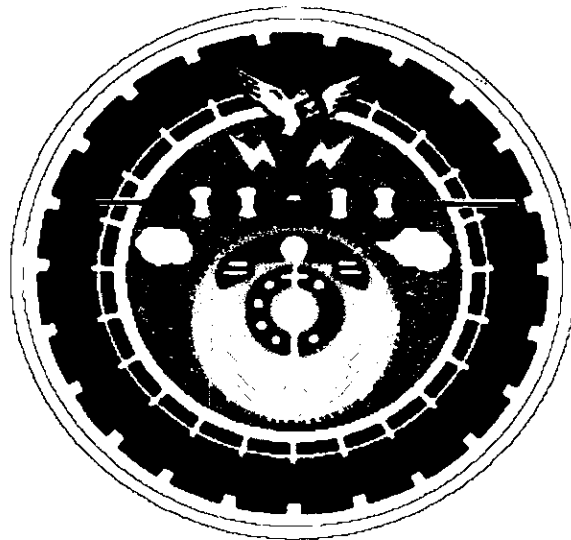


MOTC-STAO-93-16

廣域免基地台式無線電系統在智慧 型運輸系統之應用研究與實作(2/2)



執行單位：國立交通大學

委託機關：交通部

中華民國九十四年一月二十五日

本報告為研究案並不代表交通部意見

MOTC-STAO-93-16

廣域免基地台式無線電系統在智慧型運輸系統之應用研究與實作(2/2)

著者：唐震寰、林宗賢、王協源、何翊、莊秉文

執行單位：國立交通大學

委託機關：交通部

中華民國九十四年一月二十五日

國家圖書館出版品預行編目資料

廣域免基地台式無線電系統在智慧型運輸系統之應用研究與實作(2/2) 專題研究/唐震寰等著

--初版.-- 臺北市：交通部，民93

面；公分

參考書目：面

ISBN 986-00-0256-8 (平裝)

1. 無線電通訊 2. 無線網路

448.82

94001280

廣域免基地台式無線電系統在智慧型運輸系統之應用研究與實作(2/2)

著者：唐震寰、林宗賢、王協源、何翊、莊秉文

出版機關：交通部

地址：臺北市長沙街一段二號

網址：http://www.motc.gov.tw/hvpage.cgi?HYPAGE=business_7.asp

電話：(02)23492900

出版年月：中華民國94年1月

印刷者：大放異彩資料處理公司

版(刷)次冊數：初版一刷120冊

定價：NT\$260

本書同時登載於交通部網站

展售處：三民書局 台北市重慶南路一段61號2樓 電話：23617511

台北市復興北路386號 電話：25006600

GPN：1009400278 (平裝)

ISBN：986-00-0256-8

交通部科技顧問室委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：廣域免基地台式無線電系統在智慧型運輸系統之應用研究與實作(2/2)			
國際標準書號(或叢刊書)	政府出版品統一編號	計畫編號	
986-00-0256-8	1009400278	MOTC-STAO-93-16	
主管：賈玉輝 聯絡電話：02-2349-2738 傳真號碼：02-2312-2476 e-mail：yh_jea@motc.gov.tw 承辦人：許昭明 聯絡電話：02-23492873 傳真號碼：02-23122476 e-mail：cm_hsu@motc.gov.tw	研究單位：國立交通大學 計畫主持人：唐震寰 聯絡電話：03-5131559 傳真號碼：03-5718870 e-mail：j4t@mail.nctu.edu.tw		其他參與合作之研究團隊
			智網科技
			研究期間
			93.5-93.12
			研究經費
		NT\$2,400,000	
關鍵詞：智慧型運輸系統、廣域免基地台式無線電系統、區域無線網路			
摘要： 本計畫目的在研究具前瞻性廣域無基地台式的無線通訊系統應用於 ITS 系統之可行性與效能評估。廣域無基地台式無線通訊系統中的用戶或通訊節點均具有中繼的功能，且節點間傳輸具多路徑選擇的能力，能有效提升無線電頻率使用效率，達到低成本(無基地台建置費用，系統維運成本低)及高傳輸速率的目的。該系統如經實測，證實其效能，將可有效補助 ITS 通訊平台之基礎建置，對我國 ITS 之推展與建置有相當之助益。本研究第二年度以第一年度成果為基礎，建置較大規模之通訊實驗平台，除了進一步評估廣域無基地台式的無線通訊系統的效能外，並開發包括先進旅行人資訊系統、先進大眾運輸系統等雛形，以驗證其可行性；利用本研究通訊實驗平台與雛形系統的系統效能與建置經驗，可作為將此技術擴大至都會規模以進行相關 ITS 應用服務系統時，在效能評估上與建置維運成本分析上的基礎，並可提供產業與政府機關在建立 ITS 商業模式時的參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
94 年 1 月	233	NT\$260	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，由本部依業務性質函送參考，其他需要者可函洽本部免費贈閱，或逕進入 www.motc.gov.tw 之科技研究項下下載。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (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) <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
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
SCIENCE & TECHNOLOGY ADVISORS OFFICE
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE : Implementation and Deployment Issues of Mobile Ad-Hoc Network for Intelligent Transportation Systems (2/2)			
ISBN(OR ISSN)		GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER
986-00-0256-8		1009400278	MOTC-STAO-93-16
DIRECTOR GENERAL : Yu-Huei Jea PHONE : 02-2349-2738 FAX : 02-2312-2476 E-MAIL : yh_jea@motc.gov.tw SPONSOR STAFF : S. M. Hsu PHONE : 02-23492873 FAX : 02-23122476 E-MAIL : cm_hsu@motc.gov.tw		RESEARCH AGENCY : National Chiao-Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR : J.H. Tarnng PHONE : 03-5131559 FAX : 03-5718870 E-MAIL : j4t@mail.nctu.edu.tw PROJECT STAFF : Julius I.in, S. Y. Wang, I. Ho ADDRESS : 1001 TA HSUEH ROAD, HSINCHU, TAIWAN 30050,ROC PHONE : 03-5131559	
PROJECT PERIOD	2004.5-2004.12	PROJECT BUDGET	NT\$2,400,000
KEY WORDS : Intelligent transportation system, mobile ad-hoc network, wireless local area network			
ABSTRACT : The aim of this project is to explore the application of advanced mobile ad-hoc networks (NAMET) in intelligent transportation system (ITS). Every node in the networks not only act as a relay station but also does route planning, which may reach the goals of frequency efficiency exhalent, cost reduction (no base stations needed) and high transmission speed. If the networks have been to effective, they will be useful in the implementation and deployment of ITS Information Communication platforms, which can speed up the realization of ITS in our country. In the second year of this project, we plan to build up MANET testbed based on the achievements in the first year. Several prototypes of selected ITS services, including advanced traveler information system (ATIS), and advanced public transportation system (APTS), would be implemented in this project. We will examine the effectiveness and efficiency of these prototypes. Experiment results of ITS services on our MANET testbed can be aided to estimate the communication performance and infrastructure cost when we scale up the terminology in a metropolitan area. The suggested business model of MANET-enabled ITS will also be proposed in this project.			
DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
January. 2005	233	NT\$260	<input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications			

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	VIII
摘 要.....	1
第一章 計畫背景、目的、與期中成果.....	3
1.1 計畫背景.....	3
1.1.1 國內相關研究與實作.....	3
1.1.2 國外相關研究與實作.....	4
1.2 計畫目的與重要性.....	6
1.3 工作項目與研究成果.....	8
第二章 MANET 繞徑機制之改良與實作.....	12
2.1 現有 MANET 繞送協定在高速移動性網路下的不適用性.....	12
2.2 泛送機制的設計與實作.....	13
2.2.1 泛送機制的設計.....	13
2.2.2 泛送機制的實作.....	17
2.3 導入智慧型天線改進 MANET 效能.....	18
第三章 MANET 實驗平台效能量測與分析.....	20
3.1 MANET 效能模擬與泛送技術之效能量測.....	20
3.1.1 通訊設備之整備與安裝.....	20
3.1.2 效能量測結果與分析.....	21
3.1.3 MANET 在多使用者條件下之理論與模擬數據.....	27
3.1.4 交大泛送系統在多使用者條件下的效能量測.....	34
3.2 MANET 實驗平台之建置與效能量測.....	40
3.2.1 ODMA 通訊技術原理與功能特性介紹.....	40
3.2.2 MANET 通訊設備整備與安裝.....	44
3.2.3 MANET 實驗平台效能量測結果與分析.....	50
3.2.4 MANET 多使用者效能量測結果.....	89
第四章 MANET 應用於 ITS 系統之評估.....	104
4.1 MANET 應用於 APTS 之探討.....	105
4.1.1 國內現行 APTS 系統架構與技術之探討.....	106
4.1.2 MANET 應用於 APTS 之適用性探討與評估.....	123
4.2 MANET 應用於 ATIS 之探討.....	143
4.2.1 國內現行 ATIS 系統架構與技術探討.....	143
4.2.2 MANET 應用於 ATIS 之評估.....	149
4.3 MANET 整合互用 ATMS, ATIS, APTS 等服務之探討.....	153
4.3.1 各資訊系統架構整合於 MANET 的可能性探討.....	153
4.3.2 通訊需求整合的可能性探討.....	154
第五章 於 MANET 實驗平台建置 ITS 雛形系統.....	160
5.1 APTS 雛形系統.....	160
5.1.1 APTS 功能項目.....	161
5.1.2 APTS 雛形系統之架構.....	162

5.1.3 APTS 雛形系統運作方式與流程.....	173
5.1.4 APTS 雛形系統實際執行狀況.....	176
5.1.5 現行 APTS 系統與應用 MANET 進行 APTS 分析比較.....	189
5.2 ATIS 雛形系統之開發與實作.....	192
5.2.1 即時路口車流量查詢.....	193
5.2.2 即時位置查詢.....	194
5.2.3 即時路口影像播放.....	195
5.2.4 車間即時通訊.....	196
5.2.5 ATIS 雛形系統測試架構與應用實作.....	198
第六章 MANET 應用於 ITS 策略與商業模式.....	201
6.1 MANET 應用於 ITS 之推廣策略.....	203
6.1.1 技術面之推廣策略.....	203
6.1.2 政策面之推廣策略.....	206
6.1.3 應用推廣面之策略.....	208
6.2 MANET 應用於 ITS 之商業模式建議.....	214
第七章 總結.....	218
參考文獻.....	223

圖目錄

圖 1-2-1 計畫工作項目與流程關係示意圖.....	8
圖 2-2-1 泛送機制系統架構圖.....	14
圖 2-2-2 各種泛送方式所形成的泛送訊息的範圍.....	16
圖 2-2-3 泛送機制實作的架構圖.....	17
圖 2-2-4 泛送服務程式內部實作的架構圖.....	18
圖 2-2-5 以智慧型天線為基礎之 MANET 運作模式.....	19
圖 3-1-1 交大開發之 MANET 系統設備整合圖.....	21
圖 3-1-2 針對交大開發之 MANET 系統量測實驗實際情形.....	21
圖 3-1-3 4 固定點間 MANET 效能量測場景.....	22
圖 3-1-4 4 移動點間 MANET 效能量測場景.....	22
圖 3-1-5 2 固定點與 2 移動點間 MANET 效能量測場景.....	22
圖 3-1-6 Throughput 與固定點個數關係圖.....	22
圖 3-1-7 Ping-pong Delay 與固定點個數關係圖.....	23
圖 3-1-8 四個移動點的 Throughput 表現.....	24
圖 3-1-9 四個移動點的路徑 hop count 數記錄.....	24
圖 3-1-10 四個移動點的 throughput 與 hop count 關係圖.....	25
圖 3-1-11 不同實驗場景之 throughput 效能表現.....	25
圖 3-1-12 不同實驗場景之平均跳接數.....	26
圖 3-1-13 實驗場景 3 之平均跳接數與傳輸速率關係圖.....	26
圖 3-1-14 TCP Throughputs 與路徑長度的關係.....	27
圖 3-1-15 Throughput 與路徑長度和封包大小的關係圖.....	28
圖 3-1-16 10x10 Matrix MANET.....	29
圖 3-1-17 不同個數的 MANET 系統總頻寬.....	30
圖 3-1-18 不同個數的 MANET 系統下的每個節點所獲得的平均 throughput.....	30
圖 3-1-19 不同個數的 MANET 系統總頻寬折線圖.....	31
圖 3-1-20 在 200 平方公尺的方格裡，節點數與系統總體 throughput 的關係.....	33
圖 3-1-21 車機天線配置圖.....	35
圖 3-1-22 實驗用雛形車機內部配置圖.....	35
圖 3-1-23 1-hop 路徑的實驗拓模.....	36
圖 3-1-24 2-hop 路徑的實驗拓模.....	36
圖 3-1-25 3-hop 路徑的實驗拓模.....	37
表 3-1-26 一個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖.....	38
表 3-1-27 二個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖.....	38
表 3-1-28 三個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖.....	39
圖 3-2-1 ODMA 技術運作模式.....	41
圖 3-2-2 現階段 ODMA 設備提供透明化網路通訊服務.....	41
圖 3-2-3 於桃園龍潭建置之 MANET 實驗平台設置位置規劃.....	44
圖 3-2-4 智網 MANET 通訊設備之系統架構與實體照片.....	45
圖 3-2-5 使用於龍潭 MANET 實驗平台之量測設備.....	46
圖 3-2-6 大規模 MANET 實驗平台量測設備於量測車輛上的安裝方式.....	47
圖 3-2-7 使用於龍潭 MANET 實驗平台之量測程式模組架構.....	48

圖 3-2-8 MANET 量測程式之主要執行畫面.....	50
圖 3-2-9 於交通大學工程四館 9 樓進行室內多跳接傳播實驗實驗場景.....	53
圖 3-2-10 室內量測之設備安裝方式.....	54
圖 3-2-11 室內環境實驗接跳數與資料傳輸速率之關係.....	54
圖 3-2-12 室內環境實驗接跳數與封包傳輸延遲之關係.....	55
圖 3-2-13 校園道路室外量測之設備安裝方式.....	56
圖 3-2-14 校園道路室外量測之量測路徑實際傳播環境照片.....	56
圖 3-2-15 校園道路室外量測之量測路徑.....	57
圖 3-2-16 相對移動速度 < 5 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具輕微高低起伏)	58
.....	59
圖 3-2-17 相對移動速度 40 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具輕微高低起伏)	59
.....	59
圖 3-2-18 1 hop 封包傳輸延遲量測結果(具輕微高低起伏環境).....	59
圖 3-2-19 行動速度 < 5 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具遮蔽體).....	60
圖 3-2-20 行動速度 40 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具遮蔽體).....	61
圖 3-2-21 1 hop 封包傳輸延遲量測結果(具遮蔽體).....	62
圖 3-2-22 校園道路室外多跳接實驗之量測路徑.....	63
圖 3-2-23 室外環境實驗接跳數與資料傳輸速率之關係.....	63
圖 3-2-24 室外環境實驗接跳數與封包傳輸延遲之關係.....	64
圖 3-2-25 龍潭 MANET 實驗平台設備裝置節點與量測固定點分佈圖.....	66
圖 3-2-26 龍潭 MANET 實驗平台固定點間傳輸速率量測結果.....	67
圖 3-2-27 龍潭 MANET 實驗平台固定點間距離與傳輸速率之比較.....	68
圖 3-2-28 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接跳數與傳輸速率之比較.....	68
圖 3-2-29 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接收附近節點數與傳輸速率之比較.....	69
圖 3-2-30 龍潭 MANET 實驗平台固定點間封包傳輸延遲量測結果.....	70
圖 3-2-31 龍潭 MANET 實驗平台固定點間距離與封包傳輸延遲之比較.....	71
圖 3-2-32 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接跳數與封包傳輸延遲之比較.....	71
圖 3-2-33 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接收附近節點數與封包傳輸延遲之比較.....	72
圖 3-2-34 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點量測區域與路徑.....	73
圖 3-2-35 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與傳輸速率之量測結果.....	74
圖 3-2-36 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點之傳輸速率場測結果.....	75
圖 3-2-37 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與平均傳輸速率之比較.....	75
圖 3-2-38 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與封包傳輸延遲之量測結果.....	76
圖 3-2-39 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與封包傳輸延遲之比較.....	77
圖 3-2-40 4 部移動車輛跟車移動模式之實驗場景.....	79
圖 3-2-41 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點緊鄰跟車通訊傳輸速率量測結果.....	79
圖 3-2-42 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點遠距跟車通訊傳輸速率量測結果.....	80
圖 3-2-43 4 部移動車輛環繞具建築物遮蔽區域移動模式之實驗場景.....	81

圖 3-2-44 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點於建築物遮蔽區塊繞路通訊傳輸速率量測結果.....	82
圖 3-2-45 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛跟車移動模式之實驗場景	83
圖 3-2-46 龍潭 MANET 實驗平台移動點間緊鄰跟車傳輸速率量測結果.....	84
圖 3-2-47 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛對向錯車移動模式之實驗場景.....	84
圖 3-2-48 龍潭 MANET 實驗平台移動點間對向錯車傳輸速率量測結果.....	85
圖 3-2-49 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛遠距跟車移動模式之實驗場景.....	86
圖 3-2-50 龍潭 MANET 實驗平台移動點間遠距跟車傳輸速率量測結果.....	86
圖 3-2-51 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛遠距跟車移動模式之實驗場景.....	87
圖 3-2-52 龍潭 MANET 實驗平台移動點間移動中遠距通訊傳輸速率量測結果.....	88
圖 3-2-53 於交通大學工程四館 9 樓進行室內多使用者傳播實驗實驗場景	89
圖 3-2-54 室內環境多使用者實驗資料傳輸速率隨時間隨使用者數目的變化.....	90
圖 3-2-55 室內環境多使用者實驗平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	91
圖 3-2-56 室內環境多使用者實驗資料接收端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	91
圖 3-2-57 室內環境多使用者實驗不同跳接數之資料傳輸速率	92
圖 3-2-58 於交通大學校園建置之室外環境多使用者實驗平台	93
圖 3-2-59 固定點對固定點之多使用者效能量測實驗場景	94
圖 3-2-60 室外環境多使用者固定點間發送端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	95
圖 3-2-61 室外環境多使用者固定點間接收端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	96
圖 3-2-62 固定點對移動點之多使用者效能量測實驗場景	97
圖 3-2-63 室外環境多使用者固定點對移動點發送端資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	98
圖 3-2-64 室外環境多使用者固定點對移動點接收端資料傳輸速率隨使用者數目的變化.....	99
圖 3-2-65 移動點對移動點之多使用者效能量測實驗場景	100
圖 3-2-66 室外環境多使用者移動點間資料傳輸速率隨傳輸服務數目的變化... ..	101
圖 3-2-67 室外環境多使用者移動點間資料傳輸速率隨傳輸服務數目的變化... ..	102
圖 4-1-1 以 MANET 實驗平台為基礎之 APTS 離形系統運作模式示意圖	106
圖 4-1-2 台北縣公車動態資訊系統架構.....	107
圖 4-1-3 台北縣公車動態資訊系統之智慧型公車站牌	108
圖 4-1-4 台北縣公車動態資訊查詢網頁畫面(一).....	108
圖 4-1-5 台北縣公車動態資訊查詢網頁畫面(二).....	109
圖 4-1-6 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(一)-公車路線圖	109
圖 4-1-7 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(二)-預估到站查詢	110
圖 4-1-8 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(三)-實際位置圖	110
圖 4-1-9 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(四)-公車資訊	111
圖 4-1-10 台北縣公車乘車資訊查詢網頁畫面	111
圖 4-1-11 台中市公車動態資訊系統架構圖	113
圖 4-1-12 台中市公車動態資訊系統	114
圖 4-1-13 公車行駛資訊.....	114
圖 4-1-14 高雄市公車動態資訊系統之智慧型站牌	116

圖 4-1-15 高雄市公車資訊系統架構圖	118
圖 4-1-16 高雄市公車動態資訊系統執行畫面 (一)	119
圖 4-1-17 高雄市公車動態資訊系統執行畫面 (二)	119
圖 4-1-18 新竹市公車資訊系統架構圖	121
圖 4-1-19 APTS 各項資料傳送頻寬需求與 MANET 通訊平台容量的規劃	134
圖 4-1-20 高雄市公車行經路線圖	138
圖 4-1-21 MANET 通訊平台涵蓋高雄市公車動態資訊系統之範圍(方格需要訊息 覆蓋之範圍與設置 MANET 節點的位置)	139
圖 4-2-1 ATIS 系統應用分類	143
圖 4-2-2 ATIS 系統使用時機分類	144
圖 4-2-3 高速公路即時路況資訊系統	144
圖 4-2-4 金門無障礙運輸服務系統架構圖	145
圖 4-2-5 台北市路況即時資訊查詢介面	146
圖 4-2-6 台北市即時路口影像介面	146
圖 4-2-7 高速公路管理局路段路況查詢介面	147
圖 4-2-8 主要的 ATIS 系統架構圖	149
圖 4-3-1 ATMS, ATIS, APTS 等系統整合架構示意圖	154
圖 5-1-1 APTS 雛形系統系統內部關聯圖	162
圖 5-1-2 APTS 雛形系統功能層次關係結構圖	163
圖 5-1-3 車機子系統模組架構圖	164
圖 5-1-4 GPS 模組架構圖	165
圖 5-1-5 站牌模組架構圖	167
圖 5-1-6 APTS Server 車機資訊模組架構圖	168
圖 5-1-7 APTS Server GIS 模組架構圖	170
圖 5-1-8 APTS 雛形系統之 Web Server 模組架構圖	172
圖 5-1-9 APTS 雛形系統執行架構圖	173
圖 5-1-10 APTS 雛形系統執行環境圖	174
圖 5-1-11 APTS 雛形系統車機狀態轉換圖	175
圖 5-1-12 以 MANET 為基礎之 APTS 系統運作模式	176
圖 5-1-13 APTS 雛形系統測試場景	177
圖 5-1-14 實際測試過程之 A 車	178
圖 5-1-15 實際測試過程之 B 車	178
圖 5-1-16 實際測試過程之車機 A	179
圖 5-1-17 實際測試過程之車機 B	179
圖 5-1-18 實際測試過程之站牌端	180
圖 5-1-19 APTS 系統架構	181
圖 5-1-20 APTS Server 與各個車機連線示意圖	181
圖 5-1-21 MANET 應用即時路況查詢-觀看路線上公車行狀態	182
圖 5-1-22 車機 Client 端接收資料	182
圖 5-1-23 MANET 應用即時路況查詢-車機端顯示畫面	183
圖 5-1-24 MANET 應用即時路況查詢-行駛中之公車	184
圖 5-1-25 MANET 應用即時路況查詢-站牌一即時路況影像	184
圖 5-1-26 MANET 應用即時路況查詢-站牌二即時路況影像	185
圖 5-1-27 MANET 應用即時路況查詢-行駛中之公車	186

圖 5-1-28 APTS Server GIS 顯示圖.....	187
圖 5-1-29 APTS Server 端顯示車機狀態資訊圖.....	187
圖 5-2-1 即時路況查詢系統架構示意圖.....	193
圖 5-2-2 即時路口車流統計網頁示意圖.....	194
圖 5-2-3 即時路口影像範例(資料來源：台北市交通局).....	195
圖 5-2-4 ATIS 雛形系統之互動影音的使用範例畫面.....	196
圖 5-2-5 ATIS 雛形系統之互動影音即時通訊的架構示意圖.....	197
圖 5-2-6 ATIS 雛形系統整體架構圖.....	198
圖 5-2-7 移動車輛 A 與 B 透過四輛不移動的車輛(藍色車輛)進行雙向即時影音交談.....	199
圖 5-2-8 移動車輛 A 與 B 透過四輛一起移動的車輛(藍色車輛)進行雙向即時影音交談.....	200
圖 6-1 MANET 應用於 ITS 相關研究與我國 M-Taiwan 計畫相輔相成.....	202
圖 6-2 MANET 應用於區域性訊息廣播服務.....	212
圖 6-3 日本 NTT DoCoMo 進行行動資訊服務營運模式示意圖.....	214
圖 6-4 建議之 MANET 應用於 ITS 商業模式.....	215

表 目 錄

表 3-1-1 交大開發之 MANET 系統硬體列表	20
表 3-1-2 交大開發之 MANET 系統軟體列表	21
表 3-1-3 交大開發泛送系統之 MANET 系統硬體列表	34
表 3-1-4 交大開發泛送系統之 MANET 系統軟體列表	34
表 3-2-1 龍潭 MANET 實驗平台量測設備系統與周邊規格表	46
表 3-2-2 大規模 MANET 通訊平台量測項目與特性	51
表 3-2-3 不同移動速率下路線 1 量測實驗之效能量測結果	58
表 3-2-4 室外環境進行單一跳接數傳播之傳輸效能比較	62
表 3-2-5 龍潭 MANET 實驗平台固定點間效能量測實驗之量測點相關資訊	66
表 3-2-6 MANET 固定點間傳輸效能與傳輸環境相關性之比較	73
表 3-2-7 4 部車輛同時移動實驗於不同移動模式下之傳輸效能比較	82
表 3-2-8 2 部車輛在 MANET 實驗平台輔助下不同移動模式之傳輸效能比較	88
表 3-2-9 不同實驗場景中平均資料傳輸速率量測結果	102
表 3-2-10 不同實驗場景中平均資料傳輸速率總和量測結果	103
表 4-1-1 我國現行 APTS 系統之功能比較表	122
表 4-1-2 DirectPlay 所提供之語音加解碼壓縮技術與所需使用頻寬比較表	133
表 4-1-3 常見影像壓縮技術與所需使用頻寬比較表	133
表 4-1-4 現行高雄市公車動態資訊系統之建置與營運成本估算	135
表 4-2-1 不同無線通訊方案下之 ATIS 成本特性	151
表 4-2-2 不同無線通訊方案下之 ATIS 建置特性	152
表 4-3-1 各項系統服務所需的最大可能頻寬	156
表 4-3-2 必要性服務所需頻寬與各 MANET 系統可用頻寬的比較表	157
表 4-3-3 鏈狀 MANET 網路的頻寬效能	158
表 4-3-4 服務需求總頻寬與雛形系統可用頻寬表	159
表 5-1-1 車機 Client 所交換之車況資訊 XML 格式	183
表 5-1-2 我國現行 APTS 系統之功能比較表	191
表 6-1 行動商務之功能需求與挑戰	210
表 6-2 電信業者針對個人市場可發展之行動定位服務類型	212

摘 要

本計畫目的在研究具前瞻性廣域無基地台式的無線通訊系統(mobile ad-hoc network, MANET)應用於智慧型運輸系統(intelligent transportation system, ITS)系統之可行性與效能評估。MANET 通訊平台的通訊節點均具有中繼的功能，且節點間傳輸具多路徑選擇的能力，能有效提升無線電頻率使用效率，達到低成本及高傳輸速率的目的。本研究第二年度以第一年度成果為基礎，建置較大規模之 MANET 通訊實驗平台，除了進一步評估廣域無基地台式的無線通訊系統的效能外，並開發包括先進旅行人資訊系統(ATIS)、先進大眾運輸系統(APTS)等雛形系統，以驗證其可行性；利用本研究通訊實驗平台與雛形系統的系統效能與建置經驗，可作為將此技術擴大至都會規模以進行相關 ITS 應用服務系統時，在效能評估上與建置維運成本分析上的基礎，並可提供產業與政府機關在建立 ITS 商業模式時的參考。

根據本研究第二年度所進行之 MANET 實驗平台效能量測結果，在多跳接傳輸模式下，無論是 MANET 資料傳輸速率或是傳輸服務穩定性表現，第二年度所開發與建置的通訊平台均優於第一年度的 AODV 協定；於交通大學發展之 MANET 泛送技術使用以個人電腦為基礎之 MANET 雛形系統，在進行校園環境的效能量測時，具有較高的資料傳輸速率，在固定點間 3-hop 多跳接傳輸模式下能夠提供約 85kBytes/sec 資料傳輸速率；對於網路節點較多之桃園龍潭 MANET 實驗平台中，不但通訊服務效能的穩定性高，並且在多跳接傳輸模式下資料傳輸速率的表現亦優於節點數較少的交通大學 MANET 實驗平台，甚至在高達 6-hop 多跳接傳輸模式下仍能夠提供約 20kBytes/sec 資料傳輸速率；根據實驗結果發現，具有固定 MANET 節點輔助下的實驗平台，其無線通訊效能的確優於僅由移動節點所組成的 MANET 通訊平台，由這個現象得知若要提供穩定且高效能的 MANET 通訊平台，除了移動節點的分佈密度足夠外，於適當位置佈設固定式 MANET 節點將能夠有效提升其通訊平台效能。

為了驗證 MANET 實驗平台在多使用者條件下，於室外環境進行通訊服務之傳輸效能，本研究特別進行多使用者之效能量測，在單一 MANET 通訊平台中同時進行多個無線通訊服務，並利用多組臨時建置的固定節點與安裝於量測車輛之移動節點，進行在不同使用者數目與不同傳播場景下，資料傳輸速率之效能表現。實驗結果指出若多個使用者同時與單一節點進行通訊時，雖然每個使用者所分得之資料傳輸速率明顯下降，但整體 MANET 通訊平台之資料傳輸速率總和影響不大，僅會發生些微下降；若在 MANET 通訊平台進行車間通訊時，若傳輸連線進行的區域沒有明顯交集，則資料傳輸速率總和可能隨連線數目增加而有增加的趨勢，並且傳輸效能表現與傳輸路徑進行之區域相關。

在 MANET 應用於智慧型運輸系統之評估方面，本研究特別針對國內現行 ATIS 與 APTS 應用服務進行探討，並提出透過 MANET 整合並促進包括 ATMS、APTS、ATIS 等 ITS 服務之可行性與系統運作模式；報告中提出 MANET 傳輸效能的適用性與即時性分析，以及對現行高雄市動態公車資訊系統進行案例探討，以提出更務實之評估結果；無論是將 MANET 技術應用於 ATIS 或是 APTS 等，MANET 通訊平台在提供具移動性、高傳輸速率的條件

下，降低固定網路或無線網路接取點的建置成本，以及大幅降低無線通訊費用；高傳輸速率以及低通訊費用的特點將使得 ITS 應用服務更趨多元化。現階段之 MANET 技術已能夠有效滿足 ITS 通訊需求，並能夠擴充其功能，使得 ITS 應用服務能夠提供圖片、語音、甚至即時影像之資訊。在利用 MANET 整合互用多項 ITS 服務方面，報告中提出整合性系統架構之說明與分析，並根據這些應用服務預期之無線通訊需求進行分析，驗證現階段之 MANET 技術確實能夠有效滿足並整合常見之 ITS 應用服務之需求。

本研究同時進行 ITS 雛形系統的實作與示範，ATIS 與 APTS 之雛形系統規劃，以及足以驗證 MANET 功能與效能之雛形系統實作；本研究規劃的重點在於提供現階段 ATIS 與 APTS 之基本功能，並進行必要的擴充，以驗證以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台對於 ITS 之適用性。在本研究開發之雛形系統之中，MANET 技術不但能夠滿足 ATIS 與 APTS 基本功能，作為行動車機、路側設備、電子站牌等與中心單元的接取網路，並由於 MANET 能夠提供高傳輸速率，使得如即時路況圖片與影像等資訊皆得以透過 MANET 傳送至中心單元，促進 ITS 應用服務朝多元化發展。另外 MANET 能夠即時將多個行動單元連接成為通訊網路，在不需要通訊基礎設施與中心單元的輔助下，作為行動車輛間的資訊交換管道，行動車輛藉由互相交換之位置、車況、甚至影像圖片等，能夠動態取得最即時之鄰近路況資訊，或是進行車間通訊服務；本研究相關開發經驗可作為將來實作 ITS 相關應用服務的參考。

