽章)]



防禦重送攻擊 (Replay Attack)：Timestamp 確保每次請求具備一次性特徵。

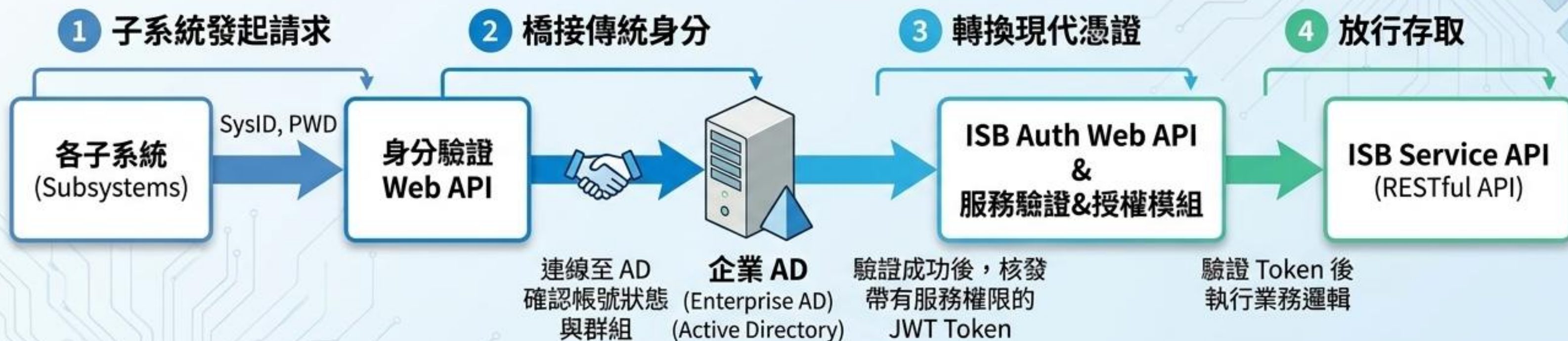


防資料竄改：傳輸封包若遭修改，Signature 驗證立即失效。



金鑰隱蔽：Salt Key 不對外公開，大幅提升核心安全性。

身分驗證整合架構: 連結現代與傳統 AD



44



無縫升級 - 不破壞既有身分體系，將傳統 AD 政策直接延伸至現代微服務與即時通訊架構中。

ISB 系統穩定性與效能測試

高併發、即時推播與大規模處理的極限驗證



企業級驗證通過



支援 1,000+ 並發



99.98% 可用性

混合通訊模式的全面壓力驗證



同步通訊 (Sync)

REST API
高併發效能測試



即時通訊 (Real-time)

SignalR
長連線壓力測試



異步通訊 (Async)

佇列批次處理
效能測試

46



測試環境基準 (Baseline Environment)：4核心 CPU / 16GB RAM 伺服器 (精準模擬真實中小型部署環境)

維度一 | REST API：1,000 並發下的極致穩定

5,500 QPS (每秒查詢數)
● 評價：優秀

180 ms (平均回應時間)
● 評價：優秀

0.02%
錯誤率 (36 / 180,000 次請求)



CPU 平均使用率 | 峰值 82%



記憶體平均使用量 | 總量 16GB

極低延遲

高擴展性

持續滿載 30 分鐘

維度二 | SignalR：毫秒級的巨量即時推播

常駐連線

5,000 條

並發 WebSocket 連線，持續 1 小時

推播延遲

85 ms

平均伺服器到客戶端延遲

成功送達

99.98 %

總計 100,000 則訊息

48

完美支援即時監控與非同步進度回饋，無阻塞地傳遞關鍵狀態。

深度剖析 | 網路不穩定的自我修復力

模擬斷線次數：

500 次

重連成功率：

98.6%

平均重連時間：

3.2 秒



偵測連線中斷

49



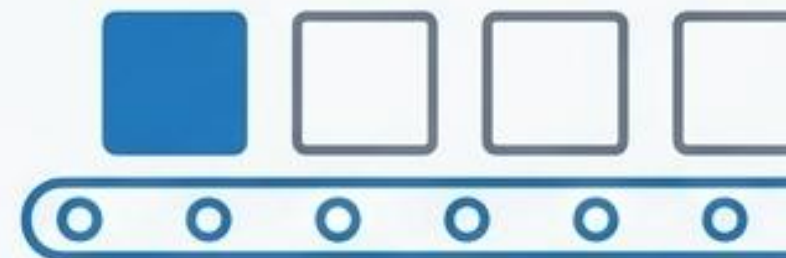
啟動指數退避重連

(避免伺服器雪崩效應)



