



# 國際車輛自動駕駛技術發展

## International Vehicle Automatic Driving Technology Development

李綱 Kang Li / 國立臺灣大學機械工程學系 副教授、行政院科技計畫首席評議專家室 領域專家

車輛自動駕駛技術的發展由來已久，最早可追溯至 1950 年代美國通用汽車公司研發的火鳥 1 號及火鳥 2 號原型車，經過半個多世紀之後，自動駕駛車的發展熱潮已擴及世界各地，並帶動各種與無人車相關之創新服務模式及應用科技的發展。臺灣在資通訊科技領域的研發實力在全球占有一席之地，臺灣的電子業此刻亦面臨產業轉型與升級的嚴峻考驗，當前正逢全球自駕車、智慧車電產業之興起，臺灣自然無法自外於這一波浪潮之外。然而，臺灣發展自駕車產業的機會在哪裡？究竟是發展整車還是次系統？這一直是許多人關切的議題。本文首先介紹國際自駕車技術發展的歷史及現況，期能有助於更準確地預測未來的發展趨勢，最後根據臺灣產業的特性與國際車輛產業供應鏈角度，提出臺灣發展自駕車關鍵技術的展望與策略性建議。

### Abstract

It has been a long history to develop vehicle automated driving technology. The earliest development record can be traced back to the U.S. General Motors' Firebird No. 1 and No. 1 in 1950's. After a half century passed, the autonomous vehicle development boom has been widespread worldwide and drives all kinds of innovative service models related to unmanned vehicles and the development of application technology. Taiwan's R&D strength in the field of information & communication technology has a global footprint, but Taiwan's electronics industry is currently facing a severe challenge of industrial transformation and upgrading. At present, the rise of the global self-driving and smart car industry, Taiwan naturally cannot be outside this wave. However, what is Taiwan's opportunity of developing the self-driving car industry? Is it the development of a complete self-driving car or sub-systems? This has been the topic that many people in Taiwan are concerned about. This article first introduces the history and current status of international self-driving car technology development in order to more accurately predict the development trends in the future. Finally, based on the characteristics of Taiwan's industry and the perspective of global supply chain of the

automotive industry, this article puts forward the prospects and strategic suggestions for developing key technologies for self-driving cars in Taiwan.

### 前言

自動駕駛車無疑是近年來全球最受矚目的話題之一，也是最被看好具備龐大商機潛力的 21 世紀新興科技領域。國人最熟悉的自動駕駛車莫過於 Google 自駕車（現在改稱為 Waymo 自駕車）。然而，Google 並非全球最早正式投入自駕車技術研發的公司，美國通用汽車公司早在第二次大戰結束後即開始從事相關技術開發。Google 自駕車累積總里程數在 2 年前已突破百萬公里，且迄今尚未傳出重大的車禍傷亡事故，在全球的自駕車技術研發佔有龍頭的地位。但是即便以 Google 這樣規模的軟體公司投入自駕車研發超過十年以上，亦尚未能完全克服自駕車上路的所有技術挑戰。此外，發展出一套可永續運行的商業模式也是 Google 及其他發展自駕車軟體技術為主的公司所需解決的問題。

自駕車的議題近二～三年開始在臺灣受到重視，臺灣的電子業界也把發展智慧車／自駕車產業視為後智慧手機時代可能的新藍海，政府、研究單位與民間公司紛紛投入自駕車相關技術的開發；然而，以臺灣有限的資源、人才、技術及市場，要想在競爭激烈的國際自駕車產業競賽當中脫穎而出，應當先擬定一套適合臺灣的自駕車產業發展戰略，尤其臺灣並不像是先進的歐美日國家有強大的車輛產業為後盾，而車輛產業又是高度講求垂直整合的產業，只發展所謂自駕車的人工智慧（Artificial Intelligence, AI）技術卻沒有完善的車輛平台技術，將無法真正推動臺灣發展成國際級的自駕車技術輸出大國。因此，如何讓政府及民間的資源可以更有效地整合及運用，以發揮最大的綜效，並且透過國際合作，引進國際車輛底盤 x-by-wire 次系統一階（tier-one）廠的技術，將是臺灣發展自駕車產業能否成功的關鍵。