為了更進一步分析我國在推廣 MANET 技術應用於 ITS 之執行方針，本研究特別針對 MANET 應用於 ITS 之推廣策略與商業模式進行探討與建議；在推廣策略方面，主要將分成技術面、政策面、以及推廣應用面進行探討與建議，研究最後進行 MANET 應用於 ITS 商業模式初探，期望藉由 MANET 技術的引進、推廣、以及與其他相關技術的整合，加速交通智慧化的發展進程，並同時輔助我國電信通訊之技術與應用發展，達成政府效率提昇、產業發展、以及人民福利三贏的局面。

第一章 計畫背景、目的、與期中成果

1.1 計劃背景

國家智慧型運輸之基礎建設(NITI)已經是行政院積極推動之國家型基礎建設之一。智慧型運輸系統(ITS)需整合電子、通訊、導航、資訊及控制等技術並加以應用，提昇運輸機動性、能源效率及環保，進而改善交通問題。雖然智慧型運輸系統之應用範圍相當廣泛，但從資訊應用角度來看，包含資訊搜集(Data Collection)，資訊分析、處理及融合(Data Fusion)，及資訊播送(Data Distribution)，要做到搜集及播送資訊就必需藉重通訊平台建置及其技術發展應用環境，該項工作將在 ITS 基礎建設中扮演相當重要的角色。選擇適當的(成本低、功能合用、維護費低及容易)無線接取系統滿足智慧型運輸系統，在通訊、資訊播送及/或搜集需求則成為建置 ITS 重要工作之一。

目前，由於無線通訊/接取系統的廣泛使用，造成大量需求並刺激相關技術的進步與成長，使得無線通訊系統的發展日新月異。例如，在廣域行動通訊系統方面已由第一代的類比式系統，如 AMPS，演進到目前穿透率相當高的第二代 GSM 及第 2.5 代的 GPRS 數位式系統，及更進一步邁向可支援行動上網/多媒體服務的第三代 W-CDMA 系統(目前歐、美、日正在建置中，國內即將開放)。此系統演進事實說明無線電技術/系統的變化快速及生命週期短促。ITS 通訊平台建置中，選擇適當的無線接取系統就成為重要且複雜的一項工作。雖然歐、美、日提出以 DSRC(Dedicated Short Range Communication)系統做為智慧型運輸系統(ITS)路邊與車輛的通訊系統，但其應用時程仍需配合基礎建設之佈建，故短期廣域通訊智慧型運輸系統(ITS)應用仍需仰賴蜂巢式行動通訊系統、無線區域網路(WLAN)或數位廣播/電視系統作為無線接取系統。

近年來由於無線區域網路(WLAN)IEEE 802.11b 標準的成熟，並能提供高達 11Mbps 的連線速率，再加上設備競爭激烈，WLAN 卡、存取橋接 Access Point 及無線橋接器 Wireless Bridge 價格快速下降，及其具有佈建及使用容易等特性，適合作為 ITS 在各種多元化應用上的無線接取系統；然而現階段的無線區域網路仍屬於在定點設置接取點(hot-spot)的運作方式，行動設備或車機僅能與這些接取點進行通訊，而這些接取點都必須建置有線網路與 ITS 骨幹網路連接，因此若要利用無線區域網路技術達到涵蓋範圍較廣的通訊服務，其建置與維護費用相當可觀。故本計劃所研究之廣域免基地台式無線電系統，其主要特性在於網路中所有無線通訊設備皆具有中繼功能，因此能夠動態自行組織成為涵蓋範圍較廣的無線通訊網路，因此此項技術在提供高資料傳輸速率的同時，亦可降低與 ITS 骨幹網路的接取點密度，理論上能夠在提供高效能通訊服務與建置成本上取得雙贏的局面。

1.1.1 國內相關研究與實作

目前的車用資訊系統在市場上，以日趨蓬勃發展；而應用上主要分為電子地圖與導航、車輛派遣與監控、防盜保全、資訊服務及電子化行動辦公室等應

用。其中，電子地圖與導航應用已經日趨成熟，然而此項服務的目前最需要克服的障礙，就是功能價格比太低；一般消費者不會為了這樣的功能去購買這樣的商品。以既有的軟硬體規格為基礎，整合無線通訊的技術才是技術的趨勢。而目前車輛派遣監控與防盜保全已經漸漸開始發展了，但是真正的殺手級應用則是資訊服務及行動辦公室；這兩項應用目前還沒有廠商能夠開發出來。若國內能夠建立此一專業的技術能量，將可幫助在汽車、通訊及資訊服務的市場得到重大的助益。

在 MANET 通訊技術方面，國內已有少數廠商引進國外 MANET 技術進行研發與推廣，但在 MANET 核心技術方面，我國目前仍屬於學術研究階段；根據我國的相關產業政策，以無線區域網路為基礎的 MANET 技術較適合作為學術與產業上的發展方向。目前我國積極推動所謂雙網整合的通訊平台，雙網主要以 GSM/GPRS 為廣域通訊技術，並結合特定地區的無線區域網路來補足蜂巢式網路資料通訊頻寬不足的問題；使用 MANET 來增進無線區域網路的涵蓋範圍亦可作為雙網整合的討論課題，這使得我國在 MANET 通訊技術上的研究上有了清楚的發展方向。在 ITS 的應用上，我國已規範了完整的 ITS 服務項目，並已有區域性的實作系統進行營運(如高雄與台中之公車動態資訊系統)，除了使用現有的技術來滿足這些服務的需求外，如何使用 MANET 技術來輔助或增進這些 ITS 應用服務的效能，亦是重要的研究課題。本研究的目的即在於進行 MANET 應用於我國 ITS 系統的初步探討，其研究結果將具有指標性的意義。

1.1.2 國外相關研究與實作

在國外的相關應用發展上，目前汽車資訊服務的應用已經發展的相當的成熟，如日本的 VICS、美國的 OnStar 等等。除了基本交通資訊服務以外，對於汽車駕駛的個人化服務也已經漸漸成形。更進一步的資訊服務在日本，已經開始以實驗城的方式開始運作；如 TOYOTA、Mitsubishi、Honda 等各大車廠都已經開始在各自的生產工廠廠區，以實驗城的方式實際運行更先進的汽車資訊服務，如無線消費扣款機制、停車導引、音樂下載及即時廣告等等。可以預見未來汽車會成為另一個生活的重心。

在 MANET 應用於 ITS 系統方面，根據不同的國情與應用類型，目前國際上使用 MANET 於 ITS 服務的核心技術並沒有一定的標準與規範，因此在特性上與系統效能上亦有所不同；此外，由相關文獻探討得知，各國對於 MANET 應用於 ITS 的發展方向與現況並不一致，為了對國際上相關技術與應用有整體性的概念，本節進一步分析各國 MANET 應用於 ITS 系統的發展方向，同時評析我國目前的發展現況。茲分述於下：

1. 北美地區(美國、加拿大)

北美地區在國際上向來是電腦通訊技術研發與設備生產的大國，在 MANET 的發展方向方面，目前亦著重在通訊設備的研發，其所使用的通訊技術多半是延伸現有的電腦通訊技術加以改進，如 IEEE 802.11 無線區域網路、bluetooth 等為基礎，增加設備具有 MANET 動態繞送等功能。美國目前似乎主導著 MANET 繞送機制的標準制訂(在 IETF

組織成立 MANET 討論群)，但由於主事者多半屬於學術領域的學者，這些標準是否成為將來設備廠商遵循的依據來有待商榷。相關文獻得知，如終端設備的整合、智慧型天線的設計等，都是以研發適當的通訊設備為出發點，整合現有的電腦通訊技術，並嘗試增進其效能；無線區域網路目前在市場上具備優勢，其特點包括技術成熟、價格低廉、並已廣為被市場消費者接受，北美地區在 MANET 的發展方向實為對市場上的考量。在 ITS 應用方面，北美地區的發展較為緩慢，並沒有較大型的實驗或建置計畫，多半處於小規模的實驗，使得現階段使用無線區域網路技術提出 MANET 應用於 ITS 的完整解決方案仍有困難，並可能造成將來北美地區推廣 MANET 的障礙。

2. 歐盟

歐洲地區在 ITS 應用的領域具有領先地位，並已發展許多適當的通訊技術以輔助 ITS 應用的進行，雖然各國目前的 ITS 應用模式與通訊平台並沒有一定的標準，但對於發展 ITS 相關服務具有較充分的經驗。歐洲發展 MANET 應用於 ITS 服務的大型建置計畫首推德國 Fleetnet 計畫，該計畫已歸納出若干 MANET 應用模式，並已進行系統實際運作測量其效能；歐洲地區所使用的 MANET 通訊技術多半以歐盟所擅長的蜂巢式網路通訊技術為基礎，以 Fleetnet 為例，使用操作於 2010-2020MHz 頻段的 UTRA-TDD 通訊技術，達到長距離及高移動速度傳輸之強健特性；在學術上的探討，歐洲各國如德國、瑞典等，亦有許多以 MANET 為基礎應用在 ITS 服務為考量的探討，這些應用模式的研究都有助於發展成功的 ITS 系統。總體而言，以德國為首的歐洲地區使用蜂巢式網路為基礎，進而發展 MANET 技術並應用於 ITS 系統已有較為成熟的成果，然而目前所使用的蜂巢式網路技術以 3G 系統為主，在現階段基礎設備尚未建立，並同時與傳統 GSM 網路和短距通訊技術(包括無線區域網路)的競爭下，是否能在將來有效推廣還具有變數。

3. 南非

南非在 ad-hoc 網路的發展上算是一個較為特殊的例子，由於南非的 IWICS 公司具有專屬的 ODMA 動態自組網路的技術，並以證明具有良好的傳輸效能表現，因此在國際上 MANET 技術的發展上佔有一席之地；ODMA 技術原先亦使用 3G 網路的 TDD 通訊模式為基礎，並曾經列入 3G 標準規範項目之一，ODMA 技術也能夠在無線區域網路技術下運作，並具有不錯的效能。在 ITS 應用方面，南非地區已有以 ODMA 為基礎的實際 ITS 應用系統，目前正朝多元化發展的應用。ODMA 技術在行動終端自組網路的技術上已趨成熟，但由於 ODMA 上屬於專屬的通訊技術，因此要推廣到國際上還有賴相關系統與設備廠商的支援。

4. 亞洲(日本、韓國)

亞洲地區在 MANET 的發展上以東亞地區的日本、韓國等較為積極，此乃導因於這些國家有心致力於通訊技術與消費性電子產品的研發與製造；日本雖然在 ITS 的發展上涉足較早，但過去在通訊技術方面多

半著力於專用短距通訊技術以開發特定的 ITS 應用(如電子收費等)，無論是日本或韓國，現階段在 MANET 的發展上多半處於學術研究階段，包括 MANET 動態繞送機制、訊息廣播的運作機制等，並透過電腦模擬的結果預估其效能。亞洲地區在 MANET 的發展上較北美、歐洲等落後，但這些國家挾長期在消費性電子商品的發展優勢，在將來發展與推廣 MANET 應用的能力不容忽視。

1.2 計劃目的與重要性

本計畫目的在研究廣域免基地台式的無線通訊系統於智慧型運輸系統(ITS)之應用，所指之無線通訊網路乃屬於可移動、不需基本通訊設施網路之一種。該通訊系統中的用戶或通訊節點均具有中繼的功能，且節點間傳輸具多路徑選擇的能力，資訊可用跳蛙的方式由一通訊節點傳送至另一通訊節點直到此資訊到達其目的地為止。因此，此類網路的通訊特色是移動式(mobile)多段(multi-hop)全部無線(all-wireless)通訊，能有效提升無線電頻率使用效率，達到低成本(無基地台建置費用，系統維運成本低)及高傳輸速率的目的。該系統如經實測，證實其效能，將可有效輔助智慧型運輸系統(ITS)通訊平台之基礎建置，對我國智慧型運輸系統(ITS)之推展與建置有相當之助益。

可移動、不需基本通訊設施網路(mobile ad-hoc network, MANET)在軍事及急難救助上的潛在巨大價值早已被世人所認知。然而，由於此類網路並不像個人通訊系統一樣具有巨大民間商業價值，長久以來，工業界及學術界所投入的研發並不多。除此之外，此類網路的系統架構與網際網路的系統架構相當不同，其所需的系統技術也遠比網際網路困難。在網際網路內，幾乎所有的通訊節點都是固定不可移動的路由器，且幾乎所有路由器間的傳輸媒介都是高頻寬且低錯誤率的有線光纖纜線。相反的，在 MANET 內，通訊節點與通訊節點間是靠低頻寬且高錯誤率的無線通訊在傳遞資料。而且因為所有的通訊節點都可能隨時任意移動其位置，每個通訊節點的鄰居通訊節點群也可能隨時在改變。由於這些因素，要在 MANET 內提供高效能、可靠、有效率及正確送達的傳輸服務是遠比在網際網路內困難。其相關技術都還在早期研發的階段。

然而 MANET 在科學研究及民間工商業上的應用急速增加。舉例來說，極大量不再回收式的微型感測器可由飛機自空中散佈於海面上，這些微型感測器都具有短距離低功率的無線傳送、接收、轉送的能力。他們將隨著洋流任意漂流來進行資料蒐集及探測的任務。當科學家下指令詢問某特定水面之水溫、風速或浪高時，這些微型感測器將必須能夠利用現有的不定型網路組態來傳遞指令至指定水面的微型感測器，且將所蒐集到的資料經由移動式(mobile)多段(multi-hop)全部無線(all-wireless)通訊的方式傳回。由於此類網路具有巨大的應用價值，美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)[1] 及 DARPA 機構 [2] 均正在大力推動以及積極尋求相關研究計劃書，並將之列為二十一世紀之重點網路科技。世界上一些著名大學(如 UC Berkeley [3]、MIT [4]、UCLA [5]、U. Washington [6]、University of Stuttgart、Germany [7])、研究機構(如 USC/ISI [8]) 及工業界實驗室(如 AT&T Labs、Compaq Digital Labs) 也均已開始著手研究。

由於 MANET 的特性與傳統的網際網路大不相同，目前為網際網路所發展出來的技術並不適用於此類網路。這些技術上從應用層，加密層，傳輸層，路由層，下至媒介存取層可能均須從新設計或修改方能符合此類網路的特殊需求。本計畫因此將探討 MANET 之可行性(feasibility)、可用性(applicability)、資訊傳輸效能(performance)、以及對目前網際網路常用應用程式支援的程度(support)。

本計畫共分為二年期，第一年期(前期)著重於 MANET 技術的探討與研發，而第二年期(本期)的計畫目的在於建構較具規模的 MANET 通訊實驗平台，進行網路效能的量測與分析，為了驗證 MANET 技術應用於 ITS 系統的有效性，本計畫亦規劃進行包括 ATIS、APTS 等雛形系統的開發與效能量測；根據這些效能分析與量測的結果，本研究將評估利用 MANET 技術擴大至都會規模時，在效能上與建置維運成本上的表現，有助於我國相關單位與產業在規劃實際營運方針的參考。

本計畫第二年工作以系統應用測試為主，進行較大規模系統網路效能實地測試(進行最多約 30 無線網路節點之通訊測試)及在 ITS 應用之展示，應完成下列主要工作項目：

- 較大規模 MANET 實驗平台之建構與性能量測
- 評估 MANET 技術應用在都會規模之 ITS 系統時效能與建置維運成本
- 開發與展示以 MANET 實驗平台為基礎之 ATIS、APTS 雛形系統
- 建立 MANET 應用於 ITS 系統的商業模式

本計畫各項工作內容具有高度相關性，除了能夠深入瞭解 MANET 技術的核心與實際運作效能，並透過技術與應用各方面的研發工作，有效評估 MANET 應用於 ITS 系統的可行性。茲將本計畫各項工作項目的流程與關係表示於下圖：

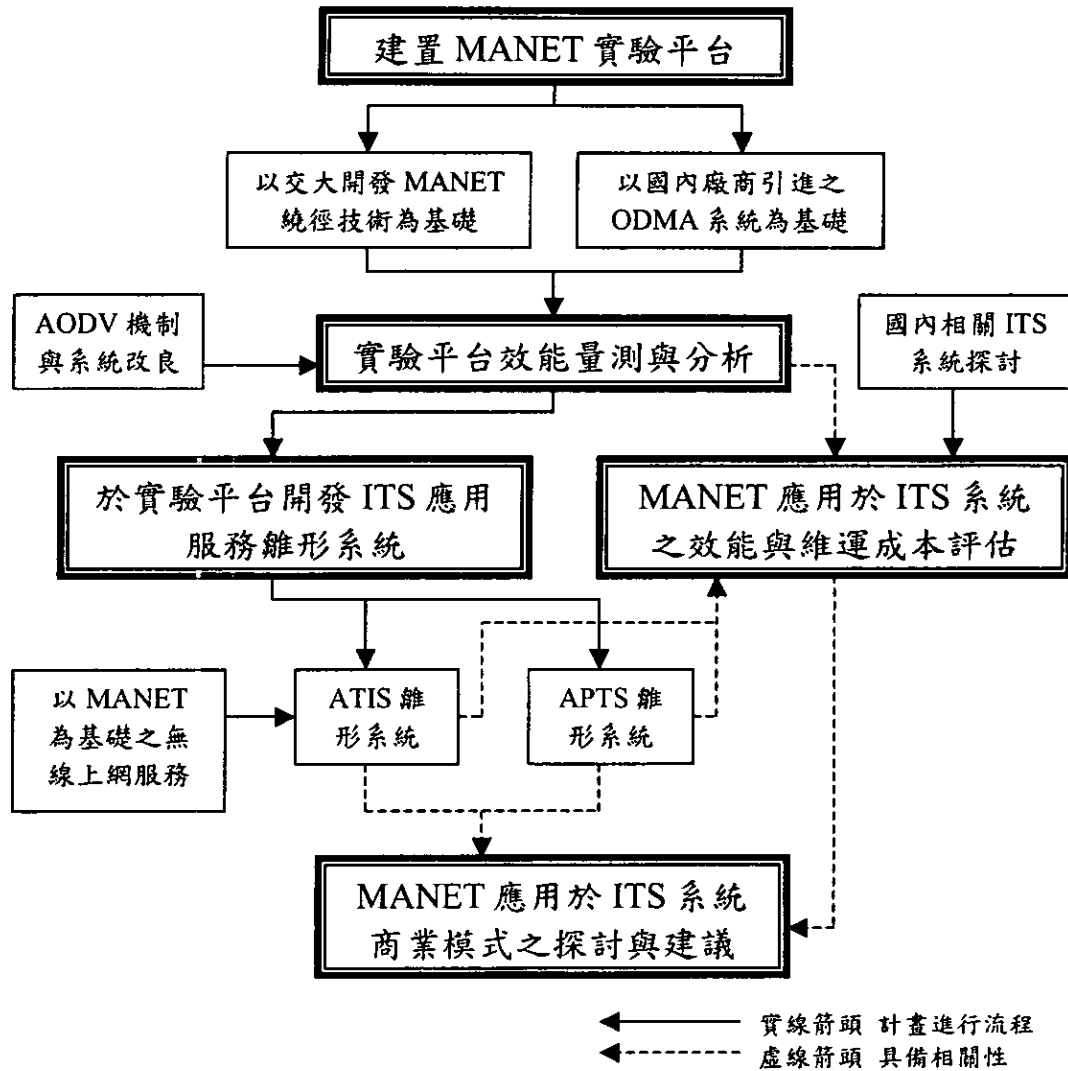


圖 1-2-1 計畫工作項目與流程關係示意圖

1.3 工作項目與研究成果

根據本年度計畫之時程規劃，計畫之工作項目包括下面數項：

1. 建置較具規模之 MANET 實驗通訊平台
 - a. 固定點與移動車機雛形系統之整備
 - b. 固定點安裝位置之評估與實地安裝
2. MANET 實驗通訊平台之效能量測與分析
 - a. 固定點間進行多跳接傳輸之效能量測與分析
 - b. 移動車機於實驗平台固定點輔助下之多跳接傳輸效能量測與分析
 - c. 進行多使用者條件下之效能模擬與量測
3. MANET 繞徑機制之改良與實作
4. MANET 應用於 ITS 系統之效能與維運成本評估
 - a. 我國現行 ATIS、APTS 通訊技術與維運情形之探討

- b. 使用 MANET 技術進行具都市規模之 ATIS、APTS 優缺點分析
 - c. 透過單一 MANET 通訊平台整合 ATMS、APTS、ATIS 等 ITS 應用服務之系統規劃與可行性分析
5. 以 MANET 技術為基礎之 ATIS、APTS 雛形系統之規劃與實作
 6. MANET 應用於 ITS 系統之推廣策略與商業模式

茲將相關工作項目與成果分述於下：

1. MANET 測試平台之建構與效能量測

本研究第二階段擬進行較大規模系統網路效能實地測試及驗證 MANET 系統在智慧型運輸系統之應用，此一階段的工作項目中包含兩個子項，首先行動車機系統與路側網路固定節點之整備，根據第一年度的研究成果以及便於實能量測的進行與 ITS 應用程式開發等，本研究所規劃使用之實體設備將以第一年度所提出之車機雛形系統(即以筆記型電腦為基礎之終端設備)，以及具備 MANET 功能之準系統為主；工作項目第二子項乃是針對計畫所建構之通訊測試平台進行效能量測與分析，這些量測與分析結果不但可供未來建置類似通訊平台之參考，亦是本研究計畫後期進行 ITS 應用服務開發的基礎。

為了進行較具規模之 MANET 實驗平台建置與功能展示，本研究除了在交通大學校區進行較小規模之平台建置與效能量測外，並與智網 IWICS 公司合作，於桃園縣龍潭鄉建置包含 30 節點以上之 MANET 實驗平台，並進行較為完整的效能量測，初步總結與 MANET 實驗平台建構與量測之期中所完成工作項目如下：

1. MANET 通訊設備的整備與安裝：包括以交通大學研發與改良之 MANET 繞徑技術為基礎，建構之 MANET 雛形系統，以及以智網 IWICS 公司引進之 ODMA 技術為基礎，於實際道路環境所建構之較大規模 MANET 實驗平台，其建構規模約為方圓 1.2 公里之區域，裝設大於 30 網路節點數之實驗平台。
2. MANET 通訊設備的系統效能量測：包括於交通大學進行較小規模之效能量測，其規模約包括 4~6 網路節點設置，進行多接跳傳輸模式下，固定點間與移動點間的效能量測，其目的在於取得這些 MANET 系統之理論效能極限值。另外於實際道路環境之大規模測試平台，亦完成了多項效能量測，同時完成了這些量測數據的分析與比較，其目的在於觀察 MANET 通訊技術在實際道路環境之效能表現。
3. MANET 通訊平台在多使用者條件下的效能量測：為了驗證 MANET 實驗平台在多使用者條件下，於室外環境進行通訊服務之傳輸效能，本實驗特別於交通大學室外校園環境進行，利用多組臨時建置的固定節點與安裝於量測車輛之移動節點，進行在不同使用者數目與不同傳播場景下，資料傳輸速率之效能表現。本實驗所建

置之 MANET 平台一共包括 6 個固定點，並於其間透過裝設 MANET 設備之車輛作為移動點。

關於詳細之 MANET 實體設備介紹與量測結果等詳見報告第三章。

2. MANET 繞徑機制之改良與實作

由第一年度之 MANET 實地道路測試實驗可以得知，MANET 網路裡的傳輸行為不穩定的主因為先天上 MANET 所具有的特性——每個節點(network node)都具有高移動性，使得網路拓樸也具有極度高變化性。此趨勢可以從我們所做出的實驗量測中發現，路徑中所參與的節點數一增加，路徑的存活時間就急速減低可以看出。本研究第二年度除了在實驗平台建置上考慮使用固定點輔助移動點進行跳接傳輸，在網路組成架構上進行改進外，並規劃針對繞送協定演算法進行修正。

本研究與第二年度採用區域式泛洪(limited flooding)的方式來傳送資料進行 MANET 繞徑技術的改良。由於採用泛洪方式送出資料，任何鄰接的節點都會收到這個資料，並找尋機會送出。以如此接力方式，將資料傳送到接收端。這樣的方式，將省去找尋路徑所花費的時間與維護路徑的時間，且多路徑的傳送的方式，在高移動性的環境下，將可增加成功傳送的機率。我們將提出抑制重複廣播的機制，與縮小泛洪區域的方法。例如，送出封包前，先隨機等待一段時間，聆聽是否有人已送出相同的封包，若有，則丟棄該封包。若無，則送出該封包。

本研究於執行期中時程已完成初步之泛洪式 MANET 繞徑技術之研發與實作，並已進行效能量測與分析；根據效能量測的結果，此創新 MANET 繞徑技術在效能穩定度上的確優於 AODV 協定，並且在取得效能穩定性的同時，仍能提供高傳輸速率之多跳接無線通訊服務。關於改良之泛洪 MANET 通訊技術介紹與實作細節詳見報告第二章。

3. MANET 應用於 ITS 系統之效能與維運成本評估

在 ITS 相關系統建置與維運成本評估方面，本研究將分為兩個主要階段進行；首先是針對國內現有相關系統進行建置與維運狀況的探討，進而評估使用 MANET 技術取代其通訊方案時，在相同系統規模的條件下，所需要之建置與維運成本。本研究於期中報告以進行包括國內 ATIS 與 APTS 系統之營運現況探討，並提出使用 MANET 技術進行 ATIS 與 APTS 服務時，在系統效能上與建置營運成本上的特性評估。

此外，本研究以公車動態資訊系統為案例，分析其資料傳輸需求以及 MANET 技術之適用性，並以目前高雄市公車動態資訊系統為比較對象，評估使用 MANET 技術進行同樣規模之 APTS 服務時，相關建置與營運成本評估；根據效能與成本之初步分析結果，驗證 MANET 技術的效能表現的確能夠有效滿足 APTS 服務的資料通訊需求，而除了初期 MANET 固定點建置成本較高

外，包括固定網路拉設成本、通訊費用、營運與維護成本等，使用 MANET 技術都具備高度優勢。

從 ITS 系統架構來看，無論是 ATMS、APTS、ATIS 等，均應用所謂的 client-server 架構；在本研究的規劃下，一般行動車機與路側單元屬於用戶端 (client) 角色，透過 MANET 通訊平台與中心端 (server) 進行資料交換，因此若 MANET 能夠提供較高的資料傳輸速率時，多項 ITS 應用服務可共用 MANET 通訊平台作為應用服務需要上傳資訊至中心端或從中心端進行資料下載的管道。本研究同時這方面整合互用 MANET 平台之運作模式進行探討分析；關於這些應用系統之現階段探討、效能與維運成本評估等詳見報告第四章。

4. 以 MANET 技術為基礎之 ATIS、APTS 雛形系統之規劃與實作

根據本研究第一年度的研究成果與評估，使用行動廣域免基地台無線電系統 (MANET) 對系統營運與成本上實有相當程度的助益；雖然 MANET 應用於 ITS 各項應用服務的適用性並不一致，對於目前我國規劃與建置 ITS 系統所遭遇的建置與維運課題，MANET 理論上能夠有效解決。本研究規劃選擇 ATIS、APTS 等服務領域進行雛形系統的實作，從 ITS 系統架構來看，無論是 APTS、ATIS 等，均可視為所謂的 client-server 架構；在本研究的規劃下，一般行動車機屬於用戶端 (client) 角色，透過 MANET 通訊平台與中心端 (server) 進行資料交換，而 MANET 路側固定點在此種運作模式下僅提供封包轉送的服務；同樣地，模擬路側交控監視器、智慧型站牌等路側固定點亦可視為 ITS 系統中的用戶端，因為這些應用服務需要上傳資訊至中心端或從中心端進行資料下載。對於若干 ITS 應用服務，路側固定點可能同時兼具用戶端與伺服器的角色。

本計畫已完成對 ATIS 與 APTS 之雛形系統實作，驗證 MANET 能夠有效達成這些 ITS 應用服務的基本需求，並為了能夠善用 MANET 技術的優勢，開發所謂浮動車輛資訊服務，使得行動車機間能夠再不需要網路基礎建設與中心單元的輔助下，能夠動態即時地互相交換行車位置與車況資訊。關於這些應用系統之細部說明內容詳見第五章。

5. MANET 應用於 ITS 系統之推廣策略與商業模式

為了更進一步分析我國在推廣 MANET 技術應用於 ITS 之執行方針，本研究特別針對 MANET 應用於 ITS 之推廣策略與商業模式進行探討與建議；在推廣策略方面，主要將分成技術面、政策面、以及推廣應用面進行探討與建議；在 MANET 應用於 ITS 商業模式初探方面，主要參考國內外無線通訊服務的成功模式，並與推廣策略相輔相成為考量；本研究期望藉由 MANET 技術的引進、推廣、以及與其他相關技術的整合，加速交通智慧化的發展進程，並同時輔助我國電信通訊之技術與應用發展，達成政府效率提昇、產業發展、以及人民福利三贏的局面。關於這些推廣策略與商業模式之細部說明詳見第六章。

第二章 MANET 繞徑機制之改良與實作

由第一年度之 MANET 實地道路測試實驗可以得知，MANET 網路裡的傳輸行為不穩定的主因為先天上 MANET 所具有的特性——每個節點(network node)都具有高移動性，使得網路拓撲也具有極度高變化性。此趨勢可以從我們所做出的實驗量測中發現，路徑中所參與的節點數一增加，路徑的存活時間就急速減低可以看出。但這不是一個完全無解的問題，本研究提出以區域式泛洪(limited flooding)的方式來傳送資料。由於採用泛洪方式送出資料，任何鄰接的節點都會收到這個資料，並找尋機會送出。以如此接力方式，將資料傳送到接收端。這樣的方式，將省去找尋路徑所花費的時間與維護路徑的時間，且多路徑的傳送的方式，在高移動性的環境下，將可增加成功傳送的機率。茲將相關探討與泛洪機制之設計與實作分述於下：

2.1 現有 MANET 繞送協定在高速移動性網路下的不適用性

現有的 MANET 繞送協定主要建構在單一繞送路徑的基礎上。依照此基礎分類出 on-demand 與 pro-active 兩種型態的協定。前者的代表為 AODV 與 DSR 協定，後者為 DSDV。更衍生其他變形，例如以區域或 cluster 為基礎的階層式繞送演算法，例如 CGSR 與 ZRP。但是不論歸屬何種分類，以單一路徑為基礎的此類演算法必須包含以下三種功能：

1. 尋找一條可用路徑
2. 維護一條可用路徑
3. 修復路徑

在低移動性網路裡，由於路徑的存活時間相對於上述三種功能完成所需的時間遠長的多，因此繞送協定所造成的時間成本(overhead)，對於資料傳輸或是應用程式的互動，仍處在一個可以接受的範圍。但是在車間通訊網路中，經過第一年實地道路量測，所顯示的結果：

在都是高移動性移動節點組成的網路，其直接對連(single-hop route)路徑存活時間為約 20 秒，而 2-hop 路徑只有約 4 秒。

因此以單一繞送路徑為基礎的協定，在此種網路特性下，會面臨花費了大量時間在尋找和維護路徑，但是當功能完成時，路徑也已經不存活了。致使，應用程式幾乎無法有效地送出任何訊息。因此第一年度的實測實驗，導出了兩個改善此種情形的作法：

