

96-117-6124

MOTC-IOT-95-TDB004

協助交通資訊蒐集之無線射頻識別 (RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)

著者：涂元光、毛治國、王景弘、李肇浩、董聖龍、鄧陳興、
李永駿、紀百晉、黃運貴、黃新薰、張芳旭、陳國岳

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 9 月

國家圖書館出版品預行編目資料

協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究. (2/2) / 涂元光等著. --
初版. -- 臺北市：交通部運研所，民96.09
面；公分

ISBN 978-986-01-1061-6(平裝)

1. 交通管理 2. 運輸系統 3. 無線射頻辨識系統

557.33029

96018885

協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)

著者：涂元光、毛治國、王景弘、李肇浩、董聖龍、鄧陳興、李永駿、
紀百晉、黃運貴、黃新薰、張芳旭、陳國岳

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 96 年 9 月

印刷者：福島實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書坊台視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1・電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1009602297 ISBN：978-986-01-1061-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-1061-6（平裝）	政府出版品統一編號 1009602297	運輸研究所出版品編號 96-117-6124	計畫編號 95-TDB004
本所主辦單位：綜合技術組 主管：黃運貴 計畫主持人：黃運貴 研究人員：黃新薰、張芳旭、 陳國岳 聯絡電話：(02) 2349-6867 傳真號碼：(02) 2712-0223	合作研究單位：中華電信研究所 計畫主持人：涂元光 研究人員：毛治國、王景弘、李肇浩、董聖龍、 鄧陳興、李永駿、紀百晉。 地址：桃園縣楊梅鎮民族路5段551巷12號 聯絡電話：(03) 424-4535		研究期間 自 95 年 02 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：無線射頻識別(RFID)、電子標籤、交通資訊、智慧型運輸系統、實地測試			
<p>摘要：</p> <p>本研究於第 1 年期的研究內容在於評估分析以無線射頻識別(RFID)電子標籤技術協助交通資訊蒐集之可行性，並初步針對推動時之成本效益進行分析，進而研擬相關後續之測試計畫。本年期工作內容則主要依據第 1 年期之研究成果，於實際道路環境佈設 RFID 設備，進行流量、佔有率、平均速度、旅行時間、車種分類及停止車輛等交通資訊參數蒐集之測試計畫，並進行事後之驗證評估。驗證資料係採錄影方式蒐集，再以人工方式與實測資料進行比對驗證，以期了解 RFID 技術作為交通參數蒐集方式於不同測試情境的準確性；並藉由測試過程的執行，進行 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之檢討，分析評估後續推廣之實用性。主要工作項目包含：(1)選定示範測試對象、技術、程序、參與人員與範圍；(2)示範測試細部研究設計；(3)示範測試系統之實驗室測試；(4)示範測試系統之安裝與實地測試；(5)示範測試系統之維運及資料蒐集；(6)示範測試系統之績效評估與檢討；(7)探討 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展等；(8)研擬策略規劃及後續推動配套措施；(9)舉辦專家學者座談會及研究成果說明會。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 9 月	296	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密【限】條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: The application research of RFID Electronic Tag for helping the collection of traffic information (phase II)			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-01-1061-6 (pbk.)	1009602297	96-117-6124	95-TDB004
DIVISION: Interdisciplinary Research Division DIVISION DIRECTOR: Yung-Kuei Huang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Kuei Huang PROJECT STAFF: Hsin-Hsun Huang, Foun-Shea Chang, Kao-Yueh, Chen PHONE: (02) 2349-6867 FAX: (02) 2712-0223			PROJECT PERIOD FROM February 2006 TO December 2006
RESEARCH AGENCY: ChungWha Telecom Labs. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yuan-Kuang Tu PROJECT STAFF: Chi-Kuo Mao, Ching-Hung Wang, Chao-Hao Lee, Sheng-Lung Tung, Shing Tenqchen, Yong-Chun Lee, Pai-Chin Chi. ADDRESS: 12, LN 551, SEC 5, Ming-Tsu RD, Yang-Mei Zien, TaoYuan County, Taiwan 326,ROC PHONE: (03) 424-4535			
KEY WORDS: Radio Frequency Identification, Electronic Tag, Traffic Information, Intelligent Transportation Systems, Field Test.			
ABSTRACT: This research examined the practicability of collecting traffic information by means of Radio Frequency Identification (RFID) technique, implemented preliminary benefit-cost analysis and proposed corresponding field test project in the first year. Following the former achievements, applicable RFID facilities are installed on the field during this year. The traffic information including flow rate, occupancy, time mean speed, travel time, vehicle classification and stop-vehicle are collected and compared to the corresponding value recorded by cameras and evaluated manually. By verifying the accuracy in different test scenarios, the performance of RFID technique applied in traffic information collection is well-examined and corresponding policies and supplement strategies of implementation are proposed. The main research topics include the followings: (1) To formulate the RFID field test system including target, technique(equipments and facilities), procedure, members and scope ; (2) To have the RFID field test system strictly designed ; (3)To conduct laboratory test of the RFID field test system ; (4) To set up and operate the RFID field test system ; (5) To maintain the RFID field test system and collect traffic information ; (6) To evaluate and examine the performance of RFID field test system ; (7) To analyze the directions, trend, market, issues and development of standards of RFID technique applied in transportation ; (8) To propose corresponding policies and supplement strategies of implementation ; (9) To hold the mid-term and final symposiums.			
DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
September.2007	294	100	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

第一章 緒論.....	1-1
1.1 研究背景與目的	1-1
1.2 研究範圍與對象	1-2
1.3 研究內容	1-3
1.4 研究流程	1-4
第二章 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之發展與回顧	2-1
2.1 射頻識別技術回顧	2-1
2.1.1 RFID 系統架構	2-2
2.1.2 RFID 系統運作原理	2-2
2.1.3 RFID 分類	2-4
2.1.4 RFID 的挑戰	2-8
2.2 射頻識別與車輛偵測器之比較分析	2-11
2.2.1 主要之車輛偵測器	2-11
2.2.2 射頻識別與車輛偵測器之比較	2-15
2.3 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之個案回顧	2-22
2.3.1 旅行時間資訊蒐集的應用	2-22
2.3.2 結合偵測器之交通參數蒐集的應用	2-28
2.3.3 鐵路及公車等大眾運具的應用	2-29
2.4 小結	2-33
2.4.1 RFID 與車輛偵測器之整合應用	2-33
2.4.1 RFID 應用實例的借鏡	2-34
第三章 示範測試系統之實驗室測試	3-1
3.1 RFID 通訊測試與設備選擇	3-1
3.1.1 金屬用被動式 RFID 電子標籤 4W 及 EIRP 4W 讀取器測試.....	3-3
3.1.2 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 2W	3-4
3.1.3 玻璃用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W	3-4
3.1.4 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(一).....	3-5
3.1.5 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(二).....	3-6
3.1.6 測試結果分析	3-7
3.1.7 示範公車專用道 RFID 系統之選擇	3-7
3.2 RFID 讀取器與標籤產品規格	3-11
3.3 通訊區場型實驗測試設計與分析	3-14

3.3.1 高樓頂 RFID 通訊區靜態測試	3-15
3.3.2 戶外輻射量測場 RFID 通訊區靜態測試	3-19
3.3.3 動態車速的量測	3-24
3.3.4 RFID 讀取器/電子標籤相互通訊區差異測試	3-26
3.4 示範測試系統整合測試	3-28
3.4.1 測試結果與分析	3-29
3.4.2 結果分析	3-35
3.5 小結	3-36
第四章 示範測試系統之細部設計與建置	4-1
4.1 示範測試系統架構	4-1
4.1.1 測試地點與系統建置	4-2
4.1.2 測試車輛	4-2
4.1.3 測試環境設定	4-3
4.1.4 測試設備安裝規劃	4-4
4.2 RFID 中介軟體設計	4-7
4.2.1 應用於蒐集交通資訊之 RFID 中介軟體架構	4-7
4.2.2 RFID 中介軟體對應之硬體介面	4-8
4.2.3 RFID 中介軟體之資料流	4-9
4.2.4 後端資訊系統設計架構	4-10
4.2.5 交通參數即時監控與查詢	4-12
4.3 交通參數計算	4-15
4.3.1 測試值交通參數計算	4-16
4.3.2 對照值交通參數計算	4-19
4.4 資料驗證方法	4-22
4.4.1 資料計算	4-22
4.4.2 效果分析	4-27
4.5 實地建置情形	4-28
4.5.1 佈設方式	4-28
4.5.2 現地情況	4-30
第五章 示範測試系統之績效評估與檢討	5-1
5.1 初期測試及誤差分析	5-1
5.1.1 初期測試	5-1
5.1.2 誤差分析	5-3
5.1.3 誤差補償	5-15

5.2 資料驗證	5-19
5.2.1 第一次測試結果（陰天情境）.....	5-19
5.2.2 第二次測試結果（晴天情境）.....	5-28
5.2.3 第三次測試結果（雨天情境）.....	5-38
5.2.4 綜合比較分析	5-47
5.3 小車補充測試	5-52
5.4 可能誤差檢討	5-56
第六章 RFID 技術於運輸部門之應用分析與後續推動規劃	6-1
6.1 RFID 於運輸部門之應用功能分析	6-1
6.1.1 RFID 於交通資訊蒐集之偵測特性	6-1
6.1.2 RFID 於交通資訊蒐集的應用	6-3
6.2 RFID 應用於交通資訊蒐集之系統架構規劃	6-8
6.2.1 RFID 種類應用於交通運輸的規劃	6-8
6.2.2 RFID 安裝架構應用於交通運輸的規劃	6-9
6.2.3 RFID 系統架構應用於交通運輸的規劃	6-11
6.3 RFID 應用於交通資訊蒐集之成本效益與 SWOT 分析	6-11
6.4 RFID 應用於交通資訊蒐集之相關課題檢討	6-16
6.4.1 隱私權處理	6-16
6.4.2 標準發展	6-17
6.5 RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施規劃	6-19
6.5.1 推動策略規劃	6-19
6.5.2 配合措施規劃	6-22
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論	7-1
7.2 建議	7-4
參考文獻	
附錄 1 現場測試事前協調會及現勘會議紀錄	
附錄 2 期中專家學者座談會意見辦理情形回覆表	
附錄 3 期中報告審查會議意見辦理情形回覆表	
附錄 4 期末專家學者座談會意見辦理情形回覆表	
附錄 5 期末報告審查會議意見辦理情形回覆表	
附錄 6 計畫摘要	
附錄 7 期末簡報	

圖目錄

圖 1.1 RFID 技術蒐集交通資訊系統架構圖	1-2
圖 1.2 本年期計畫研究流程圖	1-5
圖 2.1 RFID 系統架構圖	2-2
圖 2.2 射頻識別通訊運作原理	2-3
圖 2.3 全球的無線辨識系統所使用的頻段	2-5
圖 2.4 環路線圈式車輛偵測器	2-12
圖 2.5 超音波式車輛偵測器示意圖（高架上空式）	2-13
圖 2.6 微波雷達車輛偵測器示意圖	2-14
圖 2.7 影像式車輛偵測器示意圖	2-15
圖 2.8 佛羅里達州高速公路旅行時間計畫使用之電子標籤與讀取器	2-23
圖 2.9 佛羅里達州高速公路旅行時間計畫使用之路況資訊網站	2-24
圖 2.10 Transtar 旅行時間蒐集計畫使用之電子標籤與讀取器	2-25
圖 2.11 Transtar 旅行時間蒐集系統概念圖	2-26
圖 2.12 桃園交控案之 RFID 設備設置地點示意圖	2-27
圖 2.13 桃園交控案之 RFID 設備實景圖	2-28
圖 2.14 柏林交通資訊蒐集計畫 RFID 架構圖	2-29
圖 2.15 英國愛丁堡市公共汽車優先通行系統	2-30
圖 2.16 丹麥 Oestbanen 鐵路平交道應用 RFID 技術之號誌控制系統	2-31
圖 2.17 丹麥 Oestbanen 鐵路平交道控制實景	2-31
圖 2.18 丹麥 Nærumbane 火車定位追蹤系統架構	2-32
圖 3.1 路側式安裝測試	3-3
圖 3.2 Wi-Fi 頻道配置	3-10
圖 3.3 低功率射頻電機型式認證證明	3-11
圖 3.4 最大通訊區大小	3-13
圖 3.5 水平通訊輻射場型	3-14
圖 3.6 垂直通訊輻射場型	3-14
圖 3.7 手推車模擬測試場景	3-15
圖 3.8 測試結果之左右兩面通訊區範圍	3-19
圖 3.9 戶外輻射量測場實景	3-20
圖 3.10 不同高度的通訊區範圍	3-23
圖 3.11 平面測試之通訊區	3-24
圖 3.12 多個讀取器/電子標籤通訊區	3-27
圖 3.13 測試車道 RFID 讀取器與測試車輛 RFID Tag 安裝圖	3-28

圖 3.14 測試車道整合測試實景.....	3-28
圖 3.15 RFID 讀取器 Relay hold time 時序圖	3-31
圖 3.16 RFID 讀取器 repeat time 時序圖.....	3-31
圖 4.1 示範測試系統之系統架構圖.....	4-1
圖 4.2 公車專用道建置示意圖.....	4-2
圖 4.3 測量基準線設置示意圖.....	4-4
圖 4.4 讀取器蒐集交通參數設計示意圖.....	4-5
圖 4.5 RFID 讀取器安裝設計圖	4-5
圖 4.6 電子標籤黏貼方式.....	4-6
圖 4.7 電子標籤黏貼情況.....	4-6
圖 4.8 蒐集交通資訊應用之 RFID 中介軟體功能架構	4-8
圖 4.9 蒐集交通資訊應用系統架構介面圖.....	4-9
圖 4.10 蒐集交通資訊 RFID 中介軟體流程	4-10
圖 4.11 後端資訊系統設計架構圖.....	4-11
圖 4.12 後端資訊系統程式設計流程圖.....	4-12
圖 4.13 即時監控網頁.....	4-13
圖 4.14 單獨 RFID 讀取器之交通參數檢視	4-14
圖 4.15 讀取器 2-3 區段上之交通參數檢視	4-14
圖 4.16 交通參數計算讀取時間示意圖.....	4-16
圖 4.17 測量數值示意圖.....	4-23
圖 4.18 示範測試計畫測試地點、讀取器與攝影機安裝地點表示圖.....	4-28
圖 4.19 路側設備(讀取器)架設位置.....	4-29
圖 4.20 讀取器架設示意圖.....	4-30
圖 4.21 現地資料蒐集與資料判讀情況.....	4-30
圖 5.1 初期測試(第 2 次)之測量速度分佈	5-3
圖 5.2 交通參數計算讀取時間示意圖.....	5-4
圖 5.3 單讀取器與單標籤之距離誤差.....	5-6
圖 5.4 單讀取器與單標籤之時間量測誤差.....	5-8
圖 5.5 單讀取器與雙標籤之距離誤差.....	5-10
圖 5.6 單讀取器與雙標籤之時間量測誤差.....	5-11
圖 5.7 雙讀取器與單標籤之距離量測誤差.....	5-13
圖 5.8 雙讀取器與單標籤之時間量測誤差.....	5-14
圖 5.9 速度誤差因素與速度誤差率關係圖.....	5-16
圖 5.10 距離誤差補償與時間誤差補償結果比較.....	5-17

圖 5.11 95/10/04 測試結果與補償修正比較圖	5-18
圖 5.12 陰天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-21
圖 5.13 陰天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-21
圖 5.14 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-22
圖 5.15 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-22
圖 5.16 陰天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-24
圖 5.17 陰天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-24
圖 5.18 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-25
圖 5.19 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-25
圖 5.20 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖.....	5-27
圖 5.21 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖.....	5-27
圖 5.22 晴天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-31
圖 5.23 晴天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-31
圖 5.24 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-32
圖 5.25 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-32
圖 5.26 晴天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-34
圖 5.27 晴天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-34
圖 5.28 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-35
圖 5.29 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-35
圖 5.30 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖.....	5-37
圖 5.31 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖.....	5-37
圖 5.32 雨天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-40
圖 5.33 雨天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-40
圖 5.34 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖.....	5-41
圖 5.35 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖.....	5-41
圖 5.36 雨天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-43
圖 5.37 雨天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-43
圖 5.38 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖.....	5-44
圖 5.39 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖.....	5-44
圖 5.40 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖.....	5-46
圖 5.41 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖.....	5-46
圖 5.42 單電子標籤測試 RFID 讀取器與測試車輛 RFID Tag 安裝圖	5-52
圖 5.43 小型車輛於 RFID 技術交通資訊蒐集之應用整合測試實景	5-52
圖 5.44 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(一).....	5-54

圖 5.45 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(二).....	5-55
圖 5.46 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(三).....	5-55
圖 6.1 RFID 應用於禁行路線管理之概念圖	6-4
圖 6.2 RFID 應用於過磅管理之概念圖	6-5
圖 6.3 RFID 應用於優先號誌之概念圖	6-7
圖 6.4 RFID 應用於交通參數偵測之概念圖	6-7
圖 6.5 RFID 不同安裝架構示意圖	6-10
圖 6.6 RFID 國際技術發展現況及未來趨勢	6-18

表 目 錄

表 2.1 RFID 各頻段的範圍與應用	2-5
表 2.2 不同種類電子標籤比較表.....	2-8
表 2.3 射頻識別與車輛偵測器之比較分析表.....	2-20
表 2.3 射頻識別與車輛偵測器之比較分析表(續 1).....	2-21
表 2.4 RFID 與其他偵測器作截長補短之分析	2-33
表 2.4 RFID 與其他偵測器作截長補短之分析(續).....	2-34
表 2.5 利用 RFID 技術進行交通資訊蒐集的國內外案例	2-35
表 3.1 進行測試之各種 RFID 系統	3-2
表 3.2 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W 測試結果	3-4
表 3.3 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 2W 測試結果	3-4
表 3.4 玻璃用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W 測試結果	3-5
表 3.5 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(一)結果	3-6
表 3.6 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(二)結果	3-6
表 3.7 TRANSIT PS-270 規格	3-12
表 3.8 Heavy Duty Tag R/W 80 規格	3-12
表 3.9 多種模擬測試情境.....	3-16
表 3.9 多種模擬測試情境(續).....	3-17
表 3.10 戶外輻射量測場 RFID 通訊區靜態測試之測試情境	3-21
表 3.11 預估 $\pm 40^\circ$ 通訊區寬度的量測車速.....	3-25
表 3.12 預估固定 6 m 通訊區寬度的量測車速.....	3-26
表 3.13 第一次測試讀取 Reader 2 資料與運算結果	3-32
表 3.14 第一次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果	3-32
表 3.15 第二次測試讀取 Reader 2 資料與運算結果	3-33
表 3.16 第二次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果	3-33
表 3.17 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(一)	3-34
表 3.18 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(二)	3-34
表 3.19 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(三)	3-34
表 4.1 測量目標車輛總數與班距一覽表.....	4-3
表 4.2 資料屬性對應一覽表.....	4-3
表 4.3 交通參數定義比較表.....	4-15
表 4.4 單一讀取器交通參數計算式列表.....	4-17
表 4.5 雙讀取器交通參數計算式列表.....	4-18
表 4.6 單一讀取器交通參數輸出資料欄位表.....	4-19

表 4.7 區段交通參數輸出資料欄位表.....	4-19
表 4.8 RFID 示範測試計畫測量值與對照值獲得方式一覽表	4-20
表 4.9 交通參數的蒐集方式.....	4-20
表 4.9 交通參數的蒐集方式(續 1).....	4-21
表 4.9 交通參數的蒐集方式(續 2).....	4-22
表 4.10 交通參數計算方式.....	4-24
表 4.10 交通參數計算方式(續 1).....	4-25
表 4.10 交通參數計算方式(續 2).....	4-26
表 5.1 初期測試(第 1 次)結果列表.....	5-2
表 5.2 RFID 測速方式與誤差分析比較	5-14
表 5.3 修正測試速度補償結果列表.....	5-18
表 5.4 現地測試資料蒐集內容.....	5-19
表 5.5 陰天情境流量分析(5 分鐘平均).....	5-19
表 5.6 陰天情境平均速度分析(每輛車平均).....	5-20
表 5.7 陰天情境平均速度分析(5 分鐘平均).....	5-20
表 5.8 陰天情境旅行時間分析(每輛車平均).....	5-23
表 5.9 陰天情境旅行時間分析(5 分鐘平均).....	5-23
表 5.10 陰天情境佔有率分析(5 分鐘平均).....	5-26
表 5.11 陰天情境停止偵測分析.....	5-28
表 5.12 晴天情境流量分析(5 分鐘平均).....	5-29
表 5.13 晴天情境平均速度分析(每輛車平均).....	5-30
表 5.14 晴天情境平均速度分析(5 分鐘平均).....	5-30
表 5.15 晴天情境旅行時間分析(每輛車平均).....	5-33
表 5.16 晴天情境旅行時間分析(5 分鐘平均).....	5-33
表 5.17 晴天情境佔有率分析(5 分鐘平均).....	5-36
表 5.18 晴天情境停止偵測分析.....	5-38
表 5.19 雨天情境流量分析(5 分鐘平均).....	5-39
表 5.20 雨天情境平均速度分析(每輛車平均).....	5-39
表 5.21 雨天情境平均速度分析(5 分鐘平均).....	5-39
表 5.22 雨天情境旅行時間分析(每輛車平均).....	5-42
表 5.23 雨天情境旅行時間分析(5 分鐘平均).....	5-42
表 5.24 雨天情境佔有率分析(5 分鐘平均).....	5-45
表 5.25 雨天情境停止偵測分析.....	5-47
表 5.26 流量整合比較分析(5 分鐘平均).....	5-48

表 5.27 平均速度整合比較分析(每輛車平均).....	5-49
表 5.28 平均速度整合比較分析(5 分鐘平均).....	5-49
表 5.29 旅行時間整合比較分析(每輛車平均).....	5-50
表 5.30 旅行時間整合比較分析(5 分鐘平均).....	5-50
表 5.31 佔有率整合比較分析(5 分鐘平均).....	5-51
表 5.32 停止偵測整合比較分析.....	5-51
表 5.33 單 RFID 電子標籤與雙 RFID 讀取器測試結果分析	5-56
表 5.34 可能誤差檢討一覽表.....	5-58
表 6.1 RFID 技術與其他車輛偵測器之特性比較	6-1
表 6.1 RFID 技術與其他車輛偵測器之特性比較(續).....	6-2
表 6.2 RFID 於交通資訊蒐集上之應用方向	6-4
表 6.3 用於交通運輸之電子標籤比較表.....	6-8
表 6.4 RFID 技術與其他種車輛偵測器之建置成本比較	6-12
表 6.4 RFID 技術與其他種車輛偵測器之建置成本比較(續).....	6-13
表 6.5 RFID 系統與其他車輛偵測器之成本效益比較	6-14
表 6.6 RFID 應用於交通參數蒐集之 SWOT 分析	6-15
表 6.7 不同 RFID 相關標準及其應用範圍	6-18
表 6.8 RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施	6-24

第一章 緒論

本計畫係以 RFID 電子標籤技術為研究對象，探討其於協助交通資訊蒐集的可行性。以下就本計畫之研究背景與目的、研究範圍與對象、以及研究內容與流程等，說明本計畫之概要於後。

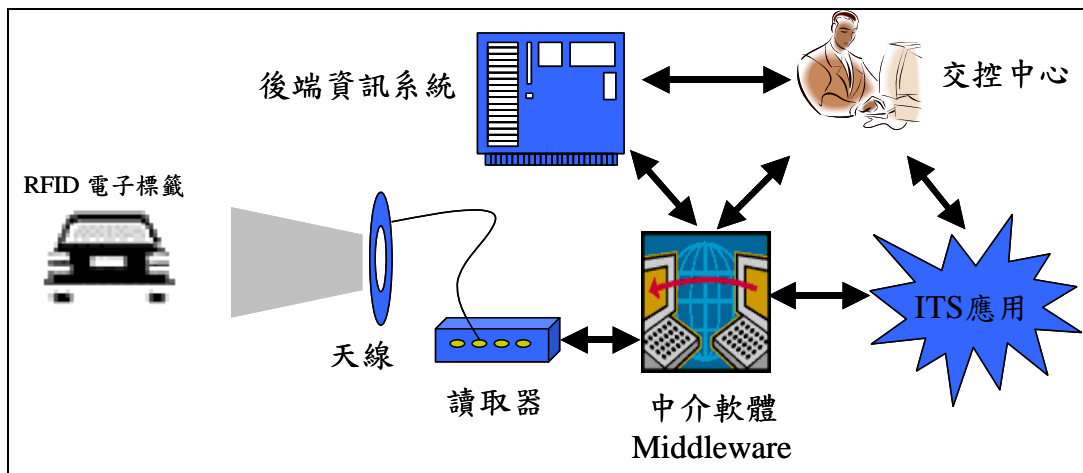
1.1 研究背景與目的

微軟公司創辦人比爾·蓋茲 (Bill Gates) 在他的著作—「數位神經系統」中引述麻省理工學院尼可拉斯·尼葛羅龐提(Nicholas Negroponte)的數位資訊的流動(the flow of digital information)觀點，說明了移動原子(物流、交通流)及移動位元(資訊流、金流)的基礎建設將是下一世紀人類文明最重要的里程碑，前者即為智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)，整合資訊、通信技術於交通管理做為移動原子(物流、交通流)之基石。後者即為寬頻網際網路(Broadband Internet)是移動位元(資訊流、金流)的基石。在智慧型運輸系統(ITS)中如何在物流、交通流中即時蒐集獲得相關交通資訊，進而整合資訊並提供即時增值服務，將是智慧型運輸系統成功與否之關鍵。

一般道路交通資訊的蒐集係藉由車輛偵測器來進行，亦即經由車輛偵測器蒐集流量、車速、佔有率等交通參數，進而提供交通控制中心利用。而近年來，由於通訊、資訊技術的進步，應用探偵車輛(Probe Cars)來蒐集交通參數也成為新的趨勢，亦即無論是射頻識別 (Radio Frequency Identification, RFID)、特定短距離通訊 (Dedicated Short Range Communication, DSRC)、以及整合全球定位系統(Global Positioning System, GPS)和整體封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)功能之車機等系統，都逐漸在交通資訊的蒐集上扮演重要的角色。而其中 RFID 電子標籤技術更被列為啟動 21 世紀的 10 大重要技術之一。

圖 1.1 為 RFID 蒐集交通資訊系統架構圖。簡言之，系統利用天線及讀取器偵測黏貼於車輛上之電子標籤，以得知車輛 ID 及通過時間等資訊，並經由中介軟體及後端資訊系統之處理，換算相關交通參數，提供交控中心

進行道路交通資訊發佈或是進行交控策略擬定時之參考。



資料來源：本研究整理。

圖 1.1 RFID 技術蒐集交通資訊系統架構圖

由於 RFID 電子標籤可以讀取、寫入、傳輸、儲存和評估有關產品、地點、時間以及交易的記錄和數據，因此現階段多應用於電子票證、物流倉管、電子收費，以及結合電子收費進行旅行時間資訊的蒐集等。至於以 RFID 電子標籤技術作為車輛偵測器進行流量、車速、佔有率等交通參數的蒐集，仍是一項嶄新且具挑戰性的應用研究。如何適當使用 RFID 技術蒐集交通資訊，以及 RFID 電子標籤是否適合應用在 ITS 中作為提供即時相關資訊即為本計畫之研究重點。

總結上述研究背景，本研究之研究目的主要包含以下 3 點：

1. 探討以 RFID 技術蒐集交通資訊的作法
2. 經由實地測試進行 RFID 技術可行性的評估與驗證
3. 研擬應用 RFID 技術於交通資訊蒐集的推動策略及措施

1.2 研究範圍與對象

本計畫為 2 年期計畫，於本年期(第 2 年期)工作計畫中，係於實際道路環境佈設 RFID 設備，進行流量、佔有率、平均速度、旅行時間、車種分類及車輛停止偵測等交通資訊參數蒐集之測試，並進行事後之驗證評估。驗證資料係採錄影方式蒐集，再以人工方式與實測資料進行比對驗證，以期了解 RFID 技術作為交通參數蒐集方式於不同測試情境的準確性；並藉由測

試過程的執行，進行 RFID 技術應用於交通資訊蒐集上的檢討，分析評估後續推廣之實用性。

基於 RFID 電子標籤於國內外皆有涉及隱私權保護的問題，為使示範測試計畫能夠順利執行，本研究決定以台北市行駛「公車專用道」之公車作為示範測試對象。

另外，目前 RFID 讀取器使用頻段範圍很廣，包括 433MHz 頻段之主動式 RFID、或者是 UHF 及 2.45GHz 頻段之主動/半主動 RFID 等。事實上無論何種頻段的讀取器，只要能夠符合系統規格要求，均可用於蒐集交通資訊。惟應考量是否符合國家通訊傳播委員會(原電信總局)規範、可適用車輛的速度、可讀取距離、可使用年限、干擾問題及讀取率準確度等因素，以評選較合適的 RFID 讀取器與電子標籤。不過由於國內應用 RFID 系統於交通資訊蒐集之市場規模尚待開發，因此目前市面上適合用於蒐集交通資訊之 RFID 產品種類其實不多。是故本研究囿於計畫經費的限制，僅針對目前國內可採購之 RFID 系統進行測試，經評選後選擇 2.45GHz 頻段之半主動式 RFID 設備作為本研究之測試對象。

1.3 研究內容

本研究於第 1 年期的研究內容在於評估分析以射頻識別電子標籤協助交通資訊蒐集之可行性，並初步針對推動時之成本效益進行分析，進而研擬相關後續之測試計畫。主要完成之工作成果整理如下所述：

- 1.針對 RFID 之功能特性，定義出與一般車輛偵測器常用之交通參數，同時提出相關交通參數之操作定義，作為示範測試計畫計算相關交通參數的依據
- 2.依據 ITS 之發展領域，分析評估 RFID 電子標籤可能之應用方式。
- 3.初步針對不同之 RFID 系統及系統架構進行實際測試，並歸納出適合用於蒐集交通資訊之 RFID 系統及架構。

本年期工作內容主要依據第 1 年期之研究成果，續以進行以 RFID 電子標籤在交通資訊蒐集上之實地測試與資料蒐集分析評估，完成示範測試系統之績效評估與檢討。同時探討 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市

場、課題與標準發展；最終研擬出以 RFID 電子標籤協助交通資訊蒐集之推動策略及後續推動配套措施。工作項目主要包含以下所列 8 項：

- 1.選定示範測試對象、技術、程序、參與人員與範圍
- 2.示範測試細部研究設計
- 3.示範測試系統之實驗室測試
- 4.示範測試系統之安裝與實地測試
- 5.示範測試系統之維運及資料蒐集
- 6.示範測試系統之績效評估與檢討
- 7.探討 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展等
- 8.研擬策略規劃及後續推動配套措施

1.4 研究流程

依據第 1 年期之研究成果，本年期工作首先選定示範測試對象，並進行相關測試之細部研究設計。初期先於實驗室進行初步測試，以對整體功能進行測試確認，提早排除未來實地測試時可能遭遇之問題；並確認決定實地測試計畫實施所需之參數設定、設備架設方式等。完成實驗室初步測試後，示範測試計畫則進入實地安裝與測試階段，此階段除先行調整系統參數使系統穩定外，並將解決系統通信干擾等問題。最後藉由示範測試系統實際運作所蒐集的資料，進行示範測試系統之績效評估與檢討。另外，本年期工作亦進行 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展的探討，藉此最終研擬以 RFID 電子標籤協助交通資訊蒐集之推動策略及後續推動配套措施。同時於計畫期中及期末階段分別舉辦專家學者座談會及研究成果說明會，以多方蒐集意見回饋反應於研究成果。本計畫之研究流程如圖 1.2 所示。

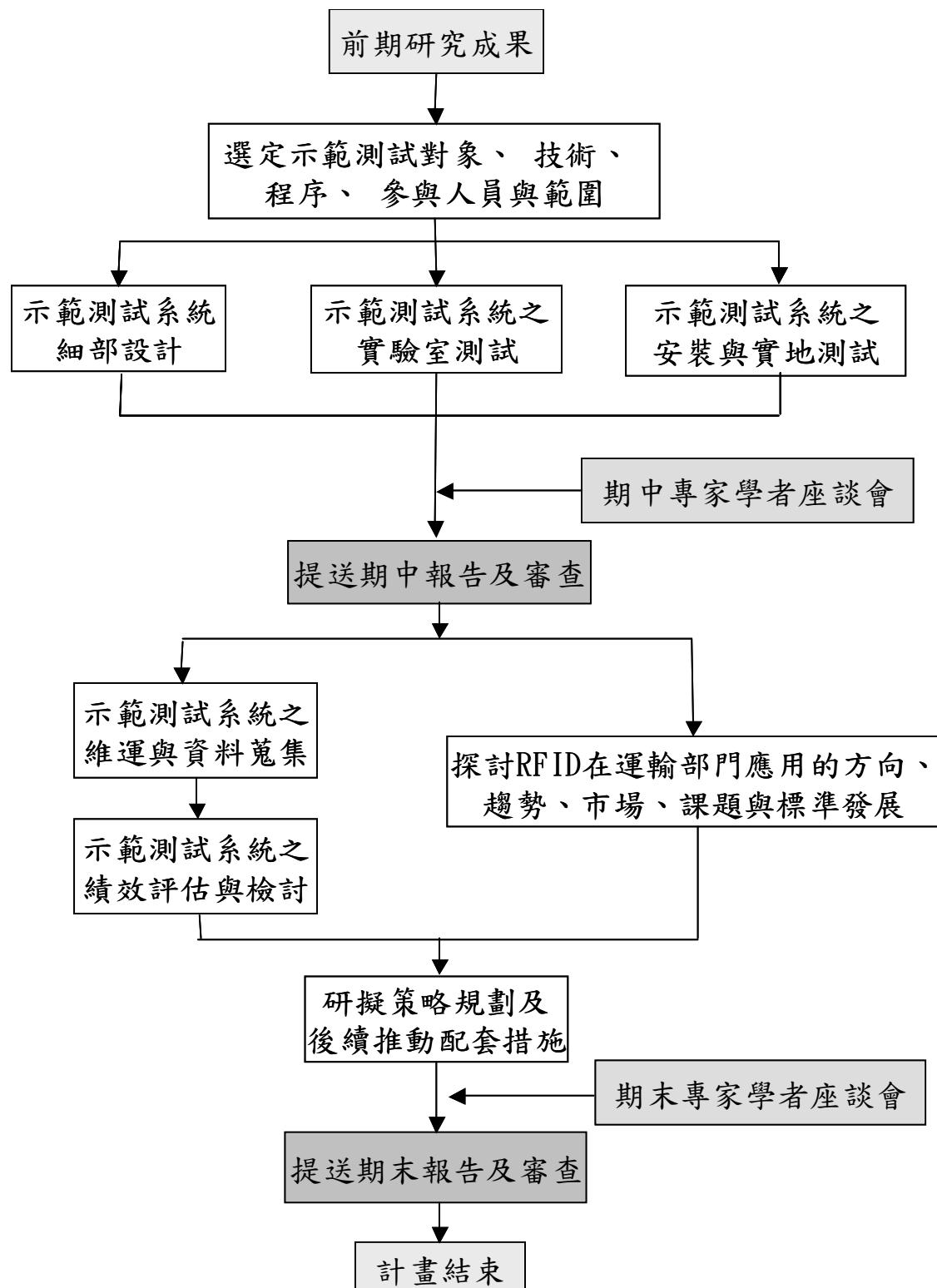


圖 1.2 本期計畫研究流程圖

第二章 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之發展與回顧

本章參酌第一年期之研究成果，進行 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之發展的回顧分析以為後續研究之基礎。以下小節由射頻識別技術的回顧切入；其次依據射頻識別與車輛偵測器特性進行彼此的比較分析；最後進行射頻識別技術於交通資訊蒐集上之相關應用案例的探討。

2.1 射頻識別技術回顧

RFID 技術雖然被列為啟動 21 世紀的十大重要技術之一，但是 RFID 並不是一項新技術。早在 1930 年代就有 RFID 相關專利申請，在第二次世界大戰期間，英國皇家空軍採用類似 RFID 的技術來區分敵機與友機；1948 年 Harry Stockman 在無線電工程師協會（Institute of Radio Engineers，IRE）學報上發表的論文《利用反射功率來通信（Communication by Means of Reflected Power）》則首次詳細描述了 RFID 的理論和實現。雖說 RFID 技術起源甚早，但由於早期系統裝設費用與 RFID 電子標籤之造價太貴、各國繁雜的無線電法規以致難以制定國際標準、以及個人隱私權爭議等問題，造成 RFID 發展之瓶頸，而無法大量推展。因此長期以來並沒有受到業界特別的關注。

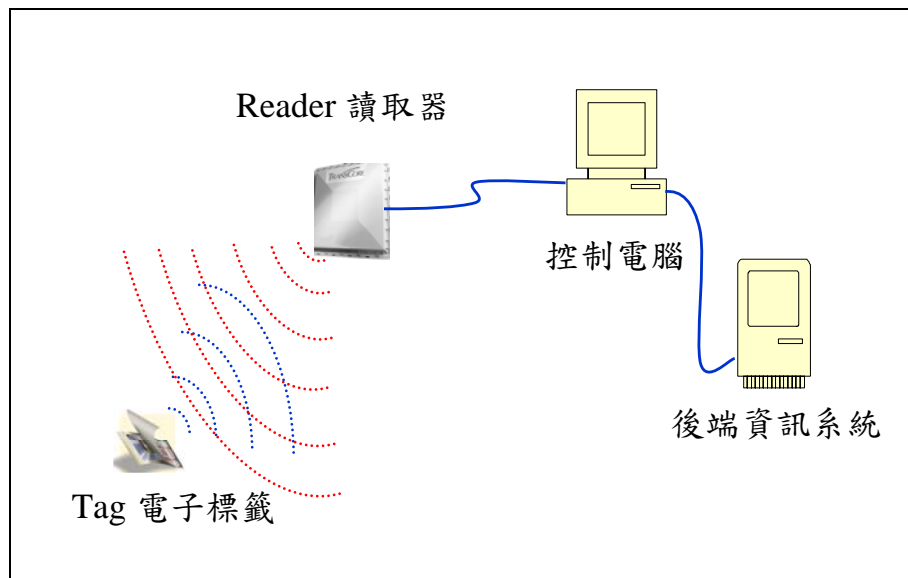
直到 2003 年 6 月，全球最大的量販連鎖店 Wal-Mart Stores 宣佈於 2005 年元月起導入 RFID 以取代條碼，RFID 的市場潛力才開始廣受到業界的重視。因 Wal-Mart Stores 導入 RFID 的效應，於 2003 年下半年之後，有多家重量級業者也相繼投入 RFID 技術的相關開發、或宣佈完成突破性技術。至今，RFID 技術的相關應用儼然成為啟動新時代的重要關鍵。

承上，RFID 技術實非一種新技術，而是由於在無線射頻通訊技術和半導體技術快速發展，使得 RFID 在讀取率及讀取速度上提高；而電子標籤價格持續降低，同時在有強烈需求誘因下（例如 Wal-Mart、英國 Tesco、德國 Metro 及美國國防部對供應商之要求），自然而然使得 RFID 技術產生一股新應用風潮。

以下各小節分別說明 RFID 系統架構、系統運作原理、RFID 分類、以及綜合 RFID 特性分析，進一步探討 RFID 技術發展的挑戰。

2.1.1 RFID 系統架構

RFID 系統架構可區分為電子標籤(Tag)、讀取器(Reader)、控制電腦及後端資訊系統等四大部分(參考圖 2.1)。其中電子標籤內部存放著一組 ID，貼附於待管理的物件上，而後電子標籤透過無線射頻訊號將其 ID 傳給讀取器，讀取器再透過網路或其他方式將 ID 等資料傳送給控制電腦。控制電腦則藉由與後端資訊系統的資訊互通，提供決策者進行如貨物倉儲管理等之應用的依據。



資料來源：本研究整理。

圖 2.1 RFID 系統架構圖

2.1.2 RFID 系統運作原理

RFID 電子標籤與讀取器間的通訊運作原理可分為電感耦合及電磁波傳導耦合兩種模式。電感耦合模式主要使用在低頻系統；而電磁場效應模式則使用在高頻以上的系統。兩類運作原理可參見圖 2.2。

1. 電感耦合模式

讀取器一方的天線相當於變壓器的初級線圈，而電子標籤一方的天

線則相當於變壓器的次級線圈。因此電感耦合模式亦稱為變壓器模式(如圖 2.2(a))。電感耦合模式的耦合媒介是空間磁場，耦合磁場在讀取器線圈初級與射頻標籤線圈次級之間構成閉合回路。電感耦合模式是低頻近距離無接觸射頻識別系統的一般耦合原理。

電感耦合模式所利用的是藉由磁場的產生來引起電流，電流通過讀取器的線圈時，就會產生磁場。透過此磁場就會讓 RFID 電子標籤內的線圈狀天線產生電流，藉由此電流就能啟動 RFID 電子標籤內的 IC 晶片。

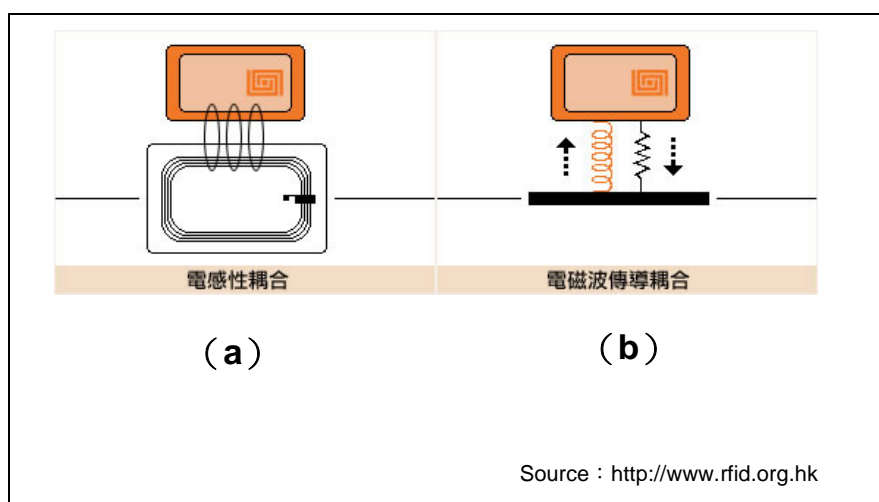


圖 2.2 射頻識別通訊運作原理

2. 電磁波傳導耦合模式

參考圖 2.2 (b)，在電磁波傳導耦合模式中，讀取器的天線將讀取器產生的讀寫射頻能量以電磁波的模式發送到定向的空間範圍內，形成讀取器的有效讀取區域，位於讀取器有效讀取區域中的電子標籤從讀取器天線發出的電磁場中取得工作電源，並透過電子標籤的內部電路及標籤天線將標籤內存的數據資訊傳送到讀取器。

電磁波傳導耦合與電感耦合的差別在於電磁波傳導耦合模式中讀取器將射頻能量以電磁波的形式發送出去；而在電感耦合模式中，讀取器將射頻能量束縛在讀取器電感線圈的周遭，透過交變閉合的線圈磁場，溝通讀取器線圈與射頻標籤線圈之間的射頻通道，沒有向空間輻射電磁能量。

無論 RFID 系統是運用哪一種模式運作，通訊距離會受到天線的大小

形狀、IC 晶片的性能及讀取器的不同影響。尤其讀取器可發射之最大功率，各國對各個頻段之規範並不一致，因此不同頻段之 RFID 系統，在每個國家之最大可通訊距離也會有差異。

2.1.3 RFID 分類

以下分別說明 RFID 無線射頻的應用頻段以及電子標籤的型式。

1. RFID 應用頻段

參考圖 2.3 可知，目前 RFID 技術所使用的頻率大概可分為四個頻段，(1)低頻(LF)：125KHz~135KHz；(2)高頻(HF)：13.56MHz；(3)超高頻(UHF)：433MHz、860MHz~950MHz，以及(4)微波：2.45GHz。以下說明 RFID 各頻段的特性與應用，並彙整如表 2.1 所示。

(1)低頻(LF)：125KHz~135KHz

此頻帶之開發歷史最久，銷售產品數量最多。初期是以讀取資料專用之產品為主，現在則換成可更新資料的記憶體產品。此頻段在絕大多數的國家屬於開放，不涉及法規開放和執照申請的問題，因此使用最廣，主要使用在寵物、門禁管制和防盜追蹤。

此頻帶的 RFID，最大優點是不易受到周圍金屬和水分等阻礙物的影響。這主要是此頻段之電波波長為 2222 公尺以上，比起其他頻帶長的多。波長愈長愈具有能夠在障礙物之間轉折穿梭的特性，因此通訊之角度比較沒有限制。對於通訊距離短的物品，即使是含有水分的物品或鐵板等障礙物存在，也不影響通訊之功能。但此頻段存在機器內部馬達或開關電源的雜訊源，因此在設置此頻段 RFID 系統時，必須盡量遠離或者隔離這些雜訊源。

不過也因此頻段之波長很長，相對的天線也得加長。因此不適合加工為貼紙狀，而是以銅線等材質捲繞一百圈左右做成天線，再封裝於玻璃或塑膠內。因此此頻段之 RFID 電子標籤價格相對較高。

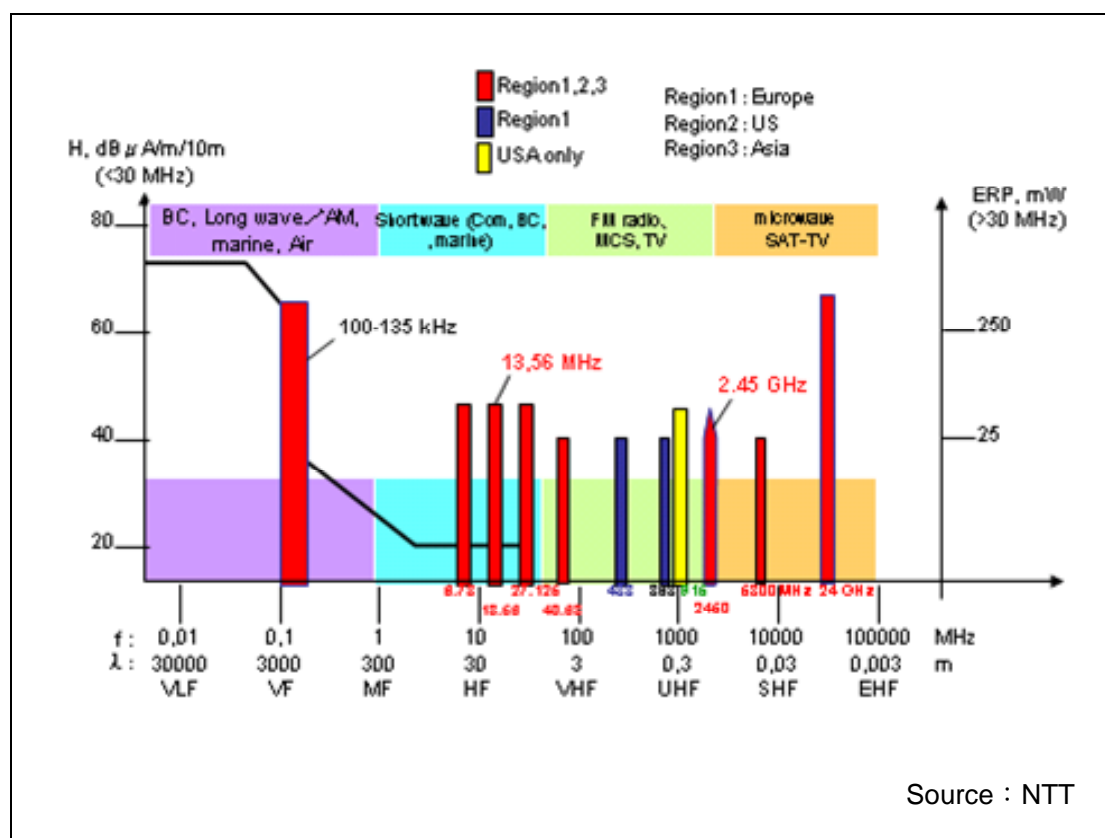


圖 2.3 全球的無線辨識系統所使用的頻段

表 2.1 RFID 各頻段的範圍與應用

頻段	特色	典型應用
125 KHz~135 KHz	短至中程的讀取範圍 低價 讀取速度慢	門禁系統 動物識別 存貨控制 汽車晶片防盜鎖
13.56 MHz	短至中程的讀取範圍 低價 讀取速度中等	門禁系統 智慧卡 悠遊卡
433 MHz 860-950 MHz 2.45 GHz	長程的讀取範圍 受限於視線直線距離 高價 讀取速度快	鐵路車廂監控 道路收費系統 倉儲管理 車隊管理

資料來源：本研究整理。

●(2)高頻(HF)：13.56MHz

如同前述的低頻RFID產品，此頻段的RFID也不易受到含水物品或鐵板等障礙物的影響(但不及低頻頻段)。另外，此頻段天線形狀設

計自由度高，可以製成低頻頻段無法實現之貼紙形狀，目前多將銅箔或鋁箔加以蝕刻處裡而成。

此頻段之薄化的效果最佳，且其傳輸距離為 1 公尺以下。代表性應用為會員卡、識別證、飛機機票和建築物出入管理；目前台北悠遊卡及高速公路電子收費 *e* 通卡皆是使用此頻段。

(3)超高頻(UHF)：433MHz、860MHz～950MHz

此頻段為美國 Wal-Mart 及英國 Tesco 等大型企業目前測試 RFID 所採用之標準頻段，因此近年來備受矚目。UHF 頻段具備了介於高頻頻段和 2.45GHz 頻段之間的電波特性。因此，和 2.45GHz 頻段相比，具有較不容易被水分吸收、通訊損失較少、容易延伸通訊距離、而且波長較長、通訊比 2.45GHz 頻段容易轉折通訊角度較寬等優點。另外，由於此頻段也可製作成貼紙形狀之電子標籤，因此非常適用於物流系統。但此頻段天線比 2.45GHz 頻段長，電子標籤尺寸較大，不易貼在小型商品上。

433MHz 頻段之電波特性介於高頻頻段和 860MHz～950MHz 頻段之間。和 860MHz～950MHz 頻段相比，較不易受障礙物影響，通訊距離也較長。不過 433MHz 頻段之波長有 69 公分，所以天線較大。另外 433MHz 頻段比較特殊的是在美國和我國不得用於連續性傳輸。

目前交通部已開放 UHF 頻段的 922MHz～928MHz 作為國內 RFID 系統之專用頻帶。

(4)微波 2.45GHz

由於此頻帶電波的波長只有 12 公分左右，可以使用比其他頻段更小的天線，所以此頻段容易用來製作小型的讀取器及 RFID 電子標籤。此頻段和高頻頻段一樣，可將 RFID 電子標籤製成貼紙形狀。此頻段之相對缺點是容易受到周邊環境的影響。因波長短，直線前進特性強，電波難轉折。所以容易被障礙物所阻擋，造成無法正常通訊。也就是說雖然通訊距離比高頻頻段較長，但通訊之角度較窄。另外 2.45GHz 頻段容易被水分吸收。

2.45GHz 讀寫速度快，若是使用半主動式，一般通訊距離可達 5 到 10 公尺。資料能以高速傳送，通訊距離又長，適合用來讀取高速移動物體上的 RFID 資訊，但其成本與設計困難度較高。

另外 2.45GHz 屬於 ISM 頻段(industrial scientific medical band)，因此包括 Wi-Fi、藍芽及 ZigBee 等通訊系統皆使用此頻段。因此當大規模使用此頻段 RFID 系統時，除容易受到其他系統干擾外，也會干擾到其他系統，這是應用此頻段須特別注意的地方。

2. RFID 電子標籤種類

RFID 電子標籤通常以電池的有無區分為主動式（Active）、被動式（Passive）及半主動式（Semi-Active）三種，三者的差異條列如下，並彙整三者的比較如表 2.2 之說明。

(1)主動式電子標籤

主動式電子標籤附有電池，能夠通訊之距離較遠，但價格較貴且有使用年限。電池使用年限一般約為 3~5 年。

(2)被動式電子標籤

被動式電子標籤主要是接收讀取器所傳送的能量，轉換成電子標籤內部電路操作電能，不需外加電池。因此有體積小、價格便宜、壽命長以及數位資料可攜性等優點。

(3)半主動式電子標籤

半主動式電子標籤主要使用被動式電子標籤技術，惟是以電池維持標籤內的 IC 運作，因此能夠具有比被動式電子標籤較長之通訊距離。

比較主動式電子標籤與被動式電子標籤，雖然主動式電子標籤體積較大，價格較高，但通訊距離可達 100 公尺，因此應用主動式電子標籤在電子收費或其他智慧型運輸系統時，可獲致獲得較好的通訊效果；而應用在一般物流業時，因電子標籤的價格將成為關鍵的考量因素，故偏向於採用被動式電子標籤，惟若應用在價格較高的產品設備時，則電子標籤的價格影響性將會降低。

表 2.2 不同種類電子標籤比較表

項目	主動式	被動式	半主動式
電子標籤電力來源	本身	來自讀取器	少部分來自讀取器 大部分來自標籤本身
電子標籤是否具電池	有	無	有
所需來自讀取器之訊號強弱	弱	強	中
通訊距離	最高可達 100 公尺以上	可達 3~5 公尺， 但通常會更短	大於 5 公尺
通訊速度(註 1)	28K bit/sec (433MHz)	30K~40K bit/sec (UHF)	384K bit/sec (2.45GHz)
價格(註 2)	1000~2000 元	100~1000 元	1000~2000 元
尺寸	大	小	中
儲存容量	可達數百 K 位元	數十~數百位元	可達數 K 位元

註 1：通訊速度會因操作頻段不同而有很大差異，此表通訊速度參考 UHF 及 2.45GHz 之 RFID 產品。

註 2：此價格係以少量 1000 個左右的電子標籤單價報價，僅供參考。

資料來源：本研究整理。

2.1.4 RFID 的挑戰

延續上述 RFID 技術的特性分析，以下針對 RFID 應用發展之際所應考量因素及相關課題進行探討，以為後續應用之參考。

1. 影響 RFID 正確讀取的環境變數

RFID 技術(尤其是被動式 RFID)目前在應用上所遭遇的一個嚴重挑戰是無法確定所有在讀取器讀取範圍內的電子標籤，亦即使用者無法確認讀取器是否正確無誤的記錄所有進入讀取範圍之電子標籤。

而影響 RFID 正確讀取的因素除技術上的原因外，建置 RFID 應用系統時的環境變數，對於 RFID 是否得以正確讀取亦存在重大影響。主要影響 RFID 正確讀取的環境變數包括以下 7 項。

- (1) 電子標籤所貼附的表面材質。
- (2) 黏貼電子標籤之物流箱內的產品材質。
- (3) 讀取器與電子標籤通訊時，電子標籤與讀取器的對應角度。
- (4) 讀取器與電子標籤通訊時，電子標籤的數量及間距。
- (5) 讀取器與電子標籤通訊時，中間是否有含水或金屬物的干擾。

(6)讀取器與電子標籤通訊時，電子標籤與讀取器的相對速度。

(7)安裝 RFID 系統地點地板的材質。

2.技術發展的突破

由於高頻射頻訊號易遭阻斷，因此通訊範圍內之訊號可能因金屬成分的包裝材質、或訊號強度比一般商業無線廣播微弱等原因，造成訊號強度大幅減弱，致使通訊品質不良。因此開發設計高效率的天線電子標籤及高感應度的讀取器是未來技術發展的重要課題。

另外，RFID 技術未來也應發展「選擇取消」(Opt-out)模式、「銷毀」(kill)模式、「休眠」(sleep)模式、「干擾」模式及「加密模式」等功能，以化解消費者對個人隱私權的疑慮。

3.國際標準的制定與推行

RFID 讀取器與電子標籤技術標準包括 EPC 與 ISO/IEC 規範等，惟相關規範的制定尚在起步階段，仍未建立統一的規範。亦即如何使各頻段電子標籤皆能相容於同一讀取器，係現階段 RFID 應用之重要課題。以 Wal-Mart 為例，由於美國、加拿大兩國使用 UHF 915MHz 頻段(902~928MHz)，因此配合生產廠商生產的產品需能符合美加兩國的需求，但因這些廠商的製造廠遍佈全世界，且各國 UHF 可使用頻段不同，以現有生產之 RFID 讀取器及電子標籤勢必造成相容上的問題。

有關不同電子標籤與讀取器的相容問題，有以下兩種解決方法：

(1)生產多頻段讀取器

例如 EMS 公司(Escort Memory Systems)所預計生產之 RFID 多頻段讀取器(Multi-Frequency Reader)，可涵蓋 860~960MHz 頻段。

(2)製造可接收多頻段之電子標籤

亦即製造可以接收多頻段之電子標籤，例如允許以 868MHz 寫入(如新加坡)後，於第二地再以 915MHz 讀出(如美加)。惟此做法勢必增加電子標籤成本。

4.成本的有效降低

基於成本考量，主動式 RFID 電子標籤主要適合使用於可重複使用的

應用領域；而被動式 RFID 電子標籤則因成本的優勢，適合應用於一般物流業用。據了解，由國內工研院自行研發的被動式 RFID 電子標籤，在 2005 年可由 40 美分降到 15 美分；而其他國外大廠，例如 Intermec、Alien、Matrics、Philips 及 SCS 仍然須要 20 美分以上，均離所謂 RFID 電子標籤可接受的目標價格 5 美分還有一大段的距離。不過藉由諸如天線、被動元件與晶片一體整合等製程的改善，以及市場規模的提高，都是可降低 RFID 電子標籤價格的因素。

另外，當 RFID 技術應用於交通資訊蒐集時，讀取器佈設的密度亦將影響交通資訊蒐集的完整性。因此除要求 RFID 電子標籤成本降低外，RFID 讀取器的成本亦是考量重點。RFID 讀取器價格太高將造成未來全面建置之障礙，進而影響 RFID 讀取器使用成效及普遍應用，這亦為後續 RFID 推展之一大挑戰。

5. 個人隱私權的保障

RFID 應用最讓外界質疑的是消費者資訊隱私權的問題。隨著大量 RFID 讀取器的佈建，人類的生活與行為將因 RFID 而變得容易追蹤。Wal Mart、Tesco 初期的 RFID 先導計畫都因使用者隱私權問題而遭受過抵制與抗議。因此要在不損害個人隱私權益的情況下保證 RFID 革命的發展，實需消費者的意識、立法機關的監督以及對私人企業的約束。

6. 專利權的因應處理

RFID 發展之另一考量係開發廠商的專利權問題。例如，RFID 技術供應商之一的 Intermec，重申自己對 Gen 2 技術所持的專利權。由於 Intermec 一直被視為左右 Gen 2 產品規格的公司，並且擁有多項專利；相對地，EPCglobal 所訂的 Gen 2 基準雖一一避過這些專利，但硬體製造商若要提供更完善的 Gen 2 產品，多少都得用上 Intermec 擁有的專利，這一來產品的價格自會上升，直接影響 Gen 2 技術的普及能力。

2.2 射頻識別與車輛偵測器之比較分析

本研究主要探討 RFID 技術於交通資訊蒐集上的可行性，而一般而言，流量、速度、以及佔有率等道路交通的相關參數係由車輛偵測器取得，因此以下先行回顧車輛偵測器之主要技術，再進行 RFID 技術與車輛偵測器的比較，以為後續研究之參考。

2.2.1 主要之車輛偵測器

因偵測技術的不同，車輛偵測器的種類繁多，以下針對國內較有應用的環路線圈、超音波式、微波式以及影像式車輛偵測器，回顧說明其偵測原理及應用特性。

1.環路線圈式的車輛偵測器（Loop Detector）

環路線圈式車輛偵測器係以金屬環路線圈埋設於路面下，利用線圈的大小及導入線的長度產生某一特定之線圈自然震盪頻率，再由車輛經過時因車身鐵材所造成的環路感應線圈的磁場電感量變化，偵測該車道之流量及佔有率。同時利用車輛通過兩組環路線圈的時間差，可求得車速及車長，甚至利用車長可做車種之判別。環路線圈式車輛偵測器之示意圖詳圖 2.4。

由於環路線圈式使用最廣、歷史最久，在我國現有佈設之車輛偵測器中，絕大部份仍屬於此類偵測器。其原因咸認係價格低廉、準確度高等因素。但若就施工、維修時須長時間封閉車道，對於道路系統造成之衝擊及社會成本考量，則未必仍占有成本優勢。



資料來源：IAA。

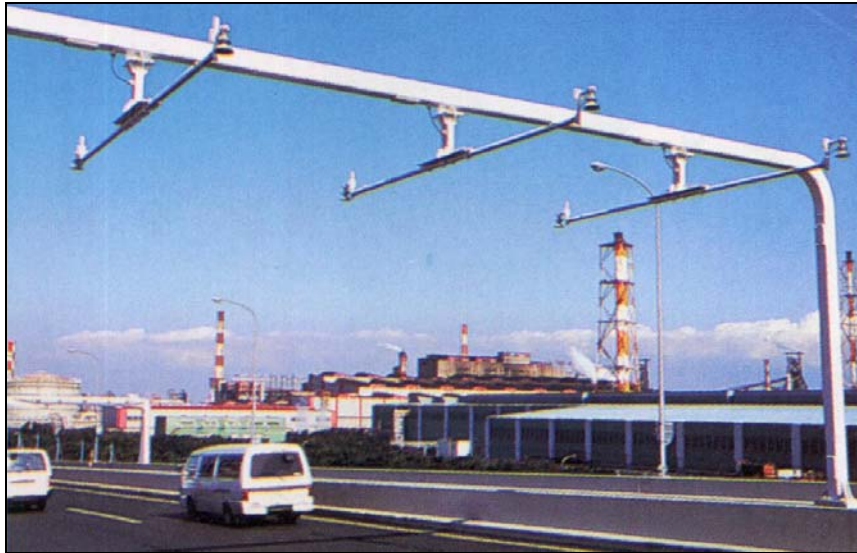
圖 2.4 環路線圈式車輛偵測器

2. 超音波式的車輛偵測器 (Ultrasonic Detector)

超音波式車輛偵測器可架設於車道上方或路側，其設備包括一對超音波發射/接收器組成之感測器及一偵測單元，以該超音波發射器向車道上預定之偵測區發射超音波，再為接收器接收，並依據所接收之反射信號判斷有無車輛通過偵測區。由於超音波的波長較短(可遠小於車輛尺寸)，加上繞射性低，具有如光線般的直射性，且雜音干擾較小，音源較易追蹤，因此可被應用於車輛之偵測。惟超音波能量在空氣中容易被吸收而衰減，且頻率愈高衰減愈大，影響其傳播距離。

超音波式車輛偵測器之偵測原理有兩類，一為射程量測法；一為都卜勒法。其中射程量測法係每隔一段時間以發射器重複傳送一定頻寬之超音波至車道上的偵測區，藉由有無車輛時的反射時間差的變化，偵知於偵測區域內車輛的存在與其高度，進而取得車流量及佔有率等資料。因此若於一定距離內設置兩只感測器，再配合資料處理器則可計算得平均車速與車長等資料。而都卜勒法則是以發射器發射一連續之超音波至車道的偵測區，再由接收器接收反射波信號，藉由有無車輛時的反射波頻率變化，偵知車輛通過。因此，利用都卜勒原理，一只感測器即可直接測得車速、車輛佔有率、車高、車長及判別車種。

超音波式車輛偵測器之示意圖可詳見圖 2.5。



資料來源：「先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究」，交通部運輸研究所、鼎漢國際工程顧問股份有限公司，民國 91 年 3 月。

圖 2.5 超音波式車輛偵測器示意圖 (高架上空式)

3.微波雷達式車輛偵測器 (Microwave Radar Detector)

微波雷達式車輛偵測器的原理是利用雷達天線發射出電磁波，當電磁波碰撞物體車輛時，將會有部分電磁波反射回來，再經由雷達偵測器接收並計算處理之。雷達偵測器所使用的頻率須根據美國聯邦通訊委員會 (FCC) 規定，應用於交通偵測器之雷達波段有 10.5 GHz (X-band)、24.0 GHz (K-band) 與 34.0 GHz (Ka-band) 三種。而這些都是屬於微波頻段，所以雷達式車輛偵測器又稱為微波雷達式車輛偵測器。

與前述超音波式偵測器相同，一般運用於交通運輸系統上的微波雷達車輛偵測器可概分為都卜勒式(Doppler)及時間差式(True Presence)偵測器兩種型式。都卜勒式偵測器在偵測範圍內發送一固定頻率的電磁波，電磁波碰撞行駛中的車輛時，將會有相對於車速的飄移頻率電磁波反射回來，經由程式演算所得之飄移頻率可計算出相對應的車速。

而時間差式偵測器原理係以頻率調變的連續波微波(FMCW)，藉由車輛反射計算微波來回反射之時間差，計算求得車輛與偵測器之距離。

微波式車輛偵測器依設置方式又可分為側射式 (Side-Fired) 與俯瞰式 (Forward Looking) 兩類，設備示意圖可參見圖 2.6。



資料來源：「先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究」，交通部運輸研究所、鼎漢國際工程顧問股份有限公司，民國 91 年 3 月。。

圖 2.6 微波雷達車輛偵測器示意圖

4. 影像式車輛偵測器 (Video Image Processing Detector)

影像式車輛偵測器由閉路電視攝影機、終端控制器和影像處理器等設備組成。其技術原理係以影像處理器分析由閉路電視攝影機的拍攝而得之數位化影像。影像在數位化後可依像素(Pixel)的明暗度變化來演算出各種交通資料，包括車流量、車速、車長等。影像處理邏輯之處理概念可分為以下兩類：

- (1) 虛擬環路線圈方式：於螢幕上標註虛擬之環路線圈，再依前述概念，如同環路線圈偵測交通車流一般，蒐集各項交通資訊。
- (2) 特定車輛追蹤方式：針對觀測區內之車輛的持續偵測，以判別基本車型、行駛速率與所屬車道等之車流參數。

惟從過去的實例得知，影像式車輛偵測器將受潮濕路面的反光及其它事物的陰影等環境因素，影響其偵測效果。但從影像處理技術多方位的特性考量(如可用單一設備探測多條車道，或是同時分析多組攝影機拍得的畫面資料等)，影像處理仍是一個符合經濟效益的選擇。

影像式車輛偵測器之示意圖詳圖 2.7。



資料來源：<http://www.autoscope.com/>

圖 2.7 影像式車輛偵測器示意圖

2.2.2 射頻識別與車輛偵測器之比較

以下進行主要類型的車輛偵測器與RFID系統之比較分析，並彙整各類型車輛偵測器之優缺點如表 2.3。

1.環路線圈偵測器

(1)優點

環路線圈因係埋設於車道鋪面下方，其設置不致於會影響道路的美觀；環路線圈設備本身的單價適中，偵測率高又可做電子設備的觸發開關，適用於大部份量測地點；不易遭蓄意破壞，廣受一般道路工程使用。

環路線圈偵測器之偵測技術穩定性高，比較不受氣候影響，可用於日夜間等所有時段；用路人車上無須加裝感應器，可用來偵測該車道之車流量、車輛停止偵測與佔有率量測準確性高；若同一車道鋪設兩組以上可求得平均車速（非瞬間車速）。

(2)缺點

須審慎選擇線圈設置位置；且不適用於橋樑、高架橋、穿越橋、剛性路面、經常翻修之路面、以及鋪面不佳之路面及路床不佳之路面。另施工維修時須長時間封閉車道切割路面以埋設線圈，費時又費錢；而且線圈容易經長期碾壓而斷裂需要支付定期翻路重新鋪設的成本。

偵測範圍的大小與靈敏度受限於偵測器鋪設的感應線圈面積大小與形狀；電感量的維持有其極限，調高偵測小型車之靈敏度時，可能會誤偵測到相鄰車道的大型車；對於不連續車體及車亂流現象，其偵測效果不佳。而且容易由於溫度的上升而影響設備的準確度。

因無法偵測車輛身份及追蹤車輛行駛的路線，所以無法做車輛轉向比的判讀。另外，因環路線圈係以壓到感應線圈數目多寡作為判斷車輛大小的基準，因此車輛種類的識別率可能不夠精確。

2. 超音波偵測器

(1) 優點

體積小、可靠度高、可適用於大部份量測地點、對於車流量、佔有率、平均車速與停止偵測之量測準確性高。

另外，超音波波長之物理特性比微波較不會有危害人體健康疑慮、不受光線影響，適用於日夜間所有時段；可在既有結構物上迅速安裝，安裝及維修較不會組礙交通，波束聚焦良好。

若是都卜勒超音波偵測器可直接量測單一車速。

(2) 缺點

可能影響景觀、易受空氣溫度、水的密度及空氣的干擾，而影響其精確度。

若以都卜勒式量測低速車輛速率時，因其頻率偏移量或返回時間差偏移量比微波雷達偵測器還不明顯，是故求得平均車速與瞬間車速更易產生誤差，所以不宜用於車輛停止偵測。

車道路側式安裝偵測器作為車輛種類判讀時，因為多路徑反射等環境因素導致車輛被誤判率相當高，因無法偵測車輛身份追蹤車輛行駛的路線，所以無法做車輛轉向比判讀。

3. 微波雷達偵測器

(1) 優點

體積小、車道安裝及維修不會阻礙交通、適用於所有時段日夜間與大部份量測地點、而且壽命長幾乎不須維修費用、可適用於多車道

等為微波雷達偵測器的優點。另外，微波雷達偵測器基本上不受氣候、光線等的影響。

(2)缺點

單價高、影響景觀、另應用於多車道時，可能因微波多路徑反射等環境因素導致車輛被誤判率高。

對於低速行駛的車輛的速度推估，因都卜勒效應頻率偏移量或返回時間差偏移量不明顯，求得之平均車速與瞬間車速容易產生誤差，所以不宜用於車輛停止偵測。

車道路側式安裝微波雷達偵測器作為車輛種類判讀時，因為微波多路徑反射等環境因素導致車輛被誤判率相當高。另因無法偵測車輛身份追蹤車輛行駛的路線，所以無法做車輛轉向比判讀。

4.影像式偵測器

(1)優點

若資料於現場處理，則僅需傳送較少資料量，加快資料處理速度；可提供事件管理所需之現場影像；可依需求隨時調整影像範圍內偵測區的大小、區位及狀況。

安裝與維修時不會阻礙交通；可同時蒐集多種資料，包括事件偵測、追蹤車輛。

(2)缺點

日夜間常需使用不同之處理邏輯；轉換時段時可能產生資料誤差。較易受到天候影響，於夜間及不良天候時需增加輔助照明設備。另外，影像式車輛偵測器有影響景觀、保護外罩需經常清洗等缺點。

5.RFID 技術

(1)被動式射頻識別

優點

不受光線影響，可適用於日夜間所有時段；安裝於用路人車上之 RFID 電子標籤單價低廉、無須使用電池、使用壽命長，用路人接受度應較高。

射頻識別讀取器在車道正上方或路側安裝迅速，安裝及維修較不會組礙交通。由於各類車輛有專屬的電子標籤識別碼，所以只要能讀到此電子標籤識別碼，便可偵測該車道之車流量、車輛停止偵測、平均車速、車輛種類、轉向比與佔有率。

缺點

射頻識別讀取器安裝在車道上對景觀有所影響，用路人需於車上適當位置安裝射頻識別電子標籤；無線傳輸使用頻段分佈於 100KHz 至 5.8GHz 之間，這些頻段一般使用量已經擁擠不堪，故容易遭受相關頻段訊號的干擾，所以使用時一定要符合當地政府核准之法規才可使用。

因被動式電子標籤發射的能量有限傳輸通訊距離較短，所以讀取率容易受戶外雜訊及天候等之影響。

(2)主動式射頻識別

優點

不受光線影響，可適用於日夜間等所有時段；射頻識別讀取器可在車道正上方或路側安裝迅速，安裝及維修較不會組礙交通。通訊距離較長，不受天候環境與雜訊干擾。可適用於多車道系統，準確偵測該車道之車流量、車輛停止偵測、平均車速、車輛種類、轉向比與佔有率。

缺點

射頻識別讀取器安裝在車道上對景觀有所影響。無線傳輸使用頻段分佈於 100KHz 至 5.8GHz 之間，這些頻段一般使用量已經擁擠不堪，故容易遭受相關頻段訊號的干擾，所以使用時一定要符合當地政府核准之法規才可使用。用路人須於車上安裝射頻識別電子標籤，而此射頻識別電子標籤單價高，體積也大，須使用電池所以有定期更換電池或汰換電子標籤之疑慮，可能較不易推廣。

(3)半主動式射頻識別

優點

用路人車上電子標籤安裝容易，使用壽命長，電子標籤單價在被動式與主動式電子標籤之間較容易為用路人所接受。適用於日夜間所有時段均可不受光線影響，射頻識別讀取器在車道正上方或路側安裝迅速，安裝及維修較不會組礙交通。通訊距離遠，不易受天候環境與雜訊干擾，容易讀到各類車輛專屬的電子標籤識別碼，可適用於多車道系統，準確偵測該車道之車流量、車輛停止偵測、平均車速、車輛種類、轉向比與佔有率。讀取器天線安裝於車道正上方，可與電子標籤通訊方向取得一致更優於路側安裝式。

缺點

射頻識別讀取器安裝在車道上對景觀有所影響。無線傳輸使用頻段分佈於 100KHz 至 5.8GHz 之間，這些頻段一般使用量已經擁擠不堪，故容易遭受相關頻段訊號的干擾，所以使用時一定要符合當地政府核准之法規才可使用。用路人仍須於車上安裝射頻識別電子標籤，須使用電池所以有定期更換電池或汰換電子標籤之疑慮，容易遭用路人質疑。

參考表 2.3 射頻識別與車輛偵測器之比較分析可知，以上 5 種方式除環路線圈偵測器無須於車道上安裝偵測設備外，其餘皆須於車道上或路側安裝偵測設備。

就 RFID 系統的應用而言，讀取器於車道上方或路側均可設置，但由於讀取器天線安裝於車道正上方時，可與車輛或電子標籤通訊方向取得一致，可有效減少遮蔽的問題；另路側安裝式容易引起行人對於微波輻射安全的疑慮，且對於多車道通訊可能產生死角。因此若運用於多車道的交通資訊蒐集上，車道上方架設明顯優於路側安裝式。

另外，雖然主動式射頻識別電子標籤之通訊區最遠，但因其成本較貴，體積也較大，是故綜合考慮後，應用「半主動式 RFID 電子標籤」作為交通資訊蒐集應較為適合。

表 2.3 射頻識別與車輛偵測器之比較分析表

型式	優點	缺點	可靠度	精確度
環路線圈 偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ●不易遭蓄意破壞 ●可一致地偵測大部分車種 ●廣泛應用久，已標準化有長期之經驗 ●不影響景觀 ●不受天候影響 ●單價適中 ●偵測率高又可做電子設備的觸發開關 ●用路人車上無須加裝感應器 ●若同一車道鋪設兩組以上可求得平均車速（非瞬間車速） 	<ul style="list-style-type: none"> ●偵測範圍的大小與靈敏度受限於偵測器鋪設的感應線圈面積大小與形狀，調高偵測區敏感度時，可能會偵測到相鄰車道之大型車 ●安裝及維護時會阻礙交通而且線圈容易經長期碾壓而斷裂需要支付定期翻路重新鋪設的成本 ●不適用於橋樑、高架橋、穿越橋、剛性路面、經常翻修之路面及路床不佳之路面 ●無法做車輛轉向比判讀 ●判讀車輛種類識別率不夠精確。 ●無法直接偵測速率 	經適當安裝，可靠度高	準確性高
超音波 偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ●安裝及維修影響交通程度較小 ●不受光線影響，日夜均可使用 ●體積小 ●波束聚焦良好，若是都卜勒超音波偵測器可直接量測單一車速 	<ul style="list-style-type: none"> ●空氣溫度、水的密度與空氣的干擾會影響精確度 ●須置於每一車道上方偵測器 ●對景觀有影響 ●不宜用於車輛停止偵測 ●無法做車輛轉向比判讀 	經常養護調整，可靠度高	準確性中
微波雷達 偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ●安裝及維修不會阻礙交通 ●適用於所有天候及日夜間 ●可適用於多車道 ●直接偵測速率 ●體積小 ●壽命長幾乎不須維修費用 ●以 FM 微波測速率時，可直接量測瞬間速率 ●具擴充性及再使用性 ●車上無須加裝感應器 	<ul style="list-style-type: none"> ●應用於多車道時，可能因車輛遮蔽而誤判 ●傳輸頻率被管制 ●對景觀有影響 ●速率偵測不準確 ●單價高 ●無法做車輛轉向比判讀 ●有危害人體健康疑慮 	可靠度中等	準確性高

表 2.3 射頻識別與車輛偵測器之比較分析表(續)

型式	優點	缺點	可靠度	精確度
影像式 偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ●若資料於現場處理，則僅需傳送較少資料量，加快資料處理速度 ●可提供事件管理所需之現場影像 ●可依需求隨時調整影像範圍內偵測區的大小、區位及狀況。 ●安裝與維修時不會阻礙交通 ●可同時蒐集多種資料，包括事件偵測、追蹤車輛。 	<ul style="list-style-type: none"> ●日夜間常需使用不同之處理邏輯 ●轉換時段時可能產生資料誤差 ●較易受到天候影響，於夜間及不良天候時需增加輔助照明設備 ●有影響景觀之虞 ●保護外罩需經常清洗 	可靠度中等	準確性高
被動式 射頻識別	<ul style="list-style-type: none"> ●安裝及維修影響交通程度較小 ●不受光線影響，日夜均可使用 ●頻識別電子標籤單價低廉 ●使用壽命長 ●可偵測該車道車輛種類與轉向比 	<ul style="list-style-type: none"> ●對景觀有影響 ●須於車上適當位置安裝射頻識別電子標籤 ●使用時要符合當地政府核准之法規才可使用 ●通訊距離較短 ●容易受環境干擾影響 	可靠度低	準確性低
主動式 射頻識別	<ul style="list-style-type: none"> ●安裝及維修影響交通程度較小 ●不受光線影響，日夜均可使用 ●使用壽命長 ●可偵測該車道車輛種類與轉向比 ●通訊距離很長 ●不受天候環境影響 	<ul style="list-style-type: none"> ●頻識別電子標籤單價高 ●對景觀有影響 ●須於車上適當位置安裝射頻識別電子標籤 ●使用時要符合當地政府核准之法規才可使用 ●須定期更換電池 	可靠度高	準確性中 (通訊距離太長，對於交通參數的量測範圍過大，偵測準確性反而不高)
半主動式 射頻識別	<ul style="list-style-type: none"> ●安裝及維修影響交通程度較小 ●不受光線影響，日夜均可使用 ●使用壽命長 ●可偵測該車道車輛種類與轉向比 ●通訊距離適中 ●不受天候環境影響 	<ul style="list-style-type: none"> ●對景觀有影響 ●須於車上適當位置安裝射頻識別電子標籤 ●使用時要符合當地政府核准之法規才可使用 ●須定期更換電池 	可靠度高	準確性高

資料來源：本研究整理。

2.3 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之個案回顧

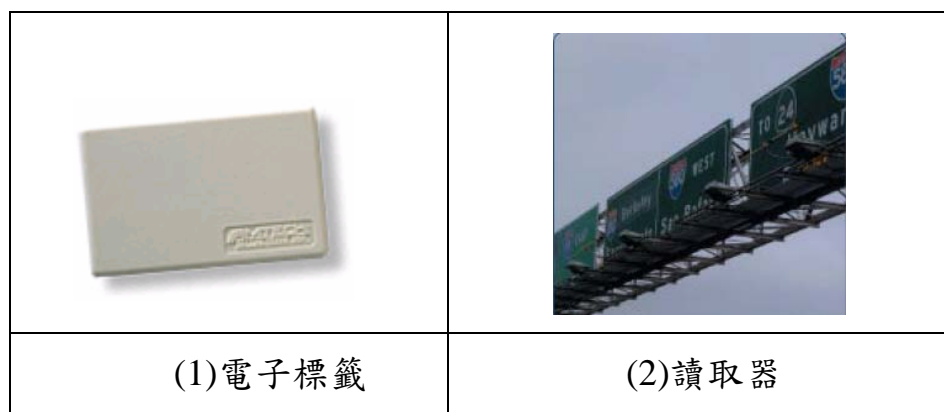
RFID 技術近年已逐漸應用於物流、倉管、醫療、交通資訊蒐集等領域，也有利用 RFID 電子標籤作為定位設施的案例：如韓國應用 RFID 的 Telematics 測試計畫，亦即於隧道車道鋪面埋設 RFID 電子標籤，來協助車上單元定位，消弭 GPS 受地形地物遮蔽的問題；日本於人行道導盲磚中埋設 RFID 電子標籤，以協助視障者定位，了解個人所處位置。

因本研究主要係欲探究 RFID 應用於交通資訊蒐集的可行性，因此以下針對 RFID 於交通資訊蒐集上的應用，蒐集彙整國內外應用案例，以為後續國內應用發展時之借鏡。參考國內外案例知，目前主要應用方向主要包括路段旅行時間資訊蒐集、結合偵測器進行流量等交通參數蒐集；以及應用於鐵路及公車等大眾運具，進行列車與公車車輛的偵測，進而作為鐵路平交道的控管、公車優先號誌、車輛到離站資訊發佈等策略實施之依據。茲分別說明於後。

2.3.1 旅行時間資訊蒐集的應用

1. 美國佛羅里達州高速公路路段旅行時間之量測(Travel Time Data Pilot)

美國佛羅里達州的奧蘭多與橙郡(Orlando/Orange County)高速公路局(OOCEA)為增進交通管理及道路相關資訊的獲得，發展以 RFID 為基礎之交通監控系統。該系統係利用佈設於路側的 RFID 讀取器，蒐集原已安裝當地電子收費系統之電子標籤(E-Pass 及 SunPass)約 100 萬輛車之訊號，以換算路段旅行時間。該系統係使用 Transcore 公司生產的被動式 915MHz Amtech 電子標籤，並將電子標籤安裝於車輛之擋風玻璃上。而路側讀取器則是採用 Sirit 公司的產品。電子標籤及讀取器的實景照片可參見圖 2.8。



資料來源：Transcore 公司網站(<http://www.transcore.com/>)。

圖 2.8 佛羅里達州高速公路旅行時間計畫使用之電子標籤與讀取器

系統運作方式係由車輛通過設置在路側之讀取器通訊區域時，讀取器將車輛 ID 加密後回傳 OCEA 管理中心，而當後端系統收到由另一組讀取器回傳之同一車輛 ID 時，即可利用接收資料的時間差，進而換算兩組讀取器間路段之旅行時間及區間速度。旅行時間資訊除於路側的可變標誌及 OCEA 的路況資訊網站進行發佈(參見圖 2.9)外，另提供美國 511 進行電話語音的發佈。

該系統平均約 1.5 英里設置一座 RFID 讀取器，並於 2004 年年中完成初期 128 座讀取器的建置。系統整體建置於 2005 年完成，共計涵蓋 228 英里的收費道路及非收費道路。



資料來源：FDOT's Monthly ITS Newsletter, Dec, 2002.

