

中 | 華 | 技 | 術 | 125

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2020. 1. 31 出版

創造新世代的藍海



台北郵局許可證
台北字第3758號


專訪人物／


交通部政務次長黃玉霖博士

內政部政務次長花敬群博士

車輛研究測試中心董事長黃隆洲

高速公路「1968」個人化資訊系統服務再升級
空間設施資訊結合工程預算自動化
我國自駕車發展願景與重大課題探討
三維國家底圖發展與建物模型自動化產製
提升InSAR多時序地表變形監測資料品質與GIS平台建置

 財團法人中華顧問工程司 發行

CECI  台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

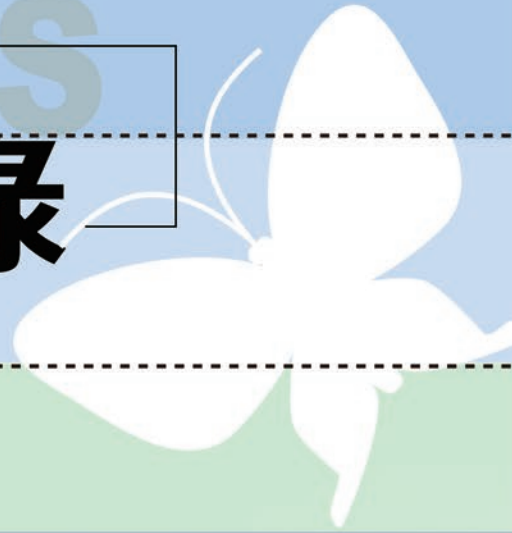
創造新世代的藍海



CONTENTS

中華技術 125

目錄



專輯前言

1 | 人物專訪

6. 訪交通部政務次長黃玉霖博士
談「重大基礎建設的系統性規劃」.....

.....整理：林峻緯、余思翰·攝影：詹朝陽

16. 訪內政部政務次長花敬群博士
談「國土空間大數據、國家推動
3D地圖及HD Map應用發展」.....

.....整理：吳錫賢·攝影：詹朝陽

28. 訪財團法人車輛研究測試中心董
事長黃隆洲談「台灣自駕車生態
產業之未來展望」.....

.....整理：洪店·攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

38. 智慧移動的典範轉移.....莊智清

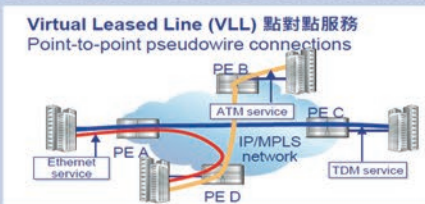
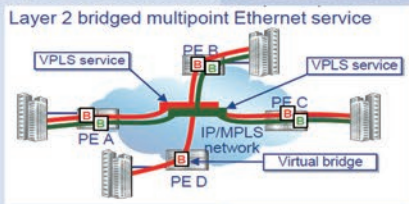
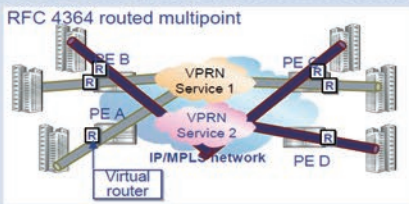


發行人 林陵三
主任委員 陳茂南
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02)8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組
總召集人 周禮良
副總召集人 李順敏
125期召集人 王子安
125期審查委員 林啟豐、施亮輝、馮道亨、鄭宏達
總編輯 張鈺輝
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、吳妍瑛
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02)8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎





3 | 專題報導

48. 高速公路「1968」個人化資訊系統服務再升級..... 鄒政修、林啟豐、卓明君、賴建宇、鄭傑文、段人豪

64. 新一代台鐵智慧化管理骨幹網路..... 林柏鋒、段人豪、吳松儒、葉世銀

82. 空間設施資訊結合工程預算自動化... 施亮輝、蔡福順

92. 智慧防洪—抽水站自動化監控與振動頻譜分析之創新應用..... 施亮輝、周振發、陳聖堯

102. 智慧運輸資訊服務平台之創新應用與發展..... 吳宗昀、許凱翔、黃惠隆

110. 我國自駕車發展願景與重大課題探討..... 張佳雯、吳榮煌、馮道亨



120. 三維國家底圖發展與建物模型自動化產製..... 全宜中、翁敬恆、高惠欣、吳錫賢、鄭宏達

130. 提升InSAR多時序地表變形監測資料品質與GIS平台建置..... 徐若堯、張彥汝、簡留玄、戴于恒、曾國欣、黃子珉



142. 利用無人飛行載具試辦高精地圖製作與精度評估..... 莊嶸騰、林祐賢、吳錫賢、全宜中、翁敬恆、高佳瑋

4 | 特稿

158. 混凝土橋梁常見劣化類型探討—上部結構(1)..... 蔡欣局、王鶴翔、毛一祥、葉承軒、王忠信

編後語



專輯前言

因資訊科技的快速發展，造就了網際網路的普及應用；由點到面、由平面到空間、由靜態到動態，透過資通網路將各類資訊迅速地傳達到全球各角落。巨量、多樣、快速的數據，經由採集、分析等過程，即可轉換成有價資訊，據以協助決策判斷及提供各類應用方案之使用。隨之孕育而生的行動裝置、機器人、無人載具、自駕車、人工智慧等科技，其突破性的發展應用，勢將徹底改變人類習以為常的工作方式與生活習慣，這也觸發編輯團隊探討新世代產業發展的好奇心。

如上所言，多樣的資料與訊息藉由通信網路的鏈結，匯流整合形成另一項新的資訊；這些新的資訊，再透過設施轉換，產生新的功能。是以機器不再只等候人類的指令，它已具有可與數據、影像、聲音對話的能力，透過對話、交流、學習而變得有「智慧」。因此，過往單一專業領域井水不犯河水的界線，已被徹底打破，跨領域的專業技術整合乃時勢所趨，且為不可逆的走向。從另一角度觀之，這種劃時代的挑戰，正是新產業發展千載難逢的大好機會。故此，如何將中華顧問與台灣世曦過往50多年來累積的多項工程專業技術與經驗，做適足的跨域整合，將會是一大挑戰，但也同時啟動再次高成長的引擎。此乃本期「中華技術」以「創造新世代的藍海」為主題的原由所在，祈望藉此契機，創造一個嶄新的新世代藍海。

此外，本期特別專訪交通部黃玉霖政務次長、內政部花敬群政務次長及財團法人車輛研究測試中心黃隆洲董事長等三位國內重量級人物。訪黃次長談「重大基礎建設的系統性規劃」，黃次長特別以國土發展角度佈局「空間革命」的系統性發展概念，針對國土計畫、經貿發展與國家競爭力等面向，闡述未來30年的交通規劃與佈局。訪花次長談「國土空間大數據、國家推動3D地圖及HD Map應用發展」，花次長特別針對國家推動智慧政府、開放資料(Open data)、國家3D底圖應用、自駕車高精地圖(HD Map)的推動、以及空間資訊產業在政府「新南向政策」中所扮演的角色與任務等議題，提出諸多寶貴意見。訪黃董事長談「台灣自駕車生態產業之未來展望」，黃董事長深入淺出地介紹我國首台百分百自行研發產製的自駕小

型巴士，取名WinBus，之研發歷程與傲人成果，內容包含人力、資源、自駕車場域等關鍵因素與建議，以及擘劃我國自駕車未來發展藍圖之構思。

在國發會規劃推動下，內政部於107年宣示正式啟動「三維國家底圖建構工程」，以深化我國3D加值智慧應用及產業發展。據此，空間資訊的整合應用已是產業發展的重點要項。此與台灣世曦自105年起即全力推動「設計4.0」及「三化」(設計3D化、設計自動化及營管資訊化)等技術研發，與空間資訊作了全盤性跨域資料整合應用的發展，不謀而合。台灣世曦除持續推動相關技術研發工作外，並將研發成果投入計畫執行的實務作業中，本期謹擇錄其中幾項具代表性的計畫，如「高速公路1968」App服務導入地理資訊系統及適地性(LBS)自訂推播服務、臺鐵智慧化管理網路、空間設施資訊與預算結合、抽水站自動化監控系統、智慧運輸資訊服務平台、自駕車發展、三維國家底圖建置等相關技術應用的實例成果，分享讀者。

由於空間資訊的技術應用日趨廣泛，而空間資訊藉由定位系統(GPS、RS)結合環境3D模型化的視覺呈現，其應用更是蓬勃發展。面對這些領域的新技术應用浪潮，國內工程建設亦面臨轉型升級的關鍵性挑戰。本期內容概以空間資訊技術整合應用為主軸，藉由空間與時間的互動，產生虛擬及實體的對話；除嚴選部分執行計畫之實務案例，以闡述空間資訊的橫向結合應用，分享讀者外，更期盼能拋磚引玉，匯聚跨領域能量，以提升臺灣工程產業的能力，一舉突破紅海競爭，攜手共創一個嶄新的新世代藍海。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

副總經理



訪交通部政務次長

黃玉霖 博士

談

**重大基礎建設的
系統性規劃**

整理：林峻緯、余思翰 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

黃玉霖博士，行政院交通部政務次長，美國加州大學柏克萊分校土木與環境工程博士，為國立交通大學土木工程學系教授，曾任海基會主任秘書、交通大學主任秘書、台灣智庫執行長，以及臺中市政府建設局局長，不僅培育許多優秀工程人才，且曾任中央與地方政府要務，現為中央部會次長，對運輸系統規劃、公共建設投資、營建財務都有深刻研究與經驗。

本刊125期人物專訪，很榮幸於108年9月17日專訪黃玉霖次長，面對國內國土計畫與長期發展，國際上除確保亞太樞紐地位，並因應印太國家興起國家總體戰略，請次長以系統規劃觀點談交通部基於國土計畫、國家競爭力，對全國軌道、海港、機場未來30年的交通建設佈局與發展。

貳、訪談紀要

問：透過交通部長官、媒體及本公司過去配合鐵道局所作的研究評估，瞭解交通部擘劃的環島高速、快速鐵道網是很好且前瞻的構想，請教次長，整體擘劃的藍圖如何逐步實行？

答：林部長就任後非常重視陸、海、空建設的整體發展規劃，因此特別交代必須作系統性發展，半年多來我召集鐵道局、運研所、臺鐵局同仁，從國土發展角度佈局「空間革命」。何謂空間革命？以鐵道路網來說，從臺北出發到臺東超過4小時才能到達，臺北到高雄則是1

個半小時，這顯示東、西部發展存在極大的差異，兩邊距離相當，但車程差異卻達3倍，就國土發展空間想像來說，東部幾乎成為偏遠不易到達之地區，不利國家長期發展。

所以半年來，我們針對整體路網、各別區域發展作詳細檢討，佈局「西高鐵、東快鐵」的格局。西高鐵部分，高雄延伸到屏東，該計畫正在可行性研究階段，倘獲行政院核定，將由鐵道局賡續辦理綜合規劃作業。至於東快鐵部分，原有宜蘭直鐵案，若走傳統窄軌，甚至於取代北迴鐵路，這對整體鐵路路網經營管理來說，並非正面發展；因此，交通部依據行政院100年北宜直鐵計畫應整體分析各項可能方案的函示，研議北宜走廊鐵路系統「提速及擴



「直鐵」改善方案，包括以臺鐵提速為考量的「直鐵」，或速度更高更能達成「提速及擴充容量」效果的「高鐵」系統。經多方評估，我們建議宜蘭直鐵改為標準軌，成為北宜高鐵，經濟可行性很高。透過高鐵延伸到宜蘭，宜蘭將來可望成為三鐵共站，含原本的臺鐵、高鐵及宜花東快鐵。所謂宜花東快鐵，目前宜花路段已完成雙軌電氣化工程，至於花東雙軌電氣化工程，我們將逐步規劃提昇成為專用路權時速160公里的快鐵效能，並針對已經完成的宜蘭花蓮隧道段，一併進行線型改善。因此，宜花東快鐵是將現有已完成及進行中的雙軌電氣化工程進行提昇，並非全新的專案。

至於高鐵延伸到屏東，將來六塊厝站也是三鐵共站，包含原本的臺鐵、未來的高鐵以及屏東臺東快鐵。未來六塊厝發車的快鐵可與高鐵共用調度場，維修廠可設於潮州。快鐵將可由南部的六塊厝出發到宜蘭，也可由東部的宜蘭出發到六塊厝。

除了上述「西高鐵、東快鐵」的整體路網之外，也在現有路網既有條件上，作機電、號誌、控制系統的提昇。模擬20年後的快鐵將是運行環島線，從臺北站出發環島回到臺北。現行臺北到臺東需超過4小時，未來可望6小時內完成環島，臺北140分鐘到達臺東，將是現行運輸時間的一半。由於我們應用系統規劃於



(左1)余思翰正工程師 (左2)陳泓德資協 (左3)李元唐副總經理

現有計畫，已逐步透過鐵道系統創造的空間革命，將對臺灣國土發展產生深遠影響，以「西部高鐵、東部快鐵」架構循序發展，將大幅縮短城際旅行時間，提升國家競爭力，且將提高觀光整體綜效，邁向觀光大國之目標。



(左)李順敏總經理 (右)黃玉霖次長



中華民國交通部

MINISTRY OF TRANSPORTATION
AND COMMUNICATIONS R.O.C



(中左)李順敏總經理 (中右)黃玉霖次長 (右3)廖學瑞副總經理 (右2)江秉修經理 (右1)林峻緯正工程師

問：謝謝次長。接著是否也請次長說明對於航空機場方面的規劃？

答：以往臺灣資源都集中在桃園機場，考量機場需以系統性長期地規劃發展大型化，是以以往桃園機場為主機場，其他機場則為輔助機場。為促進國土均衡發展，並基於國土安全、分散桃園國際機場運量及創造產業發展需求等長遠考量，我們將同步發展桃園、臺中及高雄三大國際機場，重新定位以桃園機場為國際性(global)的洲際(intercontinental)機場，臺中、高雄機場將是為滿足印太、區域性(regional)的

洲際(intercontinental)機場，提出完整規劃建議。

在高雄小港國際機場部分，第一、二航廈現況為扁長型，經評估檢討後將規劃施作第三航廈，學習新加坡以大屋頂集中式航廈方式連結，所建設的空間將足以容納海關、檢疫、免稅店等，完成後年服務容量可達1,650萬人次，將可滿足未來30年的發展，另保留透過客貨分離方式，將航廈擴充為2,000萬人次容量之彈性。

至於臺中國際機場部分，已陸續完成機



場聯絡滑行道與過夜營運機坪等工程，可提昇國際線營運強度。經評估後，除將投入約248億元推動新建國際航廈、機坪、滑行道等重要建設外，後續將以年旅客服務容量達1,000萬人次以上為目標，預估將再取得機場陽西區土地以新建民航專用跑道及設置航太、物流等產業專區等，以滿足未來20年發展及中部地區民眾、產業對於空運市場的需求與期待。此外，大眾運輸包括臺中機場捷運與高速公路交流道也會陸續施作。

由航政、路政一起整合規劃，臺中與高雄各約投資300億元，總額不到700億元的規模，臺灣即可達成一個國際性(global)、兩個區域性(regional)機場的佈局，符合國家印太策略與經貿發展需求。

問：在瞭解整體鐵道路網及航空機場規劃後，請次長說明海港方面的規劃。

答：臺灣是高度倚靠國際貿易的海島型國家，經貿活動主要依賴海上運輸，發展面向包括國際貨櫃貨運輸、國際散雜貨運輸、國際客運運輸、港埠經營管理及永續與綠色港埠；盤點未來臺灣港口發展，預估將有三種需求，首先是隨著印太經濟體崛起，臺灣港口貨櫃量還會有持續成長的機會；其次是臺灣也將慢慢轉變

成亞太物流中心，未來港區物流所需土地面積需求量亦將增加；另外配合政府推動綠能（風能、LNG）政策，包含綠能所需基地的興建，以及綠能設備的從生產與組裝、調運港口、營運期運維基地等，皆需在港口規劃對應空間。

因應上述三大發展趨勢及需求，對於基隆港、臺北港及臺中港的未來發展，已有全新格局規劃。在基隆港部分，配合政府能源轉型及經濟部推動協和電廠LNG更新改建，將推動外港區興建計畫，未來將可改善港內潮差及靜穩度；在臺北港部分，原已規劃40年完成填海造地計畫，預計造地面積將達約484公頃，經檢討推動期程後將可提前15年完成，屆時將可增加貨櫃場與碼頭空間，並擁有自由貿易港區的格局以提供物流產業發展，此外也可視未來風能或LNG發展需求，提供做為綠能專區使用；在臺中港部分，則將規劃於外港區設置綠能港將配合國家能源政策提供風能及LNG產業使用，未來完成後臺灣的能源安全佈局將就此確認，這些佈局完成將足敷台灣中油公司、台電公司所需LNG廠站及戰備儲量所需用地或空間需求。另外在高雄港部分，目前六櫃已完成、七櫃已積極施工中，預計四櫃、五櫃未來也將配合七櫃營運陸續調整碼頭配置，其聯外道路及整體路網也都將一併改善。

配合印太國家戰略佈局的調整，不論國



黃玉霖次長



家發展、人流、物流等需求，未來機場、海港預期會有30年的成長期，因應國際局勢變化快速，交通部對機場、海港的發展策略將會是以國土發展及供給導向為主要考量，而非僅從需求導向，並展現營運效率及彈性，屆時陸、海、空瓶頸改善將指日可待，以因應臺灣下一個30年的挑戰。

問：透過這次訪談，瞭解交通部因應未來國家長期發展，對軌道運輸、機場、海港等有全盤系統規劃，除此之外，部裡是否也有提昇國人生活、旅遊品質的相關建設計畫？

答：國家長期發展必須將各部門計畫整合進行系統性規劃，不足之處再予以提昇或再調整，交通部執行半年多的成果如上所提到的高快鐵道網就是以國土計畫為基礎，機場、海港則以國家整體戰略與國家競爭力觀點作佈局。國家競爭力評比中「基礎建設」是重要項目，因應未來國際經貿發展，機場、海港建設極為關鍵。

此外，為提昇國人生活及旅遊品質，交通部目前規劃東行線及西行線的「跳島旅遊」計畫。將以澎湖為中繼站，為停泊50,000噸到80,000噸級大型郵輪，未來規劃延伸改善馬公

碼頭長度，並配合馬公港進行整體開發。另為提升離島觀光品質，串聯與其他離島的通勤線，未來將規劃停泊6,000噸到10,000噸中型郵輪，每年4月到10月適航期間可作跳島旅遊，冬季甚至可遠到南太平洋，提昇整體旅遊品質。

臺灣為海島國家，過去海岸線長期被封閉，現在則已快速開放，加以遊艇產業也已本土化，目前約超過10,000人持有遊艇執照，正是發展遊艇碼頭與跳島旅遊的大好時機。前述提到的高快鐵路網是進行「空間革命」，而跳島旅遊規劃則是進行「海岸線革命」。

最近完成的西濱快速道路（台61線），將西海岸美景全面串連，不只具備交通運輸功能，亦有很強的觀光功能，讓國人見證西海岸的美。同時，搭配臺北、臺中、布袋、安平及高雄等海港的開放，甚至連結到臺東、花蓮、宜蘭、蘇澳，作整體跳島規劃，這是海岸線開放（Open coastline）的概念與架構，透過這些計畫與建設可以真正與海連結。

問：外界總有建設是破壞環境的迷思，請問次長對於工程建設與環境保護權衡的見解？



基隆八斗子港遊艇泊區



答：國人常說花東要「慢活」，但慢活是生活型態，與交通規劃的目標與導向不同，政府職責是規劃完整交通網，重視效能、安全及服務品質，確保區域運輸快速、安全，地方政府再依其文化、生活型態發展地方特色，例如北海道的生活型態是慢活，但東京到北海道之間仍需要高快速鐵路連結，才能導入觀光人潮，帶動北海道的觀光產業與區域經濟發展。

工程與環境權衡的課題，外界總有建設就是破壞的印象，事實上，交通部工程同仁極為重視環境品質的維護，並致力於減輕施工期間對環境的衝擊，以蘇花公路改善計畫為例，規劃時即採全生命週期觀點，兼顧施工與未來維運成本、路線迴避環境敏感地區、採環境友善減量設計、儘量保留地表被覆，並避免干擾動植物生態等策略；施工過程中也針對環境、生物、碳管理及文化遺址進行監測，並將監測成果數據回饋給施工團隊調整施工策略，因此無論施工方法或細部管理都有完整的環境保護措施。另外對於石虎、陸蟹及紫斑蝶等特殊物種，也積極辦理各項保育措施，例如辦理台26線39.5K至41.5K護蟹工作，讓陸蟹安全穿越馬路；推動中部地區友善道路改善計畫，降低道路對石虎生態影響衝擊；保護紫斑蝶及與國際組織簽署MOU等。

交通部長期致力於維護環境永續發展，打造兼顧景觀及生態的公路系統，已獲得外界肯定，例如：「西濱快公路碳管理及環境減輕策略」榮獲2019全球道路成就獎、「台9線安全景觀大道」榮獲2019亞太區國際景觀競賽分析與總體規劃類-卓越獎環境減輕類首獎，另外台26線「護蟹任務微電影」於2019年6月獲美國短片競賽3項獎項及8月獲全球電影競賽4項獎項。



交通部長視察台26線39.5K-41.5K（香蕉灣～砂島）護蟹工作辦理情形／圖片來源：交通部網站



推動台日鐵道觀光合作備忘錄儀式合影
圖片來源：交通部網站



(左中)李順敏總經理 (右中)黃玉霖次長 (右3)廖學瑞副總經理 (右2)江秉修經理 (右1)林峻緯正工程師
(左1)余思翰正工程師 (左2)陳泓德資協 (左3)李元唐副總經理

總之，交通部工程同仁們，不僅是土木或交通工程師，也是「人文工程師」及「生態工程師」，未來將持續重視人、建設與環境的和諧與共生，並強調生態保育與生活美學，將其融入各項建設及服務措施，來提升施政質感及協助環境永續發展。

後記

藉由本次專訪黃次長瞭解，交通部配合國土發展、國家競爭力、經貿發展，以系統規

劃的高度說明陸運、空運、海運的建設藍圖，既有疑慮都已逐漸化解，對未來個別計畫的推動與執行也會更有信心，並有晚做不如早做的體認；國家財政有限，的確必須以中央格局規劃，就所提計畫分中、長程來規劃施作。環境保護措施也須與時俱進，把永續的概念帶入工程，如同前述多項案例，顯示多項工程建設已能配合適當措施，使完工後環境指標優於建設之前。展望未來30年的國家主要建設藍圖，我等工程師們也應精進專業並以高度信心面對未來交通建設的發展與挑戰。



訪內政部政務次長

花敬群 博士

談

國土空間大數據、國家推動
3D地圖及HD Map應用發展

整理：吳錫賢 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

花敬群次長為政治大學地政系博士，專長領域為不動產經濟學、不動產投資概論、不動產投資與理財規劃、不動產市場分析、住宅經濟與政策。花次長曾任德明財經科技大學副教授、玄奘大學公共事務管理系副教授及系主任、內政部建築研究所博士後研究員。花次長於擔任學者時期，長期關注居住正義及政府居住政策，為當前政府居住政策、房市治理政策和房市產業政策的主要草擬者，而花次長親自研提之「八年二十萬戶社會住宅」政策最為人熟知。花次長於105年5月獲邀入閣擔任內政部長，從「巢運發言人」變身「內政部發言人」，並積極協助推動內政部各項政策與具體工作，貢獻良多，對於政府實踐社會住宅政策亦有專業的分析邏輯與見解。

除花次長個人之專業領域外，因內政部主管地政及國土測繪等業務，屬於國土空間大數據之範疇，故本次專訪也就內政部於空間資訊發展當前現況，與積極發展建置中的「3D地圖」及「HD Map應用」等，向花次長請教相關發展規劃內容。

本次專訪由台灣世曦系統及機電事業群王子安副總經理率領地理空間資訊部鄭宏達協理及同仁，於108年10月31日下午赴內政部聯合辦公大樓進行一個小時之訪談，以下為訪談紀要。

貳、訪談紀要

問：花次長本身為地政專業出身，而後專精於不動產政策，是否請您談談從學者轉換到政府服務的歷程回顧與心得分享？

答：入閣服務是一個意外的旅程，早期以學者身分關心社會住宅、擬定「八年二十萬戶社會住宅」政策、都市更新等議題，也可解讀是「個人造業個人擔」。一開始真的不知道如何當一個政務官，各項公文行政都是從頭學起。

上任後一開始感覺到規劃的住宅政策可以實踐，接著發現有更多的法制、計畫、財務、執行等面向也需要配套兼顧。除此之外，內政部不僅負責社會住宅，很多新的業務都必須去面對，站在國會的質詢台前，不能亂說，也不能說錯。必須快速掌握不熟悉事務的重點，去經歷這個頻率跟密度都非常高的學習過程。而這一次一次的學習跟挑戰，都是人生的際遇與自我淬鍊的過程。



臺灣雖然存在很多問題，但以臺灣現有的基礎，深深感到我們可以做很多事情。政務官還有一個重要的任務，就是要排除萬難去支持認真、任事的公務員。此外，建立「累積」的觀念非常重要，政府要思考所做的事情能「累積」才值得去做，朝這個方向去規劃、行動，很多事情才能有所突破。

土地問題如果安定，國家就安定一半。民間第一線常常是解決事情的人，我們要協助讓民間的量能發揮出來，把平台跟民間的合作關係弄得順暢，讓產業能自己發展。政府應該要建立、扶植與人民生活息息相關的服務系統及產業，讓他茁壯起來。比如說，推動都更那麼多事情要做，產業在哪裡？人才在哪裡？不足部分，我們就趕快來培養，把量能建構起來。

政府、社會、產業、技術四個面向缺一不可，同時要均衡讓綜效來發生。不同的技術內涵相互碰撞，就有很多新的化學效應發生，也是非常有趣的過程，再依據優先順序去配置所需要的資源。有這樣的思考邏輯與分析架構，對於整個技術(系統)的成熟度有瞭解，自然就篤定且胸有成竹。

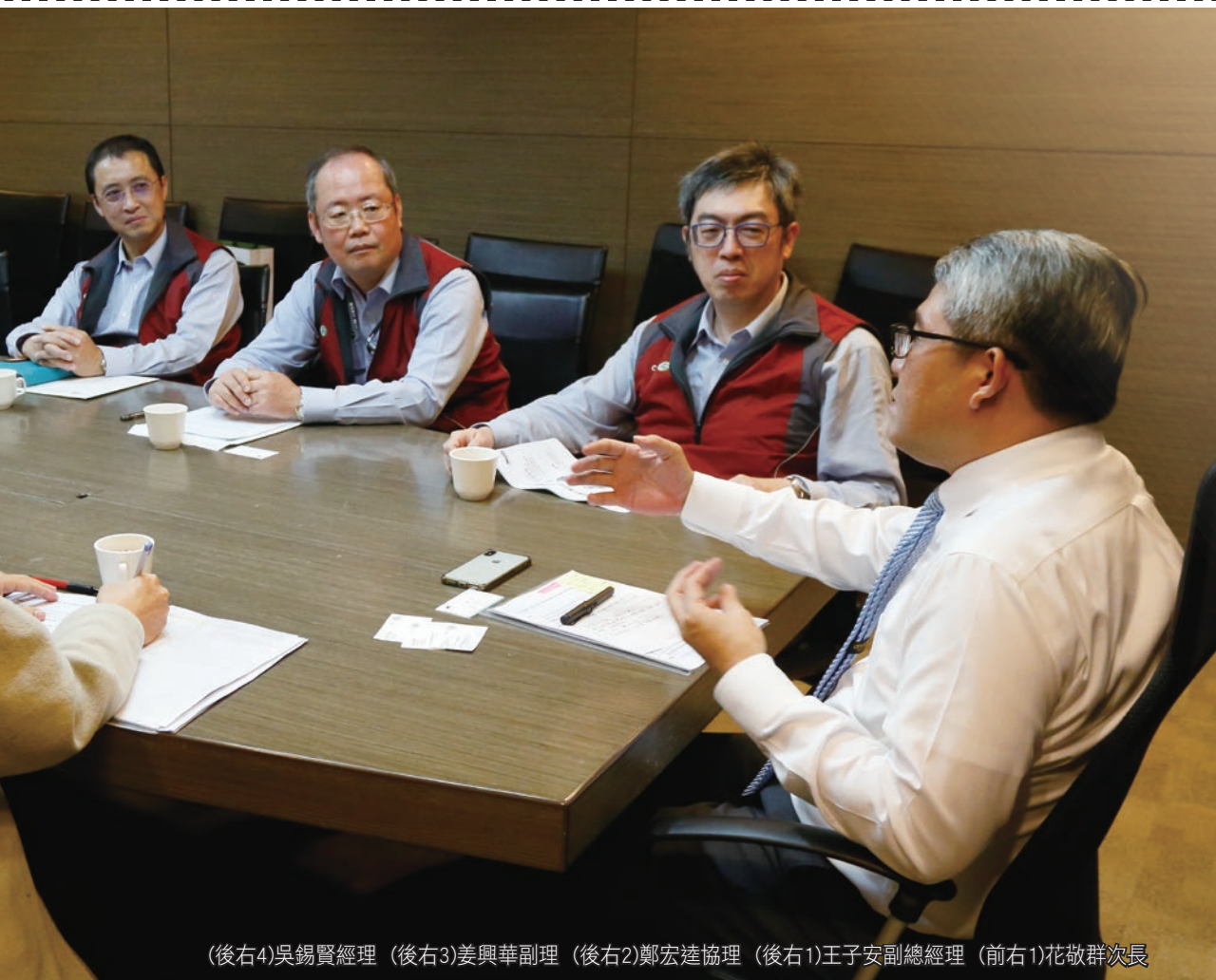
這是一趟快速成熟之旅，我常常自我提醒、忘掉自己，忘掉過去的堅持，也感謝老天爺給我這樣一個機會替大家做事。



(前左1)黃泊森技正 (前左2)黃鉅富科長

問：請問花次長對於國土空間大數據整合發展的願景為何？

答：內政部要用更大的智慧來帶領方向，發展BIM技術來升級營造產業，拉抬營造廠商，用社會住宅來當試驗場域，運用新科技讓管理成本降低，擴大經濟規模讓產業成長。未來國家住都中心要當做內政部管理的戰情室，讓社會住宅興建及維護管理有透明的平台，發展資產



(後右4)吳錫賢經理 (後右3)姜興華副理 (後右2)鄭宏達協理 (後右1)王子安副總經理 (前右1)花敬群次長

科技(Property Tech)，臺灣的基礎就能進步、加強。

測量技術現在要發展多元應用，內政部現在越來越有科技部的味道，我們要積極的往前走，勇於向國發會建議。政府數據平台與外部需求接軌很重要，常常缺了「對話」，政府要思考怎麼做好的「對話」。其實整個社會是一個中等生，要用教一個中等生的方式來跟社會對話。廣義來說，任何可以被坐標化的資訊就

是空間資訊，就是經典的大數據，政府要好好善用這些資訊，朝向一個智庫的方式來發展，內政部近期也成立大數據小組，來改善各種服務功能。

新科技的部分也需要額外的人力來支援，一方面與國土測繪中心加強合作，一方面可由建築研究所或國家住宅及都更中心配置的智庫人力來協助。內政部有很多社會經濟資料庫，應該可以相互銜接利用，例如使用大數據資料



庫，綜合分析找出最需要幫助的老年人，由衛福部去啟動相關的照護措施。我們對空間環境掌握得越透徹、精緻，政府可做的事就越多，同時也要思考如何把量能建構起來，透過平台來服務。

問：有關開放政府資料透明，內政部目前以哪些具體行動來協助主要政策的落地？而內政部在推動智慧政府的相關策略為何？

答：內政部職掌 GIS 地理資訊圖資包括國土測繪、地政(不動產)、警政、防救災、民政、人民團體、入出國及移民、戶政、役政…等與民生息息相關的行政業務，配合政府資料開放政策，將所蒐集及處理大量民生相關有價值資料開放於「內政資料開放平臺」，供民眾瀏覽及程式開發者加值應用，目前平臺上已開放526個資料集，資料類別開放的方式有API、RAW DATA及結構加值等型態，所開放之資料務求讓各界便於運用，與智慧政府核心理念「資料治理」相互契合。

未來可納入中央部會、地方政府國土功能分區劃設之參考圖資，如地籍圖、開發許可案件、農村社區土地重劃、農地資源、山坡地可利用限度查定、國土利用現況調查等圖資，以開放為原則，提供政府進行土地規劃、企業

及團體進行資訊系統之開發應用，或是民眾之一般查詢使用等相關用途。更可進一步將有多種圖資匯集於NGIS，例如導入國際通用之資料目錄語彙（如World Wide Web Consortium之Data Catalog Vocabulary及Geo Data Catalog Vocabulary等），以便國內外資料目錄系統均可查不同類別之空間資料集。

問：內政部為國內土地管理及測繪主管機關，請問您對於利用國土空間資訊協助達成智慧政府的看法及願景為何？

答：內政部刻正持續更新臺灣通用電子地圖(Taiwan e-Map)、全國數值地形模型……等NGIS核心基礎圖資外，並將統一製作及發布國家底圖，逐步建置3D圖資與多維度平臺，促進政府資源共享，增進國土測繪圖資附加價值，進而落實智慧政府「便利、有效率、全年無休」的願景。

內政部所建構地理資訊圖資雲，除以台灣通用電子地圖為基礎，整合各種圖資流通服務促進加值應用，於104年導引發展與物聯網應用相關的感測資訊流通規範，使各級政府建立的各種感測設備網之資訊能輕易結合空間位置並流通應用。內政部也輔助各縣市持續維護門牌位置資料，提供門牌地址對位服務供各



1
人物專訪

花敬群次長



界應用，有助於社會經濟活動資料與空間位置連結，經由社會經濟活動資料與感測資訊結合於空間位置，形成以地理位置為基礎的大數據庫，可支援智慧應用與分析，建構施行區域數位模型及行政作為演算模型，預測評估行政措施影響，提供修改措施或研議補救措施，並藉由數位模型及演算模型保存行政思惟經驗，增進智慧累積，並降低誤置行政措施的機率。

問：國土資訊系統(NGIS)已建置臺灣通用電子地圖(Taiwan e-Map)、全國數值地形模型(DTM)、航拍影像等國土空間規劃所需的重要圖資。請問內政部對於未來持續配合NGIS的發展規劃為何？

答：為了接軌世界先進國家推動智慧政府轉型趨勢，厚植數位競爭力，行政院現正積極推動智慧政府計畫，其核心理念即為「資料治理」，以NGIS所建置的各項圖資作為發展智慧政府的重要基礎並提供決策參據；爰此，內政部除持續辦理臺灣通用電子地圖、基本地形圖、數值地形模型及國土利用現況調查……等圖資更新工作，可整合相關中央部會、地方局處的圖資(如土壤及地下水污染場址、國土功能分區、使用地編定、環境敏感地區等)，可供未來國土計畫土地使用管制、違規取締、使用許可審議、政策影響及管制成效評估、環境影響

評估、環境污染控制時作為參考圖資，支援各項應用之時效性，提昇政府施政效能。

配合國家發展委員會智慧政府推動策略，由內政部負責3D國家底圖、3D地理資料標準訂定、TGOS平台升級圖資資產詮釋資料庫、統籌訂定3D管線圖資建置規範，並研議建置建物之數位資料(如BIM)，未來NGIS可擴充整合海域相關圖資，如海域區位使用許可情形、

政府地理空間資料促進利用之困境與對策



使用現況、申請許可案件等相關資料，提供民眾一站式地理資訊查詢服務，亦可配合國土計畫實施管制，整合國土功能分區圖、使用地編定圖之劃設成果，除協助國土計畫各層級計畫之規劃過程更為流暢，亦對民眾宣導政府施政規劃與成果之效果。

藉由各部會之人口、所得、經濟與產業、交通、觀光、土地、住宅、環境、教育、文化、社福、醫療等相關圖資或統計資料，有助我國邁向永續空間資源利用、鄉村地區整體規劃、國土計畫檢討等作業。內政部希望透過產、官、學的串聯，努力提升各領域使用率，務使NGIS成為全民慣用的空間資料檢索來源，讓NGIS圖資的效益與使用率更加提昇。



問：國發會於107年正式宣布推動國家3D底圖，108年也由內政部著手辦理相關圖資建置計畫，預計年底將完成全臺3D建物模型及3D整合圖台。想請問您對於未來國家3D底圖的應用構想為何？可否順便談談3D底圖對於內政部施政與為民服務(土地住宅、營建、防救災…等)的應用潛力為何？

答：內政部以既有2D國家底圖升級為3D，以提供符合國際標準之資料及服務為目標，辦理3D圖資建置、資料標準研訂與多維度平臺開發等三項主要工作。在3D圖資建置方面：108年底將完成3D建物模型(LOD1)建置、3D建物模型資料標準研訂及3D道路模型建置試辦；109年規劃辦理3D建物模型更新維護、3D道路模型建置及3D道路模型資料標準研訂。在多維度平臺建置方面：108年底將完成圖臺建置及基礎功能開發，並於109年中旬將各機關既有3D建物模型成果匯入圖臺。後續將持續納入相關3D圖資，並蒐整各界應用需求，開發高共通性應用功能，提供全國各界瀏覽、查詢、服務介接及增值應用，讓政府施政能在3D國家底圖提供一個共同的國土資訊系統框架。

3D是較貼近實際空間的資料表現方式，拜資訊技術的提升，3D早已由虛擬立體的遊戲場景與人們接觸，而隨地理資訊應用在全世界各國的快速發展，歐美許多國家及亞洲包括新加坡、日本、大陸也都致力於採用3D來描寫記錄或呈現現實生活空間的事與物。內政部已聯合相關部會及縣市政府，透過相關建設行政管理過程及3D資料測製作業，如建築物內外3D資料、3D道路資料等收整管理，後續可流通支援更多3D應用與發展，現階段發展的3D底圖是將建築物3D化並結合數值地形模型(DTM)所建構3D數位向量模型，除讓各界可以3D瀏



覽地圖，未來將逐漸滿足許多3D應用發展，使行政規劃成果或管理服務措施更接近現實需求，帶動智慧服務產業發展，有助於帶動國內另一波3D資料模型有關的智慧應用服務產業成長。

3D應用多元且廣泛，諸如災害模擬、救災推演、都市規劃、觀光導覽、太陽能發電分析、風力發電氣流分析、景觀模擬、通訊號涵蓋評估、都市建設景觀變遷推估等模擬推測及防治規劃、鄰近機場安全空域的劃設與管制、港埠航道設施與船舶航行的影響模擬、各類道路開發模擬環境影響評估、建築物設計結構受力的影響模擬、建築物消防感測及逃生指示設施分佈及評估管理、智慧自駕車發展室內外連結行駛、輔助房舍內長者看護、公共展場攤位即時導引……等，對於物聯網及AI的應用，更深具發展潛力相互關聯及搭配，體現智慧善治。

問：測繪技術日新月異，舉凡空載光達、無人機、測繪車等都是熱門發展技術。請問內政部對於精進國內測繪產業持續發展先進測繪技術的策略及行動為何？

答：為強化空間資訊蒐集效能，迅速掌握國土

現況，內政部於近幾年積極引入空載光達、無人機、測繪車等移動測繪技術，透過空中及地面移動測繪系統自主研發設計，整合國內現有資源，輔導國內測繪業者投入高科技測繪技術研發領域，並提升國際測繪技術競爭力，期能掌握先進測量技術並發揮其測繪能量，以達到圖資快速更新，提供國家經建政策規劃推動及防救災領域所需即時且正確的基礎圖資。

內政部於100年度建置遙控無人機系統，投入於局部圖資更新及緊急災害取像，如103年高雄氣爆、105年臺南地震、107年花蓮地震；104年利用既有公務車改成測繪車，投入局部圖資更新行列；105年度起辦理以空載光達（LiDAR）技術更新全國高精度數值高程模型，支援各項防救災諸如：淹水模式分析及地質應用，如火山地質、活動斷層、山崩及土石流等；未來，將持續引入各項先進測繪技術，擴大移動測繪系統應用範疇。

問：因應自駕車的發展，內政部近期也積極參與高精地圖(HD Map)研究實證計畫。是否請花次長簡單介紹一下目前內政部的推動成果？

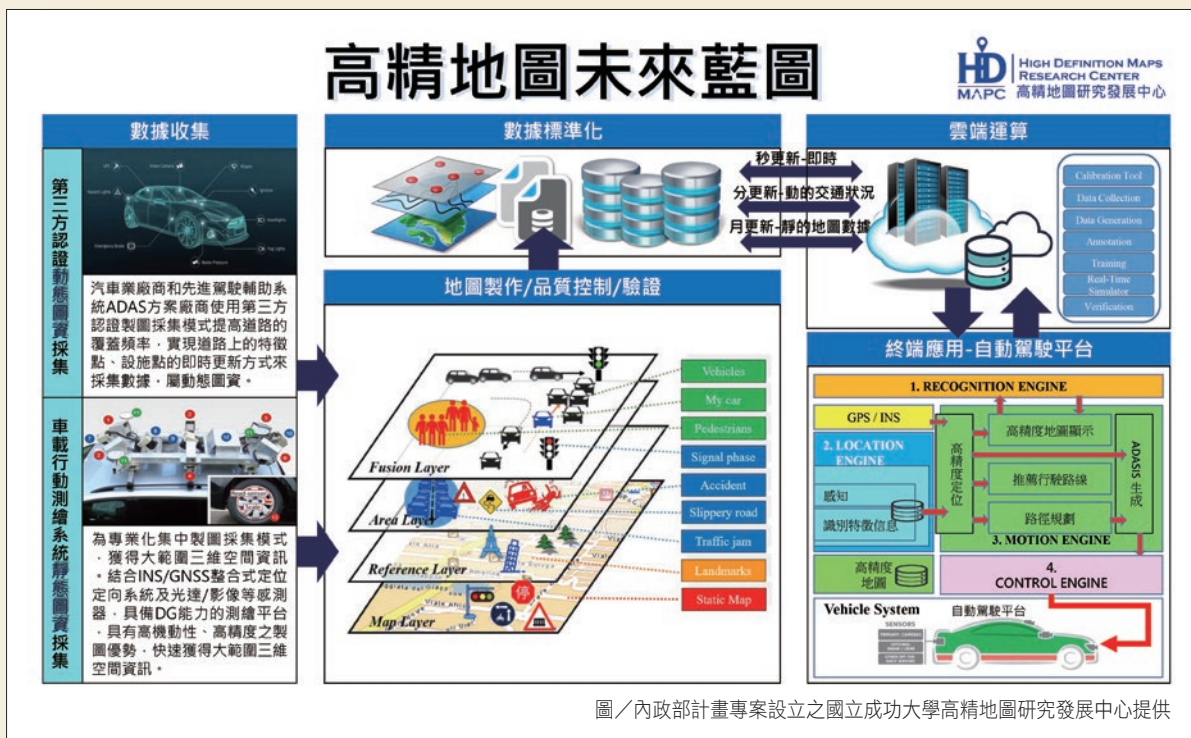
答：有關無人載具實證上路部分，配合行政院推動重點政策，完成關鍵技術研發、無人載具

1

人物專訪

實證運行上路，最終目標為無人載具克服物流最後一哩路之遞送成本、自駕車彌補偏鄉交通網絡。內政部已規劃成立計畫辦公室或服務中心，強化跨部會與地方政府溝通協調與執行成效，如期如質達成計畫目標。

內政部108年度也舉辦一系列的「高精地圖」專題座談，已陸續完成「高精地圖介接自駕車系統座談會」、「AI智慧製圖發展及圖資應用技術探討」、「高精地圖與智慧運輸創新整合發展論壇」、「自動駕駛資訊整合平台暨



圖/內政部計畫專案設立之國立成功大學高精地圖研究發展中心提供

在行政院科技會報辦公室指導下，內政部和經濟部、科技部共同執行自駕車技術研究發展計畫，目前已建立高精地圖標準、建置高精地圖管理及供應平台、研發自動化製圖技術，並完成高精地圖之圖資內容標準(草案)、製圖指引及驗證指引(草案)，並送至臺灣資通產業標準協會審查，以作為後續推動之標準。又高精地圖管理及供應平台預計年底可以開始供應圖資給使用者下載，高精地圖管理及供應平台預計年底可以開始供應圖資給使用者下載。

高精地圖實證成果發表會」，並已於10月28日舉行「2019自駕車用高精地圖國際研討會」。

問：從國家3D底圖到高精地圖，都屬於3D數位空間或數位城市的範疇，是否請花次長談談對未來智慧城市發展的期許？

答：內政部將以多年累積之國土測繪圖資技



術和經驗，配合智慧政府、開放資料及新興科技技術（AI、雲端運算、區塊鏈、物聯網、自駕車高精），持續著重於國土測繪圖資三維升級與創新服務發展，目標鎖定極大化國土測繪圖資增值應用，鏈結治理網絡優化決策品質，以資料導向的運算及分析優化決策品質、建置GIS三維國土空間資料庫提供相關單位決策使用。

藉由國土測繪圖資三維升級與創新服務發展，整合各機關地理空間資料，建置增值應用平台，提升政府決策分析能力，使民眾生活更加便利。另內政部依行政院5+2新興產業重點政策，積極推動無人載具高精地圖關鍵技術研發，鼓勵圖資新創產業成形，搭配其他部會發展之自駕車關鍵技術，共同達成自駕車上路願景。

問：內政部近年積極配合政府辦理「新南向政策」，對於國內測繪產業如何組成國家隊，由技術輸出的角色來達成經貿外交的目標？是否請您提供一些給產業界的寶貴建議？

答：應用國內市場帶動產業技術發展及企業間合作成長，進而促進相關產業整合拓展國際市場，為政府一向的目標。內政部已成功爭取國

際地理資訊標準架構推動協會（GSDI）於105年11月在台灣舉辦年會及國際研討會，並在民間人士協助成功邀請許多國際政經及技術主管部門或人士來台參加，透過研討交流及國內地理資訊及測繪應用成果展示與宣傳，展示相關技術成果並推介服務內容，協助民間業界獲取國際服務的接洽機會及政府補助商展經費。

內政部前於106年12月完成臺灣印尼「大地測量及空間資訊測繪合作協定」，其我國首次跨國測繪合作，協定由雙方輪流舉辦高峰論壇，提供產官學專業人士分享測繪知識及實務經驗之平台，實質促進科學、經貿及產業技



第一屆臺灣印尼測繪高峰論壇（內政部提供）

術合作。108年9月「第1屆臺灣印尼測繪高峰論壇」於臺北舉辦，陳建仁副總統親自蒞臨致詞，同時見證雙邊測繪產業協會代表(中華測繪聯合會與印尼測量師協會)完成簽署合作備忘錄，以深化合作關係及加速測繪產業服務鏈結。此外，高峰論壇亦安排我國業者就測繪技



(左1)吳錫賢經理 (左2)姜興華副理 (左3)鄭宏達協理 (中)花敬群次長 (右3)王子安副總經理 (右2)黃鉅富科長 (右1)黃泊森技正

術及成果進行展示，印尼政府機關於會後主動採購我國廠商自行研發之地理資訊系統產品，成功為我國測繪產業開拓印尼市場跨出第一步。

展望未來，為因應智慧政府政策，需蒐集大量三維國土測繪圖資及強化後續增值應用服務，所需人力及專業性將大幅提升，應可仿效其他國家，積極推動行政法人國土空間數據中心，將空間三維圖資去除個資與國安圖徵識別化、增值應用於各項服務上，集中各部會產製空間地理資料，鼓勵資料共享，提升政府地理空間資料產製效率及品質，活化圖資價值。

後記

承蒙 花次長於日理萬機之中抽空接受專訪，我們藉由花次長分享的心路歷程，深刻地感受到真誠、踏實、勇於承擔、積極任事的人生態度；而花次長對於政府、社會、產業、技術四個面向相輔相成的論證分析也有精闢的見解，對於臺灣未來發展資產科技有相當高的期待。此外，花次長也非常清楚地描繪出國土空間大數據發展的面向，並且期盼由近期的「3D地圖」建置及「HD Map應用」研發來實現服務平台。花次長侃侃而談且幽默風趣，與談同仁對於花次長泰然的處世哲學及各項專業技術上都得到了相當多的寶貴經驗，謹將本次精彩的「對話」內容與大家分享。



訪財團法人車輛研究測試中心董事長

黃隆洲

談

台灣自駕車生態產業之
未來展望

整理：洪盾 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

財團法人車輛研究測試中心黃隆洲董事長，畢業於國立台灣大學船舶機械研究所，曾於裕隆汽車服務，全程參與國人首輛獨力研發汽車「飛羚」之設計與研發測試；亦曾擔任中華汽車行銷、產品企劃主管，產業經驗豐富。

自2000年開始擔任車輛研究測試中心總經理，帶領車輛中心員工建設彰濱研發基地建立各種研測能量，深耕於創新科研之專利與技術移轉產業、推進與歐美等國際驗證合作，使我國產品行銷世界，也擔任車輛相關政策之政府幕僚，逐步奠定車輛中心之厚實基礎。其間，車輛中心獲得第一屆國家產業創新獎之「創新研究機構獎」、國家發明創作獎之「貢獻獎」、第三屆國家產業創新獎之「年度創新領航獎」、科專技術成就獎、科專價值領航獎等多項殊榮。

黃董事長也曾經擔任台灣車輛研發聯盟主任委員、自動機工程學會(SAE)理事長、常務理事、監事達10年。獲得成功大學工程科學系傑出系友、經濟部科技專案「貢獻獎」。於2019年7月25日接任車輛中心董事長，繼續帶領車輛中心協助台灣車輛產業升級發展。

貳、訪談紀要

問：打造整車台灣自研自製的自駕電動小型巴士WinBus之起始想法？

答：從車輛中心投入先進駕駛輔助系統(ADAS)研發開始，同時掌握國際趨勢與產業現況、評估台灣具備無人載具優勢條件、到車輛中心擬定自駕車策略等，到今日一步一步完成整車MIT自駕電動小型巴士-- WinBus，一路走來其實花了超過10年以上練就基本功，以下就幾項

最重要發展契機來跟大家分享：

■ **科專技術練兵**：車輛中心自2007年即投入ADAS系統研發，2009年再加入電動車(i-EV)研發，這兩大領域的關鍵技術逐步成熟到位、創新堆疊，就成為國內自駕車領域的重要推手，目前已具備遊園車、乘用車、電動巴士等不同車型之自動駕駛平台，並達SAE Level 4實車道路展示實績。

■ **國際趨勢與產業現況**：自駕車在國際上的運行案例日漸多元，截至2019年6月全球共計52案自駕車上路，其中以Shuttle Bus公共



接駁佔最多數，占比達47%。車輛中心也觀察當前自駕車的國際主流CASE趨勢，即聯網化(Connected)、自動化(Automated)、服務化(Serviced)及電動化(Electrified)，其中很大的部份是為提升駕駛安全與運輸效率，尤其是各國都正面對所謂能源、人力或老齡社會等運輸問題。所以大眾運輸型態的巴士，特別是彈性及機動性高的小型巴士就是我們團隊的優先選擇。

■ **台灣具備無人載具關鍵要素：**台灣具備科技運用靈活度、人才素質高、產業準備度(ICT產業鏈完整)、載具普及度(車輛及手機普及聯網應用服務成熟)、法規進步(制定無人載具運行條例)及場域準備度等各項有利條件加總下來，正是發展無人載具關鍵要素，不僅有很好的機會可以串連自駕車產業鏈，也能加速台灣車電、人工智慧AI產業成長力道。

■ **車輛中心推動自駕車策略：**技術發展與產業化並進，發展創新運行服務模式之三個策略：

策略一：發展國內自主關鍵系統(智慧決策與控制)與SI系統整合技術；將多年累積的技術項目，一次到位在MIT自駕小巴上運用。車輛中心自2007年投入各項車電系統研發已有12年，從早期只有ADAS警示功能到目前具備主



(左1)洪店正工程師 (左2)黃惠隆副理 (左3)馮道亨協理

動決策控制的電動車與自駕車實現。目前已有超過630件專利、40項研發成果及50件技轉實績，車輛中心就在這個基礎下，全部投入運用在MIT自駕小巴研發。

策略二：推動自駕車旗艦隊；邀請技術合作的廠商，示範打造MIT自駕小巴供應鏈。車輛中心在2015年即聯合40家廠商成立「自動輔助駕駛產業平台」；利用此合作模式下建立之默契，又在2018年聯合18家廠商籌組「自駕車產業聯盟」。從技術交流、產業合作開發延



(右5)蘇倍慶課長 (右4)王濟珍小姐 (右3)王子安副總經理 (右2)吳榮煌副總經理 (右1)黃隆洲董事長

伸到產品拓銷，串起台灣國產自主之自駕電動生態系。我們依車廠開發新車型工法打造，從設計、開發、驗證，從0到100%台灣設計，包含智慧化全自動駕駛模式、雙向行駛、遠端協控、AI人車路智慧辨識等多項貼心且安全設計的智慧自駕系統，能滿足老幼舒適乘坐要求。

策略三：發展創新運行服務模式，透過建構新核心能力及商業模式，讓民眾有感，再不斷複製國內成功經驗，未來輸出海外。

台灣產業機會：具備智駕車發展的“五”器

技術成熟度

- 台積電(tsmc)連2年名列美國前10大發明專利權人
- 台灣專利數量僅次於美、日、韓，居世界第4
- 台灣碩博士142萬人，排全球第4
- 國際大廠來台設置研發中心

產業準備度

- 通訊、車輛上中下游產業聚落完整
- IC封裝與晶圓代工居世界第1
- IC設計、IC載板、PCB、電動代步車等居世界第2
- 面板居世界第3



場域準備度

- 全台13縣市(桃、嘉、南、北等)曾入圍全球智慧城市
- 臺北、新北、桃園、臺中、臺南、高雄提供場域做不同自駕車的示範測試

載具普及度

- 臺灣交通運具普及率達每1.99人擁有一部機車，每3.66人擁有一部汽車
- 智慧手機普及率高達93%，居全球第2，僅次於荷蘭

法規完整度

- 無人載具科技創新實驗條例
- 道路交通安全規則修正草案

問：WinBus已達SAE Level 4水準，期望多久以後可促成國內車輛產業轉型升級達SAE Level 4？



答：國內自駕車輛產業發展時程可分成以下兩個面向說明：

■ 自駕車輛技術發展之時程規劃：

(1)雛型驗證階段(Proof of Concept, POC)：除了目前這輛雛型車外，我們另全新打造WinBus-II投入沙盒運行，目前與產業聯盟的共同努力下，預估2020年第二-三季會有新的實車上路運行。

(2)服務驗證階段(Proof of Service, POS)/商業驗證階段(Proof of Business, POB)：技轉廠商透過沙盒運行及調教(預計沙盒運行兩年期間)，2021年達到技術驗證完全成熟。

