

出國報告（出國類別：研習）

**整合式運輸路廊交通管理(Integrated
Corridor Management)等相關ITS研究**

主辦機關：交通部

報告人員：陳珏玓

派赴國家：美國

出國期間：106年6月10日至9月10日

報告日期：106年12月5日

摘要

隨著台灣交通路網日益便捷，都會生活圈範圍早已跨越行政疆界之藩籬，而目前智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS）服務之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。依據歐美於ITS之發展趨勢，整合式運輸廊道之跨縣市、跨轄區協同管理機制將越來越顯得重要。而美國運輸部為解決此等跨轄區管理議題，爰提出整合式運輸路廊交通管理 (Integrated Corridor Management, ICM)計畫，運用ITS技術，主動管理運輸路廊的用路人及貨物流動，以期解決擁堵及改善整體運作效能之目標。

本報告將介紹ICM的挑戰、概述、利害關係者、採行策略等之探討，並進一步瞭解並非所有策略都適用於全部的ICM路廊，但可以根據現有資源和路廊旅行模式縮小到最佳效果的實施方法或組合。

此外，本部自106年開始推動智慧運輸系統發展建設計畫，亦藉由本次出國研究的機會，瞭解ITS目前於美國各領域之應用狀況、自動駕駛車輛之發展及無人小巴之運行示範探討，並於報告中作完整的陳述，最後，提出本次研究的心得與建議。希望提升國內交通管理能量，俾利解決相關交通議題之參考。

目錄

第一章 前言.....	1
第一節 研習目的.....	1
第二節 研究行程.....	2
第三節 本報告章節說明.....	2
第二章 整合式運輸路廊交通管理.....	3
第一節 挑戰.....	3
第二節 ICM概述.....	3
第三節 ICM利害關係者.....	7
第四節 ICM策略領域.....	8
第五節 ICM採行策略.....	9
第六節 ICM之AMS.....	16
第七節 ICMS及ICMS計畫流程.....	18
第八節 先鋒實驗地點.....	19
第三章 美國智慧型運輸系統發展.....	21
第一節 應用領域與亮點.....	22
第二節 美國ITS 2015-2019 策略計畫.....	45
第四章 自動駕駛車.....	48
第一節 自動駕駛概述.....	48
第二節 自駕車技術.....	50
第三節 自駕車測試.....	53
第四節 自駕車所需基礎設施之配合.....	56
第五節 待克服議題.....	57
第五章 無人小巴.....	59
第一節 CityMobil2 概述.....	59
第二節 車輛介紹.....	60
第三節 自動道路運輸系統(即無人小巴)運作概念.....	62

第四節 法國拉羅歇爾示範活動.....	63
第五節 瑞士洛桑示範活動.....	64
第六節 希臘特里卡拉示範活動.....	66
第七節 示範活動總結.....	66
第八節 實施流程.....	67
第九節 ARTS與都市交通之整合.....	68
第十節 從示範活動所獲得之經驗.....	70
第十一節 自駕車與無人小巴於測試及修法之比較.....	71
第六章 參訪交流紀要.....	72
第一節 麻省理工學院媒體實驗室.....	72
第二節 波士頓政府.....	78
第三節 nuTONOMY公司.....	80
第四節 馬里蘭州公路管理局.....	81
第五節 馬里蘭大學.....	83
第六節 參訪西雅圖Microsoft公司.....	88
第七節 華盛頓大學PacTrans實驗室、STARLab.....	90
第八節 華盛頓州交通廳西北分部.....	91
第九節 加州柏克萊大學Path Program.....	93
第十節 加州San Francisco County Transportation Authority.....	94
第七章 心得與建議.....	100
第一節 心得.....	100
第二節 建議.....	102
附錄一、參考文獻.....	103
附錄二、台灣ITS發展簡報.....	106

第一章 前言

第一節 研習目的

隨著台灣交通路網日益便捷，都會生活圈範圍早已跨越行政疆界之藩籬，而目前智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS）服務之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。依據歐美於ITS之發展趨勢，整合式運輸廊道之跨縣市、跨轄區協同管理機制將越來越顯得重要。而美國運輸部為解決此等跨轄區管理議題，爰提出整合式運輸路廊交通管理 (Integrated Corridor Management, ICM)計畫，運用ITS技術，主動管理運輸路廊的用路人及貨物流動，以期解決擁堵及改善整體運作效能之目標。

本部自106年開始推動智慧運輸系統發展建設計畫，聚焦三項交通問題：運輸走廊經常擁塞、交通安全威脅國家競爭力、偏鄉公共交通運輸力不足問題。本計畫預計4年投入30億元推動六項策略計畫，包括：運輸走廊擁塞改善計畫、東部及都會區偏鄉交通便捷計畫、智慧交通安全計畫、運輸資源及服務整合計畫、車聯網科技發展應用計畫、智慧運輸基礎與研發計畫。爰藉由實地瞭解ITS目前於美國各領域之應用狀況，汲取美國經驗，對於推動國內ITS將有很大助益。

另外，近年來Google、Apple、百度、Uber及汽車大廠等積極投入自動駕駛領域發展，技術上進展快速，如今包括美國佛州、內華達州、加州、麻州等城市一隅，都可見自動駕駛車上路測試。從技術發展趨勢研判，自動駕駛車在不久的將來會成為重要的運輸載具，爰自駕車相關技術、測試或基礎設施準備議題，併同ICM及ITS列入本次出國短期研究之研習目的與主題。

第二節 研究行程

本次出國研究行程，簡要說明如下：

日期	城市	參訪觀摩之主題
6/10-7/14 7/20-8/28	波士頓 (Boston)	1.麻省理工學院媒體實驗室(MIT Media Lab)：無人車、智慧城市、數據分析等 2.波士頓政府推動無人車測試
7/15-7/19	華盛頓特區 (Washington, D.C.)	1.馬里蘭州高速公路局交控中心 2.馬里蘭大學Catt LAB、交通實驗室
8/29-9/2	西雅圖 (Seattle)	1. 華盛頓大學PacTrans 交通實驗室 2. 參觀西雅圖科技公司 (微軟公司)
9/3-9/9	舊金山 (San Francisco)	1.參訪瞭解智慧路廊 (ICM 計畫)之實施及管理機制 2.UC Berkeley PATH Program 3.舊金山ITS之發展應用

表1 研究行程

第三節 本報告章節說明

本報告內容依照研究主題，分別於第二章說明「整合式運輸路廊交通管理(Integrated Corridor Management, ICM)」，第三章說明「美國智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)發展」，第四章說明「自動駕駛車(Autonomous Vehicle)」，第五章說明「無人小巴(Driveless Bus)」，第六章說明「參訪交流紀要」，並於第七章彙整心得與建議。

第二章 整合式運輸路廊交通管理(Integrated Corridor Management, ICM)

第一節 挑戰(Challenges)

當今城市運輸路廊的運作主要是由路廊內各運輸路網管理單位獨立處理，例如高速公路、主要幹道、公共汽車、軌道交通或州政府與地方政府等不同層級管理單位。雖然各管理單位可能在某種程度上互相協調以處理在路廊內發生的事件或預先計畫的事件，但每個單位基本上都是獨立處理大多數日常營運作業，而無需與其他單位進行協調連繫。這種獨立運作、鮮少協調的狀況隨著路廊交通壅塞或事件增多，也越來越無法滿足民眾對整體路廊交通績效之要求。

面對壅塞問題，路廊內各運輸路網管理單位大多數努力的重點都放在如何使本身管理之路網優化，針對特定道路設施來佈署特定之ITS系統和策略，較少以全面性系統觀點處理壅塞問題。然而個別系統、路網的最佳化，對於整體路廊運作並不一定是最佳化，就以路廊內之號誌或儀控率為例，鑑於管理單位之不同觀點和優先次序，通常也難以協調運作。

第二節 ICM概述

一、運輸路廊 (Corridor) 及ICM之定義

有鑑於前揭所述問題與挑戰，美國運輸部 (US DOT) 認為，解決城市運輸路廊之壅塞是將路廊內的所有交通路網的運行結合起來，以最大限度地發揮其使用效率和減輕事件發生的影響。

所謂運輸路廊係指人員和貨物的交通需求和流動所定義線性的地理區域，包括提供運輸服務的相關路網模式，例如高速公路、省道、縣道、鐵路、自行車道、人行道，航路等。另外，路廊亦包括各個路網彼此容易銜接的跨路網連接轉運。

ICM係協調個別路網營運，建立能夠進行跨路網管理的互聯系統，其概念是讓運輸路廊中個別獨立運作的路網及其交叉路網連接如圖1所示，可以以更協調一致的方式運行，進而提高整體路廊的吞吐量 (Throughput) 及移動力 (Mobility)。

二、願景

Generic Corridor

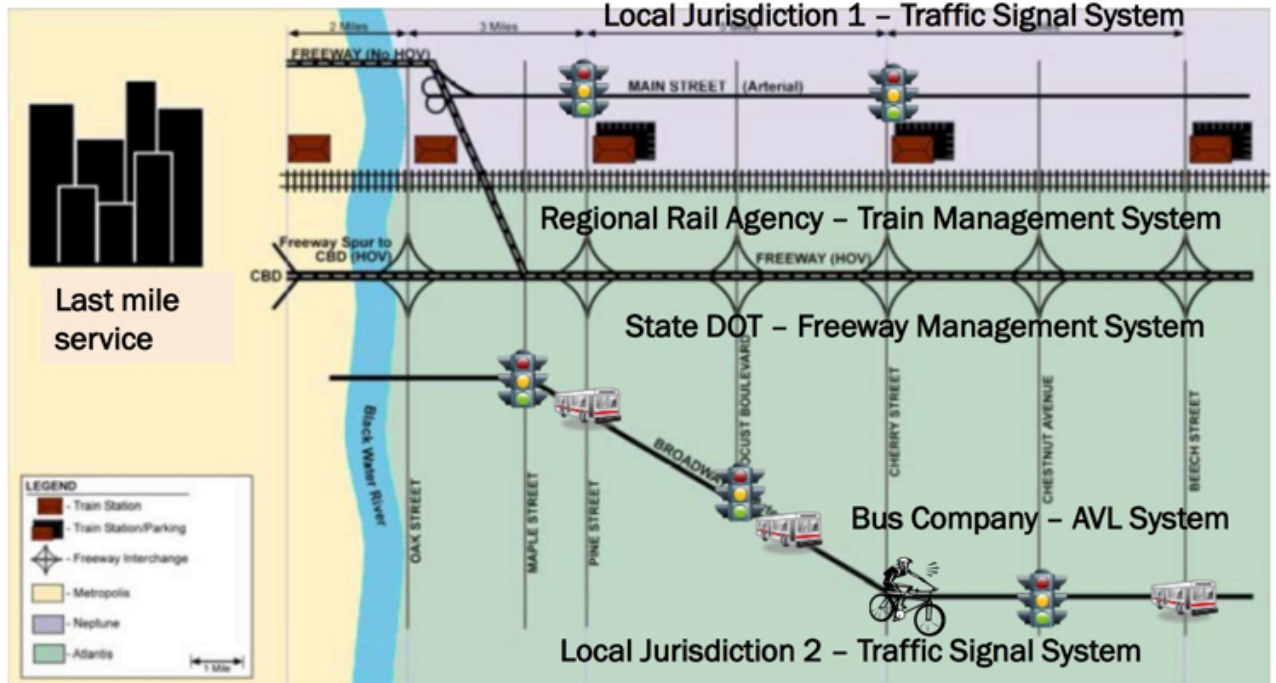


圖1 ICM 路廊示意圖 資料來源：[42]

透過運輸路廊多種運輸模式主動積極的管理，達到人員及貨物安全及有效的移動。透過ICM，個別交通管理單位將根據整體路廊之交通狀況和影響評估，來實施其管理措施，以提昇整體路廊運作績效。

三、目標

- (一) 優化路廊現有交通基礎設施。
- (二) 提供資訊讓用路人做出明智旅行決策或動態轉移運輸方式。
- (三) 減少旅行時間、時間延誤及燃油消耗。
- (四) 提高旅行時間的可靠性和可預測性。

四、基本概念

ICM結合了兩個基本概念：主動管理和整合。

(一) 主動管理：包括監測和評估系統的性能，同時動態地採取行動和提供服務以回應需求的波動。在ICM路廊中，必須主動管理所有單獨的設施和服務，以便在系統中的任何地方回應事件。主動管理的一個重要組成部分就是向

各路網之系統操作員和系統用戶提供訊息，使他們能夠做出最明智的決定和選擇。

(二) 整合：包含制度面整合、營運面整合及技術面的整合。

五、整合類別

整合需要路廊內各運輸系統之資產（道路、設施等）以整體運作的角度進行管理，以便採取對路廊運作最適化之行動。整合的進程說明如下：

《《較不正式		正式》》
協調 (Coordinating)	合作 (Cooperating)	協作 (Collaborating)
<ul style="list-style-type: none"> • 非正式的資訊共享 • 名詞術語的通用 • 協調行動 • 協調提供相關服務 	<ul style="list-style-type: none"> • 路廊資訊共享 • 路廊績效評估量測 • 路廊營運政策之發展 • 路廊營運共識 • ICM需求 	<ul style="list-style-type: none"> • 共享路廊營運願景 • 正式的機構合作 • 整合和互相操作之規劃 • 聯合ICM專案開發 • 共享資源

表2 ICM之整合 資料來源：[42]

整合有三面向之整合：

1. 制度面的整合

協調各道路主管機關和相關業者之間的合作，包括分配具體的業務責任以及相關交通控制議題之協調合作。整合的方法依正式與否區分如下：

《《非正式	《《	》》	正式》》
<p>一般協議。沒有共同的目標</p> <p>基於近期路廊相關問題和個人關係的特別安排</p>	<p>定期舉行會議的非正式工作討論</p>	<p>瞭解每個機構的個別營運目標</p> <p>正式成立聯合工作小組，分配及負責ICM的工作</p>	<p>資金投入（以補助或成立專案計畫等）來進行ICM運作（含ICM經理及專職人員）</p> <p>共同營運目標</p> <p>賦予經費資源及授權、正式成立一單位（政府委員會等），代表ICM開發、實施和營運的機構</p>

表3 ICM之制度面的整合 資料來源：[42]

2. 營運面的整合

路廊中各道路主管機關和相關業者之營運策略，以管理路廊的總容量和運輸需求。可視為實施多道路主管機關運輸管理戰略，促進路廊各運輸網路之間的資訊共享和交叉網路的協調和運作。

《《低度整合	《《	》》	高度整合》》
資訊共享/傳播 <ul style="list-style-type: none"> ■ 資訊共享（資料、影視） ■ 資訊交換平臺 ■ 路廊之旅行資訊系統 ■ 運用旅行資訊設備得知其他運輸模式的狀況 	路網連接的運行效率 <ul style="list-style-type: none"> ■ 大眾運輸的號誌優先 ■ 多模式電子支付 ■ 確保大眾運輸的轉運樞紐連接 ■ 協調的匝道儀控及幹道號誌 	調整/促進路線和運輸模式的轉換 <ul style="list-style-type: none"> ■ 修改幹道號誌時制/匝道儀控率/大眾運輸優先，以利運輸模式的轉換 ■ 藉由旅行資訊的發布，促使路徑/運輸模式的轉換 ■ 重新規劃公車路線 	依短期 / 長期需求來管理容量 <ul style="list-style-type: none"> ■ 車道使用控制 ■ 將一般車道轉換為公車專用道 ■ 增加大眾運輸容量（增加車輛 / 減少班次間隔時間） ■ 實施HOV車道/路肩 ■ 可變速度限制 ■ 調整高速公路收費 / 大眾運輸/停車之費率

表4 ICM之營運面的整合 資料來源：[42]

3. 技術面的整合

透過資訊共享及系統控制功能，以支持即時分析和回應機制。技術面的整合提供資訊、系統操作和控制功能，可以在路網及其各自的運輸管理系統之間有效地共享和散佈的手段（例如單位之間的通信、共享數據、系統介接和相關標準），並透過技術的整合即時瞭解和評估此營運決策的影響。如果沒有制度面和營運面的整合，技術面的整合就無法實現（資料來源：[5]）。技術層面的協定說明如下：

《《較不正式	《《	》》	正式》》
警示訊息透過區域或路廊ITS訊息功能，提供給相關交通管理中心（TMC）。TMC根據與相關利害關係者之通訊連繫採取相關行動。	路廊管理者要求相關TMC依據ICM營運計畫提供特定控制。TMC可以在採取行動之前修改請求，並向路廊管理者報告修改情形。	路廊管理者依據ICM營運計畫，要求及指導相關TMC執行特定控制。	路廊管理者或決策支持系統根據ICM營運計畫直接控制道路現場路側設備（旅行資訊看板、號誌時制、車道控制，大眾運輸優先等）

表5 ICM之技術面的整合 資料來源：[42]

第三節 ICM利害關係者 (Stateholders)

- (一) 道路管理單位: 州交通廳 (DOT)、當地機構 (市縣) 運輸部門、公共工程部、聯邦公路管理局 (FHWA)、收費/收費公路和橋樑/隧道機構等。
- (二) 大眾運輸機構: 當地 (市/縣/區域) 公車業者、地鐵業者、輕軌業者、通勤鐵路業者、聯邦運輸管理局、聯邦鐵路管理局、港務局、渡輪、機場管理部門等。
- (三) 都市計畫規劃單位
- (四) 公共安全單位: 州警察、高速公路巡邏警察、地方警察部門、消防單位、緊急醫療服務等。
- (五) 車隊: 商業車輛營運商 (CVO)、長途貨運公司、本地送貨服務、快遞業、出租車公司等。
- (六) 私部門: 資訊服務提供商、當地電視台和廣播電台、旅遊業者、拖吊業者等。
- (七) 用路人: 通勤者、居民、遊客、駕駛者及其乘客、公車司機、商用車輛司機、自行車/行人等。

(八) 其他

第四節 ICM策略領域

ICM讓運輸路廊中個別獨立運作的路網以更協調一致的方式運行，需考量四方面之策略領域（如圖2），包含需求管理（Demand Management）、負載平衡（Load Balancing）、事件反應（Event Response）及硬體或工程之資本投資（Capital Improvement），在前三個策略領域（需求管理、負載平衡、事件反應）中，可以制定控制策略（如下節所述）以確定實際採取之行動策略。而對於硬體或工程之資本投資領域，則是提出相關的改善建議，例如ITS的安裝等。



圖2 ICM策略領域

資料來源：[43]

(一) 需求管理

需求管理解決運輸路網使用模式，可能應用的需求管理行為類型取決於路廊的運作方式。例如，路廊管理者可能會選擇在路廊內的道路上實施擁堵定價（Congestion Pricing），這可能會使需求轉移到其他道路或改變旅行者的旅行時間，或者路廊管理者可以決定在天氣緊急情況下開通HOV車道等。

(二) 負載平衡

負載平衡包括鼓勵將行程從一個運輸模式轉移到另一個尚有容量的運輸模式，例如路廊管理者於高速公路過度壅塞時，在大眾運輸還有容量下，可能會向用路人通報大眾運輸車站是否方便停車的資訊以及建議大眾運輸方案讓用路人可以儘量如預期時間到達目的地，而不會擁堵在高速公路上。

(三) 事件反應

事件會影響一個或多個交通路網的容量或這些運輸路網的使用。事件產生的效果包括容量減少、需求增加或改變需求模式。

(四) 硬體或工程之資本投資

路廊管理者可能會決定需要改善路廊設施，以解決路廊內的交通問題。這些資本投資可能是在現有設施上路網的附加容量或使用技術（如ITS投資）。進行硬體或工程之資本投資的決定可能不屬於路廊管理者的職權範圍，但他們可以提出建議。

第五節 ICM採行策略

ICM所採行策略與方法係基於空間與時間負載平衡或需求管理的觀念，這些策略既可改善運輸業務，又可透過優化吞吐量（throughput）來提高總體路廊性能和用戶體驗。儘管並非所有策略都適用於全部的ICM路廊，但可以根據現有資源和路廊旅行模式縮小到最佳效果的實施方法或組合。茲將可採行策略分述如下：

(一) 主動交通管理(Active Traffic Management, ATM)

ATM是根據當前和預測的交通狀況動態管理重現性壅塞和非重現性壅塞的能力。ATM運用相關措施期能最大限度地提高設施的效率以維持旅行時間之穩定可靠。透過使用新技術的整合來提高吞吐量（throughput）和安全性，重點是影響用路人有關道路/車道選擇的旅運行為。ATM策略可以單獨部署，以滿足特定的需求，例如利用匝道儀控來控制交通流量，或者可以整合運用以進行全系統的壅塞管理，進而提高系統績效。

1. 路肩開放(Hard Shoulder Running)

為了提高道路通行容量，暫時使用路肩當成一般車道來使用。實施路肩開放可以是高效和安全的，但需要準備預防措施，例如較低的速度限制或運用CCTV等設備進行監視控制。其適用於路網中經常發生瓶頸/問題的區域，即經常性高峰時段之壅塞，使用時機通常由交通需求或固定時間（高峰時段）來觸發，其運作就類似創造一個動態的額外車道，因此需要動態的交通管理控制。

本策略也可以用作車道管理(Managed lanes)，例如做為臨時的公共汽車專用車道開放路肩。



圖3 路肩開放 資料來源：[2]



圖4 路肩開放 資料來源：[2]

2. 交界處控制 (Junction Control)

在上匝道或下匝道定向流的動態車道分配。

動態交界處控制係指調節或關閉交流道上游的特定車道。管理單位可以根據兩條進入道路的交通需求修改通行權限。以圖5而言，這種技術應用在雙向入口匝道，入口匝道的左側車道與高速公路的外側車道融合。透過動態合併控制，高速公路外部或入口匝道的左側車道將在合併時擇一關閉（取決於交通量）。其目的是提供更流暢的交通合併、更高的速度及可靠的旅行時間。



圖5 交界處控制 資料來源：[3]



圖6 交界處控制 資料來源：[2]

3. 車道控制 (Lane Control)

本策略涉及動態地關閉或打開單個行車道，並透過動態車道控制標誌提前顯示車道關閉（一個或多個），以將車輛安全地合併到相鄰車道中，其提供了靈活性以協助事件管理或施工養護活動。當事件發生時，封閉車道上之顯示器將顯示一個紅色的“X”，在事件發生地點前提前通知駕駛者並透過指向相鄰車道的對角線箭頭指示他們應該駛離該車道。

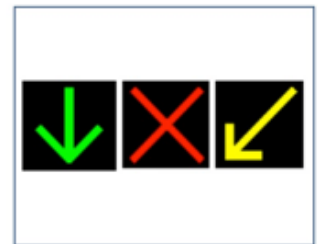


圖7 車道控制 資料來源：[2]

4. 速度協調 (Speed Harmonization)

Speed Harmonization 即為動態限速 (Dynamic Speed Limit) 或可變速度限制 (Variable Speed Limit)，目的是盡量減少車速差異，使車輛平均速度接近安全速度。動態調整關鍵區域的速度限制，以保持流量並降低碰撞風險。Speed Harmonization 允許操作人員根據下游壅塞、事件、天氣或道路狀況動態調整和協調最適合的車輛速度，以最大限度地提高交通吞吐量 (throughput)。

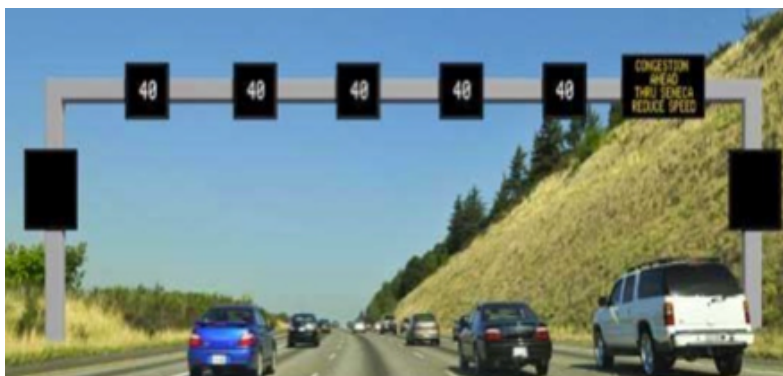


圖8 速度協調 資料來源：[2]

5. 動態匝道儀控 (Adaptive Ramp Metering, ARM)

本策略係在匝道上部署交通號誌，以動態控制車輛進入高速公路的速率。ARM 使用交通流量即時反應或適應性演算法 (而不是固定時間速率)，運用先進技術，例如動態瓶頸識別、自動事件偵測、以及與鄰近幹道交通號誌操作的整合，優化本地或系統範圍的交通狀況。分解進入高速公路的車潮或限制進入匝道的入口來維持平穩的高速公路主線流量，以便

緩和由於合併車輛而引起的高速公路擁擠，進而有效利用現有高速公路之通行能力。

匝道儀控可以根據現場情況控制匝道之交通，或手動優化進入高速公路設施車輛的釋放。以預定固定時間運行的匝道儀控，雖然可以根據歷史需求數據來訂定，但因不是以即時主動方式來管理需求，通常不被認為是主動交通管理（ATM）（資料來源：[2]）。

6. 動態調撥車道（Dynamic Lane Reversal ,DLR）

這種策略動態分配壅塞路段的通行能力，進而可以在一天中將車道使用與交通需求做更好的搭配。調撥的車道增加了公路的容量，透過從對向（非高峰）借入容量來減少壅塞，可以應用於高速公路和主幹道。在高速公路路段，特別是在難以擴建之橋樑和隧道（及其接近的路段）應用本策略之案例如紐約市的林肯隧道之公車專用道。



圖9 紐約市林肯隧道之公車專用道（資料來源：[4]）

紐約市林肯隧道之公車專用道（Exclusive Bus Lane,XBL）是一條2.5英里沿著495號紐澤西州的逆向公車專用道，從紐澤西收費公路通往林肯隧道。它在周日早上尖峰期間運行（大約早上6點到10點），由港務局負責XBL的日常營運，包括此公車專用道之開始及結束、移除故障車輛及處理突發事件等。

依據紐約及紐澤西港務局網站資料顯示（資料來源：[4]），XBL多年來已獲得極大的進展：在1971年的第一個整年營運結束時，這條公車專用道共有大約20.6萬輛公共汽車和870萬人次，如今每年有46.3萬多輛公車和超過1850萬的乘客。以乘客搭乘而言，走此公車專用道，與乘坐495號正常路線相比，平均節省15-20分鐘。

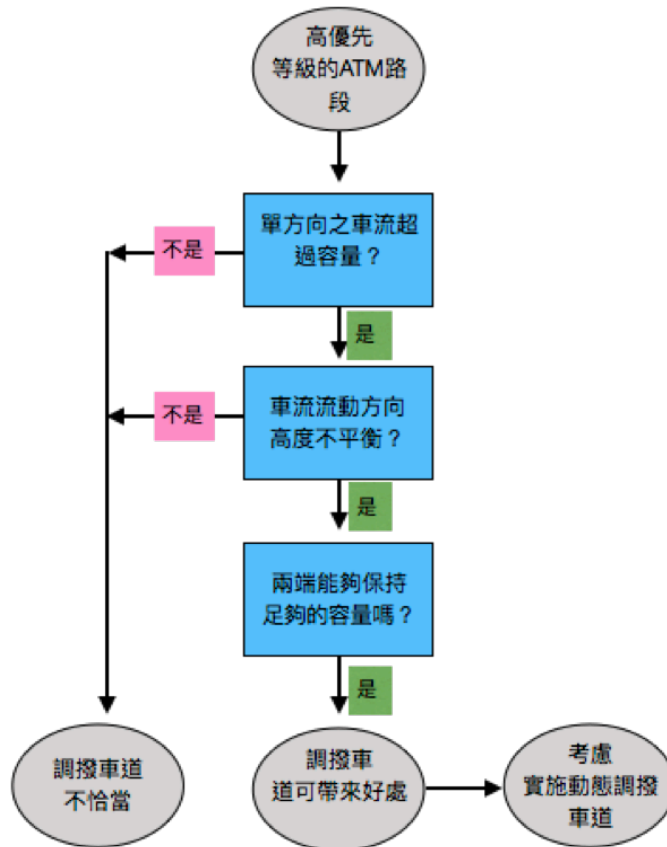


圖10考慮和選擇調撥車道控制的標準（資料來源：[38]）

圖10概述了實施DLR的篩選標準，首先需考慮單方向的車流是否超過容量？從先前路段評估得知哪些路段具有最大重現性壅塞問題，其次需評估車流流動方向具高度不平衡，調撥車道運行原理是利用次要方向尚未使用容量來增加主要方向的容量，本質上，要從次要方向借用一條車道提供給主要方向。當高度不平衡的定向流動存在時，DLR操作是有效的；另一個需考慮的要素是必須在兩個終點都保持足夠的容量，如果容量不足可能會產生瓶頸，削弱（甚至消除）調撥車道的效果。

7. 車道管理(Managed lanes)

車道管理係用來改善或疏導交通流量以回應道路狀況的變化。車道管理包括規定通過車輛的資格（Carpool或大眾運輸），透過可否行駛和價格來控制車道的使用。

8. 車輛排隊警示 (Queue Warning)

這個策略係持續監測交通狀況，根據排隊的位置和嚴重程度以及減速情況提供警示訊息（通常是動態訊息標誌），以提醒駕駛人排隊queue或減速，進而減少追尾事故並提高安全性。

一般來說，排隊警示標誌通常安裝在用於速度協調 (Speed Harmonization) 和車道控制 (Lane Control) 標誌的相同門架上，進而向駕駛人說明為什麼限速和減少/關閉車道。這些警示訊息可讓駕駛人預測即將到來的緊急剎車和減速情況，避免不穩定的行為以降低與停等排隊相關的碰撞可能性。

9. 適應性號誌控制 (Adaptive Traffic Signal Control ,ATSC)

本策略持續監測幹道交通狀況和交叉路口的車輛排隊情況，並動態調整號誌時間，最佳化幹道號誌週期長度、幹道續進時差、時比等號誌策略，就單一路口、幹道及路網等道路交叉路口型態等進行號誌最佳化，以最小化的車輛停等次數、最小化的停等延滯損失時間、最小化的空污排放量、或最大化的幹道續進機會等指標進行動態調整，以有效舒緩道路交通壅塞狀況，提升整體道路路網之行車效率。

