

自駕車使用之高精度地圖規範擬定與資料蒐集處理之可行性評估

曾芷晴^{1*} 徐珮晴¹ 張清鴻² 李育華² 江凱偉³ 王靚琇⁴
黃鉅富⁵ 吳俊毅⁶

摘要

因應無人駕駛時代來臨，國內外學者及企業相繼投入相關研究及開發，預先建置的三維高精度地圖(High Definition map, HD Map)成為自動駕駛不可或缺的技术。有鑑於我國於自動駕駛使用之高精度地圖與相關建置規範尚無統一之作業標準，同時原有的製圖規範已無法全然滿足高精度地圖的製作、維護及檢核需求，爰本研究針對高精度地圖之製圖規範、精度要求、作業方法與標準流程等有關項目，基於廣泛文獻回顧並根據特徵自動辨識與精準定向定位需求，進行先期可行性評估，以供各界產官學者進行後續發展。

關鍵詞：高精度地圖、自動駕駛、製圖規範

1. 前言

根據 2018 年世界衛生組織(World Health Organization, 2018) 統計，每年約有一百多萬人因車禍而喪生，其原因大多是人為所致，有鑑於此，眾多車廠的汽車系統開始導入先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance System, ADAS)，提供駕駛人車輛目前的運作情形與外部環境變化等資訊，來輔助駕駛判斷周遭情況，同時藉由預先發出警告，讓使用者及早採取應對措施。近年隨著無人駕駛的相關研究及技術蓬勃發展，自駕車的議題也備受國內外學者重視，美國國家公路交通安全管理局(NHTSA, 2017)根據國際自動機工程師學會(SAE International)提出之自駕車等級分類方法，將自駕車系統分成六個等級，若要符合自駕車系統之需求，至少需達到 Level 4 以上之等級實現最小的安全風險情況下，才足以輔助自駕車順利且安全運行。

現今自動駕駛技術在發展過程中遭遇一些挑戰與限制，若自駕車行駛於都市地區或衛星訊號不佳的區域，可能會導致多路徑效應、非直線訊號影響，甚至是無法接收衛星訊號的情形，進而產生嚴重的定位誤差(Gu *et al.*, 2015)，可能會導致自駕車行駛於對向車道的危險駕駛情形，此外，自駕車上搭載的感測也可能因為遮蔽或距離太遠，而無法感知的道路事件，為了實現無人駕駛的願景，獲取與使用者周遭的空間資訊與關聯性為核心理念，進而對外界刺激做出正確的回應，因此自駕車需透過多感測器，如雷達、光達、紅外線感測器、相機等各式感測器之整合，同時配合全球衛星定位系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)以及慣性導航技術(Inertial Navigation System, INS)進行無縫式導航服務，除此之外，利用預先妥善建置完成之三維高精度地圖(High Definition Maps, HD Maps)，已成為自動駕駛有效之空間定向

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系 碩士生

² 國立成功大學測量及空間資訊學系 博士生

³ 國立成功大學測量及空間資訊學系 教授

⁴ 中華民國內政部地政司 司長

⁵ 中華民國內政部地政司測量科 科長

⁶ 中華民國內政部地政司測量科 科員

* 通訊作者，電話：06-2370876 轉 857, E-mail: jessica31017tngs@gmail.com

收到日期：民國 108 年 02 月 25 日

修改日期：民國 108 年 09 月 02 日

接受日期：民國 108 年 09 月 11 日

定位感知之輔助資訊不可或缺的技術。

傳統車輛導航使用之二維電子地圖是以人為使用者導向，由於人腦具有自主判斷與決策的能力，以因應外界環境的刺激，所以此類地圖在設計上較為簡易，也僅需簡單的導航指示，便能指引駕駛抵達正確的目的地，精度要求相對較低，即便導航過程中發生錯誤，也能經由駕駛的經驗與知識做出正確的決策，然而隨著無人駕駛理念引進，地圖使用者從人轉移至機器，為科技帶來新的挑戰，即便機器擁有遠優於人腦的邏輯計算能力，但是自駕車缺少對環境的基本感知與自主判斷的能力，因此必須產製為自駕車量身打造的地圖資訊—即為高精度地圖。無論是自駕車本身的定位精度，或是圖資上道路屬性，甚至車道、交通號誌、道路幾何關係都需要被明確定義，才能與自駕車本身之軟體技術與硬體設備間進行整合，從而滿足安全駕駛的最終目的。此外，目前市場上整合感測器系統雖然具備相當水準，但其精度仍不足以保證自駕車技術，包含精確定向定位需求在內的安全性，因此亦有賴於「高精度地圖」的輔助。

因應無人駕駛時代來臨，世界先進國家相繼投入研發高精度地圖，國際廠商已進行先期布局競爭：除 Google 持續發展基於街景技術的各式應用外，Apple 也於 2014 年起落實發展自主移動製圖

