

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作品名稱：引擎排氣噪音反饋至道路交通流量與車輛排放控制 Engine exhaust noise feedback to traffic flow and vehicle emission control on-road

學校 / 作者：臺中縣私立明道高級中學 梁辰瑋

目 錄

作者簡介	0
中文摘要.....	1
英文摘要.....	1
壹、前言.....	2
貳、研究方法.....	4
一、研究設計.....	4
二、監測項目與儀器.....	4
1. 二氧化碳監測儀.....	5
2. 低頻噪音監測儀.....	6
3. 數據擷取器.....	6
三、現場實測方法.....	7
1. 車輛數與車速量測方法.....	7
2. 實測地點與步驟.....	7
3. 次要實測工作：汽車排氣溫度、風速與實驗路段長度量測.....	8
四、即時監測-反應交通號誌控制系統建立方法.....	9
五、推估交通尖峰時段之空氣污染物排放削減量方法.....	9
參、研究結果與討論.....	10
一、監測器製備與測試.....	10
1. 二氧化碳監測儀.....	10
2. 低頻噪音監測儀.....	10
二、現場實測.....	13
1. 監測器架設方式與位置選擇.....	13
2. 二氧化碳與車行狀況.....	14
3. 低頻音量與車行狀況.....	15
三、建立即時監測-反應交通號誌控制系統.....	17
1. 硬體-控制系統製備.....	17
2. 軟體-控制程式撰寫.....	19
四、推估交通尖峰時段之空氣污染物排放削減量.....	22
五、城市交通號誌控制簡易方法.....	26
肆、結論與應用.....	29
參考文獻.....	29
附錄一 辛苦的儀器製備照片集(縮小版).....	31
附錄二 實測期間(2006年5~8月)意外險保險單.....	36
附錄三 台中市政府同意申請進行道路實測工作回函.....	39
附錄四 勞累的實測工作照片集(縮小版).....	42
附錄五 二氧化碳與低頻噪音監測數據擷取記錄圖.....	53
附錄六 求取車輛行駛速度之 Excel 計算表.....	59

作者簡介

梁辰瑋，1989年6月出生於台中市，就讀明道高中三年級。父親任教於逢甲大學；母親任職於自來水公司；哥哥就讀於台灣大學。從小就喜歡科學，小學電腦課被老師指定為助教，國中理化老師嫌我太愛發問。喜歡物理，參加過中興大學物理系「高中物理資優生」研習班。今年是第三年參加國際科展，去年是科教館青少年科學家培育計畫成員，但成績不佳。捲土重來，去年二月底就積極展開新研究，發揮我擅長的電子學，推動原有的構想，從組裝儀器、不斷測試、實測、數據分析、到最後撰寫報告，甘苦無人知，因為大學學測在即，時間永遠不夠，壓力永遠存在，但總算獲得極佳的成果，遠超過我所預期，非常有成就感。



引擎排氣噪音反饋至道路交通流量與車輛排放控制

Engine exhaust noise feedback to traffic flow and vehicle emission control on-road

摘要

運用自製低頻噪音(< 400 Hz)與 CO₂ 監測器進行實測，獲知汽車排氣噪音明顯隨平均車速增加而降低，遞減率為 10.21 mV·hr/km，且不易受風場影響，可準確反映車行狀況，並具備低成本、低耗能與易於維護，是非常理想監測器，而最佳裝設位置為白線後 8 m。CO₂ 則易受風場影響而明顯混合，濃度隨平均車速的變化小，遞減率為 1.58 ppm·hr/km，較不適用。結果顯示 820 PCU/hr-lane 是交通壅塞臨界點，此點車速為 25 km/hr。成功製備「即時監測-反應之交通號誌控制系統」，證實引擎排氣噪音可反饋做為即時交通流量與車輛排放的控制。最後，模擬交通改善後狀況，計算出避開壅塞臨界點需增加綠燈秒數，在本研究中最佳增加值約 4 sec/cycle。並推估台中市五條主要幹道尖峰時 NO_x、CO 與 THC 分別削減 2,768、148,027 與 41,373 kg/year，顯現採用引擎排氣噪音反饋至道路交通流量與車輛排放控制的成效，相當好。最後，提出一個控制城市交通號誌的簡易方法。

Abstract

The relations between vehicle average speed with low frequency engine exhaust noise (<400 Hz) and CO₂ concentration were investigated with self-prepared noise and CO₂ monitors on-road. After field measurements, I found that the real relation of the vehicle speed with noise intensity was more obvious than with CO₂ concentration, the R-squares were 0.632 and 0.152, respectively. The possible reason is CO₂ in the field mixes with air flux very easily, but low frequency noise was measured with high precision and considerable speed. The lapse rates of CO₂ and low frequency noise are 1.58 ppm·hr/km and 10.21 mV·hr/km, respectively. The optimum measuring post of a noise monitor is about 8 m before the stop line. The critical point for a traffic jam is 820 PCU/hr-lane with a speed of 25 km/hr. Increasing the time of green light operation for avoiding this critical point was evaluated. In this study optimal increase was about 4 sec/cycle. Finally, the success of low frequency noise sensors as a real-time vehicle monitor was shown, and a real-time monitoring-response traffic signal control system was set up. The reduction amounts of NO_x, CO, and THC from the vehicles emission during rush hours on five main roads in Taichung city were 2,768, 148,027, and 41,373 kg/year, respectively. The results indicate that engine exhaust noise feedback to traffic flow and vehicle emission control on-road is useful and accurate. Finally, an easy method for urban traffic light control was suggested.

壹、前言

都會區常是車滿為患，壅塞的交通不僅消耗掉高社會成本，車輛排放的氮氧化物(nitrogen oxides, mostly NO and NO₂)、一氧化碳(carbon monoxide, CO)、碳氫化合物(hydrocarbons, HCs)與粒狀物(particle)等，更是深深影響人們的健康。每日搭乘校車上、下課的我，常是交通尖峰時段參與壅塞的成員之一，交通壅塞給予我的感觸是時間浪費、金錢浪費與污染不斷。如何快速、有效改善都會地區交通壅塞狀況，一直引發我的高度興趣，多次細心觀察交通尖峰時段的行車狀況，發覺現行交通號誌控制系統並不能即時反應車行狀況，自動調整號誌秒數，使得交叉的兩條道路，一條出現逐步惡化至全線壅塞(參見圖一)，但另一條道路却極為順暢。因此，我興起「建立即時監測-反應交通號誌控制系統」來改善都市交通與空氣品質的念頭。



圖 1. 台中市區交通尖峰時段中港路照片。交通壅塞常是僅於單一車向道路，同時不是一個路口而是一個路段壅塞；雖有交通警察指揮交通，也是束手無策。

交通號誌調整一般有：(1).定時(timed)與(2).交通量反應(traffic responsive)兩種方式。第一種是以定時裝置來操作，不論特殊交通狀況或時段皆被分配一定的綠燈時間。第二種交通量反應則結合車輛感應器與定時器[1]；其中車輛感應器技術[2]共有：(1).感應環(inductive loops)[3,4]、(2).微波感測器(microwave sensors)[8]、(3).視頻圖像偵測系統(video image detection systems)[6,7]、(4).遠紅外線感測器(far infrared sensors)[5]與(5).機器視覺感測器[9,10](machine vision sensors)等(參見圖2)。各個技術仍存有不少的缺點，致使裝設率不高，而現今最通用的技術是感應環。感應環是一個嵌入道路內的線圈，其作用如同一磁鐵，當汽車通過或停於環上，汽車金屬改變磁場，使線圈感應獲知汽車的存在，再將信號傳輸至交通號誌控制器以聯動控制燈號。

在交通號誌控制器上，一般是根據車輛感應器及各式要求來控制燈號，賦予所需間隔時間。其中，所有路口控制器都被整合處理，並且被編輯成一個週期協調信號，特別用於尖峰時段的特定路線，以發揮控制運輸流量的最大效率。短程穿梭行駛車輛(例如巴士捷運Bus rapid transit, BRT)的交通號誌管制(shuttle car traffic control)，則是尖峰時段疏散人潮並減低車流量的另一種控制措施[11]。

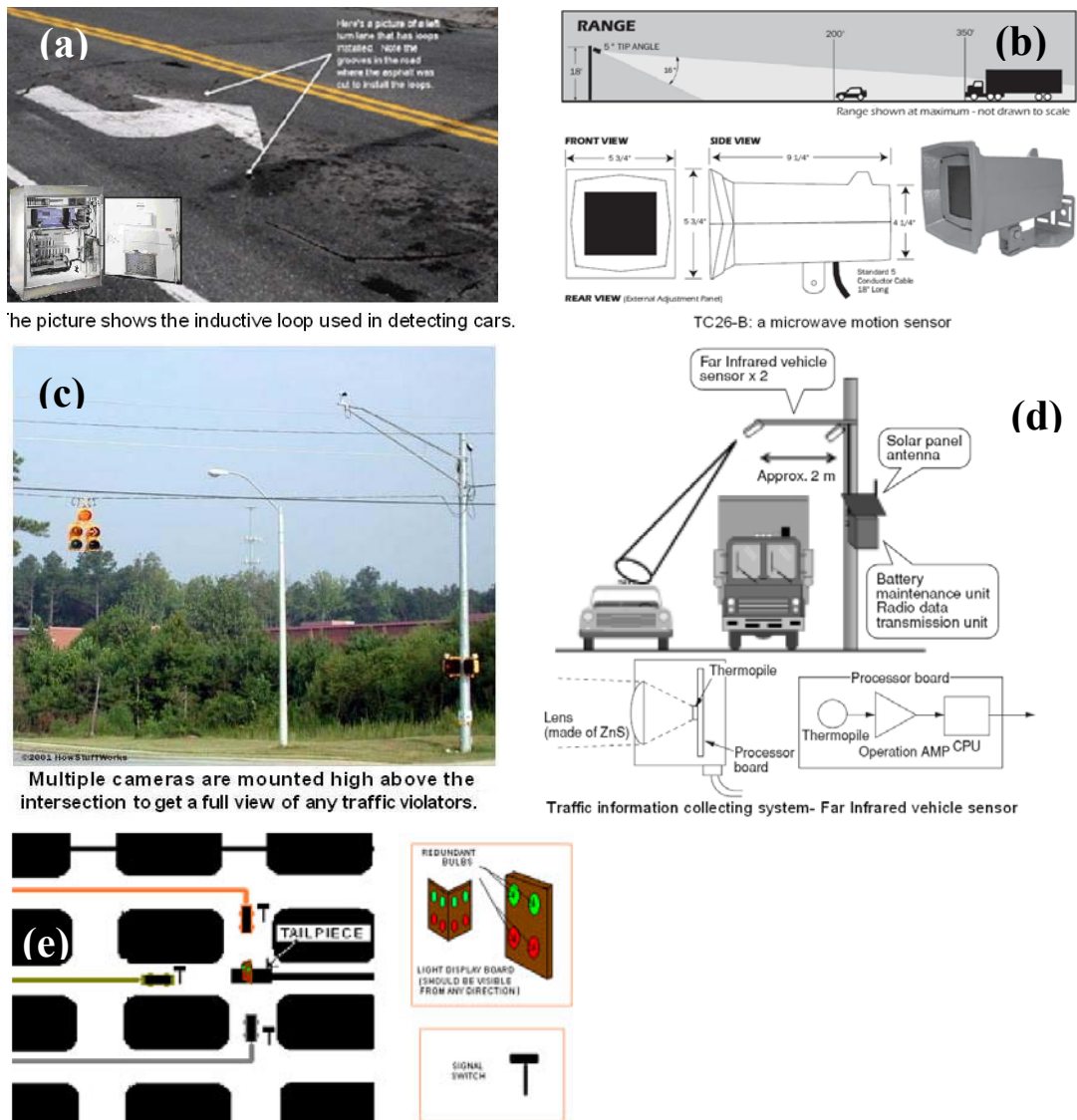


圖 2. 五種車輛感應器：(a).感應環、(b).微波感測器、(c).視頻圖像偵測系統、(d).遠紅外線感測器與(e).機器視覺感測器。

特別值得一提，美國坎薩斯市2004年起運用13.1億美元預算執行一項頗具雄心的綠燈運作(operation green light, OGL)工程，OGL的啓始階段包含選擇信號控制裝置升級，以及安裝新無線通信系統於20個不同路段，統籌尖峰時段燈號控制以保障優先行駛權者，促進交通流量與降低車輛污染排放；OGL並預計於2007年擴大至600個無線通信系統[12]。對於特殊狀況或地區的交通號誌伺服器，更具備接收物理控制訊號，例如可以接收消防車發出的優先行駛訊號來適當改變交通控制系統。平時伺服器運轉無需人為控制，但由於視窗(Windows)程式的開始運用，更是具備執行監控、停止、暫停或恢復伺服器的功能[13]。另外，緊急醫療交通號誌無線控制系統，救護車運用全球位置測定系統(global positioning system, GPS)即時座標資料以無線電持續傳回監控中心，經電腦運算處理，再立刻由無線電發送至特定編碼的路口控制其交通號誌，確保救護車順利快速通過。

目前全世界致力於智慧型交通終端控制器的研究，電腦化交通控制系統更已發展近乎完善，但是在車輛感應系統上，卻仍停留在有待高度提升的階段，即使目前使用最多的感應環，也是僅當汽車在其上方經過或停止才得知車輛存在與數量，而且數量是一輛輛累

加，總是慢半拍，欠缺預知感應的功能；其他的四種感應器缺點更多，更無法配合電腦化交通號誌控制系統。本研究期望能致力於這方面的改善，找出理想的交通感測器。

台中市人口已超越百萬，是台灣中部首善之區，也是文化、經濟的重鎮，因此每日實際於台中市活動的人口不下一百五十萬，使得交通是壅塞，尖峰時段更是寸步難行。根據Liang等氏[14]運用數學模式模擬結果，獲知車輛是台中市污染最主要來源，其污染貢獻量高達59~85%，其次是工業的8~13%貢獻量。然而，台中市位處盆地，易累積空氣污染物，市民面對的不僅是交通壅塞，還有污濁的空氣，造成社會成本與健康的損失。因此，我希望能「建立即時監測-反應交通號誌控制系統」來改善都市交通與空氣品質。

貳、研究方法

一、研究設計

本研究設計，在於尋找一個有效的方法和設施，能夠依據監測出各車向道路的行車狀況，來即時自動調整交通號誌秒數，避免交叉的兩條道路，出現一方道路是逐步惡化致全線壅塞，而另一方道路則是車數稀少順暢。因此，研究工作包含：(1).選擇可充分反映出車行狀況的監測項目、(2).商借或製備該監測儀並測試其適用性、(3).選定適當並具代表性之實測地點、(4).訂定實驗變數並進行實測工作、(5).處理數據以計算車速與實測值間之相關係數、(6).完成「即時監測-反應交通號誌控制系統」製備與測試、(7).估算空氣污染物削減量-以台中市為例。

當然，車行狀況判斷、交通號誌控制方法、監測項目與儀器等相關的文獻、書籍與資料，都是我首先需要進行蒐集與閱讀的工作；而在後段研究中的處理數據與相關係數求取、即時監測-反應交通號誌控制系統製備與測試、估算空氣污染物削減量等，也都必須參考相關的文獻、書籍或報告。所以，文獻回顧是自始至終未曾停的工作。

二、監測項目與儀器

一氧化碳(CO)是首先被我認為可以做為反映車行狀況的監測項目，經向鄰近大學商借一台 CO 監測儀(美國 Interscan 公司, Model 1148DG CO Analyzer, range: 0~200 ppm)進行初步的道路測試(參見圖 3)，其結果讓人高興的是測值會隨車輛多寡或車數改變，但遺憾的是改變幅度非常小，或言不明顯。因此監測 CO 是首先被淘汰的監測項目和儀器。



圖 3. 以 CO 監測儀(Interscan Co. Model No. 1148DG, CO Analyzer)進行初步道路與背景測試。(a).於天橋上接採樣管偵測，(b).於寧靜公園內偵測。

CO 之所以不能做為反映出車行狀況的監測項目，其原因有二：(1).車輛排放出的 CO 尚不夠高到足以降低風場的快速稀釋效應、(2).排氣中 CO 處高溫低密度狀態，易上升消散。因此我考慮改以分子量較大、汽車排放濃度高出甚多的二氧化碳(CO₂)做為監測項目。

1. 二氧化碳監測儀

首先，因為 CO₂ 不是空氣污染物，其監測儀難以商借到，必須想辦法自行組裝或洽購，考量經費問題，我選擇自行組裝。組裝之初，我從網路上(<http://www.dcs-inc.net>)搜尋到美國 Digital Control Systems 公司販售 CO₂ 濃度感應器(Model 300 CO₂ concentration sensor)，圖 5 為該公司貼於網路之圖片，單價約 US.\$ 400(約 NT\$ 13,000)，為我可接受的範圍，因此透過國內廠商訂購，不過銀行帳目減少讓我心疼了幾天(抗議老爸未全額補助)。

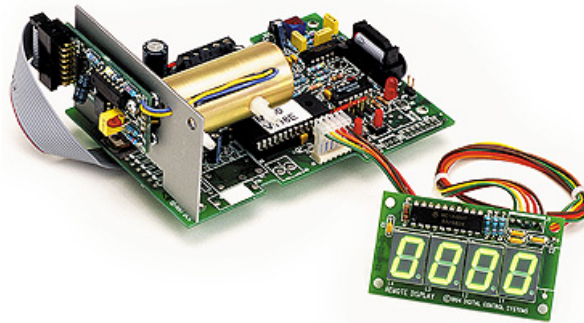
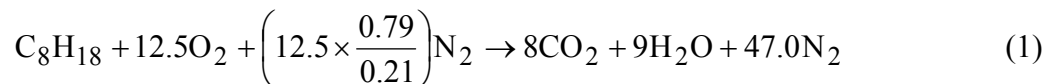


圖 4. 美國 Digital Control Systems 公司貼於網路之 CO₂ 濃度偵測器圖片

然而該公司生產此 CO₂ 感應器是提供高中教學器材與一般溫室監控之用，規格共有 0~1%、0~5%、0~10%與 0~20%等數種偵測範圍，為瞭解那一種規格較適於我的研究，我做了下面的計算。首先我以辛烷來代表汽油(一般汽油亦是以辛烷值來表示油品等級)，計算完全燃燒所需要的最少空氣量，以及所產生的廢氣量如下：



$$[CO_2]_{in\ flue\ gas}, \% = \frac{8}{8+9+47} \times 100 = 12.5\% \quad (2)$$

獲知廢氣中之 CO₂ 為 12.5%，但要完全燃燒必須有過量的空氣，以及先前之 CO 實驗已發現環境風場會迅速稀釋廢氣，會使 CO₂ 濃度大幅的降低，其原因是每增加一倍距離，稀釋體積是增加立方倍(2→2³=8, 3→3³=27, ...)。

另外，汽車排氣是高溫的，是否會使其中的 CO₂ 快速上升離開車道，應該也要加以考慮，為此我也做了一些計算。首先氣體密度(ρ , g/liter)可由整理理想氣體定律(ideal gas law)來求得：

$$\rho = \frac{W}{V} = \frac{PM}{RT} \quad (g/liter) \quad (3)$$

其中 W、V、P、M、R 與 T 分別為重量(g)、體積(liter)、壓力(atm)、分子量(g/mole)、宇宙氣體常數(0.082 atm·liter/mole·°K)與溫度(°K)。

表 1 列出 10 輛汽車與 10 輛柴油車排氣之溫度，其中汽車與柴油車平均排氣溫度分別約為 127 與 170 °C，兩種加總後之平均排氣溫度約為 149 °C。另外，本研究實測期間(五月至八月)大部分的氣溫約為 30 °C 左右。因此車輛排氣之二氧化碳與空氣分別在此二溫度

下的密度為

$$\rho_{\text{CO}_2 \text{ at } 149^\circ\text{C}} = \frac{1 \times 44}{0.082 \times (273 + 149)} = 1.27 \frac{\text{g}}{\text{liter}} \quad (4)$$

$$\rho_{\text{air at } 30^\circ\text{C}} = \frac{1 \times 29}{0.082 \times (273 + 30)} = 1.17 \frac{\text{g}}{\text{liter}} \quad (5)$$

計算所得的結果顯示二者之密度十分接近，證實由車輛排出之 CO₂ 並不會有顯著的熱上升或重力沉積，應會受風場或車輛行駛擾動而迅速與空氣混合，致使車道上的 CO₂ 濃度會明顯低於(2)式求得之 12.5%，而估計應略低於 1%。

表 1. 車輛排氣溫度量測結果

Vehicle	Temperature (°C)									
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Car	120	119	127	126	148	132	115	127	136	124
Bus	175	180	145	210	144	172	162	194	155	167
Average	149									

因此，最後我決定訂購規格為 0~1%偵測範圍的 CO₂ 感應器。但它僅是偵測器 (detector)，並非完整之監測器 (monitor)，尚需要外殼與抽氣機等配件。很幸運我並沒有花很多時間就找到這些可用的配件 (電子材料行與養魚店)，最後也順利組裝完成 CO₂ 監測器。詳細組裝過程說明於後。

2. 低頻噪音監測儀

雖然我順利組裝了 CO₂ 監測器，但效果並未如預期的好 (實驗結果列於後面章節)，同時我也想到下雨時怎麼辦？CO₂ 是會微溶於雨水。因此，我考慮是否也同步來監測車輛的噪音，做為輔助監測項目。從環保署網站查得低頻噪音檢測方法 (NIEA P205.90C) [15]，瞭解一些固定性低頻噪音 (如機械、馬達或風車等) 都會產生 20~200 Hz 左右低頻噪音，且跟一般環境噪音明顯不同與可以區別。因此，在學校二位指導老師的指導下，我也完成自行製備低頻噪音監測器，其中我也選購與閱讀一本相關書籍：電路與電子學 [16]。詳細組裝過程及採用僅接受 400 Hz 以下低頻的原因說明於後。如此有了低頻噪音監測器來與 CO₂ 監測器配合進行實測工作。

另外，環保署 NIEA P205.90C 低頻噪音檢測方法中指出主要干擾有四：1. 噪音之傳播會受到氣象條件、地形、地面情況等之影響；2. 低頻噪音易受風之影響，因此測量時需特別注意，如必須測量時噪音計可放在地上，以得到較穩定之測量值；3. 在機械類附近測量時可能會受到電場、磁場、振動、溫度、溼度、氣流等影響；4. 音源附近如有大型反射物時，測量時不僅有待測音源，亦有反射物之反射音加在一起，造成測量上之誤差。這些干擾值得我的注意與研究中小心防範或避免。本研究一些防範或避免的方式說明於後。

3. 數據擷取器 (data logger)

如何將實測所得之監測數據收集起來是件頭痛的事。曾考慮以電子材料 EEPROM 28256 晶片來自行裝備數據收集裝置，但考慮需包含計時功能來與攝影機 (記錄車行狀況) 之時間配合，使自行裝備的困難度不低。經詢問電子材料行發現有迷你型溫濕度記錄器 (美

國 HOBO 公司 H08-002-02 Logger)可採用，且單價僅新台幣 4500 元，因此採用了此迷你型溫濕度記錄器來做為數據擷取器，該記錄器雖然每次僅可記錄 7944 筆信號，但已夠我單一次的實測工作，同時該記錄器也附了簡易的繪圖功能，可以減少我的工作負擔。