1. 增設固定點(fixed node)來有效增加路徑形成的可能性與路徑本身的穩定性。
2. 採用非單一路徑基礎的方式來傳送訊息封包。

針對第一點，我們提出了一個以少量固定點為基礎的 ATIS 網路服務架構，將在實際戶外場地布建小規模的網路，來印證效果。而針對第二點，本計畫開發了另一套以泛送機制(flooding)為基礎的機制來取代現有的 MANET 協定。泛送機制不特意尋找維護路徑，而是嘗試近乎所有的可能傳送路徑來轉送封包，以克服路徑存活時間太短的問題。泛送機制將遭遇與繞送協定截然不同的問題。泛送機制會面臨廣播封包數量過多，可能會排擠應用程式可用頻寬。以及封包脫序到達的程度更為嚴重等衝擊傳輸層協定或應用程式的問題。本計畫所開發的協定，即是在利用泛送機制好處的同時，抑制以上問題的影響程度。

2.2 泛送機制的設計與實作

2.2.1 泛送機制的設計

好的泛送機制必須要處理以下幾種問題：

1. 網路內廣播封包的個數過多，造成網路系統有效總頻寬(應用程式實際可得總頻寬)太低。
2. 廣播封包在網路內不斷循環轉送不被消滅
3. 廣播封包在一般子系統是不被保證會成功送達，因此要有機制必須確保封包能成功送達。
4. 封包脫序到達(out-of-order arrival)的程度嚴重

針對上述的問題，我們提出幾個解決方法並且以模擬的方式證明其效能；提出的解決方案有主要有三種，第一種作法稱為『合併』方案(merge scheme)，第二種作法稱為『二次傳送』方案(double send scheme)，最後一種方法則稱為『泛送封包過濾』方案(filter scheme)。

2.2.1.1 主要架構

這個系統架構對於每一個節點都會執行兩類的程式，第一類稱作『特定服務泛送伺服器』(Service-specific Flood Server, 簡稱 SSFS)，另一類則是『整合服務泛送伺服器』(Integrated-specific Flood Server, 簡稱 ISFS)。兩者透過 TCP 連線來互相溝通。所有的泛送訊息從 SSFS 送至 ISFS 的，稱作 flood message body(簡稱 FMB)。ISFS 負責執行上述的三種機制。因此被合併的泛送訊息會被合成一個大的泛送訊息。此訊息由一個共用的標頭(稱為 flood message common header, 簡稱 FMCH)和各個 FMB 所組成。FMCH 包含了各個 FMB 的描述資訊，例如 FMB 的長度、對應的 SSFS 種類等資訊。整個系統架構圖如圖 2-2-1：

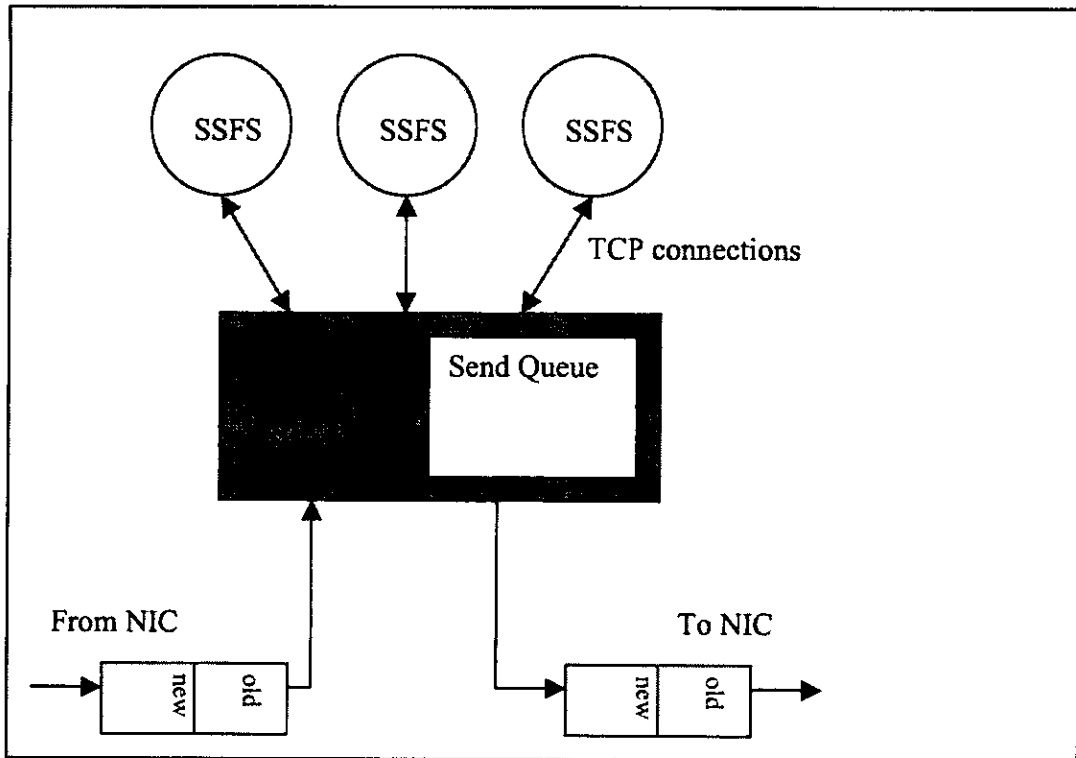


圖 2-2-1 泛送機制系統架構圖

當有訊息需要傳送時，會先被送至特定的 SSFS。該 SSFS 會利用 TCP 連線，將封包送至 ISFS 的 send queue 裡，由 ISFS 來執行整合封包的動作。而 ISFS 會由收到的封包利用二次傳送機制來偵測封包遺失的情形，並回傳給對應的 SSFS，由 SSFS 來決定是不是發送重送的要求。ISFS 的內部演算法，也決定了封包是否要繼續泛送。

2.2.1.2 合併方案(Merge scheme)

合併方案的主要精神，是把多個長度很小的泛送封包(flooding packet)，先存放在一個 output queue，等待一段時間 T 。在 T 時間之內，若累積到足夠量的封包長度，便將停留在 queue 中的封包合併成一個新的較長的封包再送出，或是當 T 時間過去，queue 中所有的封包會被強迫合併成一個封包送出。這個作法的好處有兩點：一是可以增加系統有效頻寬，節省了實體層的 preamble 與 MAC 層的 header 所造成的 overhead。二是合併的方式降低了 MAC 層封包之間競爭頻寬的程度，使得碰撞減少，也因此可以減低泛送訊息的傳送失敗率 (delivery failure rate)。而這個方法主要的缺點是，由於在每一個轉送點都會需要 T 時間的等待，因此一個封包的整個傳送路徑會遭受 $(m-1)*T$ 時間的延遲，這裡 m 是路徑上的節點數。因此，端點對端點(end-to-end)的延遲有可能會變的難以接收，例如在牽涉的路徑數很多或是系統設定的等待時間很久的情形下。

2.2.1.3 「二次傳送」方案 (Double scheme)

二次傳送機制的基本精神是在傳送一個整合泛送封包後，再多傳送一個小的泛送封包，只包含前一個封包的 FMCH。當 SSFS 收到一個泛送封包的時候，會將該封包的 FMCH 存入一個 cache，而當收到第二個提示封包時，SSFS 會比對是否有收過此封包。若是沒有，表示封包遺失，則可以選擇是否發出重送要求(Retransmission request)，若是有找尋到，則表示已經成功收取過。

2.2.1.4 「泛送封包過濾」方案 (Filter scheme)

這個方案主要包含兩種技巧，第一種叫“Band” Technique，另一種則叫“Continue Send” technique。此方案，每一個節點必須要對網路內其他節點維持一個記錄，包含四個欄位：

- (1) IP address: 此記錄所要記載的節點 IP
- (2) Sequence number: 來自此節點的封包目前最高序號
- (3) DistInc: 本節點與所記錄的節點兩者之間的 hop count
- (4) DistDec: 本節點與所記錄的節點兩者之間的 hop count

DistInc 初始成 255 而 DistDec 初始成 0。而當有更新的封包來自該節點時，本地的節點應該要將此兩個欄位設成封包內所攜帶的 hop count 記錄。週期性地，若一段時間內，都沒有任何更新的封包來自該節點，DistInc 會加一，而 DistDec 會減一。而當前者到達 255 或後者到達 0，則表示此節點處在最遠距離或是無法到達。

“Band Technique”，是利用整合泛送封包(integrated flood message)，從一個 hop 到下一個 hop 移動時，會更新其內部的 hop count 戳記。依據時間戳記與參數值的比較，有三種技巧可以縮小泛送訊息的範圍。

- (a) 設定最大 hop count 為一個特定系統參數值，若是泛送封包內的 hopcount 記錄值已經大於最大的設定值，則收到的 node 直接丟掉此封包並且不轉送下去。
- (b) 設定最大 hop count 為 k：當一個中間節點 C 收到此封包時，檢查它的記錄中到此封包的目的地—節點 B 的 DistDec 欄位，若是大於 k，則直接丟掉
- (c) 除了最大 hop count 值之外，再導入一個變數值稱作 extra_hop，目前設為 2。當一個中間節點 C 收到一個泛送封包時，它找出來源節點 A 與目的節點 B。若是 $\text{DistDec}(B) + \text{DistDec}(A) > \text{Max Hop count} + \text{extra_hop}$ ，則表示 C 不是在與 B 正確的路徑方向上面，則 C 可以直接丟掉此封包。

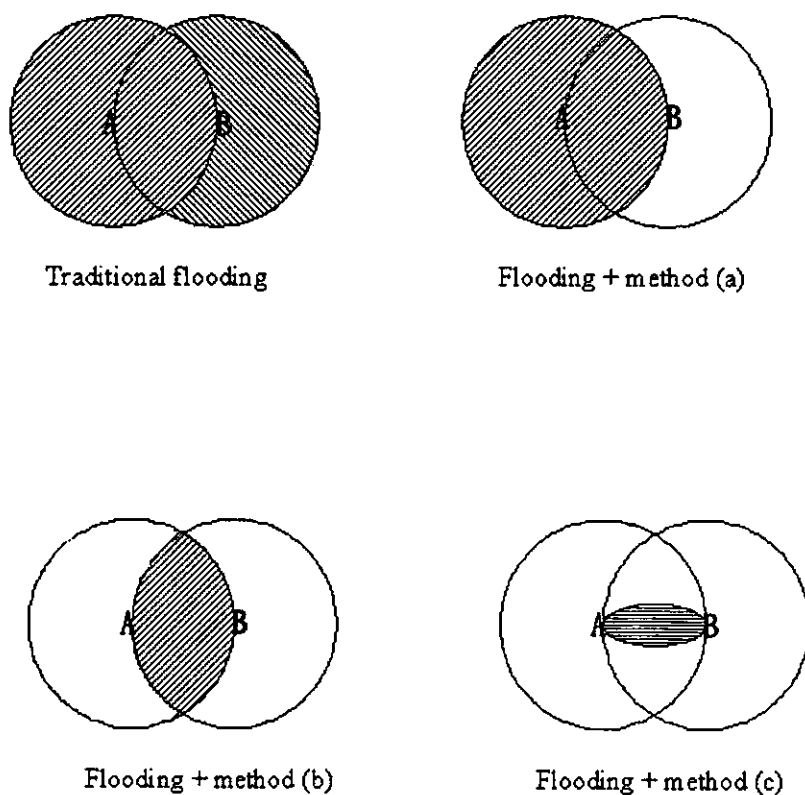


圖 2-2-2 各種泛送方式所形成的泛送訊息的範圍

由圖 2-2-2 可以看出，傳統的泛送機制範圍為整個網路，技巧(a)的方式可以將範圍侷限在以 A 為圓心，半徑是我們設定的最大 hop count 的一個圓內。技巧(b)則是把範圍縮小到 A 與 B 兩點所形成的圓之交集。技巧(c)則是進一步縮小成一個帶狀範圍。

另一個技巧“Continue Send”，其主要精神則是系統定義一個值，名稱為 Neighborhood，在本次研究是將 Neighborhood 設為 3。當一個節點由前述三種技巧之一決定要丟棄一個封包的時候，如果發現它自己與目的地的距離小於 Neighborhood 的值時，則不丟棄此封包。取而代之地，將該封包 FMCH 所帶的最大 hop count 值加一，並把這個封包送出。這個技巧背後的理由是如果封包已經很接近目的地，那麼中間的節點幫助它到達目的地的成本已經很低，因此比丟棄它更有意義，對系統的泛送訊息成功率也較有幫助。

對『泛送訊息過濾』方案而言，並不會對一個封包增加太多的延遲。但是對於泛送的失敗率，可能會提高。根據的模擬研究，不論低速或是高速，泛送訊息的大小，上述三種機制的封包遺失率皆比傳統的泛送機制低，原因是降低了鏈結層的競爭與實體層碰撞的機率。而 end-to-end 延遲在一般情形，新導入的機制皆比傳統泛送要長。而在系統泛送的要求量逐漸增大的情形下，兩者的差距已不大，因為傳統泛送機制可能也需要讓封包在 send queue 等待送出。

2.2.2 泛送機制的實作

本計畫開發出來的泛送機制架構示意如圖 2-2-3。

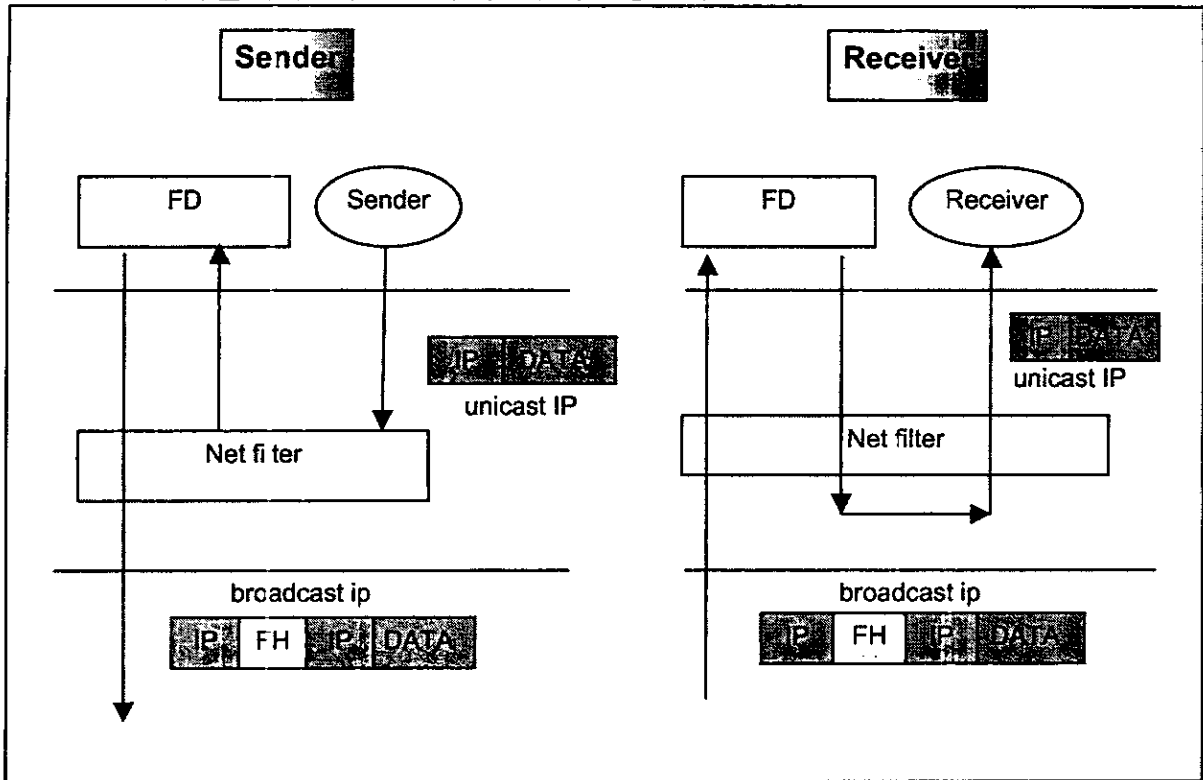


圖 2-2-3 泛送機制實作的架構圖

泛送機制服務程式(Flooding daemon)實作為一個使用者服務程式。當一般應用程式送出訊息時，作業系統的網路子系統 IP 層會加入一個 IP header。此 header 裡面的目的 IP (Destination IP)，為一般 unicast IP。而透過作業系統裡的 Net filter 機制，此封包將會被轉送至泛送機制服務程式(Flooding Daemon，圖中簡稱 FD)。FD 內部實作各種演算法用來克服 2.2.1 節中提到各種泛送機制會面臨的問題。而當 FD 決定將封包送出時，會將所需的資訊形成一個 header(FH)，前置在原本的封包之前，並且會新加一個目的 IP 為廣播位址的 IP header。當中間節點收起此封包時(因為目的地為廣播位址)，會送至 Flood Daemon 程式，該程式讀出 FH 與原始封包的 IP header，以判別此封包是否為本機應用程式所要收取的。若不是，則更動 FH 的必要欄位後，再將此封包送回網路，讓更接近目的地的節點們收取。當目的地的 FD 收取此封包時，將發現此封包是本機所需要的，因此剷除 Sender 所加入的 IP header 與 FH，再送回作業系統，此時 Net filter 機制會把此封包，送到聽取此 IP 與 port 的應用程式去。

FD 內部的實作如圖 2-2-4 所示。本地端的封包，經由內部 filter 上來後，經過 Process Logic Unit 的處理(如新增 FH 與 broadcast address IP header)之後，會複製一份被送入作業系統的網路子系統，準備送入網路。而此封包就移動至

Retransmit queue(RetxQ)，若判斷傳送失敗的條件成立，則快速重送機制會被啟動，此封包將在嘗試被複製送出一次。而轉送的封包，被送入 FD 之後，會被強迫等待一段時間才能被轉送。因此，要轉送的封包會先移動至 Forward Delay Queue (FWDQ)，而當此類封包被複製送下作業系統時，會從 FWDQ 移動到 RetxQ。

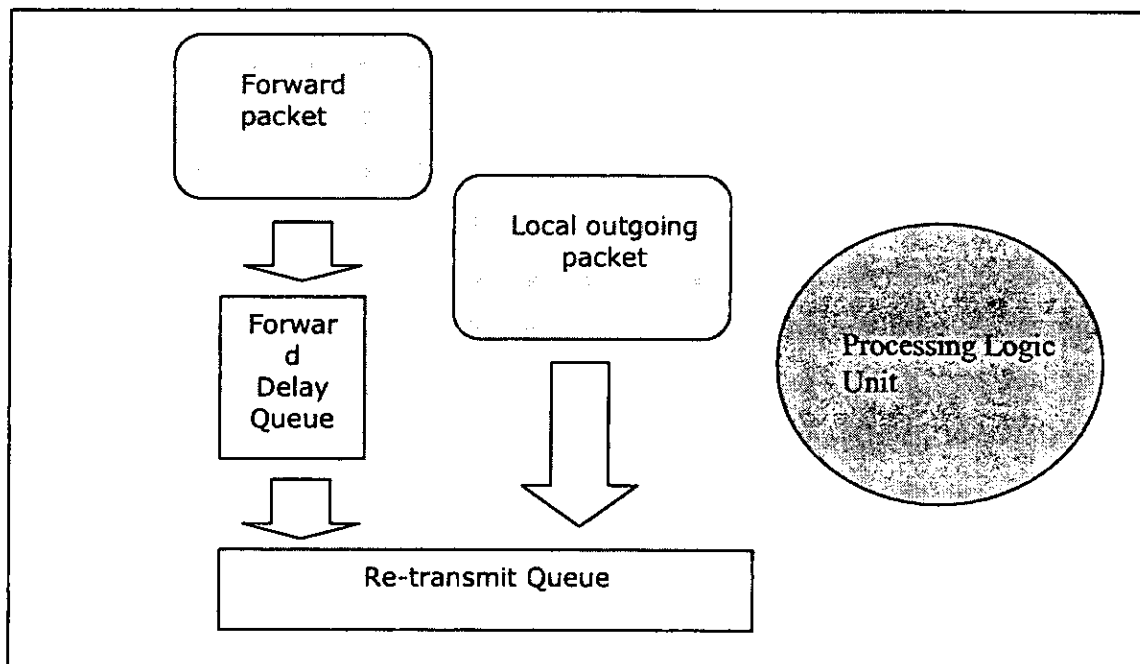


圖 2-2-4 泛送服務程式內部實作的架構圖

2.3 導入智慧型天線改進 MANET 效能

利用前瞻智慧型天線技術，發展寬頻多模以及具指向性之天線，理應能夠提升 MANET 通訊平台的傳輸效能；由於 MANET 系統具有動態拓撲(Dynamic Topology)及容量時變特性，網路中的節點可以隨時任意移動，網路的拓撲結構隨不同時間可有完全不同的型態，同時其鏈路容量將表現出時變的特徵，與一般的有線網路型態有所不同。因此為增加鏈路的信號品質與穩定性，將來 MANET 設備廠商可考慮開發具有傳播方向選擇特性的車載智慧型天線系統，增加系統容量，並降低其他車機干擾。此處的解決方案主要是利用高增益波束切換之陣列天線技術，並配合適當的演算法，在不更動既有通訊晶片下，利用現有的通訊協定所提供的訊息，讓原本使用全向性天線的 MANET 系統得以使用方向性天線，提供空間多工(Spatial Multiplexing)的能力，以增加整體網路系統的容量。同時由於方向性天線只對特定方向接收，透過時間區隔與利用天線服務區域的切換，可降低不同車機間所造成的干擾，而無需增加多餘的硬體設備。方向性天線的使用不僅可以針對不同的方向選取適當的傳送機率，使系統在不同方向均可達大最大的容量，更可以由於天線所提供額外的增益，增加訊號品質，降低通道效應造成傳送失敗的機率。

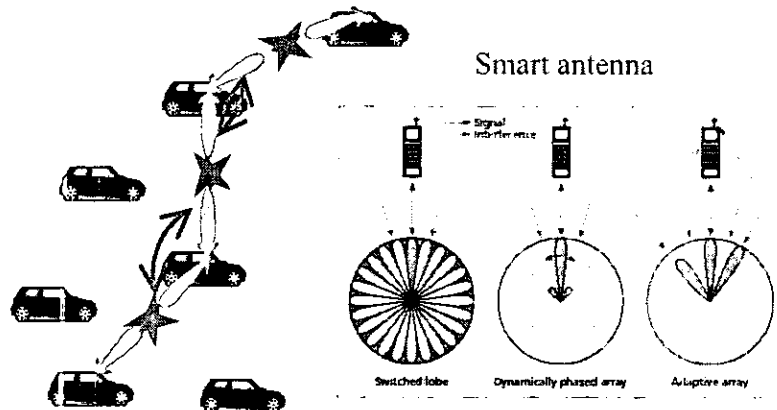


圖 2-2-5 以智慧型天線為基礎之 MANET 運作模式

由於所要選擇使用之智慧型天線方向與 MANET 網路節點間的相對位置有關，因此 MANET 繞徑模組必須具有依照車機位置資訊選擇適當路徑的能力，並根據需要控制智慧型天線所啟動的方向性與運作行為。以位置輔助繞送 (location aided routing, LAR) 為例，這種方法基本上與知名的動態繞路法 (dynamic search routing, DSR) 非常相似，其中最主要的差別在於 LAR 是藉著 GPS 的支援而知道目的點所在的大約位置，因此它不必像 DSR 一樣需對所有點廣播繞路需求封包 (routing request packet)，當執行繞路時，LAR 會將來源點和目的點間定出一個矩形的區域，而需求封包只對區域內的點做封包的廣播，因此可減少廣播訊息的發佈數量。

若依照前述說明整合智慧型天線於 MANET 系統之中，勢必造成設備成本之提昇；在 MANET 網路接取點方面，除了使用智慧型天線外，亦可考慮在同樣的位置使用多個方向性天線所組成的接取點設備，分別對不同方向之 MANET 節點進行接取服務；此種運作模式同樣能夠達成無線電空間分割的優點，並且目前方向性天線技術成熟度較高、複雜度較低，應具有較低的開發與製造成本。

第三章 MANET 實驗平台效能量測與分析

本研究所建置之 MANET 實驗平台於第二年度計畫主要分為兩個部分：一為以交通大學開發之泛送通訊技術為基礎，於交通大學校園所進行之小規模系統建置與效能量測，二為以智網 IWICS 公司引進之 MANET 技術，於實際道路環境所建置之較大規模實驗平台。

在 MANET 相關技術尚未成熟，以致於具備 MANET 功能之實體設備取得困難，本研究第二年度於交大開發之實體設備將延續第一年度所研發之雛形系統進行功能增進，其中以筆記型電腦為基礎之車機雛形系統將作為 ITS 系統之行動車上單元，而車機準系統將作為實驗平台之固定點，不但可輔助行動單元間的資料交換穩定性，並可模擬作為路側 ATIS 訊息廣播基地台、路側交通號誌與交控偵測器、以及網際網路無線接取點等。

為了讓本計畫的研究成果更趨於務實，並加速我國利用 MANET 技術進行 ITS 服務，第二年度的計畫參與單位增加了智網 IWICS 公司；智網公司在國內引進源自南非 ODMA 技術，將動態繞徑與接取機制實作於 IEEE 802.11b 通訊技術之上，並已有穩定的雛形產品可供建置與測試之用，因此本計畫將同時進行大規模 MANET 實驗平台的建置與量測，建置規劃主要包括於交通大學內進行小規模效能量測，以及於桃園龍潭郊區建置較具規模的實驗平台。

3.1 MANET 效能模擬與泛送技術之效能量測

3.1.1 通訊設備之整備與安裝

3.1.1.1 實驗系統設備列表

硬體方面，由於必須測試的應用軟體項目涵蓋即時影音服務，因此我們採用類似第一年度雛形系統實驗時的方案，使用筆記型電腦搭配 Linux 作業系統，可以使用豐富的 Free Software，並可以較容易取得硬體設備的驅動程式。雛形車機嵌入式系統，受限於記憶體與檔案系統大小的限制，多媒體的應用較難以立即施展。本次道路實測實驗的設備依據硬體與軟體的分類列表如表 3-1-1 與表 3-1-2。搭建網路攝影機與無線網路卡後的裝置如圖 3-1-1，圖 3-1-2 為實驗過程車輛移動的一個快照。

表 3-1-1 交大開發之 MANET 系統硬體列表

設備名稱	設備數量
車輛	4
筆記型電腦	4
網路攝影機 (附麥克風)	4
802.11 無線網路卡	4

表 3-1-2 交大開發之 MANET 系統軟體列表

設備名稱	設備數量
Linux 作業系統	4
泛送協定軟體	4
視訊會議軟體	4
流量產生器軟體	4

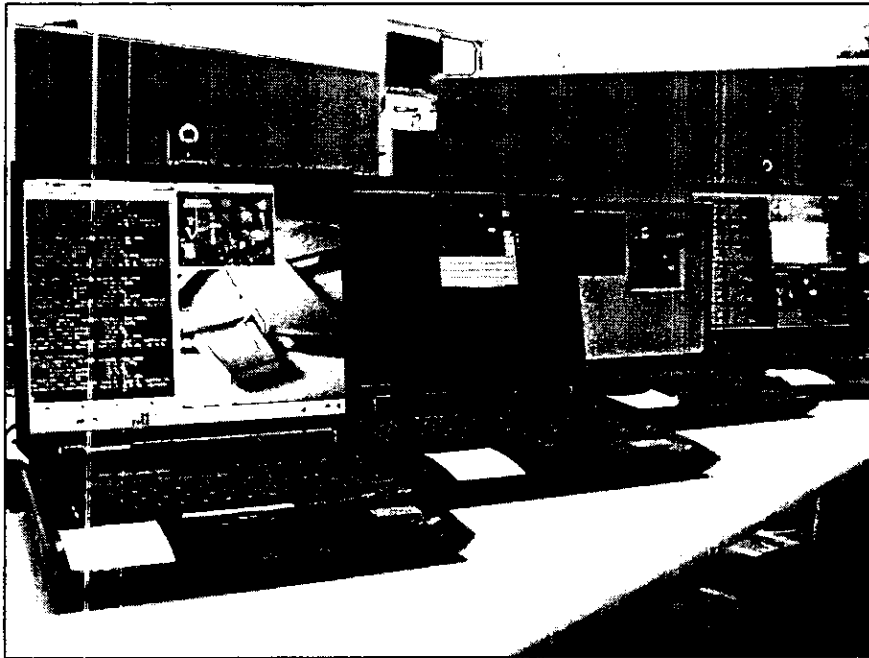


圖 3-1-1 交大開發之 MANET 系統設備整合圖



圖 3-1-2 針對交大開發之 MANET 系統量測實驗實際情形

3.1.2 效能量測結果與分析

3.1.2.1 實驗場景

實驗的項目分為三個場景：四個固定點、四個移動點、以及兩個移動點與

兩個固定點，示意如下列三圖。第一個場景為四部汽車固定不移動。第二個場景為四部車依照順序隨意地前進，但是前後關係保持固定。第三個場景為兩個移動點與兩個固定點，移動點初始與固定點相同位置，而後向外移動出去，並在一定距離後轉向回來，週而復始地以此方式運動。

