

植基於 RFID 與 ZigBee 之交通號誌控制

趙貴祥

徐振華

謝侑樺

陳宏益

陳星兆

許順翔

國立勤益科技大學 電機工程系

chaokh

s39512054

s39512064

s39512065

tryicecool

jeff761182000

@ncut.edu.tw

@nuct.com.tw

@nuct.edu.tw

@nuct.com.tw

@gmail.com

@yahoo.com.tw

摘要

本文主要係利用射頻識別 RFID 作為偵測車流量之感測器(Sensor)，並利用 RS232 將所獲得之車流量資料，傳輸至控制系統中，同時將車流量資料以可拓(Extension)演算方法分析及判斷後，進而達到控制交通流量之目的。另外，透過 ZigBee 將車流量情形經由無線傳輸(Wireless Network)至遠端監控系統。本文所研製之交通號誌控制系統具有遠端傳輸及降低交通事故，並能有效控制車流量，同時亦能夠降低汽機車停滯時間(Delay Time)，以維持交通流量暢通。

關鍵詞：射頻識別 RFID、ZigBee 無線傳輸、可拓演算、交通號誌控制。

1. 研究目的及動機

隨著世界車輛的快速成長，亦使得交通道路狀況越來越擁擠、混亂與複雜。因此，世界各國無不積極地發展智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)，期能藉助電腦與通訊來提升車輛、道路、交通環境及運輸系統營運等功能，以改善現今之運輸安全及效率。而在 ITS 普遍深受國際交通運輸界的重視並全力配合推動，如何能夠進一步研發具有逐秒控制潛力之全動態號誌控制模式[1,7,8]，使其能與電訊及控制技術發展之水準加以緊密結合，讓交通時序控制能夠更趨智慧化與即時性，成為國際間交通運輸界在發展 ITS 時，開始長期投資資源的重點項目，相信未來亦將繼續朝此趨勢發展。

在傳統交通流量偵測方面，最常見的是使用紅外線偵測系統，來達到交通流量計數的功能，但當車輛與車輛之間距離過短或車輛並行及車速過快時，皆容易使偵測系統造成交通流量之誤判，致使智慧型交通號誌系統不能有效的調整交通號誌之時序。而資料傳輸方面，如今無線通訊的技術發展，加上網路的迅速普及，機器與機器之間的溝通(Machine-to-machine, M2M)和資料的傳輸更顯得重要。基於此，本文結合 RFID 與 ZigBee 之無線傳輸，並以可拓演算法進行遠端交通號誌之智慧型控制。

2. 射頻識別系統之介紹[2, 3]

2.1 RFID 之設計原理

射頻識別系統(Radio Frequency Identification, RFID)之數據同一般 IC 卡一樣也是記錄在數據載體卡片之中，但其以通過磁場或電場的方式來進行數據交換，可在非接觸條件下或是在人們沒有察覺之情況下完成數據交換。RFID 基本的組成部分可以由圖 1 觀得其主要是由應答器透過非接觸式的方式把資料傳回到讀取器中，最後可再利用 RS232 傳至主機端來將資料加以應用。

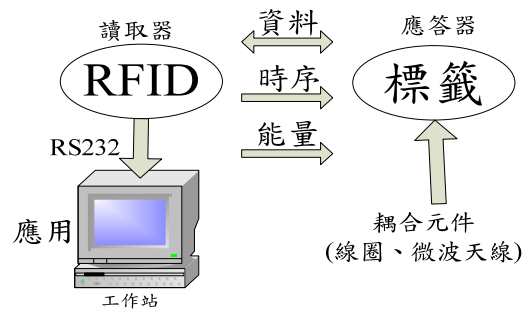


圖 1. 讀取器和應答器射頻識別系統基本組成

而應答器沒有自己的供電電源，只有在讀取器的響應範圍之內，應答器才是有源的。應答器工作所需的能量，如同時脈衝和資料一樣，是透過耦合單元(非接觸式)傳輸給應答器的，其應答器組成如圖 2 所示。