成功恢復連線

維度三 | 異步處理：50萬筆資料的平滑消化



500,000 筆

單次大批次資料匯入

18 分鐘

完工時間

463 筆/秒

平穩的每秒處理速度

佇列健康度 (Queue Health)

平均等待延遲 (自提交至開始執行)

35 秒

系統資源佔用 (安全範圍內)

✓ 完美發揮削峰填谷效益

CPU 75%

RAM 8.5GB

深度剖析 | 異常中斷的「100% 自動復原」

測試情境設定：刻意模擬 5% 暫時性處理失敗



最終成功率：

100%

51

完善的錯誤處理能力，徹底避免暫時性異常導致整體批次作業失敗。

ISB 混合通訊效能總評

	同步 REST API	即時 SignalR	異步 Batch
極低延遲	✔ <200ms	✔ 85ms	N/A (背景處理)
滿載容錯率	✔ 99.98%	✔ 98.6% (重連)	✔ 100% (重試)
資源安全管控	CPU 65%	資源消耗極低	CPU 75%
最終評價	Excellent	⁵² Excellent	Excellent

核心洞察：系統能依據「資料規模」與「時效需求」，智慧調度最佳通訊通道。既保證即時互動效能，又確保伺服器永不崩潰。



具備企業級落地能力的成熟架構



高可用性確認 (Proven High Availability)：

突破傳統整合瓶頸，滿載壓力下各項指標皆維持極低延遲與 >98% 容錯力。