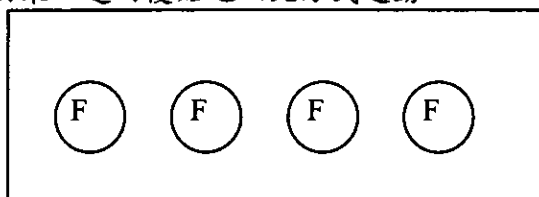


圖 3-1-3 4 固定點間 MANET 效能量測場景

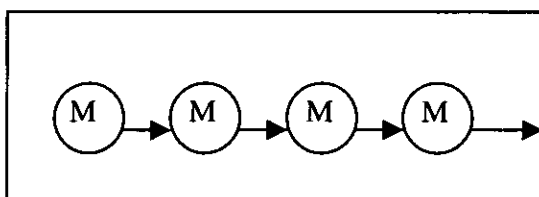


圖 3-1-4 4 移動點間 MANET 效能量測場景

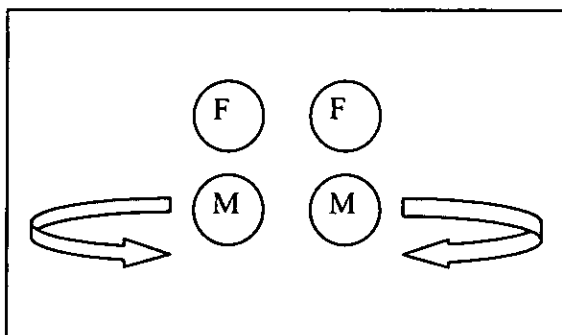


圖 3-1-5 2 固定點與 2 移動點間 MANET 效能量測場景

3.1.2.2 實驗結果

(1) 四個固定點

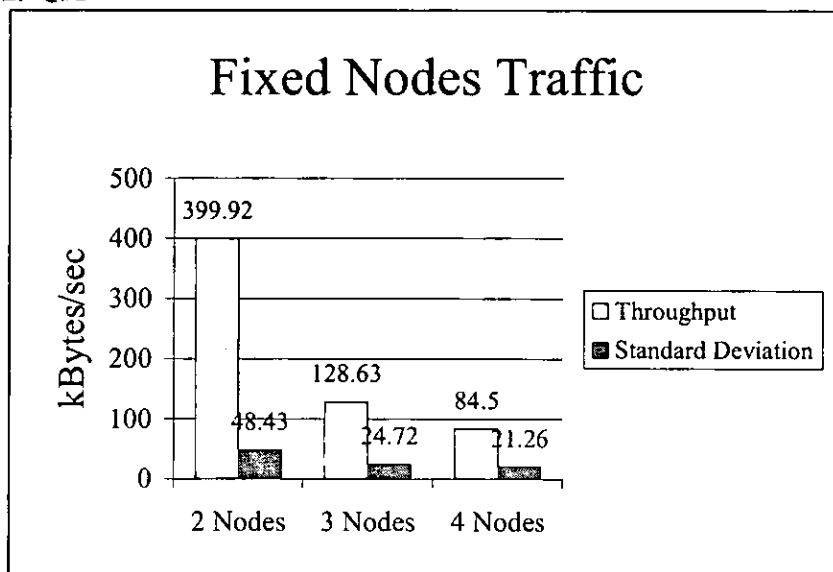


圖 3-1-6 Throughput 與固定點個數關係圖

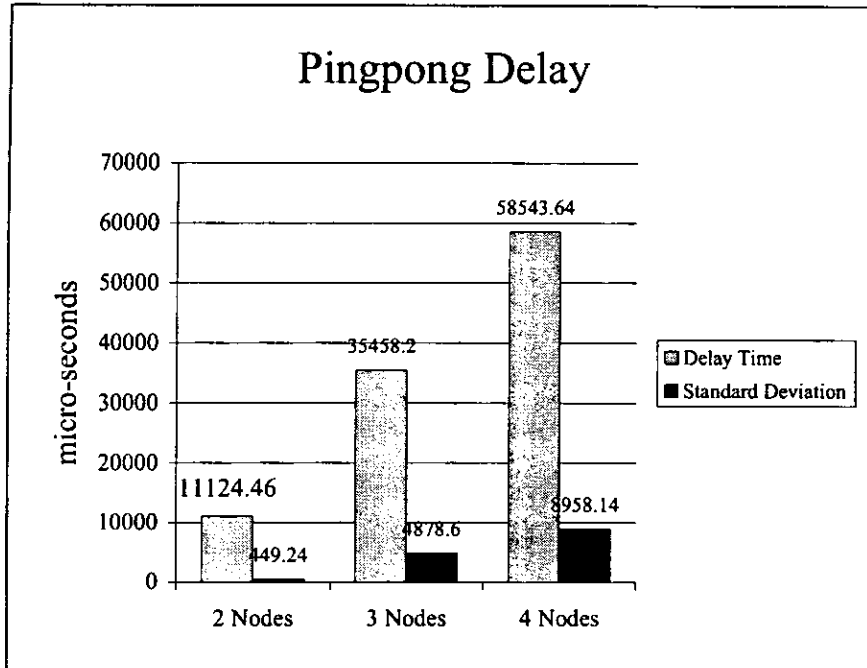


圖 3-1-7 Ping-pong Delay 與固定點個數關係圖

固定點的實驗，可以讓我們得知新設計的泛送協定在 MANET 下的效果極限。我們可以看到兩個 node 相互傳輸時，throughput 可以達到 400kBytes/sec，透過一個 hop 可以達到約 128kBytes/sec，而四個 node 只有 84kBytes/sec。而 end-to-end delay 以 ping-pong 的方式量測，也就是量測封包送出後，必須等到回應封包送回發出量測封包的節點，才完成一次採樣。大約來看，ping-pong delay 為 end-to-end delay 的兩倍左右。一樣如所預期地，當路徑節點數越高，ping-pong delay 也越大。

(2) 四個移動點

由圖 3-1-8 可以發現四個移動點的 throughput 雖然不穩定，但是平均仍有 110kBytes/sec 的表現，足夠支持較低畫質的視訊會議應用軟體的需求，但是畫質的穩定度則有賴於路徑的穩定度以降低封包遺失率或封包脫序程度(out-of-order arrival)。平均的 hop count 為 1.8。Throughput 的標準差為 129.58 kBytes/sec，hop count 的標準差為 0.94 kBytes/sec。

相較於以 AODV 為基礎第一年期計畫所做的實驗，AODV 泛送協定幾乎無法建立出三個及三個以上 hop count 以上的路徑(如圖 3-1-10)，泛送機制在實務上克服了以單一路徑為基礎的 AODV 所無法克服的障礙。

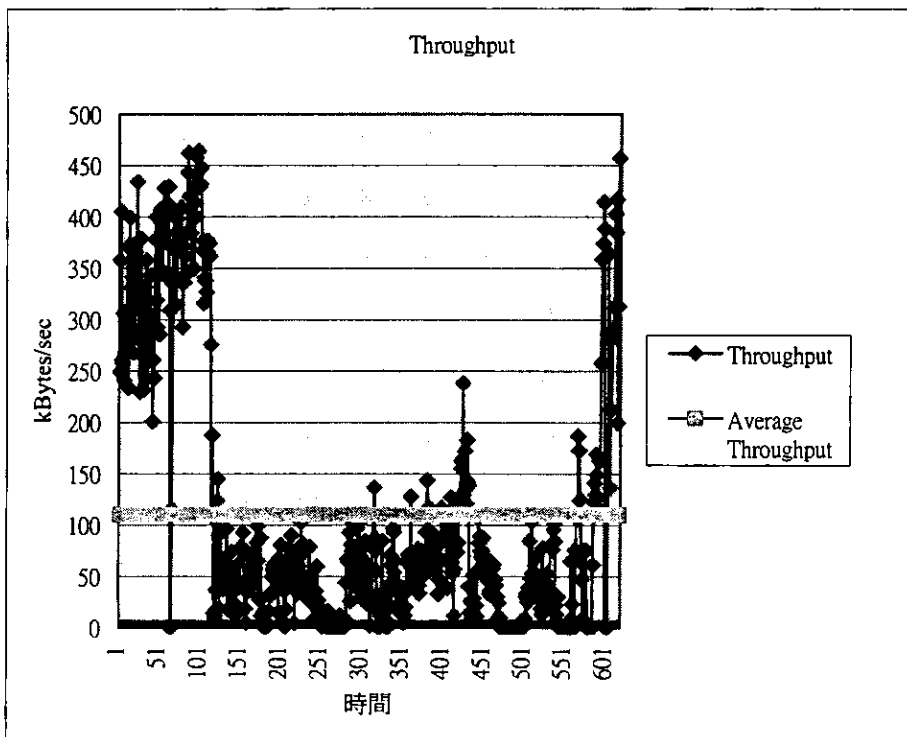


圖 3-1-8 四個移動點的 Throughput 表現

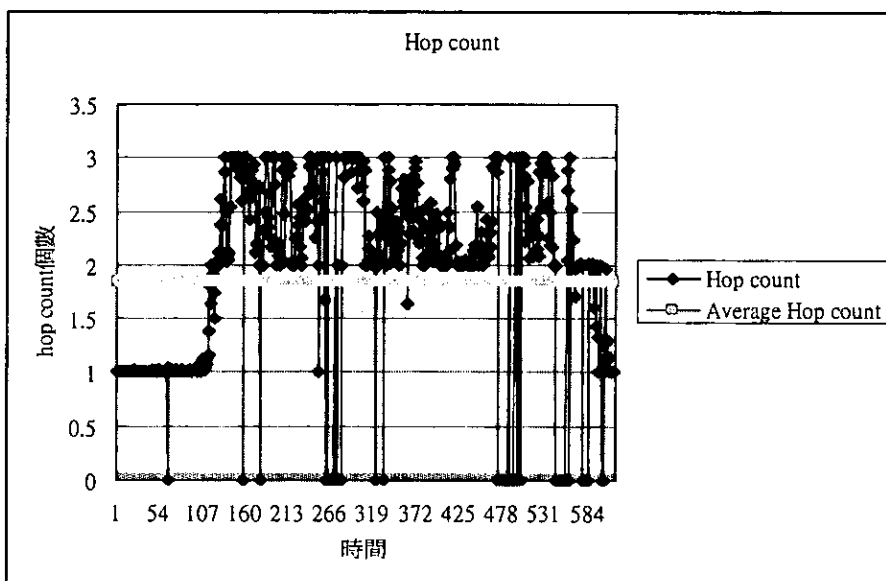


圖 3-1-9 四個移動點的路徑 hop count 數記錄

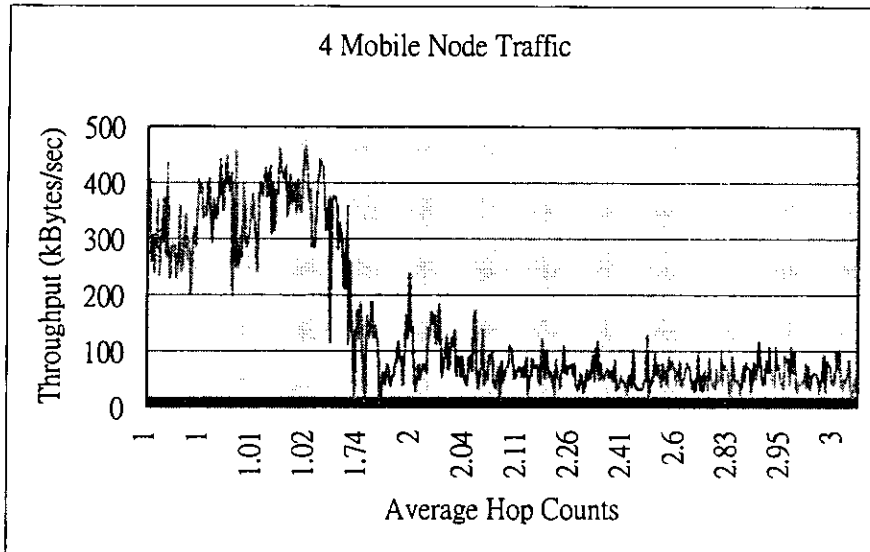


圖 3-1-10 四個移動點的 throughput 與 hop count 關係圖

(3) 兩個移動點，兩個固定點

由第三種場景，我們可以看出有固定點的 MANET 可以提供更高的 throughput，此三個 cases 的平均 throughput 為 157 kBytes/sec。由於此場景的移動模式與場景二不相同，因此 hop count 的數量無法彼此比較。雖然此場景所記錄出的標準差變大，但是主要是肇因於移動時兩個移動點會由內而外移動再繞回來的模式，此種移動樣式會造成先直接相連，而後利用固定點跳接，又直接相連，因此 hop count 跳動比場景二來的劇烈，事實上此種型式的網路有著比較高的穩定性和 throughput，因此我們建議 ATIS 系統可以採用混合固定點與移動點的組成方式。

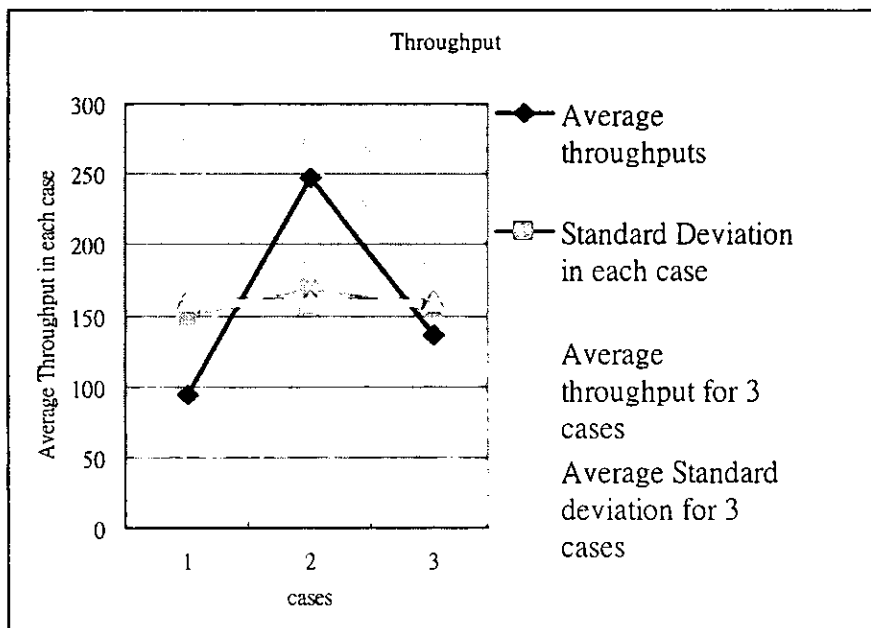


圖 3-1-11 不同實驗場景之 throughput 效能表現

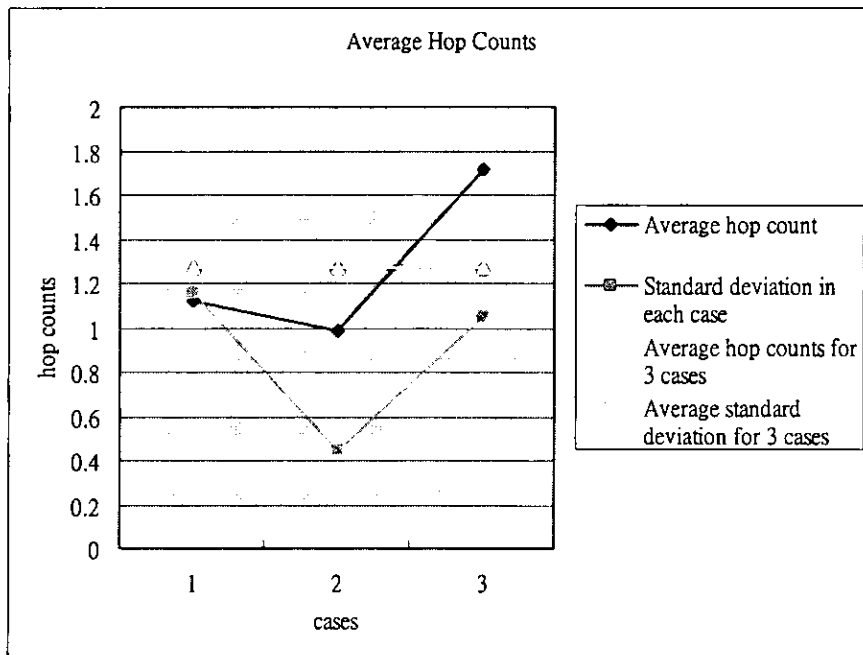


圖 3-1-12 不同實驗場景之平均跳接數

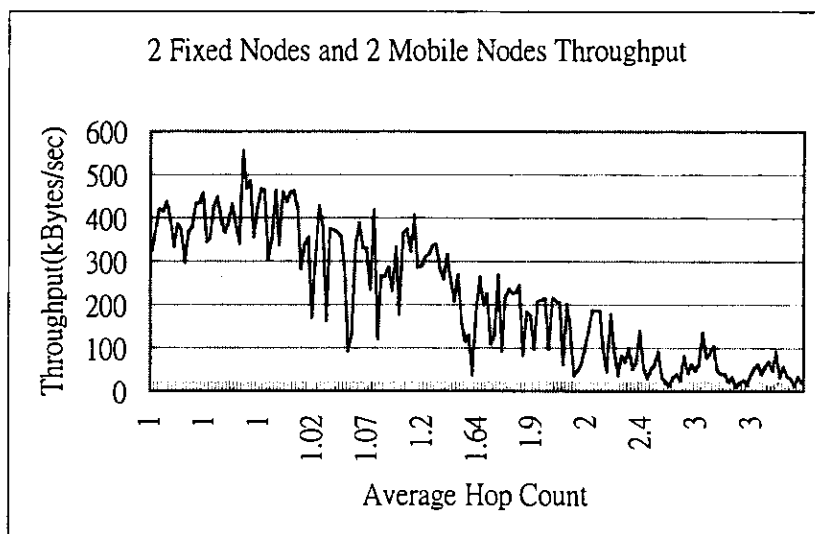


圖 3-1-13 實驗場景 3 之平均跳接數與傳輸速率關係圖

3.1.3 MANET 在多使用者條件下之理論與模擬數據

MANET 網路容量 (capacity) 的評估並不容易，因為牽涉的因子很多，包括了節點個數、節點密度、節點的傳輸功率、拓樸樣式以及 traffic pattern 等等。節點個數、節點密度將會影響節點之間的空氣介質的競爭程度；而節點的傳輸功率除了影響競爭情形之外，也會對附近的節點形成訊號干擾。拓樸樣式則決定了網路容量會不會被幾個重要節點 (high degree nodes) 所決定，如果大多數的連線都因為拓樸的樣貌而必須經過少數個節點，那這些節點的運算能力與傳輸能力將會決定網路容量的上限。另外，traffic pattern 定義了傳輸封包的大小與傳輸封包的分布 (distribution)。這些參數都會影響量測軟體所能得到的有效頻寬，因為 traffic pattern 有可能會嚴重地影響封包碰撞機率。為了簡化分析上的困難，大部分的研究都分為鏈狀網路與非鏈狀網路。鏈狀網路為較簡單的 MANET 拓樸，因此目前的研究成果較完整，而非鏈狀網路則以矩陣拓樸為較常被研究的對象

a. 鏈狀網路 (chain network)

大部分的理論分析無法很準確地描述出各式各樣的 MANET 系統容量。研究比較完整的是鏈狀網路 (chain network)。在 “Analysis of TCP Performance Over Mobile Ad Hoc Networks”, Gavin Holland and Nitin Vaidya, ACM MOBICOM '99. 模擬分析出了鏈狀網路的效能有 $1/N$ 的趨勢， N 為路徑 hop 數。其研究成果如圖 3-1-14 所示，當 hop count 大於 7 時，throughput 已經趨於穩定。

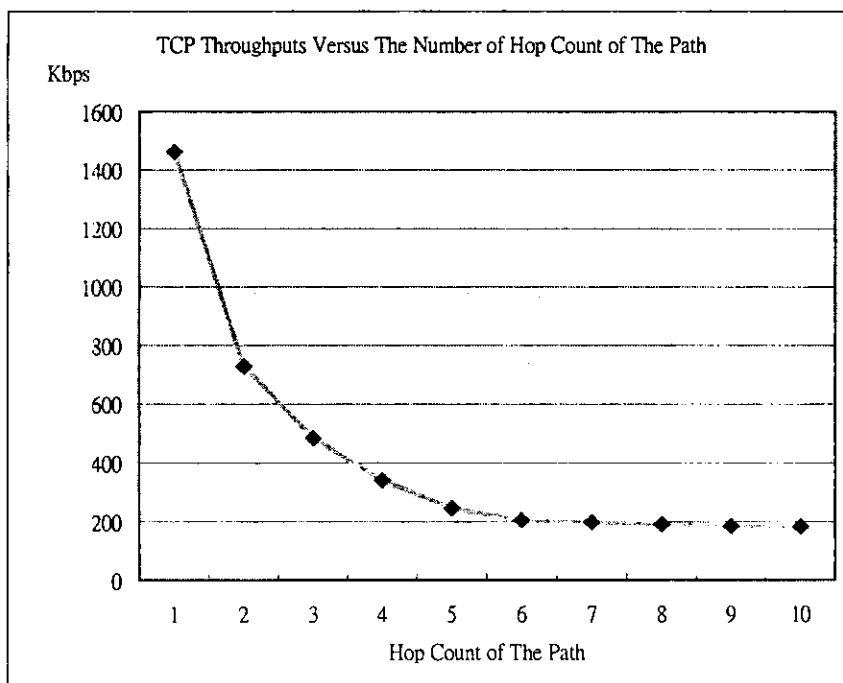


圖 3-1-14 TCP Throughputs 與路徑長度的關係

而圖 3-1-15 在 "Capacity of Ad Hoc Wireless Networks", Jinyang Li, Charles Blake, Douglas S.J. De Couto, Hu Imm Lee, Robert Morris 等人的研究中，也有類似的模擬分析結果，並且比較封包長度對系統整體 throughput 的影響。我們可以發現當封包長度大的時候，系統可以有比較高的 throughput，因為其 payload-header 的比例很大，有比較好的效率。小封包每傳送一次，就要忍受 MAC 層與實體層的 overhead。因此，在傳輸情形較良好的時候，效率不會比大封包好。另外，大的封包減少了傳送時競爭介質的次數，也進一步地提升系統 throughput。一樣我們可以發現在 hop count 大於 6 以上後，系統整體效能趨於穩定。而大封包的 throughput 在低於 6 個 node 時，每增加一段 hop，下降的趨勢非常劇烈，這也是決定 MANET 封包最佳傳送大小上，一個可以考量的地方。

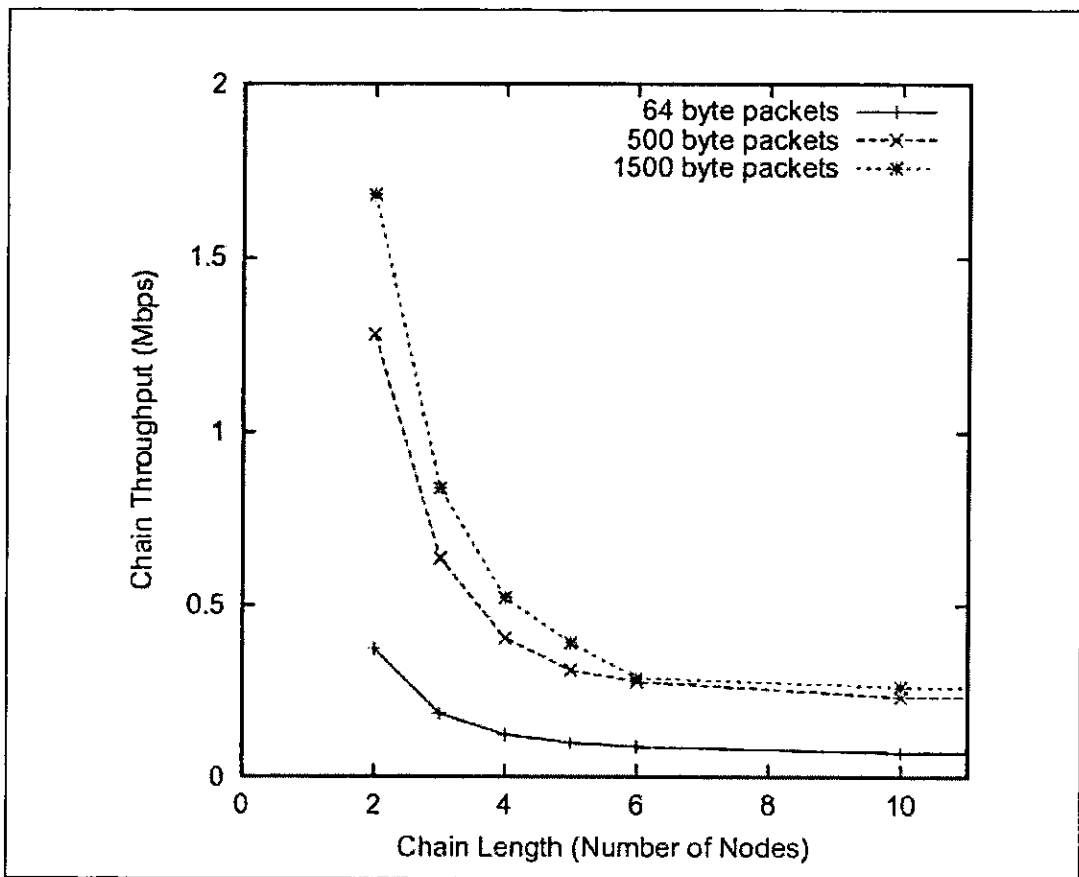


圖 3-1-15 Throughput 與路徑長度和封包大小的關係圖

b. 矩陣網路 (matrix network)

而非鏈狀拓撲的 MANET，整體 throughput 相當難以分析，目前已有的研究中多是不考慮移動性的情形下，來進行模擬研究。本計畫也根據節點個數從 4 個節點到 100 個節點，分別形成 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, ..., 10x10 等九個矩陣來進行 MANET 模擬的效能分析。Traffic pattern 為每一個節點都會對其他 MANET 內的每一個節點進行傳送資料的動作，而每一個節點也會準備收取來自其他各個節點的資料。圖 3-1-14 為 10 x 10 matrix topology 的例子，節點們以矩陣方式

排列，每個節點之間間隔 200 公尺。繞送路徑的演算法為目前最普遍而簡單的 shortest-path algorithm，此演算法以 hop count 作為計算依據，選擇最短 hop count 的路徑為繞送路徑。由於沒有考慮流量分散的原則，很有可能會有中間的節點因為被繞送演算法多次選中成為中間繞送的節點，而形成瓶頸。這一系列的模擬也可以驗證此一演算法的效能。

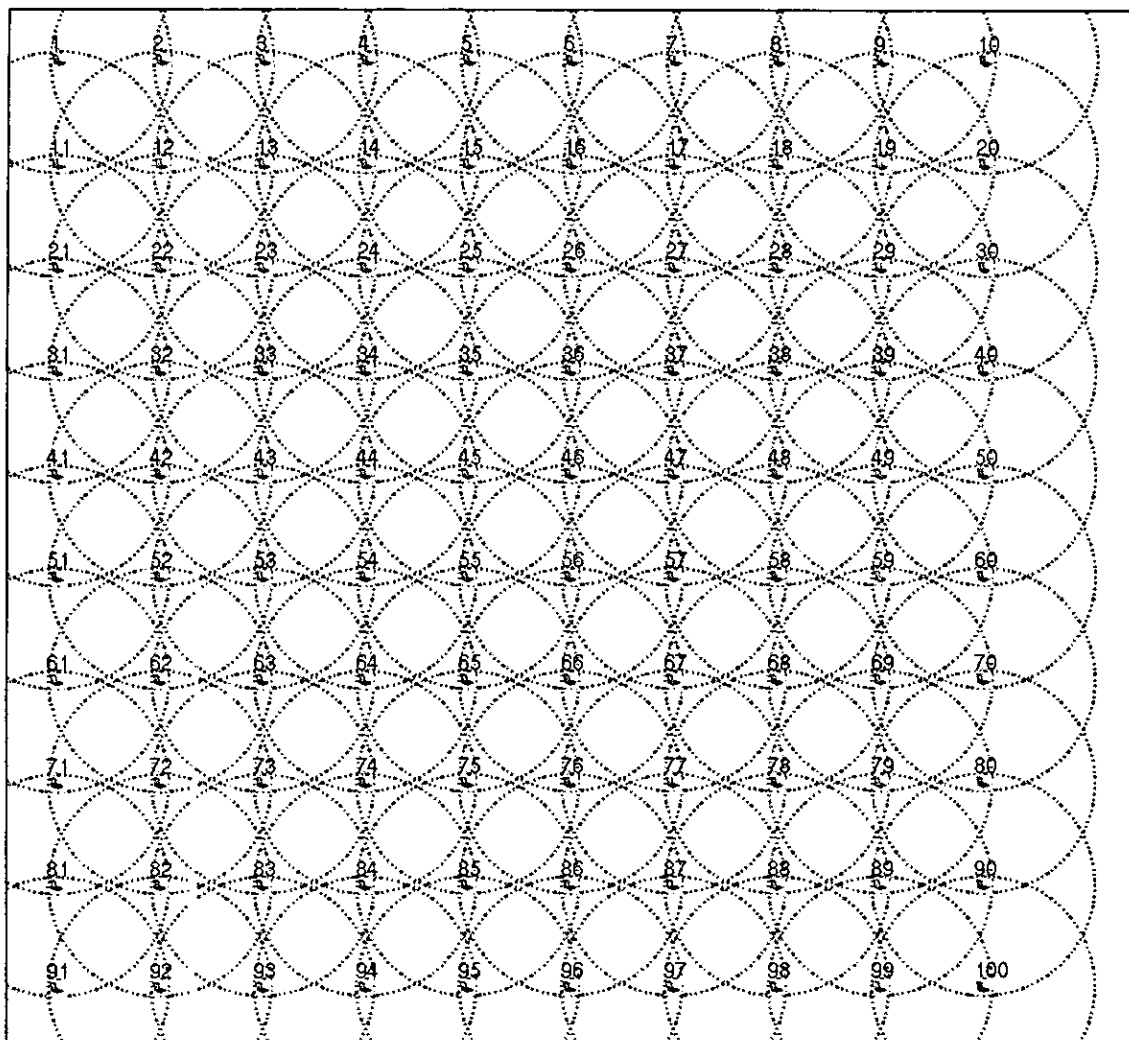


圖 3-1-16 10x10 Matrix MANET

圖 3-1-17 顯示了各矩陣網路的系統頻寬，圖 3-1-18 為每矩陣網路內每個節點所獲得的平均頻寬，圖 3-1-19 則是將圖 3-1-17 轉換成折線圖來觀察使用 shortest-path 演算法的系統頻寬趨勢。