(二) 旅行資訊傳播(Traveler Information Dissemination)

提供用路人預估的旅行時間資訊，以讓用路人於行前或行中做更好的旅行決策。

(三) 增加大眾運輸班次(Transit supply increase)

(四) 公車專用道(Transit only lanes)

(五) 大眾運輸專用號誌(Transit Signal Priority)

本策略係調整交叉路口的號誌，俾利大眾運輸通行。通常，接近交通號誌的公車將號誌優先之請求傳輸到交通號誌，但也可能是由集中式交通優先管理系統下的指令。當交通號誌收到請求時，號誌控制器應用邏輯規則來決定是否提供優先權，這些規則包括考慮公車是否比預定時間表落後、沿途的交通號誌狀態等。在大多數情況下，優先號誌的形式是延長綠燈或縮短其他階段，以便提早開始下一個綠燈。在簡單的TSP系統中，每個號誌控制器獨立運作，直接檢測到主線是否收到任何優先請求，因係獨立運作，並不涉及任何外部系統或考慮其他號誌控制器的狀態。在集中式交通優先管理系統中，系統可以確定何時在各個交叉路口請求優先號誌，並採用來自交通號誌反饋的更複雜規則。

(六) 適應性匝道儀控(Adaptive ramp metering)

(七) 跨機構間資訊共享(Inter-agency information sharing)

(八) 整合電子收費(Integrated electronic payment)



圖11 Demand Management之策略措施 (資料來源：[44])

- (九) 擁擠收費(Congestion pricing)或動態收費(Dynamic pricing)：此為 Demand Side之策略措施，以價格抑制某些時段之交通流量。
- (十) 目的地 (Target Destination)：目的地已呈容量飽和狀態，應試圖導引旅客至其他地區旅遊。
- (十一) 停車管理系統 (Parking Management system)：可將車輛停在外圍地區，再搭乘Shuttle入市區或目的地。
- (十二) 反應式Shuttle系統(Responsive Shuttle)：市區或景點巡迴式shuttle
- (十三) 需求管理系統 (Demand management system)：掌握目的地或重要地區之容量，包含整個市區可容納多少車輛、旅館訂房狀況、停車場動態停車狀況等動態訊息。

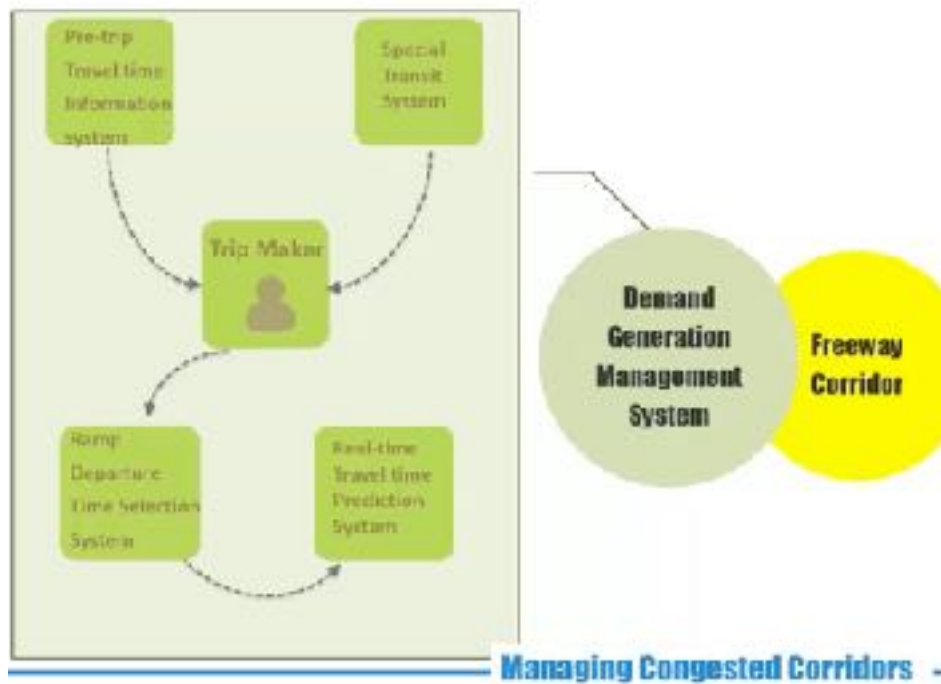


圖12 Demand Generation Management System之策略措施 (資料來源：[44])

第六節 ICM之AMS (Analysis, Modeling, Simulation)

由於上節所述ICM可採行策略與方法並非都適用於全部的ICM路廊，但可以根據現有資源和路廊旅行模式縮小到最佳效果的實施方法或組合。ICM AMS提供了評估這些策略的方法，幫助ICM經理成功分析及找到合適之策略組合。AMS不是作為一次性獨立的規劃過程執行，它需要持續不斷的試行及改進過程，以設計和完善ICM之執行策略。

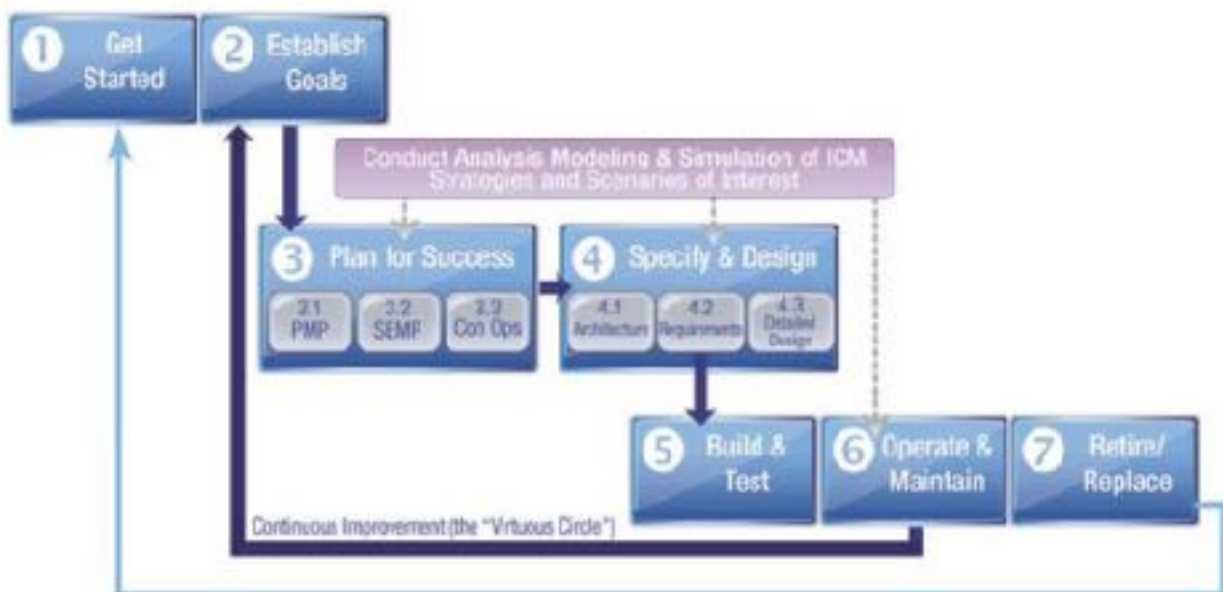


圖13 ICM實施流程階段 (資料來源：[45])

執行AMS方法的時機在上圖之ICM實施流程階段第3階段及第4階段，執行的內容如下：

一、建模工具 (Analysis, Modeling, and Simulation Supporting Tools)

多層次分析工具對實際狀況提供全面性的瞭解，從微觀到巨觀，其所使用的工具，每種工具類型具有不同的優點和局限性。

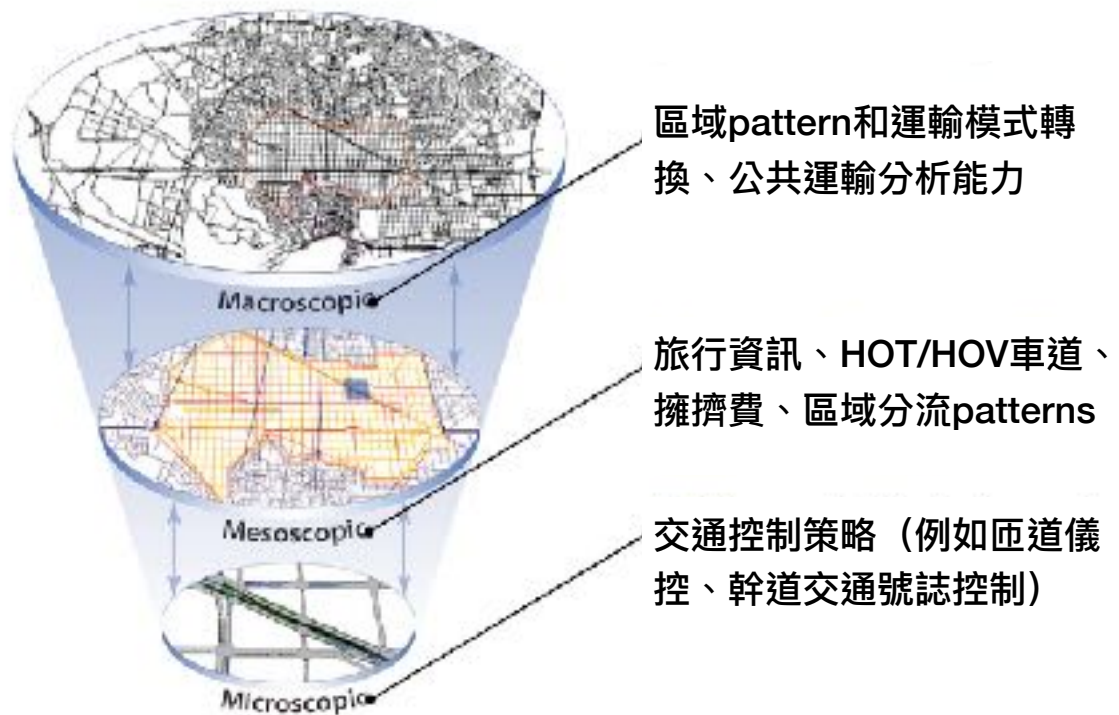


圖14 多級分析工具 資料來源：[7]

二、模型校準和驗證

準確的校準是正確建模的必要步驟。在分析ICM策略之前，需針對ICM AMS建模工作確定模型驗證/校準標準。

三、不同的運行條件分析

需考慮在不同運行條件下分析多模式旅行情境的工具和程序，特別是重現性和非重現性的交通壅塞，非重現性運行條件（即例如施工，特殊事件，天氣等）的發生頻率也是很重要的考慮因素。

四、績效評估

使用的績效度量包含移動力 (Mobility) 、可靠度 (Reliability) 、空污及油耗 (Emissions and Fuel Consumption) 及成本效益比較 (Benefits and Cost Comparison) 。

第七節 ICMS及ICMS計畫流程

一、ICMS (Integrated Corridor Management System)

ICMS是ICM之底層基礎設施，使機構能夠以有效的方式執行管理過程。ICMS是一套工具，可幫助路廊的運輸路網管理人員進行管理，使整體運作在最佳水平。

二、ICMS計畫流程

在達拉斯和聖地亞哥的ICM示範計畫運用了系統工程的方法進行部署，其提交之文件包括運行概念 (Conops) 、專案管理計畫 (PMP) 、系統工程管理計畫 (SEMP) 、系統要求規範 (SRS) 、設計文件 (SDD) 等。其計畫執行流程步驟如下：

- (一) 概念建構：在計畫開始，需先開發一個Conops (Concept of Operations) ，以便利害關係者清楚了解為什麼需要ICMS，釐清建議的系統打算做什麼，以及如何參與系統的運作。
- (二) 計畫規劃：運用系統工程的方法，分析不同方案的優缺點，並了解開發和維護每個備選方案文件所需投入的工作要求。考量風險的承受程度，來平衡系統工程要執行的嚴謹程度。開發一個SEMP來實現計畫開發的品質要求，並最終產生一個成功的ICMS。SEMP詳細介紹使用的需求文件和管理方法、需求的可追溯性機制，以及將如何進行開發、演練以及測試。
- (三) 需求定義和分析：開發邏輯架構是描繪ICMS未來將具備什麼功能的重要步驟。邏輯架構和需求應經發展、反饋再發展之反覆過程。好的需求說明書應從系統整體角度撰寫，而不是因應個別用戶的需求，而且應該簡明扼要，並具有唯一可識別元素。
- (四) 系統設計：初步開發的ICMS設計，應有彈性空間可加入設計其他之策略，使每個單獨元件得以改進，而不受整體系統的限制。運用雛型系統進行早期測試在構建用戶介面時很有用，這可以在利害關係者會議之前進行，以幫助促進搜集利害關係者的反饋和對設計的了解。

- (五) 分析、建模和模擬：可以使用AMS工具來評估運作策略，實施後持續監控變化的狀況和運作效率。分析個別設計可能性，以確定哪些是可行的，哪些提供最佳效能，哪些是最具成本效益的系統實施方法。
- (六) 構建和測試：考慮對系統的新元件使用反覆(iterative)之構建過程。例如，可以使用多種策略以多種方式開發決策支援系統。可能需要探索幾個選項來滿足利害關係者的期望。當使用新工具存在不確定性時，反覆(iterative)可以幫助逐步開發。在系統實施的每個階段也需進行驗證。在驗收測試之前進行多次運行測試，這將幫助需要遠程參與的人員在其工作站上確認使用指揮和控制功能。
- (七) 操作和維護：精心策劃有條理的移轉計畫可以加速從舊設備轉移到新設備。在轉換過程中，利害關係者和維護人員之間應進行良好的溝通。
- (八) 培訓：充分培訓所有營運和維護(O&M)人員，並定期召開團隊會議，以不斷改進運作流程。
- (九) 系統汰換：制定相關指標分析系統績效，以確定何時可能需要汰換系統。

第八節 先鋒實驗地點

美國運輸部(USDOT)於2006年啟動了ICM研究計畫，以探索和發展ICM的概念和方法，並推動在全國部署ICM系統。最初選定了八個先鋒實驗地點(Pioneer Sites)，其中三個地點繼續對其路廊上潛在的ICM策略進行分析、建模和模擬(AMS)。在最後階段，選擇兩個地點進行示範計畫(Pioneer Demonstration Sites)-美國德州達拉斯的75號路廊(US-75 Corridor)和加州聖地亞哥的15號州際公路(I-15)，部署和展示他們的ICM系統。

達拉斯和聖地亞哥的系統已於2013年春季上線。每個示範計畫分為兩個階段：設計和部署，以及營運和維護。這兩個地點都選擇開發一個決策支持系統(DSS)作為一個技術工具，以促進相關機構協議和整合運作。儘管此二地點的DSS方法略有不同，但基本過程相似。DSS從智慧型運輸系統(ITS)收集交通數據，並利用這些資訊預測路廊未來的狀況，如果發生事件(重現性或非重現性)且預計會達到先前建立的壅塞門閾值，則DSS將產生反應計畫。這些計畫包含多種策略的組合，以解決特定的壅塞情況。反應計畫基於詳細的業務規則，確定路網或設施等資產可以使用的條件，可能會根據事件的大小、時間、路網壅塞程度等因素以及政策限制而有所不同。DSS透過模擬來確定哪個計畫將最有效地解決壅塞問題，進而推薦和排列反應計畫，提醒營運機構接受或拒絕這些計畫；如果被接受，該計畫將被執行。

另外，這兩個地點都將大眾運輸納入其ICM方法。在達拉斯，達拉斯地區快速運輸（Dallas Area Rapid Transit ,DART）主導經營輕軌和公共汽車服務計畫的設計和實施。在聖地亞哥，大都會交通系統（MTS）是一個重要的ICM利益相關者，其公車快速運輸系統（BRT）亦被納入ICM反應計畫。

在這兩個地點，公共汽車主要作為因交通事故造成需轉移用路人以應對路網嚴重壅塞狀況。由於路網營運機構等的監測能力和訊息共享得到強化，大眾運輸和道路主管機關相互受益，因此事件發生時，緊急疏導意識也有所提升。

另外，在將訊息推播給用路人方面，達拉斯和聖地亞哥開發的智慧型手機app，可方便用路人獲得多種運輸模式的訊息，而不僅限於公路旅行時間，俾利用路人做出更好的決策。這對於大眾運輸營運機構來說，意味著用路人可以獲得有關公共汽車或火車到達時間的即時訊息，也是一種吸引新乘客的方式。

由美國AMS的結果顯示，ICM可以透過鼓勵用路人從開車轉向搭乘大眾運輸來提高大眾運輸的利用率，特別是在事故發生的情況下。然而，要達到這種效果，停車位擴建似乎是關鍵推動力。因此，達拉斯和聖地亞哥增加了停車位以作為其ICM方法的一部分，且於該網站提供轉乘站之停車位訊息，以便駕駛人若於路上遇到壅塞時，知道他們是否可以將車停在附近的路段再轉乘大眾運輸（資料來源：[5]）。

	反應計畫策略	合作夥伴
<p>達拉斯</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 根據高速公路事件的嚴重程度，轉移到臨街道路、主幹道或輕軌 • 實施動態號誌時制，以最大限度地提高分流路線的吞吐量 • 通過511系統提供有關交通狀況（包括速度），公共交通和停車場可用性的即時資訊 • 在動態訊息標誌提供分流建議（包括運輸模式轉換到輕軌） 	<ul style="list-style-type: none"> • 達拉斯地區捷運 • 達拉斯市 • 高地公園鎮 • 北德克薩斯州的收費公路管理局 • 普萊諾市 • 理查森市 • 德克薩斯州交通部 • 大學城公園
<p>聖地牙哥</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 透過新開發511智慧型手機應用程式，提供道路和旅行前訊息以及公共運輸路網訊息 • 使用匝道儀控來協調號誌時制，以優化高速公路和主幹道之間的運輸模式轉換 • 採用動態訊息標誌的方式在幹線上重新引導轉向高速公路 	<ul style="list-style-type: none"> • 聖地牙哥政府協會（SANDAG） • 加利福尼亞州交通廳 • 埃斯孔迪多市 • 大都市運輸系統 • 聖地亞哥市

表6 ICM示範計畫 資料來源：[8]

第三章 美國智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System , ITS)發展

智慧型運輸系統係將通信和資訊技術應用整合到各運輸系統的管理和運行當中，為推進交通安全、移動能力（Mobility）和永續綠色運輸提供了一套成熟的策略。未來，ITS技術將透過在車輛、基礎設施和用路人無線設備之間提供連接來改變道路之運輸，進而允許駕駛員發送和接收有關潛在危險和道路狀況的即時訊息。美國運輸部（USDOT）ITS研究計畫重點是透過對新興ITS技術的投資以及對部署ITS的評估來支持ITS的整體進步。依據其ITS聯合計畫辦公室（Joint Program Office, JPO）之ITS知識資源內容顯示最新應用領域和亮點分別為：（資料來源：[15]）

- 一、車聯網-安全（Connected Vehicle-Safety）
- 二、車聯網-移動力（Connected Vehicle-Mobility）
- 三、車聯網-環境（Connected Vehicle-Environment）
- 四、自駕車（Automated Vehicles）
- 五、智慧城市（Smart Cities）
- 六、無障礙交通（Accessible Transportation）
- 七、隨需移動力（Mobility on Demand）
- 八、幹道管理（Arterial Management）
- 九、高速公路管理（Freeway Management）
- 十、道路操作與維護（Roadway Operations and Maintenance）
- 十一、防撞與安全（Crash Prevention and Safety）
- 十二、道路天氣管理（Road Weather Management）
- 十三、大眾運輸管理（Transit Management）
- 十四、交通管理中心（Transportation Management Center）
- 十五、替代燃料（Alternative Fuels）
- 十六、交通事件管理（Traffic Incident Management）
- 十七、緊急應變管理（Emergency Management）
- 十八、旅行者資訊（Traveler Information）
- 十九、駕駛者輔助（Driver Assistance）
- 二十、資訊管理（Information Management）
- 廿一、商車（Commercial Vehicle Operations）
- 廿二、貨運聯運（Intermodal Freight）

二十三、電子支付與計價 (Electronic Payment and Pricing)

上述各ITS應用領域績效之衡量可區分為六類，各類均有相關績效指標，分述如下：

一、安全性 (Safety)：安全性是透過碰撞率或其他替代措施之變化進行衡量，例如車輛速度、交通衝突事故或交通違規行為等。

二、移動力 (Mobility)：以旅行時間、節省之延遲時間、節省之旅行時間以及是否準時來衡量。

三、效率 (Efficiency)：透過在現有道路路網或大眾運輸系統中增加容量或服務水準來表示。

四、生產力 (Productivity)：為運輸業者、旅客或託運人節省之成本，可以記錄做為生產力的改善。

五、能源和環境 (Energy and Environment)：能源和環境效益通常透過節省燃料和減少污染物之排放等紀錄來衡量。

六、客戶滿意度 (Customer Satisfaction)：客戶滿意度調查結果記錄了民眾或目標族群對部署ITS的看法，通常以調查結果來衡量。

第一節 應用領域與亮點

一、車聯網-安全 (Connected Vehicle-Safety)

美國運輸部 (USDOT) 的車聯網計畫正在州及地方政府交通機構、車輛和設備製造商以及民眾進行測試和評估技術，使汽車、公車、卡車、火車及道路等基礎設施與智慧型手機和其他設備相互“溝通交流”。例如，在高速公路上之汽車將使用短距離無線電信號來相互通訊，所以道路上之車輛將意識到其他附近的車輛（例如正在靠近之卡車、視覺死角之車輛、前方車輛急剎車等），或駕駛員在有人靠近交叉路口闖紅燈時收到危險情況通知和警示，或進入學區時收到警示等應用。這些安全應用集中在提供基本安全訊息 (Basic Safety Message, BSM)，包含有關車輛位置、行駛方向、速度以及與車輛狀態和預測路徑有關的訊息，使駕駛員能夠對其無法看到的危險情況有360度的認知。

車聯網安全應用包括車對基礎設施 (V2I) 和車對車 (V2V) 之應用。

(一) 車對基礎設施 (V2I) 的安全應用

1. 紅燈違規警示 (Red Light Violation Warning, RLVW) : 向車載設備廣播號誌相位、時間 (signal phase and timing, SPaT) 和其他資料的應用，以讓車輛計算並警告駕駛員即將發生違規闖紅燈之情形。
 2. 違反停車標誌的警示 (Stop Sign Violation Warning, SSVW) : 如果駕駛員有違反停車標誌的風險，則將停車標誌位置廣播到車載設備，讓車輛提供警示予駕駛員。
 3. 停車標誌間隙輔助 (Stop Sign Gap Assist, SSGA) : 利用路邊設備廣播訊息向駕駛員警告在雙向停止控制交叉路口的潛在碰撞。
 4. 行人於十字路口的警示 (Pedestrian in Signalized Crosswalk Warning) : 警告駕駛者有行人在號誌交叉路口的人行道內。
 5. 彎道速度警示 (Curve Speed Warning, CSW) : 向車載設備廣播精確幾何和路面摩擦的訊息，以警告駕駛員正以不安全的速度接近彎道。
 6. 現場天氣影響警示 (Spot Weather Impact Warning, SWIW) : 將氣候資料傳遞給路側設備，再由路側設備廣播至附近車輛，以向駕駛員發出當地危險天氣狀況之警示。
 7. 降低速度/施工區域警示 (Reduced Speed/Work Zone Warning, RSZW) : 利用路側設備向車載設備廣播以警告駕駛員降低速度、改變車道，或留意施工區域內停止通行。
- 其他V2I安全應用包括大型車輛警示 (Oversize Vehicle Warning, OVW) 和鐵路穿越違規警示 (Railroad Crossing Violation Warning, RCVW)。這些應用已經開發了操作概念，但尚未在運作環境中進行雛型和測試。

(二) 車對車 (V2V) 的安全應用



圖15 車對車 (V2V) 示意圖 資料來源：[25]

V2V設備將使用專用短距通訊（DSRC）向附近的車輛傳輸諸如位置、方向和速度的資料。該資料將不斷被更新，每秒播放最多10次，而附近配備V2V設備的車輛可以識別風險，並向駕駛員提供警示，以避免即將發生的事故。

1. 前進碰撞警示（Forward Collision Warning , FCW）：警告駕駛員停車、減速或前有慢車。
2. 緊急電子剎車燈警示（Emergency Electronic Brake Light , EEBL）：警告駕駛員在車隊中前方車輛緊急剎車。EEBL將使車輛能夠廣播其緊急剎車，以讓周圍車輛確定緊急剎車事件的相關性並提醒駕駛員。當駕駛員的能見度受到限制或阻礙時，EEBL將特別有用。
3. 交叉路口移動輔助（Intersection Movement Assist , IMA）：警告在交叉路口從側面方向駛來的車輛可能會發生事故。IMA主要在避免交叉路口之碰撞，其發生碰撞主要分為兩種場景：轉向相同方向或相反方向的直交叉路徑。



圖16 交叉路口移動輔助（IMA） 資料來源：[16]

4. 左轉輔助 (Left Turn Assist , LTA) : 警告駕駛員在前方即將迎來車輛時，不要左轉。LTA解決了車輛在十字路口左轉，另一輛車從相反方向直行的事故。
5. 不准通過之警示 (Do Not Pass Warning , DNPW) : 在嘗試通過較慢的車輛時，警告相反方向有來車。 DNPW將幫助駕駛員避免由於試圖通過車輛而導致相反方向的事故。



圖17 儀表板上顯示DNPW訊息 資料來源：[15]

6. 盲點/車道變更警示 (Blind Spot/Lane Change Warning , BS / LCW) : 警告駕駛員接近或相鄰車道盲點區域車輛的存在。

二、車聯網-移動力 (Connected Vehicle-Mobility)

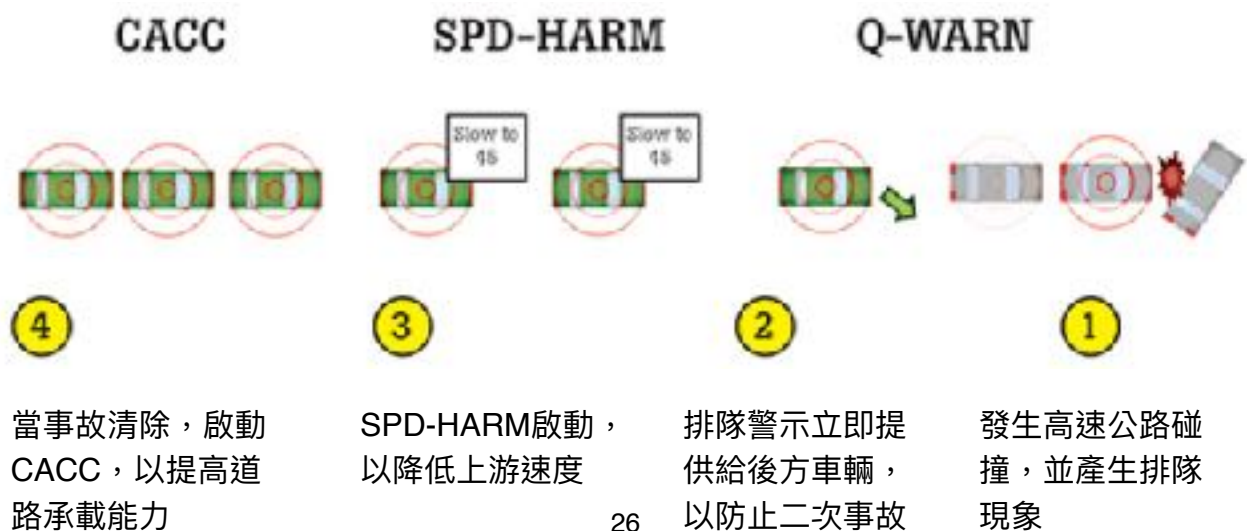
在車聯網的環境中，即時資料可從汽車、卡車和公車上的設備以及現場基礎設施的網路中以無線方式傳輸取得，以供運輸管理人員管理運輸系統以獲得最佳效能。美國運輸部 (USDOT) 的ITS聯合計畫辦公室 (ITS JPO) 主導的一項動態移動應用計畫 (Dynamic Mobility Applications program) ，著重於創新移動應用的開發、測試、商業化和部署，充分利用新技術和聯邦的資金來改變交通系統管理，提高系統的生產力及個人的可及性，其開發六個動態交通應用如下：

- (一) 多模式智慧交通號誌系統 (Multimodal Intelligent Traffic Signal System, MMITSS) MMITSS應用主要係開發一個綜合的交通號誌系統，為所有運輸方式 (公車，救護車等緊急車輛，貨運車隊，行人等) 提供服務。MMITSS應用包括：

1. I-SIG-智慧交通號誌系統：為優化整體系統應用，處理並利用資料，優先讓救護車等緊急車輛、大眾運輸、和貨運以及行人通行。
2. PREEMPT-緊急車輛優先：為救護車等緊急車輛提供號誌優先的應用程序，並可應對多個緊急請求。
3. TSP-大眾運輸號誌優先和FSP-貨運號誌優先：此二應用程序，提供公車在交叉路口和主幹道的號誌優先，以及主幹道貨車之號誌優先。
4. PED-SIG-無障礙行人號誌系統：讓視障人士的智慧型手機自動呼叫交通號誌以及用音頻提示於人行道上安全導航的應用程序。

(二) 智慧路網交通流量最佳化 (Intelligent Network Flow Optimization, INFLO) INFLO主要透過車聯網、旅行者和基礎設施獲取的頻繁收集和快速傳播的數據來改善道路吞吐量並減少碰撞，INFLO應用包括：

1. 動態速度協調 (Dynamic Speed Harmonization, SPD-HARM)：SPD-HARM允許駕駛員根據下游壅塞、事件、天氣或道路狀況動態調整和協調最適合的車輛速度，以最大限度地提高交通吞吐量並減少碰撞。
2. 排隊警示 (Queue Warning, Q-WARN)：Q-WARN為駕駛員提供即將到來的排隊壅塞警示，以便安全地剎車、改變車道或修改路線，使碰撞可能最小化。Q-WARN使用車聯網技術，包括車對基礎設施 (V2I) 和車對車 (V2V) 通信，使排隊事件中的車輛能夠自動將其排隊的狀態訊息廣播到附近的上游車輛和交通管理中心。
3. 合作適應性巡航控制系統 (Cooperative Adaptive Cruise Control, CACC)：CACC的目標是動態和自動地協調排隊車輛之間的巡航控制速度，以顯著提高交通吞吐量。透過緊密協調車輛行駛，可以顯著減少車輛之間的距離，進而平滑交通流量和改善交通流量穩定性。參與CACC的車輛需使用DSRC。