技術，發展專屬 Apple Van 補足相對於 Google 在空間資訊上的劣勢；原為芬蘭 Nokia 旗下圖資公司 Here，其自主發展行動測繪技術被德國三大車廠併購，壟斷超過八成以上的導航用圖；美國線上地圖供應商 Mapbox 也與英國 Mobileye 合作，藉由 HD Vector Tiles 對數據進行高效分配以發展高精地圖；TomTom 也提供 HD Map 和 AutoStream 軟體；DeepMap 的 HD mapping 技術及地圖產品；Lyft 旗下 Level 5 團隊所建立的 HD map 產品；以及大陸百度的自駕車軟體平台 Apollo 與其專屬 HD map 等，這些情景都反映現況高精度地圖為自動駕駛無可避免的未來趨勢。相對而言，我國針對自駕車使用之高精度地圖與相關建置規範則尚無統一之明確作業標準及資料，有鑑於原有的導航圖資在本質上已不同於高精度地圖，製圖規範亦已無法滿足高精度地圖的製作、維護及檢核需求(Vardhan, 2017)，因此勢必要重新評估並建立全新且適用於自動駕駛導航需求之高精度地圖相關規範，爰本研究基於文獻回顧的方式，收集國內外學者、車廠之無人駕駛相關研究，初步擬針對高精度地圖之製圖規範、作業方法、精度要求、精度驗證等相關項目，以及特徵自動辨識與精準定向定位需求進行先期可行性評估，以供各界產官學者進行後續發展。

SAE AUTOMATION LEVELS

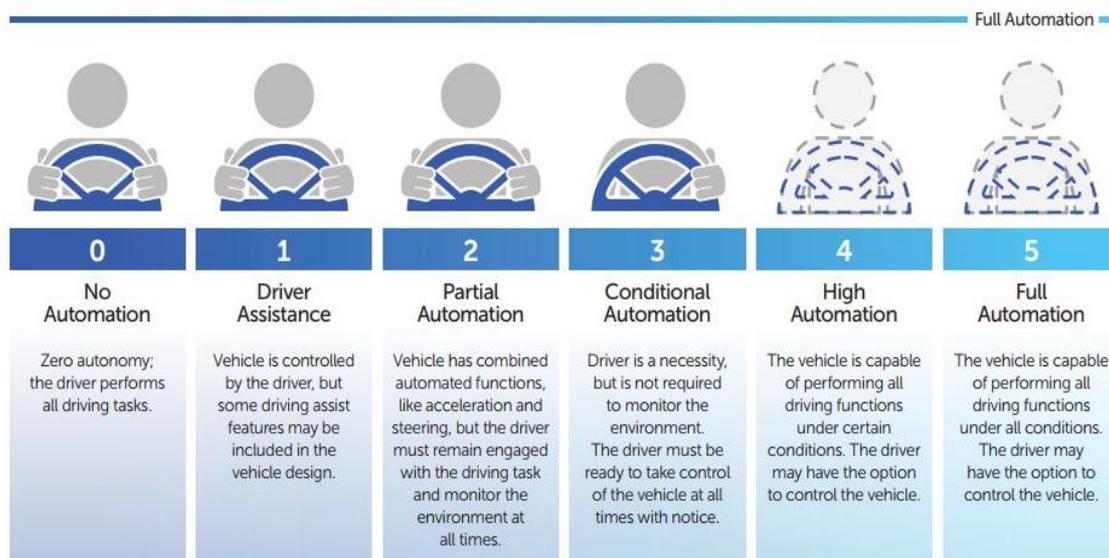


圖 1 自駕車分類系統 (NHTSA, 2017)

2. 研究架構

根據文獻指出，要達成全然自動駕駛之願景，必然會面臨許多嚴苛的挑戰，尤其是在高樓林立且環境複雜的都市地區更是艱鉅之任務，自駕車必須即時處理收集到的龐大的資料、參數，甚至是不確定之潛在因素，同時要確保駕駛的行駛安全和行駛路徑之正確性，在行駛過程中還要確保能正確且即時辨識周遭環境特徵物更是一大挑戰，因此高精度地圖就扮演了很重要的角色，它提供自動駕駛汽車或是先進駕駛輔助系統等相關應用之輔助與先驗資訊，預先建置完成的三維高精度地圖可提供使用者行駛過程中自駕車本身精確的定位資訊、最近更新之圖資資訊、環境特徵物的屬性、語意資訊及幾何關係等信息(Jiao, 2018)。

為了滿足安全駕駛的最終目的，高精度地圖需具備的初步條件簡列 5 項，分別是：(1)精度要求需達到 1 m 以內甚至更高的等級；(2)所有地圖資訊都需在三維空間中；(3)真實世界中的特徵物、地物(包括車道、道路邊界、交通指示標誌等)皆需明確定義於地圖中，且要附加詳盡的屬性資料；(4)高精度地圖的尺度必須與真實世界一致，即不會有比例尺縮放問題；(5)必須提供即時的地圖資訊供車輛進行駕駛決策(Vardhan, 2017)。本文研究架構以基於文獻回顧之方式針對製圖標準即規範制定進行先期評估，以下分成三部分：(1)高精度地圖規範評估與建置作業要求；(2)高精度地圖圖資規範標準評估；(3)高精度地圖資料蒐集處理與分類評估，依序詳述。