圖 2.9 佛羅里達州高速公路旅行時間計畫使用之路況資訊網站

2.美國德州休士頓都會區高速公路旅行時間之蒐集(Houston Transtar AVI system)

與前述 OOCEA 的案例類似，美國德州休士頓都會區之交控管理中心 (Transtar) 於都會區高速公路廣設當地道路電子收費 (Harris County Toll Road (HCTRA)) 系統之讀取器，以蒐集通過讀取器偵測範圍之安裝電子標籤車輛的 ID，進而利用同一車輛通過前後兩組讀取器所獲得的時間差，計算路段旅行時間與區間平均速度。

根據 2005 年的統計，目前休士頓都會區安裝 HCTRA 電子收費系統標籤的車輛已超過 150 萬輛。該系統原使用之電子標籤為 Transcore 公司生產的被動式 915MHz Amtech 電子標籤(如圖 2.8(1)所示)；後於 2006 年起，已改用不帶電池、如同名片般的自黏式標籤(EZ TAG)，以提升使用者加入系統的意願，如圖 2.10(1)所示。

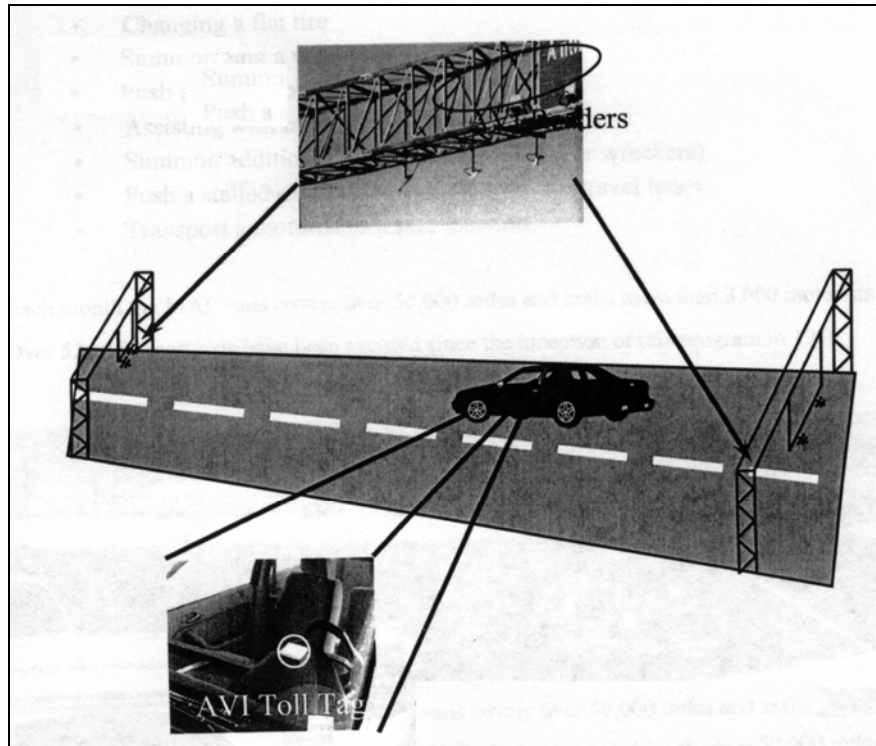


資料來源：Transcore 公司網站(<http://www.transcore.com/>)與 Transtar 官方網站(<http://www.houstontranstar.org/>)。

圖 2.10 Transtar 旅行時間蒐集計畫使用之電子標籤與讀取器

系統之運作概念圖如圖 2.11 所示。簡言之，於休士頓都會區高速公路網中，不分收費道路及非收費道路，約每 1 至 5 英哩設置一組讀取器 (Reader)及天線(Antenna)(設置實景可參見圖 2.10(2))，天線設置於門架、讀取器設置於路側。當車輛通過時，天線及讀取器得到通過車輛的 ID 及經過時間值，再回傳給後端，由後端電腦再計算出兩組 Reader 間的時間差，並與讀取器間距換算得出該路段旅行時間及區間速度。相關資訊的發佈途徑則包括路側可變標誌、電視頻道以及網際網路。

該系統係於 1994 年由德州交通局開始設置，平均 1~5 英哩設置 1 組讀取器，至 2005 年統計，設置讀取器之道路里程已超過休士頓都會區高速公路總里程之 70%。系統蒐集之資訊除用以提供路段平均旅行時間及區間平均速度外，另亦應用豐富的歷史資料庫進行交通營運分析及運輸規劃。



資料來源：Shawn M. Turner etc. , "Quantifying the Benefits of High-Occupancy Vehicle Facilities Using Automatic Vehicle Identification Technology", Southwest Region University Transportation Center etc., Nov. 1995.

圖 2.11 Transtar 旅行時間蒐集系統概念圖

3.桃園交控系統之旅行時間資訊蒐集

甫於今年(民國 95 年)完成之桃園縣交控系統更新建置工程中，引進 RFID 電子標籤技術進行縣境內主要路廊之路段旅行時間資訊的蒐集。以下簡述該系統的概要。

為避免隱私權的爭議，該系統選擇客運車輛安裝主動式電子標籤，並於道路之主要分段點設置 RFID 讀取器，將通過讀取器設置地點之客運車資料(位置及時間)回傳交控中心，再由系統依據先前建構之小客車旅行時間推估模式，換算成道路即時路段旅行時間，再經由路側之資訊可變標誌及便民資訊網路系統進行發佈。

該系統之讀取器的讀取頻段為 927MHz，另設置頻段為 433MHz 的觸發器(Field Generator)以觸發電子標籤，並判斷來車方向。讀取器於台一路廊(桃園-中壢間)雙向設置 10 組讀取器，台 4 路廊(桃園-機場)往機場方向設置 9 組讀取器(建置地點可參閱圖 2.12，建置實景可參閱圖 2.13)；另安裝 130 組電子標籤，平均分配於行經此二路廊之客運車輛。電子標籤

之規格為主動式 927MHz 頻段，且可發送 433MHZ 的呼叫訊號，另其讀取距離為 1~85 公尺。



註：1.圖面中圓圈表 RFID 讀取器設置位置；長方形表示 CMS 設置位置。
2.中壢-桃園路廊係採雙向設置；桃園-機場路廊採往機場方向單向設置。
資料來源：桃園縣交控系統更新建置工程設計報告。

圖 2.12 桃園交控案之 RFID 設備設置地點示意圖

由於該系統係國內首次嘗試，在上線前之測試階段曾遭遇若干問題，茲整理於後以為後續推廣應用時之參考。

- (1)讀取器耐熱不良：該系統雖採戶外型之讀取器，但測試初期仍因長期曝曬於陽光下，而偶生當機現象。後以加裝散熱裝置解決。
- (2)雙向設置讀取器產生誤判：台一路廊設置之讀取器係於同一號誌桿上安裝兩台讀取器，分別讀取雙向的來車，另以觸發器判斷來車方向。

惟因讀取器偵測範圍過大，對於單一方向的來車仍發生兩組讀取器皆同時偵測到的問題。之後以後端軟體系統另增加來車於前一處讀取器之讀取紀錄，作為車行方向之判斷邏輯，來解決來車方向誤判的問題。

- (3)讀取器讀取頻段的干擾：系統讀取器係採用 927MHz 頻段，雖符合國家通訊傳播委員會 922~928MHz 的 RFID 使用頻段的規範，但由於此頻段為開放使用，故仍發生無線電干擾的情形。



資料來源：本研究整理。

圖 2.13 桃園交控案之 RFID 設備實景圖

2.3.2 結合偵測器之交通參數蒐集的應用

相關應用以「德國柏林交通資訊蒐集計畫」為例說明。

德國柏林市議會在 1999 年為建立一個新的交管中心，進行了一個交通資訊蒐集計畫（Traffic Data Collection for Central Traffic Monitoring）。此計畫在進入柏林之主要道路 Adlergestell（三線道）選定三處測試點，每一測試點之每一車道皆安裝 RFID 讀取器，藉以蒐集通過車輛數、兩測試點之平均車速，以及確認車輛類別。

該測試計畫使用 Traffic Supervision Systems (TSS)公司之被動式 RFID 系統，系統架構為在車輛底盤安裝電子標籤，路面底下安裝天線，讀取距離為 1.2 米，可讀取之車輛速度為 0~180 Km/hr，該測試計畫之系統架構圖可參考圖 2.14。此系統之特點為路面底下所安裝天線除了可以讀取電子標籤

外，也具備金屬偵測功能，亦即類似環路線圈偵測器(Loop Detector)般，進行交通參數的蒐集。因此，無論車輛是否安裝電子標籤，此系統皆可偵測車輛是否通過天線之偵測範圍，並藉此計算出車流量以及車輛於測試點之車速等資料。

而對於另安裝電子標籤之車輛，則可以額外取得此車輛之車輛車籍資料(電子標籤 ID)與該車輛通過讀取器之時間，系統並藉此計算兩測試點之平均車速及進行相關衍生應用。例如若得知偵測到的車輛為救護車、消防車或公共汽車，則可實施優先號誌策略，即時控制車輛正準備通過路口的號誌，讓緊急車輛/公車優先通行。

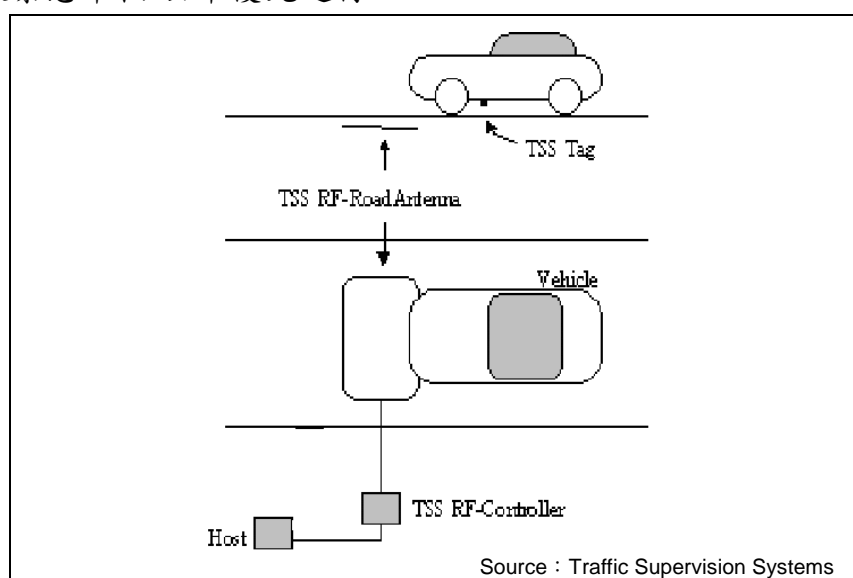


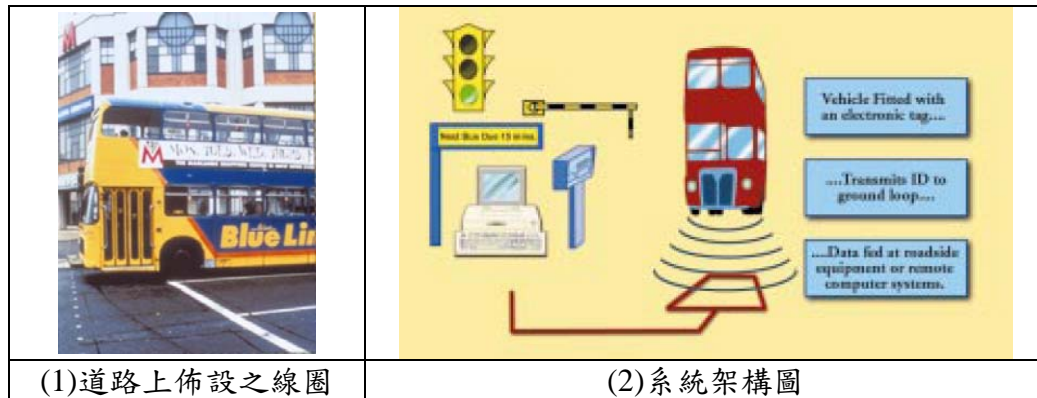
圖 2.14 柏林交通資訊蒐集計畫 RFID 架構圖

2.3.3 鐵路及公車等大眾運具的應用

1. 英國愛丁堡市公車優先通行系統

英國愛丁堡市應用 RFID 技術於公共汽車優先通行系統，以減少交通壅堵和加速交通營運，路口前佈設之線圈及系統架構圖可參見圖 2.15。該系統係採用德州儀器公司(Texas Instruments)開發的 TIRIS 車卡的公共汽車優先通行系統，自動給予公車路口通行之優先權，增進公共汽車之運行效率，鼓勵民眾使用大眾運輸系統。簡言之，系統運作方式係將單個 TIRIS 車卡黏貼在每輛公車上；當公車透過道路上的線圈時，路旁的讀寫

器將車輛識別訊息發送到交通燈控制系統，並根據車輛的優先順序變換紅綠燈。



資料來源：本研究整理自 TIRIS NEWS(Texas Instruments, 1999)。

圖 2.15 英國愛丁堡市公共汽車優先通行系統

該計畫的第一階段，愛丁堡市議會於 800 輛公車上安裝 TIRIS 車卡，並於通往城市西部的 57 條道路上安裝了 TIRIS 系統，在一些愛丁堡較繁忙的路口控制號誌時相的變化，讓公共交通車輛優先通行。而最近的階段旨在將該系統作為愛丁堡綠色工程的一部分持續進行擴展，計畫目標期將公車旅行時間縮短 10%。目前該系統正擴展到三條以上的市內 A 級公路，並控制 23 個新增的道路路口。

2.丹麥 Oestbanen 鐵路平交道號誌控制與車速偵測

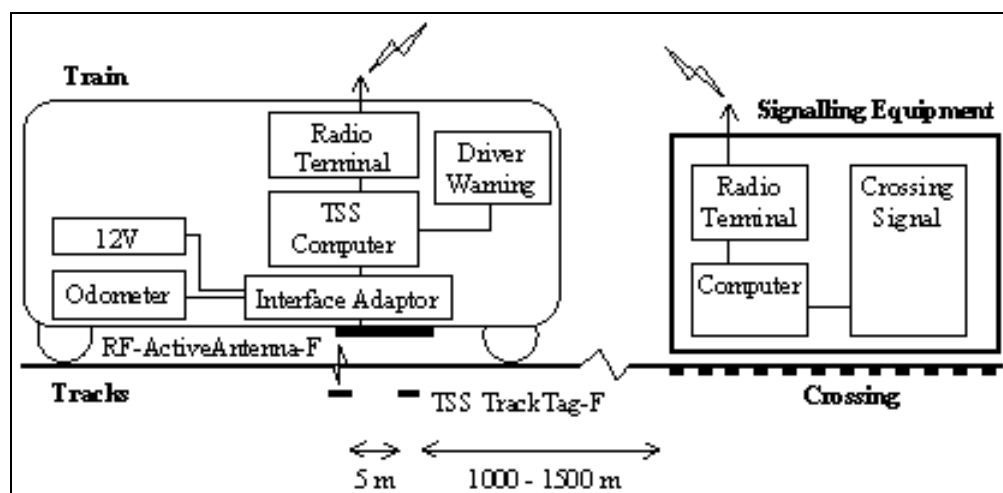
傳統上鐵路平交道之控制方法係當火車接近鐵路平交道時，由列車駕駛利用無線電通知號誌室變換燈號，同時號誌室回覆確認訊息並啟動相關控制。如果彼此通話發生問題，則可能導致嚴重的意外發生。有鑑於此，丹麥 Oestbanen 在火車平交道處安裝 RFID 設備，以監控火車在平交道處得以安全的續進，有效地省去傳統上必須沿著軌道隨時利用無線電詢答的監控方式所耗之昂貴成本及減少因人為疏失可能帶來的嚴重後果。

系統運作方式係在離平交道前後 1,000 到 1,500 公尺處的枕木上分別設置一個 RFID 電子標籤，當火車通過時，由安裝在火車下面的 RFID 讀取器讀取 RFID 電子標籤識別碼，並自動透過無線通訊與控制室聯絡，控制室進而指示控制火車前進的方向並開啟平交道的相關安全設施；而火車通過平交道後之 RFID 電子標籤處(一個相當於最大火車長度的位置)

時，便自動通知控制室關閉燈號控制。

因火車係自動收取控制室回傳之確認訊息，若未收到則表示有潛在的故障發生，此時系統即開始自動控制列車的減速，並告警司機及啟動火車上喇叭聲響信號，以警告正在通過平交道的民眾。該系統同時可利用平交道前後兩個 Tag 之相隔距離除以通過時間計算當時火車行駛的速度。由於此 RFID 系統沒有任何人工操作的干擾、在火車平交道附近得以自動切換燈號開關系統、同時也隨時得以監控火車位置，是一可靠並且有效減少成本的作法。

丹麥 Oestbanen 鐵路平交道應用 RFID 技術之系統構成及實景照片可參見圖 2.16 及圖 2.17。



資料來源：Traffic Supervision Systems。

圖 2.16 丹麥 Oestbanen 鐵路平交道應用 RFID 技術之號誌控制系統



圖 2.17 丹麥 Oestbanen 鐵路平交道控制實景

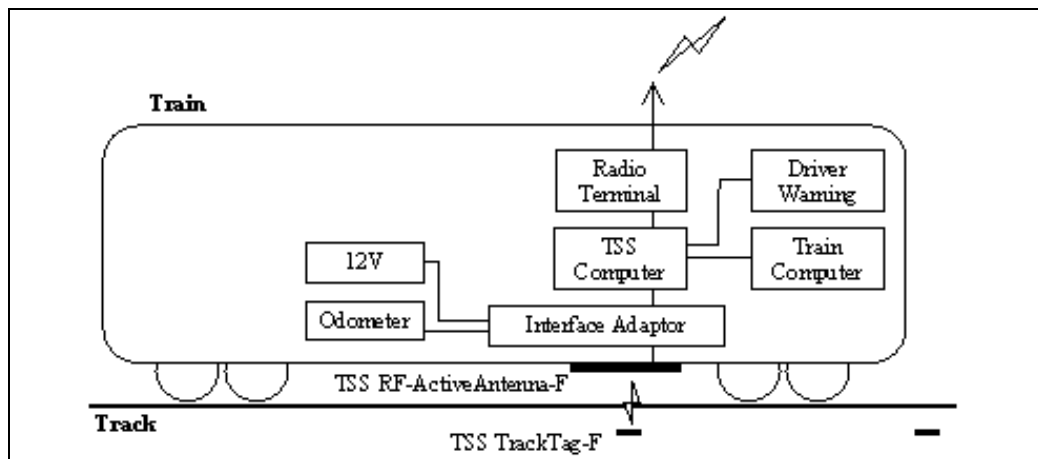
3.丹麥 Nærumbane 火車定位追蹤

為了在現有鐵路網路上改進對乘客服務和安全的品質，應提供準確的火車位置資訊，亦即藉由確切知道每輛火車即時位置，且能預測火車到/離站或可能誤點的時間，將使業者能在安全無虞下提供更多的服務，例如乘客訊息、交通管理、故障維護點精確位置與無人自動駕駛訓練等。因此火車的定位追蹤實為增進火車服務品質的關鍵之一。

丹麥 Nærumbane 應用 RFID 技術進行火車定位，其功能在 0-300 公里/小時的速度範圍內，分別於最高速度及低速時，幾可達到以下精度：

- (1)在最高速度時，定位精度 ± 50 公分
- (2)在低速時，定位精度 ± 1 公分

此系統之 RFID 電子標籤與前述 Oestbanen 相同，佈設在軌道的枕木上，而 RFID 讀取器與天線裝設於火車正下方，因此所讀取到的識別碼，對於火車所在位置來說係提供一個絕對參考座標，結合火車的艙中里程表與讀取 RFID 電子標籤之間的時間便可計算火車的旅行速度，雖然現今在高速火車也有使用陀螺儀測量加速度、都卜勒雷達或者鐳射等技術偵測火車速度，但是還是需要從 RFID 提供一絕對的參考位置，最後透過無線傳至後端控制站內。其系統架構如圖 2.18 所示。



資料來源：Traffic Supervision Systems。

圖 2.18 丹麥 Nærumbane 火車定位追蹤系統架構

2.4 小結

本節綜整前述 RFID 與其他車輛偵測器之比較分析與應用案例分析成果，初步檢討 RFID 應用於交通資訊蒐集的可行性及相關課題。以為後續研究之考量。

2.4.1 RFID 與車輛偵測器之整合應用

RFID 偵測器主要是讀取安裝於車上之射頻識別電子標籤，所以可以清楚辨析車輛的身份，因此可正確偵測車輛的種類與轉向比，這是其他傳統的車輛偵測器無法正確做到的。反之，傳統的車輛偵測器其偵測率皆有一定的評價。因此，未來在蒐集交通參數上，可視整體系統應用選擇最適當之偵測器（例如環路線圈、微波式、影像式等），並擷取不同偵測器優點，互補對方缺點。例如結合「半主動式射頻識別」與「環路線圈式」偵測器，可以達到高準確性且豐富的交通資訊量測與蒐集。以下初步整理 RFID 與主要幾種偵測器作截長補短之比較分析如表 2.4 所示。

表 2.4 RFID 與其他偵測器作截長補短之分析

型式	可量測資料	優勢	劣勢	結合射頻識別優勢的改善
環路線圈偵測器	<ul style="list-style-type: none"> 車流量 車輛佔有率 平均車速 車輛停止偵測 	<ul style="list-style-type: none"> 安裝適當，精確度高，可靠度高 廣泛應用久，已標準化有長期之經驗 單位成本低 	<ul style="list-style-type: none"> 調高偵測各行車所需敏感度時，可能會偵測到相鄰車道之車輛，所以對於車輛種類無法正確得知 無法識別車輛，所以無法正確評估車輛是否轉向 超重車使路面下之線圈經常受重車擠壓破壞，修路與施工不良之影響亦易使路面下之線圈破壞 	<ul style="list-style-type: none"> 使用射頻識別可以正確讀取各車輛的身份識別碼，所以可以正確量測出車輛種類及車輛轉向比。 使用射頻識別無須安裝線圈，可以彌補環路線圈偵測器線圈遭壓壞時無法讀取所有交通參數的缺點

表 2.4 RFID 與其他偵測器作截長補短之分析(續)

型式	可量測資料	優勢	劣勢	結合射頻識別優勢的改善
超音波偵測器	<ul style="list-style-type: none"> 車流量 車輛佔有率 平均車速 車輛停止偵測 	<ul style="list-style-type: none"> 都卜勒超音波偵測器可直接量測單一車速 	<ul style="list-style-type: none"> 精確度及可靠度不如環路線圈偵測器高。 無法正確量測車輛種類。 無法識別車輛，所以無法正確評估車輛是否轉向。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用射頻識別可以正確讀取各車輛的身份識別碼，所以可以正確量測出車輛種類及車輛轉向比。 使用主動式或半主動式射頻識別可以彌補精確度及可靠度不足之處。
微波偵測器	<ul style="list-style-type: none"> 車流量 車輛佔有率 平均車速 車輛停止偵測 	<ul style="list-style-type: none"> 精確度較環路線圈偵測器高 可適用於多車道 直接偵測速率 體積小 	<ul style="list-style-type: none"> 應用於多車道時，可能因車輛遮蔽而誤判，所以可靠度不如環路線圈偵測器高 無法正確量測車輛種類。 無法識別車輛，所以無法正確評估車輛是否轉向。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用射頻識別可以正確讀取各車輛的身份識別碼，所以可以正確量測出車輛種類及車輛轉向比。 使用主動式或半主動式射頻識別可以彌補精確度及可靠度不足之處。

資料來源：本研究整理

2.4.2 RFID 應用實例的借鏡

2.3 節彙整案例的概要整理如表 2.5 所示。由國內外的 RFID 技術於交通資訊蒐集的應用案例可以發現，目前的應用實例可謂僅利用 RFID 技術讀取/記錄電子標籤的特性，並輔以記錄通過 RFID 讀取器之時間，進行車輛定位、特定車輛的辨別，進而實施如優先號誌、平交道號誌控制等策略，以及進行較長距離之路段旅行時間或是旅行速率資訊的發佈。至於「德國柏林交通資訊蒐集計畫」雖是蒐集流量等交通參數，但仍是應用環路線圈之偵測原理，而非直接應用 RFID 技術來進行偵測。因此利用 RFID 技術作為車輛偵測器，在時距及距離間距皆很小的範圍內，進行流量、車速、佔有率等交通參數的蒐集，仍是一項嶄新且具挑戰性的應用研究。

再者，由於 RFID 技術的應用仍將涉及隱私權處理的問題，因此由現行案例可知，多應用於公共運具或是緊急車輛等較無隱私權爭議的車輛；或是結合電子收費系統，以既有安裝電子收費系統電子標籤的車輛為探偵車，再將蒐集得到的資料加密處理。因此，RFID 技術於交通資訊蒐集的應

用推廣，如何維護個別車輛之隱私權亦是重要的課題。

表 2.5 利用 RFID 技術進行交通資訊蒐集的國內外案例

案例		應用之 RFID 系統	應用內容
分類	名稱		
旅行時間資訊蒐集的應用	美國佛羅里達州高速公路路段旅行時間之量測	Active RFID 915MHz	路段旅行時間量測
	美國德州休士頓都會區高速公路旅行時間之蒐集	1. 原為 Active RFID 915MHz 2. 2006 年改用 Passive RFID 915MHz	路段旅行時間量測 區間速度計算
	桃園交控系統之旅行時間資訊蒐集	Active RFID 927MHz	路段旅行時間量測
結合偵測器之交通參數蒐集的應用	德國柏林交通資訊蒐集計畫	Passive RFID 125KHz	蒐集流量、車速、車種等交通參數
鐵路及公車等大眾運具的應用	英國愛丁堡市公車優先通行系統	Passive RFID 134.2KHz	確認公車位置，實施公車優先號誌
	丹麥 Oestbanen 鐵路平交道號誌控制與車速偵測	Passive RFID 125KHz	確認火車位置，實施鐵路平交道控管
	丹麥 Nærumbane 火車定位追蹤	Passive RFID 125KHz	火車定位追蹤

資料來源：本研究整理。

第三章 示範測試系統之實驗室測試

為使本示範測試計畫於信義幹線公車專用道測試能夠順利實施，本研究團隊於現地測試展開前，對整體系統進行實驗室整合測試，以確認 RFID 設備功能於現地測試時可正常運作，進行交通資訊的蒐集。同時也對可能影響交通參數蒐集之因素進行測試分析，以事先掌握及解決在實際車道測試時可能遭遇之問題。

本研究之實驗室階段測試可概分為中華電信研究所內與台 66 線快速公路實測兩大項目。其中於中華電信研究所區域內所進行的測試，主要是以 RFID 讀取器與電子標籤之間通訊的靜態量測研究為主，其目的是要瞭解 RFID 讀取器與電子標籤可以成功通訊的範圍與系統整合後的運轉功能。亦即，當 RFID 讀取器與電子標籤完成通訊之後，後端系統是否可以正確地收到資料，並正確地將偵測的交通訊息顯示出來。然而，若設備運行當中功能產生不正常事件時，亦必須要能夠得到正確的統計資訊輸出。然後彙整蒐集的相關交通資訊統計結果，選取適當 RFID 讀取器與電子標籤設備規格與相互之間架設方式，以作為台 66 線快速公路動態測試之依據。

而台 66 線快速公路實測除了驗證系統的整合功能外，RFID 讀取器與電子標籤處於相對運動時之通訊範圍測試，也包含於本測試研究的範圍之內。道路實地測試是以涵括類似信義幹線公車專用道情境，駕駛車輛以不同的速度通過測試場地，來回多次地進行各樣的模擬測試，並且依據所量測的動態資料彙整靜態資料，加以統計分析，以作為整個 RFID 作為公車示範測試計畫系統之改善、設備之選擇及架設方式的重要參考指標。

茲說明實驗室測試結果於下述各節。

3.1 RFID 通訊測試與設備選擇

由於現階段本研究能夠取得通過我國國家通訊傳播委員會(NCC)型式認證許可的 RFID 設備系統相當有限，因此以下測試僅能就可以取得(含自購與商借)的 RFID 設備，進行實地的通訊等相關測試與初步分析。

表 3.1 所列乃是本研究目前取得通過我國 NCC 型式認證許可的 RFID 設

備。其操作頻段為 UHF 與 2.45 GHz 等兩頻段，型式為適用於金屬或玻璃材質物件的被動式與半主動式電子標籤與其相關的 RFID 讀取器設備。其中，廠牌 A 為被動式 RFID 系統，其操作頻段皆為 UHF(922~928MHz)；而廠牌 B 及廠牌 C 為半主動式 RFID 系統，其操作頻段為 2.45 GHz。所謂適用於金屬的電子標籤，係表示此電子標籤乃特別針對可附著固定於金屬表面使用場所而設計，適用於玻璃的電子標籤則是表示此電子標籤乃特別設計於可黏貼於玻璃使用(玻璃介於讀取器與電子標籤之間)。

表 3.1 進行測試之各種 RFID 系統

RFID 品牌種類	RFID 讀取器主要規格	RFID 電子標籤 測試種類	NCC 型式認證
A 廠牌	UHF 頻段 EIRP 4W 天線外接	<u>被動式</u> 金屬用電子標籤 玻璃用電子標籤	通過室內認證*
	UHF 頻段 EIRP 2W 天線外接	<u>被動式</u> 金屬用電子標籤	通過戶外認證*
B 廠牌	2.45GHz EIRP 75mW 天線內嵌	<u>半主動式</u> 金屬用電子標籤 (電子標籤使用壽命 約 8 年)	通過戶外認證
C 廠牌	2.45GHz EIRP 65mW 天線內嵌	<u>半主動式</u> 金屬用電子標籤 (電子標籤使用壽命 約 5 年)	通過戶外認證

資料來源：本研究整理。

註：依據 NCC 規範使用於 UHF 頻段的被動式 RFID 讀取器，允許發射功率罩遮，室內最高為 4W 的 EIRP，戶外最高為 2W 的 EIRP。

因考量本研究現階段規劃在公車專用道上之測試，係採用路側式 RFID 架構，所以下面測試的 RFID 讀取器均安裝於道路側邊的支撐架上，如圖 3.1 與本計畫第一年期報告圖 7.2 所示，將 RFID 電子標籤安裝於箱型車輛側面(金屬用電子標籤)或黏貼於窗戶的玻璃(玻璃用電子標籤)後面。此架構優點是讀取器與電子標籤安裝容易，裝設方面原則上只需與車行方向平行及地面垂直即可，而且建置的施工成本比高架式架構低並且維護容易，缺點是較可能受到經過的物體遮蔽而產生通訊阻隔的情形。以下說明各類型電子標籤測試的條件及結果於後。



資料來源：本研究整理。

圖 3.1 路側式安裝測試

3.1.1 金屬用被動式 RFID 電子標籤 4W 及 EIRP 4W 讀取器測試

測試條件條列如下，結果整理如表 3.2 所示，其中“○”表示 RFID 讀取器可以在此測試條件下正確讀取電子標籤的識別碼(ID)，“×”表示無法讀取。

- 1.測試標的：A 廠牌之 EIRP 4W RFID 讀取器、金屬用電子標籤
- 2.測試地點：中華電信研究所測試車道
- 3.測試架構：路側式
- 4.天候狀況：陰天
- 5.測試車輛：箱型車

表 3.2 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W 測試結果

車速 \ 距離	1 m	2 m	3 m
5~10 km/hr	○	○	○
15~20 km/hr	○	○	×
25~30 km/hr	○	○	×
35~40 km/hr	○	○	×

資料來源：本研究整理。

註：L 為讀取器與電子標籤之相對距離。

3.1.2 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 2W

測試條件條列如下，結果整理如表 3.3 所示，其中“○”表示 RFID 讀取器可以在此測試條件下正確讀取電子標籤的識別碼(ID)， “×”表示無法讀取。

- 1.測試標的：A 廠牌之 EIRP 2W RFID 讀取器、金屬用電子標籤
- 2.測試地點：66 號快速公路
- 3.測試架構：路側式
- 4.天候狀況：陰天
- 5.測試車輛：箱型車

表 3.3 金屬用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 2W 測試結果

車速 \ 距離	1 m	2 m
5~10 km/hr	○	×
15~20 km/hr	○	×
25~30 km/hr	○	○
35~40 km/hr	○	×
45~50 km/hr	×	×
55~60 km/hr	×	×

資料來源：本研究整理。

註：L 為讀取器與電子標籤之相對距離。

3.1.3 玻璃用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W

測試條件條列如下，結果整理如表 3.4 所示，其中“○”表示 RFID 讀取器

可以在此測試條件下正確讀取電子標籤的識別碼(ID)，“×”表示無法讀取。

1.測試標的：A 廠牌之 EIRP 4W RFID 讀取器、玻璃用電子標籤

2.測試地點：中華電信研究所測試車道

3.測試架構：路側式

4.天候狀況：晴

5.測試車輛：箱型車

表 3.4 玻璃用被動式 RFID 電子標籤/讀取器 EIRP 4W 測試結果

距離 車速	1 m	2 m	3 m
5~10 km/hr	○	○	×
15~20 km/hr	○	×	×
25~30 km/hr	○	×	×
35~40 km/hr	×	×	×

資料來源：本研究整理。

註：L 為讀取器與電子標籤之相對距離。

3.1.4 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(一)

測試條件條列如下，結果整理如表 3.5 所示，其中“○”表示 RFID 讀取器可以在此測試條件下正確讀取電子標籤的識別碼(ID)，“×”表示無法讀取。

1.測試標的：B 廠牌、金屬用電子標籤

2.測試地點：66 號快速公路

3.測試架構：路側式

4.天候狀況：晴

5.測試車輛：箱型車

表 3.5 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(一)結果

車速 \ 距離	1.5 m	3.9 m	5.1 m
20 km/hr	○	○	○
30 km/hr	○	○	○
40 km/hr	○	○	○
50 km/hr	○	○	○
60 km/hr	○	○	○
70 km/hr	○	○	○

資料來源：本研究整理。

註：L 為讀取器與電子標籤之相對距離。

3.1.5 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(二)

測試條件條列如下，結果整理如表 3.6 所示，其中“○”表示 RFID 讀取器可以在此測試條件下正確讀取電子標籤的識別碼(ID)，“×”表示無法讀取。

- 1.測試標的：C 廠牌、金屬用電子標籤
- 2.測試地點：66 號快速公路
- 3.測試架構：路側式
- 4.天候狀況：晴
- 5.測試車輛：箱型車

表 3.6 金屬用半主動式 RFID 電子標籤測試(二)結果

車速 \ 距離	1.5 m	3.9 m	5.1 m
30 km/hr	○	○	×
40 km/hr	○	○	×
50 km/hr	○	○	×
60 km/hr	○	○	×
70 km/hr	○	○	×
80 km/hr	○	○	×

資料來源：本研究整理。

註：L 為讀取器與電子標籤之相對距離。

3.1.6 測試結果分析

根據上述測試結果，與本計畫第一年期報告之第七章電子標籤實際測試分析，顯示目前本研究所取得之玻璃用的被動式 RFID 電子標籤容易遭受汽車擋風玻璃及隔熱紙規格而影響到 RFID 讀取器與電子標籤之間相對的通訊距離，因而產生通訊品質不穩定現象，如表 3.4。

而且目前依 NCC 之 LP0002 規範，使用於 UHF 頻段的被動式 RFID 讀取器，在戶外的發射功率僅限於 2W EIRP 以內。而現今國內市場上僅有少數，例如 A 廠牌的某產品雖通過合格認證，但此產品經上述實地測試的結果，發現其通訊距離仍相當不穩定，如表 3.3。

所以經由此次研究結果(參見表 3.2 至表 3.6)，初步歸納半主動式的 RFID 電子標籤比被動式的 RFID 電子標籤較適合做為戶外環境的交通參數蒐集之用，然而，鑑於本項測試受限於研究經費與時間因素，並未從事大規模的實驗取樣與資料的蒐集分析，所以此結果分析僅作為後續研究的參考。

3.1.7 示範公車專用道 RFID 系統之選擇

近年來 RFID 應用在物流業的貨品標籤時，普遍是採用 UHF 的通訊頻段，而且是被動式的射頻識別電子標籤，其主要理由是電子標籤的價格比較低廉。相對地，電子標籤與讀取器之間的通訊距離比較短，約在 3~5 公尺以下。相關分析可參見本研究第一年期報告之表 2.2 對於不同種類電子標籤比較分析。

而用於交通資訊蒐集的射頻識別電子標籤，則需要比較長的通訊距離才可以維持通訊的品質穩定，例如 Transcore、Alien、Identec、Active Wave、TagMaster 及 Nedap 等公司之 RFID 產品。但是目前國內可以購得(通過 NCC 型式認證)適用於交通資訊蒐集之 RFID 產品很少。其原因主要為各國對 RFID 系統可使用頻段之規範不盡相同，而且即使頻段相同也還有發射功率大小限制不同等因素，因此通常國外 RFID 產品尚須修改設計後，才能通過我國 NCC 型式認證，進行合法的販售。由於目前國內代理 RFID 的系統廠商，一方面需原廠修改 RFID 設計及支出認證費用，另一方面因評估國內應用 RFID 系統於交通資訊蒐集之市場規模尚待開發，因此廠商仍相對保

守，其代理產品種類不多。

另外，除了前述目前市場取得的因素外，對於本年期現地測試計畫選擇適用於示範公車專用道之 RFID 系統還需考量下列因素：

1.RFID 系統種類型式

經由上述 3.1.6 節的實驗測試結果分析顯示，半主動式的 RFID 系統應用於車輛的通訊成功率明顯大於被動式 RFID 系統，而主動式 RFID 系統因其通訊距離最遠可高達 100 公尺以上(參見本研究第一年期報告之表 2.2)，如此對於車輛佔有率、停止偵測、車速等交通參數測量，可能因通訊範圍過大的影響，而導致測量結果誤差過大，所以亦不利於作為車輛交通參數蒐集之用。所以就 RFID 系統於交通資訊蒐集的應用上而言，半主動式 RFID 系統會是較佳的選擇。而上述實驗測試結果顯示，廠牌 B 與廠牌 C 的 2.45G 半主動式 RFID 系統產品中，廠牌 B 的該型產品，無論是在車速、距離方面均比較適合於應用在交通參數的蒐集，且較符合此示範公車測試計畫 RFID 交通參數蒐集之要求。

2.RFID 系統架構

參考本研究第一年期報告圖 7.1 所示之高架式 RFID 架構，係將 RFID 讀取器安裝於 L 形或 U 形鋼架，使得 RFID 讀取器在道路之正上方位置，而 RFID 電子標籤則安裝於車頂(金屬用)或前擋風玻璃(玻璃用)上。此架構優點是通訊死角較少，不易遭受車輛阻擋而干擾通訊，而且藉由車種相對應已知的車輛高度，電子標籤因安裝於車頂或擋風玻璃固定的位置，所以可以得到電子標籤與讀取器之間的相對距離，因而通訊距離的變化會比較容易控制。更重要的是，對於多車道自由流(MLFF)架構而言，此架構可以比路側式更容易精準的偵測到安裝於車輛的電子標籤。所以，就技術層面而言，會是更可行的方案。但是此架構缺點係因為需跨越車道安裝鋼架，不易施工且施工成本也較高。

路側式 RFID 架構之 RFID 讀取器係安裝於道路旁邊鋼架或架設於路燈或號誌信號等既有結構體上面，而 RFID 電子標籤則安裝於車側(金屬用)或側邊窗戶玻璃(玻璃用)上。此架構優點是讀取器與電子標籤安裝比較容易，裝設時只需與車行方向平行及地面垂直，而且比起高架式架構其施工成本較低且維護容易。而缺點是通訊區範圍較小，容易因為車輛

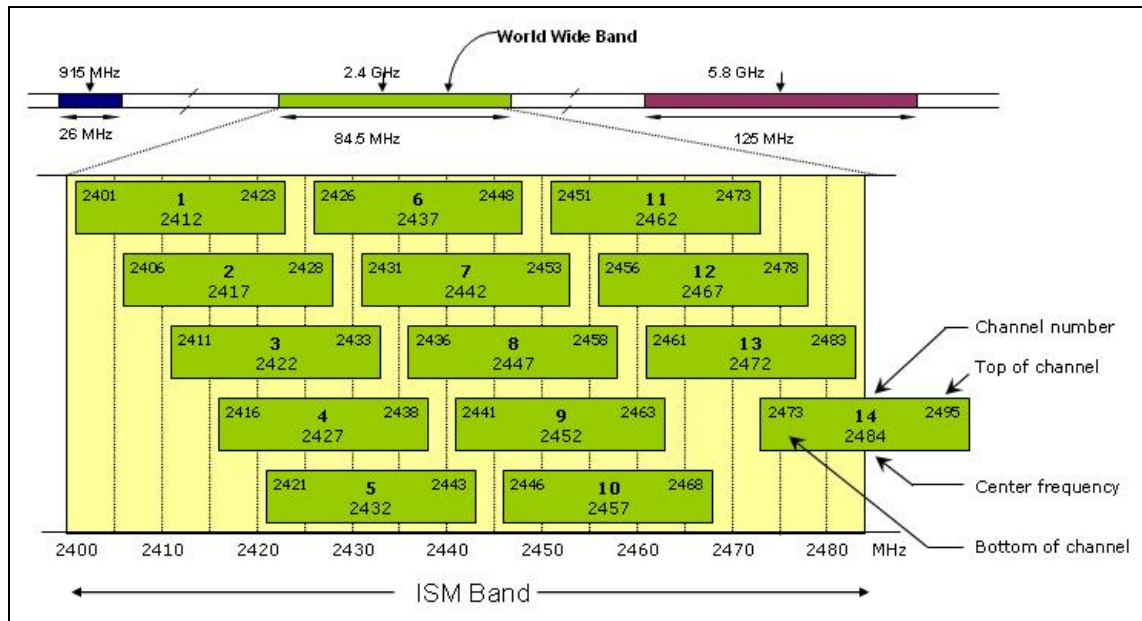
行駛位置與路側的距離不定，導致通訊區大小的變化比較無法受到控制，而且容易遭受夾雜其間經過的物體或車輛遮蔽阻擋而產生通訊阻隔的情形，所以此架構對於將來發展多車道自由流(MLFF)系統，便會形成技術發展瓶頸所在。

由於本研究囿於計畫資源以及時程的限制，因此採用路側式 RFID 作為測試架構，並選擇在公車專用道上施行測試計畫，以簡化操作，並排除車輛阻擋的問題，進行 RFID 蒐集交通參數之初步分析。惟未來若是要推廣至一般車輛使用且經費充裕時，在考量多車道自由流與通訊區阻隔與變化控制因素下，建議宜以高架式安裝較為合適。

3.RFID 操作頻率：

舉世各國的無線頻道原本便是相當寶貴的資源財產，所以為了促進科技的蓬勃發展，國際組織便共同規劃制訂免付費使用的 ISM 頻段，而台北市無線新都使用的 Wi-Fi 無線傳輸便是落在此 ISM 頻道的通道 1 至通道 11 內，如圖 3.2 Wi-Fi 頻道配置所示。而其使用頻段為 2401 MHz~2473 MHz。

本研究初步選用廠牌 B 之 RFID 系統之操作頻段範圍為 2400.6 MHz 至 2482.8 MHz。而因為本研究係將 RFID 系統架設於台北市主要幹道的信義幹線上，故需特別注意與 Wi-Fi 頻道彼此干擾的情形，是以將此 RFID 系統的載波頻率設定於單頻的 2476.8 MHz，以避免與本國規範的 Wi-Fi 頻道形成干擾的情形發生。



資料來源：Moonblink Communications(2006)，802.11b Wi-Fi Channels，
(<http://www.moonblinkWi-Fi.com/2point4freq.cfm>)

圖 3.2 Wi-Fi 頻道配置

綜合上述因素考量並彙整通訊距離、價格與通過我國 NCC 型式認證等因素，見圖 3.3 低功率射頻電機型式認證證明，因而本研究選用上述實地測試結果比較穩定的廠牌 B-荷蘭 Nedap 廠商，2.45GHz 半主動式的射頻識別電子標籤產品，作為用於交通資訊蒐集之先期測試，其 RFID 讀取器型號為 TRANSIT PS-270，電子標籤型號為 Heavy Duty Tag R/W 80。

財團法人台灣電子檢驗中心
低功率射頻電機型式認證證明

(1) 申請者：N. V. Nederlandsche Apparatenfabriek "Nedap"
(Parallelweg 2, 7141 DC Groenlo, The Netherlands)

(2) 製造廠商：N. V. Nederlandsche Apparatenfabriek "Nedap"

(3) 器材名稱：TRANSIT

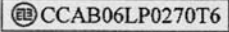

(4) 廠牌型號：Nedap / 9990410

(5) 發射功率(電場強度)：113.21 dB μ V/m

(6) 工作頻率：2.4384~2.4570 GHz

(7) 發證日期：95 年 1 月 23 日

(8) 審驗合格標籤式樣：






說明：

- 1、請依上列標籤式樣自製標籤，標貼或印鑄於器材本體明顯處，始得販賣或公開陳列。
- 2、經型式認證合格之低功率射頻電機，其型號、設計、射頻性能如有變更，應重新申請型式認證。
- 3、違反低功率電波輻射性電機管理辦法之規定，擅自使用或變更無線電頻率、電功率者，除依電信法規定處罰外，驗證機關(構)並得廢止其型式認證證明或審驗合格標籤。
- 4、送審廠商應保留送審樣品供日後核對。
- 5、本型式認證證明及其合格標籤使用權專屬取得本證明者。本證明持有人檢附同意書報請交通部電信總局備查後，得授權他人於同廠牌同型號之器材，使用其合格標籤。

備註：

- 1、本器材符合低功率射頻電機技術規範(第3.11.1章節)之規定。
- 2、本驗證機構係經交通部電信總局委託，核發本型式認證證明。

資料來源：本研究整理。

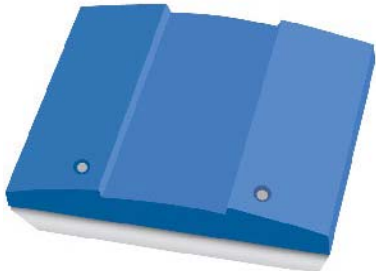
圖 3.3 低功率射頻電機型式認證證明

3.2 RFID 讀取器與標籤產品規格

根據前節初步選擇廠牌 B-荷蘭 Nedap 廠商之 2.45GHz 半主動式的射頻識別電子標籤產品，作為用於交通資訊蒐集測試之先期使用。本研究進一步對此產品規格進行細部的瞭解與功能測試，以評估其是否適合使用於信義幹線的公車專用道上。Nedap 廠商 RFID 讀取器型號為 TRANSIT

PS-270，詳細的規格如表 3.7 所示：


表 3.7 TRANSIT PS-270 規格

項目	規格	外觀
尺寸	310 x 250 x 100mm (12.2 x 9.8 x 3.9 inch)	
重量	< 5 kg (9.9 pounds)	
操作溫度	-30°C +50°C	
儲存溫度	-40°C +85°C	
相對濕度	10 . 93% non-condensing.	
通訊距離	Typical 10 meters (33 ft)	
移動速度	200 km/h (125 mph)	
消耗功率	18 VA	
頻段	2400.6 MHz..2482.8 MHz	
極化方向	Circular (LHC)	
EIRP	Max 18.7 dBm linear	
接收靈敏度	-100 dBm	
天線增益	> 8 dBi	

資料來源：本研究整理。

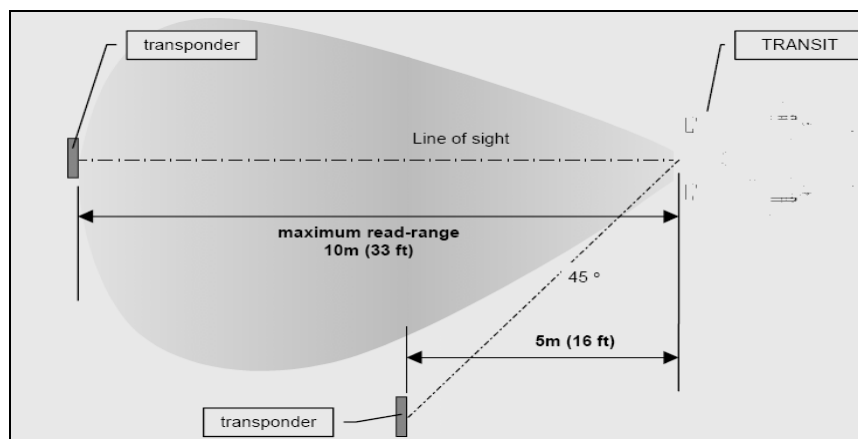
而配合此 RFID 讀取器使用的 RFID 電子標籤型號為 Heavy Duty Tag R/W 80，其詳細的規格如表 3.8 所示：

表 3.8 Heavy Duty Tag R/W 80 規格

項目	規格	外觀
尺寸	123 x 86.8 mm [4.8 x 3.4 in]	
重量	112 gram [4.0 oz]	
操作溫度	-30 ... +85°C	
儲存溫度	-30 ... +85°C	
相對濕度	10 ... 93% non-condensing.	
通訊距離	Typical 10 meters (33 ft)	
移動速度	200 km/h (125 mph)	
消耗功率	內建鋰電池至少 8 年壽命， 且不受讀取次數影響	
頻段	2.45 GHz	
材質	ASA/PC	
振動測試	IEC 68-2 -6，IEC 68-2-27， IEC 68-2-29	
識別碼	20 Hexadecimal character	

資料來源：本研究整理。

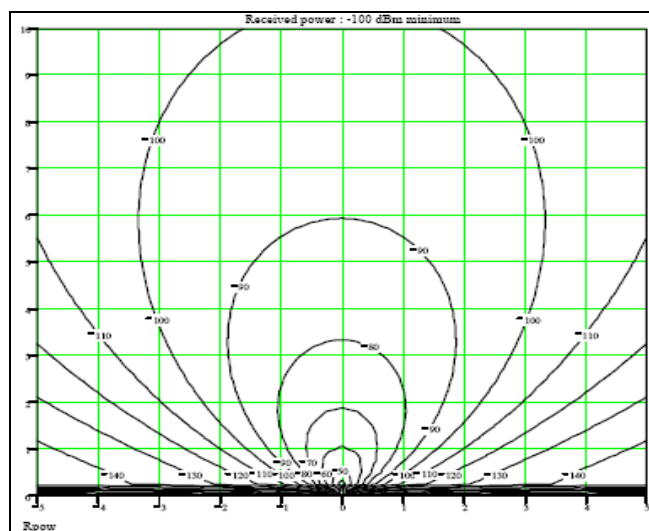
依據此廠牌 RFID 規格顯示，當貼有其 RFID 電子標籤之車行速度達到 200 *km/hr* 時，可以量測的最遠通訊距離達 6 公尺，而此測試條件的 RFID 電子標籤識別碼的長度仍為 64 位元，資料傳輸率為 1.875 *kbps*，而每個訊框的時間長度為 34 *ms*。



資料來源：本研究整理。

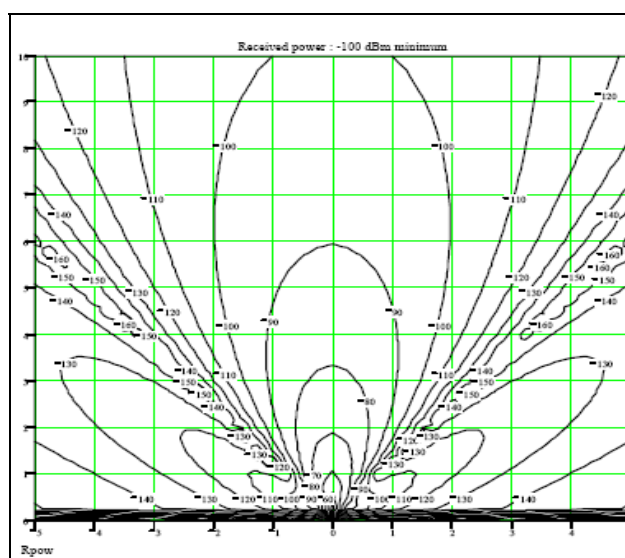
圖 3.4 最大通訊區大小

RFID 讀取器與電子標籤的微波輻射場型的大小及形狀，是由讀取器和電子標籤天線的設計所主導，本次測試採用的荷蘭 Nedap 廠商，2.45 GHz 半主動式的 RFID 讀取器與電子標籤產品之天線設計為圓形極化型式，其原廠量測 RFID 電子標籤相對於讀取器的水平及垂直微波輻射場型的大小及形狀分別如圖 3.5 與 3.6 所示。另據產品的規格指出，經由電子標籤反射回讀取器，而可以確保完成通訊的讀取器接收靈敏度是需要 -100 *dBm*，因以圓形極化型式天線之 RFID 電子標籤 Heavy Duty R/W 80 RFID 電子標籤的天線輻射角度均為對稱型態，而如其規格顯示為垂直與水平 $80^\circ(\pm 40^\circ)$ ，而讀取器 TRANSIT PS-270 RFID 之天線輻射角度水平為 80° （如圖 3.5 所示），垂直為 40° （如圖 3.6 所示）



資料來源：本研究整理。

圖 3.5 水平通訊輻射場型



資料來源：本研究整理。

圖 3.6 垂直通訊輻射場型

3.3 通訊區場型實驗測試設計與分析

本節之實驗測試係以選定的 RFID 設備做為測試的標的物，於中華電信研究所園區內，進行以 RFID 讀取器與電子標籤之間通訊的靜態量測測試研究，與於 66 快速公路進行不同車速的動態測試，藉以瞭解讀取器與電子標籤可以成功通訊的範圍與整合測試系統運轉的功能。

3.3.1 高樓頂 RFID 通訊區靜態測試

1.測試概要

- (1)測試時間：2006/3/29 09：30～16：30
- (2)測試地點：電研所 VLSI 九樓屋頂
- (3)測試標的：RFID 讀取器/Nedap Transit PS-270，RFID 半主動式電子標籤/ Nedap Heavy Duty Tag R/W80
- (4)測試目的：量測 RFID 電子標籤貼在金屬與玻璃於晴天及雨天之通訊區變化。
- (5)實驗設計：安裝 RFID 半主動式電子標籤與讀取器的高度皆距地面 2.12m 等高的位置，並在下列情境下將電子標籤固定於手推車上，如圖 3.7、表 3.9。





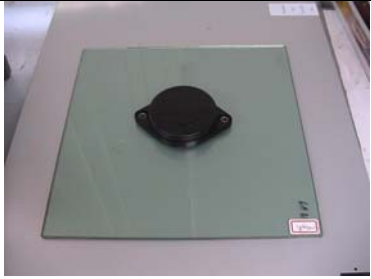
資料來源：本研究整理。

圖 3.7 手推車模擬測試場景

表 3.9 多種模擬測試情境

情境項目說明	情境示意圖
<p><u>情境 1</u></p> <p>將半主動式電子標籤黏於鐵板之上，以模擬電子標籤貼於公車金屬蒙皮上面，如右圖示。</p>	
<p><u>情境 2</u></p> <p>將半主動式電子標籤黏於鐵板之上並在電子標籤與讀取器外部噴水，以模擬電子標籤與讀取器表面有水滴附著情境，如右圖示。</p>	 
<p><u>情境 3</u></p> <p>半主動式電子標籤黏於鐵板之上，然後半主動式電子標籤上方再覆上抗 UV 玻璃，以模擬半主動式電子標籤貼於公車的玻璃窗戶或擋風玻璃後面，如右圖示。</p>	

表 3.9 多種模擬測試情境(續)

情境項目說明	情境示意圖
<p><u>情境 4</u> 如情境 3 又將玻璃與讀取器外部噴水，以模擬其表面有水滴附著情境，如右圖示。</p>	
	
<p><u>情境 5</u> 半主動式電子標籤黏於玻璃之上，以模擬半主動式電子標籤貼於公車的玻璃窗戶或擋風玻璃外面，如右圖示。</p>	

資料來源：本研究整理。

2.測試結果與分析：

(1)各情境測試結果

本項實驗測試之 RFID 半主動式電子標籤與讀取器安裝的高度皆距地面 2.12 m 等高的位置，而所量測的讀取器右半部與左半部通訊區域的實驗結果詳如圖 3.8 所示，圖中標示之曲線與相對應之情境如下所示：

情境 1 測試結果：標示如圖 3.8 曲線鐵(下)。

情境 2 測試結果：標示如圖 3.8 曲線鐵(下)+水。

情境 3 測試結果：標示如圖 3.8 曲線鐵(下)+玻璃(上)。

情境 4 測試結果：標示如圖 3.8 曲線鐵(下)+玻璃(上)+水。

情境 5 測試結果：標示如圖 3.8 曲線玻璃(下)。

(2)可能的誤差分析：

由於此量測實驗係將電子標籤固定於手推車上方的鐵柱進行，所以半主動式電子標籤與讀取器相對之角度並未完全平行而可能有量測誤差存在。

因為係選擇屋頂做為測試地點，但此測試地點因屋頂面積不夠寬敞，所以測試時需要左右互換移動讀取器的位置，因而造成參考點變動而產生量測場型的誤差。由於位於讀取器之右側通訊區係面對一矮小樓梯間地物，微波反射的干擾比較小，故測量結果可靠度較高；而反觀左側通訊區，約在 16 m 處有一大型的牆壁，微波反射干擾影響大，所以測量場型失真的情形比較嚴重。

以下分別說明擋風玻璃與水滴對於通訊距離的影響。

擋風玻璃對於通訊距離的影響

此項量測結果分析發現，當本研究採用的半主動式電子標籤置於玻璃後，整理產生通訊區變化的影響包括以下兩點：

A.最遠的通訊距離大約從 17 公尺降低至 12 公尺左右，約減少 5 公尺(參見圖 3.8 之曲線鐵(下)v.s. 曲線鐵(下)+玻璃(上))。

B.對於近距離的通訊區大小則似乎變化不大。

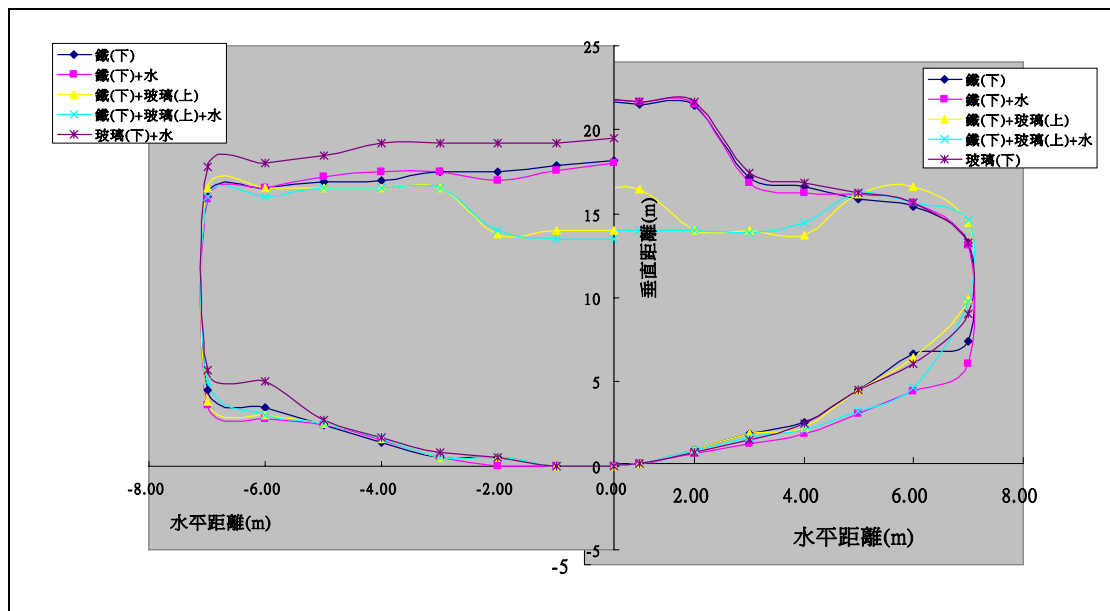
然而，鑑於本項測試受限於研究經費與時間因素，並未從事大規模的實驗取樣與資料的蒐集分析，尤其是特別欠缺針對各種不同材質的擋風玻璃與隔熱紙所造成訊號衰減以致於對於通訊距離縮減的影響，所以此項結果分析僅能提供後續研究的參考。

水滴對於通訊距離的影響：

在 RFID 電子標籤與讀取器上分別噴上水滴實驗量測後發現：其可以正常通訊的距離並無太大的變動(參見圖 3.8 之曲線鐵(下) v.s. 曲線鐵(下)+水，以及曲線鐵(下)+玻璃(上) v.s. 曲線鐵(下)+玻璃(上)+水)。亦即初步可判斷水滴對於此半主動式電子標籤所造成通訊區變化的影響似乎不大。然而，鑑於本項測試受限於研究經費與時間因素，並未從事大規模的實驗取樣與資料的蒐集分析，而且此測試階段天氣相當晴朗，所以遺漏各種不同雨天情境下，天氣的變

化對於通訊區造成的影響，故對於氣候這種不可控的因子，只能依據本期計畫執行的時程內，利用公車專用道實地 RFID 系統偵測的數值與影像或測速槍實際量測的數據詳加比較，以期達到更客觀的數據分析與比較，所以此項結果分析可以提供後續研究的參考。

最後，若以目前台北市的公車專用道的寬度評估，無論是在何種情境下，對於此半主動式電子標籤與讀取器可能發生之垂直距離的偏移量可比照圖 3.8 測試結果左右兩面之水平通訊範圍，顯示可以成功讀取 RFID 電子標籤的水平通訊寬度(L_R)約在 5 公尺至 6 公尺的範圍之間。



資料來源：本研究整理。

圖 3.8 測試結果之左右兩面通訊區範圍

3.3.2 戶外輻射量測場 RFID 通訊區靜態測試

1. 測試概要

(1) 測試時間：2006/4/18 09：00～16：30

(2) 測試地點：中華電信電研所戶外天線輻射量測場。測試地點的實景可參見圖 3.9。

- (3)測試標的：RFID 讀取器/Nedap Transit PS-270，RFID 半主動式電子標籤/ Nedap Heavy Duty Tag R/W80。
- (4)測試目的:量測 RFID 電子標籤與讀取器不同的相對高度之通訊區變化。
- (5)實驗設計：RFID 讀取器固定於測試地點中央且高度 2.5 *m* 位置，並在將電子標籤安裝於手推車上並變換電子標籤高度，觀察並記錄通訊區變化，然後將電子標籤安裝在車上量測平面通訊區大小。各情境設計參見表 3.10。

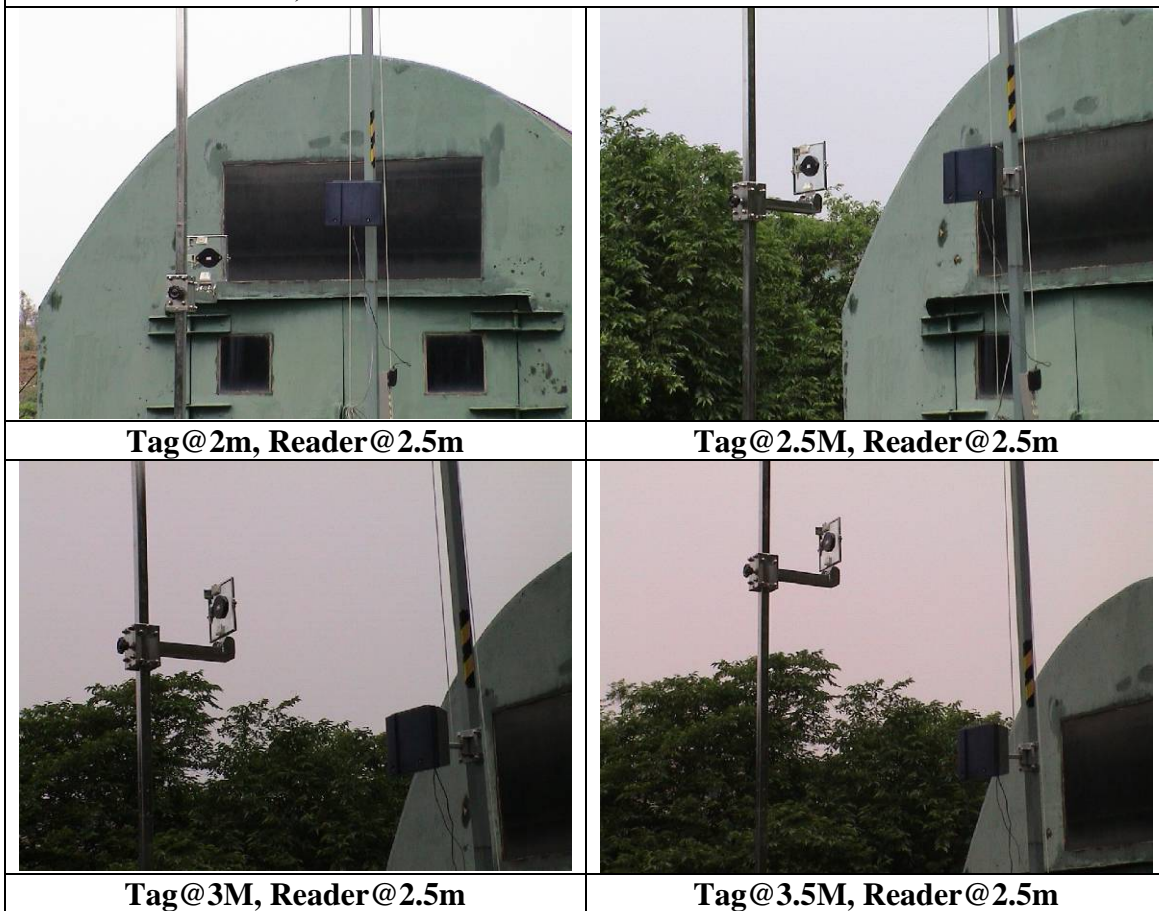


資料來源：本研究整理。

圖 3.9 戶外輻射量測場實景

表 3.10 戶外輻射量測場 RFID 通訊區靜態測試之測試情境

情境 1：模擬公車內電子標籤 與車道旁讀取器不等高度之通訊區分佈情形。將電子標籤貼於玻璃後方，量測電子標籤距離讀取器不同高度(2 m、2.5 m、3 m、3.5 m)之近區通訊區場型圖。



情境 2：

以箱型車模擬公車內玻璃貼上電子標籤並與車道旁讀取器相等高度之通訊區分佈情形。



資料來源：本研究整理。

2.測試結果與分析

(1)可能的誤差分析

本測試場地係中華電信電研所戶外天線輻射量測場，鋪設有標準的接地地網裝置，所以微波經由地面產生的反射效應，應該大致可以忽略不計。而由於此量測實驗部分係將電子標籤固定於手推車上方的鐵柱，部分以箱型進行，所以半主動式電子標籤與讀取器相對之角度並未完全平行而可能有量測誤差存在。

(2)通訊區變化的影響分析

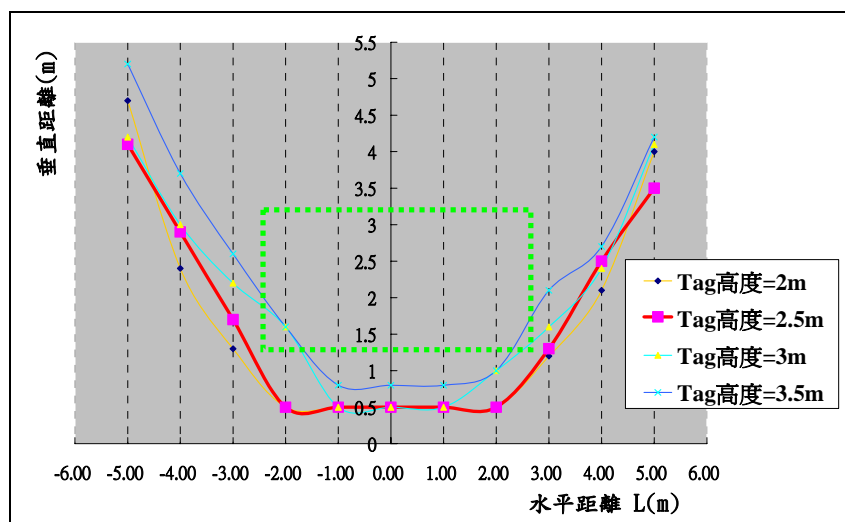
電子標籤相對讀取器安裝高度對於通訊區變化的影響

當電子標籤相對於讀取器安裝的高度相同或低 0.5 m 時，讀取器可以讀取到公車專用道(即圖 3.10 的綠色虛線，綠色虛線為公車可能行駛之公車專用道寬度)，而電子標籤的水平通訊寬度(L_R)約 5.5 m 以上。