(三) 事件回應、緊急通訊、統一管理和評估 (Response, Emergency Staging and Communications, Uniform Management, and Evaluation, R.E.S.C.U.M.E.) R.E.S.C.U.M.E.主要在改變事件管理過程，其試圖快速發現和評估事件對交通流量的影響，來建立撤離流程模型，並將訊息推播到駕駛員，以幫助緊急事件處理之人員得以最及時的方式識別可用資源並進行資源分配。包括3個應用程序：

1. 事件現場於緊急事件處理人員到達前之指導 (Incident Scene Pre-Arrival Staging Guidance for Emergency Responders, RESP-STG)：本應用程序在發生事件時向緊急事件處理人員提供現場訊息。它可以透過提供關於路徑、調度決策和計畫的輸入來幫助建立安全的事件工作區。
2. 駕駛員和工作人員的事件現場工作區域警告 (Incident Scene Work Zone Alerts for Drivers and Workers, INC-ZONE)：此應用程序包含兩部份，一個警告駕駛員以不安全速度接近臨時工作區;另一個透過警示音系統警告公共安全人員和其他在該區工作人員。
3. 應急通訊和疏散 (Emergency Communications and Evacuation, EVAC)：本應用程序涉及兩種不同撤離需要：
 - (1) 對於自行開車者，EVAC提供動態路線訊息、當前交通和路況、可供住宿位置以及燃料、食品、水、自動取款機和其他必需品的位
置。
 - (2) 對於傷亡等需要幫助人員，EVAC提供訊息來識別和定位此類人員，以及識別現有服務提供商和其他可用資源的訊息。

(四) 整合性動態運輸 (Integrated Dynamic Transit Operations, IDTO)
IDTO主要係將乘客運輸、動態安排、運行調度以及車輛路線選擇等旅客和營運商之功能整合成單一系統。包含下列應用程序：

1. T-Connect (Connection Protection, 連接保護)：透過監視進入此區域和離開此區域之車輛及旅行者，確定其如何行進及是否可銜接運送，進而增加成功運輸的可能性，並向這些方向之車輛發起必要的通知以尋求支持。

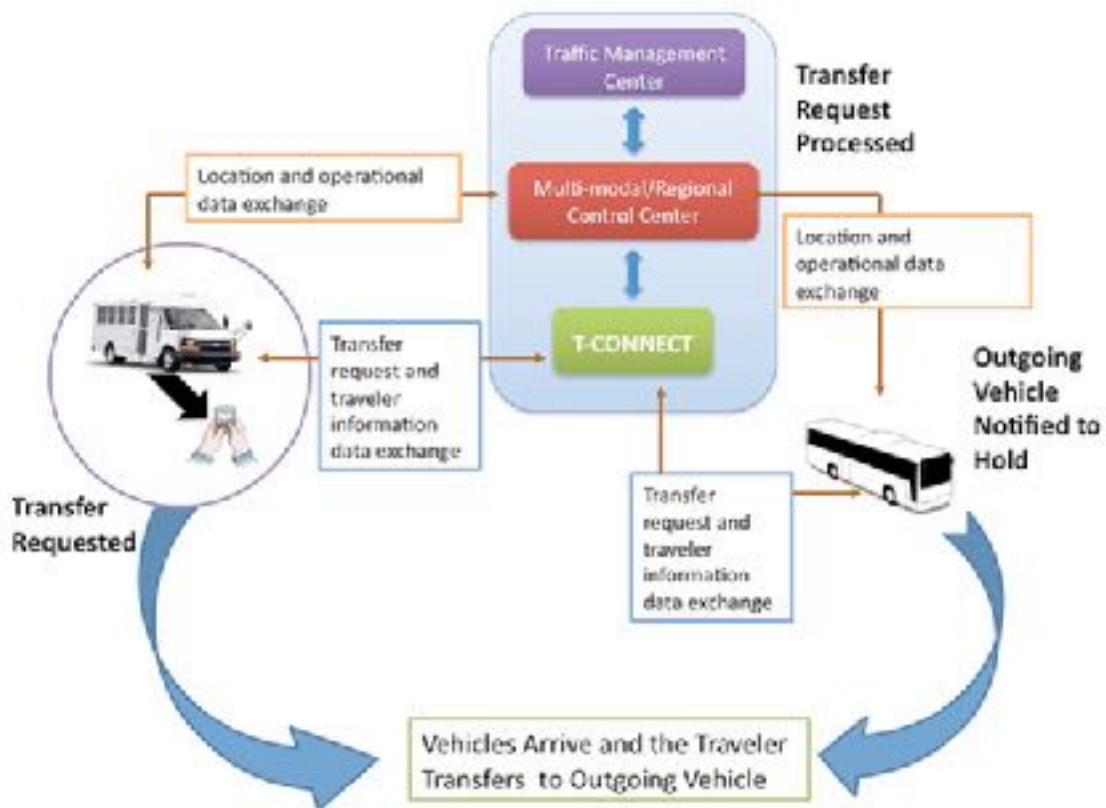


圖19 T-Connect概念圖 資料來源：[17]

2. T-DISP (Dynamic Transit Operations, 動態運輸操作)：對於旅行者，T-DISP提供了有關旅行相關的即時訊息。對於營運商，T-DISP擴展了需求反應式的服務，以支持動態路徑和調度。
 3. D-Ride (Dynamic Rideshare, 動態共乘)：即時調度以便在很短的時間內安排共享乘車。
- (五) 貨運先進旅行者資訊系統 (Freight Advanced Traveler Information Systems, FRATIS) FRATIS應用程式提供貨運運輸特定的路線和優化短駁作業，以便貨運設施之間的負載協調，以減少空載行程，其兩個應用如下：
1. 貨運特定之動態旅運規劃和績效：本應用主要在彙整營運商所需的旅行資訊、動態路徑和績效監控元件，該應用程式利用公部門現有資訊以及新興的私部門應用程式，另外尚包括即時高速公路和關鍵幹道之道路速率和容量、事件訊息、道路封閉訊息，路線限制、橋樑高度、卡車停車可用性資訊、手機或藍牙移動/速度數據、天氣資訊和車隊管理系統的資訊。
 2. 短駁優化：本應用主要在將集裝箱裝載匹配和貨運資訊交換系統結合起來，以充分優化短駁作業，進而減少短尾、空轉或浪費里程之現象。透過本應用，美國之運輸和貨運業也有機會解決一些關鍵的行業差距

問題，以真正優化貨運承運人的行程。但本項應用需要廣泛的溝通，包括鐵路運輸公司，大都市規劃組織（MPO）、交通管理中心（TMC）、客戶和貨運公司本身，以評估所有變量並產生優化的行程。

(六) 啟用先進旅行者資訊系統（Enabling Advanced Traveler Information Systems, EnableATIS）：EnableATIS之重點是展望未來的營運環境，為先進旅行者資訊系統應用之開發提供支持和實現之服務框架。EnableATIS啟動了兩項先進技術的探索性基礎研究，以推斷旅行者行為資訊（MIT的CloudCar和明尼蘇達大學的SmarTrac），這兩項研究測試仍在進行中。圖20說明了車聯網-移動力（Connected Vehicle-Mobility）應用程序雛型展示的地理分佈。



圖20 車聯網有關移動力相關應用之雛型展示分布 資料來源：[17]

三、車聯網-環境（Connected Vehicle-Environment）

車聯網於環境之應用，在即時訊息綜合研究計畫中（Applications for the Environment: Real-time Information Synthesis, AERIS），其鼓勵開發技術和相關應用，以支持運輸與環境之間永續之關係，減少燃料使用和溫室氣體排放。AERIS計畫調查了五種操作場景，分別為：生態號誌運作（Eco-Signal Operations）、生態車道（Eco-Lans）、低排放區（Low Emissions

Zones)、生態旅遊資訊 (Eco-Traveler Information) 和生態整合式路廊管理 (Eco-Integrated Corridor Management)。

四、自駕車 (Automated Vehicles, AV)

自駕車也稱為無人車 (self-driving or driverless vehicles)，不需要人為操作即能感測環境及導航，使用感測器和自動化車輛技術，可以規劃路線、協調車道變更和轉彎、管理速度和協助停車等，相關探討詳見本報告之第四章。

雖然自動駕駛不需要CV，但CV應用程序可望提高AV的運行能力，並帶來提高安全性、改善燃油經濟性、減少停車需求等好處。美國運輸部

(USDOT) ITS聯合計畫辦公室 (ITS JPO) 已將推進車輛自動化列為重要之戰略重點。

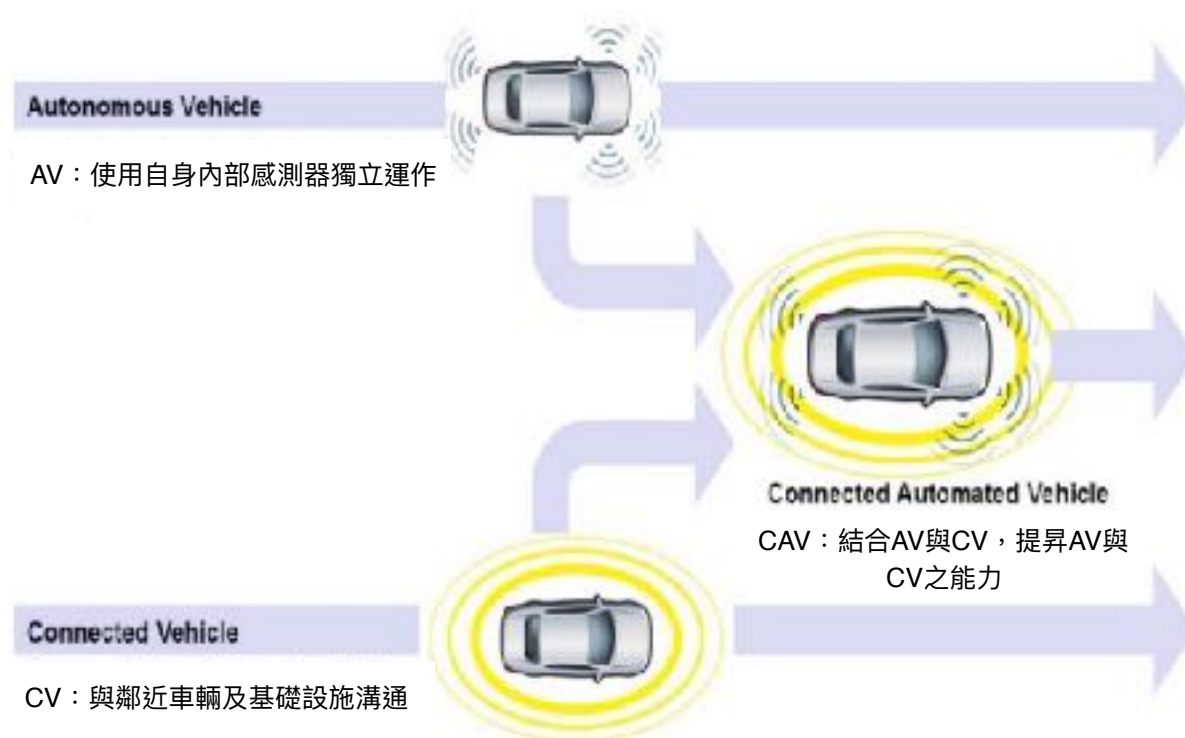


圖21 CV與AV技術之整合 資料來源：[18]

五、智慧城市 (Smart Cities)

智慧城市為目前全球都市的發展趨勢，其係利用資通訊技術協助解決各種日益複雜且嚴重的都市發展問題，以及在有限資源下的效率利用，並透過不同領域的具體實踐達到經濟發展、社會正義與環境保護兼籌並顧的永續發展。

智慧型運輸系統 (ITS) 為創新運輸解決方案奠定了基礎，其為智慧城市重要之一環。整合ITS、CV、AV、電動汽車和其他先進技術以及利用共享經濟的新移動概念，在城市將提供更好的旅行體驗，使人員和貨物移動更安全有效，

而透過加強交通運輸系統的有效管理和運行，智慧城市解決方案將可充分利用現有的基礎設施投資，提高城市和地區的吸引力和競爭力。

美國運輸部（USDOT）和ITS聯合計畫辦公室（ITS JPO）為推動智慧城市之概念，資助了智慧城市挑戰計畫（Smart City Challenge），該計畫邀請中等規模城市提交發展智慧城市之提案，總共有78項提案，選出了7名決賽入圍者，並邀請他們提出更實質之運作理念。俄亥俄州哥倫布市（Columbus, Ohio）最終被選為挑戰賽之獲勝者，現在將發展其利用運輸網路、強化人本服務、電動汽車基礎設施和整合資訊交換等之理念，以確保改善安全、移動力、環境和獲取可及公平性（equitability of access）。

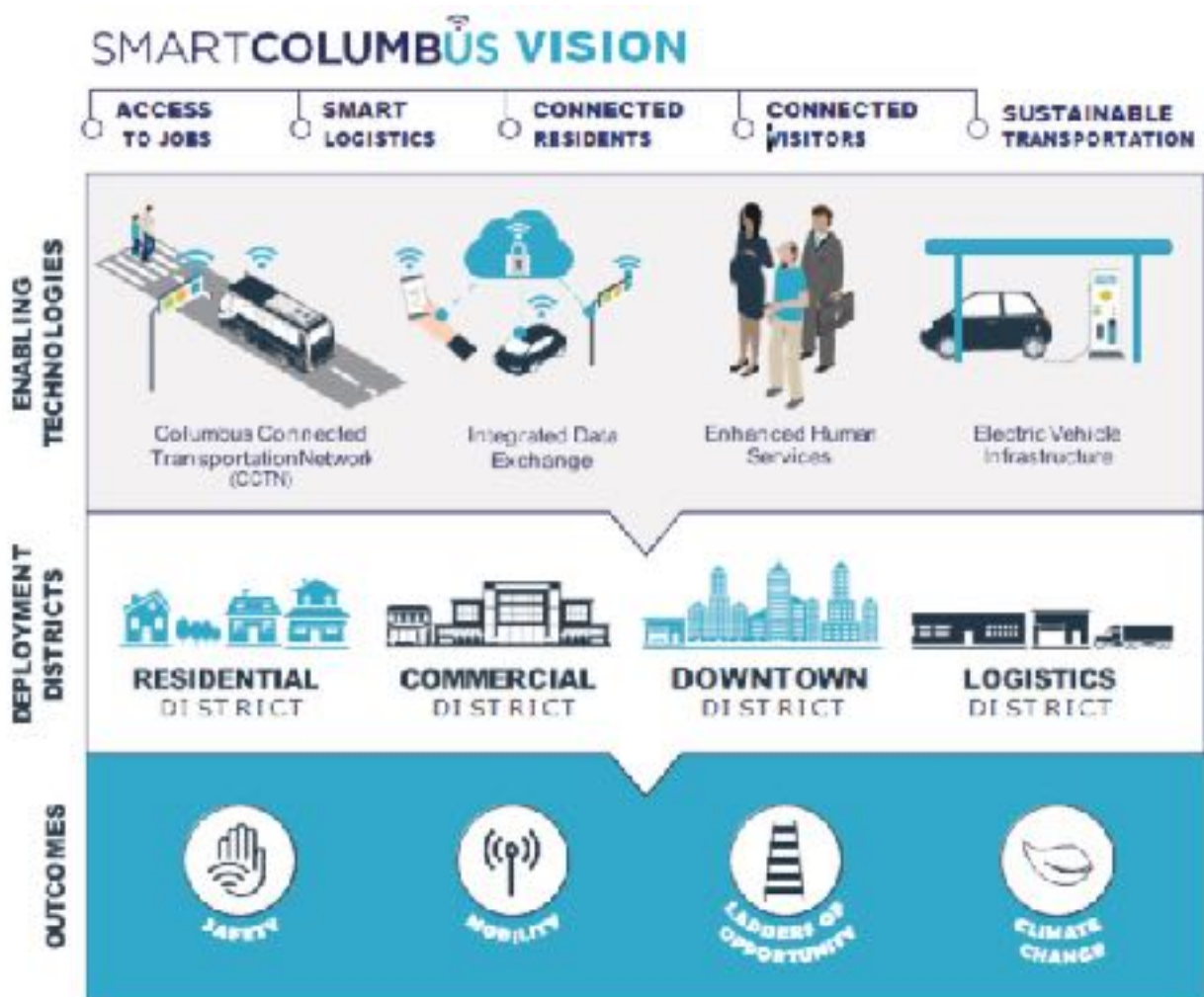


圖22 哥倫布市於智慧城市挑戰計畫提出之實施願景 資料來源：[19]

六、無障礙交通（Accessible Transportation）

美國運輸部無障礙交通技術研究計畫（Accessible Transportation Technology Research Initiative, ATTRI）針對殘障人士、殘障老人和老年人等不同類型人員所面臨的交通行動問題進行評估，得出結論認為，不同群體及殘

探索和發展環境感知和輔助導航技術是「視覺障礙智慧環境感知和導航援助」(Intelligent Situation Awareness and Navigation Aid for Visually Impaired Persons) 計畫的目標，計畫的第一階段為視障者提供室內環境中的避免障礙物和智慧尋路能力，第二階段將完善該技術並將研究擴展到戶外行人環境。目的是透過使用全球定位系統(GPS)、地理資訊系統和ITS基礎設施為盲人提供導航、路徑規劃和事件警示。研究團隊正在開發一種可以識別和檢測靜止物體的系統，根據用戶查詢讀取並識別重要的文字和標誌，並檢測、跟踪移動物體和其動態變化。該系統除了可提供聽覺和觸覺指導的顯示單元外，還包括穿戴式感測器，例如照相機，三維定向感測器和計步器。該系統將能夠產生和更新導航地圖，在地圖上標註地標，並為視障人士提供口頭描述或觸覺回饋，以獲得更加豐富的環境感知。

(二) 增加移動能力 (Mobility)

另一項EAR計畫「視力障礙者導航指導」(Navigation Guidance for People with Vision Impairment) 正在調查視力障礙人士的指導解決方案。該研究計畫由TRX系統公司進行，將開發一種導航輔助工具，可以跟踪用戶位置，包括於GPS失效之地點，以期增加視力障礙者的移動能力，為他們提供空間意識以進行較長路徑之規劃和引導。該系統使用智慧型手機內之感測器，結合小型可穿戴配件，跟踪用戶動作，並回傳相關感測器資訊。

(三) 擴展事件眼界 (Extending the Event Horizon)

「非結構化環境中盲人和視力障礙行人的導航和尋路」(Extended Event Horizon Navigation and Wayfinding for Blind and Visually Impaired Pedestrians in Unstructured Environments) 計畫主要在幫助盲人或視障人士在非結構化環境的導航，室內或室外均可運用寬頻無線技術、電腦視覺和慣性感測技術的組合來提供準確的尋路輔助。

七、隨需移動力 (Mobility on Demand)

隨著不斷增長的移動需求以及強調個人選擇機動性之旅遊趨勢，運輸系統必須更加靈活。也就是說，旅行和交通需求正從對私人汽車的重視轉向更加靈活的運具選擇，其中包括共享運具的使用和多種運輸模式之整合。MOD是一種以用戶為中心的創新方式，利用新興的移動服務，整合大眾運輸路網和營運、即時資訊、連接上網的旅行者以及協同運作的智慧型運輸系統(ITS)，以實現更多以用戶為中心的交通系統，為所有旅行者和系統用戶提供更好、更方便安全的移動選擇。

MOD使用隨需即時資訊和預測分析，為個別旅行者提供最符合他們特定需求和情況的交通選擇，透過MOD服務商提供的運輸模式可以包括：共乘（ridesharing）、汽車共享（car sharing）、自行車共享（bike sharing）、計程車、大眾運輸（公車、長途客運、火車等）和其他新興交通運輸解決方案。

交通行動服務(Mobility as a Service, MaaS)之概念誕生於芬蘭，其被廣泛認為是顛覆性的創新，將各種交通工具之使用整合到一個直觀的手機APP中，無縫地結合了來自不同提供商的運輸選項，處理從旅行規劃到付款相關事項，得以最簡便方式管理旅行需求，其運作概念如圖24。

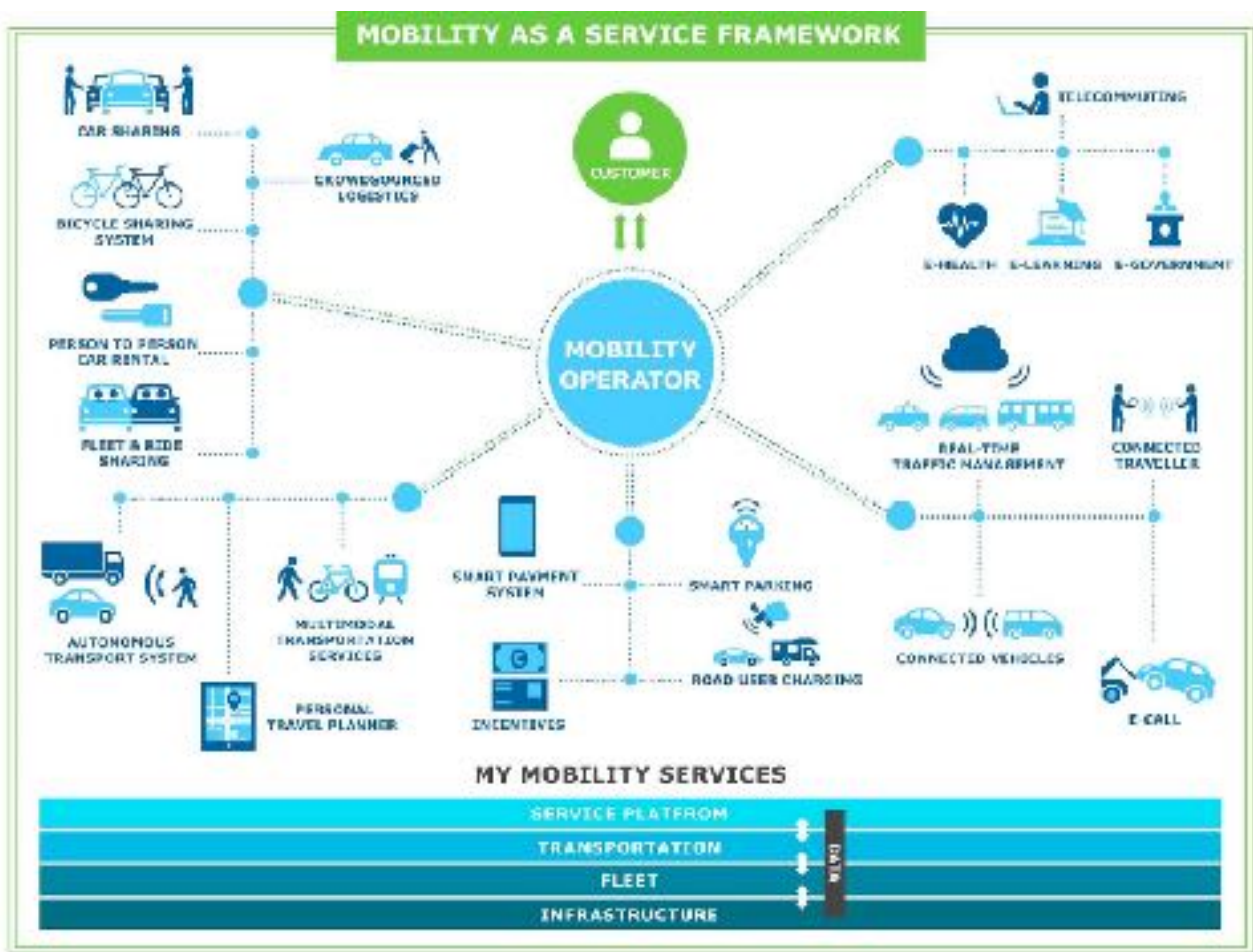


圖24 芬蘭MaaS(Mobility as a Service)架構圖 資料來源：[20]

八、幹道管理（Arterial Management）

運用ITS來管理幹道，係使用車輛偵測器等資訊搜集方式掌握幹道之交通狀況、運用交通號誌等進行車流控制以及向用路人傳達資訊的各種手段。相關應用分述如下：

- (一) 交通狀況之掌握及資訊蒐集：利用微波或影像探測系統 (video imaging detector systems , VIDS) 等交通監控和檢測技術蒐集資訊，做為平滑幹道走廊交通流量的執行依據。
- (二) 監控關鍵交通基礎設施：運用感測器和監視設備進行關鍵基礎設施之監控，以維持該設施之安全運作。
- (三) 交通控制及執法
 - 1. 管理幹道上之可用車道，例如動態發布高佔用率車道 (HOV) 和使用可逆車道 (reversible flow lanes) 來改善或疏導交通流量以回應道路狀況的變化。
 - 2. 可變速度限制 (Variable speed limits, VSL)：可用於根據交通狀況、惡劣天氣和施工區活動情況即時調整速度限制。
 - 3. 停車管理系統 (Parking management systems)：最常見部署在城市中心或運輸模式轉運點，如機場和市中心外圍的大眾運輸轉運站，以監控停車場的可用性，並將訊息傳播給駕駛員，減少旅行者找尋停車位之困擾和因找尋停車位造成之擁塞情況。例如舊金山灣區捷運系統 (BART) 智慧型停車系統發現，更有效的管理中轉站停車場可以提高停車位利用率，增加BART乘客量。
 - 4. 改進交通號誌控制仍然是改善大多數轄區幹道之安全與效率，最具成本效益的方法之一。
 - 5. 適應性交通號誌系統(Adaptive control)透過號誌網路協調交通號誌控制，根據主要交通狀況調整號誌相位的長度。
 - 6. 相關主動交通管理(Active Traffic Management, ATM)策略，詳見本報告書第二章第五節ICM採行策略。
 - 7. 運用科技自動執法，是減少交通事故、傷害和死亡的有效手段。
- (四) 發佈訊息：
 - 1. 運用動態訊息標誌 (dynamic message signs , DMS)、高速公路諮詢電台 (highway advisory radio , HAR) 或移動設備等技術向旅行者傳播有關交通路況、停車場資訊等之重要訊息。
 - 2. 透過智慧型手機或旅行者訊息計畫 (如各州之511及網站等) 與旅行者分享前揭訊息。

九、高速公路管理 (Freeway Management)

ITS在高速公路的戰略應用，包含：

- (一) 交通監控系統：使用車輛偵測器和攝影機等監控技術，將即時交通資訊傳達給交通管理中心，以協助作出決策支持，改善高速公路的運行。

- (二) 匝道(Ramp)儀控：使用感測器資料來優化高速公路行駛速度和匝道儀控率。
- (三) 車道管理應用：
1. 促進在高速公路上最有效地利用可用容量，並鼓勵使用高佔用率車道(HOV) 通勤模式。
 2. 可變速度限制 (VSL)：VSL系統已經在許多歐洲國家使用，作為改善流量和增加安全性的方法。VSL系統使用感測器來收集關於當前交通和天氣資料，然後動態更新發布速度限制。如果設計得當，VSL系統已被證明可以減少碰撞發生，並可透過行車速度的一致性來減少行駛時間和溫室氣體排放。
- (四) 特殊事件運輸管理系統：幫助控制特殊事件（活動）擁擠的影響。在頻繁發生的地區，可以安裝大型可變標誌或其他車道控制設備。在偶爾或一次性事件的地區，運用可攜式設備即可處理。
- (五) 訊息傳播(Information Dissemination)：向旅行者傳播訊息，讓駕駛者能夠以多種方式接收有關特定位置交通狀況的相關訊息，包括動態訊息標誌 (dynamic message signs, DMS)、高速公路諮詢電台 (highway advisory radio, HAR)，甚至車載系統。



Photo Source: Texas A&M Transportation Institute

圖25 西雅圖 I-5 Northbound DMS 資料來源：[27]

- (六) 相關主動交通管理(Active Traffic Management, ATM)策略，例如動態合併 (Dynamic Merging)，動態定價 (Dynamic Pricing) 等技術亦可即時影響旅行者行為，進而提高安全性及系統效率。
- (七) 運用科技自動執法，可以帶來安全效益。
- (八) 運用ICM (Integrated Corridor Management) 可以有效主動管理交通路廊的人員和貨物流動，方便整合路廊中的所有運輸網絡。詳見本報告書第二章。

十、道路操作與維護 (Roadway Operations and Maintenance)

運用ITS可以增強道路操作與維護之安全性，並促進施工區域周圍的交通順暢。智慧工作區、自動執法、旅行者資訊系統和營運規劃工具是於本應用部署最廣泛的解決方案。

智慧工作區可區分為可攜式和永久性工作區。可攜式流量管理系統 (Portable Traffic Management Systems, PTMS) 無論工作區域位置為何，可快速部署，提高安全性和移動性。使用排隊感測器、動態訊息標誌 (DMS)、攝影機、通信設備以及其他硬體和軟體元件，這些系統可以自動監控交通狀況並與車輛和駕駛員進行通訊，以提高環境意識，協調交通流量，減少影響施工區域的容量下降。永久性工作區解決方案通常在沒有施工活動的時間段內用作高速公路或幹道之管理系統。這些系統通常提供更廣泛的覆蓋範圍，並使用諸如511服務、DMS系統和網站等來改善系統操作、旅行計畫和旅行者行為。



圖26 資料來源：[21]

另外，根據美國過去二十年搜集的現場數據顯示，可變速度限制 (variable speed limit, VSL) 可降低8%至30%的碰撞機會，而動態車道合併系統 (Dynamic Lane Merge Systems, DLMS) 可改善高速公路的效能，減少冒進的駕駛操作。

十一、防撞與安全 (Crash Prevention and Safety)

防撞和安全系統檢測到不安全的狀況，並向旅行者提供警示以採取行動避免碰撞。當接近危險彎道、斜坡、下交流道、鐵路平交道、大型交叉路口、施工區域、惡劣天氣條件等狀況時，系統會提供警示，並提供行人、騎自行車者甚至動物存在的警示。防撞和安全系統通常採用感測器來監測接近車輛的速度和特性，並且利用環境感測器監測巷道狀況和可視性。相關應用分述如下：