2.1 高精度地圖規範評估與建置作業要求

高精度地圖為提供自駕車行駛之輔助資訊，使車輛在行駛過程中透過地圖反饋資訊做出決定並安全地讓乘客抵達目的地。目前使用的個人導航設備及智慧型手機導航精度約為 5 m，目的是告訴使用者車輛所處之道路位置，而精度要提高至 1 m 內才能知道車輛位於道路的哪個方向及車道上，若要

提升至自駕車導航等級，車輛導航的精度勢必要提升至 0.5 m 以內，才能使車輛行駛方向正確以免於與其他車輛擦撞之危險事故，因此提供之地圖圖資精度更要提升至 25-30 cm 才得以滿足自動駕駛之需求，讓導航系統準確引導車輛移動(Stephenson *et al.*, 2011)，此外，所有資訊都需建立在三維空間中，方能處理如高架橋、地下道等非平面的情況。

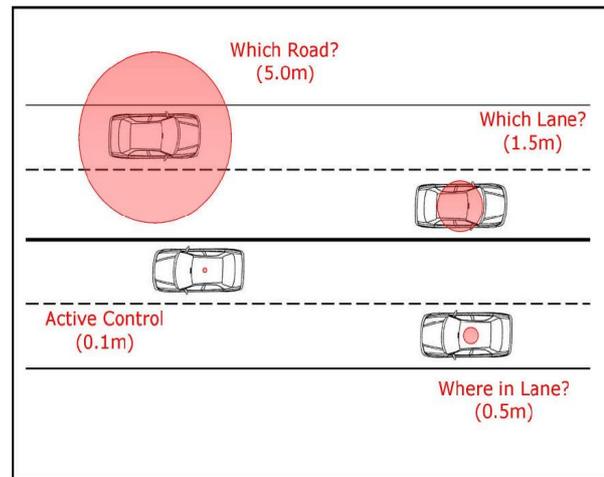


圖 2 自動駕駛導航精度需求(Stephenson *et al.*, 2011)

由於傳統測量製圖作業從資料收集與屬性調查開始到系統建置完備，往往需要耗費半年以上的時間與心力，顯然已不符合科技發展之趨勢與成本效益，近年來測量及空間資訊技術已逐漸革新，攝影測量製圖技術與精密整合式定向定位系統結合，搭配多種感測器收集空間資料，逐步實現快速即時移動式測量及空間資料之多平台製圖技術(Mobile Mapping System, MMS)，其整合與資料運用架構即現今自駕車之雛形前身。考量國際與我國既有製圖技術及製圖需求趨勢，目前車載移動式遙測製圖系統為最合適且廣泛採用之製圖方法，根據內政部委託研擬之車載製圖系統作業手冊草案(江凱偉等，2014)，為了因應不同應用目的之精度需求，需搭配對應精度等級的硬體設備，按照應用的使用者精度需求分級可概略分類如表 1 所示。

表 1 車載製圖系統精度分級及對應之應用 (江凱偉等, 2014)

	低精度應用	中精度應用	高精度應用
精度分級	三維直接地理定位誤差大於 100 cm	三維直接地理定位誤差 30~100 cm	三維直接地理定位誤差小於 30 cm
應用領域	<ul style="list-style-type: none"> ●初步測繪規劃 ●交通設施清查 ●交通統計 ●一般資產調查 ●圖資更新 ●防災應用 	<ul style="list-style-type: none"> ●工程規劃 ●資產清查和管理調查 ●環境調查及測量 ●土方或崩塌地測量 ●淹水線測量 ●城市測繪和建模 ●海岸帶侵蝕分析 	<ul style="list-style-type: none"> ●工程地形測量 ●控制測量 ●地籍測量 ●變形測量 ●結構及橋梁間隙測量 ●建物測量 ●鑑識測量 ●高精度地圖測製

根據前述若要滿足自動駕駛所需之精度等級，高精度地圖提供之圖資需提升製 25-30 cm 等級，才得已使導航系統準確進行車輛自動導引(Stephenson *et al.*, 2011)，因此可初步將高精度地圖圖資精度等級歸類為高精度應用領域，從而探討後續資料收集或定向定位導航所需之精度及作業程序。以傳統空載攝影測量製圖觀點而言，執行測繪任務前，通常包含任務規劃、實地踏勘、儀器檢測三步驟；測繪時則包含系統初始化與直接地理定位步驟；內業任務進行資料後處理、成果分析與相關報表製作。然而，考量製圖應用之對應精度需求、儀器規格與硬體差異，及車載平台遭遇之施測環境均與傳統影像式空中三角測量有所不同，車載移動測繪平台之定向定位之儀器設備規格、施測程序及搭配演算法是否足夠因應現實環境的各種變化，將完全左右最終產出能否覈實滿足自動駕駛導航需求，因此成功大學在內政部地政司、經濟部工業局與亞洲矽谷辦公室共同之支持下，透過臺灣資通產業標準協會制定「高精地圖製圖作業指引」，提供產製高精地圖所需之儀器規格及作業程序之參考指引。