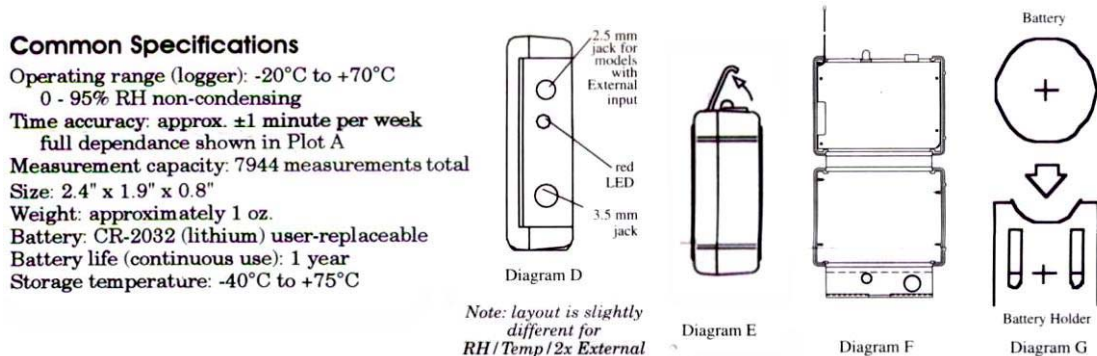


圖 5. HOBO H08-002-02 Logger 之規格與圖解

三、現場實測

1. 車輛數與車速量測

由於一般交通與警察單位不輕易提供道路攝影影片，以及其攝影角度和含蓋範圍未必能配合本研究實測所需，因此我將家中 SONY DCR-DVD805 數位攝影機架設於天橋上來記錄車輛行駛狀況(參見圖 6 照片)，自行於天橋上架設數位攝影機最大的優點是可以準確對時，以與數據擷取器的時間相吻合，而此二時間的吻合與否，關係到比對監測值與車行速度和車輛數的準確度。



圖 6. 架設於天橋上之 SONY DCR-DVD805 數位攝影機記錄車輛行駛狀況

2. 實測地點與步驟

實測地點必須具備都會區交通狀況的代表性，並且可以安全的裝設儀器。對此，我總共選擇了三個可以實測地方：(1).中港路與河南路口、(2).中港路與惠中路口、(3).中港路與大敦路口，因為三個路口均有天橋可以架設攝影機，但是中港路與惠中路口的快、慢車道的分隔島面積最大，最可以安全裝設儀器，因此我一直都在中港路與惠中路口以西的路段進行實測工作，而此路段正是圖 1 照片顯現尖峰時間完全壅塞的路段。

實測工作的步驟(參見圖 7)為：(1).檢查儀器與裝入記憶體，(2).裝設攝影機並設定啓始時間，(3).安裝 CO₂ 與低頻噪音監測器，(4).電腦設定數據擷取器參數，(5).記錄各項操作條件，(6).完成所有準備工作後開始自動監測。



圖 7 實測步驟。(1).檢查儀器與裝入記憶體，(2).裝設攝影機並設定啓始時間，(3).安裝監測器，(4).電腦設定數據擷取器參數，(5).記錄各項操作條件，(6).完成準備工作開始自動監測。

3. 次要實測工作：汽車排氣溫度、環境風速與實驗路段長度量測

如同前面所提之量測汽車與柴油車排氣溫度各 10 輛(參見圖 7(a)與(b))，來協助決定訂購 CO₂ 感應器偵測範圍的規格，其中使用簡易型電子式溫度計是台灣 TES 公司 Model 1310 Type-K Thermometer。另外，爲了瞭解實測時之風速大小，我也使用簡易型風速計(台灣 CHY 公司 Model 361 Anemometer)，約每小時量測 10 分鐘風速(參見圖 7(c))，約 20 次；以及以滾輪測距器來量測實驗路段長度與儀器裝設位置(參見圖 7(d))。這三個儀器均向鄰近大學借用。



圖 7 輔助實測工作。(a).大型汽車(巴士)排氣溫度量測，(b).小型汽車(轎車)排氣溫度量測，(c).環境風速量測(每次實測時)，與(d).實驗路段長度量測。

四、即時監測-反應交通號誌控制系統建立

研究過程中，我除了期望藉由實測結果來瞭解所組裝 CO₂ 監測器與自行製備低頻噪音監測器的適用性，以及獲得交通狀況與二種監測值之相關性外，我也希望能夠嘗試建立即時 CO₂ 與低頻噪音之監測-反應交通號誌控制系統，來評估最後的可行性。

而即時監測-反應交通號誌控制系統的建立，亦需一組接受與處理監測器訊號的電路硬體，以及一個控制程式軟體，同樣在二位指導老師的指導下，我也自行製備了一組「監測-反應交通號誌控制系統」。因為已有自行製備低頻噪音監測器的經驗，所以在製備此接受與處理監測器訊號的電路上，就容易了許多，詳細組裝過程說明於後。

在軟體部份，我使用最簡單的 Visual Basic 6.0 語言來撰寫控制程式，信號的輸出輸入也是採用最簡單的並列傳輸控制(parallel transfer control)，即由印表機埠(print port)來做輸入輸出(I/O)傳輸控制。其中購買與閱讀指導老師推薦的書籍：微電腦控制-製作專題(VB串並列傳輸控制)[17]。

五、推估出交通尖峰時段之空氣污染物排放削減量

模擬改善交通後的行車狀況，並推估出交通尖峰時段之空氣污染物排放削減量是我的研究目的之一。因此，我向台中市環保局索取並獲得環保署之「排放量推估手冊 TEDS5.1」各型汽機車排放係數表。使得我可以模擬調整交通號誌秒差，利用實測結果來估算交通改善前後的車行速度，分別乘以此車速下的排放係數以獲得它們的排放量，最後再求出相差值即為空氣污染物排放之削減量。

參、結果與討論

一、儀器製備與測試

1. 二氧化碳監測儀

由於 CO₂ 不是空氣污染物，其監測器難以借到，必須自行組裝。如前面所言，我從網路上搜尋到美國 Digital Control Systems 公司販售 CO₂ 濃度感應器，但它僅是感應器(sensor)，並非完整之監測器(monitor)，尚需要外殼與抽氣機等配件。因此我由電子材料行與養魚店找到這些可用的配件，來進行組裝工作。

由 CO₂ 感應器說明書獲知，感測方法(sensing technique)是運用非分散紅外光(non-dispersive infrared, NDIR)被 CO₂ 吸收的原理。而進入感應器的空氣流量宜控制在 250 ml/min 左右，因此抽氣機抽氣量不宜太大。我先是改裝 1 吋小散熱風扇，但抽氣量太小，再改用養魚店的直流打氣機(aerator)，並配合現成的直流變壓器(DC transformer)來調整抽氣量，發覺適用；外殼則採用容易挖洞的小塑膠萬用盒，再加上一個小過濾器(filter)，如圖 8 所繪，順利組裝完成三台可用的 CO₂ 監測器。以向 CO₂ 監測器吹氣來測試之，發現它們的感度相當靈敏，反應非常快速，證實確實可用。組裝工作照片集(縮小版)請參閱附錄一。

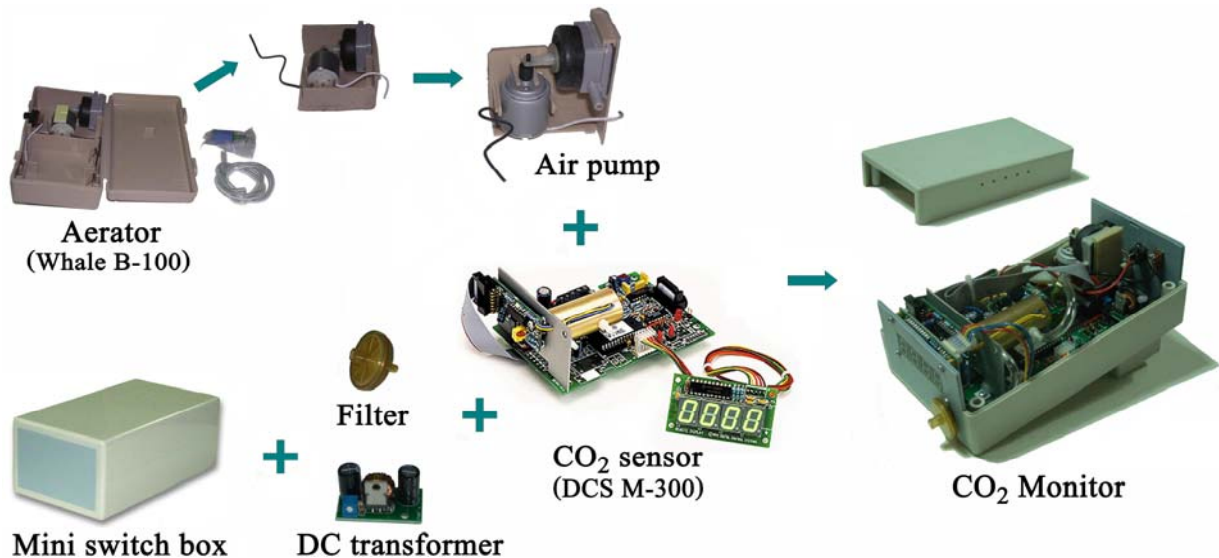


圖 8. 二氧化碳監測儀組裝過程圖。

2. 低頻噪音監測儀

雖然環保署訂定之低頻噪音範圍是 20~200 Hz，它是適用於一般固定性低頻噪音(如機械、馬達或風車等)，但屬於移動性的汽車引擎聲其所發出的低頻噪音是否範圍就不得而知了。因此我先行使用自己的 MD(portable minidisk recorder, SONY MZ-NF810, range 20~20,000 Hz)錄了一段道路車輛行進與等紅綠燈的聲音，並利用 Syntrillium 軟體公司網路(www.syntrillium.com)上之 Cool Edit Pro 試用版中之頻譜分析(frequency analysis)來分析車輛產生的頻率範圍，經整理所得結果如圖 9 所示。很高興發現從圖 9 中可以明顯看出，在 400 Hz 以下的頻譜會明顯隨車輛數的改變而成正比變化，但在 400 Hz 以上的頻譜則變動不大。因此我確定自行製備的低頻噪音監測器是截掉 400 Hz 以上的聲音，而這樣可以確保僅監測到引擎所發出的噪音，大大降低環境噪音的干擾。

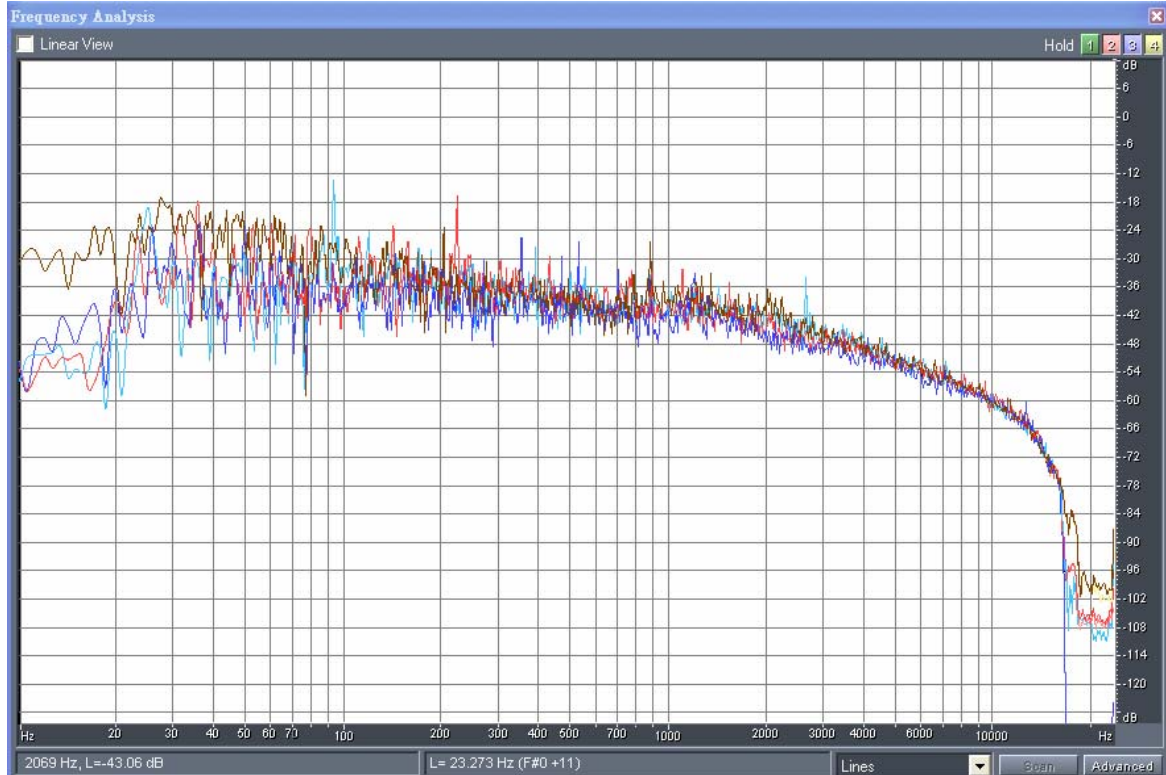


圖 9. 道路行車聲的頻率分析圖

澳大利亞環境管理部(DEC)[18]在管制車輛噪音網頁中，指出四種車輛噪音(vehicle noise)分別來自排氣系統(exhaust system)、喇叭(horn)、煞車(brake)與音響系統(sound system)，但在道路行駛中車輛的噪音幾乎全部來自排氣系統。另外，Lee等氏[19]探討車輛排氣消音器之主動噪音控制系統(active noise control system, ANC system)，提及其系統可以對130、200、270 Hz的三根主要音波進行電子演算消音，成功消除掉10至17dB。此二篇網頁或文獻，均佐證我以 < 400 Hz低頻噪測器來進行交通流量監測的可行性很高。

另外，麥克風是決定收音好壞的主要因素，但性能與價格差異非常大，經詢問電子材料行，獲知日本 Audio-technica 公司 AT9440 Stereo microphone 是野外錄音專用不錯的麥克風，且價格不高(正值促銷 NT\$ 2000)，因此被我選用。

低頻噪音監測儀最主要之單元為低通濾波電路(low-pass filter circuitry, LPFC)，我設定音頻 < 400 Hz 為通帶(pass-band)， > 400 Hz 為阻帶(stop-band)，及頻率 400 Hz 為截止頻率(cut-off frequency)，即頻帶寬(band width) $f_c = 400$ Hz。低通濾波是最基本的教學演練電路之一，它是由電阻(resistance, R)、電容(capacitance, C)與運算放大器(operation amplifier)組合而成，可以組成一階與二階低通濾波電路(first and second orders LPFC)，如圖 10(a)與(b)所示，而更高階低通濾波器則由串聯數個一階與二階低通濾波電路來組成。然而低通濾波並不能直接將音波截成直角的梯形通帶，而是如圖 10(c)所示一階低通濾波以小角度截去 -20 dB/decade (decade 為 10 倍頻)，二階低通濾波以中角度再截去 -40 dB/decade，三階低通濾波以大角度再截去 -60 dB/decade，如此採用越高階低通濾波可以越接近直角的梯形通帶。其中有關增益(gain, A_v)與一階、二階低通濾波電路之頻帶寬(band width, f_c)計算式如(6)~(8)式，當決定 $f_c=400$ Hz，就很容易求出所有電阻 R 與電容 C 的規格。

$$A_v = 1 + \frac{R_{of}}{R_{01}} \quad (6)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (\text{For first order LPFC}) \quad (7)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_2 R_3 C_2 C_3}} \quad (\text{For second order LPFC}) \quad (8)$$

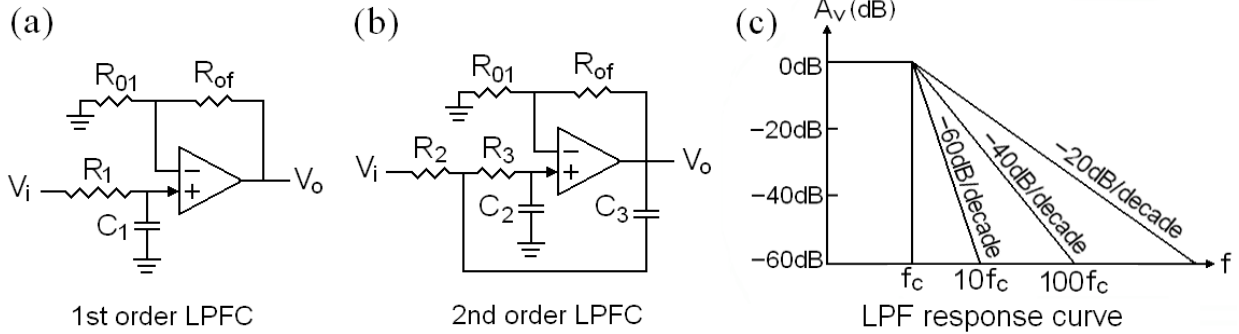


圖 10. (a).一階低通濾波電路，(b).二階低通濾波電路，(c).低通濾波響應曲線。 V_i 與 V_o 為輸入與輸出信號， R 與 C 為電阻與電容， f 與 A_v 為頻率與增益(gain)， f_c 為頻帶寬(band width)。

圖 11 為我自行製備低頻噪音監測器電路與成品圖。圖中我即以各一個一階與二階低通濾波電路來組成三階低通濾波電路，如此可以讓 $> 400 \text{ Hz}$ 頻率聲音能更完整被截掉。圖 11 上半部電路與元件是提供調整信號輸出的間隔時間，及可以內部存取信號的記憶體。自行製備工作照片集(縮小版)請參閱附錄一。

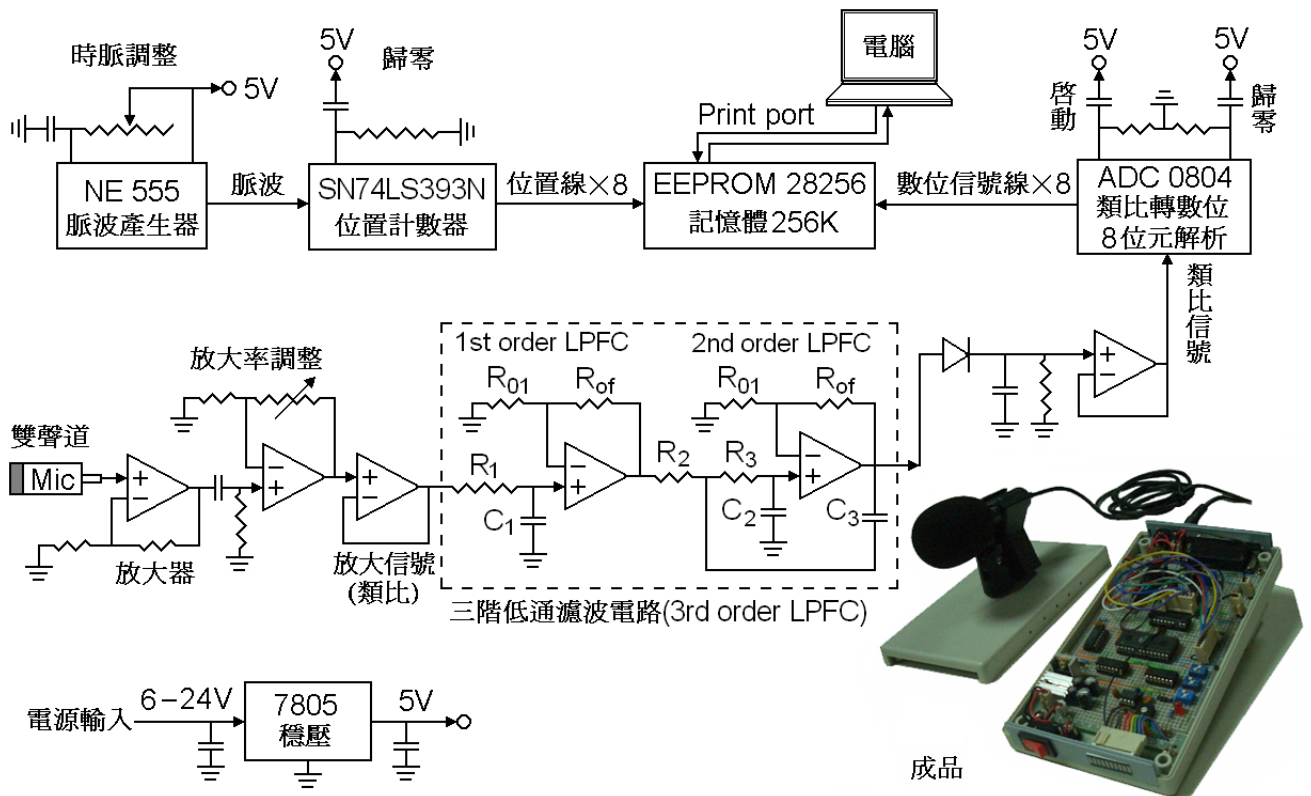


圖 11. 自行製備低頻噪音監測器電路與成品圖

三、現場實測

實測期間(2006年5月至8月)，學校除了幫我與指導老師買意外險外(參見附錄二)，並二度替我發函向台中市政府申請進行道路交通實測工作，也獲得台中市政府的回函同意(參見附錄三)，而我也依同意函之要求至建設局景觀課說明實驗內容。因此我的實測工作是在考慮安全與完全合法下進行。

1. 監測器架設方式與位置選擇

在監測器架設位置的選擇上，我考慮至少要在第一部車的尾端後面，因為CO₂的排放與引擎或排氣噪音都在車輛的尾端，因此監測器架設的位置我選擇約為白線後第一、第二與第五部車的後端，即如圖12所示之point-A、point-B與point-C分別為白線後8.2、22.0與38.2 m處，而這些地方剛好有樹或路牌桿可以用來以小纜繩鎖住儀器，避免被順手牽羊。圖12中也標示出我訂定的實測路段起點(the starting point)與終點(the ending point)，二者之間距離為281 m，此二點也是我透過攝影影片來計算車速的依據。

另外，由於CO₂的排放與引擎噪音都在較靠近地面的高度，以及前面提及環保署NIEA P205.90C方法中指出噪音計放較低之處可以避免風的影響。因此如圖12所示，實測中CO₂與低頻噪音監測器的測量高度均離地面30~40 cm左右。



圖 12. 監測器架設位置及實驗路段起點線(the starting line)與終點線(the ending line)

車輛行駛速度(u)的計算式如下：

$$u \text{ (km/hr)} = \frac{281 \text{ m}}{(t_2 - t_1) \text{ sec}} \times \frac{3600 \text{ sec}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \quad (9)$$

其中 t_1 與 t_2 分別是通過實驗路段起點與終點線(參見圖12)的時間，而 281 m 是實驗路段起點與終點線間的長度。 t_1 與 t_2 的獲得是觀看實驗時之攝影機所錄影片，不斷選取一部車來記錄其 t_1 與 t_2 。有關實驗所得之 t_1 、 t_2 與 u 值，請參閱附錄六之諸表所列。

