



作者：徐業良(2008-11-12)；推薦：徐業良(2008-11-12)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2009年二月號，史丹福專欄。

## 從「機器人輪椅」到「自主汽車」—談「人車合作」操控概念

2008 發生了許多奇妙的事，其中之一是汽油價格在七月初漲到 95 無鉛每公升 36.1 元的歷史高峰（還是政府「多元吸收」政策的結果），十一月初又跌回 23.7 元，大約是 2005 年初的油價水準。

這三、四個月史丹福專欄很豬頭地寫了一大堆開車如何省油、節能減碳、電動汽車之類的文章，突然好像立刻褪流行，所有這類文章全都該擺回抽屜裡暫時收藏起來，哪天油價又狂飆再找出來用。月初又很頭疼地幫史丹福專欄找題目，自己訂了個原則，寫什麼都可以，但是絕對不談汽車能源方面的題目。

那要談什麼呢？網路上到處亂翻世界各地的汽車科技新聞，11 月份有這麼兩則汽車科技新聞引起我的注意：

“Infiniti Distance Control Assist”，日產的 Infiniti 在 2009 年車款上將要加裝「距離控制輔助系統(Distance Control Assist, DCA)」，像是在汽車周遭設了一層「防護罩」，如果偵測到和前車太靠近，系統會自己跳出來取代駕駛人，操控油門和煞車。

另一則引起我注意的汽車科技新聞是“Autonomous Vehicles Close to Reality”，美國卡內基美倫大學(Carnegie Mellon University)著名的機器人學院(Robotic Institute)的專家說，完全自動駕駛的「自主汽車(Autonomous Vehicle)」，最快 2013 年便會在道路上出現。

我會注意到這兩則汽車科技新聞，倒不是這兩個汽車科技有什麼驚世駭俗的重大突破，而是我最近在研究一個應用原則頗為類似但規模小得多的技術，「機器人輪椅 (Robotic Wheelchair)」。

機器人輪椅話說從頭，可能得要先扯遠一些。

高齡化社會現象，大家都有感受。許多先進國家人口老化過程所引發的各種問題已經顯現，包括生產力降低、醫療和照顧費用提高等經濟面問題，以及老人安養、國民年金等社會福利問題，高齡族群的快速成長所伴隨的生活支援與健康照護的需求，在少子化的趨勢下更已經無法單純由增加照護者人數來達成。從科技面來看，如何應用各種科技輔助，開發適合高齡者使用的科技產品、服務以及生活環境，使得生理機能漸趨衰退的高齡者仍然能夠健康、舒適、安全地享受生活，是非常值得重視的課題。在這樣的想法之下，我在服務的元智大學自 2000 年 10 月起開始負責籌備「老人福祉科技研究中心(Gerontechnology Research Center, GRC)」，2003 年 1 月正式成立，是國內最早投入此研究領域的學術單位之一。

思考高齡者對科技輔助的需求，「行動能力(mobility)」是高齡者要能享有高品質的晚年生活，最基本的需求之一。下肢行動障礙是高齡者常見的障礙類型之一，輪椅則是最常見、最重要的行動輔具。然而在我們的觀察裡，使用輪椅的高齡者往往上也過度虛弱而無法自行推動輪椅，還是需要照護者協助推動輪椅，也就是說，高齡者使用一般輪椅可能對照護者提供了便利，但是並無法真正幫助提升高齡者的獨立行動能力。

使用者上肢力量無法自行推動輪椅時，使用電動輪椅是一個可能的選擇，然而操控電動輪椅時操作者必須能夠準確感測周遭環境、預測可能的障礙或危險，然後操作一支搖桿或其他輸入裝置來控制電動輪椅。對於大部分使用者來說，電動輪椅的操控方式困難度仍然相當高。

為了改進這些輪椅操作上的困難，近年來輪椅的研究方向上開始將完全被動、由使用者操控的輪椅，轉變為賦予輪椅部份「自主行為(autonomous behaviors)」能力，將原先使用在機器人身上的各項感測、導航技術，應用在輪椅操作上，使輪椅本身擁有類似機器人之感測、判斷能力，能夠迴避障礙物、到達預定地點、穿過擁擠環境等，開創了「機器人輪椅」的研究領域。

太嚴肅了，史丹福專欄寫得像國科會研究計畫一樣。

這個研究領域大約從 1995 年開始發展，機器人輪椅使用的空間主要在室內，範圍較小且不確定性較低，很快就有很棒的研究成果展示：機器人輪椅可以載著人，自動規劃路徑穿過擁擠的車站大廳；或者使用者輸入「廁所」，機器人輪椅便可載著使用者自動直奔廁所等等。