若是電子標籤高於讀取器安裝的位置 0.5 m 或 1 m (分別參見圖 3.10 之 Tag 高度 = 3m 與 Tag 高度 = 3.5m 曲線)，則可以讀取到公車專用道內電子標籤的水平通訊寬度(L_R)會由上述 5.5 m 縮至 4 m 以上區域內。

由此量測可見，雖此讀取器相對於電子標籤的天線設計為圓形極化型態，但是實際設計上其水平極化方向與垂直極化方向並非完全對稱，以致於量測的上下垂直輻射場型並非十分對稱，如圖 3.4 與圖 3.10 所示，而是稍微有些向下傾斜趨勢，所以若是以得到最大的水平通訊區考量，此廠牌的電子標籤所要固定黏貼的位置，最好是不要高於讀取器安裝的高度，亦即公車高度約 3 米的情況下，電子標籤應黏貼於公車側面接近車頂的位置，並確保低於 3 米；而讀取器應架設於距地面 3 米高度的位置。

另外，如圖 3.10 顯示，隨著 RFID 電子標籤距離讀取器的垂直距離加大，可以偵測的通訊區寬度，將呈扇形曲線分佈而水平逐漸擴大。



資料來源：本研究整理。

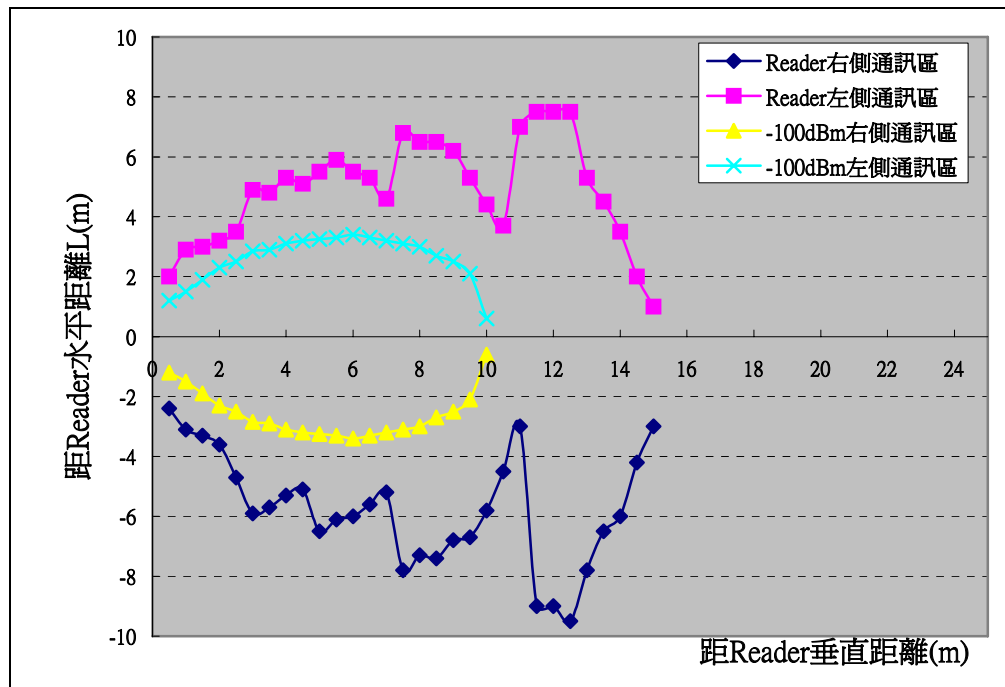
圖 3.10 不同高度的通訊區範圍

電子標籤與讀取器位於相同高度通訊區的變化

當 RFID 電子標籤貼於箱型車內的玻璃上，如表 3.10 情境 2 所示，並且電子標籤貼與讀取器安裝在相同的高度時，其與地面呈水平角度的通訊區範圍之量測結果如圖 3.11 所示：其中-100 dBm 右/左側通訊區曲線係表示此廠牌讀取器的水平通訊區量測的輻射場型之-100 dBm 強度的規格，詳見圖 3.5 水平通訊輻射場型所示。

而比照本次測試的結果發現，此電子標籤實可成功完成靜態通訊的範圍，如Reader右/左側通訊區曲線所包圍的區域，顯示此RFID讀取器的接收靈敏度是優於-100 dBm，而正由於彼此之間可以通訊的區域呈現有異於-100 dBm曲線之不規則變化，此不可控制的因子(可能是生產品質的穩定性所致)，不易得知精確的通訊區範圍，因而容易形成同一廠牌但是不同的電子標籤與不同的讀取器可能會存有若干通訊區範圍的差異而影響到水平通訊寬度(L_R)預估的準確性。

另外，若以此項實驗量測的結果配合公車行駛在公車專用道中之RFID電子標籤與讀取器可能的相對距離，分析推估其可以通訊的水平寬度(L_R)約為 6 m左右。



資料來源：本研究整理。

圖 3.11 平面測試之通訊區

3.3.3 動態車速的量測

1. 測試概要

- (1) 測試時間：2006/7/6 09：00～12：00。
- (2) 測試地點：66 號快速公路慢車道。
- (3) 測試標的：RFID 讀取器/Nedap Transit PS-270，RFID 半主動式電子標籤/ Nedap Heavy Duty Tag R/W80。
- (4) 測試目的：瞭解實車測試 RFID 電子標籤與讀取器計量之車速。
- (5) 測試方法：RFID 讀取器固定於路旁，相等高度黏貼電子標籤於車內玻璃車窗上快速行駛，測試其通過通訊區內，依讀取的時間換算成測量的車速。

2. 測試結果與分析

(1) 實驗參數設定

由於前小節的量測分析發現電子標籤與讀取器可能會存有影響通訊區變化差異的不可控因子，而無法精準地估計水平通訊寬度(L_R)，

以致於影響到車速的計算，所以以下的分析方法，係針對水平通訊寬度(L_R)變化的假設情境，來分析其對於車速估計的影響。

另外，設定讀取器之重複讀取時間為 0.1 秒鐘，分別量測記錄電子標籤進入及離開通訊區的時間，並與通訊區的寬度換算成車輛通過通訊區的點速度，如表 3.11 與表 3.12。其中，表 3.11 是依照 RFID 規格水平通訊區 $\pm 40^\circ$ 預估的通訊區寬度計算的平均點速度(每趟取測試 3 次的平均值)，表 3.12 是假設固定 6 公尺的通訊區寬度計算的平均點速度值。

(1)測試結果分析

假設一：水平通訊寬度(L_R)以 $\tan 40^\circ$ 曲線變化

由表 3.11 可以發現，若是假設水平通訊寬度(L_R)為 $\pm 40^\circ$ 通訊區寬度(此讀取器天線輻射場型規格)，結合量測進入及離開通訊區的時間差，經由計算得來量測車速數據，顯示在與車道側邊垂直距離比較近 1m、2m 的位置，車速有明顯低估的現象；直到 3 m、4 m 才為準確，然而到了 5m 時，反而呈現高估車速的現象。由此可粗估在垂直的近距離之通訊區寬度並非是單純的 $\tan 40^\circ$ 曲線，以致於產生換算成車速的誤差。

表 3.11 預估 $\pm 40^\circ$ 通訊區寬度的量測車速

測試錶速	平均計算點速度(km/hr)				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
10 km/hr	4.40	6.49	13.86	15.33	18.29
20 km/hr	8.26	14.63	20.58	19.64	27.94
30 km/hr	16.30	21.45	25.63	30.73	45.65
40 km/hr	20.50	30.37	35.45	43.61	54.96
50 km/hr	33.56	41.56	56.10	54.80	76.16
60 km/hr	43.15	47.95	65.53	73.17	81.51

資料來源：本研究整理。

註：通訊區寬度=通訊距離 $\times \tan(40^\circ) \times 2$ 。

假設二，水平通訊寬度(L_R)以固定 6 m：

表 3.12 是假設通訊區的寬度為固定 6 m，結合量測進入及離開通訊區的時間差，換算成車速的結果。其中，發現在與車道側邊垂直距離比較近 1 m、2 m、3 m 的位置，所換算的量測車速有明顯高

估的現象，而且是越近的距離誤差越大，高估的情形越顯嚴重；直到 4 m、5 m 才為準確。此亦顯示真正的通訊區寬度並非單純的矩形直線，以致於產生換算成車速的誤差。

表 3.12 預估固定 6 m 通訊區寬度的量測車速

測試錶速	平均計算速度(km/hr)				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
10 km/hr	15.75	11.59	16.51	13.70	13.08
20 km/hr	29.54	26.15	24.52	17.56	19.98
30 km/hr	58.29	38.35	30.55	27.47	32.64
40 km/hr	73.28	54.29	42.24	38.98	39.30
50 km/hr	120	74.29	66.86	48.98	54.46
60 km/hr	154.29	85.71	78.10	65.40	58.29

資料來源：本研究整理。

註：通訊區寬度 = 6 m。

綜合上面的實驗可知，若以 RFID 的技術作為車輛行駛點速度的量測，除了需要精準的量測其通過通訊區的起迄時間，更需要能夠精準的知道即時的通訊區寬度，否則將會產生顯著的誤差。所以若是單純利用 RFID 的技術量測車行的點速度之困難度較高，因為通過通訊區的起迄時間短，只要通訊區寬度預估誤差，將產生明顯的錯估車速的情形。

3.3.4 RFID 讀取器/電子標籤相互通訊區差異測試

1. 測試概要

- (1) 測試時間：2006/7/06 10：00～16：00。
- (2) 測試地點：電研所戶外天線輻射量測試場。
- (3) 測試標的：RFID 讀取器/Nedap Transit PS-270 兩個，RFID 半主動式電子標籤/Nedap Heavy Duty TagR/W80 五個。
- (4) 測試目的：量測多個相同型號的 RFID 電子標籤與讀取器通訊區的分佈差異，已瞭解其產品通訊範圍的品質穩定度。
- (5) 實驗設計：先後分別將兩個讀取器、五個電子標籤，固定於測試地點中央，於相等高度位置安裝電子標籤於手推車上並量測記錄近端通訊範圍區的變化。

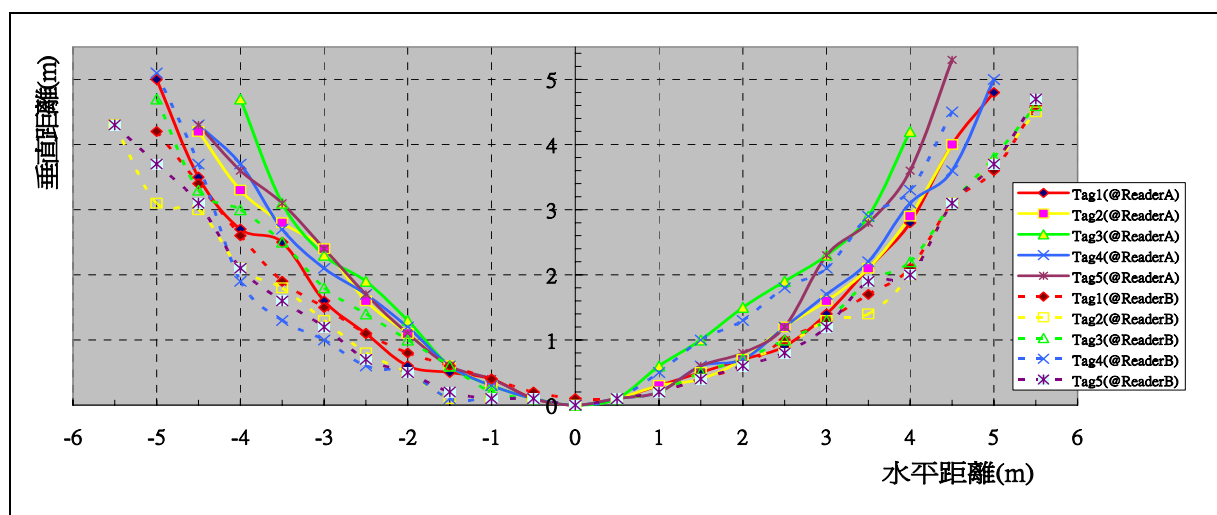
2.測試結果與分析

有鑑於前節研究結果顯示水平通訊寬度(L_R)對於車輛行駛速度的影響情形，而且由於相同品牌型號的產品可能產生生產品質不可控制的差異，故特別針對本計畫採用之RFID讀取器與電子標籤抽樣量測其相對的通訊區範圍。

圖 3.12 的量測結果顯示兩個 RFID 讀取器(Reader A、Reader B)相對於五個電子標籤(Tag1、Tag2、Tag3、Tag4、Tag5)共 10 條近區(4 公尺以內)通訊範圍的量測曲線，其中各電子標籤相對於 Reader A 的族群資料以實線顯示，而各電子標籤相對於 Reader B 的族群資料以虛線顯示。

由圖 3.12 中可以發現族群Reader A的通訊範圍普遍有比族群Reader B發生水平通訊寬度(L_R)較窄的現象，而相同族群的各個不同的電子標籤之間通訊範圍亦有若干的差異現象。經由此圖量測的曲線，可以約略觀察出不同的讀取器對於電子標籤，在公車專用道上之左、右兩側的水平通訊寬度(L_R)有可能各相差 1.5 公尺，換言之整個公車專用道水平通訊寬度(L_R)，可能會發生 3 公尺左右的誤差。

所以若在公車專用道是以單個電子標籤及讀取器架構來量測車輛行駛的點速度，將可能因為讀取器與電子標籤本身品質穩定的差異，而產生相當可觀的誤差。



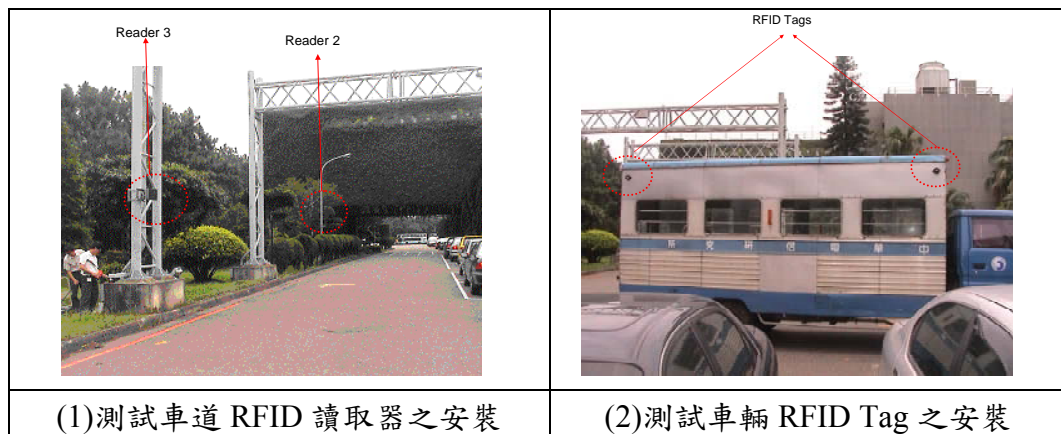
資料來源：本研究整理。

圖 3.12 多個讀取器/電子標籤通訊區

3.4 示範測試系統整合測試

根據 RFID 通訊區之靜態及動態測試結果，以及中介軟體與後端資訊系統之設計開發，先行於中華電信研究所內測試車道進行系統之整合測試，以作為現地示範測試前之準備。

RFID 讀取器分別架設於路邊之路燈及鋼架處，如圖 3.13(1)所示，RFID 電子標籤分別安裝於車側前方(靠近車頭處)及車側後方(靠近車尾處)，如圖 3.13(2)所示，後端系統設備則置放於車道控制室。測試時車輛以定速的方式行駛於測試車道，並依續通過 RFID 讀取器 2 及讀取器 3，車輛實際通過的情形如圖 3.14 所示。



資料來源：本研究整理。

圖 3.13 測試車道 RFID 讀取器與測試車輛 RFID Tag 安裝圖



資料來源：本研究整理。

圖 3.14 測試車道整合測試實景

3.4.1 測試結果與分析

本測試結果是車輛通過 RFID 讀取器會產生時間差 T ，RFID 讀取器的通訊區的兩點之間有距離 L ，車速 V 可經由 L/T 產生。RFID 電子標籤分別固定於車輛之車頭(Tag1)與車尾(Tag2)，當車輛通過架設於路邊的 RFID 讀取器時，RFID 電子標籤會依照讀取器設定的時間不斷地與讀取器進行通訊，並將其號碼告知讀取器。依照 RFID 讀取器設定時間之不同，讀取器會產生多筆的資料，這些資料再經由 GPRS Modem 的過濾之後，只留下進入通訊區之起始及結束的兩筆資料。

- 1.第一筆資料，即車輛通過通訊區，RFID 電子標籤與 RFID 讀取器通訊完成的第一筆資料
- 2.第二筆資料：即車輛在通訊區內，RFID 讀取器與 RFID 電子標籤通訊完成所得到的最後一筆資料。

依據上述的方式所產生的資料而形成的車速共有四種：

- 1.單 Tag1(固定於車頭的 Tag)

取Tag1 通過讀取器後所產生第一筆及第二筆資料之相對時間差為計算數據，計算出來的速度即為測試表格中的 V_1 。

2. 單 Tag2(固定於車尾的 Tag)

取 Tag2 通過讀取器後所產生第一筆及第二筆資料之相對時間差為計算數據，計算出來的速度即為測試表格中的 V_2 。

3. 雙 Tag(固定於車頭的 Tag1 及固定於車尾的 Tag2)

取 Tag1、Tag2 通過讀取器後所產生第一筆資料之相對時間差為計算數據，計算出來的速度即為測試表格中的 V_3 。

4. 雙 Tag(Tag1 固定於車頭，Tag2 固定於車尾)

取 Tag1、Tag2 通過讀取器後所產生最後一筆資料之相對時間差為計算數據，計算出來的速度即為測試表格中的 V_4 。

表 3.13 至表 3.19 為實驗室動態整合測試之資料與運算結果，測試的方式是以改變 RFID 讀取器的時間參數後，車輛實地通過測試車道，讀取器讀取電子標籤經由 GPRS 無線方式與網際網路傳送給後端整合系統處理，經過演算後所得到的結果。並說明測試結果於後：

(1) 參數定義：

相關時間參數

A.T1：車頭 Tag 1 第一筆之 Time Stamp

B.T2：車頭 Tag 1 第二筆之 Time Stamp

C.T3：車尾 Tag 2 第一筆之 Time Stamp

D.T4：車尾 Tag 2 第二筆之 Time Stamp

E.計算值： $T21=T2-T1$ ， $T43=T4-T3$ ， $T31=T3-T1$ ， $T42=T4-T2$ 。

長度參數

A.水平通訊區寬度 $L_R = 6 \text{ m}$

B：電子標籤黏貼間距 $L_T = 5.93 \text{ m}$ 。

速度計算式

A.車頭(Tag1)單Tag點速度 $V1 = (L_R / (T21 * 0.01)) * 3.6$ 。

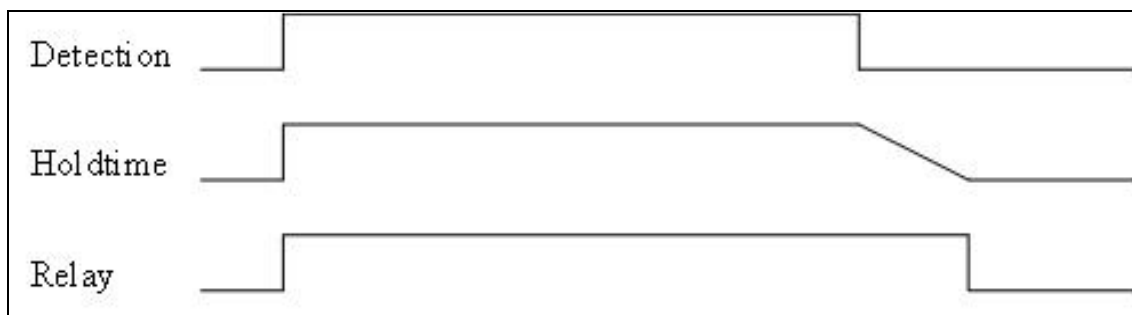
B.車尾(Tag2)單Tag點速度 $V2 = (L_R / (T43 * 0.01)) * 3.6$ ，。

C.雙 Tag 點速度 $V3=(LT/(T31*0.01))*3.6$ (以 Tag1、Tag2 第一筆(進入點)之相對時間差($T3-T1$)計算求得)。

D.雙 Tag 點速度 $V4=(LT/(T42*0.01))*3.6$ (雙 Tag 點速度，以 Tag1、Tag2 第二筆(離開點)之相對時間差($T4-T2$)計算求得)。

RFID 讀取器 Relay hold time

RFID 電子標籤離開通訊區後，RFID 讀取器繼續傳送資料的時間，時序圖如圖 3.15 所示。

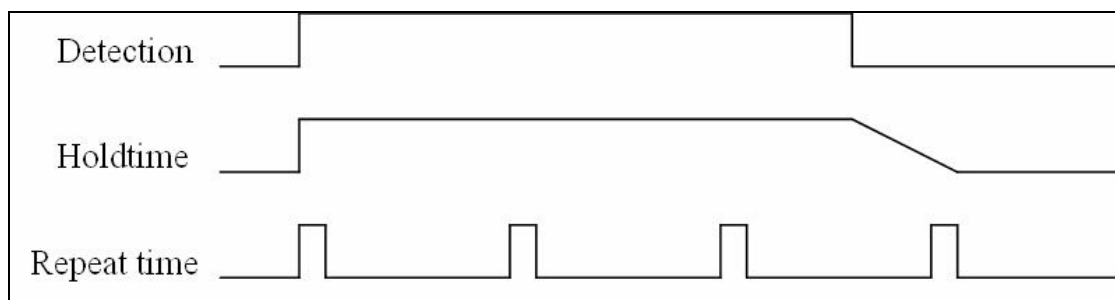


資料來源：本研究整理。

圖 3.15 RFID 讀取器 Relay hold time 時序圖

RFID 讀取器重複時間(Repeat time)

RFID 讀取器讀取資料的時間間隔，時序圖如圖 3.16 所示。



資料來源：本研究整理。

圖 3.16 RFID 讀取器 repeat time 時序圖

2.測試資料及結果

(1)第一次測試結果

第一次測試結果整理如表 3.13 及表 3.14 所示。其中參數設定如下：

RFID 讀取器 Relay hold time = 1 sec。

RFID 讀取器 Repeat time = 0.1 sec。

表 3.13 第一次測試讀取 Reader 2 資料與運算結果

READER2												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	37703	37791	37809	37982	88	173	106	191	34.77	17.69	30.57	16.96
2	48656	48714	48740	48885	58	145	84	171	52.76	21.10	38.57	18.95
3	60121	60209	60214	60360	88	146	93	151	34.77	20.96	34.84	21.46
4	17069	17182	17187	17332	113	145	118	150	27.08	21.10	27.46	21.60
5	63209	63266	63269	63387	57	118	60	121	53.68	25.93	54.00	26.78
6	6173	6257	6263	6407	84	144	90	150	36.43	21.25	36.00	21.60
7	23625	23711	23723	23871	86	148	98	160	35.58	20.68	33.06	20.25
8	31778	31866	31889	32036	88	147	111	170	34.77	20.82	29.19	19.06

資料來源：本研究整理。

表 3.14 第一次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果

READER3												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	38152	38269	38278	38449	117	171	126	180	26.15	17.89	25.71	18.00
2	49048	49131	49151	49332	83	181	103	201	36.87	16.91	31.46	16.12
3	60538	60625	60644	60816	87	172	106	191	35.17	17.79	30.57	16.96
4	17538	17656	17659	17837	118	178	121	181	25.93	17.19	26.78	17.90
5	63516	63600	63609	63781	84	172	93	181	36.43	17.79	34.84	17.90
6	6624	6710	6720	6860	86	140	96	150	35.58	21.86	33.75	21.60
7	24136	24222	24248	24392	86	144	112	170	35.58	21.25	28.93	19.06
8	32299	32416	32420	32597	117	177	121	181	26.15	17.29	26.78	17.90

資料來源：本研究整理。

(2)第二次測試結果

第二次測試結果整理如表 3.15 及表 3.16 所示。其中參數設定如下：

RFID 讀取器 Relay hold time = 0.1 sec。

RFID 讀取器 Repeat time = 0.1 sec。RFID

表 3.15 第二次測試讀取 Reader 2 資料與運算結果

READER2												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	13834	13898	13910	13973	64	63	76	75	33.75	34.29	28.09	28.46
2	25630	25694	25720	25784	64	64	90	90	33.75	33.75	23.72	23.72
3	58197	58346	58374	58486	149	112	177	140	14.50	19.29	12.06	15.25
4	7926	8022	8058	8167	96	109	132	145	22.50	19.82	16.17	14.72
5	19206	19273	19297	19354	67	57	91	81	32.24	37.89	23.46	26.36
6	39313	39365	39403	39445	52	42	90	80	41.54	51.43	23.72	26.69
7	50862	50911	50932	50974	49	42	70	63	44.08	51.43	30.50	33.89

資料來源：本研究整理。

表 3.16 第二次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果

READER3												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	14222	14286	14312	14386	64	74	90	100	33.75	29.19	23.72	21.35
2	26075	26173	26212	26357	98	145	137	184	22.04	14.90	15.58	11.60
3	58833	58951	58974	59058	118	84	141	107	18.31	25.71	15.14	19.95
4	8507	8623	8654	8769	116	115	147	146	18.62	18.78	14.52	14.62
5	19608	19690	19714	19896	82	182	106	206	26.34	11.87	20.14	10.36
6	39652	39715	39742	39819	63	77	90	104	34.29	28.05	23.72	20.53
7	51149	51199	51219	51260	50	41	70	61	43.20	52.68	30.50	35.00

資料來源：本研究整理。

(3)第三次測試結果

第三次測試結果整理如表 3.17~表 3.19 所示。其中參數分別設定如下：

RFID 讀取器 Relay hold time = 5 sec ; RFID 讀取器 Repeat time = 0.1 sec。測試結果如表 3.17 所示。

RFID 讀取器 Relay hold time = 1 sec ; RFID 讀取器 Repeat time = 0.1 sec。測試結果如表 3.18 所示。

RFID 讀取器 Relay hold time=0.1 sec ; RFID 讀取器 Repeat time=0.1 sec。測試結果如表 3.19 所示。

表 3.17 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(一)

READER3(5 sec)												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	46565	46693	46702	47284	128	582	137	591	16.88	3.71	15.58	3.61
2	60075	60202	60205	60784	127	579	130	582	17.01	3.73	16.42	3.67
1	7648	8317	one Tag		669	*	*	*	3.23	*	*	*
2	18449	19089	one Tag		640	*	*	*	3.38	*	*	*

資料來源：本研究整理。

表 3.18 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(二)

READER3(1 sec)												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	33943	34085	34091	34286	142	195	148	201	15.21	11.08	14.42	10.62
2	58364	58489	58494	58700	125	206	130	211	17.28	10.49	16.42	10.12
1	6510	6774	one Tag		264	*	*	*	8.18	*	*	*
2	20179	20445	one Tag		266	*	*	*	8.12	*	*	*

資料來源：本研究整理。

表 3.19 第三次測試讀取 Reader 3 資料與運算結果(三)

READER3(0.1 sec)												
	TAG1		TAG2		單位:10 ms				單位: km/hr			
	T1	T2	T3	T4	T21	T43	T31	T42	V1	V2	V3	V4
1	54702	54811	54843	54958	109	115	141	147	19.82	18.78	15.14	14.52
2	65432	65528	65556	65647	96	91	124	119	22.50	23.74	17.22	17.94
3	10116	10193	10219	10288	77	69	103	95	28.05	31.30	20.73	22.47
4	20466	20564	20589	20683	98	94	123	119	22.04	22.98	17.36	17.94
1	30163	30313	one Tag		150	*	*	*	14.40	*	*	*
2	41449	41613	one Tag		164	*	*	*	13.17	*	*	*

資料來源：本研究整理。

3.4.2 結果分析

由於 3.3 節主要是做水平通訊寬度(L_R)分析，而根據車速＝水平通訊寬度(L_R)/水平通訊起迄時間差(T)，所以 3.4 節測試的統計分析係針對水平通訊起迄時間差(T)進行量測與資料分析，以電腦運算後的結果分析找出其可能影響交通參數之點速度在時間差(T)方面的主要影響因素，相關影響分析整理如下所示。

1. RFID 讀取器 Relay hold time 影響：

當讀取器本身的Relay hold time設定越長，表示每次讀取電子標籤識別碼保持的時間越長，以致於產生的讀取時間誤差量越大。表 3.13 至表 3.19 的研究結果發現所產生的車尾單Tag點速度 V_2 會越小，誤差越大。此乃因為當車輛上的電子標籤離開通訊區後，RFID讀取器對於車尾的電子標籤仍然繼續傳送資料 T 秒的時間，造成車尾的電子標籤離開通訊區時間傳送的延遲，以致於相對時間誤差增大，進而計算出來的速度 V_2 會變低。

2. RFID 讀取器 repeat time 解析度影響：

當RFID讀取器設定的repeat time解析度越長，代表每次讀取電子標籤取樣的週期越長，以致於產生的讀取時間誤差量越大，而目前本研究所使用的RFID讀取器之最高解析度(即最短時間，repeat time)為 0.1 秒。而若以固定relay hold time為 0.1 秒，對於車輛通過公車專用道之水平通訊寬度(L_R)約為 6 公尺計算，當車速超過 30 km/hr後，每 0.1 秒的時間差將會產生超過 10 km/hr以上的誤差，而且當車速越快所產生的誤差也相對的會越大，詳細的速度誤差分析將於第 5 章做進一步的探討。

綜合上述與表 3.13 至表 3.19 的研究結果顯示，若以單電子標籤單讀取器架構作為車速量測之用，可能因為RFID讀取器Relay hold time與repeat time解析度產品精密度限制的影響，產生可觀的速度計算誤差；而若以雙電子標籤單讀取器架構作為車速量測而言，由測試的資料所計算的結果顯示，以車頭與車尾電子標籤離開通訊區的時間差所計算出來的速度 V_4 ，在RFID讀取器Relay hold time與repeat time設定越大時，呈現出比以車頭與車尾電子標籤進入通訊區的時間差所計算出來的速度 V_3 越小。分析其原因，

讀取器Relay hold time與repeat time設定的時間越大產生的時間誤差在計算車頭與車尾電子標籤進入通訊區的時間差時，兩個電子標籤因受到同樣的誤差因素而相互抵銷。然而，若以車頭與車尾電子標籤離開通訊區的時間差計算時，因為車頭的電子標籤離開通訊區的時間受到車尾電子標籤進入通訊區的時間干擾，以致於車頭的電子標籤離開通訊區的讀取器Relay hold time與repeat time設定的時間差無法與車尾電子標籤離開通訊區的時間差相互抵銷，以致於存在此項延遲的時間誤差量，導致 V_t 的車速會比實際車速小很多的現象。

所以，若以雙電子標籤單讀取器架構作為車速量測，應以兩個電子標籤進入通訊區的時間作為車速計算的時間取樣點較為可靠。

3.5 小結

如果車輛行經通訊區大小固定(或已知)，而僅有發生偵測時間的誤差 Δt 時，則使用RFID蒐集偵測的車輛速度，將因此偵測時間誤差因子產生相對的車速偵測誤差，而此車速偵測誤差率會隨著車速的增加而呈曲線上昇的增加趨勢，相關誤差分析可詳見第5章。

相反地，如果偵測時間相當精確，但是預估的水平通訊寬度(L_R)發生誤差時，則使用RFID蒐集偵測的車輛速度將產生固定比率 $\Delta l/L$ 的誤差，相關誤差分析亦詳見第5章。

然而，在真實的情境下，偵測時間與通訊區大小的誤差是很可能同時發生變動而形成誤差的，例如因為每次車上的RFID電子標籤與路側的RFID讀取器的相對距離，會隨著車輛當時經過的距離而變動，以致於相對的水平通訊寬度(L_R)也隨之改變，加上微波輻測場型受環境或天候的自然變動現象，都會產生通訊區大小預估的誤差發生。

另外，RFID讀取器重複讀取的電子標籤的時間誤差、GPRS time-stamp時間誤差、RFID讀取器與電子標籤之間空中介面資料的處理速度、讀取器資料訊框時脈的精密度與位元誤差率(BER)等，都會影響到時間偵測的準確性，而本計畫採用的RFID讀取器重複讀取的電子標籤的最小時間是0.1秒，也就是時間誤差 $t_s=0.1$ 秒，而此項誤差因素也是本測試結果以單個RFID電子標籤配對單個RFID讀取器偵測車輛點速度誤差重要因素之一。而

因為目前市場的RFID讀取器均以能夠精確讀取電子標籤識別碼為設計重點，所以在偵測讀取電子標籤識別碼時，未曾標示即時的發生時間，以本示範計畫為例，係將讀取的電子標籤識別碼經由RFID讀取器，以串列訊號傳送至GPRS無線MODEM才處理附加相對時間，因此產生資料的傳遞誤差。

所以，若要減少偵測時間的誤差 Δt ，最有效的途徑，係建議未來的RFID 讀取器能夠增加即時時脈設計(Real Time Clock)，在讀取 RFID 電子標籤的識別碼同時標記相對的時間，如此便可精準地判別出車輛當時的點速度。

選擇何種 RFID 電子標籤作為蒐集交通資訊之用，需考量包含符合NCC 規範、適用車輛速度、可讀取距離、可使用年限、干擾問題及讀取率準確度等因素。因此不管是 433MHz 頻段之主動式 RFID、或者是 UHF 及 2.45GHz 頻段之主動/半主動 RFID，只要能夠符合系統規格要求，都可以用於蒐集交通資訊。雖然國外有許多 RFID 系統適用於交通資訊蒐集，但因上述因素國內目前可以買到適合於蒐集交通資訊之 RFID 產品種類不多，因此在本研究中，只能針對目前國內可購得之 NEDAP 的 RFID 系統進行測試。

由於本研究係於公車專用道進行實地測試，為了避免妨礙交通而封閉車道切割柏油路面以埋設訊號管線之工程，故捨去傳統有線傳輸方式，改採無線 GPRS 傳輸架構，導致增加了一項 GPRS 設備傳輸誤差因子。另由於 GPRS 傳輸是屬於動態 IP 的機制，中華電信系統於一段時間發現 GPRS 沒有資料傳送時，便會自動斷線以釋放出通道供其他使用者使用，然而，GPRS MODEM 設備為確保通道暢通，每隔一段時間便會送出一假信號要求，以確保頻道的持續使用，因而無可避免的形成無線通道資源浪費佔用之情況。所以，若日後推廣時，可以因地制宜考慮使用固網或其他頻寬較大的 WI-FI/WIMAX 等技術，以減少無線通道資源佔用的影響。

本章相關小節雖有初步結果，若以公車專用道的寬度及半主動式電子標籤與讀取器相對位置的距離，無論是何種情境下，RFID 讀取的結果差異應不大，所以 NEDAP 的半主動式 RFID 系統經初步評估應該可以適合使用於示範公車專用道上。然而，鑑於本項測試受限於研究經費與時間因素，並未從事大規模的實驗取樣與資料的蒐集分析，所以此項結果分析僅能作

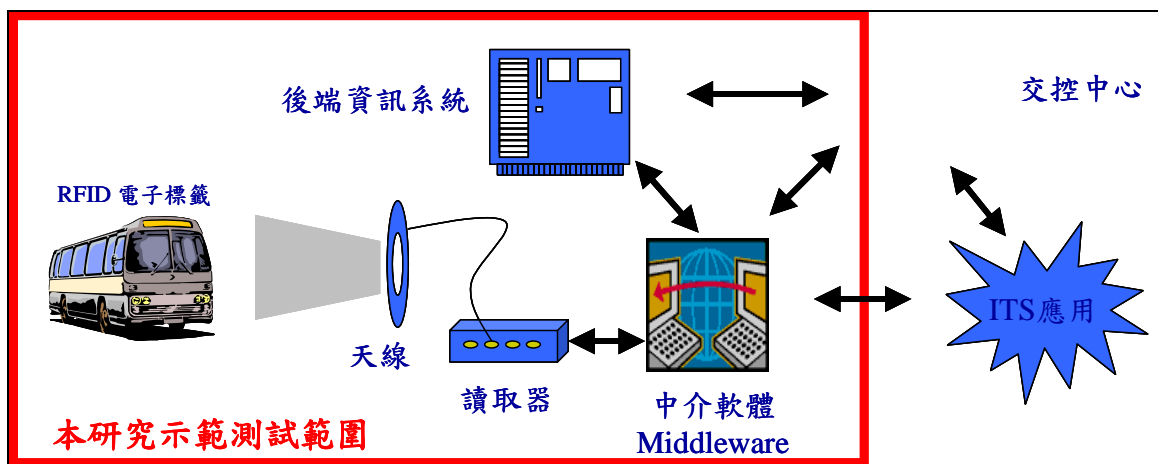
為後續研究的參考。

第四章 示範測試系統之細部設計與建置

本章將詳述本示範測試計畫之系統架構及建置情況，內容包括測試系統架構、中介/後端軟體、交通參數計算、資料驗證方法以及系統建置情形等。

4.1 示範測試系統架構

在示範測試計畫中將以 RFID 技術蒐集包括流量、佔有率、平均速度、車種分類及車輛停止偵測等交通資訊參數作為測試評估項目，示範測試系統之系統架構圖可參考圖 4.1。要藉由車輛安裝 RFID 電子標籤來蒐集交通資訊，其方法在於當安裝有 RFID 電子標籤之車輛，經過讀取器可讀取範圍，進而產生相關資訊時，系統利用這些資料計算出車速、車種及車間距等交通參數，並在經過資料蒐集處理後產生車流資料提供給控制中心。



資料來源：本研究整理。

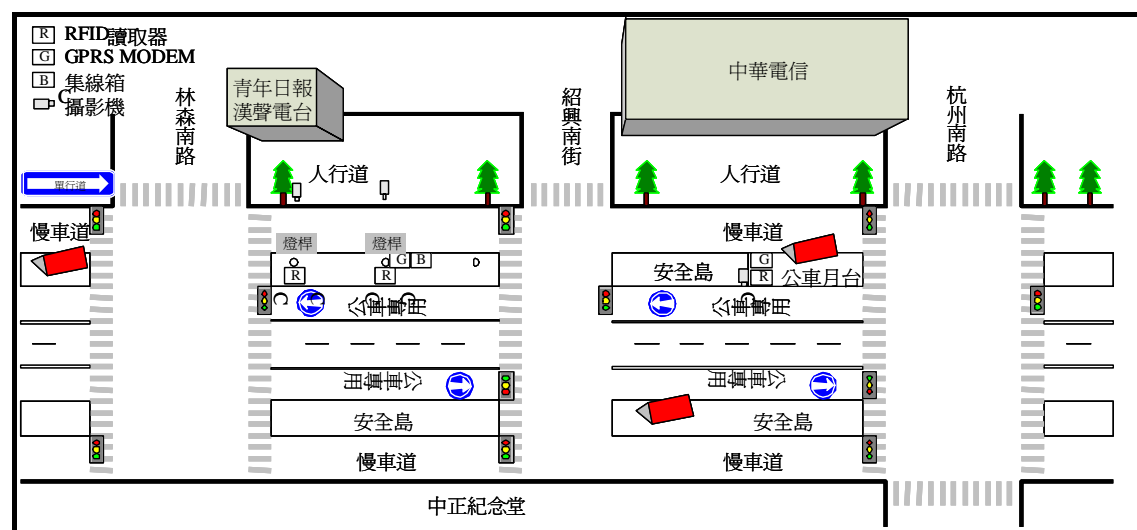
圖 4.1 示範測試系統之系統架構圖

在示範測試計畫中考量參與測試車輛的隱私權問題、無其他車輛干擾、以及資訊蒐集及測試應用實施容易等因素，選擇台北市行駛「公車專用道」之公車為示範測試對象，並基於行經測試點之公車路線一致、車輛所屬公司較單純、以及路側設備安裝較易等條件考量，選擇台北市信義路公車專用道作為測試路段，以增加交通參數蒐集之準確性，以下針對示範測試

系統架構進行說明。

4.1.1 測試地點與系統建置

示範測試計畫選擇台北市信義路之杭州南路至林森南路路段為測試地點，於其間的「信義杭州路口」公車站台，以及紹興南街與林森南路間，分別裝設 1 組讀取器。在測試階段最重要是 RFID 系統所蒐集的交通參數能夠驗證，因此將於各組讀取器之前後架設攝影機以記錄真實車流情況，並藉由影像記錄獲取相關對照值與 RFID 系統之量測值進行比較，藉由驗證分析進而調整 RFID 系統相關參數之細部數值，讓 RFID 所量測之交通資訊有其實用性。測試地點、讀取器與攝影機安裝地點如圖 4.2 所示。



資料來源：本研究整理。

圖 4.2 公車專用道建置示意圖

4.1.2 測試車輛

本研究將 RFID 電子標籤安裝於大都會客運公司及首都客運公司兩家客運業者目前通過測試路段的公車，合計有 6 條公車路線及 108 輛公車。由於測試車輛皆為公車，因此擬以營運公司及公車路線作為車種分類之依據，相關車輛數與班距資料參照表 4.1。

表 4.1 測量目標車輛總數與班距一覽表

營運公司	公車路線	行經該路線 總車輛數	尖峰班距 (0700~0900) (車輛數／小時)	離峰班距 (1300~1500) (車輛數／小時)
大都會客運	0 東	11	12-15 (4-5)	15-20 (3-4)
	20	18	4-6 (10-15)	10-15 (4-6)
	22	25	4-6 (10-15)	10-15 (4-6)
	38	8	12-15 (4-5)	20-30 (2-3)
	信義幹線	19	7-10 (6-8)	10-15 (4-6)
首都客運	204	27	4-6 (10-15)	5-10 (6-12)
總和 (單位：輛)		108	44-63	23-37

資料來源：台北市大眾運輸及公車路線查詢系統
(<http://www.taipeibus.tapei.gov.tw>)及各調度站詢問結果。

4.1.3 測試環境設定

本研究係自 95 年 8 月下旬至 11 月下旬，進行以 RFID 系統蒐集交通資訊之實際道路測試。同時在該測試期間內，挑選符合設定情境的日期與時間進行同步影像資料蒐集，作為驗證 RFID 之量測值。由於微波具有不受光線影響之特性，故在影像資料蒐集的設定情境方面，不考慮晝夜情境之分類，而以車流量條件與天候條件為主。在車流量條件方面，分別蒐集一日當中尖峰時段與離峰時段的車輛資料，以觀察測試車輛在不同道路流量中行駛情況，藉以驗證電子標籤在不同擁擠程度時的讀取情況。在天候條件方面，分別蒐集晴天、陰天和雨天時的車輛資料，以驗證電子標籤在不同天候環境下的讀取情況。將此二維條件與包含變數製成簡表，可得出所測得資料的對應屬性，如下表 4.2 所示。

表 4.2 資料屬性對應一覽表

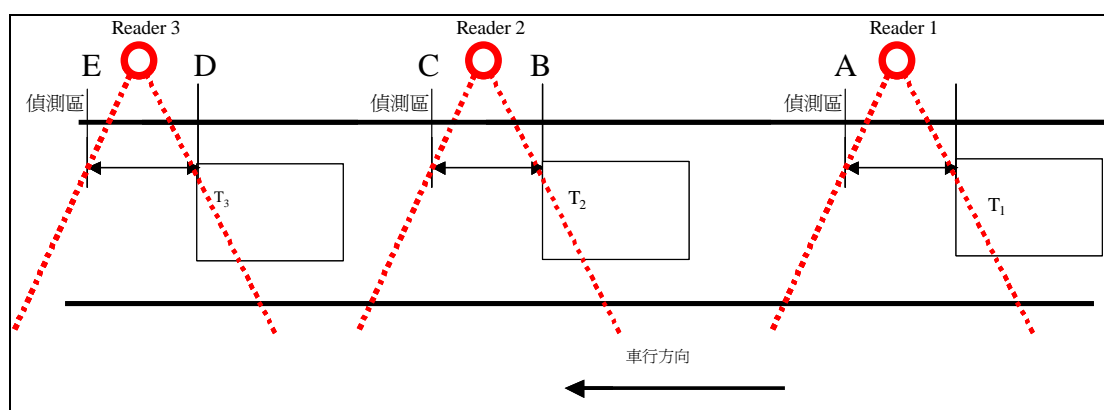
		天候條件		
		晴天	陰天	雨天
車流量條件	尖峰	DATA 1	DATA 2	DATA 3
	離峰	DATA 4	DATA 5	DATA 6

資料來源：本研究整理。

本示範測試計畫共設置 RFID 讀取器 3 組，並視所需資料，於每組讀取器的前後斟酌設置攝影機，相關設置地理位置可參考圖 4.2。由於讀取器的讀取範圍將以讀取器為中心呈扇型展開，因此考量車行軌跡，可繪製讀取

器讀取範圍及偵測區如圖 4.3 所表示。後續進行資料蒐集時，以下述方式進行攝影機架設：

- 1.於 Reader 1 的偵測區迄點(A 處)架設一台攝影機(DV)，以捕捉車輛離開 Reader 1 偵測區之時間。
- 2.於 Reader 2 北側人行道處架設一台攝影機(DV)，以捕捉車輛進入(B 處)與離開(C 處)Reader 2 偵測區之時間。
- 3.於 Reader 3 北側人行道處架設一台攝影機(DV)，以捕捉車輛進入(D 處)與離開(E 處)Reader 3 偵測區之時間。



資料來源：本研究整理。

圖 4.3 測量基準線設置示意圖

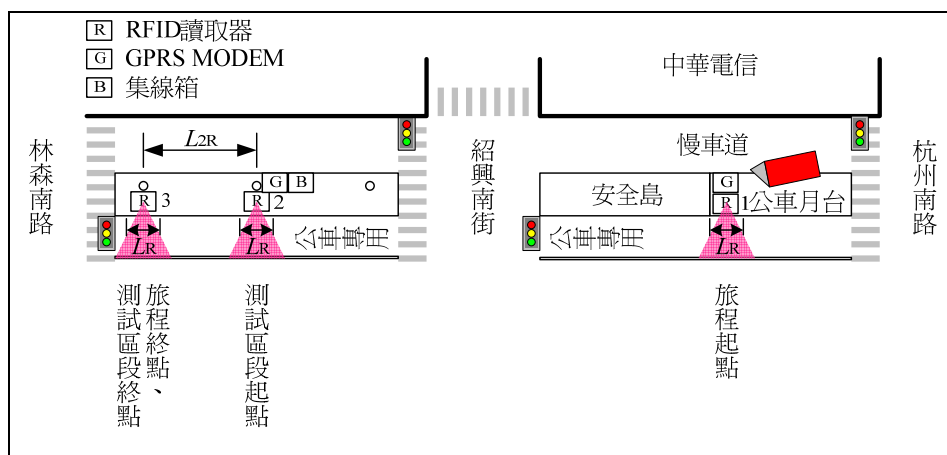
4.1.4 測試設備安裝規劃

如第三章所述，本示範測試計畫在考量通訊距離、價格與通過我國 NCC 型式認證等因素後，採用荷蘭 Nedap 廠商所製造 2.45GHz 半主動式的射頻識別產品。RFID 讀取器產品型號為 TRANSIT PS-270，電子標籤(Tag)型號為 Heavy Duty Tag R/W 80。

1.讀取器蒐集交通參數設計

讀取器依車輛行進方向，依序為讀取器 1、讀取器 2 與讀取器 3。除了可使用單一個讀取器作為流量、車種、車速、佔有率與停止偵測的交通參數計算外，讀取器間所形成的區段，也提供區段的交通參數，參考圖 4.4 所示。例如讀取器 1 與讀取器 3 分別作為計算旅程時間之起點與終點，用以計算車輛的旅行時間；而讀取器 2 與讀取器 3 則分別作為測試區

段的起點與終點，用以計算區段的車速、停止偵測等交通參數。

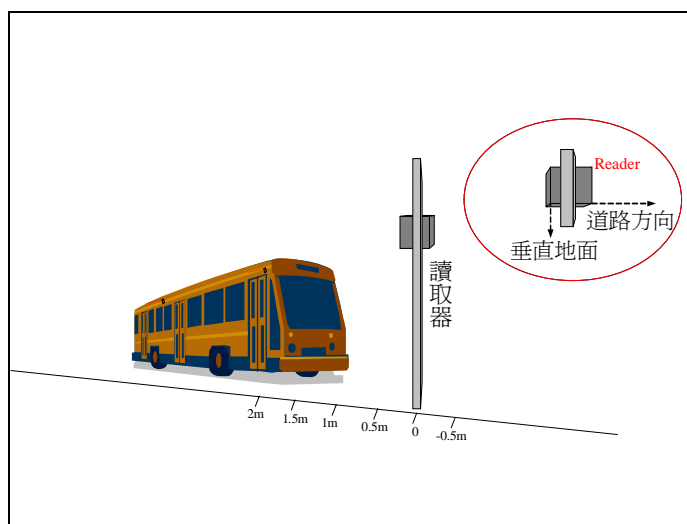


資料來源：本研究整理。

圖 4.4 讀取器蒐集交通參數設計示意圖

2. 讀取器安裝架構設計

參考圖 4.5 所示之 RFID 讀取器安裝設計，RFID 讀取器將以路側式架構安裝於分隔島，讀取器架設高度略高於公車上的 RFID 電子標籤的位置上，約架設於距離地面 3 公尺處，而實際位置需現場調校測試。

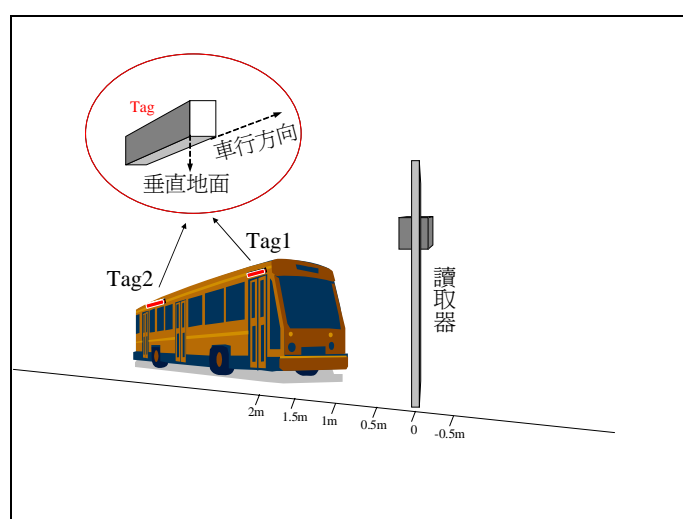


資料來源：本研究整理。

圖 4.5 RFID 讀取器安裝設計圖

3.標籤安裝設計

本示範測試計畫係在一輛公車上黏貼兩個標籤，如此可於資料驗證部份探討由一個標籤所測得的交通資訊參數與兩個標籤所測得的參數有何差異。黏貼位置於車輛的側面最前端與最後端，以方便資料進行運算。電子標籤黏貼方式的示意如下圖 4.6，實際黏貼於車輛上的情況如圖 4.7。



資料來源：本研究整理。

圖 4.6 電子標籤黏貼方式



資料來源：本研究整理。

圖 4.7 電子標籤黏貼情況

4.2 RFID 中介軟體設計

本節將詳述本示範測試計畫中介與後端軟體設計細節，包括中介軟體系統架構、硬體介面、資料流、後端軟體之架構以及交通參數即時監控與查詢展示等等。

4.2.1 應用於蒐集交通資訊之 RFID 中介軟體架構

中介軟體之功能架構如圖 4.8 所示。其中各模組功能如下所述：

1. 讀取器管理協調

於系統啟動時自動載入資料庫之參數設定且初始化 RFID 讀取器，並可在系統運作時協調多部 RFID 讀取器間的資料流，作有效的讀取器管理與設定。

2. 資料接收與解譯

當 RFID 讀取器讀取到 RFID 電子標籤時，讀取器會連續地送出資料，資料接收與解譯模組需篩檢 RFID 讀取器傳回之 RFID 電子標籤訊息，取得第一次、最後一次讀取到同一 RFID 電子標籤的時間及總共讀取的次數等資訊，作為應用參數計算的輸入資料。

3. 資料應用

為中介軟體系統操作者的輸入與輸出介面，其功能主要有兩個部份，一是提供系統操作者 RFID 讀取器群組的模組化功能，依照實際需求，除了可增加或減少群組中的硬體架構設定，並可改變群組間的鏈結順序，及因應硬體架構的更動或公車行駛路線的變動，彈性地調整資料處理流程；二是負責交通參數的計算與顯示，除了計算單一群組的交通參數，包括車輛種類、車速、進出站時間等外，並可計算群組間所衍生的交通參數，如預估之到離站時間等。

4. 資料整合與傳遞

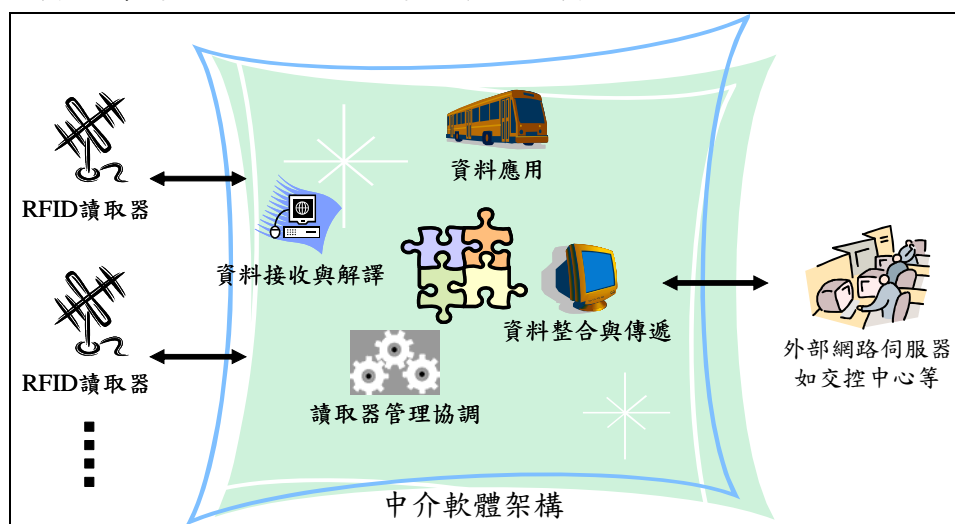
細分為資料庫功能及資料查詢兩項功能。

(1) 資料庫功能

包括儲存參數計算所需的資料，如讀取器的位置、相鄰讀取器間關係及行駛路程設定等，作為系統初始化以及交通參數計算的參考依據，以及儲存參數計算結果。

(2) 資料查詢功能

包括中介電腦與影像電腦、GPRS 工作站、交控中心等伺服器間的資料傳遞介面，以提供遠端系統的資料查詢。



資料來源：本研究整理。

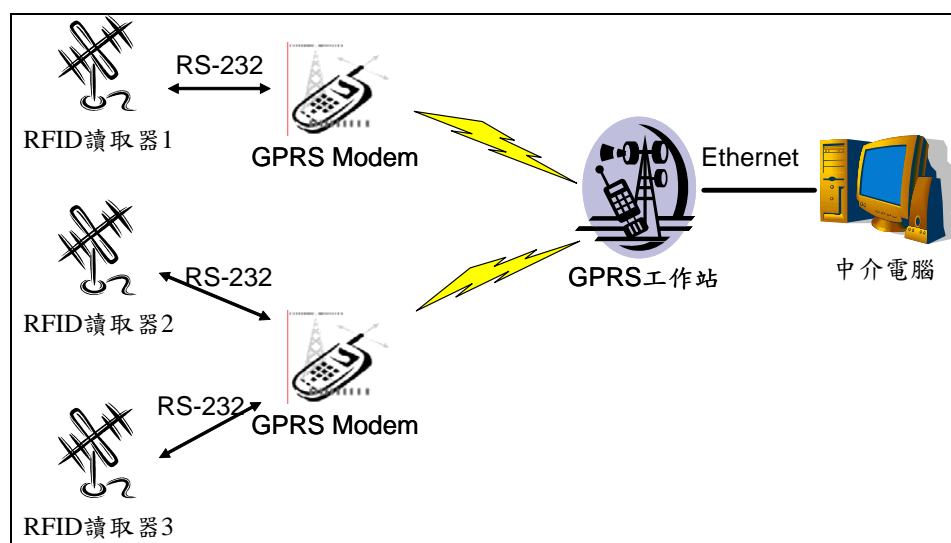
圖 4.8 蒐集交通資訊應用之 RFID 中介軟體功能架構

4.2.2 RFID 中介軟體對應之硬體介面

蒐集交通資訊應用之 RFID 中介軟體硬體介面如圖 4.9 所示，沿公車行進方向，分別架設三個 RFID 讀取器，讀取器利用 GPRS MODEM 將資料傳送至中介電腦。

1. 於系統實際建置時，共有三個測試點，因此採用三部 RFID 讀取器，RFID 讀取器使用 RS-232 介面與 GPRS Modem 連接，其中區段測試點(讀取器 2 與 3)共用一部 GPRS Modem。第一部讀取器主要用於記錄並計算旅行時間。第二、三部讀取器在計算車流量、平均速度、佔有率及車輛停止偵測等參數。

2. 中介電腦使用 Ethernet 介面與 GPRS 工作站連線，並透過 internet 與外部網路如交控中心及 ITS 資料庫連線。
3. 在示範測試整體架構設計上，RFID 讀取器所偵測到電子標籤資訊是選擇以 GPRS 無線通訊傳回後端中介電腦而非以有線通訊方式傳送。主要理由在於傳遞資料的穩定度比較上，有線通訊雖然會比無線通訊來的好，但在示範測試系統實際建置時，有線通訊之施工不易，在考量 RFID 讀取器通訊量不大 GPRS 已夠用，且 GPRS Modem 本研發團隊可依系統需求修正，因此以 GPRS 無線通訊傳送 RFID 讀取器所偵測之資訊，應是較佳選擇。至於其他無線通訊包括 Wi-Fi 或 WiMAX 有較大頻寬，但均需再增設相關設備才能傳送，其中 Wi-Fi 資料量可達 11Mbps(最大 55Mbps)，目前只能提供固定點的無線傳輸，而 WiMAX 資料量可達 15Mbps，但目前仍在試用階段。將來若應用系統通訊量龐大，可依成本或方便性等因素考量採用 Wi-Fi 或 WiMax 傳送。



資料來源：本研究整理。

圖 4.9 蒐集交通資訊應用系統架構介面圖

4.2.3 RFID 中介軟體之資料流

應用於蒐集交通資訊之 RFID 中介軟體資料流程如圖 4.10 所示。

1. 個別將 RFID 讀取器設定為讀取到電子標籤後，每間隔 0.1 秒讀取 1 次。
即當一電子標籤進入讀取器通訊區時，讀取器將送出一資料序列，序列

- 中每筆資料時間間隔為 0.1 秒。讀取器重新開啟電源時將維持前次設定。
- 2.輸入計算交通參數所需之相關參數，如電子標籤之安裝資訊、對應車輛資訊及相關道路資訊紀錄於中介電腦之資料庫。
 - 3.RFID 電子標籤進入讀取器通訊區域內時，讀取器持續地讀出電子標籤識別碼，並傳送給 GPRS MODEM。
 - 4.GPRS MODEM 加入讀取器識別碼、讀取時間等訊息後，傳送給 GPRS 工作站。為降低資料流量，GPRS MODEM 提供初步篩檢資料功能，僅送出讀取器讀取電子標籤資料序列的第一筆與最後一筆資料。
 - 5.中介電腦接收來自 GPRS 工作站的資料，進行資料進一步的篩檢、同車輛資料配對分析及參數計算。
 - 6.中介電腦並提供交通參數之網頁顯示功能，以列表及圖示方式顯示交通參數，提供包括即時監控、各測試點 RFID 讀取器交通資料檢視功能。

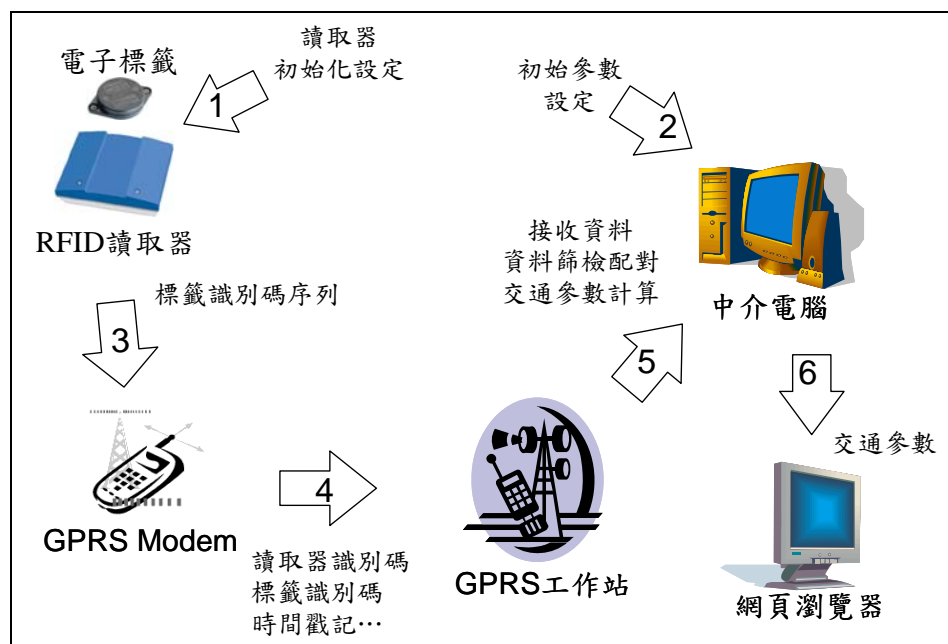


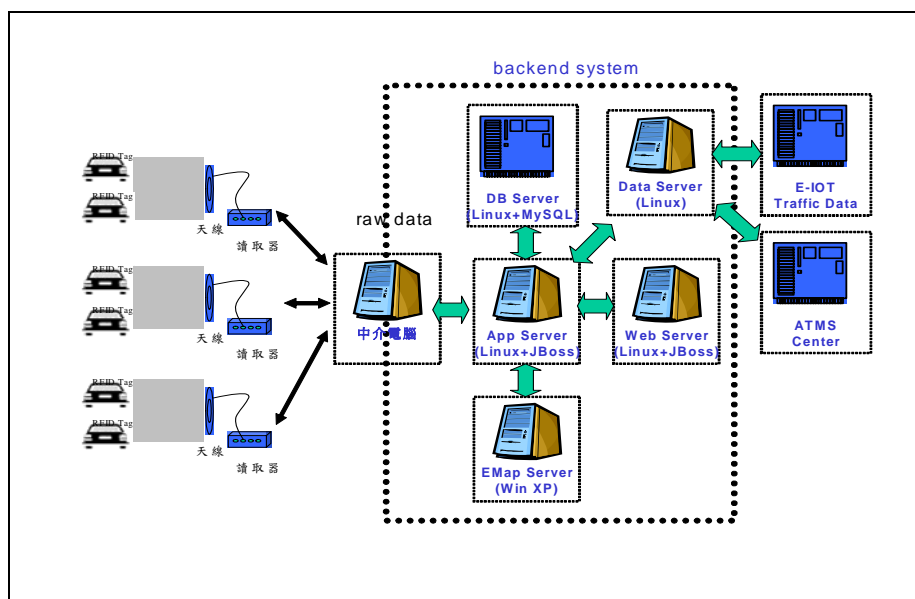
圖 4.10 蒐集交通資訊 RFID 中介軟體流程

4.2.4 後端資訊系統設計架構

後端資訊系統負責統整合及管理所有佈建的 RFID 讀取器及完成各區段之交通參數的演算。該系統透過網際網路的應用，接收每一個架設於車

道邊或車道上之 RFID 讀取器與裝置於車輛上之電子標籤(Tag)通訊完成的資料，並藉由相關交通參數之演算法之計算，產生定時定點之即時交通資訊。

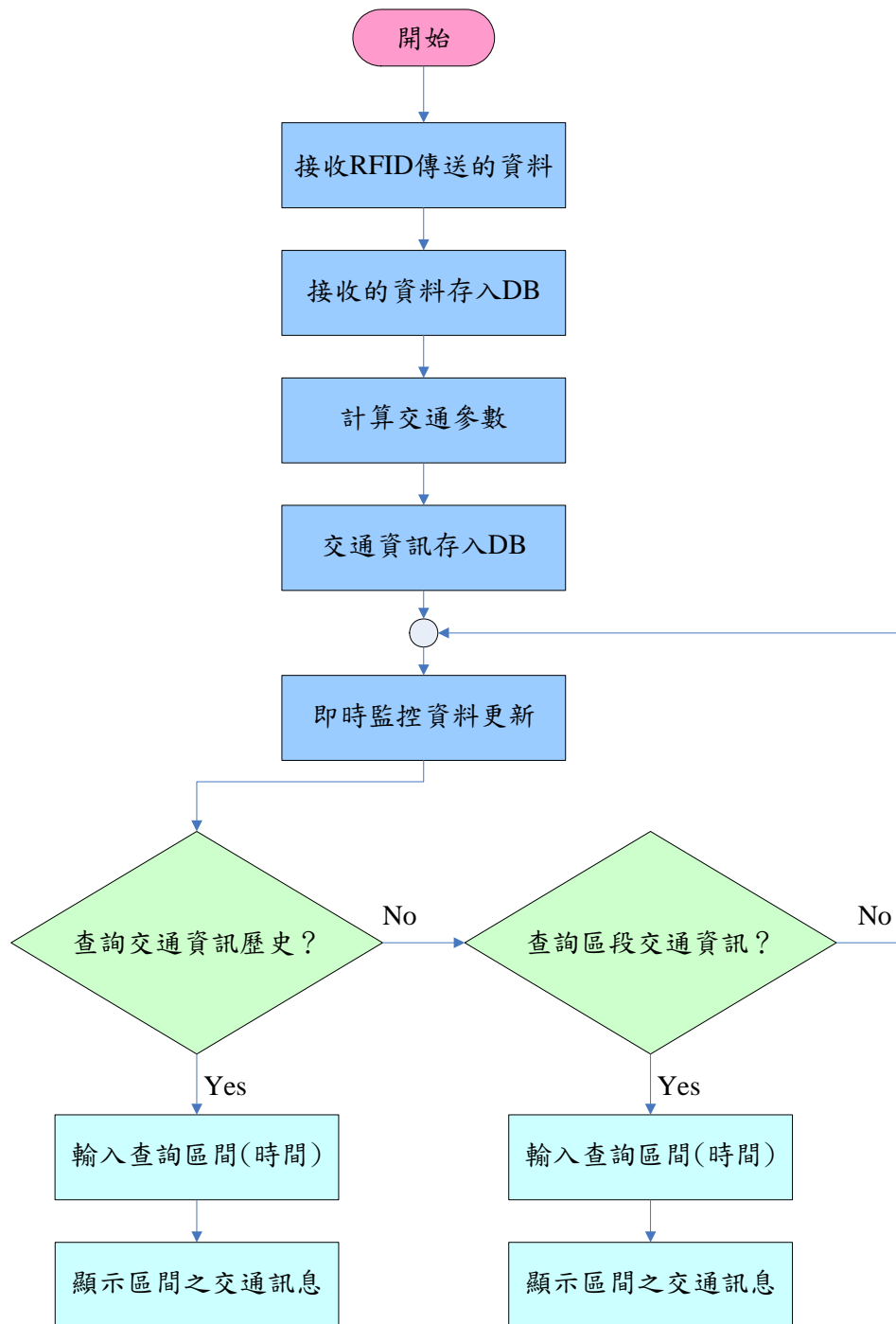
本研究之後端資訊整合系統包含了 Linux Server 作業系統、JBoss App Server 應用程式伺服器與 MySQL DB Server 資料庫伺服器。整合系統之架構如圖 4.11 所示，系統元件主要包含了 RFID 資訊代理人、交通資訊資料庫、應用程式伺服器、電子地圖伺服器、公車狀態與交通資訊網站伺服器、交通資料伺服器六項主要功能。



資料來源：本研究整理。

圖 4.11 後端資訊系統設計架構圖

後端資訊整合系統主要是透過網際網路的介接，接收來自 RFID 讀取器的資料(raw data)，經過伺服器的應用程式的過濾後，先行將過濾後的資料存放於資料庫伺服器中，伺服器的應用程式利用這些資料經過相關演算法計算之後，轉換成有用的如瞬間車速、停止偵測等交通參數，再將這些參數值放回資料庫伺服器內。透過即時監控的網頁程式可以將車輛通過各個 RFID 讀取器的交通資訊即時地更新。藉由網頁程式也可以查詢某個時段交通資訊的歷史資料，以及兩個 RFID 讀取器間的區段的交通資訊。後端資訊系統程式設計概念流程圖如圖 4.12 所示。



資料來源：本研究整理。

圖 4.12 後端資訊系統程式設計流程圖

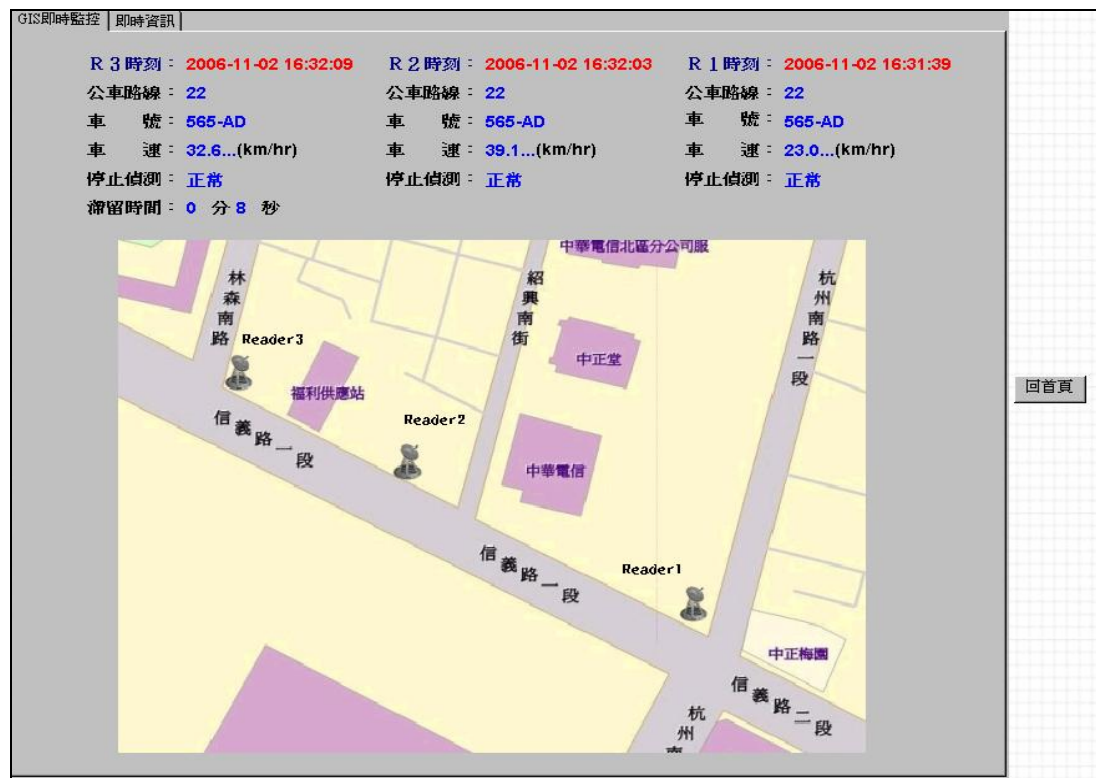
4.2.5 交通參數即時監控與查詢

後端資訊系統針對示範測試計畫所蒐集之交通資訊，提供包括即時監控網頁、RFID 讀取器交通資料檢視及區段交通資料檢視功能。其中即時監

控功能提供公車進入各個 RFID 讀取器時，包括公車路線、車號、車速(km/hr)、停止偵測及滯留時間之即時交通參數顯示，監控網頁之顯示可參考圖 4.13。

另 Readers 交通資料檢視，提供每一個 RFID 讀取器定點及定時之交通參數資料查詢，查詢的內容包括公車進入 RFID 讀取器的時間、公車路線、車號、偵測時間、瞬間車速(包括車頭 Tag、車尾 Tag 及雙 Tag 所計算之瞬間車速)、平均瞬間車速、每五分鐘的流量、車輛佔有率(包括車頭 Tag、車尾 Tag 及雙 Tag 所計算之車輛佔有率)及車輛之停止偵測。每一個 RFID 讀取器之交通參數查詢網頁畫面可以參考圖 4.14。

區段交通資料檢視功能主要能夠提供讀取器 2-3 區段上之交通參數資料查詢，查詢的內容是以某一段時間為統計之基準，藉由演算法的運算，計算出包括車輛流量、平均區段車速(km/hr)、佔有率(%)、區段停止偵測及異常狀態之交通參數。透過異常狀態之資訊可以即時地得知異常的情形，以做為處理各種異常狀況之參考。詳細的讀取器 2-3 區段上之交通參數檢視內容可以參見圖 4.15。



資料來源：本研究整理。

圖 4.13 即時監控網頁

Readers交通資料檢視結果												
Reader1交通資訊【信義路、杭州南路口】												
啟動自動查詢												
進入時間	公車路線	車號	偵測時間 (秒)	瞬間車速(km/hr)			統計瞬間車速 (km/hr)	流量 (車輛/5分鐘)	佔有率(%)			測試點 停止偵測
				車頭tag	車尾tag	雙tags			車頭tag	車尾tag	雙tags	
2006-10-28 12:01:13	信義幹線	755-AC	2.010	33.230	37.241	23.354	13.673	4	8.0	2.0	10.0	正常
2006-10-28 12:00:20	204	890-AG	15.940	11.250	17.851	2.612	7.097	5	11.0	1.0	13.0	瞬間車速<10km/h
Reader2交通資訊【信義路】												
進入時間	公車路線	車號	偵測時間 (秒)	瞬間車速(km/hr)			統計瞬間車速 (km/hr)	流量 (車輛/5分鐘)	佔有率(%)			測試點 停止偵測
				車頭tag	車尾tag	雙tags			車頭tag	車尾tag	雙tags	
2006-10-28 12:01:34	信義幹線	755-AC	1.330	43.200	37.241	41.000	46.531	4	0.0	1.0	0.0	正常
2006-10-28 12:01:00	204	890-AG	1.360	42.352	50.232	36.000	48.375	3	0.0	0.0	0.0	正常
Reader3交通資訊【信義路、林森南路口】												
進入時間	公車路線	車號	偵測時間 (秒)	瞬間車速(km/hr)			統計瞬間車速 (km/hr)	流量 (車輛/5分鐘)	佔有率(%)			測試點 停止偵測
				車頭tag	車尾tag	雙tags			車頭tag	車尾tag	雙tags	
2006-10-28 12:01:40	信義幹線	755-AC	2.740	32.238	17.851	21.964	39.235	4	1.0	1.0	1.0	正常
2006-10-28 12:01:06	204	890-AG	1.460	42.352	37.894	37.384	44.992	3	0.0	0.0	0.0	正常
回首頁 回查詢頁												

