

新一代車輛安全系統

文・圖／蔡欣穆、游舜翔、汪晨騏、吳欣宜、李佳福

在臺灣，機車約占了各式車輛總數70%，平均每1.6人擁有一台機車。機車普及對交通也造成嚴重的安全問題；據統計，2003-2010年間，涉及機車的車禍事件中的受傷與死亡人數分別為總人數的80%及 90%以上，且逐年攀升。相對於汽車配備的各式電子系統安全性年年提升，機車卻付之闕如。

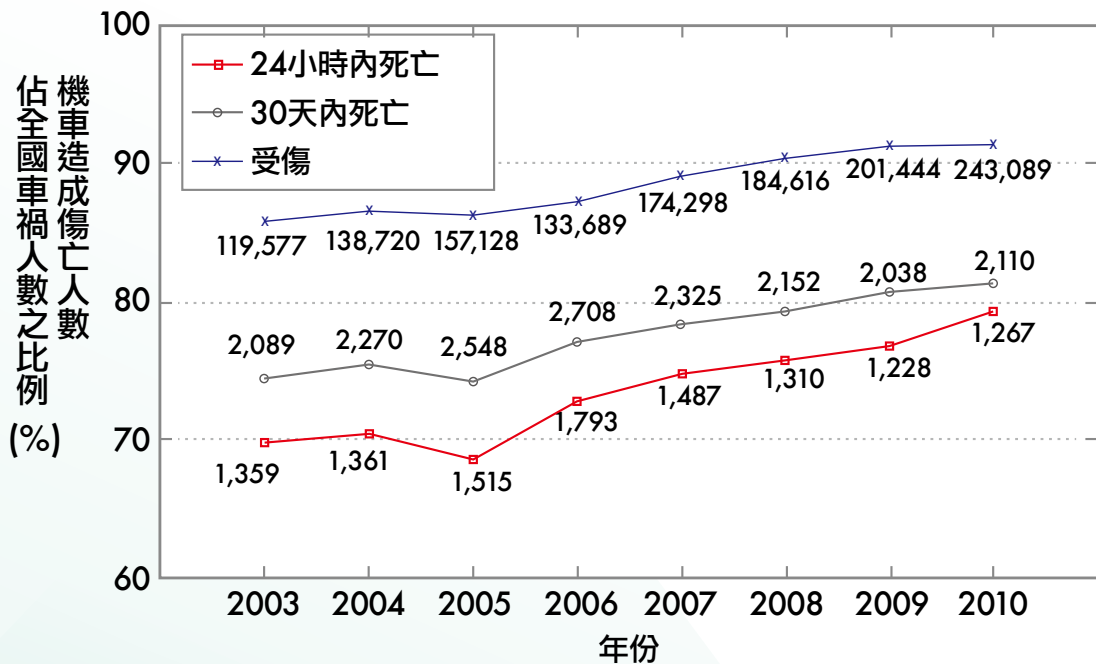


圖1：2003-2010年涉及機車的交通事故之受傷人數與死亡人數

近3年來，我們透過發展車輛通訊和車輛行為分析的研究已有成果，希望能將其應用在車輛安全系統，除了解決機車的交通安全問題，也能夠減輕因車輛總數增加隨之而來的能源及道路利用率等問題。

傳統的车辆安全系統必須配置大量感測器，如相機或雷達，使系統有足夠能力去判別周遭可能會造成車禍的物體，但是安裝這些配備需額外成本。新的車間通訊（Vehicle-to-Vehicle, V2V, communications）可以改變現狀，車輛與車輛之間可以分享速度、位置等狀態資訊，也可以轉達目前所觀測到的其他車輛的資訊，不但提高安全性並可大幅降低成本。

我們節省成本的方法在於：使用反應時間快、能迅速改變亮度的LED燈。其閃爍的燈光可用來代表需在車輛間傳遞的數位訊息；由於視覺暫留，人眼無法察覺燈光的閃爍，因此車燈可保有其原本照明或警示的功能。

在車輛行為分析的部分，則採用智慧型手機為平台，收集速度、加速度及位置等資料，建立車輛行為的模型，進行如闖紅燈預測及塞車情況研判的工作。智慧型手機普及性高，同時也有車輛系統的感測器，如速度、加速度、位置感測器及相機等。另外它也具備無線區域網路WiFi及行動通訊網路的資料連結（如3G或LTE），可作為簡易的車間通訊，所以能很快的將最新的通訊及資料處理技術導入市場。