- (一) 交叉路口碰撞警示系統 (Intersection Collision Warning Systems) : 交叉路口碰撞警示系統使用感測器來監測接近危險交叉路口的車輛，並使用路邊基礎設施、車內系統或兩者的某種組合來警告接近交叉路口的車輛。具體示例如下：
1. 左轉輔助 (Left Turn Assist) : 當試圖進行可能被另一輛汽車或物體阻擋的左轉時，透過車內系統給予駕駛員警示。警示可以提醒駕駛員不要嘗試左轉。
 2. 違反交通管制警示 (Traffic Control Violation Warning) : 如果確定駕駛員可能違反紅燈或其他交通管制設備，則透過車內系統給予駕駛員警示。
 3. 停車標誌間隙輔助 (Stop Sign Gap Assist) : 在停車標誌處停車時，駕駛員從交叉路口接收通過十字路口車輛的任何危險訊息。
- (二) 碰撞避免系統 (Collision Avoidance Systems) : 為了提高駕駛員避免事故的能力，車載碰撞預警系統 (collision warning systems, CWS) 繼續被測試和部署。這些應用程序使用各種感測器來監控車輛周圍環境，並向駕駛員提醒可能導致碰撞的情況，包括前方碰撞警示、障礙物檢測系統、後方碰撞警示等。
- (三) 碰撞通知 (Collision Notification) : 為了讓駕駛員有時間回應以挽救生命，碰撞通知系統被設計為檢測並報告事件的位置和嚴重程度給負責協調適當應急行動的機構和服務。這些系統可以手動啟動 (Mayday) ，也可以自動啟動碰撞通知 (ACN) ，較先進系統可能會傳輸有關碰撞類型，乘客人數和受傷可能性的訊息。

隨著導入車聯網安全應用，防撞和安全系統也從被動駕駛員警示系統轉移到主動駕駛員輔助系統，其中車輛可以在危險條件下自動對其他車輛或道路感測器作出回應。

十二、道路天氣管理 (Road Weather Management)

與天氣有關的碰撞定義為在惡劣天氣 (即雨，雪，霧，嚴重的側風等) 或光滑的路面 (即濕路面，雪/泥濘的路面等) 狀況下所發生的事故。惡劣天氣不僅影響安全性，而且在極端條件下會使交通流量降低50%以上，並增加旅行時間。ITS可以採取三種緩解措施來應對環境威脅：

- (一) 諮詢策略 (Advisory Strategies) : 向駕駛者提供有關當前和預測條件的訊息。

- (二) 控制策略 (Control Strategies)：改變了道路設備的狀態，以允許或限制交通流量並調節道路通行能力。
- (三) 治理策略 (Treatment Strategies)：為道路提供資源，以減少或消除天氣影響。許多治理策略涉及交通協調，包括與維護和應急管理機構之協調以請求協助。

十三、大眾運輸管理 (Transit Management)

ITS於大眾運輸方面之應用，可區分如下：

- (一) 營運和車隊管理 (Operations and Fleet Management)：本方面之應用期能提高大眾運輸服務的可靠性，減少運行時間及班車延誤；透過強化調度功能，在無需增加額外工作人員或車輛之情形下，增加運輸服務：
 1. 自動化車輛定位 (automated vehicle location, AVL)：透過AVL掌握車輛動態，其系統資料並提供即時旅行者資訊系統進行資訊發布，且做為服務規劃和車輛調度過程的重要資料。
 2. 計算機輔助調度 (computer-aided dispatching, CAD)：CAD和調度軟體的使用提高了固定路線和副大眾運輸服務的效率和可靠性，也提高了大眾運輸機構協調其服務的能力。
 3. 大眾運輸號誌優先 (transit signal priority, TSP)：由於城市開始意識到改善巴士服務可以鼓勵從個人車輛轉移到大眾運輸模式，因此大眾運輸號誌優先 (TSP) 也越來越受歡迎。
- (二) 訊息傳播 (Information Dissemination)：運輸機構透過為客戶提供準確的資訊服務，有助提昇客戶滿意度並提升載客率。除透過網站發布訊息外，並增加通用運輸規格的採用 (General Transit Feed Specification, GTFS)，俾利將訊息由第三方進行加值應用。

十四、交通管理中心 (Transportation Management Center)

交通管理中心 (TMC) 或交通運輸中心 (TOC) 負責運行最新的智慧型運輸系統 (ITS) 技術，包括ITS設備的資料蒐集、命令和控制、事件反應和運輸網路的通信系統等。

整合式路廊交通管理 (Integrated Corridor Management, ICM) 和主動交通及需求管理 (Active Traffic and Demand Management, ATDM) 等措施和概念將更多的功能整合到交通管理中心 (TMC)，以實現更快速，且具預測性質的交通營運策略，因此TMC將成為營運和維護這些新系統的中心。

ICM主要將高速公路、主要幹道和大眾運輸系統結合在一起，使整個運輸網絡更有效率，其核心是決策支援系統，由一系列程序、流程、數據、資訊系統和人員所組成，以支持管理路廊之協調決策，提高路廊內所有交通網路的集體表現。

ATDM是動態管理、控制和影響旅遊需求，透過使用相關的工具、進行資產和流量管理並影響旅行者行為。根據ATDM的方法，不斷監測運輸系統，使用歷史數據和預測方法，即時執行操作以實現或維護系統效能。

影響TMC的其他技術趨勢包括大數據、社交媒體和群眾外包 (crowdsourcing)，以及移動和無線通信的持續增長。TMC每天都在收集越來越多的資料，在不久的將來可能直接從車輛獲取數據。社交媒體之雙向訊息交流也越來越多用於旅行資訊之蒐集與傳播，而群眾外包係指從駕駛員互動報告中獲取旅行時間、事件和其他道路訊息。

十五、替代燃料 (Alternative Fuels)

替代燃料比傳統石油燃料具有顯著的優勢，比汽油和柴油車輛排放更少有毒污染物，有助於維持空氣品質和民眾健康。根據美國能源部 (DOE) 的資料，十多種替代燃料正在生產或已經用於替代燃料車 (Alternative Fuels Vehicles, AFVs)。美國使用的六種主要替代燃料是生物柴油、電力、乙醇、氫氣、天然氣和丙烷。在這些燃料中，電力是最廣泛使用的，主要在混合動力電動車輛 (Hybrid Electric Vehicles, HEV) 或所有電動車輛中。

與燃油車輛相比，AFV具有環境、經濟和社會效益，但這些車輛也存在一些限制，最明顯的局限是這些車輛通常不能在加油站加油。ITS America發布的一份報告指出，在美國大約有3萬個汽油加油站來支持大約2億輛汽車，或者每個加油站大約有6,000輛汽車。相較之下，根據美國能源部的數據，美國現在有近23000個替代燃料站 (不包括私人燃料站)。這個數字從2014年僅有12,000個替代燃料站，顯示有明顯的成長。



燃料種類	美國 燃料站數量
------	-------------

生物柴油 (B20及以上)	199
壓縮天然氣 (CNG)	941
電力	16533
乙醇 (E85)	3020
氫	39
液化天然氣 (LNG)	76
液化石油氣	441
所有燃料類型	23964

圖27 美國之替代燃料站 資料來源：[22]

在AFV中，缺乏提供給駕駛員替代燃料站的資訊可能是造成駕駛員焦慮的一個因素，因為擔心車輛沒有足夠的燃料可以行駛到達目的地，因此會使人對替代燃料車卻步。而智慧型運輸系統（ITS）將可提供支持AFV運作，其車輛配備有顯示電池容量、剩餘距離以及充電/加油站位置的導航系統，有助減少駕駛員對於燃料不足造成的恐懼。位於車載系統上的充電/加油訊息應用可以通知用路人地點以及AFV充電和加油站的可用性，這些應用還可以允許駕駛員在開始旅行或在途中預訂充電站的使用。

十六、交通事件管理（Traffic Incident Management）

依據美國統計資料顯示約有25%的延誤是交通事件（Traffic Incident）所造成的[資料來源：23]，顯見事件管理是解決交通壅塞問題的重要議題。利用各種ITS技術可進行事件偵測、管理和清除，透過減少二次碰撞的風險來改善安全，並減少壅塞所造成之時間損失和燃料浪費。ITS於事件管理之相關應用如下：

1. 偵測和監控技術：各種偵測和監控技術可以幫助快速檢測事件，包括感應迴路（inductive loop）、微波（microwave）、CCTV等。隨著MAP-21法案所要求的任務，事件偵測追蹤已成為交通事件管理計畫中非常重要的一環。許多ITS技術可用於交通措施以及緊急應變處理，有助於進行更有效的事件反應操作。
2. 強化高速公路管理和主幹道路管理，包含交通管理中心（TMC）、警察、緊急醫療服務和其他緊急服務進行協調整合。
3. 部署旅行資訊（Traveler Information）以紓解車流。
4. 動員和事件反應：包括自動車輛位置（AVL）和計算機輔助調度系統（CAD），以及路線規劃系統，以幫助事件反應團隊迅速到達。警察部門、巡邏車輛和工作人員亦需被納入交通事故管理計畫，而其即時現場報告系統，可大大減少回應與處理事件的時間。

十七、緊急應變管理（Emergency Management）

在美國每年有數百個事件需要緊急應變處理，包括從熱帶風暴、颶風、龍捲風等事件之撤離。為了提高安全性並儘量減少生命損失，各事件之前、期間和之後均需及時採取行動。事件反應者必須到達現場，受害者必須撤離，清關和恢復所需之資源必須準時到達。而每天在全美各地亦有發生較小規模的緊急情況，要求緊急救援人員快速、安全地前往火災、交通事故或犯罪現場。

ITS應用於緊急應變管理，主要是向管理機構快速有效的提供其於計畫或實施反應措施時所需的工具和設備。可利用通信、交通控制和監測預測等工具，最大限度地發揮公路網絡支援疏散作業的能力。例如：

1. 通訊工具：緊急應變管理部門傳達撤離令，關鍵因素是應急人員能夠與疏散區內的所有人員溝通，以快速傳達撤離令。另外，透過 R.E.S.C.U.M.E. (Response, Emergency Staging and Communications, Uniform Management, and Evaluation) 試圖快速發現和評估事件對交通流量的影響，來建立撤離流程模型，並將訊息推播到駕駛員。
2. 交通控制工具：公路路網的高效安全管理是成功應急撤離的重要組成部分，交通控制工具可用於管理公路運行以控制流量、評估壅塞程度、事件反應和清除事故，目的是增加撤離路線上的通行能力。例如大眾運輸號誌優先 (TSP) 對緊急撤離可以節省撤離時間。
3. 監測/預測工具：隨著撤離的進行，撤離狀況可以使用監測/預測工具來監測條件和預測結果。這些工具可以改善事件反應、幫助確定潛在的問題領域並確定最佳撤離路線。

十八、旅行者資訊 (Traveler Information)

運輸部門和大眾運輸的主要目標是為用戶提供最好的服務，透過提供準確和及時的旅行者資訊，可傳達道路和大眾運輸服務的狀況，以充分運用道路或大眾運輸之容量與效能。

旅行者資訊在交通條件差於正常情況時顯得更為重要，例如在影響服務或道路狀況的天氣條件下，或有特殊事件以及施工封路事件等，都有可能需要繞行。在此類狀況下，為公眾提供有關旅行條件的準確及時訊息，關係到影響其對運輸模式、路線和出發時間的選擇。

旅行者資訊可以透過廣播、電視、高速公路諮詢電台 (highway advisory radio, HAR)、511網站和電話系統、網站、智慧型手機移動應用和動態訊息標誌 (DMS) 等，每種技術具有不同的效益與成本，以及不同的用戶族群 (例如通勤者、遊客、商業車輛等)。

十九、駕駛者輔助 (Driver Assistance)

運用ITS來輔助駕駛，係指利用車上感測器，蒐集車內及車外之環境資訊，進行物體的辨識、偵測與追蹤等處理，以提醒駕駛人注意可能發生的情況，輔助駕駛人進行汽車駕駛，進而增加車輛和道路的安全性。常見的駕駛輔助系

統包括車載導航系統、適應性巡航控制系統、車道偏離警示系統、防撞警示系統、倒車雷達系統、停車輔助系統等。

除前揭之駕駛輔助系統外，先進之應用包括：

- (一) 智慧速度控制系統 (Intelligent Speed Control)：在高速公路或主要幹道控制交通流量速度對於道路的行駛和環境面會有很大的影響，本系統透過從路側基礎設施發送訊息來限制車輛的最大速度，讓所有駕駛者都遵循相似的速度以平穩交通流量。
- (二) 合作適應性巡航控制系統 (Cooperative Adaptive Cruise Control)：適應性巡航控制系統 (Adaptive Cruise Control, ACC)可設定自動跟隨前車，車速自動調校至和前面車輛相同。未來，新的通信技術和車聯網將可促使多車排列行駛，這些車輛以小間隙/前進行駛，依靠車間通信 (V2V) 讓車輛加減速，以保持與前置車輛距離前進，多車排列行駛讓空氣阻力減少導致燃料消耗降低、提高燃油效率、減少空氣污染，並增加交通流量。

二十、資訊管理 (Information Management)

智慧型運輸系統 (ITS) 於運作時產生大量資料，而蒐集、存檔和分析這些資料可以提高運輸系統效率、安全性，並提昇客戶滿意度。小型資料歸檔系統 (Archived Data Management System, ADMS) 可以支持單一機構或營運中心，而較大的系統支持多個機構，並可作為ITS的區域資料庫。

隨著MAP-21法案所要求的任務，包括減緩交通壅塞和提高系統可靠性等七個績效措施和目標，各交通機構亦在尋求即時和歸檔資料，以量測運輸系統效能，相關歸檔ITS資料例如：

- 事件管理方案可以審查事件地點、安排巡邏路線和巡邏車輛的頻率。
- 歷史交通資料可用於發展預測旅行時間。
- 大眾運輸機構可以從班表、車輛位置、計算機輔助調度和乘客數等資料，以設計更有效的班表和營運路線。

隨著資料管理和數據歸檔系統的發展，不同資料來源和不同交通機構的數據融合是一發展趨勢，即時和歸檔資訊的整合以及資料的可視化，也將作為支持運輸管理、政策評估、安全及營運績效提昇的基礎。

廿一、商車 (Commercial Vehicle Operations)

ITS於商用車輛之發展（CVO），主要係透過商用運輸系統智慧化以改善運輸業者的營運效率，也強化運輸業者與監管機構之間的溝通，確保貨物運輸的安全可靠。

美國運輸部因應1999年「汽車運輸安全改進法」之要求，由聯邦汽車運輸安全管理局（Federal Motor Carrier Safety Administration, FMCSA）提供資金推進商用車輛智慧化發展，實施商用車資訊系統和網路計畫（Commercial Vehicle Information Systems and Networks, CVISN）。而後因應2015年修訂美國地面交通法案（FAST Act），CVISN撥款計畫進行重組，並更名為創新技術部署（Innovative Technology Deployment, ITD）撥款計畫，該計畫區分為核心ITD與擴展ITD二部份：（資料來源：[18]）

一、核心ITD

1. 電子認證：自動化應用程序，處理和發放汽車營運商的操作認證。
2. 安全訊息交換：便於在路側蒐集、發送和存取汽車運輸安全資訊。
3. 電子屏蔽（Electronic screening）：使具有良好安全性和合法的商用車能夠繞過路邊檢查和地磅站。

二、擴展ITD

1. 擴展的電子認證：使授權的利害關係者能夠查詢當前和準確的認證訊息。
2. 智慧路側設備：將遠端檢查點和虛擬地磅站連接到ITD網路。
3. 增強安全訊息共享和資料質量。
4. 駕駛員資訊共享：使執法人員能夠查詢駕駛員紀錄和安全數據。

廿二、多式聯運（Intermodal Freight）

美國貨運業及其客戶越來越多利用資訊科技來提高系統效率、生產率、增加全球連通性，並加強貨運系統安全，以應對安全威脅與恐怖主義。智慧貨運技術目前部署在以下幾個領域：

1. 資產跟踪：運用移動通信、全球定位系統、條碼和無線射頻識別標籤（RFID）跟踪卡車，貨櫃和貨物的位置，以提高效率並確保貨物的安全性。
2. 車載狀態監測：感測器記錄車輛運行狀況，檢查貨物狀況，並檢測是否遭篡改或入侵。
3. 國家門戶執行工作之便利化：在碼頭、檢驗站和邊境使用非侵入式檢測技術，如掃描儀和RFID標籤，以搜索違禁品並加強國家安全。
4. 貨運狀態訊息：基於網際網路技術便於交換貨運訊息並改善資料流。
5. 網路狀態訊息：運用攝影機、道路感測器和顯示技術以監視壅塞、天氣狀況和事件。

廿三、電子支付與定價（Electronic Payment and Pricing）

擁堵定價（Congestion pricing）使用ITS技術向駕駛者收取隨壅塞水平而變化的費用，其目的係針對經常出現嚴重交通壅塞地區的交通流量，基於使用者付費的原則，擬透過收取此費用而減少擁堵和改善道路。為了消除額外的擁堵，大多數定價方案都是以電子方式設置，以提供更可靠的旅行時間而不致造成額外的延誤。擁堵定價與收費（tolling）不同，擁堵定價策略主要用於管理公路旅行的擁堵或需求，並同時產生了收入。

美國運輸部（US DOT）提出四種主要的擁堵定價策略：（資料來源：[24]）

1. 可變價格的車道，包括快速收費車道和高佔用費（HOT）車道。
2. 在整個道路或路段上實施收費可變策略（即改變現有的收費標準到基於擁堵水平收費的可變費率）。
3. 周界（Cordon）收費（即收取進入或駕駛在擁擠區域的費用）。
4. 區域範圍（Area-wide）收費，包括基於距離的收費或里程收費。

第二節 美國ITS 2015-2019 策略計畫

一、概述

前一節所述為美國ITS運用於各應用領域和亮點，而在其ITS 2015-2019 策略計畫（ITS 2015-2019 Strategic Plan）則揭櫫2015至2019年於ITS的發展重點及策略計畫。確定了兩個主要戰略重點，分別是：實現車聯網的實施（Realizing Connected Vehicle (CV) Implementation）和推進自動化（Advancing Automation），並提供企業數據（Enterprise Data）、互操作性（Interoperability）、ITS部署支持（Accelerating Deployment Support）和新

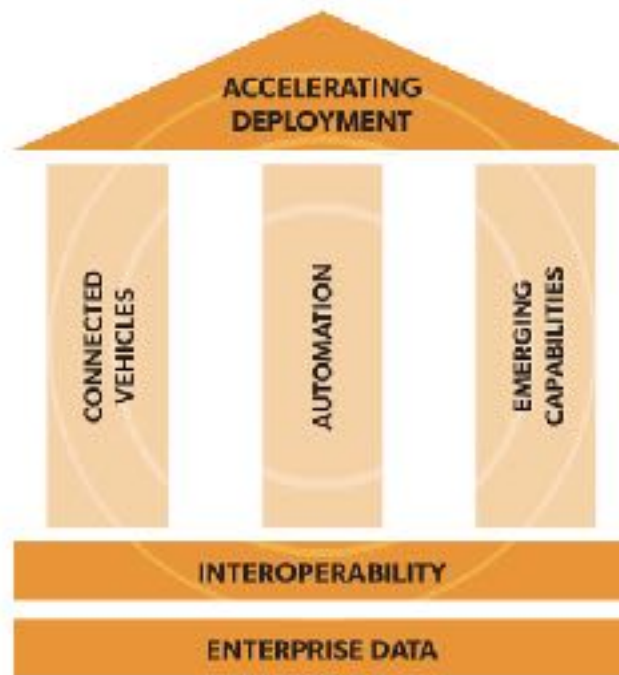


圖28 美國ITS計畫分類架構圖 資料來源：[6]

興ITS能力（Emerging Capabilities）作為附加計畫類別，其計畫分類架構圖如下：（資料來源：[6]）

二、計畫類別

（一）車聯網（Connected Vehicle , CV）

美國運輸部（USDOT）把大部分CV計畫的重點放在CV系統的採用和部署，建立一先進技術於V2I與V2V，藉以創造車聯網之網路，並藉由資訊的交換來避免事故發生。

（二）自動化（Automation）

自動化側重於關於自動化道路車輛系統和相關技術的研究，將車輛控制從駕駛員轉移到車輛。自動化技術為加強安全、移動性和環境提供了發展的可能性，同時也帶來了新的技術和政策挑戰。ITS計畫在這一領域的重點在於技術和系統進步，以便能夠將自動化功能順利安全地引入到車輛和運輸系統中。

（三）新興能力（Emerging Capabilities）

新興能力計畫側重於未來的運輸系統。美國運輸部（US DOT）跟踪全球各行業的技術、市場和人口趨勢，以尋求和評估新興能力，展示出可以轉變交通運輸的潛力。

（四）企業數據（Enterprise Data）

隨著車輛、組織、系統和人員之間的聯網，產生了大量的數據資料。運輸系統的管理和營運需要蒐集、傳輸、分類、儲存、共享、彙總、融合、分

析和應用這些數據的新方法。企業數據管理計畫的重點是透過支持ITS的技術實現有效的資料蒐集，包括CV、移動設備和基礎設施。

(五) 互操作性 (Interoperability)

互操作性是確保設備和系統之間有效連接的關鍵。互操作性側重於使車輛、設備、基礎設施和應用程序中的ITS元素能夠根據需要有效地與系統的其他部分進行通信。因為CV系統的實施和自動化交通系統的引入，互操作性之標準和架構必須不斷發展，以確保技術進步，並保持向後兼容性和互操作性。

(六) ITS部署支持 (Accelerating Deployment Support)

隨著新興的ITS技術和產品商品化，ITS計畫必須解決和部署有關的問題。確保從初始採用 (Adoption) 到廣泛部署，並與部署者密切合作以了解需要特別注意的程序。

三、五大策略與重點

ITS整體的組織和營運組成如圖29所示，其五大策略與重點分別為：

- (一) 促進更安全的車輛及道路
- (二) 提升移動性(Mobility)
- (三) 降低環境衝擊
- (四) 推動創新
- (五) 支持交通系統資訊共享

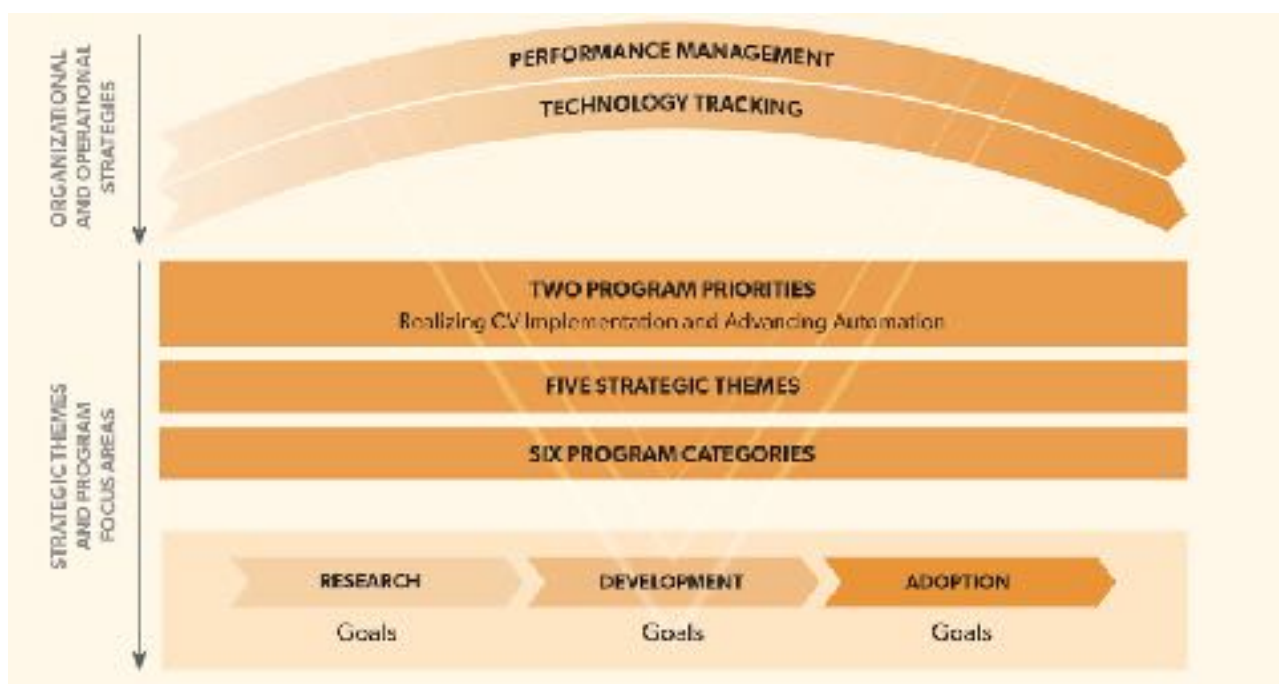


圖29 ITS整體的組織和營運組成 資料來源：[6]

第四章 自動駕駛車 (Autonomous Vehicle)

第一節 自動駕駛概述

(一) 自動駕駛車輛的好處

1. 促進安全

自動化車輛的安全優勢至關重要。自動車輛能挽救生命和減少傷害的潛力主要是因為94%的嚴重事故是由於人為錯誤造成的。自動車輛有可能從碰撞產生因素中消除人為錯誤，這有助於保護駕駛人、乘客、自行車和行人。美國國家公路交通安全管理局 (NHTSA) 調查2005年到2007年間的車禍事故原因也發現，高達94%都和駕駛有關，交通工具和環境因素則只各佔2%。其中，和駕駛相關的事故原因，高達41%都是由分心引起的，例如在開車時傳訊息。這些人為引起的交通事故，都是自動駕駛可避免的。(資料來源：[46])

2. 經濟和社會效益

自動車輛可以提供更多的經濟和額外的社會效益。NHTSA研究顯示，2010年汽車車禍造成242億美元經濟活動損失，其中包括工業生產在內的57.6億美元，以及造成人身傷亡和生命質量下降約594億美元。若能消除絕大多數機動車輛車禍，即可能會消除這些成本。

3. 效率和方便

自駕車可以平穩交通流量並減少交通壅塞。美國人在2014年花在交通延誤大約6.9億小時，造成工作時間或家庭時間的縮短，也增加燃料成本和車輛排放。使用自駕車，上下班的時間和金錢可以更好地使用。最近的一項研究表明，自駕車讓人們每天可以多出五十分鐘，這些時間以前都是用來開車。

4. 移動能力，並促進運輸平等(equity)

自駕車可以為數百萬美國人提供新的移動選擇。現今有超過65歲以上的美國人有49百萬人、行動不便者亦有53百萬人。在全國許多地方，就業或生活都依賴於開車的能力，自駕車可以將這種自由擴展到數百萬老年人及行動不便者。一項研究表明，自駕車可為約200萬殘疾人創造新的就業機會。

5. 補足大眾運輸最後一哩

大眾運輸系統使我們能用相對較低的價格就能在城市間移動，也能藉由集結移動行為而節省能源。但因「最後一哩」之不便，常使民眾捨大眾運輸而就私家車，未來自動駕駛將可補足實現大眾運輸之「最後一哩」。

(二) 分級

依據國際自動機械工程師學會制定SAE將自動駕駛車分為六級：（資料來源：[45]）

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the human driver of all aspects of the dynamic driving task, even when enhanced by warning or intervention systems.	Human driver	Human driver	Human driver	n/a.
1	Driver Assistance	the driving mode-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration, using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task.	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes.
2	Partial Automation	the driving mode-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the human driver perform all remaining aspects of the dynamic driving task.	System	Human driver	Human driver	Some driving modes.
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the human driver will respond appropriately to a request to intervene.	System	System	Human driver	Some driving modes.
4	High Automation	the driving mode-specific performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task, even if a human driver does not respond appropriately to a request to intervene.	System	System	System	Some driving modes.
5	Full Automation	the full-time performance by an automated driving system of all aspects of the dynamic driving task under all roadwise and environmental conditions that can be managed by a human driver.	System	System	System	All driving modes.