■ 自駕車之市場面考驗：技術成熟後還要通過包括市場接受度(價格)、法規要求、場域準備度(運行之環境道路等智慧運輸系統之配合)、商業模式健全度等關卡。

因此，2021年是一個可以期待的期程。

問：因應自駕車世代的來臨，是否各國均需要有符合自己國家道路情境、法規之自駕車測試場域？

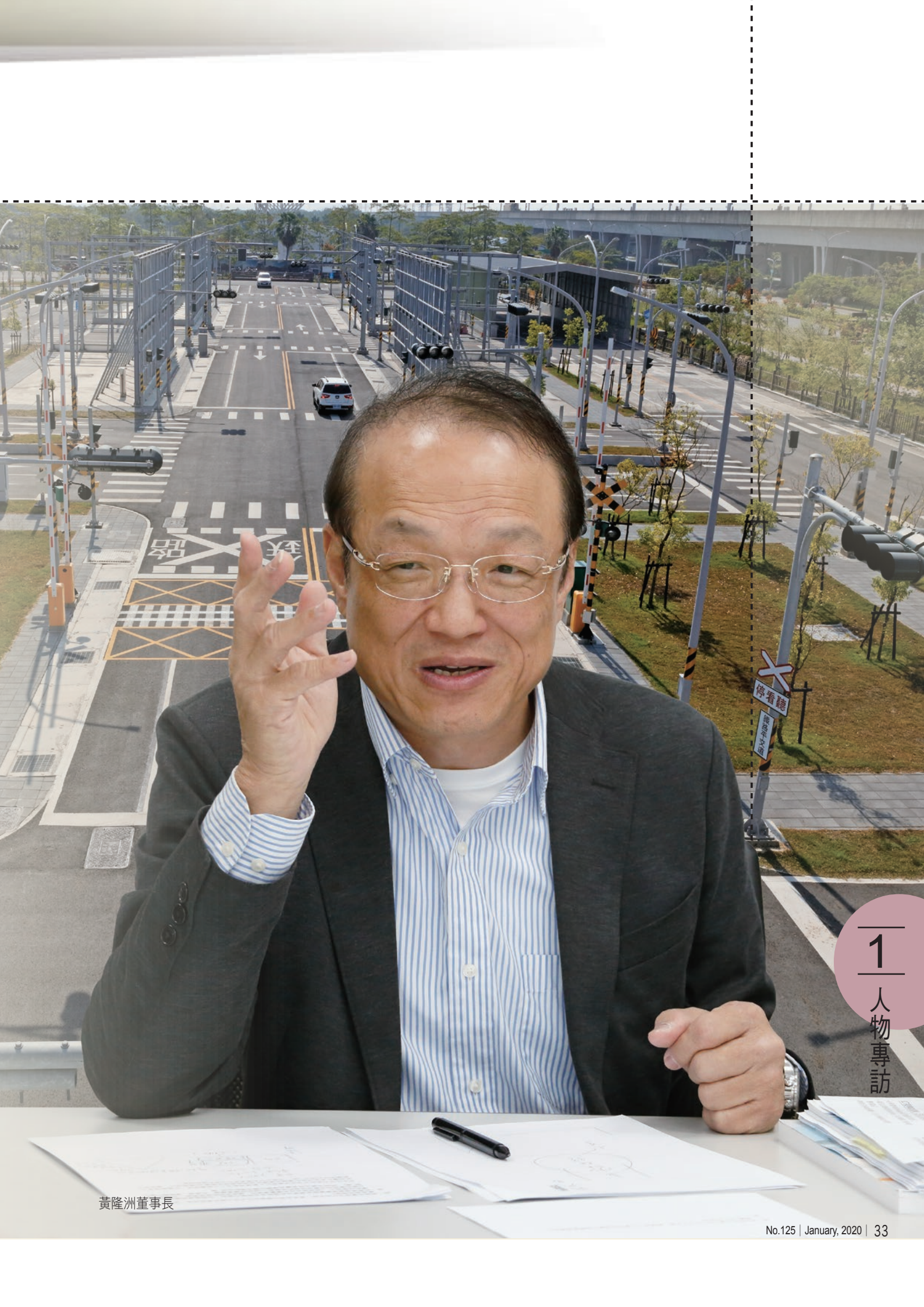
答：是的。自駕車發展確實要與各國當地的道路及法規進行調和，也就是要有適應當地環境的自駕能力，技術應包含高精圖資運用、道路行駛的深度學習及AI控制決策，包括辨識車道線、紅綠燈、速限與行駛方向等，可同時決策出符合當地道路交通法規的技術等等。

因此台灣在技術面就必須經過自駕車場域實車運行的大數據蒐集及人工智慧學習；在產業發展上，各項屬於系統界面的議題則建議依循國際標準來發展，像是圖資、通訊、智慧號誌等格式，也有助於台灣產業可快速與國際接軌。

問：國內目前投入自駕車相關計畫發展之城市包括台北、桃園、台南及高雄等，擬修正之「道路交通安全規則」部分條文草案是否有助於協助推動自駕車及車聯網技術之發展？

答：自駕車的運行在全球都是新的嘗試，而「無人載具科技創新實驗條例」的主要精神之一是「沙盒精神」，第二十二條針對創新實驗期間，無人載具或系統創新實驗行為可排除適用之法律。

自駕車涉及的法規有道路交通安全規則、



1
人物專訪

黃隆洲董事長



電信法、公路法…等等。而交通部目前只修訂「道路交通安全規則」，等於限制自駕車使用與營運範圍，及車聯網的應用範圍，單純修訂道路交通安全規則部分條文恐還是無法滿足未來自駕車的創新應用。對於車輛聯網的應用也還需涉及電信相關法規的修訂，因此建議初期採「無人載具科技創新實驗條例(沙盒實驗條例)」，經由沙盒實車運行的實務經驗，檢討人車路的適用性，及進行國內道路及法規調和是一條必經之路。相信未來，隨著自駕車技術更加完善，沙盒運行資料回饋，整體法規面也會越來越齊全。

問：您曾經提到汽車產業需要長時間人力、資源的投入，不能只看短期成效，同時也提到台灣要發展國家隊概念，才能讓產業走得更穩健。請問發展國家隊的關鍵為何？

答：以國家力量協助產業發展，初期政府補助是有其必要的，因為要把技術發展之環境建立起來，但也不能僅有補助；其次要「整合研發平台」，須在有限經費下，以「整合供應鏈提高研發效率、技轉協助降低成本」；第三個則是要重視標準的建立，跟上國際趨勢，畢竟有標準後，才能生產可外銷的商品。最後是要提供資源「建立實驗室與國際標準測試驗證場

域」。所以政府補助只是初期點火，後續研發整合、建立標準及建立實驗室能量，缺一不可。這四大發展概念，也是國內目前推動自駕車產業發展正在歷經的階段。進一步舉例作法如下：

1. 國家提供有利的環境，像是個別公司單獨做不到的”共通項目”，如圖資、網路建設等須以國家角度規劃，大家一起用。
2. 鼓勵廠商合作，集中火力於新興供應鏈系統的培育。
3. 透過競爭、競賽選出優勝隊(旗艦隊)並後續獎勵其商業化成功。如此可從初期鼓勵數個團隊競爭到最後勝出留下一兩個團隊，那才是真正被認證的”國家隊”。
4. 提供一個結合社會大眾需求的場域，透過示範、運行經驗，讓大家親身體驗看到可行性的成果。
5. 解決缺乏系統發展的平台，例如發展中小巴士線控底盤系統。如此才能在上面長出台灣自己的AI系統、演算法軟體、晶片等。

問：2019年8月車輛中心發布之台灣自研小巴WinBus營運試驗狀況？

答：目前本中心WinBus與勤崴國際科技股份有限公司(營運商)合作，以「鹿港彰濱智慧觀光接駁」營運試驗為訴求。規劃路線總長約12.3公里，採分階段完成，路線行經有號誌、無號誌路口，十字路口、T字路口，車道縮減等台灣常見道路情境；路程也行經各種橋梁，所以車輛須具備優異上下坡能力。此運行計畫的最大特色在於配合彰濱工業區內5-6家觀光工廠，透過自駕車結合觀光產業，讓民眾體驗無人駕駛的便利性，將觀光產業與智慧交通鏈結起來。這種商業模式，未來可以複製、衍生變化到各城市或其它路線去運用。



問：未來車輛中心於彰濱工業區規劃之自駕車測試場域是否會加入其它測試情境，如大雨、濃霧、強光等環境以測試自駕車之感測系統？

答：車輛中心參考國際間各國驗證場域的特色，都是以該國現有試車場擴充為主，可發揮資源集中、投入最少且綜效高的優點。未來場域特色包括：

1. 全車種：適用小型車、大客車、大貨車等各種車種。
2. 全速域：低、中到高速道路測試(160公里/時)。
3. 多通訊聯網：車聯網V2X、5G測試情境。
4. 多樣態交通道路設施：如高架橋、上下坡道路與高速公路匝道匯入/匯出、視野不良匯流口、砂礫連續S彎路、市區巷弄路口等國際通用與國內特殊情境。
5. 天候環境模擬設施：如具備雨/霧模擬設備、環境光線模擬，呈現大雨、濃霧、潮濕、路面反射、行車時逆光/背光等多重情境，進行車道線、交通號誌、障礙物之偵測辨識功能測試，以測試自駕車在特殊天候環境中之可靠性。

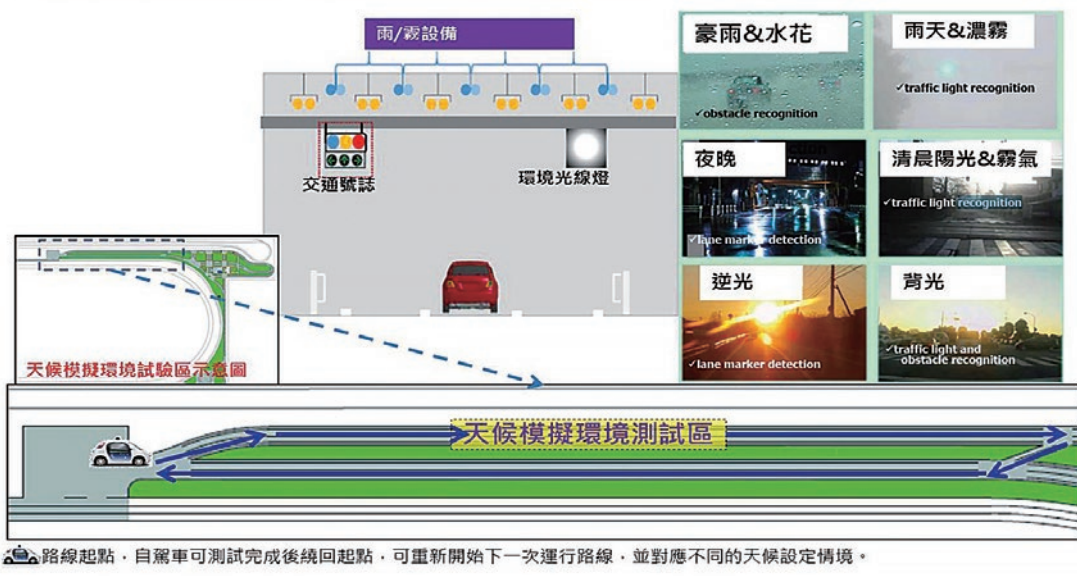
綜合以上考量因素，車輛中心規劃於彰濱工業區現有占地119公頃的試車場中，在現有12條測試道之外，再擴充規劃建置城市、郊區



及高速路、號誌與聯網、天候等軟硬體設施，建構成為一座功能完整，且符合國際驗證標準的自駕車法規測試、廠規與研發驗證之場域。

物等實際都會遇到的道路環境與情境，充分提供自駕車實驗運行。其它像是科學園區、國家公園、觀光園區等有足夠運量之場地也都是適合規劃之選項。

天候模擬環境測試情境



問：彰濱建置之自駕車測試場域仍為封閉式場域，台灣發展半開放場域、開放場域之可能性？合適的場地？

答：目前WinBus計畫在彰濱工業區運行的「鹿港彰濱智慧觀光接駁路線」即是非常適合之自駕車運行的開放場域，路線長達12.3公里，經過號誌化/無號誌路口、十字與T字路口、路段有雙向2車道/4車道與機慢車專用道，及車道縮減變化，以及橋梁之上/下坡能力，涵蓋許多常見路況情境。工業區上下班車潮多且複雜，有機車、汽車、貨車及大卡車，甚至是流浪動

問：國內在自駕車之發展優先投入封閉場域、固定路線及偏遠地區最後一哩路等應用，其偏遠地區之可行性及效益？

答：有關偏遠地區的使用，應該是屬於社會福利及公益層面，有些先進國家是當成施政考量的一環，不能單純以商業化的經營效益考量。例如日本確實有車廠思考以自駕小巴士來解決鄉下、老年化社會、司機人力短缺的整體解決方案，也包含車輛監控與派遣之技術營運管理平台發展。不過，都還在實驗調研階段。

問：智慧化風潮下，汽車(Car)被視為帶動半導體產業發展的第四個引擎，您對於台灣自駕車產業發展之看法？

答：全球3C產業發展已進入成熟期，高科技產業在極度競爭下，獲利與成長空間普遍受到侷限；另一方面車輛電子產業因車輛智慧化、電動化等需求的驅動下，使得車用電子在一輛汽車中所占的比重愈來愈高，因此成為另一令人矚目之第4C產業(Car)。

而台灣長久以來在ICT產業上累積了穩固的基礎，有利於車輛電子系統的發展，尤其在國內研究機構近幾年的創新研發及產業升級輔導下，國內廠商在感知系統、AI智慧決策、晶片、5G+IoT與資安防護…等等都勇敢地伸出觸角，努力突破中，也的確具備了競爭的條

件。這一波的新技術發展是往後20年的新藍海機會，端看大家如何選、怎麼跑了。

後記

承蒙財團法人車輛研究測試中心黃隆洲董事長於百忙之中，撥冗接受本刊之專訪，仔細說明國內自駕車發展產業歷程及未來展望。在訪談過程中，我們深切感受到黃董事長對於車輛、自駕車之喜愛與瞭解，過去、現在跟未來不斷帶領車輛中心創新研發，更上一層樓。

感謝黃董事長不吝指教分享數十年的寶貴經驗與見解，也瞭解黃董事長對自駕車的熱情與高瞻遠矚的願景，期待在自駕車生態產業的推動下，台灣可以站上世界舞台、展現台灣實力。



(左1)洪店正工程師 (左2)黃惠隆副理 (左中)吳榮煌副總經理 (右中)黃隆洲董事長 (右2)王子安副總經理 (右1)馮道亨協理

智慧移動的 典範轉移

Paradigm Shift in Smart Mobility

關鍵字(Key Words)：自動駕駛(Autonomous Driving)、智慧移動(Smart Mobility)、
自駕車輛(Autonomous Vehicles)

國立成功大學／電機工程學系／教授／莊智清 (Juang, Jyh-Ching) ①

摘要 ABSTRACT

自動駕駛近年受到相當大之矚目，也吸引許多投資者的目光。自動駕駛為一跨域整合與高度複雜之技術，但同時也具有強化安全與改善交通效率之潛力。為了迎接此一智慧移動的典範轉移之過程，因此有必要審視技術之成熟度與人們之備便程度。本文回顧自駕車輛之技術並分別以成功大學之車輛平台和台灣智駕測試實驗室說明技術發展之近況和展望。由於智慧載具得與人有相當互動，本文探討智慧移動服務之下，消費者所扮演之角色與負擔之責任。最後，說明人才培育於無人載具年代之重要性與國內發展情形。



Abstract

Autonomous driving is a high-visibility subject among high-tech companies and car manufacturers in recent years and has attracted a significant amount of investments. The autonomous driving is a multi-disciplinary and highly complex technology with potential benefits in enhancing safety and transportation efficiency. In the preparation for this paradigm shift due to autonomous vehicles and the associated smart mobility services, it is necessary to examine the maturity of the technology and the readiness of human. The article reviews the enabling techniques to realize the function of autonomous driving and presents some recent advances in Taiwan. The article further examines the role and responsibility of humans in the era of autonomous driving which is characterized by ride-hailing and ride-sharing services. Finally, some activities on the incubation of human resources for the readiness of the intelligent vehicles are then reported.

壹、前言

近年來，自動駕駛或智慧駕駛是一個相當受到矚目之議題。此一產業趨勢之形成實植基於許多元素交互推波助瀾之結果。智慧駕駛導入感測技術與人工智慧技術以提升車輛之環境感知與決策判斷能力，可因此改善行車之安全性。由於此一技術之到位仰賴具一定智慧程度之資訊處理、辨識與判斷，故等級較高之自動駕駛系統充分利用深度學習技術以及高計算能力之處理器以強化即時辨識、分類與決策能力。另一方面，自駕車輛儼然為人工智慧理論與技術落地實證之一重要項目，諸如以人工智慧技術為核心之自駕車輛次系統、零組件、開發工具、整車或營運平台，均受到相當重視。自動駕駛技術所引領之安全便捷同時與電動車輛之節能減碳，先進通訊之無縫聯網與共享服務之商業模式相互整合連動，建構出ACES (Automatic, Connected, Electrified, and Shared)之產業發展動能。智慧駕駛時代之到臨，具有改善用路安全、提升運輸效能、改變城市風貌與開啟移動商機之優勢，對於交通運輸、生活環境、經濟活動與社會革新等均將有深遠之影響。

本文針對智慧駕駛技術進行說明，並以成功大學之車輛和科技部/國家實驗研究院之台灣智駕測試實驗室為例，說明相關之發展現況。由於自動駕駛技術與服務應用得考慮以人為本之宗旨。然而當人與機器互動過程將免不了一段磨合，本文以此觀點討論技術發展與人性之不可測對於整體智慧移動之影響和隱憂。最後指出永續之智駕移動服務有賴充足人力資源之培育與投入。

貳、智慧駕駛技術

自動駕駛車輛之特色為可以於無需駕駛之情形下，由車輛感測設施，決策機制與主動安全系統完成順暢且安全行駛。為達到此一功能，車輛得具有SPACE之能力，所謂SPACE係Sense(感知)、Plan(決策規劃)、Act(控制致動)、Connect(聯網)與Edge(端點運算)之縮寫。Sense代表環境感知之能力，一般自動駕駛車輛均配置不同類型與數量之攝像機、雷達、光達、夜視裝置與超音波感測器以偵知、辨識與追蹤車輛週遭之物件。此些物件包含靜態之車道線、道路邊界、交通號誌等也包含動態之車輛、機車、自行車與行人。於特定環境，更同時得分辨出臨時設立之號誌和交警之指示。車輛Sense之功能一般另同時搭載定位應用之感測裝置以提供車輛精確之位置與姿態資訊。Plan泛指決策判斷與路徑規劃之能力，一般復依即時性分為反應式規劃(reactive planning)、戰術性規劃(tactical planning)與策略性規劃(strategic planning)等層次以產生





2

工程論著

足以避障、合乎交通規則與最便捷到達目的地之路徑。Act彰顯車輛之控制能力，強調穩定、精準與兼顧快捷和舒適之特性以正確地執行所規劃之動作。由於此一控制與致動功能與車輛之安全息息相關，故得同時研判系統正常運作之情況並妥善因應以達到一定的容錯能力。自動駕駛系統如一般電腦或手機一樣具有聯網或connect之功能，其網路包含車內網路以交換車內不同感測與控制訊息也包含車輛與外界之聯網。後者統稱為V2X(vehicle to everything)可涵蓋車輛與車輛、車輛與路側設施、車輛與行人、車輛與雲端等之通訊。經由V2X，許多行車環境之資訊得以分享也具有強化安全與改善車流之優點。此一過程，自駕車輛之角色為整體物聯網之一感測節點，可收集和回傳資料。自動駕駛車輛得即時地於車輛端處理大量資料，故得搭載一端點(edge)運算單元以處理來自不同感測器與網路之資訊、進行辨識分類之推論、產生低風險之決策與路徑並據以精確執行。自駕車輛之自駕等級因此可以依其SPACE技術含量進行評估。

一、成功大學智慧駕駛發展平台

為發展和驗證上述自動駕駛之多樣技術，成功大學於2017年在亞洲矽谷之協助下進口一輛具線控(drive by wire)功能之車輛。2018年於成功大學校區展示此一車輛平台等級四之自駕功能，並於2019年參與科技部沙崙場域之開幕及展示若干關鍵技術。此一車輛係以林肯(Lincoln) MKZ車款加裝線控驅動之模組以利控制車輛之加速、煞車、轉向與檔位。為發展自動駕駛之功能，此一車輛平台如圖1所示，加裝自動駕駛發展所需之基本感測裝置、定位裝置、運算裝置與通訊裝置，車輛之導航定位主要利用全球導航衛星訊號接收機、慣性感測裝置與車身資訊完成。為充分利用感測元件之特性，同時也已發展視覺導航、光達點雲導航技術以構成一完整之導航定位系統，並能在一些受到衛星訊號遮蔽與多路徑效應影響的環境展現優越性。同時為有效因應環境之變化，亦已整合高精地圖以善用路側特徵進行定位，定位過程除提供載具之位置與姿態外，另一項重要輸出為完整性和可信度。目前所發展之整合式定位方法可以產生完整性與信心區間，



圖1 成功大學之智慧駕駛車輛平台

有助於行車安全之確認。成功大學車輛平台之環境感知主要採用融合影像、光達與雷達之技術並搭配深度學習與多物件追蹤濾波器以對於行車環境之物件與屬性有充分之掌握。由於不同感測器之偵測範圍、精度與環境因素均有不同，環境感知之技術關鍵為如何有效地融合不同之感測資訊以提供一精確且可靠之物件辨識與分類，因此，目前已發展和評估多種不同之深度學習網路架構。決策規劃主要根據地圖資訊進行路徑與車道之規劃並適時因應突發之狀況，控制驅動則忠實地實現路徑跟隨與反應控制。成功大學之車載控制電腦採用模組化之架構以執行必要之環境感知、導航定位、決策規劃與控制驅動之工作，適度地發展開源式之軟體以利整合，此一車輛同時也安裝有通訊裝置以回報車輛狀況，並於必要時依循一定程序接受遠端遙控。

一般而言，於發展自動駕駛技術之過程均沿襲系統工程的作法，循序漸進地執行設計、模擬與測試。模擬可以於沒有安全顧慮下進行感知、決策與控制法則之發展並優化相關之架構與參數，依仿真與複雜程度一般復可分為模式迴路模擬、軟體迴路模擬、硬體迴路模擬、駕駛迴路模擬與車輛迴路模擬以分別驗證系統之功能與性能。隨後的測試一般分為封閉場域之測試和開放道路之測試，前者主要為於封閉和預設之情境測試車輛的自駕能力，而後者則主要挑戰車輛之整體融入路況的能力。自動駕駛之發展過程，對於運作區間(Operational Design Domain, ODD)之認知是相當重要的。自駕車輛之智慧增生與融入路況之能力養成正如同小孩成長之過程必得一路呵護，於小孩長大過程，大人會限制遊戲區域避免危險之衝撞和戲水行為等。運作區間主要界定自駕車輛運行之區域，路段，時段，速限以降低不可預期成分可能造成之影響。運作區間之設定有利於技術之發展和驗證，如此車輛之智慧化程度可以與其運作區間進行對應，於自動駕駛功能發展之過程，應有安全運作之設計，以因應運作區

間內可預測或突發之異常現象。

二、台灣智駕測試實驗室

自動駕駛上路之一先決條件為安全之確保，如前所述，藉由模擬與封閉場域測試以評估與驗證自駕車輛整體之感知、決策與控制性能方進行開放道路試煉與運行。我國目前已於台南沙崙建置「台灣智駕測試實驗室」，融入亞太區域複雜交通環境與特殊駕駛習慣，以提供小型車或中型巴士之自駕車於封閉場域內進行混合車流之實境測試，並驗證車輛感知、決策與控制之性能。此一佔地1.75公頃之場域，規劃了13種路況情境，並分為市區道路、郊區道路及特殊路況等類型，以測試自駕車輛之功能與性能。市區道路的路況情境包含十字路口、行人穿越道、移動街廓、圓環及路外停車場；郊區道路的路況情境則有T字路口、彎道及車道縮減；特殊路況的情境則涵蓋隧道、鐵路平交道、智慧停車亭、金屬鐵橋、綠蔭及水泥路面/橋梁接縫等[1]。另外，也提供行人、自行車、摩托車、車輛等軟式測試目標物以模擬交通情境並測試自駕車之因應能力。科技部/國家實驗研究院之「台灣智駕測試實驗室」的一項重要工作為提供測試評估報告以供產學研界銜接目前已頒布施行之「無人載具科技創新實驗條例」進行於實際開放場域之各類型具創新性之沙盒實驗以驗證和精進自動駕駛科技、服務及營運模式。

三、測試場域與車輛技術之結合

於「台灣智駕測試實驗室」開幕影片中，成功大學之自駕車輛已展示各不同情境之自駕功能，可參考國家實驗研究院網站[2]或圖2。由國家發展委員會主導之自動駕駛運行暨資訊整合平台主要建立和驗證自駕車數據收集平台，成功大學之自駕車輛於「台灣智駕測試實驗室」之運行情形為此一平台的一項數據來源，



圖2 成功大學智慧車輛於台灣智駕測試實驗室之情形



圖3 車端資料介接自動駕駛運行暨資訊整合平台

圖3顯示資訊整合平台運作情形。自動駕駛技術發展與高精地圖息息相關，高精地圖可以提供公分等級之車道資訊、路測設施之資訊以及交通狀況之動態資訊，有利於自動駕駛之定位、感知與決策。目前成功大學之自駕車輛已結合內政部建置之沙崙場域高精地圖進行相關之自駕技術發展，如圖4所說明。為了更有效地結合車輛與場域，目前成功大學團隊亦已發展且發表開源型式之沙崙場域自動駕駛模擬軟體，有利於相關技術之發展與驗證，圖5顯示此一模擬和實際情境。

四、智慧駕駛技術之落地

智慧駕駛技術應融入行車環境，因此前述SPACE技術能量亦應於不同運作區間進行檢視。若將運作區間設定為台灣之典型道路，則現今之技術仍力有未逮。由於自駕車輛一般設計較寬鬆之安全裕度，台灣與東南亞地區之機車瀑布對於自駕車輛之感知與決策均相當有挑戰性，但若體認此一運作區間之真實性則可以經由資料收集與深度學習，發展融入環境之自駕策略。混合車流之智慧駕駛除了要求有全面之SPACE技術外，另由於牽涉用路人與車輛間之

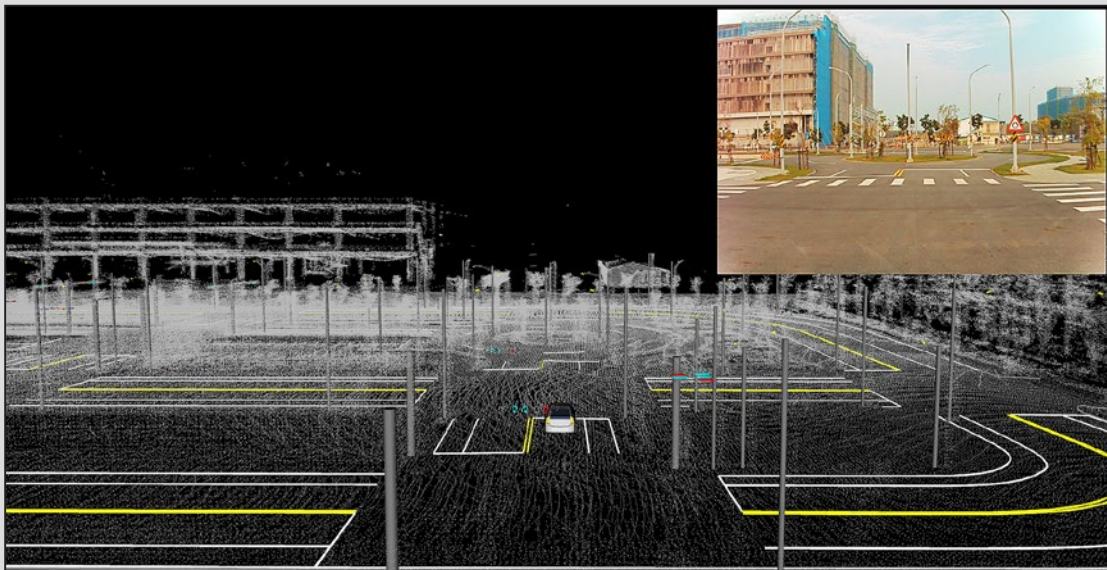


圖4 應用高精地圖進行定位與路徑規劃應用

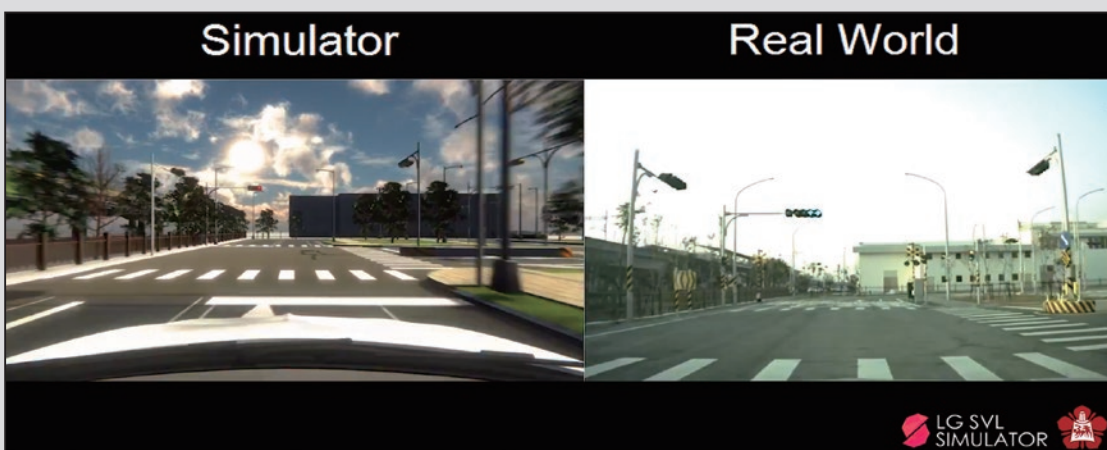


圖5 虛擬模擬與實車測試情形

互動也有道德和法律面之思考。美國Uber公司之自駕車輛於2018年於美國坦佩(Tempe)市撞死一名婦人，係第一起自駕車輛撞死人類之事件，於媒體上有廣泛報導，當然隨後之討論有許多由技術面切入，諸如較佳之感測與人員辨識能力，夜視鏡頭之安裝，人與車間之聯網，乃至道路之設計等均有被討論。但是我們也由許多行車紀錄器看到製造假車禍之影片，所以當自駕車擔心撞到人之同時，是否會有具不當意圖的人們會基於保險或其他理由設計被高價之自駕車撞上？於有名之麻省理工學院(MIT)道德機器(moral machine)[3]針對此一互動提出若干個殘

酷的道德判斷窘境，探討如何讓自駕車輛得以兩害相權取其輕。無論是機車瀑布、自駕車前假摔或道德機器下之判斷均沒有標準答案，也可能得面對損傷，這往往不全然是技術可以克服之問題。誠如一片有名電影之金句：生命會自找出路；也許在迎接自動駕駛到達的年代，人與機器均處於學習之過程。

參、智慧駕駛之人性因素

先進智慧運輸系統(Intelligent Transportation

System, ITS)主要強化人、車與路間之友善與即時互動以提升行的安全。自動駕駛可因此視為智慧運輸系統之一環，主要賦予車輛足夠之智能再輔以路側和雲端之協助建構出安全與有效率的運輸環境。當智慧駕駛之設計朝著無人的方式演進之過程，人於整體運輸情境之角色也相對微妙。所謂「科技來自人性」，人的需求、期望乃至感受因此得於技術演進之過程被完整地尊重。目前許多理應「以客為尊」之運輸服務均應用大數據與人工智慧技術進行排程以優化運輸之效能，此一過程每一個有人性之旅客均被物化為包裹，形成「以客為豬」之旅運體驗。因此於迎接智慧駕駛的年代，應於不同面向進行反思，以塑造出永續且宜人之整合性出行服務(Mobility as a Service, MaaS)。

一、自動駕駛車輛之使用與互動

人們將來可望以私有、共享或共乘方式使用自動駕駛載具進行移動。採用私有之作法，運具本身將變成人們生活空間之一部分，也因此將可望增加許多客製化之設施。首先當方向盤等空間被釋放後，車體內之空間可以重新安排，長途運輸可以改為舒適之躺椅，辦公用途可以自行營造合宜之環境，單人用車或多人用車亦均可以適時地進行調整。如此車主可以發揮想像與創意，將車輛化身為次於居家和工作場所之第三活動空間，當人們於移動過程，其視線可以離開道路和交通號誌狀況之後，許多乘客經濟(passenger economy)將應運而生，也將對人們之生活規劃和步調造成影響。此一改變當然也影響人們與車輛之互動，例如面板之安裝、內容之提供等。日本豐田公司Toyota公司之e-Pallet為一可以依照用戶需求改變內裝與構型之多用途自動駕駛載具，此一構想獲得業界與潛在用戶之廣泛迴響並可望於2020年東京奧運實際呈現。

由於具自動駕駛性能之載具，得搭配全方位感測裝置以及相關運算和通訊次系統，故價格高昂，也因此自駕車輛商業模式之作法，為應用共享和共乘之設計，以分擔成本和增加使用效率。此一共享和共乘服務，可以填補最後一哩之需求，亦為目前全世界許多自駕接駁之營運模式。共乘方式之疏運，將迫使彼此陌生的人處與相對封閉之空間，此一旅程因此可能是一項奇妙之邂逅，也可能是一場難忘之夢靨。當然，於車輛之行控管理得進行有效率和公平性之路徑規劃，此一過程應有可能會面對不同型式之客訴，尤其在搭乘過程沒有駕駛人員緩和可能之衝突和不悅，此一共乘機制之發展將有可能由不同目的地之乘客以競標之方式取得車輛之優先路徑，更增複雜性，當然相對應之資安與個資亦不可忽略。

採用預約型式之自駕車輛營運系統，為了衝高營運績效，得有一套車隊管理系統，以優化車輛之使用效率和整體疏運之效能。目前車隊管理系統採用單向之數據回報，各車輛將車子之位置、速度、車輛狀態等回報給後台之車隊管理控制中心，後台因此可以掌握各車之動態，進行監控以及依作業程序進行必要之調度。未來自駕車隊之營運將採用多向之數據傳輸，自駕車將車身資訊和影像光達等感測資訊傳送至後台，後台除可以監控自駕車輛行進外，另可以適時介入進行路徑之調整與安全之因應。同時，各自駕車輛所收集之資料，連同路側設施之資料，可以經由大數據分析和深度學習之推論提供整體交通路況之資訊，以及個別優化之路徑，後台可以因此傳送動態之高精地圖資訊以利車輛之運行，另外，車輛與車輛之間亦可以交換訊息以改善安全與交通順暢度，然而此一勾勒之美麗願景有可能因人之因素而變質。應用共享模式一般係由用戶預約車輛，若於相對密閉之使用空間，乘客缺乏公德心以致於車子之潔淨狀態乃至功能受到影響，將衝擊到車輛之調度與排程，明顯地，無論是何種類型之商業模式均有賴人與車之間有效地扮演負責

任之角色，方足以建構友善的出行生態。

二、智慧載具之人才培育

當自駕技術目前正朝等級較高之無人駕駛技術持續發展之過程，實有賴充足之人力資源持續投入技術研發與驗證，方可安全地上路。教育部有鑑於此，目前正配合國家整體無人載具之發展，規劃配套之人才培育方案與作法。教育部之「無人載具人才培育」計畫主要認知無人載具產業發展過程，人才培育是必要的，這其中以無人載具中控系統之人才培育最為關鍵，中控系統為一整合度高之系統，具有環境感知、決策判斷與控制驅動之整體能力，可以因應載具運作過程之變化而達到安全與有效率之輸運。我國產業結構之主要特色為具有優於其他國家之機動與靈活性，藉由無人載具中控系統技術養成與人才培育可望為此一高價值之ACES產業注入生力軍，以機動地發揮中控系統之整合效益，應用於不同之載具與情境。為建構一完整之無人載具人才培育計畫，因此有必要深化現有課程與作法並以系統整合與實體驗證作為指標，進而達成人才培育、深耕教學、產業鏈結、資源共享和永續發展之效益。因此，教育部無人載具人才培育計畫之重點為：

- (一) 需求面之業界鍵結；
- (二) 建構面之機電整合；
- (三) 程序面之系統工程；
- (四) 應用面之實體驗證。

此一多面向架構，主要期望由需求面審視現況以利盤點資源與規劃工作，由建構面鋪陳各核心技術以建立完整無人載具中控系統拼圖，由程序面串連必要之工程發展與驗證工作以合乎品質、時效與安全地完成系統，並由應用面思考獨特之動態與情境以實體方式完整地驗證所發展之無人載具技術。教育部現階段人才培育計畫以制訂自駕車輛中控系統課程模

組、開發開源平臺及實體車輛平臺為主，期望達成下列目標：擬定國內第一個以無人載具中控系統為主軸之教學模組、建立長期與國外廠商建教合作之關係、介接國內業界實體車輛平臺與建置國內無人載具中控系統教學資源中心。有關課程資源目前已分開源式虛擬模擬軟體，自駕車行為操控技術，ROS(Robotics Operating System)模組開發與使用、定位、地圖建構與實體載具之介接等課程模組進行開發。此些資源之開發與應用，以及人力資源之培育，將可以為我國無人載具產業持續注入活水，亦為整體競爭力提升之關鍵。

肆、結語

近年來自駕技術之發展已形成一不可逆轉之產業風潮，我們應問的問題不是自駕車輛是否會到來，而是將於何時以及以何種方式融入我們的生活？當傳統汽車產業與高科技巨擘紛紛投入此一產業之際，如何各自調整原本迥異之步調以有效地將自駕車輛深入民間，亦是值得持續關注之議題。當然，在台灣獨特之行車環境設計和用路行為模式會影響到此一科技之發展與相關服務之展開。我們當然也要反思：智慧駕駛技術是否已經成熟，而人們是否已準備接納智慧移動之服務？

參考文獻

1. 吳榮煌，王子安，張佳雯，”臺灣智駕測試實驗室建設歷程及未來發展展望”
2. 台灣智駕測試實驗室，網址：<http://taiwancarlab.narlabs.org.tw/>
3. Moral Machine，網址：<http://moralmachine.mit.edu/>

高速公路「1968」 個人化資訊系統服 務再升級

關鍵詞(Key Words)：高速公路1968(Freeway 1968 App)、地理資訊系統(Geographic Information System)、適地性服務(Location Based Service)、藍牙資訊推播服務(Bluetooth Information Notification Service)、服務區停車(Parking at Service Area)

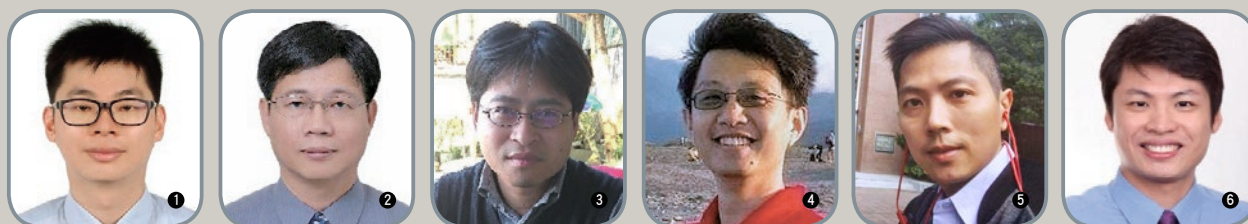
- 台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／計畫工程師／鄒政修 (Tsou, Cheng-Hsiu) ①
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／協理／林啟豐 (Lin, Chi-Li) ②
 交通部高速公路局／交通管理組／組長／卓明君 (Chuo, Ming-Jun) ③
 交通部高速公路局／交通管理組／科長／賴建宇 (Lai, Jian-Yu) ④
 交通部高速公路局／交通管理組／正工程師／鄭傑文 (Cheng, Jie-Wen) ⑤
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／副理／段人豪 (Tuan, Jen-Hau) ⑥



摘要

高速公路局自100年推出「高速公路1968」App服務，至今已累積超過300萬人次下載量，該App功能係以提供國道路況資訊顯示及撥打1968客服專線為主，廣受用路人依賴使用；因應科技不斷進步及眾多使用者經驗回饋，並為持續精進高速公路交通資訊提供相關服務，故於107年12月20日開始進行改版，擴增功能包含導入地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)、適地性(Location Based Service, LBS)自訂推播服務及整合國5藍牙交通資訊推播系統於1968 App提供國5路況資訊推播服務等。

本文包含說明交通資訊服務新需求、介紹高速公路1968資訊服務系統架構，及高快速公路1968新增服務功能(包含GIS即時路況顯示與查詢服務、適地性服務自訂推播功能、服務區停車位資訊與尋車功能、即時路況播報功能、多元化資訊整合與應用服務)。



Freeway "1968" Personalization Information System Service Upgrading

Abstract

The Freeway Bureau launched the "Freeway 1968" App service from 2011, and has accumulated more than 3 million downloads. The App functions are mainly to provide freeway traffic information and dial the 1968 customer service line, which is widely used by passengers. In response to the continuous advancement of technology and the feedback from many users' experiences, and to continuously improve the freeway traffic information providing service, the revision of App has started from December 20, 2018. The expanded functions include importing Geographic Information System, LBS (Location Based Service) personalization notification service and integrating the Bluetooth Traffic Information Notification System of Freeway No.5 into 1968 App to provide the traffic information notification service.

This article contains explanations of new requirements for traffic information service, an introduction to the architecture of the Freeway 1968 information service system, and the new service functions of Freeway 1968 (including GIS real-time traffic condition display and query service, personalization notification service in location based, service area parking information and car finding service, real-time traffic condition broadcast function, and diversified information integration and application service).

3

專題報導

壹、前言

一、背景

隨著網路及行動裝置成為大眾生活中的一環，提供使用者即時之個人化資訊查詢已成為各商用網站及App服務之基本功能。在交通方面為滿足用路人出行需要，各類型大眾運輸查詢軟體、Google地圖等已是一般人行動裝置中必備的應用軟體。

高快速公路系統為一綿密且互具轉向替代性之整體路網，為讓用路人更能夠掌握旅行時間及路況交通資訊，交通部高速公路局(下稱高公局)自民國91年起推動高快速公路整體路網交通管理系統計畫，以「資訊集中、分區控制」原則整合北、中、南及坪林交通管理中心資訊，並建置全國性交通資訊管理及協調指揮中心(Traffic Information Management, Coordination and Command Center, TIMCCC)，將其定位為整合之高快速公路整體交通管理及控制系統資料中樞。對各外部交通管理系統或增值應用單位而言，僅透過單一之高速公路交管系統對外服務窗口，即可完整獲得國道即時且多元之交通資訊。

(一) 高速公路1968資訊服務

用路人資訊服務包括行前資訊、途中個人化及途中集體化資訊等三大部分，其中行前及途中個人化資訊經TIMCCC整合後統一提供服務，透過以下媒介傳達交通資訊給用路人參考，使用路人明瞭將遭遇之狀況並預作準備。[1]

1. 高速公路1968網頁

提供即時交通資訊查詢服務，其功能主要包括：

- (1) 每分鐘更新之動態路網圖，用路人可由一目瞭然之圖形化介面迅速了

解整體路網車行狀況。

- (2) 發佈包含即時影像、各路段車速與壅塞資訊、施工與事件列表、資訊可變標誌顯示訊息等，以及根據選擇之起終點交流道，以最短旅行距離方式提供行程規劃建議等。
- (3) 提供各單位交通資訊增值應用服務，包含路況及事件資訊。

2. 高速公路1968行動應用軟體(簡稱1968 App)

- (1) 提供即時路況圖、路段即時影像、路段平均車速、路段旅行時間、即時事件、天候資訊之查詢。
- (2) 提供播打1968客服功能以利用路人進行路況回報與查詢，以及國道警察報案功能以利國道路況事件排除及急難救助。

(二) 高速公路1968發展

高速公路1968已演進至第4代系統，高公局整理歸納之發展進程如表1所示。[2]

表1 高速公路1968應用服務發展進程

高速公路1968	第1版 	第2版 
上架期間	100/12/13~102/2/28	102/1/26~105/3/1
統計期間	100/12/13~102/2/28	102/1/26~105/3/1
瀏覽量	330萬次/443天	7,811萬次/1,130天
累計下載	35萬次	177萬次
功能	<ul style="list-style-type: none">✓單鍵撥號✓路網地圖✓行程規劃✓紀錄查詢	<ul style="list-style-type: none">✓整合原有功能✓單鍵撥號並紀所在位置✓行車路線前方件訊息提示✓系統交流道轉提示✓提供路況即時影像及即時路網

貳、交通資訊服務新需求

在伺服器之虛擬化技術、分散式運算技術發展成熟後，現今已可透過虛擬化管理工具，在幾分鐘內建立虛擬伺服器，並任意配置其運算資源，突破以往實體伺服器的I/O限制。且通訊網路傳輸技術亦提升，使得資料傳輸量及速度均顯著提升，以往難以負荷的圖像式或影音串流檔案均可於數秒內更新下載完成。具以上優勢後，交通資訊服務新需求應運而生，歸納新需求分述如下。

一、系統穩定性提升

為確保交通資訊服務品質不中斷，系統架構必須具備故障時仍有備援機制可將必要的運算、網路與儲存資源轉移至備用設備上持續運作。高速公路1968系統於102年將網站及App服務內容移至公有雲端主機，並完成虛擬化，惟既有平台因尚未其相互叢集備援與橫向擴充功能，致連續假期發生大量使用者連線時，偶有資源不足或因故障導致服務中斷情形。

因此為提升高速公路1968服務水準，對於公有雲端主機虛擬化架構進行資訊流盤點、系統資源重整、擬定伺服器備援架構及連續假期資源擴充與監控機制為主要新增需求。

二、即時路況資訊以GIS地圖化顯示

前期高速公路1968網頁及App以靜態路網圖提供交通資訊查詢與顯示服務，如圖1所示，惟高速公路若有新增交流道等路形調整，則靜態底圖較不易更新、維護，且操作上無法進行縮放及顯示週邊道路連結情形，不易呈現更美觀及直覺之顯示功能。故導入已成熟之地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)以地圖化顯示有其必要性。

三、個人化資訊主動推廣播

前期交通資訊以1968網頁及App等媒介提供用路上網查詢，資訊提供屬被動式查詢，現今隨著資訊及資料處理技術快速提升，及使用者已逐漸習慣快速瀏覽並迅速抓到查詢重點的需求，提供個人化資訊主動推播服務，由使用者自定義要接收之資訊，供用路人快速獲取所需之客製化交通資訊，更能貼近用路人。

四、資訊服務多元化整合需求

早期高速公路1968系統以提供高速公路路況為主，惟高速公路與地方道路之交通管理分屬不同單位，若分別提供所屬交通資訊，則資訊過於零碎，且民眾之出行旅次常由多種等級之道路串連而成，未整合之資訊可用性過低不符合需求，故適當整合各單位之公開交通資訊及提供API供加值應用服務亦有其必要性。

第3版 	第4版 
104/12/2~107/12/20	107/12/20~迄今
104/12/2~107/12/31	107/12/20~108/9/30
5,715萬次/1,125天	5,481萬次/284天
265萬次	306萬次
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 整合原有功能 ✓ 全台即時路況 ✓ 警政報案 ✓ 跑馬燈 ✓ 替代道路導引圖 ✓ 替代道路旅行時間 ✓ 四季花況 ✓ 服務區 ✓ 提升推廣播服務品質 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 整合原有功能順利和平移轉 ✓ 即時路況：以地理資訊(GIS)技術整合各式路況於單一頁面套疊顯示 ✓ 路段績效：可切換至1公里績效供掌握實際路況 ✓ 導入UI/UX設計：使用導引列輔助使用者查找重要功能 ✓ 資料庫整合：整合1968網頁及App資料庫，統一資料內容 ✓ 自訂推播：用路人可訂閱旅行時間及路況，依其所在地收到該區域路段資訊推播服務



圖1 前期高速公路1968網頁即時路況分區圖

參、高速公路1968資訊服務系統架構改版

一、系統升級理念

新系統架構以行政、應用與管理面分別考量，據以滿足未來應用需求：

(一) 行政面遵循政府相關法令

1. 遵照行政院頒「政府網站服務管理規範」及經濟部工業局「行動應用App基本資安規範」，以符合資安與網站服務規定。
2. 遵循交通部頒「即時路況資料標準(v2.0)」，促進即時交通資訊格式統一，落實資訊交換共享。

(二) 應用面以人為本出發

1. 訂閱推播：分析民眾所需，推出國道資訊適地性(LBS)訂閱推播服務(如旅行時間…等)，持續往App成為客製化個人秘書方向前進。
2. 功能精進：根據Apple Store及Google Play兩大應用服務市集使用者的意見回覆來調整功能及介面操作流程，並導入使用者經驗(UX/UI)改版設計、縮短道路績效為1公里、提供交流道出口壅塞資訊...等。

(三) 管理面簡化資訊流程並整合後台管理介面

1. 1968網站及APP管理後台介面整合，提供單一後台管理，並消除不同展示介面顯示成果的時間落差。
2. 利用GIS整合前端顯示介面，以利各類資訊(如CCTV、CMS、路況事件、1公里績效、天氣…等)可於單一平台整合展示。

- 盤點交控系統交換至高速公路1968所在雲端機房資訊流，訂定資訊交換及服務中斷告警機制及Log暫存機制，以利快速查修。

二、系統備援架構與優化

為滿足前言所述之系統穩定性提升需求，並提供用路人高可靠度之資訊服務，將本系統併同高公局「高快速公路交通控制系統之中央電腦軟體雲端化建置案」進行更新，針對1968服務系統架構及資訊流進行盤點，建置系統架構如圖2所示。

針對單點伺服器以Active-Standby 之HA架構分別開立服務主機，其中「上線服務主機」表示目前主要提供服務之VM，「備援機」表示待命主機，當上線服務主機發生異常時，可用來

替代異常的主機。上線服務主機和備援機位於公有雲端機房內不同實體主機上，彼此透過機房虛擬網路串接在同一個子網域中，上線服務主機資料會定期更新到備援機上，以確保切換後網站能維持正常運作。以下分別針對備援機資料同步方式及本案設定之恢復點目標(Recovery Point Objective, RPO)、恢復時間目標(Recovery Time Objective, RTO)作說明。

(一) 備援機資料同步方式

所設計之公有雲端虛擬機伺服器內主要有3種資料需同步，包含：網站程式、操作人員後台上稿檔案、後台資料庫等。其中網站程式和後台上稿檔案採用「rsync 工具」每小時同步一次到備援機上，資料庫系統則採用「Master-Slave Replication 機制」即時同步抄寫到備援機的資料庫系統內。

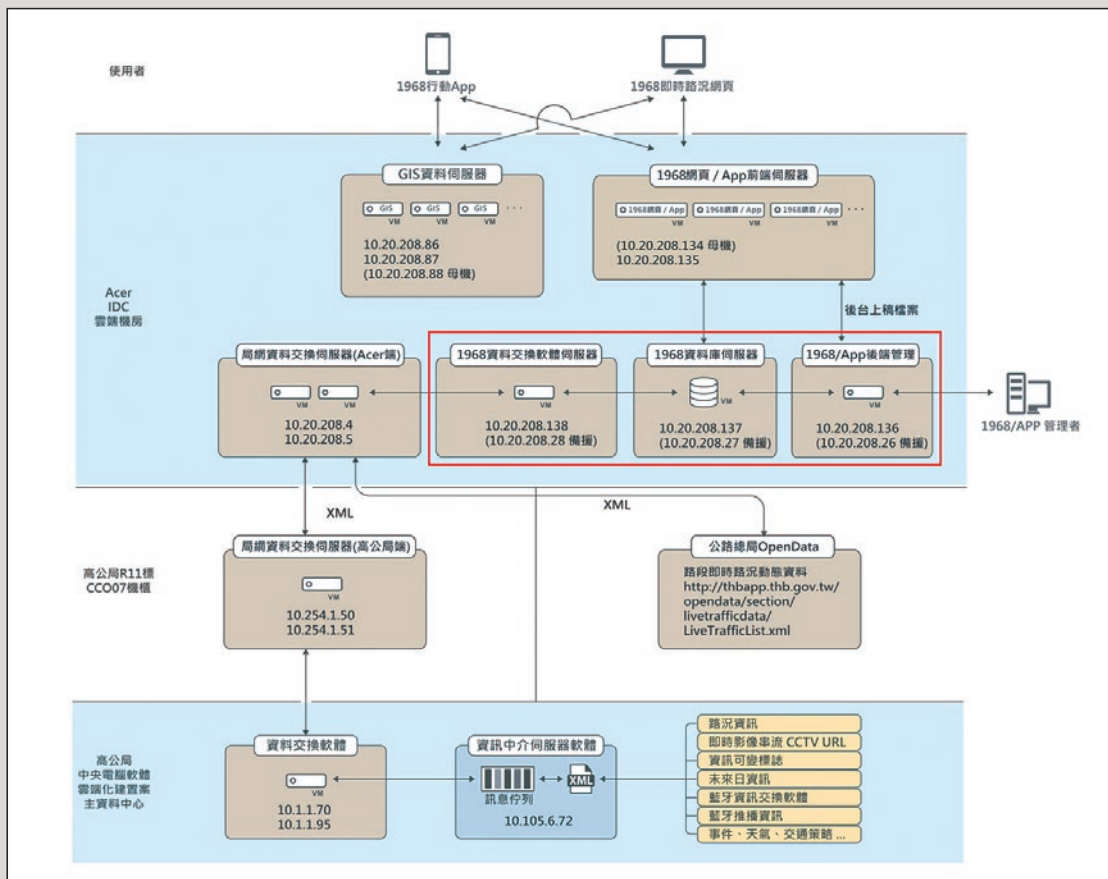


圖2 高速公路1968系統架構圖

(二) 恢復點目標(Recovery Point Objective, RPO)

恢復點目標是指資料的損失容許限度，即在災難對服務造成重大損害之前可能失去的資料量。該目標表示為從災難事件到最近一次在前備份的時間單位。

本案例中網站程式和後台上稿檔案採每小時同步一次到備援機上，資料庫系統則採用Master-Slave即時同步抄寫到備援機的資料庫系統內。故當災難發生時，後台上稿檔案可能會遺失最近1小時內後台上稿的圖片、文件等；而資料庫系統部分，扣除資料傳輸同步之秒差，約可回復到最近1分鐘前的內容。

(三) 恢復時間目標(Recovery Time Objective, RTO)

RTO指的是應用程式可以中斷或關閉多少時間而不會對服務造成重大損害。有些應用程式可能會停機數天而不會產生嚴重的後果。而一些高優先級的應用程式只能停下來幾秒鐘，否則將會讓服務異常。該目標表示為當系統受到衝擊時造成停機，透過選擇的復原程序或方法進行復原所需的最少時間。

本案例災難復原以三台主機的備援切換評估，從聯絡維運人員開始處理，到備援機上線並暫時恢復運作約需1小時(維運人員開始作業至切換到備援機恢復服務的時

間則以30分鐘為目標)；而要將故障排除、並完全修復至原本的備援架構，則另需雲端公有雲機房人員協助處理VM開關及複製等作業，預估總共約需4小時。

四、資源彈性擴充與監控機制建立以滿足假期高峰應用需求

目前高速公路1968公有雲機房虛擬主機(以下簡稱VM)資源使用之現況，平日線上使用的VM主機共有19台、3日以上連續假期於加開VM後總數最高約有52台(以108年228連假為例)，而今年(民國108年)農曆春節於加開VM後總數則達到57台。資源彈性擴充與監控機制說明如下：[3]

(一) 連續假期VM加開數量及運作情形

為服務用路人連線需求，將由高公局通知公有雲端機房廠商於連續假期前擴充面對使用者端之伺服器數量，受指定之母機將橫向擴展指定數量子機並組成HA之高可用性架構。自「高速公路1968」系統於2018年12月20日進行重大改版迄今，已歷經元旦、農曆春節、228紀念日等連續假期，統計部份連續假期間加開的VM台數量請參考表2。

(二) 網路頻寬監控情形

在網路頻寬方面依公有雲機房監控報告數據[4]指出，107年11月「高速公路1968」系統重大改版前，當月租用之上傳頻寬用量大致上約為120 Mbps，下載頻寬

表2 連續假期VM加開台數

連假VM加開台數	元旦	春節	228連假	清明節
1968前端伺服器	4	8+6+10+4 (28)	28	23
GIS伺服器	12	10	6	6
VM總台數	32	57	52	47

用量則在5~6 Mbps間微幅波動；重大改版後之春節連假(108年2月)，當月租用之上傳頻寬用量飆升至190 Mbps，下載頻寬用量則達24.6Mbps。納入此網路總流量的數值變化追蹤及趨勢分析機制後，即可做為未來評估預期使用量及費用概算的憑據。

(三) 資安監控及檢測情形

本案要求公有雲機房廠商每月提送資安監控月報及附件[3]，內容包括資安現況與建議、資安警訊通報與事件分類統計、SSL VPN存取紀錄周報。另每半年則會提交防火牆規則設定紀錄以及整體趨勢分析等。

資安檢測部分，每半年會進行一次網頁及伺服器主機群的弱點掃描與滲透測試，並於檢測後提送滲透測試報告、網頁弱點掃描報告與主機弱點掃描報告。報告內容包括檢測目的、方式及範圍，並將檢測結果依等級、類別分類提報弱點，並且會提供弱點說明及修正建議，在系統維護人員修補弱點完成之後，另協助進行弱複測作業。

五、提供加值應用介接API服務

高速公路1968網頁及App各項功能單元之內容均為交控系統收集、演算之資料透過應用程式介面(Application Programming Interface, API)交換至公有雲機房，即可於前端伺服器上應用顯示。

以高速公路1968最新消息API為例，為節省重要消息於1968及高公局官網重複發布之作業時間，可應用此API提升行政效率，各步驟說明如下：

- (一) 發布消息：於1968後台最新消息發布區新增最新消息，並勾選「同步發布高公局官網」選項(如圖3)。
- (二) 局網同步：開啟局網即可發現「最新消息/新聞稿」介面最新消息已同步發布(如圖4)；再點選「更多最新消息」，亦可發現相關訊息已同步；再點選該則消息，則會連結到1968最新消息，可檢視該則訊息的詳細內容。