通過車輛行為分析來偵測道路壅塞和預測闖紅燈

目前使用的智慧型手機及其他行動裝置的感測功能越來越強化，若能巧妙的將其與車輛結合，將感測器收集到的資料加以分析，就能得到對行車駕駛更有用的資訊。舉例來說，加速度資訊可以告訴我們車輛處於正在加速行駛的行為；當更多感測器資料結合時，就能辨認出汽車或機車的更多行為。

如何利用這些感測器資料來辨識出不同的車輛行為？又有什麼用途？以壅塞中的汽車行為來分析，如果汽車是「走走停停」，乘客就可以很直觀的判斷外面路況是正在塞車中。也就是說，「走走停停」就是道路壅塞狀態下車輛行為的一種「特徵」。所以從手機感測器收集到的感測資訊中，將跟這種行為相關的，組成一個特徵向量，然後利用機器學習（Machine Learning）的方法，將收集到這些特徵向量標記（label）為塞車或者不塞車。電腦利用SVM等演算法，通過大量的知識學習之後，就可以在高維空間中找到一個邊界線（如圖2），把塞車和不塞車的資料分開。當每取得一個路段的新資料後，就可以使用分類器分類，判斷剛剛經過的路段是塞車或未塞車路段^[2]。之後即能應用車載網路或行動通訊網路告知其他車輛避開壅塞路段，還能有效減緩道路壅塞問題。圖3是接收者操作特徵曲線（Receiver Operation Characteristics, ROC, curve）圖，圖中每一個點的橫縱座標分別表示錯誤警告和判斷正確

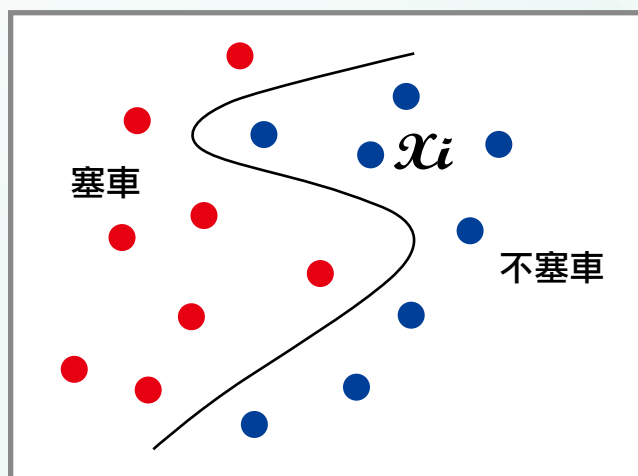


圖2：機器學習來找到一條高維空間的邊界線

的概率。這種曲線下方面積越大，表示分類器效果越好。黃色底線是使用傳統的平均速度判斷壅塞的方法，其他曲線則是我們的方法在不同參數下的結果。由此可知，以分析行為去辨識壅塞的準確率要比用平均速度高出許多。

同樣的方法也可以利用在闖紅燈的行為辨識上^[1]，如此得到的效益更為顯著。根據資料，近年來，因闖紅燈造成車禍死亡者是死亡車禍的第四大原因。如果能夠在與路口還有一段距離時，準確辨識出闖紅燈行為，並及時將資訊告知路口的其他車輛或提供警訊給該車輛的駕駛者（如圖4），每年就能避免數百人死於非命。