2.2 高精度地圖圖資規範標準評估

動態地圖(Local Dynamic Map, LDM)的概念最早是由 Bosch 於 2007 年提出，LDM 目前在歐洲是被標準化的技術，接受度最高的為日本與歐洲，它不僅是無人駕駛時代所必需的，同時也是智慧交通系統所需的，更是 V2X(車聯網)最主要的應用。

LDM 能實現了地圖資訊與汽車資訊的管理機制，其地圖內容包括靜態的高精度地圖、動態的交通環境信息(交通流量、交通事件、天氣、路面狀態)、連結設施(紅綠燈、設施位置等)、及移動物體(人車位置、速度、方向)等，自動化大數據生產處理及即時發佈更新地圖，以確保高精度地圖所提供之準確度更高、數據更全面。LDM 將地圖圖層分成四大類，第一層(即最底層)是由靜態地圖組成，如道路資料，而高精度地圖被視為 LDM 的第一層，也就是靜態地圖數據，期提供了精準導航與精確車道及路況訊息，提供車載電腦駕駛決策(Shimada *et al.*, 2015)。

由於高精度地圖標準的制定，將促進測繪與圖資提供商對於高精度地圖的研發速度，進而加快自動駕駛汽車技術的發展，因此高精度地圖規範之制定與自動駕駛技術發展密不可分，然而目前尚未制定統一標準化資料格式的地圖交付內容規格，也沒有統一的地圖介面，導致數據難以共享，另一方面，企業間數據採集和繪製方法、數據通用性、間容性及項目推進時間均存在較大差異，更無法統一進行資源傳輸和高精度地圖數據共享，為了解決這個問題歐美主流的車廠共同成立了 NDS(Navigation Data Standard)協會，旨在建立統一的圖層資料格式，使圖層的屬性資料具備間容性與互通性，以利於不同單位建置、資料交換與圖資更新時使用。NDS 為導航系統的標準化物理儲存格式規格，受到各大汽車廠商的支援成為下一代導航資料標準最有利的競爭者，NDS 主要分成七大子系統：高精度車道模型(HD Lane Model)、地標定位(Localization

Landmarks)、障礙物(Obstacles)、叢聚點雲資料(Clustered point cloud)、資訊娛樂系統建構元組(Infotainment building blocks)、道路幾何(Road geometry)、道路拓樸(Road topology)(Sasse, 2017), 其中 NDS 的子系統 Open Lane Model 描述了道路模型車道建模需要的一般概念和結構, 適用於高精度地圖的標準, 為此提供了統一的標準介面。除了 NDS 規範外, 目前國際組織 ISO TC204/WG3 制定的資料庫建設與數據交換標準, 以及 OpenDrive 制定的地圖數據物理存儲格式規範; 歐洲已有 NDS WG3、ADASIS 以及 NDS 與 ADASIS 聯合成立的 OADF 制定的自動駕駛地圖標準; 日本也在相應建立聯盟, 成立 DMP 公司制定重要的標準和接口, 以對接歐洲 OADF、國際組織 ISO 的標準。

我國目前仍尚未有統一的自動駕駛汽車之高精度地圖標準, 因應時勢所需制定高精度地圖規範

標準已為刻不容緩之議題, 再者, 國內汽車產業規模相對局限, 為了與國際接軌, 地圖規範勢必要遵循國際標準予以制定, 才能使得地圖標準足以取信於產官學者, 也能確實切合自動駕駛技術所需, 因此本研究提出以 NDS 高精度地圖之規範作為我國地圖標準之基底為可行之策略。礙於完整的 NDS 規範格式為 NDS 成員之智產, 規範無法公開提供使用, 所幸 NDS 的子系統 Open Lane Model 是公開且為適用於高精地圖的標準, 以供本研究日後研究依據。此外, 有鑑於國外制定的規範標準可能不完全適用於我國的交通文化, 因此在制定適用於我國高精度地圖規範時能以 NDS Open Lane Model 之規範為基底, 並參照其餘規範標準如 OpenDrive 制定的 Format Specification 或是我國公路總局針對道路訂定之屬性規則來彌補 NDS 規範中缺少的項目, 以符合我國適地性之應用需求。