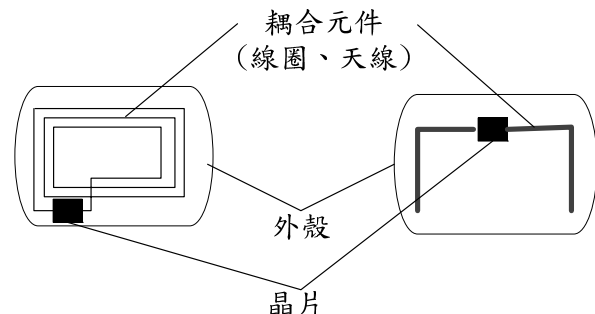


圖 2. 應答器的基本結構

圖 2 左側為帶有天線線圈的電感耦合式應答器，而圖 2 右側則為帶有耦極子天線的微波應答器。

2.2 RFID 使用頻段

RFID 的標準主要是指讀寫器和標籤之間的通信協議，數據儲存的結構形式等。目前全球 RFID 有四種工作頻段分別為低頻 LF (9-135KHz)、高頻 HF (13.56MHz)、超高頻 UHF (300-1200MHz)、微波 UHF (2.45 或 5.8GHz)。低頻 LF 雖然與其他頻段比較，讀取範圍最短，僅限於 1.5 公尺內，且讀取速度最慢，但其優點在於絕大多數的國家屬開放，不涉及法規開放和執照申請問題，市場占有率最高，價格也為最低。基於成本考量，本文採用 LF 頻段 RFID 即可達成模擬系統運作之要求。

2.3 識別系統之優缺點

在早期，條碼是主要使用的識別系統。今天，這種條碼在越來越多的情況下已經不能滿足人們的需求了。條碼雖然便宜，但缺點在於它儲存量小且不能改寫，而本文是使用在市場上非常有潛力的射頻識別系統，其資料密度高、保密性高、閱讀速度快及不可未經允許複製或修改，因此本文採用射頻識別系統。

3. ZigBee 之介紹[4,5]

3.1 ZigBee 之特性

ZigBee™ 是一種無線網路協定，主要由 ZigBee Alliance 制定，底層是採用 IEEE 802.15.4 標準規範的媒體存取層與實體層，為短距離、架構簡單、低功耗與低傳輸速率之無線通訊技術，其傳輸距離約為數十公尺，使用頻段為免費的 2.4GHz 與 900MHz 頻段，傳輸速率為 20K 至 250Kbps，網路架構具備 Master/Slave 屬性，並可達到雙向通信功能。

根據 ZigBee 之技術本質，ZigBee 具有下列之特性：

- (1) 省電: ZigBee 傳輸速率低，使用傳輸資料量亦少，所以訊號的收發時間短，其次在非工作模式時，ZigBee 處於睡眠模式，而在工作與睡眠模式之間的轉換時間，一般睡眠啟動時間只有 15ms，而設備搜索時間為 30ms，透過上述方式，使得 ZigBee 十分省電。
- (2) 可靠度高：ZigBee 之 MAC 層採用 talk-when-ready 之碰撞避免機制，此機制為當有資料傳送需求時則立即傳送，每一個發送的資料封包都由接收方確認收到，並進行確認訊息回覆，若沒有得到確認訊息的回覆就表示發生了碰撞，將再傳一次，以此方式大幅提高系統資訊傳輸之可靠度。
- (3) 高度擴充性：透過 ZigBee Coordinator，則整體網路最多可達到 65535 個 ZigBee 網路節點，再加上各個 Network Coordinator 可互相

接，整體 ZigBee 網路節點數目將十分可觀。

3.2 ZigBee 之基本架構與運作方式

ZigBee 可透過簡單的 AT 命令集操作 ZigBee 通訊協定，其系統運作方式如圖 3 所示。此架構簡圖說明了 iZAP-AT 模組主要是架構在標準的 ZigBee 通訊協定之上。iZAP-AT 主要透過 serial 控制介面，負責命令的處理及執行，並回報命令執行的情況，此種 AT 命令集因為操作簡單且系統需求低，故被廣泛應用於許多種產品之中。透過 AT 命令集的控制，我們可以輕易的建立並操作 ZigBee 網路，而無須對 ZigBee 標準有相當深入的了解。

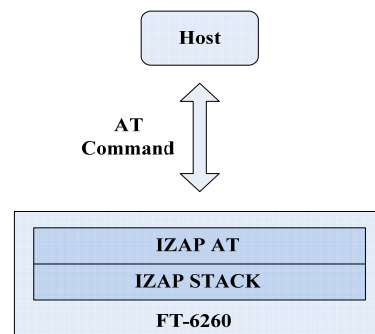


圖 3. ZigBee 之系統架構簡圖

4. 可程式系統晶片系統架構介紹[9]

4.1 可程式系統晶片(PSoC)

本文採用賽普微系統公司(Cypress Mirco System)所生產的 CY8C27443，它有別於一般傳統有限的控制器，可程式系統控制器係由許多混合訊號陣列(Mixed Signal Array)所組成，且方塊間都可用程式互相做連結，並且快速的 CPU、快閃記憶體(Flash Memory)、靜態隨機存取器(Static Random Access Memory, SRAM)與一組 8 支腳之 I/O 組合成一片晶片內，其特點有以下幾點：