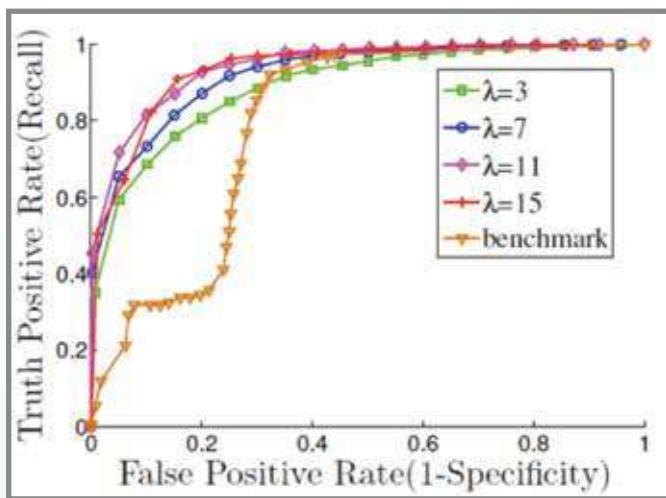


圖3：我們方法和其他方法的ROC Curve

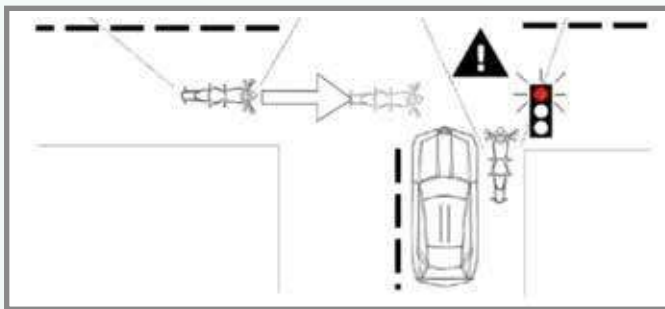


圖4：辨識闖紅燈行為，並且告知附近車輛的示意圖

總之，這種利用手機等外部設備收集資料，來對車輛行駛行為進行分析的方法，可以在不改變車輛構造及增加車輛成本的情況下，讓行車環境變得更舒適和安全。

可見光通訊於車用安全上之應用

車間通訊（V2V Communication）以及準確的車間定位（Positioning）能大幅提升行車安全，利用無線射頻（RF）專用短距離通訊（Dedicated Short Range Communications, DSRC）是目前發展較為成熟的一項技術。基於IEEE 802.11p的標準下，它能在車輛高速移動時建立車間通訊並讓車輛主動交換安全防撞訊息。然而因成本考量及應用不明確，目前全球並未有任何車輛產品採用。我們則在近兩年開始發展一極為創新的技術－可見光通訊。可見光通訊主要是利用LED可高速切換亮度的特性，操控LED傳輸人眼無法察覺的高頻率訊號代表所需傳輸的訊息，可

以同時達成通訊及照明的目的。和現行射頻無線通訊技術相比，其優點是：（1）較低的複雜度和成本。目前車輛上多裝有LED燈具，所以不需額外花費硬體成本。（2）精準的定位能力。光學頻道有較高的穩定性，可用來做準確的相對定位。（3）延展性（Scalability）：當車潮洶湧及車輛高速移動時可以發揮光線高指向性及高穩定度的特性，避免無線射頻網路頻寬不足、網路阻塞或連結不穩定。可靠的車間通訊除了讓汽機車獲得最即時的路況外，也能更有效的掌握周遭車輛的狀況以避免車禍。

我們已實際建構出一套利用汽機車的原廠LED頭尾燈做為傳輸端，及使用光電二極體模組、或一般CMOS數位相機做為接收元件的車間可見光通訊系統。在通訊上必須克服的難題為：抵抗環境光源的干擾，以及必須使通訊距離符合行車安全的需求。在使用光電二極體為接收元件的光通訊技術時，可將訊息調變到某一特定高頻頻段以光源發出，使得在解碼時可利用濾波器去除掉大部分環境光源造成的干擾。調變方法則選擇具低錯誤率特性的脈衝位置調變（Pulse Position Modulation, PPM），並選擇只接收可見光波段及大面積的光電二極體原件，如此系統能達到最長20公尺的通訊範圍。意即在時速約60公里情境下，接收到警訊後，駕駛能有超過一秒的時間來反應。

2012年我們在機車行駛狀態下，實際測試了這套系統，結果顯示兩車相距約20公尺時，都可以有效的通訊。此一成果多次參加國內外展覽（ACM MobiSys 2013^[4]、Research at Intel and Intel University Collaboration Symposium, 圖5），並發表論文於通訊期刊IEEE Communications Magazine^[3]。

另外一套技術則可使用一般CMOS數位相機為接收元件。由於CMOS數位相機有滾動式快門的特性，可將光源在不同時間所傳輸不同訊號，儲存在每一列像素中。我們使用頻率偏移調變，為車燈光源所採用的調變技術；解碼時，則利用已知記錄這張圖片的時間，還原出