不過機器人輪椅的研究者很快便發現，這樣的技術「發明(invention)」很難成為真正可以應用的「創新(innovation)」。

您仔細想想這個場景，「機器人輪椅載著使用者自動直奔廁所」，很棒的科技，但實務應用面可能是不方便、甚至危險的。這個「使用者」可能是高齡者或肢體障礙者，萬一半路上使用者改變主意不想去廁所了怎麼辦？萬一在途中碰上了機器人輪椅沒有察覺到的障礙物怎麼辦？萬一在轉角使用者的小孫子衝出來，機器人輪椅來不及煞車怎麼辦？

對於這些實務應用面的問題，機器人輪椅的研究者很快就提出「人機合作控制(man-machine collaborative control)」的架構，定義機器人輪椅並非「主控者」而是扮演「合作者(collaborator)」、輔助使用者的角色，輪椅使用者才是真正的老闆，而機器人輪椅能配合輪椅使用者的意願做出自主動作，使用者不需時時操作輪椅、事事都要自行操作，讓輪椅的操作更方便、更安全。

在大家還沒失去耐性之前，趕緊把話題轉回汽車上來。

想像您在街上開車，在紅燈前停下來。右邊車道的車也跟著停下，您習慣性地望了一眼，咦，這部車駕駛座上居然沒有人！紅燈轉換成綠燈，這部車做了一個優美的右轉揚長而去。這是一部無人駕駛的「自主汽車」！

這樣的自主汽車把原先用在機器人上的感測、導航、控制技術使用在汽車上，希望達到無人駕駛汽車(driverless car)的終極目標。聽起來很遙遠的樣子，但從技術面來說，這個景象其實比您想像的接近。

近幾年來自主汽車技術最重要的推手，應該算是美國國防部負責軍事科技發展的「國防先進研究計畫局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)」。

2004 年 3 月 DARPA 發出了一份英雄帖，廣邀各界英雄豪傑參加在美國南加州沙漠舉辦的“DARPA Grand Challenge”越野大賽車，首獎獎金是一百萬美元。

一百萬美元賞金果然吸引了眾多參賽者，包括汽車公司，業餘玩家，大學教授和學生，甚至還有 high school kids 高中小毛頭組隊，一共 106 隊報名。報名歸報名，真

的帶著車子來到加州的只有 25 隊，經過第一階段測試，只剩 15 部車真正踏上起跑點。比賽結果，15 部車當中只有 3 部行駛超過 5 英里，大部分車子都跑不到幾百英尺。第一名（跑得最遠）的卡內基美倫大學向來以機器人研究見長，開賽前便廣受各方看好有機會贏這一百萬美金，最後也只跑了 7.4 英里，車子便起火而被強制停車了。

DARPA 仍然認為這次沒有人贏的比賽是一項「精神勝利」，決定再辦一次，而且把首獎獎金提高到兩百萬美元。2005 年 10 月舉辦的第二屆比賽成績大幅躍進，這回有五部自主汽車完成了 132 英哩的賽程，第一名的是我的母校史丹福大學的車隊，成績是 6 小時 53 分 58 秒，卡內基美倫大學以 10 分鐘左右的差距名列第二。2007 年 11 月第三次的比賽改為“Urban Challenge”市區競賽，在南加州的一個空軍基地進行，每一部自主車輛必須遵守交通規則，並且避免和其他自主車輛互撞。這一次共有六個車隊跑完全成，卡內基美倫大學和通用汽車公司合作三度參賽，以 4 小時 10 分 20 秒跑完 60 英哩的市區賽道，終於打敗了史丹福大學和 MIT 等對手，贏得了 2007 年自主車輛大賽冠軍，和兩百萬美元的首獎獎金。

自主汽車必須能靠自己的感測器辨別路況、天候，靠 GPS 作衛星定位，再由車上的電腦作運算、控制車子沿著既定路線行進、閃避障礙物等等。光從這項比賽的結果來看，自主汽車技術確實是可行的。卡內基美倫大學的團隊認為，5~7 年之內，便可以有無人駕駛的自主汽車在高速公路行駛，10~20 年便可以在路況更複雜的市區街道行駛。

很棒的技術「發明(invention)」。但是能夠成為真正可以應用的「創新(innovation)」嗎？再往前面一點的問題是，我們真的需要無人駕駛汽車嗎？

DARPA 在 2004 年舉辦這項比賽的動機是，2003 年的美伊戰爭，美軍被打得灰頭土臉，死傷慘重。美國國會於是「下令」，2015 年前美軍三分之一以上的車輛必須是這種無人駕駛的自主車輛，以減少美軍的傷亡。