- 1.類比:有 12 個類比區塊，其使用功能包括:
 - (1)最大至 14-bit 的類比轉數位轉換器(ADCs)。
 - (2)最大至 9-bit 的數位轉類比轉換器(DACs)。
 - (3)可程式化的放大器、濾波器及比較器。
- 2.數位:有 8 個數位區塊，其使用之功能包括:
 - (1)8-bit 至 32-bit 的計時器、計數器、PWM 產生器。
 - (2)偵錯模組(CRC)與隨機亂碼模組(PRS)。
 - (3)最多 4 個全雙工通訊收發器(UART)。
 - (4)可連接所有 GPIO 引腳。
- 3.內部提供 ±2.5% 24MHz 振盪器。
- 4.16K Bytes 的快閃記憶體(ROM)。
- 5.256Bytes 的靜態隨機存取器(SRAM)。
- 6.所有的 GPIOs 可提供 25mA。

7.所有 GPIOs 可作為外部中斷信號之接腳，採正緣觸發及負緣觸發。

4.2 系統架構

本文利用 RFID 感測車流量，以 RS232 傳輸資料至 PSoC。由於 PSoC 電壓額定為 5V，而 RS232 輸出電壓為 12V，因此透過 HIN232 晶片將 RS232 輸出電壓 12V 降低位準至 5V 後，再將資料傳入 PSoC，且利用 PSoC 內部數位轉類比功能，將資料訊號輸出轉為 5V 電壓，將此輸出訊號送至智慧型交通號誌控制系統，利用其可拓方法運算所得之關聯度，可用以觀察不同類別之關聯性及微調時序，致使交通流量能有多段性之控制，並結合 ZigBee 透過無線網路傳輸資料，圖 4 為其系統架構流程圖，而硬體電路如圖 5 所示。

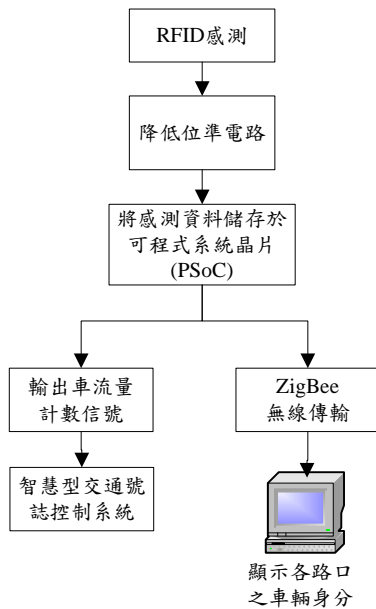


圖 4. 系統架構流程圖

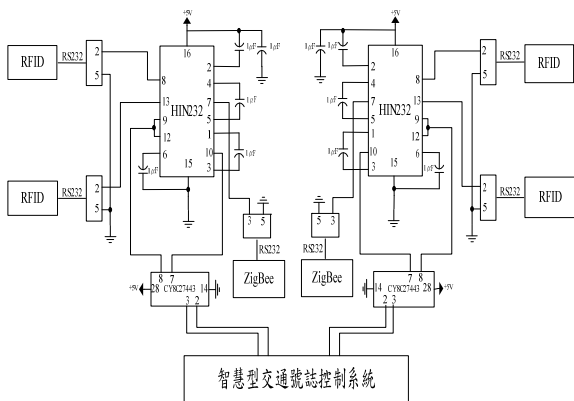


圖 5. 硬體電路圖

5. 智慧型交通流量之控制

在此，將介紹如何將可拓理論應用於交通系統之控制上，可拓理論係由蔡文教授於 1983 年提出 [6]，可拓學是研究事物的可拓性及事物開拓的規律與方法，用於處理矛盾問題，並且量化至計算機可處理之訊息。

5.1 可拓理論

為了解決矛盾問題過程中之定量化，並可用計算機處理矛盾問題，故須藉由可拓學來建立相對應之定化工具，如可拓數學之基礎就是可拓集合理論 [6,10]，它包括可拓集合、關聯函數與可拓關係。就古典數學而言，在解決問題過程中乃需建構數學模型，而可拓數學亦不例外。一般物元模型即為應用於可拓之數學模型，其定義如式(1)所示。

$$R = (N, c, v) \quad (1)$$

其中 R 是描述事物的基本元，亦稱作物元 (Matter Element)， N 代表事物的名稱 (Name)， c 為事物的特徵 (Characteristic)，而 v 為事物的特徵值 (Value)。