圖5：展示於2013年英特爾前瞻技術展示會（Intel Innovation Day 2013）的機車可見光通訊系統。在此系統中，前車會將自己的時速、煞車、轉向狀態、尾燈大小透過高速閃動的LED尾燈傳輸給後方車輛；後方車輛只需要使用一般攝影機即可接收及解碼前方車輛傳輸的資訊。後方車輛收到尾燈大小的資訊後，也可以做高準確度的相對定位、準確地知道兩車的相對距離及角度。

由車尾燈所傳遞之調變訊號。使用CMOS相機作為接收元件的最大好處是成本低廉，許多車輛和駕駛自行攜帶的行動裝置都已經整合了相機，因此免除額外支出。此外，結合電腦影像處理也可以很直觀的判斷空間中的哪輛車正在傳輸給我們。

2013年我們實作了應用這項技術，並且在英特爾前瞻技術發表會（Intel Innovation Day，2013）中展示。

機車車輛模擬器 UI設計

隨著汽車功能多元發展，汽車不再只是代步工具，增加了許多附加功能，如：導航、多媒體影音播放，所以如何設計這些系統的UI（User Interface），達到提升行車安全也是大家重視的方向。

但數據顯示，東南亞國家使用機車代步的比例遠大於汽車，加上機車危險性相對較高，所以我們將研究著重於機車的UI設計上，並利用現有的配件（安全帽、後照鏡、機車把手等）來設計，但求低成本、快速普及。為了進行實驗測試，我們結合遊戲引擎Unity和車流模擬器Sumo，架構一個機車的行車環境模擬器。



圖6：利用電子後照鏡來進行提醒駕駛的UI



圖7：模擬器的環境架設的UI

進行研究時遇到兩大問題需要克服：

- （1）不影響駕駛原本的開車行為模式：行駛過程中，駕駛最重要的任務便是專注於前方的路況，要如何做到提醒駕駛又不影響他是一大挑戰。
- （2）提供駕駛能夠直覺反應的介面：由第一點衍生的問題是「提醒的方式」，若是使用視

覺的回饋，可能會造成分心，聽覺及觸覺的回饋，則需要作實驗取得使用者經驗，才能做到最佳化的介面設計。另一個問題是：如何讓駕駛直覺的反應，若提醒方式不夠直接，就無法達到減少反應時間的目的，反而可能造成駕駛更大的負擔。

未來我們會繼續發展適用於機車的人車界面，並使用所發展的機車行車環境模擬器作為實驗的主要工具。

後記

在有限的機車成本空間中，要提升其安全性，是極富挑戰性的問題。我們衷心希望所研發出來的技術，能進入車輛產品，使機車行車可以更安全、更舒適、更節能。📖（本期專欄策畫／電機系簡韶逸教授）

參考文獻：

- [1] K.-S. Huang, "RedEye: Preventing Collisions Caused by Red-Light Running Scooters with Smartphones," Master Dissertation, National Taiwan University, July 2013.
- [2] C.-Q. Wang and H.-M. Tsai, "Detecting Urban Traffic Congestion with Single Vehicle," in Proc. International Conference on Connected Vehicles and Expos, Las Vegas, United States, December 2013.
- [3] S.-H. Yu, O. Shih, N. Wisitpongphan, H.-M. Tsai and R. D. Roberts, "Smart Automotive Lighting for Vehicle Safety," in IEEE Communications Magazine, vol.51, no.12, pp. 50-59, December 2013.
- [4] S.-H. You, S.-H. Chang, H.-M. Lin, and H.-M. Tsai, "Demo: Visible Light Communications for Scooter Safety," in Proc. ACM International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys), pp. 509-510, Taipei, Taiwan, June 2013.

蔡欣穆小檔案

2002年臺大資訊工程系畢業，服完兵役後於2004年赴美，於2006及2010年在美國Carnegie Mellon University取得電機與電腦工程碩士及博士學位。就學期間曾於2006-2009年間在美國通用汽車研究與發展部門擔任實習研究員，於2010年返國擔任臺大資訊工程系教授。2013年獲頒英特爾青年教師學術獎，為北美及歐洲外首位獲得此殊榮的學者。同年亦獲頒臺灣大學傑出教學獎。研究領域包括車輛通訊及網路、可見光通訊及定位、車輛行為分析及車輛安全系統等。

☆游舜翔、汪晨騏、吳欣宜、李佳福

臺灣大學資訊工程所、資訊網路與多媒體研究所碩士班研究生。行動與車輛網路實驗室成員。