OK，很重要的理由。但是就民間用途來說，我們真的需要無人駕駛汽車嗎？

想像一下，如果有無人汽車的話，開車就像搭捷運一樣，您每天花在駕駛座上塞車的時間，都可以看書、看報、打電腦、談公事，變成有用的生產時間；如果有無人汽車的話，計程車司機全部都要失業（您也可以說是大量減少司機的人力成本），因為不再需要真人開車了；如果有無人汽車的話，我也不需要每天大費周章親自接送老婆小孩，只要時間一到把車子「派」去國小門口就成了…

您當然可以繼續想像出無人汽車技術可能帶來的更多方便，然而更多人關心無人汽車技術可靠度的問題。我有一個壞習慣，和老婆女兒一起開車出遊，我開車時老婆女兒常睡得東倒西歪（對老爸開車安全信賴的表現），老婆開車時我卻總在一旁正襟危坐，完全不信任老婆的駕駛技術。如果是汽車自主駕駛，那我坐在車內可能就更難過了。汽車廠必須得先能證實，自主汽車開車的技術和安全性比真人駕駛還要好才行。

另外一個常被討論到的問題是，如果自主汽車在馬路上真的出了事故，法律上的責任到底該誰來負？不可能是「真正在開車」的自主汽車，那麼該是車內乘客、汽車車主、還是設計製造這部自主汽車的車廠來負責呢？

這裡就要回到前面對機器人輪椅的討論，自主汽車技術最好的角色應該像機器人輪椅一樣，並非「主控者」而是扮演「合作者」、輔助使用者的角色，所謂「人車合作」的操控概念，自主汽車能配合駕駛人的意願做出自主動作，幫著駕駛人偵測周遭環境中可能的問題和潛在的危險，減低駕駛人操作的負擔，讓汽車駕駛更方便、更安全。

自主駕駛技術是一個新潮流的開始，許多汽車界工程師和主管都認為，下一個十年將以此為汽車科技發展的主流，完全無人駕駛的汽車也許不是最好的方式，但汽車的確越來越能和環境互動，並且產生自主性動作。自主汽車中兩項最主要的技術是自動導航及感測技術，特別是能夠感測環境狀況，自動提供駕駛人必要而即時的協助。現代汽車其實已經使用了許多這方面的技術，隨時監視您開車狀況，而且隨時準備介入，自行決定何時踩煞車、轉彎、變換車道，或是根據周遭環境做出其他動作。

回到這篇文章開頭提到，日產 Infiniti 將要採用的這套“Distance Control Assist (DCA)”系統。根據日產對駕駛人行為的研究，許多駕駛人常會因為經驗不足、沒有注意、或者就只是沒耐性，以致於開車時沒有保持安全距離，這也是許多車禍的主要原因。

日產的 Infinity 在 2009 年車款上將要加裝的這套「距離控制輔助」DCA 系統，主要目的就是要讓車子和前車保持安全距離。系統偵測與前車的距離和兩車接近的速度，如果判斷有潛在的威脅，系統會從油門踏板產生一個抵抗力，提醒駕駛人要放鬆油門。駕駛人必要時仍然可以推翻系統的決定踩油門加速前進，但如果駕駛人放鬆油門表示同意系統的提醒，然而 DCA 系統偵測到車子仍然處於危險狀況的話，系統也會自動踩下煞車。這時如果駕駛人也踩下煞車踏板，系統便會讓駕駛人接手對煞車踏板的控制，而駕駛人如果決定變換車道，前方不再有車子，危險狀況解除，DCA 系統便會停止動作，讓駕駛人操控汽車。

最壞的狀況，在有危險狀況時如果駕駛人什麼也不做，DCA 會持續增強油門踏板的反抗力道，並且發出警示閃光和警示聲音。

好一幅人車合作操控的和諧畫面，汽車透過各種人機介面感測駕駛人的意圖，幫忙提醒駕駛人或做出自主動作幫助駕駛人避開危險，也懂得謙遜地隨時把汽車主控權交回給駕駛人。我們不是在談研究計畫構想或未來汽車科技，這是 2009 年 Infiniti FX 車款上將要裝置的系統。

除了避免危險之外，日產也應用同樣技術，透過油門踏板的壓力回饋「教導」駕駛人如何省油開車，據稱可以幫助駕駛人省油 5%~10%。

我的車子挺陽春的，想來想去，我的車子能夠偵測環境變化做出的「自主行為」，就只有下雨時會自動開啟雨刷，天色暗時會自動開車燈，噢，倒車時和周遭障礙物太靠近，車子也會嗶嗶叫。就這幾個簡單的動作，已經減少了我許多駕駛負擔，自主汽車技術幫助很大呢！