物元理論中，物元 R 亦可為多維物元，物元陣列裡有特徵向量 $C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ 以及相對應的量值相量 $V = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ ，如式(2)所示。

$$R = (N, c, v) = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

然而每個特徵所對應的特徵值可為一個點或者是一個範圍。因此，若特徵值為一範圍時，可稱此範圍為經典域，其中經典域是被包含在一節域內，例如：長度的節域範圍為 $(0, +\infty)$ ，那紙張的長度 $(0, 50m)$ 即在長度節域內之經典域。

5.2 關聯函數

當可拓集合的元素是物元時，就成了物元可拓集。將值與量結合在一起進行研究，定量的描述事物的變化與性質程度的變化關係。為了建立實軸上關聯函數的計算公式，將實變函數中距離的概念擴展為“距”。在關聯函數中，距的概念為在實域 $(-\infty, +\infty)$ 中，若 x 為某區間 $X_0 = \langle i, j \rangle$ 中一點，則可利用式(3)計算其距為

$$\rho(x, X_0) = \left| x - \frac{i+j}{2} \right| - \frac{1}{2}(j-i) \quad (3)$$

而古典數學與可拓學距的觀念中，古典數學的距是 x 到 X_0 區間之距離 d ，當 x 落在 X_0 區間， x 到 X_0 的距皆為 0。而可拓學的距 ρ 的定義則是當

x 落於 X_0 區間時，可拓距 ρ 卻會是負值。圖 6 為點與區間在古典數學及可拓數學之繪圖。

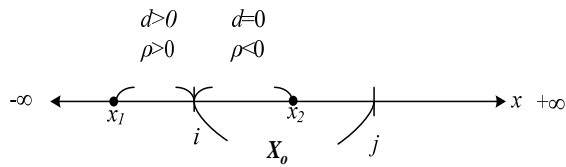


圖 6. 點與區間在古典數學及可拓數學示意圖

而在解決問題時，除了考慮點在區間內的距離的位置關係外，還需考慮點在兩區間內的位置關係，其所計算的位置值可以描述點在兩區間的關係。假設兩區間 $X_0 = \langle i, j \rangle$ 與 $X = \langle k, l \rangle$ ，其中 $X_0 \in X$ ，則 x 在兩區間 X 、 X_0 間的表示式如式(4)所示，而圖 7 則為示意圖

$$D(x, X_0, X) = \begin{cases} \rho(x, X) - \rho(x, X_0) & x \notin X_0 \\ -1 & x \in X_0 \end{cases} \quad (4)$$

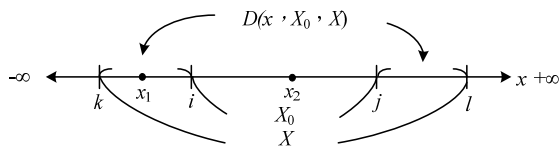


圖 7. 點 x 在兩區間 X_0 與 X 內之示意圖

在有了距與位值的觀念後，將距除以位值後組成的函數為初等關聯函數，如式(5)所示，其初等關聯函數之曲線圖如圖 8 所示。

$$K(x) = \frac{\rho(x, X_0)}{D(x, X_0, X)} \quad (5)$$

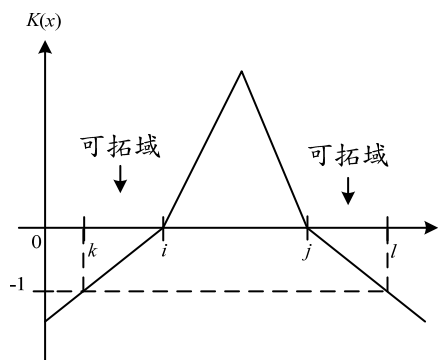


圖 8. 初等關聯函數曲線圖

由圖 8 可得知，若 $K(x) > 0$ ，代表 x 在 X_0 區間內，若 $K(x) < -1$ ，代表 x 不在兩區間內，若 $-1 \leq K(x) \leq 0$ ，表示 x 點在 X 區間內。在可拓域中，可藉由條件變換，將 x 歸屬在 X_0 區間範圍內。

5.3 可拓物元模型之建立

本文以裝設於路口之 RFID 所蒐集的交通流量資料，大致將交通參數分為三項：

1. 車流量：即為通過一個週期時制計畫的車輛數，藉此可了解路段之運行狀況。
2. 車速：單一車輛通過偵測器的時間，由此可了解路段之平均速率。
3. 佔有率：車子的流量數以及通過偵測器之時間，由此可了解路段之車輛密度狀況。