圖30 SAE 分級 資料來源：[45]

1. 零級(SAE Level 0);完全由人工操作
2. 一級(SAE Level 1) :一項或多項主要的控制功能已經自動化,但只單獨起作用,例如現在很多車上已有的「巡航控制(一項車輛自動控制車速的技術)。」。
3. 二級(SAE Level 2) :多項操控功能已經自動化,有一些駕駛環節不需要駕駛人干預,但是駕駛人仍然需要密切關注車的行駛環境,並有可能需要介入控制車輛,例如智慧自動停車技術。
4. 三級(SAE Level 3) :可以稱為是自動駕駛車輛的開始階段,車輛可以完成部分駕駛任務,在一定條件下可以監控路面情況,司機可以不用操作,但需要隨時準備好接管車輛駕駛。

5. 四級(SAE Level 4):在一定環境中,車輛可以完成所有駕駛和環境監測功能,在自動駕駛時,駕駛人不需要介入。但是自動駕駛技術可能僅限於高速或者車輛較少的路面上使用。
6. 五級(SAE Level 5):在所有情況下,車輛都可以自行駕駛,這是完全的自動化,車子不再需要方向盤、剎車和油門。

第二節 自駕車技術

(一) 自駕車之程序

自動駕駛車技術作動可歸納「感應」、「認知判斷」與「駕駛操作」3程序，各程序環環相扣、缺一不可。車輛行駛過程中，透過攝影鏡頭、雷達感測器等「感應」車輛狀況，並將獲得駕駛環境與3D地圖資料庫進行比對，用以「判斷」車輛正確定位，進而規劃行駛路線。最後，車輛自動執行轉向、加速、煞車等「駕駛操作」行為，如圖31(資料來源：[39])。

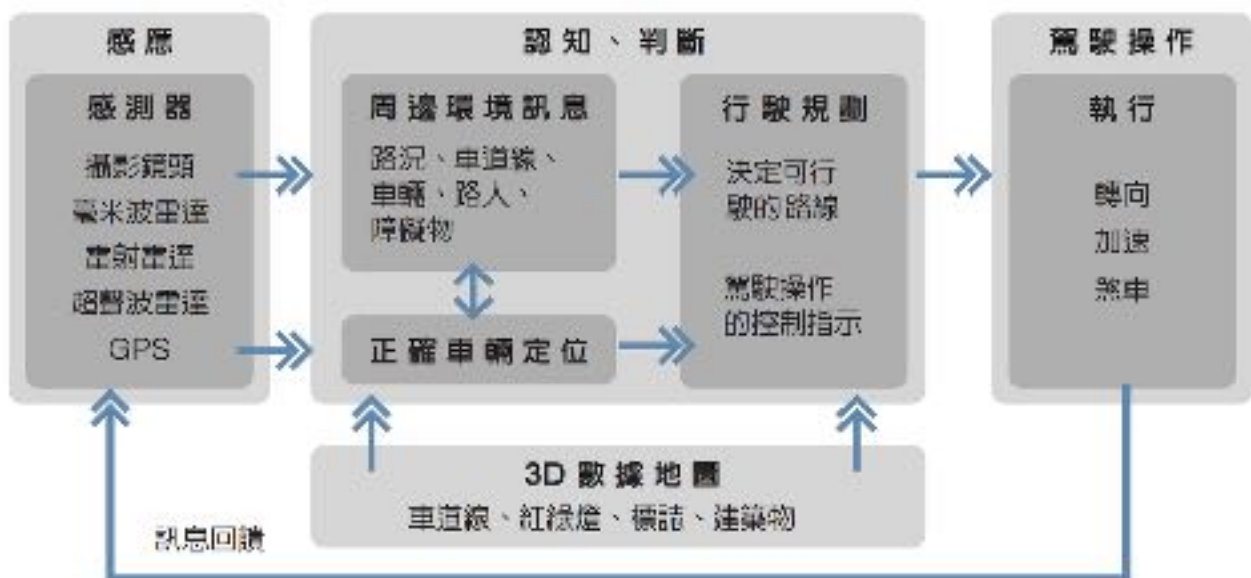


圖 31. 自動駕駛3大程序 資料來源：Marklines,ARTC [39]

(二) 感測器及相關硬體

無人車透過各式感測器瞭解所在位置及感知外在環境，包含導航定位系統、攝影鏡頭、雷達、光達、聲納等，分述如下：

1. 導航定位系統 (GPS)

整合光達描繪的地圖，以及來自GPS衛星、攝影鏡頭和內部感測器蒐集來的數據，搭配高解析度地圖，可知道每輛車的確切位置並指引正確路線，精密度細至可分辨幾公分的差異。

2. 攝影鏡頭

透過影像辨識偵測路況、障礙物、交通號誌等資訊。例如特斯拉 (Tesla) 轎車配備前中後三種視角的攝影鏡頭，可監測距離會隨視角變大而縮短。

3. 雷達 (Radar)

發射無線電波後計算反射時間以偵測與障礙物的距離，在車距過近或快撞到障礙物時啟動剎車或轉向。負責前方車輛速度、距離等測量。

4. 光達 (LiDAR)

以360度高速旋轉並發射雷射光，用以定位及障礙物檢測。相較於雷達，光達波長短能量強，收集的數據較精確，也可即時建置周圍環境的3D地圖。

5. 聲納

透過超音波反射檢測周圍環境。雖然可偵測範圍較窄、距離較短，不過可和其他感測器的數據交叉比對。

除感測器外，尚包含：

1. 計算機硬體和軟體：強大的計算機和演算法可以使用控制邏輯來管理自動化功能。
2. 機械控制器和執行器：剎車、轉向和輔助控制等的自動控制將結合來安全運行並使用可靠的電源。
3. 無線通信：專用短距通訊 (DSRC) 以及移動通信網路，可支持各種CV和AV應用。

(三) 各感測器優缺點比較

技術	優點	缺點
光達 (Lidar)	<ol style="list-style-type: none">1. 可不分晝夜進行偵測。2. 可描繪出物體的輪廓和距離。	<ol style="list-style-type: none">1. 易受大雨、下雪、濃霧等氣候影響。2. 所需電腦計算效能高。3. 售價昂貴是無法普及的最大障礙。
雷達	<ol style="list-style-type: none">1. 無線電波可穿透霧、灰塵、雨、雪，不受天氣影響。2. 可判定逼近物體的速度。	<ol style="list-style-type: none">1. 無法偵測到物體的形狀跟大小。2. 無法偵測道路指標和靜止物體。

技術	優點	缺點
聲納	可和其他感測器的數據交叉比對。	可偵測範圍窄、距離短
攝影鏡頭	1. 相較其他感測器較低價。 2. 搭配軟體可辨識雷達無法分辨的交通號誌、障礙物種類。	受限於視覺，天黑或天氣不佳時的辨識度會下降。

表7 感測器優缺點 (資料來源：[9])

(四) 感知與辨識

1. 物件辨識

自駕車運用深度學習(deep learning)等來進行物件辨識，透過物件辨識以預測該物件之行為，做為自駕車採取特定行動之依據。例如若辨識到



圖 32. 物件辨識

資料來源：[40]

前面的物件是一輛汽車，自駕車可能小心跟車即可，但若辨識到的是一個人，那就需要緊急剎車；亦即需判別出物件，方能預測其行為，並採取適當的動作。

2. 車道辨識如圖33, 除前進之車道外, 尚須偵測旁邊車道, 以做為若本車道有障礙物, 可變換至旁邊可行車道繼續前進。

3. 紅綠燈辨識



圖 33.車道辨識

資料來源：[33]



圖34 紅綠燈辨識

資料來源：[33]

第三節 自駕車測試

(一) 麻州推動自駕車測試

1. MassDOT 遵循該州第572號行政命令和NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) 的「Automated Driving Systems: A Vision for Safety」設計以公開方式促進自駕車測試。

2. 監管要求

(1) 要求進行測試的公司提交與任何使用公共道路的城市或實體, 以及與MassDOT之間的合作備忘錄 (MOU), MOU之內容包括:

- MOU為公司、市政府和州共同簽訂
- 僅用於測試
- 在測試之前需要通過MassDOT進行申請批准
- 具有人工接管能力, 21歲以下最低年齡和無肇事紀錄的駕駛員
- 在測試車輛上必須攜帶批准文件
- 車輛符合聯邦法規和MA檢查
- 在每次測試之前進行安全檢查
- 24小時故障報告
- Video和資料之共享
- 在測試地點周圍標示
- 測試目標至少 X英里和/或X小時

- 限制地點和測試日期

(2) MassDOT核准之測試申請書

該申請詳細說明了公司的測試資格，包括：

- 申請人訊息（地址，組織類型等）

補充訊息

- AV (Autonomous Vehicle)經驗
- 安全評估文件
- 初步駕駛計畫
- 車輛進行測試
- 駕駛員測試
- 培訓摘要
- 保險證明

(二) 波士頓測試自駕車之區域及進展



圖 35. 波士頓自駕車測試區域

資料來源：[37]

- (四) 目前於美國道路測試之高度自駕車HAV，其於測試或佈署 (deployment) 階段是否需要基礎設施(infrastructure)做配合，經訪談波士頓政府市長室（執行道路測試計畫之單位）及nuTonomy公司均表示，無需基礎設施做配合。
- (五) 因聯網車輛 (CV) 運用DSRC與基礎設施 (V2I) 進行通信，故其佈署需要基礎設施充分配合方能運作。

第五節 待克服議題

(一) 道德議題

自駕車發展迅速，隨著人工智慧進展及人類駕駛動作之自動化，不可避免地將導致未來人工智慧面臨各種人類生死攸關的選擇問題。正因如此，人類社會需要了解人類自身在這些情況下如何抉擇，方能設計符合人類需求的自動化邏輯。麻省理工學院Media Lab發布線上測驗「Moral Machine」，讓人選擇在不同情境下，煞車失靈的自動駕駛車應該撞上哪一側。你會選擇撞上一群小孩（左），還是撞上一群老人（右）？（資料來源：[41]）

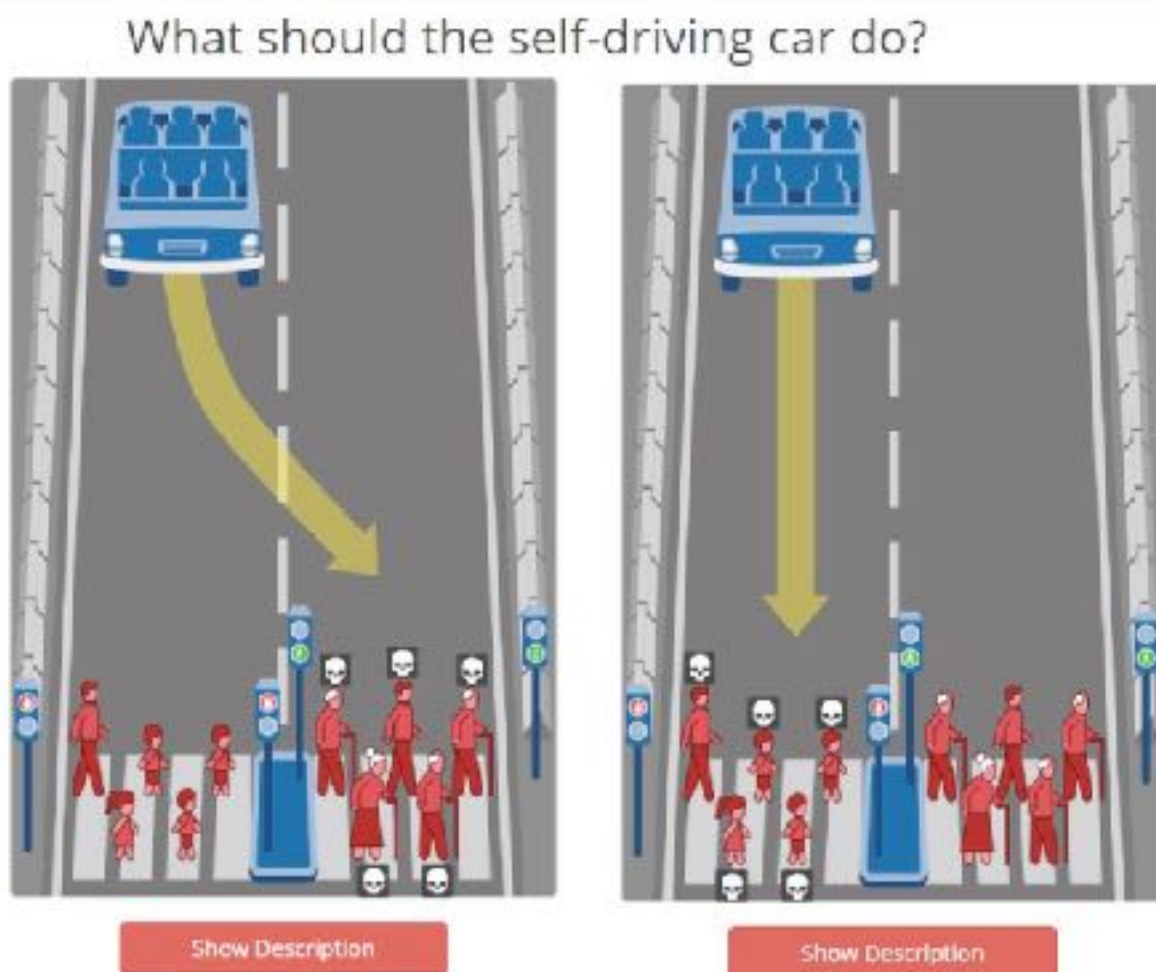


圖 37. 自駕車於發生事故之選擇
57

資料來源：[41]

(二) 資安議題

自動駕駛技術需要透過網路取得地圖、交通狀況等資訊運行，或利用網路進行更新，因此也讓病毒或駭客有機可乘。駭客可藉由車內的任何連網裝置進入中控系統，打開門鎖、取得雨刷到電子動力輔助方向盤等功能的控制權或癱瘓引擎及煞車。伴隨著汽車產業智慧化的變革，邁向全自動化尚有大量的資訊安全領域的工作需要處理。

第五章 無人小巴 (Driveless Bus)

依據美國國家大眾運輸研究中心 (National Center for Transit Research, NCTR) 於2015年的報告指出 (資料來源: [10])，歐洲的自動駕駛技術近來在大眾運輸方面頗有進展，本章節將以歐盟所資助之無人小巴士示範計畫 CityMobil2進行相關議題之探討 (資料來源: [11])。

第一節 CityMobil2 概述

CityMobil2是由歐盟委員會根據第七研究和開發框架計畫 (FP7) 支持的一個計畫，主要目的在消除阻礙自動道路運輸系統 (Automated Road Transport Systems, ARTS) (即無人小巴士)的採購和實施的不確定因素，並專注於推動ARTS在示範地區的整合和營運。其總預算為1550萬歐元，歐盟出資總額為950萬歐元，其餘來自不同的計畫合作夥伴。該計畫期程為48個月 (2012-2016)，採購了兩套自動道路車輛系統 (ARTS) (即無人小巴士)，每套以6輛 shuttle組成車隊，並將其交付給選定城市進行3至6個月示範 (Demo) (如表8及圖38所示)，其中「展示」為2-3天，「小型示範」為期為1-3個月；「大型示範」為期4-6個月。



圖38 CityMobil2 示範城市之地理分佈圖 資料來源: [13]

城市，國家	示範或展示	年度
雷昂，西班牙(León, Spain)	展示(Showcase)	2014

城市，國家	示範或展示	年度
波爾多，法國(Bordeaux, France)	展示>Showcase)	2015
華沙，波蘭 (Warsaw, Poland)	展示>Showcase)	2016
奧里斯塔諾，義大利(Oristano, Italy)	小型示範(Small Demo)	2014
萬塔，芬蘭(Vantaa, Finland)	小型示範(Small Demo)	2015
聖塞巴斯提安，西班牙(San Sebastian, Spain)	小型示範(Small Demo)	2016
索菲亞科技園，法國(Sophia Antipolis, France)	小型示範(Small Demo)	2016
拉羅歇爾，法國(La Rochelle, France)	大型示範(Large Demo)	2014/15
洛桑，瑞士(Lausanne, Switzerland)	大型示範(Large Demo)	2014/15
特里卡拉，希臘(Trikala, Greece)	大型示範(Large Demo)	2015/16

表8 CityMobil2展示和示範城市 (資料來源：[12])

本計畫選擇了EasyMile與Robosoft二家供應商，此二家都是法國公司，其中EasyMile是Robosoft和法國汽車製造商Ligier的合資企業。Robosoft之shuttle稱為RoboCITY（見圖39），它是電池供電（鉛酸），可容納10名乘客（6個座位，4個站立），這輛雛型車在CityMobil2計畫完成即不再繼續發展。另外EasyMile公司之EZ10（見圖40），它是電池供電（鋰離子），可容納12名乘客（6個座位，6個站位），並有無障礙設施，巡航速度為20公里/小時（12.4英里/小時），最高時速為40公里/小時（24.8英里/小時）。



圖 39. Robosoft公司的RoboCITY Shuttle 在希臘特里卡拉的示範



圖40 EasyMile EZ10 shuttle在瑞士洛桑的示範 資料來源：[12]

第二節 車輛介紹 (EasyMile EZ10)

依據EasyMile網站簡述本車輛之功能如下（資料來源：[14]）：

一、背景說明

EZ10由法國輕量級汽車製造商Ligier製造。Ligier成立於1971年，擁有賽車背景（包括20年的一級方程式賽車），是歐洲第二大微型汽車供應商。Ligier自2008年開始銷售電動車。

EZ10是一個電動旅客自動輸送系統（electric people mover），它可以運送多達12人（6個座位和6個站位），行動不便的乘客亦可搭乘。

本shuttle沒有方向盤，沒有專用的前方或後方。

二、運作的3種模式（3 modes of operation）

（一）「Metro」模式

1. 在「Metro」模式，shuttle在所有車站均停。
2. EZ10會依照時刻表運作，乘客可以在任何車站上車或下車。

（二）「Bus」模式

1. 在“巴士”模式中，shuttle非站站停，而是會依照要求在某些站停靠。
2. EZ10的運行方式類似於走一條預定路線的公共汽車，只於載客或乘客下車請求時靠站。

3. 「Metro」模式和「Bus」模式提供了另一套功能：

- （1）在“水平移動”模式下，EZ10在單個車道上來回運行。
- （2）在“循環”模式下，EZ10在一個循環路線中運行。

（三）「On Demand」模式

在「On Demand」服務模式下，EZ10可以稱為出租車，運用智慧手機APP叫車請求到目的地。

三、產品規格

容量：12人（6個座位和6個站立）

巡航速度：20公里/小時

最大速度：40公里/小時

推進發動機：電動

自主權：長達14小時的運作。

電池：鋰離子（LiFePO₄）

電池充電器：230V 16A

空調：是

長度：3.928米

寬度：1.986米

身高：2.750米
 軸距：2.800米
 有效載荷：1700公斤
 滿載：2750公斤

四、客戶及適用地點

- (一) 城市和行人中心，新城鎮和智慧城市
- (二) 交通樞紐：機場樞紐，港口樞紐，鐵路樞紐，..
- (三) 醫療中心，退休社區
- (四) 會議中心，展覽中心，娛樂中心，主題公園
- (五) 校園：大學校園，企業校園
- (六) 商業園：產業集群，企業集群

第三節 自動道路運輸系統 (Automated Road Transport Systems, ARTS)

(即無人小巴)運作概念

本計畫ARTS係全自動道路車輛，由中央車隊管理系統控制並與基礎設施互動。ARTS可以在特定的道路上提供預定的、需求反應式 (on-demand) 或及門 (door to door) 的服務，其使用之車道,可以是專用,或與其他道路使用者分離或共享的基礎設施(有些與人行道、自行車道共用車道)。ARTS之產品定位在行程的第一哩/最後一哩,以補充大眾運輸高昂的營運成本而無法到達之不足 (資料來源：[13])

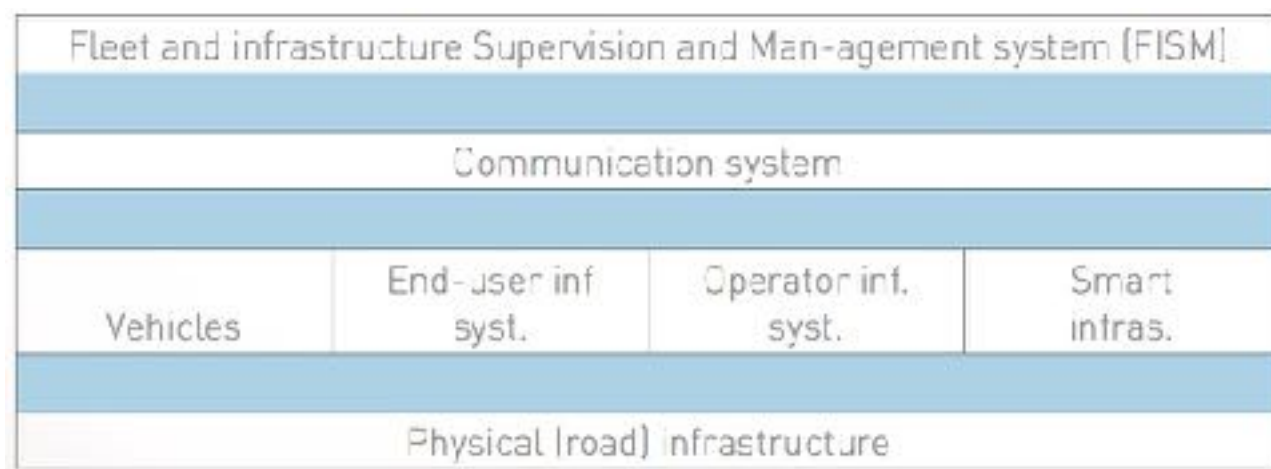


圖41 ARTS架構圖 資料來源：[13]

從圖41架構圖得知,無人小巴之車輛只是ARTS的一小部分,其運作必須仰賴基礎設施的幾何設計,以及其他支持系統,或中央車隊管理系統。

所以實施ARTS的城市或交通營運商不能依靠單一的供應商,因為圖41架構圖的每個方塊都可能由不同的供應商提供,而其中基礎設施的因素會強烈影響系統的安全和性能。

第四節 法國拉羅歇爾(La Rochelle, France)示範活動

拉羅歇爾是法國西海岸的一個中等規模城市,居民約計14餘萬人。原計畫示範活動為六個月,活動區域在市中心營運6輛shuttle,連接火車站、舊港區和拉羅歇爾大學,運行時間為週一至週六,免費提供給民眾搭乘。

該計畫於執行過程進行若干修改。首先,由於車輛交付延遲以及必須獲得合法授權之故,活動期程從六個月減為四個月(從2014年12月中旬到2015年4月底)。而且由於法國沒有自動駕駛汽車的法律依據,因此須獲得法國當局的特別臨時許可。除時程變更外,計畫路線也有所調整,主要因為於通過一個有樹木的小公園遭遇GPS訊號不穩定的狀況,所以路線取消連接至火車站,不過這問題在後續EasyMile提供的新車隊已經獲得了解決。

本示範活動分三個營運階段,在初始階段,3輛shuttle行駛於水族館和旅遊辦事處之間(如圖42之綠色實線)。第二階段從2015年1月開始,增加新的行駛路線和另外3輛shuttle(圖42之藍色實線)。最後階段連接前面二階段之



63
圖42 CityMobil2於法國拉羅歇爾之行駛路線 資料來源:[11]

路線（圖42之藍色虛線和綠色虛線），不過由於時程有所延誤，第三階段直到2015年3月才開始，所以這條路線只運行了二個月。

在為期四個月的示範活動中，載客約計15,000人次。車上有後備操作員以利在技術故障時可控制車輛運行，經統計，車輛自動運行比率為94%，手動運行為6%。在正常情況下，當車輛處於自動運行模式時，與手動模式相比，較不會有最大加速度和減速度的情況。然而，當出現某人或某物進入shuttle的路徑等意想不到的狀況時，自動運行模式下的減速率卻很高，原因據推測有可能是LiDAR感測器對障礙物偵測較慢所造成的影響。另外，當車輛處於自動運行模式時，亦產生較多顛簸的情形。

根據2015年6月23日在瑞士洛桑召開的CityMobil2參考小組第三次會議的會議紀錄，本次示範活動獲得了下列經驗：

- 一、證明中央車隊管理系統（fleet management component）之必要性：因於本示範城市並無中央車隊管理系統，當車輛故障時，如果沒有後備操作員手動接管，則不可能繼續運行，主要是非法停車和道路施工等外部因素，在城市環境中使用全自動運行並不容易。
- 二、在shuttle路線上有更清楚明確的標誌標線，將有助於與行人和騎自行車者間之互動。
- 三、本示範活動之車輛尚未具無障礙設施，不利於身障者搭乘。

第五節 瑞士洛桑(Lausanne, Switzerland)示範活動

位於洛桑的瑞士聯邦理工學院是CityMobil2計畫之第二次大型示範活動場域。本示範活動從2015年4月到8月持續五個月，自動化的shuttle用來做為連接校園地鐵站和校園主要地區之間的交通工具。

在連接校園北端和南端的1.5公里（0.93英里）之路線上共有6輛shuttle運行（見圖43）。此路線最初應該有六站，其中一站在北端的地鐵站（地圖上顯示為M1），但由於校園內的建築工程故取消本站。shuttle服務時間從週一到週五早上7:45到晚上10:00。從7月中旬到8月下旬，該計畫將2輛shuttle切換到on-demand模式，且讓乘客使用智慧型手機app叫車，而另外2輛shuttle則按照固定的時間表繼續運行。車隊由EasyMile提供，車隊管理由BestMile提供。在為期五個月的示範活動中，載客約計7000人次。

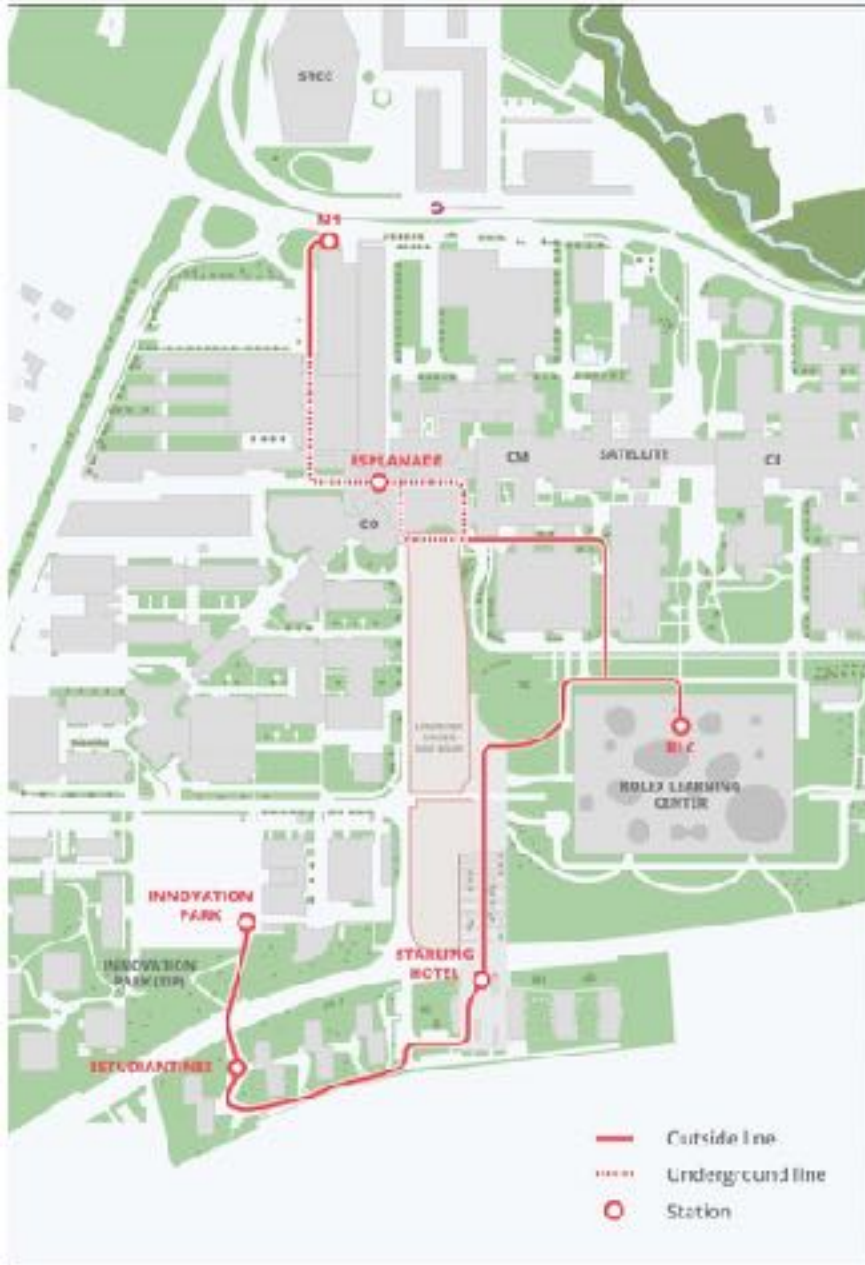


圖43 CityMobil2於瑞士洛桑之行駛路線 資料來源：[11]

本示範活動在下列條件要求下獲得州政府道路管理局之法律授權：

- 一、在shuttle上需有服務員以利在技術故障情況時可以手動控制。
- 二、shuttle上最多有9人，最大時速為15公里/小時（9.3英里/小時）。

本示範活動與法國拉羅歇爾示範活動相似之處是shuttle 在路線上所面臨之障礙物會影響運行，包括車輛停放和道路施工。然因洛桑示範活動包括由BestMile提供的中央車隊管理系統，因此每當shuttle遇到障礙物停下來時，遠程控制室的BestMile操作員會透過攝影影像評估情況，並決定shuttle是否能繼續行駛。

另外在本示範場域遇到夏季的熱浪，導致需操作車輛空調而影響電池使用，進而影響shuttle自動運行。此外，高溫 and 乾燥的天氣使得道路多塵，亦阻礙了

車輛LiDAR感測器探測障礙物的能力。在安全方面，有兩次的碰撞報告，一輛保險槓輕微碰撞，另一輛與騎自行車者碰撞，但無任何實際之損傷。

相較於法國拉羅歇爾之示範活動，本示範場域使用的shuttle在無障礙設施上做了改進，以便利身障者搭乘（見圖40）。

第六節 希臘特里卡拉(Trikala, Greece)示範活動

特里卡拉是希臘色薩利地區人口約7萬6千人之中等規模城市。CityMobil2 示範活動從2015年11月到2016年2月為期4個月，使用4輛Robosoft生產的車輛（見圖39），運行路線為2.5公里（1.55英里），連接歷史悠久的市中心與中央商務區。本shuttle在專用車道上運行，車站則有六站，包括在城市公車總站和一個地下停車場站。類似於法國拉羅歇爾和瑞士洛桑的示範活動，需要特別的立法來允許在公共道路上示範無人小巴，其法律授權車上不需有服務員，但需遠端監控。為此，本示範活動包含了中央車隊管理系統。儘管shuttle全自動化，並配備了導航和障礙物檢測系統，但遠端控制中心的操作人員於必要時可能會直接操控此shuttle。

本示範活動約計載客12000人次，其中大多數是遊客，而不是當地居民。本次示範活動獲得了下列經驗：

一、特里卡拉市市長在接受CityMobil2網站採訪時表示，該計畫最初遭到當地民眾的懷疑，典型的反應包括“為什麼我們需要‘盲’巴士？”或者“巴士司機將失去他們的工作！”，但隨著計畫持續進展，民眾的懷疑也逐漸消失。

二、為騰出shuttle專用車道而拆除70個路邊停車位，也帶來民眾負面的反應。

三、當一輛shuttle離開專用車道走上人行道時，發生一起shuttle幾乎撞到kiosk的嚴重技術故障。

第七節 示範活動總結

示範活動共有七個場域：義大利奧里斯塔諾、芬蘭萬塔、西班牙聖塞巴斯提安、法國蘇菲亞科技園、法國拉羅歇爾、瑞士洛桑和希臘特里卡拉，總里程為26000多公里，乘客數為6萬多名（如表9）。