資源精準控管 (Resource Efficiency)：

無需昂貴硬體，單機 (4C/16G) 即可支撐中大型專案之高併發與巨量批次處理。



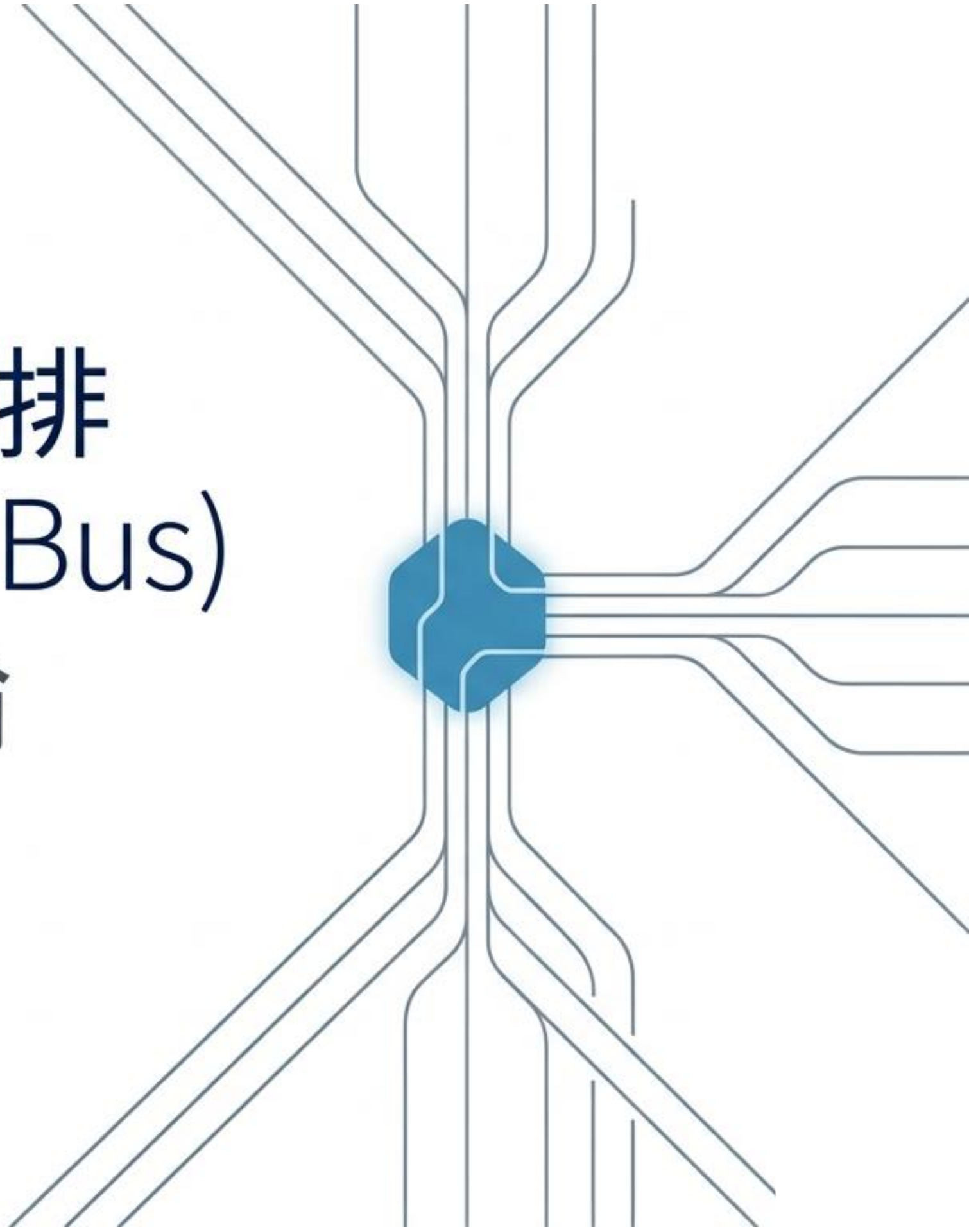
100% 準備就緒 (Production-Ready)：

已成功通過極限數據驗證，具備隨時可部署、可移轉的強大整合平台實力。

ISB — 從學理創新走向真實場域的智慧化服務匯流排。

ISB 智慧化服務匯流排 (Intelligent Service Bus) 研發成果與核心結論

輕量化、高彈性的微服務整合架構平台



突破傳統限制：三大核心技術創新



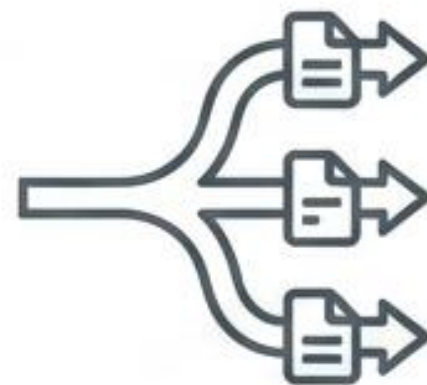
零配置自動註冊

基於反射機制 (Reflection)，
消除人工設定與依賴注入錯誤。
。



零停機熱更新

動態掛載技術 (Dynamic
Mounting)，業務邏輯即時
切換不斷線。



混合通訊智能路由

依負載特徵自動調度，完美
整合同步、異步與即時通訊。

技術創新 1：零配置自動註冊與依賴注入



依賴注入設定程式碼降低

90%

以上

56

The Mechanism: 運用 .NET 反射技術，自動解析服務介面、參數與路由，將註冊行為從「人工設定」轉為「框架自動推論」。