本文首先就國際自駕車技術發展的歷史做介紹，並進一步針對國際自駕車技術的分級與發展現況、臺大機械系的自駕車技術研發與未來展望等主題作探討，最後針對臺灣的產業特性與國際車輛產業的生態，提出臺灣發展自駕車產業的策略性建議。

## 自動駕駛技術發展歷史

車輛自動駕駛（autopilot）技術的概念可以說是源自於航空界，早在 1912 年美國的 Sperry 公司即開發了飛機的自動駕駛系統，並且於 1914 年於法國巴黎舉辦的飛行安全競賽中展示，最早車輛自動駕駛系統設計概念則是在 1925 年的一篇通訊雜誌文章<sup>[1]</sup> 中提出：「自動駕駛車是透過無線通訊進行遠端控制」，這與目前國際上自動駕駛車的發展趨勢也不謀而合，也就是自主駕駛車（autonomous vehicles）需要車聯網（connected vehicles）技術的支持。雖然車輛自動駕駛技術的概念早在 1925 年就已經被提出，但是一直要到 1950 年代，才由美國通用汽車公司（General Motors, G.M.）真正開始投入資源進行自動駕駛概念車（火鳥 1 號與火鳥 2 號）的開發，並且於 1958 年與通訊公司 RCA 合作開發了可在高速公路上自動駕駛的火鳥 2 號原型車，原本該款車預定於 1975 年開始量產，但是最後並未付諸實行。

爾後自動駕駛車的研究在美國並未停歇，美國在 1980 年代掀起了另一波自動駕駛車的研究風潮，並獲得美國聯邦政府與國會的大筆經費支持。1986 年美國卡內基大學展示了一輛使用電腦視覺技術為主的自動駕駛車，雖然該車的自動駕駛能力很有限，但是也引發了通用汽車公司的合作興趣。同時除了卡內基大學以外，加州大學柏克萊分校（UC-Berkeley）則是在加州政府的支持下進行自動駕駛高速公路系統（Automatic Highway System, AHS）的研發，UC-Berkeley 並成立了專責的研究機構—California Partner for Advanced Transit & Highway Program（簡稱 California PATH），PATH 至今仍是加州大學柏克萊分校研究自動駕駛與智慧運輸最重要的機構之一。1980 年代加州交通部在美國聯邦政府的支持下投入大筆研究經費於自動駕駛車與 AHS 的研發，主要的目的是希望透過車輛自動化技術解決加州日趨嚴重的高速公路阻塞問題，藉由車間無線通訊與自動跟車、車隊（platoon）控制技術，的確可在不影響安全性的前提下縮小跟車距離，讓高速公路上的車輛可以類似車隊或火車運行的方式提高公路的運輸流量。此技術在 1980 年末開始於美國加州的高速公路上進行實車的展示，包括多部由美國通用汽車所組成的自動駕駛轎車車隊，以及由多輛巴士所組成的巴士車隊於高速公路上進行時速 100 公里以上的動態展示。

此後，UC-Berkeley PATH 在加州交通部的支持下持續進行了十多年的各類車輛自動化技術應用研究，如自動駕駛鏟雪車、自動駕駛噴雪車與自動駕駛公車等。當時 UC-Berkeley 的 AHS 主要是憑藉磁導引定位技術使自動駕駛車輛，能夠達成精準側向定位的能力，此項定位技術需要在地面埋入磁鐵，並在車頭前方底盤處安裝磁性感測器。此外，縱向的車間距控制除了利用雷達感測器，還透過車間無線通訊取得（最）前車的即時加／減速資訊，以確保車隊內每輛車的跟車安全性（string stability）不會因為任何一輛前方車輛的速度改變，導致後方車輛的速度變動逐步擴大，甚至造成後方車輛反應不及而引發連環大車禍。值得一提的是，目前國際上許多研究機構與民間公司（如 Volvo truck）正研發使用車間無線通訊技術之偕同式適應性巡航控制系統（Cooperative Adaptive Cruise Control, CACC），以使大貨車、聯結車可在高速公路上達成自動跟車並以車隊