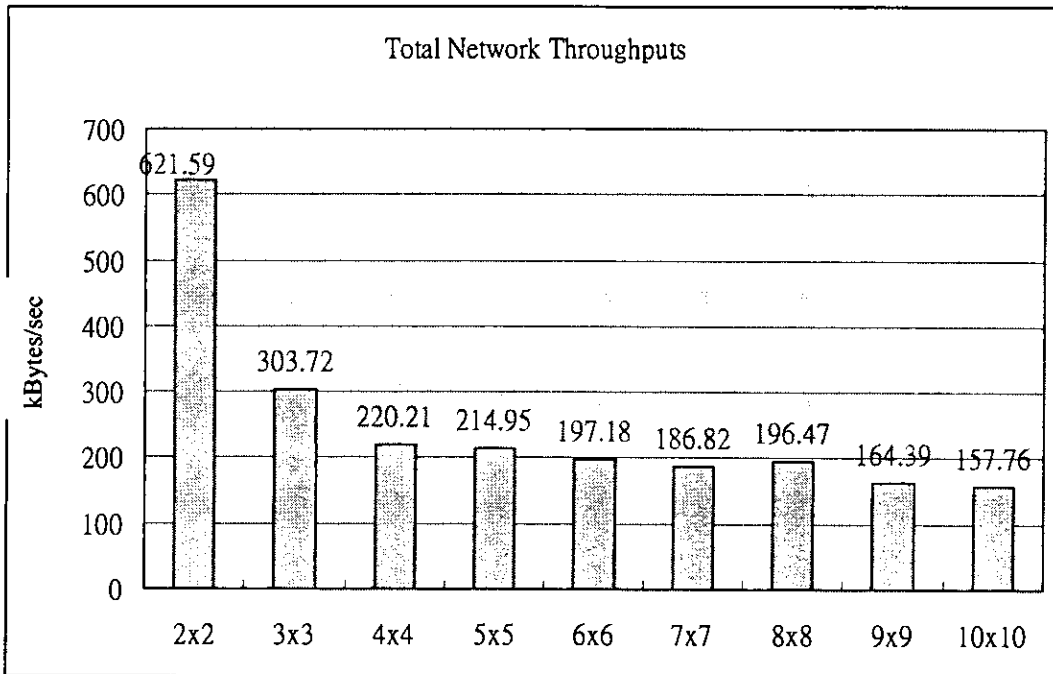


圖 3-1-17 不同個數的 MANET 系統總頻寬

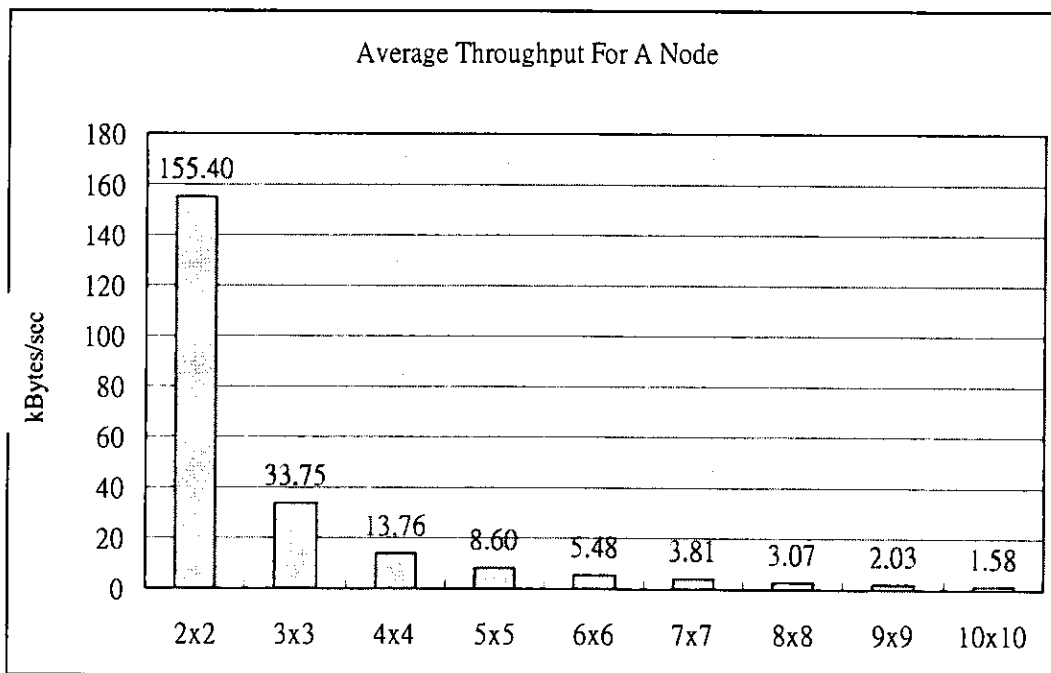


圖 3-1-18 不同個數的 MANET 系統下的每個節點所獲得的平均 throughput

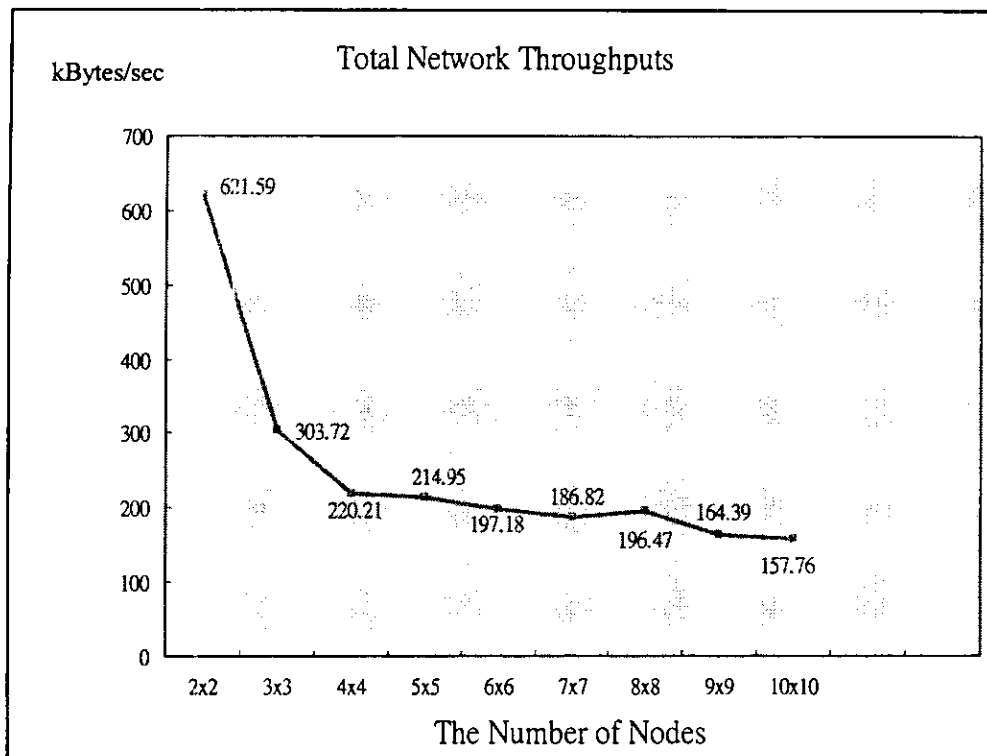


圖 3-1-19 不同個數的 MANET 系統總頻寬折線圖

我們發現當節點數越多，系統整體的 throughput 將會下降。而當節點數達到 16 (4 x 4) 以上時，總體頻寬將逐漸穩定在 200 kBytes/sec 左右，而由圖 3-1-19 中可以更明顯看出，當節點數大過 81 (9x9) 時，系統總體頻寬又會往下降至 160 kBytes/sec 左右。節點數上升造成的頻寬下降的原因，第一個當然包含更多的競爭 (contention) 所造成的影響。另一個原因，在前面所提及的繞送演算法的影響，也會是很大的因素。由於最短路徑演算法偏好 hop count 較少的路徑，因此很多的連線，例如左上方與右下方、右上方與左下方的節點相互溝通，都會利用靠近拓樸中心區域的節點來轉送，因此中心區域的節點將形成瓶頸。而最重要的原因則是，當網路規模變大，我們模擬所用的 traffic pattern，每一個節點都必須傳送封包到網路上的其他每個節點。因此處於網路不同區塊的節點，例如，從左上方傳遞到右下方的節點，即使是利用中間區域的節點形成最短路徑來繞送封包，該路徑也會有相當多的 hop count，如在 7 x 7 的矩陣下，對角端點的溝通至少需要 7 的 hop 以上，而 10 x 10 的矩陣下，對角端點的路徑 hop 數則至少有 10 以上。從鏈狀網路的模擬分析，我們可以清楚知道，hop count 大於 6 的路徑已不會有很好的 throughput，因為傳送一個封包，必須要經過相當多次的介質競爭才能傳遞到目的地。另外，由於一個封包必需要經過很多的 hop，而且這些 hop 很大可能是中間區域的節點，這些屬於長路徑的封包將會佔用中間節點的可傳輸時間與運算資源，因此也會造成中間節點成為瓶頸。

因此，未來的工作可以把 Flooding daemon, load-balancing 演算法，移植進入模擬平台來比較效能，甚至可以研究在高移動性與低移動性下，何種演算法較有優勢。由各節點平均 throughput 統計可以看出，當系統使用 shortest-path 演算法，且每個節點對網路其他的節點都有資料要互相傳輸時，如果要使用各項先進的 ITS 服務，則最佳的節點數 9 個。如果要服務更多的節點，則要從三

方面著手：一方面，可以利用網路的部署技巧，例如不同的地域採用不同的頻道，來分隔競爭的 domain，此方法需要搭配頻道轉換控制的配套協定。其次是利用固定點部署的網路架構的技巧，讓路徑的 hop 數不會太大，將可以有效地提升 throughput。第三點，可以預見若採用流量分散原則的演算法或是泛送機制對於矩陣網路應該會有 throughput 的提升。

除此之外，這系列實驗的 traffic pattern 是為了研究 MANET 矩陣的總體效能，而以 round-robin 的方式，將封包傳向其他各個節點，貪婪式地競爭並嘗試用完整個系統頻寬。事實上，ITS 使用者是很少有應用需要跟所有網路內的所有使用者都進行點對點傳輸。因此，ITS 網路內的 traffic load 遠比此次的 traffic pattern 所產生的 load 來的輕，因此系統效能會不會很有可能因為真實 ITS 環境下較少的介質競爭而有更好的系統效能。然而，ITS 網路內的使用者習慣模型是另一個值得探討的議題，本計畫並沒有來得及建立這樣的使用模型來描述真實的使用情形，而這也是未來一個研究的發展方向。

本節的最後，列出圖 3-1-20，此為”Capacity of Ad Hoc Wireless Networks”，Jinyang Li 等人的研究中，對於 MANET 節點競爭所做的模擬研究。該模擬實驗為在一個 200 公尺 x 200 公尺的方格當中，逐步增加節點來觀察該方格當中的 throughput 受節點競爭的影響。我們從圖表中可以觀察出，10 個節點到 20 個節點為 throughput 的轉折點，而超過 20 個節點後 throughput 會逐漸穩定，甚至在大封包 (1500 byte packet) 的 case 下，節點數超過 20 個以後，反而會因為節點取得競爭權後可以有較長的傳送時間而使得效能提升。因此，我們可以發現節點數 20 為效能最差的時候，在部署 MANET-ITS 服務時，可以作為一項依據。

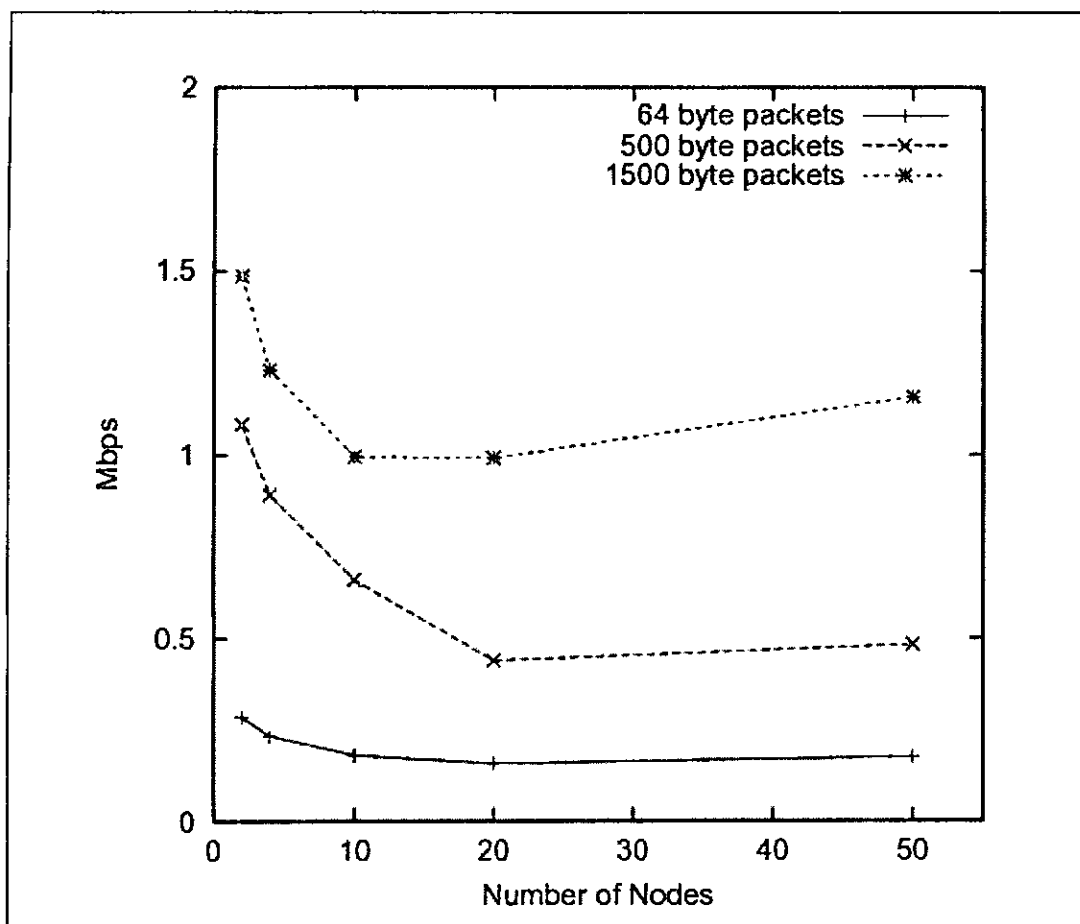


圖 3-1-20 在 200 平方公尺的方格裡，節點數與系統總體 throughput 的關係

目前的效能分析研究皆盡量避免移動性的考量。因為移動性的因素，導致節點個數不固定，網路可能會形成多個互不相連的子集合，以及移動性對實體層的影響，都不容易彙總起來一起評估。但是 MANET-ITS 系統，卻是在實用上要直接面對這些問題，因此，在我們所提的架構中，將利用成本較低的固定點來達到：

1. 使得網路內穩定不動、傳輸能力穩定的節點數有一定基數。
2. 使得網路成為互不相連的子集合之情形，透過固定點的連接而保證各子集合一定至少有一個路徑可以形成。
3. 固定點不移動且可以部署在都市中較高的位置，使得訊號受到遮蔽或干擾的情形較輕微，來實體層成功傳輸的機率。

下一節，我們將探討泛送機制實際上在真實世界的效能，我們透過幾項實驗來驗證其性能，其公平性等問題。

3.1.4 交大泛送系統在多使用者條件下的效能量測

本計畫所開發的泛送機制已經由實地實驗與展示，證明其能適應 MANET-ITS 網路的最重要特性——高移動性 (high mobility)。本節所要探討的問題是當多使用者同時使用泛送協定來交換資料或是擷取訊息時，泛送協定不會產生過多不必要的封包造成系統總體頻寬下降，或是造成每一個節點不公平的競爭使得頻寬使用不公平。我們以直接實測的方式，來觀察泛送系統的效能變化。3.1.4.1 小節列出了實驗的設備列表。3.1.4.2 小節描述了實驗的拓撲樣貌。3.1.4.3 小節則討論實驗結果。

3.1.4.1 實驗系統設備列表

表 3-1-3 交大開發泛送系統之 MANET 系統硬體列表

設備名稱	設備數量
車輛	6
筆記型電腦	6
802.11 無線網路卡	6
5-dbi 天線	6

表 3-1-4 交大開發泛送系統之 MANET 系統軟體列表

設備名稱	設備數量
Linux 作業系統	6
泛送協定軟體	6
視訊會議軟體	2
流量產生器軟體	6

實驗器材的軟硬體設施分別條列在表 3-1-3 與表 3-1-4。硬體方面，本次實驗租借六輛車輛，並利用筆記型電腦、無線網路卡與新購入的 5-dbi 天線，快速地構築出雛形系統。而軟體方面，泛送協定程式為可攜性架構 (portable architecture)，這樣的開發架構使得泛送協定將來移植到其他作業系統平台或是嵌入式系統環境時，可以節省很多的時間、人力與金錢。流量產生器軟體可以依照指定的流量樣式 (traffic pattern)，產生 TCP 與 UDP 等協定的資料流。視訊會議軟體



圖 3-1-21 車機天線配置圖

圖 3-1-21 展示車機天線的部署配置方法；圖 3-1-22 則是拍攝車機內部與天線等各元件的連接情形與配置。

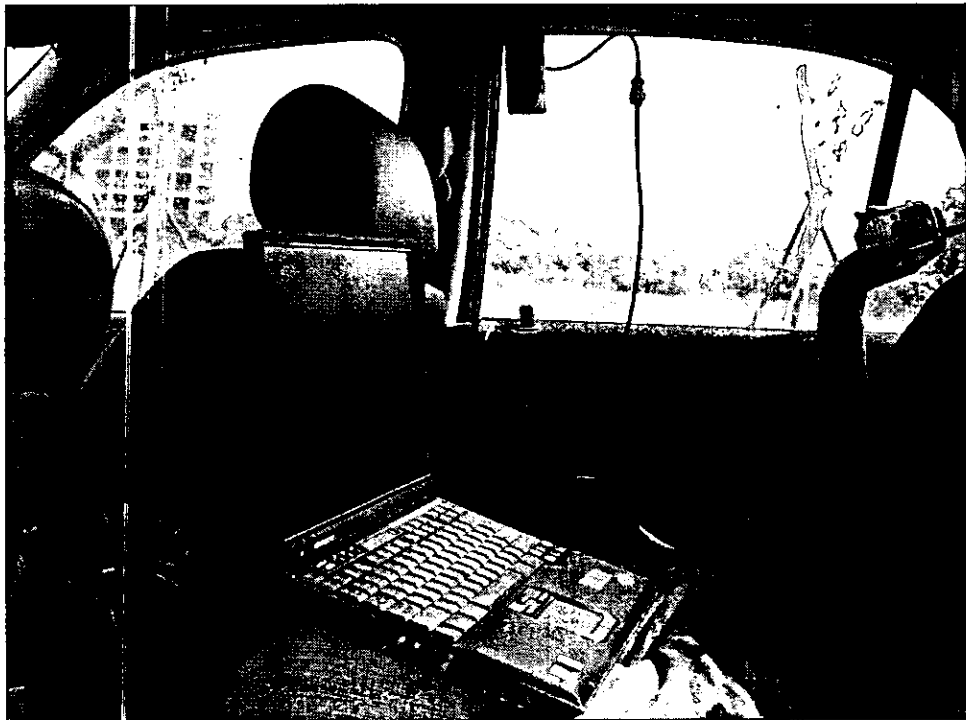


圖 3-1-22 實驗用雛形車機內部配置圖

3.1.4.2 實驗網路拓模

實驗拓模分成三個場景，如圖 3-1-23 至圖 3-1-25 所示，多個節點位在鏈狀網路 (chain network) 的端點，標示為 S1,S2,S3，為封包的發送端 (sender)。鏈狀網路的另一端為收端 (receiver)，標示為 D。中間的節點負責轉送的功能，稱之為轉送點 (forward)，以 F 標示。

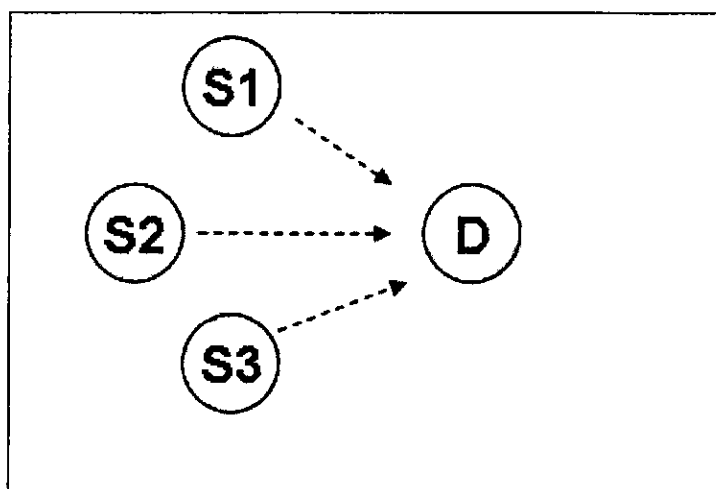


圖 3-1-23 1-hop 路徑的實驗拓模

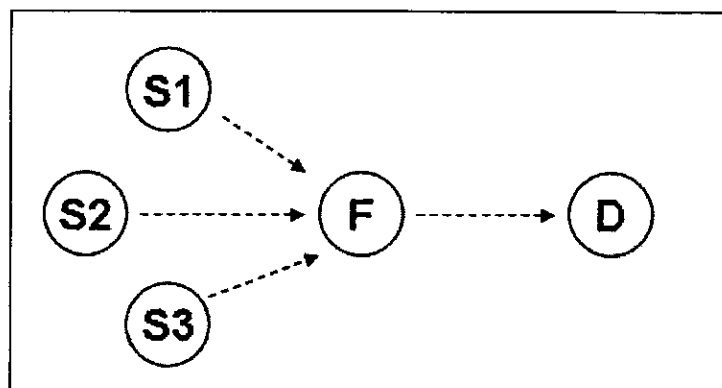


圖 3-1-24 2-hop 路徑的實驗拓模

實驗的步驟是每個場景都作三種不同的情形，分別是一個 node (S1) 傳送資料時的情形，以及兩個 node 同時傳送資料的情形，和三個 node 同時傳送資料的情形。以此來觀察系統總體流量 (throughput) 是否會因為多個使用者同時使用，而產生不良的效應。例如，總體流量降低，產生不公平的頻寬使用情形，或是系統不穩定等等問題。

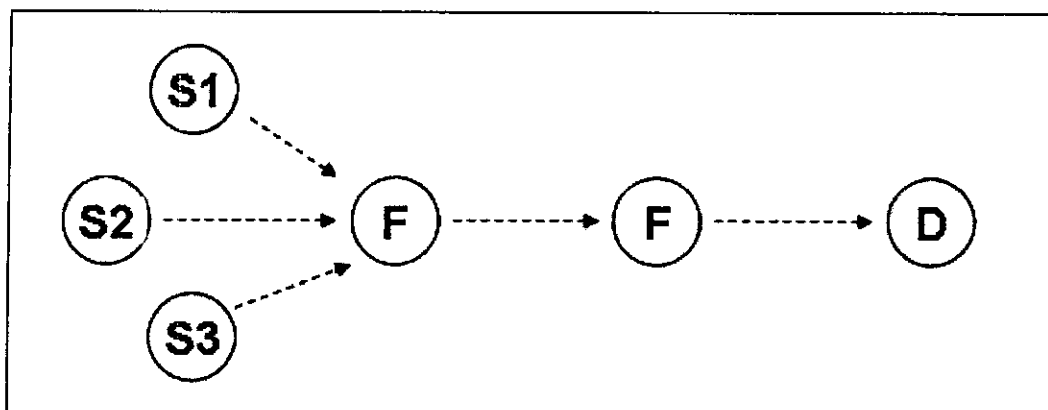


圖 3-1-25 3-hop 路徑的實驗拓模

3.1.4.3 實驗結果討論

我們將多次實驗的結果，列成數個平均採樣，由於每一次實驗的數據都很接近，因此這些採樣的數字，都具有代表性。由圖 3-1-26 到圖 3-1-28，我們首先可以印證系統總體 throughput 與 hop-count 有相反的關係。1-hop 路徑普遍可以輕易達到 550 kBytes/sec 以上，而 2-hop 路徑的總體 throughput 大多在 159~240 kBytes/sec 之間，至於 3-hop 路徑的總體 throughput 則是在 80~99 kBytes/sec 之間。圖 3-1-24 裡，我們可以從 S1,S2,S3 節點上各自的流量記錄看出，新開發出來的泛送機制並沒有造成不公平的頻寬使用情形。兩個節點同時傳送時，頻寬是被兩個節點所平分。而三個節點同時傳輸時，頻寬也大致被三個節點平均使用。這個現象在 2-hop 路徑與 3-hop 路徑的實驗裡，也同樣地被印證。因此，從實驗中觀察發現目前所開發的泛送機制在不降低系統總體的 throughput 前提之下，可以公平地服務多個使用者。

在圖 3-1-26 與圖 3-1-27 中，可以觀察出只有一個發送節點時，總體 throughput 比兩個或三個發送節點低的情形。觀察每個發送節點上的泛送程式內部的等候佇列，我們發現佇列並沒有等候封包，也因此可以證明在送端上，節點的傳輸能力並沒有被泛送協定所節制住。因此這個問題的原因，也許有可能發生在轉送節點與收端節點等的互動或處理上面，目前雖然這問題不影響 MANET 用於 ITS 網路上的應用，但是為泛送機制再加以改良的一個方向。

此系列的實驗，利用多節點路徑與使用者個數交叉組合三個場景的比較。實驗結果可以證明交大開發的泛送協定在目前的實驗場景之下，皆能公平地讓各使用者分享頻寬，並且不會減低系統整體的 throughput。也因此初步驗證了泛送協定在高移動性網路下，對於多使用者環境仍然有令人尚可接受的效果。

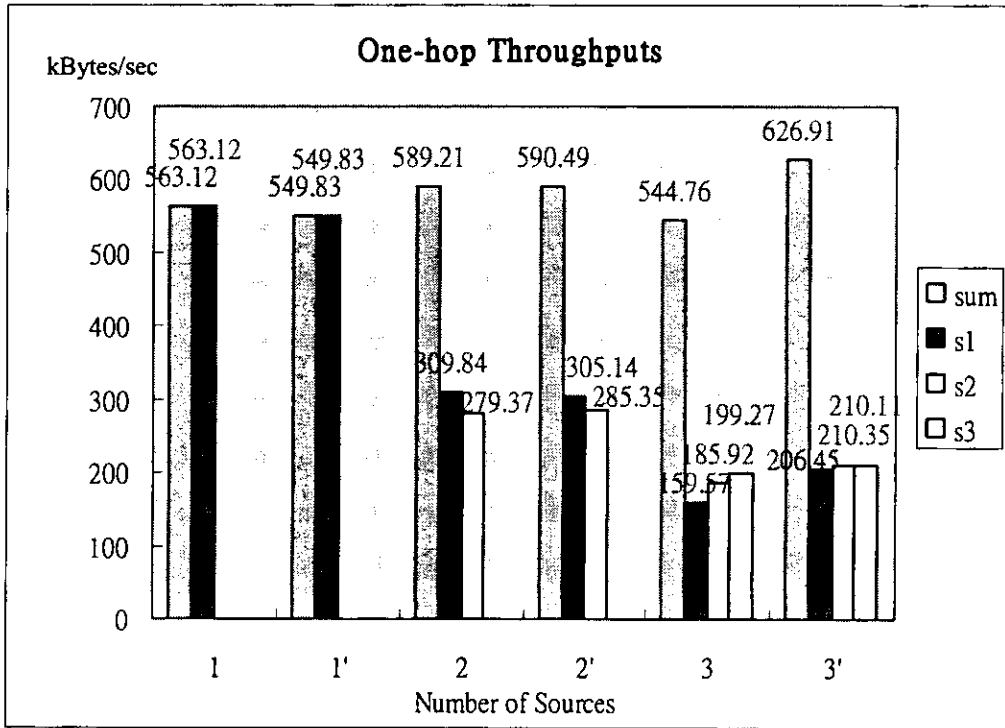


表 3-1-26 一個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖

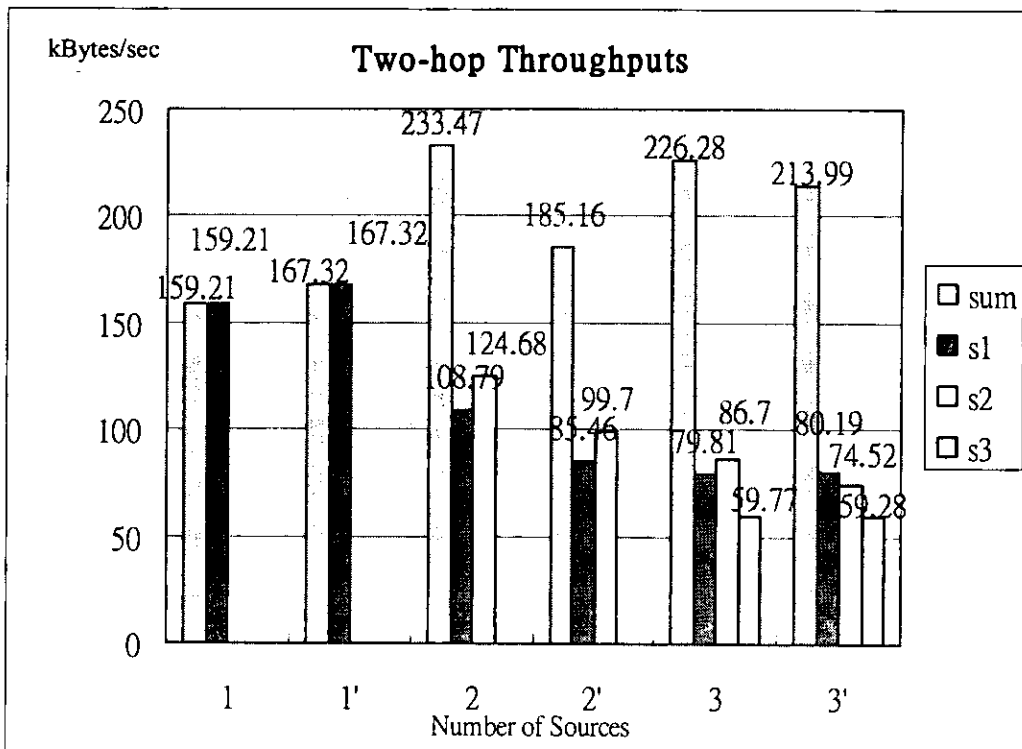


表 3-1-27 二個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖

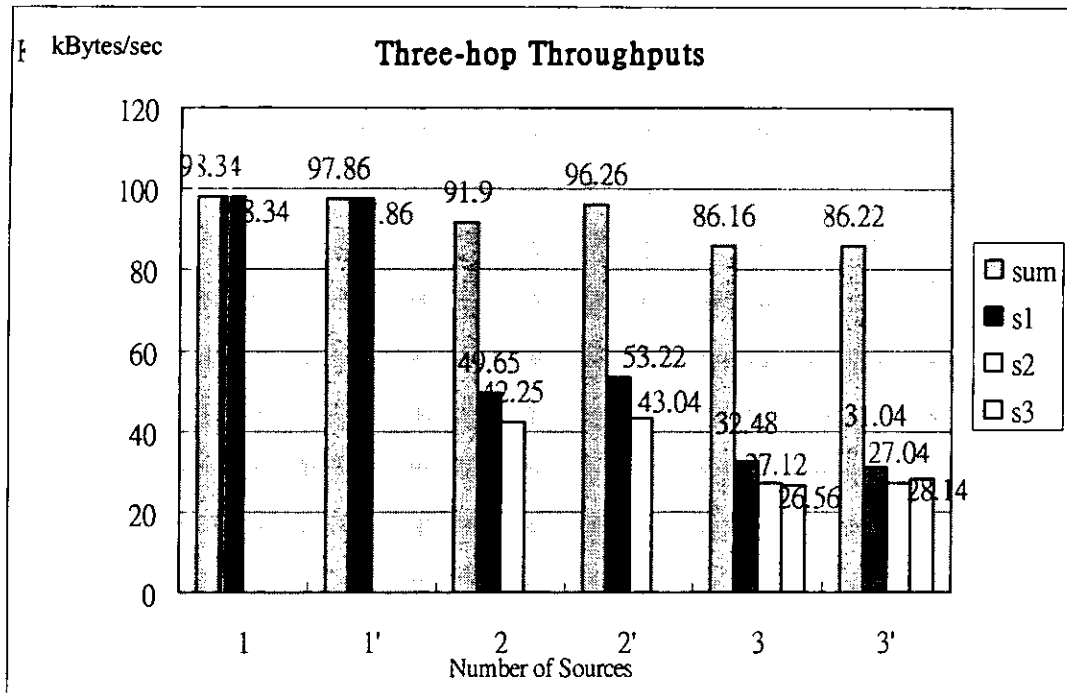


表 3-1-28 三個 hop 長度的路徑下，多使用者的 throughputs 比較圖

3.2 MANET 實驗平台之建置與效能量測

為了讓本計畫的研究成果更趨於務實，並加速我國利用 MANET 技術進行 ITS 服務，第二年度的計畫參與單位增加了智網 IWICS 公司；智網國際股份有限公司是美國 IWICS 在台灣的分公司，IWICS 擁有智慧型無線網路協定系統技術(ODMA:Opportunity-Driven Multiple Access)，將動態繞徑與接取機制實作於 IEEE 802.11b 通訊技術之上，並已有穩定的雛形產品可供建置與測試之用，因此本計畫將同時進行 MANET 實驗平台的建置與量測，茲將 ODMA 技術之特性、實驗平台建置方式、以及系統效能量測結果與分析分述於下面數個小節：

3.2.1 ODMA 通訊技術原理與功能特性介紹

無線電信號充滿在廣大的空間中，瞬間產生又瞬間消失，來無影去無蹤，信號產生時又隨著地形地物變化，被吸收、反射、干擾、共振……而呈現明顯的不均性，所以很難掌握。為能達到高效能又穩定的傳、收訊，ODMA 提供一有效傳輸機制，能瞬間擷取訊號高峰，以最小的電量，獲得更高的資訊傳輸率，將行動寬頻的潛力完全發揮。ODMA 系統在各通訊節點(Node)上之智慧，一瞬間可調整、找出多條可用傳輸路徑，並自動測量評估，決定當時最佳傳輸路徑。ODMA 系統提供多條可用傳輸路徑，就相對提高了傳輸的可靠性，因為若網路中某個節點消失了，資訊會自動通過另一節點來傳輸。