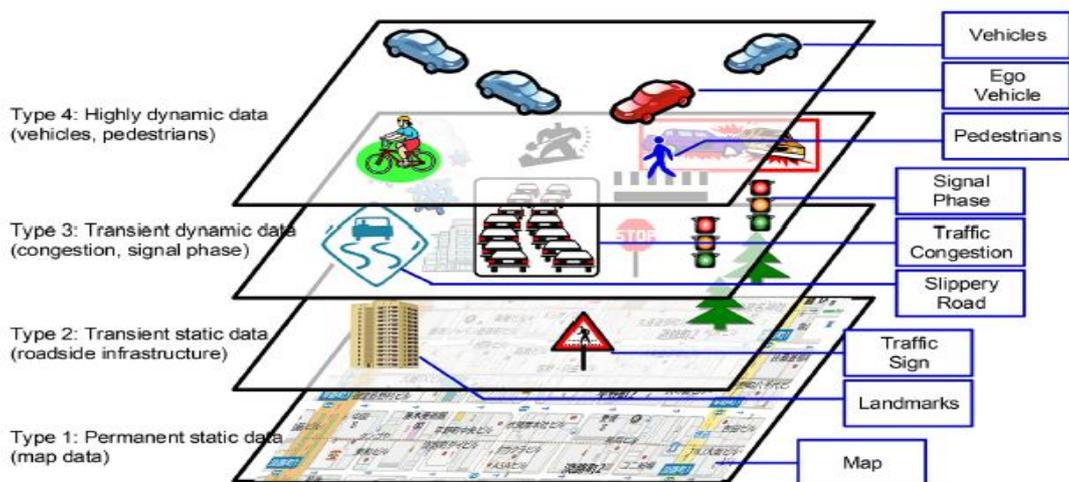


圖 3 LDM 中定義的四個圖層 (Shimada et al., 2015)

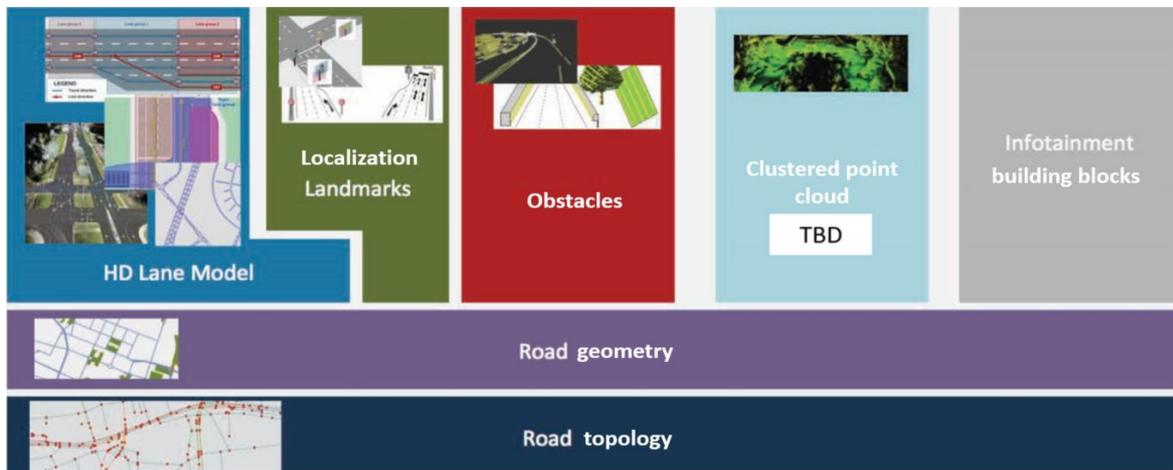


圖 4 NDS 圖層 (Sasse, 2017)

2.3 高精度地圖資料蒐集處理與分類評估

根據相關研究指出，自駕車系統主要由三大技術所組成：首先是對環境的感知能力，讓自駕車獲取並了解周遭的環境資訊，以利決策如障礙物規避、車速調整、車道變換及行駛方向判定等；再者為定位與測繪(Mapping)技術，讓駕駛隨時掌握車輛於地圖上的位置，並建構周遭三維環境資訊，以利車輛執行導航決策及更新高精度地圖；最後為行駛決策(Driving Policy)，依據自駕車所在之場域給予適當的決策及應對措施(De Silva *et al.*, 2018)。由於自駕車本身缺乏自我判斷與決策的能力，故無論是自駕車本身的定位精度，或是圖資上的屬性資料都需要被精確定義，再者賦予自駕車感知外界環境變化之能力亦為核心技術之一。

自駕車面臨的其中一項挑戰即為本身絕對位置的定位精度，傳統 GNSS 定位精度僅能達製公尺等級，雖然 RTK 等相對定位技術有機會改正至 cm 等級之定位精度，然而於目前環境複雜的都市地區，多數無法接四顆以上或良好的衛星觀測資

料，因此無法準確將自駕車定位於正確的車道位置，從而有文獻指出：利用車道辨識(lane detection)之演算法能有效提升車輛本身之定位精度，協助車輛於都市地區達到公尺等級的定位要求(Gu *et al.*, 2015)；荷蘭導航圖資公司 TomTom 提出自主 RoadDNA 技術，使自駕車得以利用自身感測器所得動態地圖對誤差即時修正，以具備穩定且高精度的定位成果，於此彰顯了地圖輔助之重要性。