資料來源：本研究整理。

圖 4.14 單獨 RFID 讀取器之交通參數檢視

區段交通資訊【Reader2-3】					
統計時間	流量	平均區段車速 (km/hr)	佔有率 (%)	區段停止偵測	異常狀態
2006-06-12 14:30:00 2006-06-12 14:40:00	2	45.2	0.19	2	1
2006-06-12 14:40:00 2006-06-12 14:50:00	2	61.93	0.06	0	0
2006-06-12 14:50:00 2006-06-12 15:00:00	6	42.58	0.28	0	0
回首頁 回查詢頁					

資料來源：本研究整理。

圖 4.15 讀取器 2-3 區段上之交通參數檢視

4.3 交通參數計算

交通資訊偵測技術應可量測到下列全部或是部分之交通參數，其參數定義係參考鼎漢顧問與本所於 90 年執行『先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究』計畫之內容，彙整如表 4.3 所示，並說明於後。

表 4.3 交通參數定義比較表

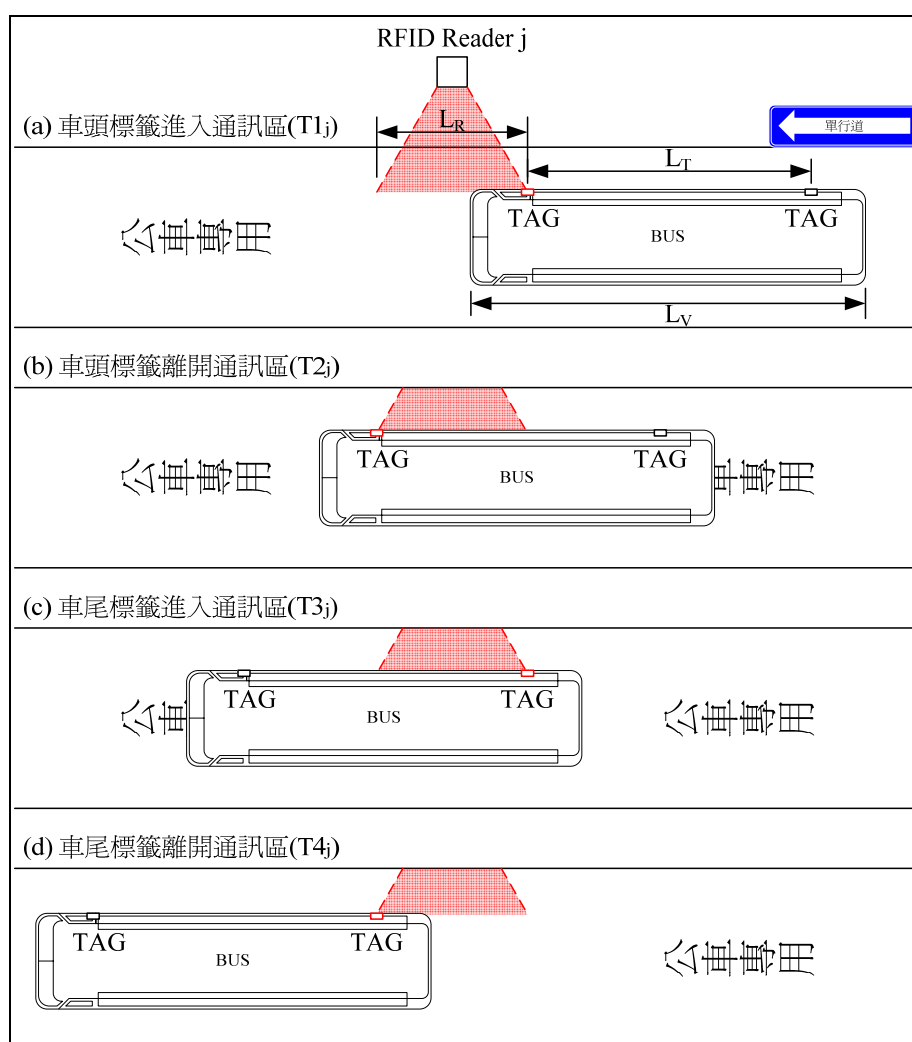
交通參數	車輛偵測器 交通參數定義	RFID 量測方式 交通參數定義
流量	單位時間內之通過車輛數	單位時間內之通過 RFID 讀取器通訊區之車輛數
車種分類	車種組成包括大車、小車、機車等	因測試標的為公車，故使用標籤識別碼區分公車路線與所屬公司。
平均速度	係指車輛通過某觀測點或觀測區間之速度平均值	1.係指車輛通過某讀取器或讀取器間之速度平均值。 2.測試系統以讀取器 2 與讀取器 3 形成測試區段。
佔有率	於偵測區間內，通過車輛佔有之時間比率	1.於 RFID 讀取器通訊區內，通過車輛佔有之時間比率。 2.單一標籤與雙標籤之計算方式描述於後。
旅行時間	N/A	車輛行經 2 讀取器之間的時間差。
車輛停止偵測	於一段時間內，被偵測車輛之速度低於某一程度(如 20km/hr)，或佔有率大於某一程度(如 0.4)，或車輛停止時間超過某一程度(如 30 秒)，配合所偵測之車道，可判定紅燈、壅塞或事故等情況。但判定之標準會依據不同偵測器之偵測設定值與偵測原理而有所不同。	於一段時間內，被偵測車輛之速度低於某一程度(如 10km/hr)，或同一 RFID 電子標籤被持續讀取超過某一程度(如 30 秒)。 測試點(單一讀取器)時： 滯留通訊區時間(>30 秒) 區段(雙讀取器)時： 行駛速度低於 10km/hr

資料來源：本研究整理。

註：旅行時間一般以 AVI(Auto Vehicle Identification)求得。

4.3.1 測試值交通參數計算

每一 RFID 電子標籤通過一 RFID 讀取器時，中介電腦至少會收到兩筆資料，分別是進入讀取器通訊區時與離開通訊區前之最後一次之電子標籤通訊資料，亦即一部分別於車頭與車尾各安裝一個射頻標籤的車輛，於中介電腦輸入端至少會接收到四筆資料，時間示意圖如圖 4.16 所示。其中(a)車頭標籤進入通訊區(b)車頭標籤離開通訊區(c)車尾標籤進入通訊區(d)車尾標籤離開通訊區，所對應時間分別為 $T1_j$ 、 $T2_j$ 、 $T3_j$ 與 $T4_j$ ， j 為讀取器編號。圖中 L_R 為 RFID 讀取器通訊區寬度、 L_V 為車長、 L_T 為車頭與車尾標籤之安裝距離。



資料來源：本研究整理。

圖 4.16 交通參數計算讀取時間示意圖

1.單一讀取器交通參數計算

單一讀取器交通參數計算處理程序，包含讀取器 1、2 與 3，於接收到資料時，依表 4.4 所列計算公式，分別計算測試點之交通參數。表中之公式描述，因為是相同讀取器，而省略 T1j~T4j 的下標 j。其中輸出欄位參考交通參數呈現之表 4.6。

表 4.4 單一讀取器交通參數計算式列表

項目	輸出資料	輸出欄位	輸出資料變數及計算公式描述
1	第一筆讀取 Tag 時間		T1 (車頭)或 T3 (車尾)
2	最後讀取 Tag 時間		T2 (車頭)或 T4 (車尾)
3	單 Tag 偵測時間		車頭：單 Tag 偵測時間= $(T2 - T1) * T_{gprs}$ ； 車尾：單 Tag 偵測時間= $(T4 - T3) * T_{gprs}$ 其中 T_{gprs} 為 GPRS Modem 時間戳記的取樣時間，長度為 2 bytes。 注意：若時間差為負值須加上 65536。
4	單 Tag 瞬間車速	(4) 或 (5)	單 Tag 瞬間車速= $L_R / \text{單 Tag 偵測時間} * \text{單位換算值}$ 3.6(m/s→km/hr)， 依 Tag 之安裝位置決定填入(4)或(5)
5	單 Tag 佔有時間		單 Tag 佔有時間= $L_V / \text{單 Tag 瞬間車速}$
6	單 Tag 佔有率	(9) 或 (10)	單 Tag 佔有率= $\Sigma \text{單 Tag 佔有時間} / T_{unit}$ ， 依 Tag 之安裝位置決定填入(9)或(10)
7	雙 Tag 偵測時間		雙 Tag 偵測時間= $(T3 - T1) * T_{gprs}$
8	雙 Tag 瞬間車速	(6)	雙 Tag 瞬間車速= $L_T / \text{雙 Tag 偵測時間}$
9	雙 Tag 佔有時間		雙 Tag 佔有時間= $L_V / \text{雙 Tag 瞬間車速}$
10	雙 Tag 佔有率	(11)	雙 Tag 佔有率= $\Sigma \text{雙 Tag 佔有時間} / T_{unit}$
11	流量	(8)	流量=單位時間內所通過的車輛數 $N = N / T_{unit}$
12	路線	(1)	以 TagID 依對應表取得，若為 Reader 3 填入輸出欄位(13)
13	車號	(2)	以 TagID 依對應表取得，若為 Reader 3 填入輸出欄位(14)
14	停止偵測狀態	(12)	表示是由哪一個停止偵測判斷式成立。 單一讀取器之停止偵測之判斷條件： (1) 滯留通訊區時間 (2) 瞬間車速(採雙 Tag 測量值) (3) 佔有率(採雙 Tag 測量值)
15	平均瞬間車速	(7)	平均瞬間車速= $\Sigma \text{雙 Tag 瞬間車速} / N$ ，N 為統計時間內所通過的車輛數。
16	滯留通訊區時間	(3)	作為停止偵測之判斷式 1(偵測時間) 滯留通訊區時間= $(T4 - T1) * T_{gprs}$

資料來源：本研究整理。

2.雙讀取器交通參數計算

雙讀取器處理程序，由讀取器 2 與 3 組成一個區段，於接收到資料時，依表 4.5 所列計算公式，分別計算測試點之交通參數。其中輸出欄位參考交通參數呈現之表 4.7。

表 4.5 雙讀取器交通參數計算式列表

項目	輸出資料	輸出欄位	輸出資料變數及計算公式描述
1	滯留區段時間		滯留區段時間= $\{T_{43}(\text{車尾離開讀取器 3}) - T_{12}(\text{車頭進入讀取器 2})\} * T_{\text{gprs}}$ ，注意：須相同車輛
2	兩讀取器偵測時間		兩讀取器偵測時間= $\{T_{13}(\text{車頭進入讀取器 3}) - T_{12}(\text{車頭進入讀取器 2})\} * T_{\text{gprs}}$ ，相同標籤 (TAG_ID 須一致)，若為雙 TAG 車輛，以車頭 TAG 為計算基準
3	單一車輛區段車速		單一車輛區段車速= $L_{2R} / \text{兩讀取器偵測時間} * \text{單位換算值 } 3.6 \text{ (m/s} \rightarrow \text{km/hr)}$ ， L_{2R} 定義為兩讀取器間的距離
4	平均區段車速	(14)	平均區段車速= $\Sigma \text{單一車輛區段車速} / N$ ， N 為統計時間內所通過的車輛數。
5	停止偵測狀態	(16)	為統計時間內，通過區段車輛中曾發生停止之車輛數，其中停止偵測之判斷條件： (1)區段起點(讀取器 2) 之停止偵測 (2)滯留區段時間
6	停止偵測異常狀態	(17)	異常狀態的車輛數，其條件為： 1.有進無出 且滯留區段時間>5 min(預設值) 2.無進有出 3.資料遺失
7	流量	(13)	在統計時間內非異常狀態(通過讀取器 2 & 3)的車輛數，即有進入讀取器 2 減掉有進無出的車輛數。
8	佔有率	(15)	統計時間內，通過讀取器 2 的雙 Tag 佔有率。 注意：輸出欄位(11)與(15)計算時間起點不同，輸出欄位(11)為車輛進入時間之前之 T_{unit} ，輸出欄位(15)為統計時間(其長度= T_{unit})
9	旅行時間		旅行時間= $\{T_{13}(\text{車頭進入讀取器 3}) - T_{11}(\text{車頭進入讀取器 1})\} * T_{\text{gprs}}$ ，注意：須相同車輛

資料來源：本研究整理。

3.交通參數呈現

呈現交通參數資料包括單一讀取器所獲得之測試點交通參數及雙讀取器所獲得之區段交通參數，分別為表 4.6 與表 4.7。

表 4.6 單一讀取器交通參數輸出資料欄位表

顯示內容	進入時間	路線	車號	偵測時間	瞬間車速			平均瞬間車速	流量	佔有率			停止偵測
					車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag			車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	
輸出欄位	(20)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

資料來源：本研究整理。

註：讀取器 1、2、3 均須輸出表

表 4.7 區段交通參數輸出資料欄位表

統計時間	流量	平均區段車速 (km/hr)	佔有率 (%)	區段停止偵測	異常狀態
(例)08:00~08:05	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)

資料來源：本研究整理。

4.3.2 對照值交通參數計算

本示範測試計畫所欲蒐集的交通資訊參數包括流量、佔有率、平均速度(點速度)、旅行時間、車種分類及車輛停止偵測等六項。當車輛通過讀取器偵測範圍時，只需測得車輛電子標籤上的 ID 以及車輛通過偵測區的進入與離開時間，即可換算出上述六項參數。

如前述，為驗證由電子標籤所測得的值與對照值的差異，本研究以攝影方式來獲取對照值。亦即，本示範測試計畫欲測得的資料包括(1)車輛別(ID)與(2)時間，各種值的蒐集方式如下所述，並彙整說明於表 4.8：

1. 車輛別(ID)

(1) 測量值(實驗值)獲得方式

根據每輛公車的車牌號碼，賦予其各自對應的 ID，並將此 ID 寫入電子標籤中，當車輛經過讀取器偵測區時系統即可獲得該值。

(2) 對照值(實際值)獲得方式

人工抄記每輛公車的車牌號碼以獲得該值。

2.經過時間

(1)實驗值獲得方式

黏貼於公車上的電子標籤進入讀取器範圍內時，系統記錄之起始與結束時間即為車輛進入與離開讀取器偵測範圍之時間值。

(2)對照值獲得方式

於讀取器前後之最大偵測距離處設置攝影機，拍攝車輛經過情形。事後再行判讀影像，記錄車輛通過畫面中心線的時間，即可表示車輛進入及離開讀取器偵測範圍之時間值。最大偵測距離依實驗室測試結果(參見第三章說明)初步設定為 3 公尺。

最後，整理本研究各種交通參數的蒐集方式如表 4.9 所示。

表 4.8 RFID 示範測試計畫測量值與對照值獲得方式一覽表

	測量值(實驗值)	對照值(實際值)
車輛別(ID)	給予每輛車一個 ID，寫入標籤中，由讀取器讀取。	人工記錄通過車輛之車牌號碼。
經過時間	車輛經過時由讀取器讀取標籤，回傳後端系統時，由後端系統產出獲得。	透過錄影影像，紀錄車輛通過測量點時的時間。

資料來源：本研究整理。

表 4.9 交通參數的蒐集方式

交通參數 \ 蒐集方式	讀取器 1 偵測區		讀取器 2 偵測區		讀取器 3 偵測區		車輛 標籤	方式
	起 點	迄 點	起 點	迄 點	起 點	迄 點		
流量			○				1	利用車輛通過讀取器 2 的偵測區時，記錄之不同車輛標籤 ID，累計經過之公車流量。
車種分類			○				1	利用車輛通過讀取器 2 的偵測區時，記錄之不同車輛標籤 ID，作為車種分類基礎(本研究擬以不同客運公司作為分類標準)。

表 4.9 交通參數的蒐集方式(續 1)

交通參數 \ 蒐集方式	讀取器 1 偵測區		讀取器 2 偵測區		讀取器 3 偵測區		車輛 標籤	方式
	起 點	迄 點	起 點	迄 點	起 點	迄 點		
平均速度 (點速度)			○	○			1	將讀取器 2 的偵測區長度，與黏貼於車輛車頭之電子標籤進入與離開讀取器 2 偵測範圍的時間差相除，計算個別車輛之點速度。
			○				2	將車長與黏貼於車輛頭尾之電子標籤，通過讀取器 2 偵測區偵測起點的時間差相除，計算個別車輛之點速度。
旅行時間		○				○	1	將車輛車頭電子標籤離開讀取器 3 與讀取器 1 之偵測範圍的時間差，代表車輛自讀取器 1 至讀取器 3 之旅行時間。
佔有率					○	○	1	1.將讀取器 3 的偵測區長度，與黏貼於車輛車頭之電子標籤進入與離開讀取器 3 偵測範圍的時間差相除，計算個別車輛之點速度。 2.以平均車長與前述點速度相除，計算單一車輛之佔有時間。
					○		2	利用黏貼於車輛頭尾之電子標籤，通過讀取器 3 偵測區偵測起點的時間差，作為單一車輛之佔有時間。

表 4.9 交通參數的蒐集方式(續 2)

交通參數 \ 蒐集方式	讀取器 1 偵測區		讀取器 2 偵測區		讀取器 3 偵測區		車輛 標籤	方式
	起 點	迄 點	起 點	迄 點	起 點	迄 點		
車輛停止偵測					○	○	1	計算黏貼於車輛車頭之電子標籤進入與離開讀取器 3 之偵測範圍的時間差，若超過 30 秒，則代表該車輛滯留。
				○	○		1	計算車輛於 Reader2 與 Reader3 間之平均速率及行駛時間，若低於 10 km/hr，或離開 Reader2 偵測範圍，未能於「一定時間」內進入 Reader3 偵測範圍者，皆視為車輛停止。所謂「一定時間」的計算係先利用 Reader2 與 Reader3 距離除以 10 km/hr，計算行駛時間的基準值，若大於此基準值時，即視為車輛停止。

資料來源：本研究整理。

註：讀取器 1 指信義杭州路口站台上之讀取器；讀取器 2 指靠紹興南街的讀取器；讀取器 3 指靠林森南路之讀取器。

由上表 4.9 可發現，讀取器 1 只被用來蒐集「旅行時間」參數，且只需要迄點的測量值，故只需於讀取器 1 的迄點處擺設攝影機，以比較測量值與對照值。

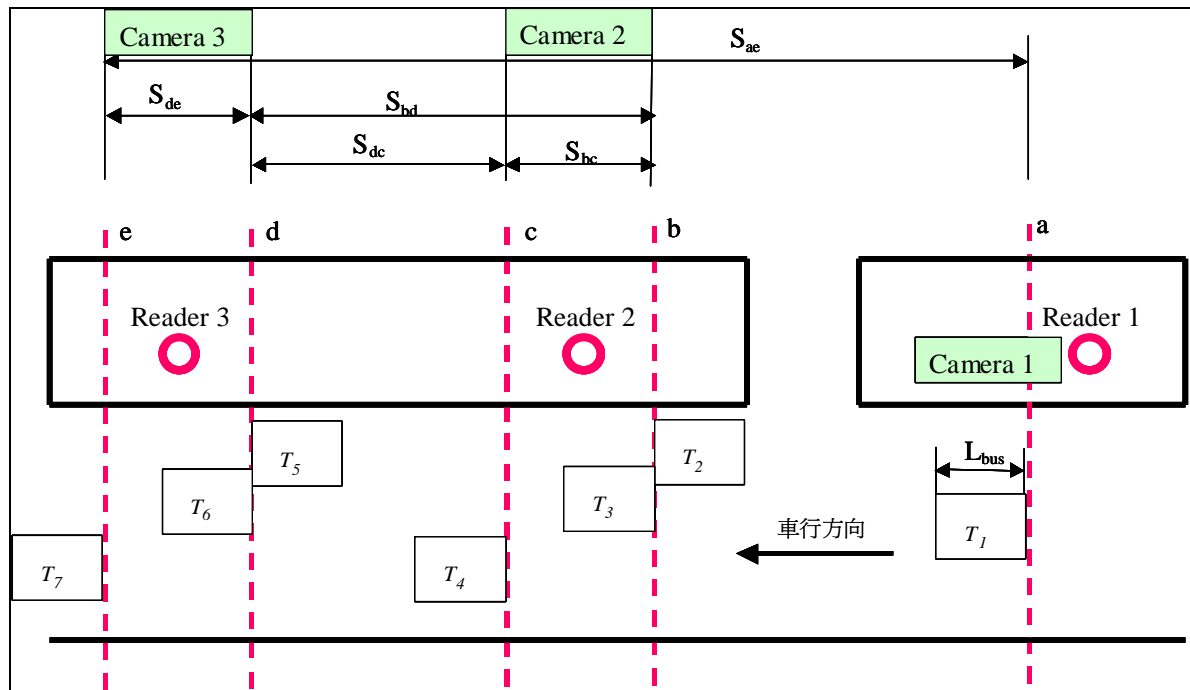
4.4 資料驗證方法

根據 4.3 節所擬定各項交通參數之定義，進行後續資料之驗證比較與誤差分析，內容說明如下。

4.4.1 資料計算

對照值是根據現場攝影機所紀錄的影像資料，以人工判讀的方式獲得；而測量值是由 RFID 讀取器所偵測到，進而回傳給後端中介處理系統的

數值，依據表 4.9 所示之各類交通參數蒐集方式，將測量現場的配置及測得數值以下圖 4.17 表示，並整理相關計算式如表 4.10。



資料來源：本研究整理。

圖 4.17 測量數值示意圖

表 4.10 交通參數計算方式

交通參數	計算式	測量點/應用標籤(數目)	對照值獲得方式	測量值獲得方式
流量	逐輛累計	Reader 2 偵測區起點/ 車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間 與車牌號碼 2.檢閱影像記錄，計算設有電子標 籤車輛數量。	由讀取器偵測車輛 ID，統計單位 時間內通過單一讀取器之車輛數
車種別	依公司別累計車輛數	Reader 2 偵測器起點 車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間 與車牌號碼 2.檢閱影像記錄，分路線計算設有 電子標籤車輛數量。	由讀取器偵測每一輛車上所黏貼 的標籤所對應的 ID 值，累計各路 線通過車輛數。
平均速度 (時間平均速度)	$TMS = \sum_{i=1}^n (S_{bc} / (T_i)) / n$	Reader 2 偵測區起迄點/ 車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間 與車牌號碼 2.檢閱影像資料，記錄個別車輛車 頭通過畫面中心線之時間。 3.將讀取器偵測區距離(S_{bc})除以每 輛車車頭到達偵測區起迄點之時 間差 (T_i, T_4-T_2)，即可得到每 輛車之點速率。 4.而於單位時間(5 分鐘)內通過車 輛之速度總和除以總車輛數(n)， 即可得到時間平均速率。	1.由車輛進入及離開讀取器 2 偵測 範圍的時間差(T_i, T_4-T_2)，可得 到每輛車之點速率。 2.而於單位時間內通過車輛之速度 總和除以總車輛數，即可得到 時間平均速率。

表 4.10 交通參數計算方式(續 1)

交通參數	計算式	測量點/應用標籤(數目)	對照值獲得方式	測量值獲得方式
平均速度 (時間平均 速度)	$TMS = \sum_{i=1}^n (L_{bus} / (T_i)) / n$	Reader 2 偵測區起點/ 車頭及車尾標籤(2)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間與車牌號碼 2.檢閱影像資料，記錄個別車輛車頭/尾通過畫面中心線之時間。 3.將車身長度的(L _{bus})除以每輛車車頭及車尾到達偵測區起點之時間差(T _i ，T ₃ -T ₂)，即可得到每輛車之速率。 4.而於單位時間(5分鐘)內通過車輛之速度總和除以總車輛數(n)，即可得到時間平均速率。	1.由車輛車頭及車尾標籤進入偵測範圍的時間差(T _i ，T ₃ -T ₂)，可得到每輛車之速率。 2.而於單位時間內通過車輛之速度總和除以總車輛數，即可得到時間平均速率。
旅行時間	T ₇ —T ₁	Reader 1 偵測區迄點 Reader 3 偵測區迄點/ 車頭標籤(1)	由錄得影像判斷車輛車頭標籤通過 Reader 1 與 Reader 3 偵測區迄點的時間(T ₇ 與T ₁)，並彼此相減求得車輛旅行時間。	記錄車輛車頭標籤離開 Reader 1 與 Reader 3 偵測範圍迄點的時間值，獲得車輛之旅行時間(T ₇ 與T ₁)，並彼此相減求得車輛旅行時間。

表 4.10 交通參數計算方式(續 2)

交通參數	計算式	測量點/應用標籤(數目)	對照值獲得方式	測量值獲得方式
佔有率 (%)	$OCC = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{T} \times 100\%$	Reader 2 偵測區起點/ 車頭及車尾標籤(2)	每部車輛車頭與車尾標籤通過 偵測區起點時間差之總和 (Σ (T3-T2)) 除以單位時間(T=5 分鐘)的百分比。	1.由讀取器記錄車輛車頭/車尾標籤 進入偵測範圍起點的時間值，獲 得車輛經過讀取範圍之時間 (T3-T2) 2.加總後除以單位時間即得
車輛停止 偵測	$T_7 - T_5 > 30\text{sec.}$	Reader 3 偵測區起迄點/ 車頭標籤(1)	由錄得影像判斷車輛車頭標籤 通過 Reader 3 偵測區起迄點的 時間差(T=T7-T5)，若 T 超過 30 秒，則視為停止車輛。	若 Reader 3 持續傳回同一車輛的數 值超過 30 秒，即表示該車輛在讀取 器偵測範圍內停留。
	$V_{dc} < 10 \text{ kph. or}$ $T_5 - T_4 > (S_{dc} \text{ 於 } 10$ $\text{kph 下之行駛時間})$	Reader 2 偵測區迄點 Reader 3 偵測區起點/ 車頭標籤(1)	利用錄影影像計算車輛車頭標 籤離開 Reader 2 偵測區迄點與 進入 Reader 3 偵測區起點的時 間差(T=T5-T4)及速度(V_{dc})， 若 T 超過 S_{dc} 於 10 kph 下之行駛 時間，或 V_{dc} 小於 10 kph，即 視為停止車輛。	計算車輛離開 Reader 2，進入 Reader 3 偵測範圍之時間差(T=T5-T4)與 速度(V_{dc})，若 T 超過 S_{dc} 於 10 kph 下 之行駛時間，或 V_{dc} 小於 10 kph，即 視為停止車輛。

資料來源：本研究整理。

4.4.2 效果分析

效果分析為比較 RFID 讀取器於不同情境下之偵測準確率，以評定彼此的優劣。以下說明 RFID 技術之偵測效果的評估驗證方法：

本示範測試計畫擬以 5 分鐘為一個單位時間區間，累積此 5 分鐘內由讀取器所回傳的資料，再以 30 筆資料為一個單位，做為 1 個設定測試情境的分析資料。根據晴、陰、雨之尖離峰等各種環境條件進行資料蒐集工作，比較不同測試情境下之 RFID 偵測結果與真值資料的差異。

RFID 的偵測效果，可利用讀取器偵測結果與對照值間的平均誤差率或是 Pearson 積差相關係數來評估，茲分別說明如下：

1. 平均誤差率

平均誤差率之公式為：

$$\bar{E} = \frac{\sum E}{n}$$

其中：

\bar{E} ：平均誤差率(E：誤差率)

E：誤差率， $(E = \frac{|X - Y|}{Y} \times 100\%)$

X：受測偵測器之觀測值

Y：觀測值之對照值

n：觀測值之樣本數

2. 平均誤差率標準差

由於平均誤差率並無法考慮個別觀測值之誤差程度，僅將個別誤差率之數取絕對值加總平均。因此，應增加誤差率之標準差來衡量誤差的分散程度。誤差率之標準差之計算公式如下：

$$S_E = \sqrt{\frac{\sum (E - \bar{E})^2}{n}}$$

其中：

S_E ：誤差率之標準差

\bar{E} ：平均誤差率

E：誤差率

n ：觀測值之樣本數

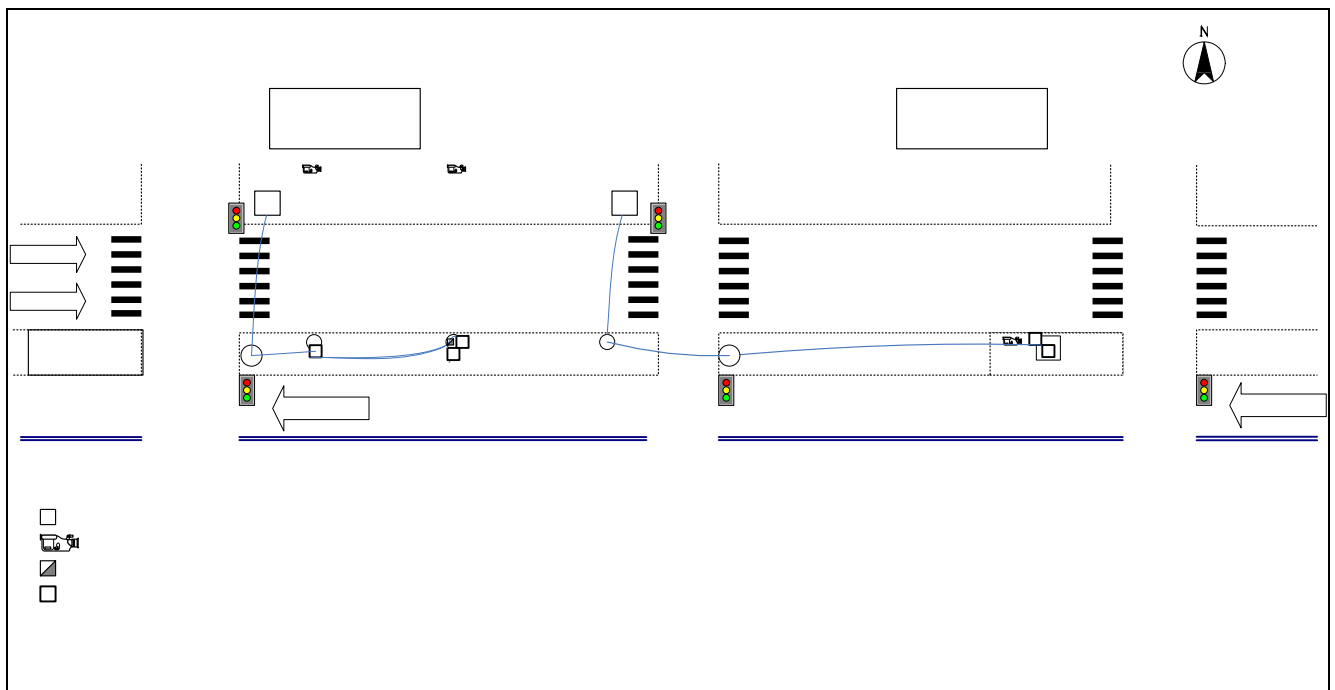
當誤差率的平均值及標準差越小時，則代表該讀取器的偵測效果越好。

4.5 實地建置情形

根據 4.1 節所研擬之示範測試系統架構，於現地進行設備架設，並於設定情境下進行資料蒐集作業，相關描述如後。

4.5.1 佈設方式

本測試計畫之路側設備配置示意圖可參見圖 4.18，為考量終端處理電腦（中介電腦）與網路等設備的安全性與不斷電系統，擬將此設備裝設於中華電信研究所，並利用 GPRS 無線網路傳輸讀取器所蒐集之資料。另設置防水及防破壞之集線箱，以收納相關電源線、訊號線及 GPRS MODEM 模組。



資料來源：本研究整理。

圖 4.18 示範測試計畫測試地點、讀取器與攝影機安裝地點表示圖

在實地探勘後，本研究評估可裝設 RFID 讀取器的位置為杭州/紹興路

口間的門架，以及林森、紹興路段間的路燈，分別說明如下，現場示意圖可參見圖 4.19。

1.杭州南路與紹興南街間(讀取器 1)

讀取器及集線箱設置於杭州信義站公車站台上之門架，高度約 2.5 公尺。電源擬使用紹興南街口號誌控制器的電源，亦即電源線以 PVC 管包覆，沿公車站台及快慢分隔島地面邊緣，再行架空拉線至人行道上之號誌控制器。

2.紹興南街與林森南路間(讀取器 2 與讀取器 3)

讀取器設置於路段間之兩處路燈桿，距地面高度約 2.5 公尺處(由紹興南街往西方向數之第二根及第三根路燈桿，兩者相距約 96 m)，另第三根路燈桿另架設集線箱。電源擬使用林森南路路口號誌控制器電源，電源線以 PVC 管包覆，沿快慢分隔島地面邊緣，拉線至近林森南路路口之路燈桿，再行架空拉線至人行道上之號誌控制器。

	
<p>(1)讀取器 1 設置於信義杭州路口公車站台上之門架</p>	<p>(2)讀取器 2 設置於靠紹興南街側之路燈燈桿</p>
	
<p>(3)讀取器 3 設置於靠林森南路側之路燈燈桿</p>	

資料來源：本研究整理。

圖 4.19 路側設備(讀取器)架設位置

4.5.2 現地情況

在取得臺北市政府工務局公園路燈工程管理處同意後，會同施工單位進行 RFID 讀取器之架設，施工完成後各讀取器之現地情況如圖 4.20 所示。接著根據設定之晴、陰、雨及尖、離峰等各種情境，於現地進行資料蒐集(包括 RFID 所偵測之測試值與攝影紀錄的對照值)以及資料判讀，現地資料蒐集與資料判讀情況如圖 4.21 所示。

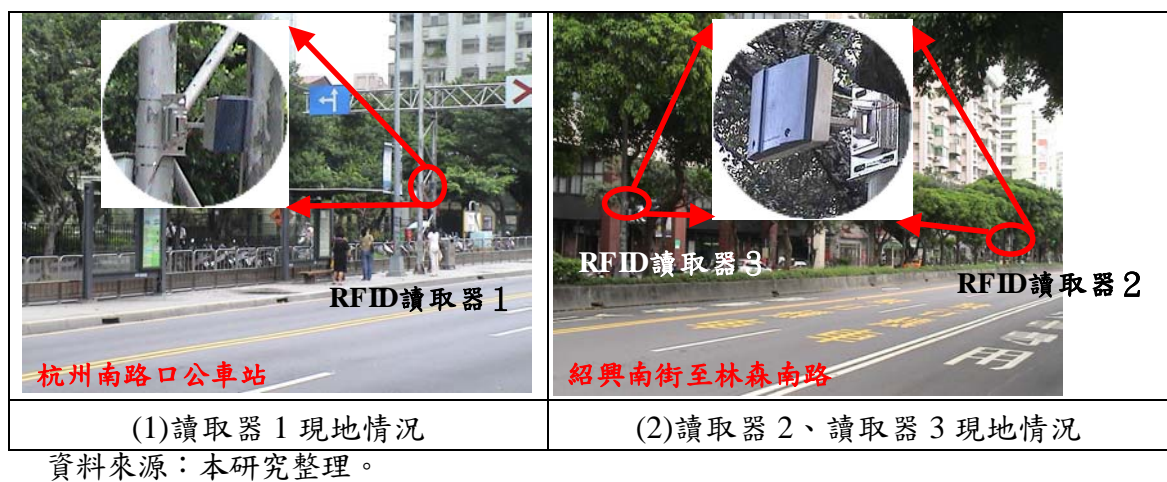


圖 4.20 讀取器架設示意圖



圖 4.21 現地資料蒐集與資料判讀情況

第五章 示範測試系統之績效評估與檢討

整個示範測試系統建置完成後，即展開資料蒐集與分析驗證的工作。為確保正式測試之品質，先進行一初步測試，並從初測之誤差檢討中調校相關參數與設備，接著開始進行正式測試與資料分析驗證；另一方面於實驗室中同時進行小車補充測試，最後綜合所有測試結果，提出相關檢討。以下就各部份內容詳述。

5.1 初期測試及誤差分析

為確保正式測試時資料之準確性，於現地測試展開前先進行初期測試，並針對部份參數進行調整校正，以使之符合實際情況。

5.1.1 初期測試

於現地測試前進行二次初期測試，其過程與結果如下述：

1. 初期測試(第 1 次)

第一次初測於 95 年 9 月 14 日進行，其相關資料如下列，測試結果如表 5.1：

- (1)測試日期：95.09.14 天氣晴
- (2)測試地點：信義路
- (3)資料來源：Reader 2 之讀取資料
- (4)資料筆數：268
- (5)速度標的：車頭 Tag、車尾 Tag、雙 Tag
- (6)參考速度對照值：錄影人工計算
- (7)流量：準確率 100.0%

表 5.1 初期測試(第 1 次)結果列表

	車頭 Tag		車尾 Tag		雙 Tag	
	測試值	對照值	測試值	對照值	測試值	對照值
平均速率	66.05	38.64	59.18	38.64	39.01	38.64
平均誤差率	71.68%		54.06%		6.39%	
誤差率標準差	49.6%		36.1%		6.0%	

資料來源：本研究整理。

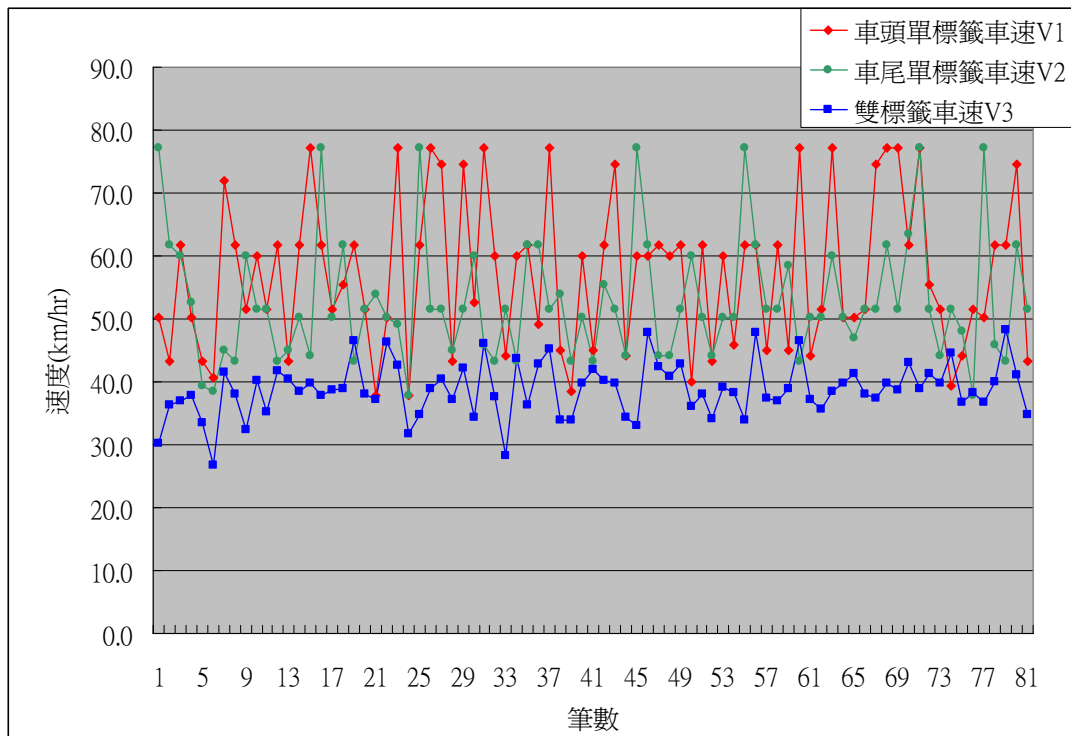
由第一次初期測試之結果可知，單 Reader 雙 Tag 之測試值與對照值誤差應可接受，而單 Reader 單 Tag 之測試值比起對照值有普遍偏高之趨勢。

2.初期測試(第 2 次)

第二次初期測試於 95 年 10 月 4 日進行，其相關資料如下列，測試結果如圖 5.1：

- (1)測試日期：95.10.04 天氣晴
- (2)測試地點：信義路
- (3)資料來源：Reader 2 之讀取資料
- (4)資料筆數：81
- (5)速度標的：車頭 Tag、車尾 Tag、雙 Tag
- (6)參考速度對照值：無

於 95/10/04 AM 7:00~AM 9:00 之測試中，共獲得 81 筆資料，分別求得車頭、車尾標籤與雙標籤之速度計算結果，速度分佈如圖 5.1 所示，其中採用單讀取器與單標籤之測速方式所獲得之車速明顯偏高，符合第一次初期測試之推論。

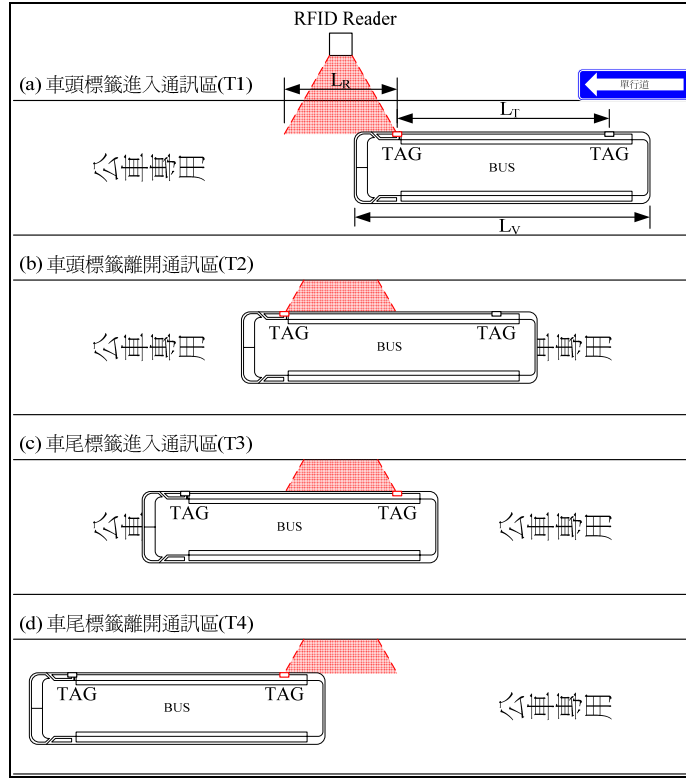


資料來源：本研究整理。

圖 5.1 初期測試(第 2 次)之測量速度分佈

5.1.2 誤差分析

交通參數中，車輛行駛速度用來作為超速、停止等狀態的描述，及用於其他衍生參數如佔有率的計算，為最需要精確數值的參數。由於車輛的瞬時速度 $(V) = \text{量測距離}(L) / \text{量測起迄時間差}(T)$ ，於蒐集交通參數之 RFID 系統中，測速實施與計算方式有以下三種：(一)單讀取器與單標籤(二)單讀取器與雙標籤(三)雙讀取器與單標籤。而造成速度偵測誤差的來源可分成兩類：其一變化因素為距離，包含車輛於通訊區內的行駛路徑、因天候變化所造成通訊區寬度的差異、不同 RFID 讀取器間通訊區的差異、不同標籤通訊距離的差異等；另一類變化因素為時間，主要包含讀取器本身的偵測反應時間差、取樣時間等。以下將簡要地介紹上述三種測速方式與其誤差分析。圖 5.2 顯示計算車速時所定義之 RFID 標籤進出單一部 RFID 讀取器的時間點定義。



資料來源：本研究整理。

圖 5.2 交通參數計算讀取時間示意圖

1. 單讀取器與單標籤測速

假設測量車頭之標籤瞬時速度，則量測距離 $L = L_R$ (通訊區寬度)， $T =$ 經過通訊區的時間差 $= T2 - T1$ ，其中 $T1$ 與 $T2$ 分別為 RFID 標籤進入及離開通訊區之時間點，參考圖 5.2(a) 與 (b)。因此使用單讀取器與單標籤的車速對照值：

$$V = \frac{L}{T} = \frac{L_R}{T2 - T1}$$

而車速測量值為：

$$V_1 = \frac{L_R + \Delta l}{T2' - T1'} = \frac{L + \Delta l}{T + \Delta t}$$

其中

量測距離的誤差 $= \Delta l = l_l + l_e + l_t + l_r + \dots$

l_l ：車輛行駛路徑之通訊區寬度變化

l_e ：環境產生通訊區大小變化

l_t ：不同標籤對相同讀取器之通訊區寬度變化

l_r ：相同標籤對不同讀取器之通訊區寬度變化

偵測時間的誤差 $=\Delta t=t_f+t_s+t_l+\cdots$

t_f ：RFID讀取器資料訊框時間誤差

t_s ：RFID讀取器重複讀取的電子標籤的時間(取樣時間)誤差

t_l ：GPRS Modem時間誤差

(1)距離誤差

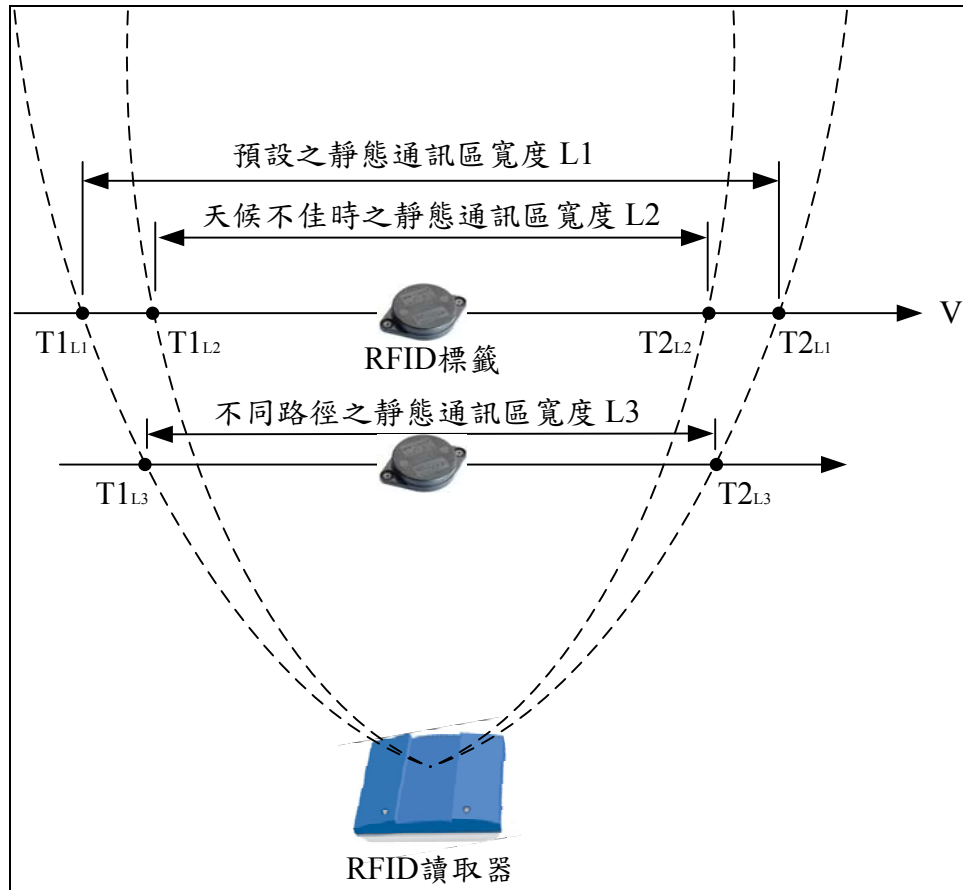
因時間誤差與距離誤差均會對計算結果造成影響，為了分析因距離所造成之速度誤差，先假設時間誤差 $\Delta t=0$ ，即標籤於測量的時間起迄點，行經靜態通訊區邊界。

在預設的天候條件與標籤移動路徑情況下，量測距離 L =預設靜態通訊區寬度 L_1 ，其預設值為測量靜態通訊區之同廠牌RFID系統之測量結果(可能為數組RFID讀取器與RFID標籤之靜態通訊區)於該預設路徑上之平均值。而於天候條件不佳造成的通訊區域變化時，量測距離 L =通訊區寬度 L_2 ；車輛行駛動線造成標籤偏遠離或靠近讀取器的路線時，量測距離 L =通訊區寬度 L_3 。各項對量測距離 L 造成誤差因素的總和的影響 Δl ，則標籤之速度測量值 V_2 為

$$V_2 = \frac{L + \Delta l}{T} = V + \frac{\Delta l}{T} = V + \frac{\Delta l}{L/V}$$

$$\text{速度誤差 } \Delta V = V_2 - V = \frac{\Delta l}{T} = \frac{\Delta l}{L/V}$$

$$\text{誤差率為 } \Delta V/V = \frac{\Delta l}{L} \times 100\%，\text{ 與車速無關}$$



資料來源：本研究整理。

圖 5.3 單讀取器與單標籤之距離誤差

目前所採用的Nedap RFID系統，其靜態通訊區會隨著採用不同的RFID讀取器與RFID標籤而有所差異，因此實際測試點的RFID系統之靜態通訊區寬度與預設的通訊區寬度也會有所差異，其變化一般約在1公尺以內，少數會有2公尺的差異。一般車輛在規劃的車道內行駛，路徑上可能會約有車輛左右1公尺的位移，因此在讀取器80度的輻射場型下， l_l 會有約1.7公尺的誤差，目前測量時，中介軟體未考量通訊區的變化，所以車輛盡可能維持行駛在相同的路徑，以大幅降低路徑誤差，因此往後中介軟體設計需配合路徑的選擇做通訊區寬度的修正。而 l_e 需有較精密的儀器與控制下的環境因素下進行通訊區的量測，方能獲得較精確的誤差範圍。

(2)時間誤差

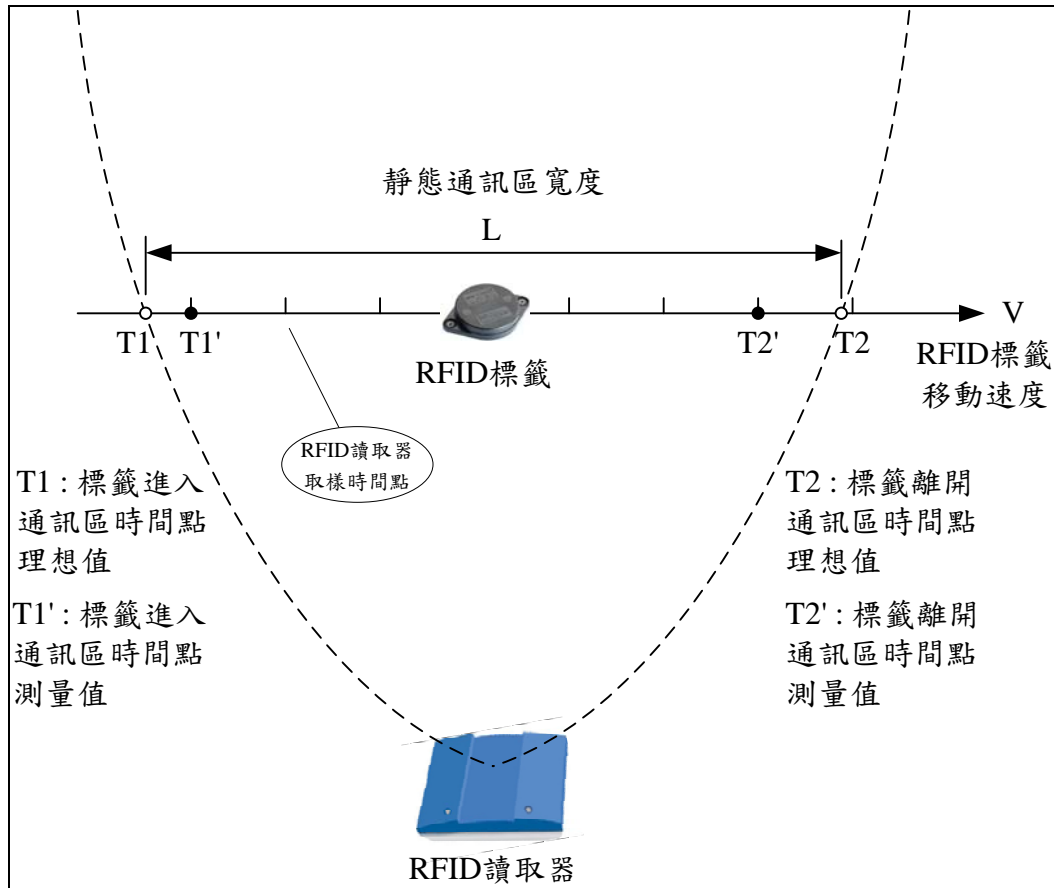
考量因量測時之時間誤差所造成之速度誤差時，為分析方便，先假設距離誤差 $\Delta l=0$ ，即標籤於測量的起迄點，行經完整的靜態通訊區寬度，即 $L=L_R$ 。

RFID標籤進入通訊區邊界的時間點理想值 $T1$ ，因RFID讀取器通訊訊框(34ms)所造成的偵測延遲，將會是實際的測量值 $T1'$ ，所產生的時間誤差為 t_f 。而標籤離開通訊區邊界的時間點理想值 $T2$ ，因標籤在移動情況下，於離開通訊區邊界時，不會正好是讀取器的取樣時刻，取樣時間為100ms，因此，實際測量值為 $T2'$ ，所產生的時間誤差為 t_s 。此外，目前使用之RFID讀取器並不提供內部時間資訊，因此透過GPRS Modem所提供的時間，亦會對時間之測量產生誤差，然而，因為量測起迄時間差為兩個GPRS Modem所提供的時間相減，因此GRPS時間誤差 t_t 會小於的GPRS Modem內部計時器的計時單位(10ms)。若以 Δt 代表測量值與理想值間的誤差，則不考慮距離誤差之速度測量值 V_3 為：

$$V_3 = \frac{L}{T + \Delta t} = \frac{V}{1 + \Delta t / T} = \frac{V}{1 + V \Delta t / L}$$

$$\text{速度誤差 } \Delta V = V_3 - V = \frac{-V}{1 + T / \Delta t} = \frac{-V}{1 + L / (V \Delta t)}$$

$$\text{誤差率為 } \Delta V / V = \frac{1}{1 + L / (V \Delta t)} \times 100\%， \text{ 與車速有關。}$$



資料來源：本研究整理。

圖 5.4 單讀取器與單標籤之時間量測誤差

目前讀取器的最短的取樣時間 t_s 為 0.1 秒，隨著車輛速度的增加，會有明顯的誤差，而讀取器通訊訊框的時間 t_f 為 0.034 秒，而 GPRS Modem 的時間戳記單位為 0.01 秒，則 t_t 為 0.01 秒，故讀取器的取樣時間為最大之時間誤差來源。

2. 單讀取器與雙標籤測速

假設量測距離 L = 車頭與車尾標籤之安裝距離 L_T ， T = 車尾與車頭標籤進入通訊區的時間差 = $T3 - T1$ ，其中 $T1$ 與 $T3$ 分別為車頭與車尾之 RFID 標籤進入通訊區之時間點，參考圖 5.2(a)與(c)。

因此使用單讀取器雙標籤方式的車速對照值為：

$$V = \frac{L}{T} = \frac{L_T}{T3 - T1}$$

而車速測量值為：

$$V_1 = \frac{L_T + \Delta l}{T3' - T1'} = \frac{L + \Delta l}{T + \Delta t}$$

其中

量測距離的誤差 $= \Delta l = l_t + l_l + l_e + \dots$

l_t ：不同標籤對相同讀取器之通訊區寬度變化

l_l ：車輛行駛路徑之通訊區寬度變化

l_e ：環境產生通訊區大小變化

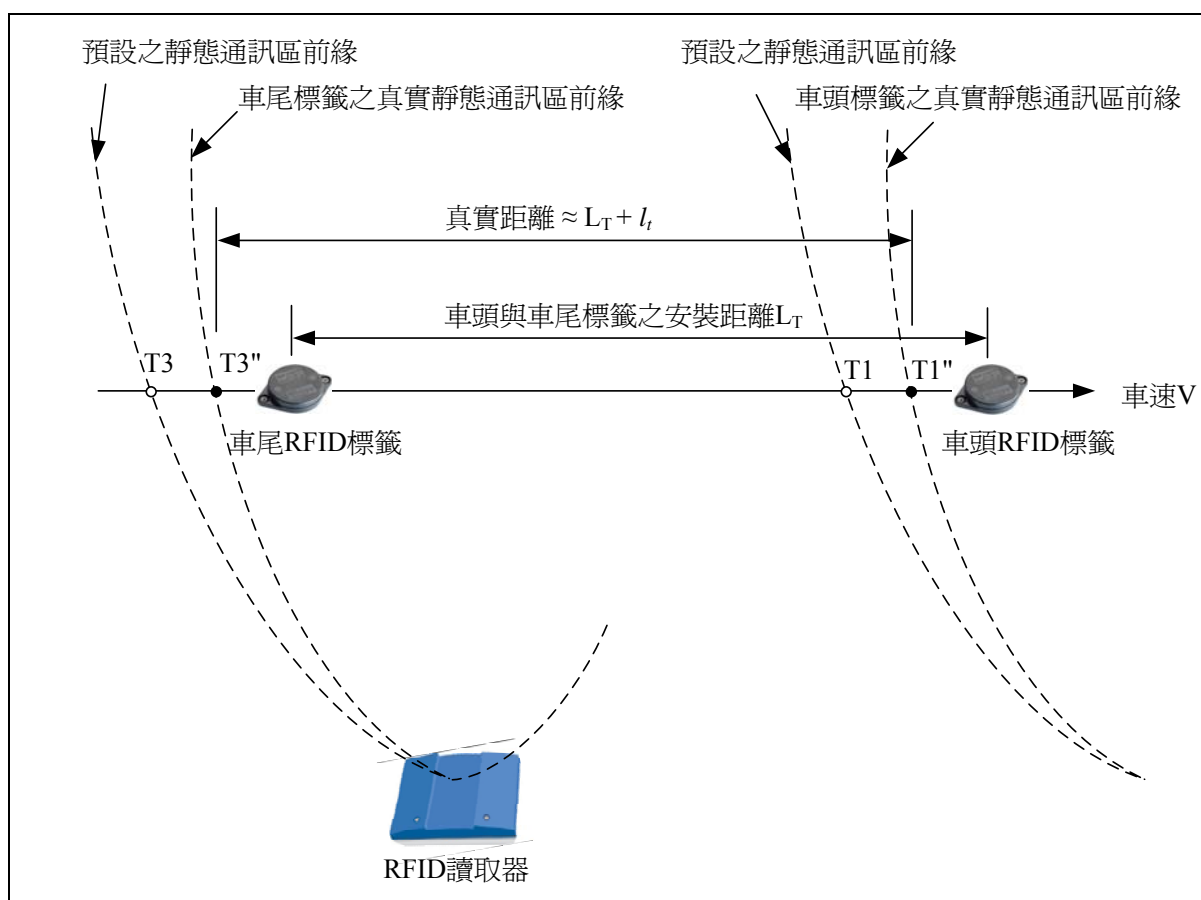
偵測時間的誤差 $= \Delta t = t_f + t_t + \dots$

t_f ：RFID讀取器資料訊框時間誤差

t_t ：GPRS Modem時間誤差

(1)距離誤差

若車輛以直線方式(非轉彎或變換車道)通過通訊區，亦即車頭與車尾標籤在通訊區的進入點非常接近，因此車輛行駛路徑的影響 $l_l \approx 0$ ，且因天候等環境因素所造成之通訊區變化頻率對車速來說相對的低，車輛通過時之通訊區的起點邊界將不會大幅變動，因此 $l_e \approx 0$ ，然而，不同標籤對相同讀取器的靜態通訊區寬度會有變動， l_t 將成為此種測量方式之形成距離誤差的主因。因某一個標籤的 l_t 誤差效應可能為增加或減少，因此其綜合效應可能為相加亦可能相減，然而，即使誤差相加效應的 l_t (包含兩個通訊區前緣誤差)也是接近單讀取器與單標籤測速的 l_t (包含通訊區前、後緣誤差)，亦即單讀取器與雙標籤測速的 l_t 誤差小於或等於單讀取器與單標籤測速的 l_t 誤差。

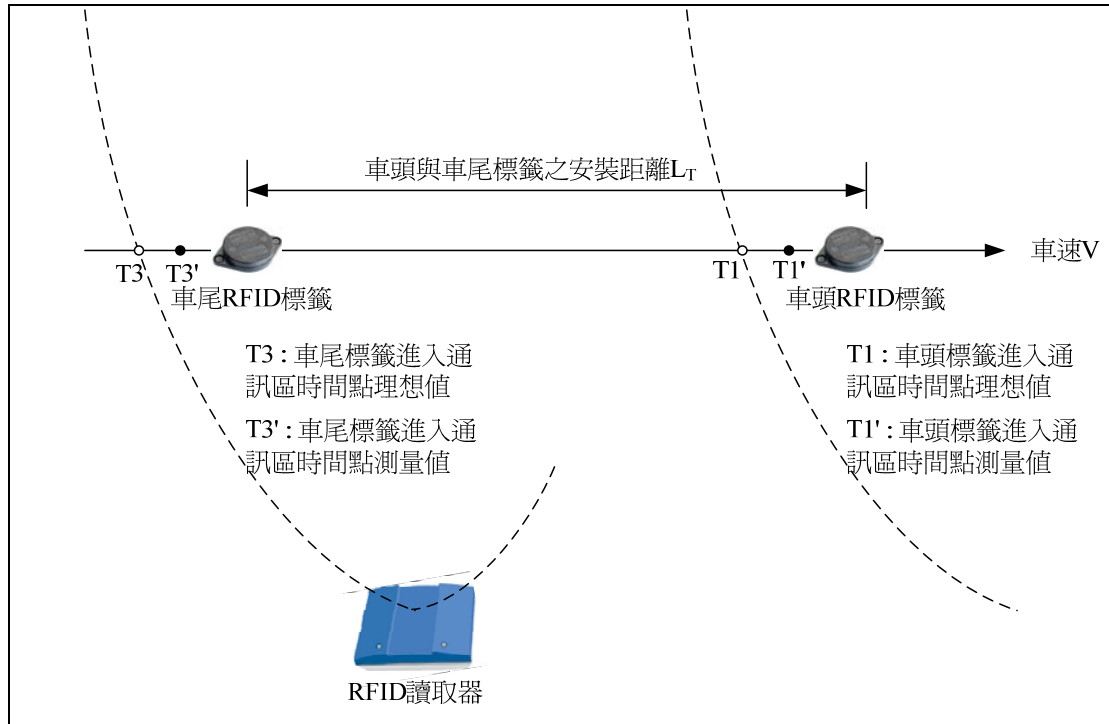


資料來源：本研究整理。

圖 5.5 單讀取器與雙標籤之距離誤差

(2)時間誤差

因雙標籤之瞬時速度計算，採用車尾與車頭標籤進入通訊區的時間差($T3-T1$)作為量測起迄時間差，因此 RFID 讀取器的取樣時間，對計算沒有影響，而前後兩個 RFID 標籤進入通訊區邊界的時間點理想值分別為 $T1$ 與 $T3$ ，因 RFID 讀取器通訊之訊框(34ms)所造成的偵測延遲，將會是實際的測量值 $T1'$ 與 $T3'$ ，因計算時，時間部分數值相減，誤差也相減，所綜合的時間誤差為 t_f ，將會小於通訊之訊框 34ms。而 GPRS Modem，因為量測起迄時間差為兩個 GPRS Modem 所提供的時間相減，因此 GPRS 時間誤差 t_t 會小於的 GPRS Modem 內部計時器的計時單位 10ms。



資料來源：本研究整理。

圖 5.6 單讀取器與雙標籤之時間量測誤差

3. 雙讀取器與單標籤測速

利用相鄰兩個讀取器測量單一標籤通過該兩個讀取器的速度，假設量測距離 L = 兩讀取器之安裝距離 L_{2R} ， T = 車頭標籤進入兩個讀取器通訊區的時間差 = $T1_{R2} - T1_{R1}$ ，其中 $T1$ 為圖 5.2(a) 中，RFID 標籤進入讀取器通訊區的時間，而下標 $R1$ 與 $R2$ 分別為行進路徑上 RFID 標籤先後通過的讀取器。

因此使用雙讀取器單標籤方式的車速對照值為：

$$V = \frac{L}{T} = \frac{L_{2R}}{T1_{R2} - T1_{R1}}$$

而車速測量值為：

$$V_1 = \frac{L_{2R} + \Delta l}{T1'_{R2} - T1'_{R1}} = \frac{L + \Delta l}{T + \Delta t}$$

其中

$$\text{量測距離的誤差} = \Delta l = l_r + l_l + l_e + \dots$$

l_r ：相同標籤對不同讀取器之通訊區寬度變化

l_e ：環境產生通訊區大小變化

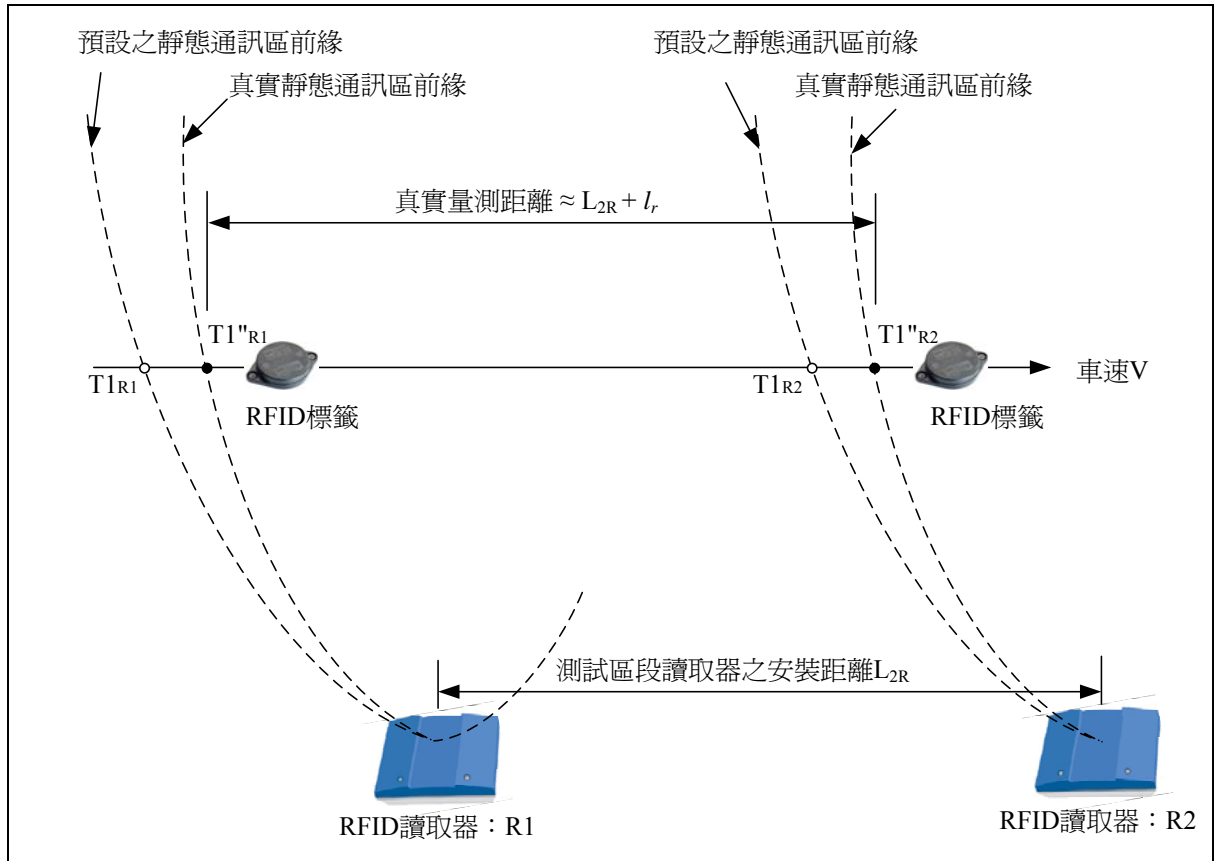
偵測時間的誤差 $=\Delta t=t_f+t_t+\cdots$

t_f ：RFID讀取器資料訊框時間誤差

t_t ：GPRS Modem時間誤差

(1)距離誤差

若兩個RFID讀取器架設距離接近且對相同的標籤有相同的靜態通訊區，在車輛以直線方式(非轉彎或變換車道)通過兩個RFID讀取器的通訊區時，車頭標籤在兩個通訊區的進入點間的距離，其數值將會接近於兩個讀取器的安裝距離 L_{2R} ，因此車輛行駛路徑的影響 $l_l \approx 0$ ，且因天候等環境因素所造成之通訊區變化頻率相對的低，通訊區的起點邊界將不會大幅變動，因此 $l_e \approx 0$ ，然而，在實際的情況，不同的RFID讀取器對相同的標籤的靜態通訊區寬度會有變化， l_r 將成為此測量方式之距離誤差的主因。因某一個讀取器的 l_r 誤差效應可能為增加或減少，因此其綜合效應可能為相加亦可能相減，然而，即使誤差相加效應的 l_r (包含兩個通訊區前緣誤差)也是接近單讀取器與單標籤測速的 l_r (包含通訊區前、後緣誤差)，亦即雙讀取器與單標籤測速的 l_r 誤差小於或等於單讀取器與單標籤測速的 l_r 誤差。

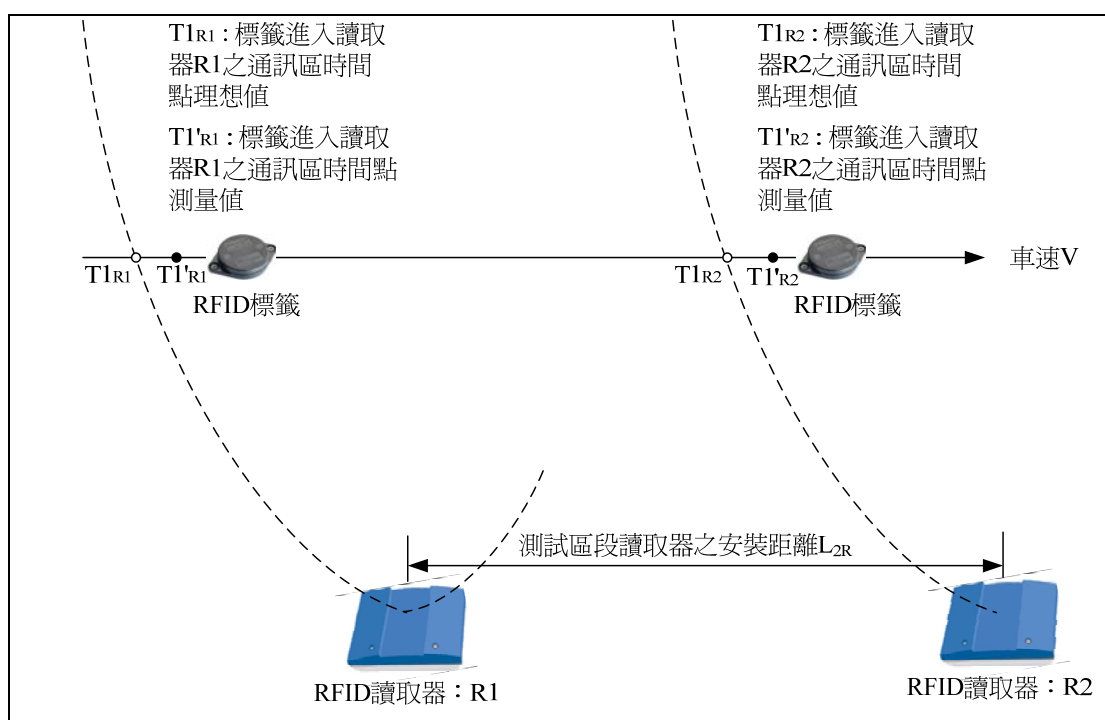


資料來源：本研究整理。

圖 5.7 雙讀取器與單標籤之距離量測誤差

(2)時間誤差

因雙讀取器與單標籤之瞬時速度計算，採用車頭標籤進入兩個相鄰RFID讀取器通訊區的時間差($T1_{R2} - T1_{R1}$)作為量測起迄時間差，因此RFID讀取器的取樣時間，對計算沒有影響；而RFID標籤進入兩個讀取器通訊區邊界的時間點理想值分別為 $T1_{R1}$ 與 $T1_{R2}$ ，因RFID讀取器通訊訊框(34ms)所造成的偵測延遲，將會是實際的測量值 $T1'_{R1}$ 與 $T1'_{R2}$ ，因計算時，時間部分數值相減，誤差也相減，所綜合的時間誤差為 t_f ，將會小於通訊訊框 34ms。而GPRS Modem，因為量測起迄時間差為兩個GPRS Modem所提供的時間相減，因此GRPS時間誤差 t_i 會小於GPRS Modem內部計時器的計時單位 10ms。



資料來源：本研究整理。

圖 5.8 雙讀取器與單標籤之時間量測誤差

4.測速方式與誤差大小比較

整理前述之測試結果與分析如表 5.2。

表 5.2 RFID 測速方式與誤差分析比較

RFID 測速方式	單讀取器單標籤	單讀取器雙標籤	雙讀取器單標籤
主要誤差原因	1. 車輛行駛路徑 2. RFID 系統通訊區穩定度(不同標籤對不同讀取器的靜態通訊區寬度變動) 3. RFID 讀取器取樣時間解析度	1. RFID 系統通訊區穩定度(標籤穩定度：不同標籤對相同讀取器的靜態通訊區寬度變動)	1. RFID 系統通訊區穩定度(讀取器穩定度：不同讀取器對相同標籤的靜態通訊區寬度變化)
誤差因素造成之誤差量大小(通訊區寬度參考 2006/07/05 測量之數據)	1. $\Delta L \approx 1m$ (通訊區前後緣各 0.5m) 2. $\Delta L \approx 2m$ (通訊區前後緣各 1m) 3. $\Delta T \approx 0.1sec$	1. $\Delta L \approx 1m$ (通訊區前緣)	1. $\Delta L \approx 1m$ (通訊區前緣)
(綜合)誤差影響程度	大	小	小

資料來源：本研究整理。

5.1.3 誤差補償

由初步的測試結果與速度誤差分析可知，單讀取器與單標籤測速方式的結果比較差，然而，若可以採用單讀取器與單標籤的測速方式，實施時將可降低系統建置成本，因此擬對單讀取器與單標籤的測試結果進行補償修正，加以探討將其用於測速之可行性。

1. 單讀取器單標籤之速度誤差補償方式

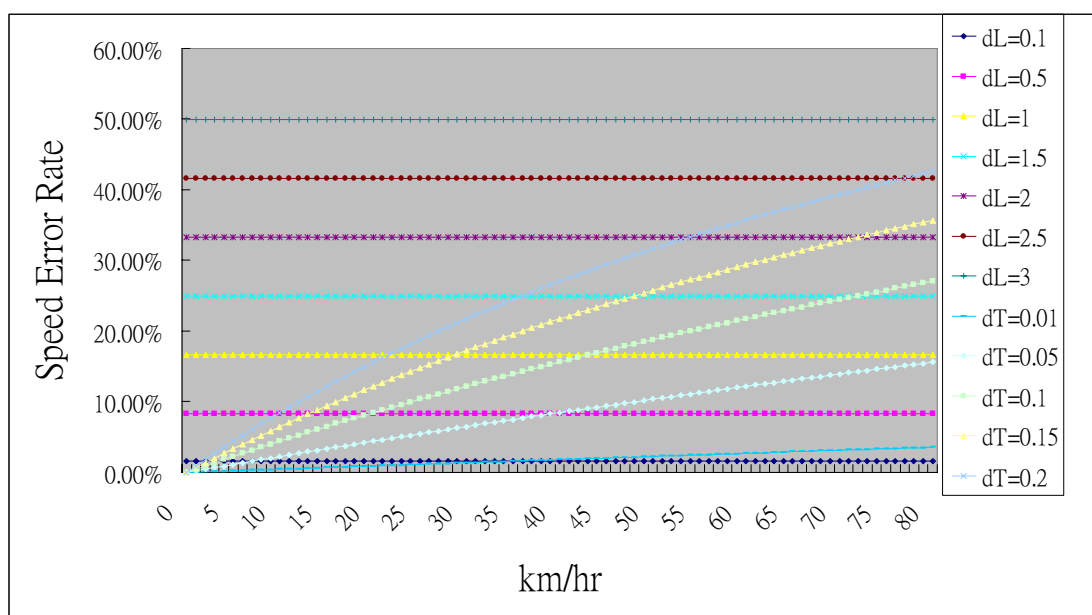
單讀取器與單標籤的測速方式，其誤差來源主要為通訊區寬度的變化(主要包含行駛路徑飄移與 RFID 系統通訊區的穩定度)與讀取器的讀取狀態與取樣時間的解析度。靜態通訊區寬度之實際平均值與計算預設值的差值，可藉由一補償量加以修正，而路徑與系統穩定度的變化則可能造成計算數值的上下波動，此外因快速移動時，通訊失敗與無法取樣在通訊區邊界，實際的測量時間差會小於行駛路徑之通訊區寬度邊界上的時間差，因此計算結果通常會有較高的速度值。