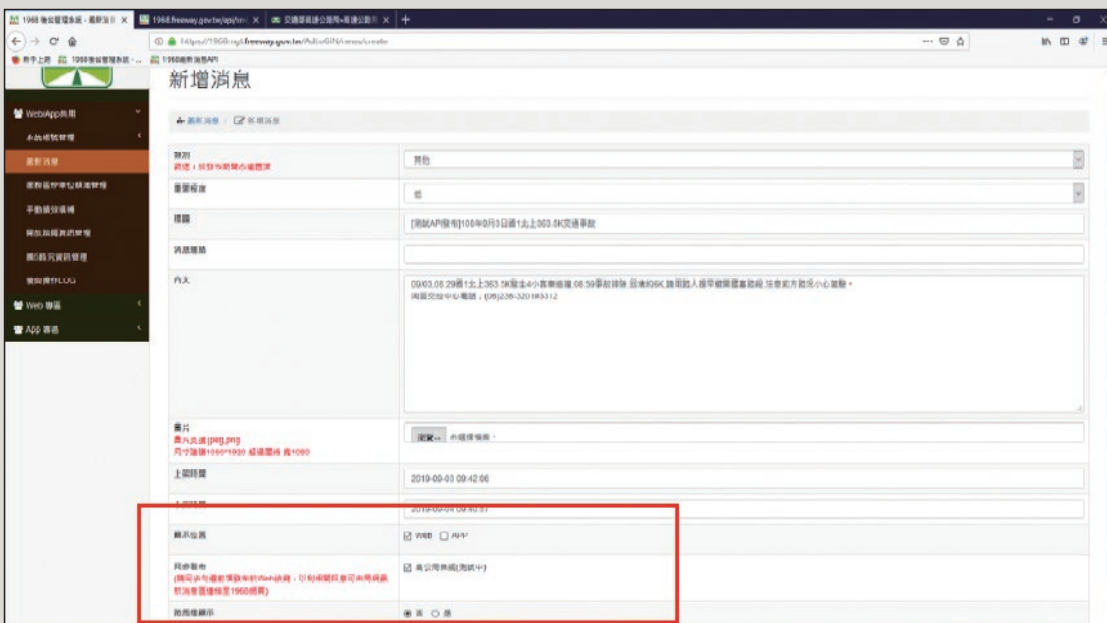


圖3 新增1968最新消息



圖4 局網1968最新消息同步

肆、高速公路1968新增服務功能

一、GIS即時路況顯示與查詢服務

為滿足交通資訊結合圖資查詢服務之需求，並以高速公路路網數值地圖為基礎整合多樣化的資料查詢與服務，本案導入地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)顯示即時路況。

本案於設計時主要考量對於GIS平台及應用展示方面客製化開發之需求，Google地圖呈現內容與本案自建GIS圖之比較如圖5所示。其中Google地圖僅可依Google API提供之應用進行開發，可自行客製化顯示之功能較少，無法將重

疊路線偏移分離，或將不需要之道路隱藏，難以直觀凸顯欲呈現之高速公路路線、交流道以及績效，因此本案採自建GIS平台較符合路況地圖顯示之美觀、直覺的核心理念。

採用新版GIS地圖系統之高速公路全區路網圖，較舊版以靜態圖片為底圖之高速公路全區路網圖更符合實際現況及比例尺，且美觀度提升。另採用GIS地圖系統後，可直接於地圖上設置圖例，連結至高公局CCTV串流畫面及CMS之圖型化顯示彈出視窗，舊版則需另開單元顯示，在操作便利性與直覺性上有顯著提升，且新版有地圖輔助，可瞭解當地路型及週邊連接道路，提升資訊辨識度，如圖6所示。



圖5 Google地圖應用與自建GIS平台呈現展示比較



圖6 GIS技術將多種資訊整合於單一平台展示功能

另新系統App較舊系統之優勢與差異說明如下，並呈現如圖7所示：

- (一) 即時路況：以GIS技術整合各式路況於單一頁面顯示
- (二) 路段績效：可切換至1公里績效供掌握實際路況
- (三) 跨機關合作：介接交通部公路總局快速公路台61線、台62甲線及台65線之即時路況，全面提升高速公路路網

路況資訊涵蓋範疇

- (四) 版面設計：導入UI/UX設計，使用導引列輔助使用者快速找到重要功能

二、適地性服務自訂推播功能

為滿足個人化資訊主動推廣需求，高速公路1968 App於108年8月之系統改版後，上線推出適地性(LBS)自訂推播服務，讓使用者可依需求自行訂閱感興趣的事件類別，系統會依使



舊版1968：路網圖以示意圖提供服務、路段績效為交流道至交流道平均績效

新版1968：路網圖以真實地圖GIS提供服務、路段績效可切換至1公里績效準確掌握壅塞點

圖7 新舊版1968App功能差異比較

用者所在位置以推播方式提供該區域路段之前方路況資訊，自訂推播各分項功能概要如下：

(一) 路況事件推播(LBS)：行經該事件特定範圍內會主動接收前方路況，如管制、事故、散落物、壅塞、施工、天候及服務區車位。

「高速公路 1968」App 根據使用者建議持續精進並於 108 年 8 月 26 日更版上線，使用者可依需求自行訂閱感興趣的事件類別，系統會依使用者所在位置以推播方式提供該區域路段之前方路況資訊，相關功能如圖 8 所示。

(二) 國 5 藍牙推播(LBS)：行經國 5 周遭路段，可接收藍牙設備之推播訊息，如事故、壅塞、旅行時間、管制、施工等。

為提供用路人主動式交通資訊服務，高速公路局於 107 年 2 月試辦國 5 藍牙交通資訊推播系統服務，針對國道 5 號主線及交流道入口平面道路建置藍牙發射器，俾利用路人可透過藍牙訊號

主動接收即時國 5 路況資訊；為擴展相關服務應用面向，特將該服務整合於新版「高速公路 1968」App，用路人可藉由開啟 App 及手機藍牙功能，主動接收下游 30 公里內之國 5 交通事件、旅行時間及台 9、106 乙等替代道路行車時間推播服務，輔以開啟 App「即時路況」介面右上角「路況播報」，更可直接聽取路況語音播報，供用路人參考並選擇最適行車路線，相關運作功能如圖 9 所示。

(三) 最新消息訂閱：使用者可選擇欲訂閱接收之最新消息類別，如管制、事件、事故、路況、施工、其他等。

使用者可利用訂閱功能即時接收於高速公路 1968 網站公布之最新消息，以接收全台最新之高速公路路況通知，相關操作與顯示如圖 10 所示。

(四) 旅行時間訂閱：提供用路人設定於自訂時段收到「自行規劃路線」旅行時間推播通知



圖 8 自訂推播與接收路況事件服務



圖9 國5藍牙推播(LBS)服務



圖10 最新消息訂閱推播服務

高公局前為提供路況訂閱服務，於106年推出「路況資訊訂閱網」，使用者可透過Facebook、Google或以電子郵件帳號通過路況資訊訂閱網認證後，即可依據個人需求事前訂閱固定頻率或指定日期之高快速公路任一起迄交流道之路況資訊；本次更版將原「路

況資訊訂閱網」功能整合至新版App提供服務，使用者可開啟前述自訂推播「旅行時間訂閱」功能，免註冊認證直接設定於自訂時段接收自定路線之旅行時間及路況推播通知，操作設定如圖11、圖12所示。



圖11 旅行時間訂閱操作功能



圖12 新版旅行時間訂閱顯示功能

三、服務區停車位資訊與尋車功能

服務區尋車係根據使用者建議持續精進功能之一，並甫於108年10月8日更版上線。使用者可於服務區停車後，利用本功能記錄「停車坐標」、「停車時間」、「文字描述」及「拍照上傳」，並於休憩後利用本功能進行「找

車」，藉由Google Maps導引使用者至車輛停放位置，如圖13所示。

各區停車服務系統供應之基礎資料，均由「中央電腦軟體雲端化建置案」交控系統收納並對外供應，服務對象即包含高速公路1968網頁及App，故本系統配合將交換資料納入開發，



圖13 服務區停車位資訊與尋車功能

並提供服務區剩餘車位查詢服務及服務區尋車服務，如圖13所示。

四、即時路況播報功能

高公局根據使用者回饋之使用建議，於108年2月27日更版後於首頁增設「路況播報」功能，讓使用者行駛國道時可開啟該功能聽取前方3公里內之路段績效及事件資訊。若屬副駕駛座或後座使用者，可點選進入即時路況竹子圖後，進一步點選CCTV即時影像、CMS資訊可變

標誌及鄉鎮天候圖例查詢車輛所在里程附近之路況資訊，如圖14所示。

另新系統之改版亦強化替代道路導引功能，針對高公局規劃4條「長途替代道路」，整合Google地圖提供導引服務，並於路況播報模式下，如行駛替代道路時間短於國道，則報讀旅行時間提醒用路人改走替代道路，並可於竹子圖點選後跳轉Google地圖顯示高公局規劃之替代道路節點，方便駕駛人於地方道路進入導航模式以抵達目的地，相關功能如圖15所示。



圖14 即時路況播報與竹子圖功能

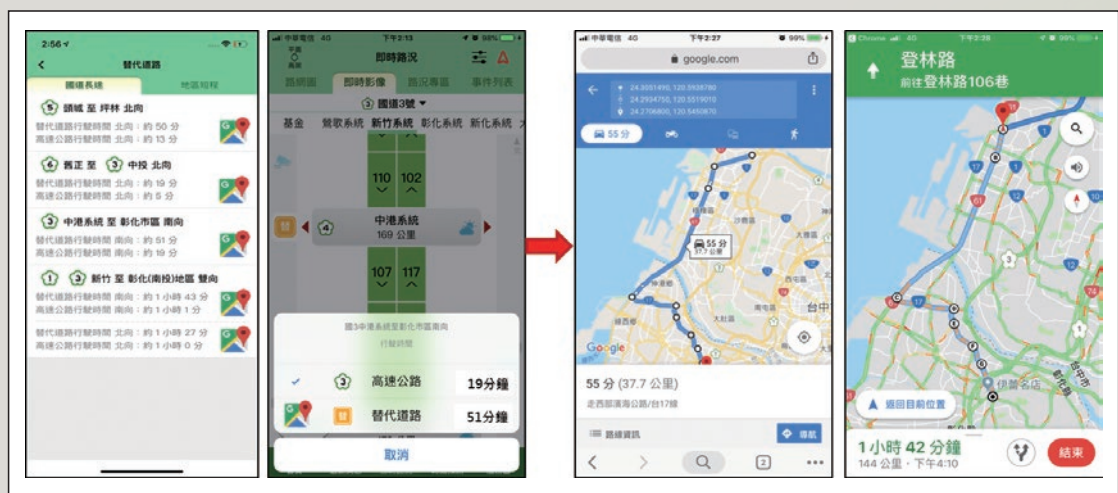


圖15 替代道路導引功能

五、多元化資訊整合與應用服務

高公局除應用自產之國道交通資訊，亦介接整合公路總局部分快速公路資訊(包含台61線、台62線、台62甲線、台64線、台65線)及中央氣象局天氣資訊以提供多元化資訊。

高速公路 1968 應用之資料除自產自用外，亦自 104 年 6 月起將國道即時及歷史交通資訊

開放於「交通資料庫」(TISVCloud)供產、官、學、研各界免費下載增值應用，經檢視Google Play及iOS Store兩大App市集，有超過20個App介接高公局開放資料，符合我國推動政府開放資料「促使跨機關資料流通，提升施政效能，滿足民眾需求，促成跨機關與民間協同合作與服務創新」之目的。

伍、結語

高速公路1968第4版App上線迄今，平日約有10萬次、周末每日約有20萬次、4日連假每日平均約有60萬次瀏覽量，於今(108)年春節9日連假總計更高達9百萬次瀏覽量(2/7初三共195萬次，為歷史最高紀錄)，顯見本服務為用路人極為重要的工具

高公局及台灣世曦公司亦將持續攜手合作，蒐集使用者回饋意見及導入軟體開發技術，對於本App進行改版，以人本為核心發展各項客製化便民服務，期許1968 App能成為所有用路人行駛國道必用之常駐App。

參考文獻

1. 交通部台灣區國道高速公路局北區工程處，第參篇-第七章-對外資訊服務，高快速公路交控系統技術沿革，民國105年10月。
2. 交通部高速公路局，高速公路1968 App及資料開放應用成果分享簡報，民國108年10月。
3. 中華電信股份有限公司臺灣北區電信分公司，公有雲平台服務107-108年度使用情形報告書，民國108年3月。
4. 中華電信股份有限公司臺灣北區電信分公司，高速公路1968交通資訊網頁與行動應用軟體108年中秋連假監控報告，民國108年9月。
5. 交通部台灣區國道高速公路局，高快速公路交通控制系統之中央電腦軟體雲端化委託設計暨技術顧問服務工作設計評估報告，民國106年5月。
6. 交通部台灣區國道高速公路局，高快速公路交通控制系統之中央電腦軟體雲端化建置細部設計成果，民國106年11月。

新一代台鐵 智慧化管理 骨幹網路

關鍵詞(Key Words)：IP、MPLS、OTN、PTN、SDH、VPN

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／業務經理／林柏鋒 (Lin, Bor-Pheng) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／副理／段人豪 (Tuan, Jen-Hau) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／電機部／工程師／吳松儒 (Wu, Song-Ru) ❸

交通部臺灣鐵路管理局／電務處／處長／葉世銀 (Yeh, Shih-Yin) ❹



摘要

臺鐵智慧化管理骨幹網路屬公設專用電信，為機關所設置之專用電信，專供其本身業務使用，包含運務、工務、機務、電務及資訊業務等。

近十年來，通訊傳輸系統技術大幅進步，服務內容從傳統的語音服務擴及數據、影像等數位資訊匯流、大頻寬、IP化及光纖傳輸發展，提供多元化及多端點之通訊服務，這些服務則是由複雜且龐大的通訊傳輸網路所構成，一般而言，依傳輸網路需求概可分為區域網路與幹線網路兩種。區域網路，即終端設施至機房間之傳輸網路，其傳輸需求包括資料、語音與影像等三部分；幹線網路，即機房至機房間與機房至中心間或主要端點之傳輸網路。本文將介紹臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵)既有環島同步光傳輸網路演進至新一代臺鐵智慧化管理骨幹網路。



The New Generation of Taiwan Railway Intelligent Management Backbone Network

Abstract

The Taiwan Railway Intelligent Management Backbone Network is a public dedicated telecommunication. It is a dedicated telecommunication set up by the entity and is dedicated to its own business, including transportation, construction, rolling stock and electrical engineering and information services.

In the past ten years, the technology of communication transmission system has greatly improved. The content of services has expanded from traditional voice services to the convergence of digital information such as data and image, broadband, IP and optical fiber transmission to provide diversified and multi-endpoint communication services which are composed of complex and large communication transmission networks. Generally, according to the requirements of the transmission network, it can be divided into local network and backbone network. Local network, that is, the transmission network from the terminal equipment to the communication room. The transmission requirements include data, voice, and video. Backbone network, that is, the transmission network from the communication room to the communication room and the communication room to the center or the main endpoint. This article will introduce the evolution of the Taiwan Railway Administration (hereinafter referred to as TRA) existing round-island synchronous optical transmission network to a new generation of Taiwan railway intelligent management backbone network.

3

專題報導

壹、前言

既設臺鐵環島同步光傳輸網路(以下簡稱臺鐵SDH網路)始建於2003年,為同步數位架構(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)網路,如圖1所示,系統包含臺鐵環島鐵路沿線55處機房及2處網路管理中心(臺北及臺中),主要設備包含塞取多工機(Add-Drop Multiplexer, ADM)/終端多工機、再生器、光放大器、銻原子鐘、GPS、同步供應單元等,構成11層骨幹環網路及8個區域網路,可提供各機房間點對點單向、單對點雙向及點對多點之網路組態服務,以承載不同速率之透通性電路傳輸,從低速介面E1(2.048 Mbit/s)到高速介面STM-16(2.488Gbit/s)。

歷經15年運轉,環島光纖傳輸系統成功承載行車與營運資訊,順利完成光纖傳輸網路所賦予的任務。有鑑於10餘年來通訊科技日新月異,而既有通訊相關系統亦逐漸老舊,通訊與資訊需求日益增加,通訊與資訊流量也倍數成長,為因應未來多媒體通訊應用及可能與固網業者介接需求,原建置之環島光纖傳輸系統有必要予以更新,以期光纖通訊傳輸系統除具備穩定性、可靠性、可擴充性外,亦將專線式傳輸模式導入為更有彈性的共享式傳輸頻寬,有效運用網路資源,發揮通訊系統的最高經濟效益以滿足臺鐵未來營運需求,以達到下列目標。

- 一、電訊基礎設備之提升
- 二、傳輸容量提升
- 三、提高行車安全
- 四、人員工作效率提升
- 五、傳輸路由之整合
- 六、高擴充性

本文將先研析近年主要之先進光傳輸網路,評估未來智慧化管理之頻寬需求,再研選適合臺鐵需求之新一代骨幹網路,並提出其設計要點。



圖1 既設環島同步光傳輸網路系統架構示意圖

貳、先進光傳輸網路技術研析

一、光傳送網路

(一) 資料交換方式

光傳送網路(Optical Transport Network, OTN)主要的運作方式係採用高密度分波多工(Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM)技術,在光層介質內交接(Cross Switch)傳送數據,用以解決傳統DWDM網路無波長/子波長業務調度能力、組網能力弱、保護能力弱等問題。除光交接技術外,另整合電交接技術,如同SDH透過VC(Virtual Container)將高階及低階訊號交換方式,使得OTN靈活且有效率的進行各階層之頻寬調度。

OTN資料封裝方式如圖2所示，其中 OPU(Optical Channel Payload Unit)負責實體介面訊號轉換，OUT(Optical Unit Transport)負責光介面訊號轉換，ODU(Optical Channel Data Unit)為負責高階及低階訊號進行交換，不同ODU類型和資料處理容量詳表1所示，每ODU等級採用固定長度之幀(frame)結構，但每幀的週期不同，可藉由縮短幀的週期來增加資料量的傳送。

波長交接能力則以可重構式光塞取多工器(Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, ROADM)技術為主，ROADM可以隨時配合網路分配的需要擷取(Drop)需要的波長信號，加入(Add)須外傳的光信號，並使其它波長信號不受影響地通過，其架構詳圖3所示，可重新建構網路資源分配、滿足現代大型電信網路的彈性需求。

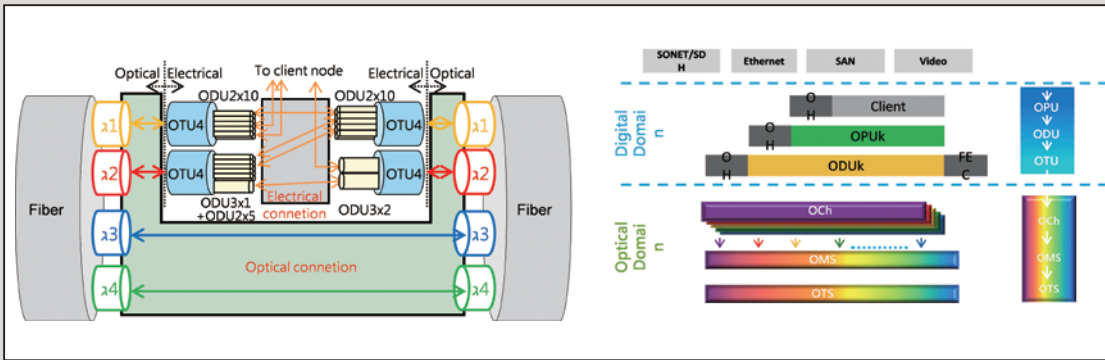


圖2 OTN資料封裝方式示意圖

表1 ODU類型和資料處理容量對應表

類型	數據速率 (Gbit/s)	典型應用
ODU0	1.244	可處理 1 Gbit / s 乙太網信號
ODU1	2.499	可處理最多 2 個 ODU0 信號、STS-48 / STM-16 信號、乙太網信號
ODU2	10.037	可處理最多 8 個 ODU0 信號、最多 4 個 ODU1 信號、STS-192 / STM-64 信號、乙太網信號
ODU3	40.319	可處理最多 32 個 ODU0 信號、最多 16 個 ODU1 信號、最多 4 個 ODU2 信號、STS-768 / STM-256 信號、40 Gbit / s 乙太網信號
ODU4	104.794	可處理最多 80 個 ODU0 信號、最多 40 個 ODU1 信號、最多 10 個 ODU2 信號、最多兩個 ODU3 信號、100 Gbit / s 乙太網信號

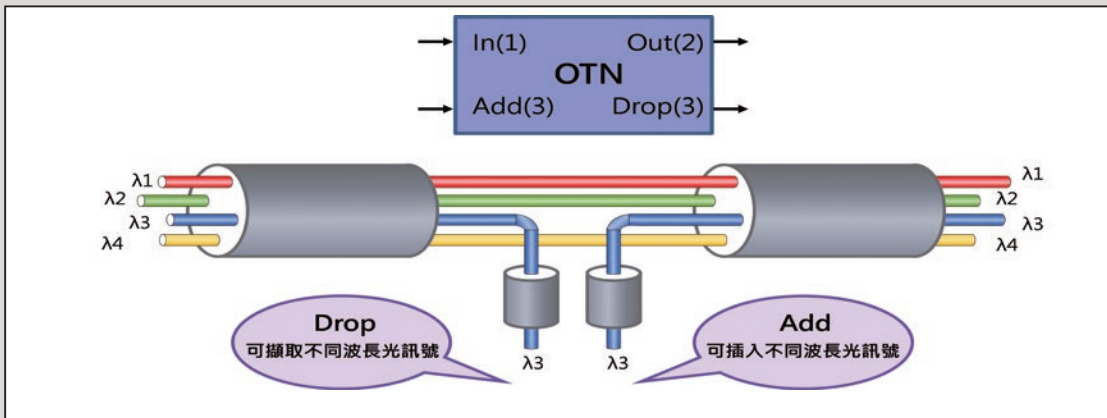


圖3 OTN光交接示意圖

(二) 路由選擇方式

OTN路由建立方式與SDH相同，主要是建立點對點專用路由，架構如圖4所示，透過多工技術及WDM技術，可將不同介面的資料映射至不同的光傳輸波段進行傳送，因路由採點對點方式建立，故可達到專用網路的私密性，惟不具點對多點之網路連線服務。

(三) 路由保護方式

OTN提供光介面1:1路由保護，如圖5所示，當發生傳送路徑異常時，可立刻將資料映射至備用路由，因採用光交接方式進行映射，切換時間小於50ms，具備快速的回復機制管理。

(四) UNI與NNI介面

OTN用戶端介面(User-to-Network

Interface, UNI)與網路端介面(Network-to-Network Interface, NNI)如圖6所示，UNI介面可透過多工技術提供不同的傳輸介面，包含1,000M bit/s之Ethernet介面、10、40、100 Gbit/s Ethernet光傳輸介面、STM-N等介面，NNI介面可提供多達40個以上不同的光傳輸波段，可依實際傳輸需求彈性擴充，頻寬可達4,000 Gbit/s。

二、多重通訊協定標籤交換傳輸

(一) 資料交換方式

多重通訊協定標籤交換傳輸(Multi-Protocol Label Switching, MPLS)引用與非同步傳輸模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)相同之標籤交換(Label Switching)技術，於封包(Packet)配置一個固定長度的標籤(Label)如圖7所示，MPLS網路由核心

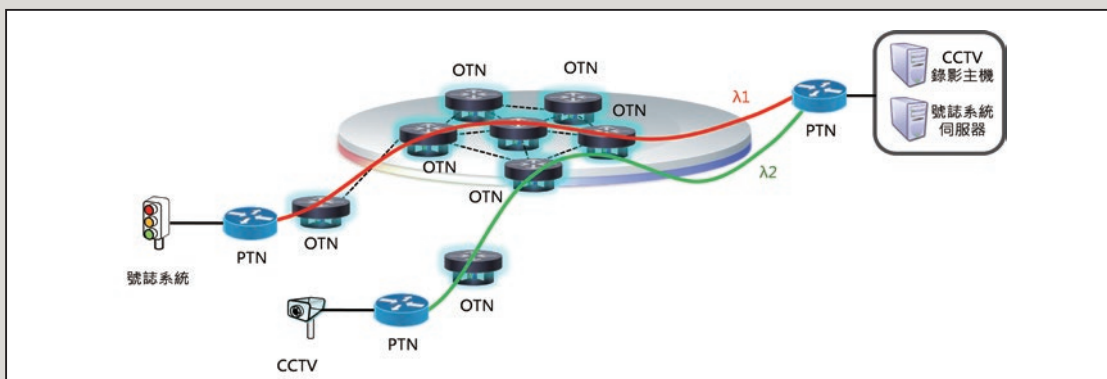


圖4 OTN路由建立方式示意圖

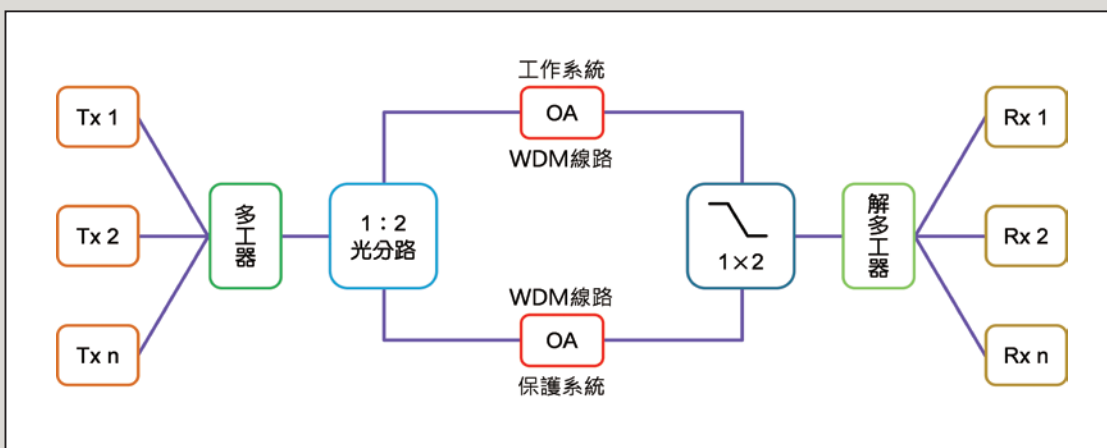


圖5 光介面1:1路由保護

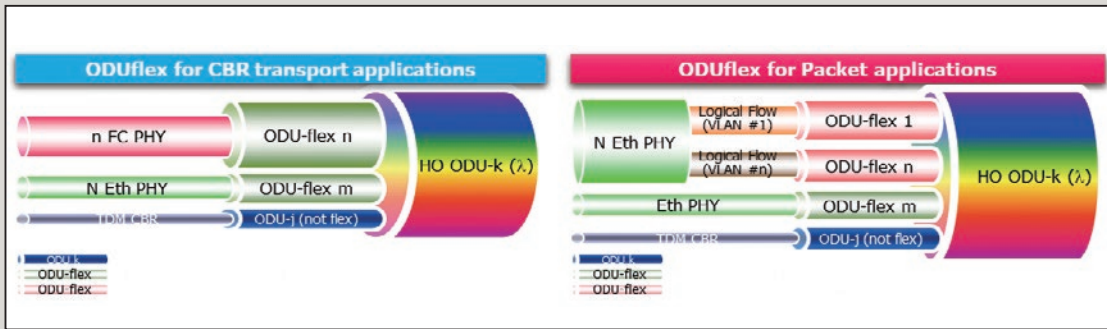


圖6 OTN UNI與NNI介面示意圖

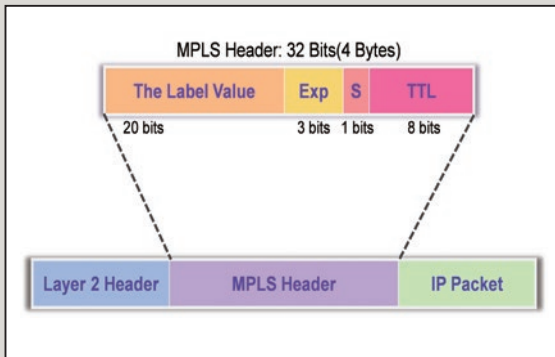


圖7 MPLS標籤配置示意圖

部分的標籤交換路由器(Label Switching Router, LSR)及邊緣部分的標籤邊緣路由器(Label Edge Router, LER)組成，架構如圖8所示，封包於MPLS網路入口端之LER負責將標籤加入，出口端之LER負責將標籤移除，LSR不進行第三層處理，只是依據封包

上的標籤進行轉發，減少傳統IP路由器須執行儲存、分析、轉送程序方可選擇傳送路徑，採直接依據標籤決定傳送下個LSR，因此減少封包傳遞時間，為效率更高的IP層交換技術。

(二) 路由選擇方式

MPLS除可進行點對點資料傳送外，在MPLS VPN技術下可進行單點對多點、多點對多點資料傳送模式，架構如圖9所示，MPLS VPN主要是利用VPN(Virtual Private Network)標籤來區別不同群組的封包，封包傳送時依據相同VPN標籤進行轉發，以達到專用網路的私密性，可提供不同系統間安全獨立的網路服務，不同系統無須建置不同的傳輸環路，有效降低網路建置成本。

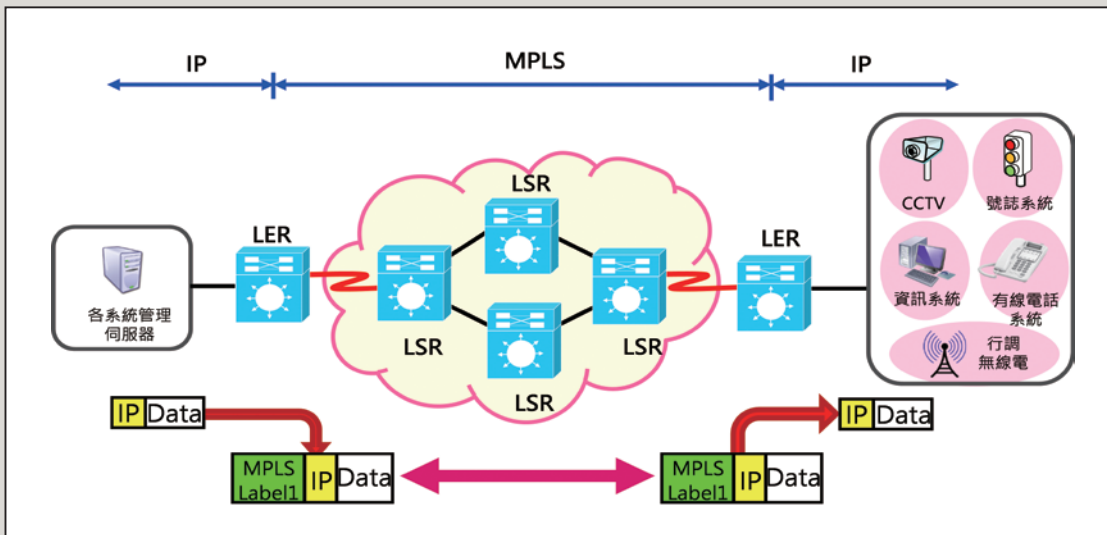


圖8 MPLS運作架構示意圖

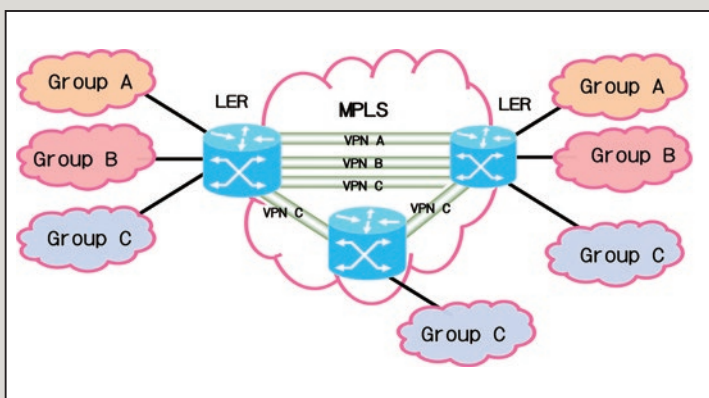


圖9 MPLS VPN架構示意圖

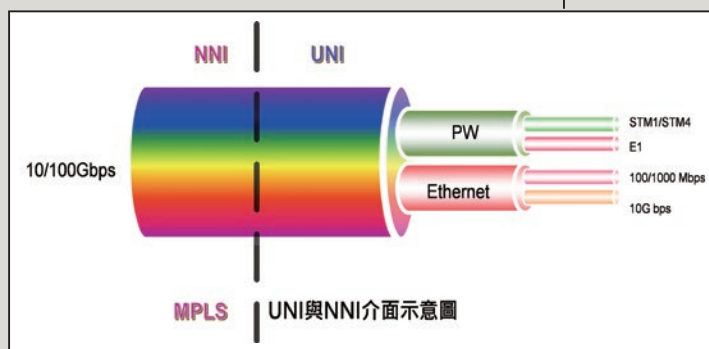


圖10 MPLS UNI與NNI介面示意圖

(三) 路由保護方式

路由保護部分，MPLS提供1:1及1:N路由保護，當主路由發生傳送路徑異常時，傳統IP網路會透過路由協定重新尋找新的傳送路由，切換時間會依據網路的規模及選擇的路由協定而有所不同，而MPLS網路於50ms內完成切換至備用路由，具備傳統IP(Internet Protocol)網路快速的回復機制。

(四) UNI與NNI介面

MPLS UNI與NNI介面如圖10所示，UNI介面可提供100/1000M bit/s之Ethernet介面、10 Gbit/s Ethernet光傳輸介面，亦可透過 Pseudowire方式提供E1、STM-1、STM-4等介面，符合既有傳輸介面需求，NNI介面可提供10及100 Gbit/s光傳輸介面，可符合骨幹傳輸需求。

三、封包傳送網路

(一) 資料交換方式

目前封包傳送網路(Packet Transport Network, PTN)系統較多廠商採用ITU-T與IETF所定義之多重通訊協定標籤交換-傳輸檔案(Multiprotocol Label Switching - Transport Profile, MPLS-TP)，運作架構如圖11所示。在資料傳送時透過模擬資料之基本屬性，提供TCP/IP、ATM及TDM資料傳送服務，包含提供模擬資料格式、傳送、控制、管理、交換、保護等方式，同時可依據資料的等級設置優先順序，及設置具保障的頻寬或非保證的頻寬，如設定為非保證的頻寬時，當該頻寬無資料傳送，可將頻寬釋出給其他使用者使用，以提高頻寬利用率。

資料傳送方式如同SDH建立VC方式，PTN需先於兩端先建立一個Tunnel，再決定Tunnel內需傳送資料的屬性，資料傳送方式與MPLS相同，在第一顆PTN會在資料格式前加上一個標籤，最後一顆PTN會將標籤移除，中途其他PTN設備收到資料時只檢查資料的標籤，即可知道傳送的路徑及目的，因此可提升網路之傳輸速率，並有效的降低延遲時間。

(二) 路由選擇方式

PTN同樣採用標籤作為路由選擇，故除可建立點對點的E1、STM-1路由外，在傳送IP資料時亦可建立單點對多點、多點對多點資料傳送模式，架構如圖12所示。透過建立專屬通道方式來傳送不同群組的封包，如同MPLS VPN相同，可達到專用網路的私密性。

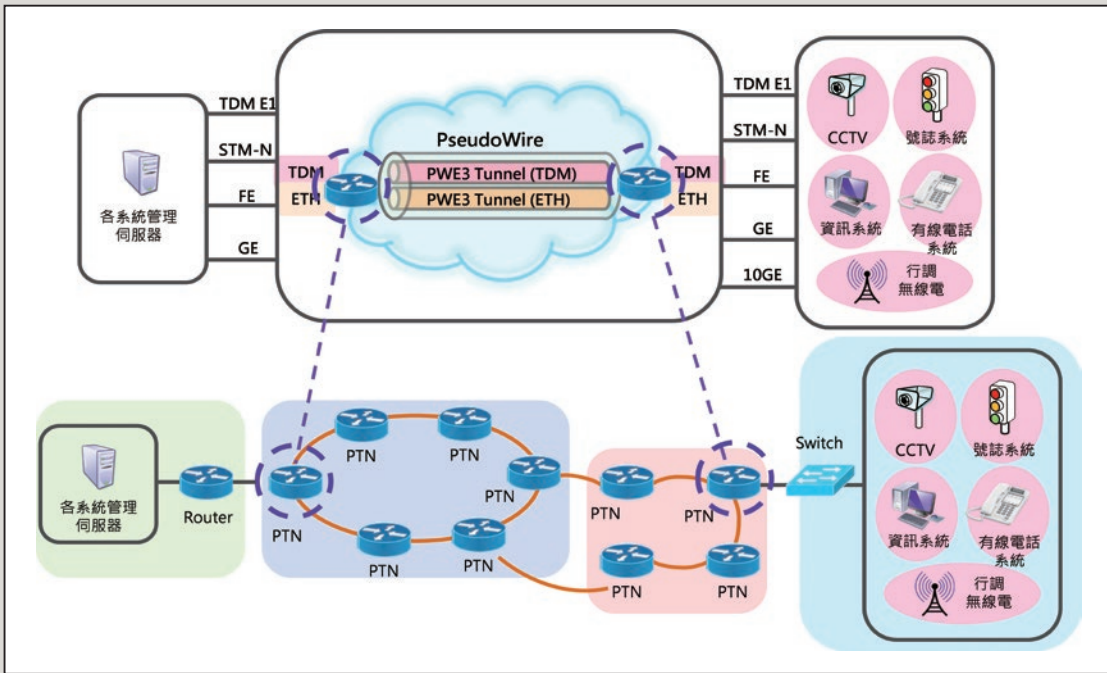


圖11 PTN運作架構示意圖

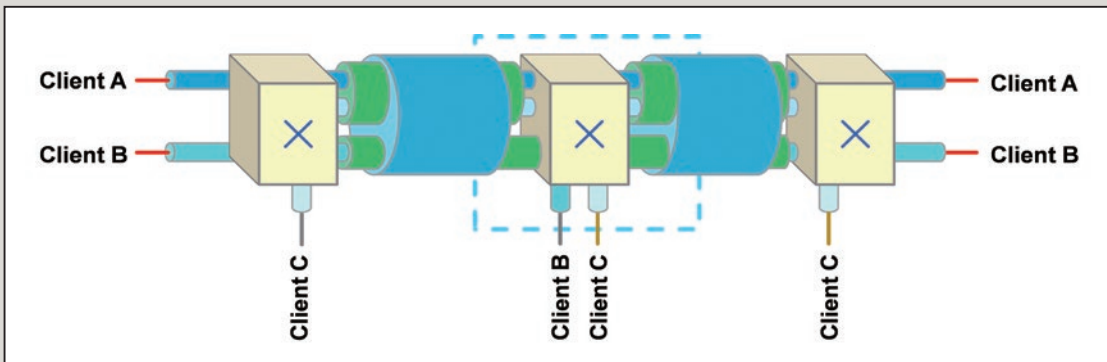


圖12 PTN多點對多點資料傳送模式架構示意圖

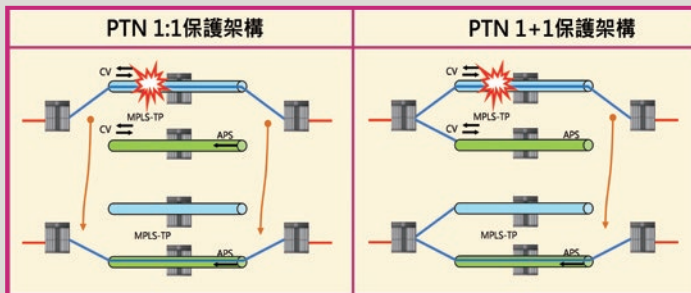


圖13 PTN運作架構示意圖

(三) 路由保護方式

路由保護部分PTN提供1:1及1+1路由保護，如圖13所示，當發生傳送路徑異常時，可立刻可提供如同SDH網路小於50ms

完善保護機制。

(四) UNI與NNI介面

PTN UNI與NNI介面如圖14所示，UNI介面可透過模擬介面(Pseudowire)技術提供不同的傳輸介面，包含100/1000Mbps之Ethernet介面、10 Gbit/s Ethernet光傳輸介面、E1、STM-1、STM-4等介面。NNI介面則可提供10、40及100 Gbit/s光傳輸介面，可依實際傳輸需求選擇。

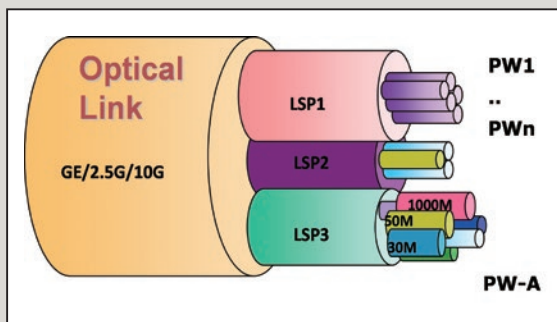


圖 14 PTN UNI與NNI介面示意圖

參、臺鐵電務智慧化管理需求分析

一、有線電話系統升級

由於自動電話、調度電話屬臺鐵早期建置的系統，臺鐵規劃將進行「新設環島自動電話系統工程」、「更新光纖有線調度電話系統工程」等計畫辦理改善更新。前者將汰換既有老舊之臺北、彰化、高雄及花蓮4個骨幹彙接局及宜蘭、基隆、新竹、臺中、嘉義、臺南、枋寮及臺東端局，改設4個主要交換局及8個區域交換局設備。後者將改善既有各系統有線調度電話，改以光纖傳輸建置新一代調度電話架構，

減少銅纜線對使用，增加維護及擴充便利性。

(一) 自動電話

本系統頻寬需求，以臺鐵環島自動電話系統交換機12部、1萬8千餘門電話為基準，其中4個主要交換局臺北、彰化、高雄及花蓮間以20Mbps線路連接，其餘宜蘭、七堵、新竹、臺中、嘉義、臺南、枋寮及臺東8個交換局間以10Mbps連接，如圖15所示，經計算本系統頻寬估計約280Mbps。

(二) 調度電話

臺鐵調度電話包含有線行車調度電話系統、有線電力調度電話系統、有線CTC維修調度電話系統及電力作業電話系統，共計18系統分機約800具電話，初步考量以臺北綜合調度所更新既設交換總機為VoIP交換機約1000門號為基準，連接分佈於各車站、電力段、號誌分駐所、電力分駐所之調度電話，調度電話傳輸頻寬共計12Mbps。

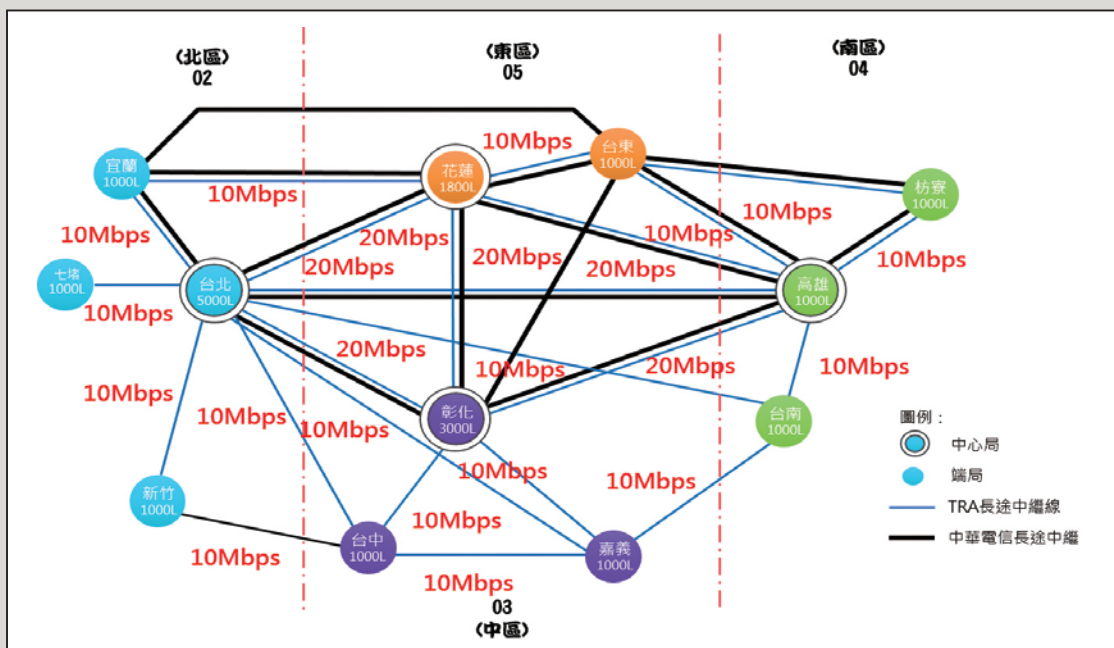


圖 15 自動電話系統頻寬需求示意圖

二、影像監視應用功能提升

(一) 視訊技術發展

新一代視訊編解碼標準H.265是在現有H.264基礎上，進一步提高壓縮效率和錯誤恢復能力。如今，4K(3840×2160)超高清解析度逐漸普遍，傳統的H.264已面臨瓶頸限制，H.265則可以在有限頻寬下傳輸更高解析度的視訊影像。以相同解析度而言，H.265約可比H.264降低30%頻寬，因此監控攝影機解析度以4K搭配H.265壓縮技術來增加影像品質及節省頻寬實為未來趨勢。

(二) 車站錄影監視系統頻寬需求

臺鐵錄影監視系統主要有2大區塊，分別是車站錄影監視及平交道錄影監視，

其中車站錄影監視系統在環島全線217個車站建置4,380支攝影機及219台網路數位影像錄影機。為達可在各車站與鐵路警察局、電務段、緊急應變中心，直接調閱、查看歷史畫面之既有功能，同時考量到監控系統市場趨勢及未來技術之提升，並加強旅客安全及服務品質之大原則下。以1080P(1920×1080)解析度攝影機作為主要監視設備，搭配4K(3840×2160)及12MP(4608×2592)解析度攝影機，數量上4K解析度攝影機佔20%，12MP解析度攝影機佔10%，據以規劃及計算頻寬需求。

(三) 平交道智慧化監視需求

在平交道錄影監視方面，該系統係依據鐵路行車安全改善六年計畫，規劃平交



圖16 平交道運作集中監視系統示意圖

道錄影設備雙重化工程。該工程已在環島全線349個平交道建置1,394支攝影機、272支車牌攝影機及349台網路數位影像錄影機，建置影像監控系統、車牌攝影機及防闖偵測攝影機、告警裝置。

考量平交道路口為軌道行車安全重要之一環，於電務智慧化計畫將提升平交道監視能力，並使其可供電務分駐所、電務段、電務處、行車調度中心、緊急應變中心等皆可即時監視平交道各項警報設施運作狀態及現場影像，如圖16，並依此需求估算頻寬。

(四) 集電弓影像監視

由於電車線異常經常損及集電弓，而當列車進入機廠發現集電弓異常時，並不易查找電車線異常位置，致使故障惡化，因此藉由建置集電弓影像監視系統，可利用比對上、下游集電弓影像，判斷電車線異常區段，縮小其查找範圍，系統運作架構如圖17。相關影像將併入平交道監視平台，一併考量其頻寬需求。

三、第三代中央行車調度中心

臺鐵總部將遷移至南港大樓，屆時配合臺鐵電務智慧化，將一併提昇其行車調度及應變支援能力，將包括下列兩大需求：

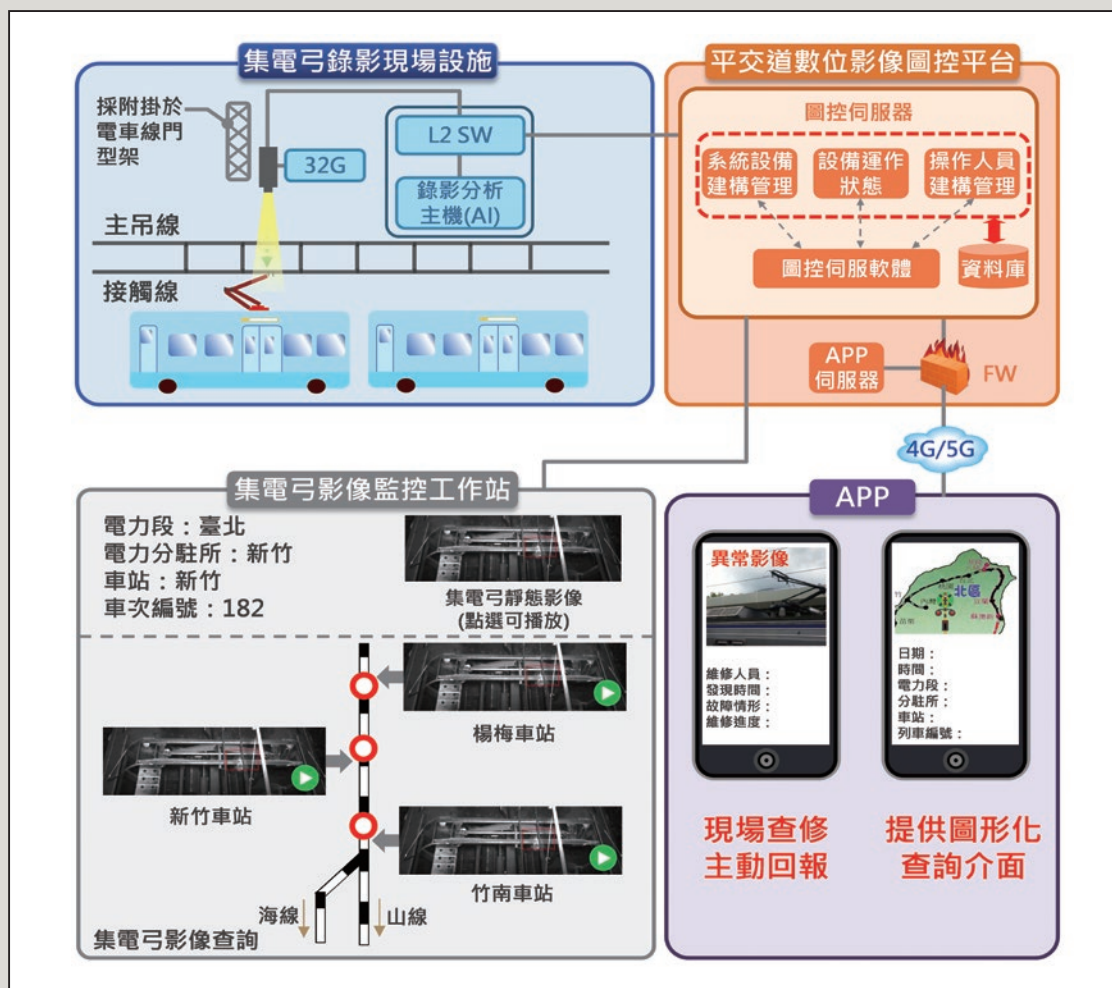


圖17 集電弓監視系統架構示意圖

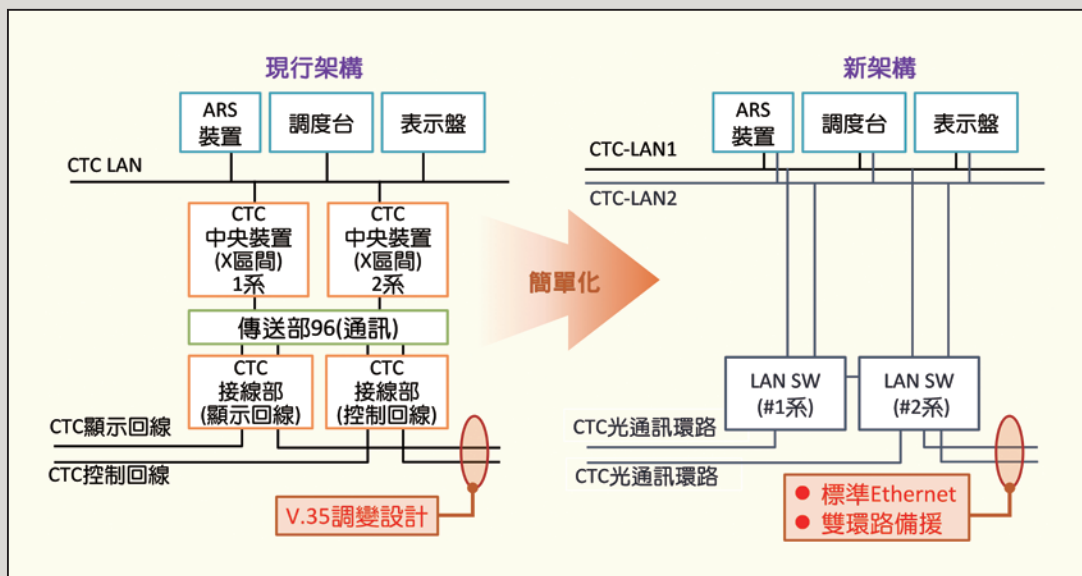


圖18 CTC既設線路升級為光通訊平台

(一) 中央行車控制系統

臺鐵既設中央行車控制系統 (Centralized Train Control, CTC) 系統之中央設備與各車站號誌系統間之通訊，採RS-232界面經9,600 bit/s音頻數據機調變後，藉由102P主電纜線對傳輸，並以每15-18站為一環路形成備援。配合系統升級將採用本新建網路做為骨幹傳輸系統，並採用IP協定為網路層通訊協定，如圖18。概估每座CTC投落車站傳輸頻寬為1 Mbit/s，應可滿足系統現代化應用需要。

由於現行通訊方式，速度慢、故障偵知能力差及維護不易，屬早期數據傳輸技術，近年光纖網路傳輸系統技術成熟可靠，相關技術細節與傳輸協定亦均訂有完備之國際通用規範，系統設備應用極為廣泛，設備製造及供應商眾多且系統均可相容。

(二) 緊急應變中心

除行車調度外，為有效提升各項異常/事故之應變能力並儘快排除，恢復列車正常運行，智慧化計畫亦規劃建立新一代應

變資訊平台，整合下列資訊系統於同一展示平台供指揮、應變人員快速掌握訊息及下達決策指令：

1. 工務：包括水情、邊坡預警、軌溫偵測及氣象資訊。
2. 運務：地震、列車時刻異常、票務、貨運編組管理，基本運轉時分分析。
3. 機務：車輛軸溫、集電弓異常、機車管理、車輛編組運用管理、車輛狀態即時回報。

四、號誌系統升級

臺鐵刻正評估研擬提升號誌系統升級至ETCS-L2或L3(European Train Control System, ETCS)，其系統架構如圖19，其主要頻寬需求為無線電轉播站與調度中心間及車站聯鎖系統與無線閉塞中心(Radio Block Center, RBC)間之連線，因應新一代技術皆採IP化，故皆可由本計畫傳輸網路介接，預估每一車站頻寬為10 Mbit/s，應可因應足夠各項訊號及擴充之需。

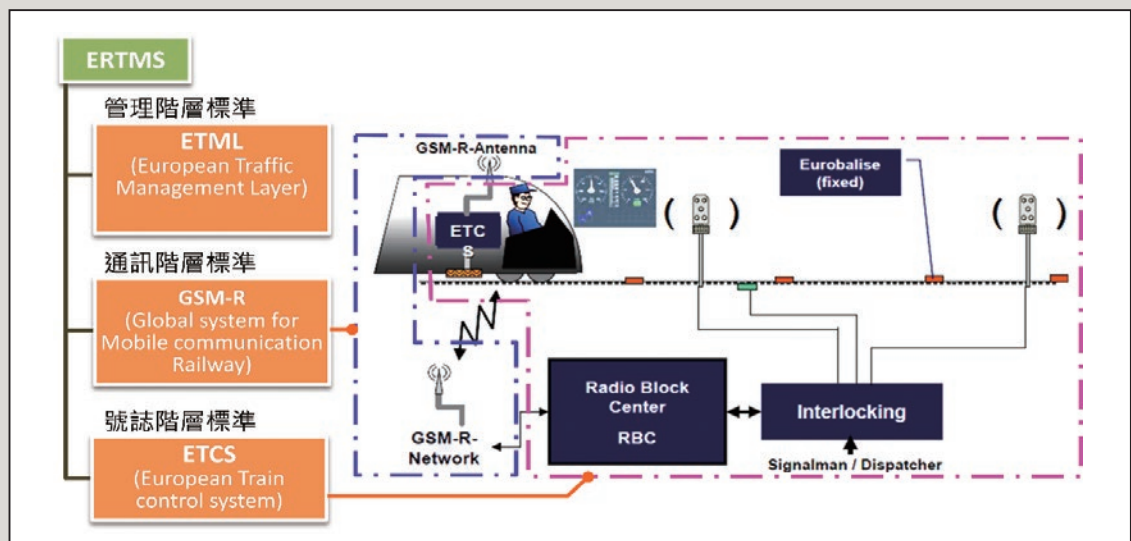


圖19 ETCS Level 2 系統架構示意圖

肆、新一代骨幹傳輸網路

一、技術研選

新系統應滿足各式應用系統於各級車站之介接，減少網路複雜度且易管理，同時須考量營運安全、系統可靠度、擴充性，並藉由上述所研析之先進光傳輸網路技術，研提相關考量因子，研選最適臺鐵骨幹技術方案。