為了達成自動駕駛或 ADAS 之安全需求必須仰賴多感測器間的整合與軟硬體之間的搭配，自駕車上搭載之標準硬體設備包含相機、光達、GNSS、INS、雷達等，可作為車載移動式測繪平台製作高精度地圖之搭配感測器，其中相機與光達可以視為車輛的視覺感官系統，透過蒐集的影像和點雲資料以獲取使用者所處之空間資訊，進而反饋 INS/GNSS 定向定位，系統致使自駕車對外界做出安全且正確的定位回應。故可想而知自駕車會收集來自各個感測器的巨量資料，因此無法再以傳統人工方式處理，而需藉由機器自動化快速萃取與更新，並提供使用者正確的決策分

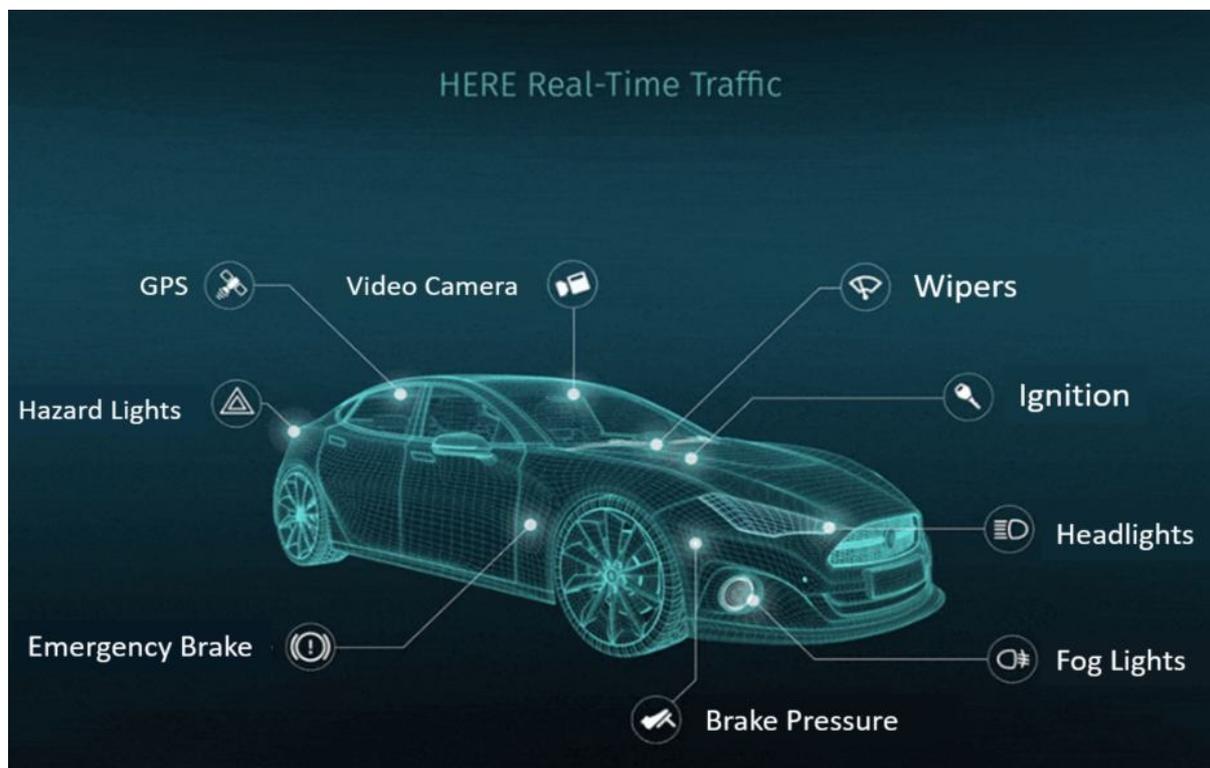


圖 5 自駕車上的感測器系統 (Vardhan, 2017)