若假設距離誤差與時間誤差因素對速度而言是相互獨立的，則

$$\text{速度誤差率 } SpeedErrRate|_{\Delta t=0} = \frac{\Delta l}{L}$$

$$\text{速度誤差率 } SpeedErrRate|_{\Delta l=0} = \frac{1}{1 + L/(V\Delta t)} = \frac{V\Delta t}{V\Delta t + L}$$

當 $L=6\text{m}$ ，距離誤差 $\Delta l=dL=0.1\sim 3$ 的速度誤差率及時間誤差 $\Delta t=dT=0.01\sim 0.2$ 的速度誤差率曲線分佈如圖 5.9 所示：

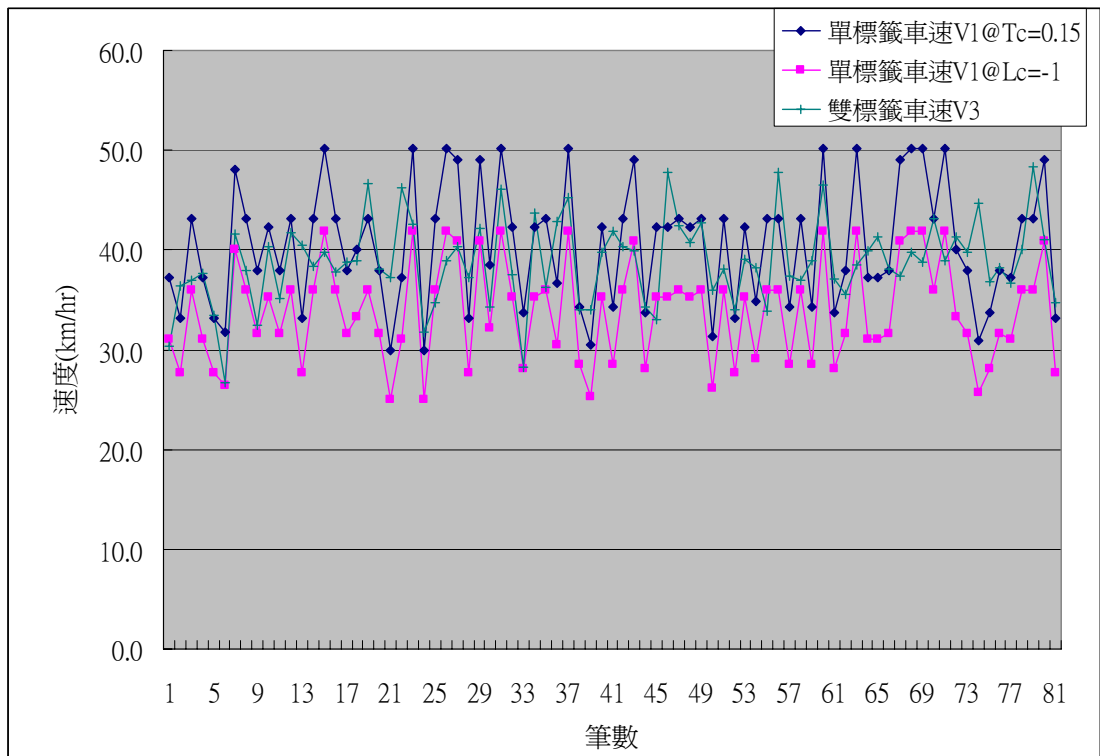


資料來源：本研究整理。

圖 5.9 速度誤差因素與速度誤差率關係圖

因此，針對不同的補償方式，可觀察出下列幾項要點：

- (1) dL 與 dT 的曲線交點，決定誤差因素影響的效應。
- (2) 在車速約 40km/hr 情況下，可發現以 $dT=0.15(\text{sec})$ 作誤差補償時，相對的距離誤差約在 1~1.5m 範圍內，亦即，若距離誤差超過此範圍時，補償效果會變差。
- (3) 因 RFID 靜態通訊區寬度於計算時定義為 6m，此設定值為標籤至讀取器 1.5m 距離時的平均通訊區寬度。於速度計算時，相較於 dT 均為正值(延遲)， dL 則可能為正(通訊區放大)或負值(通訊區縮小)。
- (4) 若以固定補償量加以補償可能造成過度補償或補償不足。如圖 5.10 所示，以 $L_c = -1\text{m}$ 對通訊區寬度進行補償，所造成的過度補償現象。



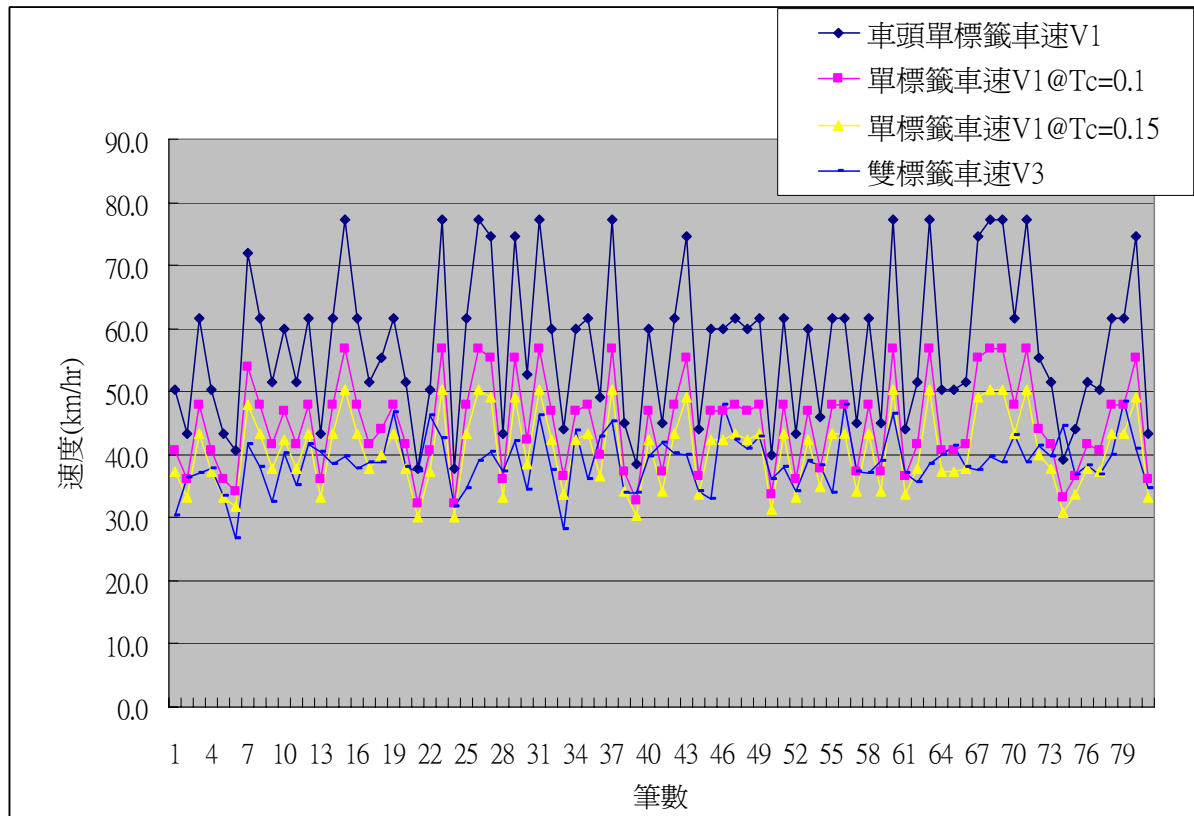
資料來源：本研究整理。

圖 5.10 距離誤差補償與時間誤差補償結果比較

由速度計算公式可知，在相同速度下，距離與時間有線性關係，為簡化補償變數，擬以時間參數(T_c)進行補償。

2. 補償結果

以 10/04 測試結果為例，因當時人工比對尚未即時完成以致缺乏測試結果的對照真實值情況下，因此先採用速度誤差較小的單讀取器與雙標籤的測速方式的初期測試結果作為比對的參考值。補償修正前後之數列分佈，補償修正前後之誤差率與標準差如表 5.3 所示：



資料來源：本研究整理。

圖 5.11 95/10/04 測試結果與補償修正比較圖

表 5.3 修正測試速度補償結果列表

日期	95/10/04		95/10/05		95/10/06		95/10/12	
對照項目	V1	V1' Tc=0.15	V1	V1' Tc=0.15	V1	V1' Tc=0.15	V1	V1' Tc=0.15
誤差率	47.79%	12.30%	52.61%	13.10%	45.68%	11.68%	48.57%	11.26%
標準差	0.2638	0.0882	0.2906	0.1125	0.2695	0.105	0.2427	0.0773

資料來源：本研究整理。

5.2 資料驗證

正式現地測試於 95 年 10 月初至 11 月初之間展開，共進行三次資料蒐集(包括測試值與對照值)，詳細資料蒐集情況如表 5.4，資料分析驗證如後述。

表 5.4 現地測試資料蒐集內容

	日期	時間	天候屬性	尖離峰屬性
第一次測試	10 月 2 日	11:30~18:30	陰天	包含尖離峰
第二次測試	10 月 18 日	11:30~18:30	晴天	包含尖離峰
第三次測試	10 月 31 日	12:30~15:00	雨天	離峰
	11 月 2 日	15:00~19:00	雨天	尖峰

資料來源：本研究整理。

5.2.1 第一次測試結果 (陰天情境)

第一次正式測試於 95 年 10 月 2 日進行，測試時間為 11:30 至 18:30，包括尖峰時段 3.5 小時(11:30~15:00)與離峰時段 3.5 小時(15:00~18:30)，可用資料共 231 筆，其各項交通參數分析結果如下。

1. 流量與車種分類

在 231 筆可用資料中，每一筆皆有 Reader 所偵測的值，偵測率為 100%，而每一筆 Reader 偵測到車輛的相對應車牌號碼，也與對照值相符，故在車種分類上，其準確度亦為 100%。流量分析結果請參照表 5.5。

表 5.5 陰天情境流量分析(5 分鐘平均)

		R1	R2	R3	對照值
尖峰	平均流量(輛)	3.70	3.70	3.70	3.70
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%
離峰	平均流量(輛)	3.43	3.43	3.43	3.43
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%

資料來源：本研究整理。

2. 平均速度(點速度)

以 Reader 2 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.6、5.7 所示；就每筆資料而言，尖離峰時皆以雙 Tag 所測得的速度最佳，誤差率分別為 7.17%與 7.04%，而車頭單 Tag、車尾單 Tag 及雙 Tag 所測得的速度誤差率於尖離峰時段的差異並不大。就 5 分鐘平均資料而言，尖離峰時段亦以雙 Tag 所測得的速度最佳，誤差率分別是 7.34%與 7.08%。就每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.12 所示，離峰時段分布如圖 5.13 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.14 所示，離峰時段分布如圖 5.15 所示。

表 5.6 陰天情境平均速度分析(每輛車平均)

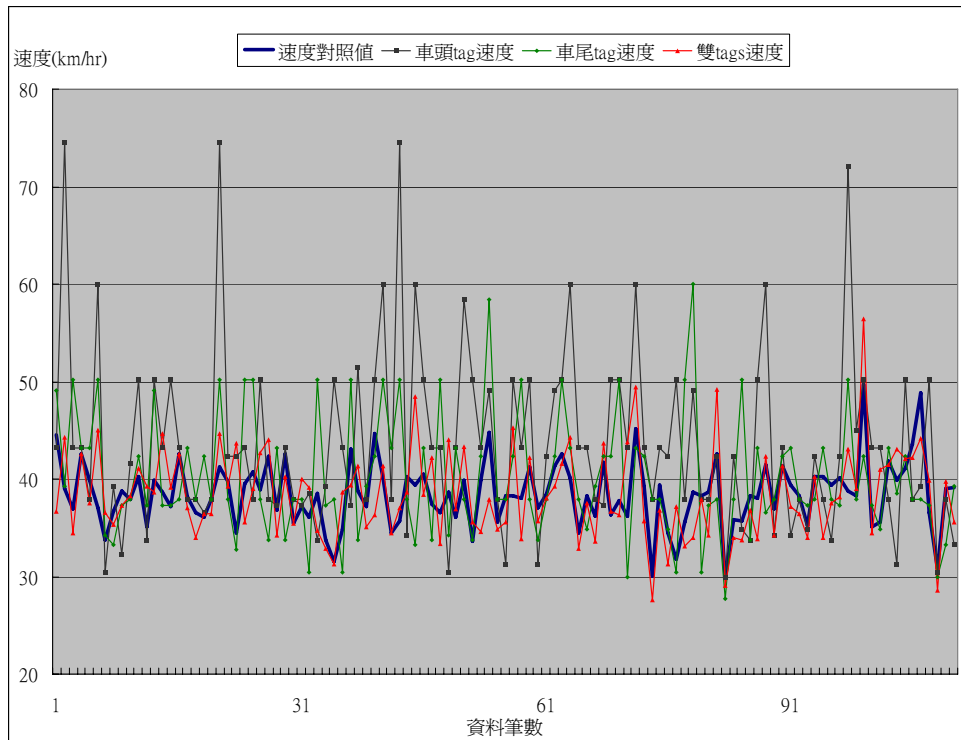
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	43.57	40.26	38.44	38.45
	平均誤差率(%)	19.25%	12.04%	7.17%	—
	誤差率標準差	0.20	0.11	0.05	—
離峰	平均速度(km/hr)	43.84	41.84	38.92	38.60
	平均誤差率(%)	17.07%	13.97%	7.04%	—
	誤差率標準差	0.17	0.12	0.06	—

資料來源：本研究整理。

表 5.7 陰天情境平均速度分析(5 分鐘平均)

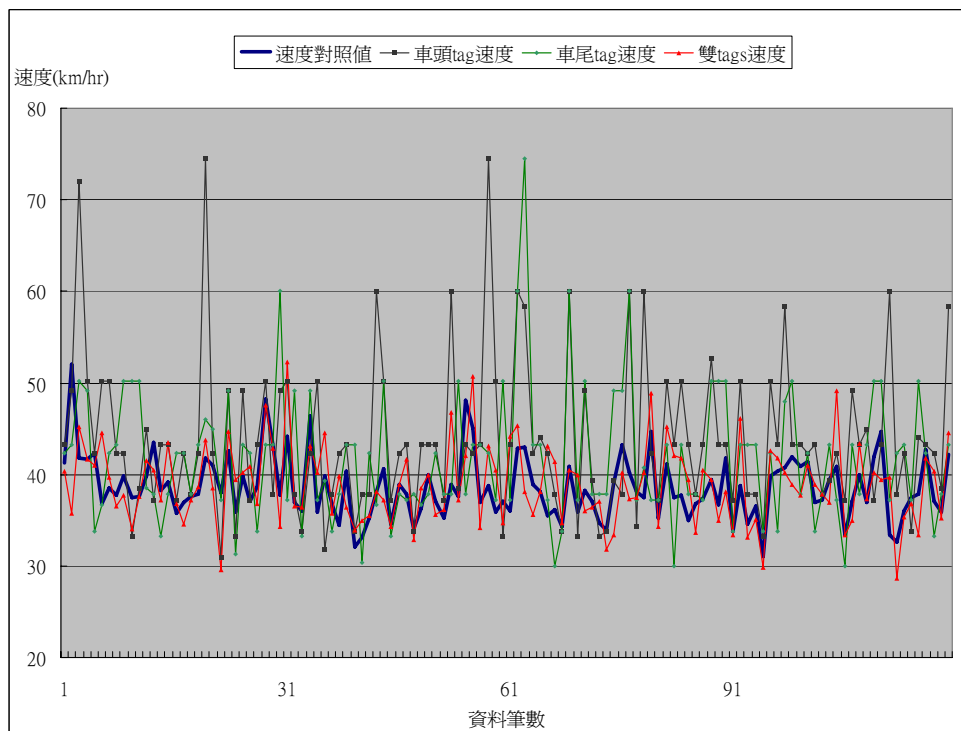
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	44.07	40.73	38.88	38.79
	平均誤差率(%)	19.37%	11.59%	7.34%	—
	誤差率標準差	0.11	0.06	0.03	—
離峰	平均速度(km/hr)	43.28	41.83	38.98	38.82
	平均誤差率(%)	15.46%	13.62%	7.08%	—
	誤差率標準差	0.07	0.07	0.03	—

資料來源：本研究整理。



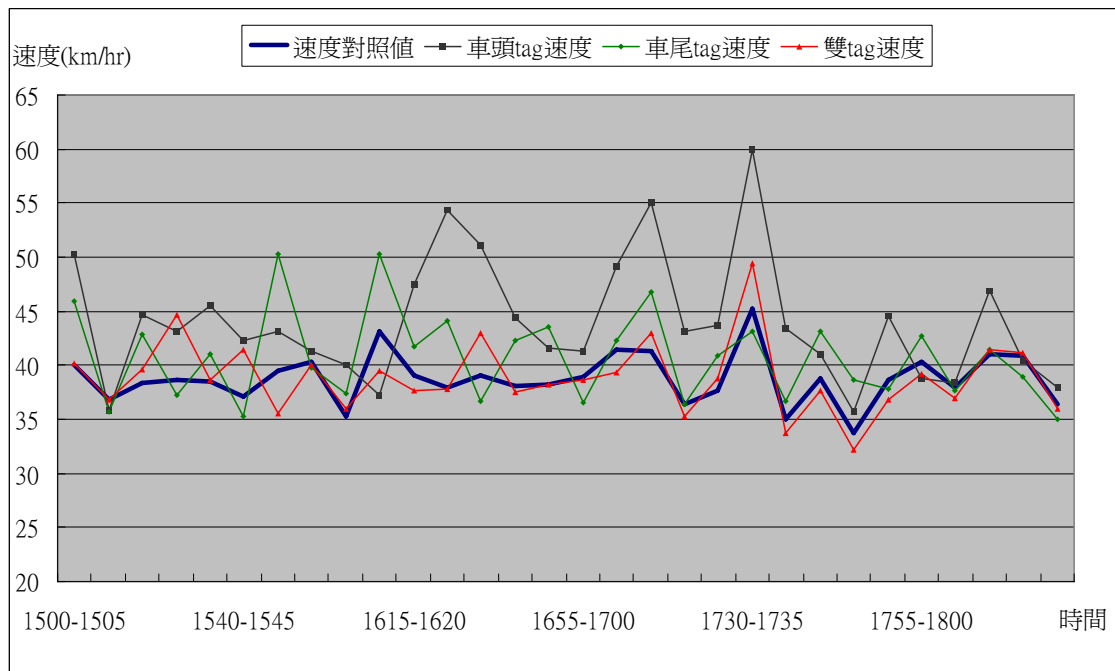
資料來源：本研究整理。

圖 5.12 陰天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖



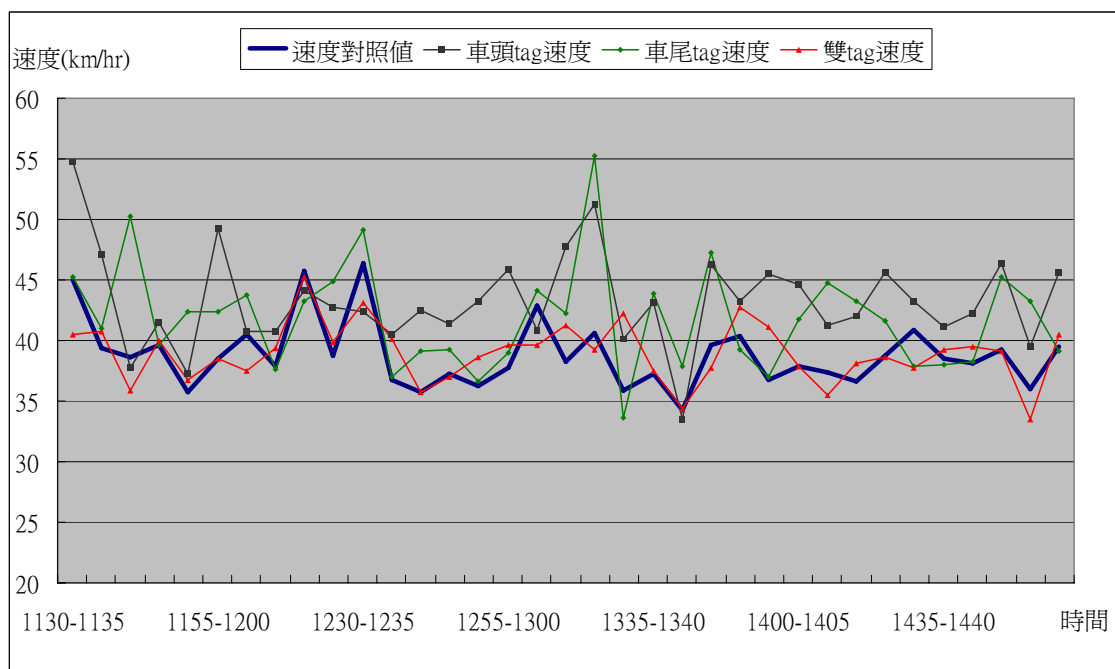
資料來源：本研究整理。

圖 5.13 陰天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.14 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.15 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖

3.旅行時間

以 Reader 1 及 Reader 3 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.8、5.9 所示；以每筆資料以及 5 分鐘平均資料來看，其表現相近，離峰的偵測誤差率較低(分別是 3.64%與 3.43%)，而尖峰的誤差率較高(分別是 4.99%與 5.46%)，惟尖離峰時段之偵測誤差率相去不大。每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.16 所示，離峰時段分布如圖 5.17 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.18 所示，離峰時段分布如圖 5.19 所示。

表 5.8 陰天情境旅行時間分析(每輛車平均)

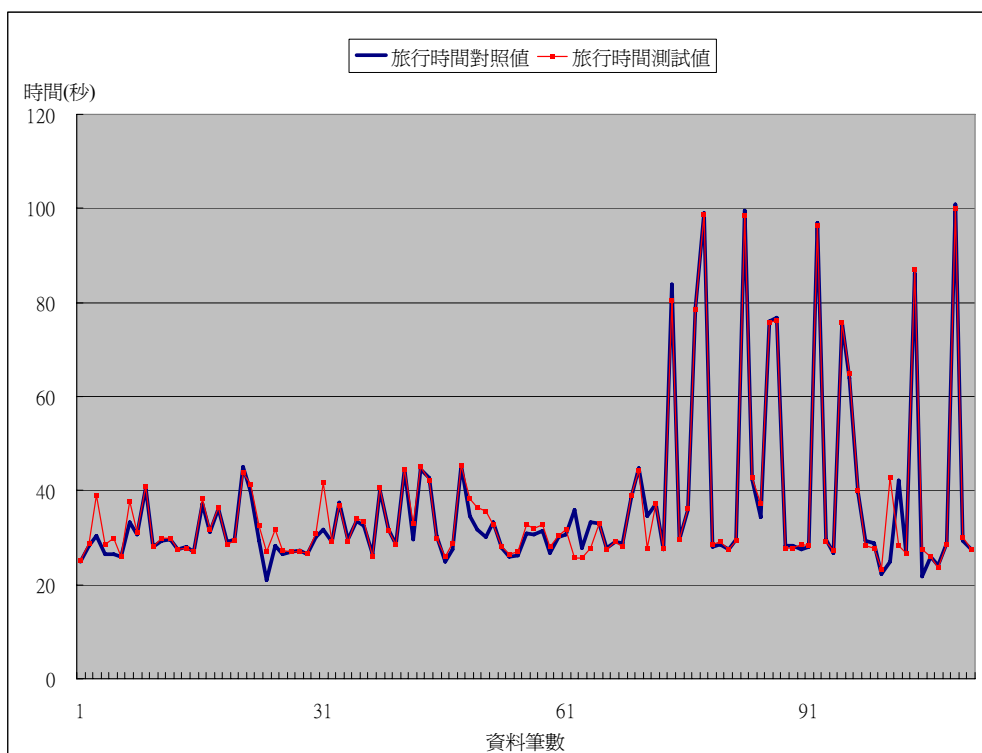
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	36.84	36.42
	平均誤差率(%)	4.99%	—
	誤差率標準差	0.09	—
離峰	平均旅行時間(秒)	31.33	30.69
	平均誤差率(%)	3.64%	—
	誤差率標準差	0.05	—

資料來源：本研究整理。

表 5.9 陰天情境旅行時間分析(5 分鐘平均)

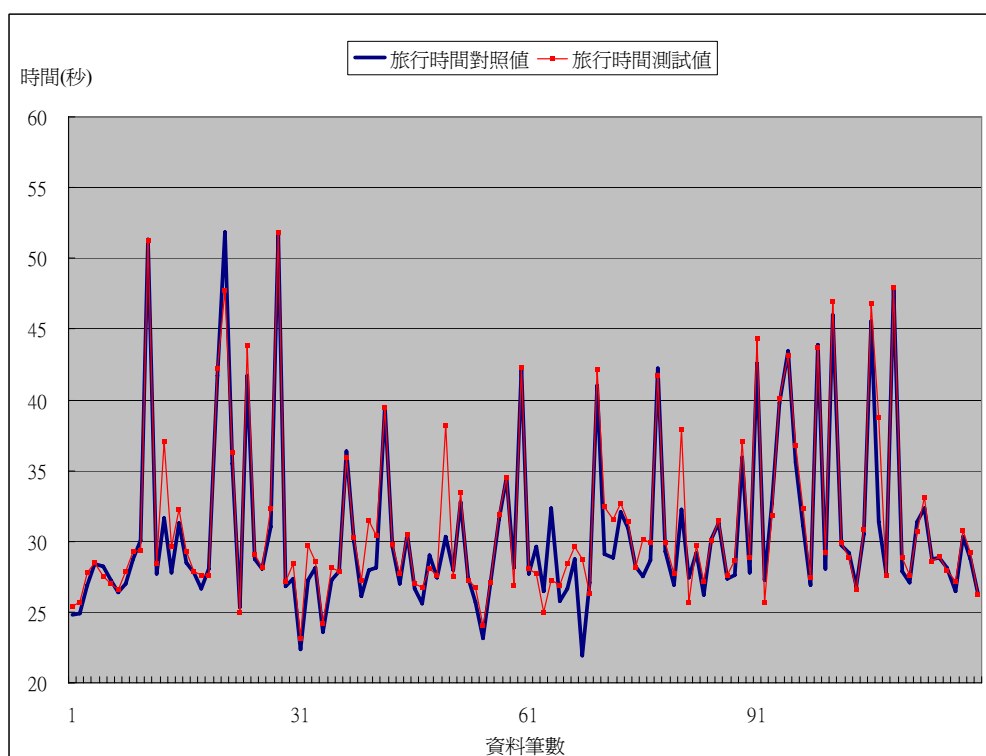
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	35.81	35.63
	平均誤差率(%)	5.46%	—
	誤差率標準差	0.07	—
離峰	平均旅行時間(秒)	30.96	30.36
	平均誤差率(%)	3.43%	—
	誤差率標準差	0.02	—

資料來源：本研究整理。



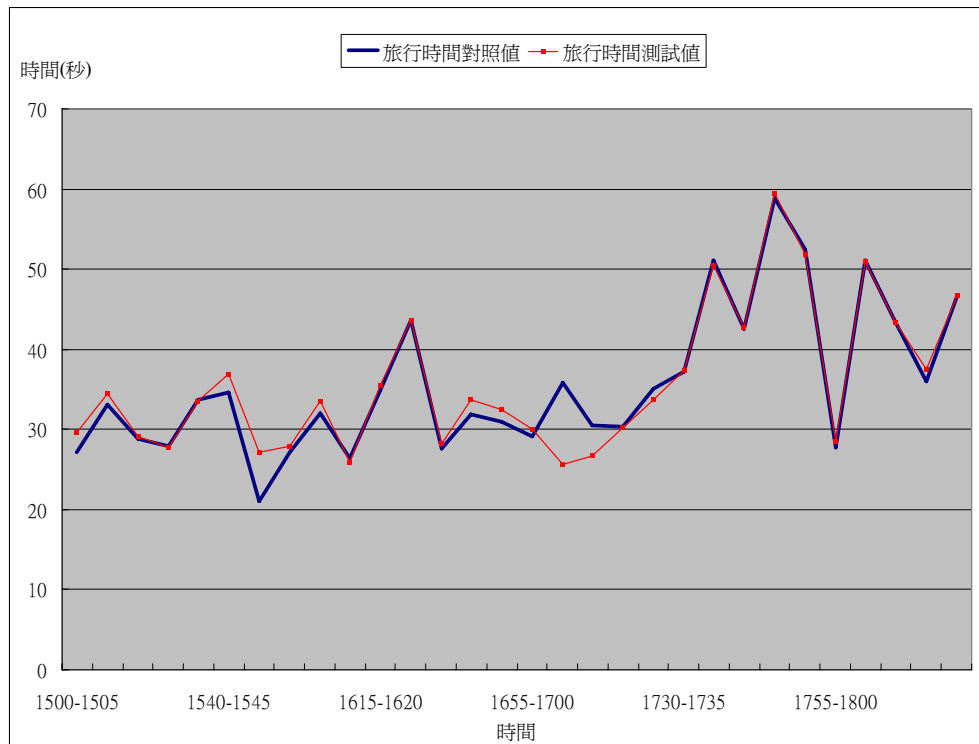
資料來源：本研究整理。

圖 5.16 陰天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



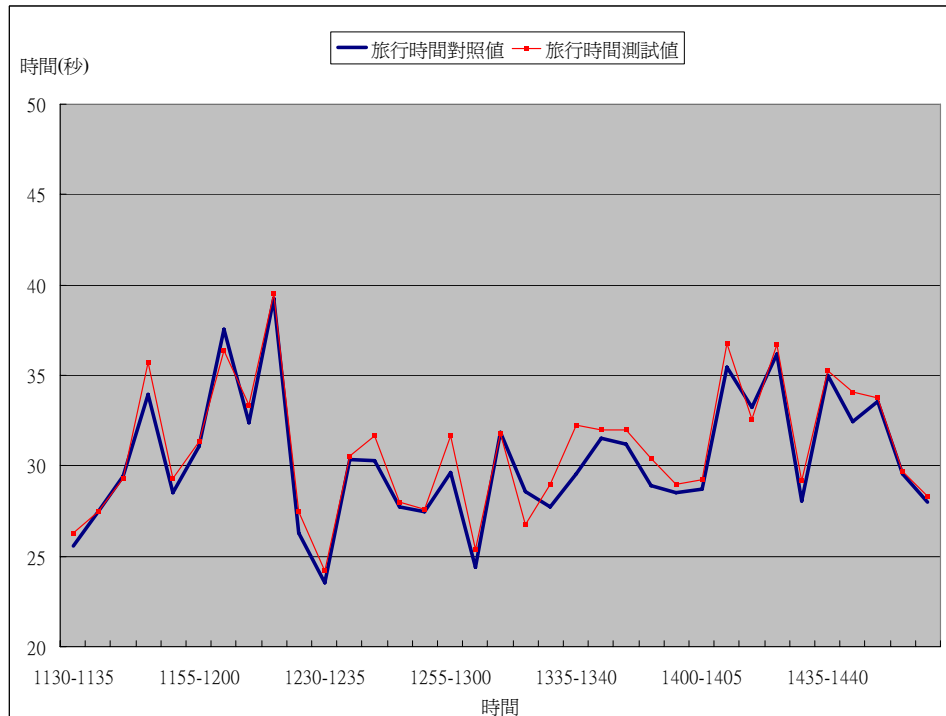
資料來源：本研究整理。

圖 5.17 陰天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.18 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.19 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖

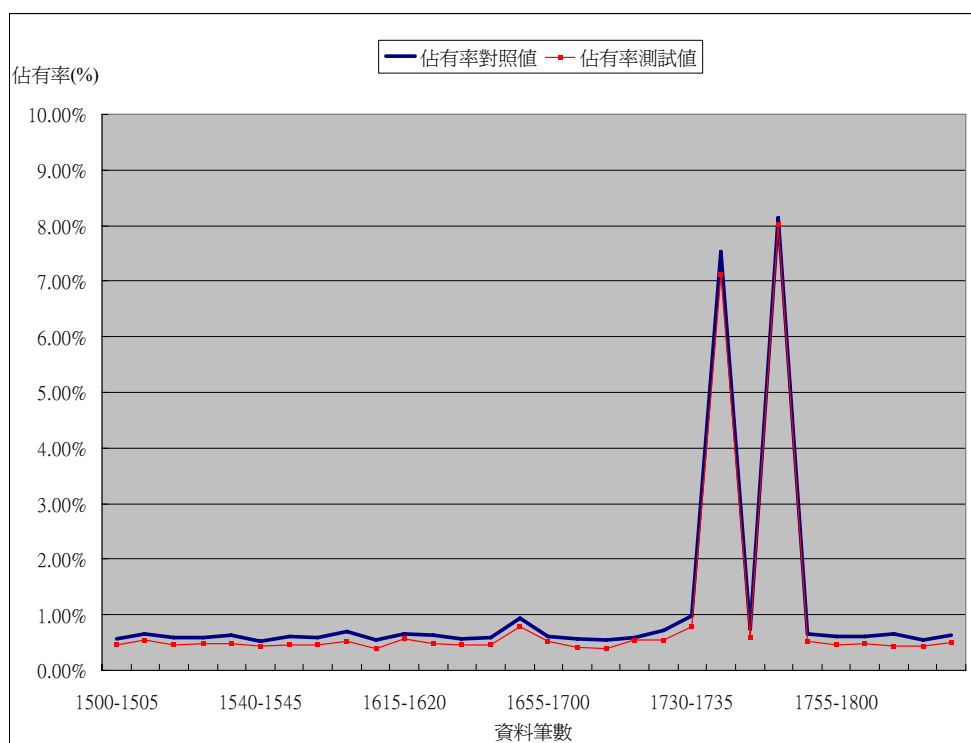
4.佔有率

以 Reader 3 之資料進行佔有率之比較分析，結果如表 5.18 所示；可發現偵測值皆低估，誤差率皆在 20%以上，尖峰時段較低(平均誤差率為 21.26%)，離峰時段較高(平均誤差率為 24.30%)。5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.20 所示，離峰時段分布如圖 5.21 所示。

表 5.10 陰天情境佔有率分析(5 分鐘平均)

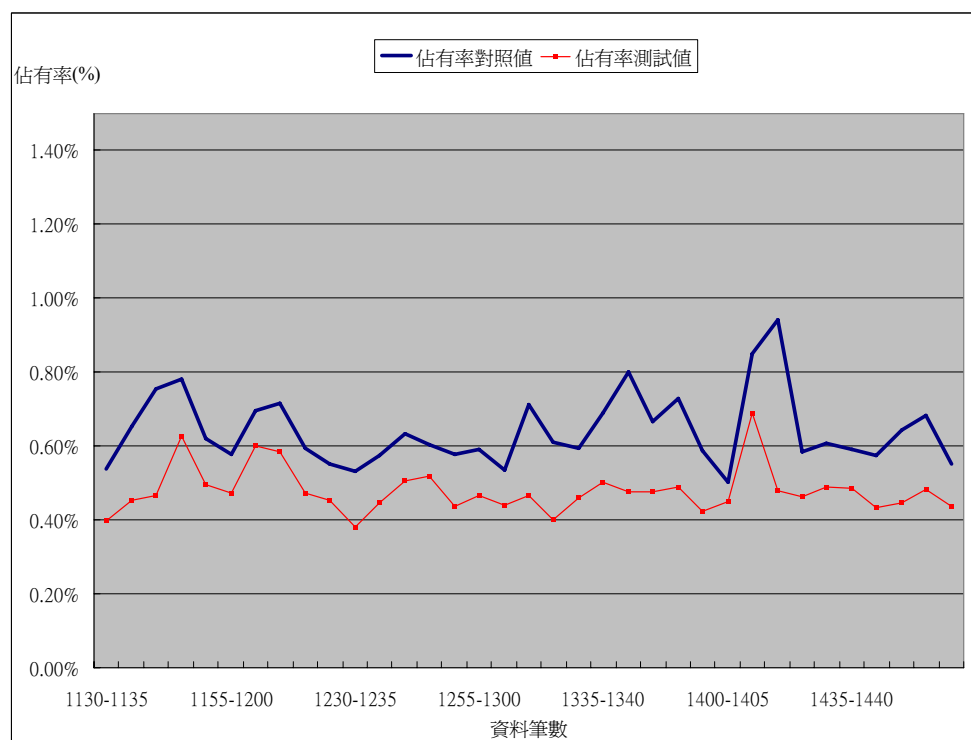
		測試值	對照值
尖峰	平均佔有率(%)	0.97%	1.12%
	平均誤差率(%)	21.26%	—
	誤差率標準差	0.04	—
離峰	平均佔有率(%)	0.48%	0.64%
	平均誤差率(%)	24.30%	—
	誤差率標準差	0.07	—

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究整理。

圖 5.20 陰天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.21 陰天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖

5.車輛停止偵測

停止偵測分為二部份；一為根據Reader 3 的偵測時間判斷，若停留在Reader 3 偵測區內超過 30 秒則視為停止車輛，一為計算車輛離開Reader 2 至進入Reader 3 之間(距離為 S_{dc})之時間差(T)，若T超過 S_{dc} 於 10 kph下之行駛時間，或車輛於該路段之行駛速率(V_{dc})小於 10 kph，即視為停止車輛。Reader 2 至Reader 3 的距離約為 65 公尺，以 10kph換算，行駛時間為 23.4 秒，故當離開Reader 2 至進入Reader 3 的時間超過 23.4 秒時，即視為停止車輛。

根據 Reader 3 之偵測資料，於尖峰時段偵測到 3 部停止車輛，對照值中也僅存在此 3 部停止車輛；另根據 Reader 2 與 Reader 3 之偵測資料，所有車輛離開 Reader 2 至進入 Reader 3 的行駛時間皆無超過 23.4 秒者，對照值中亦無。在此二種判斷停止車輛之偵測方式中，偵測準確率為 100%。相關分析結果請參考表 5.11。

表 5.11 陰天情境停止偵測分析

		測試值	對照值
尖峰	R3 停止偵測	3	3
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
離峰	R3 停止偵測	0	0
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—

註：R3 停止偵測：指停留 Reader 3 偵測區內超過 30 秒者；R2—R3 停止偵測：指離開 Reader 2 至進入 Reader 3 耗時超過 23.4 秒者。
資料來源：本研究整理。

5.2.2 第二次測試結果 (晴天情境)

第二次正式測試於 95 年 10 月 18 日進行，測試時間為 11:30 至 18:30，包括尖峰時段 3.5 小時(11:30~15:00)與離峰時段 3.5 小時(15:00~18:30)，可用資料共 241 筆，其各項交通參數分析結果如下。

1.流量與車種分類

在 241 筆可用資料中，每一筆皆有 Reader 所偵測的值，偵測率為 100%，而每一筆 Reader 偵測到車輛的相對應車牌號碼，也與對照值相符，故在車種分類上，其準確度亦為 100%。流量分析結果請參照表 5.12。

表 5.12 晴天情境流量分析(5 分鐘平均)

		R1	R2	R3	對照值
尖峰	平均流量(輛)	3.91	3.91	3.91	3.91
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%
離峰	平均流量(輛)	3.11	3.11	3.11	3.11
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%

資料來源：本研究整理。

2.平均速度(點速度)

以 Reader 2 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.13、5.14 所示；就每筆資料而言，尖離峰時皆以雙 Tag 所測得的速度最佳，誤差率分別為尖峰時段 6.95%，離峰時段 6.27%，單 Tag 的偵測誤差率在離峰時較大，但雙 Tag 的偵測誤差在離峰時較小。就 5 分鐘平均資料而言，尖離峰時皆以雙 Tag 所測得的速度最佳，誤差率分別為尖峰時段 6.49%，離峰時段 7.05%，而車頭單 Tag、車尾單 Tag 及雙 Tag 於尖離峰時偵測誤差率表現與每筆資料之誤差率表現相仿。就每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.22 所示，離峰時段分布如圖 5.23 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.24 所示，離峰時段分布如圖 5.25 所示。

表 5.13 晴天情境平均速度分析(每輛車平均)

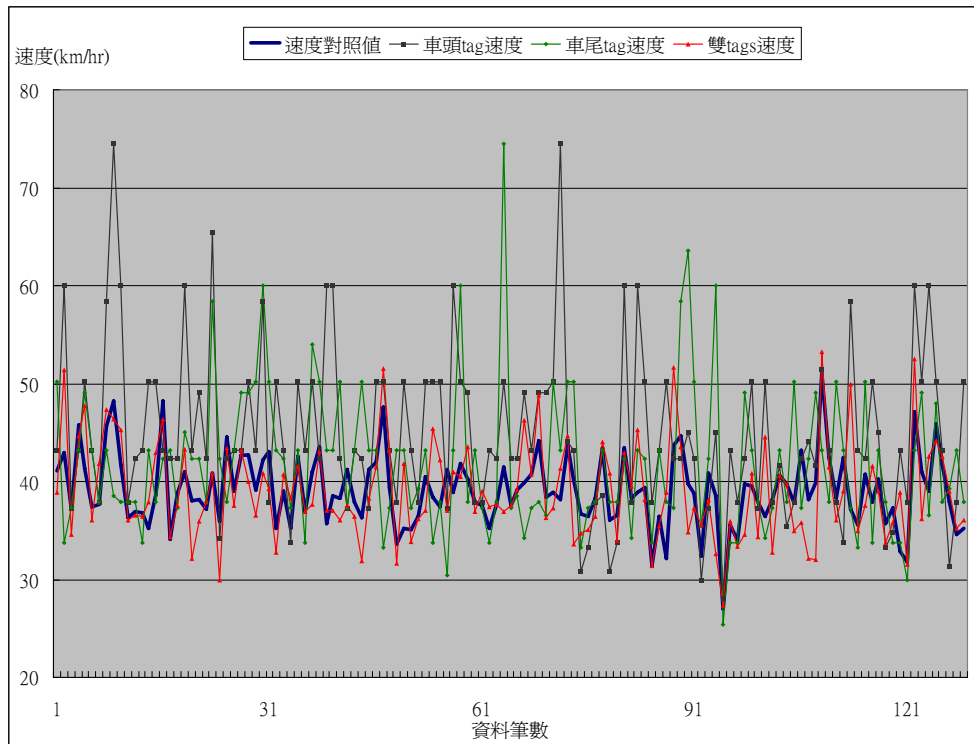
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	44.98	41.89	39.06	39.14
	平均誤差率(%)	18.67%	13.65%	6.95%	—
	誤差率標準差	0.17	0.12	0.06	—
離峰	平均速度(km/hr)	48.24	44.31	39.28	38.50
	平均誤差率(%)	26.02%	18.49%	6.27%	—
	誤差率標準差	0.18	0.15	0.05	—

資料來源：本研究整理。

表 5.14 晴天情境平均速度分析(5 分鐘平均)

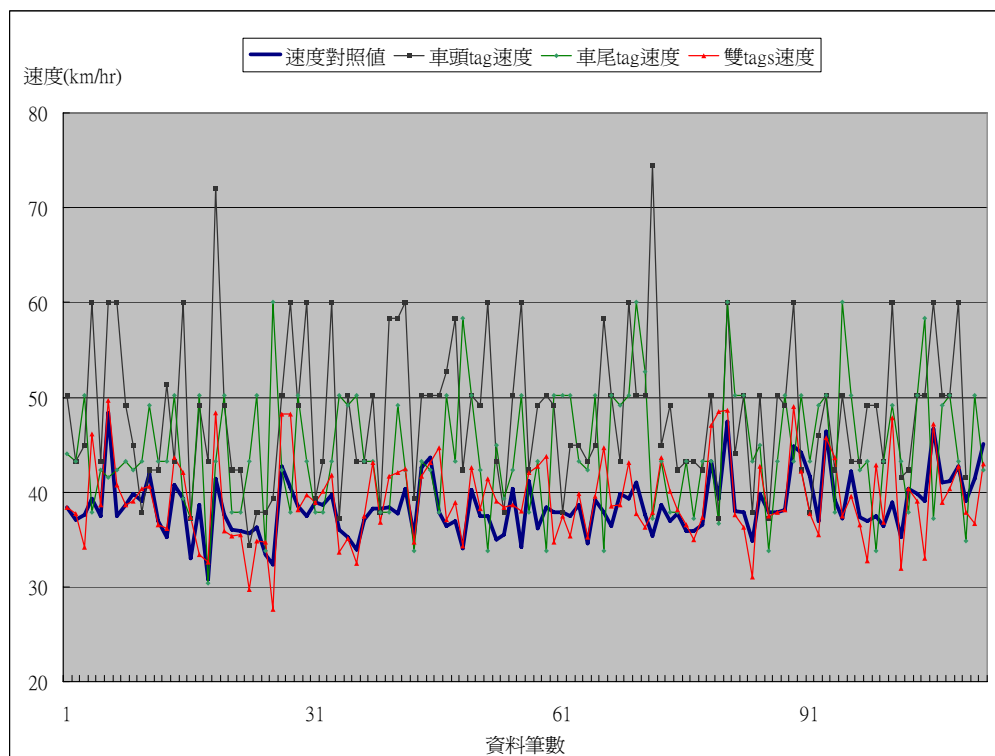
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	45.26	42.39	39.21	39.40
	誤差率(%)	19.09%	14.55%	6.49%	—
	誤差率標準差	0.09	0.08	0.02	—
離峰	平均速度(km/hr)	48.11	43.96	39.39	38.48
	誤差率(%)	25.86%	17.78%	7.05%	—
	誤差率標準差	0.11	0.09	0.04	—

資料來源：本研究整理。



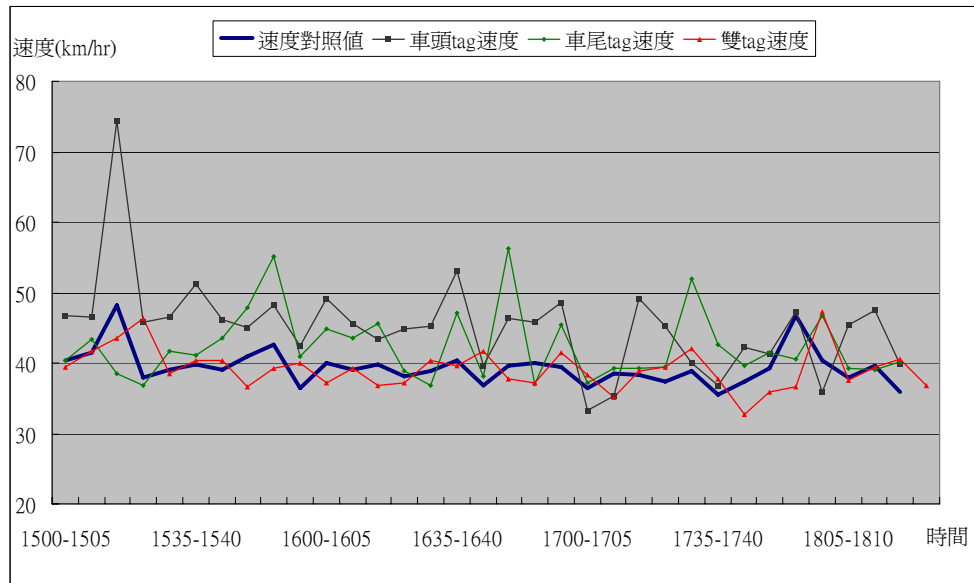
資料來源：本研究整理。

圖 5.22 晴天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖



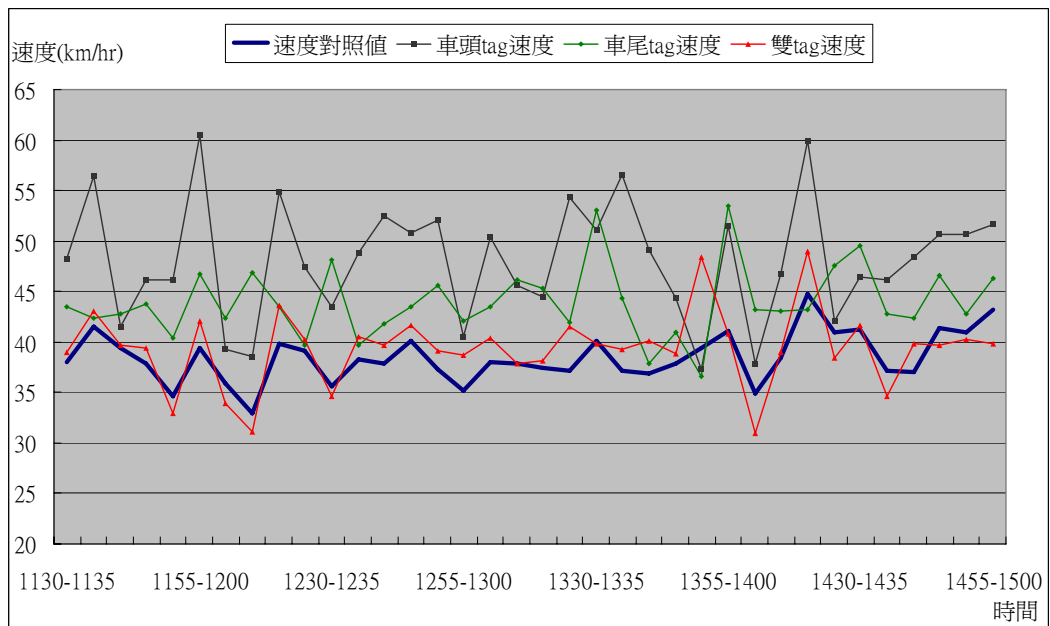
資料來源：本研究整理。

圖 5.23 晴天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.24 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.25 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖

3.旅行時間

以 Reader 1 及 Reader 3 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.15、5.16 所示；以每筆資料以及 5 分鐘平均資料來看，其表現相近，尖離峰的偵測誤差率皆在 4%上下，離峰偵測誤差略低於尖峰偵測誤差。每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.26 所示，離峰時段分布如圖 5.27 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.28 所示，離峰時段分布如圖 5.29 所示。

表 5.15 晴天情境旅行時間分析(每輛車平均)

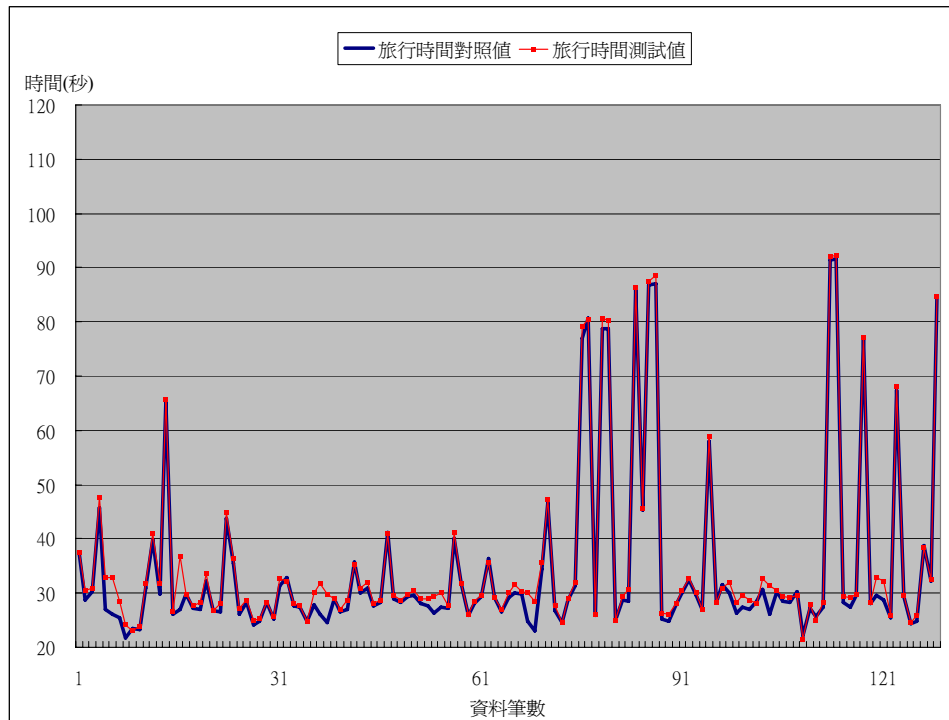
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	35.66	34.58
	平均誤差率(%)	4.08%	—
	誤差率標準差	0.05	—
離峰	平均旅行時間(秒)	31.15	30.16
	平均誤差率(%)	3.89%	—
	誤差率標準差	0.06	—

資料來源：本研究整理。

表 5.16 晴天情境旅行時間分析(5 分鐘平均)

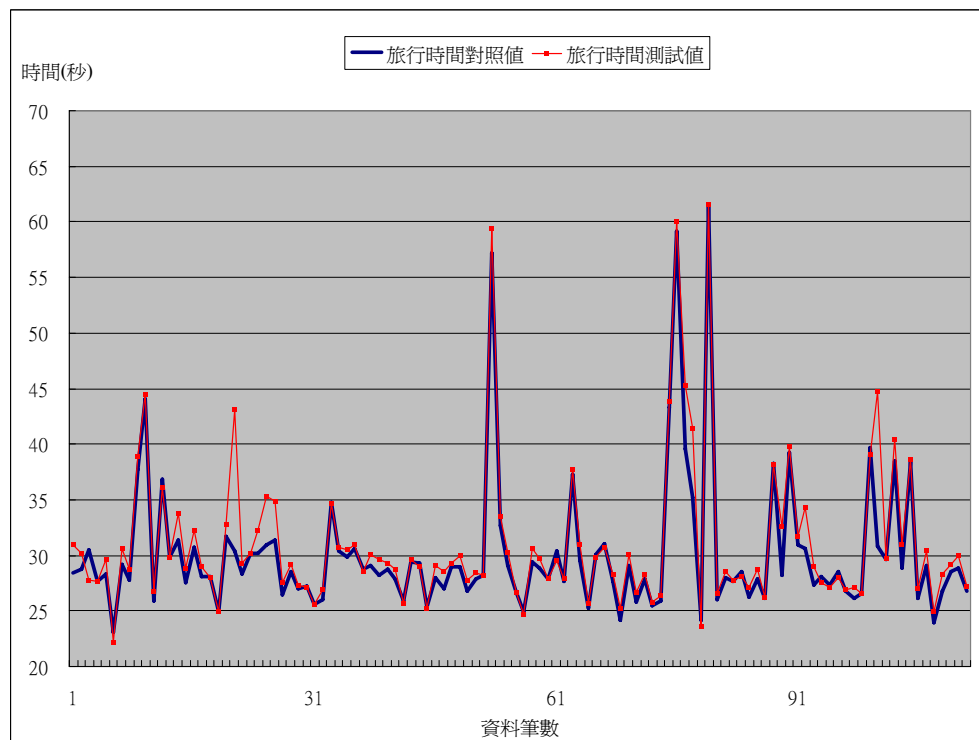
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	36.12	35.18
	平均誤差率(%)	3.55%	—
	誤差率標準差	0.03	—
離峰	平均旅行時間(秒)	31.68	30.70
	平均誤差率(%)	3.81%	—
	誤差率標準差	0.03	—

資料來源：本研究整理。



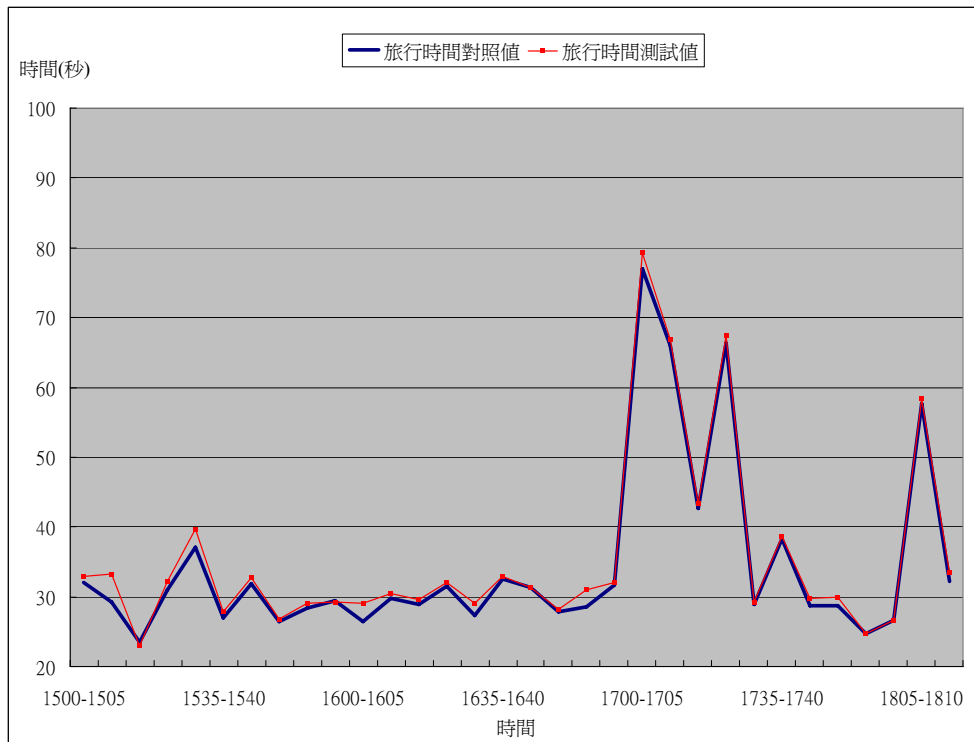
資料來源：本研究整理。

圖 5.26 晴天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



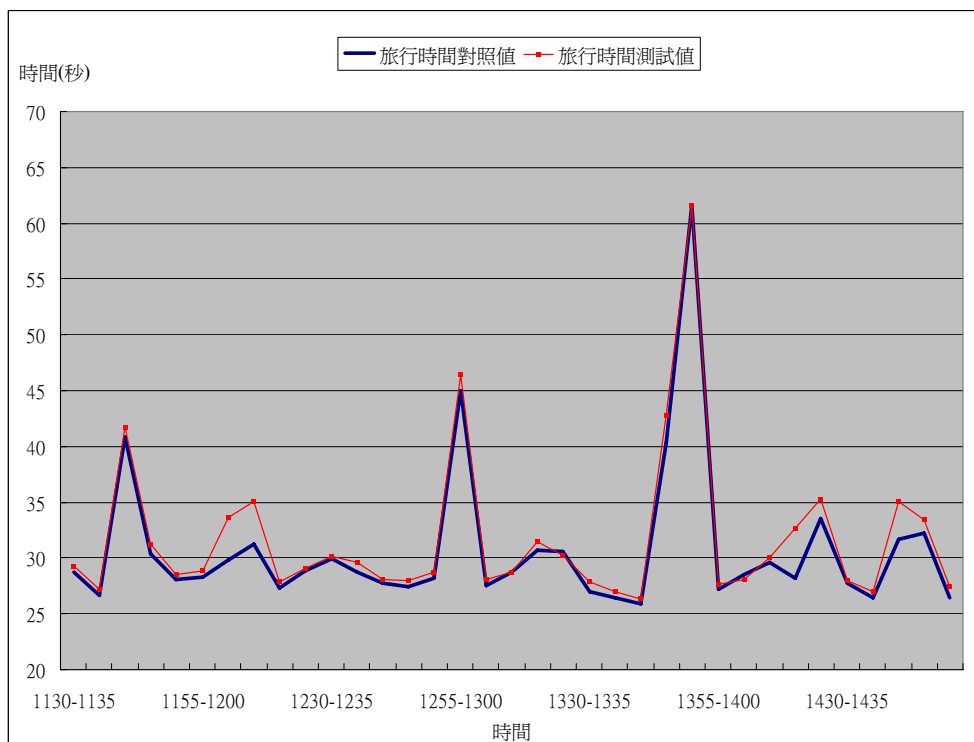
資料來源：本研究整理。

圖 5.27 晴天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.28 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.29 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖

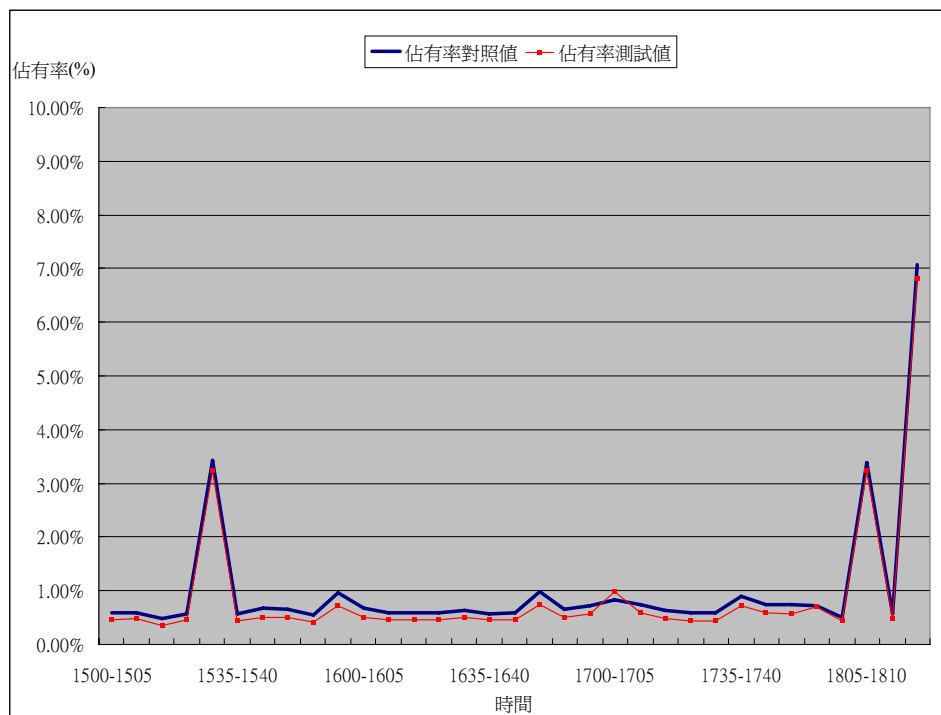
4.佔有率

以 Reader 3 之資料進行佔有率之比較分析，結果如表 5.17 所示；可發現尖離峰時偵測值皆低估，偵測誤差率都在 20%以上(尖離峰時段誤差率各為 21.27%、27.68%)。5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.30 所示，離峰時段分布如圖 5.31 所示。

表 5.17 晴天情境佔有率分析(5 分鐘平均)

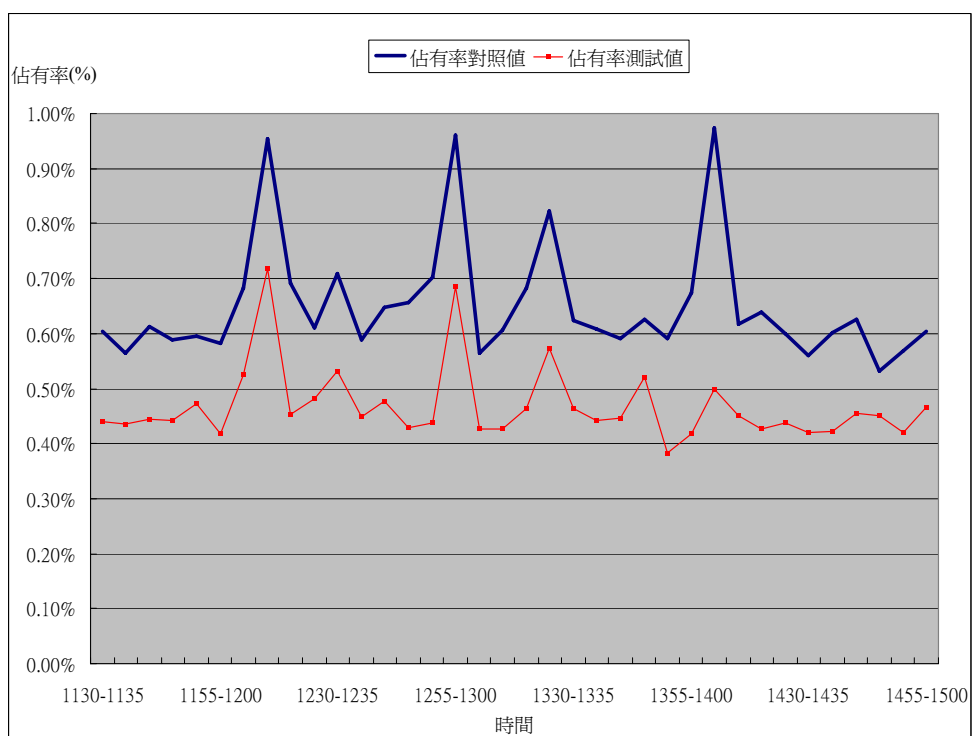
		測試值	對照值
尖峰	平均佔有率(%)	0.88%	1.02%
	平均誤差率(%)	21.27%	—
	誤差率標準差	0.04	—
離峰	平均佔有率(%)	0.47%	0.65%
	平均誤差率(%)	27.68%	—
	誤差率標準差	0.05	—

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究整理。

圖 5.30 晴天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.31 晴天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖

5.車輛停止偵測

根據 Reader 3 之偵測資料，於尖峰時段偵測到 3 部停止車輛，對照值中也僅存在此 3 部停止車輛；另根據 Reader 2 與 Reader 3 之偵測資料，所有車輛離開 Reader 2 至進入 Reader 3 的行駛時間皆無超過 23.4 秒者，對照值中亦無。在此二種判斷停止車輛之偵測方式中，偵測準確率為 100%。相關分析結果請參考表 5.18。

表 5.18 晴天情境停止偵測分析

		測試值	對照值
尖峰	R3 停止偵測	3	3
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
離峰	R3 停止偵測	0	0
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—

資料來源：本研究整理。

註：R3 停止偵測：指停留 Reader 3 偵測區內超過 30 秒者。

註：R2—R3 停止偵測：指離開 Reader 2 至進入 Reader 3 耗時超過 23.4 秒者。

5.2.3 第三次測試結果 (雨天情境)

為配合雨天情境，第三次正式測試分成二個階段進行，第一次於 95 年 10 月 31 日進行雨天離峰資料的蒐集，測試時間為 12:30 至 14:30，包括離峰時段 2 小時，第二次於 95 年 11 月 2 日進行雨天尖峰資料的蒐集，測試時間為 15:30 至 19:00，包括尖峰時段 3.5 小時，可用資料共 157 筆，其各項交通參數分析結果如下。

1.流量與車種分類

在 157 筆可用資料中，每一筆皆有 Reader 所偵測的值，偵測率為 100%，而每一筆 Reader 偵測到車輛的相對應車牌號碼，也與對照值相符，故在車種分類上，其準確度亦為 100%。流量分析結果請參照表 5.19。

表 5.19 雨天情境流量分析(5 分鐘平均)

		R1	R2	R3	對照值
尖峰	平均流量(輛)	3.68	3.68	3.68	3.68
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%
離峰	平均流量(輛)	2.39	2.39	2.39	2.39
	樣本數不一致比例(%)	0%	0%	0%	0%
	誤差率(%)	0%	0%	0%	0%

資料來源：本研究整理。

2. 平均速度(點速度)

以 Reader 2 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.20、5.21 所示；就每筆資料而言，尖離峰時皆以雙 Tag 所測得的速度最佳，誤差率分別為 8.25%及 6.18%。5 分鐘平均資料的誤差率分布則大致相同，尖峰時雙 Tag 偵測誤差率為 8.43%，離峰偵測誤差率為 6.56%，均較單 Tag 偵測誤差率為低。每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.32 所示，離峰時段分布如圖 5.33 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.34 所示，離峰時段分布如圖 5.35 所示。

表 5.20 雨天情境平均速度分析(每輛車平均)

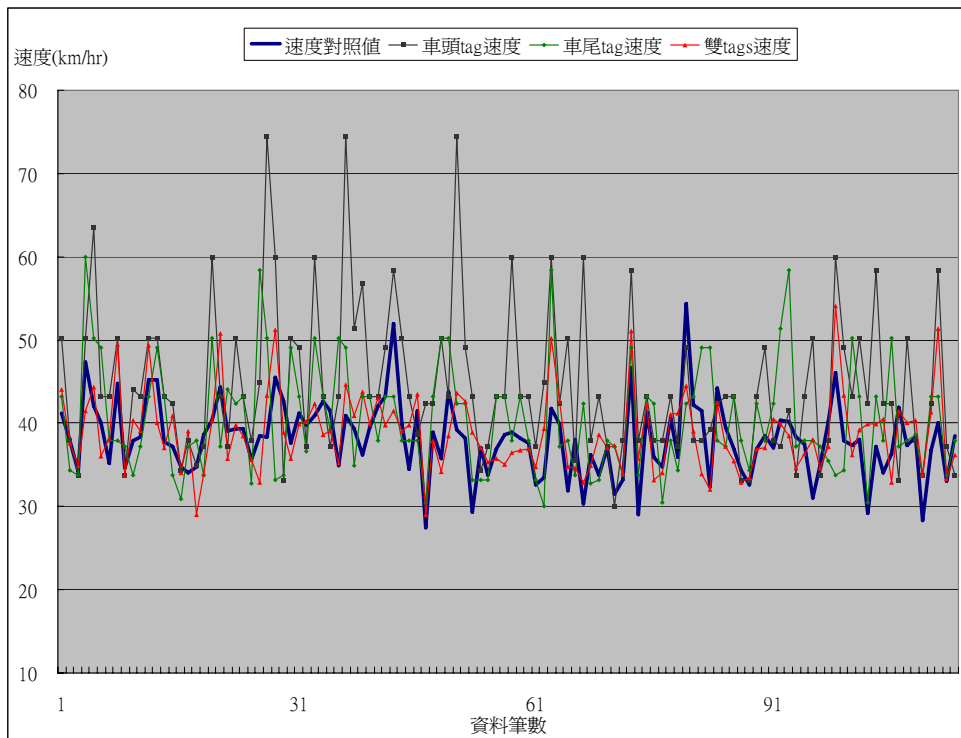
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	44.56	40.46	38.89	38.18
	平均誤差率(%)	20.55%	13.60%	8.25%	—
	誤差率標準差	0.19	0.10	0.06	—
離峰	平均速度(km/hr)	44.34	40.08	39.45	40.23
	平均誤差率(%)	16.10%	10.43%	6.18%	—
	誤差率標準差	0.18	0.08	0.04	—

資料來源：本研究整理。

表 5.21 雨天情境平均速度分析(5 分鐘平均)

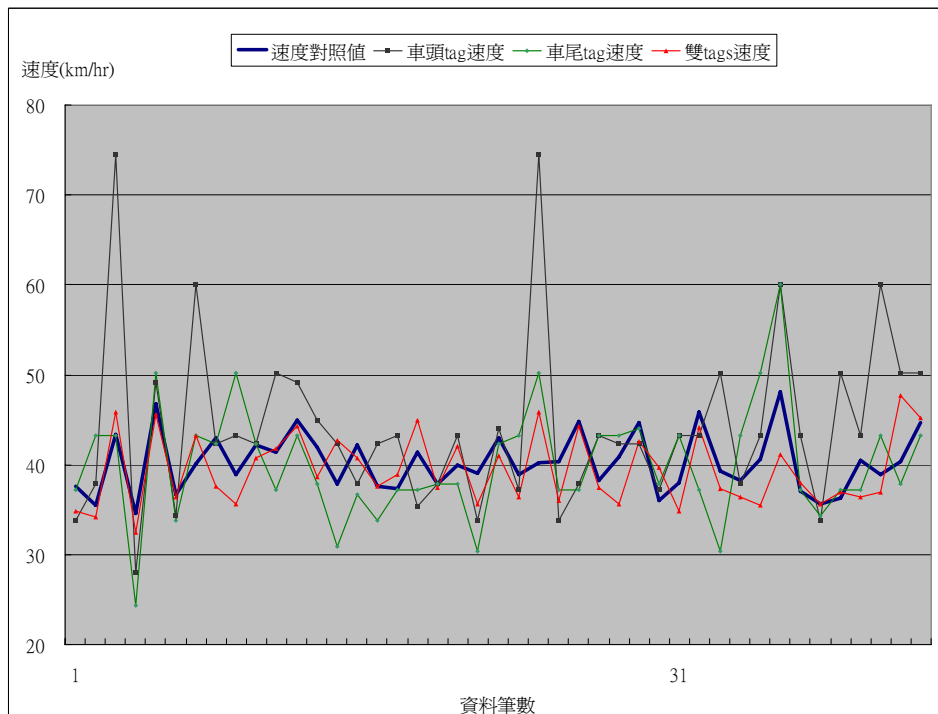
		車頭 Tag	車尾 Tag	雙 Tag	對照值
尖峰	平均速度(km/hr)	44.89	40.29	38.84	38.07
	平均誤差率(%)	21.06%	13.00%	8.43%	—
	誤差率標準差	0.16	0.05	0.04	—
離峰	平均速度(km/hr)	44.69	41.02	39.59	40.45
	平均誤差率(%)	15.92%	11.38%	6.56%	—
	誤差率標準差	0.11	0.07	0.03	—