然而可透過車流量與車速之參數了解佔有率，故本文即採用車速與佔有率作為物元模型之特徵，因此定義出本文之交通號誌流量之物元模型如式(6)。

$$\text{交通物元模型} = \begin{bmatrix} TF_1, & c_1, & V_1 \\ & c_2, & V_2 \\ & c_3, & V_3 \\ & c_4, & V_4 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中 c_1 、 c_3 代表主線及支線之車輛於綠燈週期內通過路口之秒數佔綠燈週期時間之百分比，再乘上最大綠燈週期時間，而 c_2 、 c_4 代表主線與支線於綠燈週期內車子通過偵測器之車輛數乘上綠燈週期下之車子通過偵測器時間的百分比，其定義分別如式(7)及式(8)所示，而 $V_1 \sim V_4$ 則分別為四個特徵之範圍值(即經典域)。

$$c_1, c_3 = \frac{\Delta \text{車輛通過路口秒數}}{\text{測量時綠燈週期時間}} \times \text{最大綠燈週期時間} \quad (7)$$

$$c_2, c_4 = \frac{\Delta \text{車輛通過路口秒數}}{\text{測量時綠燈週期時間}} \times \text{車輛通過路口數量} \quad (8)$$

由式(7)可計算不同綠燈週期下於最大綠燈週期下之秒數，藉此了解車子之車速，若車速越快即代表通過時間越短，亦代表此時車流量較低。以式(8)計算之車輛佔有率，當數字越高時，代表目前為高流量且可能處於塞車狀態。在此，將交通流量區分成高流量、中流量及低流量 3 種類別，並配合主、支線之組合，可建立起 9 種流量狀況，分別為：

- TF_1 ：主線車流量大，支線車流量大。
- TF_2 ：主線車流量大，支線車流量中。
- TF_3 ：主線車流量大，支線車流量小。
- TF_4 ：主線車流量中，支線車流量大。
- TF_5 ：主線車流量中，支線車流量中。
- TF_6 ：主線車流量中，支線車流量小。
- TF_7 ：主線車流量小，支線車流量大。
- TF_8 ：主線車流量小，支線車流量中。
- TF_9 ：主線車流量小，支線車流量小。

透過 RFID 感測器偵測在不同流量下之車流量資料，並分別記錄車輛通過路口時之車子數量以及

於綠燈週期下所有車輛通過路口之時間，並以不同長短之綠燈時間作測試，進而透過式(7)及式(8)可推算出特徵值，將記錄資料整理後，即可建立出各類別之物元模型的經典域及節域，其9個類別之物元模型的經典域範圍，分別列於表1中。至於節域範圍則由所有類別之經典域範圍的最大值與最小值所建立，而為避免在端點處造成式(4)位值之計算錯誤，先將其最大值加0.1，而最小值減0.1後，將其表示於式(9)。

表 1 車流量之可拓物元模型

車流量	物元模型
TF_1	$R_{01} = \begin{bmatrix} N_{01} & c_1, < 4.0, 6.0 > \\ & c_2, < 0.5, 3.0 > \\ & c_3, < 4.0, 6.0 > \\ & c_4, < 0.5, 3.0 > \end{bmatrix}$
TF_2	$R_{02} = \begin{bmatrix} N_{02} & c_1, < 4.0, 6.0 > \\ & c_2, < 0.5, 3.0 > \\ & c_3, < 1.5, 4.0 > \\ & c_4, < 0.1, 0.5 > \end{bmatrix}$
TF_3	$R_{03} = \begin{bmatrix} N_{03} & c_1, < 4.0, 6.0 > \\ & c_2, < 0.5, 3.0 > \\ & c_3, < 0.0, 1.5 > \\ & c_4, < 0.0, 0.1 > \end{bmatrix}$
TF_4	$R_{04} = \begin{bmatrix} N_{04} & c_1, < 1.5, 4.0 > \\ & c_2, < 0.1, 0.5 > \\ & c_3, < 4.0, 6.0 > \\ & c_4, < 0.5, 3.0 > \end{bmatrix}$
TF_5	$R_{05} = \begin{bmatrix} N_{05} & c_1, < 1.5, 4.0 > \\ & c_2, < 0.1, 0.5 > \\ & c_3, < 1.5, 4.0 > \\ & c_4, < 0.1, 0.5 > \end{bmatrix}$
TF_6	$R_{06} = \begin{bmatrix} N_{06} & c_1, < 1.5, 4.0 > \\ & c_2, < 0.1, 0.5 > \\ & c_3, < 0.0, 4.5 > \\ & c_4, < 0.0, 0.1 > \end{bmatrix}$
TF_7	$R_{07} = \begin{bmatrix} N_{07} & c_1, < 0.0, 1.5 > \\ & c_2, < 0.0, 0.1 > \\ & c_3, < 4.0, 6.0 > \\ & c_4, < 0.5, 3.0 > \end{bmatrix}$
TF_8	$R_{08} = \begin{bmatrix} N_{08} & c_1, < 0.0, 1.5 > \\ & c_2, < 0.0, 0.1 > \\ & c_3, < 1.5, 4.0 > \\ & c_4, < 0.1, 0.5 > \end{bmatrix}$
TF_9	$R_{09} = \begin{bmatrix} N_{09} & c_1, < 0.0, 1.5 > \\ & c_2, < 0.0, 0.1 > \\ & c_3, < 0.0, 1.5 > \\ & c_4, < 0.0, 0.1 > \end{bmatrix}$