(一) 考量因子

1. 國際標準支援之生命週期：產品生命週期長，可增加系統投資效益。
2. 用戶端介面支援程度：應儘可能支援各種通訊介面，減少外接轉換設備。
3. 主幹網路頻寬：是否符合未來長期頻寬需求。
4. 網路服務：應可提供各種網路類型服務，以同時支援第二層、第三層網路服務最佳。
5. 保護管理：可否提供易於管理、備援保護之設定，且可快速切換備援路由。

(二) 技術研選分析

彙整考量因子比較各式先進網路技術如表2所示。

(三) 建議

1. 依據表2，用戶端及網路端可提供最大頻寬為OTN，但STM-1及E1等低速介面須透過其他設備轉換，且只提供點對點資料傳送模式，並不適用於臺鐵各種應用介面需求。
2. MPLS及PTN網路端介面可達100 Gbit/s，已可符合骨幹網路需求，並可提供E1、STM-1、FE、GE等介面，可直接與臺鐵既設電話語音、電腦售票、數據傳輸、視訊傳輸、行車調度無線電話等設備介接。
3. MPLS LER路由器可延伸至使用單位或機房，且提供可提供各式低速介面(如POTS、E & M、RS-232、V.35)等介面選擇，減少個別系統低速端介面另增設轉換器之困擾，降低建置成本，如圖20所示。
4. MPLS技術於市場產品皆係由IP路由技術擴充發展而來，故一般稱為IP/MPLS，

表2 骨幹通訊技術比較分析彙整表

項次	考量因子	MPLS	PTN	OTN	比較分析	
1	支援國際標準、生命週期	IP-MPLS, CE2.0 ITU-T G.xxx, IEEE 802.xx	MPLS-TP, IEEE 802.xx ITU-T G.xxx	ITU-T G.xxx, IEEE 802.xx, CE2.0	皆為國際通用技術，惟PTN MPLS-TP市場規模已逐漸受限	
2	用戶介面支援程度 (UNI)	高速	FE/GE/10GE E1/STM-1/STM-16	FE/GE/10GE E1/STM-1/STM-16	GE/10GE STM-16/STM-64	僅MPLS支援，最有利於臺鐵應用
		低速	POTS (FXS, FXO)、E&M、RS-232、RS-422/RS-530、V.35、X.21、Alarm Digital Input/Output	無	無	
3	網路端介面 (NNI)	10G/40G/100G	10GG/40G/100G	λ (DWDM)，可達4T	OTN頻寬最高，惟MPLS、PTN皆應可符合需求，且已較既設系統高出約40倍	
4	網路服務種類	1.提供IP路由交換之能力。 2.提供E-Line服務(點對點、具QoS Ethernet專線服務)，傳統SDH專線已線路模擬(Circuit Emulation)介面承載。 3.提供E-Lan服務(多點對多點、具QoS Ethernet L2/L3 VPN服務) 4.提供E-Tree服務(點對多點、具QoS Ethernet L2 VPN服務)	1.以數據封包(Packet)技術承載、彙集Ethernet 100M、1GE、10G 2.用線路模擬技術(Circuit Emulation)承載、彙集SDH E1、E3、T1、T3、STM-1/4/16/64。	僅提供傳輸通道	<ul style="list-style-type: none"> MPLS具有L2、L3能力，適合臺鐵各種應用 PTN、OTN無法提供L3服務 	
	需外加設備	無	Router、Ethernet Switch	Router、Ethernet Switch、PTN、E1 MUX	僅MPLS無須另增加路由器、低速轉換介面等設備	
5	保護管理機制	50ms環狀、點對點、網狀(MESH)	50ms環狀、點對點、網狀(MESH)	50ms環狀、點對點、網狀(MESH)	各技術相同	

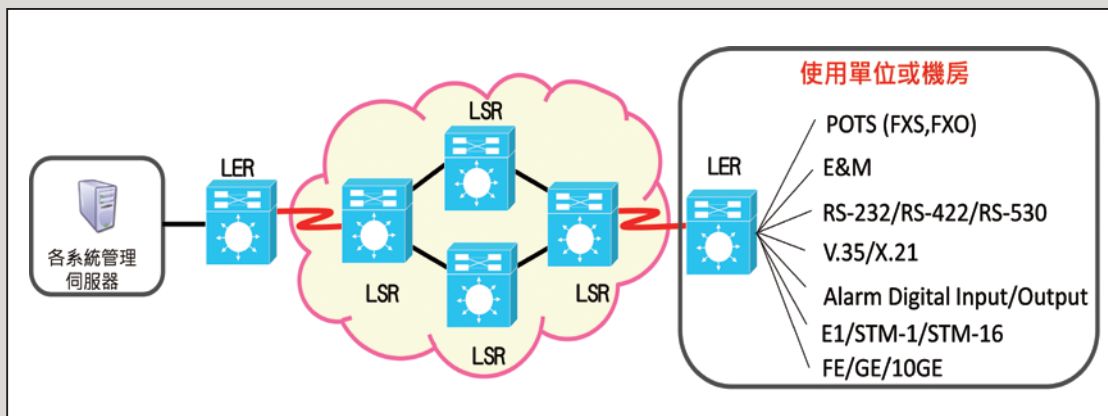


圖20 MPLS路由器介面示意圖

考量未來各式應用系統皆朝IP化發展，臺鐵各系統之設備均已發展為Ethernet IP 介面，因此使用MPLS路由器在擴充、收編系統設備時，只需進行小幅調整，不需大幅度更動骨幹架構，可提供穩定、可靠、異動小之骨幹網路。而PTN僅具第二層媒體存取控制位置(Media Access Control, MAC)交換能力，使用上須增設IP路由器，管理上較為不便。

5. 綜上，建議新一代臺鐵智慧化管理骨幹網路採用IP-MPLS技術，具有第二層L2及第三層L3 IP交換能力，可進行跨不同網域或VLAN的IP路由交換，可適用於骨幹及區域兩個網路層級之架構。

層級架構，採用IP-MPLS技術，可適用於骨幹及區域兩網路層級之架構，由於IP-MPLS技術具有彈性網路結構，不受備援保護機制限制網路連接型式，因此為使未來服務可以延伸至所有車站，且更佳備援保護，架構配置說明如下：

(一) 區域網路

參考既設SDH網路之區域環配置，及考量下列因子，研擬區域網路架構，由8個區域環路增加為15個區域網路，詳圖21所示。

1. 區域網路劃分應符合電務段或電務分駐所管轄範圍，以利系統維護介面及權責容易釐清。

二、網路架構

既設臺鐵SDH網路層級分為骨幹網路及區域網路，除具有良好的保護機制，並可將網路服務延伸至55個主要車站。因此新一代網路沿用原架構方案，採兩個網路



圖21 區域網路配置示意圖

2. 每一區域環路於各車站內建置一套路由器供與各應用系統介接，採用較小頻寬機型，同時具有標籤邊緣及轉發處理功能，於2個站與骨幹網路連接。
3. 臺中線、北迴線、南迴線屬於隧道群路段，建議分屬單一區域網路。
4. 路段範圍長度及車站數量配置建議相當，避免單一環路過大，使得頻寬分配不均，系統介面頻寬原則不一致，衍生維護困擾。
5. 配合環島光纜投落至簡易站，區域網路配置至簡易站等級以上車站。
6. 頻寬配置應滿足各站不同應用服務之頻寬需求。
7. 利用臺鐵雙側各一條96芯光纜，作為系統備援路徑配置。
8. 以蛙跳方式間隔連接各車站接取路由器，形成環狀迴路保護。

(二) 骨幹網路

配合上述區域傳輸架構，及考量下列因子，研擬骨幹網路，建議由9個節點增加至19個節點，幹線網路架構如圖22所示。

1. 骨幹環路於每一節點設置一套大容量之交換路由器用以收容區域環之頻寬，並提供該站之各應用系統介接。本網路之核心路由器(Core Switch Router, CSR)，除提供該站內之各式應用服務介面連接需求外，亦與區域環之接取路由器銜接。
2. 因應既設骨幹網路於東部路網節點過遠，配合區域環路重配置，於花蓮及玉里新增2個節點。
3. 利用海陸雙側光纖纜線串連所有核心路由器，達到任一節點或節點間斷線，仍可自動建立備援保護路由。
4. 除上述之實體光纖備援保護路由外，亦可透過IP-MPLS網路特性，建立虛擬線

路，以蛙跳方式連接間隔一節點之核心路由器，以達到不同電務段轄區第三路由之備援保護。

三、符合未來發展應用特色

(一) 網路管理系統

MPLS網路架構可以提供使用者保證網路品質(QoS)與穩定性高的VPN服務，因此必須具有良好的網路管理功能，方可快速有效設定管理與維護。網管功能分為3大類：操作(Operation)、管理(Administration)、維護(Maintenance)，簡稱OAM。操作主要係執行日常網路狀態分析、告警監視和性能控制的行為；管理係對於網路和服務提供分析、預測、規劃和配置的工作；維護主要是對網路及其服務的測試和故障管理等進行的活動，網路管理必須具備下列功能：

1. 組態管理(Configuration Management)
適當的設定網路上元件的相關組態參數，並監督、控制這些參數，並依需求更改這些參數的設定。
2. 網路建構(Network Configure)
可規劃設定各系統或應用之個別傳輸通道(VLAN/VPN)、IP路由(Routing Table)、IP位址配置、每鏈路之頻寬、QoS等級、資安連線控管，以保證各系統或應用之傳輸頻寬且個自獨立不相互干擾。
3. 障礙管理(Fault Management)
為維持整體網路與系統(包含各單一組成設備)之正確(proper and correct)與有效率(efficient)的運作，並在故障發生或效能(performance)急遽下降時，可以快速的隔離和改正來解決問題。
4. 效能管理(Performance Management)
可監控、收集、分析與測量網路硬體、軟體和介面的性能，並採取適當的措

施，以確保網路有良好的運作效能。

5. 計費管理(Accounting Management)
追蹤各使用者、各應用程式(如http、email及ftp等)及各使用單位運用網路資源之情形，以便根據資源使用情形來收取費或者加以管制。計費管理之追蹤資料可有效的防止資源被不當濫用，並可作為未來網路升級規劃的參考。
6. 安全管理(Security Management)
控制網路系統資源存取操作的過程，得知正在使用網路的對象，以確保資源安全存取的方式。

(二) 虛擬網路規劃

本網路可以提供各種不同應用服務系統，個別互不干擾之網路服務，各系統及使用單位所需之各別傳輸通道(VLAN/VPN)、IP路由規劃(Routing Plan)、IP位址配置計畫、頻寬、QoS(Quality of Service)等級等相關設定亦個自獨立，保障各系統或使用單位之網路服務如同自建，個自獨立不相互干擾。

MPLS網路之虛擬私有網路(VPN)服務讓每一系統擁有專屬的獨立網路，由於各個VPN皆採封閉式架構，透過虛擬路由及轉發(Virtual Routing and Forwarding, VRF)技術，資訊交換完整區隔，確保資訊安全。因此，可有效保障用戶在網內通訊的私密性。

本計畫IP-MPLS平台可支援下列各種類型的VPN服務，包括：

1. 虛擬線路(Circuit Cross Connect, CCC)，如圖23，包括點對點Ethernet及同步多工電路(Time Division Multiplexer, TDM)服務。
2. 異質虛擬線路(Translational Cross



圖22 幹線網路架構示意圖

Connect, TCC)：例如 ATM 和 Ethernet 等不同介面互連。

3. 第二層虛擬私有網路(Layer 2 VPN)：包括點對點虛擬網路(Martini Layer 2 Circuits)和網狀虛擬線路(Kompella Layer 2 VPN)。
4. 虛擬私有區域服務(Virtual Private LAN Service, VPLS)：支援多點Ethernet服務，如圖24。
5. 第三層虛擬私有網路(Layer 3 VPN)：遵循RFC 4364標準可支援點對點或點對多點IP網路(Virtual Private Routed Network, VPRN)，如圖25。

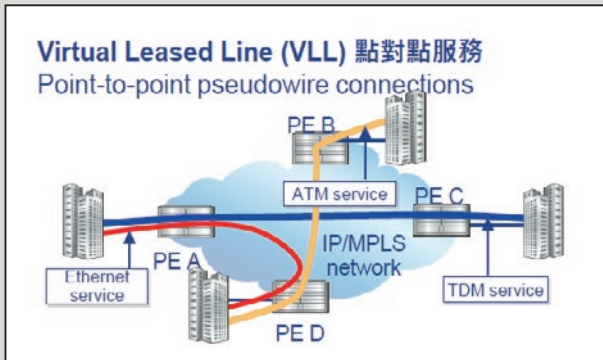


圖23 點對點虛擬線路備援

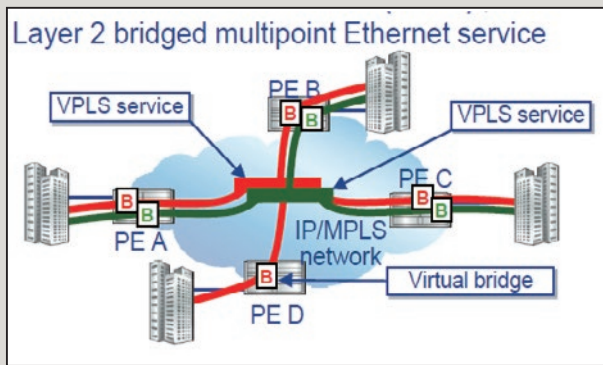


圖24 點對多點虛擬私有區域網路備援

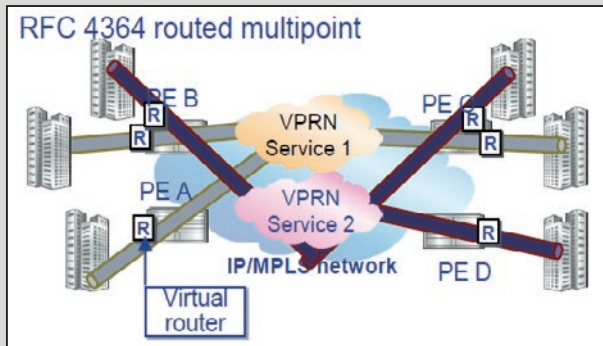


圖25 點對多點虛擬私有網路備援

伍、結語

通訊傳輸技術演進從類比訊號、數位訊號傳送，交換方式由電路交換(Circuit switch)至封包交換(Packet switch)，數據、信號、影像皆以IP封包交換及傳送，臺鐵雖然不是電信公司，但自建專用電信環島光纖傳輸網路系統，將既有55處機房延伸至192處機房，可節省大量頻寬

租用費用及彈性調度各業務單位頻寬使用，且採用IP-MPLS骨幹通訊技術，具有L2、L3 VPN能力，適合臺鐵各種業務應用，可避免臺鐵各業務單位重覆投資，在同一傳輸網路透過網路管理系統，切分不同專屬網路給各業務單位使用，並可確保各業務需求提供任何端點機房間之頻寬保證及通訊品質保證QoS。

陸、致謝

臺鐵「電務智慧化提升計畫(環島光纖傳輸網路系統更新工程)」屬國內大型專用電信網路之建置，台灣世曦工程顧問股份有限公司榮幸承辦規劃、設計及監造服務，其累積豐碩可貴之成果經驗值得傳承。本計畫自106年10月開始規劃至108年7月完成細部設計，之後進行公開閱覽、辦理發包，整體系統工程興建預定於110年12月完成，其間承蒙交通部臺灣鐵路管理局歷年來督導及承辦之各級長官於規設階段協助協調電務、資訊等單位，並將於施工階段期各單位鼎力協助會勘、系統改接及系統測試，使工程得以順暢施工，謹深表謝忱。

參考文獻

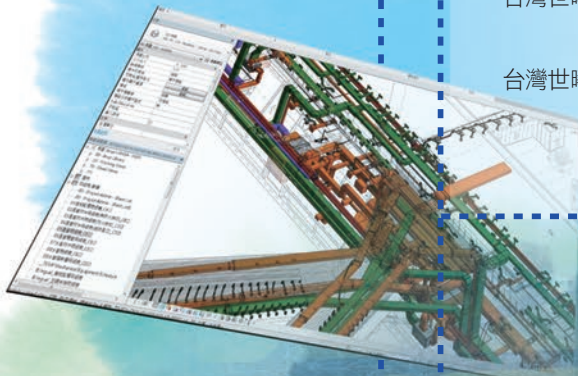
1. 交通部臺灣鐵路管理局，「環島通訊光傳輸網路系統新建工程(委託規劃、設計及監造)」招標文件(2017.8)。
2. 台灣世曦工程顧問公司，「環島通訊光傳輸網路系統新建工程(委託規劃、設計及監造)」服務建議書(2017.9)。
3. 台灣世曦工程顧問公司，「環島通訊光傳輸網路系統新建工程(委託規劃、設計及監造)」細部設計報告(2018.12)。

空間設施資訊 結合工程預算 自動化

關鍵詞(Key Words)：3D元件庫(3D Content Library)、工程預算自主檢查暨整合查詢系統(PQRS)、空間資訊(Spatial Information)、公共工程經費電腦估價系統(PCCES)、自動化(Automation Design)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 (Shih, Liang-Huei) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／技術經理／蔡福順 (Tsai, Fu-Shun) ❷



摘要

隨著科技創新，工程設計繪圖已全面進入3D BIM技術領域，用3D圖說呈現方式，除可清楚表達設計施工理念外，更容易與業主溝通，設計階段讓計畫得以順利快速推展，施工階段引導施工廠商正確施工，營運階段更可用於設施維護管理，3D BIM的使用可讓計畫達成全生命周期管控與應用。

設計自動化在台灣世曦公司推行已有數載，各專業自動化領域甚廣，然重點不外乎前端規劃設計繪圖及後端數量預算自動化。自動化目地在於增進設計工作效率、節省設計人力及人時，並降低重覆性及例行性作業，以提升生產力、增進設計成果品質及爭取業務之競爭力與機會。

本文主要在於探討及介紹以3D BIM從3D元件庫建置、設計繪圖空間資訊、創造預算欄位格式、數量自動計算、轉換預算格式並將預算編製完成之全自動化過程，以利後續工程顧問及相關專業之應用與推廣。



Study of Engineering Budget Automation Process Combined with Spatial Facility Information

Abstract

With the innovation of science and technology, engineering design drawing has fully entered the field of 3D BIM technology. In addition to clearly expressing the design and construction concept, it is easier to communicate with the owner. The design stage allows the project to be smoothly and quickly promoted. The construction contractors are correctly applied. It can be used for facility maintenance management in the operation phase. The usage of 3D BIM allows projects to achieve full life cycle control and application.

Design automation has been implemented for several years in CECI. The automation process is a diverse in each engineering field. The main focus on planning stage is design drawing and bill of quantity automatic preparation. The goal of automation is to improve design efficiency, save design manpower, and reduce repetitive and routine works to enhance productivity, enhance the quality of design results and strive for business competitiveness and opportunities.

This article mainly discusses and introduces the full automation process of 3D BIM from 3D content library establishment, designing drawing spatial information, creating budget column format, automatic calculation of quantity, converting budget format and completing budget preparation. This automation process could be applied and promoted in related engineering field.

壹、前言

工程顧問設計涵蓋範圍廣泛，本文主要以機械工程設計為例，配合土建辦理空調通風、消防排煙、給水及排水等設計業務，依據歷年設計及自行開發程式經驗，研擬自動化流程及需求項目。3D BIM設計首先需建置完整設備元件庫供設計繪圖取用、設計繪圖作業因需時較多，自動化著實有其必要，以往2D時代設計繪圖完成之後，需要逐張清點設計圖說數量，由於人工作業容易疏漏，3D BIM設計已能藉由撰寫程式或設定自動統計數量改善以往缺點；其次，3D BIM設計輸出係以文字檔案或轉成EXCEL檔案輸出，要將其轉成PCCES.XML需透過自行開發程式PQRS（本公司命名），其主要功能在於產生預算書及自動編碼；最後，以PCCES預算軟體編修完成預算製作，有關從3D BIM設計到完成預算自動化流程及作業內容，如圖1所示。目前國內採用3D BIM設計已蔚為風潮並行之有年，設計作業若能標準化及自動化，則可避免因人工作業所產生之錯誤及重工，在提高效率及生產力後，多餘時間將可用於提升技術及培養自我專業能力。

貳、機械系統3D設備元件庫建置

一、設備元件庫：3D BIM設計必須完成空調通風、消防排煙、給水及排水等設備元件基本建置，如表1範例所示。機械設備元件庫建置愈完整，在3D設計圖說呈現上更有利視圖清晰、表達及溝通，且能進一步提升作業效率。設計繪圖工作佔據整個計畫非常多時間，讓工程師無暇提升自身技術能力且疲憊不堪。爰此，目前除建置單一設備元件外，也可以設備附帶管閥整組方式建置，甚至可將機房內系統予以標準化建置，以縮短設計繪圖時間，大幅提升作業效率。

二、設備管閥群組化：依據過往設計經驗，設備前後端均配備有管路及閥件，若將其標準化視為單一元件提供繪圖直接取用，則可提升繪圖效率，減少繪圖時間。設備管閥群組化建置，如圖2及圖3範例所示。

三、機房系統群組化：機械設施所使用之空調、消防與給排水等系統機房，可依設備及系統型式加以分類整理，同理，若將其標準化視為單一元件提供繪圖直接取用，可大幅減少繪圖時間。機房系統群組化建置，如圖4範例所示。

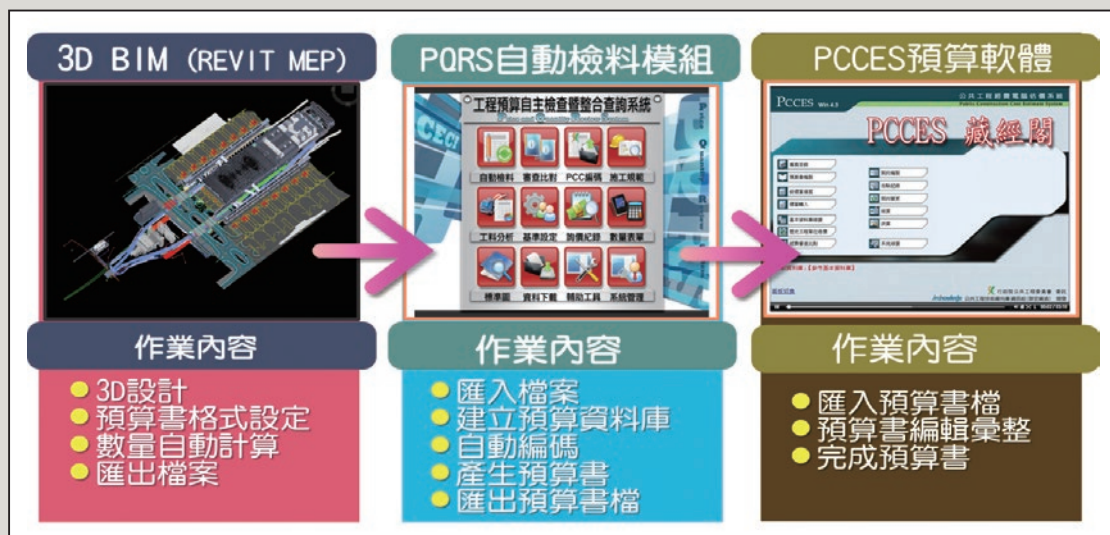
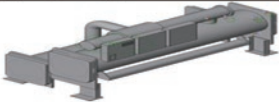






圖1 從3D BIM設計到完成預算自動化流程及作業內容

表1 空調通風、消防排煙、給排水等設備元件建置範例

空調環控	給排水	消防
內建種類：249 自建元件：277	內建種類：253 自建元件：59	內建種類：52 自建元件：56
 螺旋式冰水主機	 沖洗閥式馬桶	 一齊開放閥
 氣冷式冰水主機	 電子穩壓泵浦	 自動警報逆止閥

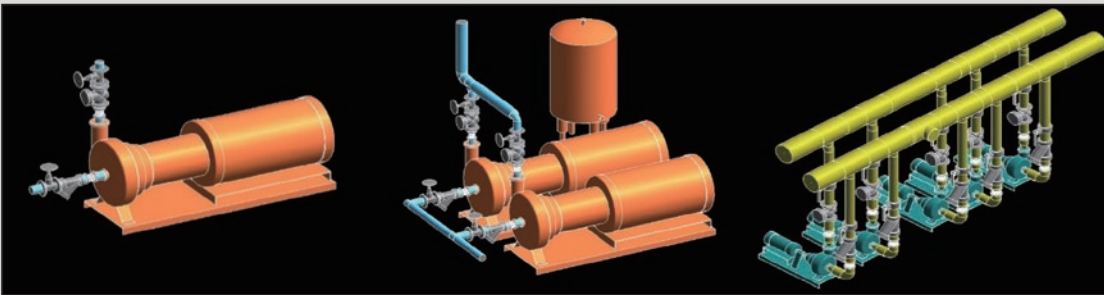


圖2 單台、雙台與多台泵浦與管閥單一群組化範例

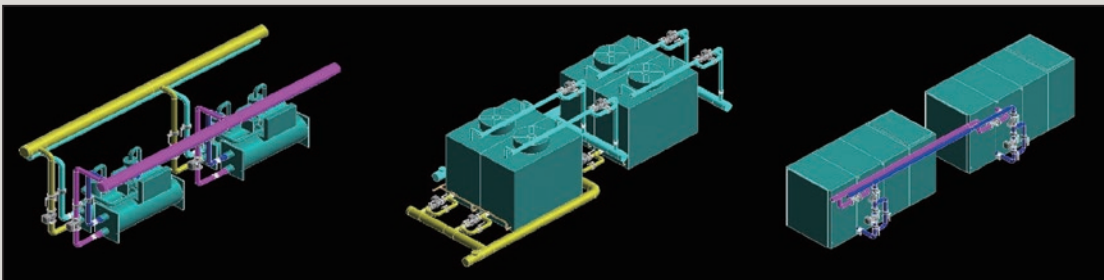


圖3 冰水主機、冷卻水塔、空調箱與管閥單一群組化範例

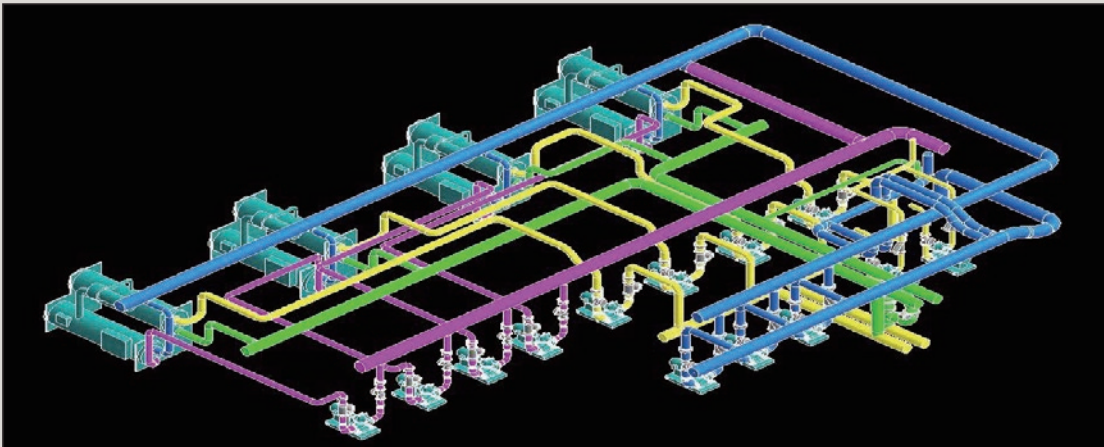


圖4 空調、消防與給排水等系統機房單一群組化

參、空間資訊作業內容

為利工程預算自動化，本節將以一空間資訊設計範例加以說明所需相關作業內容及步驟如下：

一、3D BIM設計：本節所引用設計範例係採用REVIT MEP軟體設計繪圖，圖5為空調系統設計範例，設計之前必須將設備元件以工程會預算編碼之標準名稱置入，同時在裝置明細表依序分類機械設備、風管及風管附件、水管及水管附件等明細表，以利後續歸類應用。

故採用自動點料方式可大幅提升點料正確性，惟工程師必須確實深入了解此軟體之應用，方能避免缺失產生。圖6為預算書格式設定及數量自動加總應用範例。

三、數量驗證：為求對於較複雜風管材料統計數量正確性，本文以空調箱系統為例，以人工點料計算方式加以比對，其結果與程式輸出相同。圖7 為人工點料計算方式與程式輸出結果相同範例。

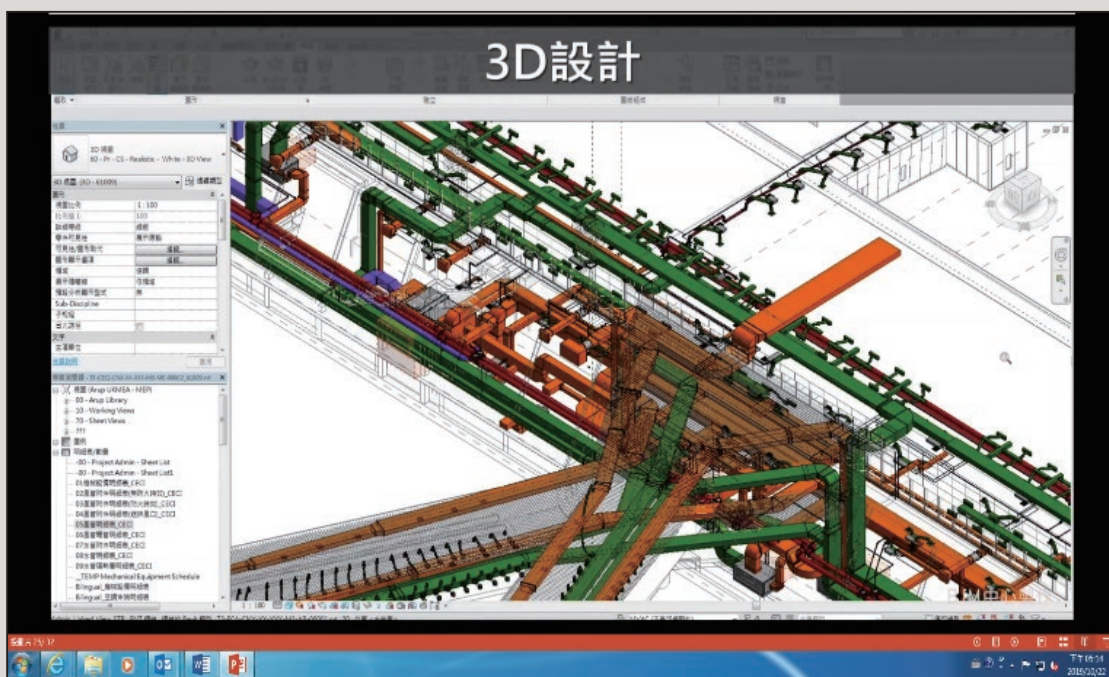


圖5 為空調系統3D BIM設計範例

二、預算書格式設定：REVIT MEP設計繪圖軟體除提供繪圖功能外，可利用裝置明細表設定製作預算書所需欄位格式，包括工項名稱、單位、數量及工程繪編碼等；數量由軟體本身設定自動加總，對於較複雜如空調風管材料之統計，則可另外加撰判斷程式予以加總，此項功能可改善以往對2D設計圖說完成後，需要以人工逐張清點數量，耗工且容易造成大誤差及漏點情況，

四、檔案匯出成果：經由裝置明細表依序分類機械設備、風管及風管附件、水管及水管附件等明細表後，將其匯出成TXT格式檔，為方便整理也可轉成EXCEL格式檔。圖8為預算書格式檔案匯出之EXCEL格式檔應用案例。

<01機械設備明細表_CECI>							
A	B	C	D	E	F	G	H
預算書格式	項目	主項單位	工項名稱	工項規格	工項單位	數量	工程會編碼
M	機械設備及設備安裝	式	離心式風機，軸流後傾式，風壓600Pa，風量3.8cmsg，電動機容量5.5KW		台	2	15831
M	機械設備及設備安裝	式	離心式風機，軸流後傾式，風壓600Pa，風量2.8cmsg，電動機容量5.5KW		台	2	15831
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓500Pa，風量4.6cmsg，電動機容量5.5KW		台	2	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓500Pa，風量2.8cmsg，電動機容量5.5KW		台	1	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量7.5cmsg，電動機容量5.5KW		台	3	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量3.75cmsg，電動機容量5.5KW		台	4	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量3.4cmsg，電動機容量5.5KW		台	4	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量3.3cmsg，電動機容量5.5KW		台	2	15833
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量3.2cmsg，電動機容量5.5KW		台	2	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓400Pa，風量2.8cmsg，電動機容量5.5KW		台	4	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓300Pa，風量1.67cmsg，電動機容量2.2KW		台	1	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓200Pa，風量0.4cmsg，電動機容量5.5KW		台	1	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓200Pa，風量2.15cmsg，電動機容量2.2KW		台	1	15832
M	機械設備及設備安裝	式	軸流式風機，(管軸式，熱浸鍍錐)，風壓200Pa，風量2.8cmsg，電動機容量1.5KW		台	54	15832

<05風管明細表_CECI>			
D	E	F	G
工程項目	工項單位	單位	數量
風管；不銹鋼(A304)；號數24		m2	22.93
風管；不銹鋼(A304)；號數22		m2	51.88
風管，鍍鋅鐵皮，厚度2.0 mm，合管配件，號數14		m2	866.53
風管，鍍鋅鐵皮，厚度1.2 mm，合管配件，號數18		m2	5316.97
風管，鍍鋅鐵皮，厚度1.0 mm，合管配件，號數20		m2	18239.02
風管，鍍鋅鐵皮，厚度0.8 mm，合管配件，號數22		m2	16959.60
風管，鍍鋅鐵皮，厚度0.6 mm，合管配件，號數24		m2	6086.70
風管，鍍鋅鐵皮，厚度0.4 mm，合管配件，號數26		m2	164.51
風管，螺旋式，標準管徑250mm，厚度0.8 mm，號數24，合管配件，號		m2	56.63

計算數值

名稱(N): 風管1

公式(R) 百分比(P)

領域(D): 公共

類型(T): 文字

公式(F): if(風管種類 = 1 mm, if(if(項 ...)

確定 取消 說明(H)

數量分類統計
可設公式判斷

圖6 為預算書格式設定及數量自動加總應用範例

點料數量驗證

南登機1樓空調箱風管

人工點料及API數量統計

風管材料估算結果

位置：南登機廠廳 鐵皮耗料：20%
保溫耗料：10%

一、一般風管 (m²)

鍍鋅鐵皮(USSG)					
#14	#18	#20	#22	#24	#26
0	0	303	228	0	0

符合

預算自動化數量自動統計

<05風管明細表_CECI>						
A	B	C	D	E	F	G
預算書格式	項目	主項單位	工程項目	工項單位	單位	數量
M	風管製作及安裝	式	風管，鍍鋅鐵皮，厚度1.0 mm，合管配件，號數20		m2	303
M	風管製作及安裝	式	風管，鍍鋅鐵皮，厚度0.8 mm，合管配件，號數22		m2	228

圖7 為人工點料計算方式與程式輸出結果相同範例

工項名稱	工項單位	數量	工程會編碼
離心式風機, 箱型後傾式, 風壓500Pa, 風量3.8cms, 電動機容量5.5kW	組	2	15720
離心式風機, 箱型後傾式, 風壓500Pa, 風量2.8cms, 電動機容量5.5kW	組	2	15720
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓500Pa, 風量4.6cms, 電動機容量5.5kW	組	2	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓500Pa, 風量2.8cms, 電動機容量5.5kW	組	1	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量7.5cms, 電動機容量7.5kW	組	3	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量3.75cms, 電動機容量5.5kW	組	4	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量3.4cms, 電動機容量5.5kW	組	4	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量3.3cms, 電動機容量5.5kW	組	2	15833
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量3.2cms, 電動機容量5.5kW	組	2	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓400Pa, 風量2.8cms, 電動機容量5.5kW	組	4	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓300Pa, 風量1.67cms, 電動機容量2.2kW	組	1	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓200Pa, 風量0.4cms, 電動機容量5.5kW	組	1	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓200Pa, 風量2.15cms, 電動機容量2.2kW	組	1	15832
軸流式風機, (管軸式, 熱浸鍍鋅), 風壓200Pa, 風量2.8cms, 電動機容量1.5kW	組	54	15832

圖8 為預算書格式檔案匯出之EXCEL格式檔應用案例

肆、工程預算自主檢查暨整合查詢系統(PQRS)作業內容

工程預算自主檢查暨整合查詢系統，以下簡稱PQRS。PQRS為台灣世曦公司自行開發專門提供估價及預算整合平台使用。本節主要敘述如何透過PQRS將前節所匯出檔案轉成預算軟體PCCES.XML格式檔案，主要作業內容及步驟，如圖9範例所示，其重點說明如下：

一、預算資料庫：對於不同業主可能有不同預算格式規定，故對不同業主可加以分類並依其需求整理各自標準預算資料庫，本項

建置主要功能在於提供新計畫案工項名稱比對後連同其次要工項資料一併帶出。一般格式內容包括總表、詳細表及單價分析表，單價分析表內需有工程會標準工項名稱，並將次要工項如安裝費、安裝另料、運雜費及試運轉等工項百分比置入，以利設備材料價格填入後，能依比例自動計算各項價格，本節主要功能在於可依不同業主所規定之預算格式需求標準化，避免人工作業所產生錯誤或不一致情形。安裝費、安裝另料、運雜費及試運轉等工項百分比預先置入，如圖10所示。



圖9 PQRS作業內容及步驟範例

標準工項名稱、單價、工項百分比、代碼資料庫

序號	細項名稱	單位	分析數量	預定單價	單價	複價	細項代碼	百分比	工項項
1	產品, 冰水機組, 水冷離心式主機, 6688<冷卻能力≤7040kw	組	1.000	23,000,000.00	23,000,000.00		N1562074108	0.00	
2	安裝費	式	1.000	1,012,000.00	1,012,000.00		W01271900040044	4.40	H
3	安裝另料	式	1.000	240,120.00	240,120.00		W01271000040010	1.00	H
4	運雜費	式	1.000	315,277.56	315,277.56		W01271300040013	1.30	H
5	試運轉	式	1.000	737,021.44	737,021.44		01820100040030	3.00	H

機械設備	安裝費(%)	安裝另料(%)	運雜費(%)	試運轉(%)
冰水主機	4.4	1.0	1.3	3.0
冷風機	22.5	2.0	1.0	6.0
水泵	18.4	1.3	1.0	6.0
風機	9.8	1.0	1.3	6.0
空調箱	6.4	1.0	1.0	3.0

圖10 安裝費、安裝另料、運雜費及試運轉等工項百分比標準化

二、單價資料庫：編列預算書之前，建議估價工程師必須先向至少三家以上設備廠商詢價，取得廠商報價資料後可加以整理比較，如圖11範例所示，對於設備廠商所提報之價格太高或太低者應查明原因，並依據經驗判斷篩選，提出合理建議單價，此建議單價將由PQRS程式自動帶入新的預算書內。

三、自動編碼及檢核：進入自動編碼前需將前匯出TXT格式檔或EXCEL格式檔予以上傳，上傳成功後程式會自動編碼、自動檢核，如圖12範例所示，及製作完成新的預算書PCCES.XML檔案，若與工程會編碼不同之處，將提供估價工程師檢核修訂之用。

項次	名稱	單位	建議單價	廠家1	廠家2	廠家3	備註
1.00	空氣調節箱						
1.01	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量330.0kW, 風量10cms, 電動機容量30.00kW, 風壓1400Pa	組	714,900	828,600	887,100	665,000	TP6
1.02	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量245.0kW, 風量7.4cms, 電動機容量22.00kW, 風壓1400Pa	組	553,900	659,400	709,200	705,000	TP6
1.03	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量180.0kW, 風量5.7cms, 電動機容量15.00kW, 風壓1400Pa	組	467,600	555,200	583,200	615,000	TP6
1.04	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量185.0kW, 風量5.6cms, 電動機容量15.00kW, 風壓1400Pa	組	460,900	532,100	583,200	613,900	TP6
1.05	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量182.0kW, 風量5.5cms, 電動機容量15.00kW, 風壓1400Pa	組	462,300	538,400	583,200	612,000	TP6
1.06	空氣調節箱, (預冷式空調箱, 水冷), 空調容量179.0kW, 風量5.4cms, 電動機容量15.00kW, 風壓1400Pa	組	457,300	529,600	576,100	610,000	TP6

圖11 三家以上設備廠商單價比較表製作範例

自動編碼及自動檢核

符合工程會細目編碼
正確率50%以上規定

自動編碼

工項名稱	比對後編碼
離心式風機，箱型後傾式，600.0≤風壓<700.0Pa，3.50≤風量<4.00CMS，電動機容量5.50kw	1583160H78
軸流式風機，〈管軸式，熱浸鍍鋅〉，500.0≤風壓<550.0Pa，4.00≤風量<5.00CMS，電動機容量5.50kw	158325NJ78
空氣調節箱，〈預冷式空調箱，水冷〉，290≤空調容量<350kw，10.0≤風量<11.0m3/S，電動機容量30.00kw	157203LGD7
小型冷風機，標準型，吊掛隱藏式，1700≤風量<2040CMH，200≤電動機容量<250w	1583411688

工程會工項名稱	備註
離心式風機，箱型後傾式，600.0≤風壓<700.0Pa，3.50≤風量<4.00CMS，電動機容量5.50kw	●
軸流式風機，〈管軸式，熱浸鍍鋅〉，500.0≤風壓<550.0Pa，4.00≤風量<5.00CMS，電動機容量5.50kw	●
空氣調節箱，〈預冷式空調箱，水冷〉，290≤空調容量<350kw，10.0≤風量<11.0m3/S，電動機容量30.00kw	●
小型冷風機，標準型，吊掛隱藏式，1700≤風量<2040CMH，200≤電動機容量<250w	●

標示說明	系統自動編給網要編碼
工項已自動編碼	◇
與工料分析資料庫編碼不同	◇
與分析工項編碼相同，但名稱不同	◆
格式錯誤，欄位漏項	※
工項名稱與工程會工項名稱不同	◎

自動檢核

圖12 自動編碼及自動檢核範例

標準工項百分比驗證

人工工項百分比

工程項目	安裝費 (LA)	安裝另料 (WA)	運雜費 (WB)	試運轉 (WC)
冷風機	22.5	2.0	1.0	6.0
風機	9.8	1.0	1.3	6.0

符合

預算自動化產出工項百分比

序號	細項名稱	單位	數量	單價	複價	百分比
1	產品：小型冷風機，標準型，吊掛隱藏式，風量1200CMH，電動機容量220w	個	1,000	4,780.00	4,780.00	0.00
2	安裝費	式	1,000	1,075.50	1,075.50	22.50
3	安裝另料	式	1,000	117.11	117.11	2.00
4	運雜費	式	1,000	59.73	59.73	1.00
5	試運轉	式	1,000	361.66	361.66	6.00
1	產品：離心式風機，箱型後傾式，風壓600Pa，風量3.8cms，電動機容量5.51kw	組	1,000	6,781.60	6,781.60	9.80
2	安裝費	式	1,000	759.82	759.82	1.00
3	安裝另料	式	1,000	997.64	997.64	1.30
4	運雜費	式	1,000	4,663.94	4,663.94	6.00

圖13 安裝費、安裝另料、運雜費及試運轉等百分比正確性驗證

四、百分比驗證：為符合業主規定之次要工項，如安裝費、安裝另料、運雜費及試運轉等百分比正確性，需將預先建置於標準預算資料庫內各工項百分比加以比對檢查，避免程式輸出時錯誤產生，如圖13範例所示。

伍、公共工程經費電腦估價系統 (PCCES) 作業內容

公共工程經費電腦估價系統，以下簡稱PCCES。PCCES係工程會為使公共工程之經費估價作業公開化與透明化，免費提供本軟體協助機關及廠商編製工程預算、製作標單、辦理估驗計價、變更設計以及進行經費審查比對等事項。PCCES軟體最終可將前述PQRS製作完成預



圖 14 PCCES預算自動編製成果範例

算書PCCES.XML檔案匯入，開啟後只需稍加彙整編修，如圖14範例所示，即可自動完成整份預算書製作。

陸、結語

3D BIM軟體已普遍應用於工程設計繪圖，本文主要係以REVIT MEP為範例，介紹由機械空間模型資訊化應用，直接將元件上模型資訊加以設定預算書及輸出格式，透過自行開發轉換程式PQRS，最終得與工程會之PCCES程式完美結合，完成預算書自動化作業。

預算自動化後，由於數量及預算不再由人工清點及編撰，除有別於以往費工、誤差及漏項等問題外，同時可大量節省作業時間，提升數量及預算準確性，以及競爭能力。依據目前發展經驗，對於計畫越大其所發揮之效益越大，就數量估算及預算編製而言，使用自動化將較傳統人工作業，估計可節省80%~90%作業時間。

參考文獻

1. AUTODESK REVIT相關資料，AUTODESK公司，2016年。
2. 工程預算自主檢查暨整合查詢系統(PQRS)相關資料，台灣世曦工程顧問有限公司，2019年。
3. 公共工程經費電腦估價系統(PCCES)4.3版相關資料，行政院公共工程委員會，2019年。

智慧防洪—抽水站自動化監控與振動頻譜分析之創新應用

關鍵詞(Key Words)：智慧防洪(Intelligent Flood Control)，抽水站(Pumping Station)，自動化(Automation)，監控系統(Control System)、振動頻譜分析(Vibration Spectrum Analysis)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 (Shi, Liang-Hui) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／協理／周振發 (Chou, Chen-Fa) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／副理／陳聖堯 (Chen, Sheng-Yao) ❸

摘要

臺北市政府近年來積極推動「智慧洪災管理」，以面對全球氣候變遷帶來極端降雨之挑戰，結合水利防災科技與資通訊技術應用於都市洪災管理，彌補傳統都市洪災管理應變能力之不足(7)，其中由本公司設計之抽水站自動化監控系統及抽水機組振動頻譜分析系統在「智慧洪災管理」體系中更扮演主要關鍵環節。

本文說明抽水站自動化監控系統如何運用既設雨水下水道監測系統及水情整合監視系統之即時資訊，導入自動化操控機制，以期達成提升抽水站操作效能、強化應變指揮能力，利用自動化機組操作，避免人為操作錯誤，降低可能發生之積淹水危害(4,5,6)。另配合機組更新導入振動頻譜分析系統，可即時監測振動值及早期診斷示警，達成智慧預防維護保養及精準判斷故障元件部位之目標。



Intelligent Flood Control - Innovative Application of Automatic Monitoring Control System and Vibration Spectrum Analysis system of Pumping Station

Abstract

In recent years, the Taipei City Government has actively promoted “smart flood management” to face the challenge of extreme rainfall caused by global climate change. The combination of water disaster prevention technology and information communication technology has been applied to urban flood management to make up for the insufficiency of traditional urban flood management.(7) The pumping station automation monitoring and controlling system and the pumping unit vibration spectrum analysis system designed by CECI play a more important role in the “smart flood management” system.

This paper explains how the pumping station automation monitoring system uses the real-time information of the existed rainwater channel monitoring system and the rainwater information integrated monitoring system, and the automated control strategy has used in automation control system, in order to achieve the improvement of the pumping station operation efficiency, strengthen the ability to respond to the command, and use the automatic operation to avoid human operation Errors, reducing the risk of flooding that may occur (4,5,6). In addition, Incorporate to the replacement of the pump to introduce the vibration spectrum analysis system, it can instantly monitor the vibration value and early diagnosis warning, and achieve the goal of intelligent prevention maintenance and accurate judgment of the faulty component parts.

壹、前言

臺北市政府工務局水利工程處(下簡稱水利處)為提升抽水站管理效能、強化應變指揮能力、降低發生積淹水危害、減少人為因素導致操作失當，自民國92年起逐步對全市86座抽水站依河系、區域及操作特性，劃分為六大分區，各分區設置「分區管理中心」，並設置「總管理中心」，其中各「分區管理中心」可遠端遙控其所轄之抽水站內抽水機及相關防洪設施，並利用既設雨水下水道監測系統及水情整合監視系統之各抽水站集水區降雨量及下水道水位導入自動化操控機制，達到抽水站操作運轉自動化之效益。目前第一分區於民國96年完工，第二、三分區於104年完工，均歷經多年汛期颱風暴雨事件的實證，另第四、五、六分區也陸續在108年完工，達成全市抽水站自動化遠端監控及操作管理的目標。在抽水站自動化監控系統平台陸續建置完成後，水利處亦陸續將疏散門及獨立閘閥門導入遠端啟閉監視，並將散落於各處之臨時抽水井以無線傳輸技術導入抽水站自動化遠端監控平台，進一步強化對全市防洪設備之監視管理及指揮調度能力。

近期全球氣候變遷伴隨帶來極端降雨的風險劇增，水利處經歷了幾次防汛期間抽水機組臨時故障而須進行緊急搶修作業之痛苦經驗，為確保抽水機組操作可靠性，自玉成抽水站機組汰換更新案首度導入振動頻譜分析系統，即時監測機組振動值，並達成智慧預防維護保養及精準判斷故障元件部位之目標。

台灣世曦公司有機會參與上述兩項計畫之規劃設計及監造工作，茲將兩項計畫之內容說明如后。

貳、抽水站自動化遠端監控系統

「抽水站自動化遠端監控系統」於「智慧防災管理」中扮演重要角色，過去抽水站管理係以人為操控為主，雖已建立標準作業程序及加強防災應變演練，然於極端降雨緊急抽排水需求時，仍有人為疏失的風險，且長期將面臨操作人員老化、技術與經驗難以傳承等問題。藉由抽水站自動化監控管理的推動，不僅大幅減少人力負荷，更可有效降低人為疏失機率，準確、安全、效率、智慧化地進行抽排水作業。

一、抽水站自動化監控系統管理架構

全市抽水站自動化監控系統係結合水利處抽水站管理單位之組織架構及轄管權責範疇，由下而上計分為四個層次，分別為抽水站、分區管理中心遠端監控系統、總管理中心及防汛指揮部(防颱中心)遠端監視系統，第一至第六分區管理中心係屬操作維護核心，常駐抽水站操作管理人員，分別監控轄管雨水抽水站，並負責各抽水站之管理、操作及維護，而抽水站總管理中心(包含總一及總二管理中心)係屬決策核心，主要為監視各分區管理中心及抽水站之水情、水位及機組、閘閥門操作運轉情形，在防汛指揮部統籌監管下，指揮調度各分區管理中心，上述層級管理如圖1，監控地理分區如圖2。各層級須提供之監控功能說明如下：

(一) 各抽水站自動化監控系統：各抽水站設置專屬工作站，可遠端操作及監視該站內之抽水機設備、儲油設備、供電設備、撈污機設備、閘門設備、門禁保全設備、照明設備、火警受信設備及其它輔助設備。

(二) 分區管理中心遠端監控系統：可遠端遙控其所轄管之抽水站內抽水機及相關防洪設施，並藉由光纖網路傳回各抽水站機組實際運轉狀態及現場即時影像畫面。

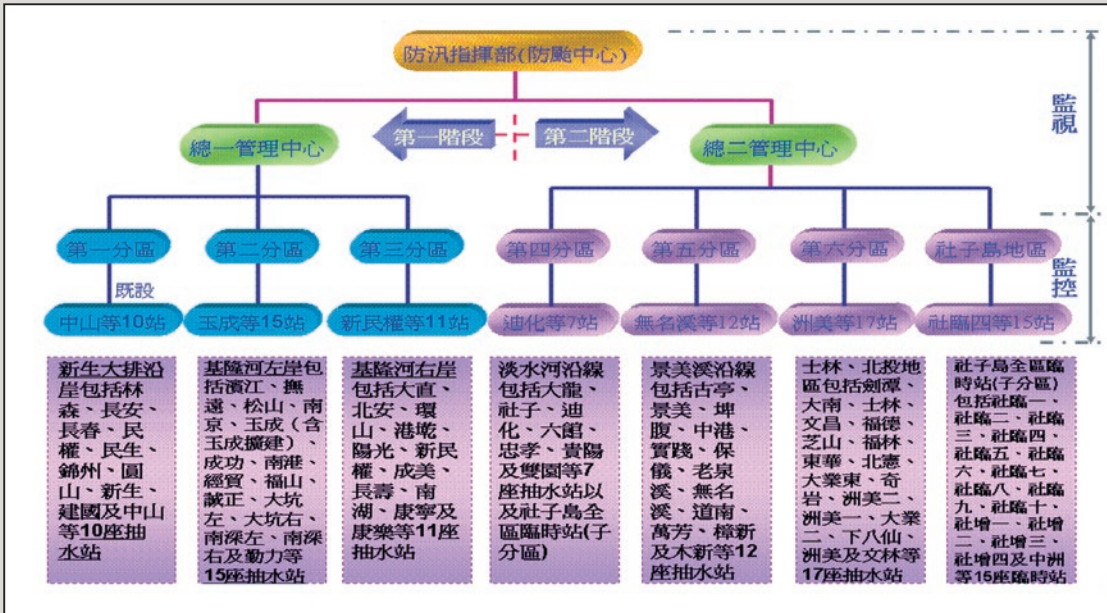


圖1 臺北市抽水站自動化監控系統群組化管理層級圖

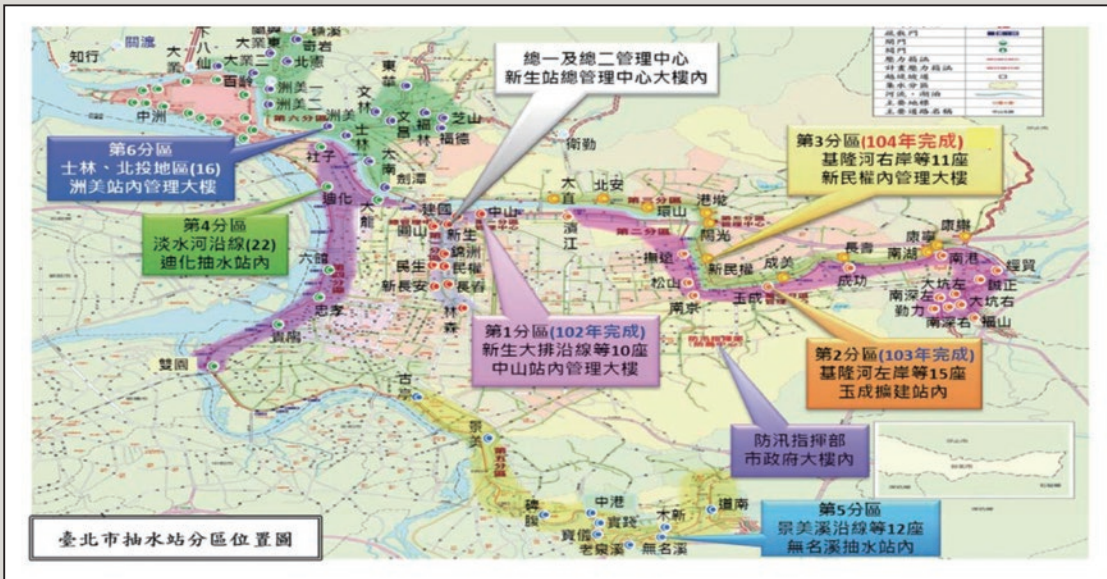


圖2 臺北市抽水站自動化監控分區位置圖

(三) 總管理中心遠端監視系統：可遠端監視轄管各分區管理中心之防汛設施實際運轉狀態、圖控操作畫面及現場即時影像畫面，並提供防汛指揮部(防廳中心)所有抽水站防汛設施相關操作畫面及資訊。

由總管理中心提供各分區管理中心所有抽水站之防汛設施相關操作畫面及資訊至防汛指揮部(防廳中心)。

二、抽水站自動化監控系統抽水站自動化操作控制構想

(四) 防汛指揮部(防廳中心)遠端監視系統：

集水區內之降雨量、下水道水位、河川

水位等即時資料，納入自動化監控系統控制策略，則可在洪水發生初期，及早啟動抽水機組，提早因應，其自動化操控系統構想如圖3，具體作法說明如下：

- (一) 將該抽水站集水區內代表雨量站之降雨量或下水道水位等資訊納入自動化操控策略，當該集水區之即時降雨強度超過設定值時，系統自動由一般降雨模式操作表切換至豪雨模式操作表，以設定不同前池水位高程及對應啟動抽水機組數量來因應不同降雨強度及潮汐影響因素之操控需求。
- (二) 抽水機組柴油引擎轉數之自動化操作分為二種模式，第一種操作模式為依前池水位啟動，自動加速至1200rpm後，由操作人員手動調速。第二種模式則是納入PID控制策略，進行抽水機組自動加減速控制，當抽水機組引擎啟動自動加速至1200rpm後，依前池水位與其個別抽水運轉水位之差值作PID調控抽水機組轉速至額定轉速。
- (三) 自既有水情資訊系統將該集水區下水道水位及雨量資訊下傳監控系統作為