資料來源：本研究整理。



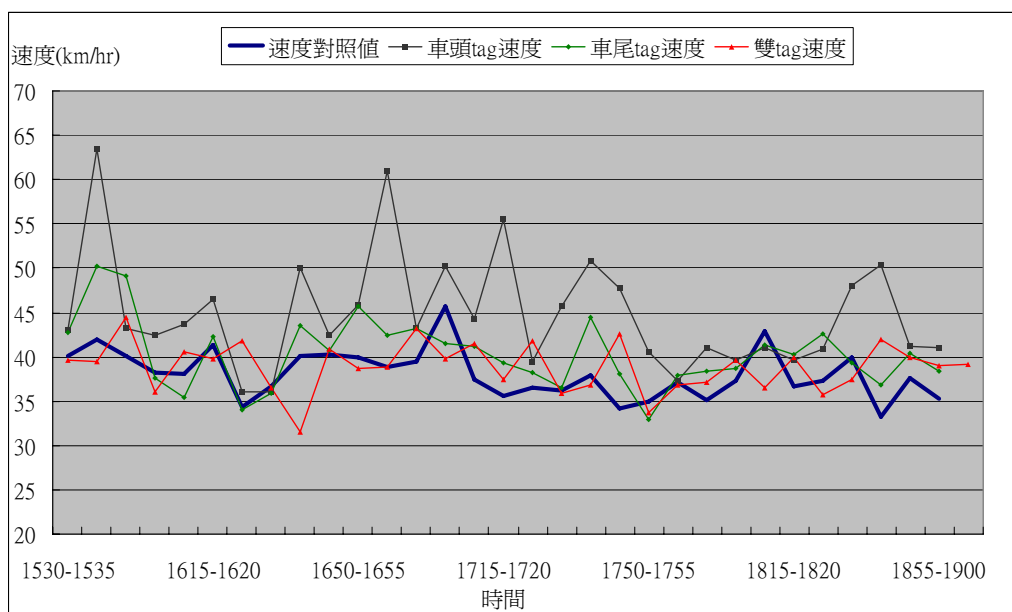
資料來源：本研究整理。

圖 5.32 雨天情境每筆資料平均尖峰時段速度分布圖



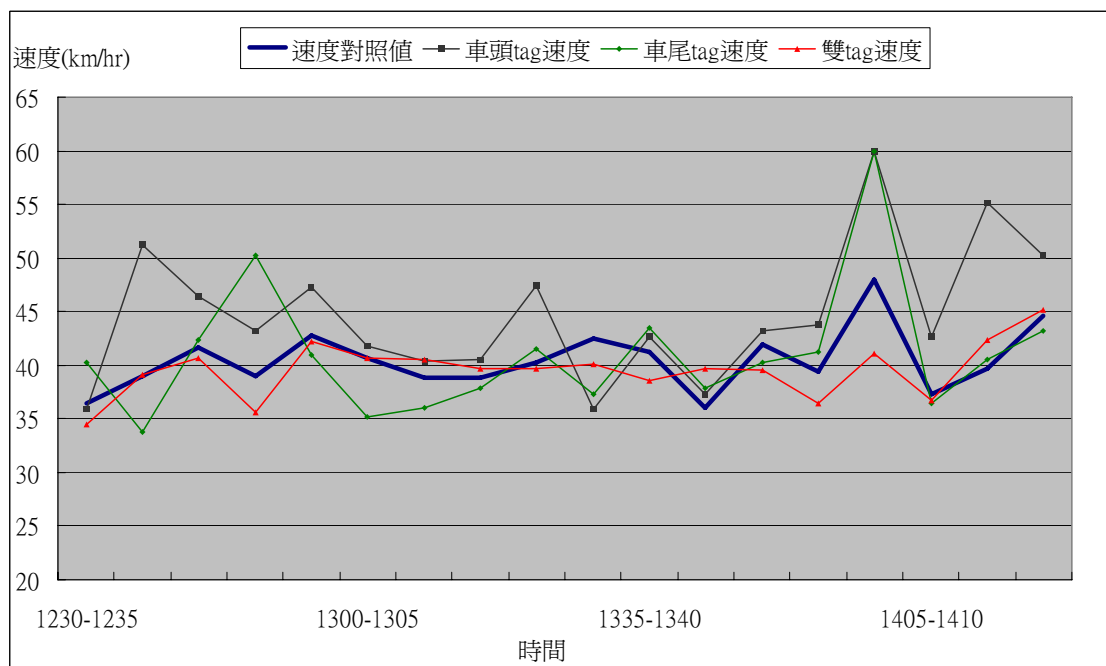
資料來源：本研究整理。

圖 5.33 雨天情境每筆資料平均離峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.34 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段速度分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.35 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段速度分布圖

3.旅行時間

以 Reader 1 及 Reader 3 之資料進行平均速度之比較分析，結果如表 5.22、5.23 所示；以每筆資料以及 5 分鐘平均資料來看，其表現相近，離峰時的偵測誤差率較低(分別是 5.30%與 4.74%)，而尖峰的誤差率較高(分別是 8.68%與 7.71%)。每筆資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.36 所示，離峰時段分布如圖 5.37 所示；5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.38 所示，離峰時段分布如圖 5.39 所示。

表 5.22 雨天情境旅行時間分析(每輛車平均)

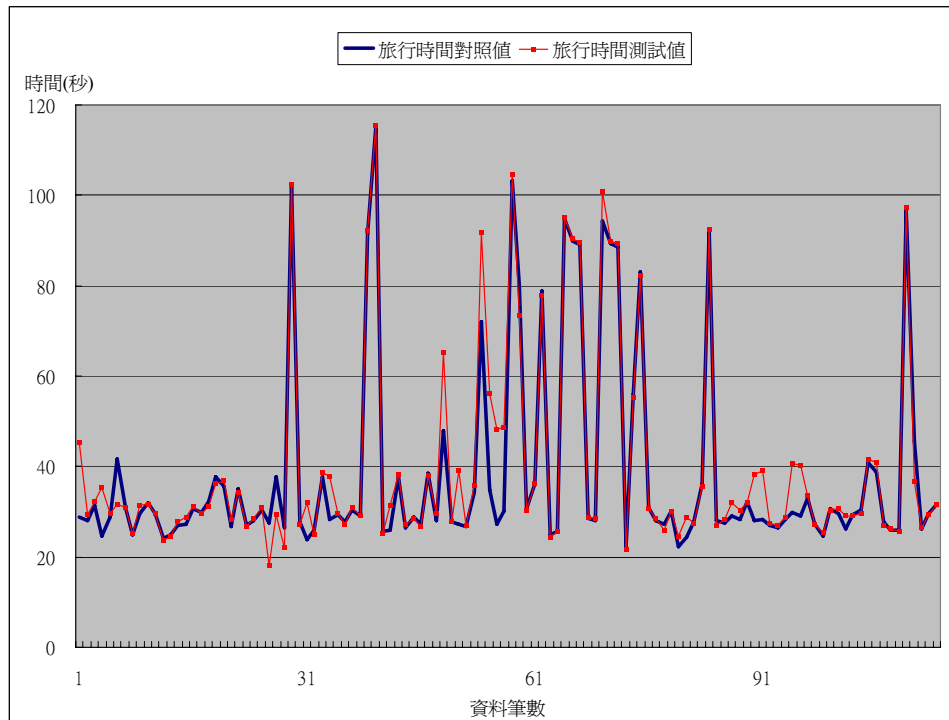
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	40.25	38.58
	誤差率(%)	8.68%	—
	誤差率標準差	0.15	—
離峰	平均旅行時間(秒)	31.13	29.74
	誤差率(%)	5.30%	—
	誤差率標準差	0.08	—

資料來源：本研究整理。

表 5.23 雨天情境旅行時間分析(5 分鐘平均)

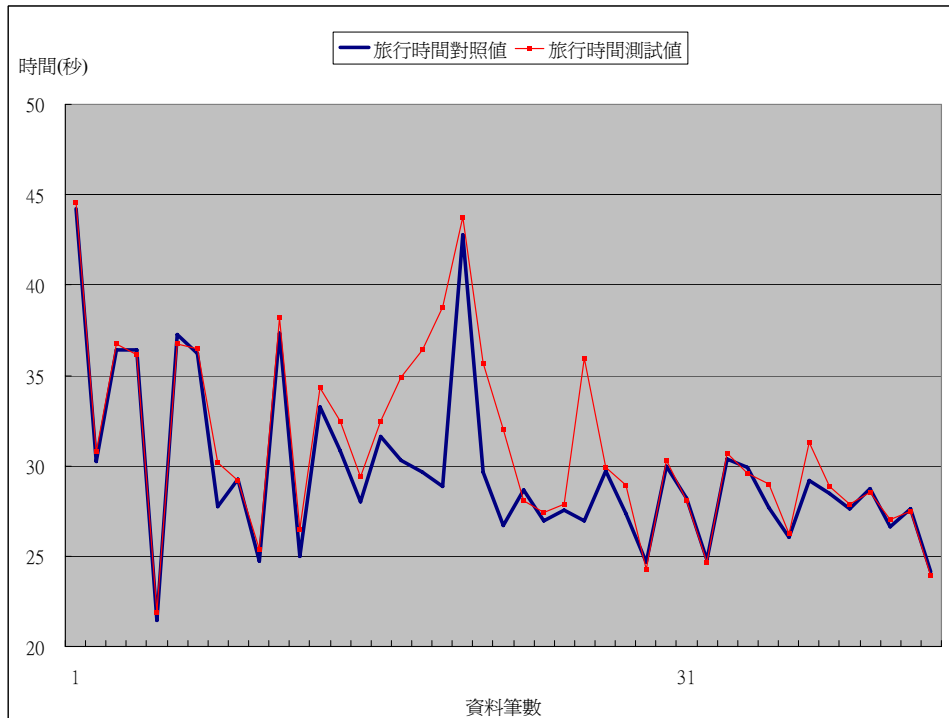
		測試值	對照值
尖峰	平均旅行時間(秒)	43.94	42.59
	誤差率(%)	7.71%	—
	誤差率標準差	0.11	—
離峰	平均旅行時間(秒)	30.88	29.64
	誤差率(%)	4.74%	—
	誤差率標準差	0.05	—

資料來源：本研究整理。



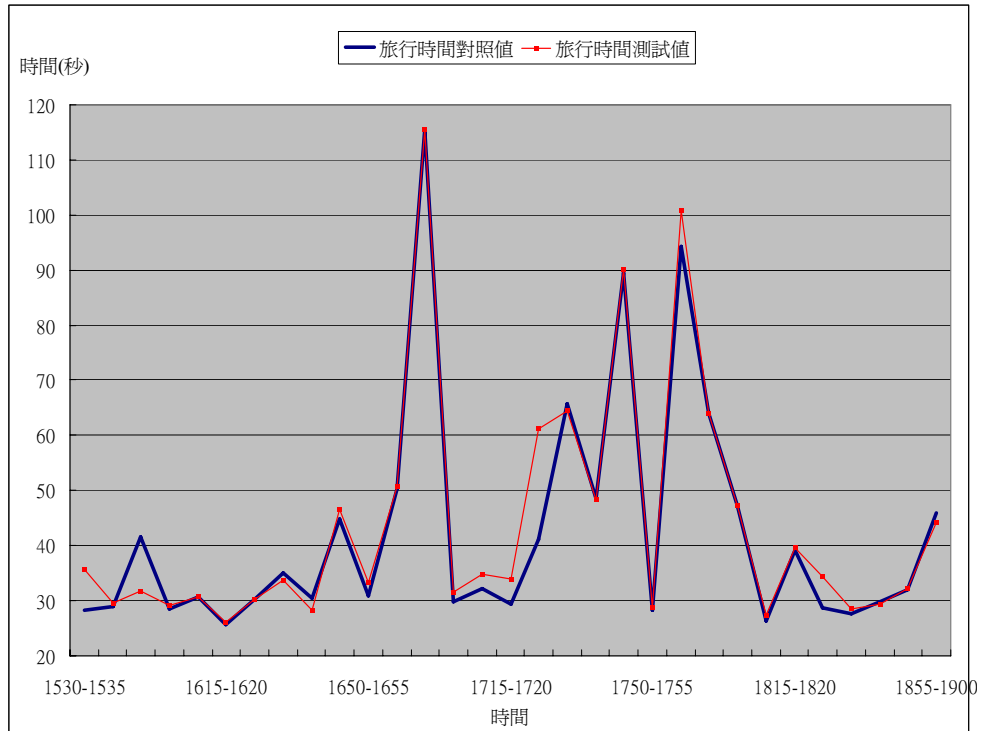
資料來源：本研究整理。

圖 5.36 雨天情境每筆資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



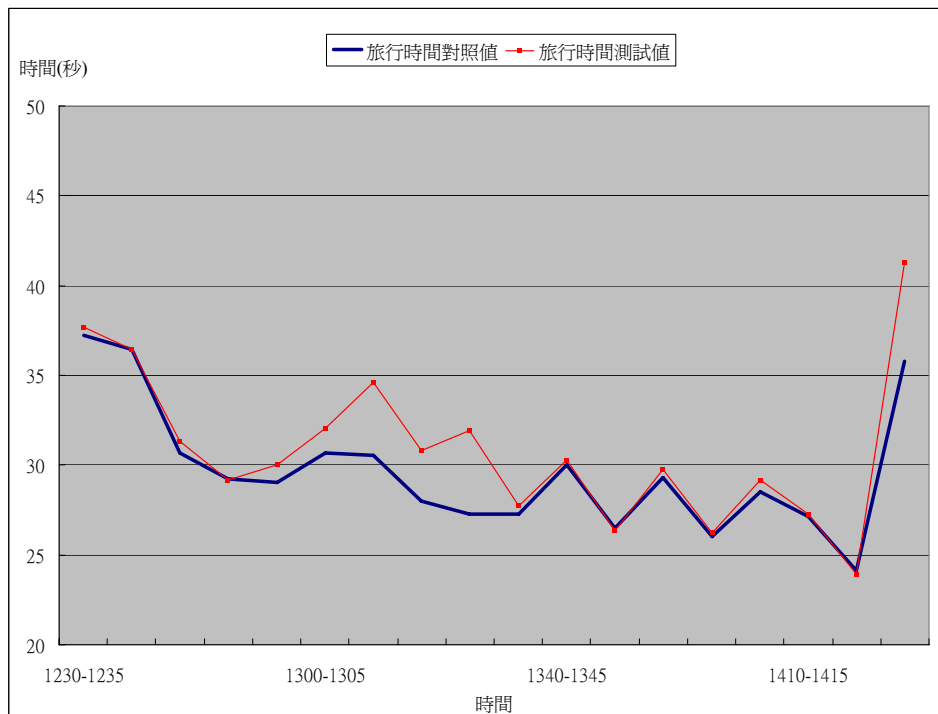
資料來源：本研究整理。

圖 5.37 雨天情境每筆資料平均離峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.38 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段旅行時間分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.39 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段旅行時間分布圖

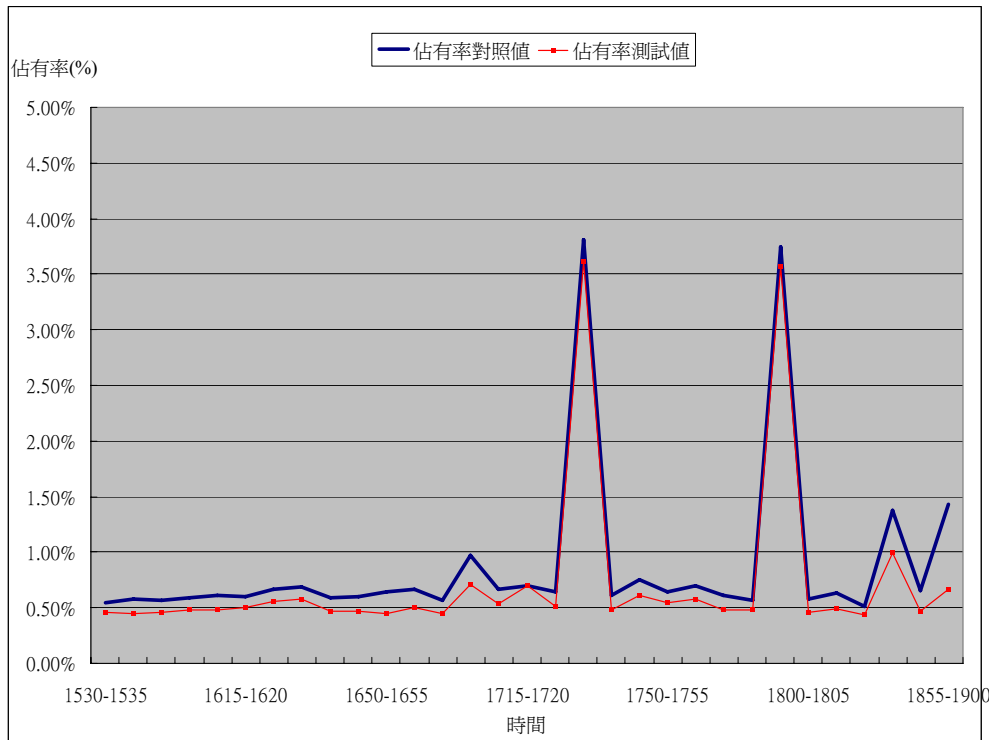
4.佔有率

以 Reader 3 之資料進行佔有率之比較分析，結果如表 5.24 所示；可發現偵測值皆普遍低估，5 分鐘資料平均之尖離峰時段誤差率各為 21.27%、20.30%。5 分鐘平均資料的偵測值與對照值在尖峰時段分布情況如圖 5.40 所示，離峰時段分布如圖 5.41 所示。

表 5.24 雨天情境佔有率分析(5 分鐘平均)

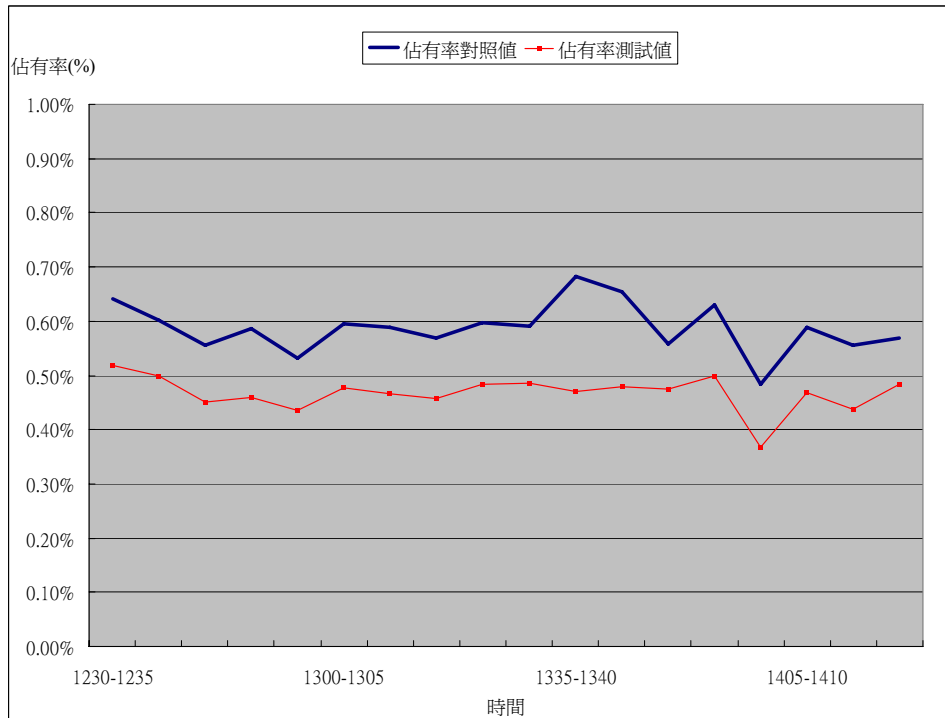
		測試值	對照值
尖峰	平均佔有率(%)	0.73%	0.89%
	平均誤差率(%)	21.27%	—
	誤差率標準差	0.05	—
離峰	平均佔有率(%)	0.47%	0.59%
	平均誤差率(%)	20.29%	—
	誤差率標準差	0.03	—

資料來源：本研究整理。



資料來源：本研究整理。

圖 5.40 雨天情境 5 分鐘資料平均尖峰時段佔有率分布圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.41 雨天情境 5 分鐘資料平均離峰時段佔有率分布圖

5.車輛停止偵測

根據 Reader 3 之偵測資料，於尖峰時段偵測到 2 部停止車輛，對照值中也僅存在此 2 部停止車輛；另根據 Reader 2 與 Reader 3 之偵測資料，所有車輛離開 Reader 2 至進入 Reader 3 的行駛時間皆無超過 23.4 秒者，對照值中亦無。在此二種判斷停止車輛之偵測方式中，偵測準確率為 100%。相關分析結果請參考表 5.25。

表 5.25 雨天情境停止偵測分析

		測試值	對照值
尖峰	R3 停止偵測	2	2
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
離峰	R3 停止偵測	0	0
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—

資料來源：本研究整理。

註：R3 停止偵測：指停留 Reader 3 偵測區內超過 30 秒者。

註：R2—R3 停止偵測：指離開 Reader 2 至進入 Reader 3 耗時超過 23.4 秒者。

5.2.4 綜合比較分析

以下針對不同的三種天候狀況及尖離峰兩種車流情況，進行各項交通參數的整理與比較分析。

1.流量與車種分類

整理晴天、陰天、雨天的流量與車種分類偵測結果如表 5.26，可知不論是那一種天候條件，不論是尖峰或是離峰，RFID 在流量與車種分類的偵測方面的準確率皆可達到 100%。

表 5.26 流量整合比較分析(5 分鐘平均)

		尖峰			離峰		
		平均流量 (輛)	樣本數不一 致比例(%)	誤差率 (%)	平均流量 (輛)	樣本數不一 致比例(%)	誤差率 (%)
晴天	R1	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	R2	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	R3	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	對照值	3.91	—	—	3.11	—	—
陰天	R1	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	R2	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	R3	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	對照值	3.70	—	—	3.43	—	—
雨天	R1	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	R2	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	R3	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	對照值	3.68	—	—	2.39	—	—

資料來源：本研究整理。

2. 平均速度(點速度)

整理晴天、陰天、雨天的平均速度偵測結果如表 5.27 與表 5.28，在偵測誤差率方面，以雙 Tag 所偵測得到的速度值誤差率明顯較單 Tag 之誤差率為低，多在 6%至 8%之間，而單 Tag 之速度偵測值均為高估，且車頭單 Tag 所偵測到的速度值均較車尾單 Tag 之偵測值為高。以尖離峰時刻分別觀察，RFID 的偵測表現並無明顯差異。而以晴、陰、雨等天候情境分別評估其偵測誤差率表現，亦無明顯傾向。

表 5.27 平均速度整合比較分析(每輛車平均)

		尖峰			離峰		
		平均速度 (km/hr)	平均誤差 率(%)	誤差率 標準差	平均速度 (km/hr)	平均誤差 率(%)	誤差率 標準差
晴天	車頭單 Tag	44.98	18.67%	0.17	48.24	26.02%	0.18
	車尾單 Tag	41.89	13.65%	0.12	44.31	18.49%	0.15
	雙 Tag	39.06	6.95%	0.06	39.28	6.27%	0.05
	對照值	39.14	—	—	38.5	—	—
陰天	車頭單 Tag	43.57	19.25%	0.20	43.84	17.07%	0.17
	車尾單 Tag	40.26	12.04%	0.11	41.84	13.97%	0.12
	雙 Tag	38.44	7.17%	0.05	38.92	7.04%	0.06
	對照值	38.45	—	—	38.6	—	—
雨天	車頭單 Tag	44.56	20.55%	0.19	44.34	16.10%	0.18
	車尾單 Tag	40.46	13.60%	0.10	40.08	10.43%	0.08
	雙 Tag	38.89	8.25%	0.06	39.45	6.18%	0.04
	對照值	38.18	—	—	40.23	—	—

資料來源：本研究整理。

表 5.28 平均速度整合比較分析(5 分鐘平均)

		尖峰			離峰		
		平均速度 (km/hr)	平均誤差 率(%)	誤差率 標準差	平均速度 (km/hr)	平均誤差 率(%)	誤差率 標準差
晴天	車頭單 Tag	45.26	19.09%	0.09	48.11	25.86%	0.11
	車尾單 Tag	42.39	14.55%	0.08	43.96	17.78%	0.09
	雙 Tag	39.21	6.49%	0.02	39.39	7.05%	0.04
	對照值	39.4	—	—	38.48	—	—
陰天	車頭單 Tag	44.07	19.37%	0.11	43.28	15.46%	0.07
	車尾單 Tag	40.73	11.59%	0.06	41.83	13.62%	0.07
	雙 Tag	38.88	7.34%	0.03	38.98	7.08%	0.03
	對照值	38.79	—	—	38.82	—	—
雨天	車頭單 Tag	44.89	21.06%	0.16	44.69	15.92%	0.11
	車尾單 Tag	40.29	13.00%	0.05	41.02	11.38%	0.07
	雙 Tag	38.84	8.43%	0.04	39.59	6.56%	0.03
	對照值	38.07	—	—	40.45	—	—

資料來源：本研究整理。

3.旅行時間

整理晴天、陰天、雨天的旅行時間偵測結果如表 5.29 與表 5.30，以每輛車平均資料觀之，偵測值均高於對照值，整體偵測值誤差率的表現均在 9%以下，而晴天、陰天情境時的偵測誤差率更在 5.5%以下，顯示在旅行時間的偵測上，以晴天時的表現最佳(尖離峰誤差率分別為 4.08%、3.89%)，陰天情境次之(尖離峰誤差率分別為 4.99%、3.64%)，雨天時偵測表現較差(尖離峰誤差率分別為 8.68%、5.30%)，尖離峰偵測誤差率的差異於晴天時最小，陰天次之，雨天時差距最大。另以尖離峰時段的區隔觀之，離峰時段的偵測誤差率均低於尖峰時段。

表 5.29 旅行時間整合比較分析(每輛車平均)

		尖峰			離峰		
		平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差	平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差
晴天	偵測值	35.66	4.08%	0.05	31.15	3.89%	0.06
	對照值	34.58	—	—	30.16	—	—
陰天	偵測值	36.84	4.99%	0.09	31.33	3.64%	0.05
	對照值	36.42	—	—	30.69	—	—
雨天	偵測值	40.25	8.68%	0.15	31.13	5.30%	0.08
	對照值	38.58	—	—	29.74	—	—

資料來源：本研究整理。

表 5.30 旅行時間整合比較分析(5 分鐘平均)

		尖峰			離峰		
		平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差	平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差
晴天	偵測值	36.12	3.55%	0.03	31.68	3.81%	0.03
	對照值	35.18	—	—	30.70	—	—
陰天	偵測值	35.81	5.46%	0.07	30.96	3.43%	0.02
	對照值	35.63	—	—	30.36	—	—
雨天	偵測值	43.94	7.71%	0.11	30.88	4.74%	0.05
	對照值	42.59	—	—	29.64	—	—

資料來源：本研究整理。

4.佔有率

整理晴天、陰天、雨天的佔有率偵測結果如表 5.31，可發現整體而言，RFID 在佔有率方面偵測誤差率皆落於 20%至 30%之間，且偵測值均對照值低估。尖峰時段的偵測誤差率相當接近，離峰時段之誤差率則以晴天時最高(27.68%)，陰天次之(24.30%)，雨天時最低(20.29%)，且尖離峰偵測誤差率亦於雨天情境時最為接近。

表 5.31 佔有率整合比較分析(5 分鐘平均)

		尖峰			離峰		
		平均佔有率(%)	平均誤差率(%)	誤差率標準差	平均佔有率(%)	平均誤差率(%)	誤差率標準差
晴天	偵測值	0.88%	21.27%	0.04	0.47%	27.68%	0.05
	對照值	1.02%	—	—	0.65%	—	—
陰天	偵測值	0.97%	21.26%	0.04	0.48%	24.30%	0.07
	對照值	1.12%	—	—	0.64%	—	—
雨天	偵測值	0.73%	21.27%	0.05	0.47%	20.29%	0.03
	對照值	0.89%	—	—	0.59%	—	—

資料來源：本研究整理。

5.車輛停止偵測

整理晴天、陰天、雨天的旅行時間偵測結果如表 5.32，顯示 RFID 於停止偵測方面表現良好，不論是點停止偵測(R3 停止偵測)或區間停止偵測(R2—R3 停止偵測)，均能確實掌握符合設定條件之停止車輛。

表 5.32 停止偵測整合比較分析

		晴天		陰天		雨天	
		測試值	對照值	測試值	對照值	測試值	對照值
尖峰	R3 停止偵測	3	3	3	3	2	2
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
離峰	R3 停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
	R2—R3 停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R2—R3 停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—

資料來源：本研究整理。

註：R3 停止偵測：指停留 Reader 3 偵測區內超過 30 秒者。

註：R2—R3 停止偵測：指離開 Reader 2 至進入 Reader 3 耗時超過 23.4 秒者。

5.3 小車補充測試

為了解小型車輛於 RFID 技術交通資訊蒐集之應用，於中華電信研究所內之測試車道，針對單 RFID 電子標籤與雙 RFID 讀取器應用於交通資訊蒐集進行整合測試，以做為小型車於 RFID 技術交通資訊蒐集實務應用分析之參考。

依據實務狀況之場景，RFID 讀取器 1 及讀取器 2 分別架設於路邊之鋼架處，如圖 5.42(1)所示，單一 RFID 電子標籤安裝於車側前方(靠近車頭處)，如圖 5.42(2)所示。測試時車輛以定速的方式行駛於測試車道，並依序通過 RFID 讀取器 1 及 RFID 讀取器 2，車輛通過的同時以測速槍量測車輛通過 RFID 讀取器的速度。本測試以小型車做為測試車輛，測試實景如圖 5.43 所示。

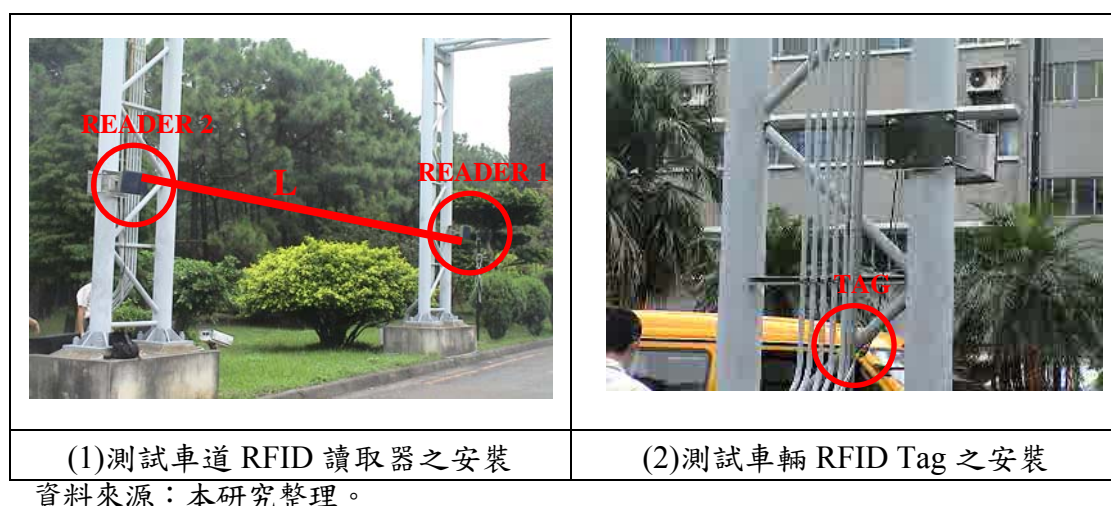


圖 5.42 單電子標籤測試 RFID 讀取器與測試車輛 RFID Tag 安裝圖



資料來源：本研究整理。

圖 5.43 小型車輛於 RFID 技術交通資訊蒐集之應用整合測試實景

小型車輛於 RFID 技術交通資訊集之應用的測試是以單 RFID 電子標籤與雙 RFID 讀取器架構進行，其方式為當車輛進入 RFID 讀取器 1 通訊區時，RFID 讀取器會與固定於車上的 RFID 電子標籤進行通訊，RFID 讀取器 1 會收到電子標籤的號碼，即所謂的 Tag ID，同時會產生時間 T1。同理當車輛進入 RFID 讀取器 2 通訊區時，RFID 讀取器 2 會收到電子標籤的號碼，同時會產生時間 T2。RFID 讀取器 1 與讀取器 2 兩點之間有固定的距離 L ，如圖 5.43 所示。車輛通過的車速 V 可經由 $L/(T2-T1)$ 產生。

在實際測試時，RFID 電子標籤固定於車輛之車頭，當車輛通過架設於路邊的 RFID 讀取器時，RFID 電子標籤會依照讀取器設定的時間不斷地與讀取器進行通訊，並將其號碼告知讀取器。RFID 讀取器收到 RFID 電子標籤的資料後，這些資料再經由 GPRS Modem 的過濾，只留下車輛進入通訊區時的資料，即 RFID 電子標籤與 RFID 讀取器通訊完成的第一筆資料。GPRS Modem 再將資料傳送給後端處理，以產生有用的交通資訊。

小型車輛於 RFID 技術交通資訊集之應用的測試結果如下所述：

1. 第一次測試：

(1) 測試說明：

測試日期：95.10.03，天氣晴

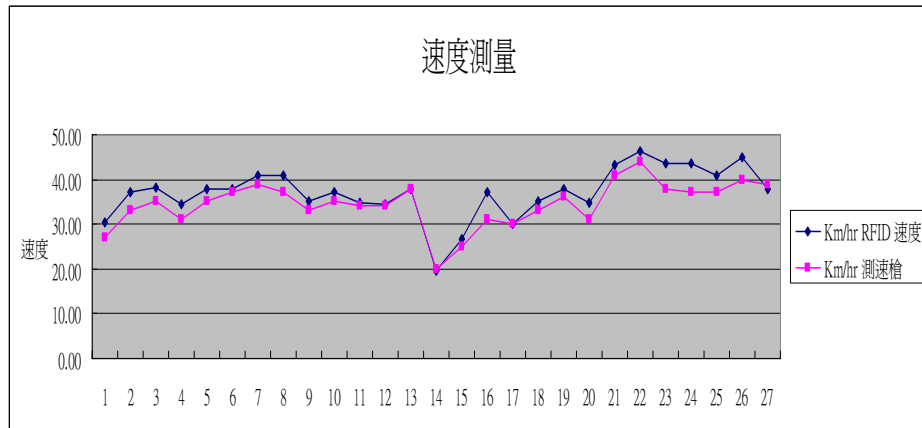
測試值：雙 Reader 與車頭 Tag 量測之速度

對照值：測速槍量測之速度

測試地點：TL 測試車道

(2) 測試結果：

圖 5.44 為本次測試結果，車輛通過的速度在 20-50 km/hr 之間。藍色(上方)曲線為 RFID 技術測量結果，紅色(下方)曲線為測速槍測量結果。兩者的曲線呈現一致的趨勢，但由 RFID 技術量測結果明顯較高。



資料來源：本研究整理。

圖 5.44 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(一)

2. 第二次測試：

(1) 測試說明：

測試日期：95.10.04，天氣晴

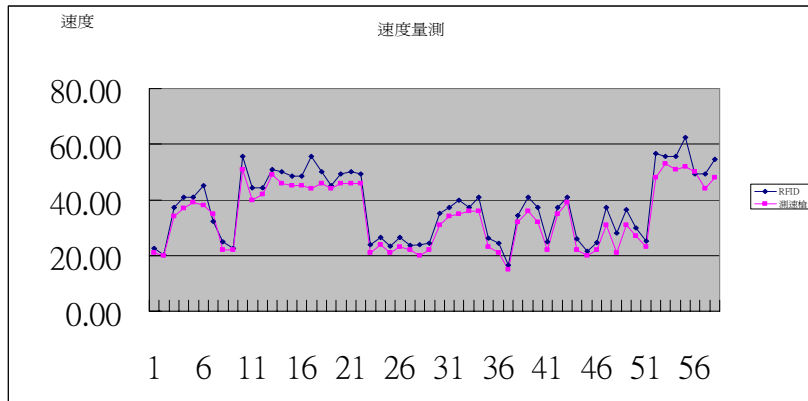
測試值：雙 Reader 與車頭 Tag 量測之速度

對照值：測速槍量測之速度

測試地點：TL 測試車道

(2) 測試結果：

圖 5.45 為本次測試結果，車輛通過的速度在 15-50 km/hr 之間。藍色曲線(上方)為 RFID 技術測量結果，紅色(下方)曲線為測速槍測量結果。兩者的曲線呈現一致的趨勢，但由 RFID 技術量測結果明顯較高。



資料來源：本研究整理。

圖 5.45 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(二)

3.第三次測試：

(1)測試說明：

測試日期：95.10.05，天氣陰

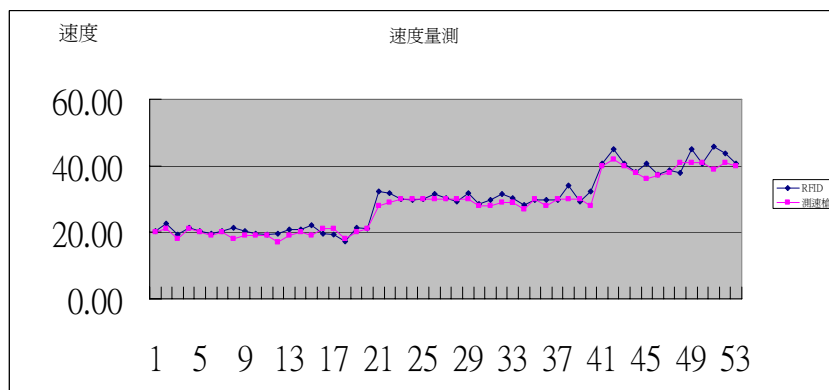
測試值：雙 Reader 與車頭 Tag 量測之速度

對照值：測速槍量測之速度

測試地點：TL 測試車道

(2)測試結果：

圖 5.46 為本次測試結果，車輛通過的速度在 15-50 km/hr 之間。藍色(上方)曲線為 RFID 技術測量結果，紅色(下方)曲線為測速槍測量結果。兩者的曲線呈現一致的趨勢，但由 RFID 技術量測結果略為偏高。



資料來源：本研究整理。

圖 5.46 單 RFID 電子標籤雙 RFID 讀取器的測試分析結果(三)

表 5.33 為單電子標籤與雙讀取器測試分析結果，藉由分析結果得知利用單 RFID 電子標籤與雙 RFID 讀取器測得的平均速度與測速槍測得之結果相當接近，其平均誤差率介於 5.8%-11.1%之間，而標準差介於 0.0496-0.0597 之間。

表 5.33 單 RFID 電子標籤與雙 RFID 讀取器測試結果分析

測試時間	95.10.03	95.10.04	95.10.05
天氣	晴	晴	陰
平均速度(km/hr)	37.5	37.7	29.3
平均誤差率	8.59%	11.10%	5.80%
標準差	0.0527	0.0597	0.0496
測速槍平均速度(km/hr)	34.7	34.2	28.1

資料來源：本研究整理。

5.4 可能誤差檢討

本次示範測試計畫的整個建置過程中，發現每個階段都存在一些可能誤差，對最後之資料分析結果存在些許影響，茲可能產生誤差及後續建議改善策略整理如下，並彙整成表 5.34，以供後續研究參考。

1.實驗室測試階段可能誤差

亦即設備參數所造成誤差，由於本計畫購置之 RFID 設備並非針對交通參數蒐集而設計，其設備本身參數存在某些限制，可能導致偵測值偏差。本計畫在現地測試展開前，先就此部份進行初期測試，並根據測試結果調校部份參數，使之更符合實際情況。

2.現地測試階段可能誤差

(1)偵測範圍飄移誤差

現地測試進行時，需劃設一測量基準線，以求盡量捕捉到車輛進出 Reader 偵測區之準確時間對照值。本計畫之測量基準線乃根據實驗室測試結果所建議之 Reader 前後 3 公尺範圍劃設，然至現場實際觀察結果，發現 Reader 讀取範圍並非固定，可能小於此距離，故在偵測值與對照值的計算基準上，可能存在時間值紀錄誤差。

建議後續研究應預先針對 RFID 測試設備的特性，進行誤差修正，以消弭偵測值與對照值於計算基礎上的差異。

(2)GPRS Modem 回傳時間誤差

由於本計畫購置之 RFID 設備本身無法讀取車輛通過之時間值，其所回傳的時間值是在每筆資料傳送至 GPRS Modem 時，由 GPRS Modem 貼上時間值，再回傳至後端 Server，當車輛通過頻繁，GPRS Modem 需處理大量資料時，可能發生資料堆積，導致時間值錯誤的情況，此時該筆資料其時間的測試值與對照值將存在相對明顯的差距。

為避免偵測資料在時間值產生誤差，建議後續研究使用增加即時時脈設計，亦即可讀取時間值之 RFID 設備，並評估合適之通訊方式，使用專屬之 GPRS 通訊頻道或有線固網，確保資料傳輸過程無誤。

(3)複數 Tag 進入同一 Reader 偵測區內所產生之資料讀取誤差

由於本示範測試計畫使用設備限制，Reader 僅容許一次讀取單一 Tag 資料；若同時有 2 個以上的 Tag 進入到同一 Reader 的偵測區，將產生偵測資料回傳誤差。而由於實驗室測試環境單純，並無發生此情形，然進入到現地測試階段即出現，即於 Reader 1 的公車站牌處，前車停靠供乘客上下，其車尾之 Tag 尚未離開 Reader 1 之偵測範圍，後車緊接著停靠於前車之後，且後車車頭之 Tag 已進入 Reader 1 之偵測範圍，即造成此問題發生，導致部份 Reader 1 的偵測值產生回傳時間上的誤差。

建議後續研究購置或設計允許可於極短時間內讀取多個 Tag 資料的 RFID 設備，以避免此類誤差產生。

(4)錄影拍攝角度誤差

現地測試時，於 Reader 2 及 Reader 3 處是以單一攝影機(DV)拍攝 Reader 的偵測範圍(Reader 前後 3 公尺)，然攝影機距 Reader 有相當一段距離，以同一視點延伸至 Reader 前後二條測量基準線時將發生視角誤差，即攝影機上所觀測到的偵測範圍將大於實際偵測範圍(Reader 前後 3 公尺)，對時間值將些許的高估。

建議未來採取每部攝影機負責單一測量基準線之方式，以精確捕捉時間對照值，惟需考慮各攝影機之時間同步問題，以簡化後續資料處理程序。

表 5.34 可能誤差檢討一覽表

系統建置階段	可能發生誤差	後續建議改善對策
實驗室測試	設備參數誤差	● 根據對照值進行調校
現地測試	偵測範圍飄移誤差	● 針對產品特性進行誤差修正
	GPRS Modem 回傳時間誤差	● 使用可讀取時間之 RFID 設備 (增加即時時脈設計) ● 使用專屬之無線通訊 channel 或有線固網
	複數 Tag 進入同一 Reader 偵測區內所產生之資料讀取誤差	● 購置或設計允許可於極短時間內讀取多個 Tag 資料的 RFID 設備
	錄影拍攝角度誤差	● 每部攝影機負責單一測量基準線 ● 需考慮各攝影機之時間同步問題

資料來源：本研究整理。

第六章 RFID 技術於運輸部門之應用分析與後續推動規劃

本章綜整前述各章節對於 RFID 技術的特性分析及實地測試的操作經驗與評估驗證成果，進行後續 RFID 技術於運輸部門之交通資訊蒐集上的應用分析與相關課題的探討，並對後續推動進行初步的策略及配合措施的規劃。

6.1 RFID 於運輸部門之應用功能分析

以下先行說明 RFID 技術於交通資訊蒐集之偵測特性，再依據其特性說明於交通資訊蒐集上之應用功能及相關考量。

6.1.1 RFID 於交通資訊蒐集之偵測特性

參酌第二章對於 RFID 技術特性分析、第五章本研究實地測試的評估成果，以及其他車輛偵測器相關評估文獻，歸納彙整 RFID 技術與其他主要類型之車輛偵測技術的特性比較如表 6.1，並說明 RFID 技術之交通參數偵測的主要特性於後，也作為推動方向與策略之研擬參考。

表 6.1 RFID 技術與其他車輛偵測器之特性比較

項目說明	環路線圈式	超音波式	影像式	微波式	半主動式射頻識別
系統架構	環路型線圈偵測器單元	超音波感應器偵測器單元	攝影機單元 影像處理機 電腦	微波感測器偵測單元	RFID 電子標籤 RFID 讀取器
偵測原理	以電感量變化偵側	以超音波反射偵測	以影像處理偵測	以微波反射偵測	以讀取電子標籤發射無線電偵測
裝設區域影響	稍受鄰近鋼筋影響	不適裝設於隧道區	不適裝設於多雨濃霧等天候變化大之路段	較不受影響	較不受影響
偵測範圍	偵測單車道	射程量測式：偵測單車道 都卜勒式：偵測多車道	可偵測多車道	路側安裝：偵測多車道 門架安裝：偵測單車道	路側安裝：偵測單車道 門架安裝：偵測多車道
夜間及天候不良準確度	不受影響	強風，大雨略有影響	夜晚及光線不佳時受影響	沒有影響	沒有影響

表 6.1 RFID 技術與其他車輛偵測器之特性比較(續)

項目說明	環路線圖式	超音波式	影像式	微波式	半主動式射頻識別
易影響準確度因素	金屬物質，車輛斜行	強風及多重散射波環境	夜間無法精確量測佔有率及車種 大車遮蔽小車	大車遮蔽小車	大車遮蔽小車
流量偵測準確度*	優	優	優	優	優
車種偵測準確度*	良(2 組)	良	良	良	優
5 分鐘平均速度準確度*	優(2 組)	良	良	良	良(雙 Tag)
佔有率準確度*	可	可	可	可	可
旅行時間準確度*	N/A	N/A	N/A	N/A	良

資料來源：本研究整理自「車輛偵測器現有產品特性分析與研究」(國工局，民 88 年)；「先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究」(運研所，民 91 年)；"Advanced in Traffic Data Collection and Management" (TTI,2002)等報告。

註*：關於各交通參數之測量準確度，各車輛偵測器準確度係參考上述報告；半主動式射頻識別準確度則為本研究之測試結果，後續仍應進行小車實地測試。

1.RFID 偵測交通參數有一定準確度

就本研究的實地測試而言，RFID 對於流量、速度、佔有率、旅行時間等交通參數的偵測皆有 80%以上的準確度，尤其對於流量、車種分類及旅行時間等參數的偵測，其準確度更高。另就本研究之測試結果觀之，天候與尖離峰等不同情境對於 RFID 偵測的準確度亦無明顯影響。

惟本研究之測試僅侷限於行駛於公車專用道的公車，測試結果僅能反應 RFID 於單車道應用之部分情況，後續仍應進行對於多車道或一般車流之實地測試，以進一步了解 RFID 於多車道或混合車流之應用績效。

2.RFID 架設方式影響交通資訊蒐集

本研究之實地測試因考量操作便利性，選擇公車專用道之公車進行測試，並於路側現有的門架及路燈進行讀取器的架設，而就測試結果而言，RFID 也獲致不錯的準確率。惟對於 RFID 特性的了解，因路側式架設，雖可確保鄰近讀取器車道之車輛偵測，但因通訊區衰減及大車遮蔽小車等的問題，路側式架設僅適用單車道而不適用多車道偵測。針對此特性，不同之 RFID 架設方式將各有其適用範圍，相關應用架構詳述於

6.2 節。

3.RFID 可識別車輛身份

如前述，RFID 之交通參數偵測原理，係藉由讀取器讀取電子標籤的 ID 並加註通過時間，進行相關參數的計算。因此，可辨別車輛身份的特性可謂 RFID 作為交通資訊蒐集設備之最大優勢，亦即可應用於更細緻的交通管理與策略的實施，包括即時計算車輛通過較長區間之平均旅行時間、蒐集統計車輛之起迄旅次；對於砂石車、危險品運送車輛之禁行路線管理、過磅管理等；以及對於緊急車輛或是大眾運輸車輛的號誌優先策略實施。

4.RFID 讀取器需搭配車輛電子標籤的黏貼

如前述，由於 RFID 讀取器係因讀取電子標籤資料，進行交通參數的計算，因此與其他車輛偵測器不同，RFID 除讀取器的建置外尚需搭配車輛黏貼電子標籤，而電子標籤黏貼數量也將影響交通參數偵測的準確度。因此，如何促使車輛電子標籤普遍建置，亦是推動 RFID 作為交通資訊蒐集系統的重要課題。

6.1.2 RFID 於交通資訊蒐集的應用

本研究於前一年期，已針對 RFID 於 ITS 各發展領域之應用方向進行研析，相關內容可參見本研究第一年期報告第五章。以下，聚焦於交通資訊蒐集上的應用，依據實地測試的成果，研提 RFID 的應用方向於後。

由本研究之實地測試結果評估中可知，RFID 對於交通參數的偵測可保有一定準確度，加上 RFID 可有效辨別車輛身份的特性，RFID 於交通資訊蒐集上的應用除可用以蒐集一般道路車流的交通參數外，也可用以作為特殊車輛與大眾運輸車輛之控管策略之實施依據。應用對象與應用方向及其配合事項整理如表 6.2 所示，並分別說明於後：

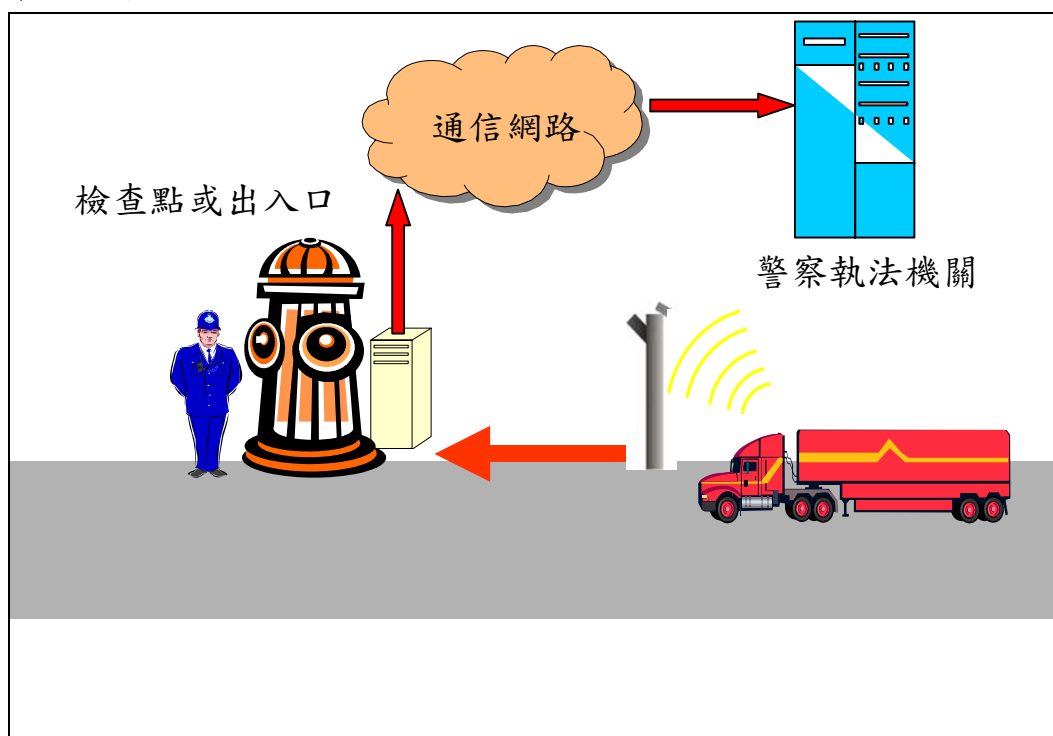
表 6.2 RFID 於交通資訊蒐集上之應用方向

應用對象	應用方向	
砂石車	禁行路線管理	
危險品運送車輛	過磅管理	
公共運輸車輛 緊急車輛	優先號誌	
一般車輛	交通參數 偵測	旅行時間
		流量、速度、佔有率

資料來源：本研究整理。

1. 禁行路線管理

為避免砂石車、危險品運送車輛等重車通行帶來環境污染，及維護運輸安全，國內地方政府多於管轄境內設置禁行大型車輛禁行路線，若有大型車通行需求，則需另行申請臨時通行證，於指定時段通行。因此，為有效落實禁行路線的通行管理，除警察進行臨檢，或透過 GPS 車上單元進行車輛即時路線監控及稽核外，也可利用 RFID 技術可確認車輛身份的特性進行路線之管制。其概念圖如圖 6.1 所示，並說明做法如下。



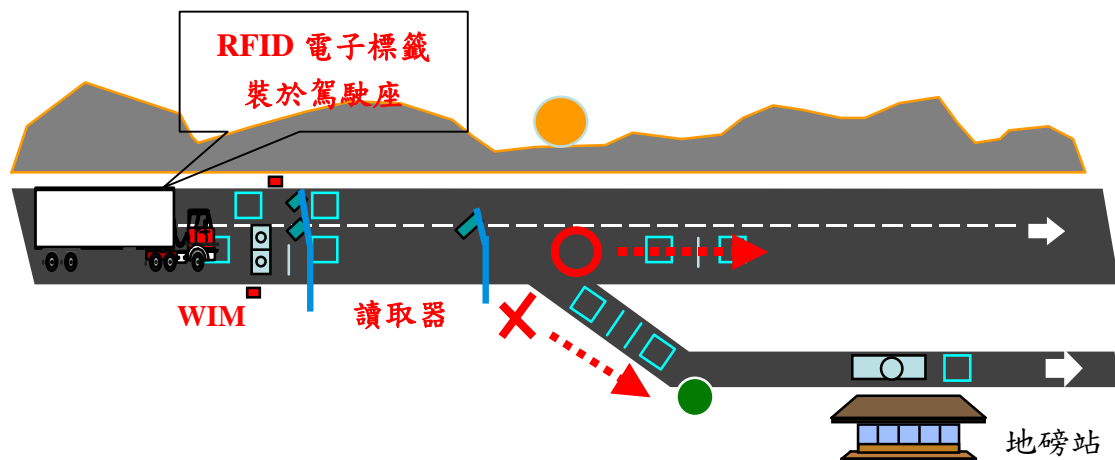
資料來源：本研究整理。

圖 6.1 RFID 應用於禁行路線管理之概念圖

可於砂石車、危險品運送車輛等重車上裝置 RFID 電子標籤，並在重車會行駛經過的重要檢查點上及禁止進入區域架設 RFID 讀取器，如此即可進行重車管理工作。亦即當重車經過檢核點時，站端之 RFID 讀取器將目前進站車輛之 RFID 電子標籤相關資訊(車輛 ID 及時間)及檢查點位置回報給警察執法機關的監控中心，以利備查。若重車行駛離開規定的行車路線，進入了禁止區域，則禁止區域端之 RFID 讀取器將目前進站車輛之 RFID 電子標籤相關資訊(車輛 ID 及時間)及禁止區域位置回報給監控中心，監控中心會將車輛行駛資料記錄下來，並與申請通行證車輛資料比對，若該車輛尚未申請臨時通行證時，則可進行告發，或供事後調閱審查分析使用。

2.過磅管理

為提昇重車行駛速率，及減少地磅站的負擔，可應用 RFID 系統進行過磅車輛之稽核。亦即已行過磅車輛，且經由車輛監控系統確認無重新填裝之虞的車輛(如於高速公路行駛而未駛離交流道之大型車)，則無需再過磅，可直接放行。其概念圖如圖 6.2 所示，並說明做法如下。



資料來源：本研究整理。

圖 6.2 RFID 應用於過磅管理之概念圖

將 RFID 電子標籤黏貼於大型車輛，並於其上記錄過磅的紀錄(或由地磅站電腦進入中心資料庫比對過磅紀錄)，當車輛通過地磅站時，經由 RFID 電子標籤得到車輛的編號，進行資料處理後，經由號誌告知已通過檢查或不須檢查的車輛，使其可以直接通過，省去重複檢查所耗費的時

間；而須進一步檢查的車輛，則傳送入內檢查通知，令其進入地磅站檢查。

當大型車輛要通過地磅站前，先經過讀取器，讀取器的作用在於預先判定車輛是否須入內停靠。其運作過程如下：

(1)車輛先藉由 RFID 電子標籤傳送編號至讀取器，地磅站系統先檢查編號是否讀取正確，且比對是否已行過磅。若發生錯誤時則將不發給通行許可通知，即未收到通行許可的車輛都須進入地磅站檢查。

(2)如編號讀取正確，則准許通行，並將相關資料加入可通行資料庫名單內。

3. 優先號誌

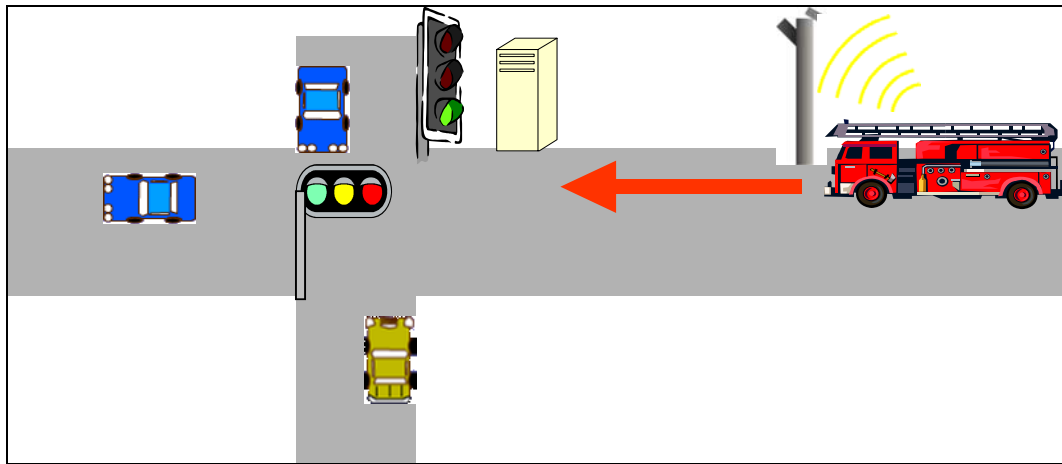
為增進大眾運輸車輛之運行效率，以鼓勵大眾運輸使用，可使用優先號誌的交控措施，以減少大眾運輸車輛停等紅燈之機率；另為提昇救護車、消防車以及警車等緊急車輛之運行效率，及確保緊急車輛通過紅燈路口時之對向來車的安全，亦可使用優先號誌，給予緊急車輛絕對路權。

優先號誌的做法一般可由路側控制或由中心控制。路側控制即可利用路側偵測器偵知車輛接近，並確認其享有號誌優先的權利，則行紅燈切斷、綠燈延長等策略；中心控制則為車輛回傳定位資訊回中心，再由中心判斷車輛是否已達路口，而行優先號誌的策略。由於中心控制一般係使用車輛之 GPS 資訊，而 GPS 資訊可能發生飄移，且有回傳頻率的問題，因此可能產生誤判或無法即時反應的問題。因此雖然目前應用 GPS 車機於車輛監控系統漸行普遍，為有效進行優先號誌的控制，應用路側控制仍是可行的方式。

由於 RFID 具有通訊範圍小及反應速度快之特性，特別適合優先號誌的應用，以下以緊急車輛為例，說明應用 RFID 於優先號誌的路側控制方式，其概念圖如圖 6.3 所示。

可在緊急車輛上裝置 RFID 電子標籤，並在重要路口上架設 RFID 讀取器，當緊急車輛行經重要路口時可藉由車上之 RFID 電子標籤及路口之 RFID 讀取器互相感應，並確認其緊急車輛之身份後，驅動控制路口號

誌，使欲通行的方向維持綠燈或轉換為綠燈，以利緊急車輛優先通過。

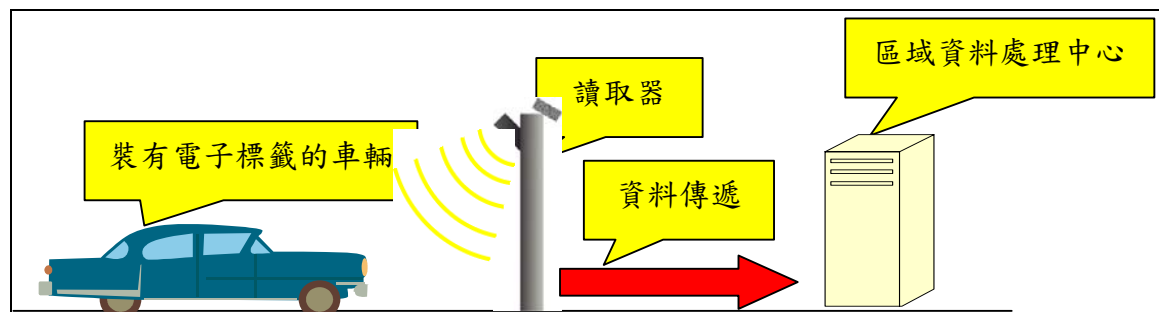


資料來源：本研究整理。

圖 6.3 RFID 應用於優先號誌之概念圖

4.交通參數偵測

可應用 RFID 技術蒐集之交通參數包括旅行時間、流量(含車種分類)、速度、佔有率以及停止偵測等。惟黏貼電子標籤之車輛數量可能影響流量、速度等之偵測準確性，若未能全面實施電子車牌的建置，初期應以蒐集旅行時間資訊為主，亦即於公共汽車等較無隱私權爭議之車輛黏貼電子標籤，再由公車旅行時間推估小客車之旅行時間進行發布；而後配合電子車牌等政策之推動，於一般車輛皆全面黏貼電子標籤後，再進行流量、速度、佔有率等交通參數的蒐集，惟應用為電子車牌之電子標籤的型式是否同時適用於交通參數蒐集即成推動之際之重要考量課題。RFID 應用於交通參數偵測之概念圖可參見圖 6.4。



資料來源：本研究整理。

圖 6.4 RFID 應用於交通參數偵測之概念圖

6.2 RFID 應用於交通資訊蒐集之系統架構規劃

RFID 應用於交通資訊蒐集之系統架構規劃將在交通運輸範疇下概分為 RFID 種類、安裝架構與系統架構三大方向探討。基本上 RFID 技術並無好壞之分，而是所選擇之 RFID 技術適不適用。因此本節內容僅是針對 RFID 種類、安裝架構與系統架構做原則性之說明及規劃建議，未來如何選擇 RFID 技術及架構，仍須依據應用對象及應用範圍而定。

6.2.1 RFID 種類應用於交通運輸的規劃

影響 RFID 系統應用範圍的因素包括：物件的讀取率、系統性能與成本價格等，而造成這些因素有所差異的主要原因則在於採用電子標籤的種類。由於本研究主要是研究 RFID 系統在交通運輸上的應用，故以表 6.3 用於交通運輸之電子標籤加以比較分析。

表 6.3 用於交通運輸之電子標籤比較表

	主動式	被動式	半主動式
電子標籤電力來源	本身	來自讀取器	少部分來自讀取器，大部分來自本身
電子標籤是否具電池	有	無	有
尺寸	大	小	中
通訊距離	最高可達 100 公尺以上	5 公尺以下	5~20 公尺
價格（註）	1000~2000 元	100~1000 元	1000~2000 元

資料來源：本研究整理。

註：此價格係以少量 1000 個左右的電子標籤單價報價，僅供參考。

1. 被動式 RFID 系統

被動式的 RFID 電子標籤，主要特色是電子標籤的價格是所有電子標籤種類最低的，而且大量採購時更有其議價空間。但是，相對地，因為被動式電子標籤並無內建電池，可提供足夠的射頻輻射能量，以致於可行的通訊距離短而且射頻經穿透玻璃衰減後的能量更加微弱，尤其是對於含有金屬材質的隔熱玻璃，此衰減現象更加明顯，是以通訊距離約在 5 公尺以下；另依據 3.1.6 節的初步實驗結果顯示，對於行駛中的車輛，可以成功通訊的品質並不穩定。所以在交通運輸系統上的應用，主要侷限

於停車場門禁管理等無高速行駛與遠距離通訊的使用場合。然而，正因為被動式的 RFID 價格上相當具有競爭力而且具有體積小的優勢，將成為未來推廣車輛電子車牌趨勢所在。

2. 半主動式 RFID 系統

半主動式的 RFID 電子標籤，主要特色是電子標籤內建電池，可提供電子標籤足夠的運轉能量，以致於可行的通訊距離比較長；且射頻經穿透玻璃衰減後，還有相當的能量得以維持通訊；另對於高速行駛的車輛還能保持穩定的成功通訊品質，相關測試結果可參見 3.1.6 節。而其可行的通訊距離約在 5 至 20 公尺之間，可謂較適中的通訊距離。所以半主動式 RFID 系統之有效且適中的通訊距離與穩定的通訊品質的特色，可適用於即使在高速行駛或其他惡劣環境因素下，仍能保持精確地掌控車輛交通參數蒐集或相關的應用場合，例如高速公路電子收費系統。

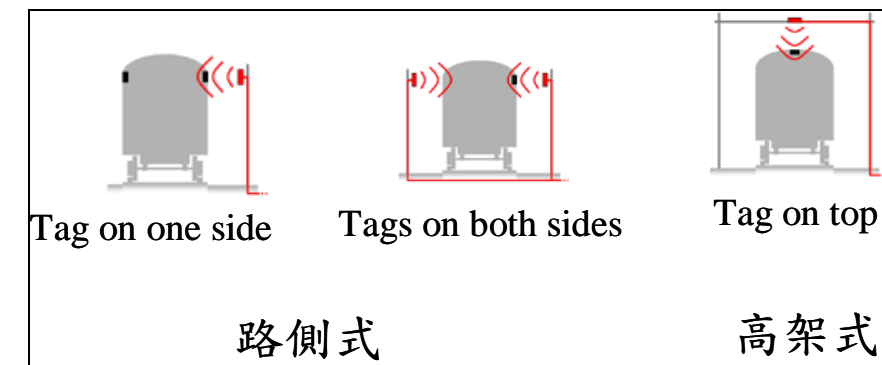
然而，因為此電子標籤價格比較高而且體積比較大，以致於推廣上將有所受限，故現階段宜由有特殊需求的管制車輛、緊急車輛及大眾運輸車輛等著手進行。

3. 主動式 RFID 系統

主動式的 RFID 電子標籤，主要特色是電子標籤內建電池，而且可以通訊的距離相當遠，甚至於可達 100 公尺以上，所以即使射頻穿透玻璃後，還是保有相當大範圍的通訊距離。是故對於需要比較精確掌控車輛交通參數蒐集的應用場合，反而會因其通訊範圍過大而無法準確的監控。亦即對於車輛佔有率、停止偵測、車速等交通參數測量，將因通訊範圍過大的影響，而導致測量結果誤差過大，較不利於作為車輛交通參數蒐集之用。因此就交通資訊蒐集而言，應適用於較長距離的偵測，以減少誤差對於參數精確度的影響，例如作為車輛旅行時間蒐集的應用。

6.2.2 RFID 安裝架構應用於交通運輸的規劃

RFID 安裝架構可分為高架式及路側式架設，架設示意圖可參見圖 6.5，並分別說明其特點於後。



資料來源：本研究整理。

圖 6.5 RFID 不同安裝架構示意圖

1.高架式 RFID 架構

此架構係將 RFID 讀取器安裝於道路之正上方位置，因而可以與安裝於車頂(金屬用)或前擋風玻璃(玻璃用)的 RFID 電子標籤取得較佳的通訊位置，而不致於因為車輛行駛路徑的改變或遭受車輛阻擋而干擾通訊，形成通訊的死角。而且藉由車種已知的車輛高度與電子標籤固定安裝的位置，使得電子標籤與讀取器相對的距離可以得到控制，因而通訊距離的變化會比較容易得到控制，而這些優點正適用於未來頗受期待的多車道自由流(MLFF)系統。也就是說，即使車子在道路中任意變換車道，此 RFID 系統架構依然可以準確偵測到。

對於此架構建置時，原則上係以每個車道正上方安裝一個 RFID 讀取器，而若是基於經費限制考量，例如於兩個車道共用一個 RFID 讀取器時，則需特別選擇水平通訊角度，以涵蓋跨過兩個車道的 RFID 系統建置。然而，因為此架構需跨越車道安裝鋼架，不易施工而且施工成本也較高昂，所以推動時宜由高/快速公路與橋樑作為先期建置的目標。

2.路側式 RFID 架構

此架構係將 RFID 讀取器安裝於道路旁邊鋼架或附加架設於路燈或交通號誌等既有結構體上面，而 RFID 電子標籤則安裝於車側(金屬用)或側邊窗戶玻璃(玻璃用)上，其優點是安裝比較容易而且比起高架式架構施工成本低廉許多且維護容易，但是通訊區範圍較小且與車輛行駛的路徑有關，容易因為車輛行駛位置與路側的距離不定，導致通訊區大小的變化不定，而且容易遭受夾雜其間經過的物體或車輛遮蔽阻擋而產生通訊阻隔死角的情形，所以此架構不適用於多車道自由流(MLFF)系統。

6.2.3 RFID 系統架構應用於交通運輸的規劃

綜合本研究第五章研究顯示，RFID 系統在流量、車種、停止偵測與旅行時間等交通參數蒐集上，無論 RFID 系統是單讀取器/單電子標籤、雙讀取器/單電子標籤或單讀取器/雙電子標籤的系統架構之間的結果並無顯著的差異。然而，對於車輛的點速度與佔有率卻存在某些程度的差異。

表 4.3 交通參數定義比較表顯示，佔有率的量測依據之一是與車輛的點速度息息相關，所以需特別對於車輛通行的點速度加以研究，如表 5.2 RFID 測速方式與誤差分析比較研究。結果顯示：單讀取器/單電子標籤的系統架構，因為相關於電子標籤與讀取器之某些不可控因子存在，如不同電子標籤對於不同讀取器存在通訊範圍與通訊時間的未知變異量，以致於若是依賴此通訊區範圍作為車輛點速度的量測，便會產生若干誤差存在(相關分析可詳見 5.1 節誤差分析)。此表揭露單讀取器/單電子標籤系統架構所測得的車速之平均誤差值明顯大於雙讀取器/單電子標籤或單讀取器/雙電子標籤的系統架構，但是雙讀取器/單電子標籤（見第五章小車測試）與單讀取器/雙電子標籤的系統架構測得之車輛點速度平均誤差值並無顯著的差異。

總之，由於單讀取器/單電子標籤系統架構對於車輛點速度方面相關的交通資訊蒐集存在某些不準確性，所以建置時若能以其他兩種的系統架構進行會有較佳的成效。但是，若實際推行 RFID 系統在交通運輸車輛時，要求每部車輛安裝兩個電子標籤所付出的成本遠超過於每部車輛只安裝一個電子標籤而由某些固定道路的點安裝兩個讀取器的建置成本，所以建議宜由雙讀取器/單電子標籤的系統架構作為將來推行的方案參考。

6.3 RFID 應用於交通資訊蒐集之成本效益與 SWOT 分析

本節進行 RFID 技術與環路線圖式、微波式、影像式等國內較常用之車輛偵測器的建置成本比較分析，比較項目包括設備成本、施工、後續維護與通訊費用。整理分析成本比較如表 6.4 所示，並說明比較基礎如下：

- 1.建置規模：以 95 年度台北市“交通流量及資料蒐集系統”案之建置規模為例，進行建置 300 組偵測設備之成本比較；RFID 電子標籤數量以 95 年

10 月底台北縣市車輛登記數(1,616,742 輛)為基準。

- 2.偵測車道：以偵測 1 車道為例比較。惟單組影像式、微波式偵測器可偵測多車道。
- 3.設備架設方式：除環路線圈係切割路面進行埋設外，其餘非侵入式車輛偵測器及 RFID 讀取器之架設方式均以立桿方式為例。
- 4.分析單價：成本分析單價係參考近年國內高雄、桃園等都市交控系統之預算及廠商報價。而通訊成本部份僅考量路側之接續設備成本及通訊成本，不計中心設備。
- 5.通訊方式：就現行較普遍之 ADSL(有線通訊)、GPRS、Wi-Fi(無線通訊)等三種方式進行比較。其中 ADSL 採 1M/64k 方案；GPRS 與 Wi-Fi 採吃到飽方案(即無傳輸量限制)。

表 6.4 RFID 技術與其他種車輛偵測器之建置成本比較

成本項目	種類	內容	單價	數量	總價
設備成本	環路線圈	1.2 組環路線圈 2.2 組偵測單元 3.終端控制器 4.車輛偵測機匣	50,000	300	1,500 萬
		1.1 組攝影機 2.偵測辨識單元 3.車輛偵測終端控制器	300,000	300	9,000 萬
		1.1 組偵測單元 2.控制器	250,000~ 300,000	300	7,500 萬~ 9,000 萬
		2 組讀取器 每輛車黏貼 1 個電子標籤	200,000 200*	300 1,616,742**	6,000 萬 約 3.2 億
	RFID				
施工成本	環路線圈	路面切割與線圈安裝	30,000	300	900 萬
	影像式	自立桿器材與架設 (含基礎座設施)	60,000	300	1,800 萬
	微波式	自立桿器材與架設 (含基礎座設施)	60,000	300	1,800 萬
	RFID	自立桿器材與架設 (含基礎座設施)	60,000	600	3,600 萬

表 6.4 RFID 技術與其他種車輛偵測器之建置成本比較(續)

成本項目	種類	內容	單價	數量	總價
後續維運 (1 年)	環路線圈	以設備總成本 10% 估計	1,500,000	1	150 萬
	影像式	以設備總成本 10% 估計	9,000,000	1	900 萬
	微波式	以設備總成本 10% 估計	7,500,000~ 9,000,000	1	750 萬~ 900 萬
	RFID	以設備總成本 10% 估計	6,000,000	1	600 萬
通訊成本 (1 年)	ADSL	接續設備(ADSL Modem 等)	2,500	300	75 萬
		通訊費用(1M/64K)	400	3,600	144 萬
	GPRS	接續設備(GPRS Modem 等)	8,000	300	240 萬
		通訊費用(無限制方案)	300	3,600	108 萬
	Wi-Fi	接續設備(無線頻寬分享器等)	2,000	300	60 萬
		通訊費用(無限制方案)	400	3,600	144 萬
合計	環路線圈	1.設備建置加一年營運 2.採 Wi-Fi 方式傳輸	2,754 萬	1	約 2,800 萬
	影像式	1.設備建置加一年營運 2.採 Wi-Fi 方式傳輸	11,904 萬	1	約 1.2 億
	微波式	1.設備建置加一年營運 2.採 Wi-Fi 方式傳輸 3.設備/惟運費用取中間值估計	11,079 萬	1	約 1.1 億
	RFID	1.設備建置加一年營運 2.採 Wi-Fi 方式傳輸 3.每輛車黏貼 2 個電子標籤	10,404 萬 +32,000 萬	1	約 4.2 億

註*：黏貼之電子標籤以半主動式電子標籤為例，基於電子標籤數量龐大的考量，以目前「半主動式電子標籤」市價的下限值的 20% 進行估算。

註**：95 年 10 月底為止台北縣市車輛登記數，包含大客車、小客車、大貨車、小貨車。

資料來源：本研究整理。

由表 6.4 之成本分析知，當考慮電子標籤之成本時，RFID 系統所需造價較其他種類之車輛偵測器為高，約需 4.2 億元；若不考慮電子標籤成本時，RFID 設備約需 1 億元，則與影像式偵測系統(約需 1.2 億元)及微波式偵測系統(約需 1.1 億元)的費用差距不大。因此若欲應用 RFID 技術進行交通參數蒐集，應採順風車策略，亦即僅建置 RFID 讀取器，而黏貼於車上之電子標籤則結合電子車牌的推動。而環路線圈之建置成本相對較少，僅需 2,800 萬元，惟其可能因道路施工品質、重車交通量等因素而影響設備壽命，且易遭道路剷除而損壞，額外增加修護及重新埋設之成本。

根據 6.1.1 所述之 RFID 偵測特性，可將 RFID 與其他車輛偵測器之成本

效益作一整理與分析，如表 6.5 所示。

表 6.5 RFID 系統與其他車輛偵測器之成本效益比較

項目說明		環路線圈式	影像式	微波式	半主動式射頻識別
建置成本* (註*)		約 2,800 萬	約 1.2 億	約 1.1 億	約 4.2 億
交通參數量測準確度**	流量偵測準確度	優	優	優	優
	車種偵測準確度	良(2 組)	良	良	優
	5 分鐘平均速度準確度	優(2 組)	良	良	良(雙 Tag)
	佔有率準確度	可	可	可	可
	旅行時間準確度	N/A	N/A	N/A	良
應用特性		1.需挖掘路面，且易遭剷除，維護較不易 2.1 組設備(兩組線圈)僅偵測單車道 3.較不受光線及天候影響	1.需立桿或架設門架，可能影響景觀 2.1 組設備可偵測多車道 3.受光線及天候影響	1.需立桿或架設門架，可能影響景觀 2.1 組設備(路側安裝時)可偵測多車道 3.不受光線及天候影響	1.需立桿或架設門架，可能影響景觀 2.1 組設備僅偵測單車道 3.較不受光線及天候影響
技術優勢		1.建置成本較低廉 2.不影響景觀 3.參數偵測有一定準確度	1.若回傳影像，可監視路況 2.可作事故偵測	1.建置成本較影像式低廉 2.參數偵測不受天候/光線影響	1.可辨別車輛身份，應用於特殊車輛管理及旅行時間蒐集 2.參數偵測不受天候/光線影響
技術劣勢		維護較不易	1.架設方式可能影響景觀 2.天候/光線影響偵測準確度	1.架設方式可能影響景觀 2.路側架設有大型遮蔽小車問題	1.若考量電子標籤成本時，不具價格優勢 2.現行 RFID 技術 1 組設備僅能偵測單一車道