特別說明，我採用是具有 105°夾角定向的數位麥克風，在架設時麥克風並非朝向與道路垂直的方向，而是約有 45°的向左斜向，如圖13所示。如此收音範圍可以含蓋所有

3 個車道與相當的長度，並且避開後方慢車道車輛行駛噪音的干擾。另外，值得一提的是越低頻的聲音越可以繞過障礙物，傳播得越遠，已有科學報導(Discovery channel)證實非洲大象可以發出低頻聲音，並可傳達數十哩，使得牠們能在廣大草原中相互聯絡，有助於傳宗接代。因此，我認為所採用的低頻噪音監測器能夠含蓋非常長的路段，而不是僅測得監測器附近的車輛噪音。



圖 13. 低頻噪音監測器架設是採麥克風與道路約有 45°的向左斜向以含蓋大範圍路面。

2. 二氧化碳與車行狀況

圖 14 為 CO₂ 監測結果之代表圖，其中上、中、下圖分別為 point-A、point-B 與 point-C 處之監測結果。

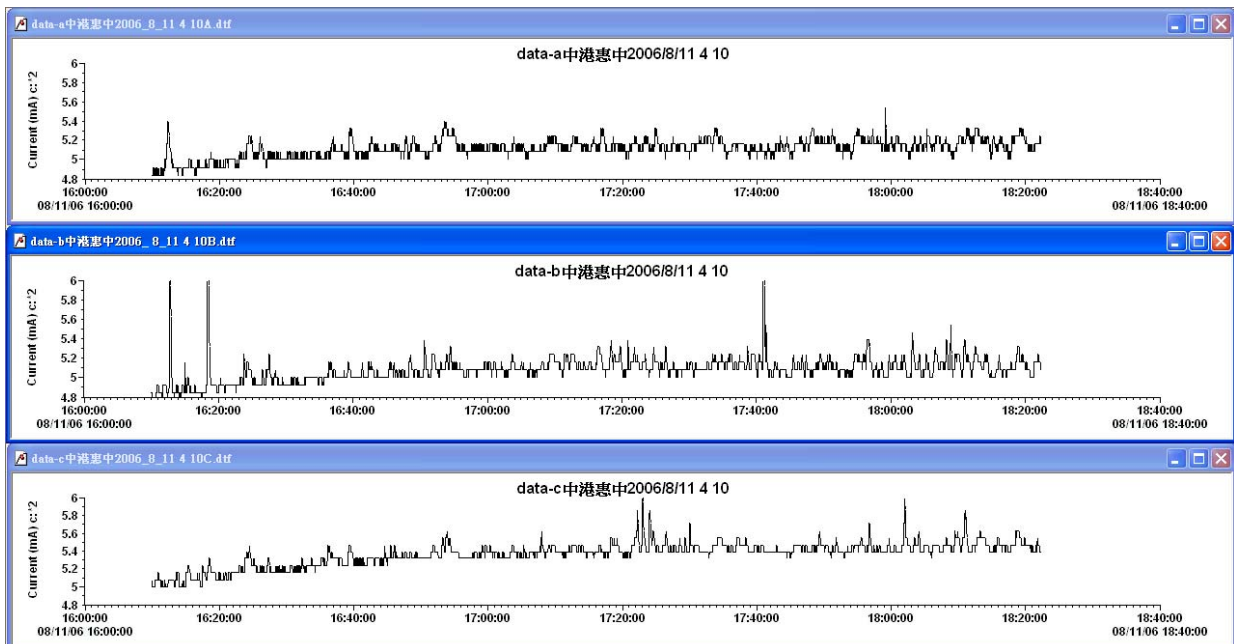


圖 14. CO₂ 監測結果代表圖，上、中、下圖分別為 point-A、B 與 C 處之監測結果(2006 年 8 月 11 日數據)
值得一提的是縱座標仍為輸出電流(I , mA)，尚未換算成濃度(C , %)，換算式如(10)式，

式中之常數 4 與 20 分別為基準輸出電流與全幅(1%)輸出電流。

$$C(\%) = \frac{I - 4}{20 - 4} \times 1\% \quad (10)$$

圖 15 繪出監測點 point-A、-B 與-C 處之平均濃度與平均車速間的關係線。圖中顯示三個監測點測得之 CO₂ 平均濃度隨平均車速間的變化不大，即每增加 1 km/hr 的車速僅減少 0.93~1.58 ppm 的 CO₂ 平均濃度，且線性迴歸之均方誤差(R-squared, R²)均低於 0.2，並不理想，顯示以 CO₂ 來做為交通感測器的項目，僅能說是勉強可用。事實上在 5 月 19 與 20 日的實驗結果就已發現 CO₂ 並非理想的監測項目，所以在 5 月下旬與 6 月份，我便積極製備低頻噪音監測器，而這也是在這期間並沒有進行實測工作的原因。實測照片(縮小版)請參閱附錄四，而所有的 CO₂ 監測結果數據擷取圖請參閱附錄五。

三個監測點的實測結果顯示 point-C 測得的 CO₂ 濃度最高，與平均車速間的關係性最好，這是因 8 月 11 日當日風場的影響，當時吹東風，我測得風速為 0.9±0.4 m/sec，溫度為 32.2~32.8 °C。吹東風使 CO₂ 較集中於下風的 point-C 位置，而 point-A 與-B 處的監測結果則非常接近。另外值得一提，我所選用 CO₂ 監測器濃度範圍為 0~1 %，濃度範圍仍然太高，因為圖 15 顯示所測得的平均濃度並未超過 0.1%(1000 ppm)，因此若要考慮採用 CO₂ 做為交通流量監測項目，建議濃度範圍為 0~0.2 %為宜。另外，適當的裝設地點應該再詳細評估與考慮，因為 7 月 3 日的實測結果是 point-B 最佳。

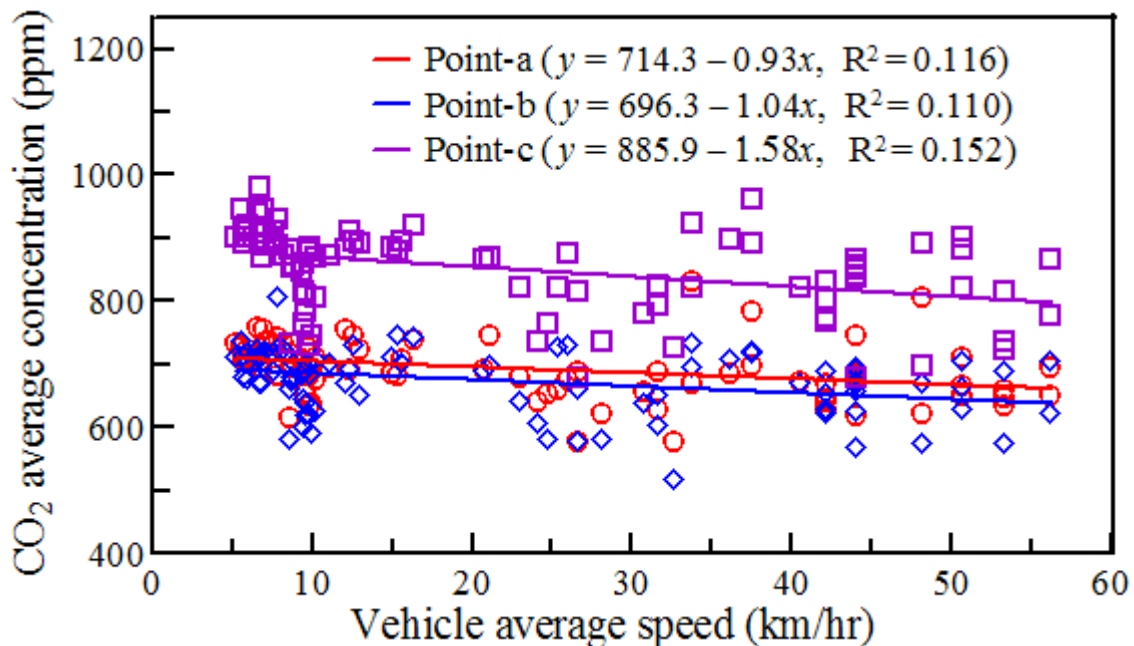


圖 15. CO₂ 濃度與車速之關係

(3) 低頻音量與車行狀況

圖 16 為低頻音量監測結果之代表圖，其中上、中、下圖分別為 point-A、-B 與-C 處之監測結果。圖 15 縱座標不同於圖 13，輸出之信號為電壓(E, V)，這是因為低頻噪音監測器是我自己製備，我選擇可以為電腦簡單讀取的電壓值。很抱歉我沒有標準低頻噪音音量計，輸出電壓在 0~2.5 V(數據擷取器可以讀至小數點後三位，0.001 V 或 1 mV)，無法直接換算成分貝(decibel, dB)，事實上信號的電壓高低等同於另一種聲音強度(intensity)，

並不影響我研究的結果。所有的低頻噪音監測結果數據擷取圖請參閱附錄五。

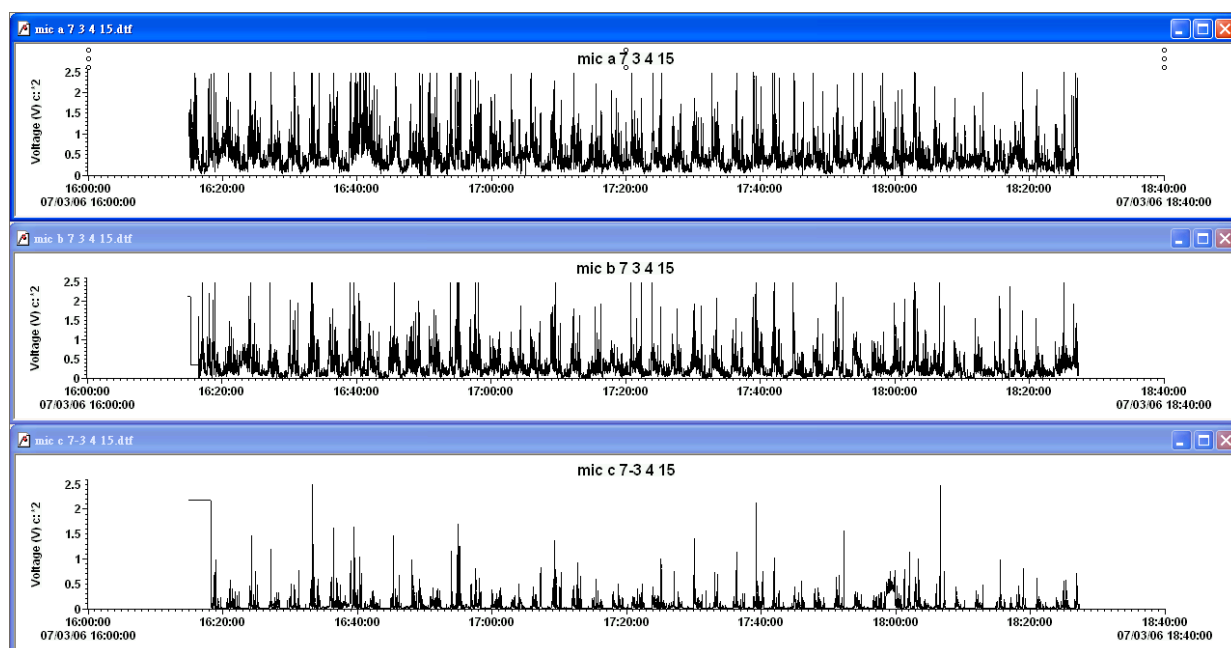


圖 16. 低頻噪音監測結果代表圖，上、中、下圖分別為 point-A、B 與 C 處之監測結果(2006 年 7 月 3 日數據)

圖 17 繪出低頻噪音強度與車速之關係線。圖中顯示以低頻噪音做為交通流量監測項目，優於 CO₂ 甚多，低頻噪音監測器是理想與確實可行的，讓我雀躍不已，因為它們是我自己製造的。

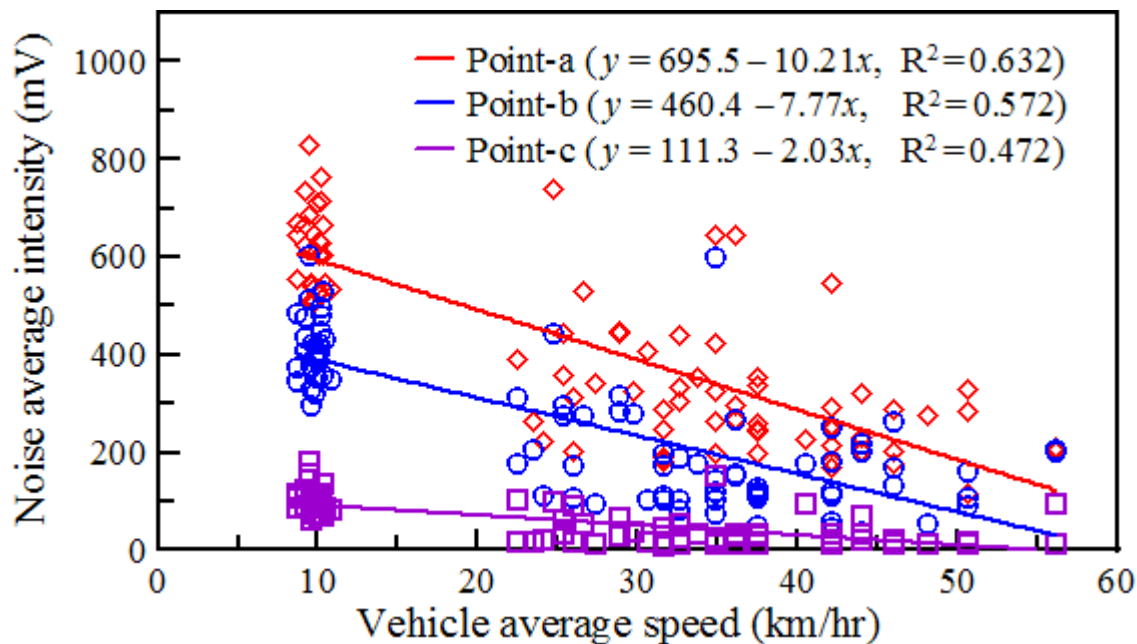


圖 17. 低頻噪音強度與車速之關係

圖中顯示監測位置 point-A 所獲得的結果優於 point-B，point-C 的監測結果最不理想。所有的實測結果都顯示 point-A 的結果最佳(參見附錄五)，不會因風場而影響，因此日後實際應用裝設位置可以確定於 point-A 處。point-A 的關係線顯示，平均車速每增加 1 km/hr 可以增加 10.21 mV 的信號強度，同時野外實測的 $R^2 = 0.632$ ，也讓人滿意。當然如果再把

信號放大倍率提高(我僅放大 1000 倍)，則感度可以更高，更為理想與適用。

我成功的運用自己製備的低頻噪音監測器來進行道路車輛行駛之監測，並證實確切可行；但我必須瞭解此構想(idea)是否已經有相同的研究或運用，因此我再回顧一些文獻與網路資料，很高興我的此構想是全新的。首先，聲音感測器(acoustic sensors)的研發與使用最多是軍方，美國TACOM(Tank-automotive and Armaments COMmand)之美軍機動與火力部門(mobility and firepower for America's army)即研發空中傳遞式聲音感測器(air deliverable acoustic sensor, ADAS)與聲頻頭盔頂感測器(channel acoustic helmet heading sensor)[20]，來偵測視線外坦克車、直昇機與車輛，並與數位化射控系統整合，做為新整體戰鬥火力能力(new integrated war fighting capabilities)的提升。另外，文獻提及聲音感測器在測量距離上的應用已多年[21]；以及聲波設備(acoustic wave devices)被通信業廣為應用，主要在手機和信號台，每年約30億美元的聲音濾波器(acoustic wave filters)[22]；而在減低噪音上，包含工業噪音、潛艇噪音與語音識別等，也需要使用聲音感測器[23]。由上述可知有關聲音感測器的應用相當廣與行之有年，但均未見如本研究之運用低頻噪音來做為交通號誌系統控制之感測器。足見本研究不僅具有實用性，更具創新性。

另外，雖然智慧型電腦化交通號誌控制系統已發展臻於完善，然而車輛感應器仍停留在極待改善階段，當汽車經過感應環上方或停留才得知車輛存在與數量，在預知感應的功能上已慢了一步，而本研究之低頻噪音感測器在這方面有大的改善。Lin等氏[4]與Minakata等氏[8]提出任何新交通流量感應器必須具備條件有：體積小(smaller volume)、低能源需求(low power consumption)、無線傳遞(wireless communication)、低價格(low cost)、高偵測準度(high detector precision)、易維護與安裝(easy maintenance and installation)。本研究所提出之低頻噪音監測器均可滿足這些該具備條件。同時我的感應器擁有極低的功耗，能由一個小型太陽能電池提供動力，若再包含一個簡單信息處理與發送電路，則更是安裝自由度高，不需要架設或埋設電纜線，達到低成本、高效益與可普遍裝設的最大功能。

三、即時監測-反應交通號誌控制系統建立

1. 硬體-控制系統製備

當實驗結果證實我所採用的監測器(尤其是自行製備的低頻噪音監測器)可以做為道路車輛行駛之監測，更引發我繼續嘗試建立一套「即時監測-反應交通號誌控制系統」的想法。在我向指導的二位指導老師說明我希望的功能後，指導老師認為並不難與可行，且我的研究工作進度超前，因此又開始我的電路板焊接工作。

首先，我以 CO₂ 與低頻噪音監測器各一台為一組，共選用二組。其中一組 CO₂ 與低頻噪音監測器代表東-西向(E↔W direction)車道(lane)之監測設備，另一組則代表南-北向(S↔N direction)車道之監測設備。因為電腦僅能讀取數位信號，所以我需先將 CO₂ 監測器輸出的電流信號轉變成電壓信號(參見圖 18)，此時 CO₂ 與低頻噪音監測器輸出的信號均為電壓，即為類比信號。四台監測器的類比信號經類比/數位轉換(analog to digital conversion, A/D)晶片(AD0804)成為電腦可讀取的數位信號。每個數位信號與電腦間的連接是透過各自的八位開關器(74LS244N)，因為八位開關器還需要扮演二位解碼器(74134)的一個控制信號源；由電腦印表機埠(print port)輸出控制信號則為二位解碼器(74134)的另一個控制信號源，如此再經大電流動作器來提供選擇開啓不同燈號之陰極(負電)，另外所

有燈號是採共陽極(正電)接電源。

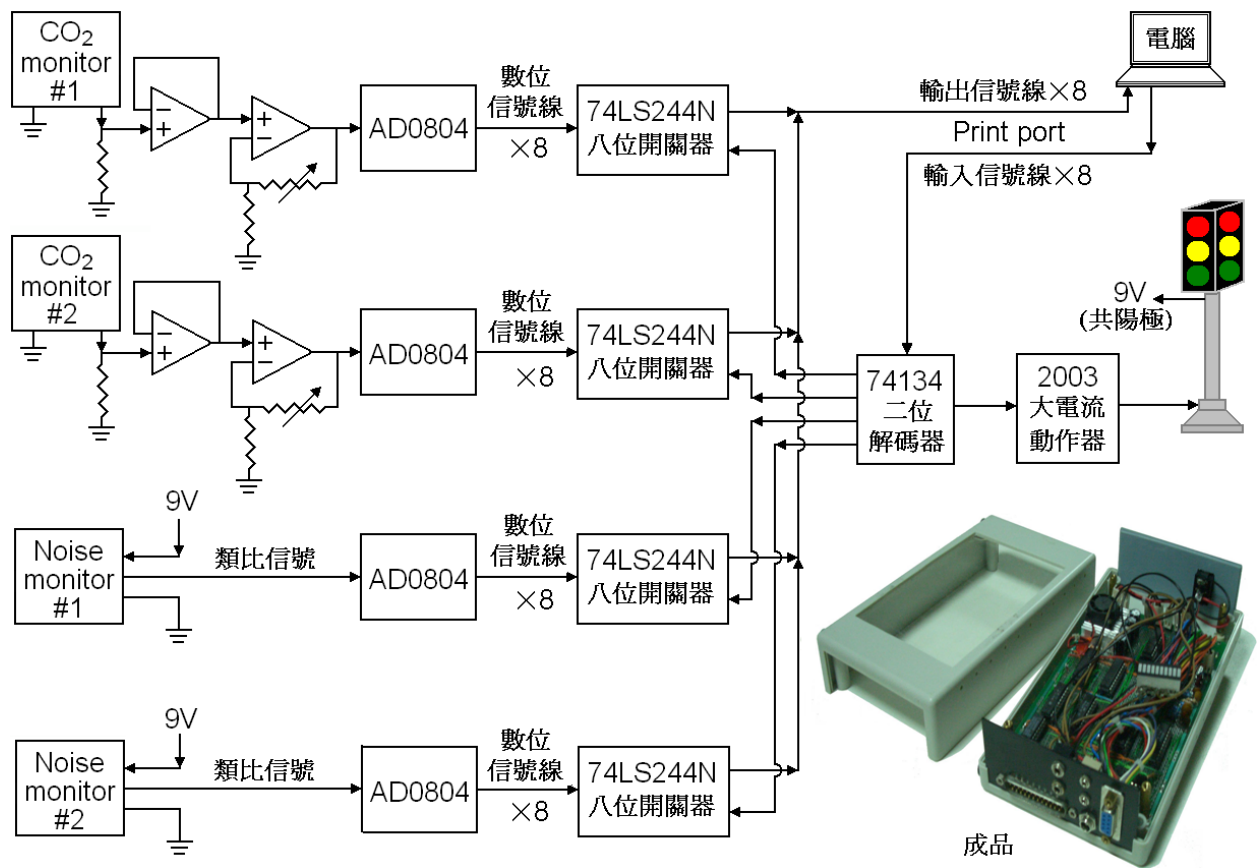


圖 18. 即時監測-反應交通號誌控制系統電路與成品圖

另外，我也做了一個簡單的紅綠燈台，如圖 19 所示，如此便可以把電腦、監測器、控制系統硬體與紅綠燈台結合起來，模擬「即時監測-反應交通號誌控制系統」的操作。在燈號上亦分為紅、黃、綠燈，採用共陽的方式正電，而負電則接收來自監測-反應交通號誌控制系統電路中的二位解碼器與大電流動作器的供電(負電)與否，達到開啓與斷電的動作，其中我僅使用四個大電流動作器做為供電開關，即可達到控制燈號的目的。



圖 19. 組合電腦、制系統硬體與二組 CO₂ 與低頻噪音監測器照片，其中一組代表東-西向(E↔W)車道監測設備，另一組代表南-北向(S↔W)車道之監測設備。

2. 軟體-控制程式撰寫

「即時監測-反應交通號誌控制系統」軟體的撰寫是依據我所要展示的功能來決定，我希望就所擁有的二組監測器不僅代表東↔西與南↔北向車道外，尚可以單獨使用任一種監測器，或二種監測器併用，而併用的目的是瞭解能否互補此二種監測器的優缺點，其中低頻噪音監測器測值不易受環境氣候影響，但 CO₂ 監測器測值受風場與天雨的影響會較大。

控制程式是以 VB-6(Visual basic 6.0)來撰寫，圖 20 為交通燈號控制系統軟體主畫面。在主畫面上可以選擇三個運作模式與跳出：Model-1 Carbon dioxide、Model-2 Low frequency noise、Model-3 CO₂ and Noise、Exit。並且設定時間(basic 與 increase rate)與權重(CO₂ 與 noise)二組參數：Set time、Set weight。事實上我所撰寫的軟體也僅有一個對話與顯示畫面，所以主畫面下半部就成為了顯示執行過程與結果的畫面，包含 4 個 CO₂ 監測值、4 個噪音監測值、4 個燈號計時器獲得的燈號秒數，以及正執行的交通燈號狀況。