操控依據，可利用水情資訊及集流時間差，及早因應啟動抽水機組，以提高抗洪能力。

三、抽水站自動化監控系統

為達成抽水站遠端監控功能，在各抽水站利用複聯式PLC 控制器將抽水機組、發電機、閘門、撈污機及相關附屬設施納入監控，除可於各抽水站自動操控抽排水設施外，同時亦可在分區管理中心執行遠端操控功能，另外在總管理中心及防汛指揮部可遠端監視抽排水設施的設備運轉狀態，其監控系統架構如圖4。

抽水站自動化監控系統依前述操控控制策略，具備下列特色：

- (一) 監控系統採四層架構設計，除了可在現場控制盤操作防洪設施外，透過現場儀表、RIO及複聯式PLC與圖控系統連結，可以在抽水站及分區管理中心遠端監控，以及總管理中心與防汛指揮部遠端監視。
- (二) 自既有水情資訊系統將該集水區下水道水位及雨量資訊下傳監控系統作為

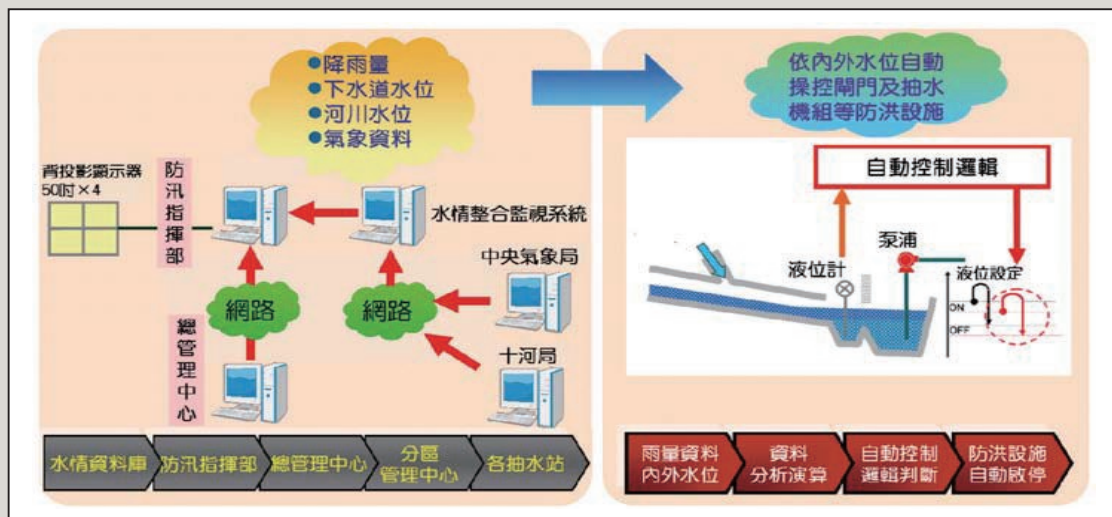


圖3 臺北市抽水站自動化操控構想圖

操控依據，可利用水情資訊及集流時間差，及早因應啟動抽水機組，以提高抗洪能力。

(三) 導入自動操作功能，抽水機除可自動依前池水位控制抽水機組起停、台數控制外，固定翼藉由調整引擎轉速、可變翼抽水機藉由調控翼角角度，來自動調整抽排水量如圖5，以達最佳化

運轉效能，及避免起停頻繁之效益。

四、抽水站影像監視系統

為了配合抽水站自動化監控系統的建置，在各抽水站抽水機組機房、撈污機、閘門以及重要出入口設置攝影機，除了在各抽水站可依保全警報事件鎖定目標即時監視及現地儲存影像外，在分區管理中心也可以遠端即時監視及

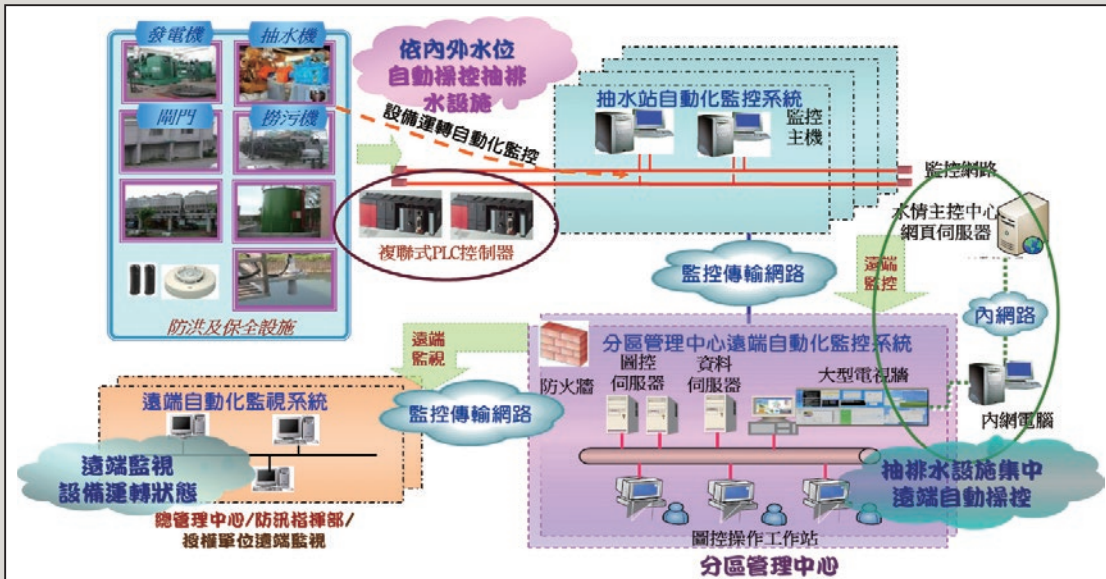


圖4 臺北市抽水站自動化監控系統架構圖

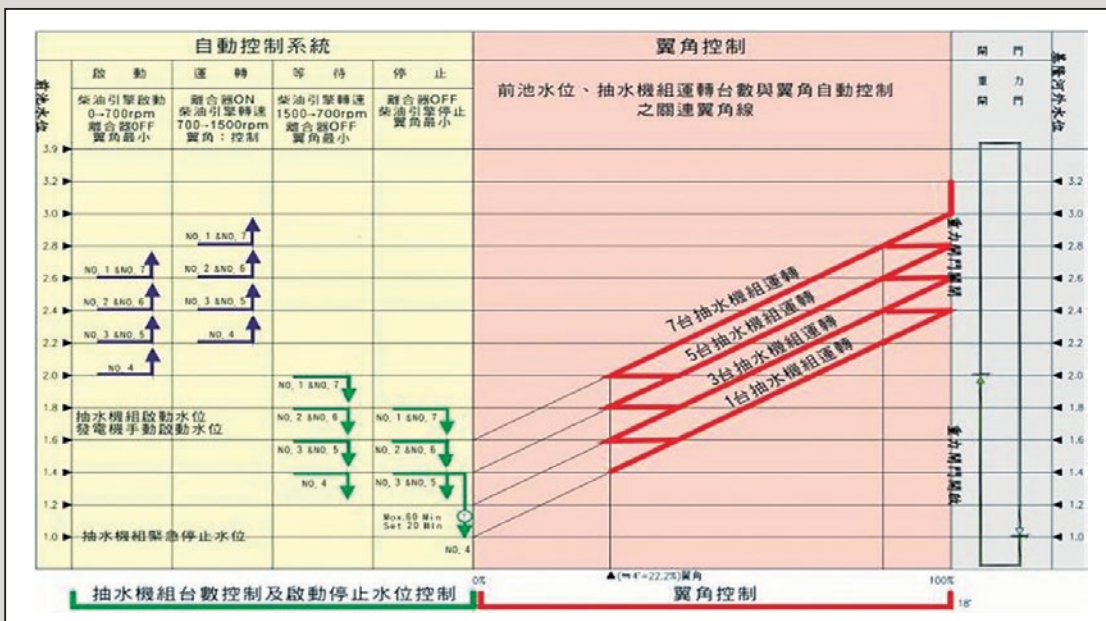


圖5 玉成抽水站抽水機組啟閉調速機制

操控攝影機組，另外在總管理中心及防汛指揮部也可以遠端調閱各抽水站的即時影像，其系統架構如圖6。

五、疏散門及獨立閘門啟閉管理監視系統

自動化監控系統陸續建置完成後，水利處進一步將全市各河系之疏散門及獨立閘門以無線傳輸技術或利用自動化建置之分區環狀光纖傳輸納入前述自動化監控平台，系統架構如圖7及圖8。

六、臨時抽水井遠端監視系統

除前述疏散門及獨立閘門啟閉管理監視系統外，散落於各河系或為解決局部排水需求所設置之臨時抽水井，水利處亦逐步將全市臨時抽水井以無線傳輸技術納入自動化監控平台，其系統架構如圖9。

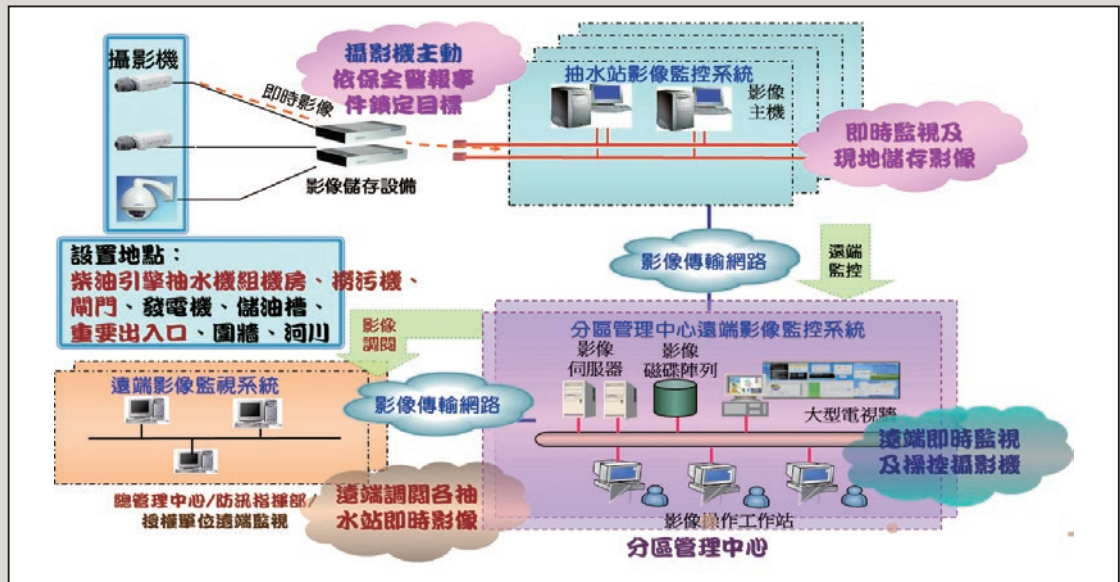


圖6 臺北市抽水站自動化影像監視系統架構圖

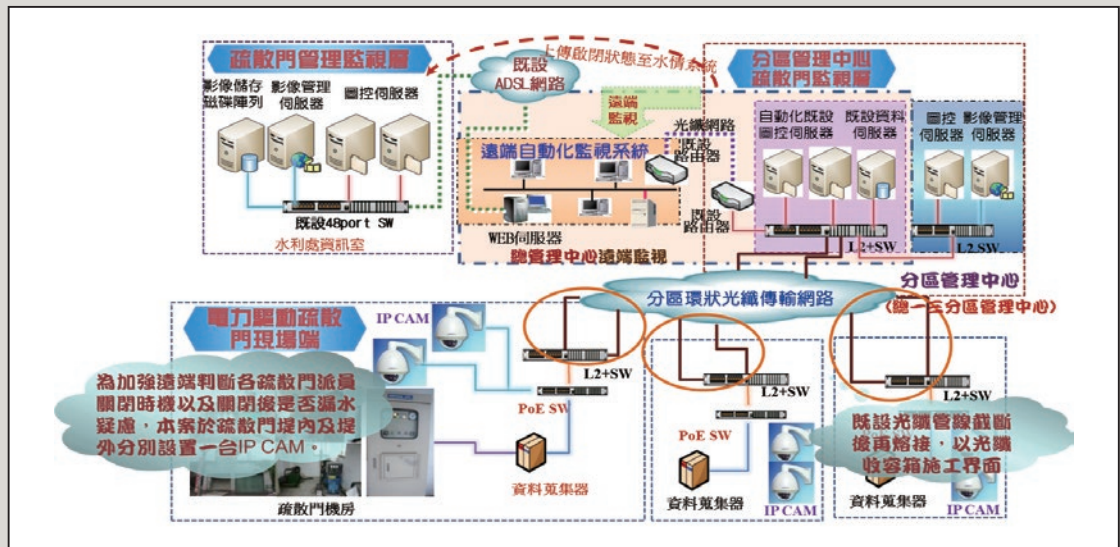


圖7 臺北市疏散門啟閉管理監視系統架構

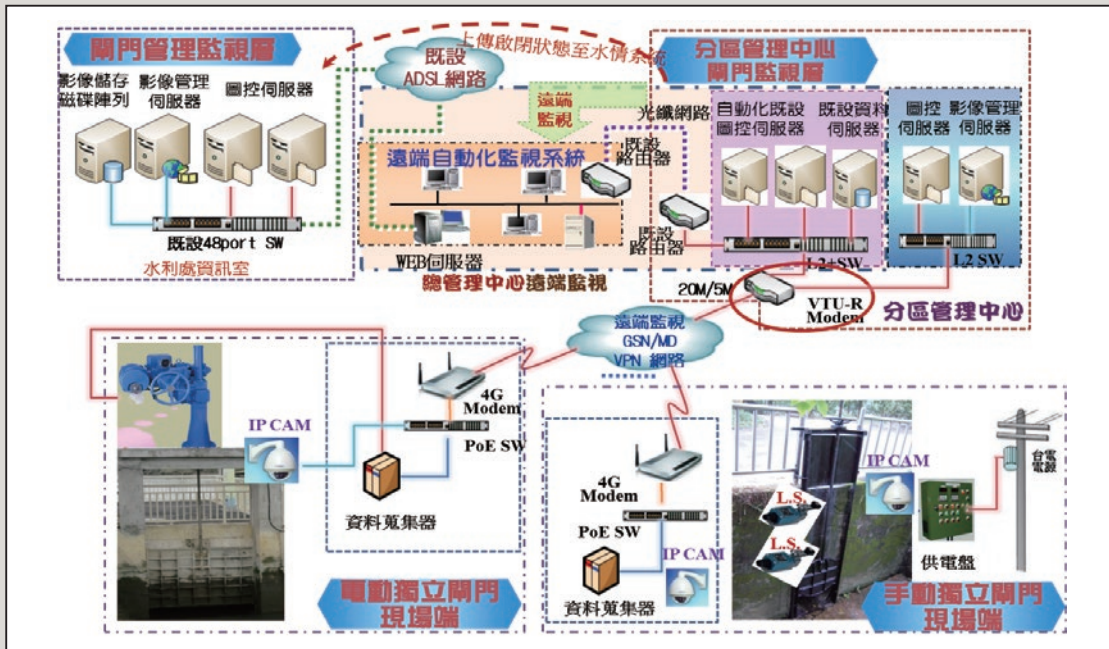


圖8 臺北市獨立閘門啟閉管理監視系統架構

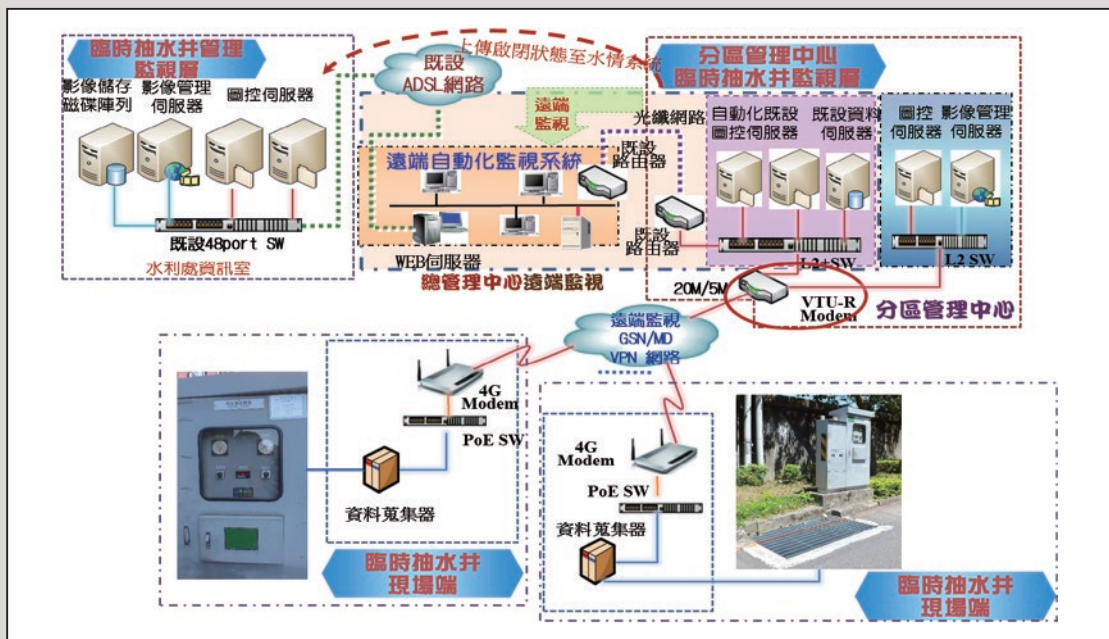


圖9 臺北市臨時抽水井遠端監視系統架構圖

參、抽水機組振動頻譜分析系統

抽水站屬市區防洪排水體系的最後一道防線。因此，如何確保防洪排水設備之可靠度，於要用時可用，水利處於玉成抽水站機組更新期間導入振動分析檢測技術，以期達到預測、預防故障之發生，確保市民生命財產之安全。

一、各項預知保養監測技術之比較及選用

市面上可直接應用於預測保養之監測技術，包括可採量測設備之電壓、電流、溫度、噪音、振動…等分析檢測技術，而各項監測參數對設備預知保養時效性亦有所差異如圖10，其中以透過振動量測分析，最能提供豐富的訊

號及可靠的方法，來監測即時運轉狀況及早期性預防保養，避免設備損壞極大化。

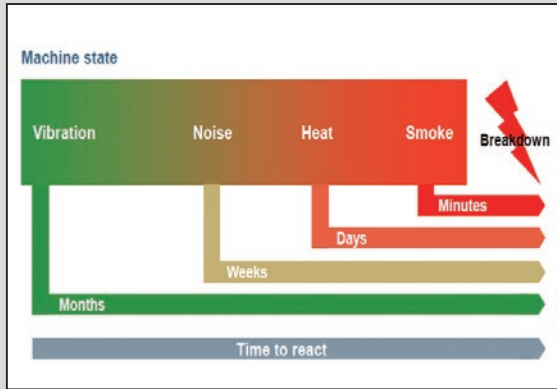


圖10 各項監測參數時效性比較

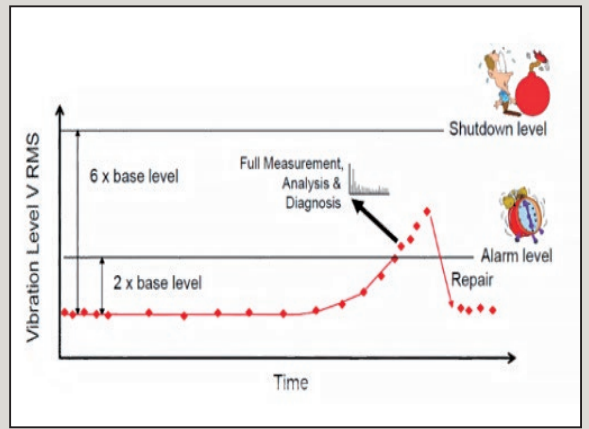


圖12 機組運轉振動早期診斷警示圖

二、振動監測系統

臺北市政府於玉成抽水站機組更新工程首度導入振動監測系統，本案在減速機入力軸、出力軸及抽水機上軸承設置加速度感測器，由監測分析主機連接頻譜分析電腦(如圖11)，可做即時振動監測，在機組運轉振動達2倍基準值，通知操作單位進行後續檢修，達成早期診斷警示(如圖12)。

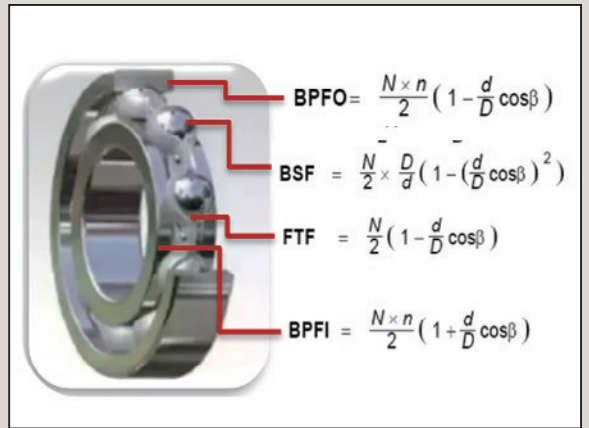


圖13 軸承各部位轉動元件特有的頻域響應

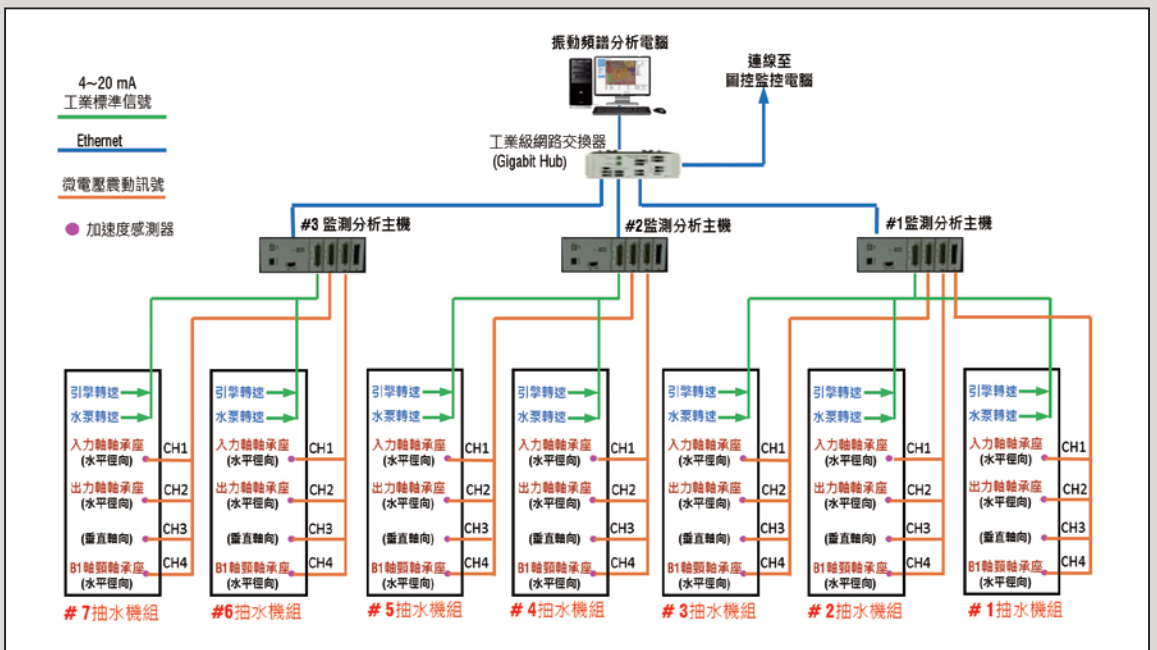


圖11 玉成抽水站振動監測系統

就振動量測技術而言，市面上較常見的應用僅量測其總振動量或其總振動量達國際法規ISO-10816或原廠建議數值時之警報提示。惟採用振動總量管制做為唯一警報，僅知設備已故障須進一步檢修，卻無法分析設備元件之詳細故障點，待拆修時又可能因為該部位零件未備料，而須待料檢修。爰此，導入前述振動頻譜分析之技術，可進一步解析各部位轉動元件特有的頻域響應(如圖13)，藉由傅立葉轉換(FFT)頻譜分析判斷故障元件部位，可瞭解重要設備和關鍵零件當前運轉條件下之運轉狀況與健康狀態，可將降低設備操作之不利因素、減少非預期性停機。

肆、結語

臺北市為高度開發的城市，在全球氣候變遷造成極端降雨之影響，都市原有排水抗洪能力應付極端氣候侵襲有其極限，因此，臺北市政府積極推動「智慧城市」，建構「智慧洪災治理」體系，利用水利防災科技與資通訊技術之結合應用於都市洪災管理，提昇既有排水抗洪設施效能及防救災能力。其中抽水站自動化監控系統及抽水機組振動頻譜分析系統在「智慧洪災管理」體系中更扮演主要關鍵環節。

臺北市政府建構全市抽水站自動化監控系統，藉由已完成抽水站自動化監控之各分區，歷經多年汛期颱風暴雨事件之實證，抽水站自動化監控系統確實大幅提升抽水站操作效能與管理維護品質，並強化應變指揮能力，另於此期間，水利處陸續將疏散門及獨立閘閥門導入遠端啟閉監視，並將散落於各處之臨時抽水井以無線傳輸技術導入抽水站自動化遠端監控平台，進一步強化對全市防洪設備之監視管理及指揮調度能力；而配合機組更新導入振動頻譜分析系統，可即時監測抽水機組運轉振動值及早期診斷示警，更可達到預測(Prediction)、預防

(Prevention)及保護(Protection)之運營新境界。

參考文獻

1. 臺北市政府水利工程處，「臺北市抽水站自動化遠端監控系統」，安全&自動化雜誌，89期，民國98年2月。
2. 陳威仁、羅俊昇等人，「日本都市總合治水對策」，臺北市政府工務局考察報告，民國91年3月。
3. 蔡東憲、簡秋岳、白為仁、郭武御等人，「防洪抽水站電腦化(自動化)操作管理規劃考察報告」，民國93年1月。
4. 臺北市政府水利工程處委託台灣世曦工程顧問股份有限公司，「基隆河抽水站管理中心委託規劃工作—抽水站自動化監控系統規劃設計 第一階段(總一範圍)規劃作業成果報告書」，民國98年8月。
5. 臺北市政府水利工程處委託台灣世曦工程顧問股份有限公司，「基隆河抽水站管理中心委託規劃工作—抽水站自動化監控系統規劃設計第二階段(總二範圍及防汛指揮部)規劃作業成果報告書」，民國99年10月。
6. 臺北市政府工務局水利處委託台灣世曦工程顧問股份有限公司，「疏散門及閘閥門啟閉管理系統建置工程委託規劃設計工作」報告，民國105年。
7. 彭振聲、張凱堯、劉彥均等人，「臺北市智慧洪災管理的推動—以抽水站自動化監控系統建置為例」，土木水利 第四十二卷第三期，民國104年6月。

智慧運輸資訊 服務平台之創 新應用與發展

關鍵詞(Key Words)：智慧運輸資訊服務平台(Intelligent Transportation Information Service Platform)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／工程師／吳宗昀 (Wu, Tsung-Yun) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／工程師／許凱翔 (Hsu, Kai Hsiang) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／副理／黃惠隆 (Hwang, Hwei-Lung) ❸



摘要

隨著資通訊技術快速發展，大幅改變了交通需求、型態與模式，未來需納入整體運輸服務發展考量，針對現況問題提供解決方案，提供更方便的交通資訊。本計畫團隊擬定了整體運輸服務發展模式，透過系統性方法及整合型智慧運輸策略解決交通相關課題。以智慧交控為基石循序漸進的發展運輸資訊平台，再逐步納入整體運輸服務項目，進行整個生命週期之運營管理服務。以持續滾動檢討整體運輸服務均衡發展策略，提升整體運輸效率。



Innovative application and development of Intelligent Transportation Information Service Platform

Abstract

With the rapid development of telecommunications technology, traffic demand, patterns and models have changed drastically. In the future, it is necessary to consider the development of overall transportation services, provide solutions to current problems, and provide more convenient transportation information. We have formulated an overall transportation service development model to solve transportation issues through a systematic approach and integrated smart transportation strategies. The Intelligent Transportation Information Service Platform is developed step by step based on intelligent traffic control, and then included in the overall transportation service project to perform life-cycle operation management services. Continuously review the strategy of development of transportation services to improve overall transportation efficiency.

3

專題報導

壹、未來整體運輸服務發展模式規劃

臺灣建置智慧運輸系統已有20餘年，隨著資通訊技術快速發展，智慧型行動裝置普及、雲端技術、巨量資料(Big Data)及物聯網(Internet of Things, IoT)等科技發展，再加上近年來人口結構因少子化與高齡化即將步入高齡化社會，且許多產業轉型的結果導致製造業外移、服務業成長等，大幅改變了交通需求、型態與模式，在此情形下要改善當前的交通問題，就必須將新的科技技術及未來的發展規劃納入分析考量中，針對現況問題提供解決方案，提供更方便的即時交通資訊。使用者可清楚掌握各類交通工具及行車動線，營造交通無障礙之環境，讓民眾與貨物皆能安全、輕鬆而有效率的移動，以最適切方案來達到目的。

未來之運輸應以人本交通為核心，應用大數據、物聯網、智慧裝置、人工智慧及雲端運算等科技，掌握民眾需求與交通狀況。考量聚焦人、地、貨、服務的可及性與機動性整合型規劃，並兼顧未來世代的需求及如何達成多元的成效，以找尋在未來可能有效的解決方案。以持續滾動檢討整體運輸服務均衡發展策略，提升整體運輸效率。

智慧交控為智慧運輸系統(ITS)之基石，主要目的在於構建交通控制基本功能，建立標準化交控中心，並進行號誌化路口時制重整、號誌控制等，以提升路口及路段運轉效能。近幾年導入之智慧交控在臺灣各縣市蓬勃發展之餘，卻也面臨了執行及操作上的困境，服務的建置多以主管機關管轄的權限或範圍建置，以致ITS服務分散且未最佳化整體交通運作效能，如各階段發包作業繁雜、各承包商間整合困難、系統功能缺乏整體思維、地方政府人力及能力缺乏、相關交通數據應用尚未完備等，影響了全面性整體運輸網絡的發展。

有鑑於上述緣由，本計畫團隊擬定了整體運輸服務發展模式，透過系統性方法及整合性智慧運輸策略解決交通相關課題。以智慧交控為核心循序漸進的發展運輸資訊平台，未來再逐步納入整體運輸服務項目，進行整個生命週期之運營管理服務，亦透過智慧運輸發展建設，帶動國內資通訊產業需求，終極目標希望能永續發展推廣至智慧城市資訊平台。

因此未來整體運輸服務發展模式的規劃，必須能夠永續的進行與持續的發展，建構一套完整的服務生命週期，從規劃、設計、建置、維護、營運五階段不斷的重複運行，其關鍵因素包含：長期的願景、明確的執行計畫、有效的方法策略、整合性的發展、評估目前及未來的績效、定期的監督、回顧及調整模式、成本的控管等，如圖1所示。

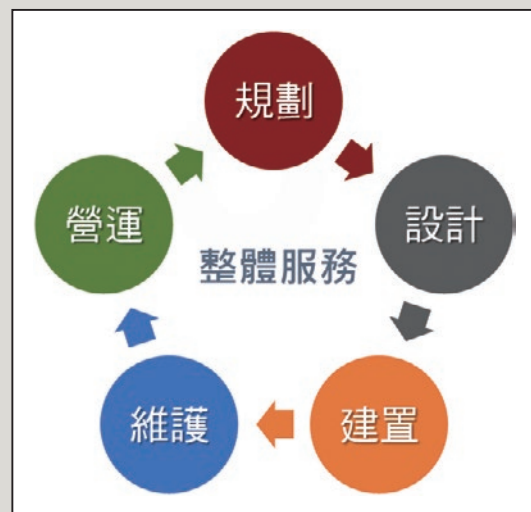


圖1 整體運輸服務發展模式生命週期

貳、智慧運輸資訊服務平台

現階段為了支持國家科技政策發展，許多縣市前瞻基礎建設計畫，朝向於建構智慧、安全、便捷的城市。由於多個縣市(如屏東縣、嘉義縣等)已正式邁入高齡化社會，再加上許多偏鄉土地幅員較廣私人運具使用率偏高，希冀能透過相關補助改善偏鄉公共運輸不足並落實長



圖2 支持國家科技政策發展

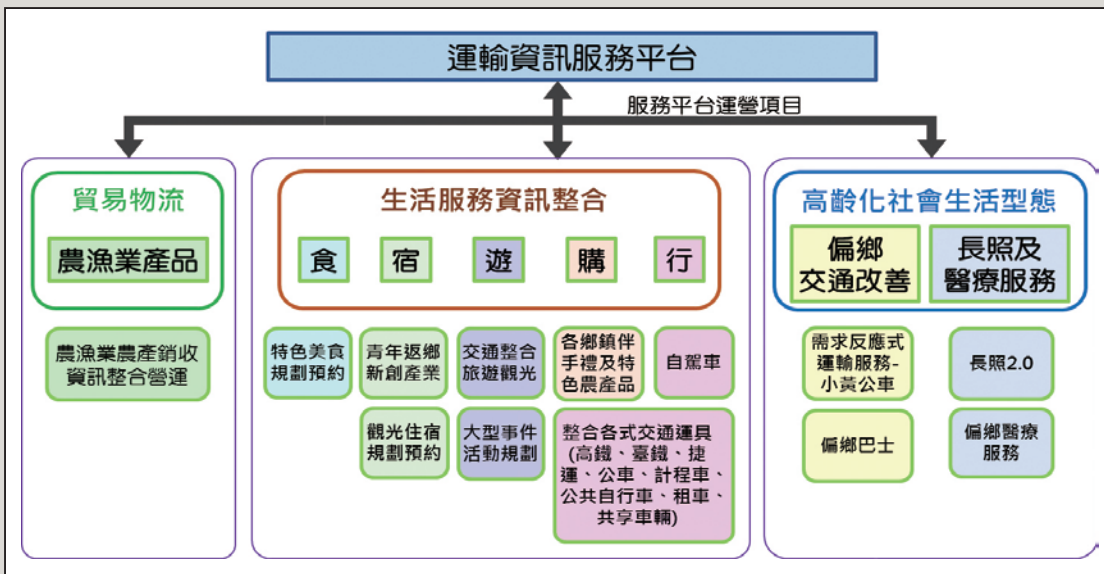


圖3 智慧運輸資訊服務平台概念架構

照2.0計畫，讓有限資源集中應用；此外，台灣近年來大力推動觀光產業，開闢不少觀光休憩旅遊路線及景點，該如何以交通來串聯觀光旅遊，以利未來城市整體發展，加強區域均衡性以因應環境及社會變遷，實為目前智慧運輸急需發展之目標。

以往透過智慧交控解決交通問題，但在物聯網等技術的快速進步與應用下，智慧運輸已不僅僅與交通控制相關，交通資訊蒐集管道已

不再只侷限於傳統道路上的偵測設施，各種生活上可以運用的資源皆可以成為訊息來源(如：民眾手持式行動裝置移動電信資料等)，因此與其他各種領域(智慧生活、智慧製造、智慧農業等)都有非常密切的關連，是一種新型態的跨域創新科技整合與應用。智慧運輸服務平台與其他相關平台之關聯，如圖2、圖3所示。

本計畫團隊旨於進行智慧運輸資訊服務平台(智運平台)開創與發展，由以往單一ITS技術

服務，演變為整合型之運輸服務模式來進行服務性功能提供，以完善智慧運輸。可因應不同縣市需求提供客製化服務，因地制宜的考量需求，如：各種生活服務資訊，提供給各城市生活應用所需(飲食、住宿、遊憩、購物、出行)；已進入高齡化之城市，智運平台可根據蒐集之資訊提供高齡化社會型態服務(偏鄉交通改善、長照及醫療服務)；貿易頻繁之城市，智運平台可提供道路資訊給予貿易物流參考應用；甚至其他製造業發達之都市，更可能提供各種交通方面之應用與輔助。

參、運資平台運營模式推動策略

為因應智慧交控執行及操作上所面臨之困境，並健全整體運輸網路之發展，本計畫團隊研擬整體運輸服務發展模式及推動策略，逐步將交控系統功能效益最大化，進而轉化為讓民眾有感之整體服務。

「智慧運輸資訊服務平台」發展初步構想，主要分為三大部分，如圖4所示。首先奠基

智慧交控發展，以創新「全面性整體服務」完善交控系統；其次建構「運輸資訊平台」，蒐集各種交通相關大數據資訊，提供作為各種運用；最終，衍生針對高齡與弱勢提供整合式健康照護、串聯各種便民服務與提供其他產業的媒合服務，概念說明如下。

一、全面性整體服務推動策略擬定

由於現階段法規與制度面的限制，智慧交控的發展有所侷限，無法有效的發揮其交通整體綜合效益，因此擬訂整合式委託民間專業團隊運營管理創新模式，進行「全面性整體服務」以完善智慧交控系統。

二、智慧運輸資訊平台建置規劃

本計畫擬奠基於現有智慧交控系統，進行運輸資訊平台建置構想之規劃，除須考量各種相關資訊來源之整理匯入，並整併各種子系統功能進行介接與運用，以提供各種交通相關資訊應用。

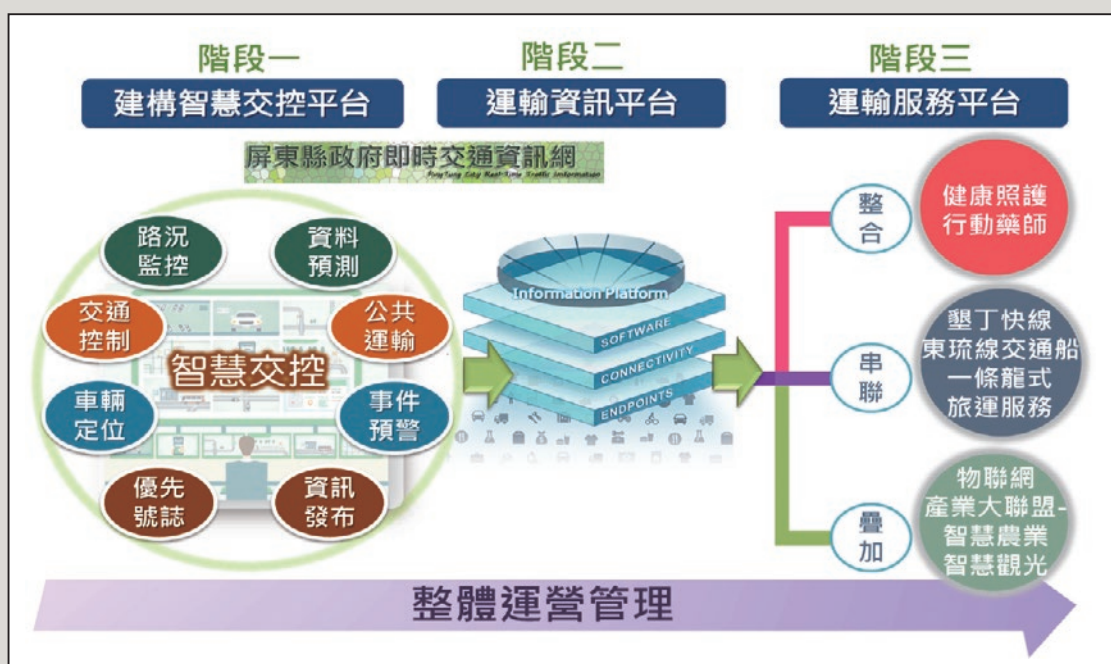


圖4 整體運資平台運營模式發展初步構思

三、衍生之運輸服務

由運輸資訊平台提供之各種資訊，研擬未來可衍生之相關服務，如針對高齡與弱勢提供整合式健康照護、串聯各種便民服務(觀光、旅遊等)以及提供其他產業(農業、物流業等)的綜合型服務等，改變運輸資訊僅能純粹應用在道路上的現況。

本計畫團隊針對各縣市政府規劃未來整體服務，需先了解其現況課題與施政重點與方針，根據各縣市運輸課題及符合其政策發展，以建立一智慧運輸資訊服務平台為解決構思，可以各縣市之跨單位合作方式進行。根據運資平台之整體發展構想，交控中心與運輸服務資訊平台對於各縣市政府單位與使用者之關聯性，如圖5所示。依據已發展完善之交控中心，另外再開發一獨立完善之運輸服務資訊平台，彼此資訊雙向回饋與支援，朝向完善交通基礎建設、整併運輸資訊服務管理平台、結合政府與民間合作三大行動主軸邁進，未來希望能建構整體智慧城市的資訊平台。

未來可衍生之相關運輸服務，主要針對以下三項為主要營運項目。

(一) 高齡化社會生活型態

提供偏鄉交通改善與長照醫療服務等整合式健康照護與運輸服務。

(二) 生活服務資訊整合

串聯各種便民之生活服務以推動屏東縣觀光發展與提升通勤民眾運輸能量。

(三) 貿易物流

提供其他產業的綜合型貿易物流服務以增進當地產業資訊整合與營運發展

架構初擬由運資平台提供之各種資訊，交控中心持續優化系統與設備，強化道路交通事件整合與發布、應用交通與電信大數據分析民眾旅運行為；運資平台提供生活服務訊整合以及針對少子及高齡化社會演變的生活型態改善，發展高吸引力公共運輸服務、協助交通部推展都會區交通行動服務(如：MaaS等)，未來更強化多元運具資訊、住宿與購票服務等之整合，以提供更優惠方便的公共運輸服務，另外亦可應用於其他產業(如：農漁業等)，推動貿易物流相關之運輸服務，如圖6所示。

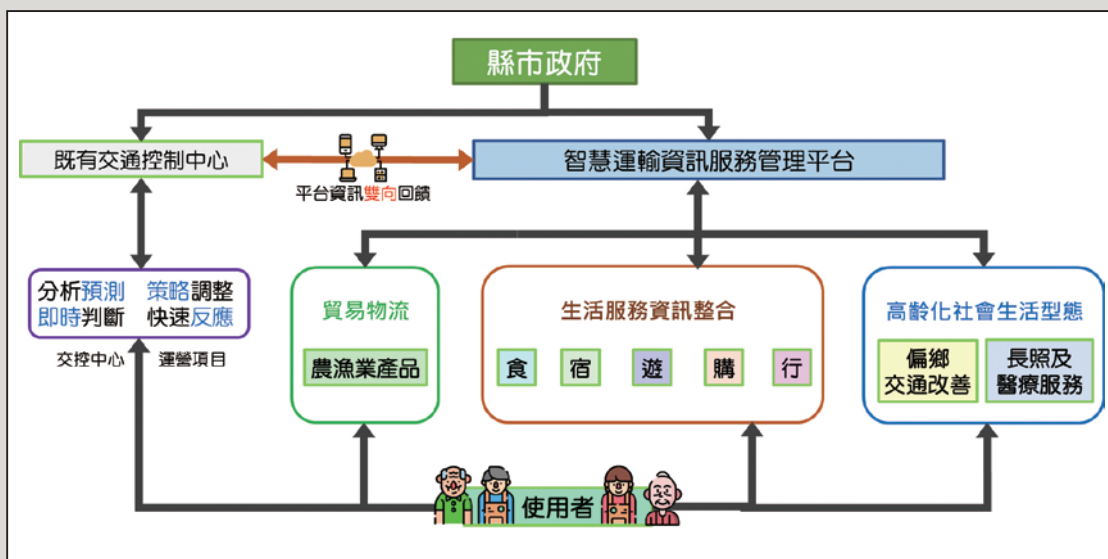


圖5 智慧交控及運輸資訊服務管理平台關聯



圖6 智慧交控結合運輸服務構想

肆、平台之創新應用服務

由於現有運輸資訊駁雜其類型與項目眾多，開放資料對政府單位使用及民間加值應用難度高，政府決策需要更完整運輸分析數據，因此運資平台之應用在於介接既有子系統與補足缺漏之其他系統，進行運輸資料整併，進一步進行串連及媒合服務應用。未來運資平台收集之資料，為便利各使用者於平台取用資訊，提供開放資料API服務，平台擬採用OData國際規範，使用此規範定義的語法任意組合篩選條件，即可取得所需之XML、JSON、CSV等格式資料，使UI介面更便利、更人性化。

平台之創新應用服務主要有以下三大項：

一、行旅規劃服務：地圖與運具之圖資建構，以圖層方式疊選

過去民眾無法獲得友善的公共運輸旅運資

訊，在行旅規劃上獲取之資訊多以單一運具或個別縣市APP為主。因此運資平台未來將發展複合式公共運輸，以大眾運輸、步行與自行車等較為永續的選擇方案為優先。將在地區域之相關運具進行調查與彙整，班次、時刻及GPS位置等實務資料匯入圖資系統，再加上額外合作住宿與商家資訊，將之標準化進行圖層疊選之應用。使用者可以直接使用行旅規劃服務進行旅運選擇，亦能清楚了解各種方案運具之相對位置、轉乘時間、金額、住宿與商家優惠等細部資料，以圖層方式一目瞭然，不用再去個別安排及加總時間與金額，省去不必要的資源浪費。

二、路網管理：需精密圖資輔助道路路網，進行區域與市區路網之交通整合

現階段智慧交控於路網之運用，已經達到一個非常純熟的狀態，加上新科技不斷之發展，許多先進設備之運用使運輸資訊之蒐集更為便利及精準，未來之路網管理，以精密圖資

系統輔助道路路網，將跨單位(警政、消防、交通等)將各種設備資訊回傳於道路路網，進行資料交換與應用，期望迎接科技與經濟脈動，專注解決民眾面臨交通壅塞、偏鄉交通不便、交通安全及運輸物流等課題。

三、災害應變管理：應用圖資系統(包含地形等高線等)進行預警，與發生災害時之應變

運資平台可透過蒐集與彙整各縣市之災害潛勢資料，將防救災電子圖資(淹水、坡地、地震、海嘯、毒化、工業管線及登革熱等)嵌入平台，搭配各種道路設備系統及路況訊息，提供於平時災害預防、減災策略、災害資源分配整備之重要參考依據，亦提供緊急災害發生時，透過空間資訊技術提供相關資訊輔助指揮官進行後續指揮調度，做為災害救援決策之用。

伍、結語

資訊及通訊技術為臺灣之核心產業，而智慧運輸與臺灣整體產業發展密不可分，因此在科技日新月異的大環境下，欲改善當前新型態的交通問題，藉由發展「整合型智慧運輸資訊平台」，將各種運輸相關資訊與其他衍生資料納入分析考量中，針對現況問題提供各種不同的解決方案服務，以創新的架構模式進行各種便利的運輸相關服務，以期提升整體智慧運輸的效能，未來永續發展發展，亦能將整合型之智慧運輸服務模式輸出國際。



我國自駕車發展願景與重大課題探討

關鍵詞(Key Words)：自駕車(Autonomous)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／正工程師／張佳雯 (Chang, Chia-Wen) ①

台灣世曦工程顧問股份有限公司／經理部／副總經理／吳榮煌 (Wu, Ronald Huang) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／智慧系統部／協理／馮道亨 (Feng, Tao-Heng) ③

摘要

當今自駕車為熱門議題，各方角色無不熱衷於此。本文期從全面格局審視自駕車，包括政府管理面、技術產業面、自駕車營運業者等各方需求探討之。本研究團隊由我國自駕車發展歷程、我國自駕車後續試驗場域興建與營運構思，及重大課題探討等章節，擇要闡述。



The Visioning-The Future and Key Subjects on Autonomous-Vehicles in Taiwan

Abstract

Today's autonomous-vehicles are the most popular topics, and the roles of all parties are keen on them. This article researches the demand of autonomous-vehicles from a comprehensive aspects including government management, technology industry, autonomous-vehicles operators and so on. The research team investigates the past review, the present inspection, and looks into the future. This article makes a summary from the development of autonomous-vehicles in Taiwan, the establishment and test scenarios of the first closed autonomous-vehicles test field, the subsequent establishment and operational concepts of national autonomous-vehicles, and the investigation of major issues. We hope this article will serve as a pioneer in this field and inspire others to research and kindly advise as necessary.