註*：以於台北市建置 300 組偵測設備為例。

註**：參數偵測準確度比較係參考相關文獻及本研究測試結果，後續仍應進行一般車輛之大規模測試。

資料來源：本研究整理。

由成本效益之分析，可歸納以 RFID 作為車輛偵測器之最大效益為可確實掌握偵測到車輛之身份，進而可得到旅行時間參數，然其所需付出的成本亦高出許多。在此估計成本中，電子標籤佔了相當大的比例，未來若能以配套或漸進的方式進行電子標籤的黏貼，可轉嫁電子標籤的安裝成本；另外，未來 RFID 技術精進後，電子標籤功能亦可能強化、價格亦可能相對降低，可增加應用 RFID 技術作為交通參數蒐集的可行性。

綜合 6.1 至 6.3 相關分析，可整理未來 RFID 技術以車輛偵測器型式應用於交通參數蒐集時，相較於其他車輛偵測器(包含環路線圈、影像式偵測器、微波式偵測器、超音波式偵測器)之優劣勢、機會與威脅之 SWOT 分析，如表 6.6 所示。

表 6.6 RFID 應用於交通參數蒐集之 SWOT 分析

優勢(Strength)	機會(Opportunities)
<ul style="list-style-type: none"> ● 可辨識車輛身份並進行相關應用(如旅行時間偵測、特殊車輛管理等)。 ● 在速度、佔有率與停止偵測方面有一定準確度，不遜於其他車輛偵測器。 ● 尖離峰與天候條件影響偵測效果不大。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 對特定車輛進行監控與管制(如危險車輛等)。 ● 與號誌優先搭配實施。 ● 與相關措施(如電子車牌)一併實施將大幅降低成本。
劣勢(Weakness)	威脅(Threats)
<ul style="list-style-type: none"> ● 非專用於交通資訊蒐集。 ● 需於車輛上黏貼電子標籤，成本昂貴。 ● 易受車輛遮蔽，架設方式影響交通資訊蒐集。 ● 讀取器偵測範圍有微幅變動的特性，影響短距離/短時距之偵測。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 隱私權侵犯問題。 ● 現階段仍以物流應用為主，其他專門之車輛偵測器技術日益精進。 ● 建置成本甚鉅。

資料來源：本研究整理。

由表 6.6，可知 RFID 主要優勢在於其辨識車輛之能力，此亦為日後於交通運輸領域應用之發展方向；最大缺點為需於車輛上黏貼電子標籤，所耗成本甚鉅。如何針對交通方面之應用，擬定相關規格，進而發展蒐集交通參數專用之 RFID 設備，並搭配相關配套措施實施，將是後續推動方針。

6.4 RFID 應用於交通資訊蒐集之相關課題檢討

RFID 技術被列為啟動 21 世紀的十大重要技術之一，但如何適當使用射頻識別技術提供車輛及貨物定位、監控，同時作為探偵車輛蒐集交通資訊，已成為目前國際發展趨勢及在智慧型運輸系統研究中之重點。而 RFID 應用未來要能夠順利推動及深入一般車輛，用路人隱私權及國際化標準兩項課題必須重視，下面就分別加以說明。

6.4.1 隱私權處理

應用 RFID 技術最讓外界質疑的是資訊隱私權問題，隨著大量 RFID 讀取器的佈建，人類的生活與行為將因 RFID 而容易追蹤。Wal-Mart（沃瑪）與 Tesco（特易購）初期實施 RFID 先導計畫都曾因使用者隱私權問題而遭受過抵制與抗議。相同的道理，未來若要應用 RFID 技術進行交通資訊蒐集，必定也會面臨用路人資訊隱私權問題。因此以 RFID 技術蒐集交通資訊未來要能夠順利推動，尤其若國內要實施 RFID 電子車牌，有關用路人隱私權保護之課題必須更加以重視。

解決 RFID 侵害隱私的疑慮，除了科技面的解決方式外，落實法律面來解決也是重要的一環。藉由科技消除 RFID 可能侵害隱私權之疑慮，目前在一般消費產品及物流業應用上發展出「選擇取消」(Opt-out) 模式、「銷毀」(kill) 模式、「休眠」(sleep) 模式、「干擾」模式及加密模式。而應用在交通資訊蒐集方面，基本上不像物流業使用的 RFID 電子標籤一樣要求價格低廉，因此 RFID 電子標籤 ID 可用加密處理，解密之密碼由政府管理，即使被第三者讀取到也不會得知真正的電子標籤 ID。另外一種防止 RFID 電子標籤被非法 RFID 讀取器讀取之機制，是在電子標籤內寫入密碼。當讀取器要讀取電子標籤時，電子標籤須比對讀取器傳來之密碼，比對成功才允許讀取，此種安全機制可達到 RFID 讀取器之防偽與防弊。

在法律面上，可參考美國電子隱私資訊中心（Electronic Privacy Information Center, EPIC）於 2004 年 6 月提出一份關於消費者與私人企業使用 RFID 的綱領，建議使用 RFID 技術的私人企業應有下列措施：

- 1.應告知 RFID 的存在，並合理揭露使消費者了解 RFID 系統及資訊處理的

本質。

2.在產品銷售完成前即應關閉 RFID，除非因個人需要，否則使之永久失去效用；假如消費者不知有此選擇，即應主動關閉。一旦標籤關閉後，非經消費者同意不得主動重新開啟。

3.RFID 應使用最簡單的可移除方式裝置。

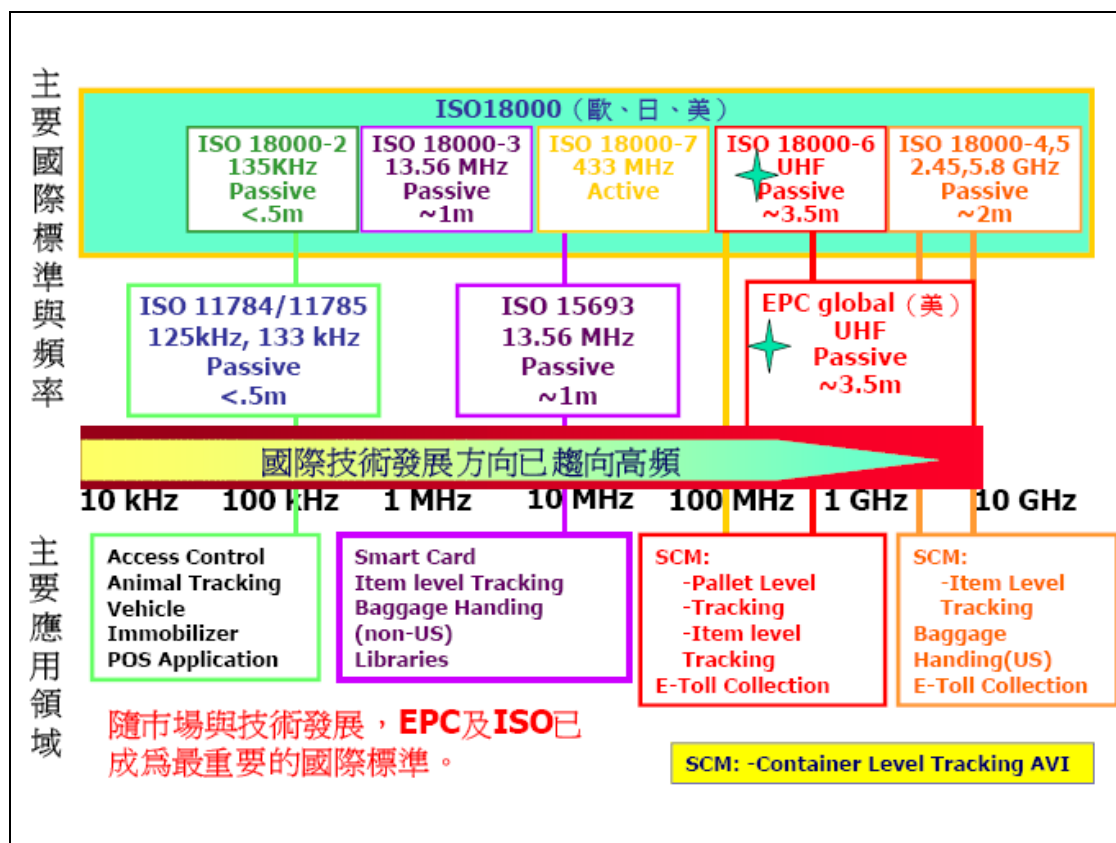
4.指定專人遵守這些綱領。

基於 RFID 電子標籤於國內外皆有涉及隱私權保護的問題，因此 RFID 電子標籤在國內 ITS 之適用優先對象可選擇商用車輛(包括計程車、砂石車、貨櫃車等)、大眾運輸車輛(包括公車、火車等)及緊急救援車輛(包括救護車及消防車等)進行先導應用。未來當 RFID 應用於 ITS 之技術日趨成熟後，再推廣至一般車輛。

6.4.2 標準發展

RFID 今後要想普及，價格及相容性將是兩大重要因素，因此相關技術的國際標準規格是不可或缺的。隨著市場與技術發展，目前 EPC 與 ISO/IEC 已成為最重要的國際標準，而國際技術方向已趨向高頻，請參考圖 6.6。

ISO/IEC 18000 系列是 ISO 首次對 RFID 相關技術制定的整體性國際標準，參考表 6.7。以往 ISO 都是制定非接觸式 IC 卡相關的『ISO/IEC 14443』及 RFID 相關的『ISO/IEC 15693』等國際標準。這兩者都是使用 13.56MHz 頻段，因此應用範圍受到限制。目前 ISO/IEC 18000 系列不僅針對 13.56MHz 頻段，還包含了 2.45GHz 頻段及 UHF 等頻段，對電子標籤形狀也幾乎不設限制。可以預見的，尤其是 EPCglobal 所制定之 EPC Gen 2 規範已於 2006 年 6 月正式納入 ISO18000-6C 標準，以 ISO/IEC 18000 系列為首之 RFID 國際標準，今後勢必會成為 RFID 普及化的重要關鍵。



資料來源：唐震寰教授/ RFID 國際技術發展現況及未來趨勢。

圖 6.6 RFID 國際技術發展現況及未來趨勢

表 6.7 不同 RFID 相關標準及其應用範圍

標準	應用範圍
ISO11784	RFID of animals – Code structure 共 64 bit
ISO10563	close coupling, 傳輸距離小於 1cm, processor card, 非接觸智慧卡
ISO14443	Proximity coupling, 傳輸距離小於 10cm, memory/processor card, 大眾運輸票價卡
ISO15693	Vicinity coupling, 傳輸距離小於 1m, memory card, 門禁卡
ISO18000	RFID for Item Management, 此標準屬於貨品管理類。主要用作供應鏈管理的用途。
EPC	Electronic Product Code, 物流管理

資料來源：本研究整理。

6.5 RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施規劃

本研究為 RFID 應用於交通資訊蒐集之先導計畫，然囿於計畫資源的限制，無法進行大規模的實地測試，但由公車專用道的公車測試結果觀之，對於應用 RFID 進行交通參數的偵測，仍有一定的準確度，惟後續仍應進行多車道/混合車流的測試，以進一步了解 RFID 的適用性。再者，與其他車輛偵測器僅需偵測單元的偵測原理不同，應用 RFID 蒐集交通資訊時，除於道路上架設 RFID 讀取器外，另須於車輛上安裝電子標籤，因此如何讓用路人接受，得以順利推廣，也是推動之際的主要考量因素。

本章已於前述各節說明 RFID 於交通資訊蒐集上之應用功能、系統架構規劃、推動成本分析及相關課題檢討，以下延續上述內容，就本研究研提之應用方向，初擬 RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略及配合措施於後。

6.5.1 推動策略規劃

如 6.1 節研提之應用方向規劃，RFID 於交通資訊蒐集上的應用，因可辨別車輛身份，因此可用以進行特殊車輛之控管，且因重車、公共運輸車輛、緊急車輛等較無隱私權的爭議，可將特殊車輛之控管項目列為優先推動項目；而一般車輛之交通參數蒐集，則應視電子車牌政策實施，在車輛普遍安裝後再行實施，以提昇資訊蒐集的準確性。而就長程而言，更可伴隨車上資通訊平台(Telematics)的發展，於配備車上單元的車輛上安裝電子標籤，在提供交通相關資訊的同時，也以該車為探偵車，蒐集行車資訊，作為發佈依據。因此，後續應用 RFID 於交通資訊蒐集上的推動可由以下三方向進行。

1. 由示範走向建置

初期結合商用車輛管理服務(CVOS)、先進大眾運輸服務(APTS)以及緊急救援管理服務(EMS)等示範計畫的推動，進行 RFID 蒐集交通資訊的示範。評估應用技術(電子標籤/讀取器型式)及架設方式(路側式/高架式)，與執行績效等，作為後續推動的參考依據。示範計畫項目之初步構想分別說明於後：

(1) 砂石車及危險品運送車輛等大型車輛之禁行路線管理

計畫目的

- a.了解 RFID 應用於大型車輛進行路線管理之可行性
- b.比較 RFID 技術與 GPS 車機監控之績效差異
- c.建立應用 RFID 技術之建置規範(原則)

計畫對象

遴選砂石車/危險品運送車輛等大型車車隊及示範路線進行示範建置

工作項目

- a.相關應用案例之回顧蒐集
- b.禁行路線管理之需求分析
- c.遴選示範路線及車隊
- d.應用 RFID 技術與 GPS 車機監控之禁行路線管理的示範建置
- e.示範建置計畫之績效評估
- f.RFID 技術之建置規範(原則)之檢討研擬

(2)砂石車及危險品運送車輛等大型車輛之過磅管理

計畫目的

- a.了解 RFID 應用於大型車輛過磅管理之可行性
- b.建立應用 RFID 技術之建置規範(原則)
- c.研擬推動策略與配套措施

計畫對象

遴選砂石車/危險品運送車輛等大型車車隊及示範路線進行示範建置

工作項目

- a.相關應用案例之回顧蒐集
- b.大型車輛過磅管理之問題診斷及需求分析

- c.遴選示範路線(地磅站)及車隊
- d.應用 RFID 技術進行過磅管理的示範建置
- e.示範建置計畫之績效評估
- f.相關議題檢討及推動策略/配套措施研擬

(3)緊急車輛與公共運輸車輛之優先號誌的實施

計畫目的

- a.了解 RFID 應用於緊急車輛與公共運輸車輛之優先號誌的可行性
- b.比較 RFID 技術(路側啟動)與 GPS 車機監控(中心啟動)之績效差異

計畫對象

遴選緊急車輛與公共運輸車輛及示範路線進行示範建置

工作項目

- a.相關應用案例之回顧蒐集
- b.優先號誌之實施策略與處理邏輯之檢討修訂
- c.遴選示範路線(優先號誌路口)及車隊
- d.進行應用 RFID 技術與 GPS 車機監控之優先號誌的示範建置
- e.示範建置計畫之績效評估
- f.相關議題檢討及推動策略/配套措施研擬

(4)利用公共運輸車輛之旅行時間蒐集，推估一般車輛之旅行時間資訊

計畫目的

- a.建立應用 RFID 於公共運輸車輛以蒐集旅行時間的計算模式
- b.進行應用 RFID 於公共運輸車輛以蒐集旅行時間的績效評估

計畫對象

遴選公共運輸車隊及示範路線進行示範建置

工作項目

- a.相關應用案例之回顧蒐集

- b.旅行時間推估模式之研擬
- c.遴選示範路線及車隊
- d.進行應用 RFID 技術於旅行時間蒐集之示範建置
- e.示範建置計畫之績效評估
- f.相關議題檢討及推動策略/配套措施研擬

2.結合電子車牌政策的實施

基於隱私權、個人成本的考量，要求一般車輛普遍安裝車輛電子標籤實有推動的困難，因此對於一般車輛之交通資訊偵測應採「順風車策略」。亦即藉由電子車牌政策的實施，在一般車輛上皆安裝電子標籤後，於道路上佈設讀取器蒐集車輛之通行資訊，進而換算相關之交通參數。惟此策略實施之前，仍應進行大規模測試，評估電子標籤型式及讀取器之架設方式等。另需能確保駕駛人之隱私，以減少駕駛人的疑慮。

3.交通資訊會員之募集

就長程而言，伴隨車上資通平台(Telematics)的發展，鼓勵配備車上單元的車輛亦安裝電子標籤，在互利互惠的前提下，作為交通資訊蒐集的探偵車；並建置讀取器蒐集行駛車輛資訊，提供駕駛人參考。惟此策略實施之前，仍應進行大規模測試，評估電子標籤型式及讀取器之架設方式等。另需能確保駕駛人之隱私，以減少駕駛人的疑慮。

6.5.2 配合措施規劃

為順利推動 RFID 之交通資訊蒐集應用，初步規劃以下相關配合措施提供參考。

1.大規模實測計畫的實施

本研究之實地測試僅侷限於公車專用道的公車，且以路側式方式架設讀取器。而考量通訊區衰減及大車遮蔽小車等路側式架設的問題，為應用於多車道的情況，讀取器仍以門架式架設為宜。因此後續應進行門架式的多車道測試，以驗證 RFID 的可行性。茲說明大規模實測計畫的測試對象及評估項目於後：

(1)測試對象：多車道的混合車流。

(2)評估項目

電子標籤/讀取器之型式及使用頻段

讀取器架設方式，包括多車道共用單組讀取器、每一車道佈設一組讀取器等。

不同情境(如天候、車流等條件)下，對於各交通參數之偵測準確性，進而分析歸納適用範圍。

2.RFID 工程規範的建立

進行大規模實測計畫後，依據不同 RFID 讀取器/電子標籤型式及架設方式的適用範圍之實測結果，擬定相對應之工程規範，內容包括適用規格、建置方法等，以提供後續建置單位的參考。

3.資料加密技術的發展

應用 RFID 蒐集交通資訊的成功關鍵之一在於如何確保個人隱私權，因此為減少駕駛人疑慮，應發展資料加密技術。其可行方法如 6.4.1 節所述，包括以下兩種方法：

(1)RFID 電子標籤 ID 加密處理，解密之密碼由政府管理。

(2)在電子標籤內寫入密碼。當讀取器要讀取電子標籤時，電子標籤須比對讀取器傳來之密碼，比對成功才允許讀取。

後續之推動策略及配合措施整理如表 6.8。

表 6.8 RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施

推動順序	應用項目	推動策略	配合措施
優先	重車禁行路線管理	1.結合 CVOS 相關計畫進行示範推動 2.視示範執行績效，進行後續推廣	大規模實測計畫的實施
	重車過磅管理		
	公車旅行時間蒐集	1.結合 APTS 相關計畫進行示範推動 2.視示範執行績效，進行後續推廣	
次優先	公車號誌優先	1.結合 APTS 相關計畫進行示範推動 2.視示範執行績效，進行後續推廣	RFID 工程規範的建立
	緊急車輛號誌優先	1.結合 EMS 相關計畫進行示範推動 2.視示範執行績效，進行後續推廣	
中長程	一般車輛交通參數偵測	1.結合電子車牌政策的實施 2.交通資訊會員之募集	資料加密的發展

第七章 結論與建議

綜合前述示範測試計畫之成果，本研究提出以下之結論與建議，供後續相關研究參考。

7.1 結論

1.根據實驗室測試，可得出以下結果

(1)RFID 技術蒐集交通參數時會影響量測值準確性之因素

偵測時間的誤差：RFID 讀取器重複讀取的電子標籤的時間誤差、RFID 讀取器與電子標籤之間空中介面資料的處理速度、讀取器資料訊框時脈的精密度與位元誤差率等，都會影響到時間偵測的準確性。

通訊區大小的變動：車上的 RFID 電子標籤與路側的 RFID 讀取器的相對距離，會隨著每次車輛當時經過的距離而變動，以致於相對的水平通訊寬度也隨之改變，加上微波輻射場型受到環境或天候的自然變動現象，都會產生通訊區大小預估的誤差發生。

擋風玻璃的影響：就實驗室測試階段所取得之玻璃用的被動式 RFID 電子標籤測試發現，容易遭受汽車擋風玻璃及隔熱紙因素而影響到 RFID 讀取器與電子標籤之間相對的通訊距離，而產生通訊區縮減的現象。惟多種擋風玻璃與隔熱紙材質，對於射頻訊號的衰減效應差異性各有不同，況且車型種類繁多，本研究若要進行全面性測試並作出統一結論實有困難，因而本研究建議可作為後續研究深入探討的測試項目。雖然本研究初步認為 RFID 電子標籤若設置於車內對通訊品質是有一定程度的影響，但是本研究所進行的測試計畫，係將 RFID 電子標籤黏貼於車輛外面，故可以排除此項因素的影響。

RFID 讀取器的 EIRP 發射功率與接收靈敏度：由於被動式與本研究試行之半主動式 RFID 電子標籤，係背向散射讀取器發射的射頻

訊號，故讀取器之 EIRP 發射功率或接收靈敏度越高，可以通訊的垂直通訊距離越遠。

天線的輻射場型：當天線設計之半功率角（half-power beamwidth）越大，則水平通訊區越大，但是因為讀取器 EIRP 發射功率不變，因而相對的垂直通訊距離會變小。

RFID 操作的頻率：根據微波理論顯示天線端的接收功率大小是與波長平方成正比，也就是與頻率平方成反比，所以若是在其他條件完全相同的條件下，RFID 操作的頻率越高，垂直通訊距離越短。

2. 資料分析結論

(1) 流量與車種分類：不論是那一種天候條件、尖峰或是離峰，RFID 在流量與車種分類的偵測方面的準確率皆可達到 100%。

(2) 平均速度(點速度)：

雙 Tag 單 Reader 與單 Tag 雙 Reader 所偵測得到的速度值誤差率明顯優於單 Tag 單 Reader 架構。

單 Tag 單 Reader 架構未經校正前所量測之速度偵測值均呈現大幅高估趨勢。

以尖離峰時刻分別觀察，RFID 的偵測表現並無明顯差異。

以晴、陰、雨等天候情境分別評估其偵測誤差率表現，無明顯一致性。

(3) 旅行時間

偵測值均高於對照值。

在旅行時間的偵測上，以晴天時的表現最佳，陰天情境次之，雨天時偵測表現較差，經查 GPRS 通訊資料，顯示雨天時段其傳輸品質較為不穩，故為確保通訊品質便需增長傳輸時間，以至於雨天時偵測的時間誤差有較大現象。

尖離峰偵測誤差率的差異於晴天時最小，陰天次之，雨天時差距最大。

以尖離峰時段的區隔觀之，離峰時段的偵測誤差率均低於尖峰時段，經查 GPRS 通訊資料，顯示尖峰時段電信系統較為忙碌，故為

確保通訊品質便須增長傳輸時間，所以尖峰時段偵測的時間誤差有較大現象。

(4)佔有率

整體而言，RFID 在佔有率方面偵測誤差率皆落於 20%至 30%之間，且偵測值均低估。

比較晴、陰、雨情境，尖峰時段的偵測誤差率相當接近。

(5)車輛停止偵測：RFID 於停止偵測方面表現良好，不論是點停止偵測或區間停止偵測，均能確實掌握符合設定條件之停止車輛。

3.本示範測試計畫過程中可能產生的誤差包括偵測範圍飄移誤差、GPRS Modem 回傳時間誤差、複數 Tag 進入同一 Reader 偵測區內所產生之資料讀取誤差、錄影拍攝角度誤差等，詳細描述與建議改善策略請參照 5.4 節。

4.RFID 於交通資訊蒐集之偵測特性

(1)RFID 偵測交通參數有一定準確度

就本研究的實地測試而言，RFID 對於流量、速度、佔有率、旅行時間等交通參數的偵測皆有 80%以上的準確度，尤其對於流量、車種分類及旅行時間等參數的偵測，其準確度更高。

就本研究之測試結果觀之，天候與尖離峰等不同情境對於 RFID 偵測的準確度亦無明顯影響。

(2)RFID 架設方式影響交通資訊蒐集結果：本研究之實地測試因考量操作便利性，選擇公車專用道之公車進行測試，並於路側現有的門架及路燈進行讀取器的架設，惟對於 RFID 特性的了解，因路側式架設，雖可確保鄰近讀取器車道之車輛偵測，但因通訊區衰減及大車遮蔽小車等的問題，路側式架設僅適用單車道而不適用多車道偵測。

(3)RFID 可辨別車輛身份：可辨別車輛身份的特性可謂 RFID 作為交通資訊蒐集設備之最大優勢，亦即可應用於更細緻的交通管理與策略的實施

(4)RFID 讀取器需搭配車輛電子標籤的黏貼：與其他車輛偵測器不同，RFID 除讀取器的建置外尚需搭配車輛黏貼電子標籤，而電子標籤黏

貼數量也將影響交通參數偵測的準確度。因此，如何促使車輛電子標籤普遍建置，亦是推動 RFID 作為交通資訊蒐集系統的重要課題。

- 5.若以建置 300 組車輛偵測設備為例，與其他車輛偵測器比較，當不計電子標籤安裝費用及採 Wi-Fi 作為通訊方式時，RFID 設備約需 1 億元；而影像式及微波式偵測器較高，約需 1.1~1.2 億元；而環路線圈相對較少，僅需 2,800 萬元。相關成本分析請參照 6.3 節。

7.2 建議

- 1.要降低以 RFID 技術蒐集交通資訊之誤差，針對減少偵測時間誤差，最佳的方式是 RFID 讀取器能夠增加即時時脈設計(Real Time Clock, RTC)，在讀取 RFID 電子標籤的識別碼同時標記相對的時間，如此便可精準地判別出車輛當時的點速度。
 - (1)目前 IT 市場上已經有許多成熟而價廉的 RTC 硬體晶片產品，其主要是以 32.768kHz 石英震盪器，作為含有時間演算法則 RTC 晶片的時脈來源，而成為該產品時脈振盪的參考時鐘。雖然目前 RFID 讀取器尚未加入此項設計，但因 RTC 早已達到市場規模而成為價美物廉成熟的產品，所以未來只要有市場需求，廠商會樂意配合嵌入此設計。
 - (2)各個 RFID 讀取器之間 RTC 同步的問題，則可以利用於系統工作負載比較不忙碌的時間點，例如，開機或深夜時分，由系統統一對所有相關的 RFID 讀取器執行同步更新命令，即可完成時鐘同步的動作。
- 2.日後推廣時，可以因地制宜考慮使用固網或其他頻寬較大的 Wi-Fi/WIMAX 等技術，可減少無線通道資源佔用的影響。
- 3.本研究之測試僅侷限於公車專用道的公車，測試結果僅能反應 RFID 於單車道應用之部分情況，後續仍應進行對於多車道/一般車流之實地測試，以進一步了解 RFID 於多車道/混合車流之應用績效。

4.RFID 於交通資訊蒐集的應用(詳見 6.1.2 小節)：

- (1)禁行路線管理。
- (2)過磅管理。
- (3)優先號誌。
- (4)交通參數偵測。

5.RFID 種類應用於交通運輸的規劃

- (1)被動式 RFID 系統：價格上相當具有競爭力而且體積小的優勢，將成為未來推廣車輛電子車牌趨勢所在，以及停車場門禁管理等低速行駛與短距離通訊的使用場合。本研究因遷就於 3.1.7 節現實因素，而選擇半主動式 RFID 電子標籤作為現階段示範公車測試之標的，但是目前半導體與微波電子電路科技進步的發展下，電子標籤晶片運作的消耗功率與天線輻射的效能，與日俱進，逐漸提升改善，而且鑑於價格與體積的優勢，未來被動式的 RFID 系統會是相當具有市場競爭優勢的明日之星。
- (2)半主動式 RFID 系統：此電子標籤價格比較高而且體積比較大，以致於推廣上將有所受限，適用於即使在高速行駛或其他惡劣環境因素下，仍可保持精確地掌控車輛交通參數蒐集或相關的應用場合，現階段宜由有特殊需求的管制車輛、緊急車輛及大眾運輸車輛等著手進行。
- (3)主動式 RFID 系統：因通訊範圍過大的影響，而導致測量結果誤差過大，較不利於作為車輛交通參數蒐集之用。其次，就交通資訊蒐集而言，應適用於較長距離的偵測，以消弭誤差的影響，例如作為車輛旅行時間蒐集的應用。

6.RFID 安裝架構應用於交通運輸的規劃

- (1)高架式 RFID 架構：

將 RFID 讀取器安裝於道路之正上方位置，因而可以與安裝於車頂(金屬用)或前擋風玻璃(玻璃用)的 RFID 電子標籤取得較佳的通訊位置，而不至於因為車輛行駛路徑的改變或遭受車輛阻擋而干擾通訊，形成通訊的死角。

藉由車種已知的車輛高度與電子標籤固定安裝的位置，使得電子標籤與讀取器相對的距離可以得到控制，因而通訊距離的變化會比較容易得到控制，而這些優點正適用於未來頗受期待的多車道自由流(MLFF)系統。

原則上係以每個車道正上方安裝一個 RFID 讀取器，而若是基於經費限制考量，例如於兩個車道共用一個 RFID 讀取器時，則需特別選擇水平通訊角度，以涵蓋跨過兩個車道的 RFID 系統建置。

藉由高架式 RFID 架構可以控制已知的車輛高度與電子標籤固定安裝的位置，使得電子標籤與讀取器相對的距離可以得到較佳控制。此架構需跨越車道安裝鋼架，不易施工而且施工成本也較高昂，所以推動時宜由高/快速公路與橋樑作為先期建置的目標。

(2)路側式 RFID 架構

將 RFID 讀取器安裝於道路旁邊鋼架或附加架設於路燈或交通號誌桿等既有結構體上面，而 RFID 電子標籤則安裝於車側(金屬用)或側邊窗戶玻璃(玻璃用)上。

安裝比較容易而且比起高架式架構施工成本低廉許多且維護容易。通訊區範圍較小且與車輛行駛的路徑有關，容易因為車輛行駛位置與路側的距離不定，導致通訊區大小的變化不定，而且容易遭受夾雜其間經過的物體或車輛遮蔽阻擋而產生通訊阻隔死角的情形，所以此架構不適用於多車道自由流(MLFF)系統。

7.RFID 系統架構應用於交通運輸的規劃：建議宜由雙讀取器/單電子標籤的系統架構作為將來推行的方案參考。

8.RFID 應用於交通資訊蒐集之相關課題：

(1)隱私權處理：基於 RFID 電子標籤於國內外皆有涉及隱私權保護的問題，RFID 電子標籤在國內 ITS 之適用優先對象可選擇商用車輛(包括計程車、砂石車、貨櫃車等)、大眾運輸車輛(包括公車、火車等)及緊急救援車輛(包括救護車及消防車等)進行先導應用。未來當 RFID 應用於 ITS 之技術日趨成熟後，再推廣至一般車輛。

(2)標準發展：RFID 今後要想普及，價格及相容性將是兩大重要因素，因此相關技術的國際標準規格是不可或缺的。隨著市場與技術發展，

目前 EPC 與 ISO/IEC 已成為最重要的國際標準，而國際技術方向已趨向高頻，國內交通運輸應用 RFID 系統時，應選擇符合國際標準之規格，一方面價格會較便宜，另一方面也可避免壟斷情形發生。

9.RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施規劃

因 RFID 可辨別車輛身份，因此於交通資訊蒐集上可用以進行特殊車輛之控管，且因重車、大眾運輸車輛、緊急車輛等較無隱私權的爭議，可將特殊車輛之控管項目列為優先推動項目；而一般車輛之交通參數蒐集，則應視電子車牌政策實施，在車輛普遍安裝後再行實施，以提昇資訊蒐集的準確性。而就長程而言，更可伴隨車上資通訊平台(Telematics)的發展，於配備車上單元的車輛上安裝電子標籤，在提供交通相關資訊的同時，也以該車為探偵車，蒐集行車資訊，作為發佈依據。

(1)推動策略：包括以下 3 項，詳見 6.5.1 節。

由示範走向建置

結合電子車牌政策的實施

交通資訊會員之募集

(2)配合措施：包括以下 3 項，詳見 6.5.2 節。

大規模實測計畫的實施

RFID 工程規範的建立

資料加密技術的發展

參考文獻

- [1] MOTC-IOT-94-TDB005,「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別 (RFID) 電子標籤技術應用研究(1/2)」,交通部運輸研究所,民國 94 年 12 月。
- [2] 「高雄市複合式交通管理系統整體規劃」,高雄市政府交通局,民國 92 年 10 月。
- [3] 「先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究」,交通部運輸研究所、鼎漢國際工程顧問股份有限公司,民國 91 年 3 月。
- [4] 「ITS 感測技術與所需資料型態之研究」,中華電信研究所、中華智慧型運輸系統協會,民國 91 年 10 月。
- [5] 「台灣地區發展智慧型運輸系統(ITS)綱要計劃」,交通部運輸研究所,民國 89 年 9 月。
- [6] 「低功率射頻電機技術規範(LP0002-940324)」,交通部電信總局民國 94 年 3 月。
- [7] 鄭同伯(民 93),RFID 應用無所不在,《通訊雜誌》第 122 期,56--59 頁。
- [8] 高凱聲(民 93),RFID 各項推廣計畫積極展開中《通訊雜誌》第 122 期,60--68 頁。
- [9] 賴明豐,周樹林,“全球RFID市場規模分析”,(MIC資策會產業情報中心(2006 年 6 月 2 日出版)。
- [10] RFID 技術與應用 /日經 BP 社 RFID 技術編輯部編,周湘琪譯,旗標出版公司,民 93。
- [11] 李克聰等,「電子車牌於電子收費之規劃與設計」,中華智慧型運輸系統協會第二屆論文集,民國 89 年。
- [12] 李克聰,「智慧化車牌之建議」,中華民國運輸協會運輸人通訊,第二十期,民國 92 年 10 月。
- [13] 卓訓榮等,「RFID 於 ATMS 與 ATIS 之應用規劃」,中華民國運輸學會第 19 屆論文研討會,民國 93 年 11 月。
- [14] 雷志強等,「車輛偵測器現有產品特性分析與研究」,國道新建工程局,民國 88 年 4 月。
- [15] AlliedBusiness Intelligence Inc. 2005, RFID Market Forecast。
- [16] Claire Swedberg,“RFID Drives Highway Traffic Reports”, RFID Journal, Nov. 2004.
- [17] L.A. Griffin,“Sharing Resources to Achieve Regional Objectives”, American Society of Highway Engineers, Fall 2005.
- [18] FDOT's Monthly ITS Newsletter, Dec. 2002.
- [19] Houston Transtar Fact Sheet, 2005.

- [20] 美國休士頓都會區 Transtar 官方網站 (<http://www.houstontranstar.org/>)
- [21] Transcore 公司網站(<http://www.transcore.com/wdtranscoreproducts.html>)
- [22] Shawn M. Turner etc. , “Quantifying the Benefits of High-Occupancy Vehicle Facilities Using Automatic Vehicle Identification Technology”, Southwest Region University Transportation Center etc., Nov. 1995.
- [23] 台灣號誌公司,「桃園縣交通控制中心系統更新設計建置工程(第一期)系統細部設計 第十五冊 電子式車輛辨識系統」,桃園縣交通局,民國 94 年 9 月。
- [24] Texas Instruments, “TIRIS NEWS Issue no.19”, 1999.
- [25] 「Advanced Traffic Detection」,Scientific American Newsletters, 2000.
- [26] Klaus Finkenzeller, 「RFID-Handbook 2nd edition」, April 2003.
- [27] 「Project#3(95-003) Surveillance Requirements/ Technology FINAL PROJECT REPORT」, DOT/FHWA, June, 1995.
- [28] <http://www.aimglobal.org/> (RFID 技術網站)
- [29] <http://www.epcglobalinc.org/index.html> (EPCglobal 網站)
- [30] Hae Don Chon etc., “Using RFID for Accurate Positioning” ,The 2004 International Symposium on GNSS/GPS, Dec. 2004.
- [31] TTI, “Advanced in Traffic Data Collection and Management” , Traffic Data Quality Workshop, Dec. 2006.
- [32] 「通訊科技與法律的對話, 第十五章 口袋裡的老大哥--論 RFID 的隱私權保護課題」, 太穎國際法律事務所。
- [33] Stephen August Weis , 「Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices」, Department of Electrical Engineering and Computer Science , May 2003 。
- [34] <http://www.epic.org/privacy/rfid/>

參考文獻

- [1] MOTC-IOT-94-TDB005,「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別 (RFID) 電子標籤技術應用研究(1/2)」,交通部運輸研究所,民國 94 年 12 月。
- [2] 「高雄市複合式交通管理系統整體規劃」,高雄市政府交通局,民國 92 年 10 月。
- [3] 「先進車輛偵測技術測試評估作業程序研擬及驗證之研究」,交通部運輸研究所、鼎漢國際工程顧問股份有限公司,民國 91 年 3 月。
- [4] 「ITS 感測技術與所需資料型態之研究」,中華電信研究所、中華智慧型運輸系統協會,民國 91 年 10 月。
- [5] 「台灣地區發展智慧型運輸系統(ITS)綱要計劃」,交通部運輸研究所,民國 89 年 9 月。
- [6] 「低功率射頻電機技術規範(LP0002-940324)」,交通部電信總局民國 94 年 3 月。
- [7] 鄭同伯(民 93),RFID 應用無所不在,《通訊雜誌》第 122 期,56--59 頁。
- [8] 高凱聲(民 93),RFID 各項推廣計畫積極展開中《通訊雜誌》第 122 期,60--68 頁。
- [9] 賴明豐,周樹林,“全球RFID市場規模分析”,(MIC資策會產業情報中心(2006 年 6 月 2 日出版)。
- [10] RFID 技術與應用 /日經 BP 社 RFID 技術編輯部編,周湘琪譯,旗標出版公司,民 93。
- [11] 李克聰等,「電子車牌於電子收費之規劃與設計」,中華智慧型運輸系統協會第二屆論文集,民國 89 年。
- [12] 李克聰,「智慧化車牌之建議」,中華民國運輸協會運輸人通訊,第二十期,民國 92 年 10 月。
- [13] 卓訓榮等,「RFID 於 ATMS 與 ATIS 之應用規劃」,中華民國運輸學會第 19 屆論文研討會,民國 93 年 11 月。
- [14] 雷志強等,「車輛偵測器現有產品特性分析與研究」,國道新建工程局,民國 88 年 4 月。
- [15] AlliedBusiness Intelligence Inc. 2005, RFID Market Forecast。
- [16] Claire Swedberg,“RFID Drives Highway Traffic Reports”, RFID Journal, Nov. 2004.
- [17] L.A. Griffin,“Sharing Resources to Achieve Regional Objectives”, American Society of Highway Engineers, Fall 2005.
- [18] FDOT's Monthly ITS Newsletter, Dec. 2002.
- [19] Houston Transtar Fact Sheet, 2005.

- [20] 美國休士頓都會區 Transtar 官方網站 (<http://www.houstontranstar.org/>)
- [21] Transcore 公司網站(<http://www.transcore.com/wdtranscoreproducts.html>)
- [22] Shawn M. Turner etc. , “Quantifying the Benefits of High-Occupancy Vehicle Facilities Using Automatic Vehicle Identification Technology”, Southwest Region University Transportation Center etc., Nov. 1995.
- [23] 台灣號誌公司,「桃園縣交通控制中心系統更新設計建置工程(第一期)系統細部設計 第十五冊 電子式車輛辨識系統」,桃園縣交通局,民國 94 年 9 月。
- [24] Texas Instruments, “TIRIS NEWS Issue no.19”, 1999.
- [25] 「Advanced Traffic Detection」,Scientific American Newsletters, 2000.
- [26] Klaus Finkenzeller, 「RFID-Handbook 2nd edition」, April 2003.
- [27] 「Project#3(95-003) Surveillance Requirements/ Technology FINAL PROJECT REPORT」, DOT/FHWA, June, 1995.
- [28] <http://www.aimglobal.org/> (RFID 技術網站)
- [29] <http://www.epcglobalinc.org/index.html> (EPCglobal 網站)
- [30] Hae Don Chon etc., “Using RFID for Accurate Positioning” ,The 2004 International Symposium on GNSS/GPS, Dec. 2004.
- [31] TTI, “Advanced in Traffic Data Collection and Management” , Traffic Data Quality Workshop, Dec. 2006.
- [32] 「通訊科技與法律的對話, 第十五章 口袋裡的老大哥--論 RFID 的隱私權保護課題」, 太穎國際法律事務所。
- [33] Stephen August Weis ,「Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices」, Department of Electrical Engineering and Computer Science , May 2003 。
- [34] <http://www.epic.org/privacy/rfid/>

附錄 1

現場測試事前協調會及現勘會議紀錄

「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究」
案現場測試事前協調會及現勘會議紀錄

- 一、 時間：中華民國 95 年 6 月 13 日(星期二)下午二時整。
- 二、 地點：中華電信股份有限公司總公司 706 室(台北市中正區信義路一段 21 之 3 號 7F)
- 三、 主持人：王景弘博士(中華電信股份有限公司電信研究所)
- 四、 出席單位及人員：

臺北市政府交通局	李彥珍
臺北市政府交通管制工程處	莊萬龍 游純如
臺北市政府工務局養護工程處	陳正弘
臺北市政府工務局公園路燈工程管理處	黃松明
臺北市政府捷運局南區工程處	吳珮玲
大都會客運股份有限公司	盧進祥
首都客運股份有限公司	施婷雯
交通部運輸研究所	黃新薰 張芳旭
中華電信股份有限公司電信研究所	王景弘 李肇浩
	董聖龍 鄧陳興
鼎漢國際工程顧問股份有限公司	李永駿 紀百晉
台灣號誌股份有限公司	江義仁

五、 主持人致詞(略)

六、 計畫團隊說明：(略)。

七、 會勘意見摘要：

1.大都會客運股份有限公司

- (1)車上施工於何時開始？
- (2)測試期間若有標籤掉落該如何處理？
- (3)計畫測試期間適逢本公司車輛汰換，汰換車輛之標籤更替該如何處理？

2.臺北市政府工務局公園路燈工程管理處

- (1)架設於紹興南街、林森南路間第二支路燈上之 RFID 讀取器，是否會干擾既有之 Wi-Fi 通訊設備？
- (2)為期五個月的測試期間，適逢颱風頻繁之夏季，線路若架空恐有安全顧慮。若採架空方式，架空線路需牢牢固定住，避免產生下垂情況，增加行人及車輛之危險。建議以埋設地面的方式進行線路佈設。
- (3)於路燈架設 RFID 讀取器及相關設備原則上同意，但相關設備線路之附掛事宜，尚須請示單位主管。

3.臺北市政府工務局養護工程處

- (1)測試計畫結束後，測試現場復舊以及相關設備拆除等事宜須妥善進行。

4. 臺北市政府交通管制工程處

- (1)測試設備使用之電源不可直接利用號誌桿電源，應接電源線至路口號誌控制器，而相關電源線路架設時應考量其相對位置。
- (2)測試設備線路使用號誌控制箱之電源時，避免破壞控制箱之外觀，且不可干擾號誌用電。

5. 臺北市政府交通局

- (1)由於施工期間將佔用車道，應提送交維計畫予臺北市政府道路交通安全督導會報備查。

6. 臺北市政府捷運局南區工程處

- (1)由於信義路過杭州南路東側目前正在進行捷運施工，若欲高架線路通過其上方恐有安全顧慮，建議將預計架設於信義、杭州路口之 RFID 讀取器之電源線連結到紹興南街路側之號誌控制箱。

7. 鼎漢國際工程顧問股份有限公司

- (1)公車車輛之電子標籤的黏貼施工預計於六月下旬展開。測試期間黏貼於車輛上之電子標籤若有掉落與損壞情形，請客運業者告知本團隊，本團隊將視剩餘標籤數量進行黏貼補足。
- (2)有關測試期間公車汰換，請大都會客運於車輛汰換前通知本團隊，本團隊將前往進行電子標籤更換動作。
- (3)有關各主管單位代表所提議意見，本團隊遵照辦理。
 - a.將盡快準備交通維持計畫，提送臺北市政府道路交通安全督導會報備查。
 - b.後續測試設備的施工將謹慎處理，以避免破壞現有設備及干擾現行的運作。同時將確保 RFID 讀取器架設，以及電源線及訊號線等拉線的牢固，預防意外事故的發生。
 - c.測試計畫擬於 7~11 月間實施，並於 12 月計畫結束後將妥善進行設備拆除及測試現場的復舊。

8. 中華電信研究所

- (1)根據實驗室測試結果，本測試計畫使用之 RFID 設備與現場之 WiFly 設備之間並無訊號干擾問題。

八、 會勘結論：

- 1.經現勘與協調後，決定本計畫所使用之 3 組 RFID 讀取器以及相關設備架設地點及方式如下。

- (1)讀取器架設：第一組 RFID 讀取器架設於信義路、杭州南路

口公車站台之門架上；第二組 RFID 讀取器架設於信義路過紹興南街路口往西第二根路燈燈桿上；第三組 RFID 讀取器架設於信義路、林森南路口附近之路燈燈桿上。3 組 RFID 讀取器及相關設備使用紹興南街路側之號誌控制箱的電源。

(2)電源線拉線：3 組 RFID 讀取器及相關設備之電源線初步擬以架空方式連結至紹興南街路側之號誌控制器。

2.請公園路燈工程管理處代表協助請示架設於路燈之 RFID 測試設備相關線路架空附掛事宜。

3.有關本案測試計畫後續相關事宜，敬請台北市政府相關主管機關惠予協助辦理。

九、 散會

(以下空白)

附錄 2

期中專家學者座談會意見辦理情形回覆表

「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)」

期中專家學者座談會意見辦理情形回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(一) 逢甲大學 李克聰教授			
1	此測試計畫的目的是要找出 RFID 技術於交通運輸領域適用之範圍，開始時需針對其適用範圍進行基本分析，可參考國內外曾使用 RFID 技術進行交通資訊蒐集的案例經驗，探討 RFID 之特性。	遵照意見辦理。RFID 的特性分析及國內外應用 RFID 蒐集交通資訊之案例整理於第二章，以為本研究之參考。	同意執行 單位說明
2	後續進行測試時，建議進行不同測試情境/條件，包括天候、車速、相關位置(水平距離與垂直距離)等，進行交叉分析，以明瞭 RFID 的適用範圍。亦即可設想若干情境，觀察在某種天候條件下，於某個位置，車輛以某個速度行進時，RFID 的表現如何，而其容忍度可到何種範疇？這應是本計畫最後所要得到的結論。另應假設在最壞情況下，RFID 所蒐集到的資料是如何。	遵照意見辦理。 本研究之示範測試計畫先於實驗室進行先期測試，以對測試設備特性有一基本了解(相關測試結果及檢討參見第三章)；後於現地測試進行時，分別蒐集晴陰雨/尖離峰等不同情境資料，並針對不同的交通參數，進行不同情境之偵測結果的比較分析，實地測試結果分析參見第五章。	同意執行 單位說明
3	簡報資料 30 頁之 RFID 通訊區超過一定距離後會有起伏變化；亦即於 7 公尺左右突然往	根據廠商提供的設備規格書可知，測試使用的 RFID Reader 之通訊範圍於 10 11 公尺時就開	同意執行 單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	內縮，而距 Reader 垂直距離在 12 13 公尺後會收斂？此種不規則現象有必要解釋並探討是否合理。	始收斂，且超過 11 公尺之後的輻射場範圍，廠商表示無法保證其涵蓋情況，因此測試時發現其呈現不穩定之現象。 另外，偵測範圍之變化與天線設計有關，在 10 公尺以內波型較穩定，約以 $\pm 40^\circ$ 的幅度往外擴張。 測試設備規格之檢核測試說明於第三章。	
4	針對簡報資料 32 頁之不同車速及讀取距離下之讀取次數的對應表，是否可下一簡單結論？	有關簡報資料 32 頁，「1m」此欄所表示的數字為：當車輛以 10 km/hr 的速度，通過 Reader 前方與 Reader(垂直)距離為 1m 之處時，Reader 所能讀取到的次數為 35 次，而當車輛以 20km/hr 的速度通過與 Reader 距離為 1m 之處時，Reader 所能讀取到的次數為 20 次，依此類推；而「2m」、「3m」、「4m」、「5m」各欄則分別代表當車輛以不同速度，通過 Reader 前方、與 Reader(垂直)距離為 2m、3m、4m、5m 時，Reader 所能讀取到的對應次數資料。 此部份主要是測試當車輛以不同速度通過 Reader 時，其讀取資料之能力如何，同時觀察在 Reader 可有效讀取資料的情況下，車速限制為何。 為避免誤解，已各別敘述分析於 3.1 節，請參照。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
5	簡報 39 頁中關於車頭 車尾 Tag 分別所測得的車速誤差，簡報中提及已有改善，是否可說明調整情形及改善後的結果？	單 Tag 測速造成的誤差主要來自偵測時間的低估，相關檢討分析整理於 5.1 節	同意執行單位說明
6	簡報 42 頁提及讀取器及標籤的穩定性將影響資料蒐集的誤差，請問是否有測試過不同廠牌設備的適用情況？另外電池使用壽命是否會影響測試過程？	<p>1. 囿於計畫資源及時程，本研究實無法針對不同廠牌的設備進行測試。惟依本研究顧問毛治國教授之建議，進行 RFID 設備的穩定性測試，亦即評估同一廠牌設備在不同條件、狀況下其運作與產出結果是否有太大差異，相關測試分析整理於第三章。</p> <p>2. 由於測試使用的是半主動式 RFID 設備，Tag 的訊號是 Reader 所送出訊號之反射，耗電甚低，一般情況下使用期間可達五年左右，而測試期間僅半年，因此應無影響。</p>	同意執行單位說明
(二) 工業技術研究院 洪碧涓博士			
1	雨天情境應考慮濕度之影響，而非只是以噴水方式模擬；後續測試時建議可針對此點多作補充及說明。	本研究於實地測試時分別蒐集晴陰雨三種天候情境資料，以觀察不同情境下 RFID 蒐集交通參數的情形。實地測試之評估分析整理於第五章。	同意執行單位說明
2	日後推廣應用 RFID 技術時，需考慮成本問題；亦即是否需要黏貼多個 Tag 於車輛上，尚須評估。	測試計畫擬黏貼二個 Tag 於車輛上，係為比較單 Tag 與雙 Tag 在交通資訊蒐集上之差異，就資料準確度上來評估 Tag 的黏貼方式。自然後續應用推廣仍需考量	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		成本。測試計畫之評估分析參見第五章；後續推廣應用分析參見第六章。	
3	除了公車專用道外，測試時應考量其他環境條件，評估未來應用時 RFID 技術與設備是否可使用於真實的交通情境中，提高其使用價值。	囿於計畫資源及時程，本研究選擇公車專用道進行測試，其理由在於測試環境較單純，且可確實捕捉到每一輛通過車輛，對於交通參數量測的設計與校估上比較容易。 後續應用推廣於多車道偵測時，建議仍應採高架式架設，以減少遮蔽問題。	同意執行單位說明
4	交通參數中的「車種」意指為何？	交通參數中「車種」分類指的是依不同客運公司(首都客運、大都會客運)及不同行駛路線(0 東、20、204 等)所作的區別，將此資訊寫進 Tag 中，於通過 Reader 時被讀取與紀錄，以此方式模擬未來應用時可能的車種分類方式。 示範測試計畫之參與車輛路線及數量整理於表 4.1-1。	同意執行單位說明
(三) 淡江大學運輸管理學系 范俊海教授			
1	目標交通參數中，「車速」最難掌握，既然目前蒐集到的速度資訊有誤差，則好的資料可留下，不好的資料就棄之不用，而在好的資料裡面思考如何表現通過車輛的車速(例如以平均車速代替單一車速等等)，這才	敬悉。 本研究主要探究 RFID 技術應用於交通資訊蒐集之可行性。現階段研究目的係進行測試分析，以了解誤差原因及技術限制等問題。後續實際應用則可嘗試以資料篩選的方式，獲取有效交通資	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	是正確思考方向。進而設計一套好的車速偵測、計算方法，定義一完善的車速 format 予 RFID 廠商，以期能製造出合於交通資訊蒐集所需的 RFID 技術與設備。	訊。測試計畫資料之相關檢討分析參見第五章。	
2	可探討於什麼情況(車速、距離)下所得到的 data pattern 是最佳。	由誤差敏感度分析知,對於 RFID 蒐集單 Tag 速度資料而言,低速時距離影響較大,而高速時則偵測時間因素影響較大。	同意執行單位說明
3	應用時需要估算大略成本,以比較 RFID 技術與環路線圈、影像偵測器等其他偵測器之優劣勢。	遵照辦理 RFID 技術與其他車輛偵測器之成本分析說明於第六章。	同意執行單位說明
(四) ITS 協會 羅彬榮秘書長			
1	有關通訊區動態量測結果表;由於距 Reader 越遠,Reader 偵測範圍越大,故理論上讀取距離越長,可讀取次數應越大,即表格橫向應呈遞增趨勢;然 10km/hr 此一系列位卻呈遞減之反常現象。此外,此表可有更大的發揮空間,例如可探討與 Reader 距離不同時,訊號 loss rate 是多少。	通訊區動態量測結果之分析表格已修正,以利閱讀。相關分析參見 3.3 節說明及表 3.3-3 與表 3.3-4。	同意執行單位說明
(五) 國家通訊傳播委員會 羅金賢 簡任技正			
1	測試路段上,Reader 佈設的方式是否有相關考量因素?	測試路段 Reader 佈設方式主要是根據現地環境限制所做的考量;Reader 1(杭州南路口附近站台)設置於門架上,而 Reader 2 與	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		Reader 3 設置於紹興南路與林森南路之間的二支路燈桿上。而針對交通參數蒐集的需要而言，三組 Reader 皆可用以蒐集流量資訊；而 Reader 1 與 Reader3 間因橫跨路口，可用以蒐集較長距離且考量路口延滯的旅行時間參數；另 Reader 2 位處路段中，進行點速度的蒐集，可反應一般車流情形；而 Reader 3 因較近路口，用以蒐集佔有率，以反應車輛路口停等的情形。示範測試計畫之細部設計說明於第四章。	
2	本計畫測試時所使用的頻段(2.438 2.457GHz)是 Wireless LAN 使用之頻段，當 Tag 隨著公車到處移動時，是否會受 Wireless AP 的干擾影響？	本計畫使用的是半主動式 RFID 設備，只在進入 Reader 偵測區時 Tag 才會運作，無受其他設備干擾之虞。另因台北市 Wi-Fi 頻道配置係使用 2401 MHz 2473 MHz 頻段，本研究團隊將測試計畫使用之 RFID 系統的載波頻率設定於單頻的 2476.8 MHz，以避免與 Wi-Fi 頻道形成干擾。 詳見 3.1.7 小節說明。	同意執行單位說明
3	電信總局針對不同 RFID 使用頻段已進行測試及規劃，初步擬定 922 928MHz 為 RFID 使用頻段，此頻段尚無其他設備使用，非常乾淨；然此頻段之發射功率以及對交通資訊蒐集應用等層面，與本計畫使用的	1.囿於計畫資源及時程，本研究選用 2.4GHz 之 RFID 設備主要是因為其購買方便，可馬上運用至測試計畫。 2.另本研究旨在探討 RFID 技術是否適合在交通運輸領域應用，若得到的結論是肯定的，	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	2.4GHz 頻段不同，效果亦有差異。若本計畫認為未來 RFID 技術可推廣應用，則應用時是只使用 2.4GHz 頻段，或是需與其他頻段比較其效能，值得深入探討。	則後續可針對不同使用頻段進行進一步評估。	
4	根據先前電信總局所做過的大規模測試結果，RFID 使用 922-928MHz 的話對基地台不會產生干擾，但對手機影響很大；手機離 RFID Reader 太近，則無法順利取得與基地台的連線。	敬悉。由於本研究選用 2.4GHz 之 RFID 設備，應不致影響手機的通話。	同意執行單位說明
(六) 交通大學電機與控制工程學系 吳炳飛教授			
1	請研究團隊注意，當 Correlation coefficient 值越接近 1 時，表示 X 與 Y 越接近線性關係，而非 X 越接近 Y。	敬悉。本評估指標已刪除。	同意執行單位說明
2	實作時，本計畫設定 Correlation coefficient 值為多少時才算是「接近 1」？據以往經驗，此值至少要 0.95 以上較具說服力。	敬悉。本評估指標已刪除。	同意執行單位說明
3	希望研究團隊可以提供實地測試後所得到的數據結果以便參考。	遵照辦理。	同意執行單位說明
(七) 元智大學電機工程學系 周勝次教授			
1	測試時是使用國外廠商生產的 RFID 設備，未來若值得推廣，可針對交通參數之蒐集需求，提出 Reader 和 Tag 的規格予國	敬悉。 若廠商可配合調校 Reader 的 sample rate、RTC 參數，則應能得到更好的結果。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	內廠商，市場夠大的話廠商也會願意生產。		
2	若要應用到交通領域，Multilane 是必須，可思考於 Multilane 情況下如何運用，或提供可使用規格；在什麼樣的規格下可於 Multilane 情境使用。	後續應用推廣於多車道偵測時，建議仍應採高架式架設，以減少遮蔽問題。 後續推廣應用分析可參見第六章。	同意執行單位說明
3	若結論是可以推廣應用，則可草擬一「RFID 技術於交通運輸應用」之使用手冊，內容包括適用規格、建置方法等等，提供運研所及後續相關研究單位參考。	本研究實屬 RFID 應用於交通資訊蒐集可行性之先導研究，且受計畫資源及時程的限制，無法進行大規模及多樣的測試。因此相關建置手冊的研擬，建議另案辦理。	同意執行單位說明
(八) 財團法人中華顧問工程司			
1	後續研究可將 RFID 技術應用於多車道、多車種，研擬更具體情境進行測試；可於期末時提供後續研究方向。	敬悉。後續推廣應用分析及測試建議參見第六章。	同意執行單位說明
2	RFID 技術如何判斷車輛進行車道變換之動作？	若將 RFID 設備以門架式，且每一車道均架設時，則由周遭相鄰讀取器之讀取結果，可判斷車輛是否有變換車道。	同意執行單位說明
3	Middleware 在交通資訊蒐集及處理方面，其功能為何？	本研究 Middleware 的功能包括資料過濾與匹配及計算方式等功能，相關內容可參見第四章。	同意執行單位說明
4	單 Tag 與雙 Tag 方式在交通參數蒐集上有何差異？	在各交通參數的蒐集上：「流量」只需讀取 Tag ID，故單 Tag 與雙 Tag 蒐集方式相同；而「車速」蒐集上，單 Tag 蒐集方式是以通訊區長度除以單一 Tag 通過此通	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		訊區的時間而得，雙 Tag 蒐集方式是將車首、車尾 Tag 間的距離，除此二枚 Tag 進入通訊區的時間差。因為資料獲取方式的不同，而設計了不同的交通參數演算方式。 交通參數演算方式的設計可參見第四章。	
(九) 交通部公路總局			
1	如何增加資料的準確性及穩定性，可能是此計畫最重要的課題。當資料誤差較大時，研究團隊可能要思考是否有補強方法(如 Reader 位置、高度的調整)，改善方法盡量朝不增加業者及使用者成本的方向思考。公路主管機關希望在各個路段皆能佈設車輛偵測器，而在經費有限的情況下，不同偵測器的成本就成為重要考量。未來 RFID 技術日趨成熟後，勢必面臨影像式、微波偵測器的挑戰。	實地測試之初步誤差分析整理於 5.1 節。 建議後續應用推廣可採門架式架設，以蒐集多車道資訊；並結合電子車牌等方式，採單 Tag 雙 Reader 架構推動，以增加使用者的接受度。 相關檢討分析可參見第六章。	同意執行單位說明
2	除預定蒐集之交通參數外，尚可蒐集到「車輛路口停等延滯」、或公車車間距等交通參數，可用以幫助號誌主管機關進行號誌時制掌控，提升路口服務水準以及提昇公車服務水準。	敬悉。本計畫係應用 RFID 技術於交通資訊蒐集之先導研究，先行探討流量、速度、佔有率等交通參數的準確度。而「車輛路口停等延滯」、「公車車間距」因涉及設備架設及測設環境設計等問題，建議作為後續研究課題。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(十) 交通部運輸研究所綜技組 張芳旭博士			
1	實驗室測試可將 UHF 之於交通運輸領域之適用性列為測試項目，做更詳細描述。	遵照辦理。UHF 設備之測試結果參見第三章。	同意執行單位說明
2	此 RFID 設備裝設於小車上適用性如何，佈設方式是否有所不同，可於實驗室進行簡單測試，提供後續研究參考。	遵照辦理。小車測試結果及評估分析可參見 5.3 節。	同意執行單位說明
3	有關 Wireless sensor network 未來的發展趨勢，希望進行 review 並加入報告中。	敬悉。由於本研究主要係為探討 RFID 應用於交通資訊蒐集的可行性。因此僅著重於相關案例的蒐集。應用案例的回顧分析參見 2.3 節。	同意執行單位說明
(十一) 交通部運輸研究所綜技組 黃運貴組長			
1	會勘後待協商事宜，請研究團隊盡快與相關單位進行協調並取得共識，以利測試計畫進行。	遵照辦理。	同意執行單位說明
2	RFID 技術未來應用時該從何處著力，可從兩方面探討；一者，若於公車專用道之測試結果證實 RFID 技術運用於公車專用道上是可行的，則可提供號誌優先、公車班距控管之應用，此部份需鼎漢顧問協助中華電信研究所進行相關討論；二者，若要進一步運用在 Multilane 或不同車種的情境，可能面臨到那些課題。此部份探究將是下一階段的工作重點。	遵照辦理。後續推廣應用分析及課題檢討參見第六章。	同意執行單位說明

附錄 3

期中報告審查會議意見辦理情形回覆表

「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)」

期中報告審查會議意見辦理情形回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(一) 交通部運輸研究所 黃運貴 組長			
1	實地測試計畫進行之情況如何？	已針對會勘意見進行回覆及相關申請工作，公燈處方面已回文同意施工申請，道安會報則對施工內容尚有意見，已完成釐清，並於 8 月 15 日起開始施工四天。	同意執行單位說明
(二) 交通部電信總局 羅金賢 簡任技正			
1	投影片 66 頁中回應與 Wireless AP 的干擾影響的部份，提到「已調整 RFID 讀取器操作頻段避開國內 Wi-Fi 常使用頻段」，試問何謂「調整」？	Wi-Fi 有 13 個 channel 可以使用，國內是使用 11 個 channel，本計畫設備設定是使用第 13 個 channel(2.476 GHz)；另外 Wi-Fi 所使用的展頻技術編碼而本組設備係使用單頻載波 ASK/FSK 調變，因此 Wi-Fi 訊號與本組設備之間而言並無干擾問題。 相關說明可參見 3.1.7 節。	同意執行單位說明
2	書面報告中第 2-5、2-9 頁所整理之 RFID 各頻段的範圍與應用，建議加入國內所使用之 922 ~ 928 MHz 頻段特性與應用範圍，可使之更完整。	相關建議修正之文字部份將遵照意見進行修正。 修正內容參見 2.1.3 節。	同意執行單位說明
3	書面報告中第 2-7 頁中針對不同種類電子標籤之比較，建議加入市場價格、應用範圍等屬性，作一分析整理，對未來應用更具參考價值。	針對不同種類電子標籤之比較將在期末報告內蒐集相關資訊，加入市場價格、應用範圍等屬性的分析整理。修正內容參見 2.1.3 節。 惟設備廠商在市場考量下，亦可能虛報價格。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
4	書面報告中第 3-6 頁中,傳輸方式是否侷限於 GPRS,或是可用其他方式(如透過路由等)進行傳輸?對不同傳輸方式、路徑可做一整合性比較。	傳輸方式以 GPRS 方式乃為避免挖掘道路讓實測計畫可行。實際上傳輸方式也可用 RS485 或網路進行,相關說明補充於期末報告第四章。	同意執行單位說明
5	書面報告中第 4-8 頁中, Tag 回傳訊號的頻率是由 Reader 控制或是由 Tag 決定?	Tag 回傳訊號的頻率是由 Reader 決定。	同意執行單位說明
6	本計畫實測設備只限於單一規格;若有其他設備一併測試,觀察在不同距離時,所收到的 power level 是多大,可做進一步之比較。另外,也許可觀察到其他干擾因素。	囿於計畫資源及時程限制,建議另案辦理。	同意執行單位說明
(三)交通部運輸研究所 蘇振維 副組長			
1	先將要測試的目標交通資訊界定清楚,再決定所需資料之精確度。	遵照意見辦理。實地測試計畫之參數設定說明於第四章。	同意執行單位說明
2	測試結果之誤差可能發生在各個測試階段,如安裝、讀取、資料傳遞與轉換等,皆可能發生各別之誤差,故誤差分析應就各個測試階段分別探討、分析與比較。	遵照意見辦理,後續將就測試結果分別依系統誤差及操作誤差,探討產生誤差的範圍及原因。實地測試計畫之誤差檢討說明於 5.4 節。	同意執行單位說明
3	以攝影方式獲取真值,其 1/100 秒的重覆讀取判定將有助於降低測量誤差。	敬悉。本實地測試之測試真值既擬以攝影機捕捉,並以時間產生器加註 1/100 秒,再與 RFID 所測得之值進行比較,以提升對照值的準確度。 實驗設計方式參見第四章,資料分析結	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		果參照第五章。	
4	將 Tag 上的時間、Reader 所讀取到資料的時間以及後端資料儲存時的時間分開說明，可清楚分析誤差來源。	本研究之實地測試係以 GPRS Modem 收到 Tag 訊號的時間作為記錄時間。實地測試計畫之誤差分析說明於 5.4 節。	同意執行單位說明
(四) 中華智慧型運輸系統協會 羅彬榮 秘書長			
1	書面報告中第 4-1 至 4-7 頁中，參數定義的目的需詳加說明，文表對照的部份亦不甚清楚。	遵照意見辦理。修正相關內容以利閱讀，參見第四章。	同意執行單位說明
2	第五章道路實測的部份為根據實驗室測試結果而規劃，建議於第四章中歸納出 RFID 應用於交通資訊蒐集時，在工程設計上，可控變數及不可控變數分別為那些，未來道路實測時即掌握可控變數，並與實驗室測試比較。	遵照意見辦理。 歸納整理實驗室測試所得之可控變數(如讀取器設置高度、偵測範圍等)與不可控變數(如天候)，並說明於期末報告。參見第三章。	同意執行單位說明
3	可依本計畫測試成果，建議一道路實測方案，供後續研究測試參考。	後續將進行小車測試，並與公車之實地測試結果整合，研擬一道路實測建議方案，供後續研究測試參考。實測方案的建議參見第六章。	同意執行單位說明
(五) 交通部運輸研究所 黃運貴 組長			
1	書面報告中，表 4.3-3、4.3-4 所呈現出之趨勢應詳加說明並整理(如通訊區距離等)，也許可捕捉到實測時可能發生的意外情況，以及需要再調整的地方。	遵照審查意見辦理。 確切通訊區未知且一直在變動，實是最大的問題，只有讀取到的時間值是確定。本研究是以預估的通訊區距離除以實際測得的時間(t)值，在通訊區以 $\tan 40^\circ$ 展開的情況下，車輛與 Reader	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
		距離越近則速率的誤差越大,兩者距離3公尺左右測得的速率與實際車速較為接近。而報告書之表3.3-4是假設通訊區為長方形時,所計算得出的速率分佈。此二表旨在凸顯當通訊區未知時,預估通訊距離的方式不同將出現誤差。後續於期末報告,會整合此部份至誤差分析之中。相關分析內容參見第五章。	
2	實驗室測試出資料呈明顯變動趨勢者,應詳加說明。	遵照意見辦理。實驗室測試結果分析參見第三章。	同意執行單位說明
(六)逢甲大學 交通工程與管理學系 李克聰 教授			
1	報告之整體架構尚不夠明確,應由第一年期研究成果整合實驗室測試結果,再加入道路實測資料分析,最後提出RFID技術應用於交通資訊蒐集之適用範圍,並訂定工程規範,以及探討RFID與其他偵測系統之比較。	<p>(1)報告整體架構將遵照意見進行修正,期使期末報告之結構性更為完整,可讀性更高。</p> <p>(2)實測時的數據分析與RFID技術未來的適用範圍等,將於測試進行時探討比較。實地測試計畫之測試結果分析參見第五章。</p> <p>(3)有關RFID技術與其他偵測系統之比較部份後續將再加強評估,參見2.2節、2.4節之初步比較與第六章後續應用分析。</p>	同意執行單位說明
2	書面報告中第5-3頁中,於實驗室測試時,雨天情境模擬測試並不完全,此部份可經由實地測試補足,可於實地測試時將雨天細分為大雨、小雨等情境進行測試;倘若已有文獻可證實雨天並不影	<p>敬悉。深入探討雨天對RFID資料蒐集之影響部分實有操作上的困難,後續將盡力嘗試,如探究雨量資料與實測數據之相關性等。並持續蒐集可供參考之相關文獻。</p> <p>實地測試計畫之測試結果分析參見第五章。</p>	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	響 RFID 資料讀取之情況，亦應於書面報告中說明。		
3	團隊應該思考，如何透過第一年期與第二年期之研究成果，將整個 RFID 測試計畫建構成形，並提出具體建議供後續研究參考。	遵照委員意見辦理，研究團隊將於期末報告提出具體建議供後續研究參考。參見第六章及第七章。	同意執行單位說明
4	書面報告中第 6-2 頁中所提之後續研擬評估方式，應更清楚敘述。	敬悉。資料驗證及評估方式說明於期中報告 5.2 節，後續將於期末報告修正補強相關內容，以利閱讀。 測試計畫之評估方式參見第四章。	同意執行單位說明
5	報告撰寫時，段落銜接處不夠清楚，另於大節進入到小節之前應有一部份引言。	遵照意見辦理，後續將修正期末報告書之陳述方式，以利閱讀。	同意執行單位說明
6	專家學者座談會之意見修正，應整理出對照表，若有遵照意見修正需提示修正於書面報告中那一頁，若僅以說明回應亦應詳述。	遵照意見辦理，並將之作為期末報告之附件。 期中座談會意見回覆參見附錄二。	同意執行單位說明
(七) 交通部臺灣區國道新建工程局			
1	台灣地區各地道路系統不同，行車特性亦不同。RFID 技術之可行性如何；系統是否能達到要求，以及其適用範圍如何，是本局較關心之課題。	敬悉。本計畫後續將藉由實地測試結果，探討應用 RFID 技術蒐集交通參數的可行性，並就適用範圍及推廣構想進行進一步的分析與研提。 測試計畫評估分析參見第五章，後續推廣應用分析參見第六章。	同意執行單位說明
(八) 臺北市政府交通局			
1	RFID 技術需克服一些課題(如多車道偵測等)，才有推廣應用之可能，也才能進一步	敬悉。本研究係 RFID 應用於交通資訊蒐集的先導研究，主要探討 RFID 技術之適用範圍與實用性，並就推廣應用的	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
	與其他車輛偵測器比較。	相關課題進行檢討。後續應用分析檢討參見第六章。	
(九) 交通部運輸研究所 黃運貴 組長			
1	建議測試過程中使用過之 RFID 設備廠牌名稱統一；即都用代號或都用廠商名稱。	實驗室測試階段，由於非大規模測試，遂以代號表示測試之 RFID 設備；而當正式測試所使用之設備決定之後，即以廠牌名稱代表。	同意執行單位說明
(十) 主席總結			
1	相關文獻應蒐集 RFID 技術發展與回顧，加入本計畫使用設備與其他 RFID 設備之規格與成本等相關屬性比較(如韓國濟州島使用之設備)。	遵照意見辦理，持續蒐集相關應用案例補充說明於期末報告。RFID 技術於交通資訊蒐集的應用案例回顧分析於 2.3 節。	同意執行單位說明
2	書面報告之整體架構、研究結果之分析與呈現及圖表說明等，應再加強。	遵照意見辦理。修正期末報告書內容及陳述方式，以增加可讀性。	同意執行單位說明
3	實地測試時之測試條件分析、可控與不可控變數之界定以及測試結果與其他設備之比較等，應詳述於書面報告中。	遵照意見辦理，補充說明於期末報告。測試計畫的細部設計參見第四章。	同意執行單位說明
4	本計畫期中審查通過，後續請參考各審查委員之意見進行修正與補充，進而進行實地測試。	遵照意見辦理。	同意執行單位說明
5	團隊請針對會議紀錄進行書面意見回覆。	遵照意見辦理。	同意執行單位說明

附錄 4

期末專家學者座談會意見辦理情形回覆表

「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)」

期末學者專家座談會意見辦理情形回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明
(一) 國家通訊傳播委員會 羅金賢 簡任技正		
1	GPRS 是 always on 的話，是否一直佔用 channel？如依此方式推廣應用，通訊成本會非常高。	<p>1.由於 GPRS 傳輸是屬於動態 IP 的機制，中華電信研究所系統設計係於一段時間發現 GPRS 沒有資料傳送，便會自動斷線以 release 出 channel，然而，GPRS MODEM 為確保 channel 的暢通，便每隔一段時間送出一假信號，以確保頻道的持續使用，因而無可避免的形成無線通道資源的浪費，但是因為其通訊費用係採計封包量計費，故對於通訊成本造成的影響不大。</p> <p>2.又本次測試使用 GPRS 是礙於現場施工考量，若日後推廣時，可考慮使用固網或其他頻寬較大的 WI-FI/WIMAX 等技術，可減少無線通道資源佔用的影響。</p>
2	建議將單 Tag/單 Reader、單 Tag/雙 Reader、雙 Tag/單 Reader 三種測量方式作一比較，包括各方式所需要修正的地方，最後明確建議使用那一種方式為最佳。	遵照意見辦理。不同 Tag/Reader 之測量應用方式及建議說明於期末報告第六章。
3	現場測試的 conditions 希望於期末報告呈現出來；包括使用頻段與功率、Reader 架設高度、與公車的距離等，是如何根據實驗室測試所決定。	遵照意見辦理。現地測試之細部設計係依據實驗室測試結果，相關參數/環境設定參見期末報告第四章。
4	整個測試系統的架構應詳細說明；包括網路通訊系統架構及軟硬體設施等等，以供後續研究及未來推廣參考。	遵照辦理。實地測試計畫之細部設計說明於期末報告第四章。