$$R_{TF} = \begin{bmatrix} N_{TF}, & c_1, < -0.1, 6.1 > \\ & c_2, < -0.1, 3.1 > \\ & c_3, < -0.1, 6.1 > \\ & c_4, < -0.1, 3.1 > \end{bmatrix} \quad (9)$$

6. 實測結果

6.1 交通號誌燈控制模擬系統

為驗證植基於 RFID 與 ZigBee 之智慧型交通號誌控制的可行性，建構一如圖 9 所示之交通流量模擬系統示意圖。首先利用壓克力模型建立出十字路口，並於十字路口分別擺設小型 LED 燈用來模擬十字路口之交通號誌燈，且在信號燈前加上 RFID，用以監測路口車流量，將資料傳輸至 PSoC 判斷後，再利用 ZigBee 對車流量進行遠端監控，而流動之車輛則運用直流馬達軸以皮帶帶動軌跡移動，並在皮帶上分別以不同等距黏貼上魔鬼粘膠布，再將汽車模型黏貼上。當馬達運轉時透過皮帶帶動車道，移動汽車模型，汽車模型黏貼間距密度，則可隨所需之車流量進行黏貼，其交通流量控制實體圖如圖 10 所示。

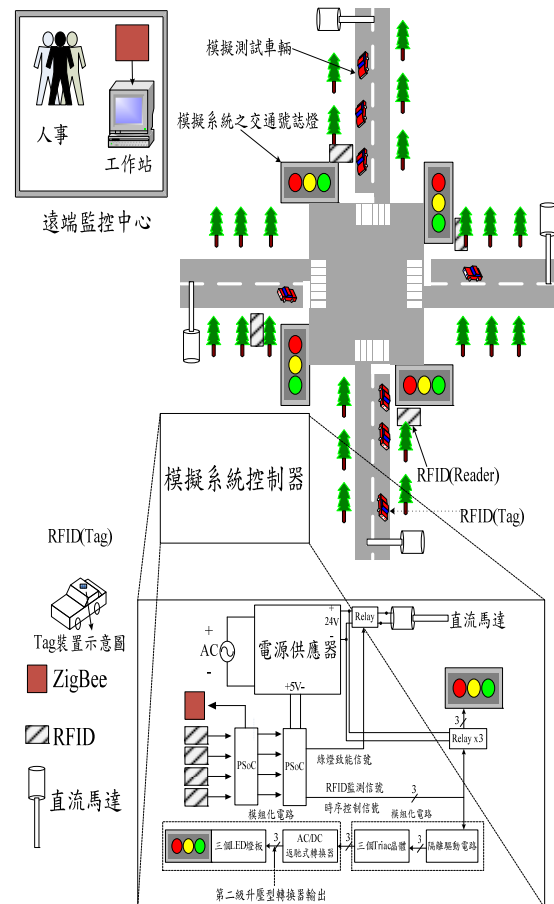


圖 9. 交通號誌燈控制模擬系統示意圖



圖 10. 所研製之交通號誌流量控制模擬的實體圖

利用 ZigBee 進行遠端即時監控時，可在電腦螢幕直接顯示各路口方向及車輛身分，其螢幕之顯示如圖 11 所示。

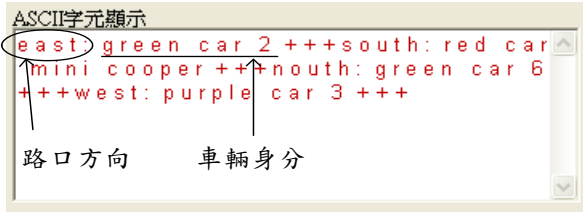


圖 11. 電腦端監控路口經過車輛之顯示畫面

6.2 智慧型流量控制

為驗證所提車流量判斷法技術之可行性，分別建立可拓物元模型，而智慧型流量控制必須能隨著不同車流量而微調其綠燈週期之秒數。當然利用可拓方法，同樣可透過辨識結果之關聯度及可拓距離計算其所代表之綠燈時間，故分別以可拓進行綠燈時間之決定以控制交通流量。