方式自動駕駛，基本上都參考過去 UC-Berkeley PATH 研發的車輛形成車隊 (platooning) 控制方法，以確保車隊的 string stability 不會被意外突發狀況所破壞，進而導致連環車禍的悲劇。車輛磁導引定位技術穩定可靠，而且價格便宜是主要優點，此項技術已被廣泛運用於自動駕駛高爾夫球車、工廠無人搬運車。2014 年日本東京大學成立的自動駕駛巴士技術團隊 — Advanced Smart Mobility，採用類似的車輛定位技術，此外 2013 ~ 2014 年 UC-Berkeley PATH 也用這套磁感應定位技術結合 GPS 定位技術開發自動駕駛巴士 (兩截式鏈接型巴士)，用在奧勒岡州尤金市載客的兩截式鏈接型公車上，這輛自動駕駛巴士的速度可達時速 45 英哩，在為期一年的商業載客運行當中沒有發生任何交通事故，這是頗值得稱許的，也值得臺灣發展自動駕駛巴士運輸服務借鏡，此一巴士自動化技術可視為「無軌化輕軌」概念的具體實現，亦可視為公車捷運系統 (Bus Rapid Transport, BRT) 系統的自動化進階版。

國際車輛自動駕駛研究在 80、90 年代經過十多年的發展，大多是與高速公路自動化有關，這類自動化車輛不論是大型的巴士與特種車輛如鏟雪車，或者是中小型的轎車，都必須要能達成中、高車速 (時速 60 ~ 100 公里) 的運行，故這時期自動駕駛車的技術研發重點是以 vehicle dynamics 與控制技術為主，而不是目前盛行的自駕車 AI 技術。2004、2005 年美國軍方的研究機構 - DARPA Program 連續 2 年舉辦全國性的「極度排戰自駕車比賽」(Grand Challenge) 又重新帶動一波自駕車研發的風潮，並且讓自駕車技術的研究進入另一個時代，也就是大量使用人工智慧技術的自駕車。2004 年的 Grand Challenge 因為沒有任何一隊成功完賽，因此 DARPA 隔年又再舉辦一次比賽，該年的冠軍隊伍是史丹佛大學的 Stanley car，也就是後來 Google car 的前身，值得一提的是原本看好可以奪得冠軍的隊伍並不是史丹佛大學的團隊，而是卡內基美隆大學的自駕車，十多年後卡內基美隆大學團隊的成員才真正找出失去奪冠機會的原因是引擎動力系統故障。Google car 團隊的靈魂人物 Prof. Thrun 後來成為美國有史以來最年輕的國家工程學院院士，雖然 Google car 團隊在自駕車的相關技術研發持續保有領先地位，特別是在一般市區中、低速運行的中、小型自駕車所需要的

人工智慧技術，包含自主定位、感知與決策；不過，Google 的自駕車技術商用化歷程則是一波三折，從一開始寄望的發展出後裝市場 (after market) 的自駕車產品，改成發展出 Google 專屬的無方向盤、無煞車及油門踏板的輕巧型自主駕駛車 self-driving pods，繼而近 2 年又改變策略與車廠合作，專攻無人駕駛行動車服務 (autonomous mobility service)，這應該也是體認到造車與電子產品兩者間是有非常大的差異，必須術業有專攻，特別是車輛製造商所必須擔負的產品可靠度、安全性責任 (liability)，若不是與專業的車廠合作，恐怕無法真正大量生產可以上路且耐用、安全、可靠的自駕車。此外，Google 自駕車系統依賴其車頂的高解析度三維光學雷達 (LiDAR)，以提供其自主定位系統演算法必要的環境感知資訊，由於目前這類機械式旋轉的三維光學雷達量產技術仍未成熟，價格仍十分高昂，可靠度與耐用度尚未達車規等級 (IP69)，處理龐大的光學雷達點雲 (point cloud) 感測資訊亦需要耗費極大的電腦運算資源，因此未來幾年 Google 自駕車技術的商業化成功與否仍有待觀察。不可否認的是 Google 自駕車隊仍是目前世界上累積自動駕駛總里程數最高，且持續增加最迅速的公司，其他競爭者約落後 5 ~ 10 年以上，Google 自駕車隊花了約十年時間於 2016 年達到百萬公里的自動駕駛總里程數，爾後因為技術的快速進步，約只需要半年的時間就可以達到百萬公里的總里程數。