	奧里斯塔諾，義大利 (Oristano, Italy)	萬塔，芬蘭 (Vantaa, Finland)	聖塞巴斯提安，西班牙 (San Sebastian, Spain)	索菲亞科技園，法國 (Sophia Antipolis, France)	拉羅歇爾，法國 (La Rochelle, France)	洛桑，瑞士 (Lausanne, Switzerland)	特里卡拉，希臘 (Trikala, Greece)
製造商	Robosoft	Easymile	Robosoft / Easymile	Easymile	Robosoft	Easymile	Robosoft

	奧里斯塔諾，義大利 (Oristano, Italy)	萬塔，芬蘭 (Vantaa, Finland)	聖塞巴斯提安，西班牙 (San Sebastian, Spain)	索菲亞科技園，法國 (Sophia Antipolis, France)	拉羅歇爾，法國 (La Rochelle, France)	洛桑，瑞士 (Lausanne, Switzerland)	特里卡拉，希臘 (Trikala, Greece)
車輛數	2	4	4	4	6	6	6
示範期間	17/07/2014-04/09/2014	10/05/2015-09/08/2016	01/04/2016-30/06/2016	01/02/2016-31/03/2016	17/12/2014-25/04/2015	17/04/2015-28/08/2015	10/11/2015-29/02/2016
路線長度 (km)	1.3	0.9	1.2	1	1.9	1.5	2.5
車站數	5	2	6	5	4	6	9
乘客數	2580	19000	2750	4059	14660	7000	12150
總里程 (km)	1794	3962	3441	3500	3778	6970	4230

表9 示範城市資料統計 (資料來源：[13])

第八節 實施流程

依據CityMobil2官方網站之文件顯示 (資料來源：[13]),CityMobil2計畫在各示範城市被整合到當地的公共交通生態系統中，而相關人員的角色分工如下：

- 一、計畫專家：為研究和定義該城市ARTS之運輸功能，建議相關採行之方法與準則。
- 二、城市管理當局：在計畫專家的支持下，城市管理當局展開研究並準備基礎設施，並需取得執行示範計畫的合法授權。
- 三、當地的運輸經營業者：系統建置完成後，透過系統的運作提供服務。
- 四、ARTS製造商：負責安裝系統，培訓當地營運業者之員工，並為城市提供第二級之維護支援。

實施流程如圖44所示，分為四個主要領域：規劃設計階段 (Plan/design)，法律授權 (Legal authorization) 和系統建設 (Build)，最後確定系統之運行 (Operation)。分述如下：

(一) 規劃設計階段 (Plan/design)

在實施流程中，最重要的步驟就是定義ARTS在當地交通政策中的作用，以及城市管理當局給予ARTS所使用之基礎設施。在確定了當地交通政策之後，最重要的階段便是規劃設計階段，而本階段亦是獲得合法授權的基礎，尤其是本階段的正確執行是向所有利害關係者 (系統提供者、城市管理

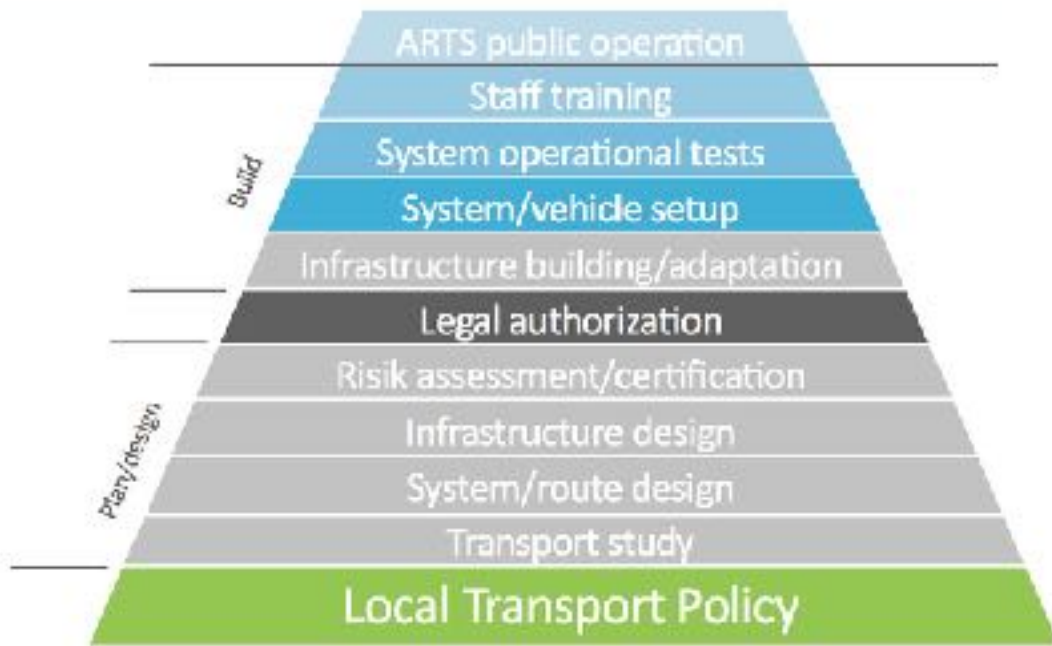


圖44 CityMobil2實施流程 資料來源：[13]

當局、地方運輸經營業者、保險公司、道路安全委員會、民眾等) 確保該系統可以部署和安全運行。

(二) 法律授權 (Legal authorization)

因為在計畫執行期間，六個國家都沒有相關法律執行依據，因此 CityMobil2計畫是透過特殊法律授權進行運作。

(三) 系統建設 (Build)

各示範活動之發展過程都需要12到15個月方能使第一輛shuttle開始在城市營運，任何希望實施ARTS的城市都不應少於此發展時程，因為省略任一個步驟都將增加在ARTS營運失敗的風險。另外，教育相關技術人員參與基礎設施和運輸規劃，了解此項技術之運作方式，將是該城市執行ARTS最好的投資。

(四) 系統運行 (Operation)

服務操作必須保證ARTS操作員、乘客和其他道路使用者的安全，因此對操作員充分培訓及足夠之維護是必要的，包含ARTS系統維護、實體基礎環境維護及數位基礎環境維護，例如路側感測器、網路通信及管理中心等。另外城市亦應指定一計畫協調人員對系統操作和運作效能負責。

第九節 ARTS與都市交通之整合

在城市環境中整合ARTS不僅要考慮車輛，且需考慮其運作環境，以便提供安全的運輸服務。這些需考慮之要素可區分為靜態與動態，且需考慮其潛在交互作用。

一、實體、靜態要素：

- 基礎環境之形狀（分段，交叉，圓環）
- 基礎環境之幾何設計（geometry）和相關變數（Variable）
- 道路基礎設施周圍的實體元素

二、動態要素：

從動態之角度而言，必須考慮之因素除ARTS車輛外，亦包括周圍之道路使用者，例如行人、自行車、汽車、摩托車等，必須確定其類型及所在區域（在道路上或在周邊之人行道、公園、房屋等）。車輛或其他道路使用者之速度越快，事故風險及其後果就越大。為了盡量減少風險，在某些情況下，有必要在基礎環境設施中提供更高水平的實體差異和保護。

CityMobil2計畫確定了三個層次之道路基礎設施（車道）：隔離、專用和共享。由於大多數CityMobil2示範活動是在城市地區進行，因此建議使用隔離或專用車道，且在示範計畫中實施，並建議清楚標識為專門用於ARTS車輛之車道，以確保所有其他道路使用者都清楚瞭解。此雖為較理想的作法，但因成本或技術原因，並非所有的城市都實施隔離或專用車道，不過於示範活動之後，仍然證明此為ARTS性能及與其他道路使用者安全互動的關鍵因素。

ARTS安全運作的另一個重要條件是交叉路口之保護措施。由於交叉路口是高風險區域，法國拉羅歇爾、希臘特里卡拉和西班牙聖塞巴斯提安之示範活動都使用交通號誌以限制機動車輛的衝突風險來確保所有交叉路口的安全。

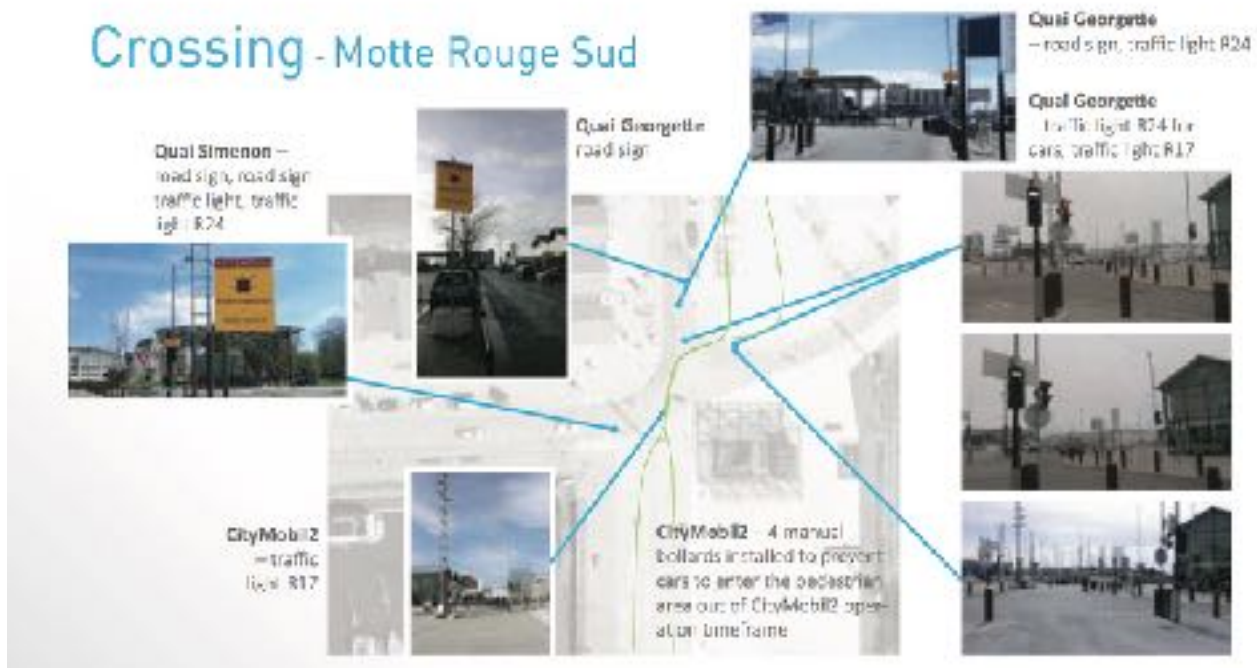


圖45 法國拉羅歇爾之交叉路口保護措施 資料來源：[13]

交通號誌透過無線電頻率與shuttle通訊，以顯示交通號誌的狀態及時制安排，主要設計為讓所有汽車在ARTS車輛被授權通過之前即清除離開此交叉區域。

圖45顯示了法國拉羅歇爾示範活動之交叉路口保護措施。

第十節 從示範活動所獲得之經驗

1. 城市交通條件複雜，因無人小巴之使用車道，可以是專用、或與其他道路使用者分離或共享的基礎設施(有些與人行道、自行車共用車道)，因此行進時需注意大量之遊客與行人，為確保行人與車輛之安全，車輛以低速行駛（約10km / h）。在未來之研究中，需要進一步證明車輛於更高速度狀態下安全性無虞。
2. 雖然在示範計畫期間車輛發展有明顯的改善，但於示範報告呈現一些技術故障，顯示自動化技術的可靠性和穩定性需要改進。
3. 天氣對ARTS的表現影響明顯，例如高溫和乾燥天氣造成的塵埃影響車輛對障礙物的認知，此外亦發現大雨和冰雹對LiDAR感測器造成另一種認知障礙。
4. 為瑞士洛桑開發的中央車隊管理系統（fleet management component）有助於支持車輛的運行，證明其為ARTS重要元件。
5. 在示範期間，收集了關於車輛性能的實質數據，對於車輛後續之改進，尤其是在位置及環境認知與障礙物檢測等方面具有價值。
6. 在shuttle路線上，車輛與行人及騎自行車者共享的開放區域，若有更清楚明確的標誌標線，將有助於與行人和騎自行車者間之互動。主要需使道路使用者習慣於部分道路將被限制以供shuttle使用，或讓使用者知道shuttle在道路之優先權。
7. 推動ARTS從可行性研究、示範、評估、傳播和推廣等各階段，均需該城市管理當局的參與，而於規劃與執行示範計畫（尋求法律授權，發起示範計畫）外，加強溝通並獲得當地民眾的支持，亦為減少阻力之重要工作。
8. 限制剛開始佈設的路線並瞭解系統實施之限制對於正確推動ARTS是很重要的發展概念。
9. 必須執行相關道路法律及規則，以確保ARTS車輛的運行不會受到非法停車等的不利影響。
10. 除非shuttle運行在專屬車道上，否則它們常常需面對外部障礙物並作相對應之處理，例如非法停車、車輛故障、運載工具或道路施工。

第十一節 自駕車 (Autonomous Vehicle) 與無人小巴 (ARTS) 於測試及修法之比較

	AV自駕車	ARTS無人小巴
基礎環境之需求	無	<ul style="list-style-type: none"> • 道路基礎設施 (車道) : 隔離、專用或共享 • 交通號誌需調整透過無線電頻率與shuttle通訊, 以顯示交通號誌的狀態及時制安排 基礎設施的因素會強烈影響系統的安全和性能。
測試目的	改善及開發AV, 著重開發汽車技術	shuttle已大致開發完成, 專注於在地區交通的整合和營運, 以提供載客運輸服務
法規增修方向	AV修法目前僅考慮車輛	著重商業部署, 即車輛、基礎設施和營運環境的考慮

表10 AV與ARTS之比較 (資料來源: 本研究整理)

第六章 參訪交流紀要

第一節 麻省理工學院媒體實驗室 (MIT Media Lab)

一、媒體實驗室簡介



圖46 麻省理工學院

麻省理工學院媒體實驗室是麻省理工學院一個跨領域跨學科之研究實驗室多年來致力於技術、多媒體、科學、藝術和設計之融合。教職員和學生有建築、計算機科學到各種社會科學、藝術及音樂等背景。

媒體實驗室於1980年由Nicholas Negroponte教授和麻省理工學院前校長兼肯尼迪總統科學顧問Jerome Wiesner共同創立。這個實驗室是由麻省理工學院的建築機械小組 (MIT) 建立，現在仍然留在麻省理工學院的建築與規劃學院 (資料來源：[28])。

媒體實驗室於1985年開始即時通訊設計領域，在其第一個十年中，它成為數位革命和增強人類表達技術的先鋒：從認知和學習到電子音樂。在第二個十年中，實驗室從開始將數位領域嵌入到真實物理世界中，這產生了穿戴式計算、無線通信、新的藝術表現形式以及兒童如何學習的創新方法研究。現在，媒體實驗室在第四個十年裡接續先前的發展基礎，與產品設計師、耐米技術專家、數據可視化專家、行業研究人員以及計算機介面的先驅者並肩工作，發明並重塑人類如何體驗並能夠得到技術的協助。

媒體實驗室透過積極推動獨特的融合方式，超越已知的界限和學科，混合非常規的組合並匹配看似不同的研究領域。與麻省理工學院的其他實驗室不同，媒體實驗室既有廣泛的研究，也有藝術與科學學士學位課程。超過30名教職人員和高級研究人員帶領實驗室的研究計畫，與150多名研究人員，訪問科學家，博士後研究人員和講師合作。研究項目涵蓋從治療神經系統疾病的數位方法，到全球第一個智慧動力腳踝義肢等。



圖47 MIT Media Lab小組討論-腦力激盪



圖48 MIT Media Lab 跨學科、跨領域的討論與意見交流

媒體實驗室一直在世界各地積極舉辦研討會，並透過設計來關注創新，其在世界各地都設有地區分支機構，負責開展相關活動，包括印度等發展中國家。而臺灣之臺北科技大學亦已於今(106)年11月30日與媒體實驗室簽訂合作協議，規劃成立城市科學實驗室(City Science Lab)，就智慧城市相關議題展開研究合作與人才培育。

二、目前的研究重點

透過聯合計畫將媒體實驗室的研究人員與麻省理工學院其他院所人員結合在一起，而有些特殊利益集團和計畫則涉及特定的學科領域：（資料來源：[29]）

1. 推動健康計畫（Advancing Wellbeing）：由羅伯特·伍德·約翰遜基金會（Robert Wood Johnson Foundation）提供的100萬美元資助，將學者和實際的想法結合起來，促進人員健康。
2. CE 2.0:是與成員公司(Member Companies)合作制定新一代高度連接的消費性電子產品，具無縫互操作性、情境感知能力以及操作簡單特性。

3. Center for Civic Media：與MIT Comparative Media Studies研究計畫比較媒體研究項目聯合開展的市民媒體中心，創造和部署滿足資訊需求的技術和社會工具。
4. 極端生物機械學中心（Center for Extreme Bionics）是麻省理工學院的一個跨學科的工作，它挑戰目前關於嚴重身心障礙的假設。
5. 媒體實驗室學習(Media Lab Learning)，探索從神經細胞到國家，從幼兒到終身學習，從人類的創造力到機器智能各個層面的學習。
6. MIT數位貨幣計畫（MIT Digital Currency Initiative, DCI）：DCI從密碼學到經濟學，到隱私，到分布式系統來探討區塊鏈和比特幣技術中涉及的許多問題。
7. 開放農業（Open Agriculture, OpenAg）：構建協作工具和平台，開發食品技術之生態系統，以實現和促進透明度、網絡化實驗、教育和當地生產等議題。
8. 地球的感應（Terrestrial Sensing）：探索非傳統的方式來感知和可視化無法進入的自然環境 - 人類不可能實際到達的地方。
9. 終極媒體（Ultimate Media）：努力構建一個新的視覺媒體平台，重塑即時探索。

三、研究成果案例

1. bioLogic使用微生物的行為，運用其對大氣水分的反應，創造一個新類型的服裝，稱為第二皮膚（Second Skin），隨著穿著者身體的溫度和濕度的增加而變得更加透氣。



圖49 MIT Media Lab bioLogic 資料來源：[31]



圖50 MIT Media Lab bioLogic 資料來源：[31]

2. 電子數據分析系統(Electome)是一個資料分析專案，用於解鎖社交媒體資料以跟踪選民的看法。它專注於美國總統競選，特別是在新聞和社交媒體的交集。
3. Enigma讓計算機運用比特幣密碼術來掃描挖掘加密的數據。

4. 擴大顯微鏡 (Expansion Microscopy) 是一種物理放大腦組織樣本的技術，為研究人員提供細胞活動高解析度的圖像。
5. G3DP (3D-印刷玻璃) 是一種用於印刷光學透明玻璃的製造平台。它將現代技術與古老成熟的玻璃工具和技術相結合，生產具有許多潛在應用的新型玻璃結構。



圖51 MIT Media Lab G3DP 資料來源：[32]



圖52 MIT Media PEV 資料來源：[33]

6. Persuasive Electric Vehicle(PEV) 是一種無人自駕三輪車，可使騎自行車更方便。它解決了久坐不動的生活方式，並提供節能高效的機動性，透過利用現有的自行車道來緩解城市交通。
7. PubPub是一個新型研究發布平台，具有資料集、互動式可視化、視訊和評論功能。PubPub也可讓非傳統發布格式即時協作。
8. 實體編輯器 (Reality Editor) 允許您使用手機連接、操作和預設物件的功能。



圖53 MIT Media Lab Reality Editor 資料來源：[34]

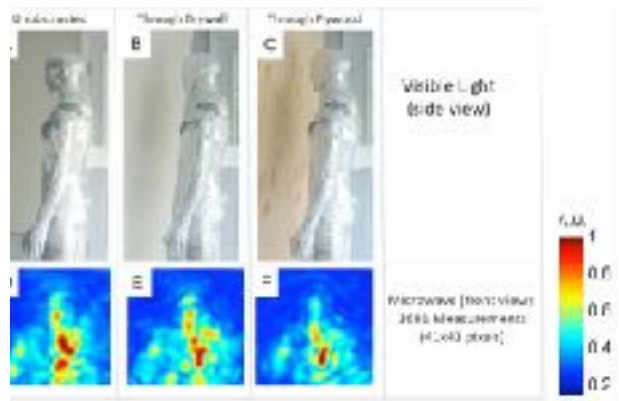


圖54 MIT Media Time-of-Flight Microwave Camera 資料來源：[35]

9. Scratch Blocks專注於幫助其他開發人員為兒童創建高質量編碼體驗。這些模組匯集了Scratch和ScratchJr的程式語法。
10. 飛行時間微波相機 (Time-of-Flight Microwave Camera) 可以透過微波穿透牆壁來創建肉眼難辨物體的高解析度3D圖像。

11. TRANSFORM是一個交互式的動態顯示，融合技術和設計，將桌面轉換成由數據和能源驅動的動態機器。



圖55 MIT Media Lab TRANSFORM 資料來源：[30]



圖56 MIT Media Lab TRANSFORM 資料來源：[30]

四、City Science Group

城市科學研究小組(City Science Group)是MIT Media Lab之研究小組之一，主要研究新型城市建築和個人車輛如何透過應用系統和智慧客製，更好地回應個人的獨特需求和價值，為創造生活和工作的地方以及連接它們的交通系統，試圖找到新的戰略，以迎接未來的挑戰（資料來源：[36]）

City Science Group研究主題，概述如下：

1. Changing Places：研究人員正在開發創造高效、具可擴展空間技術的方法，以幫助城市居民生活得更經濟且具生產力。
2. CityScope：城市科學研究人員正在開發一系列有形和數位平台，致力於解決空間設計和城市規劃方面的挑戰。這些工具的範圍從量化城市破壞性影響的模擬到便利溝通的協作應用程序。其在全球相關國家開發和部署這些工具，“CityScope”是城市規劃、共享與互動計算的一個概念。
3. Mobility-on-Demand：面對全球城市人口的快速增長，城市需要透過減少對石化燃料和私家車的依賴來提高宜居性，未來使用車輛之模式將逐漸由私家車走向共享按需模式。PEV（Persuasive Electric Vehicle）是一種低成本、靈活、共用的自主式自行車，主要在解決最後一哩的城市交通挑戰，既可以是旅客通勤的電動三輪車，也可以是運送包裹的自主運輸工具。
PEV使用標準的自行車組件，其感測器很容易根據要求重新配置，具有一個250W的中間驅動電動機和10Ah電池組，每次充電25英里，最高時速20英里。

未來PEV的發展，將是Mobility-on-Demand，用戶透過手機APP召喚PEV，最近可用的PEV將自動到達供用戶使用，待完成旅行後，PEV自動轉移執行下一個接送乘客或運送包裹的任務。



圖57 MIT Media Lab PEV示意圖 資料來源：[33]



圖58 MIT Media Lab PEV

五、Uber自駕車

UBER 先進技術集團（Advanced Technologies Group, ATG）正研發其自動駕駛技術領域，其在匹茲堡、舊金山、多倫多設有辦事處。該公司運用深度學習和機器學習、車輛控制、地圖和本地化（Mapping and Localization）、感知、軟體工程等技術開發其自駕車。本自駕車配備有LiDAR, Camera, 各式 sensor等感測設備。



圖59 Uber自駕車



圖60 與Uber自駕車合影

第二節 波士頓政府

一、Boston 交通管理中心(Traffic Management Center, TMC)

- (一) 波士頓交通局交通管理中心 (TMC) 的任務是監測、協調和調整波士頓市的交通號誌，以改善城市街道的交通流量。TMC的工作人員透過使用交通監控CCTV和專門的計算機硬體和軟體來進行交通號誌的即時通信和控制。
- (二) TMC還作為管理事故和特殊事件的中心，識別和負責指導故障交通號誌設備的維修，檢測和協調堵塞道路的非合法停放車輛的移除，並與其他交通機構和緊急應變機關協調。
- (三) TMC平日服務時間從上午7時到下午8時,假日上班服務時間為上午9時至下午5時。另外在一些重大的特殊事件中，TMC亦延長服務時間。
- (四) 為便利交通工程師、承包商等之設計或施工均按市政府之要求施作，其訂有「交通號誌操作設計指南」、「CAD標準手冊」等設計指南俾利遵循。



圖61 波士頓政府 交通管理中心

(五) 定期（年、月）提出TMC報告向民眾揭露其執行績效；根據其2016年之年報，TMC在波士頓市營運的854個交通號誌中，有65%的交通號誌係電腦連線控制。TMC在2016進行超過35,700個即時交通號誌的調整。



圖62 波士頓政府 交通管理中心

二、Boston 市政府市長室

- (一) 本次拜訪市長室因其負責跨單位計畫之執行，包含波士頓政府之自駕車道路測試。
- (二) 為促進高度自動駕駛技術的測試和部署，麻省頒布之EXECUTIVE ORDER NO. 572,內容含括：
 1. 麻州進行自駕車道路測試之目的。
 2. 成立自主車輛專業工作組（“AV工作組”）由運輸部部長或委託人主持。AV工作組應包括：交通廳（MassDOT）的公路管理主管或其指定人員、公安部長、房屋及經濟發展局局長、機動車輛部門人員等。
 3. 要求測試公司與進行此類測試的其他實體之間的備忘錄（MassDOT以及其道路將用於測試的任何直轄市或州的機構等），備忘錄內亦要求描述在道路和越野中的測試記錄、並包括任何與碰撞有關的訊息、安全評估的結果、在公共場合進行測試的任何車輛的訊息等，明確規範麻州之各城市於簽訂MOU時應涵蓋的內容。
- (三) 波士頓政府執行自駕車測試計畫的目的，係因波士頓政府重視大眾運輸之發展，希望自駕車未來可以擔任補足大眾運輸最後一哩的角色，並促進transit equity，因此積極辦理，期望朝市政府之目標推進。
- (四) 依據nutonomy公司於波士頓政府之測試經驗，剛開始之測試區域多所限制，於測試到達某一程度之後，提出擴大測試區域之申請，經核准後始得進行下一階段之測試。

(五) 就自駕車目前測試及未來發展，在道路設施 (infrastructure) 部份並無配合改善之需要。



圖63 波士頓政府 市長室

第三節 nuTONOMY公司

- 一、nuTonomy是一家從MIT出身的無人車新創公司，總部在波士頓，繼於新加坡測試無人計程車服務後，在波士頓亦開始其道路測試。
- 二、目前其已通過B2階段測試，進入C-1測試，也試圖在惡劣天氣（例如雪地）進行測試，以瞭解道路及天氣影響自主駕駛能力的狀況。
- 三、nuTonomy公司表示其於自駕車測試，不需要基礎設施(infrastructure)做配合，惟希望道路之標誌標線可以維護清晰，俾利自駕車辨識。
- 四、新加坡政府在緯壹科技城，路口裝設藍芽發設裝置，幫助無人車辨識紅綠燈，在燈號變換之前，無人車就可事先得知還要幾秒鐘才會變燈號。



圖64 nuTonomy 在波士頓道路測試 資料來源：[37]



圖65 與nuTonomy公司團隊合影

第四節 馬里蘭州公路管理局 (State Highway Administration, SHA)

一、I-270 Corridor Innovative Congestion Management計畫

- (一) 目的：為解決I-270的交通擁堵問題所提之創新方案，包含基礎設施升級、智慧型運輸系統交通解決方案、技術實施和即時資訊通信方案，以期改善I-270路廊交通流量，減少旅行延誤及提高安全性。
- (二) 工作內容：2017年夏天開始，Watkins Mill Road交匯處的I-270將進行必要的設計修改。包括將HOV車道移到路肩、延長合併車道、可變速度的交通管理、動態訊息標誌和匝道儀控等。
- (三) 期程：2017年春季進入最終設計；2017年秋季開始施工。
- (四) 經費：1億美元。
- (五) 地點



圖66 I-270 Corridor Innovative Congestion Management計畫之實施區域 資料來源：[49]

二、參訪交通管理中心 (State Operation Center, SOC)

- (一) CHART代表的是協調高速公路行動反應小組(Coordinated Highways Action Response Team)，CHART program是馬里蘭州導入智慧型運輸系統 (ITS) 的起始計畫，這個計畫從20世紀80年代中期開始，計畫名稱"Reach the Beach"，重點是改善往返馬里蘭東岸的旅行。

CHART program現在已經成為一個跨領域的計畫。它涵蓋範圍不僅延伸到巴爾的摩-華盛頓走廊，而且延伸到全馬里蘭州。

- (二) CHART program由CHART委員會指導,委員會由馬里蘭州公路管理局、馬里蘭州交通局，馬里蘭州警察局，聯邦公路局、馬里蘭大學先進交通技術中心（University of Maryland Center for Advanced Transportation Technology）和各地方政府的技術和操作人員組成。董事會由國道管理局（SHA）總工程師主持。
- (三) 這個全面而先進的交通管理系統係透過先進的指揮和控制中心 - 全州運營中心（State Operation Center,SOC）來管理。SOC是CHART系統的“樞紐”，每週7天，每天24小時營運，協同全州之衛星交通運營中心（Traffic Operation Center, TOC）共同處理尖峰時段的交通。



圖67 馬里蘭州公路管理局交通管理中心



圖68 馬里蘭州之HOV車道



圖69 與SHA官員於SOC合影

第五節 馬里蘭大學

一、CATT Lab之區域整合交通資訊系統(Regional Integrated Transportation Information System, RITIS)