根據目前自動駕駛發展趨勢，包含 Google、Uber、Here 等自駕車國際先進產業在內，基於影像與光達點雲分類之技術對道路邊界、障礙物、交通號誌、道路標線等進行特徵萃取之方式來實現，可望是未來主流發展。影像辨識技術方面，常見者如運用 RANSAC 演算法達到自動化即時目標物的邊際萃取，進而辨識待測物的位置(Aly, 2008)；近年來基於人工智慧技術之相關影像辨識演算法快速發展，包含運用卷積式類神經(Convolutional Neural Networks, CNN)技術在內，逐步演化成為具備視覺影像自動化處理技術萃取道路幾何、路標等高精度地圖可用之特徵物的演算技術，有部分文獻指出將 CNN 修改成全卷積神經網路(Fully Convolutional Networks, FCN)以辨識影像中的特徵物，其演算法的優勢在於不受輸入影像尺寸大小不同所限制，且能夠由神經網路訓練出 FCN 自身的架構，達到較精準的辨識結果(Long *et al.*, 2015)；此外，相關演算法之顯例者如荷蘭導航圖資公司 TomTom，透過上述人工智慧相關技術擬逐步發展具備正確性，與即時有效更新高精度地圖圖資能力的辨識技術。相較於影像，光達點雲特有的三維幾何特性可為自駕車提供地物分類另一種環境的判釋資料，部分研究提出有別於傳統分類模式，將影像分類中以物件為基礎的概念延伸至點雲資料進行分類，以建構點雲間之幾何從屬關係，直接利用點群具有的空間分布特性分類地物，提升自動化分類成果的完整性及合理性(林耿帆, 2012)；除此之外，有學者將 CNN 演算法延伸至光達點雲之語意分割(semantic segmentation)與特徵萃取的應用，如利用基於卷積類神經網路的車道辨識演算法(lane detection algorithm)，辨識由點雲資料所產製的影像內的特徵物，以獲取穩定且高精度的辨識成果(He *et al.*, 2016)；或是利用 SVM(Support Vector Machines)分類演算法從三維點雲資料中辨識不同型態的交通號誌且能達到 89%辨識精度(Levinson *et al.*, 2011)；以往機器學習在處理點雲資料時，點雲資料必須先被轉換成其他表示方式，如投影成透視影像，在 PointNet(Qi *et al.*, 2017a)、PointNet++(Qi *et al.*, 2017b)、VoxelNet(Zhou and

Tuzel, 2017)這類演算法被提出以前，沒有任何機器學習是能夠直接以端對端(end-to-end)的架構，來處理點雲分割、分類的問題，簡言之，輸入端製輸出端之間的網路架構皆由神經網路自行學習調整形成的，解決了以往不能有效處理三維點雲資料的問題(Jiao, 2018)。

即便影像與光達點雲資料能作為自駕車因應環境刺激的感知能力之媒介，這些感測器本身仍會因自身條件所受限，如影像容易受光影或本身條件等限制，導致影像品質不佳；光達則會受氣候影響，價格昂貴為無法普及的最大障礙，為了彌足感測器本身的劣勢，勢必要進行多感測器整合，然而不同感測器間獲取的資料形態、精度品質、解析度、測量單位皆不同，此為多感測器整合上所面臨的一大挑戰，有文獻指出能運用內插演算法將像元與點雲相互連結達到資料整合的目的(De Silva *et al.*, 2017)，以融合兩者固有的特性優勢，同時配合 GNSS 與 INS 技術以及高精度地圖之輔助整合，最終反饋至自駕車運算電腦，使其進而回應外界刺激的指令，達到自駕車安全行駛的目的。

綜合上述所及，基於影像與點雲之資料蒐集及分類技術為未來高精度地圖建置之發展趨勢，人工智慧相關環境特徵萃取及辨識之技術，也將成為輔助自駕車即時獲取周圍環境判釋資料之可行且有效方針，再者為了達成此目的，勢必要建置完善的特徵資料庫，並重新定義符合高精度地圖所需之特徵物分類項目，以確保高精度地圖品質與正確性，同時滿足圖資規範之需求。

3. 結論

隨著自動駕駛時代來臨，推動相關技術產業發展為未來科技之趨勢，然而我國對於高精度地圖之建置程序、作業流程、精度檢核評估與地圖圖資內容之格式與規範標準，尚未建立統一且完善的架構與系統，由於高精度地圖對於自動駕駛技術發展極為重要，因此建立完整且具有公信力的標準規範會直接影響我國發展自動駕駛技術的成敗，此外，也

必須評估建置高精度地圖所具備的環境特徵萃取之相關演算法之可行性與適用性，以達到自動化篩選與快速分類萃取的機制，使產製過程合乎成本效益。為了配合內政部之計畫推動，本研究後續將於我國設立之臺中水湳與臺南沙崙自駕車測試場針對擬訂之建置流程與作業程序進行驗證，將於過程中逐步修正擬訂之作業程序，同時檢討規範可能面對之問題，並提出合適策略，期許提供可靠之驗證程序及作法，以確保高精度地圖產製的成果符合自動駕駛之應用需求，並供各界產官學者進行後續研究及自動駕駛技術發展之推動。