## 自動駕駛技術分級與國際發展現況

目前國際上對於自動駕駛車的分級主要是依照國際自動機工程師學會 (Society of Automotive Engineers, SAE) 的標準 (SAE-J3016)，這套標準將車輛的自動化程度分成 0 ~ 5 共六級 (如圖 1)。目前市售的乘用車大多已具備第一級 (Level-1) 的先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance System, ADAS)，少數高檔的豪華轎車則已具備第二級 (Level-2) 部分自動駕駛 (partial automation) 能力，這類系統基本上已可在交通狀況較單純的情況下如高速公路上達成自動駕駛。系統正常運作下，駕駛者不須控制方向盤、煞車與油門，但是仍必須集中精神注意行車狀況，以便隨時能夠主動接手車輛的控制權，國內自主品牌汽車納

智傑 (Luxgen) 背後的車電技術研發公司 - 華創車電公司於三年多前即開始與臺灣大學 (智慧載具與機電整合實驗室) 及國外的顧問合作開發 Level-2 plus 自動駕駛系統 (華創 AutoPilot 系統), 並於 2015 年底至 2016 年開始進行中、高速 (時速 60 ~ 120 公里) 的實車道路測試與展示 [2,3], 比 Tesla 2016 年 10 月在美國發表的 Level-2 自動駕駛系統 (AutoPilot) 毫不遜色, 只是這套自動駕駛系統當時並沒有在國內正式對外曝光。

自動化程度第三級與第二級的自動駕駛車最大的差別在於前者必須達到能夠讓駕駛者不需要「主動」介入車輛的操控, 僅需要在自動駕駛系統要求下「被動」接手車輛的操控, 這意味著第三級自動駕駛系統必須要有能力做到讓駕駛人真正放心系統可把關行車的安全性, 在自駕系統要求下才接手車輛的操控; 理想上這是有可能達成的境界, 但是實際上卻是有很大的困難, 尤其是駕駛者在長時間放鬆之下, 要在緊急狀況下被動由系統告知接手車輛的控制, 很難確保駕駛者能夠百分之百順利接手車輛的控制, 而且人在緊急狀況下是否會完全信賴自動駕駛系統的決策與處理能力, 而不會發生爭奪車輛主控權的問題, 這些都是需要再更深入進行研究的課題, 也是 Level-3 自動駕駛系統最難克服的技術挑戰, 因此, 目前尚未有任何商用化的 Level-3 自動駕駛系統

第四級 (Level-4) 與第五級 (Level-5) 自動駕駛系統的界線較模糊, 基本上第四級的自動駕駛系統已

可在一般正常情況下完全由電腦操控車子, 而不需要駕駛者或是操作員介入車輛的控制, 所以這一等級的自動駕駛車可以不需要有駕駛座的設計, 第五級的自動駕駛車則是必須在所有狀況下達成自動駕駛, 包含惡劣的天候與複雜的交通狀況下, 目前國際上自動駕駛系統成熟度最高的 Waymo 自駕車已經開始在美國某些地區進行完全沒有駕駛者在車上的自動駕駛載客測試, 顯然地, Waymo 自駕車目前的商業化策略是跳過 Level-2、Level-3, 直接發展 Level-4 無人駕駛接駁服務的商业模式, 緊迫在後的還有 Uber、百度等公司。除了以中、小型車輛發展自動駕駛接駁服務, 另外有些新興的自駕車科技公司則是發展無人駕駛中、小型巴士, 提供固定路線、小區域最先/最後一哩路的自動駕駛接駁服務, 這類自動駕駛巴士的車速都很低 (時速大多低於 30 km)。這些所謂 Level-4 無人駕駛巴士的自動化技術成熟度仍有待進一步實證檢驗, 目前看來只能算是有條件的 Level-4 自動駕駛程度, 亦即只能在固定、封閉的場域達成 Level-4 自動駕駛, 在類似臺北市汽機車混流的複雜交通狀況下, 這類準 Level-4 的無人駕駛巴士要上路恐怕將寸步難行, 要安全通過十字路口並且遵守交通號誌也仍是需要克服的技術難點, 即便是最先進的 Waymo 自駕車在交通不複雜的地區行駛, 目前在通過十字路口或是在路口轉彎時也經常發生失誤或是反應不夠敏銳的情況, 這也是臺灣發展自駕車技術值得投入研究的課題之一。