<u>Select model or exit</u>			<u>Set time</u>		<u>Set weight</u>	
<input checked="" type="radio"/> Model-1: Carbon dioxide	Basic time	20.0 sec	Weight of CO2	0.2		
<input type="radio"/> Model-2: Low frequency noise	Increasing rate	5.0	Weight of noise	0.8		
<input type="radio"/> Model-3: CO2 and Noise						
<input type="radio"/> Exit						

<u>Carbon dioxide</u>			<u>Lower frequency noise</u>		<u>Timers</u>		<u>Traffic light</u>	
CO2 - 1	2.4 V		Noise - 1	4.2 V	Timer - 1	40.0 sec	W<->E	N<->S
CO2 - 2	2.3 V		Noise - 2	2.6 V	Timer - 2	5.0 sec	●	●
CO2 - 3	2.1 V		Noise - 3	3.5 V	Timer - 3	90.0 sec	●	●
CO2 - 4	1.9 V		Noise - 4	2.2 V	Timer - 4	5.0 sec	●	●

圖 20. 交通燈號控制系統軟體主畫面

圖 21 為我撰寫的交通燈號控制系統程式流程圖。事實上我的程式流程相當簡單，包含五個動作：1.選擇模組與輸入參數、2.讀取感應器累積測值、3.時間計算、4.依計算之分配時間依序控制燈號、5.迴圈。其中讀取感應器累積測值是硬體一直平行執行的動作，迴圈也僅是慣性循環。比較重要的是第 3、第 4 項的時間計算與依計算之分配時間依序控制燈號。首先，在時間計算上，我是採用同一車向的二個監測值(CO₂ 或 noise)先比大小，如 (11)~(14)式：

$$\text{If } CT(1) > CT(3) \text{ then } CEW = CT(1) \text{ else } CEW = CT(3) \quad (11)$$

$$\text{If } CT(2) > CT(4) \text{ then } CNS = CT(2) \text{ else } CNS = CT(4) \quad (12)$$

$$\text{If } ST(1) > ST(3) \text{ then } SEW = ST(1) \text{ else } SEW = ST(3) \quad (13)$$

$$\text{If } ST(2) > ST(4) \text{ then } SNS = ST(2) \text{ else } SNS = ST(4) \quad (14)$$

比完大小後，獲得較大值來代表東↔西或南↔北向車道的監測結果，亦即對應東↔西或南↔北向車流狀況。

第二步接著計算東↔西向與南↔北向的綠燈時間(TE 與 TN)，如(15)與(16)式：

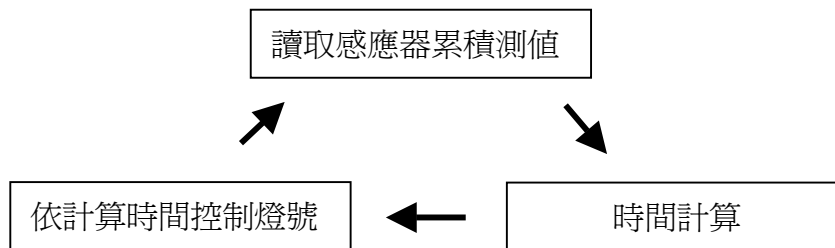
$$TE = \{1 + R \times [CEW / (CEW + CNS) \times WC + SEW / (SEW + SNS) \times WS]\} \times TB \quad (15)$$

$$TN = \{1 + R \times [CNS / (CEW + CNS) \times WC + SNS / (SEW + SNS) \times WS]\} \times TB \quad (16)$$

上二式中的一些參數 WC 與 WS 分別為 CO₂ 與噪音之權重值，此二值由主畫面輸入，可以考慮 WC+WS=1；CEW 與 CNS 分別為東↔西與南↔北向車道監測最大值；TB 與 R 為基本時間與增益倍率，它們是配合(15)與(16)式右邊的比率計算結果來求取所需綠燈時間 TE 與 TN。

第三步是四個計時功能的接序動作。由於電腦內的計時單位是毫秒(millisecond, msec)，所以流程圖(圖 21)中有許多地方是乘以 1000，其中我也採用所有黃燈時間均為 5 sec，所以會有加 5 sec 或 5000 msec 的出現。第一、第三計時動作時間分別由 Timer1.Interval = (TE-5)×1000 與 Timer3.Interval = (TN-5)×1000 來設定，所開啓的燈號如圖 21 所示；第二、第四計時動作時間均為 5000 msec，Timer2.Interval = Timer4.Interval = 5000，分別開啓東↔西與南↔北向車道的黃燈，以及開啓另一方向的紅燈(參見圖 21)。

完成前面三個步驟後便是迴圈，持續執行下面循環，直到由主畫面中選取跳出(exit)來結束為止。



由前面僅三個步驟即可進行即時監測-反應交通號誌控制系統的運作，達到自動反映交通狀況，並即時修正路口的紅綠燈秒數，保持最佳道路行駛狀況。

特別值強調的是，在(15)與(16)式的中括號中，我將所測得的監測信號採分率方式處理，使之不具單位(dimensionless)，如此可以忽略環境氣候對監測結果的影響，因為例如下雨使同路口的監測值 CEW 與 CNS 降低，但當以 CEW/(CEW+CNS)或 CNS/(CEW+CNS)計算時，分子與分母項受相同環境氣候的影響，則可因相除而抵消。所以，(15)與(16)式的比率計算方式，是不錯的選擇。

選擇模組與輸入參數
 讀取感應器累積測值
 時間計算
 依計算之分配時間依序控制燈號
 迴圈

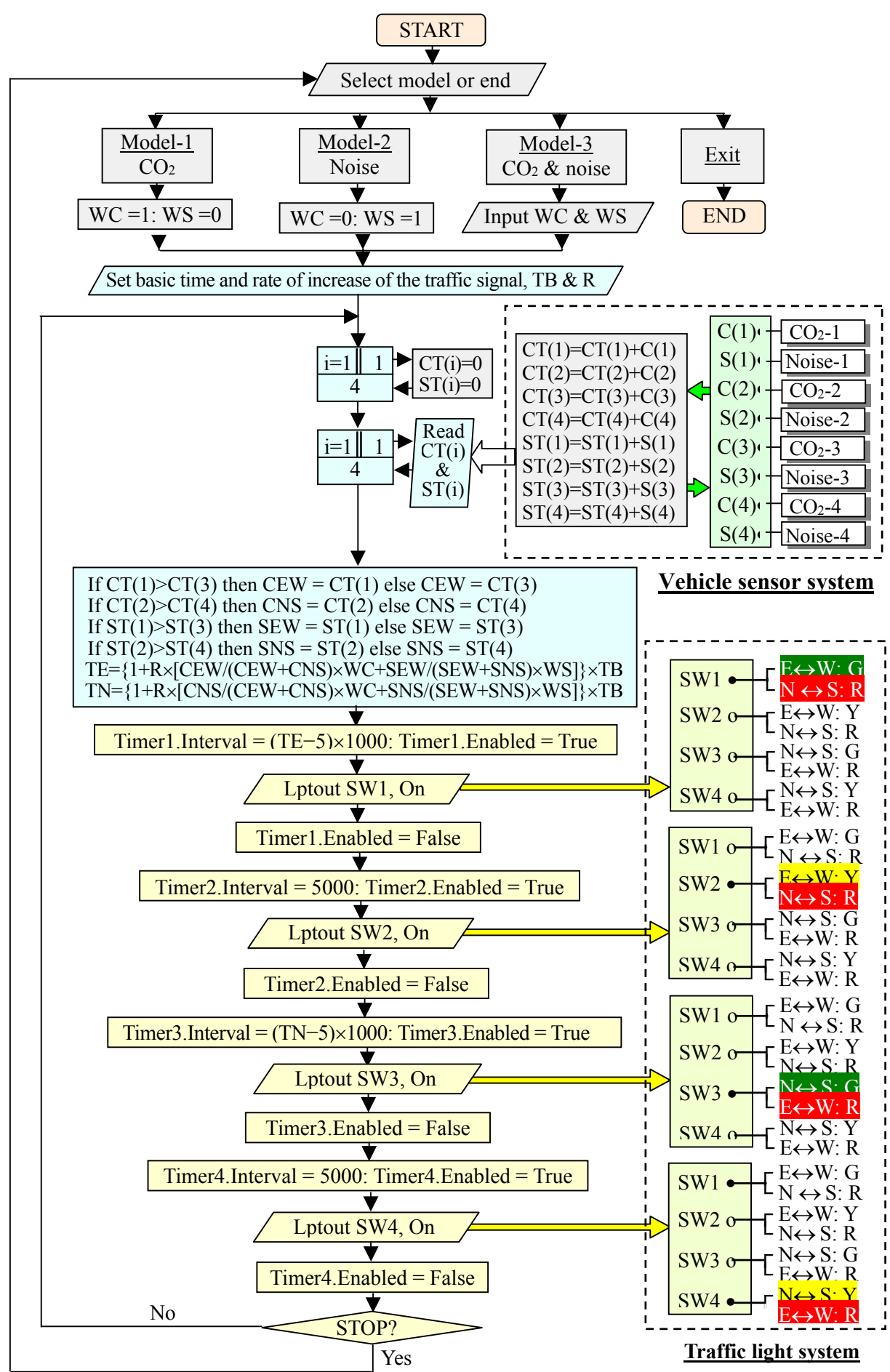


圖 21. 交通燈號控制系統程式流程圖

四、推估交通尖峰時段之空氣污染物排放削減量

我把前面讀取錄影片所得之車速數據，再細分成假日(holiday)與非假日(weekday)二組，並繪成圖 22 之各時段(每半小時一時段)平均車速，而計算各時段內之車速的 Excel 表詳細列於附錄六中。從圖 22(b)可以看出實測地點非假日的平均車速在 17:30 以後開始明顯降低，而在 18:00 以後降至最低的平均 8.6 km/hr。而有趣的是在假日時，交通壅塞的開始時間會提早到 16:00(圖 22(a))，且最壅塞時(17:00~17:30)的平均車速為 8.5 km/hr，與非假日的最低平均車速相近。假日傍晚壅塞的原因應是台中市是中部最大休閒城市，人們的休閒活動此時開始活躍。無論假日或非假日離峰時段的車速都約略高於 30 km/hr，少數時段車速可達 40 km/hr。實測路段口的交通燈號為定時，燈號的秒數在所有時段均為：

$$\left. \begin{array}{l} \text{中港路(E}\leftrightarrow\text{W direction): 綠燈 95 sec、黃燈 5 sec、紅燈 80 sec(含可左或右轉 20 sec)} \\ \text{惠中路(S}\leftrightarrow\text{N direction): 綠燈 80 sec、黃燈 5 sec、紅燈 95 sec(含可左或右轉 20 sec)} \end{array} \right\} (17)$$

由圖 22 中可以明顯看出無論假日或非日均存在一個交通壅塞的臨界點(critical point)，當車流量超過道路的最大負荷，車陣便會限入壅塞瓶頸，使車速快速降至 10 km/hr 以下，如圖 22(b)中的平均車速快速從 30.9 km/hr→22.2 km/hr→8.6 km/hr。因此在自動調整交通燈號秒數上，其目標應在於使通過車輛數或車速勿低於此臨界點之下，此點對本研究是個很重要的發現。

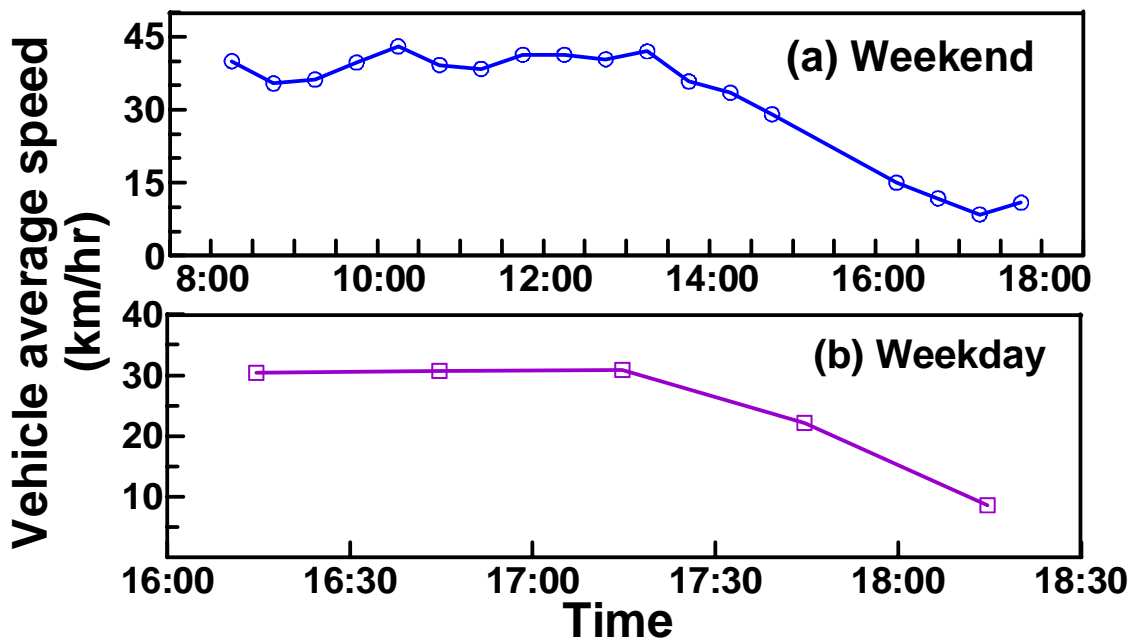


圖 22. (a)假日與(b)非假日各時段平均車速。

另外我運用來自環保署網站排放量推估手冊 TEDS5.1 之數據，繪製不同車速下之氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)與總碳氫化合物(THC)的排放係數曲線於圖 23 中，其中包含小客運(car)、營業小客車(shop car)、公車(bus)、汽油貨車(gasoline freighter)、柴油貨車(diesel freighter)與卡車(truck)等六種車輛。經由實測過程錄影片的分析，獲知台中市交通尖峰時段車輛以小客車、營業小客車及公車為主，而小客車：營業小客車：公車約為 60：16：1。

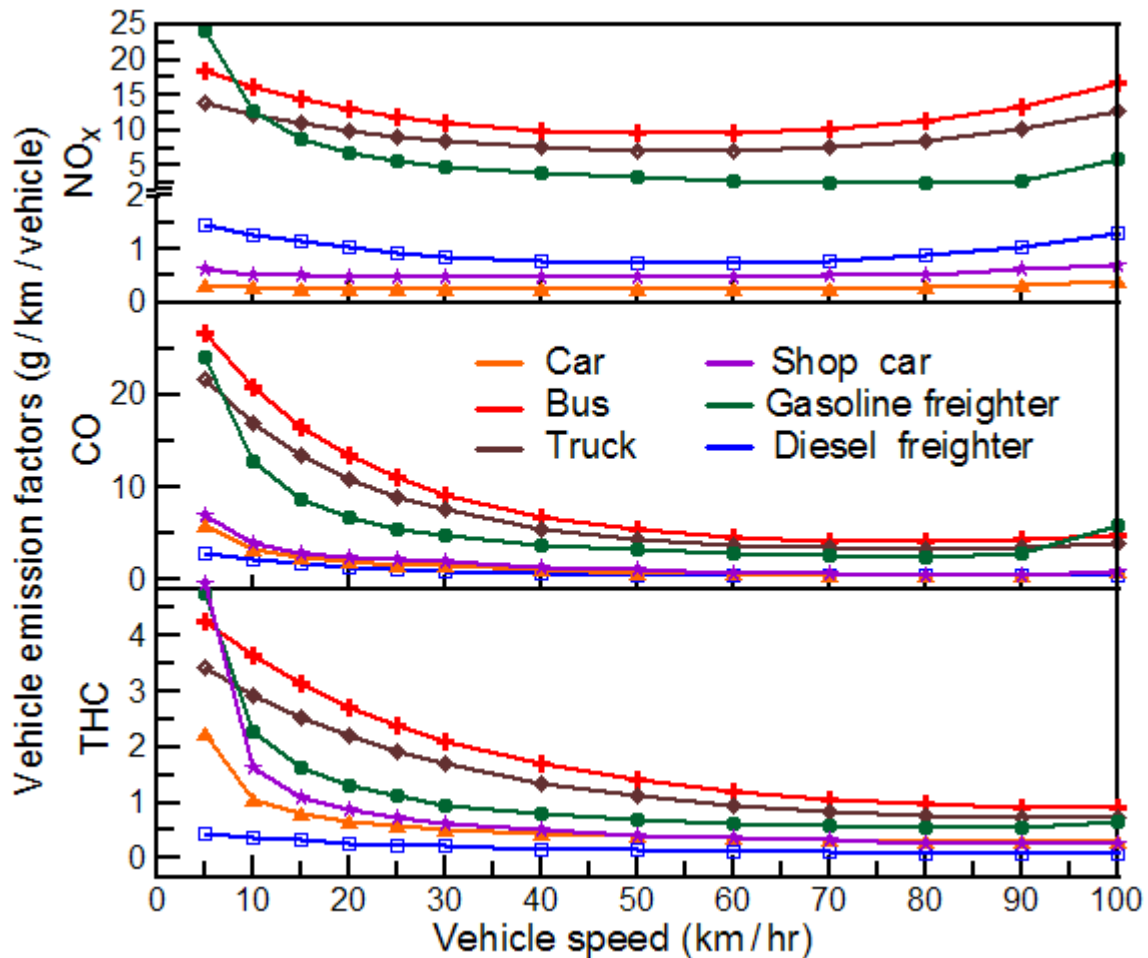


圖 23. 六種車輛不同車速下之氮氧化物(NOx)、一氧化碳(CO)與總碳氫化合物(THC)排放係數。(數據來源:排放量推估手冊 TEDS5.1, 環保署網站 <http://www.niea.gov.tw/>)

台中市是具有百萬人口的都市，是中部的首善地區，在工商業活動熱絡下，平常的交通流量非常大，尖峰時段更常壅塞不堪。圖 24 為台中市的主要道路圖，其中深藍線道路為容易交通壅塞(traffic jam)的路段，共有 4 個路段，包含 10 條道路，分別是：

1. 台 12 線：台中港路－中正路
2. 台 1 乙線：復興路－五權路－大雅路－中清路
3. 台 3 線：建成路－北屯路
4. 縣 136 線：五權西路

這些路段都是台中市的聯外道路，擔負著尖峰時段的上、下班車潮。根據交通部網頁 (http://www.thb.gov.tw/main_02.htm)提供最新(94 年版)之主要道路交通資料，整理此 10 條道路之車流量列於表 2 中，其中因台中市較缺乏東西向道路，使台中港路二段是最為壅塞的道路，晨峰與昏峰交通量分別高達 3,304 與 3,401 PCU/hr。台中港路二段也是我進行實測的地點，台中港路之河南路口至惠中路口間。表 2 中各路段尖峰車流量尚需除以車道數，才得到每車道每小時單位小車流量(Passenger Car Unit, PCU)。



圖 24. 台中市容易交通壅塞(traffic jam)路段圖。

表 2 台中市容易交通壅塞路段的尖峰小時交通量

壅塞路段	道路長度 (km)	小時交通量(PCU/hr)	
		晨峰	昏峰
台中港路－中正路(台 12 線)			
中港路三段(雙向各 3 車道)	4.5	2,932	3,612
中港路二段、一段(雙向各 3 車道)	5.0	3,304	3,401
中正路(雙向各 2 車道，無慢車道)	1.5	1,216	1,203
復興路－五權路－大雅路－中清路(台 1 乙線)			
中清路(雙向各 2 車道，無慢車道)	1.8	2,627	2,080
大雅路(雙向各 2 車道，無慢車道)	7.0	1,581	1,429
五權路+復興路(均為雙向各 2 車道，無慢車道)	5.9	1,472	1,497
建成路－北屯路(台 3 線)			
北屯路北段(雙向各 2 車道，無慢車道)	5.5	2,194	1,803
北屯路南段(雙向各 2 車道，無慢車道)	3.0	1,117	1,225
建成路(雙向各 2 車道)	6.2	2,591	2,654
南屯路－五權西路(縣 136 線)			
南屯路三段(雙向各 2 車道，無慢車道)	5.6	1,103	1,155
五權西路(雙向各 2 車道，無慢車道)	15.6	1,103	1,155

PCU: 單位小車流量(Passenger Car Unit), 每輛小汽車為 1 個 PCU, 每輛大型車約為 1.6 個 PCU, 每輛機車約為 0.3 個 PCU。

為求得更精準的交通壅塞臨界點(the critical point of traffic jam)，我再將圖 22 中的數據重新整理，繪製每個車道每小時通過車數與車速關係曲線於圖 25。由圖中清楚獲知避開壅塞的每車道最大小時通行負荷量(即臨界車流量 $P_{critical}$)約為 820 PCU/hr·lane，此時的車速約為 25 km/hr，此點即為交通壅塞臨界點，而此臨界點是在(17)式紅綠燈操作條件下的結果，在交通燈號循環總秒數 180 sec/cycle 下，若適當縮短惠中路綠燈的秒數，移至中港路的綠燈秒數上，則可以提高中港路上每車道最大的小時通行負荷量，給予較大新的臨界點，避開陷入交通壅塞的惡性循環中。即當出現大於 $P_{critical}$ 的壅塞車流量(P_{jam})時，必須增加綠燈秒數(Δt)來避免之， Δt 計算式可為：

$$\Delta t = t_{critical} \left(\frac{P_{jam}}{P_{critical}} - 1 \right) \quad (18)$$

本研究實測路段最大車流量為 3401 PCU/hr，分配於 3 個快車道與 2 個慢車道，其中觀看我的記錄影片可以將 2 個慢車道視為如同一個快車道，因此每個快車道之車流量為 $3401 \text{ PCU/hr} \div 4 \text{ lane} = 850.3 \text{ PCU/hr} \cdot \text{lane}$ 。則

$$\Delta t = 95 \times \left(\frac{850.3}{820} - 1 \right) \cong 4 \text{ sec/cycle} \quad (20)$$

因此僅需增加 4 sec/cycle 左右使中港路的綠燈秒數為 $t_{critical} + \Delta t = 95 + 4 = 99 \text{ sec/cycle}$ ，即可避免陷入交通壅塞的瓶頸，改變後的惠中路綠燈秒數將降至 76 sec/cycle，並不會反而造成惠中路的陷入壅塞。增加 4sec/cycle 後的新 $t_{critical} = 99 \text{ sec/cycle}$ ，新 $P_{critical} = 850.3 \text{ PCU/hr}$ 。

特別值得一提的是若採用我所建立「即時監測-反應交通號誌控制系統」，則在低頻噪音監測器的快速反應車輛數下，隨時自動機動的調整交叉兩條道路的紅綠燈秒數，能夠達到所有道路都可以維持不致陷入壅塞的瓶頸，此點無庸致疑。