Value: 大幅降低開發門檻，消除人為遺漏，提升系統架構一致性。

技術創新 2：零停機動態掛載與熱更新



The Mechanism: 結合 Assembly Load Context 與檔案監控，於不中斷主服務的前提下，動態卸載與載入最新業務邏輯 (DLL)。

Value: 實現真正的「熱插拔」營運，賦予系統快速響應政策與業務變更的極致敏捷性。

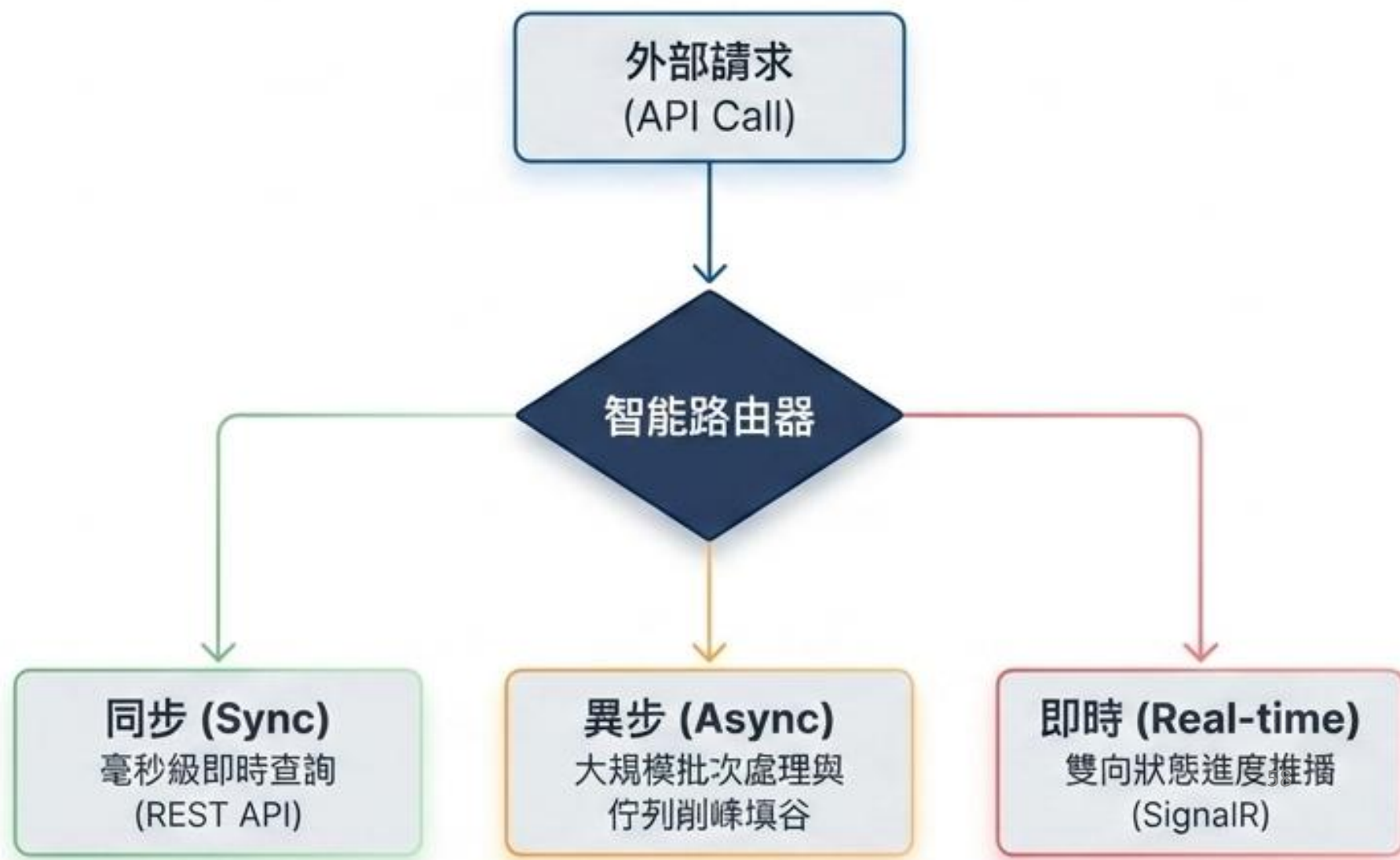
99.95%

系統可用性

數週 → 數小時

部署週期大幅縮短

技術創新 3：智慧化混合通訊調度



系統整體吞吐量提升

65%

Value: 依據任務負載特徵自動選擇最佳傳輸路徑，
打破傳統單一通訊模式的效能瓶頸。



59

ISB 智慧化服務匯流排：未來展望

從系統整合核心，邁向次世代數位治理生態系

十、未來研究方向與展望

ISB 未來發展雙軸策略



核心戰略目標：因應更高規模、更複雜應用情境

賦能智慧與信任：AI 與區塊鏈整合



AI 智慧路由與預測

- **模型訓練：**運用歷史通訊與負載資料。
- **預期效益：**實現自適應通訊決策、精準負載預測，動態最佳化系統效能。



跨組織高信任資料交換

61

- **技術導入：**結合區塊鏈不可竄改性與可追溯性。
- **應用場景：**針對政府跨部門協作、高度信任需求之數位治理環境。

Q&A

歡迎指導