參考文獻

- 江凱偉、曾義星、楊名、饒見有，2014。103 年度多平台製圖技術工作案期末報告，內政部地政司-內政部車載製圖系統作業手冊研擬草案。[Chiang, K.W., Zeng, Y.X., Yang, M., and Rau, J.Y., 2014. Final Report for Multi-Platform Mapping Technology in year 2014, Department of Land Administration, MOI. (in Chinese)]
- 林耿帆，2012。以物件為基礎之光達點雲分類，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。[Lin, K.F., 2012. Object-based classification for LiDAR point cloud, Master Thesis, National Taiwan University, Taiwan, ROC. (in Chinese)]
- Aly, M., 2008, Real time detection of lane markers in urban streets, 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Eindhoven, Netherlands, pp. 7-12.
- De Silva, V., Roche, J., and Kondoz, A., 2018. Fusion of LiDAR and camera sensor data for environment sensing in driverless vehicles, arXiv preprint, arXiv:1710.06230.
- Gu, Y., Hsu, L.T., and Kamijo, S., 2015. Correction of vehicle positioning error using 3D-map-GNSS and vision-based road marking detection, 2015 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), Yokohama, Japan, pp. 140-145.
- He, B., Ai, R., Yan, Y., and Lang, X., 2016. Lane marking detection based on Convolution Neural Network from point clouds, 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Rio de Janeiro, Brazil, pp. 2475-2480.
- Jiao, J., 2018. Machine learning assisted high-definition map creation, 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Tokyo, Japan, pp.367-373.
- Levinson, J., Askeland, J., Becker, J., Dolson, J., Held, D., Kammel, S., Kolter, J.Z., Langer, D., Pink, O., Pratt, V., Sokolsky, M., Stanek, G., Stavens, D., Teichman, A., Werling, M., and Thrun, S., 2011. Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms, 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Baden-Baden, Germany, pp. 163-168.
- Long, J., Shelhamer, E., and Darrell, T., 2015. Fully convolutional networks for semantic segmentation, 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, pp.3431-3440.
- NHTSA, 2017. Automated driving systems 2.0: A vision for safety, Available at: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf, Accessed February 25, 2019.
- Qi, C.R., Su, H., Mo, K., and Guibas, L.J., 2017a. Pointnet: Deep learning on point sets for 3D classification and segmentation, 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, pp. 77-85.
- Qi, C.R., Yi, L., Su, H., and Guibas, L.J., 2017b. Pointnet++: Deep hierarchical feature learning on point sets in a metric space, 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA, pp. 5099-5108.

- Sasse, V., 2017. NDS & OADF Challenges on Data Necessary to Serve Automated Driving (AD), Available at: http://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2017/file/evt_ws2017_s2_VolkerSasse.pdf, Accessed February 25, 2019.
- Shimada, H., Yamaguchi, A., Takada, H., and Sato, K., 2015. Implementation and evaluation of local dynamic map in safety driving systems, *Journal of Transportation Technologies*, 5(2): 102-112.
- Stephenson, S., Meng, X., Moore, T., Baxendale, A. and Edwards, T., 2011. Accuracy requirements and benchmarking position solutions for intelligent transportation location based services, 8th International Symposium on Location-Based Services, Vienna.
- Vardhan, H., 2017. HD Maps: New age maps powering autonomous vehicles, Available at: <https://www.geospatialworld.net/article/hd-maps-autonomous-vehicles/>, Accessed February 25, 2019.
- World Health Organization, 2018. Global status report on road safety, Available at: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/, Accessed February 25, 2019.
- Zhou, Y., and Tuzel, O., 2017. Voxelnet: End-to-end learning for point cloud based 3D object detection, arXiv preprint, arXiv:1711.06396.

Feasible Assessment of Regulation and Data Collection Process in HD Maps Used For Autonomous Vehicle

Jhieh-Cing Zeng^{1*} Pei-Ching Hsu¹ Ching-Hung Chang² Yu-Hua Li²
Kai-Wei Chiang³ Jing-Shiou Wang⁴ Jiu-Fu Huang⁵ Jiun-Yi Wu⁶

Abstract

Reacting to the era of autonomous vehicle, various domestic and foreign experts and companies have been actively involved in related studies and development. The technique which uses the pre-build three-dimensional high definition map (HD Maps) to aid the ability of positioning and orientation efficiently is indispensable. The ultimate goal is to provide autonomous vehicles with assistant information and ensure that they can drive safely and accurately during the whole process without human intervention. Currently, there is still no universal standard workflow for HD Maps and related regulations in our country. The existing mapping regulations and specifications are no longer meet the requirements for the construction, maintenance and inspection of HD Maps. Hence, this research proposes the concept of definition of mapping specifications, accuracy requirements, operation method, standard procedure and other related works for HD Maps based on literature reviews. To sum up, we will conduct preliminary feasible assessment and offer the contents to experts and scholars for further researches and development.

Keywords: HD Maps, autonomous vehicle, mapping regulation

¹ Master, Department of Geomatics, National Cheng Kung University

² Ph.D. Candidate, Department of Geomatics, National Cheng Kung University

³ Professor, Department of Geomatics, National Cheng Kung University

⁴ Director General, Department of Land Administration, M. O. I.

⁵ Division Chief, Department of Land Administration, M. O. I.

⁶ Officer, Department of Land Administration, M. O. I.

* Corresponding Author, Tel: 886-6-2370876 ext.857, E-mail: jessica31017tngs@gmail.com

Received Date: Feb. 25, 2019

Revised Date: Sep. 02, 2019

Accepted Date: Sep. 11, 2019