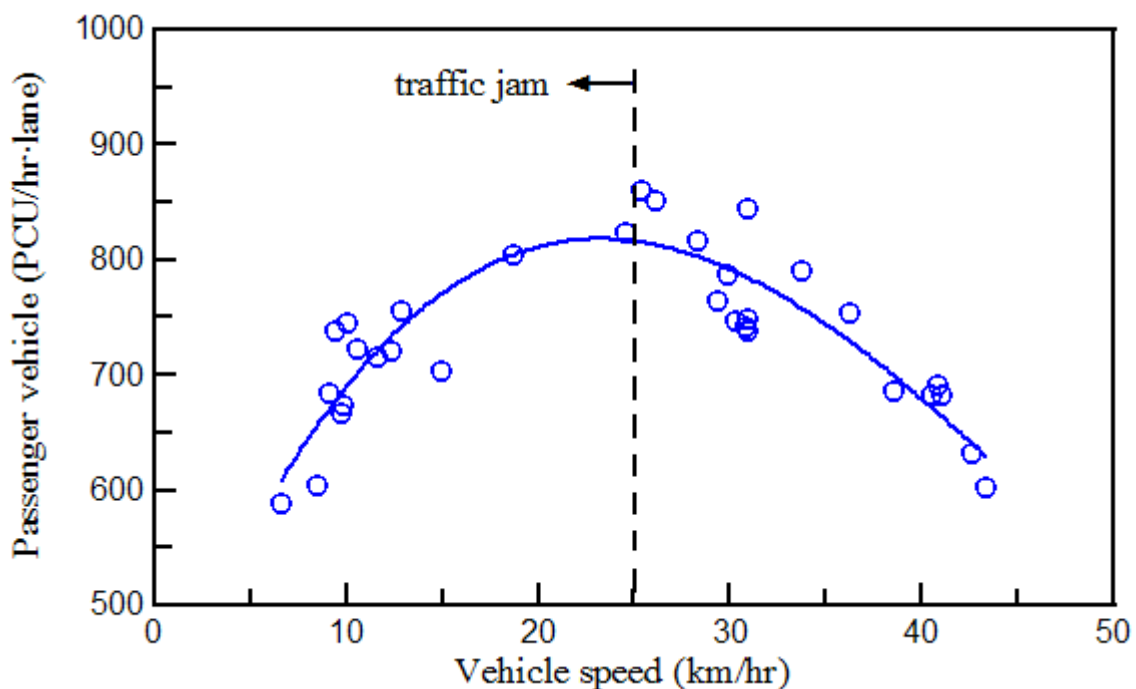


圖 25. 每個車道每小時通過車數與車速關係曲線

依據表 2 所列數據，並非 10 條道路均會於尖峰時段陷入壅塞瓶頸內，因為部分道路單一車道的尖峰車流量低於 820 PCU/hr-lane 甚多，在下面計算交通改善之空氣污染削減量上，不予列入。表 3 列出採用我所建立「即時監測-反應交通號誌控制系統」來避開陷入壅塞瓶頸的各路段空氣污染削減量。每年空氣污染物削減量之計算式如下：

$$\text{Reduction amount} = L \times (f_{\text{at 10 km/hr}} - f_{\text{at 25 km/hr}}) \times (P_{\text{morning}} T_{\text{morning}} + P_{\text{evening}} T_{\text{evening}}) \quad (20)$$

其中 L 為路段長(road length, km); $f_{\text{at 10 km/hr}}$ 與 $f_{\text{at 25 km/hr}}$ 分別為各污染物在車速 10 與 25 km/hr 下之排放係數(其值繪於圖 23 中); P_{morning} 與 P_{evening} 分別為晨峰與昏峰時段每小時車流量(參見表 2); T_{morning} 與 T_{evening} 分別為晨峰與昏峰之總時間(hr)，而每次尖峰時段 2 hr，每年 365 天(假日亦會壅塞)。

利用(20)式配合表 2 之數據計算台中市改善交通尖峰時段的空氣污染削減量，其結果列於表 3 中。其中晨峰之 NO_x、CO 與 THC 每年可分別削減 1,370、73,543 與 20,555 kg/year，而在昏峰則分別削減 1,388、74,484 與 20,818 kg/year。加總後全年之 NO_x、CO 與 THC 每年可分別削減 2,768、148,027 與 41,373 kg/year，顯現採用我所建立「即時監測-反應交通號誌控制系統」的成效相當好。

表 3 台中市改善交通尖峰時段的空氣污染削減量

壅塞路段	晨峰				昏峰			
	車流量 (PCU/hr)	污染削減量(kg/year)			車流量 (PCU/hr)	污染削減量(kg/year)		
		NO _x	CO	THC		NO _x	CO	THC
中港路三段	2,932	289	15,507	4,334	3,612	356	19,103	5,339
中港路二、一段	3,304	362	19,416	5,427	3,401	372	19,986	5,586
中清路	2,627	104	5,558	1,553	2,080	82	4,400	1,230
北屯路北段	2,194	264	14,182	3,964	1,803	217	11,655	3,258
建成路	2,591	352	18,880	5,277	2,654	360	19,339	5,405
小計		1,370	73,543	20,555		1,388	74,484	20,818
全年合計		NO _x = 2,768 kg/year		CO = 148,027 kg/year		THC = 41,373 kg/year		

五、城市交通號誌控制的簡易方法

我所建立「即時監測-反應交通號誌控制系統」可以廣設於整個城市中，各自獨立控制一個路口的交通號誌，經由量測前一燈號循環中 E↔W 與 S↔N 向之低頻噪音比，來自動調整下一燈號循環的紅、綠燈秒數。也可以被整合處理，運用諸如數學編序法(mathematical programming methodologies)[25,26]與人工智慧技術(artificial intelligence techniques)[27-29]等，將之編輯成一個週期協調信號，用於尖峰時段的特定路線，來發揮控制運輸流量的最大效率。

然而已開發的國家具有充沛的財力，可以如同前面提及之美國坎薩斯市2004年起運用 13.1 億美元預算執行一項頗具雄心的綠燈運作(OGI)工程；而對於一些開發中國家財力較差，難以全面普設交通感測器與複雜昂貴控制系統，則下面我提出一個快速、便宜與有效

控制城市交通號誌的簡易方法。

城市交通號誌控制簡易方法的執行步驟：

步驟 1：編排與標示每一路口的交通燈號，之後定義交通壅塞區域(參見圖 26)。

步驟 2：分別求取交通壅塞區內之 N↔S 與 E↔W 方向的噪音強度最大監測值。

步驟 3：同樣使用同於(15)與(16)式右邊的比率計算方式，來求取交通壅塞區內之所需綠燈時間 TE 與 TN。

步驟 4：運用計算所得時間依序來控制燈號，其中交通壅塞區內各個路口的 N↔S 與 E↔W 方向號誌，控制時間是相同的。

步驟 5：重複步驟 2 至步驟 4，如同圖 21 之交通燈號控制系統程式流程。

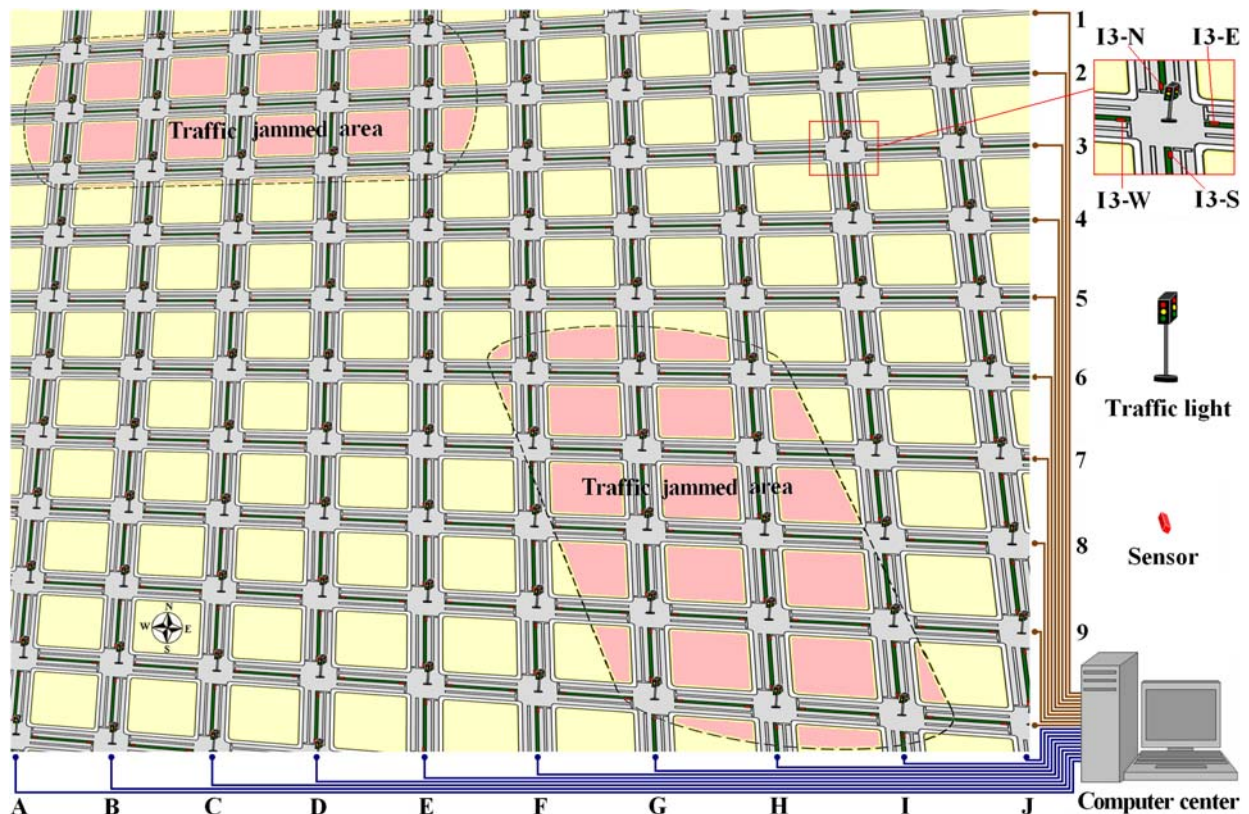


圖 26. 路口交通燈號位置標示與壅塞區示意圖。

肆、結 論

都會地區常是車滿為患，壅塞的交通不僅消耗掉高社會成本，車輛所排放的空氣污染物，更是深深影響人們的健康。由文獻獲知智慧型電腦化交通號誌控制系統已發展臻於完善，然而車輛感應器仍停留在極待改善階段，現行運用最多的感應環也僅能當車輛經過才逐一累加，無法即時反映車行狀況，快速自動調整號誌秒差，使得道路出現逐步惡化直至全線壅塞。因此，尋求更迅速、準確與價廉的交通感應器以建立即時監測-反應交通號誌控制系統，進而改善都市交通與空氣品質，極其重要。

運用自行製備的 CO₂ 與低頻噪音(< 400 hz)監測器來進行實測，獲知自汽車排氣的低頻噪音明顯隨車輛數的增加而上升，以及隨平均車行速度的增快而降低，遞減率為 10.21

mV·hr/km，並且低頻噪音不受環境風場或背景噪音的影響，可以準確的反應出車行狀況。所製備的低頻噪音監測器具有低成本、低能量需求(能以太陽能配合電池供電)與易於安裝維護，是非常理想監測項目，而最佳裝設位置為白線後 8 m。CO₂ 則易受風場與車行擾動氣流的影響，混合現象明顯；CO₂ 濃度隨平均車速的變化較小，遞減率為 1.58 ppm·hr/km，較不適用做為交通監測器。

實測結果顯示 820 PCU/hr-lane 是交通壅塞的臨界點，車輛數高於此值交通立即陷入壅塞，臨界點車速則為 25 km/hr。本研究亦成功製備即時監測-反應之交通號誌控制系統，算出實測地點避開陷入交通壅塞瓶頸所需增減的秒數，證實引擎排氣噪音可用以反饋至即時交通流量與車輛排放控制，自動快速調整號誌之秒數分配，有效改善都會地區交通壅塞狀況，以及減低空氣污染物的排放。

最後，本研究亦模擬改善交通後的行車狀況，計算出避開壅塞臨界點需增加綠燈秒數(以實驗路段為例增加 4 sec)，推估台中市五條主要幹道交通尖峰時段 NO_x、CO 與 THC 可分別削減 2,768、148,027 與 41,373 kg/year，顯現運用引擎排氣低頻噪音反饋至即時交通流量與車輛排放控制的成效，相當好。另外，我提出一個快速、便宜與有效控制城市交通號誌的簡易方法，使此系統更能普及化。

參考文獻

- [1] Institute for Traffic Care of U.S.A., Traffic management and Traffic Light Control, available from: <http://www.itctrffic.com/Trafficmanagement.htm>
- [2] ITS Standards Program Application Areas Information, Vehicle sensors, available from: http://www.standards.its.dot.gov/app_areas.asp?id=10
- [3] How Traffic Signals Work, The City of St. John's Newfoundland and Labrador Canada city services, available from: <http://www.stjohns.ca/cityservices/traffic/howsignalswork.jsp>
- [4] L Lin, X.B. Han, R Ding, G. Li, S.C.Y. Lu and Q. Hong, 2005, A New Rechargeable Intelligent Vehicle Detection Sensor, J. Physics: Conference Series, 13, 102–106, available from: <http://ej.iop.org/links/r8Tc65bq9/dPI2I25i2xGT1oS5av5vpA/jpconf513024.pdf>
- [5] Sensors and Switches Inc., Microwave vehicle motion sensor--TC26-B, available from: <http://www.mssedco.com/TC26-B.html>
- [6] Image Sensing Systems, Inc., Image Sensing Systems - Video Vehicle Detection, available from: <http://www.roadtraffic-technology.com/contractors/detection/image/>
- [7] Image Sensing Systems, Inc., Image Sensing Systems - Autoscope Video Vehicle Detection, available from: <http://www.imagesensing.com/>
- [8] T. Minakata, Y. Taniguchi, H. Shiranaga and T. Nishihara, Development of Far Infrared Vehicle Sensor System, SEI Technical Review, 58, June 2004, 23, available from: http://www.sei.co.jp/tr_e/t_technical_e_pdf/58-05.pdf
- [9] SEDECO Inc., OEM Machine Vision met Ethernet: Compact Machine Vision System over

- OEM toe-passing, available from: <http://www.sedeco.nl/downloads/11.htm>
- [10] SEDECO Inc., Intelligent Camera with Ethernet: Small and powerful camera for OEM, available from: <http://www.sedeco.nl/downloads/11.htm>
- [11] Department of Labor Mine Safety and Health Administration Protecting Miners' Safety and Health Since, Shuttle Car Traffic Control, U.S., MSHA's Accident Prevention Program 1978, available from: http://www.msha.gov/Accident_Prevention/ideas/shuttle.htm
- [12] R. Achelpohl, Operation Green Light to Help Coordinate Traffic Signals in Twenty Jurisdictions in Greater Kansas City, available from: http://www.ntoctalks.com/icdn/op_greenlight.php#content
- [13] University of Washington Computer Science and Engineering, Traffic Light and Ambulance Simulators: CSE 553 Real-Time Systems, Spring 2002 Project, available from: <http://www.cs.washington.edu/homes/deibel/rt/index.html>
- [14] J.J Liang, M.L. Chen and S.C. Jiang, Study of Source and Character for Hydrocarbons in a City using CMB Model with Field Measurement, Air Pollution Control and Technology Conference 19th, November 2002, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- [15] Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C., available from: <http://www.niea.gov.tw/>
- [16] 劉淑英、蔡勝樂、王文輝，電路與電子學(Electric Circuits and Electronics)，初版，台灣，五南圖書公司，2005。
- [17] 陳永達、詹可文，微電腦控制-製作專題-VB 串並列傳輸控制(μC Control-Special Projects Visual Basic)，初版，台灣，全華科技圖書公司，2004。
- [18] Department of Environment and Conservation (NSW) Information Centre of Australia, Managing noise from vehicles, http://www.epa.nsw.gov.au/resources/vehicle_noise.pdf
- [19] H.J. Lee, Y.C. Park, C. Lee and D.H. Youn Fast active noise control algorithm for car exhaust noise control, ELECTRONICS LETTERS 6th July 2000 Vol. 36 No. 14, 1250-1251. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2220/18510/00852272.pdf?arnumber=852272>
- [20] J. Heberley, Advanced acoustic sensor technologies, NDIA Symposium Session III Advanced Technologies, June 20, 2001.
- [21] M. Bogdan and S. Fita, The measuring post of acoustic sensors, Measurement Science Review, 1, 135-138, 2001.
- [22] Questex Media Group, Inc, Acoustic Wave Technology Sensors, available from: <http://archives.sensorsmag.com/articles/1000/68/index.htm>
- [23] L. Riddle, Active noise control for acoustic sensors, DARPA Air-Coupled Acoustic Microsensors Workshop, August 1999, available from: <http://www.signalsystemscorp.com/sscacmemswkshop.pdf>
- [24] 祝肇忠、賴坤正、簡良堅，智慧型交通終端控制器功能之研究，八十九年道路交通

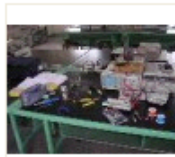
安全與執法研討會，p385-396，民國 89 年 6 月 8 日。

- [25] Yi-Sheng Huang, Design of traffic light control systems using statecharts, *The Computer Journal*, Vol. 49(6),634-649, 2006.
- [26] Dinopoulou, V., Diakaki, C. and Papageorgiou, M., Simulation investigations of the traffic-responsive urban control strategy TUC. In *Proc. IEEE Intelligent Transportation Systems*, Dearborn, MI, October 1-3, pp. 458–463. IEEE, 2002.
- [27] Abu-Lebdeh, G. and Benekohal, R. F., Genetic algorithms for traffic signal control and queue management of oversaturated two-way arterials. *J. Transport. Res. Board*, 1727, 61-67, 2000.
- [28] Chin, D. C., Spall, J. C. and Smith, R. H., Evaluation of system-wide traffic signal control using stochastic optimization and neural networks. In *Proc. ACC 99*, San Diego, CA, June 2-4, pp. 2188-2194. IEEE, 1999.
- [29] Lin, Q., Kwan, B. W. and Tung, L. J., Traffic signal control using fuzzy logic. In *Proc. IEEE Systems, Man and Cybernetics*, Orlando, FL, October 12–15, pp. 1644-1649. IEEE, 1997.

附錄一

辛苦的儀器製備照片集

(縮小版)



DSCN1050



DSCN1051



DSCN1052



DSCN1053



DSCN1055



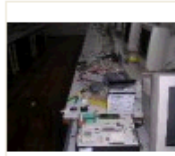
DSCN1056



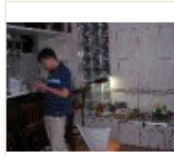
DSCN1057



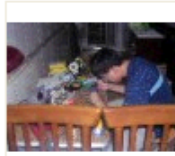
DSCN1058



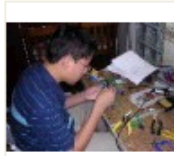
DSCN1059



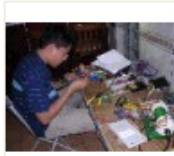
DSCN1060



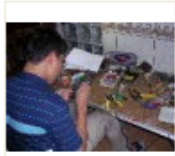
DSCN1061



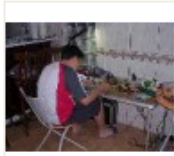
DSCN1062



DSCN1063



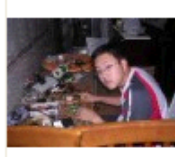
DSCN1064



DSCN1065



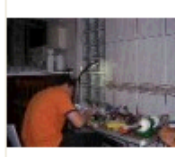
DSCN1066



DSCN1067



DSCN1069



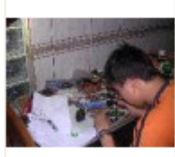
DSCN1070



DSCN1071



DSCN1072



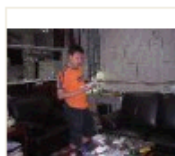
DSCN1073



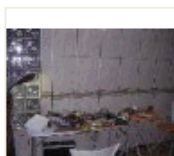
DSCN1074



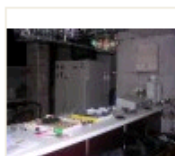
DSCN1075



DSCN1076



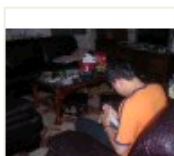
DSCN1077



DSCN1078



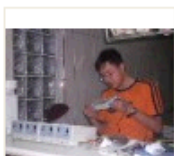
DSCN1079



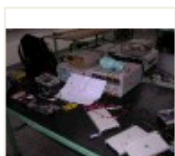
DSCN1080



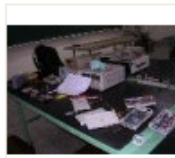
DSCN1081



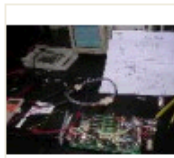
DSCN1082



DSCN1083



DSCN1084



DSCN1085



DSCN1086



DSCN1087



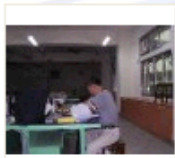
DSCN1089



DSCN1090



DSCN1091



DSCN1092



DSCN1093



DSCN1094



DSCN1095



DSCN1096



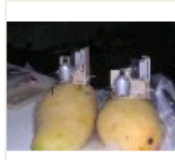
DSCN1097



DSCN1098



DSCN1099



DSCN1100



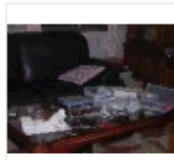
DSCN1101



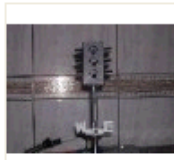
DSCN1102



DSCN1103



DSCN1104



DSCN1105



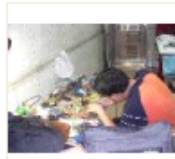
DSCN1106



DSCN1107



DSCN1108



DSCN1109



CIMG0549



CIMG0550



CIMG0623



CIMG0624



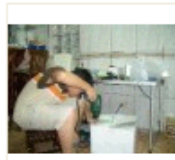
CIMG0625



CIMG0626



CIMG0627



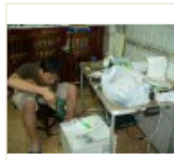
CIMG0628



CIMG0629



CIMG0630



CIMG0631



CIMG0632



CIMG0635



CIMG0636



CIMG0637



CIMG0638



CIMG0639



CIMG0640



CIMG0641



CIMG0642



CIMG0643



CIMG0644



CIMG0645



CIMG0646



CIMG0647



CIMG0648



CIMG0650



CIMG0651



CIMG0652



CIMG0653



CIMG0654



CIMG0655



CIMG0656



CIMG0657



CIMG0658



CIMG0659



CIMG0660



CIMG0661



CIMG0662



CIMG0663



CIMG0664



CIMG0665



CIMG0666



CIMG0667



CIMG0668



CIMG0670



CIMG0671



DSC00069



DSC00070



DSC00071



DSC00072



DSC00073



DSCN0939



DSCN0940



DSCN0941



DSCN0942



DSCN0943



DSCN0944



DSCN0945



DSCN0946



DSCN0947



DSCN0948



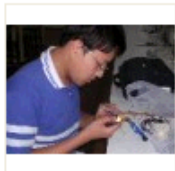
DSCN0949



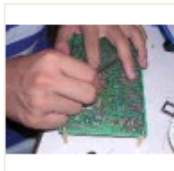
DSCN0950



DSCN0951



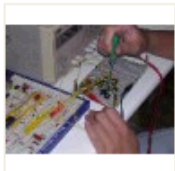
DSCN0952



DSCN0953



DSCN0954



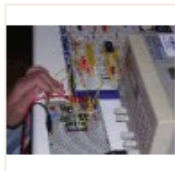
DSCN0955



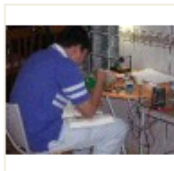
DSCN0956



DSCN0957



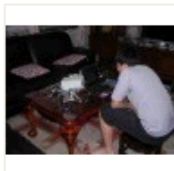
DSCN0958



DSCN0959



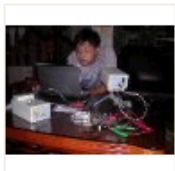
DSCN0960



DSCN0961



DSCN0962



DSCN0963



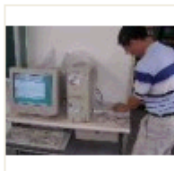
DSCN0964



DSCN0965



DSCN0967



DSCN0968



DSCN0969



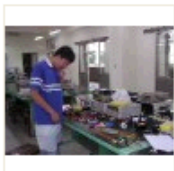
DSCN0970



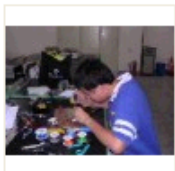
DSCN0971



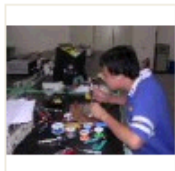
DSCN0972



DSCN0973



DSCN0974



DSCN0975



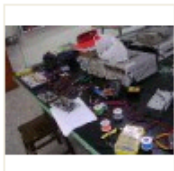
DSCN0976



DSCN0977



DSCN0978



DSCN0979



CIMG1003



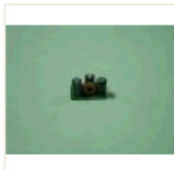
CIMG1008



CIMG1012



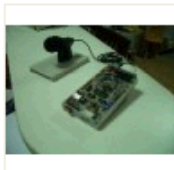
CIMG1013



CIMG1016



CIMG1018



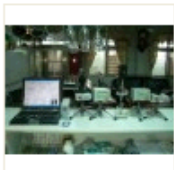
CIMG1019



CIMG1024



CIMG1025



CIMG1033



CIMG1036

附錄二

實測期間(2006 年 5~8 月)意外險保險單(共 2 張)



AIG 美國國際集團成員

南山人壽保險股份有限公司

第一次傳真 重覆傳真

投保程序
1.填妥本要保書
2.保險契約始期前一個工作日傳真本要保書...