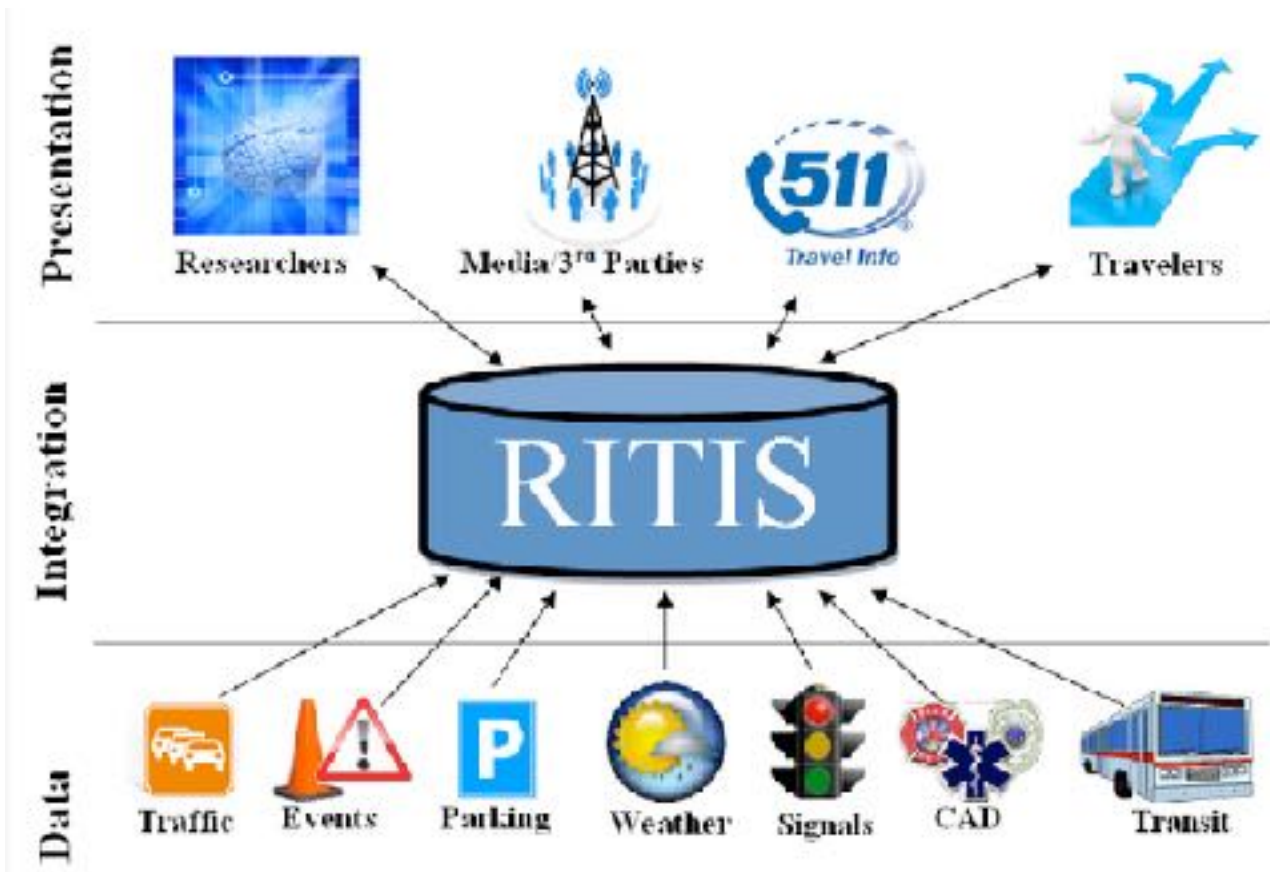


圖70 RITIS將不同的數據源和系統整合，標準化並融合到一個供廣泛用戶和應用程序使用的平台中。 資料來源：[50]

(一) 簡介

RITIS是一個自動數據共享、傳播和存檔系統，包括許多績效測量、儀表板和可視化分析工具，幫助機構獲得情境感知、衡量績效，並在各機構之間交流資訊並公開給民眾。

RITIS自動對多個機構的數據進行融合、翻譯和標準化，以提供對交通路網的全面了解。參與機構能夠透過創新的可視化查看交通和相關的緊急應變管理訊息，並用它來改善營運和應急準備。RITIS還使用區域標準化數據向第三方、媒體和其他旅行者資訊資源（包括網站，傳呼系統和511）提供資訊。

(二) 功能

1. 即時數據饋送 (Real-Time Data Feeds)

RITIS Data Feeds提供對即時事件、偵測器 (detector)、探測器 (probe)、天氣、大眾運輸和其他資料來源（包括ITS設備狀態）的直接存取服務。RITIS Data Feeds主要在促進將RITIS數據整合到傳統和第三方系統，以及需要存取即時資訊的第三方開發人員。Data Feeds提供了數據格式和檢索方法的靈活性。RITIS平台允許每個機構確定其希望在Data Feeds中提供哪些數據元素，並保持資料的安全性。

2. FEEDS AND OTHER DATA SOURCES



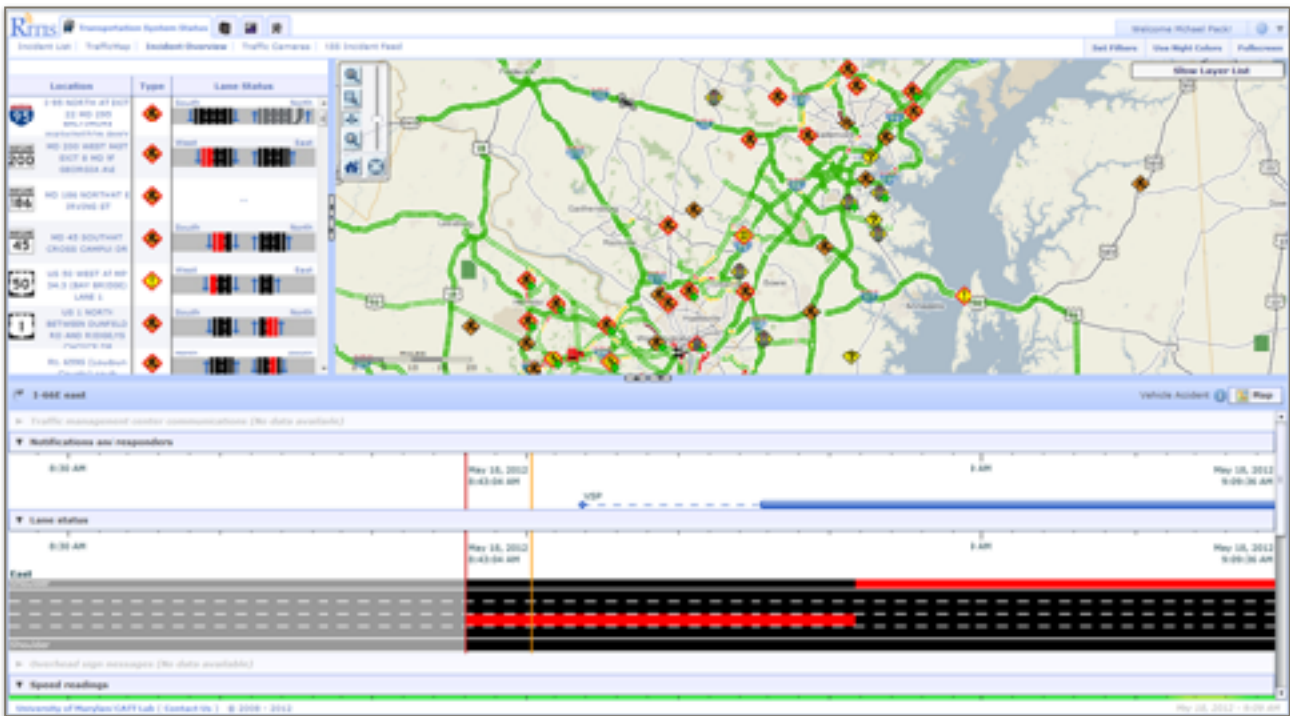
圖71 Data Feeds 資料來源：[51]

2. 即時情境感知工具 (Real-Time Situational Awareness Tools)

RITIS網站允許具有適當授權的用戶在瀏覽器中查看所有即時RITIS數據。該網站為用戶提供了一套動態的可視化和工具，可以提供有效的情境感知。授權用戶可以以地圖、列表和其他圖形存取實況事件、天氣、感測器以及其他資料來源。



圖72 顯示即時影像、天氣、流量和事件資訊的RITIS地圖 資料來源：[50]



3. 歸檔數據分析工具 (Archived Data Analysis Tools)

RITIS中的所有數據都被無限期地存檔，也就是說沒有任何數據會被視為“太舊”而刪除。RITIS目前已經開發了許多工具，用戶能夠從RITIS檔案中查詢、分析和推導績效指標。這些工具中的很多都是高度互動和動態的。它們是以用戶為中心開發的，並提供高度的自由度，若干培訓即可探索數據。歸檔中的數據也可以下載和/或導出，以使用戶可以執行自己的獨立分析。這些工具可以讓用戶識別事故熱點，分析排隊長度和特定地區的交通堵塞/瓶頸和評估運輸策略的有效性。

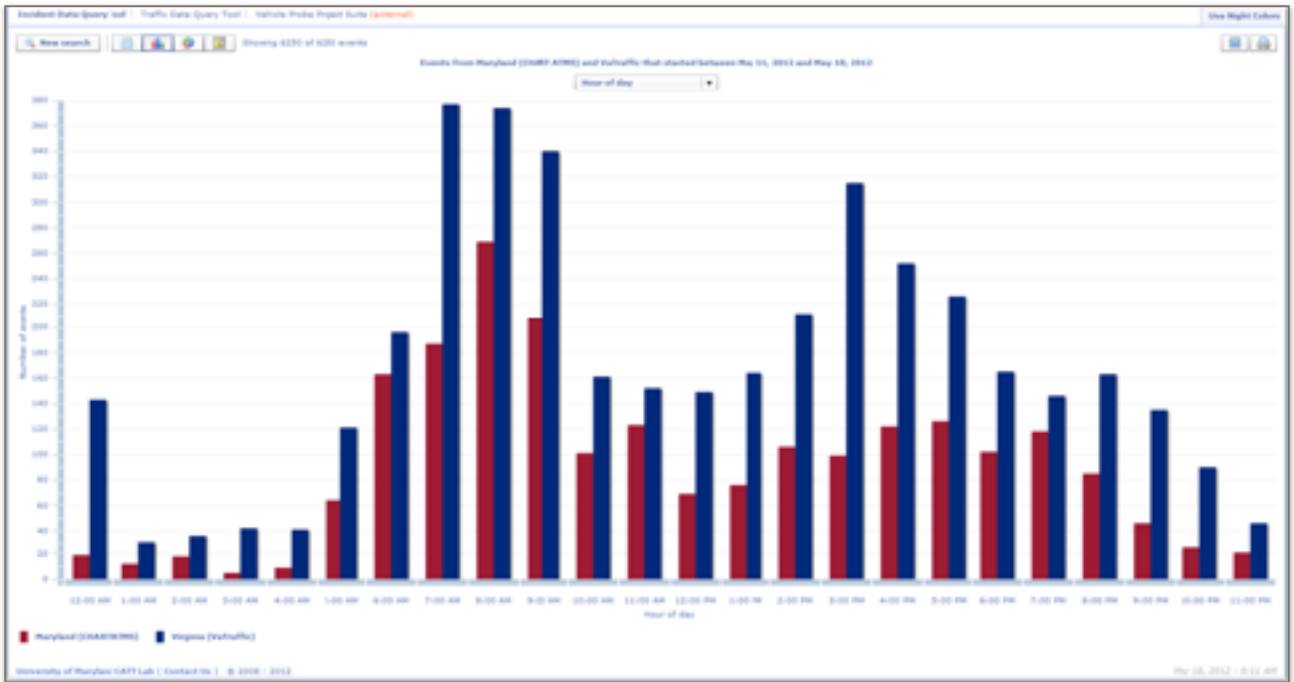


圖73 可以顯示各類事件的平均時間長度，一天中以小時計發生事故的次數，道路、縣、州的事務類型，安全服務巡邏平均到達時間的平均反應時間等 資料來源：[50]

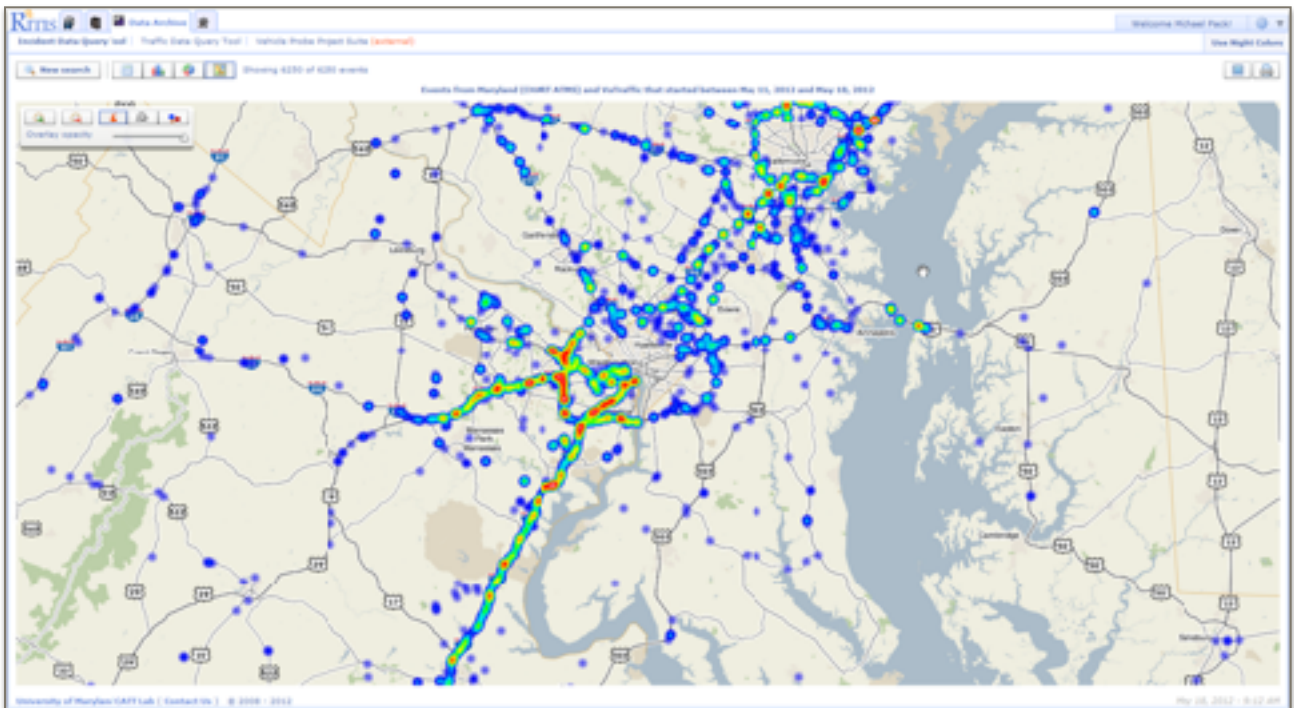


圖74 事件熱力圖 資料來源：[50]

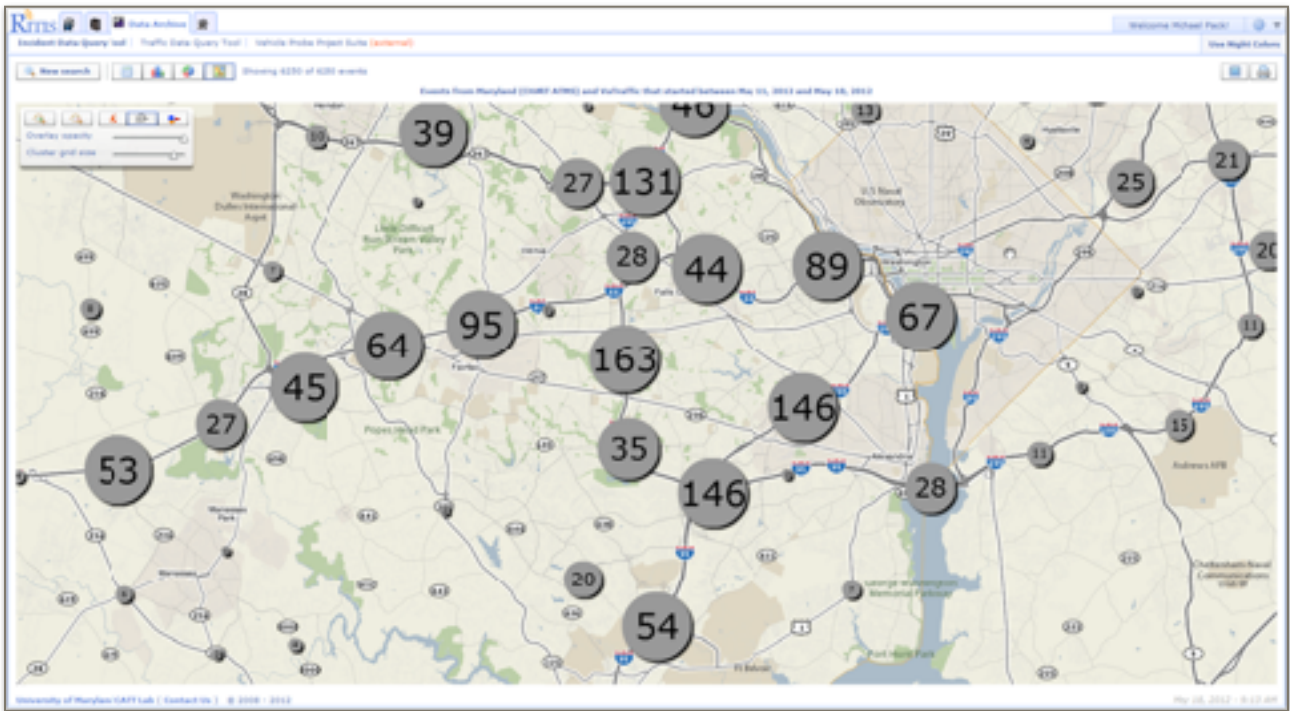


圖75 Clustering演算法允許用戶查看在自定義日期範圍內的特定位置發生了多少事件。 資料來源：[50]

Station	Standardized type	Agency-specific type	Location	Time opened	Time closed	Duration	County
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-485 2888R UODP AT 2007 31 W0 87 C	5/11/12 9:12 AM	5/11/12 9:22 AM	9 minutes	Montgomery
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	1-88 SOUTH PAST 2007 40	5/11/12 9:11 AM	5/11/12 2:04 PM	4 hours 52 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	1-88 NORTH AT W0 75.0 TO 75.9	5/11/12 9:02 AM	5/11/12 11:55 AM	2 hours 52 minutes	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	1-485 2888R UODP AT W0 41.3 (PRAC)	5/11/12 9:02 AM	5/11/12 2:40 PM	5 hours 47 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	1-485 NORTH AT 1-485	5/11/12 9:01 AM	5/11/12 12:32 PM	4 hours	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Vehicle on fire	Vehicle fire	1-88 2888R UODP W030W TO 2007 1R 0	5/11/12 9:00 AM	5/11/12 9:10 AM	10 minutes	Prince Georges
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	W0 280 SOUTH W030R TO W0 100	5/11/12 8:47 AM	5/11/12 8:49 AM	2 minutes	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH AT W0 88.8	5/11/12 8:43 AM	5/11/12 8:43 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Detour on roadway	Road event	W0 280 NORTH PAST W030R1 400	5/11/12 8:33 AM	5/11/12 8:33 AM	2 minutes	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH PAST 2007 74 W0 153 W00	5/11/12 8:29 AM	5/11/12 8:29 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 NORTH PAST 2007 64 1-885 841.1	5/11/12 8:28 AM	5/11/12 8:28 AM	Less than a minute	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH W030R TO 2007 47 W0 43	5/11/12 8:28 AM	5/11/12 8:27 AM	Less than a minute	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Detour on roadway	Road event	1-88 NORTH PAST 2007 60 W0 22 (CHS)	5/11/12 8:28 AM	5/11/12 8:28 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	W0 175 EAST W030R W030R W0 280 C	5/11/12 8:25 AM	5/11/12 9:18 AM	4 hours 53 minutes	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH PAST 2007 50 W0 1 CAPTON	5/11/12 8:23 AM	5/11/12 8:24 AM	1 minute	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH AT W0 88.8	5/11/12 8:02 AM	5/11/12 8:02 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 NORTH AT W0 89	5/11/12 8:02 AM	5/11/12 8:02 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 NORTH AT W0 89	5/11/12 8:02 AM	5/11/12 8:02 AM	Less than a minute	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Accident	Collision, property damage	1-885 SOUTH W030R TO W0 8.1 (750)	5/11/12 7:51 AM	5/11/12 8:08 AM	17 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 NORTH W030R TO GREENBELT 100	5/11/12 7:50 AM	5/11/12 8:00 AM	10 minutes	Prince Georges
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-885 SOUTH W030R TO W0 8.1 (750)	5/11/12 7:48 AM	5/11/12 8:08 AM	20 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-485 NORTH W030R AT W030R W030R	5/11/12 7:48 AM	5/11/12 8:00 AM	40 minutes	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	W0 480 SOUTH AT W0 25.2	5/11/12 7:38 AM	5/11/12 2:44 PM	7 hours 6 minutes	Garrett
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH W030R TO W0 89 at 2007R	5/11/12 7:31 AM	5/11/12 7:38 AM	7 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 SOUTH W030R TO W0 100	5/11/12 7:31 AM	5/11/12 7:34 AM	3 minutes	Howard
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	W0 280 SOUTH PAST W0 100	5/11/12 7:28 AM	5/11/12 7:28 AM	1 minute	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	W0 280 SOUTH AT W0 100	5/11/12 7:28 AM	5/11/12 7:28 AM	Less than a minute	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Detour on roadway	Road event	1-88 SOUTH PAST 1-485	5/11/12 7:28 AM	5/11/12 7:28 AM	2 minutes	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-88 NORTH AT W0 75.0	5/11/12 7:23 AM	5/11/12 7:23 AM	Less than a minute	Harford
Maryland (DMV) ATMS	Disabled vehicle	Disabled vehicle	1-885 SOUTH W030R AT 2007 30 W0 1	5/11/12 7:18 AM	5/11/12 7:17 AM	1 minute	Baltimore
Maryland (DMV) ATMS	Road event	Road event	1-885 SOUTH/NORTH AT 2007 30 - 300R	5/11/12 7:13 AM	5/11/12 8:28 AM	10 hours 15 minutes	Baltimore City
Maryland (DMV) ATMS	Accident	Collision, property damage	1-885 SOUTH W030R AT W0 89	5/11/12 7:03 AM	5/11/12 7:03 AM	10 minutes	Anne Arundel
Maryland (DMV) ATMS	Road maintenance operations	Planned roadwork closure	1-485 NORTH PAST 2007 70 W0 89 170 1600	5/11/12 7:00 AM	5/11/12 12:58 PM	5 hours 58 minutes	Baltimore City

圖76 交互式表格允許用戶搜索特定事件，按事件類型，位置，涉及的車輛等進行過濾，然後產生時間線形圖來顯示事件的管理方式。 資料來源：[50]

(三) 成功因素

CATT主管Michael Pack解釋了RITIS系統的成功因素：

- 1 呈現資料的價值-給每一個人真正的理由來蒐集資料。
2. 提供來自不同來源和系統的資料融合，使用戶對運輸系統的全面了解，而不僅僅是使用自己或單獨系統的資源或檔案。

3. 在合法狀況下，提供方便、自由的存取資料。
4. 為資料開發有趣、有用的應用程式，這會讓其他人看到運輸資訊服務的好處，並獲得更好的效果。也了解ITS如何對即時事件做出反應並使運輸系統受益。



圖77 CATT Lab 展示虛擬地磅站功能



圖78 與RITIS 主管合影

二、馬里蘭大學土木與環境工程學系(Department of Civil and Environmental Engineering)張金琳教授交通實驗室

- (一) 向張金琳教授請教北宜廊道交通壅塞問題之解決方法。
- (二) 交通實驗室介紹號誌設計專案、模擬系統之研究成果。



圖79 觀摩馬里蘭州號誌設計



圖80 與張金琳教授合影

第六節 參訪西雅圖Microsoft公司

近年微軟公司專注於行動與雲端方案，協助全球各地的使用者及企業用戶解決問題。它將微軟業界領先的軟體產品，發佈在不同平台的版本，落實

「行動優先、雲端至上」的公司策略主軸，試圖再現微軟公司持續創新與成功轉型的競爭力。

實地造訪西雅圖微軟總部，在第16號樓和第17號樓中間的空地上，嵌著一塊塊刻字的地磚。每一塊地磚上都是微軟曾經發布過產品的名稱、版本和發布日，從1975年成立到1999年。圖82之左下角即是微軟的暢銷產品

「Windows for Workgroup 3.1」

微軟公司有著輝煌的歷史，但仍不斷更新、改善產品，加速研發新的科技以期為客戶帶來更好的服務。



圖81 參訪Microsoft 公司



圖82 訴說著歷史的微軟地磚



圖83 Microsoft Campus - West campus

第七節 華盛頓大學PacTrans實驗室、STARLab

- 一、太平洋西北運輸聯盟 (PacTrans)：PacTrans是聯邦區域10的區域大學運輸中心 (University Transportation Center, UTC)。PacTrans成立於2012年1月，是俄勒岡州立大學 (OSU)，阿拉斯加大學，費爾班克斯 (UAF)，愛達荷大學 (UI)，華盛頓大學 (UW) 和華盛頓州立大學 (WSU) 的交通專業人員和教育工作者的聯盟。
- 二、STARLab(Smart Transportation Application & Research)：有鑑於ITS研究計畫及其相關實驗室是ITS專業人員進行高質量培訓和解決交通問題不可或缺的資源。Dr. Yin Hai Wang於2003年6月提出建議後成立智慧運輸應用與研究實驗室 (STAR)，以加強華盛頓大學ITS研究和教育的實力。STAR實驗室的主要目標是：支持先進的ITS研究、培養ITS專業人員、探索解決交通問題的有效途徑、為ITS類的學生提供手動培訓工具和軟體應用程序、在UW和運輸機構之間架起一座橋樑。
- 三、8月31日就下列議題向PacTrans實驗室和STARLab請益與交流：
 - (一) PacTrans介紹及相關研究(Introduction of PacTrans and Related Research)
 - (二) 訪問目的及相關研究(Purpose of Visit and Related Research)
 - (三) 用無人機系統評估運輸路廊滑坡安全(Unmanned Aircraft System Assessments of Landslide Safety for Transportation Corridors)
 - (四) 透過連接感測器網路和基礎設施網路實現交通安全和提高交通自動化效率 (Free Traffic Safety and Efficiency Enhancement through Adaptive Roadway Lighting and Control Enabled by Connected Sensor and Infrastructure Networks)
 - (五) 利用車聯網數據和技術加強安全交通運營 (Enhancing Safe Traffic Operations Using Connected Vehicles Data and Technologies)
 - (六) 數位公路互動可視化及評估網路 (Digital Roadway Interactive Visualization and Evaluation Network)



圖84 參訪PacTRANS運輸實驗室



圖85 與PacTRANS Director Yin Hai Wang合影

第八節 華盛頓州交通廳西北分部 (WSDOT Northwest Region)

一、西北分部之交通管理中心 (Traffic Management Center, TMC)

華盛頓州有六個區域交通管理中心 (TMCs)，其中位於Shoreline即是西北分部之交通管理中心。

二、前揭交通管理中心是公路監測和運營的神經中樞，負責：

1. 使用高速公路上的數百台CCTV監控交通情況並發現問題。
2. 使用高速公路上的交通偵測器獲取交通狀況的即時圖像。
3. 協調與華盛頓州巡邏隊和其他執法機構和緊急事件應對人員在高速公路事件中的反應。
4. 協調WSDOT於事故時之緊急應變小組活動，例如幫助滯留司機、幫助維持交通安全，同時緊急救援幫助參與事故的人員等。
5. 操作可逆的車道控制系統和匝道儀控以幫助管理交通流量並減少擁堵
6. 透過高速公路諮詢收音機、電子標誌、網路和旅行者資訊提供關於天氣、事故、旅行時間等資訊。
7. 提供最新訊息予廣播電視記者。
8. 協調突發事件和災難之緊急措施。

三、交通管理中心每週七天，每天24小時運轉操作以保持交通安全。

四、TMC是智慧型運輸系統 (ITS) 的運營中心，以使系統運行更加安全和高效。其ITS設備包括路邊CCTV、匝道儀控、可變資訊標誌，速度和車道控制標誌。TMC隨著ITS技術的發展而不斷擴大，例如主動交通管理 (ATM) 的變速限制和車道控制，SR 167高速車道和I-405高速公路收費車道的收費以及新的SR 99鑽孔隧道和I-90隧道的更新。

五、西北分部的TMC擁有自己的大型機房，90個46英寸的螢幕、無線電調度系統、不間斷的電源和發電機、可以使設施運行長達7天。該中心亦可以作為緊急應變中心（EOC）於緊急事件發生時進行指揮協調工作。



圖86 華盛頓州交通廳西北分部 交通管理中心



圖87 介紹I405之HOV Lanes



圖88 交通管理中心旁之緊急應變中心



圖89 介紹交通管理中心之硬體設備

第九節 加州柏克萊大學Path Program

一、加州伯克萊大學的PATH program自1986年成立以來一直是ITS研究領域的領導者，目前其研究區分為下列領域：

- (一) 運輸安全研究 (TRANSPORTATION SAFETY RESEARCH)：繼續延伸PATH的傳統領域，主要在車輛高速公路的合作和交流，以及「駕駛科學」的駕駛行為調查。
- (二) 交通運營研究 (TRAFFIC OPERATIONS RESEARCH)：重點推進交通管理和用路人資訊系統的最新發展，並產生可在現場實施的成果。
- (三) 可持續發展 (SUSTAINABILITY)：開發技術創新、提高車輛運輸效率，減少運輸對環境的影響
- (四) 模式應用 (MODAL APPLICATIONS)：研究創新、改進和完善中轉解決方案的新觀念、新方法和新技術
- (五) 整合式運輸路廊 (INTEGRATED CORRIDOR MANAGEMENT)：重點實施新的經過的路廊管理技術，以一個整體系統管理路廊並改善交通
- (六) AV與CV (CONNECTED AND AUTOMATED VEHICLES)：推進將車輛連接 (CV) 到周圍的基礎設施 (V2I) 和其他車輛 (V2V) 或使車輛自動化 (AV) 的技術。

二、相關ICM計畫

- (一) 路廊系統管理計畫 (Corridor System Management Plans, CSMP) - 680號州際公路

加州交通廳 (Caltrans) 與所有相關的管轄機構一起執行道路系統管理計畫 (CSMP)，以評估交通路廊當前和未來的缺陷，並確定未來交通管理、大眾運輸和基礎設施改善措施，以實現交通目標。Caltrans、Contra Costa Transportation Authority (CCTA) 和System Metrics Group (SMG) 正在為I-580和Benicia Bridge之間的I-680路廊開發CSMP。其目的是基於建模和其他評估工具分析，確定最佳的策略組合，以改善交通，旅行時間的可靠性和現有資源的管理。