可拓數學應用於車流量之判斷，其所需之控制演算程式如下：

- 步驟 1：建立各車流量類別的可拓物元模型之經典域與式(9)之節域。
- 步驟 2：讀取交通流量量測所得之各特徵值資料。
- 步驟 3：計算車流量關聯函數值，以求得交通號誌流量類別之關聯度，而為使關聯度之最大值为 1，故將式(4)修正為式(10)。

$$D(x, X_0, X) = \begin{cases} \frac{\rho(x, X) - \rho(x, X_0)}{|j-i|} & x \notin X_0 \\ -\frac{|j-i|}{2} & x \in X_0 \end{cases} \quad (10)$$

其中 j, i 分別為各類別經典域之上下限，再將式(10)代入式(5)可得式(11)。

$$K(x) = \begin{cases} \frac{\rho(x, X_0)}{\rho(x, X) - \rho(x, X_0)} & x \notin X_0 \\ \frac{-\rho(x, X_0)}{\frac{|j-i|}{2}} & x \in X_0 \end{cases} \quad (11)$$

步驟 4：依據各關聯函數值於車流量中之重要程度設定權係數 W_1, W_2, W_3, W_4 ，因各特徵一樣的重要，因此本文選擇其權重係數各為 0.25。

步驟 5：計算各車流量之關聯程度，如式(12)。

$$\lambda = K_1 \times W_1 + K_2 \times W_2 + K_3 \times W_3 + K_4 \times W_4 \quad (12)$$

步驟 6：由類別關聯度最大值判定交通流量之類別，其判定式如式(13)。

$$\text{Max}(\lambda_T) \Rightarrow TF_n = TF_T \quad (13)$$

若經判別其主要之車流量類別為 TF_T ，其車流量類別之屬性與其交通流量類型關聯度有關，一般而言關聯度值越大者，表示該交通流量類別發生之機率越高。然而透過可拓方法辨識出之交通流量狀況，若綠燈時間僅配合所辨識出來之狀況來定秒數的話，這與定時制方式僅有微量之調整沒有太大差異。因此，為達到真正之智慧型交通流量控制，本文透過所計算之關聯度來調整計算綠燈之時間，其計算方法可用式(14)代入。

$$G_{time}^* = G_{time,r} + (G_{time,n} - G_{time,r}) \times (1 - \lambda_r) \quad (14)$$

其中 G_{time}^* 代表下次綠燈時間， $G_{time,r}$ 代表所辨識之車流量的基本秒數，而 $G_{time,n}$ 代表鄰近類別之車流量的基本秒數， λ_r 為所辨識類別之關聯度。而車流量之基本秒數分為高、中與低三種流量，其綠燈週期時間分別為 $GH_n=25$ 秒、 $GM_n=15$ 秒與 $GL_n=8$ 秒，此秒數之定義則可由路口之大小決定，因本文於測試時採吾人所建立之模擬系統，並為了能快速擷取路口資料，因此所定義之綠燈秒數將會小於實際路口之秒數。而採用關聯度 λ_r 來調整綠燈時間，可增加綠燈時間的靈敏度，因所辨識出來之關聯度可用以了解其與辨識類別之關聯程度，且可透過最大關聯度之類別(所辨識出之類別)與第二大關聯度之類別(即鄰近類別)了解目前流量可能接近於哪種類別，例如若辨識類別與鄰近類別之關聯度相當接近時，代表著兩種類別皆可能發生。接著吾人任意選取如表 2 所列之 9 筆欲測試類別之相關車流量參數作測試，其測試結果整理於表 3。表 3 中之關聯度計算，可由表 1、式(9)、式(11) 及式(12)求得。例如第 2 筆測試資料其所求得之關聯度屬於 TF_2 時為 0.434，該值係屬於所有類別中之最大值，代表測試序號 2 之資料所辨識之類別為 TF_2 ，而關