3

專題報導

壹、我國自駕車發展歷程簡介

論及「自駕車」，一般人都會以較狹隘的標的「不需人為操作的先進特殊車輛」去看待它。實則，自駕車的終極核心價值，在於以無人載具建構一個嶄新的交通運輸體系，藉此提升人類「行的安全」。因自駕車涉及的範疇非常廣泛，舉凡ITS(智慧運輸系統)強調的「人、車、路」，加上IoT(物聯網)萬物聯網的「物與站」，以及脫離智慧城市範圍、欠缺資通信及道路標誌標線輔助的「域」等六大面向，均包含其中，且需面面俱到，方能進入實質的自駕車新紀元。本章內容將分成智慧運輸系統、先進駕駛輔助系統，及自動駕駛系統等三個小節，概述我國在自駕車領域的發展歷程。

一、智慧運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)

我國交通部運輸研究所經多年精心鑽研，擬訂了我國智慧型運輸系統發展的五大重點，包括：先進交通管理系統(ATMS)、先進用路人資訊系統(ATIS)、先進公共運輸系統(APTS)、商車營運系統(CVO)、及先進車輛控制及監視系統(AVCSS)，詳如圖1所示，並由交通部於1997年

公布實施。自此，奠定了我國交通運輸朝智慧化發展的碁盤。其中，先進車輛控制及監視系統(AVCSS)所探討的科技與應用範圍，係透過各類感測、策略、控制等輔助設施，以提高駕駛者注意力、避開衝突、及提供一些駕駛輔助功能等，如縱向防撞、側向防撞、路口防撞、視覺改善、自動停車等等。由於此領域涉及車用電子及設備的多樣需求，進而帶動我國先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)相關產業後續的蓬勃發展，內容將於後續說明。

其後，我國交通部為反應實際使用者服務項目的內涵，於2001年發布「台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫」，明確地將“ITS”由原來的「智慧型交通運輸系統(Intelligent Transportation System)」擴充涵義為「智慧型運輸服務(Intelligent Transportation Service)」，並將前述五大智慧型運輸系統，調整為七大重點服務領域，包含：先進交通管理服務(ATMS)、先進用路人資訊服務(ATIS)、先進公共運輸服務(APTS)、商車營運服務(CVO)、電子收付費服務(EPS)、緊急救援管理服務(EMS)及先進車輛控制及安全服務(AVCSS)。從此，智慧交通運輸發展正式提升為國家級發展策略之一。

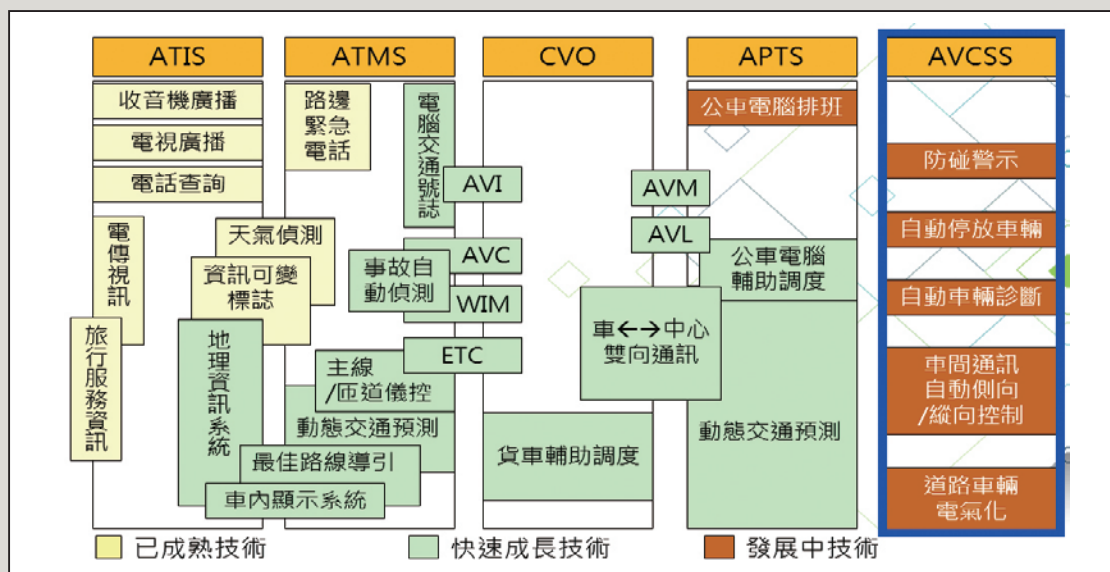


圖1 我國五大智慧型運輸系統發展重點一覽表，資料來源【1】

為因應交通與社會發展需求，2004年交通部更進一步頒布台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫(更新版)，續予擴充另2項服務領域，分別是弱勢使用者保護服務(VIPS)及資訊管理服務(IMS)，共提出九大應用服務與其服務項目。歷經15年的努力，我國在ITS的發展與成就，已獲得國際肯定，這點可從近年來智慧型運輸系統協會國際大會(ITS World Congress)將傑出企業獎、地方政府獎、及個人終身成就獎等代表最高榮譽的獎項，頒發給我國，可為印證。綜此，我國在人、車、路的智慧型運輸系統服務領域已建構相當完善的基礎。

二、先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)

如前所述，為應智慧型運輸服務的市場需求，加之各類感測技術及資通信技術的快速演進，近十幾年來，全球各主要車廠及其供應鏈，均積極投入先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)的研究發展。此等智慧車輛的輔助技術，亦舖成未來無人自動駕駛車輛所需先進技術的進階過程。

整體而言，ADAS乃將車輛的運轉狀況與

車外環境變化等相關資訊進行分析、歸納，並將有關之訊息提供給駕駛人做判斷及應變的參考。如預先警告可能發生的危險狀況，讓駕駛人提早採取因應措施，避免交通意外發生。ADAS可概分如下9個主要功能子系統，包括盲點偵測系統(Blind Spot Detection System)、後方碰撞警示系統(Rear Crash Collision Warning System)、偏離車道警示系統(Lane Departure Warning System)、緩解撞擊煞車系統(Collision Mitigation System)、適路性車燈系統(Adaptive Front-lighting System)、夜視系統(Night Vision System)、主動車距控制巡航系統(Adaptive Cruise Control System)、碰撞預防系統(Pre Crash System)、及停車輔助系統(Parking Aid System)等系統功能。

我國ADAS供應鏈相當完整，車輛與組件、車用電子、半導體及資通訊軟硬體等廠商一脈串起，在發展自駕感測、決策與控制上已有初步根基。依據車輛中心產業發展處分析，目前我國最需補強的技術缺口，主要是感測器開發與感知融合系統單晶片(SoC)、車輛定位與高精圖資、5G傳輸以及AI決策控制等，內容請參閱圖2。另外，自駕整車平台領域也有廠商已投入相關技術發展，有利於上中下游的串聯整合，

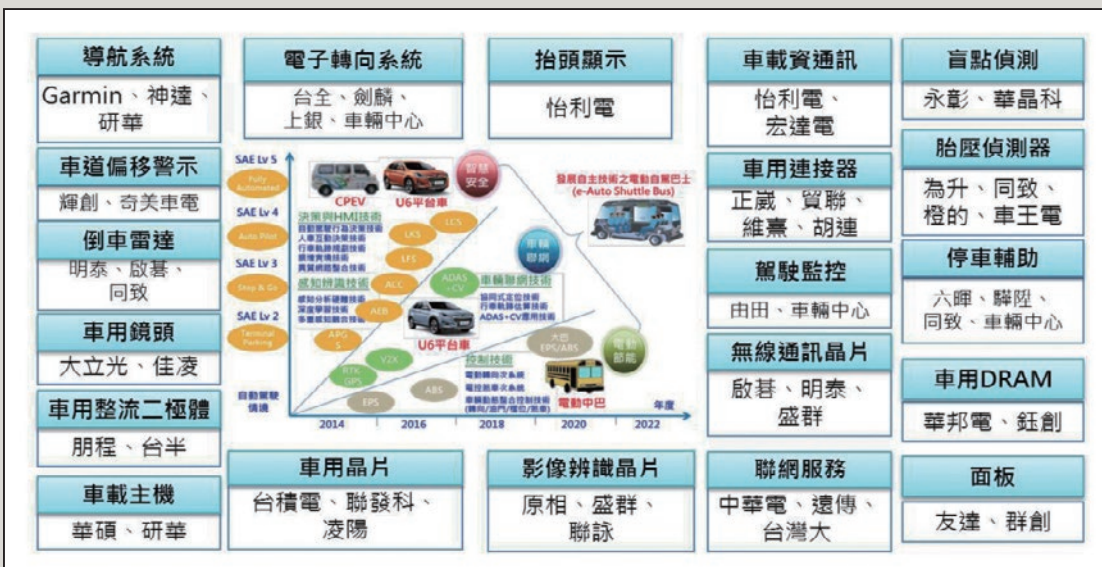


圖2 我國ADAS供應鏈示意圖，資料來源【2】

如華創車電、車王電及宏碁等。

三、自動駕駛系統(Autonomous Driving Systems, ADS)

如果自駕車以車輛自動運行的能力分類，依據美國汽車工業學會(SAE)的定義，係以車輛於行駛期間，對週遭環境的偵測與介入控制的深度做分野，並將之分為Level 0~Level 5等六個不同的自動化程度，如圖3所示。

但如果以機電系統功能的屬性觀之，則自駕車可介分為聯網車(Connected Vehicle, CV)、自動車(Automated Vehicle, AV)、及電動車(Electrified Vehicle, EV)等三大類。我國產、官、學、研各界，藉由過往在資通信及自動駕駛輔助系統的深厚技術底蘊，已全面展開相關的研究與發展。政府相關單位，如行政院及其轄下之科技部、經濟部、交通部、及內政部等中央部會，亦本於職能分工，全力衝刺，期能創造我國另一個跨時代的新興產業。此外，自2017年起，台灣許多地方政府，亦爭相引進國外自駕小巴，進行試運行體驗；使國人逐漸了解自駕小巴的特性與優點，更引起全國各界開始重視自駕車的相關議題。

為推動我國自駕產業的技術升級，帶動並

形成我國車用電子、半導體及資通訊軟硬體、車輛與零組件等產業聚落，興建完善的自駕車性能檢測及實車試驗場域，確有其必要性。

貳、我國自駕車試驗場域興建與營運構思

綜整國內外文獻以及本計畫團隊研究初步成果，本節簡要說明有關我國自駕車試驗場域之興建與營運，宜分成下列四個階段，逐步推展，並慎重考量各階段相關運作需求與作業內容，方能竟其功。

一、階段一：興建模擬測試實驗室 (Simulation Test Bed)

(一) 依據美國MCity相關研究指出，模擬測試階段約占自駕車整體製程九成以上的工作量，其重要性可見一斑。模擬測試最主要的內容，乃測試自駕車對於各類不確定因子，如天候變化、突發事件等周遭環境瞬間變遷的判斷與反應能力。測試作業係透過隨機擷取資料庫內預設情境、交叉組合產出大量特殊狀態，再藉由模擬分析軟體的運作，以測試該自駕車的應變能力。

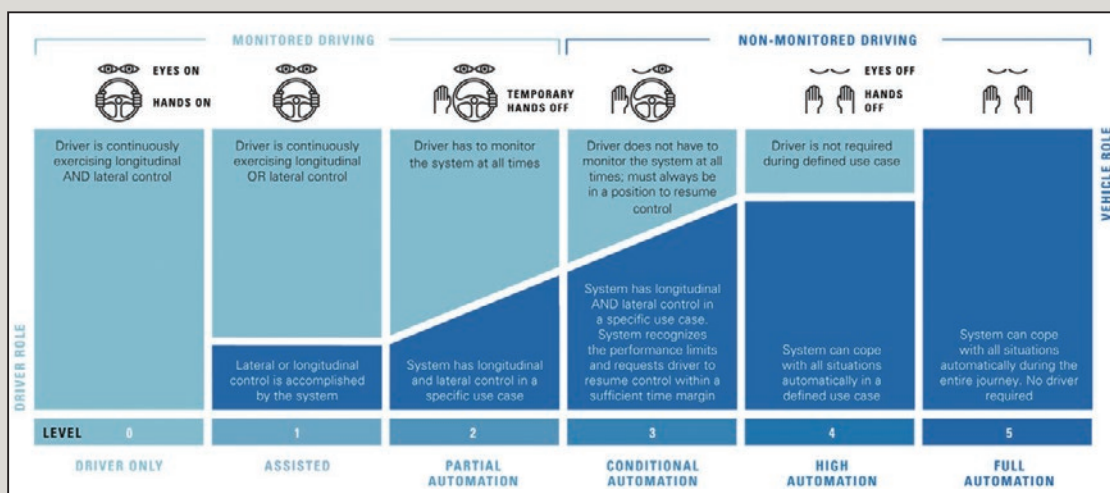


圖3 美國汽車工業學會(SAE)定義的自駕車分類，資料來源【3】

故此，自駕車於正式上路前，皆應在實驗室內，接受足夠小時數或足夠里程數之模擬運行與情境測試。待相關軟、硬體經確認安全無慮後，方可進行下一階段封閉式測試場域的實體測試。

- (二) 故此，我國未來發展自駕車的首要工作，就是落實本階段各類主要測試項目，如自駕車軟、硬體的正常運行能力、失誤防護機制等。就軟、硬體正常運行能力而言，對於靜態的道路型態，如各式交流道、直角轉彎、起伏路、過限寬門/收費門架、通過學區等，及動態的行車狀況，如超車、倒車入庫、躲避散落物、避讓應急車輛、機車與行人安全防護等，均須模擬測試。倘以整車運行能力模擬測試而言，則偵測、策略與控制的整合性、可靠性與耐久性測試，至為重要。在失誤防護機制的測試方面，舉凡機械故障、緊急情況的自動應變處理，以及人工介入後之可操作性等，均須審慎測試並納入紀錄，做為日後處理依據。

二、階段二：封閉式測試場域(Closed Test Bed)

本階段乃「自駕車實體檢測」的首站，除對於自駕車硬體方面作實測外，亦對前階段模擬測試成果進行實車檢測。考量人、車、路的安全性，本階段係於封閉的場域內進行相關測試工作。根據我國產業特性，建議本階段可分如下兩個層級辦理：

- (一) 首先，以沙崙自駕車試驗場域為主。

依據低速測試及展示運行之需求，規劃特定情境，提供產品與設施的功能展示

及運行能力。此外，本場域亦可兼具提供一般民眾體驗或教育的輔助功能。

- (二) 其次，進階至彰濱車測中心試驗場域。

依據台灣各種交通路況條件及測試情境需求，利用車輛中心試車場現有及後續擴充之測試道路，規劃及建置模擬城市、郊區及高速公路等型態之道路、標誌、標線、交通號誌等相關設施，以利執行關鍵系統功能，如高速、晨昏時刻、惡劣天候、特殊環境等之實車測試。

三、階段三：半開放式試驗場域(Semi-Open Test Field)

由於我國道路上，汽機車混雜行駛嚴重，考量人車安全，建議自駕車於完成「封閉式測試場域」測試後，宜於「半開放式試驗場域」進行充分的運行測試，再進入「開放式試驗場域」辦理相關測試。有關「半開放式試驗場域」的作業內容，初步建議如下：

- (一) 建議以園區、校區、或社區內的半開放式場域，提供接駁服務為主。此類場域便於隨時更新高精圖資，且地形與道路配置相對單純。再者，此類場域多有「每小時30公里速限以下(甚或更低速)」的限制，較易讓搭乘者、行人以及其他汽車駕駛者熟悉與自駕車共處的環境。

以美國Auro Robotics公司於加州Santa Clara University進行自駕車測試運行為例，該校學生可利用手機應用程式呼叫校園自駕車，即可享受接駁服務，對於行動不便的學生，特別有幫助。Auro Robotics公司表示擬將此類自駕車接駁服務推廣至渡假村、老人社

區、機場及大型企業大樓。

- (二) 在半開放式場域進行運行測試，需要預先編排好行駛路線，累積並紀錄高精度地圖圖資，並進行電腦模擬修正等作業，方可做為接駁運行的依據。在運行過程中，肯定會碰到不少突發狀況，如園區內鳥禽動物的出沒等，此等情境都會影響自駕車的實際運行；故半開放式場域的運行測試，對於自駕車突發事件的示警與功能微調，具有相當重要的地位。

四、階段四：開放式試驗場域(Open Test Field)：

待完成前三階段自駕車功能試驗，且相關法規(如車輛監理制度、保險理賠等)及道路工程與標誌標線配合調整後，即可進行本階段自駕車「開放式試驗場域」的試驗作業。本階段除更完整測試先前試驗未曾發現「死角課題」的終極功能外，如何與大眾運輸服務相結合，是重要試驗項目，茲簡述如下：

- (一) 自駕車除作為私人運具外，另可應用於都會區大眾運輸的延伸服務，有效促進大眾運輸使用率。如結合自駕車接駁服務，可解決用路者第一哩路與最後一哩路的交通課題，強化大眾運輸路網的服務範圍，可提高使用者的可及程度，進而提升環境舒適度與生活品質。
- (二) 相較前述都會區大眾運輸的延伸服務，偏鄉運輸則有更為顯著之需求。依據人口空間分佈趨勢，人口持續朝都會地區集中，而偏遠低密度人口分佈地區，年輕人口持續外流，致高齡人口比例持續升高，其居住條件更顯

弱勢。基於完善社會福利，自駕車不失為解決偏鄉地區交通運輸(尤其是提供高齡者出行所需運具)的優質工具之一。

參、我國發展自駕車重大課題探討

自駕車關鍵技術包羅萬象，更面臨應用於感知、決策、控制等各階段極速作業所需巨量資料的移動、交換、儲存、處理、分析等挑戰，舉凡當下眾所周知的雲端運算(Cloud Computing)、邊際運算(Edge Computing)、巨量數據科學(Big Data Science)、人工智慧(Artificial Intelligence, AI)、高精圖資(High Definition Map)、車聯網服務鏈結(IoV Service Chain)等新科技均屬之。

如前所述，自駕車涉及的範疇廣、層面多、界面雜，跨界整合與異業結合是必然趨勢與必要作為。以下謹就我國發展自駕車所面臨的主要挑戰與重大課題，概分成政策與法規、科技與產業、交通與服務等三個主要部分，逐一說明。

一、政策與法規

我國政府對於發展自駕車新興產業，係由行政院科技會報統籌推動，且已擬訂“無人載具產業發展綱要計畫(108-111)”，分由科技部負責自駕車沙崙測試場域營運管理及後續發展、次系統關鍵技術之前瞻研發；經濟部負責智慧決策與整合控制核心關鍵技術之研發；內政部負責自駕車用高精度地圖(HD Map)之整備與測製；交通部則負責修定或新增車輛監理和安全之相關法規，如自動駕駛車輛申請道路測試作業規定、及財團法人車輛安全審驗中心提出修正道路交通安全規則等項目。

檢視前述新訂規章與辦法，僅提及部分測試規則，其它與自駕車運行之相關重大課題，如路權優先順序、肇事權責歸屬等，尚未制訂規範。此外，有關目前頒行的道路工程及設施規範、車路雙向通訊格式及內容，均應通盤檢視、修訂，甚或新增相關規範，以符實際需求。

二、科技與產業

就科技言，如何將現有先進駕駛輔助系統(ADAS)的感測、決策、控制等基礎功能，結合高精度地圖及AI運算等新技術，以實現自動駕駛系統(ADS)所需系統功能需求？似乎是我國發展ADS產業的當務之急。以終端感測為例，如何將多屬性的元件及模組(如感光鏡頭、攝影機、影像處理晶片、數位訊號處理晶片、毫米波雷達、光達等)，與ADAS(如車道偏移、前方防撞、倒車輔助、主動安全診斷等)系統設備相連結，並發展出高端、價廉、且可滿足自動駕駛車輛感知、決策與控制之需，是首要面對課題。

就產業言，其實也是科技研發的延續議題，綜觀我國目前ADAS相關產業的量能，最需補強的技術缺口，主要是感測器開發與感知融合系統單晶片(SoC)、車輛定位與高精圖資、5G傳輸、及AI決策控制等事宜；各項技術看似獨立，實際上是環環相扣。尤有甚者，因我國當前缺少較大型汽車製造商，除了提升國內(ADAS)設備的生產實力外，如何配合並滿足全球主要汽車業者發展ADS的需求？乃業者與政府需共同努力的重大課題。

三、交通與服務

自駕車除了提供無需人為駕駛的個人載具運行功能外，倘由交通整體路網績效考量，自駕車可接續補強第一哩路與最後一哩路的公共

運輸服務，對於弱勢者之可及性、舒適性、隱私保障可發揮更顯著的成效。故建議政府可優先將自駕車列為強化與整合公共運輸系統間整合服務MaaS(Mobility as a Service)之高效手段。

倘自駕車與公共運輸系統間之整合與分工得以順利運作，並展現MaaS的成效時，自駕車甚當可順勢強化競爭力及擴大市場。而未來的自駕車營運業者，將需考量相關技術支援、運輸服務定義及鎖定客群、運行路線及收費機制、行銷策略及異業結盟、補貼來源、財務及投資計畫等事項。至於現有的客運業者，勢將面臨全新的挑戰，如人力及車輛調度方式、維護成本與財務結構的改變、後續營運的收益等議題。綜合言之，自駕車的入世，勢將掀起一陣滔天浪潮，各相關公共運輸營運業者，應就永續經營所需面對的全新課題，構思解決方案。

肆、結語

在自駕車發展過程當中，政府應扮演引導角色，必須兼顧科技成熟、產業發展、法規支持、場域適用、服務整合五大內涵，一旦缺少其中一個環節，我國自駕車推動進展就會裹足不前。

本計畫團隊經由研究歷程重新定義自駕車服務價值，其代表的不僅只是科技發展、不僅只是一項運輸工具，而是可用以紓解交通壅堵程度、串連既有運輸服務、重新配置運輸資源、以及改變我們的社會生活型態的轉折點。

自駕車載體提供一個可發展的大平台，既可提供學術研究之用，更可輔導國內現有ADAS相關廠商測試與驗證，有助於國內廠商走向國際市場。本篇文章旨在拋磚引玉，期各界力量促進自駕車核心價值實現，為人民與社會福祉貢獻心力。

參考文獻

1. 交通部(2001)，“台灣地區智慧型運輸系統綱要計畫”。
2. 陳敬典(2018)，“自動駕駛車發展現況與未來趨勢”，2018車輛研測專刊。
3. J. Gerry Purdy, Principal Analyst, Mobilicity, The age of self-driving vehicles is upon us, RCR Wireless, 2016.
4. 劉淑卿、蕭輔沛、蔡諄昶、許健智、吳榮煌、馮道亨、陳冠華、張家旗、翁瑞蓬、葉重宇、張俊毅、曾蕙如、胡鈞祥(2018)，“自駕車試驗場域建置工程”，中華民國第14屆結構工程及第4屆地震工程研討會。
5. 李玉忠(2017)，“自駕車關鍵技術發展規劃”，TARC台灣車輛研發聯盟。
6. Tom Witsenboer, Project Engineer, TASS International. :Homologation of Automated Vehicles in the digital Age, 2018.
7. U. Steininger, H.P. Schoner, M. Schiemetz: Requirements to tools for assessment and validation of assisted and automated driving systems, 7. Tagung Fahrerassistenz, Munchen, Nov. 2015.
8. 陳淑萍(2017)，“當 Edge Computing 碰到 AI 火花會在哪裡？”，國立台灣大學計算機及資訊網路中心。





3

專題報導

三維國家底圖 發展與建物模型 自動化產製

關鍵詞(Key Words)：臺灣通用電子地圖(Taiwan Electronic Map)、數值地形模型(Digital Terrain Model)、三維灰階建物模型(3D Gray-Scale Building Model)、三維近似化建物模型(3D Approximate Building Model)、精緻建物模型(Exquisite Building Model)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／計畫工程師／全宜中(Tung, Yi-Chung) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／正工程師／翁敬恆(Weng, Chin-Heng) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／高惠欣(Kao, Hui-Hsin) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／經理／吳錫賢(Wu, Hsi-Hsien) ❹

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／協理／鄭宏達(Cheng, Hong-Kuei) ❺

摘要

內政部與國家發展委員會積極推動將現有2D國家底圖升級為3D國家底圖，定調以「數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM)」及「臺灣通用電子地圖」作為基礎資料進行加值，正式啟動「三維國家底圖建構工程」，以深化我國3D加值智慧應用及產業發展。國土測繪中心於108年辦理「108年度三維近似化建物模型建置工作採購案」，作為推動三維國家底圖的第一步，建構全國三維建物模型。

多維度國家底圖服務的推動，不僅可使政府施政在相同的基礎框架下相互關聯及搭配，更可有助於智慧城市的發展及物聯網的應用，達成「落實智慧國土- 國家地理資訊系統發展政策」在2020 年時提供具可用性、高精度、高更新頻率的地理空間資料之目標。



Development of 3D National Map and Automated Building Model Production

Abstract

The Ministry of the Interior (MOI) and the National Development Council (NDC) actively promote the upgrading from 2D national map to 3D national map, use "Digital Terrain Model (DTM)" and "Taiwan Electronic Map" as the basic data to formulate data standards and providing common services. In 2019, the National Land Surveying and Mapping Center (NLSC) handled the "2019 3D Simulation Building Model Construction Project" as the first step of the 3D national map to construct a national 3D building model.

The promotion of multi-dimensional national map services will not only enable government governance to be interconnected and coordinated under the same basic framework, but also contribute to the development of smart cities and the application of the Internet of Things, to provide geospatial data with availability, high accuracy and high update frequency by 2020.

3

專題報導

壹、前言

近年來空間資訊的技術日益進步，發展方向由過去的二維平面資料往三維立體模式推進，為擴大測繪資料應用層面及推廣3D GIS應用，並考量未來2D及3D圖資整合之架構及應用功能需求，內政部推動「108年度三維近似化建物模型建置工作採購案」（以下簡稱本案）將利用既有大量2D建物資料及高度資訊（Digital Elevation Model, DEM 及Digital Surface Model, DSM），快速產製建物模型細緻度（Level of Detail, LOD）LOD1之三維近似化建物模型（3D Approximate Building Model）。考量既有圖資成果時效性，將以一千分之一地形圖更新年度為條件，優先使用104年至107年一千分之一更新成果之範圍，採用一千分之一地形圖建物框，其餘範圍則採用臺灣通用電子地圖建物框。

為提供符合使用者需求的多元化圖資服務，滿足國土規劃、災害防救、治安維護、交通疏運、觀光旅遊等不同領域應用，本案完成

全台三維近似化建物模型成果，並導入國土測繪中心規劃建置之多維度圖臺及內政部三維空間資料與影像圖資整合展示工具進行成果展示、服務發布及相關應用。藉由立體的視覺化展示各項空間資訊，奠定智慧城市發展與應用之基礎。

貳、建置範圍及作業流程

本案三維建物模型建置範圍，包含臺灣本島、連江縣、金門縣、澎湖縣及部分離島；其中，臺北市、新北市、桃園市及部分高雄市等區域，因地方政府已於1/1,000地形圖專案中完成建物模型產製工作，故採用既有3D建物模型，其他地區建模分布如圖1，建物模型總數量約為341.5萬棟。

主要工作包含建物樓高萃取作業、建置三維灰階建物模型、建置三維近似化建物模型及建置LOD3精緻建物模型，整體自動化作業流程如圖2。

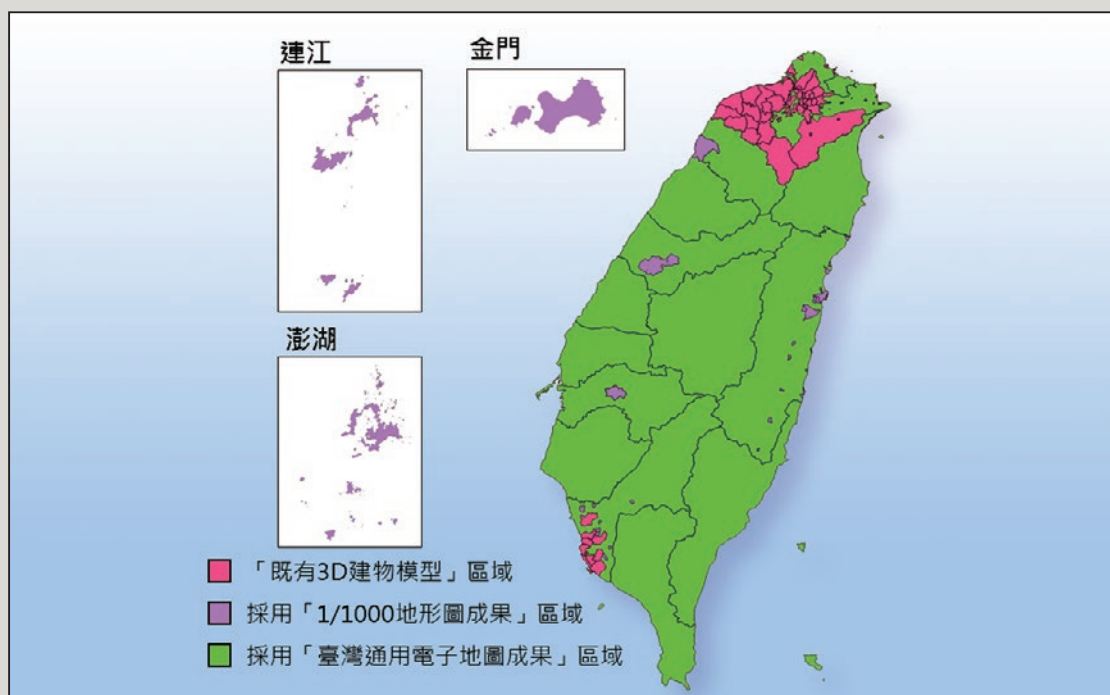


圖1 作業範圍示意圖

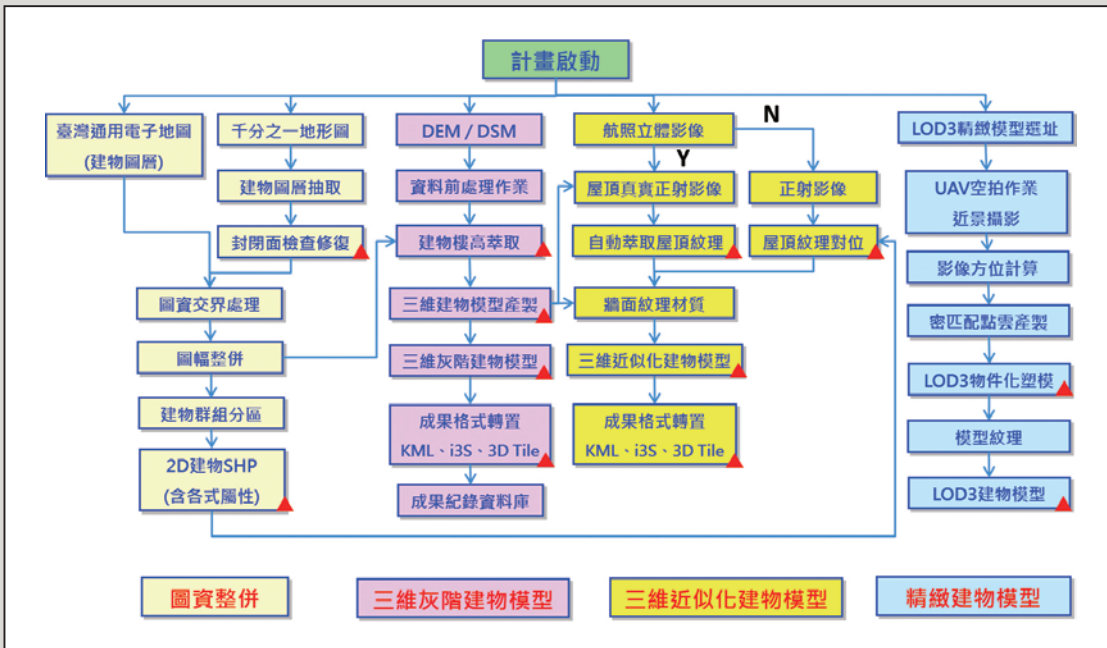


圖2 整體作業流程圖

參、自動化建物樓高萃取

自動化建物樓高萃取，是利用地形圖(1/1,000比例尺)及通用電子地圖(1/5,000比例尺)建物框，搭配內政部所提供之1公尺解析度DSM/DEM資料，以程式進行自動化建物樓高計算，作業程序說明如下：

一、樓頂真實高度萃取

於建物框內計算DSM最大值與最小值，並以高度均分為十層，如圖3；統計網格點數最多的眾數層，以該層DSM網格點平均值作為樓頂高度，如圖4。

二、樓底真實高度萃取

取建物框內DEM最小值(單一數值)，確保建物高度正確性，以及建物模型於3D平台展示時，視覺上之合理性。

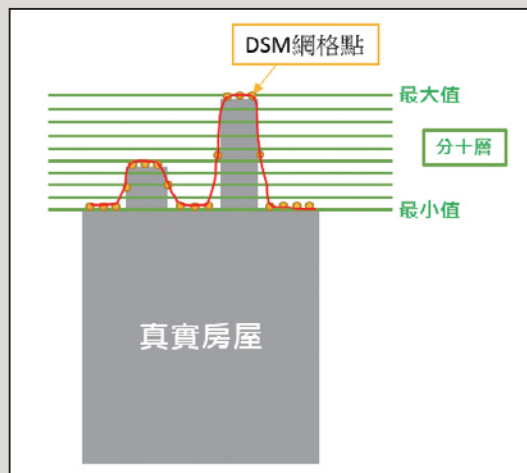


圖3 DSM高度量級分層示意圖

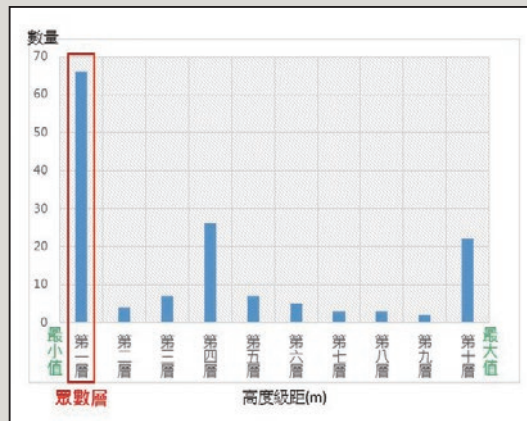


圖4 各層數量統計示意圖



圖5 三維灰階建物模型成果

三、三維灰階建物模型產製

取得建物真實高度，搭配建物框的2D平面坐標，即可自動化產製三維灰階建物模型(3D Gray-Scale Building Model)，模型的配色是以建物高度作漸層配色，以區別不同高度的建物，整體視覺也較有層次感，如圖5。

肆、三維近似化建物模型

三維近似化模型是基於前述的三維灰階建物模型，加上近似化的紋理材質製作而成的仿真模型；紋理材質可分為屋頂紋理及牆面紋理兩部份製作，屋頂紋理來自於航照影像，牆面紋理則使用自行建置的紋理材質庫。

一、屋頂紋理材質

為了產製全國建物的屋頂紋理材質，蒐集三年內(105-107年)農林航空測量所的原始航照影像(如圖6)，透過建物高度與影像方位之間的幾何關係建立逆轉換模式(圖7)，以自動化的模式，大量產製全國屋頂真實正射影像(如圖8)。

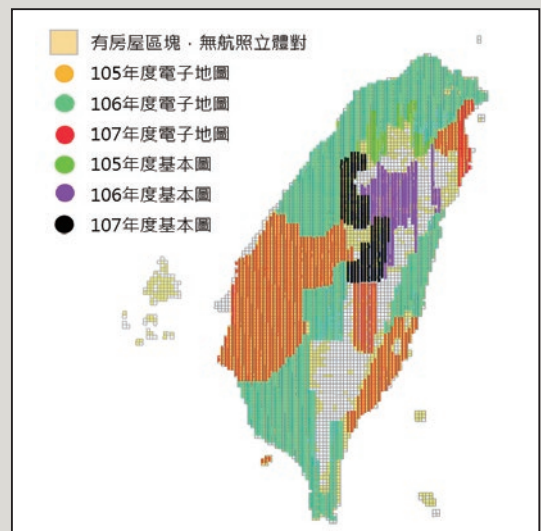


圖6 全臺原始航照影像涵蓋範圍

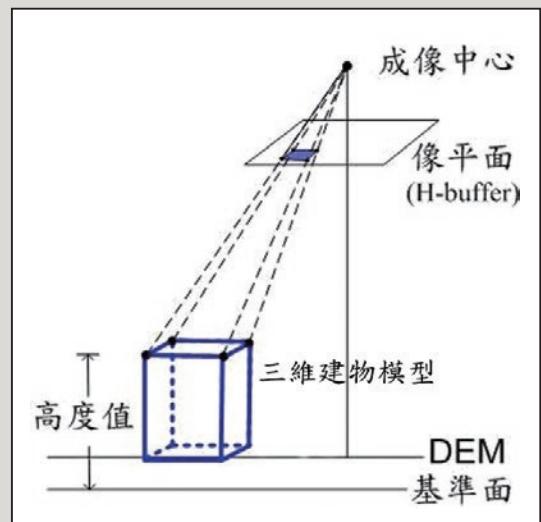


圖7 逆轉換模式產製屋頂真實正射影像

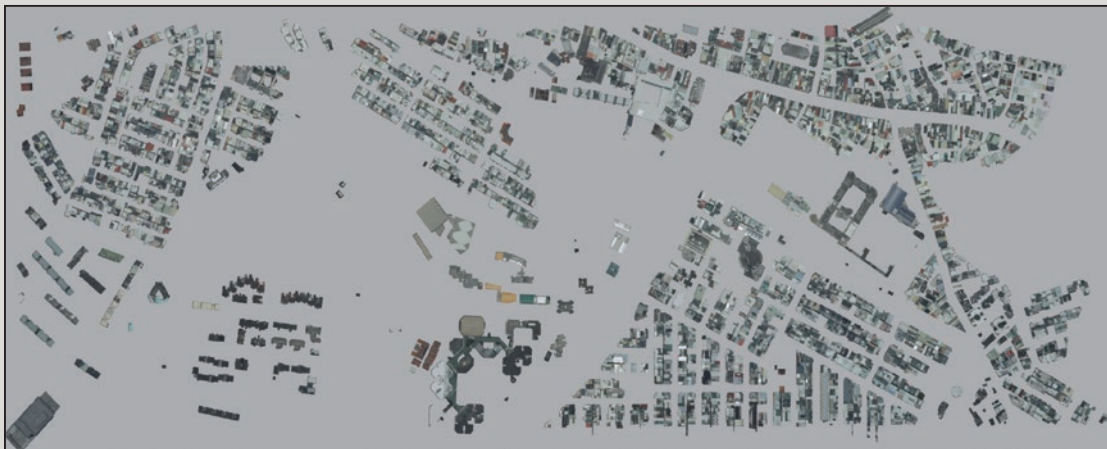


圖8 屋頂紋理材質-真實正射影像

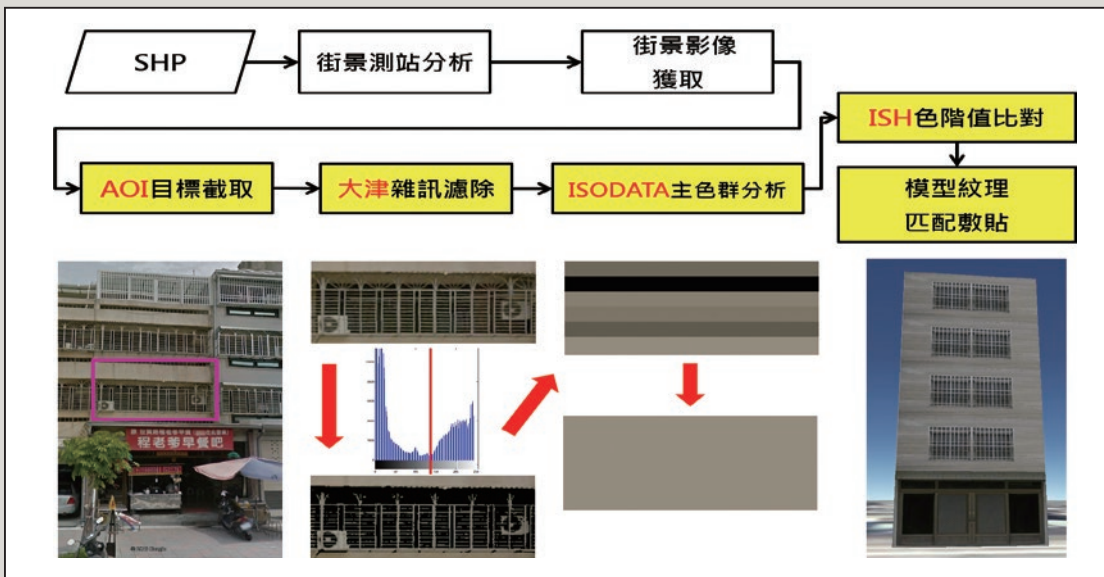


圖9 牆面紋理材質比對

二、牆面紋理材質

牆面紋理材質庫的建立，是以分類式各別建立不同建築形式的紋理材質庫，包含大樓、公寓、華廈、場房、三合院等，以提升紋理材質的多樣性；爾後，例用建物框的位置擷取Google街景影像進行分析，透過AOI(Area Of Interest)目標擷取、大津演算法(Otsu Method)濾除雜訊以及疊代自組織數據分析技術(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique, ISODATA)進行主色群分析，找出牆面的主色調，再與紋理材質庫於色彩空間進行

ISH(Intensity-Saturation-Hue)色階比對，匹配最接近的牆面紋理進行數貼，如圖9。

三、三維近似化建物模型產製

結合三維灰階建物模型、屋頂紋理材質及牆面紋理材質，即可自動化產製全國三維近似化建物模型，在街景影像可完善取得的區域，仿真紋理可與實際建物外牆在色調上相近，如圖10。



圖10 三維近似化建物模型成果-竹北重劃區

伍、LOD3等級精緻建物模型建置

LOD3等級精緻建物模型(Exquisite Building Model)，是由國際開放地理空間協會(Open Geospatial Consortium, OGC)所定義的三維資料標準開放資料格式(City Geographic Markup Language, CityGML)，代表的是一種外部建築模型，表現建物屋頂及牆面的細節，包含了建物的門與窗，以及牆面具有深度的外部結構，如圖11。

為求快速採集建物外部資訊，同時確保品質的一致性，本公司採用無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)環景攝影的技術，外業取得大量建築物外部影像，如圖12，搭配二維運動圖像重建三維結構原理(Structure from Motion, SFM)快速計算以建構精確方位；實作上，透過三維建模軟體Bentley ContextCapture Master進行空中三角計算取得絕對方位，以重建密匹配三維點雲，作為點雲數化之依據，如圖13。



圖11 CityGML定義LOD3建物模型(OGC)

本計畫中，針對全台各縣市政府、議會以及中央部會，大規模建置LOD3等級精緻建物模型，共計92棟。

利用密匹配點雲作為建物結構線參考依據，搭配點雲數化建模軟體SketchUP及3dsMax，人工數化建構LOD3建物模型結構，如圖14；數化結果經過實際案例外業採樣檢核，可於平面及高程達到公分等級的精度，適用於LOD3精緻建物模型產製標準，LOD3等級精緻建物模型成果範例，如圖15。



圖12 無人機環景攝影示意圖

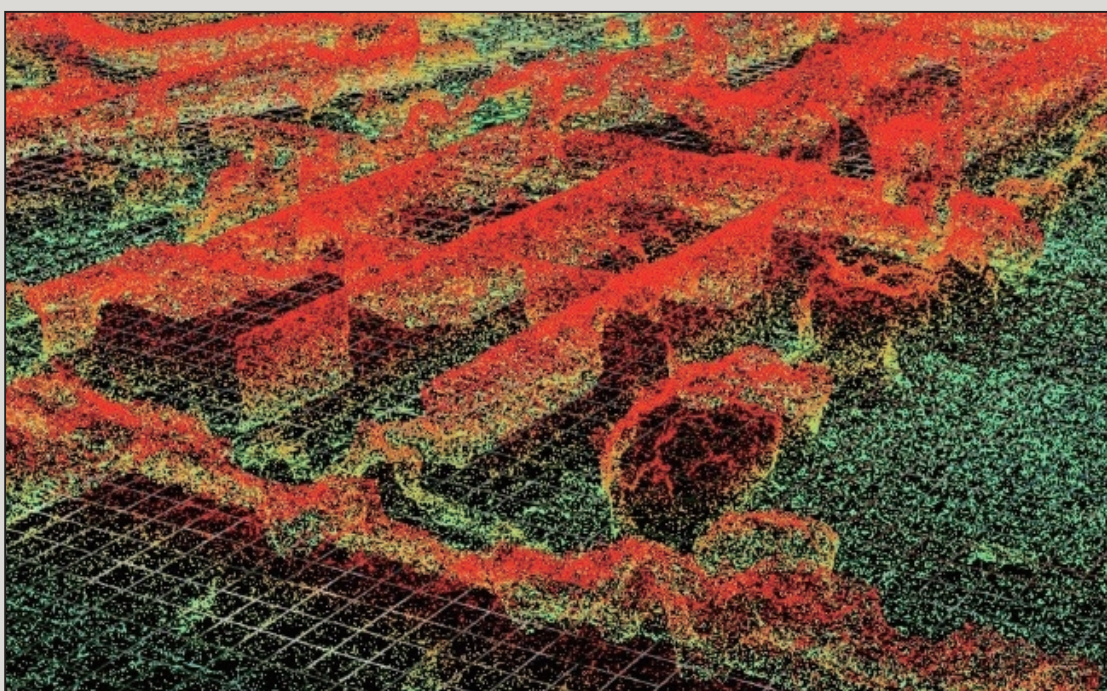


圖13 密匹配三維點雲資料

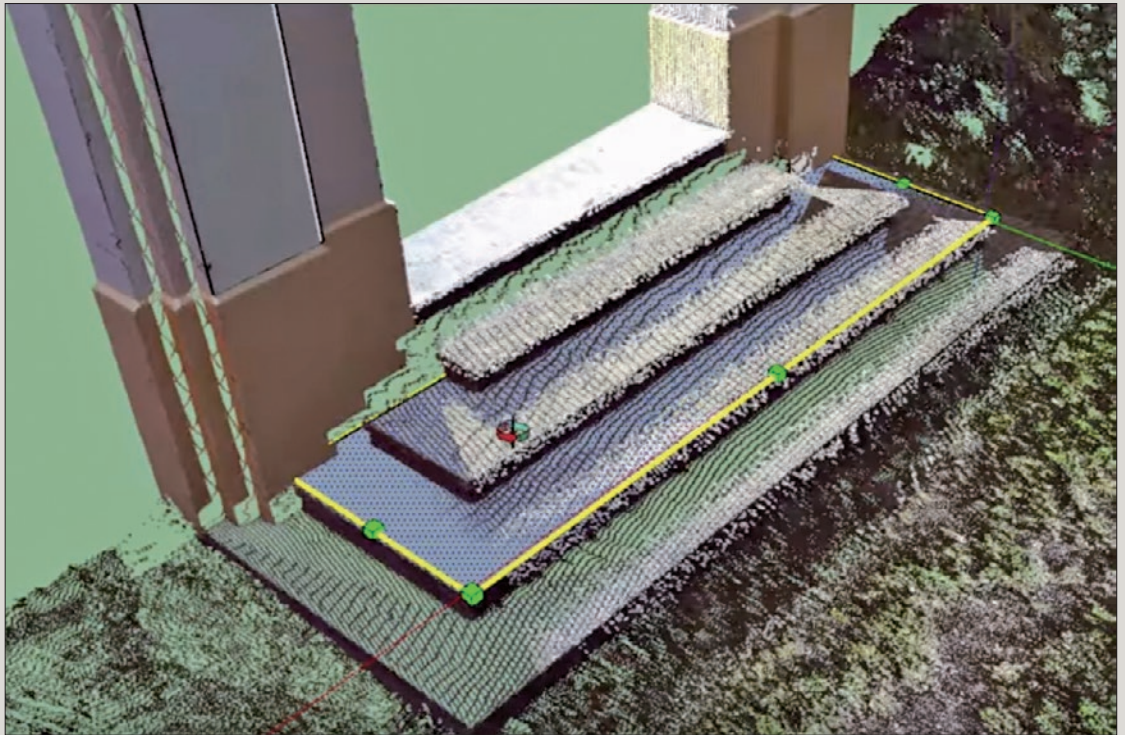


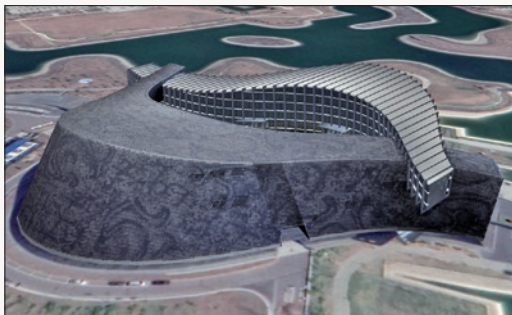
圖14 點雲數化建模



a. 新莊聯合辦公大樓



b. 科技部大樓



c. 故宮博物院-南部院區



d. 國家生技園區

圖15 LOD3精緻建物模型成果

陸、結語與展望

目前世界各國對於三維地理資訊(3D GIS)發展的需求日增，國發會亦已擬定國家三維地理資訊發展需求、技術、標準及本土產業相關策略，已然成為國土資訊系統下一階段之發展重點，依據本案執行的經驗，歸納出以下幾點結語：

一、本公司已建構自動化流程，利用臺灣通用電子地圖，搭配數值地形模型等基礎資料，以快速且穩定的品質大規模產製國家級三維建物模型。

二、在建物模型細緻度方面，本案利用無人機技術建置LOD3等級精緻建物模型，在數量與技術應用上皆為國內首創，也同步提升地理空間資訊部的技術含量。

三、三維建物模型更新維護，可研擬採用航照或衛照影像匹配技術，與LiDAR DEM/DSM相互搭配提升更新頻率，甚而進一步以自動化模式提升建物細緻度，使建物高度計算更為精準。

台灣世曦公司地理空間資訊部，自2005年即開始投入相關技術，長期參與內政部三維圖資研發計畫、導入學界的研發技術應用於專案執行，在本案中已收開花結果之效，實際落實並貢獻於三維國家底圖建置。此外，台灣世曦目前擁有21架無人機、已培訓28位專業飛手，持續嘗試三維建模、橋梁監控、自動化土方計算、工程管理與紀錄等創新應用，未來在工程上的使用將更多元也更全面。

參考文獻

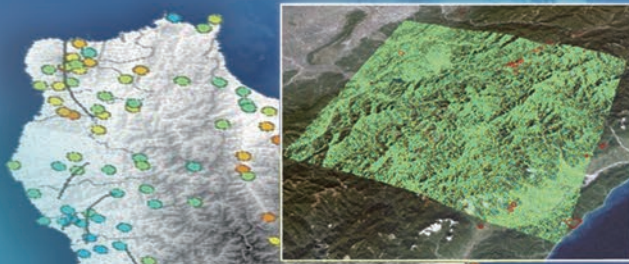
1. OGC, 2012. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding.
2. 郭芯瑜, 2017。利用開放街圖之道路資訊輔助建物邊界線規則化。
3. 蘇柏璋, 2016。以高解析衛星影像產製之數值地表模型與真實正射影像進行LOD-1房屋模型重建。
4. 嘉義市政府, 2019。「嘉義市航測數值地形圖更新及3D城市建置計畫案」嘉義市3D空間資訊展示系統<https://3dmap.chiayi.gov.tw/gis/>。
5. Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing 65, 2-16.
6. Blaschke, T., Lang, S., Lorup, E., Strobl, J., Zeil, P., 2000. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. Environmental information for planning, politics and the public 2, 555-570.
7. Baatz, M., Schaepe, A., 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. Angewandte geographische informationsverarbeitung XII 58, 12-23.
8. Soedarmodjo & Rau, 2018. Roof Segmentation Using True-Orthoimage and DSM with OBIA Paradigm.

提升InSAR多時序地表變形監測資料品質與GIS平台建置

關鍵詞(Key Words)：SAR(Synthetic Aperture Radar)、InSAR(Interferometry Synthetic Aperture Radar)、GPS(Global Positioning System)、GIS(Geographic Information System)、國土安全監測平台

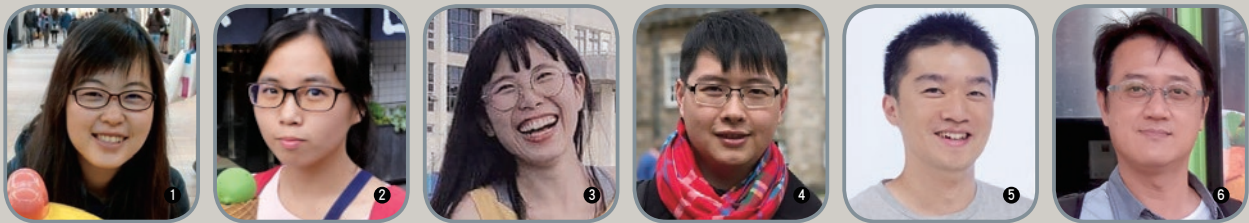
台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／徐若堯 (Hsu, Jo-Yao) ①
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／張彥汝 (Chang, Yan-Ru) ②
 國立中央大學太空及遙測研究中心／碩士生／簡留玄 (Jian, Liu-Xuan) ③
 國立中央大學太空及遙測研究中心／助理工程師／戴于恒 (Tai, Yu-Heng) ④
 國立中央大學太空及遙測研究中心／副教授／曾國欣 (Tseng, Kuo-Hsin) ⑤
 台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／副理／黃子珉 (Huang, Tzu-Min) ⑥

InSAR



摘要

近年來遙測技術快速發展，除了常見的四波段(紅、綠、藍、近紅外)光學衛星，主動式合成孔徑雷達衛星(SAR)具有全天時、全天候成像的優勢，幾乎不受晝夜、氣象等條件限制。隨著取像頻率與資料量增加，現階段發展出各類多時域雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)，採用多時期影像之雷達干涉合併處理方法，不僅可提供高密度面狀資訊，同時在高程方向可達公分級精度。其常見的方法包含：SBAS(Small BAseline Subset algorithm InSAR)、TCPInSAR(Temporarily Coherent Point InSAR)、PSInSAR(Persistent Scatterer InSAR)等。其中PSInSAR是找尋地表具有穩定雷達波散射之地表特徵物，在多時期雷達影像中萃取相位變化穩定的永久散射體(PS點)，透過影像對之間的基線資訊，進行大氣及地形效應誤差校正，解算出時間段之地表變化量。因PS點在每張雷達影像中回波訊號的強度與相位變化穩定，故國際間認為此項技術具有較高的可靠性。本研究以PSInSAR為方法，透過中研院之539個GPS長期測站進行數據校正，並交叉驗證InSAR於大地變位分析之精度，將InSAR監測資料匯入空間資料庫，針對全台進行大尺度的長期監測並與其他GIS圖層進行分析查詢，最後以台灣西南部地層下陷為例說明其應用。



Improve the Quality of InSAR Multi-temporal Surface Displacement Data and Build the GIS Platform

Abstract

In the past few years, remote sensing technology had been developed rapidly. Except for the optical satellite commonly seen with four bands (R, G, B, IR), Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite plays a key role owing to its advantages in all-weather and high resolution observations. At the present day, Multi Temporal InSAR (MT-InSAR) is developed to provide high-density planar surface information and centimeter-level ranging accuracy. Some popular methods are, for example, SBAS (Small BAseline Subset algorithm InSAR), TCPInSAR (Temporarily Coherent Point InSAR), and PSInSAR (Persistent Scatterer InSAR). PSInSAR utilizes satellite radar signals bounced off ground points with stable scattering characteristics in the time series. By considering the baseline information between images and calibrating atmospheric/topographic effects in the interferometric phase, surface displacement can be calculated. Because of the stable phase and intensity of PS points, PSInSAR is generally regarded as a reliable approach. In this article, we apply PSInSAR and calibrate the data with GPS to ensure the accuracy of estimated deformation. We import InSAR data into a spatial database and display the time series in conjunction with other GIS layers. This platform offers several functions for users to quickly screen surface changes and query various GIS parameters conveniently. Finally, we demonstrate a use case of monitoring land subsidence in the southwestern alluvial plain of Taiwan.

3

專題報導

壹、前言

近年來光學與雷達等主被動遙測技術蓬勃發展，各國用於科學研究與實際應用 (operational) 導向的衛星數量日益增加，對於地表監測的頻率與精度也逐步提升。尤其自2008年美國地質調查局(USGS)針對大地衛星系列(Landsat)提供開放資料以來，多數中解析度衛星影像皆無償提供使用者分析利用，拓展科研與潛在商業運用。近年又以歐洲太空總署(ESA)的Sentinel系列最為廣泛使用，不論是提供合成孔徑雷達影像(Synthetic Aperture Radar, SAR)的Sentinel-1星系，或是解析度10公尺的Sentinel-2光學影像，皆能提供地表豐富的觀測資訊。其中Sentinel-1合成孔徑雷達影像具有全天時、全天候成像的優勢，幾乎不受晝夜、氣象等環境條件限制，再加上其穩定的軌道控制，現階段發展出多樣化的多時域雷達干涉技術 (Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)，不僅可提供高密度面狀的形變觀測，同時在衛星視角(line-of-sight, LOS)方向測距亦可達公分級精度。其常見的處理技術包含：Small Baseline Subset algorithm InSAR (SBAS)、Temporarily Coherent Point InSAR (TCPInSAR)、Persistent Scatterer InSAR (PSInSAR)等。其中PSInSAR透過找尋地表上對於特定波長與極化具有穩定反射特性之地表特徵物，在多時序雷達影像中萃取相位變化穩定的永久散射體(PS點)，經由影像對之間的基線資訊，降低大氣及地形效應所造成的測距誤差，進而解算出時間段之地表變化量(Ferretti et al., 2000; Hooper et al., 2004)。

貳、GPS資料與PSInSAR精度分析

為了驗證永久散射體差分干涉法(PSInSAR)測得永久散射體(PS點)多時序變形量之正確性，本研究引入覆蓋台灣多數區域之GPS連續站觀測資料與Sentinel-1降軌影像所產製PSInSAR之成果

進行比對，其資料來源為中央研究院地球科學研究所GPS Lab。從該資料集中可知，台灣地區GPS數據紀錄最早自1993年，爾後隨著GPS站的廣泛架設與儀器精密度提升，資料空間密度、品質均不斷精進。因GPS具備三維方向解算能力，經後處理提供每日平均坐標，故在長期資料累積後可計算年平均速度觀測，成果如圖1與圖2所示。以下簡單敘述PSInSAR精度驗證之步驟。

一、GPS三維觀測量轉換至雷達衛星視角方向

由於原始PSInSAR多時序分析成果經相位解纏(unwrapping)後呈現之變形為LOS方向，而非傳統的東西、南北與垂直方向，因此在進行變形成果比對時須將具有三維觀測方向之GPS資料轉換至雷達衛星視角方向，具體做法是利用衛星之軌道方位角與右視斜距入射角等參數，將GPS三維之觀測量投影至衛星視角方向，經過以上步驟轉換投影之後，可計算出全台GPS測站於LOS之變形量如圖3。

二、PS資料選取

GPS測站屬於點狀資料，而PSInSAR之觀測成果則是面狀之資料，在進行比較時PSInSAR需選取落於GPS站周圍之永久散射體觀測成果，方能呈現GPS站附近區域之變形，兩者的比較結果才具意義。本研究採用GPS站為中心半徑500公尺內所有PS點之平均值代表PSInSAR之觀測成果，與GPS連續站所量測到的位移進行比對。

三、PSInSAR精度分析

將GPS站之觀測資料與PSInSAR經過站點周圍篩選處理後進行成果比對，分別進行相關係數與均方根差值之分析，結果如圖4、圖5所示。整體成果主要受PSInSAR之相對變形量分辨能力與空間上點位分布不均限制，在大範圍影

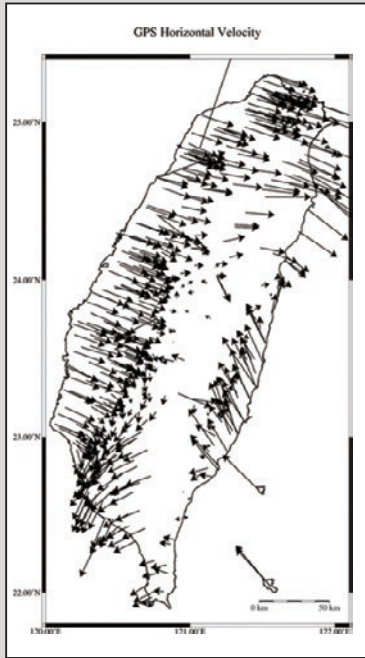


圖1 GPS年平均水平速度場

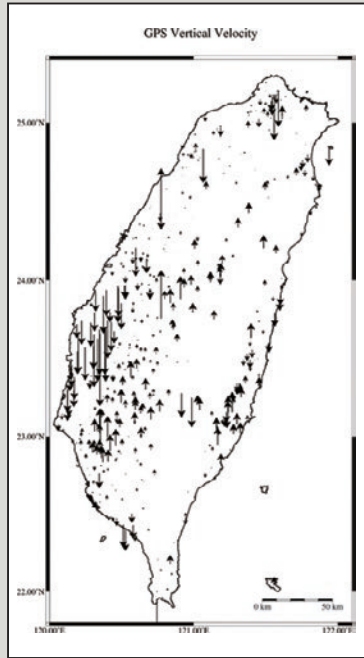


圖2 GPS年平均垂直速度場

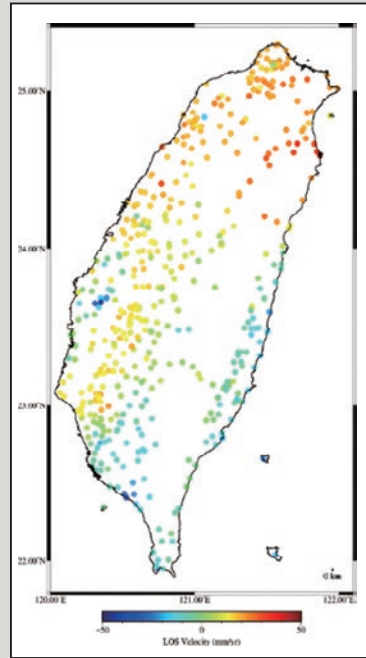


圖3 GPS之LOS年平均速度場

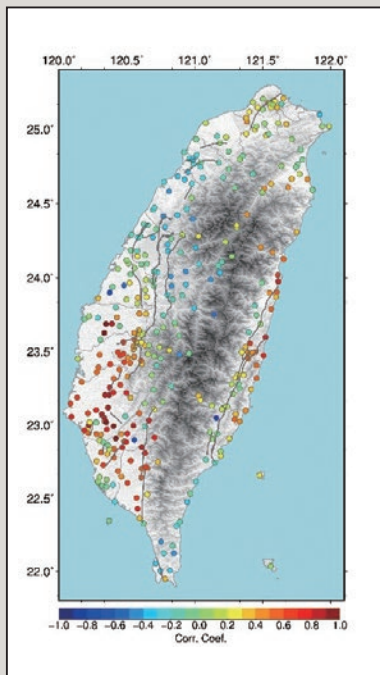


圖4 GPS站與PSInSAR之相關係數圖

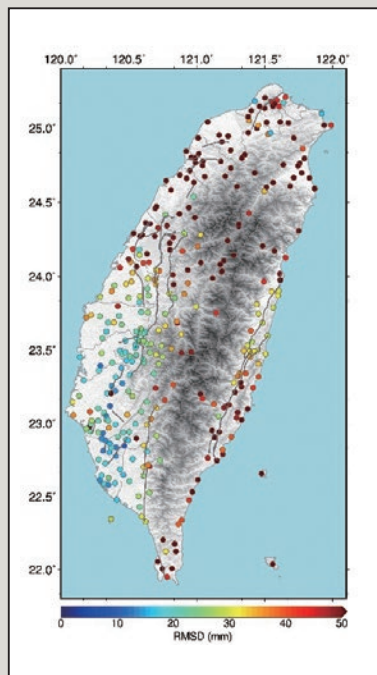


圖5 GPS站與PSInSAR之差值均方根圖

像合併處理與整體相位解纏(phase unwrapping)過程中容易造成中部山區及東部地區在三維方向的位移估計受到影響，導致差值均方根(RMSD)數值偏高，全區中相關係數以西部表現最佳，其原因為該區域變形訊號較強，主導整

體相對位移基準面，在單一不動點假設下使距離較遠的東、南部地區的變形逐漸離異於GPS資料。因此，利用PSInSAR成果在板塊運動複雜且頻繁之區域進行廣域分析，需考量水平運動及相對位移之影響，否則容易錯誤評估變形趨