馬上遊南山旅行平安保險 要保書
馬上保南山海外旅行平安保險

是的，我願意成為「馬上遊馬上保」會員！

投保注意事項

1.會員一律適用團體費率。
2.會員權益說明可上南山網站查詢(網址: www.nanshanlife.com.tw)...

南山人壽審核欄
保單號碼: T4710004
(審核通過時本公司將授予保單號碼)
受理欄: 1410

一、基本資料: (請以正楷填寫)

要保人姓名及簽署: 明道...
E-mail Address:
身分證或護照號碼: (04)2383269
聯絡電話: (04)23372101
保險期間: 契約始期自民國95年5月19日0時起...

二、投保險別:

旅行目的地: 國內
險別: GTA
險種說明: GTA:身故或喪葬費用及殘廢保險金(含重大燒燙傷保險金)...

三、被保險人名冊暨投保金額:

Table with 5 columns: 被保險人姓名及簽署, 出生年月日, 身份證或護照號碼, 主約: 意外身故或喪葬費用及殘廢保險金, 身故受益人, 保險費. Includes entries for 伍瑞隆 and 梁辰暉.

四、要保人及被保險人聲明同意事項:

1.本人於保險契約始期前一個工作日(不含週六、日及國定假日)當向南山人壽(以下稱貴公司)提出投保,且經貴公司核對資料後予以承保...
2.本人身心健康並無為醫治或病而投保本契約...

五、付款方式暨簽署欄:

信用卡: [保費收據由南山人壽於扣款成功當月月底開立,經由業務員轉交]
付款方式: [聯合信用卡(NCCC) 威士卡(VISA) 萬事達卡(MASTER) 吉士美卡]
發卡銀行:
信用卡卡號:
有效期限: 至 月 20 年(西元)
(要/被保險人)簽署:
(與信用卡簽名形式相同)

業務員簽署: 胡麗文 代號: 1746258 登錄字號: P22006594 聯絡電話: 0930889793 通訊處名稱/代碼: 471

Table with 2 rows: 國內旅遊, 國外旅遊. Columns: 65歲以下, 65-70歲, 70-75歲, 75-80歲, 80-85歲, 85歲以上.



AIG 美國國際集團成員

南山人壽保險股份有限公司 P-445648

傷害暨健康保險保險費收據

本保險費係 首年度 加保 補繳 分期 保費

要保人/代理人 明道育英中學

被保險人 梁長壽

保險種類	保險費	保險種類	保險費
南山人壽簡單安心傷害保險(ADD)	元	南山人壽長期看護終身健康保險(LTC)	元
南山人壽新人身意外傷害保險(IPA)	元	南山人壽終身醫療保險(PHI)	元
南山人壽歡樂假期傷害保險(HPA)	元	南山人壽集體投保終身醫療保險(G20PHI)	元
南山人壽海外心安旅得保險(One year OTA)	元	南山人壽團體保險(CEB)	元
南山人壽意外骨折及特定手術傷害保險(PBB)	元	南山人壽團體意外傷害保險(NGPA)	元
南山人壽安心成長傷害保險(ID)	元	南山人壽學童團體傷害保險(NSGPA)	元
南山人壽旅行平安保險(TA, OTA)	元	南山人壽團體保險自費加保專案(GV)	元
南山人壽集體投保旅行平安保險(GTA, GOTA)	558		
南山人壽終身防癌保險(NCL, CL, CA)	元		

保單號碼: T471000024
入帳號碼:

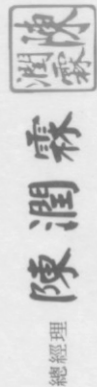
本收據注意事項

- 承保項目暨保險金額詳要保書。
- 要保人如以票據繳納保費時，請劃線並指名為南山人壽保險股份有限公司；倘該支票不獲兌現時，不生繳清保費之效力。
- 以信用卡繳交保險費之保險契約生效日注意事項，依保險費付款授權書約定條款規定之第二條。
- 其他注意事項請參閱本收據背面說明。

繳費	年繳 <input type="checkbox"/> 半年繳 <input type="checkbox"/> 季繳 <input type="checkbox"/> 月繳 <input type="checkbox"/>	新台幣	拾 萬 零 伍 佰 伍 拾 捌 元 整
費	現金 558 元	支票金額	
內	支票 元	支票日期	
容	信用卡 元	支票金額	
合計	合計 558 元	支票日期	

繳費日期 95年5月18日 上午 10 時
 本收據限於民國 95 年 6 月 10 日以前開立，否則本收據不生效力。

業務員 胡麗文 代號 946558
 通訊處 明道育英中學 電話 23831125



附錄三

台中市政府同意申請進行道路實測工作回函(共 2 份)

收 份 處

正 本



2

檔 號：

保存年限：

臺中市政府 函

地址：403臺中市西區民權路99號
承辦人：張金棟
電話：04-22206980
傳真：04-22211869
電子信箱：d5168@tccg.gov.tw

414
台中縣烏日鄉中山路1段497號

受文者：台中縣私立明道高級中學

發文日期：中華民國95年5月19日
發文字號：府建景字第0950094577號
速別：最速件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：

如撥
費
0524

裝

主旨：貴校申請訂於95/5/18-20及95/5/25-27（每日上午7時至下午19時）在中港路段分隔島上進行「道路污染氣體與噪音監測」及陸橋上設置攝影機「紀錄車流」之科學研究一案，如說明段，請查照。

說明：

訂

- 一、依據本府交通局95.5.9中交規字第0950003913號函轉 貴校95.5.3明久教字第0950001779號函辦理。
- 二、原則同意，惟不得損壞分隔島及人行陸橋上既有設施，如有損壞情形，應負責復原，另應遵守道路交通相關規定辦理。
- 三、進行前，請務必先至本府建設局景觀課說明，以符規定。

正本：台中縣私立明道高級中學
副本：臺中市政府交通局、臺中市警察局、臺中市政府建設局養護課、臺中市政府建設局景觀工程課、景觀工程課業務助理劉政達、景觀工程課巡查員陳瑞朋

裝

市長胡志強

撤
影印公文
通知學生。

本案依分層負責規定授權主管局(室)長主任決行

0524
0835

總收發	95.5.23
	0950002187
處理時限	95.5.30

第1頁 共1頁

局長	主任	副	科	課	組	員

教務處
正本

英心中心

檔 號：

保存年限：

臺中市政府 函

414
台中縣烏日鄉中山路1段497號

地址：403臺中市西區民權路99號
承辦人：張金棟
電話：04-22206980
傳真：04-22211869
電子信箱：d5168@tccg.gov.tw

受文者：台中縣私立明道高級中學

發文日期：中華民國95年6月9日
發文字號：府建景字第0950109806號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：普通
附件：

如擬 盡付 0613

裝

主旨：貴校再申請訂於95/6/9-11、6/30-7/2、7/7-9、8/11-13、8/18-20（每日上午7時至下午19時），在中港路段分隔島上進行「道路污染氣體與噪音監測」及陸橋上設置攝影機「紀錄車流」之科學研究一案，如說明段，請查照。

說明：

- 一、依據 貴校95.6.1明久教字第0950002317號函辦理。
- 二、原則同意，惟不得損壞分隔島及人形陸橋上既有設施，如有損壞情形，應負責復原，另應遵守道路交通相關規定辦理。
- 三、進行前，請務必先至本府建設局景觀課說明，以符規定。

訂

正本：台中縣私立明道高級中學
副本：臺中市政府交通局、臺中市警察局、臺中市政府建設局養護課、臺中市政府建設局景觀工程課、景觀工程課業務助理劉政達、景觀工程課巡查員陳瑞朋

線

市長胡志強

影印一份，護學
留存使用。

本案依分層負責規定授權主管局(室)長主任決行

總收發	95. 6. 12
	0950002502號
日期	95. 6. 19日

第1頁 共1頁

檔案號碼	0613
日期	06/25
年	

附錄四
勞累的實測工作照片集
(縮小版)



CIMG0551



CIMG0552



CIMG0553



CIMG0554



CIMG0555



CIMG0556



CIMG0557



CIMG0558



CIMG0559



CIMG0560



CIMG0561



CIMG0562



CIMG0563



CIMG0564



CIMG0565



CIMG0566



CIMG0567



CIMG0568



CIMG0569



CIMG0570



CIMG0571



CIMG0572



CIMG0573



CIMG0574



CIMG0575



CIMG0576



CIMG0577



CIMG0578



CIMG0579



CIMG0580



CIMG0581



CIMG0582



CIMG0584



CIMG0585



CIMG0586



CIMG0587



CIMG0588



CIMG0589



CIMG0590



CIMG0591



CIMG0592



CIMG0593



CIMG0594



CIMG0595



CIMG0596



CIMG0597



CIMG0598



CIMG0599



CIMG0600



CIMG0601



CIMG0602



CIMG0603



CIMG0604



CIMG0605



CIMG0606



CIMG0607



CIMG0608



CIMG0609



CIMG0610



CIMG0611



CIMG0749



CIMG0750



CIMG0751



CIMG0752



CIMG0753



CIMG0754



CIMG0755



CIMG0756



CIMG0757



CIMG0758



CIMG0759



CIMG0760



CIMG0761



CIMG0762



CIMG0763



CIMG0764



CIMG0765



CIMG0766



CIMG0767



CIMG0768



CIMG0810



CIMG0811



CIMG0812



CIMG0813



CIMG0814



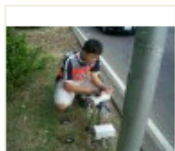
CIMG0815



CIMG0816



CIMG0817



CIMG0818



CIMG0819



CIMG0820



CIMG0821



CIMG0822



CIMG0823



CIMG0824



CIMG0825



CIMG0826



CIMG0827



CIMG0828



CIMG0829



CIMG0830



CIMG0831



CIMG0832



CIMG0833



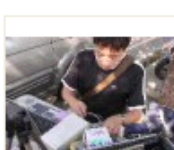
CIMG0834



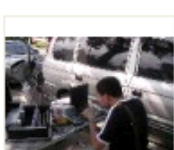
CIMG0835



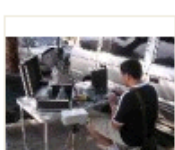
CIMG0836



DSCN0980



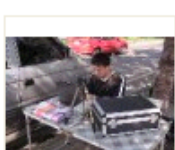
DSCN0981



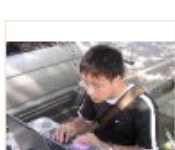
DSCN0982



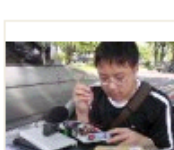
DSCN0983



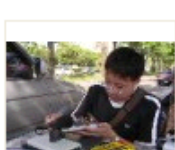
DSCN0984



DSCN0985



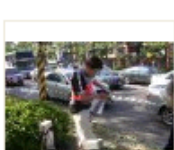
DSCN0986



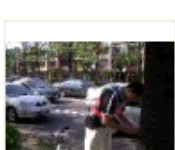
DSCN0987



DSCN0988



DSCN0989



DSCN0990



DSCN0991



DSCN0992



DSCN0993



DSCN0994



DSCN0995



DSCN0996



DSCN0997



DSCN0998



DSCN0999



DSCN1000



DSCN1001



DSCN1002



DSCN1003



DSCN1004



DSCN1005



DSCN1006



DSCN1007



DSCN1008



DSCN1009



DSCN1010



DSCN1011



DSCN1012



DSCN1013



DSCN1014



DSCN1015



DSCN1016



DSCN1017



DSCN1018



DSCN1019



DSCN1020



DSCN1021



DSCN1022



DSCN1023



DSCN1024



DSCN1025



DSCN1026



DSCN1027



DSCN1028



DSCN1029



DSCN1030



DSCN1031



DSCN1032



DSCN1033



DSCN1034



DSCN1035



DSCN1036



DSCN1037



DSCN1038



DSCN1039



DSCN1040



DSCN1041



DSCN1042



DSCN1043



DSCN1044



DSCN1045



DSCN1046



DSCN1047



DSCN1048



DSCN1049



DSCN1110



DSCN1111



DSCN1112



DSCN1113



DSCN1115



DSCN1116



DSCN1117



DSCN1118



DSCN1119



DSCN1120



DSCN1121



DSCN1122



DSCN1123



DSCN1124



DSCN1125



DSCN1126



DSCN1127



DSCN1128



DSCN1129



DSCN1130



DSCN1131



DSCN1132



DSCN1133



DSCN1134



DSCN1135



DSCN1136



DSCN1137



DSCN1138



DSCN1139



DSCN1140



DSCN1141



DSCN1142



DSCN1143



DSCN1144



DSCN1145



DSCN1146



DSCN1147



DSCN1148



DSCN1149



DSCN1150



DSCN1151



DSCN1152



DSCN1153



DSCN1154



DSCN1155



DSCN1156



DSCN1157



DSCN1158



DSCN1159



DSCN1160



DSCN1161



DSCN1162



DSCN1163



DSCN1164



DSCN1165



DSCN1166



DSCN1167



DSCN1168



DSCN1169



DSCN1170



DSCN1171



DSCN1172



DSCN1173



DSCN1174



DSCN1175



DSCN1176



DSCN1177



DSCN1178



DSCN1179



DSCN1180



DSCN1181



DSCN1182



DSCN1183



DSCN1184



DSCN1185



DSCN1186



DSCN1187



DSCN1188



DSCN1189



DSCN1190



DSCN1191



DSCN1192



DSCN1193



DSCN1194



DSCN1195



DSCN1196



DSCN1197



DSCN1198



DSCN1200



DSCN1201



DSCN1202



DSCN1203



DSCN1204



DSCN1205



DSCN1206



DSCN1207



DSCN1208



DSCN1209



DSCN1210



DSCN1211



DSCN1212



DSCN1213



DSCN1214



DSCN1215



DSCN1216



DSCN1217



DSCN1218



DSCN1219



DSCN1220



DSCN1221



DSCN1222



DSCN1223



DSCN1224



DSCN1225



DSCN1226



DSCN1227



DSCN1228



DSCN1231



DSCN1232



DSCN1233



DSCN1234



DSCN1235



DSCN1236



DSCN1237



DSCN1238



DSCN1239



DSCN1240



DSCN1241



DSCN1242



DSCN1243



DSCN1244



DSCN1245



DSCN1246



DSCN1247



DSCN1248



DSCN1249



DSCN1250



DSCN1251



DSCN1252



DSCN1253



DSCN1254



DSCN1255



DSCN1256



DSCN1257



DSCN1258



DSCN1259



DSCN1260



DSCN1261



DSCN1262



DSCN1263



DSCN1264



DSCN1265



DSCN1266



DSCN1267



DSCN1268



DSCN1269



DSCN1276



DSCN1277



DSCN1278



DSCN1279



DSCN1280



DSCN1281



DSCN1282



DSCN1283



DSCN1284



DSCN1285



DSCN1286



DSCN1287



DSCN1288



DSCN1289



DSCN1290



DSCN1291



DSCN1292



DSCN1293



DSCN1294



DSCN1295



DSCN1296



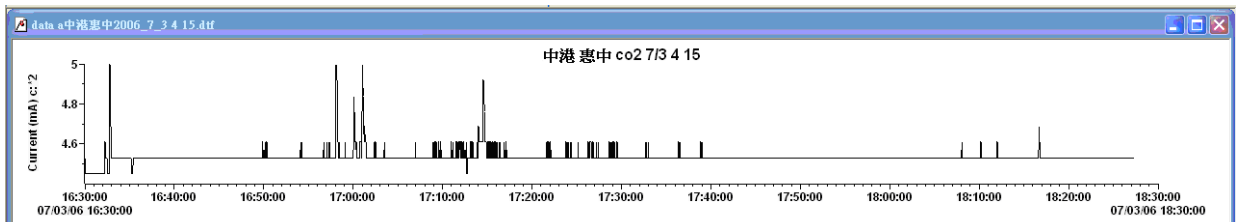
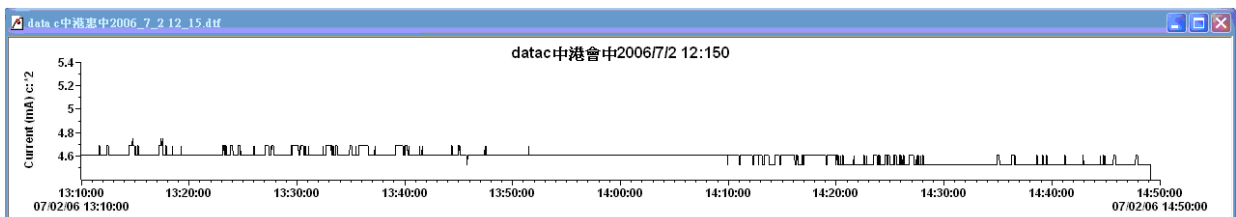
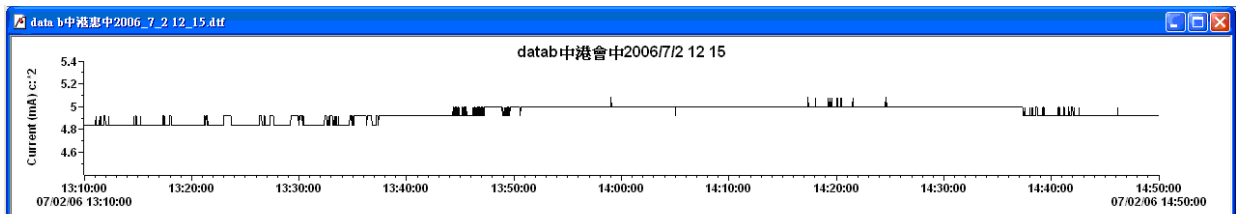
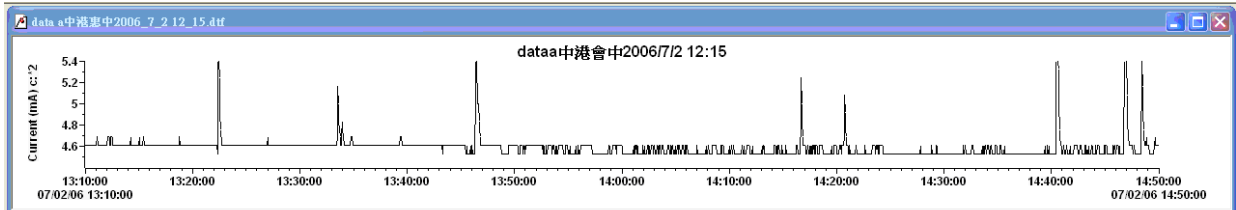
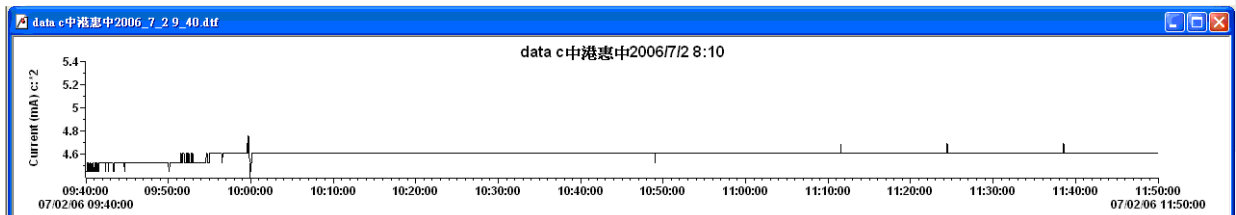
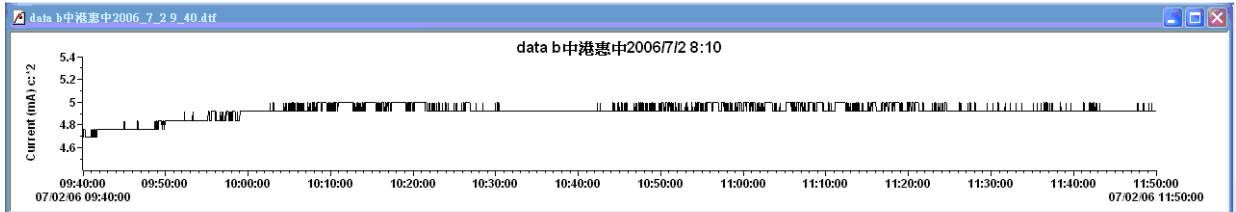
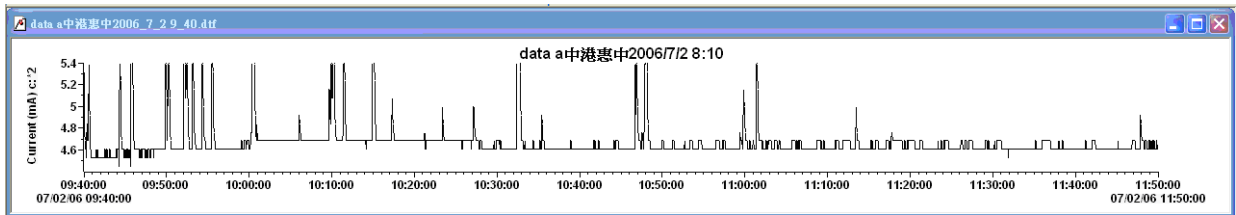
DSCN1297