有效的行動通訊必須考慮：(1)電耗，(2)波頻，(3)路線，(4)時隙，(5)資訊包大小，(6)資訊傳輸速度等六大要素。節點在連結的瞬間，做出最有效的決定來選擇最佳傳輸路徑，當最好的機會出現時，把握短暫機會傳輸資訊。這一連串短暫且最佳的機會相連結，構成了通訊網路最佳的狀態。這種隨機調整、多徑相連的行動寬頻網路技術，稱之為 ODMA。

ODMA 機制主要將無線傳輸困難度較高的無線電路徑分割成數段較小的 hops 以降低傳輸時的能量耗損並增加資料傳輸率。該協定的目的在於從無線電路徑與傳遞者皆為動態變更的環境中，選擇最小成本的資料傳遞路徑。在 ODMA 系統中，所有的行動設備皆可以成為資料傳遞的節點，這種資料傳輸技術不但能夠提高通訊系統的彈性，同時能夠解決如訊息遮蔽(shadowing)等問題，並增進訊息的涵蓋範圍，而由於 ODMA 技術將長距離的通訊切割成較為短距的無線通訊，因此能夠提高訊號與雜訊的比率(signal-to-noise ratio, SNR)，進而提高頻寬的使用效率；在無線電資源的分配上，由於 ODMA 技術降低了傳輸所需要的訊號強度，因此在同一個封包內的無線電資源(如 codes)可以多次使用，這導因於較低能量的無線電訊號僅會在較小的區域範圍內產生交互影響。ODMA 技術首先應用於 FDD 技術於蜂巢式網路之中，其運作模式可如圖 3-2-1 所示，在 ODMA 網路上的所有節點(在 ODMA 技術上稱之為 seed)均可透過跳接的方式進行傳輸，相較於目前常見的 MANET 繞徑機制，在 ODMA 網路中的端點通訊服務可同時利用使用不同的路徑來達成，進而提高傳輸效能。ODMA 技術適合應用於行動終端設備間的通訊與訊息廣播，因此 ITS 應用服務理論上相當適合使用這項技術；ODMA 技術曾經隸屬於 3GPP(3rd Generation Partnership Project)之標準規範項目之一(不過約在 2002 年 2 月底被排除於規範

之外)，作為 3G 網路的擴充功能；在我國 ODMA 技術目前規劃以 WLAN 等短距通訊技術為基礎進行開發與應用。

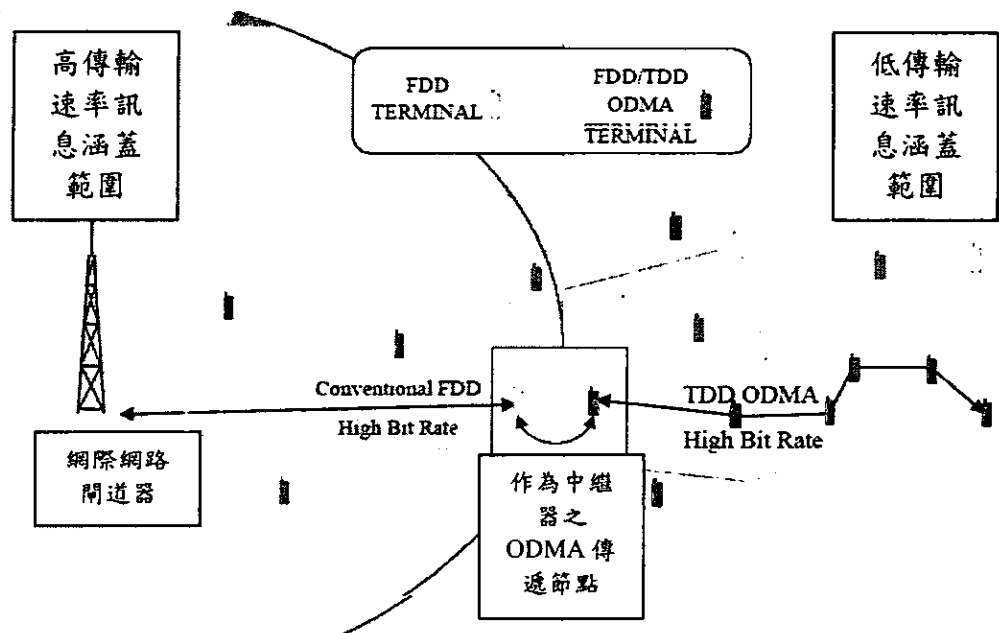


圖 3-2-1 ODMA 技術運作模式

在網路建置的實體方面，目前智網所開發之設備可迅速且有效與一般具有 Ethernet 功能之電腦設備、嵌入式系統、甚至 PDA 等進行連接，對於上層的應用程式而言，現階段的 ODMA 設備提供了透明化的網路服務，這使得 ITS 應用服務開發人員可專注於服務與功能的研發上，加速 ITS 應用服務的研發時程。如下圖所示，現階段 ODMA 設備可自行運作成為 MANET 通訊平台，而其上所搭載的 ITS 應用服務可如同使用有線網路一般執行其功能。

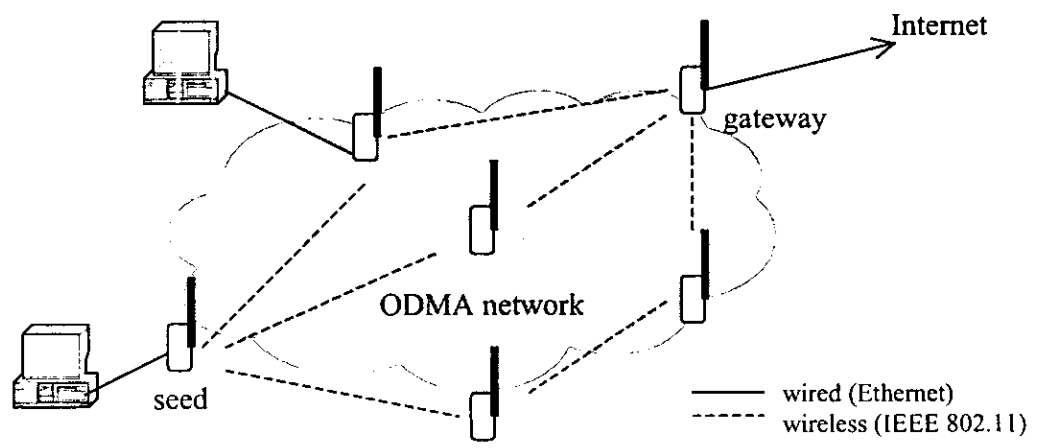


圖 3-2-2 現階段 ODMA 設備提供透明化網路通訊服務

ODMA 網路特性如下：

- (1) 網路中任何用戶或節點皆是傳遞站(Relay)，不靠固定基地台基礎設施
- (2) 擁有極佳的自調能力 — 可自動調變路徑、電耗、波頻、時隙、資訊包大小、資訊傳輸速度
- (3) ODMA 個人用戶擁有極高的數據資料傳輸量，特高的頻譜利用率
- (4) 越多人使用 ODMA 網路，頻譜再利用率會提高，通訊頻寬及品質愈佳，涵蓋更廣
- (5) 不需建設傳統基地台，避免細胞(Cell)相互之間干擾，提高通訊品質
- (6) 網路運轉不須靠基地台，不因基地台故障或滿線而通信中斷
- (7) 用大隊接力傳遞數據方式，填補網路涵蓋面的缺口，減少死角提昇覆蓋範圍
- (8) 電耗減低，單頻道中用戶大增
- (9) 隨機智慧選徑及降低無線電發射功率，減少通訊截取

由 ODMA 技術延伸出許多國際專利權，且已獲正式核准。ODMA 的獨創技術提供高速無線行動上網服務。此種寬頻速度，目前只有固定寬頻纜線，例如 DSL 和 Cable 才能做到。ODMA 透過 IP (Internet Protocol) 實現了無線「點對點」(Peer to peer)的連結性，降低基地台設備的投資，讓用戶及通訊業者數據傳輸的成本降低。相較於其他寬頻網路技術，ODMA 能以優異的績效，較低成本提供高品質無線行動寬頻數據傳輸網路服務。茲將 ODMA 之競爭優勢分述於下：

- (1) 網路建置經濟有效，為最佳的行動寬頻網路：

ODMA 網路不靠固定基礎設施，網路建置成本將可大幅降低。ODMA 系統的覆蓋範圍廣，以每 160 公里形成一「廣聯網」，網網相連；高速鐵路及汽車時速達 300~400 公里時，仍可傳輸大量資訊，資訊傳輸速度為 1~2Mbps，相當於固網傳輸(DSL)之速度；干擾低，且用戶手機耗電少，幾乎沒有輻射。相較於集中式行動寬頻網路，ODMA 強大的功能成為最理想的行動寬頻網路。

ODMA 系統用戶本身即為網路的一個中繼站，毋需建置基地台。相較於其他行動寬頻技術，ODMA 建置費用相對經濟有效。ODMA 技術使「行動寬頻上網」真正能被廣大市場消費得起。

- (2) 用戶愈多，容量愈大：

一般集中式系統，當用戶數一增加，就容易產生塞機、當機的現象。而 ODMA 網路的系統容量會隨著用戶數增加而擴大。愈多人使用 ODMA 網路，頻譜再利用率會提高，通訊頻寬及品質愈佳，網路覆蓋面就愈大，通訊死角愈少，傳輸效益愈好，經濟效率大幅提昇 (Erlangs/km²/Hz/\$)。

(3) 無論何種災難，網路不會中斷：

ODMA 網路使用點對點(Peer to Peer)傳輸，用接力(Relay)的方式傳輸資訊，不靠固定基礎設施或固定線路，不會因基地台故障或網路滿線而通訊受阻。不論是戰時或自然災害如地震等，ODMA 網路都能繼續提供服務而不中斷。

(4) 解決偏遠地區通訊問題：

由於 ODMA 網路不靠固定基礎設施，行動寬頻網路建置成本大幅降低，對於人口稀少，架設維護基礎建設不易且不敷成本的偏遠地區，ODMA 系統是唯一的解決方案，因為唯有 ODMA 才能在偏遠地區提供經濟可行的通訊系統。

(5) 頻段重復使用，資源再生：

ODMA 系統可讓頻段多次重復使用，換言之，在同一頻段上可容納更多的使用者，這對於人口眾多，頻段相對稀少的國家，或無線通訊使用密度高的都會地區，可讓頻段發揮最大效益。隨著用戶的增加，ODMA 系統產生出更多的通訊時間(Air Time)。

(6) 細胞分裂增殖網路：

ODMA 系統就像生命有機體，會依需求自行成長。ODMA 網路開始建置時，無需花費高昂的建置成本。隨著用戶增加，網路會自己成長擴大。且當網路成長擴張時，ODMA 的智慧將自動升級，無需網管人員做升級動作。這種分裂延伸、自我成長的能力，絕非集中式行動通訊系統可以做到。

(7) 系統保密機制強大，資訊擷取不易：

ODMA 系統使用多重加解密裝置，其最高等級的加密技術，提供網路「端到端」(End to End)的最安全防衛。由於 ODMA 技術本身的架構，是利用「封包接力」的方式將資訊傳到目的地，封包所走的路徑是隨機變化的，事先無法預測，因此無從擷取。再者，接力傳輸的方式所需電耗很小，資訊擷取困難，就像人們在說悄悄話時，旁人是很難竊聽的。三者，ODMA 系統是分散式網路，不會產生資訊阻塞，當資訊在網路上快速傳輸時，擷取更加困難。ODMA 系統同時提供資訊包加密，傳輸加密及端到端加密等三層加密機制，故為最安全的資訊傳輸系統。

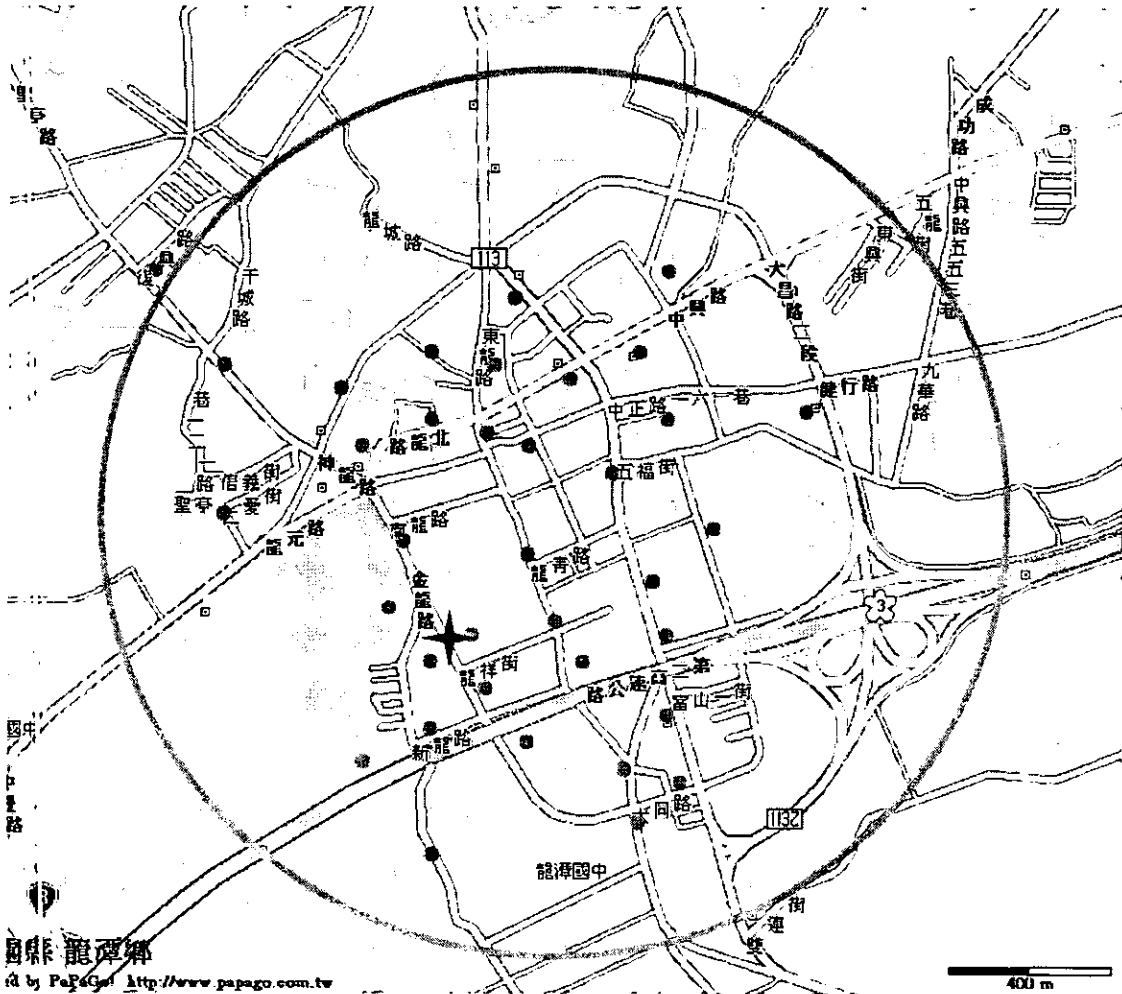
(8) ODMA 可架在任何頻段，可與其他技術相容：

ODMA 系統可架在任何頻段上，從 40MHz 到單 20GHz。可配合現行的各種行動通訊技術如 3G、GSM、CDMA、PHS，彌補以上系統的不足，提供經濟可靠的行動寬頻傳輸。

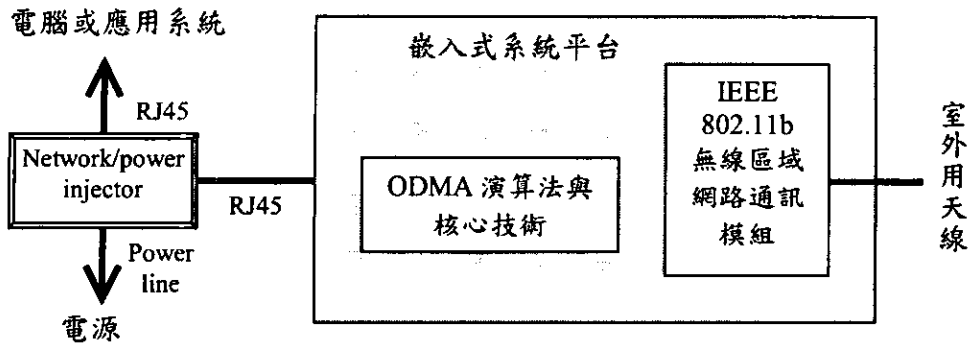
3.2.2 MANET 通訊設備整備與安裝

本計畫利用智網公司開發之 MANET 技術與設備進行實驗平台系統建置與量測，建置規劃主要分為下面兩項：

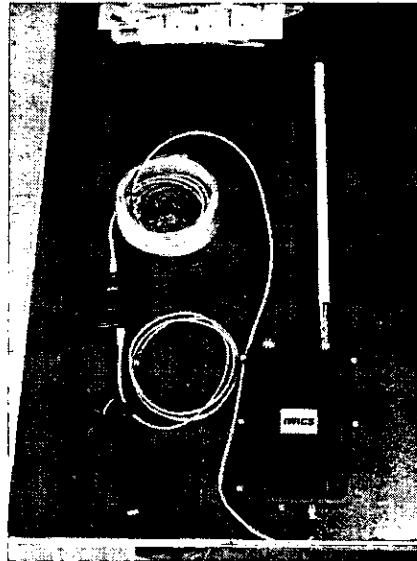
1. 於交通大學內建置小規模實驗平台，供校內進行 ITS 應用程式開發與測試之用
2. 於桃園龍潭郊區建置較具規模的實驗平台，該平台內含有約 30 個網路節點；此實驗平台可作為 ITS 應用服務測試、展示之用，其效能與成本經驗可作為評估更大規模 MANET 通訊平台之參考。



智網 IWICS 公司已成功研發出建置於 WLAN IEEE 802.11b 通訊實體技術之 MANET 雛形設備，該產品以嵌入式系統為基礎，整合 WLAN 無線網卡與 ODMA 技術核心，並使用一般 Ethernet 雙絞線與需要進行網路通訊的系統連接；智網的 MANET 雛形設備具有獨立電源，只要通入電源，設備便可以發揮其通訊功能，加入無線通訊網路進行封包轉送工作，而不需要其他電腦或控制設備進行驅動或控制。如下圖所示，呈現現行智網 MANET 雛形設備之系統架構與外觀：



(a) 智網 MANET 設備系統架構



(b) MANET 設備實體照片

圖 3-2-4 智網 MANET 通訊設備之系統架構與實體照片

本測試所使用的為 IWICS 所生產的第一代的原型機，其主要功能為驗證及測試 ODMA 的協定，尤其是在 multi-hop relay configuration。智網將於明年第一季完成 ODMA 的商用產品，此產品將使用 IEEE 802.11a/g 將提升 multi-hop data rate 的效能及智慧型網路管理功能，預計將來資料傳輸速率在 4-hop 傳輸模式下可達 2Mbps。智網 IWICS 公司仍積極進行相關設備與產品之改良與發展：

1. 預定在近期內修改現有軟硬體，新軟體應可提昇現有設備在 4 個 hops 以上的資料傳輸速率約 20~30%
2. 新一代設備將整合 IEEE 802.11a ,b ,g 晶片組，預計在 2005 年中完成，資料傳輸速率將提昇現有設備數倍

為了有效進行系統效能的量測與分析，除了於量測車輛上安裝 MANET 設備以便進行移動狀態的效能量測外，本研究利用筆記型電腦搭配 GPS 定位模

組，以便在移動狀態記錄效能量測值時，同時記錄即時車輛所在位置，藉由這樣的設計，我們可以取得即時量測地理位置與車速等，並且能夠準確取得資料發送點與資料接收點間的絕對距離；除了資料發送點與接收點外，其他無論是固定式或移動中的 MANET 網路節點並不需要筆記型電腦的設置即可發揮其功能，這個特點對於本研究進行範圍較廣、節點數較多的實驗平台建置有很大的幫助。下圖展示本研究量測系統之實體設備照片，而表 3-2-1 列示本量測設備之相關系統與周邊設備規格：

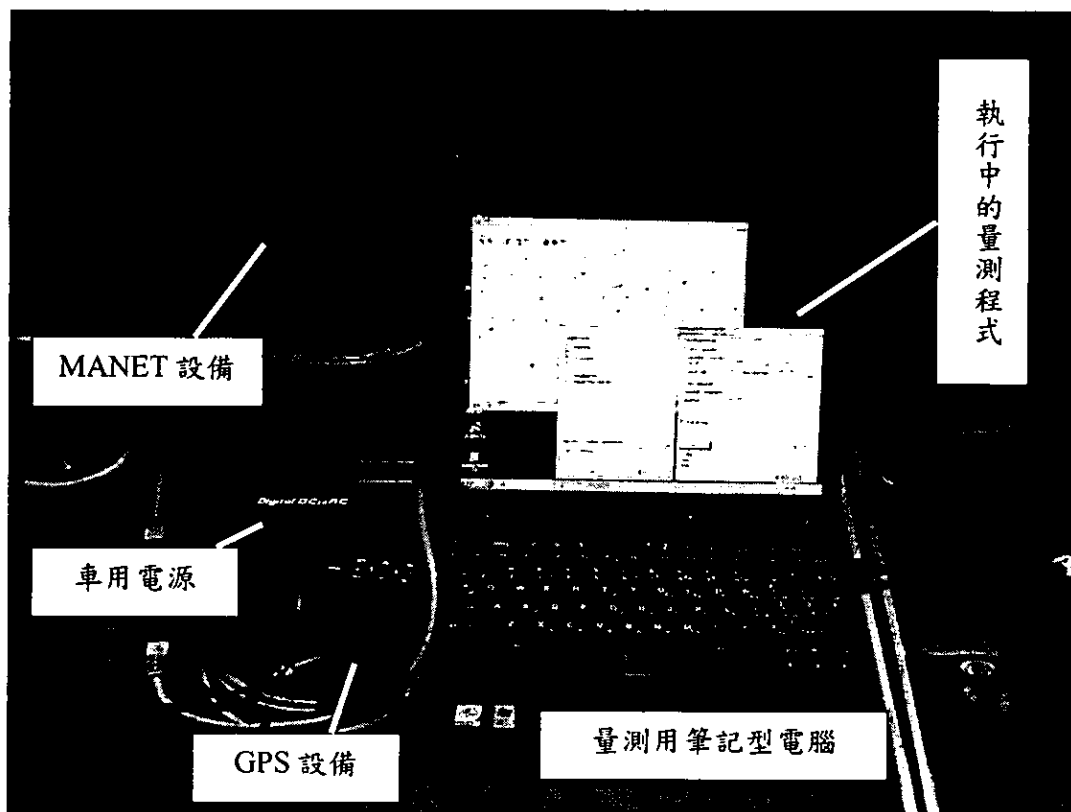


圖 3-2-5 使用於龍潭 MANET 實驗平台之量測設備

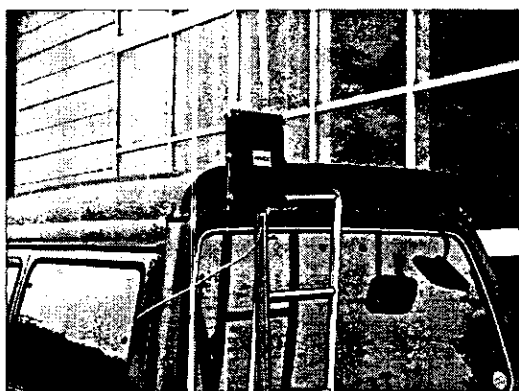
表 3-2-1 龍潭 MANET 實驗平台量測設備系統與周邊規格表

設備名稱	型號與規格	主要功能
筆記型電腦	IBM X30 (含 PIII 1G CPU, 256M RAM, 20G HD)	執行量測程式並記錄量測數值
智網 MANET 設備	iAS1600 室外用 MANET 設備	提供電腦與 MANET 實驗網路連接功能，並參與網路中封包轉送工作
GPS 定位模組	GARMIN 12XL (含外接延長 GPS 天線)	提供室外移動定位與行動速度感測
車用電源	松大 DPI-12018 180W	提供車用點煙器電源轉一般 110V 電源功能

本研究量測設備的安裝以盡可能避免量測設備本身影響實際的傳輸效能表現，因此除了筆記型電腦與電源外，主要的 MANET 通訊設備使用延長訊號線架設於量測車輛之外，並採用架高方式安裝，而 GPS 定位模組亦利用延長式車用吸頂天線裝設於車頂，因此這些設備的無線電訊號均已盡量避免受到量測車輛本身的遮蔽。如下圖所示，為本實驗量測設備安裝的實際情況。



(a)位於車內之執行中量測程式與設備



(b)安裝於量測車輛後方架高之 MANET 設備



(c)安裝於車頂之 GPS 車外用吸頂天線

圖 3-2-6 大規模 MANET 實驗平台量測設備於量測車輛上的安裝方式

本實驗之量測實驗共使用兩套量測設備進行，分別代表資料發送端與接收端，其執行環境為 Microsoft Windows XP 作業系統；為了加速量測工作進行之效率，本研究特別撰寫同時具備封包發送與接收功能，並整合包括 GPS 定位資訊接收與電子地圖的量測程式，因此隨著量測車輛移動的同時，資料接收端可根據接收到的封包量與封包延遲資訊，計算量測量測值併同時記錄 GPS 定位座標，並可以直接於量測系統畫面中監視這些量測與定位數值。本量測程式使用 Borland C++ Builder v6.0 開發工具進行實作，其程式模組架構如下圖所示：

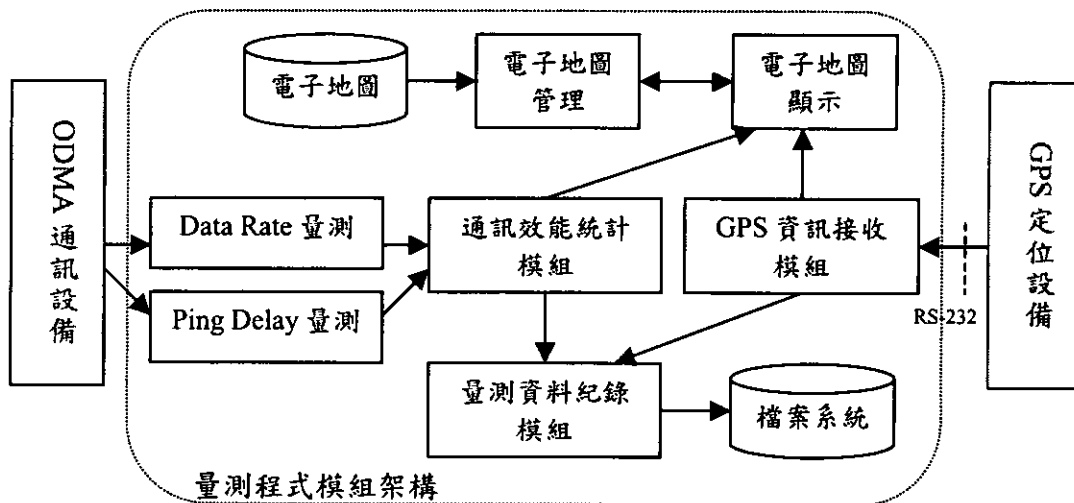


圖 3-2-7 使用於龍潭 MANET 實驗平台之量測程式模組架構

本量測程式除了能夠進行相關量測資料的數值監視與記錄外，特別整合電子地圖作為場測時具備圖形化的量測結果呈現方式；為了提供使用者能夠對場測資料有整體性與活動性的觀察，結合與地域有關的地圖資訊，並有效運用衛星定位系統所提供的定位資料，本系統特針對場測資料的特性，結合量測資料、地圖資訊、衛星定位系統等，讓使用者能透過地圖顯示以及每筆測量資料所轉換而成的圖點資訊，呈現整個場測過程具備圖形化的整體性結果。使用地圖顯示功能具有以下特點：

1. 提供整個場測過程的圖形化測量資訊，能夠讓使用者在極短時間內對整體的場測結果有初步的認知。
2. 提供結合地圖與場測資料的自動化過程，能夠節省場測人員將來自行繪製同性質資訊的工作時間。
3. 隨著地圖與測量資訊圖點的顯示，能夠讓使用者在具備活動性的場測過程中，隨時觀察目前場測所在位置，同時可作為場測過程進行的相關參考依據(如決定接下來的場測路線)。
4. 結合地圖資訊所產生的場測資訊圖檔，能提供將來分析該場測資料時，相關的參考與比較。

茲將本量測程式主要功能分述於下：

3. 端點間通訊效能的量測與監控
 - a. 可選擇目前量測程式作為發送端或接收端角色
 - b. 可設定目的端 IP 位置、連接埠(port)位置、使用之傳輸層協定(TCP 或 UDP)、以及發送端最高傳輸速率等

- c. 可即時顯示量測數值與控制量測行為
 - d. 可進行包括平均資料傳輸速率與平均封包傳輸延遲統計
4. GPS 定位資訊之接收
- a. 可動態設定 GPS 設備所使用的序列埠號碼
 - b. 可動態顯示從 GPS 定位設備所接收到的資訊
5. 電子地圖顯示與即時圖點控制
- a. 可載入多圖層之電子地圖，並可進行地圖比例尺的放大、縮小、地圖的移動等
 - b. 具有圖層管理功能，能對多個圖層進行新增、刪除、圖層堆疊順序之動態調整等
 - c. 能根據量測資訊與 GPS 定位資訊動態繪製圖點於地圖上，繪製方式以根據量測數值使用不同顏色繪製圖點為主
 - d. 圖點繪製最多可根據 4 個極限值繪製 5 種顏色，繪製顏色與量測數值間的關係亦可動態調整
 - e. 可將即時顯示的電子地圖以 bmp 格式圖檔儲存
6. 量測資料與 GPS 定位資訊的紀錄
- a. 可同時進行量測資料與 GPS 定位資訊的紀錄
 - b. 可選擇所要記錄的資料欄位以及紀錄檔名
 - c. 可動態控制是否開始進行紀錄或暫停記錄