勢；細部來看，由圖可知彰化、雲林等平原相關係數高、RMSD數值皆較花蓮、台東來的小，顯示PSInSAR於西部平原之觀測值具有高度的可信度，平均每期(12天)地表變形觀測精度多在3公分以下且集中在1 - 2公分，然而雷達差分干涉技術對於植被覆蓋之山區，受到低相關性與雜訊干擾之影響，觀測能力原本就相對較平原區、都會區來的差，本研究之驗證成果更直接證明這項特性，成果指出山區相關係數較低，RMSD值可達5 - 7公分，顯示該區域內之PSInSAR成果有較大的誤差，因此對於山區觀測成果之判釋需相當謹慎。

參、PSInSAR變形成果控制

由以上之研究可以發現，雷達差分干涉技術雖然具有大範圍面狀變形觀測之優勢，但產製之多時序變形分析仍然具有觀測與系統上的偏差，並且受到不同地表目標物之影響，誤差量也不盡相同。此外PSInSAR之觀測成果為相對變形量而非絕對變形量，其基準面的計算根據影像資料中所有變形量的平均相對一不動參考點而得，因此如地震事件等規模較大的變形會改變變形基準點，使得所有資料的相對變化值產生平移，又如地層下陷區周邊會有相對地表隆起的假象(Jian and Tseng, 2019a)，因此在分析前可先參考鄰近GPS連續站測得變形成果，將PS點位變形約化至GPS所使用的參考框架，對於實際地表變形有較好的呈現效果，修正過程如圖6所示。

相對基準面雖可正確描述長時間的變形速率，卻無法忠實呈現絕對的變形資訊及實際空間上的相互變形關係。為了強化雷達差分干涉技術之觀測成果，減少相位解纏(unwrapping)錯誤、變形量基準面等因素造成人員對成果判釋之疑慮與影響，本研究嘗試引入GPS觀測成果來對PSInSAR觀測值進行控制，將PSInSAR累積變形量約制於GPS觀測坐標上，還原水平運動在空間上的相互關係，使其結果能更符合實際情況，讓PSInSAR成果判讀能更加直觀與準確(Jian and Tseng, 2019b)。

在地調所、氣象局、中研院等多個單位建置及長期維護下，全台目前於開放資料中可取得超過500個GPS連續站，提供每日三維方向觀測量，包含垂直向、南北向及東西向位移量，並經中研院GPS lab進行資料處理與品質控制，該資料集可透過中研院GPS lab (<http://gps.earth.sinica.edu.tw/>) 網站下載資料。

PSInSAR為多時序地表變位分析技術，每個PS點紀錄著第一張影像時間到當前影像時間的累積變形量。為求取GPS及PS間的殘差，需滿足相同時間段擁有GPS資料且GPS連續站附近有PS點分佈之條件。甚者，若GPS連續站只提供影像後期之變形量仍無法比對InSAR各期累積變形量，因此本研究最終篩選出360個GPS連續站參與校正，以下敘述本技術之處理流程與成果。

一、計算GPS累積變形量

GPS連續站提供每日觀測資料，包含垂直

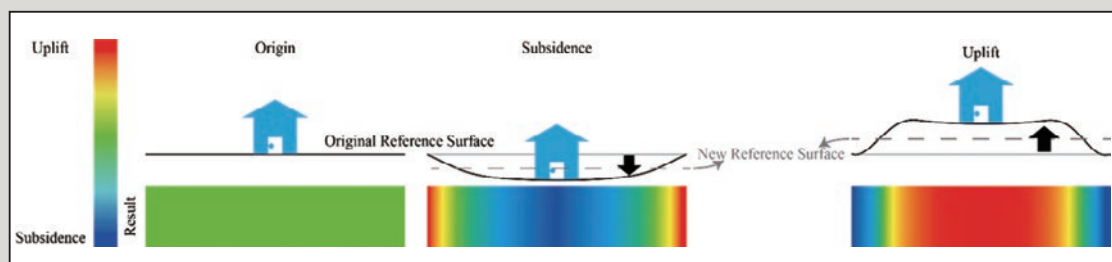


圖6 InSAR變形量基準面示意圖

向、東西向、南北向的位移量。地表變形除了會受到板塊運動，亦會受強降水、土壤膨脹等擾動，本研究利用移動平均濾除短期波動，移動窗格為五天，將影像時間加上前後各兩天的平均位移作為影像時間的位移量。

二、將GPS累積變形量投影至LOS方向

PSInSAR為LOS方向之觀測量，其接近及遠離訊號除垂直變動外亦受到水平運動貢獻，衛星飛行方向之方位角及入射角可用於描述LOS與三維變形量的轉換關係(如下算式)，以降軌為例，衛星飛行方向之方位角為191度；入射角則和掃描幅寬(swath)相關，覆蓋全台之影像則佔了3個swath，入射角的範圍約為30度至53度，由於其角度經坐標轉換後的影響不大，且為求計算方便，本研究將入射角統一設為41度。最後將GPS三維觀測量經由上述兩項角度轉換成LOS方向上的位移量。

$$D_{LOS} = D_v \cos \theta - D_E \sin \theta \cos \phi + D_N \sin \theta \sin \phi$$

(其中 θ 為入射角， ϕ 為方位角， D_{LOS} 、 D_v 、 D_E 、 D_N 分別為LOS、垂直向、東西向、南北向位移量。)

三、計算與GPS連續站相對應之PSInSAR累積變形量

GPS連續站相對應之PSInSAR累積變形量，則由GPS站周圍之PS點累積變形量定義。以GPS連續站為中心距東、西、南、北四個方位500公尺設置邊界，將此範圍內的PS點的位移量取平均，將GPS之位移量視為一定範圍之整體形變量。

四、計算GPS與PS之殘差及殘差分佈及校正

將PSInSAR與GPS的累積位移量相減得到殘差，再利用克利金內插法，推估出全部覆蓋範圍的殘差分佈。克利金內插法(Kriging)為考量

樣本間的距離及變異程度的地質統計方法，樣本的分佈及樣本間的變異量型態左右了內插結果。PSInSAR在相位解纏時是基於穩定參考點的相對運動，忽略台灣複雜的水平向運動，造成殘差的分布有著區域性的差別，且山區的GPS點位及PS點皆受到限制，無法提供足夠樣本數，為保留區域性較短空間波長的訊號，本研究每五十個站進行一次克利金內插，其內插範圍為五十個GPS連續站的範圍500公尺邊界再向外延伸近1公里，用以覆蓋全台灣的PS點，接著將所有在同一個PS的修正量進行平均，獲得最終的修正量。克利金內插的結果為網格狀資料，故此步驟利用二維內插求出每個PS點對應之殘差，最終將全台PSInSAR成果扣除各PS點的殘差值，進而得到最後的校正成果。

五、校正成果驗證

為進行驗證以檢視校正結果，檢驗過程中採用未參與PS校正之獨立GPS站計算地表變形並與鄰近PS觀測量比對。換言之，本方法採用交叉驗證(Leave-One-Out)的方式，輪流將GPS連續站排除於校正過程之外，分別計算該獨立GPS連續站相對應之未校正及校正過之PSInSAR累積變形量的相關係數及RMSD，成果見圖7，其中共360個GPS連續站，83期影像參與驗證。由成果可計算全台灣整體相關係數經校正過後由0.25上升至0.89，差值均方根(root-mean-square of the difference, RMSD)由48公厘降至19公厘。

本研究透過Stanford Method for Persistent Scatterers (StaMPS)永久散射體處理軟體、The Statistical-cost, Network-flow Algorithm for Phase Unwrapping (SNAPHU)相位解纏模組與MATLAB工程計算軟體，自行撰寫半自動化處理系統產製全台PSInSAR之GPS校正工作。然而受限於GPS資料後處理與品質檢驗流程，釋出之時程尚未達到近即時的頻率，因此本研究採用2019年二月底以前之PSInSAR成果校正，見圖8。

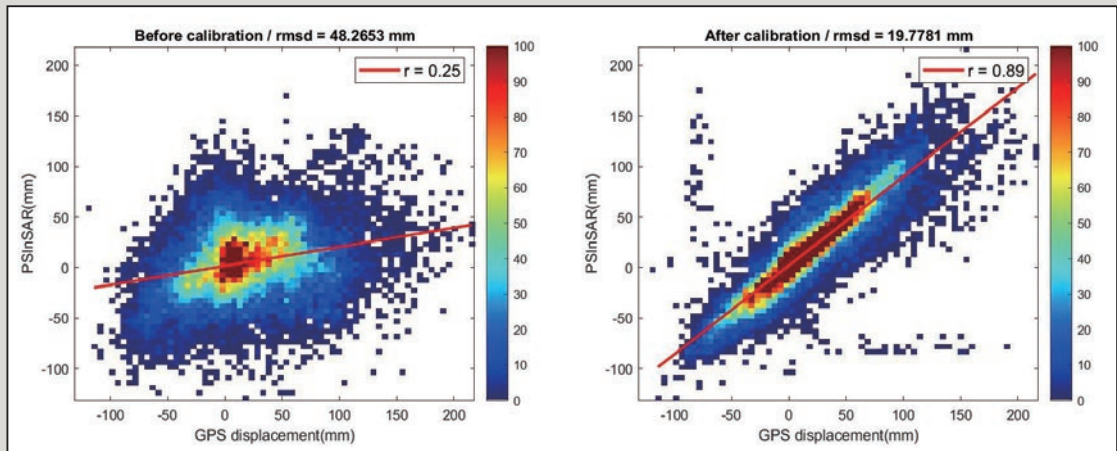


圖7 GPS及PSInSAR累積位移量散佈圖。左圖：校正前，右圖：校正後。

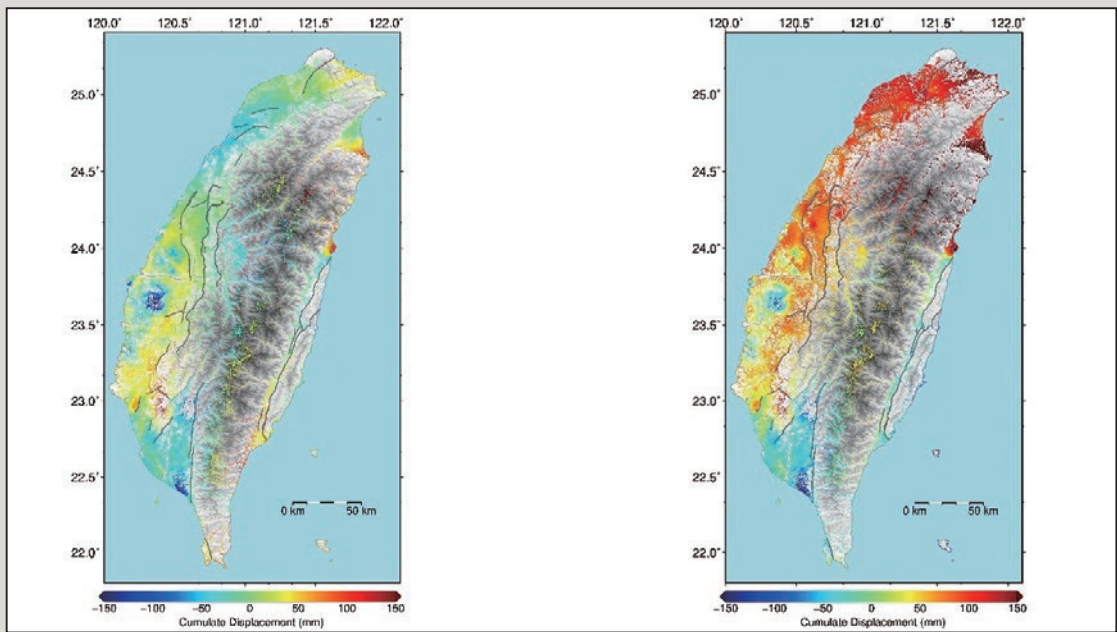


圖8 經GPS校正前後之PSInSAR於LOS累積變形 (左)PSInSAR原始累積變形量(右)GPS校正後成果

肆、國土安全監測平台

透過上述流程所校正之InSAR成果可於時間段上分割為12天一期的地表變形量，並彙整至Microsoft SQL Server資料庫。此一空間資料庫數據具有平面位向關係及雷達視距方向之高程變化量，透過PSInSAR進行台灣大範圍之大地變位分析。資料庫平台採用多層式架構，除了可快速地由年均速率圖(圖9)判斷出具有較大變化量之地區，亦可計算地區的變化量，或更進

一步採用不同波長之雷達影像(如L波段的日本ALOS(Advanced Land Observing Satellite)-1/-2衛星)、不同解算方法進行單一案例計算。

計算之成果除傳統式以圖例(顏色)說明地表形變之嚴重性外，更可利用這些大數據(Big Data)參考地震、地質環境、雨量、坡度等因素，篩選出區域範圍內不同之分級燈號，後續參考其餘影響因子更可做為中央及縣市等各級單位防減災之決策支援數據。

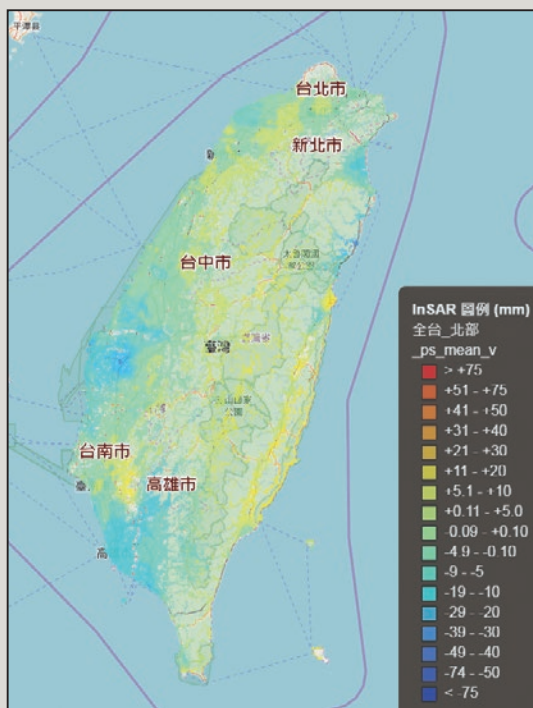


圖9 全台四年經GPS校正之Sentinel-1降軌影像估計地表變形年均速率圖

一、GIS分析系統

本研究整合及介接「InSAR監測數據」、「法國spot、福衛等航遙測影像」、「開放街道電子地圖(Open Street Map, OSM)」、「地調所地質資料倉儲」及「氣象局自然災害資料倉儲」、「中研院全台GPS站」等資訊，建立「國土安全監測平台」。以此資料平台提供空間大數據為核心(資料庫)，並提供系統服務(專家模組)為架構，開發「InSAR形變趨勢線」、「

「InSAR形變剖面」、「地震及颱風資料比對」、「GPS高程變化趨勢線」等模組，結合介接資料可進行多面向數據比對，提供工程人員套疊相關圖層及數值資料之查詢、分析等功能。

InSAR形變趨勢線(圖10)為顯示該地歷年來每一期影像解算出來之累積形變量，淡藍色線為累積變化量、深藍色線為累積變化量之擬合線，該擬合線採用移動平均之方式抓取趨勢線，移動窗格為五期時間段，將每期加上前後各兩期的形變量取平均作為中間時間點之趨勢線數據。紅色實線為GPS之擬合線，該擬合線之方式請參考後續提到之GPS高程變化趨勢線模組，兩者為相同數據，置於InSAR形變趨勢圖上為方便比較。綠色虛縱線為地震發生之日期，該數據同樣與「地震及颱風資料比對」內之篩選模式相同，綠色方框內之數字為地震代碼，移動至方框上會顯示基本地震參數，如：地震日期、規模、深度、點選點與震央距離、震央位置等，點擊方框會導頁至中央氣象局查看該地震更詳細之資訊。除了繪圖外，使用者亦可將此InSAR原始之累積變化量下載為.csv檔，提供分析使用。

InSAR形變剖面(圖11)為顯示一剖面A至B之間每期之變化量，橫軸為A至B之距離、縱軸為形變量，一條線代表一期之資料，由此可看出每期於不同地方上之變化量差異。

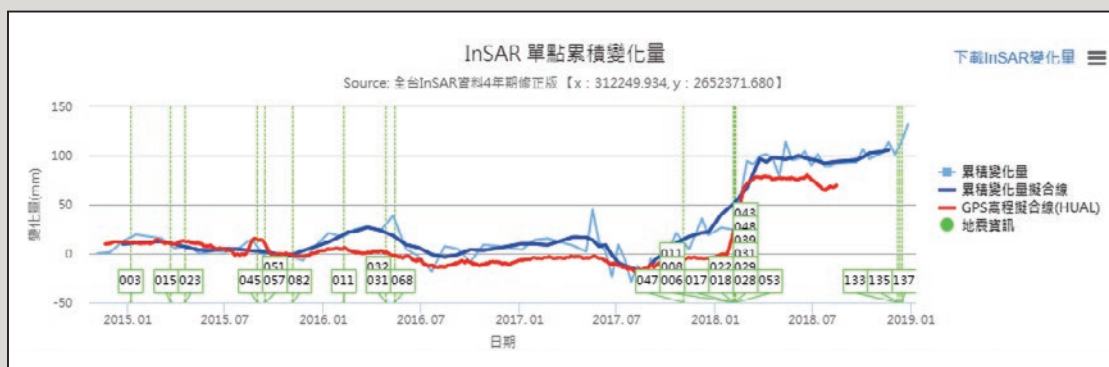


圖10 InSAR形變趨勢線

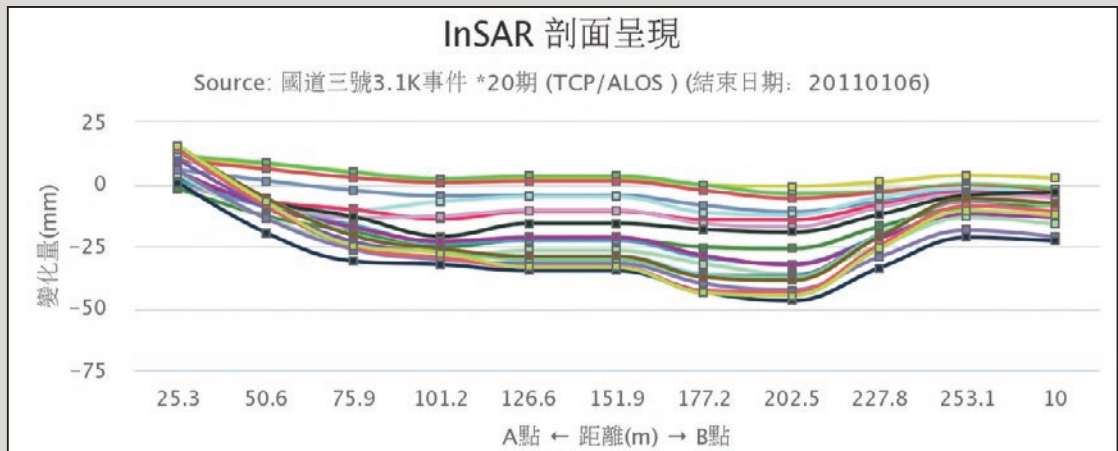


圖11 InSAR形變剖面

二、機關資料引用

氣象局地震及颱風資料比對模組(圖12)，顯示了依據點選坐標選取規模為5級以上、距離震央在50km內的地震資訊，並繪出震央位置；另亦根據查詢的時間段撈取地震和颱風清單，點選日期即可導頁至中央氣象局網站查看詳細資訊、點選震央位置欄位，地圖會移動至該坐標，便於使用者查看、比對與分析數據。

GPS變化趨勢線(圖13)採用中央研究院地球科學研究所539個測站之歷年三軸變化量進行撈取與繪製，藍色點位為原始每日數據，紅色線為移動平均擬合線，移動窗格n為查詢時間段內總天數/5取整，將每期加上前後各n/2期的形變量取平均作為中間時間點之趨勢線數據，若移

動窗格n大於30天，則統一設定31天，保持至少一個月一筆數據。(範例：(1)假設查詢時間段內總天數為21天，移動窗格n為4，則取前4天+該天+後4天總合算平均值。(2)假設查詢時間段內總天數為300天，移動窗格n為31，則取前15天+該天+後15天總合算平均值。)

三、實例應用及說明

以台灣西南部為例，檢視圖13全台變形年均速率圖即可觀察到雲林區域的變形速率明顯呈現地表向下沉陷的現象。將圖面成果放大，聚焦觀察雲林中科虎尾園區，選擇具有長期監測資料之GPS點位附近檢視其單點變形資訊，其成果如圖14所示。

InSAR						颱風地震				
地震日期	規模	深度	距離(km)	震央位置	地震編號	警報日期	颱風名稱	強度	路徑	颱風編號
2007/10/11	5.20	80.00	44.474	宜蘭市地震站東方 9.7 公里	第066號	2007/08/06	帕帕(PABUK)	輕度	4	200706
2007/11/29	5.40	69.10	48.162	宜蘭市地震站東方 22.3 公里	第082號	2007/08/08	榴梿(WUTIP)	輕度	3	200707
2008/06/02	5.80	92.30	30.93	宜蘭市地震站北偏東方 11.3 公里	第041號	2007/08/16	聖帕(SEPAT)	強烈	3	200708
2010/04/09	5.10	103.80	42.245	宜蘭市地震站東偏北方 27.6 公里	第036號	2007/09/17	韋帕(WIPHA)	中度	1	200712
						2007/10/04	柯羅莎(KROSA)	強烈	2	200715
						2007/11/26	米雀(MITAG)	中度	--	200723

圖12 地震及颱風資料比對

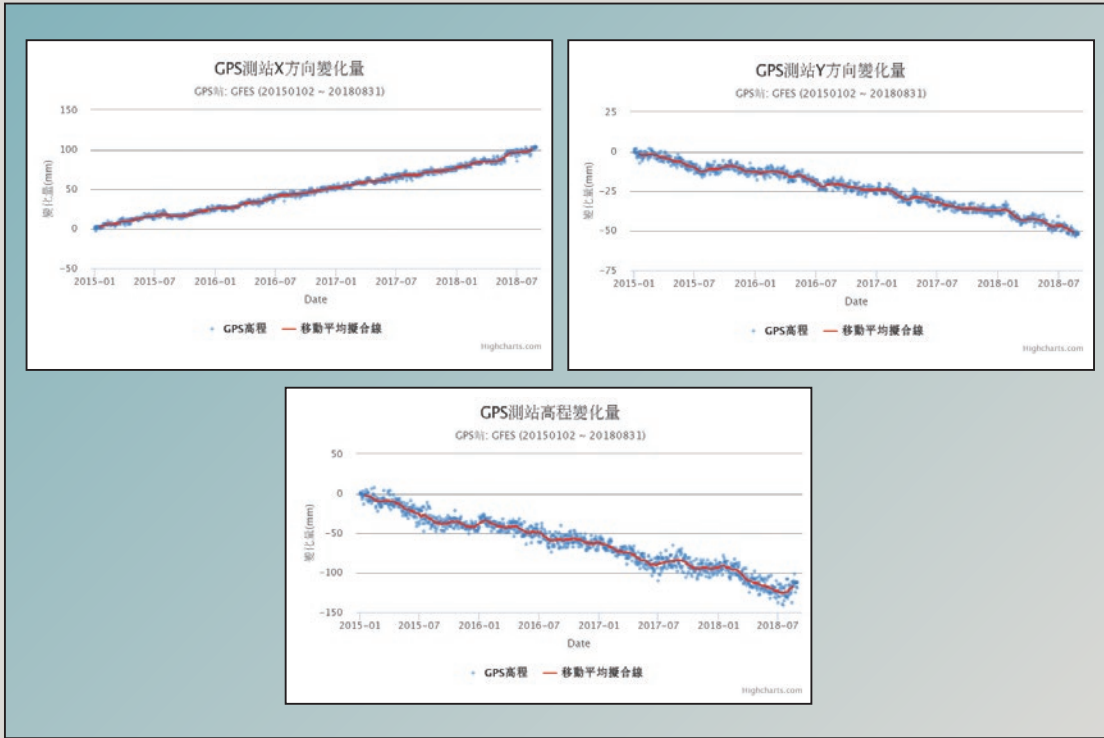


圖 13 GPS變化趨勢線(以雲林地區之GFES測站為例)

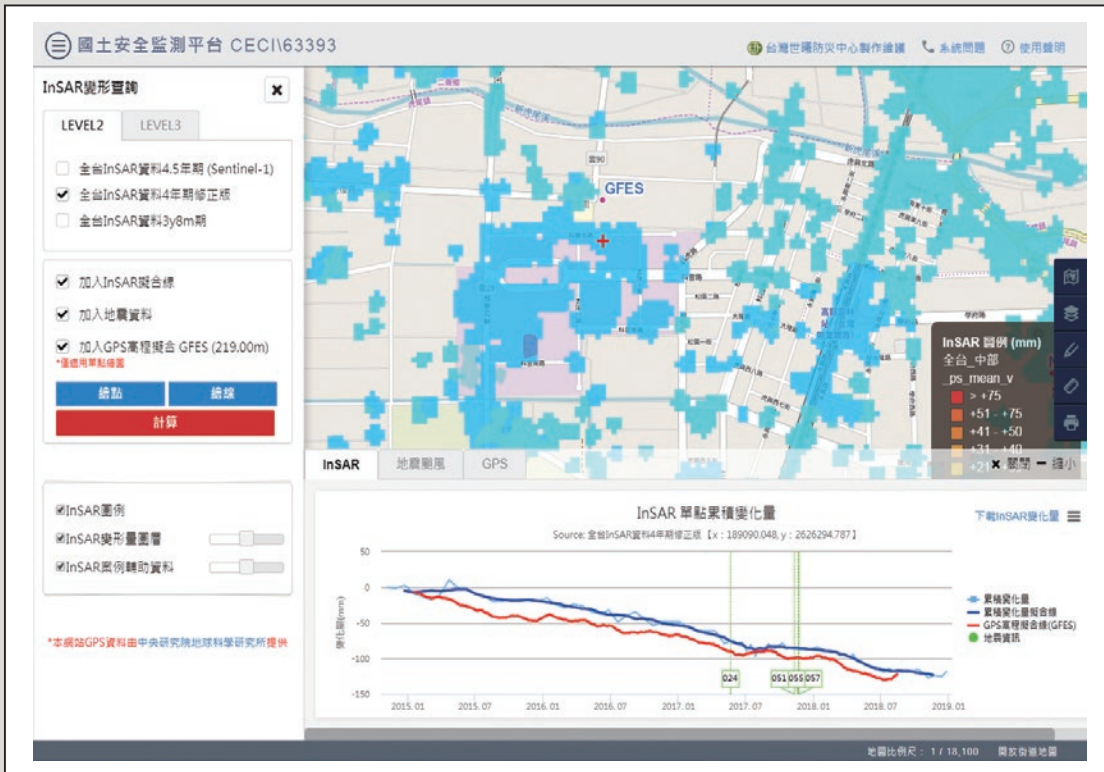


圖 14 國土安全監測平台與雲林區域(中科虎尾園區)地層下陷變化量查詢示意圖

圖中的曲線圖(藍線)即為PSInSAR成果時間序列的累積變化量，從圖上可以觀察到此處有持續向下沉陷的趨勢，而且三年累積的變化量近10公分，經由中研院GPS Lab(郭隆晨，2018)提供之資料於該區域的GPS連續站(紅線、測站代碼：GFES)計算其移動平均擬合線進行驗證，可由變化圖看出PSInSAR單點累積變化量與GPS測站高程擬合線高度近似，由此證明PSInSAR技術可掌握此項變化趨勢以及變形資訊進行大地變位分析，瞭解台灣大地變位情況，亦可藉此做為後續評估及決策支援資訊。

伍、結語及未來規劃

一、結語

本研究使用衛載雷達影像，透過 PSInSAR 技術進行大地變位分析，展現雷達遙測技術應用於大範圍的大地變位監測能力。綜合上文所述，歸納以下結語如下：

(一)InSAR 技術可運用於大區域的大地變位監測，藉由時間序列之累積變化量掌握監測範圍之各處變形趨勢以及變位情況。

(二)本研究使用2014年11月至2018年12月共約4年的Sentinel-1 降軌雷達數據進行InSAR分析且利用GPS測站資料進行修正，並將數據整理至資料庫，採多層式架構進行查詢分析，依年均變形量篩選出區域範圍內之分級成果。

(三)本研究於監測平台查詢雲林中科虎尾園區地層下陷之趨勢，於PSInSAR變形量與GPS高程擬合線呈現高度相關，四年期間約有13公分之地表沉陷。台灣西南部等亦可透過監測平台查詢4年期間

之地形形變趨勢，以大數據分析西南部之时序下陷量，以做為大範圍地層下陷之監測資訊。鑑此，透過遙測技術之快速發展及空間資料庫整合應用，確認InSAR技術可獲得高精度之地表變化量，所需成本亦較低廉。

(四)建置GIS分析系統可讓使用者更為方便套疊所需之圖資，以空間坐標為選取條件，發揮應用空間資訊之優勢。以空間數據為核心，提供多項系統服務與專家模組，結合政府開放資料(Open Data)進行多面向比對，便利使用者進行查詢與決策分析。

(五)利用大數據及資訊平台，可做為大範圍區域長期防減災監測工具，後續將規劃建置APP版本以主動推播防減災資訊，以達「智慧國土」及「智能防災」目標。

二、未來規劃

本研究成果初步已完成全台資料建置與精度的提升，且發展國土安全監測平台便於使用者查詢與分析，但仍有可精進的項目做為繼續發展方向，歸納未來工作如下：

(一) 持續更新全台Sentinel-1雷達影像多時序形變量、垂直變形量轉換研究

雷達差分干涉技術能快速地提供整個面狀的地表資訊，並推算受測地區之相對位移量，其測量之相對位移量方向為衛星視角方向(LOS)，並非XYZ方向。本研究已引入GPS之三維方向測量資料，將藉此由InSAR之LOS方向變形來推算垂直變形量，但易受地震同震變形等GPS觀測資料極值之影響，觀測資料內插成果容易產生不合

理之變形，使得最終垂直方向變形成果失真，此技術仍具相當改善之研究空間。

(二) InSAR結合時空因子應用人工智慧進行地表變位分析與預測

台灣世曦多年來已透過InSAR觀測資料建立全台地表變位資料，後續如何將這些InSAR資料作加值分析與應用成為一個重要課題。未來可應用此InSAR資料與邊坡相關的各項環境條件與促發因子進行時空上相關性的研究與探討，並配合人工智慧之技術預測，以建立邊坡不穩定與各相關影響因子之間的相關性，預期能優化目前邊坡崩塌潛勢模式，提升其預測的準確度，以提供後續工程設計與防災應變上之評估與應用。

為了探討InSAR觀測資料與時空因子之間的相關性，後續計畫預計將環境與誘發因子像是地質、坡度、坡向、植被、土地利用、雨量等因子，與InSAR地表變位觀測資料做多變量相關性分析(圖15)，以找出具有相關性較高會促發邊坡變位之顯著性時空因子。釐清此相關性將有助瞭解邊坡坡面變形發生的成因，以及後續回饋於InSAR觀測資料之驗證。

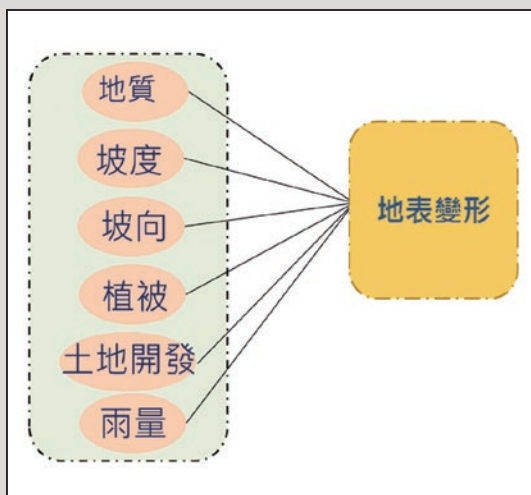


圖15 因子相關性分析

參考文獻

1. Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2000). Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 38(5), 2202-2212.
2. Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., and Kampes, B. (2004), A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers, *Geophysical Research Letters*, 31(23), 611-615.
3. Jian, L. X. and Tseng, K. H. (2019a) Time Series Deformation Revealed by the Combination with SAR Techniques and a Network of GPS Continuous Stations, The 38th Conference on Surveying and Geomatics, Taoyuan, Taiwan, 29-30 August 2019.
4. Jian, L.X., and Tseng, K. H. (2019b) Spatiotemporal Pattern of Surface Deformation in Southwestern Taiwan Revealed by Densified SAR Timeseries, *Asia Oceania Geosciences Society*, Singapore, 29 July - 2 August 2019.
5. 郭隆晨 (2018) , CGPS連續觀測站解算結果。 <http://gps.earth.sinica.edu.tw> 。 GPS Lab , 中央研究院地球科學研究所 , 台灣台北。

利用無人飛行載具試辦高精地圖製作與精度評估

關鍵詞(Key Words)：自動駕駛車輛(Autonomous Vehicle)、高精地圖(High Definition Map, HD Map)、無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV, Drone)

財團法人車輛研究測試中心／副理／莊嶸騰 (Juang, Rong-Teng) ①

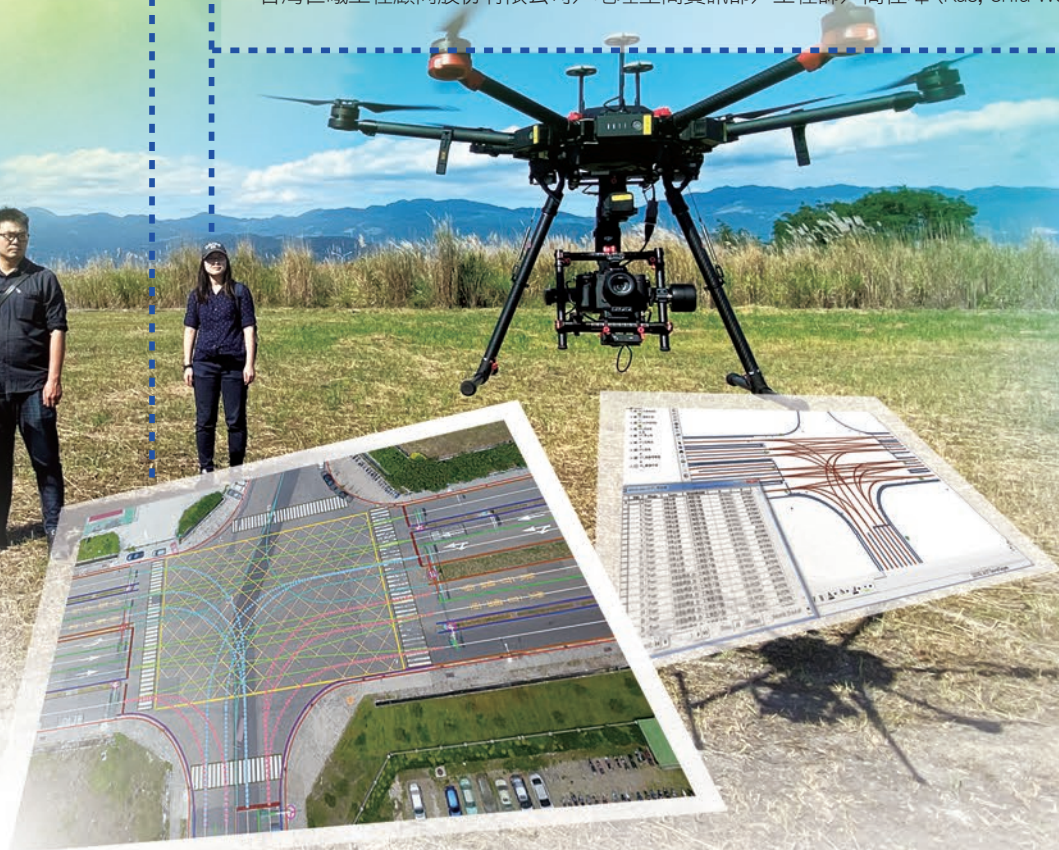
財團法人車輛研究測試中心／工程師／林祐賢 (Lin, Yon-Sian) ②

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／經理／吳錫賢 (Wu, Hsi-Hsien) ③

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／計畫工程師／全宜中 (Tung, Yi-Chung) ④

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／正工程師／翁敬恆 (Weng, Chin-Heng) ⑤

台灣世曦工程顧問股份有限公司／地理空間資訊部／工程師／高佳瑋 (Kao, Chia-Wei) ⑥



摘要

人類對移動的無限想像，隨著各式無人載具的開發蓬勃發展。可飛行於空中的無人飛行載具，在近期已經普遍成為消費級商品，融入一般大眾的生活之中。而全球汽車產業，除了積極發展自動駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)之外，亦朝向發展全自動駕駛車輛為終極目標。自動駕駛車輛必須具備許多車載感測設備，以精準定位所在位置，並可偵測周邊移動或靜止的障礙物，提供車輛控制決策參考，並確保車輛乘員之安全。

由於車載感測設備價格昂貴，車廠除朝向降低感測元件成本外，另一種方式是建立高精地圖(High Definition Map, HD Map)，以輔助自動駕駛車輛，達成精準導航的目的。高精地圖有別於傳統地圖，是優於車道等級精度的三維地圖，而主要測製方法為使用移動測繪系統(Mobile Mapping System)的光達點雲資料。本文實驗以消費級無人機拍攝之影像資料，數化產製高精地圖，並於財團法人車輛研究測試中心開發之自動駕駛車輛實測驗證，以評估此技術於小範圍應用之潛力。



A Test and Accuracy Assessment of HD Map Produced by UAV

Abstract

With the rapid development of various unmanned vehicles, human's imagination for movement is widened. Recently, the Unmanned Aerial Vehicles (UAV or drones) which flying in the air have become common consumer products and integrated into general life. Take global automobile industries for example, in addition to developing Advanced Driver Assistance System (ADAS) actively, autonomous vehicles are set as their final goal. Autonomous vehicles possess many on-board sensing devices to get accurate position. Therefore, these vehicles can detect nearby obstacles then make a turn or stop automatically, providing information for vehicles to make decisions, and ensures the safety of passengers.

Due to the high cost of on-board sensing devices, automobile manufactures try to reduce the cost of sensing devices. Alternatively, High Definition Maps (HD Maps) are established to achieve precise navigation. HD Maps are different from traditional ones because they are three-dimensional maps that have better accuracy than lane level. Moreover, using LiDAR point cloud data of Mobile Mapping System is the principal method for measurement. In this article, experiment is performed using image data of consumer-level UAV to produce HD Map. Furthermore, the HD Map is tested and verified by the autonomous vehicle of Automotive Research Testing Center (ARTC). In this article, we evaluate the potential of this innovative method by experiments in an open field.

3

專題報導

壹、前言—高精地圖輔助自動駕駛

早在1982年首播的美國熱門影集「霹靂遊俠」(Knight Rider)劇中，強調霹靂車是尖端科技的結晶，也是人性化的萬能電腦車，演繹出人們對自動駕駛車輛(Autonomous Vehicle，以下簡稱自駕車)的無限想像。時至今日，隨著各種先進科技的發展，汽車產業亦積極開發自駕車相關技術，並已有實車於路上進行駕駛。目前汽車產業對自駕車的定義普遍採用國際汽車工程師學會(Society of Automotive Engineers International, SAE International)標準，依自駕車自動化程度區分為 6 個等級，分別由Level 0到Level 5(如圖1)。

自駕車的主要技術來自於先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems，以下簡稱ADAS)，ADAS的發展初期在於分析車輛行駛動態與車外環境的變化，預測可能發生的危險情況，提前警告駕駛人作出反應行為來確保安全；例如盲點偵測、前方碰撞警示、後方碰撞警示、車道偏離警示、自動轉向頭燈、夜視系統等。而後並逐漸發展出由被動朝向主動介入駕駛操控的相關系統；例如主動煞停、停車輔助、主動車距控制巡航、車道維持等，可在駕駛人反應前立即介入車輛控制。

ADAS的再進化即是當前全球熱門的自駕車技術，由ADAS的「警示功能」、「視覺輔助」和「操控輔助」三種主要功能，提升到「感知」、「策略」與「控制」的協作整合，例如Tesla的Autopilot、凱迪拉克CT6 Super Cruise、Waymo等，透過各式影像感測器(包括CCD、CMOS等)、雷達(包含毫米波、超聲波、紅外線等)、光達等獲取空間資訊，以提供行動決策後進行主動駕駛，模擬人類駕駛的行為，遇障礙物時能安全避讓或停止。

為解決車載感測設備價格昂貴之課題，降低自駕車製造成本，另一種方式是建置高精地圖(HD Map)，其字義來自High Definition Map，意指可對地物高分辨的地圖，提供自駕車運行的基礎參考資料。高精地圖有別於傳統2D導航地圖，以輔助自動駕駛車輛，達成精準導航的目的。高精地圖的精度要求依據自駕車精準定位需求而定，概念上是優於車道等級精度的3D地圖，以日本製作高精度圖的Dynamic Map Platform公司(簡稱DMP公司)為例，設定以25公分為精度要求，然而此精度的設定也決定了高精地圖的製作成本。因此，必須同時考量自駕車定位設備與感測器成本、高精地圖成本去達到可兼顧的平衡點(如圖2)。

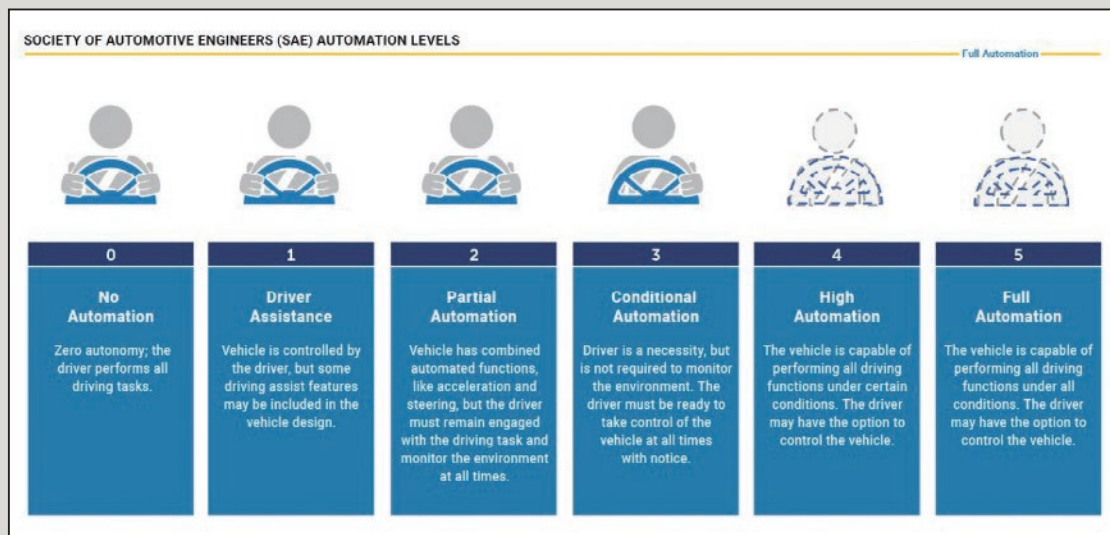


圖1 SAE自駕車自動化程度分級圖(2017, NHTSA)[1]

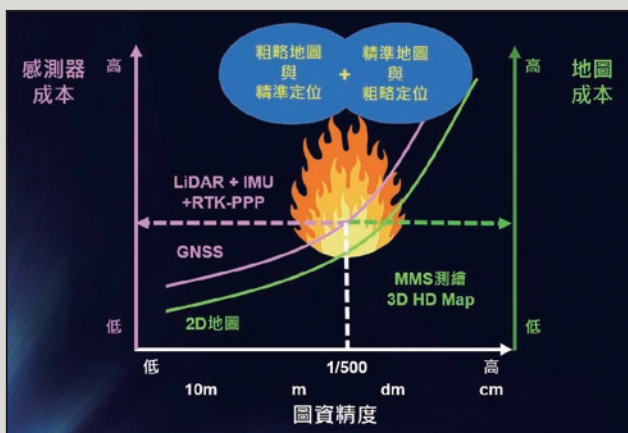


圖2 自駕車定位設備與地圖精度成本關係圖 (2017, Tsutomu Nakajima)[2]

傳統2D導航地圖係提供駕駛人參考，高精地圖則提供自駕車控制核心運算使用，必須為電腦可讀格式。自駕車所需動態地圖如圖3，可分為靜態資料、半靜態資料、半動態資料及動態資料四層，狹義而言高精地圖僅為靜態資料，廣義而言則包含其他動態圖層，並與其他資料透過平台或API(Application Programming Interface)界接方式來提供自駕車定位及運行服務。自駕車與高精地圖的發展與交通運輸管理技術領域發展的智慧運輸系統(Intelligent Transport System)息息相關，隨著行動通訊的發展，聯網車(Connected Vehicle)概念擴及到

V2X，V2X(Vehicle to Everything)泛指車輛與外界的資訊交換，是車載通訊技術的統稱。V2X主要包含汽車對汽車(Vehicle to Vehicle, V2V)、汽車對路側設備(Vehicle to Roadside, V2R)、汽車對基礎設施(Vehicle to Infrastructure, V2I)等，並朝向車聯網(Internet of Vehicle, IoV)的整體架構來佈建，而高精地圖也成為車聯網中非常重要的空間資訊來源。

貳、高精地圖測繪技術

高精地圖之內容主要包含車道中心線、車道分隔線、車道邊界線、路口交會區等圖形資料，並需有車道連接線、車道數、車道寬度、車道分組、曲率/超高、方向/方位角、高程/坡度、速限等屬性資料(如圖4)。

目前國內由台灣資通產業標準協會制訂之「測繪產業高精地圖(HD maps)製圖作業程序指引」與「高精地圖(HD maps)圖資內容標準」，載明高精地圖平面精度應小於20公分，三維精度應小於30公分。可達到此精度之主要測繪方式，則以移動測繪系統(Mobile Mapping System)為主要外業數據蒐集來源。移動測繪系統又稱

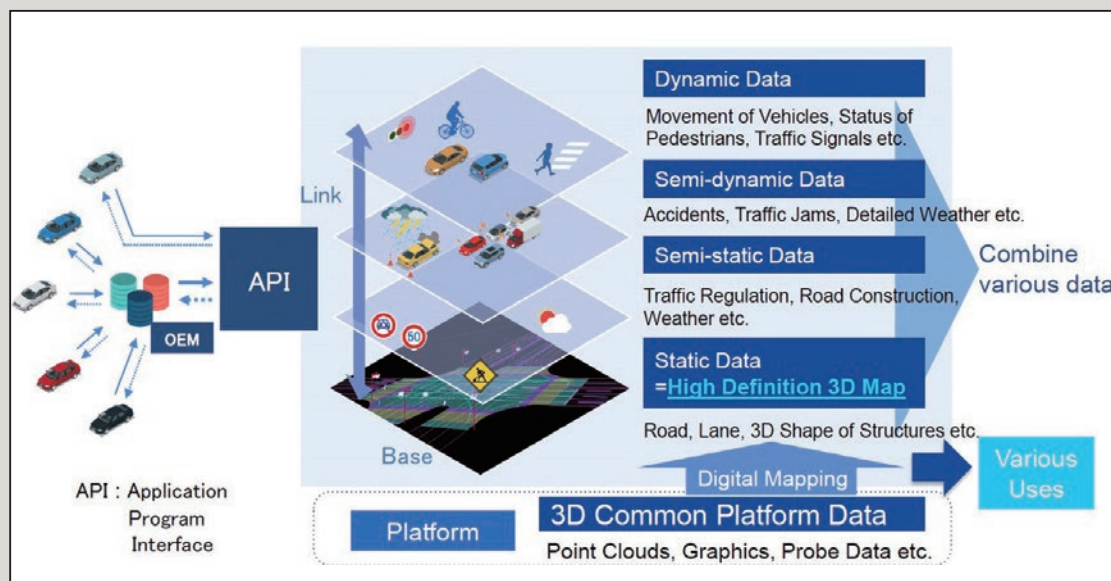


圖3 自駕車所需動態地圖示意圖(2017, Satoru Nakajo)[3]

測量車，具有高精度的GNSS(Global Navigation Satellite System)衛星定位與慣性導航裝置(Inertial Measurement Unit, IMU)，可進行直接地理定位；而搭載之光達系統能以每秒上百萬點之效能取得環境空間的高密度點雲(Point Cloud)，連同多組攝影機拍攝之影像，即能在內業針對高精地圖所需之地圖特徵進行數化建置。

由於移動測繪系統設備高達上千萬元到數千萬，也為高精度地圖製作之主要資本支出。考量技術發展之可行性，本研究團隊構思一種運用消費級無人機產製高精地圖的低成本技術，並進行相關的圖資精度驗證。

參、彰濱地區高精地圖實作

為取得大範圍且精度品質穩定的高精地圖圖資，UAV在精度及取樣的便利性上具有相當的優勢，故規劃以下作業流程進行高精地圖實作(如圖6)，並以地面實測資料辦理精度評估，試辦地點位於鄰近車輛測試中心的彰濱工業區(如圖7)。

一、UAV拍攝作業

以拍攝彰濱工業區範圍共計約574公頃，共拍攝2024張影像，平均飛航高度為150m，地



圖4 高精地圖內容組成



圖5 移動測繪系統分類圖

面解析度(Ground Sample Distance, GSD)約為4公分，航線路徑如圖8。

二、地面控制測量

地面控制測量是以現場路口標線或現有航標點作為施測標的，並以虛擬基準站之網路化即時動態定位方式(Virtual Base Station-Real Time Kinematic，簡稱VBS-RTK)方式施測，施測成果包含WGS84及TWD97兩套坐標成果，控制測量點位分布如圖9，現場作業照片如圖10。

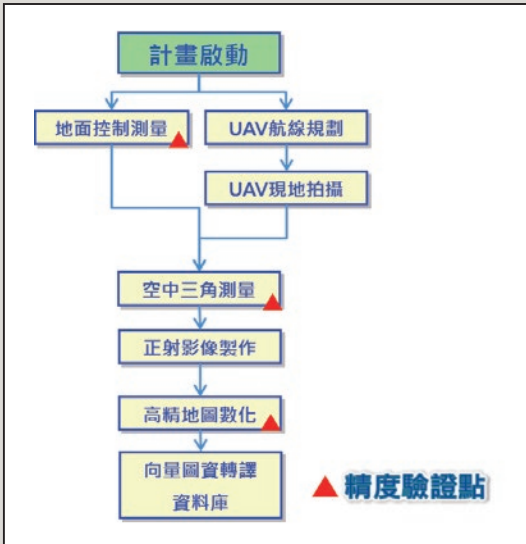


圖6 以UAV影像製作高精地圖流程圖



圖7 作業範圍及自駕車運行路線圖

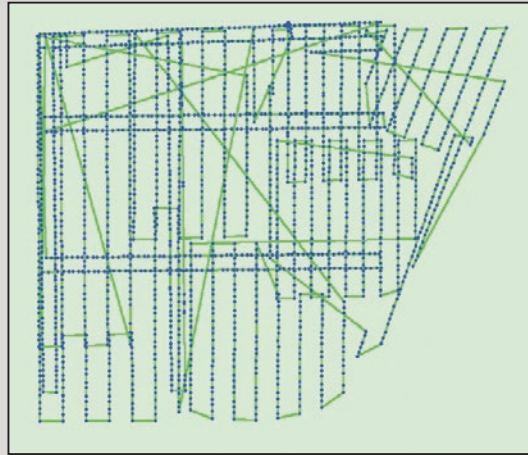


圖8 UAV航線路徑圖



圖9 控制測量點位分布圖



圖10 現場作業及地面航標點

地面控制測量成果為本試辦作業之精度依據及基礎，初步的控制點精度驗證，可確保圖資製作成果符合高精地圖之規範要求。依據內政部控制測量規範，以VBS-RTK施測地面控制點，應重覆觀測2次，每次間隔60分鐘以上，且兩次坐標較差應符合平面位置較差小於4公分，高程位置較差小於10公分。表1為控制點兩測回比較分析表，顯示所施測之控制點皆符合規範標準及精度要求。

表1 控制點兩測回比較分析表

點號	平面較差(cm)	高程較差(cm)	符合精度	點號	平面較差(cm)	高程較差(cm)	符合精度
Q01	0.58	-3.60	是	Q11	3.11	8.00	是
Q02	0.78	-3.50	是	Q12	2.09	-0.50	是
Q03	0.71	-3.00	是	Q13	2.83	-4.60	是
Q04	0.57	-2.90	是	Q14	3.88	4.30	是
Q05	1.50	3.50	是	Q15	0.32	1.90	是
Q06	0.36	4.50	是	Q16	1.75	2.30	是
Q07	1.33	-2.70	是	Q17	1.22	0.50	是
Q08	1.20	4.30	是	Q18	1.84	-2.50	是
Q09	0.61	7.30	是	Q19	2.45	-4.30	是
Q10	2.04	4.60	是	Q20	3.80	-1.10	是

三、空中三角測量及正射影像製作

UAV拍攝的影像搭配控制測量成果，以專業航空攝影處理軟體Pix4D Mapper進行空中三角

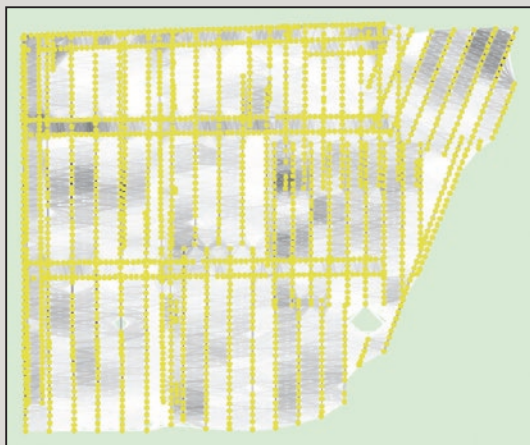


圖11 空中三角網型連結圖

計算，利用影像中共軛點位的連結，整體進行平差計算，目的是要校正UAV影像的方位參數，以提高正射影像產品之精度，如圖11。

控制點經過空中三角計算後的統計精度分析，其指標數據為中誤差及均方根誤差，皆可控制其改正量低於1公分，顯示本空中三角計算可靠度符合航空測量製圖要求，如表2。利用空中三角測量成果，產製拼接成為全區高精度高解析度的正射影像成果(如圖12)，該正射影像成

果之地面解析度為4公分，可作為高精地數化之依據。



圖12 正射影像成果圖

表2 空中三角測量控制點精度分析

控制點點號	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	權重設定XY/Z[m]
Q01	0.001	0.002	0.005	0.030/0.05
Q02	0.002	0.002	-0.001	0.030/0.05
Q03	0.003	-0.001	0.002	0.030/0.05
Q04	0.001	0.003	0.005	0.030/0.05
Q05	0.006	-0.002	-0.001	0.030/0.05
Q06	-0.004	0.014	0.003	0.030/0.05
Q07	-0.013	0.007	-0.013	0.030/0.05
Q08	0.000	0.004	0.012	0.030/0.05
Q09	-0.003	0.002	0.004	0.030/0.05
Q10	0.005	-0.002	0.000	0.030/0.05
Q11	-0.004	-0.005	0.010	0.030/0.05
Q12	0.015	-0.010	-0.019	0.030/0.05
Q13	-0.008	-0.005	0.010	0.030/0.05
Q14	-0.007	0.005	-0.010	0.030/0.05
Q15	0.006	-0.003	-0.008	0.030/0.05
Q16	-0.002	0.000	0.005	0.030/0.05
Q17	0.004	-0.003	-0.010	0.030/0.05
Q18	0.001	-0.003	-0.006	0.030/0.05
Q19	0.000	-0.005	-0.001	0.030/0.05
Q20	-0.005	0.000	-0.003	0.030/0.05
中誤差[m]	0.006	0.005	0.008	
均方根誤差[m]	0.006	0.005	0.008	

四、高精地圖數化

利用高精度高解析度的正射影像成果，進行精密導航圖資數化作業，即可針對各類道路資訊進行數化及分類，包含道路資訊、路燈、紅綠燈號誌、交通牌號誌、停止線、斑馬線及機車停等區。圖13是以正射影像為基底進行人工數化，圖14即為數化後之各類標線成果。

為了驗證高精度圖成果的精度品質，選取現地可供地面測量驗證之標線，以地面導線測量方式施測現地平面坐標，辦理精度驗證檢核。本次檢核作業共選取35點，且均勻分布於測區範圍內，檢核點分布情況，如圖15。精度驗證統計結果顯示，35個檢核點的平均誤差在E、N方向分別為11.6公分及8.1cm，均方根誤差量分別為13.2公分及9.7公分，平面精度符合高精地圖所需20cm要求，如表3。