- (二) 880號州際公路整合式運輸路廊管理系統工程 (Interstate 880 Integrated Corridor Management Systems Engineering)

PATH是880號州際公路整合式運輸路廊的一部分。主導機構為大都會交通委員會 (MTC) 正計劃部署各種ICM方法，利用現有和新的ITS元素來鼓

勵公眾之間的模式和路線轉換，以及提高路廊效率。PATH主導制定了該計畫的運行概念，並對I-880走廊的策略進行了測試和評估。



圖90 與PATH ICM小組成員請益



圖91 拜會PATH 運輸安全組負責人詹景堯博士

第十節 加州San Francisco County Transportation Authority

一、舊金山交通運行概況



圖92 舊金山路網圖 資料來源：[92]

人口：85萬人
土地面積：47平方英哩
平均收入：10萬
車輛註冊數量：45萬
主要大眾運輸經營者數量：7

- Muni：735,000 trips/day
- Bart：400,000 trips/day
- Caltrain：56,000 trips/day
- 3區域公車
- 1渡輪

二、BART Perks（舊金山灣區捷運集點計畫）

BART Perks 是一項舊金山縣交通管理局 (SFCTA) 與 BART 合辦的六個月試行計畫，希望能找出更多新方法來緩解BART捷運擁擠情形。該計畫主要在測試是否可透過提供獎勵優惠，讓乘客願意避開上午繁忙時段來搭車，並藉此緩解捷運人潮。該計畫可加強舊金山灣區捷運長期為紓解列車堵塞和車站人潮



圖93 BART 舊金山灣區捷運 資料來源：[1]

擁擠所做的努力，包括列車控制系統及其他重要基礎設施升級、為車隊添購更多列車，以及擴充車站容量等。該計畫是根據全球成功實施的類似計畫來設計。SFCTA在捷運系統中最擁擠的車站進行直接推廣與廣告宣傳，以及透過與大公司合作來徵求參加者。

1. 經費：BART 集點計畫的經費來源包括「聯邦價值定價試行計畫」(VPPP) 補助款、舊金山灣區捷運營運經費，以及舊金山「K 提案」(Proposition K) 半美分交通銷售稅。
2. 實施時間：舊金山灣區捷運集點計畫的實施時間約為六個月，從 2016 年 8 月起至 2017 年 2 月截止。
3. 運作方式
 - 任何年滿 18 歲的加州居民均可參加。註冊並提供路路通卡 (Clipper card) 號碼，開始追蹤參加者搭乘捷運的車程。
 - 參加者每搭乘舊金山灣區捷運一英里，即可贏得 1 點。
 - 若再加贈點數時段上車，最多可贏得六倍點數。加贈時段：上午 6:30 至 7:30 及上午 8:30 至 9:30。
 - 點數可兌換為小額現金回饋。也可使用點數參加「轉輪抽獎」(Spin to Win) 遊戲，有機會贏得更多點數或 \$1 至 \$100 不等的現金回饋。

- 回饋金結餘會自動匯入參加者的 PayPal 帳戶。（資料來源：[1]）

本案業經試驗完成，SFCTA 表示已成功移轉 10% 於尖峰搭乘人口至離峰搭乘，成效顯著。

三、金銀島移動力管理計畫(Treasure Island Mobility Management Program)

(一) 概述：在未來 15 到 20 年內，金銀島開發計畫將在舊金山建成一個高達 8,000 戶居民住宅區 - 其中許多以低於市場的價格提供 - 將容納 2 萬多新居民。隨著更多的住房，這個新的發展包括廣闊的開放空間、酒店、餐館、商店和娛樂場所，導致每天往返島上數以萬計之交通流量，主要使用舊金山 - 奧克蘭灣大橋。

(二) 金銀島移動性管理機構 (THE TREASURE ISLAND MOBILITY MANAGEMENT AGENCY, TIMMA)

金銀島移動性管理機構，亦稱為 TIMMA，是為了制定運輸計畫，為金銀島和鄰近的芳草島的居民、企業和遊客提供服務。目標是使金銀島成為一個多元化、永續，家庭友好的大眾運輸型社區。

(三) 交通規劃目標

1. 促進步行和騎自行車：自行車道和人行道，福特 GoBike 車站將在島上騎自行車和散步，保持安全和愉快。
2. 提供高質量的交通服務：更多的 Muni 服務，以及新的交通運輸和渡輪服務，將有助於確保至少有 50% 的往返島嶼是採用永續的方式。
3. 鼓勵無自用車之生活：開車的人將會為駛離島嶼而付出代價。房屋的成本不包括停車費，擁有車的人將分別支付停車費。使用汽車共享車輛將使居住更容易，而無需在島上擁有私人車輛。
4. 促進可承受性 (affordability)：透過補貼 Transit Pass 和折扣汽車和自行車等服務將使轉運負擔得起，並獲得長期居民和低價住房者。

(四) 規劃中到金銀島的公共汽車和渡輪服務

PLANNED BUS AND FERRY SERVICE TO TREASURE ISLAND

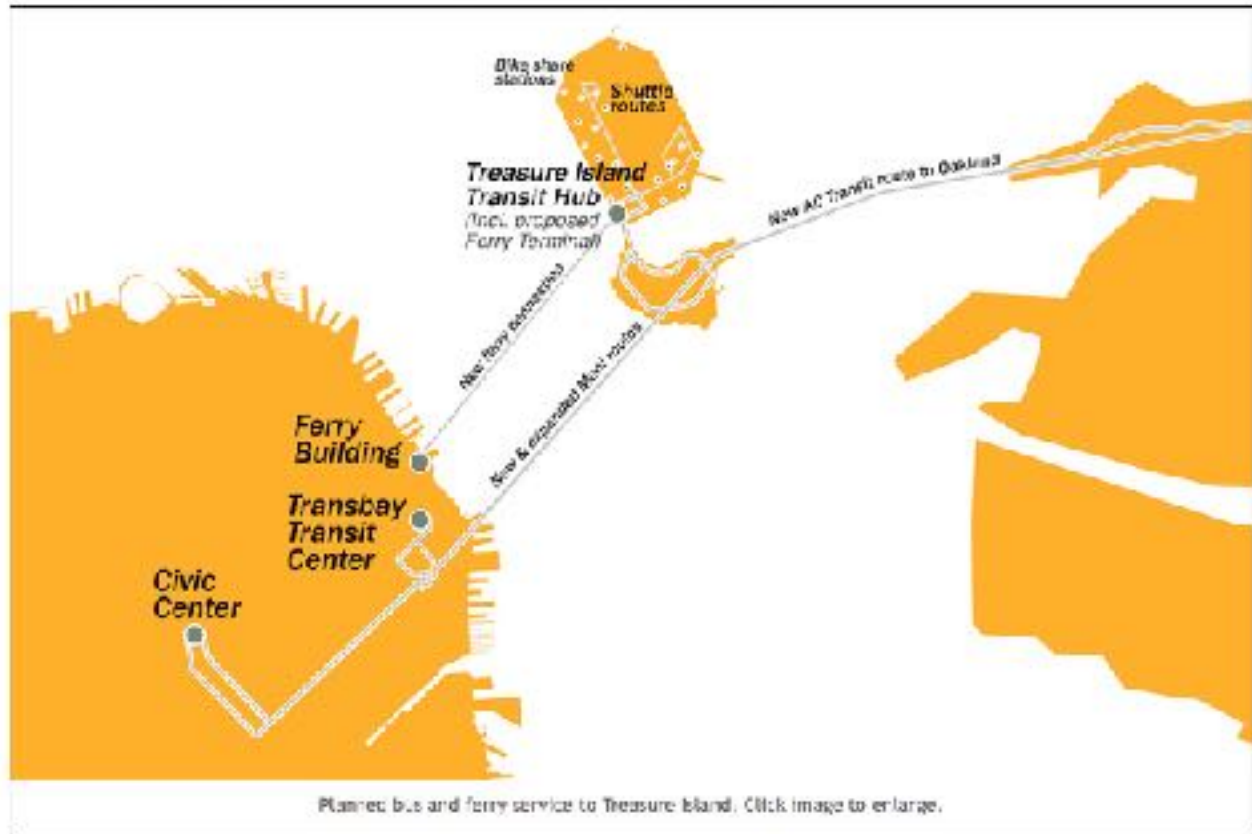


圖94 規劃中到金銀島的公共汽車和渡輪服務 資料來源：[53]

1. 新建連接金銀島的運輸方式

- 新的渡輪服務到舊金山市中心
- 到舊金山的Transbay轉運中心（San Francisco's Transbay Transit Center）有更頻繁的Muni巴士服務
- 新的Muni巴士服務到舊金山的文娛中心（San Francisco's Civic Center）
- 新的AC Transit巴士服務到奧克蘭市中心

2. 島上交通改善

- 金銀島多式聯運樞紐（包括擬建渡輪碼頭）的島上班車服務
- 新的多用途休閒路徑
- 自行車道和行人專用街道
- 自行車共享
- 汽車共享

（五）計畫正在開發中

1. 大眾運輸通行證（Transit Pass）

金銀島大眾運輸通行證的目標是居民覺得負擔得起而且可及。通行證將被裝載在Clipper卡片上，並且僅金銀島/芳草島居民獨有。

大眾運輸通行證的基礎包括：

- 新（市場）居民的強制性大眾運輸通行證
- 適用於長期居民和低於市場價格住房的可選打折通行證
- 與多個運輸機構的兼容性，包括SFMTA，AC Transit和BART

2. 擁堵收費（Congestion Toll）

金銀島新居民區的居民人數將超過舊金山現有的許多居民區，加上辦公室和零售空間。居民、工作人員和遊客需要在金銀島和其他海灣地區之間旅行。

為了緩解新橋附近的交通影響，金銀島交通管理局將對進出金銀島和芳草島的車輛實施擁堵收費。擁堵收費將為駕駛員提供經濟刺激，特別是在繁忙時間，並將直接資助新的公共運輸服務。

3. 更多的旅行透過公共運輸和共乘

舊金山市的目標是至少有50%往返島嶼是透過永續模式（例如公共交通，共乘或渡輪），而不是單人開車往返。

將透過以下方式實現這一目標：

- 要求新居民住在低價住房和酒店客人購買大眾運輸通行證
- 提供汽車和自行車共享選項
- 提供共乘匹配服務
- 制定有保證的乘車回家計畫，透過大眾運輸或共乘去上班的居民在緊急情況下可以免費搭車回家
- 提供免費的島上shuttle
- 提供Muni不直接服務的頻繁目的地的往返班車服務
- 這些“運輸需求管理”策略將隨著金銀島開發計畫的推進而在數年內逐步實施。

4. 運輸可承受性計畫（Transportation Affordability Plan）

這個計畫主要在為所有生活在低價住房的人以及在2011年之前搬到這個島上的人提供一個交通成本降低計畫。

運輸可負擔性計畫的建議收益包括以下折扣：

- 大眾運輸通行證
- 汽車共享和福特GoBike會員資格
- 運送食物和其他物品
- 共乘
- 收費：居民每天將收取一次往返通行費，以及大眾運輸旅行的收費信用（透過大眾運輸收取一定數量的旅行後累計收費）

根據島上低收入家庭和工人的數量，這些建議的福利將逐步分階段實施。現有居民在獲得這些福利時將自動獲得這些福利。

5.SFMTA停車政策

SFMTA將對公共停車場進行定價和管理，以增加停車位的使用率，同時鼓勵居民、工作人員和遊客走路、轉乘或騎自行車。

停車管理政策的目標：

- 鼓勵走路，大眾運輸和騎自行車
- 使停車更容易可及
- 幫助支付新的大眾運輸

隨著島內各個部分的重建，所有公共可用的停車場將被定價和管理，以幫助實現運輸計畫的總體目標。在金銀島支付的所有停車費將返回給新的渡輪服務的資金。這是一個獨特的好處，只有金銀島收到停車費能專用於造福金銀島。

由於新建建築物的房屋可供使用，住房費用不包括停車費，因此擁有車輛的人將單獨支付停車費。預計大部分住宅停車場（大約80-85%）將在住宅樓下的地下車庫內提供。島上的所有其他停車場，街上和街外的車庫和車庫都將公開發售。



圖95 舊金山縣交通管理局



圖96 與SFCTA 主管合影

第七章 心得與建議

第一節 心得

- 一、本次短期專題研究，得以在自駕車發展快速的美國，實地體驗其自動駕駛技術與智慧城市發展之進程，對於拓展國際視野，有極大的助益，且此次承蒙麻省理工學院媒體實驗室City Science Group、馬里蘭大學張金琳教授、華盛頓大學Yinhai Wang教授、柏克萊大學詹景堯博士之指導，以及各參訪單位之協助，透過對研究主題的探索，而有了更透徹與精闢的理解，另一方面，又能在美國當地，就近探索美國的新進研究，尤其是關於實務管理上的研究成果，以此汲取美國經驗，進而促進國內交通管理的升級，將有很大的助益。
- 二、整合式運輸路廊交通管理（Integrated Corridor Management, ICM）係協調個別路網營運（國道、省道、鐵路、客運等），建立能夠進行跨路網管理的互聯系統，其概念是讓運輸路廊中個別獨立運作的路網及其交叉路網連接，使其可以更協調一致的方式運行，其結合了兩個基本概念：主動管理和整合。而整合包含制度面整合、營運面整合及技術面的整合，一般研究案的執行習慣從技術面進行探討以瞭解可行性及做法，此類技術面議題包含資訊系統的開發、單位間的通信、共享數據、系統介接和相關標準等。但依據相關研究指出，ICM如果沒有制度面和營運面的整合，技術面的整合就會無法實現或無法展現其預期成效。
- 三、ICM可以透過鼓勵用路人從開車轉向搭乘大眾運輸來提高大眾運輸的利用率，特別是在事故發生的情況下。然而，要達到這種效果，停車位擴建似乎是關鍵推動力。因此，達拉斯和聖地亞哥增加了停車位以作為其ICM方法的一部分，且於該網站提供轉乘站之停車位訊息，以便駕駛人若於路上遇到壅塞時，知道他們是否可以將車停在附近的路段再轉乘大眾運輸。因此欲達到鼓勵民眾改變運輸模式（例如由私家車改為大眾運輸），除需考慮路網路徑之外，尚需考慮不同路網轉接點或轉乘之便利性（例如停車位的考量）。
- 四、ICM所採行策略與方法係基於空間與時間負載平衡或需求管理的觀念，這些策略既可改善運輸業務，又可透過優化吞吐量（throughput）來提高總

體路廊性能和用戶體驗。儘管並非所有策略都適用於全部的ICM路廊，但可以根據現有資源和路廊旅行模式縮小到最佳效果的實施方法或組合。ICM AMS (Analysis, Modeling, Simulation) 提供了評估此些策略的方法，協助分析及找到合適之策略組合,而且這不是一次性獨立的規劃過程，它需要持續不斷的試行及改進，以設計和完善ICM之執行策略。

- 五、自駕車 (AV) 目前於美國進行道路測試均為SAE level 3以上，屬於HAV (Highly Automated Vehicle) ；而CV車聯網包括車對基礎設施 (V2I) 和車對車 (V2V) 之應用；此AV與CV，對於基礎設施(infrastructure)之需求不同，AV無需基礎設施做配合，而CV則極需基礎設施之配合。
- 六、從無人小巴之架構圖得知,無人小巴之車輛只是運作架構的一部分，其運作必須仰賴基礎設施的幾何設計、通訊系統、中央車隊管理系統以及其他支持系統，而其中基礎設施的因素會強烈影響系統的安全和性能。
- 七、麻省理工學院媒體實驗室是麻省理工學院一個跨領域跨學科之研究實驗室，多年來致力於技術、多媒體、科學、藝術和設計之融合。教職員和學生有建築、計算機科學到各種社會科學、藝術及音樂等背景。因專案執行常係跨領域組成，成員間意見觀點多所不同，但仍樂於貢獻所知、相互支援，除此之外，制度面亦鼓勵跨院所之學習與合作。跨域整合在MIT Media Lab自然實現的做法值得參考。
- 八、MIT Media Lab 之City Science Group，每週定期舉行lunch meeting，會中安排成員做部份成果之簡報，也開放成員自由提問，無形中接觸不同領域之研究內容，也為個人注入嶄新之學習活力。
- 九、City Science Group下之PEV (Persuasive Electric Vehicle) 是共享的無人自行車，主要在解決最後一哩的城市交通挑戰，既可以是旅客通勤的電動三輪車，也可以是運送包裹的自主運輸工具。本次參與在PEV Group一起研究，對於無人車相關技術也得到機會學習，雖然自行車速度比不上汽車，但自動駕駛相關技術所提之感測、認知判斷、執行控制之步驟並無太大差異，但自行車行走於自行車道，因無標線或標線不明，容易造成行走路徑判斷之困擾。在速度亦不及汽車，故過紅綠燈需特別的設計。因此不同載具在自動駕駛的技術上仍有差異與各自待克服之處。

第二節 建議

- 一、近年來隨著國際間自動駕駛技術及相關車輛之發展，為求符合實際道路使用需求，部分自動駕駛車輛已開始走出實驗場域，於各地區進行公共道路實地測試。考量國內已有地方政府與業者提出測試需求，且國內交通環境與國外有顯著差異，基於促進道路安全及期望自駕車擔任大眾運輸最後一哩路的角色，且為展示本部對於自駕車發展甚為重視，建議應就外界關切之自駕車道路測試，研訂相關道路測試法規。
- 二、依據波士頓政府及nuTonomy公司之建議，為利自駕車於道路測試及後續正式上路之準備，建議道路標誌標線應維護清楚標示。
- 三、麻州為促進高度自動駕駛技術的測試和部署頒佈了該州第572號行政命令，對於自駕車測試業者提出相關監管要求，包含須提交與道路權管城市或機關之合作備忘錄（MOU），內容包含提交測試紀錄、安全評估結果、足夠的保險等，建議本部律定道路測試之相關監管要求俾利各縣市受理道路測試時有所遵循。
- 四、舊金山縣交通管理局為緩解灣區捷運(BART)人潮擁擠情形，執行BART Perks舊金山灣區捷運集點計畫，透過提供獎勵優惠措施，讓乘客願意避開上午繁忙時段來搭車，並藉此緩解捷運人潮，此即改變旅行者的旅行時間以達需求管理之策略，建議本部交通行動服務計畫(MaaS)於執行時運用需求管理之相關策略措施，緩解北宜交通擁擠問題。

附錄一、參考文獻

1. <http://www.bart.gov/sites/default/files/docs/About%20Perks.pdf>。
2. “Synthesis of Active Traffic Management Experiences in Europe and the United States”, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, March 2010
3. “Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management”, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, July 2007
4. Port Authority of New York & New Jersey <https://www.panynj.gov/bridges-tunnels/lincoln-tunnel-xbl.html>
5. “Integrated Corridor Management, Transit, and Mobility on Demand”, USDOT Federal Highway Administration, <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop16036/ch1.htm#s11>
6. <https://www.its.dot.gov/strategicplan.pdf>
7. <https://ntl.bts.gov/lib/61000/61900/61984/FHWA-JPO-16-397.pdf>
8. https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/ICM_DemoSites_V7.pdf
9. <https://www.bnext.com.tw/article/42243/now-is-the-right-timing-for-developing-self-driving-car>
10. “Evaluation of Automated Vehicle Technology for Transit”, National Center for Transit Research(NCTR), January 2015, <https://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2015/09/77975-Evaluation-of-Automated-Vehicle-Technology-for-Transit.pdf>
11. “Evaluation of Automated Vehicle Technology for Transit - 2016 Update”, National Center for Transit Research(NCTR), April 2016, <https://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2016/04/79060-21-AVT-for-Transit-Update.pdf>
12. CityMobil2網站, <http://www.citymobil2.eu/en/>
13. “EXPERIENCE AND RECOMMENDATIONS”, http://www.citymobil2.eu/en/upload/Deliverables/PU/CityMobil2%20booklet%20web%20final_17%2011%202016.pdf
14. EasyMile網站,<http://easymile.com/mobility-solution/>
15. “Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, and Lessons Learned 2017 Update Report “, US DOT, March 2017, http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/its/bcllupdate/pdf/BCLL_2017_Combined_JPO-FINALv6.pdf
16. “Safety - Intersection Movement Assist”, USDOT ITS Joint Program Office, https://www.its.dot.gov/infographs/intersection_movement.htm
17. USDOT ITS JPO網站, https://www.its.dot.gov/research_archives/dma/dma_development.htm#fratis

18. http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/its/bcllupdate/pdf/BCLL_Automation_2017_FINAL.pdf
19. USDOT網站, <https://www.transportation.gov/smartcity/winner>
20. <http://telematicswire.net/mobility-as-a-service-maas-launches-first-on-demand-mobility-service-in-finland/>
21. USDOT網站, http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/its/bcllupdate/pdf/BCLL_ROADWAY_WORKZONE_2014_FINAL.pdf
22. USDOE網站, November 2017, <https://www.afdc.energy.gov/locator/stations/>
23. National Strategy to Reduce Congestion on America's Transportation Network, Prepared by the USDOT. May 2006, <https://www.heartland.org/template-assets/documents/publications/21283.pdf>
24. What is Congestion Pricing?" Congestion Pricing, A Primer, U.S DOT Federal Highway Administration website, <http://ops.fhwa.dot.gov/Publications/congestionpricing/sec2.htm>, last accessed 2/6/2017.
25. USDOT網站, https://www.its.dot.gov/cv_basics/cv_basics_what.htm
26. USDOT網站, https://www.its.dot.gov/research_areas/attri/complete_trip.htm
27. USDOT網站, <http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/its/bcllupdate/FreewayMGT/>
28. 麻省理工學院媒體實驗室網站, <https://www.media.mit.edu/about/mission-history/>
29. <https://www.media.mit.edu/files/overview.pdf>
30. http://tangible.media.mit.edu/static/pdfs/TRANSFORM_Brochure_27.pdf
31. <https://tangible.media.mit.edu/project/biologic/>
32. <http://thekidshouldseethis.com/post/3d-printing-with-1900f-molten-glass-g3dp-at-mit>
33. 麻省理工學院媒體實驗室 City Science Group
34. <https://www.media.mit.edu/projects/reality-editor/overview/>
35. <http://cameraculture.media.mit.edu/time-of-flight-microwave-camera/>
36. <https://www.media.mit.edu/groups/city-science/overview/>
37. 波士頓政府網站, <https://www.boston.gov/departments/new-urban-mechanics/autonomous-vehicles-bostons-approach#current-testing-partners>
38. "Active Traffic Management Feasibility and Screening Guide", <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop14019/index.htm>
39. https://www.artc.org.tw/upfiles/ADUupload/knowledge/tw_knowledge_530086676.pdf

40. [https://www.ted.com/talks/
chris urmson how a driverless car sees the road#t-610195](https://www.ted.com/talks/chris_urmson_how_a_driverless_car_sees_the_road#t-610195)
41. <http://moralmachine.mit.edu>
42. <https://www.youtube.com/watch?v=59d2OIGThOA>
43. <https://ntl.bts.gov/lib/59000/59600/59604/FHWA-JPO-16-280.pdf>
44. 張金琳, 整合性交通走廊控制與運作 Integrated Traffic Corridor Control and Applications, 交通大學開放課程, [http://ocw.nctu.edu.tw/
course_detail.php?bgid=3&gid=0&nid=513#.WiQKf7b3X2R](http://ocw.nctu.edu.tw/course_detail.php?bgid=3&gid=0&nid=513#.WiQKf7b3X2R)
45. AUTOMATED DRIVING LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016, SAE
46. [https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-
safety](https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety)
47. [https://www.boston.gov/departments/new-urban-mechanics/
autonomous-vehicles-bostons-approach#self-driving-vehicle-testing](https://www.boston.gov/departments/new-urban-mechanics/autonomous-vehicles-bostons-approach#self-driving-vehicle-testing)
48. [https://www.mass.gov/files/documents/2017/10/13/
presentation_121516.pdf](https://www.mass.gov/files/documents/2017/10/13/presentation_121516.pdf)
49. [http://www.roads.maryland.gov/OC/
I-270 Congestion Relief Fact Sheet 2017.pdf](http://www.roads.maryland.gov/OC/I-270_Congestion_Relief_Fact_Sheet_2017.pdf)
50. <http://www.cattlab.umd.edu/?portfolio=ritis>
51. CATT Lab, University of Maryland
52. San Francisco Traffic Authority
53. http://www.sfcta.org/TIMMA_home

附錄二、台灣ITS發展簡報 (Development of Intelligent Transportation System in Taiwan)



Developments of Intelligent Transportation System (ITS) in Taiwan

Chueh-Ting CHEN
Ministry of Transportation and Communications
(MOTC), R.O.C
Aug. 31 2017

Agenda

- About Taiwan
- Current status of ITS developments
 - Transport management and services
 - Public transport service
 - Traveler information services
 - Low-carbon transport
- ITS Plan 2017-2020



About Taiwan (2015.12)

Characteristics	Taiwan	Taipei Metropolitan
Population	23.50 million	6.67 million
Area	36,193 km ²	2,324 km ²
Population Density	649 persons/km ²	3,609 persons/km ²
Registered Cars	7,739,144 (3.04 persons/car)	1,005,501 (6.63 persons/car)
Registered Motorcycles	13,661,753 (1.72 persons/car)	2,178,050 (3.06 persons/car)

High Population Density, Many Motorcycles,
Strong ICT Industries



Transport Management and Services



ETC(Electronic Toll Collection)




Public Transport Service




e-Payment/Ticketing System


Ferry




Curb Parking




Off-street Parking




Urban Rail w/ Mobile Phone



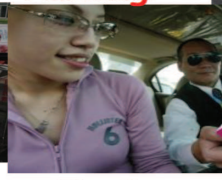
Commuter Rail




Bus



Taxi




Cable Car


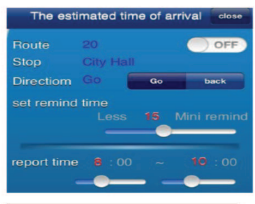







+ Regional Bus + Security + e purse






中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications

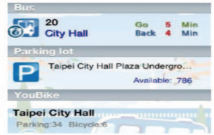




Traveler information Services










中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



Low-Carbon Transport



中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



Three major transport problems

High traffic-related injuries and deaths

Annual cost US\$ 16 billion
About 3% of GDP



Recurrent road congestion in main corridors

Taipei-Yilan corridor in Northern Taiwan



Insufficient public transport service in rural areas

Transport disadvantage cause social exclusion



中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



ITS Plan 2017-2020

5 S- Safe, Smooth, Seamless, Sharing, Sustainable

- About US\$100 million new budget will invest in ITS development between 2017-2020
 - Smart Traffic Safety Program
 - Smart Integrated Corridor Management Program
 - Rural Area ITS Application
 - MaaS (Mobility as a Service)
 - Connected vehicles and automated vehicles
 - ITS R&D



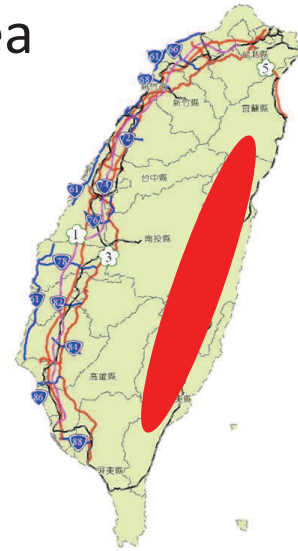
Implementation Area

- Taipei-Yilan corridor: one of the highly congested corridors
- Eastern Taiwan: The most rural counties (population density 100 per/km²)
- Municipality: Urban traffic and mobility management



Implementation Area

- Taipei-Yilan corridor: one the highly congested corridors
- Eastern Taiwan: The most rural counties (population density 100 per/km²)
- Municipality: Urban traffic and mobility management

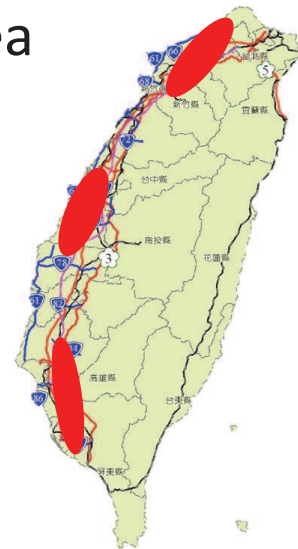


中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



Implementation Area

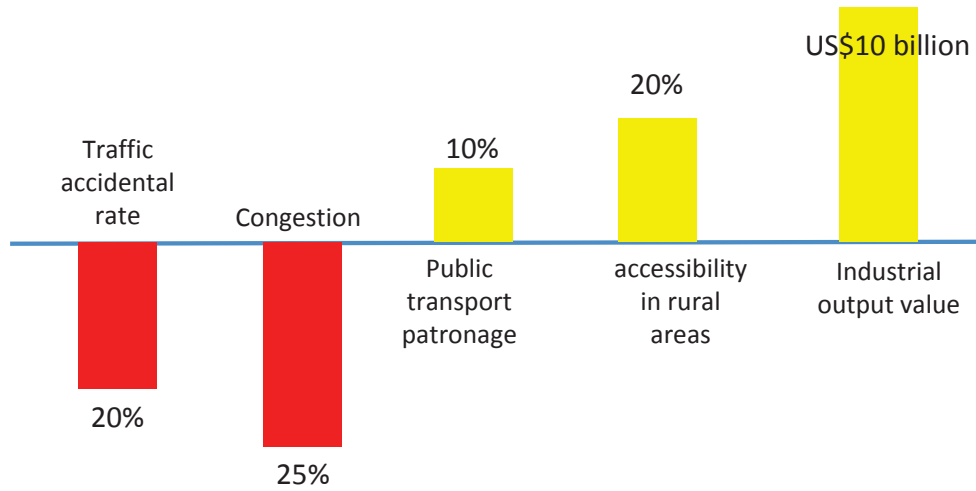
- Taipei-Yilan corridor: one the highly congested corridors
- Eastern Taiwan: The most rural counties (population density 100 per/km²)
- Municipality: Urban traffic and mobility management



中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



Key Performance Index (2020)



中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications



Welcome to Taiwan

THE HEART OF ASIA



中華民國交通部
MOTC, Ministry of Transportation & Communications