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE) AUTOMATION LEVELS



圖 1 國際自動機工程師學會定訂的車輛自動化程度分級標準 (J3016)

## 臺灣大學自動駕車技術研究

車輛的自動駕駛系統依照各次系統的功能可分為幾大部分：定位與感知、決策與控制系統，其中「控制系統」包含底盤電子控制轉向 (steer-by-wire)、電子控制煞車 (brake-by-wire) 與電子控制動力次系統 (throttle-by-wire)，統稱「drive-by-wire 次系統」或是「x-by-wire 次系統」。感知次系統大多會運用感測器融合 (sensor fusion) 技術將相機、毫米波雷達、超音波雷達、光學雷達、慣性感測器、全球衛星定位系統 (GPS) 等多種感測器所提供的資訊進行整合，以達成自主定位、周遭環境障礙物及道路標線、標誌及號誌的偵測與辨識，甚至對於周遭動態障礙物的追蹤與意圖分析等。在自主定位方面除了需要運用前述多種感測器資訊，亦需要使用高精度電子地圖 (HD Map)，自駕車使用的高精度電子地圖，除須包含導航演算法所需的地理資訊 (GIS) 圖資，亦會包含影像或光學雷達 (簡稱光達 / LiDAR) 定位所需的道路及環境特徵圖資，例如使用光達繪製出周遭環境的點雲地圖 (cloud map)。常見的自駕車定位技術為 LiDAR-based Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 技術，以及結合 GPS、慣性感測器、電子地圖與影像融合之定位技術，這兩大類定位技術各有其優缺點，感測器的硬體成本落差也很大，定位技術的選擇主要仍須考量不同等級自動駕駛系統的性能需求、成本和可靠度要求。以 Waymo 自動駕駛車為例，其所選用的三維光達 (64 線束) 造價高昂，單具的價格即可達七萬美金，使用這類三維光達開發自動駕駛系統的另一個負擔是需要極大的運算能力，方能處理龐大的雷射感知器資料。作者過去在自主定位技術的研發<sup>[4-6]</sup>以後者為主，且已取得多項發明專利，主要是考量我們所開發的自動駕駛系統必須符合高速自動駕駛之需求，定位演算法必須適於高速運算，而且採用的感測器必須符合車規要求，價格也不宜過高。此外，從系統的可靠度與安全性觀點而言，我們所開發的自主定位系統包含了冗余 (redundancy) 設計的概念，並且善用電子地圖將其視為虛擬感測器，與視覺感測器及 / 或二維光達整合，透過資料融合技術開發高可靠度、高性價比

