

虛擬車輛失效測試環境建置技術

陳益新

工研院機械所 智慧車輛技術組 電能系統部

前言

為了驗證車輛功能安全目標，於進行動力系統硬體在環失效測試時須考量駕駛者操控行為與實際車輛運行情境，本研究利用車輛動態模擬軟體分別建立 3D 行駛場域、駕駛策略與車輛模型以分析車輛於各種失效模式下，其動態行為與周邊環境之響應。透過此項即時模擬環境的建立技術可評估當車輛行駛於實際道路而動力系統發生失效時，所搭載之電控系統是否能滿足功能安全之設計需求。

一、車輛失效模式建立

為了準確制定車輛安全需求規格必須進行失效測試；本研究所探討之失效模式共有四種；分別為非預期加速、非預期減速、失去動力與驅動輪打滑。四種失效情境的設定 / 觸發條件如下所述：

(1) 非預期加速 (un-commanded acceleration)：

在設定觸發條件後，車輛動力輸出會突增，車輛速度隨之提高。使用軟體提供之 EVENT 功能，當條件觸發時，將油門開度增加至 220%，且煞車總泵壓力為 0 MPa。

(2) 非預期減速 (un-commanded deceleration)：

在設定觸發條件後，煞車總泵壓力 3 MPa 會立即作用在車輛上，使車速驟降。使用軟體提供之 EVENT 功能，當條件觸發時，將煞車壓力增加 3 MPa，且油門開度為 0%。

(3) 失去動力 (loss of tractive force)：

在設定觸發條件後，動力系統發生失效導致車輛失去驅動力，此時踩油門也不會有扭力輸出。使用軟體提供之 EVENT 功能，當條件觸發時，將馬達扭

力轉速表替換成 0 Nm 輸出之表單。

(4) 驅動輪打滑 (drive tires loss of traction)：

設定觸發條件後，車輛動力輸出軸隨即鎖定，迫使車輛打滑而減速。使用軟體提供之 EVENT 功能，當條件觸發時，將煞車系統設定僅驅動輪具制動功能，並將總泵壓力提高至 6 MPa。

二、車輛行駛場域建立

為了評估車輛行經各種路面對於動力系統的影響，使用虛擬道路模型以模擬路面摩擦係數、坡度、長度甚至凹凸不平之路面；本技術所建立之虛擬車輛行駛環境是參考內政部於 104 年 7 月供佈之「市區道路及附屬工程設計規範」中，所描述的道路特徵來建置，共計有國道、省道、市區與山區等四種

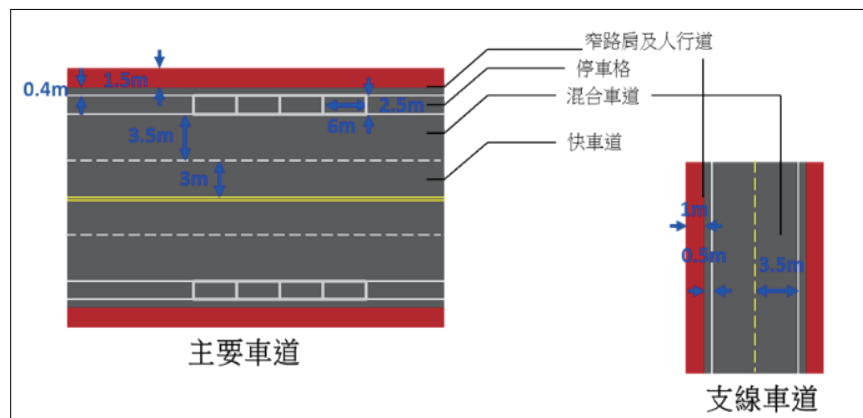


圖 1 市區道路特性

場景。以市區場景的道路特性(如圖1所示)為例：主要道路分別為水平、垂直及外環道路線所構成；次要道路為水平及彎曲路線，且道路與人行道具有高低差，其餘皆為平坦路面。倒三角形處為路口特徵，有紅綠燈、斑馬線與機車待轉區。

三、駕駛情境建立

當車輛於市區道路行駛時，駕駛者的操控情境可分解成以下事件：

(1) 綠燈起步(直行、左轉、右轉)：

此駕駛情境是從靜止啟動，通過路口紅綠燈後進行直行、左轉及右轉。給予直行、左轉及右轉的路線，並使用軟體提供之駕駛者模型自動跟隨道路。剛開始車輛為煞車靜止狀態，當時間超過 t_{strt} 後，油門將以 10% 的開度進行控制，當車速達到 10 kph 以上時，會切換成駕駛者模型並將車速控制在 40 kph。

(2) 紅燈停止：

此駕駛情境車輛會有 60 kph 的初始速度，利用目標速度選項設定跟隨位置，將特定距離內的車速作線性遞減，最後降至 0 kph，再配合煞車，使車輛於紅綠燈號誌前停止。

(3) 道路追隨(直路、彎道)：

此駕駛情境是建立在支線彎路上，使用駕駛者模型根據路徑自動進行加速或減速的控制。

(4) 超車(至逆向車道再回原車道)：

此駕駛情境適用於支線直線路段以進行超車動作，可利用軟體內建之 EVENT 功能來達到操控 / 駕駛模式的切換。

(5) 轉入交叉路口(左轉)：

此駕駛情境可應用於水平主幹道左轉到曲線彎路；使用駕駛者模型，根據路徑的變化自動進行加速或減速的控制。

(6) 轉出交叉路口(左轉、右轉)：

此駕駛情境是模擬車輛於支線彎路上進行左、右轉向至垂直主幹道；可利用駕駛者模型，給予左、右轉向的路徑，進行加速或減速的控制。

(7) 路邊停車：

針對油門、煞車以及轉向採用開迴路控制來進行路邊停車。

(8) 迴轉：

此駕駛情境是模擬車輛於水平主幹道路口迴轉到對向車道；透過駕駛者模型根據內側車道到外側車道及外側車道至內側車道等兩種迴轉路徑自動進行加速或減速的控制。

受限於篇幅，本專欄僅以紅燈停止為例，圖2為事件示意圖。

四、結論

為建立出環境模型與操駕情境模型以供後續進行模擬分析，本技術已建構出國道、省道、市區與山區之場域、操駕情境與車輛模型，其中操駕情境包含道路追隨(直路與彎路)、超車、轉入與轉出交叉口、上坡起步與下坡起步等。

藉由已建立之車輛行駛環境模型，能準確模擬當動力系統發生失效時，分析失控之車輛對周遭環境與人、事、物所造成影響，進而定義出相關功能安全需求規格。此外，為了於硬體在環驗證平台下測試實體動力系統，本技術亦開發出一套虛擬情境可適用於即時(real time)環境下之場域、操駕情境與車輛模型；同時建立出一可視化圖形使用者介面(visualization GUI)以供進行車輛失效模擬與安全功能測試時能快速注入故障事件與即時監控車輛狀態。



圖 2 紅燈停止事件