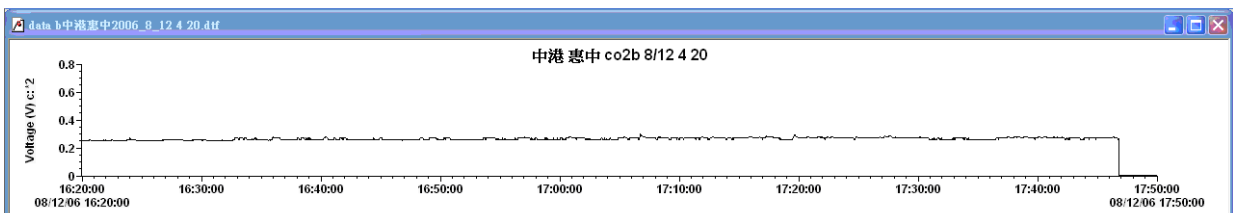
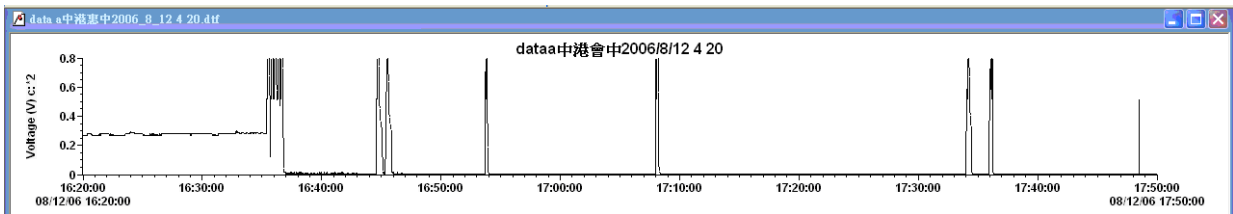
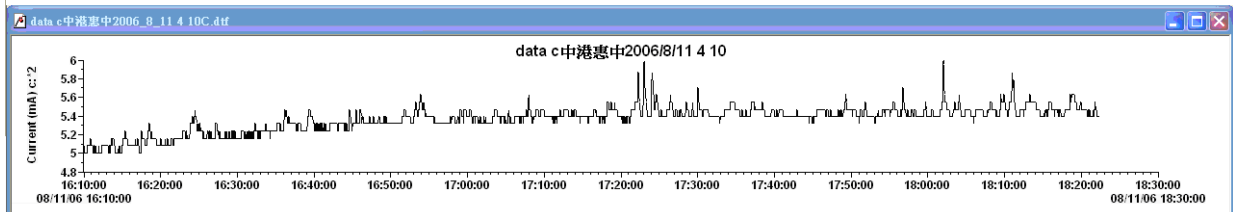
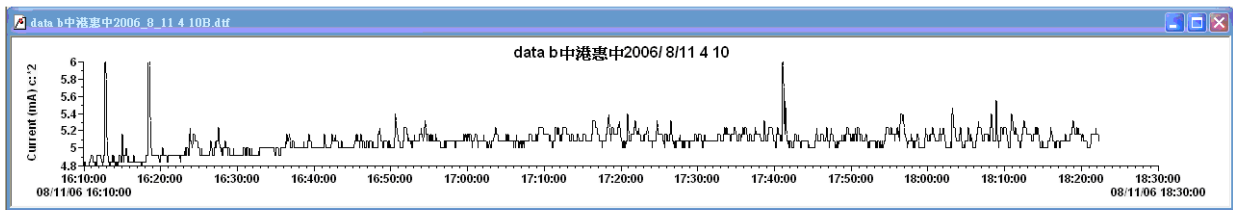
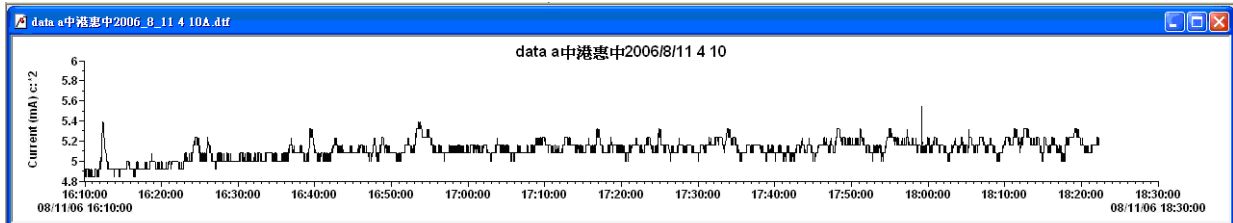
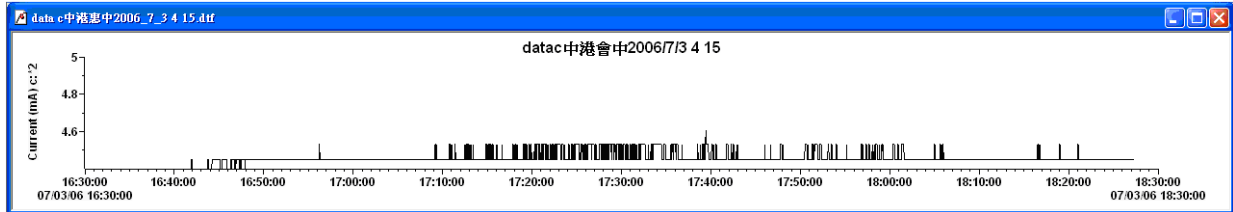
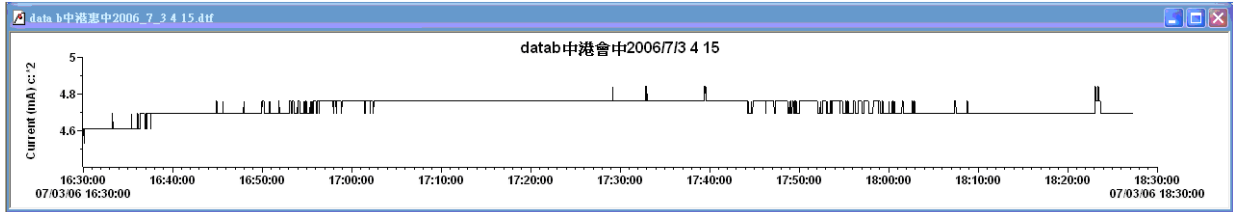


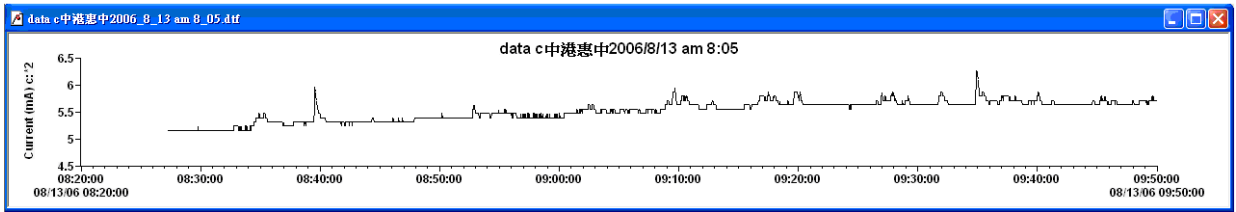
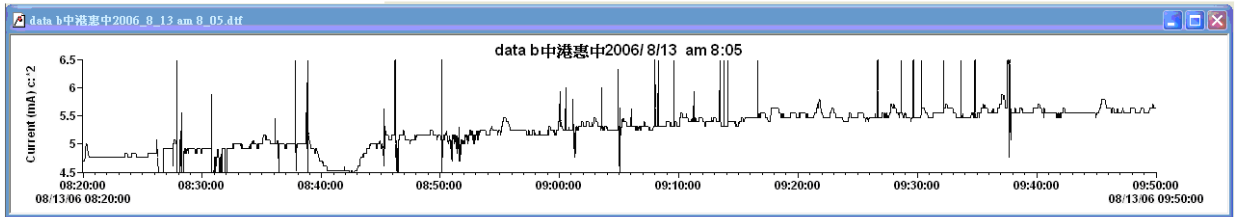
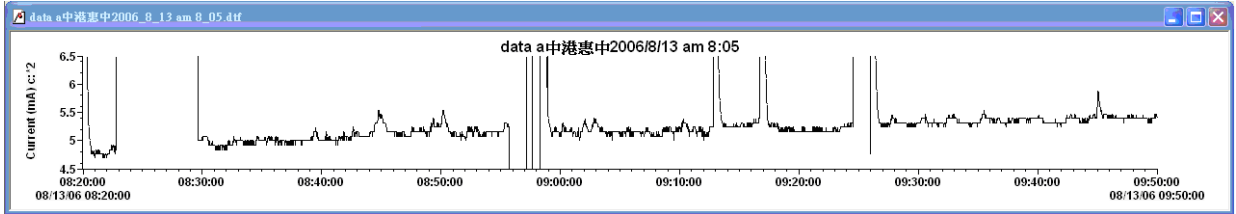
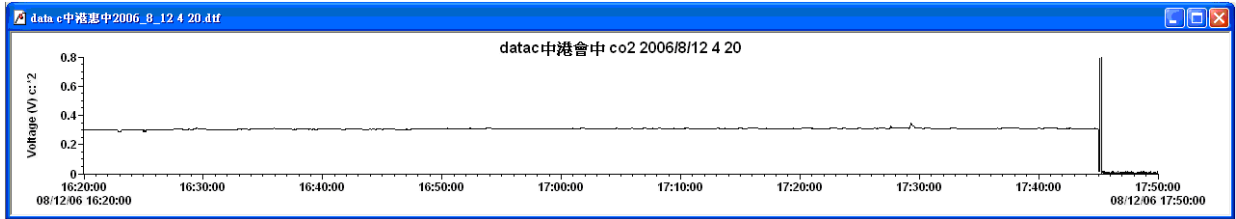
DSCN1298

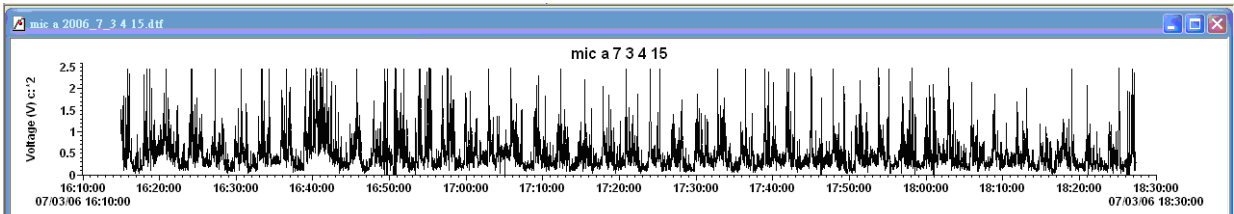
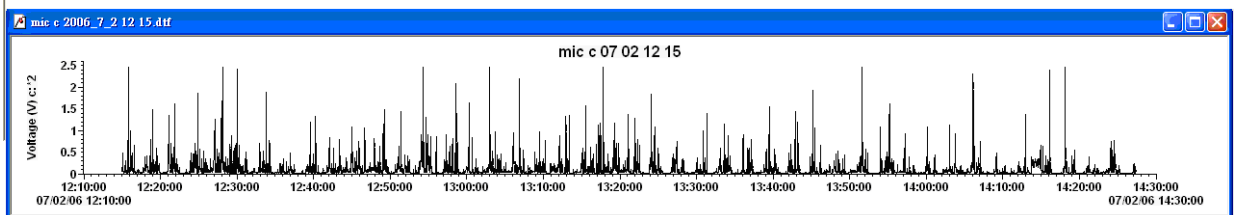
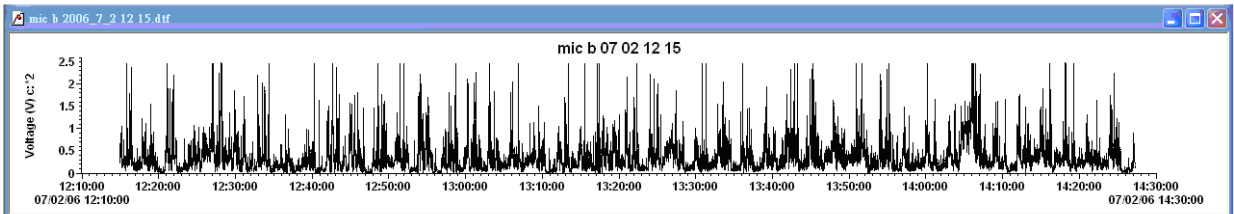
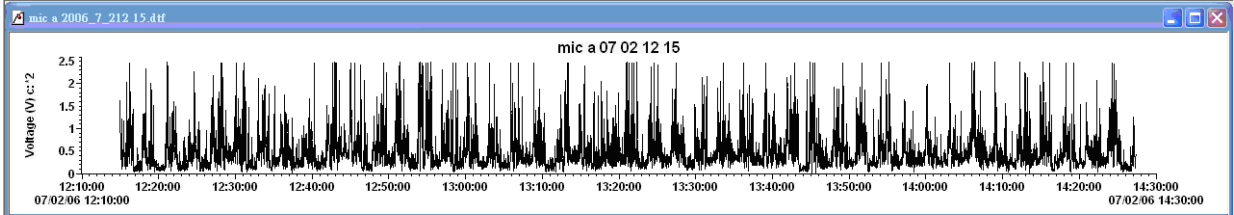
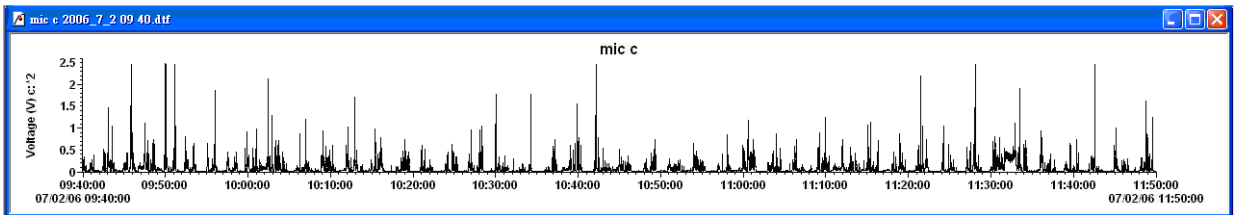
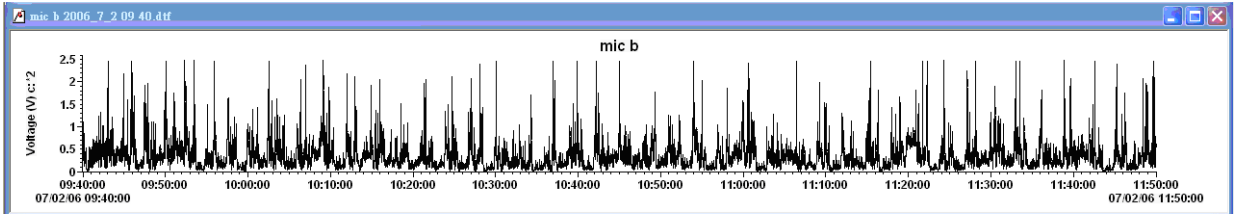
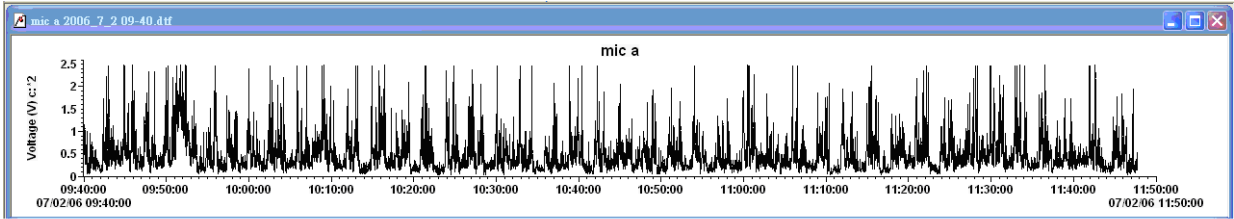
附錄五

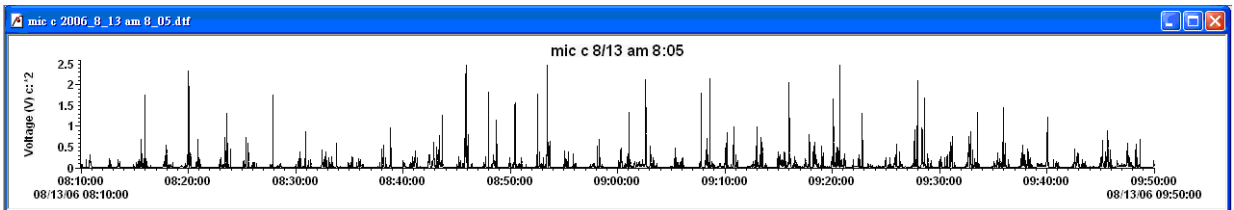
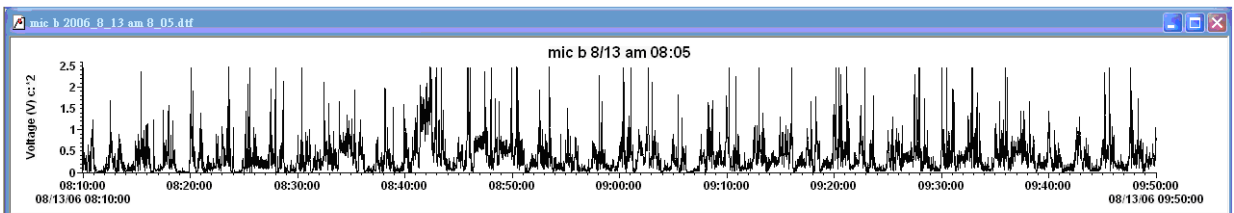
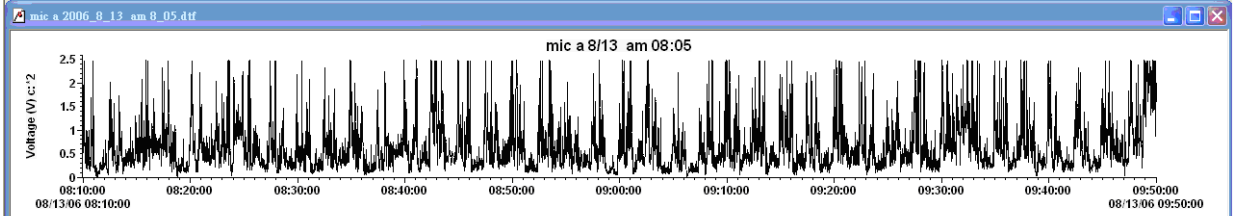
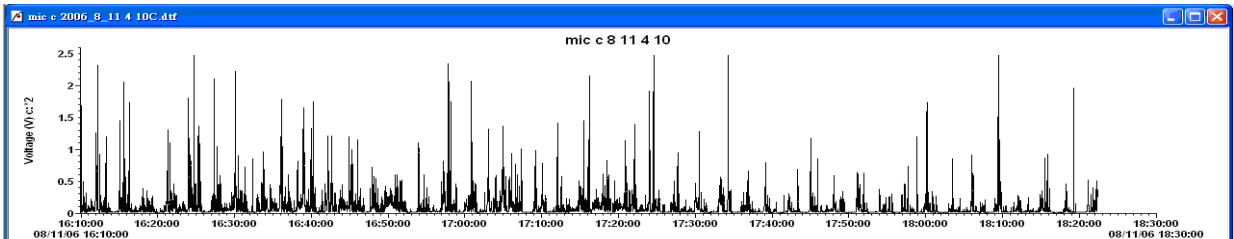
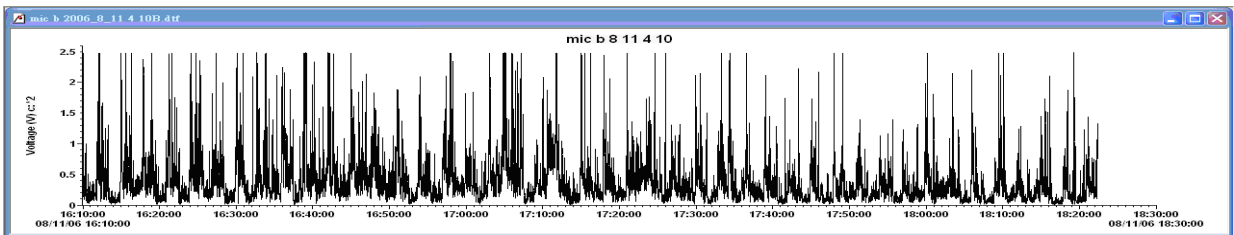
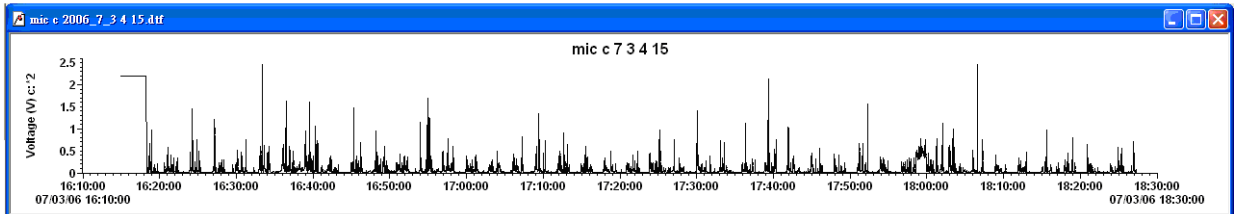
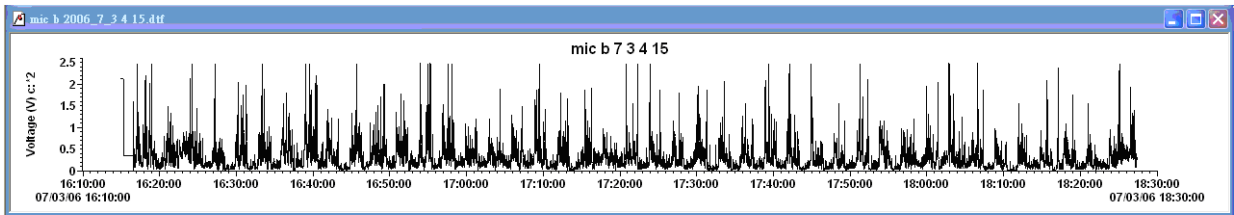
CO₂ 與低頻噪音監測數據擷取記錄圖











附錄六

求取車輛行駛速度之 Excel 計算表

Holiday 08:00~08:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
08:12:34	12:54	20	50.6
12:55	13:12	17	59.5
13:15	13:31	16	63.2
13:34	13:59	25	40.5
14:54	15:17	23	44.0
15:27	15:43	16	63.2
15:47	17:25	98	10.3
17:27	17:54	27	37.5
17:56	18:17	21	48.2
18:19	18:39	20	50.6
18:42	19:57	75	13.5
20:24	20:43	19	53.2
20:45	21:08	23	44.0
21:31	22:12	41	24.7
22:23	22:46	23	44.0
22:47	23:06	19	53.2
23:11	23:31	20	50.6
23:32	25:04	92	11.0
25:07	25:28	21	48.2
25:58	27:41	103	9.8
27:52	28:13	21	48.2
28:16	28:40	24	42.2
28:42	30:19	97	10.4