的圖資融合車輛即時定位系統。

在自駕車的決策次系統部分，依照前述自動化程度的差別會有不同的功能需求，其主要的工作內容在於根據感知次系統所提供的定位與環境資訊，進行車輛運動路線規畫在內的車輛動規劃 (motion planning) 以及車輛行為的決策 (behavior decision)，並對於車內 / 外的狀況做出適當的反應決策，包含緊急狀況的處置。自駕車的感知與決策次系統和目前大家所泛稱的人工智慧 AI 技術習習相關，外界一般以為自動駕駛技術的核心只有人工智慧這部分，卻忽略自動駕駛車的精準操控與安全性確保仍有賴於一套完善的控制系統架構設計，此控制系統必須能精確掌控底盤的轉向、煞車及動力系統輸出，以使車輛的車身動態穩定性、煞車安全性及舒適性符合要求，在控制學理上這是屬於多輸入多輸出 (multi-input multi-output, MIMO) 的系統，MIMO 控制系統的強健性是必須要透過一套嚴謹的學理分析才能獲得確保，完全以 AI 技術訓練出來的控制邏輯如何確保系統的強健性 (robust stability and robust performance) 仍需要進一步的研究，特別是高度動態的自動駕駛車輛，例如中高速自駕車與大型自駕車輛必須要注意此一與安全性相關的課題。此外，高速自動駕駛車的控制系統亦需要較高的系統更新頻率 (例：100 ~ 200Hz)，此頻率往往高於 AI 感知與決策模組，例如：影像辨識模組、SLAM 定位模組的更新頻率。若是以人體的運作機制做比喻，人的大腦就好比自駕車的感知與決策次系統，透過人體的視覺、聽覺與記憶 (地圖) 等感知功能進行運動控制的決策，人的小腦、延腦及中樞神經就好比自駕車的核心控制單元，所負責的是器官與四肢的運作及協調，這部分未必是完全在大腦有意識控制之下而進行的，例如人體四肢的協調性與平衡能力。

我們的研究團隊在過去幾年已陸續開發了下列三種自動駕駛車輛的技術：

1. 低速自動駕駛遊園車：由電動高爾夫球車改裝，可在校園內的封閉場域進行固定路線的自動駕駛，其自動駕駛等級約在 Level-2。(展示影片連結<sup>[7]</sup>)
2. 中高速自動輔助駕駛系統：與國內華創車電公司合作

開發針對高速公路及快速道路上使用的 Level-2 plus AutoPilot 系統，其主要是使用相機進行道路標線的偵測與追蹤，進而控制方向盤以達成自動車道追隨控制之目的，並進一步整合適應性巡航控制（ACC）技術，以便在前方車輛減速時能夠自動保持安全車距。（展示影片<sup>[8]</sup>）

3. 中低速自主駕駛電動中型巴士：與國內研究法人（工

研院）、新創公司艾歐圖科技（iAuto）及明志科大合作。（展示影片<sup>[9]</sup>）

值得一提的是，臺大與明志科大合作育成的自駕車技術新創公司 iAuto 2018 年報名參加杜拜官方 Roads and Transport Authority（RTA）舉行的 World Challenge for Self-Driving Transport 已經進入前三名<sup>[10]</sup>，2019 年將前往杜拜進行總決賽。



圖 2 杜拜 RTA 公告 2019 年自駕運輸挑戰之決賽名單

## 未來展望

自動駕駛車要真正能夠上路進入你我的日常生活中，首先要解決的是安全疑慮的問題，目前國際上還沒有一套完整嚴謹的方法可以百分之百確認自動駕駛車的安全性，也沒有一套客觀公正的測試方法可以檢驗自動駕駛車的自動化程度（automation level），僅憑系統開發者自己定義。現階段國際上較常見的評估方式是以實車測試所累積的行程總里程數與系統脫離（disengage）次數比例做為自駕車系統成熟度之量化指標，但是這項指標仍然無法完全確保自駕車上路的安全性以及系統的功能安全性（functional safety）與可靠度，自駕車行程總里程數高也未能真正代表安全性，仍需要視其行車場域的交通及路況複雜度與環境氣候惡劣程度。此外，自駕車的 AI 感知與決策軟體開發需要蒐集當地的行車資料，才能較接近當地的國情文化，不同國家、地域的用人開車習慣不同，遵守交通規則的程度也不一。因此，即便 Waymo 自駕車已經累積百萬公里以上的自動駕駛里程數，也未必能夠在類似臺灣和東南亞國家交通壅擠、繁忙且巷道狹小的市區道路運行。