下圖呈現本量測程式之執行畫面，共包含在不同視窗下執行量測資料監控與統計、GPS 資料接收與監控、電子地圖與圖點繪製、圖點控制等功能。

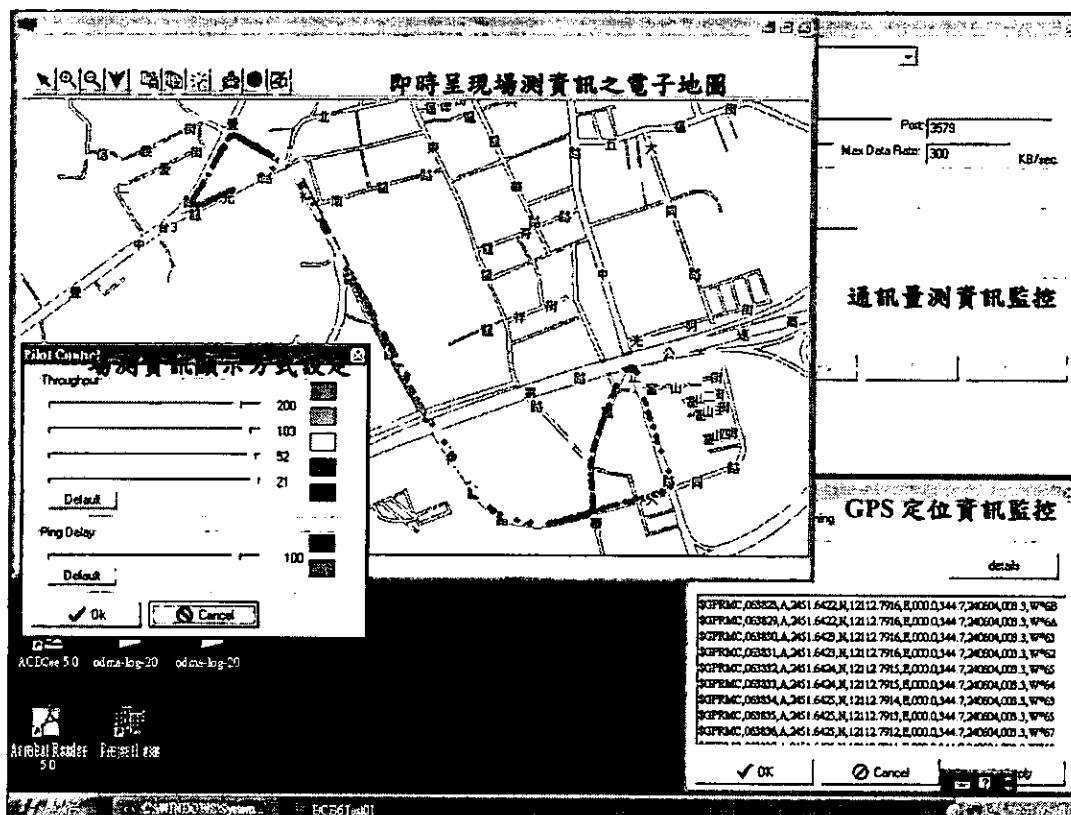


圖 3-2-8 MANET 量測程式之主要執行畫面

3.2.3 MANET 實驗平台效能量測結果與分析

為了驗證 MANET 現階段技術在現實傳播環境應用之效能，本研究已根據不同的實測環境，以及不同的實驗項目，進行完整且具系統性的效能量測與分析。本研究使用自行開發之量測軟體，紀錄傳播實驗進行時，各項效能量測數據以及量測位置，以便進行後續的效能分析工作。

由於接收信號電功率小大與無線電多路徑傳播現象均會直接影響，無線通訊系統的效能如封包傳輸延遲(packet delay)及資料傳輸速率(data throughput)，而這些現象又與傳播環境、距離及車機轉動移動速度有關，於是在進行實測情境規劃時，應仔細分類量測情境，期能包含系統運作時的各種實際狀況。本研究進行之 MANET 效能量測主要分為下面三項：

1. **室內傳播環境：**室內傳播環境由於在無線電傳播上受到空間的限制，其效能理論上與室外傳播環境具有差異性；本研究主要著重於 MANET 通訊技術應用於 ITS 之研究，其傳播環境多屬於室外環境，因此在室內環境的量測以測量傳輸效能與跳接數的關係為主。
2. **室外傳播環境：**本研究在室外傳播環境之量測主要考慮在不同量測環境下的效能表現為主，並分析量測環境、傳輸距離等與傳輸效能之間的相關性；另外包括如跳接數與室外傳輸效能的關係亦

在本研究的分析主題之內。本研究所考慮之量測環境主要包括下面三項：

- 視線內傳播(Line-of-sight, LOS)具輕微高低起伏路段
- 具輕度遮蔽之視線內傳播(Lightly obstructed LOS)
- 具嚴重遮蔽之視線內傳播(Heavily obstructed LOS)

3. **一般街道傳播環境**：為了有效驗證 MANET 技術於 ITS 的適用性，本研究特別針對一般道路環境進行效能量測；本研究在一般街道傳播環境的量測區域為智網 IWICS 公司於桃園龍潭協助建置之 MANET 實驗平台，因此此項的量測與前述室外傳播環境最大的不同除了路側建築物的密度外，位於測試平台的傳輸服務將具有固定網路節點之輔助，使得封包具有更多傳輸路徑選擇，理論上具有更佳之傳輸效能。第二年度計畫的量測主要也是以實驗平台之效能量測為主，參考上面提及之評估項目與參數情境設定。本研究針對所建置之實驗平台進行以下數項效能量測：

- 固定點間量測：固定點間的量測主要用以模擬位於中心端 ITS 伺服器與路側設施之間利用 MANET 技術之傳輸效能
- 移動點與固定點間量測：固定點間的量測主要用以模擬位於中心端 ITS 伺服器與行動車機之間利用 MANET 技術之傳輸效能，其效能量測結果亦可用於預估路側設施與行動車機之間的傳輸效能表現
- 移動點與移動點間的量測：此處的量測主要用以模擬行動車機之間運用 MANET 技術進行車間通訊的效能；本研究除了在具有固定網路節點輔助下的實驗平台進行移動點間的量測外，同時亦進行 4 輛移動車機，位於無固定網路節點輔助的傳播環境，所提供的傳輸效能量測。

茲將本研究針對大規模 MANET 通訊實驗平台，所進行之量測實驗項目以及特性列示於下表：

表 3-2-2 大規模 MANET 通訊平台量測項目與特性

量測環境	量測地點	傳播環境特性	參與網路節點數	主要量測項目
室內傳播環境	交大工程四館	受走道型態空間限制之傳播環境	4	多跳接傳播之傳輸效能測試
室外傳播環境	交大校園	具有輕微高低起伏之視線內傳播環境以及具備樹木植被與建築物阻擋之非視線內傳播環境	4	傳輸距離、節點移動速率與傳輸效能之相關性測試；多跳接傳播之傳輸效能測試
一般道路傳播環境	桃園縣龍潭鄉	一般道路傳播環境，具有複雜如交通號誌、電線	30	具備固定網路節點輔助條件下，包括固定點對固定點、固定點

		杆、鋼筋水泥構造建築物、稀疏植被之傳播環境		對移動點、移動點對移動點之傳輸效能測試
--	--	-----------------------	--	---------------------

3.2.3.1 MANET 室內傳播環境效能量測結果

雖然本研究主要探討之通訊應用環境為室外環境，但為了進行初步效能量測與比較，本研究同時於室內環境進行多接跳傳播實驗；本實驗利用具有鋼筋水泥牆壁遮蔽、以及傳播空間遭受限制的走廊環境進行，其量測地點位於交通大學工程四館 9 樓；如下圖所示，固定節點設置位置如圖所標示之 1、2、3、4 位置，節點 1 負責發送量測用資料封包，量測設備分別於 2、3、4 位置量得 1-hop、2-hop、3-hop 傳輸模式之傳輸效能。由於水泥牆壁能夠有效遮蔽本實驗設備的無線電訊號，因此本實驗傳播場景能夠在有限的空間建立出多接跳傳輸環境，本實驗所設定的路徑跳接數與網路節點位置都經過實際測試與量測驗證，因此對於特定測試項目不會同時產生多條傳輸路徑提供傳輸服務。

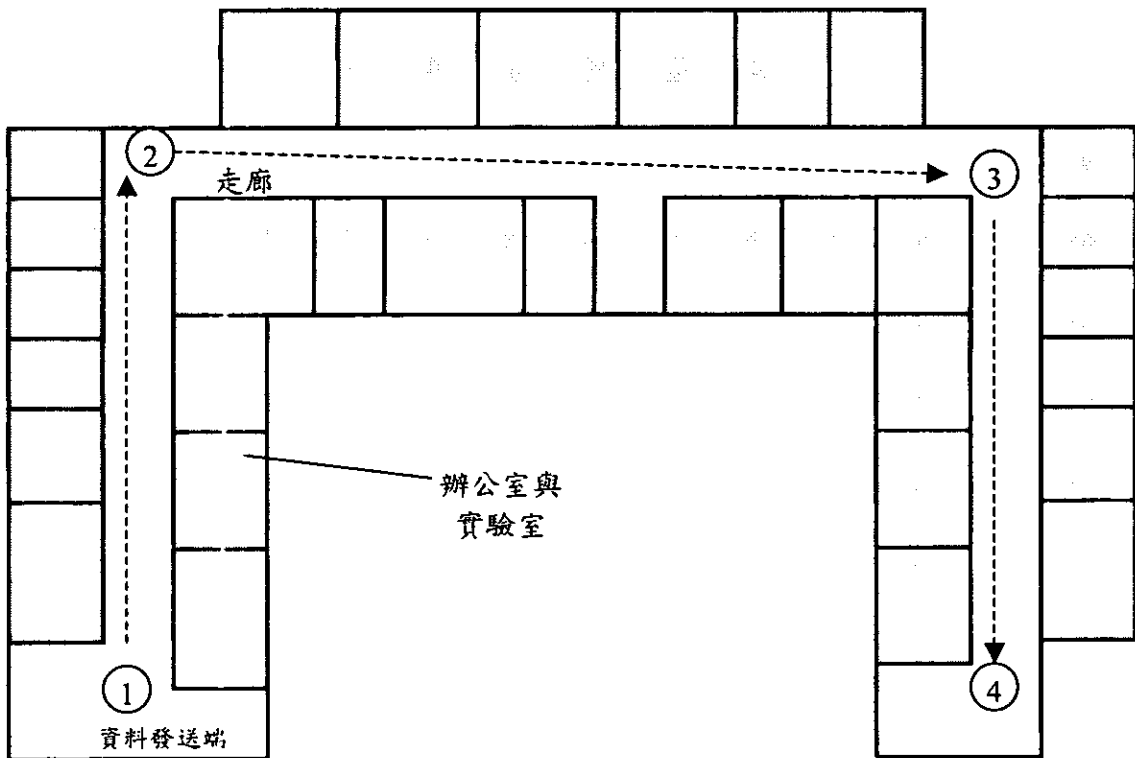


圖 3-2-9 於交通大學工程四館 9 樓進行室內多跳接傳播實驗實驗場景

本實驗主要的量測路徑與範圍包括 3 條夾角為 90 度之室內走廊，走廊兩側多為門窗緊閉之辦公室與實驗室，量測時網路節點間的傳播環境屬於視線內傳播。下圖呈現本實驗固定點與移動點之設備安裝方式：



(a)倚靠欄杆支撐設置方式

(b)於走廊中央設置方式

圖 3-2-10 室內量測之設備安裝方式

下圖列示本實驗資料傳輸率在不同接跳數下之效能變化；由圖中數值上的變化可知，隨著接跳數的增加，資料傳輸速率發生顯著的衰減，衰減的幅度約為 40kBytes/sec；在標準差的變化方面，若考慮標準差與平均資料傳輸速率的比率可發現，該比率在多跳接傳輸模式下有增高的趨勢，此現象顯示在室內傳播環境下，多接跳傳輸模式的傳輸效能穩定性較單一接跳差。

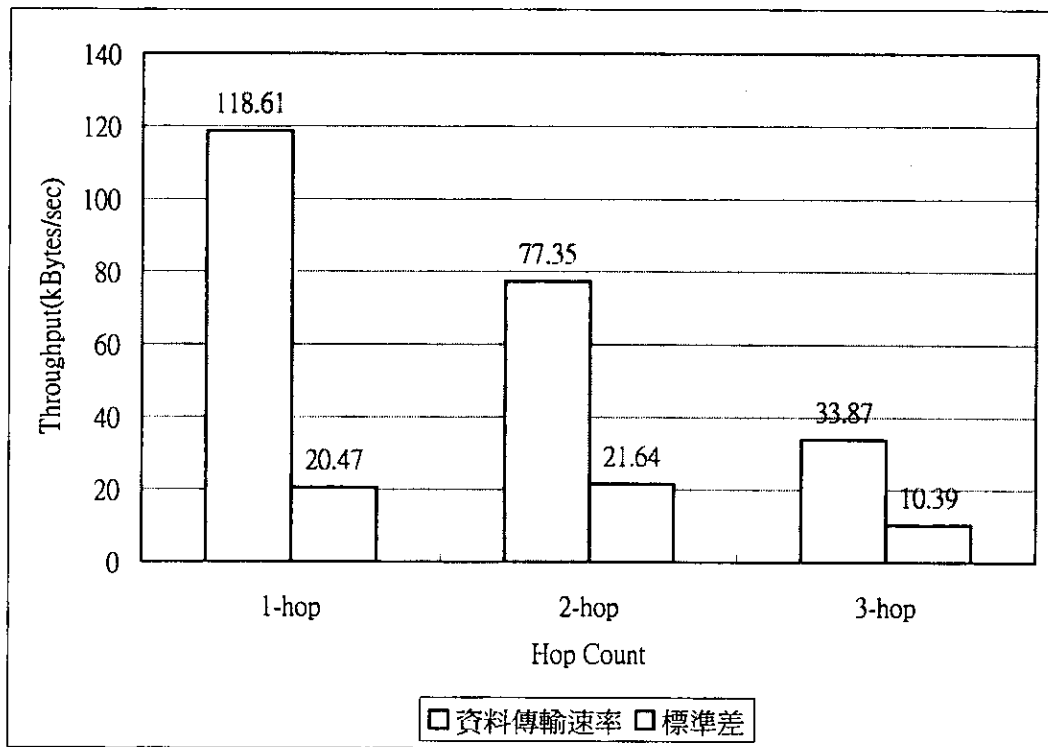


圖 3-2-11 室內環境實驗接跳數與資料傳輸速率之關係

另一方面我們亦觀察了封包傳輸延遲的變化。下圖列示本實驗封包傳輸延遲的在不同接跳數下之效能變化；由圖中數值上的變化可知，1-hop 可能遭受室內傳播環境的空間限制，其封包傳輸延遲與 2-hop 相當，而在跳接數增為 3 時封包傳輸延遲發生顯著的增加，理論上此現象導因於中繼封包轉送節點數增加，而需要較多處理時間所造成。

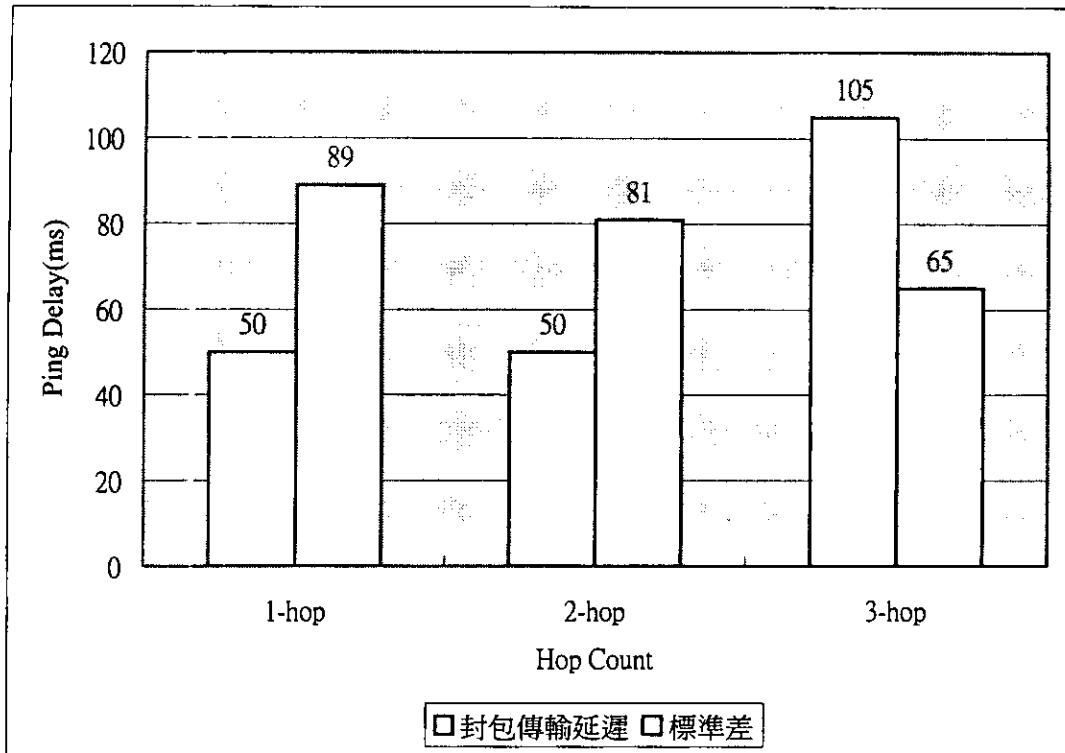
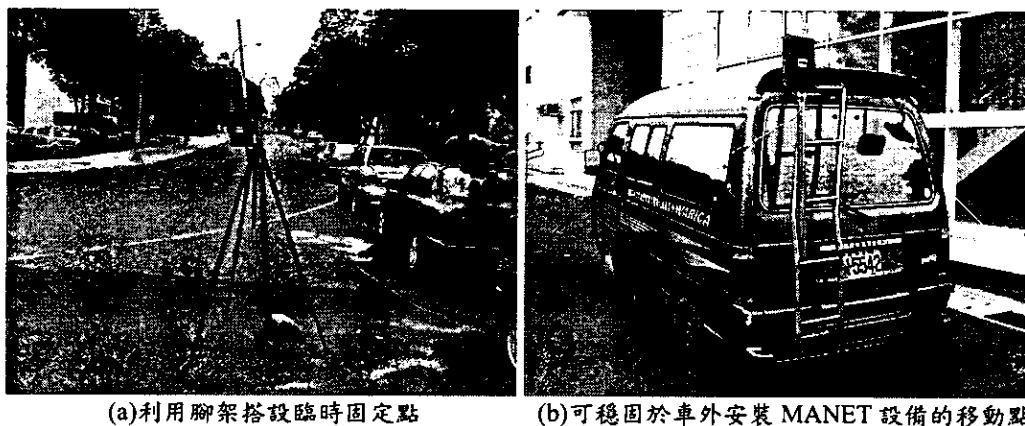


圖 3-2-12 室內環境實驗接跳數與封包傳輸延遲之關係

另一方面，封包傳輸延遲的標準差數值都相當高，甚至超過封包傳輸延遲之量測平均數值，由量測數據觀察可知，高標準差導因於若干延遲時間特別高的量測記錄，由此現象可知傳輸通道的不穩定性對封包傳輸延遲的效能影響要比資料傳輸速率的影響來的嚴重。

3.2.3.2 MANET 室外傳播環境效能測量結果

本實驗主要位於交通大學室外校園環境進行，利用臨時建置的固定節點與安裝於量測車輛之移動節點，進行在不同移動速率與傳播距離條件下，資料傳輸效能與傳輸封包延遲之效能表現。下圖呈現本實驗固定點與移動點之設備安裝方式：

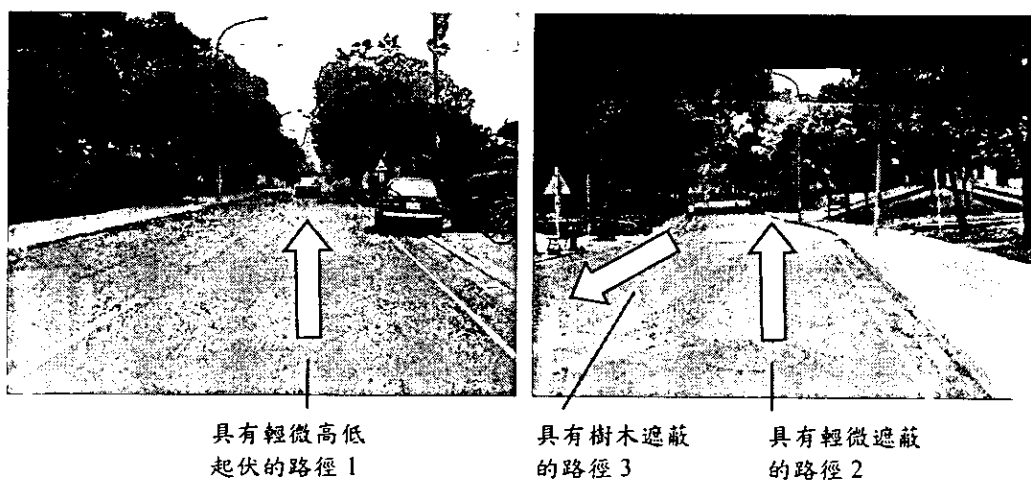


(a)利用腳架搭設臨時固定點

(b)可穩固於車外安裝 MANET 設備的移動點

圖 3-2-13 校園道路室外量測之設備安裝方式

本實驗主要的量測路徑與範圍包括 3 條主要路線：路線 1 為具備視線內傳播特性之校園道路，道路周邊主要為操場、球場、以及低矮的建築物，雖然屬於視線內傳播，但由於該路段具有微幅高低起伏，因此對傳輸效能仍具有影響；路線 2 為稍具曲折之校園道路，道路周邊主要為約 4~5 層樓高之建築物，在傳播環境上屬於輕度遮蔽；路線 3 為靠近路線 2 之反向路徑，由於該側具有較密集的植被，在無線電傳播上產生較嚴重的遮蔽，道路周邊同為 4~5 層樓高之建築物，在傳播環境上屬於重度遮蔽。茲將傳播實體環境照面展示於下圖：



具有輕微高低起伏的路徑 1

具有樹木遮蔽的路徑 3

具有輕微遮蔽的路徑 2

圖 3-2-14 校園道路室外量測之量測路徑實際傳播環境照片

如下圖所示，圖中標示了量測路徑以及資料發送端之位置。

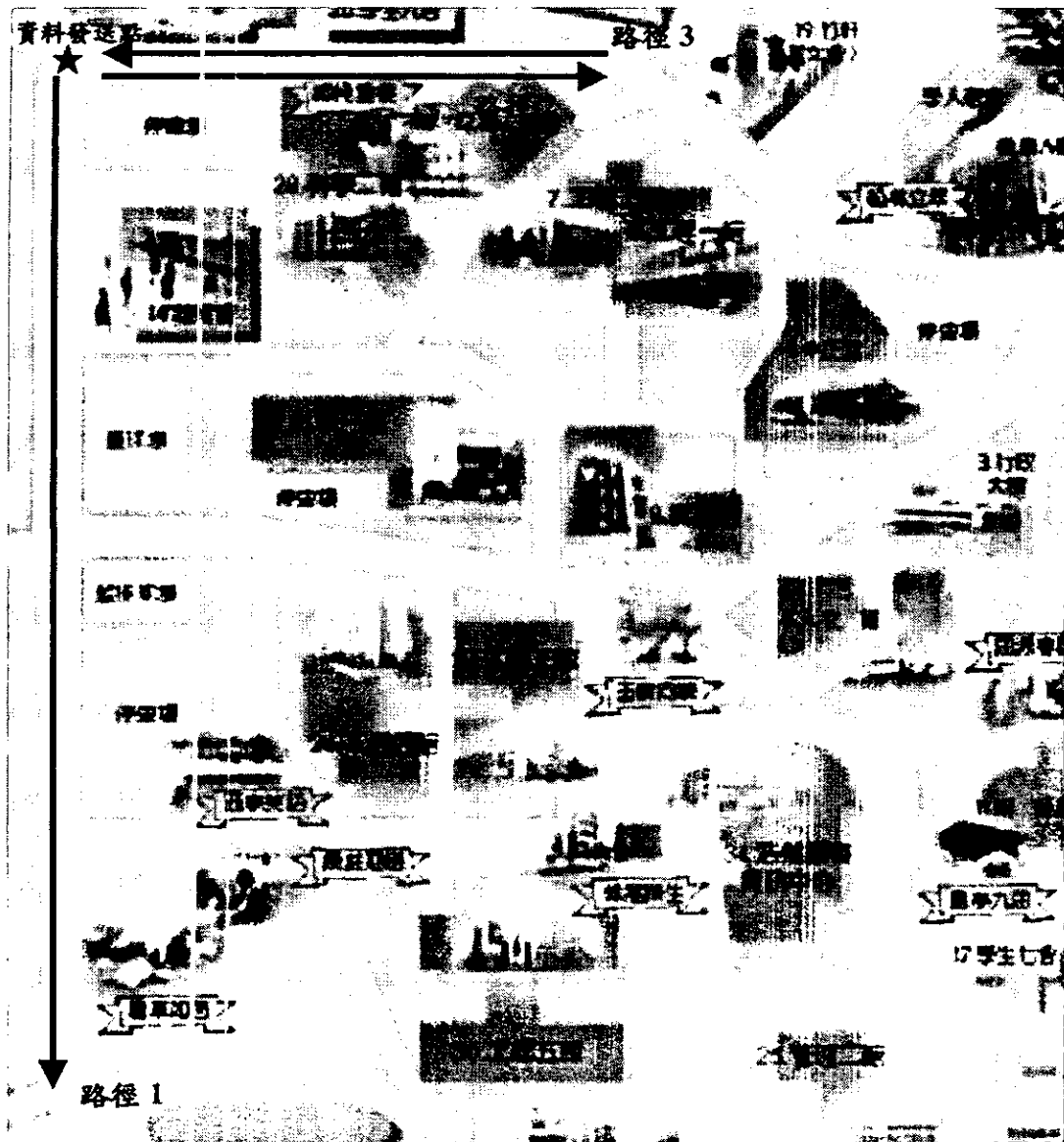


圖 3-2-15 校園道路室外量測之量測路徑

本研究所進行之 MANET 室外傳播環境量測實驗主要包括：(1)單一跳接數 (1 hop) 傳播條件下，傳播距離與傳輸效能的關係，我們根據不同路徑(及不同傳播環境)進行量測與分析；(2)多重跳接數(multi-hop)傳播條件下，傳輸效能的表現。茲將相關量測結果與分析分述於下：

A. 單一跳接數(1 hop)傳播條件下之傳輸效能

在 ODMA 的單一跳接的工作環境，並無法表現 ODMA 在多點跳接上穩定的 data rate 傳輸，因為單一跳接的架構下，沒有足夠的 neighbors 表現 ODMA 協定的特性。如下圖所示，首先分析視線內傳播之路線 1 在量測車行速度緩慢 (<5km/hr)條件下之量測結果。由於該路段於 500 公尺左右具有明顯的轉折並遭遇及嚴重的訊號阻擋，導致傳輸連線造成斷線，因此此處的分析以 0~500 公尺的傳輸效能分析為主。由圖中資料傳輸速率紀錄的分散程度可知，既使具有輕微高低起伏的視線內傳播，仍會對傳輸效能造成影響，發生在 100m 左右與 200~300m 區域傳輸速率下降的情形；而對於不受影響的區域，傳輸效能多半能集中在 100~150kBytes/sec 之區域，甚至在傳輸距離接近 500m 之區域，仍能達到較高的傳輸效能。

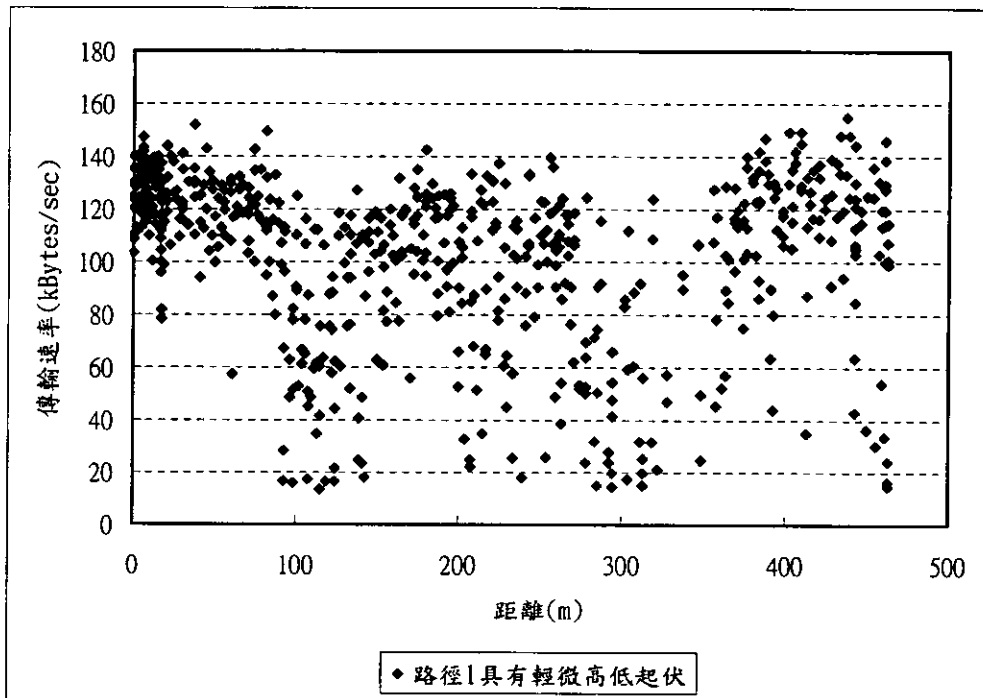


圖 3-2-16 相對移動速度 < 5 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具輕微高低起伏)

圖 3-2-17 顯示視線內傳播之路線 1 在量測車行速率較快(40km/hr)條件下之量測結果。就整體來看車行速率對平均資料傳輸速率並無明顯的影響，但在量測資料的分散程度來看，車行速率較高造成較大的分散程度，也就是無線電傳播鏈路較不穩定。下表列示路線 1 在此兩項量測實驗之平均資料傳輸速率與標準差。

表 3-2-3 不同移動速率下路線 1 量測實驗之效能量測結果

相對移動速率 (km/hr)	平均資料傳輸速率 (kBytes/sec)	標準差 (kBytes/sec)
>5	103.27	32.11
40	96.37	36.37

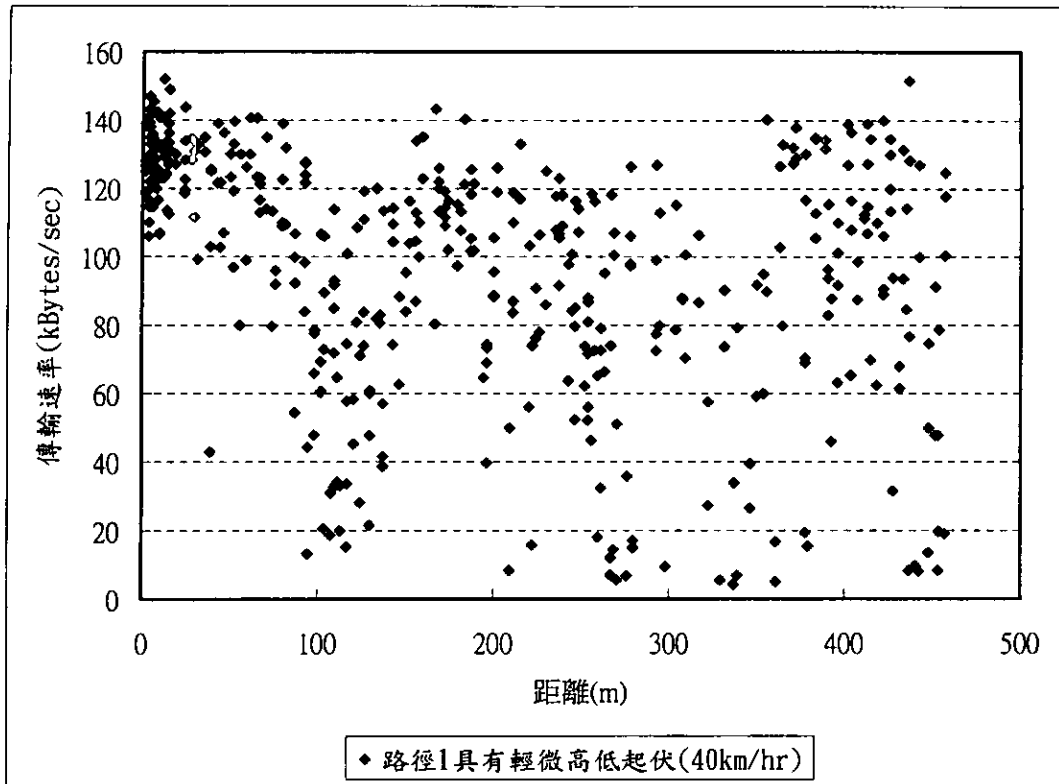


圖 3-2-17 相對移動速度 40 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具輕微高低起伏)