聯度第二大值(0.166)之類別為 TF₅，故其為鄰近之類別。而 TF₂之流量類別為主線流量大、支線流量中，TF₅類別為主線流量中、支線流量中，故由上可得支線流量目前處於中流量，而主線則位於大流量與中流量之間，故代入式(14)可求得下次主線及支線之綠燈秒數分別為式(15)及(16)所示。

$$G_{time,主線}^* = 25 + (15 - 25) \times (1 - 0.434) = 19 \quad (15)$$

$$G_{time,支線}^* = 15 + (15 - 15) \times (1 - 0.434) = 15 \quad (16)$$

由以上所述，可明顯看出藉由關聯度之計算，可有效調整不同流量下之交通號誌之綠燈秒數，並可作微調。

表 2 可拓車流量判斷法之測試資料

測試序號	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄
1(TF ₁)	5.75	0.78	5.96	1.64
2(TF ₂)	4.77	0.49	3.71	0.25
3(TF ₃)	5.42	2.73	0.08	0.05
4(TF ₄)	2.85	0.48	4.14	2.65
5(TF ₅)	2.42	0.24	2.29	0.32
6(TF ₆)	2.73	0.17	0.15	0.07
7(TF ₇)	1.33	0.05	5.12	1.45
8(TF ₈)	0.32	0.04	3.99	0.33
9(TF ₉)	0.17	0.09	0.08	0.08

表 3 可拓車流量類別辨識結果

測試序號	車流量類別之關聯度								
	TF ₁	TF ₂	TF ₃	TF ₄	TF ₅	TF ₆	TF ₇	TF ₈	TF ₉
1	0.357	-0.22	-0.25	0.03	-0.61	-0.64	-0.10	-0.68	-0.71
2	0.057	0.434	-0.01	-0.21	0.166	-0.27	-0.41	-0.03	-0.47
3	-0.23	-0.09	0.476	-0.81	-0.67	-0.11	-0.86	-0.72	-0.16
4	0.027	-0.31	-0.43	0.360	0.032	-0.10	-0.07	-0.40	-0.53
5	-0.38	0.178	-0.35	0.180	0.742	0.211	-0.32	0.243	-0.29
6	-0.63	-0.46	-0.02	-0.08	0.085	0.534	-0.54	-0.38	0.073
7	0.060	-0.58	-0.66	0.321	-0.32	-0.40	0.717	0.078	-0.01
8	-0.49	-0.21	-0.64	-0.33	-0.05	-0.48	0.235	0.521	0.084
9	-0.82	-0.65	-0.28	-0.63	-0.47	-0.09	-0.31	-0.14	0.233

■：辨識出之類別；□：鄰近類別

7. 結論

本文所提之植基於 RFID 與 ZigBee 之交通號誌控制系統具有準確偵測車流量及遠端無線傳輸之功能。而所偵測之交通流量分成綠燈時間內通過之車輛數與車輛通過之秒數兩筆資料，將此兩筆資料傳至 PSoC 以可拓方法進行判斷當時車流量之類型，進而調整所對應交通號誌時序，可確實調控交通流量。

參考文獻

- [1] 林豐福等，都市交通號誌全動態控制邏輯模式之研究(I)，初版，交通部運輸研究所，民國 83 年，台北。
- [2] Klaus Finkenzeller, 吳曉峰, 陳大才譯, RFID 手冊—無線智慧卡與識別卡之基礎與應用，第三版，全華科技圖書，2007，台北。
- [3] 陳順瑞，RFID 概論與應用，第三版，全華科技圖書，2009，台北。
- [4] 曾煜棋，潘孟鉉，林致宇，無線區域及個人網路—隨意及感測器網路之技術與應用，知城圖書，2007，台北。
- [5] 盛暘科技股份有限公司，FT-6260: 高功率 ZigBee Mesh 快速開發套件使用手冊，http://www.surewin.com.tw/docs/WSN/FT-6200-Lite_Deluxe.pdf
- [6] 蔡文、陽春燕、林傳初，可拓工程方法，全華科技圖書，1987，台灣。
- [7] J. Morar and D. Ibrahim, "Development of the Urban Traffic Control System for London-TCAM," *Tenth International Conference on Road Transport Information and Control*, pp. 163-166, 4-6 Apr. 2000.
- [8] G. Pesti, M. M. Abbas, and N. Chaudhary, "Traffic State Classification in Condition-Responsive Traffic Control," *11th International Conference on Intelligent Engineering System*, pp. 33-37, 29 June-2 July 2007.
- [9] The CY3202-C Compiler is Fully Integrated Into PSoC Designer(TM), July 21 2004.
- [10] M. H. Wang, "Application of Extension Theory to Vibration Fault Diagnosis of Generator Sets," *IEE Proceedings: Generation Transmission and Distribution*, Vol. 151, No. 4, pp. 503-508, July 2004.