為了研究上述有關自駕車系統的測試驗證技術課題，臺灣大學的團隊已開始在臺大先進動力研發中心<sup>[11]</sup>既有的電動動力系統 X-in-the-Loop (XiL) 模擬驗證測試平台基礎上，進一步整合底盤電子控制 (x-by-wire) 次系統的測試平台，目標為建立高擬真度的自駕車實虛混合模擬驗證平台，未來希望利用此一平台測試驗證技術才有辦法針對自駕車各別次系統的功能性安全（functional safety）、可靠度與性能進行完整的測試分析，這套 XiL 平台驗證技術對於臺灣產業界日後進入全球自駕車次系統供應鏈將會有很大的助益。

## 結語

車輛的電動化、自動化與共享是未來路面交通運輸的發展趨勢，目前國際上普遍認為要達到 Level-4、Level-5 自動駕駛的程度仍需要十年以上的時間，在有限的封閉場域或者是固定路線達到 Level-4 自動駕駛技術上是比較容易達成的。臺灣的資通訊產業雖然發達，但是系統整合的能力較欠缺，特別是發展自駕車所需的車輛系統工程經驗較薄弱，電動化底盤 x-by-wire 次系統的供應鏈亦尚不完整，車輛的系統整合仰賴 tier-one

公司的技術與研發資源導入，才能夠真正進行供應鏈的垂直整合，這恐怕是臺灣發展自駕車系統最迫切需要透過國際合作獲得的外部資源。

此外，自動駕駛車要能夠安全上路亦需要仰賴完善的道路周邊輔助設施，特別是車聯網無線通訊技術，例如推動中的 5G 通訊及 WAVE/DSRC V2X 通訊技術，臺灣有機會透過先導運行方案計畫的推動，針對不同場域類型的自動駕駛接駁及運輸服務模式，進行道路周邊系統及車輛核心控制系統的設計、開發與功能驗證測試，但是前提仍是需要具備車輛核心控制系統軟體的自主研發設計能力。再者，目前的自動駕駛晶片大多是以 GPU 結合 CPU 所組成，這類平台的架構尚未標準化，不僅太過耗電且價格高昂，硬體若要採用冗余設計將會造成更大的成本負擔，因而勢必要從 ASIC 下手。臺灣的 IC 設計與製造技術基礎雄厚，發展自駕車 AI 晶片技術是未來可行的一條路，但是仍需要軟硬體整合的技術作支撐，否則將淪為代工生產晶片的角色而已，無法真正掌握自駕車「系統」開發的地位。

總之，臺灣要成功發展自駕車產業必須要集合跨領域的技術與人才，發揮「打群架」的精神，創造自駕車產業發展的生態系統（eco-system），將自駕車產業鏈的上中下游技術開發進行完整佈局及整合，若能作到這一點，臺灣發展自駕車產業才比較有機會在激烈的國際競爭當中勝出。

## 參考文獻

1. <https://www.youtube.com/watch?v=KEk4sXU5jj8&list=PLFydZ0ll01GBsGtgDRo5RV54XQoNdxSXC&index=15>
2. <https://youtu.be/9yIFE8Dl01Q>
3. B.-C. Luan, I.-H. Lee, H.-S. Tan, K. Li, D. Yuan, and F.-C. Chou(2016), Design and Field Testing of a Lane Following Control System with a Camera Based on T&C Driver Model, SAE Technical Paper 2016-01-0117.
4. 李綱（2016），基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，中華民國發明專利 I522258。
5. 李綱、吳柏富、林舜友、顏家鈺（2018），載具即時精準定位系統，中華民國發明專利（1635302）。
6. 吳柏富（2016），以高精度電子地圖與運動模型為基礎之動態定位估測策略研究，國立臺灣大學碩士論文。
7. <https://www.youtube.com/watch?v=NwSCmsL9EMQ&t=2065>
8. <https://youtu.be/3FqU5zSC0yg>
9. <https://youtu.be/xUXv4aKFpnE>
10. <https://www.businesswire.com/news/home/20181028005023/en/>
11. <http://aprdc.ntu.edu.tw/> 