Average vehicle speed 40.0

Holiday 08:30~09:00			
Starting	Finishing	t	km/hr
08:30:27	30:51	24	42.2
30:53	32:31	98	10.3
32:35	33:00	25	40.5
33:02	33:23	21	48.2
33:25	35:07	102	9.9
35:18	35:41	23	44.0
35:44	36:07	23	44.0
36:10	37:40	90	11.2
37:41	38:02	21	48.2
38:03	38:23	20	50.6
38:26	39:59	93	10.9
40:01	40:28	27	37.5
40:36	41:07	31	32.6
43:36	45:05	89	11.4
45:05	45:34	29	34.9
45:35	45:59	24	42.2
46:02	47:34	92	11.0
47:37	48:02	25	40.5
48:03	48:27	24	42.2
48:29	50:03	94	10.8
50:04	50:26	22	46.0
50:27	50:42	15	67.4
50:46	51:03	17	59.5
51:06	52:29	83	12.2
52:33	52:59	26	38.9
53:00	53:16	16	63.2
53:18	53:42	24	42.2
54:56	55:23	27	37.5
55:24	55:40	16	63.2
55:42	56:02	20	50.6
56:06	57:31	85	11.9
57:32	57:57	25	40.5
57:58	58:25	27	37.5
58:26	0:03	97	10.4

Average vehicle speed 35.4

Holiday 09:00~09:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
09:00:07	0:34	27	37.5
0:38	0:57	19	53.2
0:59	2:29	90	11.2
2:34	2:58	24	42.2
2:59	3:22	23	44.0
3:23	3:40	17	59.5
3:42	4:52	70	14.5
5:02	5:27	25	40.5
5:28	5:47	19	53.2
5:48	6:09	21	48.2
6:11	7:47	96	10.5
8:04	8:22	18	56.2
8:23	9:53	90	11.2
9:55	10:23	28	36.1
10:26	10:42	16	63.2
10:42	11:6	24	42.2
11:06	12:38	92	11.0
12:40	13:15	35	28.9
15:09	15:37	28	36.1
15:39	15:56	17	59.5
15:57	17:27	90	11.2
17:32	17:51	19	53.2
17:54	18:12	18	56.2
18:13	18:32	19	53.2
18:37	20:10	93	10.9
20:49	21:08	19	53.2
21:09	22:35	86	11.8
22:36	22:59	23	44.0
23:01	23:25	24	42.2
23:28	25:03	95	10.6
25:07	25:31	24	42.2
25:35	25:56	21	48.2
25:59	27:35	96	10.5
27:39	28:08	29	34.9
28:13	28:33	20	50.6
28:39	30:19	100	10.1

Average vehicle speed 36.2

Holiday 09:30~10:00			
Starting	Finishing	t	km/hr
09:39:40	39:59	19	53.2
40:00	41:31	91	11.1
41:34	42:03	29	34.9
42:19	44:02	103	9.8
44:03	44:21	18	56.2
44:22	44:44	22	46.0
44:49	46:24	95	10.6
46:25	46:46	21	48.2
46:47	47:03	16	63.2
47:06	47:21	15	67.4
47:21	48:48	87	11.6
48:48	49:11	23	44.0
49:11	49:29	18	56.2
49:29	49:48	19	53.2
49:49	50:24	35	28.9
50:24	51:49	85	11.9
51:51	52:05	14	72.3
52:06	52:27	21	48.2
52:27	54:02	95	10.6
54:05	54:24	19	53.2
54:24	54:48	24	42.2
54:48	56:23	35	28.9
56:23	56:46	23	44.0
56:47	57:06	19	53.2
57:07	57:30	23	44.0
57:30	58:57	87	11.6
59:01	59:18	17	59.5
59:18	59:36	18	56.2
59:36	59:56	20	50.6
59:56	0:15	19	53.2
30:25	30:46	21	48.2
30:49	31:08	19	53.2
31:09	32:35	86	11.8
32:40	33:02	22	46.0
33:05	33:24	19	53.2
33:28	34:59	91	11.1
35:11	35:31	20	50.6
35:33	35:56	23	44.0
35:59	37:31	92	11.0
37:33	37:55	22	46.0
37:59	38:19	20	50.6
38:24	40:00	96	10.5
40:00	40:28	28	36.1
40:32	40:51	19	53.2
40:54	42:18	84	12.0
42:23	42:51	28	36.1
42:59	43:16	17	59.5

Average vehicle speed 39.7

Holiday 10:00~10:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
10:00:18	0:33	15	67.4
0:36	2:13	97	10.4
2:17	2:44	27	37.5
2:45	2:59	14	72.3
2:59	3:18	19	53.2
3:19	3:35	16	63.2
3:36	5:19	103	9.8
5:24	5:48	24	42.2
5:48	6:06	18	56.2
6:06	6:28	22	46.0
6:28	6:45	17	59.5
6:45	8:27	102	9.9
8:29	8:52	23	44.0
8:52	9:13	21	48.2
11:23	11:50	27	37.5
11:56	12:18	22	46.0
12:24	12:46	22	46.0
12:47	14:32	105	9.6
14:35	14:52	17	59.5
14:52	15:08	16	63.2
15:08	15:26	18	56.2
15:27	15:45	18	56.2
15:49	17:31	102	9.9
17:32	17:56	24	42.2
17:57	18:16	19	53.2
18:17	18:37	20	50.6
18:39	20:20	101	10.0
20:20	20:46	26	38.9
20:46	21:01	15	67.4
21:03	21:20	17	59.5
21:24	21:45	21	48.2
21:45	23:21	96	10.5
23:21	23:44	23	44.0
23:49	24:08	19	53.2
24:10	24:32	22	46.0
24:33	26:14	101	10.0
26:19	26:40	21	48.2
26:46	27:07	21	48.2
27:08	27:26	18	56.2
27:27	29:13	106	9.5
29:15	29:35	20	50.6
29:36	29:56	20	50.6
29:56	30:17	21	48.2

Average vehicle speed 43.0

Holiday 10:30~11:00				Holiday 11:00~11:30				Holiday 11:30~12:00				Holiday 12:00~12:30				Holiday 12:30~13:00				
Starting	Finishing	<i>t</i>	km/hr	Starting	Finishing	<i>t</i>	km/hr	Starting	Finishing	<i>t</i>	km/hr	Starting	Finishing	<i>t</i>	km/hr	Starting	Finishing	<i>t</i>	km/hr	
10:30:23	30:43	20	50.6	11:00:04	0:25	21	48.2	11:30:02	30:24	22	46.0	12:14:19	14:48	29	34.9	12:30:15	30:36	21	48.2	
30:48	32:28	100	10.1	0:27	2:15	108	9.4	30:26	30:42	16	63.2	14:50	15:06	16	63.2	30:37	32:24	107	9.5	
32:28	32:50	22	46.0	2:15	2:51	36	28.1	30:44	32:18	94	10.8	15:06	15:22	16	63.2	32:24	32:48	24	42.2	
32:50	33:08	18	56.2	2:55	3:12	17	59.5	32:20	32:39	19	53.2	15:22	15:38	16	63.2	32:51	33:05	14	72.3	
33:09	33:31	22	46.0	3:12	3:30	18	56.2	32:39	33:01	22	46.0	15:39	17:20	101	10.0	33:07	33:23	16	63.2	
33:31	35:18	107	9.5	3:32	5:20	108	9.4	33:02	33:18	16	63.2	17:20	17:42	22	46.0	33:25	33:43	18	56.2	
35:19	35:50	31	32.6	5:20	5:50	30	33.7	33:18	33:34	16	63.2	17:42	18:04	22	46.0	33:43	35:26	103	9.8	
35:51	36:07	16	63.2	5:52	6:13	21	48.2	33:34	35:20	106	9.5	18:04	18:21	17	59.5	35:32	35:57	25	40.5	
36:08	36:49	41	24.7	6:17	6:37	20	50.6	35:21	35:43	22	46.0	18:22	18:42	20	50.6	35:57	36:18	21	48.2	
36:45	38:34	109	9.3	6:39	8:22	103	9.8	35:44	36:04	20	50.6	18:44	20:27	103	9.8	36:19	36:40	21	48.2	
38:48	39:05	17	59.5	8:22	8:43	21	48.2	36:05	36:24	19	53.2	20:29	20:53	24	42.2	36:40	38:15	95	10.6	
39:08	39:28	20	50.6	8:48	9:07	19	53.2	36:26	38:17	111	9.1	20:53	21:16	23	44.0	38:19	38:42	23	44.0	
41:34	42:4	30	33.7	9:11	9:31	20	50.6	38:19	38:45	26	38.9	21:18	21:39	21	48.2	38:42	39:02	20	50.6	
42:5	42:24	19	53.2	9:31	11:15	104	9.7	38:45	39:10	25	40.5	21:40	23:24	104	9.7	39:02	39:18	16	63.2	
42:25	42:44	19	53.2	12:35	14:16	101	10.0	39:13	39:37	24	42.2	23:26	23:47	21	48.2	39:23	41:15	112	9.0	
42:47	44:23	96	10.5	14:17	14:44	27	37.5	39:37	41:20	103	9.8	23:50	24:08	18	56.2	41:19	41:44	25	40.5	
44:23	44:39	16	63.2	14:46	15:04	18	56.2	41:21	41:43	22	46.0	24:08	24:28	20	50.6	41:46	42:08	22	46.0	
44:42	45:4	22	46.0	15:09	15:29	20	50.6	41:44	42:06	22	46.0	24:28	26:15	107	9.5	42:08	42:27	19	53.2	
45:6	45:26	20	50.6	15:29	17:16	107	9.5	42:08	42:28	20	50.6	26:17	26:37	20	50.6	42:32	44:23	111	9.1	
45:33	47:13	100	10.1	17:20	17:45	25	40.5	42:29	42:44	15	67.4	26:37	27:01	24	42.2	44:23	44:59	36	28.1	
47:16	47:42	26	38.9	17:50	18:05	15	67.4	42:46	44:18	92	11.0	27:01	27:20	19	53.2	45:01	45:19	18	56.2	
47:47	48:4	17	59.5	18:06	18:22	16	63.2	Average vehicle speed	41.3			27:24	27:45	21	48.2	Average vehicle speed	40.4			
48:5	48:28	23	44.0	18:23	18:43	20	50.6					27:45	29:16	91	11.1					
48:29	50:22	113	9.0	18:47	20:29	102	9.9					29:16	29:49	33	30.7					
50:27	50:53	26	38.9	20:30	20:56	26	38.9					29:50	30:14	24	42.2					
50:53	51:10	17	59.5	20:56	21:13	17	59.5					Average vehicle speed	41.3							
51:15	51:34	19	53.2	21:15	21:32	17	59.5													
51:39	53:18	99	10.2	21:36	23:22	106	9.5													
53:18	53:40	22	46.0	23:24	23:49	25	40.5													
53:46	54:13	27	37.5	23:52	24:08	16	63.2													
54:18	54:37	19	53.2	24:10	24:29	19	53.2													
54:51	56:31	40	25.3	24:31	26:24	113	9.0													
56:31	56:58	27	37.5	26:24	27:00	36	28.1													
56:58	57:20	22	46.0	27:02	27:22	20	50.6													
57:24	59:15	51	19.8	27:22	27:42	20	50.6													
59:19	59:42	23	44.0	27:43	29:35	112	9.0													
59:42	0:03	21	48.2	29:36	30:01	25	40.5													
Average vehicle speed		39.2		Average vehicle speed		38.4														

Holiday 13:00~13:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
13:03:32	5:21	109	9.3
5:22	5:51	29	34.9
5:51	6:08	17	59.5
6:08	6:29	21	48.2
6:30	8:13	103	9.8
8:19	8:45	26	38.9
8:51	9:04	13	77.8
9:04	9:21	17	59.5
9:23	9:45	22	46.0
9:45	11:21	96	10.5
11:23	11:43	20	50.6
11:45	12:03	18	56.2
12:03	12:22	19	53.2
12:22	12:42	20	50.6
12:42	14:25	103	9.8
14:25	14:51	26	38.9
14:52	15:09	17	59.5
15:10	15:30	20	50.6
15:31	17:17	106	9.5
17:21	17:41	20	50.6
17:49	18:06	17	59.5
18:10	18:34	24	42.2
18:41	20:28	107	9.5
20:28	20:59	31	32.6
20:59	21:14	15	67.4
21:17	21:35	18	56.2
Average vehicle speed			42.0

Holiday 13:30~14:00			
Starting	Finishing	t	km/hr
13:38:29	38:58	29	34.9
38:58	39:12	14	72.3
39:13	39:33	20	50.6
39:33	41:20	107	9.5
41:23	41:50	27	37.5
41:52	42:08	16	63.2
42:09	42:26	17	59.5
42:37	44:18	101	10.0
44:18	44:51	33	30.7
44:52	45:18	26	38.9
45:18	45:42	24	42.2
45:43	47:29	106	9.5
47:36	48:05	29	34.9
48:05	48:27	22	46.0
48:27	50:14	107	9.5
50:15	50:52	37	27.3
50:52	51:10	18	56.2
51:11	51:36	25	40.5
51:36	53:21	105	9.6
53:22	53:52	30	33.7
53:52	54:10	18	56.2
54:11	54:28	17	59.5
54:32	56:19	107	9.5
56:19	56:45	26	38.9
56:45	57:09	24	42.2
57:09	57:31	22	46.0
57:31	59:20	109	9.3
59:20	0:02	42	24.1
Average vehicle speed			35.8

Holiday 14:00~14:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
14:00:02	0:32	30	33.7
0:33	2:26	113	9.0
2:26	3:02	36	28.1
3:02	3:23	21	48.2
3:23	3:46	23	44.0
3:47	5:28	101	10.0
5:28	6:03	35	28.9
6:06	6:26	20	50.6
6:26	6:45	19	53.2
6:45	8:24	99	10.2
8:24	8:51	27	37.5
8:51	9:07	16	63.2
9:07	9:20	13	77.8
9:20	9:37	17	59.5
14:17	14:48	31	32.6
14:49	15:19	30	33.7
15:19	15:44	25	40.5
15:44	17:27	103	9.8
17:27	17:50	23	44.0
17:51	18:11	20	50.6
18:11	18:39	28	36.1
18:39	20:25	106	9.5
20:25	20:58	33	30.7
20:58	21:31	33	30.7
21:31	23:26	115	8.8
23:26	24:00	34	29.8
24:00	24:27	27	37.5
24:27	26:24	117	8.6
26:24	27:01	37	27.3
27:03	27:26	23	44.0
27:26	29:25	119	8.5
29:25	29:59	34	29.8
29:59	30:25	26	38.9
Average vehicle speed			33.5

Holiday 14:30~15:00			
Starting	Finishing	t	km/hr
14:30:25	32:16	111	9.1
32:16	32:50	34	29.8
32:55	33:21	26	38.9
33:21	35:14	113	9.0
35:14	35:49	35	28.9
35:49	36:12	23	44.0
36:12	36:40	28	36.1
36:42	38:31	109	9.3
38:31	39:11	40	25.3
39:11	39:37	26	38.9
39:37	41:28	111	9.1
41:28	41:57	29	34.9
41:57	42:26	29	34.9
42:27	42:51	24	42.2
42:51	44:36	105	9.6
44:36	44:57	21	48.2
44:57	45:19	22	46.0
Average vehicle speed			29.1

Holiday 16:00~16:30			
Starting	Finishing	t	km/hr
16:18:25	19:20	55	18.4
19:20	19:54	34	29.8
19:54	21:55	121	8.4
21:55	22:42	47	21.5
22:42	24:48	126	8.0
24:48	25:40	52	19.5
25:40	27:55	135	7.5
27:55	30:24	149	6.8
Average vehicle speed			15.0

Holiday 16:30~17:00

Starting	Finishing	t	km/hr
16:30:24	31:33	69	14.7
31:33	33:40	127	8.0
33:40	34:49	69	14.7
34:49	36:56	127	8.0
36:56	37:56	60	16.9
37:56	40:07	131	7.7
48:32	49:15	43	23.5
49:15	51:24	129	7.8
51:24	52:32	68	14.9
52:32	54:53	141	7.2
54:53	55:48	55	18.4
55:48	59:08	200	5.1
59:08	1:39	151	6.7

Average vehicle speed 11.8

Holiday 17:00~17:30

Starting	Finishing	t	km/hr
17:01:39	4:24	165	6.1
4:24	6:50	146	6.9
6:50	7:47	57	17.7
7:47	9:59	132	7.7
9:59	12:37	158	6.4
12:37	13:23	46	22.0
13:23	17:20	237	4.3
19:46	22:17	151	6.7
22:17	25:06	169	6.0
25:06	27:30	144	7.0
27:30	30:53	203	5.0
30:53	33:25	152	6.7

Average vehicle speed 8.5

Holiday 17:30~18:00

Starting	Finishing	t	km/hr
17:33:25	34:41	76	13.3
34:41	36:56	135	7.5
36:56	37:55	59	17.1
37:55	39:48	113	9.0
39:48	40:55	67	15.1
40:55	43:00	125	8.1
43:00	45:40	160	6.3

Average vehicle speed 10.9

Weekday 16:00~16:30

Starting	Finishing	t	km/hr
16:23:30	24:00	30	33.7
24:00	24:23	23	44.0
24:23	26:20	117	8.6
26:20	26:58	38	26.6
26:58	27:21	23	44.0
27:21	27:46	25	40.5
27:46	29:33	107	9.5
29:33	30:00	27	37.5
18:32	19:03	31	32.6
19:06	19:54	48	21.1
21:21	21:59	38	26.6
22:05	22:28	23	44.0
22:29	22:50	21	48.2
22:52	24:50	118	8.6
24:54	25:13	19	53.2
25:14	25:37	23	44.0
25:40	27:28	108	9.4
27:28	28:10	42	24.1
28:13	28:37	24	42.2
28:39	30:22	103	9.8

Average vehicle speed 30.4

Weekday 16:30~17:00

Starting	Finishing	t	km/hr
16:30:00	30:22	22	46.0
30:22	30:43	21	48.2
30:43	32:30	107	9.5
32:30	33:00	30	33.7
33:00	33:24	24	42.2
33:24	35:21	117	8.6
35:21	35:59	38	26.6
35:59	36:26	27	37.5
36:26	38:16	110	9.2
38:16	38:55	39	25.9
38:55	39:13	18	56.2
39:13	39:38	25	40.5
39:38	41:25	107	9.5
41:25	41:57	32	31.6
41:57	42:20	23	44.0
42:20	42:43	23	44.0
42:43	44:25	102	9.9
44:25	44:54	29	34.9
44:54	45:21	27	37.5
45:21	45:42	21	48.2
45:42	47:21	99	10.2
47:21	47:53	32	31.6
47:53	48:17	24	42.2
48:17	48:41	24	42.2
48:41	50:18	97	10.4
50:18	50:47	29	34.9
50:47	51:15	28	36.1
51:15	51:43	28	36.1
51:43	53:22	99	10.2
54:30	56:18	108	9.4
56:18	56:59	41	24.7
56:59	57:26	27	37.5
57:26	59:23	117	8.6
59:23	0:03	40	25.3
30:23	30:59	36	28.1
31:00	31:19	19	53.2
31:20	31:39	19	53.2

Average vehicle speed 30.7

Weekday 17:00~17:30

Starting	Finishing	t	km/hr
17:00:03	0:46	43	23.5
0:46	2:48	122	8.3
2:48	3:33	45	22.5
3:33	5:29	116	8.7
5:29	6:04	35	28.9
6:04	6:28	24	42.2
6:28	8:25	117	8.6
8:25	8:48	23	44.0
8:49	9:11	22	46.0
9:11	9:29	18	56.2
9:29	9:50	21	48.2
9:50	11:24	94	10.8
11:24	11:48	24	42.2
11:48	12:8	20	50.6
12:08	12:32	24	42.2
12:32	14:18	46	22.0
14:18	14:53	35	28.9
14:53	15:16	23	44.0
15:16	15:40	24	42.2
15:40	17:23	43	23.5
17:23	17:57	34	29.8
17:57	18:19	22	46.0
18:19	18:47	28	36.1
18:47	20:39	112	9.0
20:39	21:11	32	31.6
21:11	23:15	124	8.2
23:20	24:00	40	25.3
24:00	24:27	27	37.5
26:15	27:00	45	22.5
27:00	27:27	27	37.5
27:27	29:25	118	8.6
29:25	30:04	39	25.9
00:31	0:59	28	36.1
0:59	1:17	18	56.2
1:17	1:37	20	50.6
1:37	3:26	109	9.3
3:26	3:58	32	31.6

Average vehicle speed 30.9

Weekday 17:30~18:00

Starting	Finishing	t	km/hr
17:30:04	30:26	22	46.0
30:26	30:46	20	50.6
30:46	32:35	109	9.3
32:35	33:04	29	34.9
33:04	33:45	41	24.7
33:45	35:36	111	9.1
35:36	36:00	24	42.2
36:00	36:32	32	31.6
36:32	38:35	123	8.2
38:35	39:17	42	24.1
39:17	39:46	29	34.9
39:46	41:46	120	8.4
41:47	42:14	27	37.5
42:14	44:19	125	8.1
44:19	44:49	30	33.7
44:49	45:13	24	42.2
45:13	45:44	31	32.6
45:44	47:37	53	19.1
47:37	48:08	31	32.6
48:08	48:45	37	27.3
48:45	50:41	56	18.1
50:41	51:10	29	34.9
51:10	51:42	32	31.6
51:42	53:43	121	8.4
53:43	54:16	33	30.7
56:29	57:19	50	20.2
57:19	59:39	140	7.2
59:39	2:23	164	6.2
30:31	31:53	82	12.3
31:53	33:50	117	8.6
33:50	34:38	48	21.1
34:38	36:48	130	7.8
36:48	39:45	177	5.7
39:45	40:51	66	15.3
40:51	43:02	131	7.7
43:02	45:31	149	6.8

45:31	48:31	180	5.6
48:31	49:55	84	12.0
49:55	52:18	143	7.1
54:21	57:39	198	5.1
57:39	58:41	62	16.3
58:41	0:40	119	8.5
Average vehicle speed			22.2

Weekday 18:00~18:30

Starting	Finishing	t	km/hr
18:02:23	5:15	172	5.9
5:15	6:17	62	16.3
6:17	8:35	138	7.3
8:35	9:47	72	14.1
9:47	12:15	148	6.8
12:15	14:46	151	6.7
14:46	17:30	164	6.2
17:30	20:46	196	5.2
20:46	23:18	152	6.7
23:18	26:20	182	5.6
26:20	27:13	53	19.1
00:40	1:45	65	15.6
1:45	4:37	172	5.9
4:37	6:52	135	7.5
6:52	9:45	173	5.8
9:45	12:49	184	5.5
12:49	15:23	154	6.6
15:23	16:41	78	13.0
16:41	19:31	170	6.0
19:31	21:58	147	6.9

Average vehicle speed 8.6

評語

本研究之作者在感測設備之製作和數據應用在流量與道路管制上之分析技術均屬上乘。只是本研究針對的問題是一成熟而已有解決方案之例子，作者必須提出在效益上更具說服力之資料。