意見編號	意見內容	執行單位說明
(二) 逢甲大學 交通工程與管理學系 李克聰 教授		
1	測試標的一開始即侷限在半主動式 RFID 的測試，但後來進行了許多開放測試，其意義大不大？由將來可能的應用範圍觀之，應用於大眾運輸的可能性小，在特殊車輛上較有應用空間，如大(重)型車輛的管制。測試時可往此應用方向進行測試，研究所提出來的結果較具體。	<p>1.本研究依據 RFID 電子標籤之特性，並進行實驗室測試，在有限資源的限制下，選用較可行之半主動式 RFID 電子標籤進行實測。相關測試說明於第三章。</p> <p>2.因兼顧成本與通訊距離的考量，在推廣特殊車輛管理方面，可以由半主動式 RFID TAG 實行，而要普及至一般車輛方面，可能需採用成本較低的被動式 RFID TAG 較為可行，至於隱私權的問題便需藉助於法律的規範。</p>
2	本測試使用設備其可偵測速度為 200km/ph，偵測範圍水平可達 10m，朝此部份進行相關測試，與未來應用方向較有關聯。簡報 11 頁關於 Tag 置於玻璃後的測試結果太籠統，應具體說明影響有多大、誤差率如何，對將來可能的應用才具參考價值。	<p>1. 因囿於計畫資源，本研究無法進行高速車輛之測試，而為確認測試設備之通訊區規格，本研究於 4~5 月間進行實驗室測試，相關測試內容與評估結果可參見期末報告第三章。</p> <p>2. 有關玻璃材質對 RFID 偵測能力的影響，實屬廠商負責的設備測試；其能提供該組設備於何種材質的玻璃、黏貼於什麼樣的隔熱紙上，其通訊範圍有多廣等資料。由本研究團隊進行測試較辛苦，且無法掌握全面的狀況。後續於報告中詳述 Tag 黏貼表面(玻璃材質、厚度與隔熱紙種類等)與通訊範圍、品質之測試方式(如李肇浩博士所述)，當做參考資訊。相關內容參見第三章。</p>
3	簡報 38 頁的資料太舊，用於比較的相對意義不大；且本計畫是在較簡單的環境中進行測試，要與其他經過大規模測試所產出的準確度等數據比較太過牽強，建議拿掉此部份資料。	遵照意見辦理。相關比較修正以定性方式比較，以了解 RFID 技術與車輛偵測器之差異。相關內容參見第六章。

意見編號	意見內容	執行單位說明
4	單/雙 Tag 與單/雙 Reader 的搭配比較分析,建議加上所對應的成本與其效益(如準確率較佳等),方為完整。	遵照意見辦理。單/雙 Tag 與單/雙 Reader 的搭配比較分析及其應用限制等說明於第六章。
5	本測試所使用的 Tag 單價較高,消費者使用意願相對較低。	敬悉。 低價的 Tag 多為被動式,通訊距離非常短,且易受玻璃等阻隔物影響其偵測品質。在 survey 過的資料中以半主動式 RFID 較符合本次測試的需求,而以半主動式 Tag 而言,價位多在千元台幣左右;除了通訊距離等硬體能力較佳外,一方面也可能是因為產量相對被動式 Tag 而言較少之故。
6	簡報 40 頁,特殊車輛的管理與監控是較可能的應用方向,但涉及 RFID 偵測範圍以及混合車流干擾等問題,針對此部份應提出具體建議,本研究將更具應用價值。若本研究無法做到相關測試,亦可建議後續研究單位繼續加強。	敬悉。相關建議補充說明於期末報告第六章。
7	簡報 43 頁,第一點結論太過牽強,建議最好不要下。第四點關於大眾運輸車輛方面的應用性低,於特殊車輛的控管較可行,未來若全面推行電子車牌,亦可於每個第三車牌上附加 Tag,一般車輛的隱私權問題可以資料加密的方式克服。	敬悉。
8	期末報告的寫法很重要;要告訴後續研究者,在如此的時間與經費下已經做了那些,其結果如何,還有那些尚未做到,提供相關研究者參考。	敬悉。相關建議補充說明於期末報告第七章。
9	若是以搭配電子車牌的方式推廣,則可能使用被動式 Tag,故於本報告中須清楚說明不同 RFID 產品其應用範圍之限制。	遵照意見辦理。不同 RFID 產品應用範圍之限制說明於第二章及第六章。

意見編號	意見內容	執行單位說明
(三) ITS 協會 羅彬榮 秘書長		
1	關於 RFID 與其他車輛偵測器之比較，可放入一些定性的比較，像是 RFID 在那些方面做的比傳統偵測器好等(如旅行時間、車種分類、不同車輛類別的車速分類)。	敬悉。相關比較修正以定性方式比較，以了解 RFID 技術與車輛偵測器之差異。相關內容參見第六章。
2	RFID 在 ID 辨識上的長處可再強調，如應用於特殊車輛，其車輛高度的差異與偵測距離的關係可進一步說明。	敬悉。 RFID 之後續應用分析說明於期末報告第六章。
(四) 交通部運輸研究所 綜技組 張芳旭 博士		
1	原本計畫目標是鎖定在被動式 RFID 之測試，目前這部份沒有進行測試，但未來應用上仍有機會用到，這部份建議於實驗室中進行測試，或是經 survey 後提出中肯的相關建議。	1.UHF 頻段測試部份，速度超過 30 km/ph 就不容易偵測到，美方廠商也不願意配合修改其設定頻段，故無法選擇其設備進行測試。 2.被動式 RFID 電子標籤的應用，除頻段外，電子標籤的 power 亦是關鍵問題；一般而言，可測 3 至 5m 的是 4W，且速度不能太快，改成 2W 則根本不能用。 3.本研究於先期實驗室測試階段，亦針對被動式電子標籤進行測試，測試結果與檢討可參見期末報告 3.1 節。
2	高速測試部份如何處理？	囿於計畫資源及時程，高速測試建議另案辦理。
(五) 運研所 綜合技術組 書面意見		
1	應藉由本次示範測試進行 RFID 與其他種車輛偵測器之建置成本比較分析，包括建置成本、施工、後續通訊費用等分析。	遵照意見辦理。RFID 與其他種車輛偵測器之建置成本比較分析說明於第六章。
2	根據與其他車輛偵測器比較結果，檢視 RFID 在交通應用上是否可行 可蒐集資訊也應比較，應可嘗試提出後續實施及應用	遵照意見辦理 後續應用分析建議說明於第六章。

意見 編號	意見內容	執行單位說明
	之建議。	
3	本次示範測試選用為 2.45GHz 頻段，我國所開放之 UHF 頻段無法測試之理由宜詳述。	遵照辦理。選用 2.45Ghz 頻段之 RFID 設備進行測試之理由詳述於期末報告第三章。
4	於期末報告應更加詳細說明本次示範測試軟體設計、通訊流程、數值校正，以呈現 RFID 優缺點。	遵照辦理。示範測試計畫之細部設計說明於期末報告第四章；測試計畫參數校正及測試結果驗證分析說明於期末報告第五章。
5	本次示範測試資料整理應以情境分析為重點，以了解是否受氣候時間之影響並呈現 RFID 之優缺點。	實地測試計畫係分別蒐集晴陰雨不同天候情況資料進行分析，以比較不同情境之差異。實地測試計畫之驗證分析參見期末報告第五章。
6	全面應用於本報告中建議採用高架式，是否已進行相關測試確定高架式系統可用於多車道。	依據 RFID 技術特性，本研究初步研提高架式作為後續推廣的方式。惟仍建議後續應辦理相關測試，以驗證其可行性。
7	國外是否有類似系統測試，若有，其方式、種類是否與我國相同。	有關 RFID 應用於交通資訊蒐集之相關案例說明於期末報告 2.3 節。
(六) 交通大學 交通運輸研究所 毛治國 教授		
1	關於 Tag 黏貼於車內之測試，其表述方式應更明確；敘述本計畫在此部份測試的方式與內容，其情境是如何(如玻璃厚度、材質、隔熱紙之有無等)，並附上數字，以確切說明其「無影響」，但之後需加註對於其他情境下的考量；如「我們懷疑玻璃厚度、材質與隔熱紙種類等因素會影響 Tag 通訊情況」等敘述，而不要直接下結論。	遵照意見辦理。參見期末報告第三章。
2	Tag 價格可成為一討論點；以特殊車輛為例，其量遠少於物流倉儲之貨品，在價格上相對較不敏感，即便是本次測試使用 Tag 之價位應仍可行。	敬悉。

附錄 5

期末報告審查會議意見辦理情形回覆表

「協助交通資訊蒐集之無線射頻識別(RFID)電子標籤技術應用研究(2/2)」

期末報告審查會議意見辦理情形回覆表

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
(一) 元智大學電機工程學系 周勝次 教授			
1	誤差率是否以 Real time clock 嵌至讀取器內，或以軟體方式建置，建議增加此項功能以改進誤差率。	Real Time Clock(RTC)附加於硬體上之難度不高，對成本影響甚小，只要有市場，廠商應願意配合；相較於 RTC，使用軟體產生之時間無法掌握得相當精準，且需解決 Reader 與軟體時間同步問題。修正內容參見第 7 章。	同意執行單位說明
2	在旅行時間、佔有率之資料蒐集方面，可與 Loop detector、Microwave 等方法比較其實用性。	遵照辦理。補充 RFID 與其它偵測器之 SWOT 分析，以突顯各種技術之優劣與強弱。參見定案報告 6.3 節。	同意執行單位說明
3	擋風玻璃問題是否解決，請說明。	此部分之相關測試已於前期計畫進行。在各種擋風玻璃與隔熱紙之材質影響下，彼此差異性很大，且車型種類太多，要進行全面性測試並作出統一結論實有相當難度。本研究建議作為後續研究之測試項目，參見第 7 章。 本研究初步認為 Tag 若設置於車內對通訊品質一定有影響，然本研究之測試計畫係將 Tag 黏貼於車輛外，可排除影響。	同意執行單位說明
4	誤差率是否為通訊問題所造成，請說明，不要與其他因素混合。	可能誤差之檢討分析參見 5.4 節。囿於計畫資源，本研究選擇 GPRS 無線通訊作為資料傳輸的方式，若為有效排除通訊問題造成的誤差，建議後續應使用頻寬較寬且穩定的固網型態，以評估比較通訊造成之誤差。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
5	在實用性方面，需提出具體建議。	本研究實為應用 RFID 作為交通資訊蒐集之先導研究，由實地測試計畫的結果發現，對於單車道之交通參數蒐集 RFID 可有一定準確度。但後續仍應進行多車道之混合車流測試，才得以確認實用性。	同意執行單位說明
(二) 台灣科技大學電子工程學系 徐敬文 教授			
1	本計畫宜持續進行並擴張到多車道、多車輛之偵測。	敬悉。建議作為研究後續辦理事項。	同意執行單位說明
(三) 逢甲大學交通管理學系 李克聰 教授			
1	表 6.5-1 之推動策略及配套措施之建議應根據測試成果及成本(效益)評估分析結果。	遵照辦理。補充 RFID 與其他偵測器之 SWOT 分析，並據此研擬推動策略及配套措施之建議，以加強報告結構之完整性。參見定案報告 6.3 節。	同意執行單位說明
2	半主動式 RFID 電子標籤選擇之說明宜更詳細並參考相關文獻。	本研究選擇半主動式 RFID 電子標籤進行測試之理由於 3.1 節闡明。至於其他種類之 RFID 電子標籤的適用性仍應進行大規模測試，相關建議參見第 7 章。	同意執行單位說明
3	在本研究所建議之應用方向中，增加與其他相對方式之整體測試比較，尤其在重車路線管理方面。	遵照辦理。補充說明於定案報告 6.5 節後續示範計畫建議之工作內容說明。	同意執行單位說明
4	應增加不同推動策略之成本效益分析。	遵照辦理。於成本效益分析補充計算 Tag 成本及 RFID 可能效益，以為後續參考，相關內容參見定案報告 6.3 節。	同意執行單位說明
(四) 國家通訊傳播委員會 羅金賢 簡任技正			
1	2-8 頁表 2.1-2 中，「訊號大小」宜修正為「訊號強弱」。	遵照辦理，已修正。參見定案報告 2-8 頁。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
2	3-2 頁表 3.1-1 中,「主要規格」欄位應修訂為「Reader 主要規格」,「RFID 電子標籤測試種類」欄位下各廠牌應註明被動式或半主動式。	遵照辦理,已修正。參見定案報告 3-2 頁。	同意執行單位說明
3	3-3 至 3-5 頁,「RFID 電子標籤 4W」應修訂為「RFID 電子標籤 4W 及 EIRP 4W 讀取器」。	遵照辦理,相關內容已修正。參見定案報告 3-3 至 3-5 頁。	同意執行單位說明
4	結論 7-1 頁,將 RFID 器材包括天線、功率、頻率、材質等可能會影響量測值因素亦須加入。	遵照辦理。補充說明於定案報告 7-1 頁及第 2 章內容。	同意執行單位說明
(五) ITS 協會 羅彬榮 秘書長			
1	6-12、13 頁成本分析表 6.3-1 中通訊成本均以 Wi-Fi 作為估計基準,另兩項(ADSL、GPRS)無比較基礎,不宜列入。	本研究建議保留不同通訊方式的成本比較,以為後續應用之參考。惟考量成本及方便性等原因以 Wi-Fi 技術較佳,是故建置總成本之通訊部分僅估算 Wi-Fi 所產生費用。	同意執行單位說明
2	交通使用之 RFID 電子標籤為半主動式,成本較高,物流使用 RFID 電子標籤以被動式為主,成本低廉,應詳細加以說明為宜。	有關不同種類之電子標籤的比較可參照 2.1.3 節及表 2.1-2。	同意執行單位說明
3	第 7 章所提及之旅行時間誤差將技術誤差及通訊誤差混用,應分開個別探討。	可能誤差之檢討分析參見 5.4 節。囿於計畫資源,本研究選擇 GPRS 無線通訊作為資料傳輸的方式,若為有效排除通訊問題造成的誤差,建議後續應使用頻寬較寬且穩定的固網型態,以評估比較通訊造成之誤差。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
4	以有限預算做出豐富成果，值得肯定，但結論部分應可收斂，並更加具體與清楚。	敬悉。補充說明於定案報告第 7 章。	同意執行單位說明
(六) 交通部運輸研究所 綜技組 (書面意見)			
1	第 3 章實驗室測試應就被動式、半主動式、主動式等三項系統於成本、效能因素進行表列分析，同時 UHF 和微波頻率之優劣及選擇理由也應加以整理，通訊區域測量與後續示範系統設計之關係應加以說明。	不同種類電子標籤之比較請參見 2.1.3 節與表 2.1-2。RFID 應用頻段(包括 LF、HF、UHF、微波)之比較請參見 2.1.3 節。本研究經實驗室測試後，認為在可使用資源中以微波式 RFID 電子標籤較適合量測本計畫所欲得到之交通參數，相關比較請見 3.1 節。設備通訊區場型實驗測試設計與分析請參見 3.3 節，根據實驗室測試而決定之現地示範測試計畫如第 4 章所述。	同意執行單位說明
2	第 4 章中，所設置 3 個讀取器彼此作用為何？整體系統建置考量、預期可達到之效果宜先加以說明、RFID 可以提供智慧型運輸哪些資訊。	本示範測試計畫的目標為量測流量、車種別、點速度、佔有率、旅行時間與車輛停止偵測等 6 項交通參數，根據各目標參數意義及現場限制決定各 Reader 蒐集之交通參數，3 個讀取器的作用之相關敘述及系統建置考量參見 4.1 節。本研究係欲了解是否可利用 RFID 蒐集交通參數，至於測試計畫之績效分析說明於第 5 章。	同意執行單位說明
3	第 5 章示範系統各項測試結果之後，應於本章最後做整理彙整，簡要說明各種情況下所產生之誤差及本次示範系統建置是否有需要改進的地方。	有關晴、陰、雨及尖、離峰各情境之綜合比較分析請參見 5.2.4 節，而從實驗室測試到現地測試過程中可能產生之誤差檢討請參見 5.4 節。後續補充說明於定案報告第 5 章，以利了解。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
4	第6章重點應放在RFID與其它偵測器之比較，以及在交通應用上後續進行建議及可行性評估，在與其它偵測器之比較方面，除建置成本外，RFID可以提供的資訊和其他偵測器不同，對智慧型運輸系統有何幫助？哪一些是傳統偵測器做不到的、Tag成本等應做詳盡分析。在交通應用上，應該根據示範系統測試結果明確提出可行性評估，是否有後續研究需求等。	遵照辦理。補充相關內容於定案報告第6章。	同意執行單位說明
5	有關第6章RFID在運輸部門之應用，在VIPS方面具有潛力，可以減少行人事故及保護易受傷害之弱勢使用者，請補充日本相關文獻回顧，並瞭解國內應用之可行性。RFID在電子收費上應用已久，無論高速公路ETC或是大眾運輸收費都有其績效，近來無所不在網路與近場通訊(NFC)之應用與RFID有何相關？	本研究主要係欲探究RFID應用於交通資訊蒐集的可行性，並與車輛偵測器之偵測特性進行比較分析。因此特針對RFID於交通資訊蒐集上的應用實例進行回顧分析(參見2.3節)；並於第6章著眼於交通資訊蒐集研提相關應用。 有關RFID於運輸部門之其他應用建議宜另案辦理。	同意執行單位說明
6	RFID與其它偵測器之比較可否以SWOT分析作比較與探討？以凸顯各種技術之優劣與強弱。	遵照辦理。補充RFID與其它偵測器之SWOT分析，以突顯各種技術之優劣與強弱。參見定案報告6.3節。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
7	RFID 在小車交通資訊蒐集之應用除高架及路側式外，地下埋設有可行性嗎？有那些潛在問題待克服？可否協助 GPS 斷訊狀況下之補充應用？	有關埋設 Reader 於鋪面的應用實例可詳見 2.3.2 節德國柏林的案例。惟 Reader 易損壞，本研究建議不宜普遍採用。 至於 RFID 輔助 GPS 的應用係於鋪面下埋設電子標籤，並於車機加設 RFID 讀取器，利用預先寫入電子標籤之方位資料(如經緯度等)，可於 GPS 遮蔽處輔助 GPS 進行定位。惟與本研究蒐集交通資訊之應用方式不盡相同。	同意執行單位說明
8	RFID 實際應用之可靠度、穩定性、長期應用維修及更新等問題，請作評估及說明因應辦法。RFID 在應用面之外，對國內產業發展有何影響？	本研究實為應用 RFID 作為交通資訊蒐集之先導研究。囿於計畫資源有限，關於 RFID 實際應用之可靠度、穩定性、長期應用維修及更新等問題，建議宜於後續另案辦理。 本研究發現 RFID 技術可運用於交通參數之蒐集，是故後續如能結合相關政策(如電子車牌)之推動，除可提升參數的準確性，更可帶動國內 RFID 相關產業技術的提升。	同意執行單位說明
(七) 主席結論			
1	請研究團隊在報告書中說明為何本計畫採用半主動式 RFID 電子標籤的原因，以及應用環境、條件、相關限制以避免誤用。	經實驗室測試後，認為半主動式 RFID 較適合量測本計畫所欲得到之交通參數，相關比較請見 3.1 節。 相關應用限制與可能誤差既已說明，可參照 3.2 節、3.3 節及 3.5 節之小結。 至於其他種類之 RFID 電子標籤的適用性仍應進行大規模測試，相關建議參見第 7 章。	同意執行單位說明

意見編號	意見內容	執行單位說明	主辦單位意見
2	請研究團隊加強 RFID 成本及效益分析說明，將本研究所得之測試結果及成本效益與第 6 章所提出之推動策略相結合。	遵照辦理。補充 RFID 與其他偵測器之 SWOT 分析，並據此研擬推動策略及配套措施之建議，以加強報告結構之完整性。參見定案報告第 6 章。	同意執行單位說明
3	在表 6.5-1 提出與 ITS 相結合，報告書中並未做相關說明，請團隊補充說明。	遵照辦理。本研究既已說明結合 ITS 相關領域之示範計畫項目於期末報告 6.5 節。 補充說明計畫內容於定案報告以利後續辦理之參考。	同意執行單位說明
4	請團隊依據本文修正結果，將結論與建議做更具體的修正。	遵照辦理 補充說明於定案報告第 7 章。	同意執行單位說明
5	本期末報告原則審查通過，請研究團隊針對與會學者專家及承辦單位所提的口頭或書面意見參考修正並列表說明辦理情形，經本所審查通過納入期末報告定稿內。	遵照辦理。	同意執行單位說明

附錄 6

計畫摘要

1.背景與目的

一般道路交通資訊的蒐集係藉由車輛偵測器來進行，亦即經由車輛偵測器蒐集流量、車速、佔有率等交通參數，進而提供交通控制中心利用。而近年來，由於通訊、資訊技術的進步，應用探偵車輛(Probe Cars)來蒐集交通參數也成為新的趨勢，亦即無論是射頻識別 (Radio Frequency Identification, RFID)、特定短距離通訊 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) 以及整合全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)和整體封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)功能之車機等系統，都逐漸在交通資訊的蒐集上扮演重要的角色。而其中 RFID 電子標籤技術更被列為啟動 21 世紀的十大重要技術之一。

由於 RFID 電子標籤可以讀取、寫入、傳輸、儲存和評估有關產品、地點、時間以及交易的記錄和數據，因此現階段多應用於電子票證、物流倉管、電子收費，以及結合電子收費進行旅行時間資訊的蒐集等。至於以 RFID 電子標籤技術作為車輛偵測器進行流量、車速、佔有率等交通參數的蒐集，仍是一項嶄新且具挑戰性的應用研究。如何適當使用 RFID 技術蒐集交通資訊，以及 RFID 電子標籤是否適合應用在 ITS 中作為提供即時相關資訊即為本計畫之研究重點。

總結上述研究背景，本研究之研究目的主要包含以下三點：

- (1)探討以 RFID 技術蒐集交通資訊的作法
- (2)經由實地測試進行 RFID 技術可行性的評估與驗證
- (3)研擬應用 RFID 技術於交通資訊蒐集的推動策略及措施

2.範圍與對象

本計畫為兩年期計畫，於本年期(第二年期)工作計畫中，係於實際道路環境佈設 RFID 設備，進行流量、佔有率、平均速度、旅行時間、車種分類及車輛停止偵測等交通資訊參數蒐集之測試，並進行事後之驗證評估。驗證資料係採錄影方式蒐集，再以人工方式與實測資料進行比對驗證，以期了解 RFID 技術作為交通參數蒐集方式於不同測試情境的準確性；並藉由測試過程的執行，進行 RFID 技術應用於交通資訊蒐集上的檢討，分析評估後續推廣之實用性。

基於 RFID 電子標籤於國內外皆有涉及隱私權保護的問題，為使示範測試計畫能夠順利執行，本研究決定以台北市行駛「公車專用道」之公車作為示範測試對象。另外，本研究囿於計畫經費的限制，僅針對目前國內可採購之 RFID 系統進行測試，經評選後選擇 2.45GHz 頻段之半主動式 RFID 設備作為本研究之測試對象。

3.內容與工作項目

本年期工作內容主要依據第一年期之研究成果，續以進行以 RFID 電子標籤在交通資訊蒐集上之實地測試與資料蒐集分析評估，完成示範測試系統之績效評估與檢討；同時探討 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展；最終研擬出以 RFID 電子標籤協助交通資訊蒐集之推動策略及後續推動配套措施。工作項目主要包含以下所列 8 項：

- (1)選定示範測試對象、技術、程序、參與人員與範圍

- (2)示範測試細部研究設計
- (3)示範測試系統之實驗室測試
- (4)示範測試系統之安裝與實地測試
- (5)示範測試系統之維運及資料蒐集
- (6)示範測試系統之績效評估與檢討
- (7)探討 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展等
- (8)研擬策略規劃及後續推動配套措施

4.流程

依據第一年期之研究成果，本年期工作首先選定示範測試對象，並進行相關測試之細部研究設計。初期先於實驗室進行初步測試，以對整體功能進行測試確認，提早排除未來實地測試時可能遭遇之問題；並確認決定實地測試計畫實施所需之參數設定、設備架設方式等。完成實驗室初步測試後，示範測試計畫則進入實地安裝與測試階段，此階段除先行調整系統參數使系統穩定外，並將解決系統通信干擾等問題。最後藉由示範測試系統實際運作所蒐集的資料，進行示範測試系統之績效評估與檢討。另外，本年期工作亦進行 RFID 在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展的探討，藉此最終研擬出以 RFID 電子標籤協助交通資訊蒐集之推動策略及後續推動配套措施。同時於計畫期中及期末階段分別舉辦專家學者座談會及研究成果說明會，以多方蒐集意見回饋反應於研究成果。

5.成果

(1)RFID 技術蒐集交通參數時會影響量測值準確之因素

- 1 偵測時間的誤差
- 2 與通訊區大小的變動
- 3 擋風玻璃的影響
- 4 RFID 讀取器的 EIRP 發射功率與接收靈敏度
- 5 天線的輻射場型
- 6 RFID 操作的頻率

(2)資料分析結論

- 1 流量與車種分類：不論是那一種天候條件，不論是尖峰或是離峰，RFID 在流量與車種分類的偵測方面的準確率皆可達到 100%。
- 2 平均速度(點速度)：雙 Tag 單 Reader 與單 Tag 雙 Reader 所偵測得到的速度值誤差率明顯優於單 Tag 單 Reader 架構，單 Tag 單 Reader 架構若未經校正前所量測之速度偵測值均呈現大幅高估趨勢；以尖離峰時刻分別觀察，RFID 的偵測表現並無明顯差異，以晴、陰、雨等天候情境分別評估其偵測誤差率表現，無明顯一致性。
- 3 旅行時間：偵測值均高於對照值；晴天時的表現最佳，陰天情境次之，雨天時偵測表現較差，經查 GPRS 通訊資料，顯示雨天時段其傳輸品質較為不穩，故為確保通訊品質便需增長傳輸時間，以至於雨天時偵測的時間誤差有

較大現象。尖離峰偵測誤差率的差異於晴天時最小，陰天次之，雨天時差距最大。以尖離峰時段的區隔觀之，離峰時段的偵測誤差率均低於尖峰時段，經查 GPRS 通訊資料，顯示尖峰時段電信系統較為忙碌，故為確保通訊品質便需增長傳輸時間，所以尖峰時段偵測的時間誤差有較大現象。

- 4 佔有率：整體而言，RFID 在佔有率方面偵測誤差率皆落於 20% 至 30% 之間，且偵測值均低估。比較晴、陰、雨情境，尖峰時段的偵測誤差率相當接近。
- 5 車輛停止偵測：RFID 於停止偵測方面表現良好，不論是點停止偵測或區間停止偵測，均能確實掌握符合設定條件之停止車輛。

(3) 本示範測試計畫過程中可能產生的誤差包括偵測範圍飄移誤差、GPRS Modem 回傳時間誤差、複數 Tag 進入同一 Reader 偵測區內所產生之資料讀取誤差、錄影拍攝角度誤差等。

(4) RFID 於交通資訊蒐集之偵測特性

- 1 RFID 偵測交通參數有一定準確度
- 2 RFID 架設方式影響交通資訊蒐集結果
- 3 RFID 可辨別車輛身份
- 4 RFID 讀取器需搭配車輛電子標籤的黏貼

(5) 若以建置 300 組車輛偵測設備為例，與其他車輛偵測器比較，當不計電子標籤安裝費用及採 Wi-Fi 作為通訊方式時，RFID 設備約需 1 億元；而影像式及微波式偵測器較高，約需 1.1~1.2 億元；而環路線圈相對較少，僅需 2,800 萬元。

6. 建議

(1) 針對減少 RFID 的偵測時間誤差，最佳的方式是 RFID 讀取器能夠增加即時時脈設計(Real Time Clock, RTC)，在讀取 RFID 電子標籤的識別碼同時標記相對的時間，如此便可精準地判別出車輛當時的點速度。

(2) 日後推廣時，可以因地制宜考慮使用固網或其他頻寬較大的 Wi-Fi/WIMAX 等技術，可減少無線通道資源佔用的影響。

(3) 本研究之測試僅侷限於公車專用道的公車，測試結果僅能反應 RFID 於單車道應用之部分情況，後續仍應進行對於多車道/一般車流之實地測試，以進一步了解 RFID 於多車道/混合車流之應用績效。

(4) RFID 於交通資訊蒐集的應用：

- 1 禁行路線管理
- 2 過磅管理
- 3 優先號誌
- 4 交通參數偵測

(5) RFID 種類應用於交通運輸的規劃

- 1 被動式 RFID 系統：價格上相當具有競爭力而且體積小的優勢，將成為未來推廣車輛電子車牌趨勢所在，以及停車場門禁管理等低速行駛與短距離通訊的使用場合。
- 2 半主動式 RFID 系統：適用於即使在高速行駛或其他惡劣環境因素下，現階

段宜由有特殊需求的管制車輛、或緊急車輛及大眾運輸車輛等著手進行。

3 主動式 RFID 系統：較不利於作為車輛交通參數蒐集之用。

(6)RFID 安裝架構應用於交通運輸的規劃

- 1 高架式 RFID 架構：藉由高架式 RFID 架構可以控制已知的車輛高度與電子標籤固定安裝的位置，使得電子標籤與讀取器相對的距離可以得到較佳控制。此架構需跨越車道安裝鋼架，不易施工而且施工成本也較高昂，所以推動時宜由高/快速道路與橋樑作為先期建置的目標。
- 2 路側式 RFID 架構：安裝比較容易而且比起高架式架構施工成本低廉許多且維護容易。通訊區範圍較小且與車輛行駛的路徑有關，容易因為車輛行駛位置與路側的距離不定，導致通訊區大小的變化不定，而且容易遭受夾雜其間經過的物體或車輛遮蔽阻擋而產生通訊阻隔死角的情形，所以此架構不適用於多車道自由流(MLFF)系統。

(7)RFID 系統架構應用於交通運輸的規劃：建議宜由雙讀取器/單電子標籤的系統架構作為將來推行的方案參考。

(8)RFID 應用於交通資訊蒐集之相關課題：

- 1 隱私權處理：基於 RFID 電子標籤於國內外皆有涉及隱私權保護的問題，RFID 電子標籤在國內 ITS 之適用優先對象可選擇商用車輛(包括計程車、砂石車、貨櫃車等)、大眾運輸車輛(包括公車、火車等)及緊急救援車輛(包括救護車及消防車等)進行先導應用。未來當 RFID 應用於 ITS 之技術日趨成熟後，再推廣至一般車輛。
- 2 標準發展：RFID 今後要想普及，價格及相容性將是兩大重要因素，因此相關技術的國際標準規格是不可或缺的。隨著市場與技術發展，目前 EPC 與 ISO/IEC 已成為最重要的國際標準，而國際技術方向已趨向高頻，國內交通運輸應用 RFID 系統時，應選擇符合國際標準之規格，一方面價格會較便宜，另一方面也可避免壟斷情形發生。

(9)RFID 應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施規劃：因 RFID 可辨別車輛身份，因此於交通資訊蒐集上可用以進行特殊車輛之控管，且因重車、公共運輸車輛、緊急車輛等較無隱私權的爭議，可將特殊車輛之控管項目列為優先推動項目；而一般車輛之交通參數蒐集，則應視電子車牌政策實施，在車輛普遍安裝後再行實施，以提昇資訊蒐集的準確性。而就長程而言，更可伴隨車上資通訊平台(Telematics)的發展，於配備車上單元的車輛上安裝電子標籤，在提供交通相關資訊的同時，也以該車為探偵車，蒐集行車資訊，作為發布依據。

附錄 7

期末簡報

協助交通資訊蒐集之無線射頻識別 (RFID) 電子標籤技術應用研究 期末審查會議簡報

毛治國教授 指導
中華電信研究所
鼎漢國際工程顧問股份有限公司

中華民國95年12月4日

簡報大綱

- 一、緒論
- 二、示範測試系統之實驗室測試
- 三、示範測試系統之細部設計與建置
- 四、示範測試系統之績效評估與檢討
- 五、RFID技術於運輸部門之應用分析與後續推動規劃
- 六、後續建議

一、緒論



1.1 研究背景與目的

1.2 研究範圍與對象

1.3 研究內容

1.4 研究流程

1.1 研究背景與目的



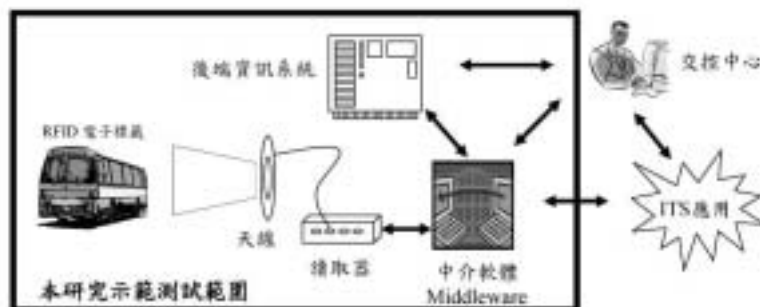
- 射頻識別技術 (Radio Frequency Identification, RFID) 近年快速發展
 - 利用電波自動達成非接觸式的資料履歷識別
 - 近年逐漸應用於電子票證、物流倉管及電子收費
- 應用探偵車輛(Probe Car)蒐集交通資訊為近年發展趨勢
- 利用RFID電子標籤蒐集交通資訊(流量、佔有率、速度等)，仍是一項嶄新且具挑戰的應用研究
 - 探討以RFID技術蒐集交通資訊的作法
 - 經由實地測試進行RFID技術可行性的評估與驗證
 - 研擬應用RFID技術於交通資訊蒐集的推動策略及措施

1.2 研究範圍與對象

□ 以RFID 技術進行交通資訊蒐集之測試與評估

➢ 示範測試對象

- 台北市行駛「公車專用道」之公車
- 2.45GHz頻段之半主動式RFID設備



RFID蒐集交通資訊系統架構圖

4

1.3 研究內容

□ 第一年期工作

- 研提RFID技術可蒐集之交通參數及操作定義
- 分析評估RFID電子標籤於ITS領域之可能應用
- 針對不同RFID系統及架構進行實測，並歸納適合用於蒐集交通資訊之RFID系統及其架構。

□ 第二年期工作(本年期)

- 選定示範測試對象、技術、程序、參與人員與範圍
- 示範測試細部研究設計
- 示範測試系統之實驗室測試
- 示範測試系統之安裝與實地測試
- 示範測試系統維護及資料蒐集
- 示範測試系統績效評估與檢討
- 探討RFID在運輸部門應用的方向、趨勢、市場、課題與標準發展等
- 研擬策略規劃及後續推動配套措施

5

1.4 研究流程



二、示範測試系統之實驗室測試

2.1 RFID通訊測試與設備選擇

2.2 RFID讀取器/標籤產品規格

2.3 RFID通訊區場型與系統整合測試

2.1 RFID通訊測試與設備選擇

□ 測試目的

- 初步了解不同規格電子標籤之適用性

□ 測試結果

- 經測試，半主動式較被動式RFID tag 適合於戶外環境之交通參數蒐集

進行測試之各種RFID系統


B廠牌測試結果					進行測試之各種RFID系統		
車速	距離	1.5 m	3.9 m	5.1 m	RFID 讀取器種類	主要規格	RFID 電子標籤 測試種類
20 km/hr		○	○	○	A 廠牌	被動式 UHF 頻段 EIRP 4W 天線外接	金屬用電子標籤 玻璃用電子標籤
30 km/hr		○	○	○		被動式 UHF 頻段 EIRP 2W 天線外接	金屬用電子標籤
40 km/hr		○	○	○	B 廠牌	半主動式 2.45GHz EIRP 75mW 天線內藏	金屬用電子標籤 (電子標籤使用壽命約 8 年)
50 km/hr		○	○	○			
60 km/hr		○	○	○	C 廠牌	半主動式 2.45GHz EIRP 65mW 天線內藏	金屬用電子標籤 (電子標籤使用壽命約 5 年)
70 km/hr		○	○	○			


註：距離為reader與tag之相對距離

註：測試設備皆通過NCC戶外或室內認證

8

2.2 RFID讀取器/標籤產品規格(1/2)

讀取器外觀		相關規格			
	工作頻段	2.438~2.457 GHz	工作溫度	-30~-60 °C	
	尺寸	310×250×100 mm	可偵測速度	最大200 km/h	
	重量	5 kg	電源	110 VDC, max 1A	
	偵測範圍	水平最大10 m	耗電量	< 25 VA (AC時) < 20 Watt (DC時)	

標籤外觀		相關規格			
	工作頻段	2.45 GHz, 120KHz	工作溫度	-30~-85 °C	
	尺寸	123×86.8 mm	濕度	10%~93% (相對)	
	重量	112 gram	電源	內建鋰電池	
	偵測範圍	最大 10 m			

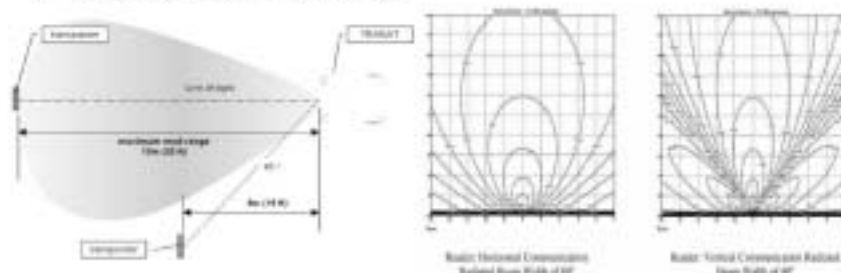
本研究將測試系統的載波頻率設定於單頻的2476.8 MHz，以避免與Wi-Fi頻道形成干擾

9

2.2 RFID讀取器/標籤產品規格(2/2)

RFID讀取器/標籤通訊區

- 讀取器 (Reader) :
 - vertical beam width of 40°
 - Horizontal beam width of 80°
- 標籤 (Tag) :
 - vertical beam width of 80°
 - Horizontal beam width of 80°



10

2.3 RFID通訊區場型與系統整合測試 (1/2)

- 測試目的
 - 了解測試設備之通訊特性
 - 了解天候及標籤黏貼材質, 環境等之影響
 - 建立實地測試計畫參數
- 測試項目
 - Reader/Tag通訊區變化
 - 靜態/動態/整合測試
 - 測試設備穩定性
 - 不同Tag黏貼方式



金屬表面



金屬表面+液滴附著



玻璃附著



玻璃附著+液滴附著



Reader&Tag不同相對高度量測



動態測試



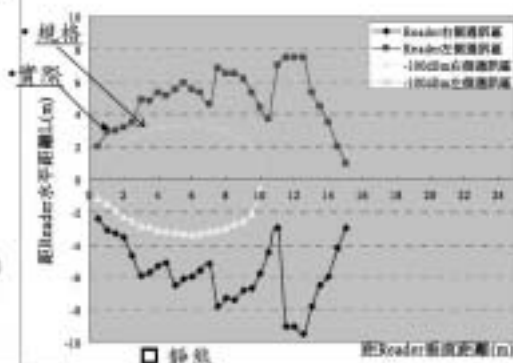
系統整合測試

11

2.3 RFID通訊區場型與系統整合測試 (2/2)

□ 測試系統的通訊區量測結果

- Tag與Reader表面附著水滴時，對通訊區大小影響不大。
- Tag置於玻璃後將影響通訊距離，但對近距離的通訊區大小影響不大。
- Tag與Reader距離5.1米及相對速度70km/hr仍可正常通訊。
- 通訊區範圍符合水平角度為80度、垂直角度為40度。



□ 動態

12

三、示範測試系統之細部設計與建置

3.1 示範測試系統架構

3.2 RFID中介軟體設計

3.3 資料驗證方法

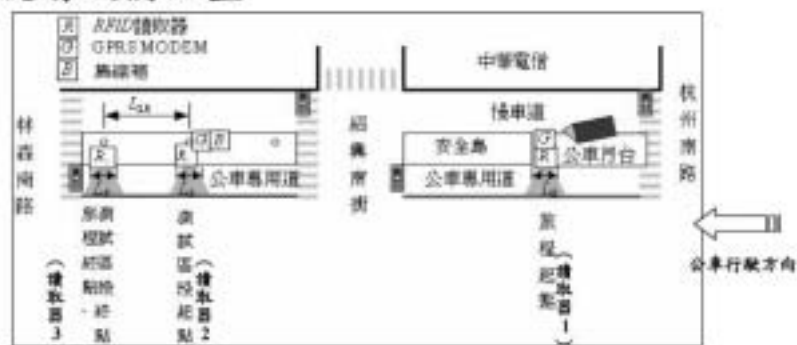
3.4 實地建置情形

13

3.1 示範測試系統架構(1/4)



□ 現場設備配置



- 每一讀取器：流量、車種、車速、佔有率、停止偵測
- 讀取器1 (R1) 與讀取器3 (R3)：旅行時間
- 讀取器2 (R2) 與讀取器3 (R3)：區段的車速、停止偵測

3.1 示範測試系統架構(2/4)



□ 測試車輛

- 黏貼RFID tag於通過測試路段之公車的車頭及車尾處。



營運公司	公車路線	行經該路線 總車輛數	尖峰班距 (0700~0900) (車輛數/小時)	離峰班距 (1300~1500) (車輛數/小時)
大都會 客運	0東	11	12-15 (4-6)	15-20 (3-4)
	20	18	4-6 (10-15)	10-15 (4-6)
	22	25	4-6 (10-15)	10-15 (4-6)
	38	8	12-15 (4-5)	20-30 (2-3)
	信義幹線	19	7-10 (6-8)	10-15 (4-6)
首都客運	204	27	4-6 (10-15)	5-10 (6-12)
總和 (單位：輛)		108	44-63	23-37

3.1 示範測試系統架構(3/4)



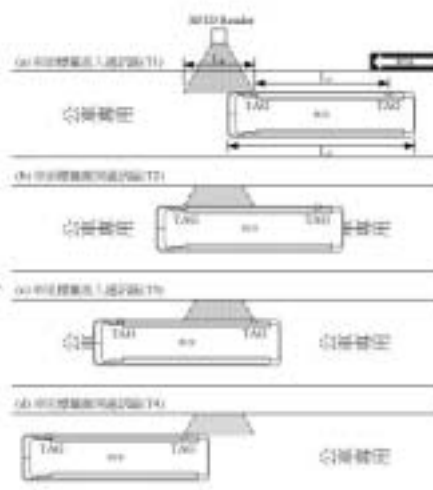
□ 測試值取得方式

● 蒐集參數

- 車頭/車尾之Tag ID
- 車頭/車尾Tag進入與離開Reader通訊區之時間

● 交通參數蒐集(以速度為例)

- 計算車頭或車尾Tag速度方式
 - 通訊區距離除以進入與離開通訊區之時間差
- 計算雙Tag速度方式
 - (車頭Tag與車尾Tag間隔距離)除以(車頭Tag進入通訊區與車尾Tag進入通訊區之時間差)

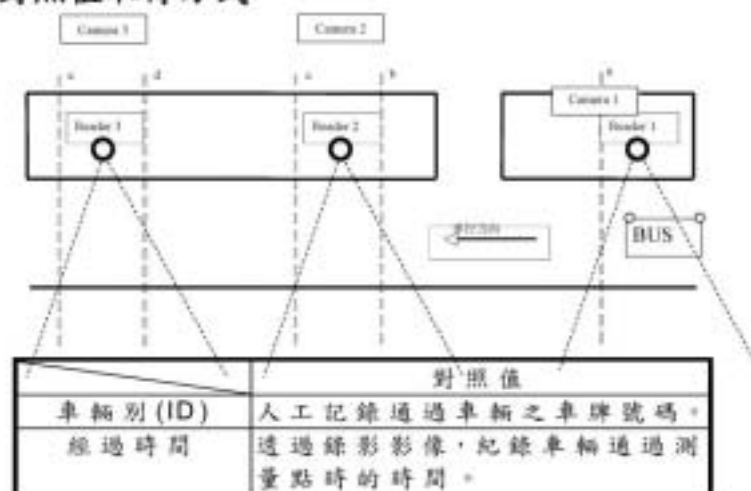


16

3.1 示範測試系統架構(4/4)



□ 對照值取得方式

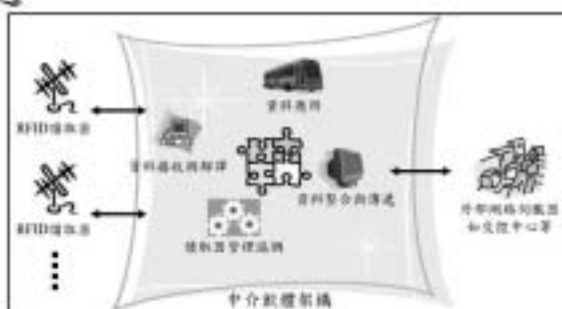


17

3.2 RFID 中介軟體設計(1/4)

□ 中介軟體架構與各模組功能

- 讀取器管理協調
- 資料接收與解譯
- 資料應用
- 資料整合與傳遞
 - 資料庫功能
 - 資料查詢功能



18

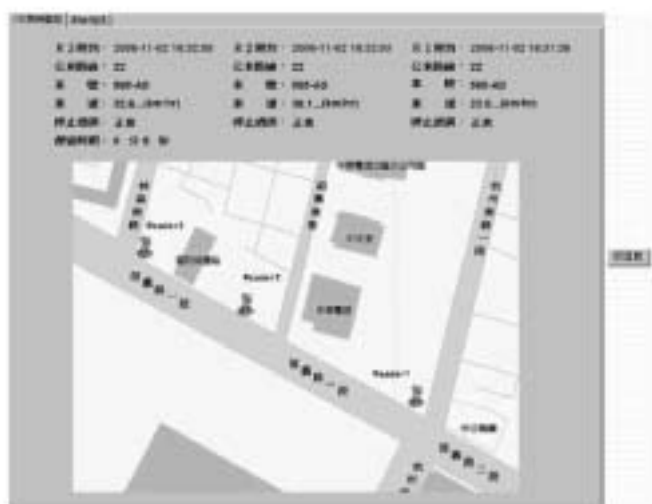
3.2 RFID 中介軟體設計(2/4)

□ 軟體流程



19

3.2 RFID 中介軟體設計(3/4)



即時監控畫面例

20

3.2 RFID 中介軟體設計(4/4)



資料查詢畫面例

RFID-1 查詢畫面例

查詢條件：查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30 查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30

車主編號	車牌號碼	車種	位置	時間	查詢結果
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30

RFID-2 查詢畫面例

查詢條件：查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30 查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30

車主編號	車牌號碼	車種	位置	時間	查詢結果
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30

RFID-3 查詢畫面例

查詢條件：查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30 查詢時間：2008-11-02 18:22:30 查詢地點：2008-11-02 18:22:30 查詢車牌：2008-11-02 18:22:30 查詢車種：2008-11-02 18:22:30 查詢位置：2008-11-02 18:22:30

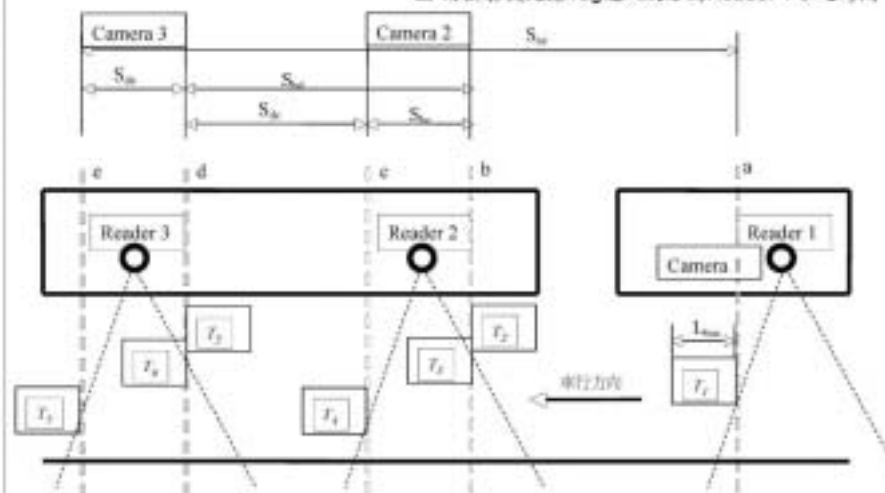
車主編號	車牌號碼	車種	位置	時間	查詢結果
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30
2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30	2008-11-02 18:22:30

21

3.3 資料驗證方法(1/3)

□ 測量數值示意圖

□ 用攝影機紀錄Tag進入及離開Reader 1-3 之時間



22

3.3 資料驗證方法(2/3)

交通參數	計算式	測量點/應用標籤(數目)	野照值獲得方式	測試值獲得方式
流量	通車累計	Reader 2偵測區起點/車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間與車牌號碼 2.按圖影像記錄，計算設有電子標籤車輛數量數量。	由讀取器偵測車輛ID，統計單位時間內通過單一讀取器之車輛數。
車種別	依公司別 累計車輛數	Reader 2偵測區起點/車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間與車牌號碼 2.按圖影像記錄，分路線計算設有電子標籤車輛數量數量。	由讀取器偵測每一輛車上所黏貼的標籤所對應的ID值，累計各路線通過車輛數。
平均速度 (點速度)	$TMS = \frac{\sum_{i=1}^n S_i / T_i}{n}$	Reader 2偵測區起點/車頭標籤(1)	1.錄影時記錄通過車輛之通過時間與車牌號碼 2.按圖影像資料，記錄個別車輛車頭/尾通過畫面中心線之時間。 3.將車身長度(L_{max})除以每輛車車頭及車尾到達偵測區起點之時間差 ($T_1, T_2 - T_1$)，即可得到每輛車之速率。	1.由車輛進入及離開讀取器2偵測範圍的時間差($T_1, T_2 - T_1$)，可得到每輛車之點速率。 2.而於單位時間內通過車輛之速度總和除以總車輛數，即可得到時間平均速率。
	$TMS = \frac{\sum_{i=1}^n L_{max} / T_i}{n}$	Reader 2偵測區起點/車頭及車尾標籤(2)	4.而於單位時間(5分鐘)內通過車輛之速度總和除以總車輛數(n)，即可得到時間平均速率。	1.由車輛車頭及車尾標籤進入偵測範圍的時間差($T_1, T_2 - T_1$)，可得到每輛車之速率。 2.而於單位時間內通過車輛之速度總和除以總車輛數，即可得到時間平均速率。

23

3.3 資料驗證方法(3/3)

交通參數	計算式	測量點/應用標識(數目)	對照值獲得方式	測試值獲得方式
旅行時間	$T_f - T_i$	Reader 1偵測區起點 Reader 3偵測區起點/車頭標識(1)	由錄得影像判斷車輛車頭標識通過reader 1與reader 3偵測區起點的時間(T_f 與 T_i)，並彼此相減求得車輛旅行時間。	記錄車輛車頭標識離開reader 1與reader 3偵測範圍起點的時間值，獲得車輛之旅行時間(T_f 與 T_i)，並彼此相減求得車輛旅行時間。
佔有率(%)	$OCC = \frac{\sum T_i}{T} \times 100\%$	Reader 2偵測區起點/車頭及車尾標識(2)	每部車輛車頭與車尾標識通過偵測區起點時間差之總和($\sum (T_f - T_i)$)除以單位時間($T=5$ 分鐘)的百分比。	1.由讀取器記錄車輛車頭/車尾標識進入偵測範圍起點的時間值，獲得車輛經過讀取範圍之時間($T_f - T_i$) 2.加總後除以單位時間即得
車輛停止偵測	$T_f - T_i > 30 \text{ sec.}$	Reader 3偵測區起點/車頭標識(1)	由錄得影像判斷車輛車頭標識通過reader 3偵測區起點的時間差($T = T_f - T_i$)，若 T 超過30秒，則視為停止車輛。	若reader 3持續傳回同一車輛的數值超過30秒，即表示該車輛在讀取器偵測範圍內停留。
	$V_{80} < 10 \text{ kph. or } T_f - T_i > (S_{80} \text{ 於 } 10 \text{ kph 下之行駛時間})$	Reader 2偵測區起點 Reader 3偵測區起點/車頭標識(1)	利用錄影影像計算車輛車頭標識離開reader 2偵測區起點與進入reader 3偵測區起點的時間差($T = T_f - T_i$)及速度(V_{80})，若 T 超過 S_{80} 於10 kph下之行駛時間，或 V_{80} 小於10 kph，即視為停止車輛。	計算車輛離開reader 2，進入reader 3偵測範圍之時間差($T = T_f - T_i$)與速度(V_{80})，若 T 超過 S_{80} 於10 kph下之行駛時間，或 V_{80} 小於10 kph，即視為停止車輛。

3.4 實地建置情形

□ 設備架設情況



□ 資料蒐集/判讀情況



四、示範測試系統之績效評估與檢討

4.1 初期測試及誤差分析

4.2 資料驗證

4.3 小車補充測試

4.4 可能誤差檢討

4.1 初期測試及誤差分析(1/8)

□第一次初期測試(9/14, 晴)

➢流量：準確率 100.0%

➢速度：以Reader 2量測速度為例

●資料筆數：268

	車頭 Tag		車尾 Tag		雙 Tags	
	測試值	對照值	測試值	對照值	測試值	對照值
平均速率	66.05	38.64	59.18	38.64	39.01	38.64
誤差率	71.68%		54.06%		6.39%	
誤差率標準差	49.6%		36.1%		6.0%	

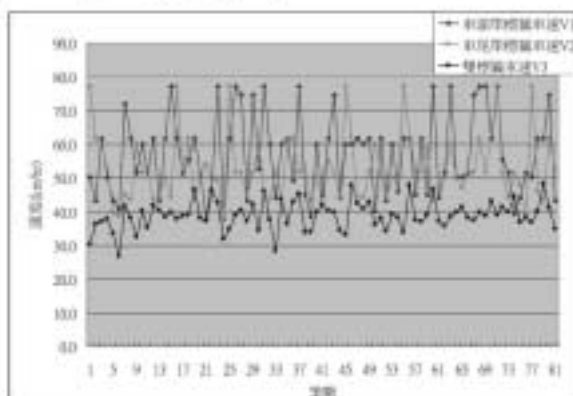
⇒車頭/車尾Tag之測試值偏高，雙Tag之測試值接近對照值。

4.1 初期測試及誤差分析(2/8)

□ 第二次初期測試(10/4, 晴)

- 流量：準確率 100.0%
- 速度：以Reader 2量測速度為例
 - 資料筆數：81

採用單讀取器與單標籤之測速方式所獲得之車速明顯偏高，符合第一次初期測試之推論。



28

4.1 初期測試及誤差分析(3/8)

□ 時間誤差與距離誤差對速度影響之分析

RFID 蒐集交通資訊系統中，假設量測距離 L ， $T = T_2 - T_1$ 經過通訊區的時間差，其中 T_1 與 T_2 分別為 RFID 標籤進入及離開通訊區之時間點。

車輛通過通訊區之真實車速： $V_1 = \frac{L}{T}$

RFID 可能偵測到的車速： $V_2 = \frac{L + \Delta L}{T + \Delta t} = \frac{L/T + \Delta L/T}{T/T + \Delta t/T} = \frac{V_1 + \Delta L/T}{1 + \Delta t/T}$

其中

量測距離的誤差 $= \Delta L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \dots$

l_1 ：車輛行駛路徑之通訊區寬度變化

l_2 ：環境產生通訊區大小變化

l_3 ：不同標籤對相同讀取器之通訊區寬度變化

l_4 ：相同標籤對不同讀取器之通訊區寬度變化

偵測時間的誤差 $= \Delta t = t_1 + t_2 + t_3 + \dots$

t_1 ：RFID 讀取器資料讀取時間誤差

t_2 ：RFID 讀取器重複讀取的電子標籤的時間(取樣時間)誤差

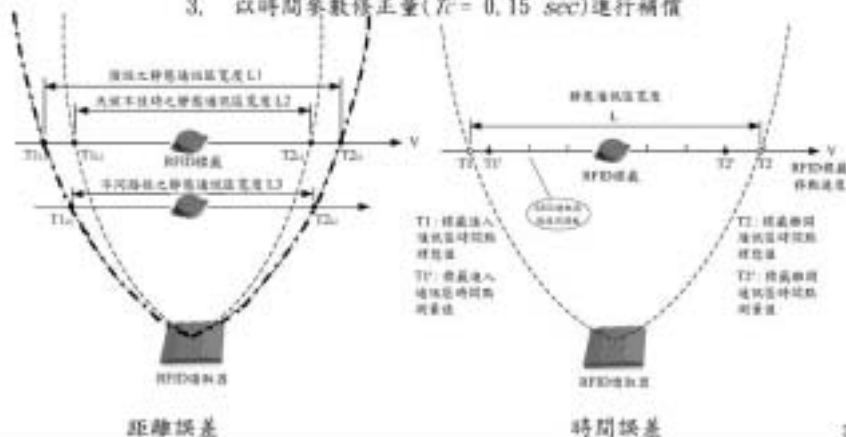
t_3 ：GPRS Modem 時間誤差

29

4.1 初期測試及誤差分析(4/8)

□時間誤差與距離誤差對速度影響之分析(續)-單讀取器與單標籤測速

- 主要誤差原因：
1. 主要為通訊區寬度的變化(主要包含行駛路徑飄移與RFID系統通訊區的穩定度)
 2. 讀取器的取樣時間的解析度。
 3. 以時間參數修正量($T_c = 0.15 \text{ sec}$)進行補償

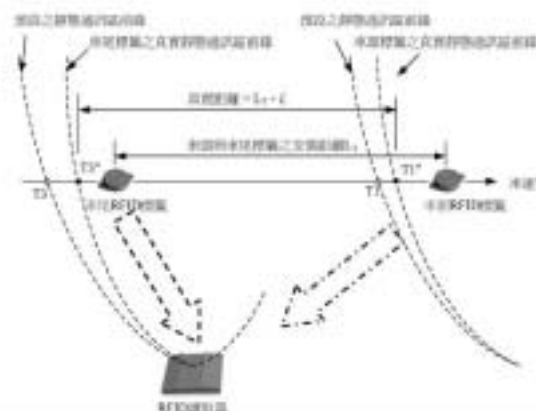


30

4.1 初期測試及誤差分析(5/8)

□時間誤差與距離誤差對速度影響之分析(續)-單讀取器與雙標籤測速

- 主要誤差原因：
1. Tag反應時間之時間誤差抵銷。
 2. 行駛路徑之距離誤差抵銷。
 3. 不同標籤對相同讀取器的靜態通訊區寬度會有變動， L_r 將成為此種測量方式之形成距離誤差的主因。

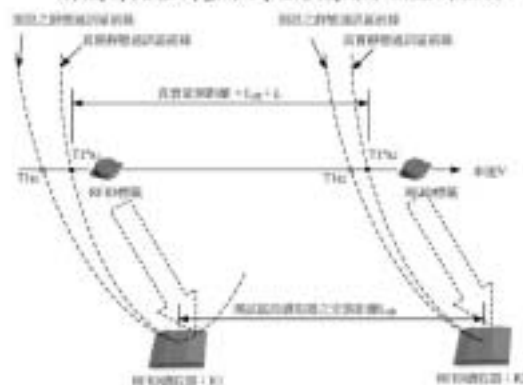


31

4.1 初期測試及誤差分析(6/8)

□ 時間誤差與距離誤差對速度影響之分析(續)－雙讀取器與單標籤測速

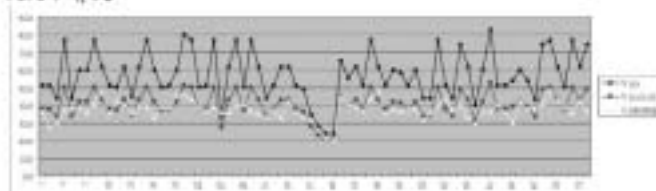
- 主要誤差原因：
1. Tag反應時間之時間誤差抵銷。
 2. 行車路徑之距離誤差抵銷。
 3. 不同讀取器對相同標籤的靜態通訊區寬度會有變動， $1r$ 將成為此種測量方式之形成距離誤差的主因。



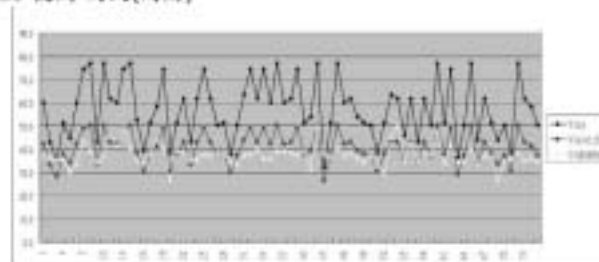
4.1 初期測試及誤差分析(7/8)

以單讀取器與單標籤量測速度之修正比較曲線

10/04 晴天



10/23 夜間 雨天(雨跡)



4.1 初期測試及誤差分析(8/8)

□修正結果分析

單Tag單Reader修正結果分析										
測試時間	95.10.04		95.10.05		95.10.06		95.10.12		95.10.23	
天氣	晴		晴		晴		晴		雨	
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
平均速度(km/hr)	57.1	40.6	57.4	40.6	53.5	38.6	58.2	41.1	57.5	40.7
平均誤差率	47.79%	12.30%	52.61%	13.10 %	45.68%	11.68%	48.57%	11.26%	52.73%	12.95 %
標準差	0.2638	0.0882	0.2906	0.1125	0.2695	0.105	0.2427	0.0773	0.2594	0.0978
雙Tag單Reader 平均速度(km/hr)	38.8		37.6		36.7		39.1		37.7	
測試地點	台北市信義路測試路段									

24

4.2 資料驗證(1/6)

□資料蒐集情形

	日期	時間	天候屬性	尖離峰屬性
第一次測試	10月2日	11:30~18:30	陰天	包含尖離峰
第二次測試	10月18日	11:30~18:30	晴天	包含尖離峰
第三次測試	10月31日	12:30~15:00	雨天	離峰
	11月2日	15:00~19:00	雨天	尖峰

25

4.2 資料驗證(2/6)

□ 流量與車種分類

➢ 準確率皆可達到100%!

		尖峰			離峰		
		平均流量 (輛)	樣本數不一 比例(%)	誤差率(%)	平均流量 (輛)	樣本數不一 比例(%)	誤差率(%)
晴天	R1	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	R2	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	R3	3.91	0%	0%	3.11	0%	0%
	對照值	3.91	—	—	3.11	—	—
陰天	R1	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	R2	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	R3	3.70	0%	0%	3.43	0%	0%
	對照值	3.70	—	—	3.43	—	—
雨天	R1	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	R2	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	R3	3.68	0%	0%	2.39	0%	0%
	對照值	3.68	—	—	2.39	—	—

36

4.2 資料驗證(3/6)

□ 平均速度
(點速度)

- 雙Tags偵測結果較單Tag為佳
- 單Tag偵測結果均為高估
 - 原因：距離誤差不易補償
- 車頭Tag偵測速度較車尾高
 - 原因：GPRS Modem處理延遲
- 不同情境之偵測表現無明顯差異

		尖峰			離峰		
		平均速度 (km/hr)	平均誤 差率(%)	誤差率 標準差	平均速度 (km/hr)	平均誤 差率(%)	誤差率 標準差
晴天	車頭單Tag	44.98	18.67%	0.17	48.24	26.02%	0.18
	車尾單Tag	41.89	13.65%	0.12	44.31	18.49%	0.15
	雙Tags	39.06	6.95%	0.06	39.28	6.27%	0.05
	對照值	39.14	—	—	38.5	—	—
陰天	車頭單Tag	43.57	19.25%	0.20	43.84	17.07%	0.17
	車尾單Tag	40.26	12.04%	0.11	41.84	13.97%	0.12
	雙Tags	38.44	7.17%	0.05	38.92	7.04%	0.06
	對照值	38.45	—	—	38.6	—	—
雨天	車頭單Tag	44.56	20.55%	0.19	44.34	16.10%	0.18
	車尾單Tag	40.46	13.60%	0.10	40.08	10.43%	0.08
	雙Tags	38.89	8.25%	0.06	39.45	6.18%	0.04
	對照值	38.18	—	—	40.23	—	—

37

4.2 資料驗證(4/6)

□ 旅行時間

- 各情境誤差率均在10%以內
- 測試值均高於對照值。
- 偵測表現：晴>陰>雨；離峰>尖峰。
- 尖離峰值測誤差率的差異：雨>陰>晴。
- 肇因：GPRS Modem通訊延遲影響偵測結果

		尖峰			離峰		
		平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差	平均旅行時間(秒)	平均誤差率(%)	誤差率標準差
晴天	測試值	35.66	4.08%	0.05	31.15	3.89%	0.06
	對照值	34.58	—	—	30.16	—	—
陰天	測試值	36.84	4.99%	0.09	31.33	3.64%	0.05
	對照值	36.42	—	—	30.69	—	—
雨天	測試值	40.25	8.68%	0.15	31.13	5.30%	0.08
	對照值	38.58	—	—	29.74	—	—

30

4.2 資料驗證(5/6)

□ 佔有率

- 誤差率皆落於20%至30%之間。
- 肇因：水平通訊區變化導致攝影取樣點不一致

		尖峰			離峰		
		平均佔有率(%)	平均誤差率(%)	誤差率標準差	平均佔有率(%)	平均誤差率(%)	誤差率標準差
晴天	測試值	0.88%	21.27%	0.04	0.47%	27.68%	0.05
	對照值	1.02%	—	—	0.65%	—	—
陰天	測試值	0.97%	21.26%	0.04	0.48%	24.30%	0.07
	對照值	1.12%	—	—	0.64%	—	—
雨天	測試值	0.73%	21.27%	0.05	0.47%	20.29%	0.03
	對照值	0.89%	—	—	0.59%	—	—

30

4.2 資料驗證(6/6)

□ 車輛停止偵測

- 表現良好
- 不論是點停止偵測(R3停止偵測)或區間停止偵測(R2-R3停止偵測)，均能確實掌握符合設定條件之停止車輛。

		晴天		陰天		雨天	
		測試值	對照值	測試值	對照值	測試值	對照值
尖峰	R3停止偵測	3	3	3	3	2	2
	R3停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
	R2-R3停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R2-R3停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
離峰	R3停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R3停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—
	R2-R3停止偵測	0	0	0	0	0	0
	R2-R3停止偵測誤差率(%)	0%	—	0%	—	0%	—

40

4.3 小車補充測試(1/4)

□ 測試目的

- 明瞭RFID技術於小型車輛之交通資訊蒐集的應用
- 明瞭單Tag/雙Reader偵測速度之準確度

□ 測試地點

- TL測試車道

□ 測試情境

- 陰天/晴天

□ 對照值取得方式

- 測速槍

□ 計算單Tag雙Reader速度方式

- (Reader間隔距離) 除以 (Tag進入R1通訊區與Tag進入R2通訊區之時間差)

41

4.3 小車補充測試(2/4)



□ 單Tag雙Reader測試架構



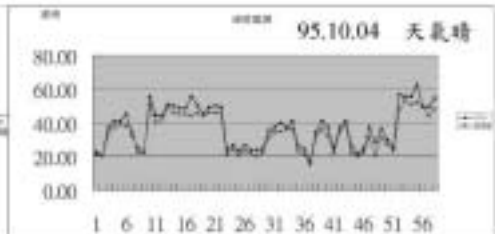
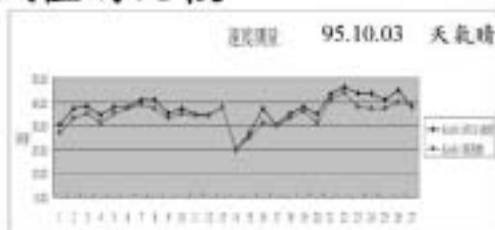
42

4.3 小車補充測試(3/4)



□ 不同天候情境測試值的比較

- 晴天
- 陰天



43

4.3 小車補充測試(4/4)

□ 不同天候情境測試值的比較(續)

測試時間	95.10.03	95.10.04	95.10.05
天氣	晴	晴	陰
平均速度(km/hr)	37.5	37.7	29.3
平均誤差率	8.59%	11.10%	5.80%
標準差	0.0527	0.0597	0.0496
測速槍平均速度(km/hr)	34.7	34.2	28.1

44

4.4 可能誤差檢討

系統建置階段	可能發生誤差	後續建議改善對策
實驗室測試	設備參數誤差	根據對照值進行調校
現地測試	偵測範圍飄移誤差	針對產品特性進行誤差修正
	GPRS modem回傳時間誤差	1.使用可讀取時間之RFID設備(增加即時時脈設計) 2.使用專屬之無線通訊channel或有線網路
	複數Tag進入同一Reader偵測區內所產生之資料讀取誤差	購置或設計允許可於極短時間內讀取多個Tag資料的RFID設備
	錄影拍攝角度誤差	1.每部攝影機負責單一測量基準線 2.需考慮各攝影機之時間同步問題

45

五、RFID技術於運輸部門之應用分析 與後續推動規劃



5.1 RFID於運輸部門之應用功能分析

5.2 RFID應用於交通資訊蒐集之成本分析

5.3 RFID應用於交通資訊蒐集之課題檢討

5.4 RFID應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合 措施規劃

5.1 RFID於運輸部門之應用功能分析(1/4)



□ RFID技術與VD之特性比較

項目說明	環路感應式	超音波式	影像式	微波式	半主動式射頻識別
系統架構	環路型線圈偵測器單元	超音波感應器偵測器單元	攝影機單元 影像處理機 電腦	微波感應器偵測單元	RFID 電子標籤 RFID 讀取器
偵測原理	以電感量變化偵測	以超音波反射偵測	以影像處理偵測	以微波反射偵測	以讀取電子標籤發射無線電偵測
裝設區域影響	將受鄰近鋼筋影響	不適裝設於隧道區	不適裝設於多雨濃霧等氣候變化大之路段	較不受影響	較不受影響
偵測範圍	偵測單車道	射線量測式：偵測單車道 郡卜勒式：偵測多車道	可偵測多車道	路側安裝：偵測多車道 門架安裝：偵測單車道	路側安裝：偵測單車道 門架安裝：偵測多車道
夜間及天候不良準確度	不受影響	強風、大雨略有影響	夜間及光線不佳時受影響	沒有影響	沒有影響
易影響準確度因素	金屬物質、車輛材料	強風及多重散射波環境	夜間無法精確量測佔有率及車種 大車遮蔽小車	大車遮蔽小車	大車遮蔽小車

5.1 RFID於運輸部門之應用功能分析(2/4)

□ RFID應用於交通資訊蒐集之特性

- RFID偵測交通參數有一定準確度(就本研究測試結果論)
 - 對於流量、車種分類及旅行時間之偵測準確度高
 - 天候與尖離峰等不同情境對於偵測結果無明顯影響
- RFID架設方式影響交通資訊蒐集
 - 因通訊區衰減及大車遮蔽小車等問題，路側式架設不適用多車道偵測。
- RFID可辨別車輛身份
 - 辨別車輛身份的特性係RFID之最大優勢
 - 可應用於更細緻的交通管理與策略的實施
- RFID讀取器需搭配車輛電子標籤的黏貼
 - 與VD不同，RFID除讀取器的建置外尚需搭配車輛黏貼電子標籤
 - 電子標籤黏貼數量將影響交通參數偵測的準確度
 - 促使車輛電子標籤普遍建置，係推動RFID作為交通資訊蒐集系統的重要課題。

48

5.1 RFID於運輸部門之應用功能分析(3/4)

□ 不同型式電子標籤的應用

	主動式	被動式	半主動式
電子標籤電力來源	本身	來自讀取器	少部分來自讀取器，大部分來自本身
電子標籤是否具電池	有	無	有
尺寸	大	小	中
通訊距離	最高可達 100 公尺以上	5 公尺以下	5~20 公尺
價格	1000~2000 元	100~1000 元	1000~2000 元
特性	通訊範圍過大，反而無法準確監控	1.價格較具競爭力 2.體積小 3.通訊距離短	通訊距離適中
應用方向	車輛旅行時間蒐集	車輛電子車牌	1.交通參數蒐集 2.特殊車輛控管

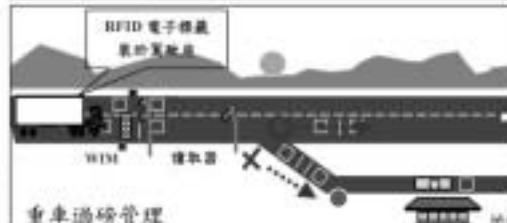
註：報價係以1,000個左右的tag單價估算。

49

5.1 RFID於運輸部門之應用功能分析(4/4)

□ RFID於交通資訊蒐集的應用

- 特殊車輛的控管
 - 禁行路線/過磅管理
 - 優先號誌
- 交通參數偵測
 - 順風車策略
 - 旅行時間資訊優先蒐集
 - 單tag/雙reader推動



5.2 RFID應用於交通資訊蒐集之成本分析

□ 比較基礎

- 假設建置300組偵測器
(以台北市「交通流量及資料蒐集系統」案之建置規模為例)
- 以偵測1車道為例
- 通訊方式採WiFi

成本項目	類別	內容	單價	數量	總價
設備成本	偵測設備	1.2 組網路由器			
		2.2 組網單元	35,000	300	1,200 萬
		3.2 組網單元			
	單車式	1.1 組網單元	100,000	300	3,000 萬
		2.2 組網單元			
		3.2 組網單元			
施工成本	單車式	1.1 組網單元	250,000	300	7,500 萬~
		2.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		3.2 組網單元			
	RFID	1.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		2.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		3.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
後續維護 (3 年)	單車式	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬
	RFID	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬
總計	設備成本	1.2 組網路由器	35,000	300	1,200 萬
		2.2 組網單元	35,000	300	1,200 萬
		3.2 組網單元			
	單車式	1.1 組網單元	100,000	300	3,000 萬
		2.2 組網單元			
		3.2 組網單元			
	RFID	1.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		2.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		3.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
後續維護 (3 年)	單車式	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬
	RFID	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬
合計	設備成本	1.2 組網路由器	35,000	300	1,200 萬
		2.2 組網單元	35,000	300	1,200 萬
		3.2 組網單元			
	單車式	1.1 組網單元	100,000	300	3,000 萬
		2.2 組網單元			
		3.2 組網單元			
	RFID	1.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		2.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
		3.2 組網單元	300,000	300	9,000 萬
後續維護 (3 年)	單車式	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬
	RFID	1.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		2.2 組網單元	1,000	300	300 萬
		3.2 組網單元	1,000	300	300 萬

5.3 RFID應用於交通資訊蒐集之課題檢討

□ 隱私權處理

- 科技面
 - RFID tag加密處理，解密密碼由政府管理。
 - 在tag內寫入密碼，讀取前先進行reader/tag的密碼比對，比對成功才允許讀取。
- 法律面
 - RFID使用綱領

□ 標準發展

- 趨向高頻
 - UHF、微波
- ISO/IEC 18000
 - RFID普及化的重要關鍵



5.4 RFID應用於交通資訊蒐集之推動策略與配合措施規劃

□ 推動策略

- 由示範走向建置
- 結合電子車牌政策的實施
- 交通資訊會員之募集

□ 配合措施

- 大規模實測計畫的實施
- RFID工程規範的建立
- 資料加密技術的發展

推動順序	應用項目	推動策略	配合措施
優先	重車禁行路段管理	1.結合 CVOS 相關計畫進行示範推動	大規模實測計畫的實施 RFID 工程規範的建立 資料加密的發展
	重車過磅管理	2.視示範執行績效，進行後續推廣	
	公車旅行時間蒐集	1.結合 APTS 相關計畫進行示範推動	
次優先	公車號誌優先	2.視示範執行績效，進行後續推廣	
	緊急車輛號誌優先	1.結合 APTS 相關計畫進行示範推動	
	一般車輛交通參數偵測	2.視示範執行績效，進行後續推廣	
中長程	一般車輛交通參數偵測	1.結合電子車牌政策的實施 2.交通資訊會員之募集	

六、後續建議



- 大規模多車道小車實測
 - 測試對象：多車道的混合車流。
 - 評估項目
 - 電子標識/讀取器之型式及使用頻段
 - 讀取器架設方式，包括多車道共用單組讀取器、每一車道佈設一組讀取器等。
 - 不同情境(如天候、車流等條件)下，對於各交通參數之偵測準確性，進而分析歸納適用範圍。
- RFID工程規範建立
 - 依據實測結果，擬定相對應之工程規範
 - 內容包括適用規格、建置方法等
- 個人隱私權確保
 - 立法保障
 - 加密技術發展
- 電子車牌配合措施實施



簡報結束

敬請指教