圖 13 以高解析度正射影像作為高精地圖數化底圖

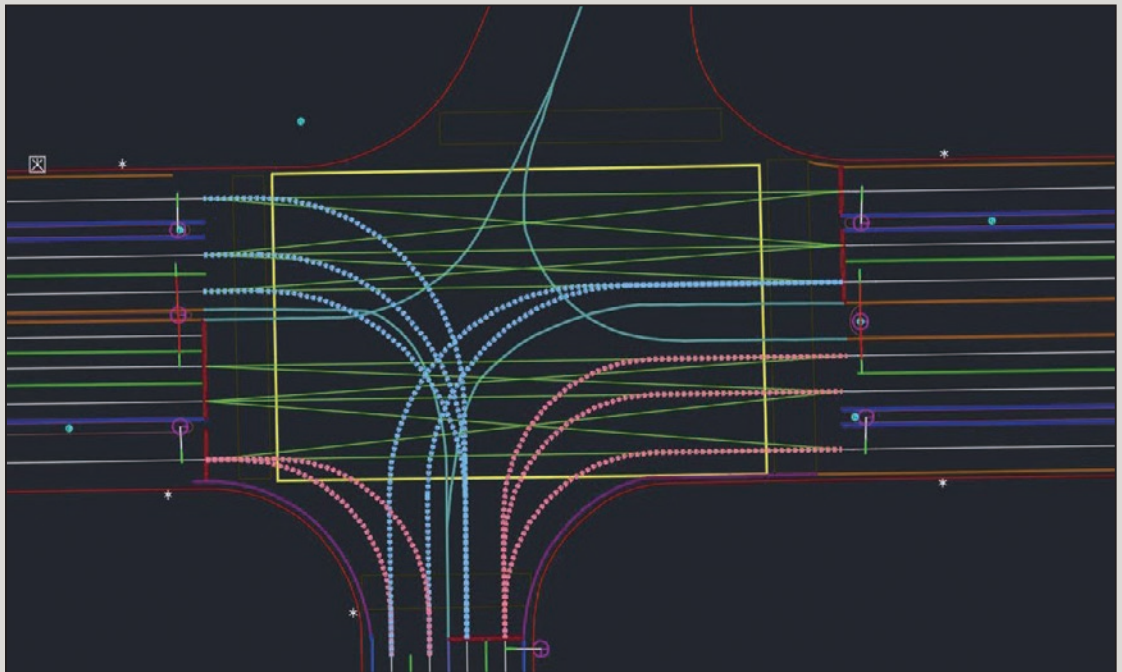


圖 14 導航圖資數化成果



表3 現場實測檢核點精度分析

圖15 導航圖資檢核點分布圖

點名	E(現場)	N(現場)	E(圖資)	N(圖資)	較差E(m)	較差N(m)
P01	187864.640	2663678.236	187864.423	2663678.356	-0.217	0.120
P02	187876.534	2663706.474	187876.418	2663706.540	-0.116	0.067
P03	187540.146	2663698.458	187540.006	2663698.573	-0.139	0.116
P04	187496.166	2663681.193	187496.023	2663681.397	-0.143	0.204
P05	187512.920	2663654.871	187512.715	2663654.943	-0.205	0.071
P06	189432.787	2663696.148	189432.721	2663696.346	-0.066	0.199
P07	189483.308	2663726.760	189483.252	2663726.871	-0.057	0.110
P08	189438.901	2663216.356	189438.934	2663216.553	0.033	0.197
P09	189448.146	2663254.444	189448.107	2663254.583	-0.040	0.139
P10	189632.313	2663166.470	189632.394	2663166.624	0.081	0.155
P11	189636.784	2663176.654	189636.823	2663176.714	0.039	0.060
P12	188253.364	2663213.151	188253.203	2663213.264	-0.161	0.112
P13	188826.402	2663213.226	188826.140	2663213.328	-0.262	0.102
P14	188807.056	2663244.435	188806.831	2663244.497	-0.225	0.062
P15	188256.209	2663229.082	188256.092	2663229.164	-0.117	0.082
P16	188214.943	2663220.348	188214.815	2663220.416	-0.127	0.067
P17	189824.374	2663108.753	189824.266	2663108.817	-0.108	0.064
P18	189542.157	2662349.381	189542.048	2662349.426	-0.109	0.045
P19	189521.066	2662319.470	189520.948	2662319.506	-0.119	0.036
P20	189140.519	2662455.910	189140.490	2662455.968	-0.029	0.058
P21	189140.349	2662486.149	189140.299	2662486.211	-0.049	0.062
P22	188305.011	2662474.582	188304.860	2662474.594	-0.151	0.012
P23	188304.789	2662444.379	188304.619	2662444.390	-0.170	0.011

點名	E(現場)	N(現場)	E(圖資)	N(圖資)	較差E(m)	較差N(m)
P24	188263.796	2662467.597	188263.667	2662467.673	-0.128	0.076
P25	187923.243	2662455.602	187923.110	2662455.633	-0.133	0.031
P26	187882.263	2662455.163	187882.098	2662455.184	-0.164	0.021
P27	187530.101	2662472.553	187529.962	2662472.627	-0.139	0.074
P28	187530.833	2662422.250	187530.668	2662422.344	-0.165	0.093
P29	187532.211	2661637.060	187532.223	2661637.114	0.012	0.054
P30	187565.870	2661638.149	187565.884	2661638.210	0.013	0.061
P31	188276.622	2661641.046	188276.488	2661641.025	-0.134	-0.021
P32	188546.122	2661639.457	188546.079	2661639.511	-0.043	0.054
P33	188819.152	2661651.668	188819.054	2661651.662	-0.098	-0.007
P34	188839.768	2661677.390	188839.672	2661677.447	-0.096	0.057
P35	189818.810	2663094.821	189818.657	2663094.955	-0.153	0.134
				平均誤差	0.116	0.081
				均方根誤差	0.132	0.097

五、向量圖資轉譯資料庫

為使高精度圖數化結果可讓電腦程式讀取，需將向量式的線段資料，轉譯為間隔0.5公尺之導航點(Waypoint)資料，並且以dbf檔格式儲存為資料庫，以便導航軟體讀取及使用，如圖16。

高精地圖其圖資結構分層方式是以路段序號(ROAD ID)為基礎進行圖資封包成一個個檔案，當程式呼叫此路段序號，即可得知此路段序號上的所有屬性，每一條路段都由數個車道(Lane)組成，其路段編排方式及匯出的檔案，如圖17，而其圖資結構如圖18。

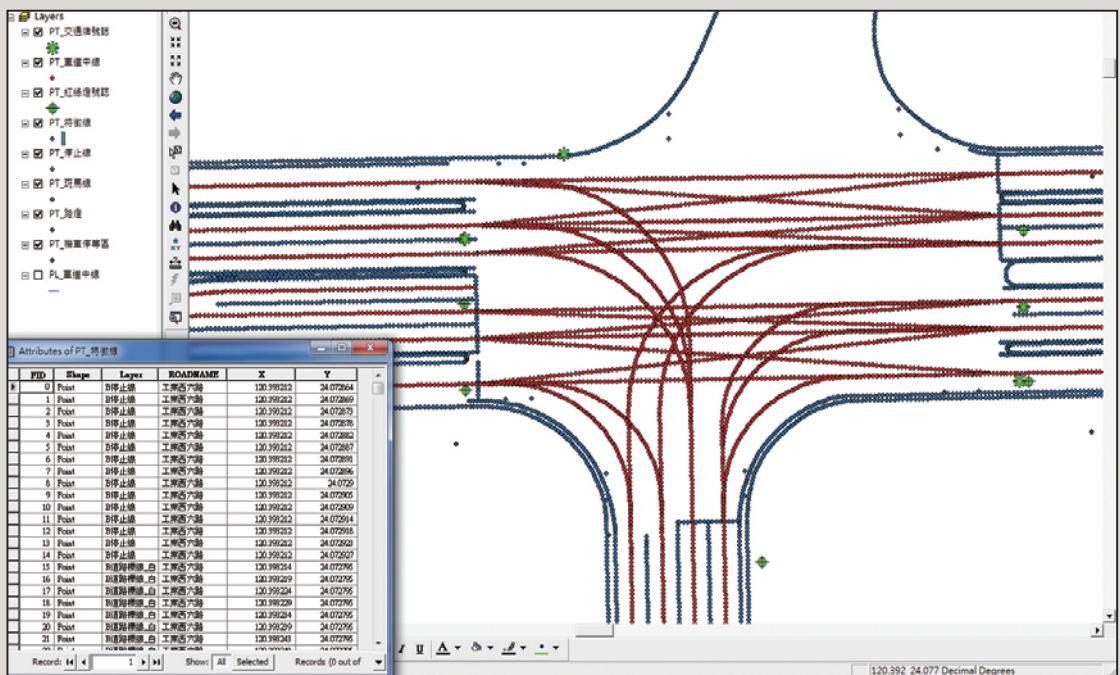


圖16 各類圖資轉譯資料庫格式

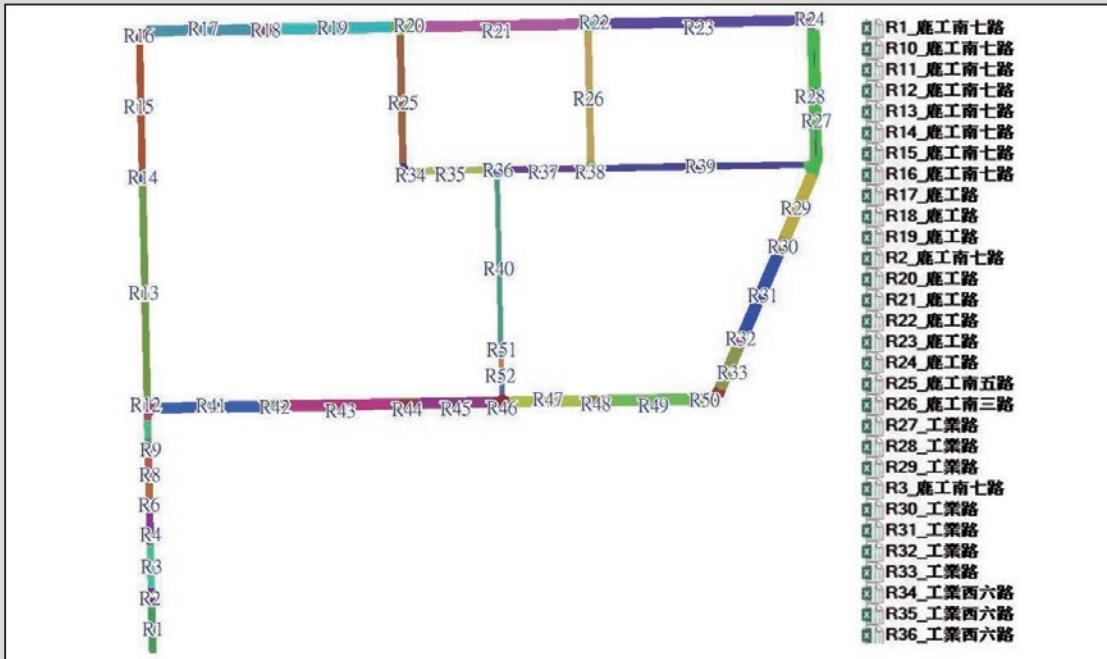


圖17 道路以路段序號(ROAD ID)進行封包示意圖

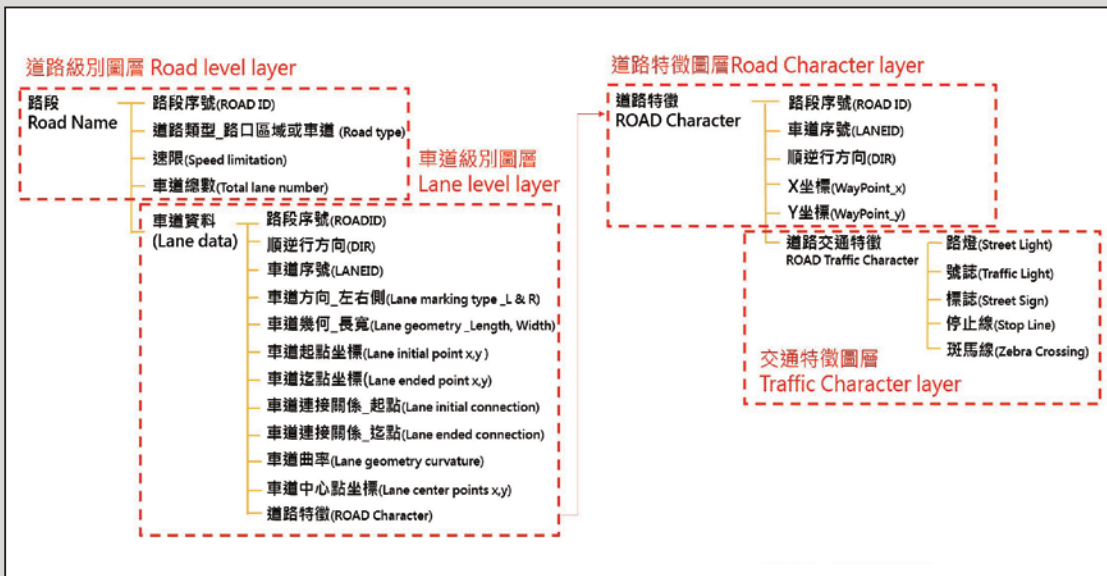


圖18 高精地圖資料結構示意圖

按照上述的資料結構，將每個路段序號 (ROAD ID)、順逆行方向(DIR)、車道型式(Lane Type)、長寬度、車道起始點坐標、個別車道之中心點坐標及道路特徵(ROAD Character)等資訊進行記錄於不同的分頁中，並可利用順逆行方向(DIR)屬性分辨前後連結路段序號(Road ID)之關係，找出連接的車道(Lane)，取得車道前後連接

關係(Lanes Connection)，其記錄方式如圖19所示。本案也針對路燈、交通號誌、交通標誌等桿件類型進行道路特徵建置，其中路燈及號誌除記錄原始桿件坐標外，也同時記錄燈號之三維坐標、類型及數目供後續影像辨識使用。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Road ID	DIR	Lane ID	Lane marking L type	Lane marking R type	Lane geometry length(m)	Lane geometry width(m)	Lane initial point x	Lane initial point y	Lane ended point x	Lane ended point y
2	1	0	1	4	2	155.9460987	3.5	120.38593	24.058634	120.385901	24.060037
3	1	0	2	2	6	155.6205405	3.5	120.385966	24.058635	120.385937	24.060035
4	1	1	1	4	2	155.93388	3.5	120.385867	24.060026	120.385896	24.058633
5	1	1	2	2	6	155.0943192	3.5	120.385832	24.06003	120.38586	24.058634
6											
7											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	RoadID	LaneID	DIR	wayPoint (x)	wayPoint (y)	Heading	LaneID	DIR	wayPoint (x)	wayPoint (y)	Heading	LaneID	DIR	wayPoint (x)	wayPoint (y)	Heading
2	1	1	0	120.385930	24.058634	179.26136409000	2	0	120.385966	24.058635	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060036	359.06139468000
3	1	1	0	120.385930	24.058638	179.26136408000	2	0	120.385966	24.058639	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060032	359.06126097000
4	1	1	0	120.385930	24.058643	179.26136408000	2	0	120.385966	24.058644	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060027	359.06137586000
5	1	1	0	120.385930	24.058647	179.26123360000	2	0	120.385966	24.058648	179.16236130000	1	1	120.385867	24.060023	359.06126097000
6	1	1	0	120.385930	24.058651	179.26136408000	2	0	120.385966	24.058653	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060018	359.06127980000
7	1	1	0	120.385930	24.058656	179.26136408000	2	0	120.385965	24.058657	179.16224587000	1	1	120.385867	24.060014	359.06137586000
8	1	1	0	120.385930	24.058660	179.26134918000	2	0	120.385965	24.058662	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060009	359.06126097000
9	1	1	0	120.385930	24.058665	179.26136408000	2	0	120.385965	24.058666	179.16224588000	1	1	120.385867	24.060005	359.06137586000
10	1	1	0	120.385930	24.058669	179.26124851000	2	0	120.385965	24.058670	179.16236130000	1	1	120.385868	24.060000	359.06127980000
11	1	1	0	120.385930	24.058674	179.26136408000	2	0	120.385965	24.058675	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059996	359.06137586000
12	1	1	0	120.385929	24.058678	179.26134918000	2	0	120.385965	24.058679	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059991	359.06126097000
13	1	1	0	120.385929	24.058683	179.26136408000	2	0	120.385965	24.058684	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059987	359.06127980000
14	1	1	0	120.385929	24.058687	179.26136408000	2	0	120.385965	24.058688	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059982	359.06137586000
15	1	1	0	120.385929	24.058692	179.26124851000	2	0	120.385965	24.058693	179.16236129000	1	1	120.385868	24.059978	359.06126097000
16	1	1	0	120.385929	24.058696	179.26134918000	2	0	120.385965	24.058697	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059973	359.06137586000
17	1	1	0	120.385929	24.058701	179.26136408000	2	0	120.385964	24.058702	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059969	359.06127979000
18	1	1	0	120.385929	24.058705	179.26136408000	2	0	120.385964	24.058706	179.16224588000	1	1	120.385868	24.059964	359.06137586000
19	1	1	0	120.385929	24.058710	179.26134918000	2	0	120.385964	24.058711	179.16226276000	1	1	120.385868	24.059960	359.06126097000
20	1	1	0	120.385929	24.058714	179.26136408000	2	0	120.385964	24.058715	179.16236130000	1	1	120.385869	24.059955	359.06126097000
21	1	1	0	120.385929	24.058719	179.26124851000	2	0	120.385964	24.058720	179.16224588000	1	1	120.385869	24.059951	359.06139468000
22	1	1	0	120.385929	24.058723	179.26136408000	2	0	120.385964	24.058724	179.16224588000	1	1	120.385869	24.059946	359.06126097000
23	1	1	0	120.385929	24.058728	179.26134918000	2	0	120.385964	24.058729	179.16224587000	1	1	120.385869	24.059942	359.06137586000
24	1	1	0	120.385928	24.058732	179.26136409000	2	0	120.385964	24.058733	179.16224588000	1	1	120.385869	24.059937	359.06126097000
25	1	1	0	120.384928	24.058737	179.26136408000	2	0	120.385964	24.058738	179.16236130000	1	1	120.385869	24.059933	359.06139468000

圖19 自駕車使用高精地圖之路段(Road)屬性內容

肆、高精地圖於自駕車實地驗證

高精地圖對於自駕車輔助是非常重要的。在控制車輛方面，可以用來追蹤控制車輛；當側向有其他車道時，可以進行車道變換；遇到停止線時，提早漸進式地增加煞車力道可增加舒適性等；在感測周圍環境方面，可以預先瞭解紅綠燈的位置，減少其他資訊來源的誤判(例如影像自動辨識的失誤)；在車輛定位方面，可以透過路燈/交通號誌的位置，回推車輛當前位置。以下將以車輛實測定位來說明，本實驗是在彰濱工業區進行，並納入前述彰濱工業區的高精地圖之成果。

一、自駕車車載系統架構

圖資定位系統架構包含有：(1)接收絕對經緯度坐標的GNSS設備；(2)跟車輛動態有關的輪速計、方向盤轉角以及慣性感測儀等，以獲得車輛動態模型參數，用來計算相對坐標；(3)搭配車道跟隨系統(Lane Follow System, LFS)所使用的影像感測器，用來確定行駛於車道內；(4)偵測車輛周圍環境的光達感測器，來偵測道路

特徵點，並利用地圖匹配(Map Matching)演算法，搭配高精密度圖資資訊，修正定位誤差與慣性感測儀累計誤差，圖20為定位系統架構。

二、高精地圖實地驗證方法

自駕車追蹤在選定航點之後，即可以利用數學推導得到區域軌跡，該區域軌跡代表由自駕車目前的位置至所選擇航點的路徑與速度分配曲線，財團法人車輛研究測試中心之自駕車是採用多項式近似法求解航點的路徑與速度分配曲線。藉由高精地圖的車道中線圖資與車行軌跡的航點資料，如圖21。透過最接近距離的計算，取得每個航點與道路中線的側向平均誤差為13.6公分。

利用GNSS-RTK取得之位置資訊，加上攝影機所提供之車道偏移資訊，可以優化橫向的位置誤差。高精地圖的資料包含車道資訊，且具有路燈/交通號誌之經緯度坐標。使用光達偵測路燈/交通號誌，搭配可以用來修正自駕車定位之坐標。首先利用GNSS坐標鎖定高精地圖所在的小區塊，擷取出該區塊的特徵點資訊；自

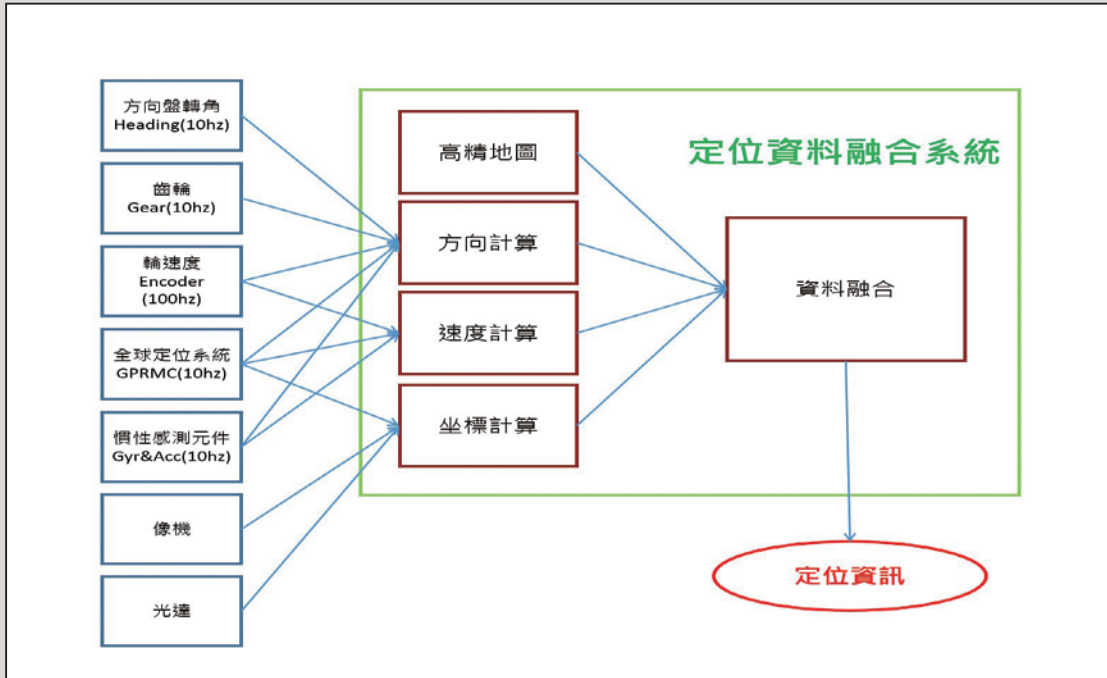


圖20 圖資定位系統架構



圖21 圖資車道中線與實車行駛軌跡

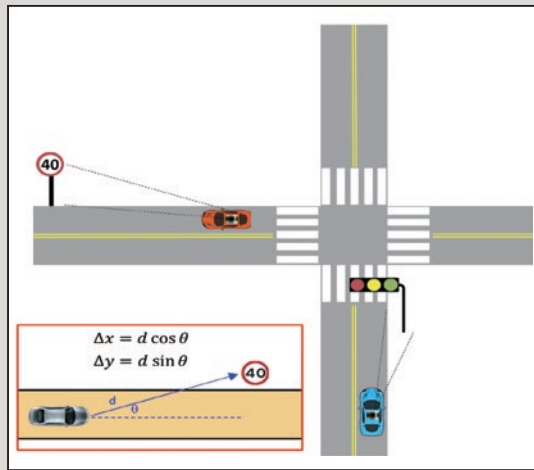
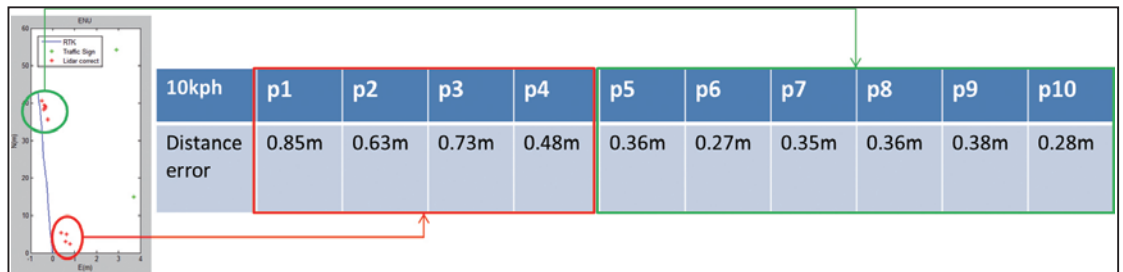


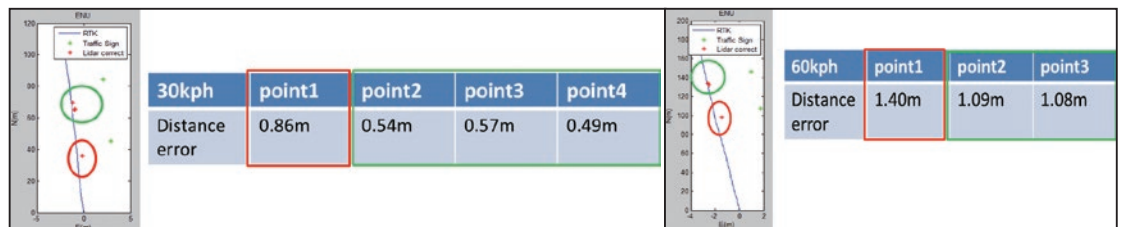
圖22 高精地圖之道路特徵輔助定位示意圖

駕車搭載之光達設備，可測得附近特徵點(路燈/交通號誌)的方位與距離，合併自駕車GNSS定位之即時坐標(初始值)，進一步推算出特徵點(路燈/交通號誌)的坐標，最後比對高精地圖中該特徵點的坐標差異量，據以修正自駕車的即時坐標(修正值)。

在可偵測到道路特徵的情況下，可利用該電腦視覺資訊來推估自駕車位置。圖23顯示依據不同的車速利用車載光達偵測號誌位置並進行定位修正的結果，當車速在10kph時，修正後誤差可降低至0.28公尺；當車速在30kph時，修正後誤差可降低至0.49公尺；當車速在60kph時，修正後誤差可降低至1.08公尺。



(a)10kph誤差



(b)30kph誤差

(c)60kph誤差

圖23 車載光達定位整合測試：利用號誌修正

在車輛研究測試中心內部場域，也設置了18個道路特徵點，以用來降低自駕車定位誤差。內部場域繞行路徑距離約800公尺，經不同的路線型式測試：例如U-Turn、L-Turn、直線、進出站等，修正前自駕車定位誤差約在0.5~1.5公尺，而經道路特徵點修正後可將誤差降低至0.1~0.25公尺。

三、小結

圖資定位架構應除使用高精地圖外，應包含GNSS/IMU等資訊來融合估算車輛位置，增加定位的精準度。高精地圖定位技術搭配感測辨識可做為定位修正標籤(TAG RESET)，路徑上需間隔約50公尺，預先建置可供定位校正的道路特徵，例如站牌、路燈、交通號誌等來修正自駕車GNSS/IMU定位誤差。由於誤差大小可能會受到車速的差異所影響，可以再增加車道維持輔助(Lane Keeping Assistance, LKA)的功能，進一步提升車輛定位的精準度。

伍、結語與建議

本文以消費級無人機拍攝之影像資料，數化產製高精地圖，並於財團法人車輛研究測試中心開發之自動駕駛車輛實測驗證，展現以低成本技術於小範圍應用之潛力。綜合上文所述，簡單歸納數點結語及未來建議如下：

- 一、利用消費級無人機之影像，以航空攝影測量方式，可產製高解析度正射影像，作為高精地圖產製之來源資料。
- 二、高精地圖依據精度驗證統計結果顯示，檢核點的均方根誤差量分別為13.2公分及9.7公分，平面精度符合自駕車之高精地圖要求。
- 三、透過實地驗證，地圖精度與拍攝之影像解析度正相關，本次UAV拍攝之影像解析度為4公分，初步推估高精地圖精度約為影像解析度之3倍。

四、高精地圖與自駕車定位系統航點軌跡進行最接近距離的計算，航點與道路中線的側向平均誤差為13.6公分。

五、車載GNSS-RTK系統可能因大地基準不同與圖資產生系統差異，建議於現場以共同點進行系統比對以消除圖資坐標基準與車載RTK之系統誤差。

參考文獻

1. Automated Vehicles for Safety, National Highway Traffic Safety Administration. US Department of Transportation :
<https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>

2. Tsutomu Nakajima, An Introduction to Dynamic Map Platform Co., Ltd.

<http://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2017/>

3. Satoru Nakajo, Dynamic Map, SIP-adus Workshop 2017.

<http://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2017/>



混凝土橋梁常見劣化類型探討——上部結構(I)

關鍵詞(Key Words)：劣化(Deterioration)、上部結構(Superstructure)、橋面板(Deck)、主梁(Girder)、裂縫(Crack; Fissure)、剝落(Spalling)、銹蝕(Corrosion)、白華(Efflorescence)、蜂窩(Honeycomb)、孔洞(Cavity)、預力鋼腱(Tendon)

財團法人中華顧問工程司／正工程師／蔡欣局 (Tsai, Hsin-Chu) ①

新中光物理探測公司／顧問／王鶴翔 (Wang, Hel-sin) ②

中國科技大學／助理教授／毛一祥 (Mao, I-Shiang) ③

財團法人中華顧問工程司／工程師／葉承軒 (Yeh, Cheng-Hsuan) ④

台灣世曦工程顧問股份公司／協理／王忠信 (Wang, Chung-Hsin) ⑤



摘要

橋梁設計及施工品質決定橋梁先天體質的良莠，後續使用中受天然或人為外在因素影響下，加劇劣化所衍生的各類損傷缺陷，進而影響橋梁的性能發揮。目前世界各國仍普遍採用目視檢測為橋梁檢測之最重要且主要的手段，故而如何透過目視檢測有效掌握橋梁現況，乃是橋管單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構刻不容緩的工作。經由橋梁檢測外部稽核公益協作，收集混凝土橋梁相關的劣化現象，本文係先就上部結構的主要構件的橋面板與主梁兩部分，彙整其常見的劣化類型並探討其可能成因，俾供橋檢相關單位參考。



Common Deterioration Found in Concrete Bridges in Taiwan — Superstructure (I)

Abstract

The quality of design and construction determines the intrinsic performance of bridges. Natural or man-made factors subsequently aggravate all kinds of existing damages derived from aging or deterioration and also undermine the performance and serviceability of bridges. Currently, visual inspection is the most important and popular approach to know the conditions of bridges all over the world. For bridge agencies, bridge inspection contractors, and quality assurance companies or organizations, the first key issue is to effectively identify the current conditions of bridges through visual inspection. In this paper, the relevant bridge inspection results are collected and reviewed during the audit public welfare collaboration period. With an emphasis on the main components, including decks and girders, of bridge superstructures, the common types of deterioration and their possible causes on concrete bridges are archived and shared for bridge inspection professionals.

壹、前言

橋梁於落成啟用之時，即由設計及施工品質決定橋梁先天體質的良莠，後續於使用階段，遭受颱風、豪雨、地震、腐蝕，以及超載等外在因素影響，逐漸因老化(Aging)、劣化而產生各類損傷缺陷。因此在橋梁全生命週期中，必須仰賴定期的巡檢(Routine Inspection)及良好的管理系統，適時的維護與補強，方能確保橋梁使用的安全及品質。然而要規劃適當的維護補強計畫，必須先清楚了解橋梁各構件損傷劣化的類型，以及肇致原因之後，方可進行正確的劣化診斷與安全評估，進而提出適宜的修復或補強工法，得以延續橋梁的使用年限。

國內橋梁定期檢測係採用目視檢測(Visual Inspection)方式，目前目視檢測仍為世界各國採用於橋梁檢測之最重要且主要的手段[1-4]，且各國均強調目視檢測重要程度為一切橋梁檢測的基礎，各國相關橋梁檢測規範均要求落實目視檢測要求與訓練，不可視其為可有可無，或以其它方式取代其地位[5, 6]；然而不可諱言，目視檢測結果常因檢測人員之訓練素質、經驗與主觀判定而有不一致之現象，以目視方式進行橋梁檢測確實有相當受詬病之處，如何提升

檢測人員有效判釋各類劣化現象，乃是刻不容緩的工作。

貳、橋面板常見劣化

橋面板為直接承受車輪載重，並將外力往下傳遞之主要構件，多數橋梁採瀝青混凝土(Asphalt Concrete, AC)鋪設於橋面板表面，作為車輛行駛路面之磨耗層(Wearing Course)，同時兼具保護橋面板之功用，使橋面板混凝土不會直接承受車輪之衝擊與磨損，而引致橋面板混凝土表面劣化。故而多數橋面板混凝土損傷劣化現象，常發生於主梁間橋面板與兩側懸臂板(Cantilever Slab)之下層部分；主要因素多為混凝土保護層(Concrete Covering)不足，當有乾縮(Shrinkage)裂縫發生時，濕氣極易入侵導致鋼筋(Reinforced Bar)銹蝕膨脹，鋼筋銹蝕衍生之混凝土裂縫、整片剝離及剝落現象最為普遍；懸臂板及伸縮縫(Expansion Joint)附近的橋面板，則常因水份入滲混凝土、乾濕交替作用、迎風面直接受有害物質入侵等因素，而有混凝土剝落、白華，以及鋼筋銹蝕等劣化現象；橋面板各類常見劣化類型及發生位置彙整如表1所示。

表1 橋面板常見劣化類型及常見位置

劣化類型	常見位置
1. 混凝土裂縫	• 橋面板底面
2. 混凝土剝離、剝落、破損	• 橋面板底面 • 兩側懸臂板處 • 鄰近伸縮縫之橋面板 • 鄰近排水孔之橋面板
3. 鋼筋外露、銹蝕	• 橋面板底面 • 兩側懸臂板處 • 鄰近伸縮縫之橋面板 • 鄰近排水孔之橋面板
4. 水份入滲混凝土、白華現象	• 橋面板與橫隔梁交界處 • 鄰近伸縮縫之橋面板 • 鄰近排水孔之橋面板 • 兩側懸臂板處 • 橋面板接縫處
5. 混凝土蜂窩/氣孔	• 橋面板底面 • 橋面板懸臂板側面

一、混凝土裂縫、剝離、剝落、破損

橋面板底面混凝土裂縫、剝離為常見之劣化類型，主要因素為鋼筋銹蝕、體積膨脹擠壓混凝土，導致混凝土與鋼筋脫離，並造成混凝土開裂，最終導致混凝土剝離及剝落。而橋面板鋼筋銹蝕的原因多為混凝土保護層不足所致，或肇因於環境因素，例如鄰近海域，進而衍生後續混凝土劣化現象發展。

圖1顯示橋面板混凝土剝離，可能發生剝離的成因為：混凝土保護層不足，易受外在有害物質侵蝕，導致鋼筋銹蝕膨脹，混凝土剝離或剝落，或鄰近沿海區域，空氣中夾帶大量鹽分，混凝土受到氯離子(Chloride)侵蝕，導致鋼筋銹蝕，混凝土開裂、剝離或剝落劣化現象。圖2顯示主梁間橋面板混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生剝落與破損的成因亦為：混凝土保護層不足，易受外在有害物質侵蝕，導致鋼筋銹蝕膨脹，混凝土剝離或剝落，或鄰近沿海區域，空氣中夾帶大量鹽分，混凝土受到氯離子侵蝕，導致鋼筋銹蝕，混凝土開裂、剝離或剝落劣化現象。圖3顯示主梁間橋面板混凝土鋼筋銹蝕所衍生的混凝土裂縫、整片剝離及剝落現象，可能發生損壞的成因為：大面積混凝土保護層不足，鋼筋易受外在有害物質銹蝕膨脹，導致表面混凝土剝落。



圖1 橋面板混凝土剝離



圖2 主梁間橋面板混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕



圖3 主梁間橋面板混凝土鋼筋銹蝕所衍生的混凝土裂縫、整片剝離及剝落現象

二、鋼筋外露、銹蝕

鋼筋銹蝕所衍生之混凝土裂縫、剝離及剝落現象，為橋面板最為普遍的劣化類型，橋梁常跨越大排、溪流、河川等水道川渠，故而橋下空間易聚積水氣，滲入混凝土內部，加上橋面板底部常有混凝土保護層不足之問題，水氣將容易滲達鋼筋表面，促使鋼筋發生銹蝕膨脹，導致表面混凝土剝落，伴隨鋼筋外露現象。懸臂板及伸縮縫周圍橋面板，也常因伸縮縫破損，伸縮縫更換破壞橋面板混凝土，排水孔設計不佳，排水設施破損等問題，導致路面逕流雨水直接潑灑於橋下混凝土構件，經長期之乾濕交替及風化作用，造成混凝土碳化、白華、鋼筋銹蝕，以及混凝土剝落等劣化現象。

圖4顯示橋面板洩水孔處周圍鋼筋外露、銹蝕，可能發生損壞的成因為：懸臂板開放式排水孔，路面逕流水沿排水孔及其周圍流下，導致水份入滲混凝土、白華現象、鋼筋銹蝕，或雨水沿懸臂板混凝土表面滲入，引致鋼筋銹蝕外露。圖5顯示伸縮縫處橋面板混凝土破碎、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：伸縮縫更換破壞橋面板混凝土，更換後未進行適當修復，使鋼筋直接暴露在外。圖6顯示懸臂板混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：雨水沿懸臂板混凝土表面流下滲入混凝土，引致鋼筋銹蝕膨脹，混凝土剝離及脫落，或位處沿海區域，海風夾帶大量鹽分，造成混凝土受到氯離子侵蝕，導致鋼筋發生銹蝕膨脹，導致表面混凝土剝落，伴隨鋼筋外露現象。圖7顯示主梁間橋面板混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：混凝土保護

層不足，使空氣中水氣及有害物質易侵入，造成鋼筋銹蝕膨脹，導致大面積橋面板底面混凝土剝落，伴隨鋼筋外露現象。

三、水份入滲混凝土、白華現象

橋面板水份入滲混凝土為非常普遍常見之劣化類型，一般可於橋面板與橫隔梁交界處、鄰近伸縮縫之橋面板、鄰近排水孔之橋面板，或兩側懸臂板處發現水份入滲痕跡，並往往具有混凝土表面變色，以及白華等劣化現象，大部分成因為伸縮縫或排水設施破損，路面排水直接從伸縮縫或排水設施處流下，而導致漏水，水份入滲橋面板情形。

圖8顯示懸臂板底面混凝土白華、鋼筋銹蝕膨脹，引致混凝土開裂、脫落，可能發生損



圖4 橋面板洩水孔處周圍鋼筋外露、銹蝕



圖5 伸縮縫處橋面板混凝土破碎、鋼筋外露銹蝕



圖6 懸臂板混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕



圖7 主梁間橋面板混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕

壞的成因為：因水份入滲混凝土、乾濕交替作用、迎風面直接受有害物質直接侵襲，而有混凝土碳化、白華，鋼筋銹蝕膨脹，以及混凝土剝落等劣化現象。圖9顯示鄰近伸縮縫之橋面板底面混凝土表面具水痕、白華痕跡，可能發生損壞的成因為：伸縮縫破損，路面排水直接沿伸縮縫流下，造成水份入滲橋面板混凝土，於混凝土表面浮現水痕、白華現象。

四、混凝土蜂窩／氣孔

橋面板蜂窩現象較常發生於板底位置，除混凝土配比不當、坍度太小等混凝土品質問題之外，主要成因多為混凝土澆置(Concrete Placement)搗實(Tamping)不確實，致混凝土中之氣泡仍存在於混凝土內部及表面，大量氣泡集結則會形成蜂窩；混凝土保護層不足，鋼筋

過於貼近模板；模板品質不佳，混凝土澆置時有漏漿現象；或因混凝土洩料時高度太高，造成粒料分離，導致混凝土硬化後出現內部空隙或表面的蜂窩現象。此外，斜交角度較大之橋梁，於靠近端隔梁(End Diaphragm)處之橋面板，除安設有主要鋼筋、分佈鋼筋之外，尚有斜向補強筋組成之鋼筋網，因網格較小易阻礙混凝土流動，當混凝土澆置過程未確實搗實時，即容易導致混凝土蜂窩現象。

圖10顯示橋面板混凝土氣孔、蜂窩，可能發生蜂窩的成因為：混凝土澆置搗實不足，引致混凝土氣泡仍存在於混凝土內部及表面，或施工模板品質不佳，混凝土澆置過程引發漏漿，導致表面蜂窩，或混凝土保護層不足，鋼筋過於貼近模板，容易使底面形成蜂窩。圖11顯示橋面板混凝土蜂窩、鋼筋外露，可能發生



圖8 懸臂板底面混凝土白華、鋼筋銹蝕引致混凝土脫落



圖9 鄰近伸縮縫之橋面板底面混凝土表面具水痕、白華痕跡



圖10 橋面板混凝土氣孔、蜂窩



圖11 橋面板混凝土蜂窩、鋼筋外露

損壞的成因亦為：混凝土澆置搗實不足，引致混凝土氣泡仍存在於混凝土內部及表面，或施工模板品質不佳，混凝土澆置過程引發漏漿，導致表面蜂窩，或混凝土保護層不足，鋼筋過於貼近模板，容易使底面形成蜂窩。

參、主梁常見劣化

橋梁主構件(主梁)型式多為預力混凝土梁(Prestressed Concrete, PC)、鋼筋混凝土T型梁(T-Shaped Beam)或矩形梁(Rectangular Beam)結構。橋面承受之活載重將依載重車道位置，按比例分配至橋面板底下鄰近之主梁，故主梁為橋梁主要承力構件，再透過支承(Bearing)傳遞至下部結構(Substructure)。主梁所需配置鋼筋量相對較多，倘若鋼筋配置不當，將導致混凝土澆置工作較為困難，加上振動搗實未確實情況之下，常造成混凝土保護層不足、孔洞、蜂窩等先天缺陷；或因設計不良或混凝土強度不足，容易發生應力集中，或產生結構裂縫等劣化現象；除此之外，主梁與橋面板底面所處位置一樣為相對陰溼環境，常受到水氣聚積，以及有害氣體侵蝕，易使其產生混凝土劣化與鋼筋銹蝕現象，或因橋下通

行超高車輛通行肇致的直接撞擊(Impact)，而產生相關之混凝土損傷劣化等問題。

鋼筋混凝土主梁常見之劣化類型，包括：混凝土裂縫、剝落、蜂窩，鋼筋外露銹蝕，以及破損等現象，發生之位置將視劣化類型而有所不同，主梁常見之劣化類型與發生位置如表2所示；外部稽核過程發現，主梁之損傷劣化類型以混凝土蜂窩，以及鋼筋外露銹蝕最為普遍，其次為混凝土裂縫、剝落等損傷劣化類型。

一、混凝土裂縫

混凝土裂縫型式與發生位置非常多樣，形成原因亦非常複雜，包括：混凝土澆置時的沉降、乾縮，以及溫度裂縫，使用期間外力作用之結構裂縫，以及化學侵蝕裂縫等。若無非常顯著之特徵，較難辨識裂縫發生之原因，部分裂縫更需仰賴進一步的化學試驗，方可確認裂縫產生之因素。

圖12顯示預力混凝土梁下翼板(Flange)縱向裂縫，可能發生縱向裂縫成為：靠近跨中處預力混凝土梁下翼板縱向裂縫，可能成因

表2 主梁常見劣化類型及常見位置

劣化類型	常見位置
1. 混凝土裂縫	<ul style="list-style-type: none"> 鄰近支承處 橋跨中間處 斷面變化處 主梁腹板、梁底處 預力鋼腱錨定處
2. 混凝土剝離、剝落、破損	<ul style="list-style-type: none"> 主梁上、下翼板、梁底處 鄰近支承處 鄰近伸縮縫之梁端
3. 鋼筋外露、銹蝕	<ul style="list-style-type: none"> 主梁下翼板、梁底處 最外側主梁、板梁兩側底面 鄰近排水孔洩水處 伸縮縫漏水處
4. 預力鋼腱外露、銹蝕	<ul style="list-style-type: none"> 預力鋼腱錨定處 主梁梁底處 澆注、節塊接縫處
5. 水份入滲混凝土、白華現象	<ul style="list-style-type: none"> 最外側主梁鄰近排水孔洩水處 伸縮縫漏水處
6. 混凝土蜂窩	<ul style="list-style-type: none"> 主梁下翼板、梁底處

為：內部鋼筋或預力套管銹蝕膨脹，造成混凝土沿鋼筋方向開裂。圖13顯示梁端混凝土開裂，可能發生開裂的成因為：據現場條件，可能為背填土流失，或基礎差異沉陷(Differential Settlement)造成橋台(Abutment)開裂破損，造成支承上方梁端受壓、剪切或擠壓而破裂。圖14顯示靠近支承處梁腹板(Web)45度斜向裂縫，可能發生斜向裂縫的成因為：主梁強度不足或車輛超載，引致靠近支承處產生45度斜向裂縫。圖15顯示主梁腹板裂縫，可能發生裂縫的成因為：混凝土構件之乾縮裂縫，或橋梁整體扭轉造成之斜向裂縫，或主梁構件強度不足，造成靠近支承端之45度斜向裂縫，以及靠近跨中之撓曲裂縫。

二、混凝土剝離、剝落、破損

混凝土主梁發生剝離與剝落現象的主要因

素，大多與鋼筋銹蝕、膨脹有關。除沿海地區橋梁幾乎整橋都具此一劣化現象之外，發生該類劣化之位置，通常與鋼筋銹蝕劣化現象位置一致，常發生於主梁梁底、腹板，以及水份入滲混凝土處。另外，亦有部份主梁混凝土剝離及剝落現象為其它特殊因素所造成。

圖16顯示主梁混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：橋梁位處沿海地區，迎風面主梁混凝土剝離、剝落，鋼筋銹蝕外露，或混凝土保護層不足，海風之鹽分容易侵入至鋼筋表面，造成鋼筋銹蝕膨脹外露。圖17顯示主梁底部混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：主梁斷面因鋼筋銹蝕，造成混凝土沿鋼筋走向持續剝落。圖18顯示梁端腹板混凝土剝離，可能發生剝離的成因為：支承上方之主梁混凝土承受較高之剪力，易造成混凝土裂縫或剝落，加上梁端伸縮



圖12 預力混凝土梁下翼板縱向裂縫



圖13 梁端混凝土開裂



圖14 靠近支承處梁腹板45度斜向裂縫



圖15 主梁腹板裂縫



圖16 主梁混凝土剝離、剝落、鋼筋外露銹蝕



圖17 主梁底部混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕



圖18 梁端腹板混凝土剝離



圖19 預力混凝土梁混凝土嚴重剝離、剝落、開裂

縫常有漏水情形，易有水份入滲混凝土、鋼筋銹蝕現象，常造成梁端混凝土剝離或剝落。圖19顯示預力混凝土梁混凝土嚴重剝離、剝落、開裂，可能發生損壞的成因為：研判為預力鋼腱、鋼筋銹蝕膨脹，導致沿預力配置位置處之主梁腹板與梁底混凝土破裂。

三、鋼筋外露、銹蝕

主梁鋼筋外露、銹蝕與混凝土蜂窩現象相同，為主梁構件最普遍之劣化類型，最常發生之位置為主梁梁底處，主要原因為混凝土保護層不足、混凝土裂縫、蜂窩等因素，使鋼筋容易受到外在水氣與有害物質侵襲，造成鋼筋生銹及腐蝕之情形；其次為最外側主梁、板梁兩側底面，以及鄰近排水孔洩水處，因雨水及路面排水滲入混凝土內部，以及迎風面等因

素，容易造成混凝土產生白華、碳化，以及鋼筋銹蝕等劣化現象。

圖20顯示主梁梁底橫向箍筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：混凝土保護層不足，橫向箍筋外露，或橋梁位處海埔新生地之沿海地區，海風之鹽分容易侵入至鋼筋表面，造成鋼筋銹蝕膨脹外露。圖21顯示主梁上翼板鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：橋梁位處沿海地區，整橋均具有嚴重鋼筋銹蝕現象，或雨水沿懸臂板流下，滲入混凝土內部，造成主梁上翼板鋼筋銹蝕，混凝土剝落，導致鋼筋外露。圖22顯示主梁主筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：鋼筋配置間距過密或搭接位置未錯開，導致混凝土澆置無法確實灌滿，使得鋼筋外露銹蝕，或無適當之排水設施，路面排水直接由護欄排水孔向下排出，造成鄰近排水



圖20 主梁梁底橫向箍筋外露銹蝕



圖21 主梁上翼板鋼筋外露銹蝕



圖22 主梁主筋外露銹蝕



圖23 主梁混凝土磨損、鋼筋外露

孔處主梁斷面水份滲入混凝土，鋼筋銹蝕及斷裂，混凝土剝落。圖23顯示主梁混凝土磨損、鋼筋外露，可能發生損壞的成因為：位處山區之橋梁，因橋下淤積或梁底出水高度不足，主梁下翼板受到漂流物及土石流衝擊，造成表面混凝土磨蝕及破碎，部分鋼筋外露。

四、預力鋼腱外露、銹蝕

鋼腱與鋼筋搭接位置未適度交錯，或鋼腱與鋼筋配置過密，澆置時阻礙混凝土流動，且搗實不易，容易導致混凝土澆置困難，進而產生混凝土蜂窩現象；因鋼腱與鋼筋係配置於構件斷面之拉力側，主梁蜂窩現象最常發生於預力混凝土梁底部位置，預力鋼腱錨定處未完全保護妥當或破裂，以致水份滲入銹蝕鋼腱。

圖24顯示預力端錨頭銹蝕、水痕，可能發生損壞的成因為：預力鋼腱錨定處鋼腱未完全保護妥當，以致水份滲入銹蝕，水泥砂漿脹裂，加速預力端錨頭劣化。圖25顯示主梁梁底處因混凝土蜂窩導致鋼腱與鋼筋外露、銹蝕，可能發生損壞的成因為：鋼腱與鋼筋配置不當或搭接未錯開，鋼腱與完全密排綁紮，混凝土



圖24 預力端錨頭銹蝕、水痕



圖25 主梁梁底處因混凝土蜂窩導致鋼筋與鋼筋外露、銹蝕

流動及搗實不易，或主梁梁底混凝土保護層不足，底層鋼筋、鋼筋及箍筋與模板間無足夠空間填充混凝土，或搗實不足，水泥砂漿未充分填滿粒料之間，導致混凝土表面粗粒料間形成較大的孔隙。

五、混凝土蜂窩

主梁構件因鋼筋用量較高，當鋼筋搭接位置未適度交錯或鋼筋配置過密，澆置時阻礙混凝土流動，且混凝土搗實不易，容易導致混凝土澆置困難，進而產生混凝土蜂窩現象；因鋼筋係配置於構件斷面之拉力側，主梁蜂窩現象最常發生於預力混凝土梁、T型梁、矩形梁與版梁底部位置。

圖26顯示主梁梁底混凝土蜂窩、空洞，可能發生損壞的成因為：鋼筋配置不當或搭接未



圖26 主梁梁底混凝土蜂窩、空洞（一）

錯開，鋼筋完全密排綁紮，混凝土流動及搗實不易，或梁底混凝土保護層不足，底層主筋及箍筋與模板間無足夠空間填充混凝土，或搗實不足，水泥砂漿未充分填滿粒料之間，導致混凝土表面粗粒料間形成較大的孔隙。圖27顯示



圖27 主梁梁底混凝土蜂窩、空洞（二）

主梁梁底混凝土蜂窩、空洞，可能發生蜂窩的成因為：施工不當，以不當材料(紅磚)作為控制鋼筋保護層墊塊，或鋼筋配置不當，鋼筋間距過密，混凝土流動及搗實不易，或混凝土保護層不足，底層主筋及箍筋與模板間無足夠空間填充混凝土。圖28顯示主梁梁底及腹板混凝土蜂窩，可能發生蜂窩的成因為：混凝土澆置時搗實不足，或模板漏漿引致混凝土表面蜂窩，



圖28 主梁梁底及腹板混凝土蜂窩

或混凝土保護層不足，鋼筋過於貼近模板。圖29顯示版梁底面蜂窩、鋼筋外露，可能發生損壞的成因亦為：混凝土澆置時搗實不足，或模板漏漿引致混凝土表面蜂窩，或混凝土保護層

不足，鋼筋過於貼近模板。



圖29 版梁底面蜂窩、鋼筋外露

肆、結論

本文就橋梁檢測外部稽核公益協作之發現，針對混凝土橋梁上部結構的橋面板與主梁部分之常見劣化類型予以說明，其中橋面板與主梁的常見劣化類型如列：混凝土裂縫、剝離、剝落、破損，鋼筋外露、銹蝕，水份入滲混凝土及白華，以及混凝土蜂窩及氣孔等現象，主梁部分另有預力鋼腱外露、銹蝕的劣化類型；文中亦依各劣化類型，詳細說明或判釋其可能成因。文中所述混凝土橋梁上部結構的橋面板與主梁之常見劣化類型與成因說明，可提供橋管單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構等相關專業人員作實務性參考。

伍、誌謝

本文係財團法人中華顧問工程司於102年至106年度間，交通部運輸研究所橋梁檢測外部稽核公益協作中，收集彙整各類橋梁常見劣化樣態之部分成果，作者由衷感謝相關橋管單位協助與支持，現地稽核所有的參與協助人員在此一併申謝。

參考文獻

1. Ryan, T.W., Mann, J.E., Chill, Z.M., and Ott, B.T., Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM), Report, Report No. FHWA-NHI-12-049, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2012).
2. Everett, T.D., Weykamp, P., Capers, H.A., Cox, W.R., Drda, T.S., Jensen, P., Juntunen, D.A., Kimball, T., and Washer, G.A., Bridge Evaluation Quality Assurance in Europe, Report, Report No. FHWA-PL-08-016, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2008).
3. New Zealand Transport Agency, Bridge Inspection and Maintenance Manual, SP/M/016, Transit New Zealand, Wellington, New Zealand (2001).
4. 交通部，公路橋梁檢測及補強規範，交通部頒布規範，臺北，臺灣 (2018)。
5. Ryan, T.W., Mann, J.E., Ott, B.T., Chill, Z.M., Rosick, M.P., Fitzgerald, S.L., and Kolis, M.A., Safety Inspection of In-Service Bridges, Report, Report No. FHWA-NHI-12-042 and 043, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2012).
6. Mann, J.E., Ryan, T.W., Ott, B.T., Chill, Z.M., Rosick, M.P., Fitzgerald, S.L., and Palmer, C.A., Engineering Concepts for Bridge Inspectors, FHWA Report, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2011).

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目／作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1, 2, 3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

（一）子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

（1）次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977).

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973).

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

本125期「中華技術」係由台灣世曦工程顧問股份有限公司之系統及機電事業群主編，主題為「創造新世代的藍海」。在現今世代，因科技突飛猛進，競爭益形激烈，而紅海策略的商場廝殺，更造成獲利縮減，產業發展受限。然企業真正追求的是長久經營及穩定獲利，非靠降價競爭，求一時之勝而已。故創造新藍海，開創嶄新的市場空間，乃當務之急。


跨域整合乃未來產業發展的必然趨勢，而空間資訊技術的發展應用，對跨領域技術的整合提供了一個極佳的解決方案。在本文中，闡述多項空間資訊技術整合應用之實際案例，此等案例均為台灣世曦同仁的實作經驗與成果，經精心彙整，方提出分享，值得讀者參考。

另特別感謝交通部黃玉霖政務次長、內政部花敬群政務次長及財團法人車輛研究測試中心黃隆洲董事長，於百忙中撥冗接受本刊專訪，並對相關產業發展提出精闢的見解與建議，筆者等深感敬佩並再表謝忱。

本期「中華技術」專刊主要闡述跨領域專業透過空間資訊技術的整合應用，並勾勒出本世代工程建設發展的輪廓與脈絡，期盼能激發讀者更多的發想空間，為創造新世代的藍海共襄盛舉。

附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式三份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。

 財團中華顧問工程司
法人 CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F., No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>

上下班
塞車好煩

快來共乘
省時省錢
又避開人潮

來去共乘




Li_k_e_y_ 逗陣行

共乘供需刊登
友善共乘搜尋
共乘媒合通知


來去共乘 

中華顧問工程司結合台灣圖資，運用大數據、機器學習、行為分析等技術，以公益法人的角色，致力於旅行時間預測、路徑最佳化、社群共乘及改善偏鄉交通運輸等功能服務，試圖打造一個更適合台灣環境的Maas全方位移動服務平台。

 Google Play



財團法人 中華顧問工程司

 Apple Store