從封包傳輸延遲來觀察，在 1-hop 傳播條件下封包延遲時間都很短，除非遭受到傳播環境的遮蔽，絕大部分的封包傳輸延遲低於 100ms，總平均為 62ms。下圖顯示路線 1 在封包傳輸延遲之量測結果。

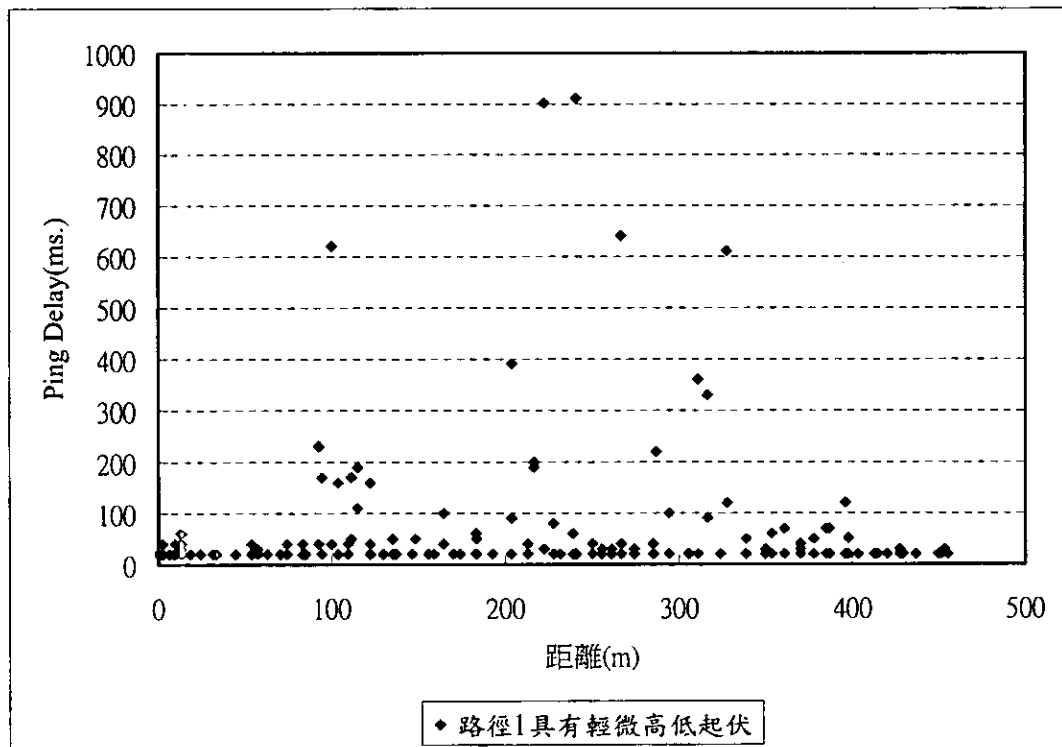


圖 3-2-18 1 hop 封包傳輸延遲量測結果(具輕微高低起伏環境)

下圖顯示非視線內傳播之路線 2 與路線 3 在量測車行速度緩慢(<5km/hr)條件下之量測結果，其中路徑 2 區域傳播通道所遭遇的遮蔽主要為移動中的人車，而路徑 3 所遭遇的遮蔽為密集的樹木。由於該路段於 230 公尺左右具有明顯的轉折並遭遇及嚴重的訊號阻擋，導致傳輸連線造成斷線，因此此處的分析以 0~300 公尺的傳輸效能分析為主。由圖中資料傳輸速率紀錄可知，兩路徑最大傳輸範圍均落在路徑轉折處約 230 公尺左右，然而在資料傳輸速率的表現方面，具備高度遮蔽的路徑 3 在同樣的傳輸距離下，多半低於路徑 2 的量測結果，甚至在最初 20m 的傳輸效能，由於受到鄰近樹木遮蔽的影響，反倒低於約 50m 左右之資料傳輸效能。由這個現象可以發現，傳播通道環境的特性，如遮蔽體種類與數量等，會明顯影響資料傳輸效能。

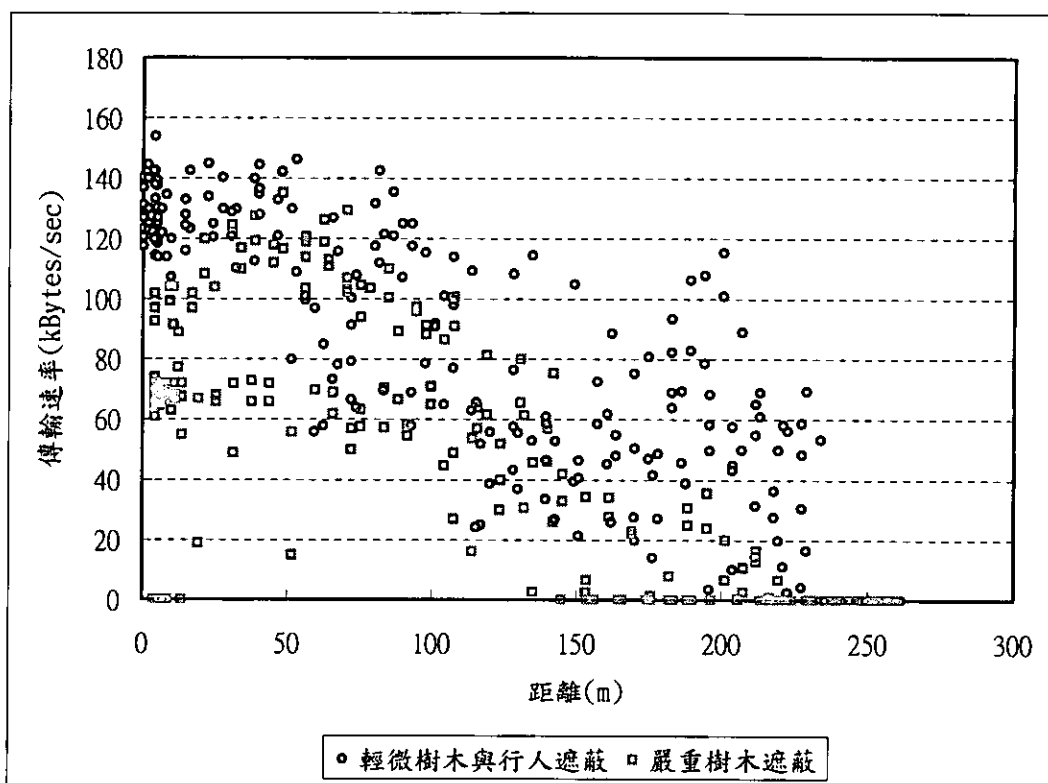


圖 3-2-19 行動速度<5 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具遮蔽體)

若將非視線內傳播之路線 2 與路線 3 的資料傳輸速率量測結果與路線 1 之量測結果進行比較，在傳播距離小於 50m 之條件下，非視線內傳播之資料傳輸速率仍可達到等同於視線內傳播(路線 1)之效能，約在 100~150kBytes/sec 左右，然而隨著傳播距離的增加，視線內傳播的資料傳輸速率仍能大致維持高效能，而非視線內傳播的資料傳輸速率發生明顯之衰減，也就是說在非視線內傳播環境下，傳播距離與資料傳輸速率具有明顯的相關性。

下圖顯示路線 2 與路線 3 在量測車行速率較快(40km/hr)條件下之量測結果。就整體來看車行速率對平均資料傳輸速率並無明顯的影響，這個實驗同樣發生資料傳輸速率隨傳播距離發生之衰減現象，而在整體資料傳輸速率的表現上，由於校園環境遮蔽體可能隨時間不斷變化，而有些許的差異性，初步判斷在相對移動速率變化不高的情況下，對資料傳輸速率所造成的差異不大。

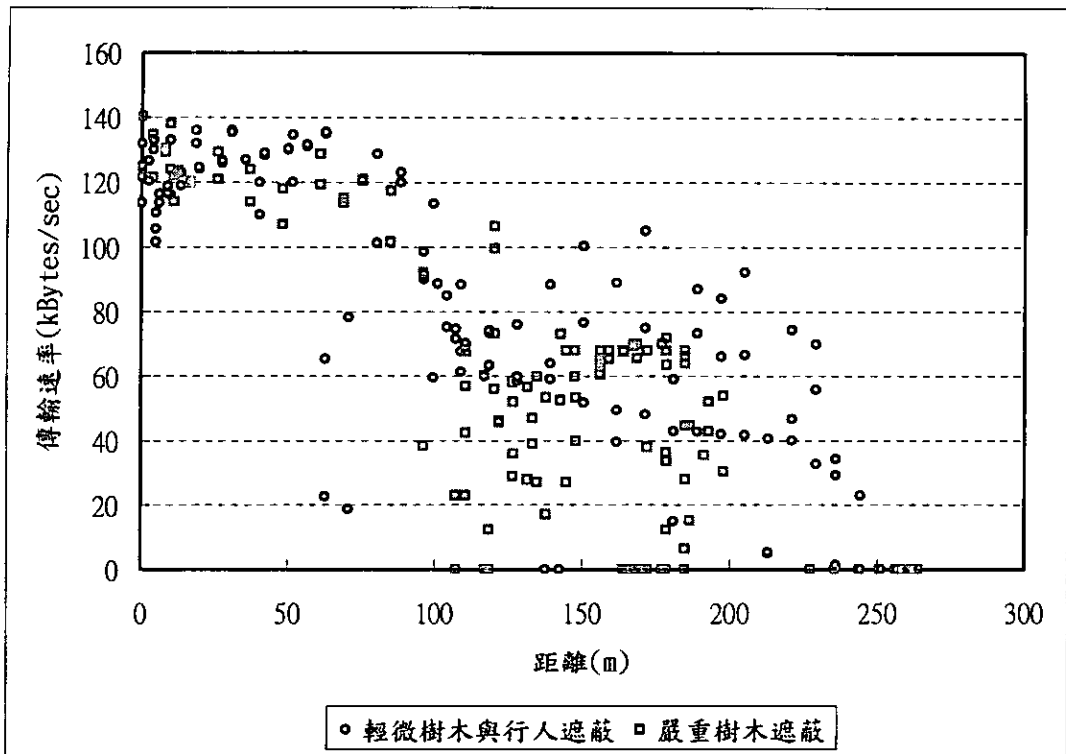


圖 3-2-20 行動速度 40 km/hr 下 1 hop 資料傳輸率量測結果(具遮蔽體)

下圖顯示非視線內傳播在封包傳輸延遲之量測結果。從量測數據來觀察，傳播距離較長的區域會造成封包延遲時間較大的機率增加，然而絕大部分的延遲仍低於 100ms，路線 2 與路線 3 的封包傳輸延遲平均分別為 67ms 與 69ms。

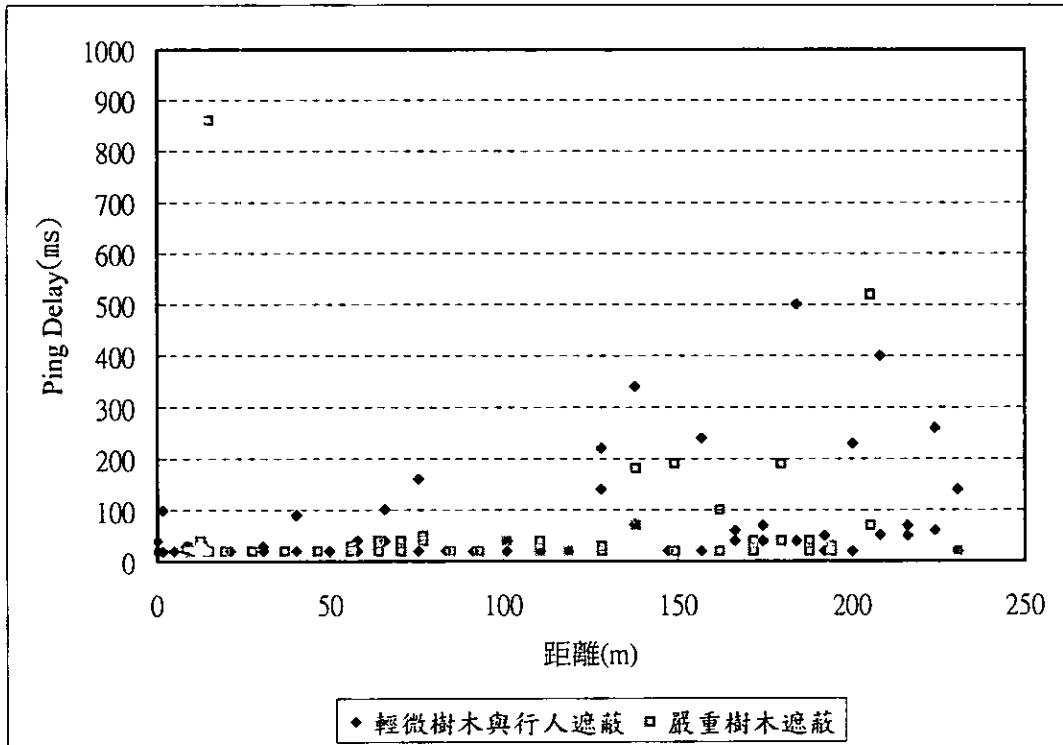


圖 3-2-21 1 hop 封包傳輸延遲量測結果(具遮蔽體)

根據本實驗在不同量測路徑下的測試結果可知，傳播環境的遮蔽程度對本研究以 WLAN IEEE 802.11b 為基礎之傳播通道有顯著的影響，尤其對於資料傳輸速率的影響特別明顯，而對於封包延遲時間的影響較不顯著；此外，在如同校園環境之郊區道路進行行動通訊時，在網路節點相對速度不大的情形下，相對速度對傳輸效能的影響有限。如下表所示，列示本實驗各項傳播環境在節點間距 300m 內之資料傳輸率與封包延遲時間。

表 3-2-4 室外環境進行單一跳接數傳播之傳輸效能比較

傳播環境	平均資料傳輸速率 (kBytes/sec)	平均封包延遲時間 (ms.)
路徑 1 (輕微高低起伏、相對速度高)	99.65	60
路徑 1 (輕微高低起伏、相對速度低)	103.31	62
路徑 2 (輕微遮蔽、相對速度高)	89.42	67
路徑 2 (輕微遮蔽、相對速度低)	88.16	67
路徑 3 (行道樹遮蔽、相對速度高)	51.46	68
路徑 3 (行道樹遮蔽、相對速度低)	42.24	69

B. 多段跳接數(multi-hop)傳播條件下之傳輸效能

在 ODMA 的多段跳接的工作環境，需要有多重路徑選擇才能表現出 ODMA 協定的特性。愈多路徑愈增加頻寬效能及系統 capacity，此單一多段跳接路徑限定了 ODMA 的特性。

本研究於校園道路所進行之室外多接跳傳播實驗，乃是利用具有輕度遮蔽、以及密度較低之人車移動體遮蔽之道路，並於道路上適當距離設置臨時固定之網路節點，以控制傳播時所經過之跳接數。如下圖所示，固定節點設置位置如圖所標示之 1、2、3 位置，節點 1 負責發送量測用資料封包，量測車輛行駛至適當位置以進行不同跳接數的資料接收並記錄量測結果。

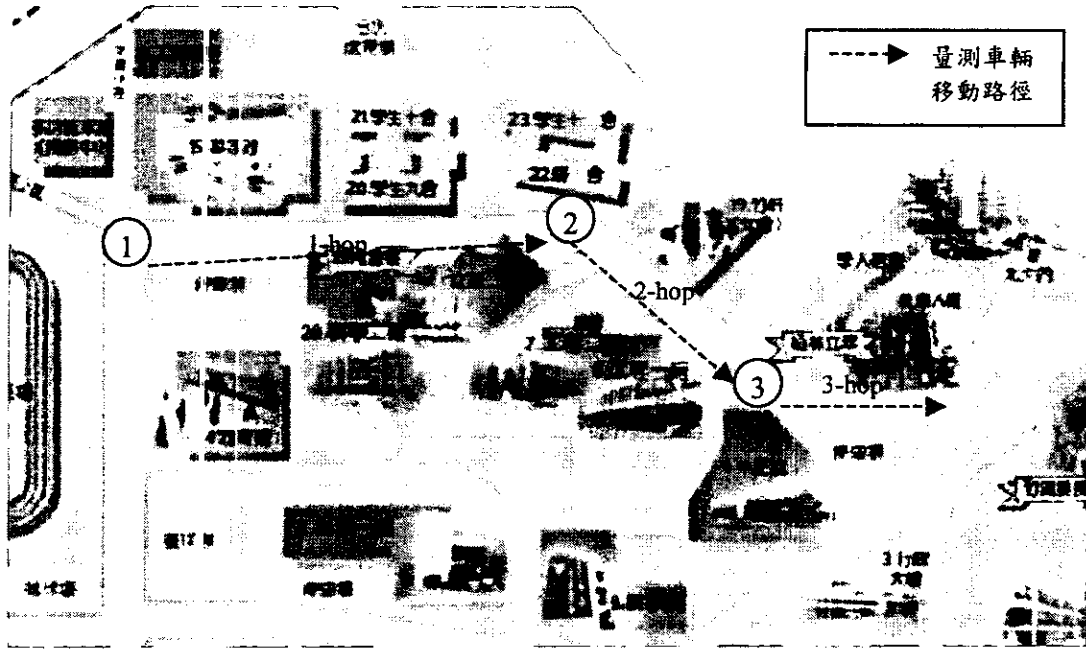


圖 3-2-22 校園道路室外多跳接實驗之量測路徑

下圖列示本實驗資料傳輸率在不同接跳數下之效能變化；由圖中數值上的變化可知，隨著接跳數的增加，資料傳輸速率發生顯著的衰減，其中 1-hop 與 2-hop 之間的差距較大，而 2-hop 增加到 3-hop 時資料傳輸速率的衰減較小。此現象顯示多接跳傳輸模式與單一接跳之效能有顯著的不同，而隨著接跳數的增加，資料傳輸速率衰減趨勢將會縮小。(此現象將於後續於實驗平台進行更多接跳數實驗時得到驗證)

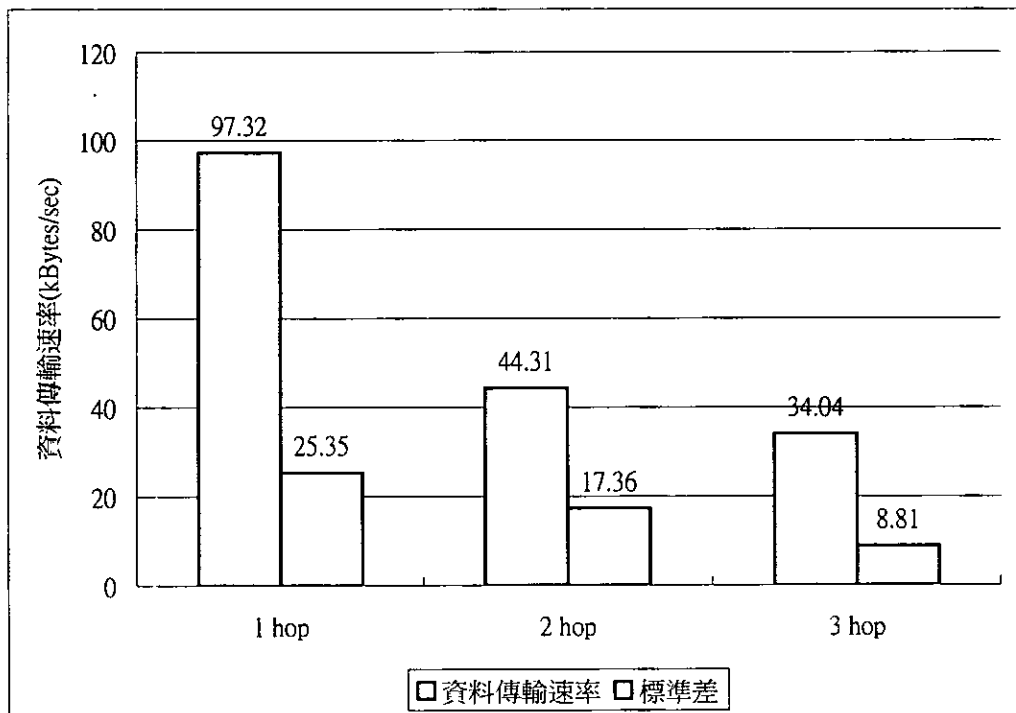


圖 3-2-23 室外環境實驗接跳數與資料傳輸速率之關係

除了資料傳輸速率的變化外，另外值得注意的是標準差亦隨著接跳數的增加而縮小；事實上從標準差與平均資料傳輸速率的比例來看，各接跳數條件下的標準差數值都相對較高，表示無線傳播通道並不穩定性，但隨著資料傳輸速率的縮小，反而壓縮了效能變動的浮動空間，因此導致標準差減小的現象；因此從標準差的變化，並不代表傳播效能的穩定性會隨接跳數的增加而增加，而是相對來說，標準差在具備遮蔽的傳播環境下，仍保持相當高的比例。

另一方面我們亦觀察了封包傳輸延遲的變化。下圖列示本實驗封包傳輸延遲的在不同接跳數下之效能變化；由圖中數值上的變化可知，隨著接跳數的增加，封包傳輸延遲發生顯著的增加，相較於前述資料傳輸速率的衰減趨勢，封包延遲時間的增加趨勢似乎較為平均，並未發現有 1-hop 與 2-hop 之間的差距特別大的現象。

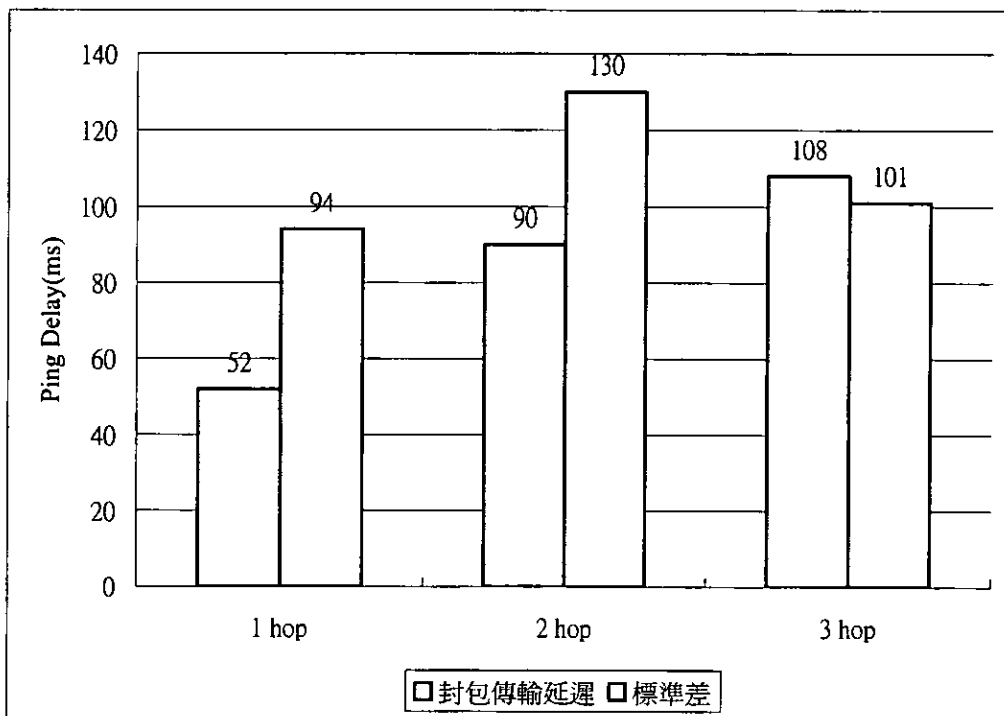


圖 3-2-24 室外環境實驗接跳數與封包傳輸延遲之關係

另一方面，封包傳輸延遲的標準差數值都相當高，甚至超過封包傳輸延遲之量測平均數值，由量測數據觀察可知，高標準差導因於若干延遲時間特別高的量測記錄，由此現象可知傳輸通道的不穩定性對封包傳輸延遲的效能影響要比資料傳輸速率的影響來的嚴重。

3.2.3.3 MANET 實驗平台於一般道路傳播環境效能量測結果

本研究與智網 IWICS 公司合作，於龍潭一般道路環境建置超過 30 個 MANET 網路節點之實驗平台，並於其中進行大規模 MANET 通訊實驗平台效能量測；智網在龍潭的實驗網，其主要的目的為驗證 ODMA 協定，並未考慮系統上的應用。根據本研究的規劃，一般道路傳播環境的效能量測主要分為三種傳播模式，分別可代表在 ITS 系統中不同類別單元間的傳輸模式；茲將此三種傳輸模式說明於下：

- 固定點間量測：固定點間的量測主要用以模擬位於中心端 ITS 伺服器與路側設施之間利用 MANET 技術之傳輸效能。在本實驗中，負責發送資料的節點放置於室內的伺服器電腦，透過訊號線與裝置於房屋外側的 MANET 設備連接；量測車輛位於一般道路之上，並依需要選擇適當的路側位置，於靜止狀態時進行資料接收與效能量測；資料傳輸透過事先建置之固定式 MANET 設備，以無線接跳的方式與資料發送端連通。
- 移動點與固定點間量測：固定點間的量測主要用以模擬位於中心端 ITS 伺服器與行動車機之間利用 MANET 技術之傳輸效能，其效能量測結果亦可用於預估路側設施與行動車機之間的傳輸效能表現。本實驗同樣利用室內的伺服器電腦作為固定點，而行動車機於一般道路上，一邊移動一邊進行資料接收與效能量測，其間所參與的跳接節點仍透過事先建置之固定式 MANET 設備，以無線接跳的方式與資料發送端連通。
- 移動點與移動點間的量測：此處的量測主要用以模擬行動車機之間運用 MANET 技術進行車間通訊的效能；本研究除了在具有固定網路節點輔助下的實驗平台進行移動點間的量測外，同時亦進行 4 輛移動車機，位於無固定網路節點輔助的傳播環境，所提供的傳輸效能量測。

A. 固定點間的效能量測

本實驗一共選擇了 7 個不同特性的固定路側位置進行效能量測；固定點位置的特性除了與中心端的距離外，由於 MANET 技術在資料傳輸時可能同時利用不同的傳輸路徑與跳接數進行資料傳輸服務，理論上固定節點在進行通訊時，同時接收越多的傳輸路徑，MANET 實驗平台便能夠提供較佳的傳輸服務，因此如與中心端連線的平均接跳數與附近參與通訊的節點數等，理論上均與傳輸效能具有相關性。如下表所示，列示量測固定點與資料發送中心端之距離、平均跳接數、以及鄰近之節點數等；這些資訊可用以與量測結果進行比較分析，以觀察這些可能的變因對傳輸效能造成的影響與趨勢等。

表 3-2-5 龍潭 MANET 實驗平台固定點間效能量測實驗之量測點相關資訊

量測點 (location)	與發送端距離 (m)	平均傳輸 hop 數 (hop number)	附近節點數 (neighbor number)
Location 1	5	1	11
Location 2	487	3	13
Location 3	504	3	5
Location 4	435	6	5
Location 5	485	4	3
Location 6	257	3	7
Location 7	523	2	11

下圖為龍潭部分地區的電子地圖，其範圍以涵蓋本研究實驗平台大部分的訊息涵蓋範圍；圖中以數字標示本實驗固定節點所在位置，數字 1 表示 Location 1、數字 12 表示 Location 2，以此類推。資料發送之中心端位於星號★所標示的位置。實驗主要選擇的地點以神龍路沿線為主，此處的傳播環境為一般道路，並且車流量較大。

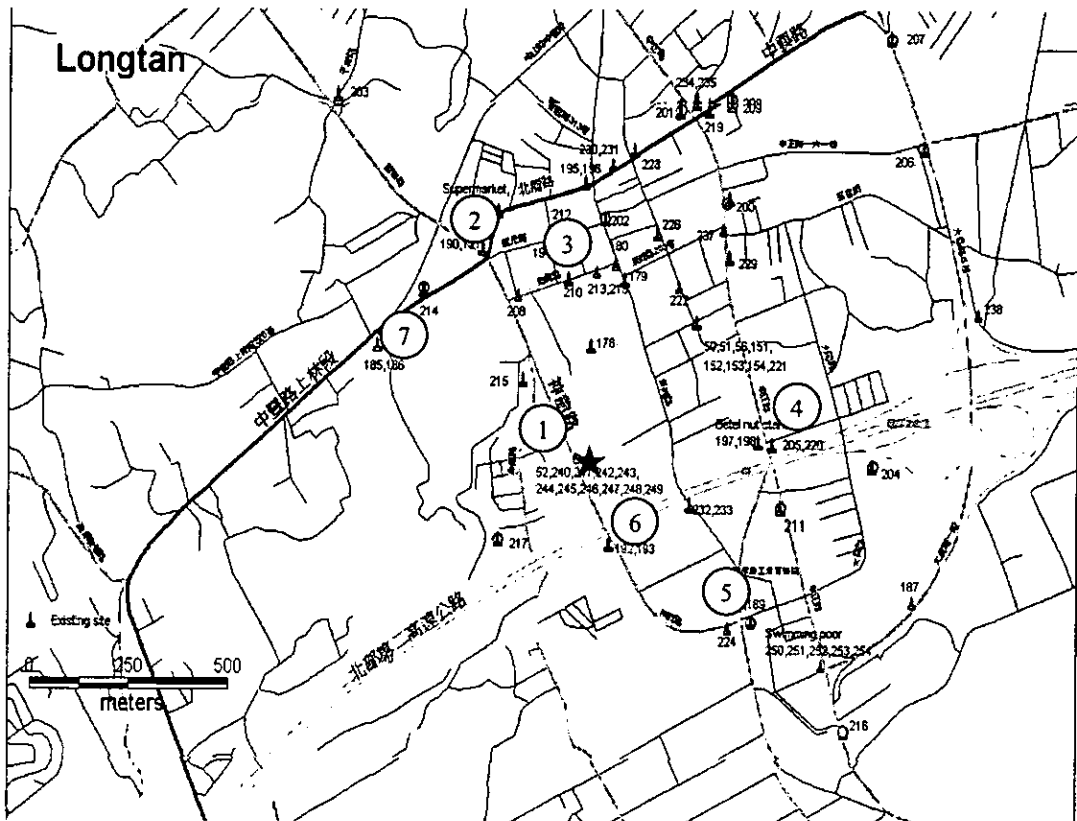


圖 3-2-25 龍潭 MANET 實驗平台設備裝置節點與量測固定點分佈圖

首先我們觀察各固定點傳輸效能隨時間的變化(snapshots)，如下圖所示，各固定點之資料傳輸效能變化使用不同符號標示於座標系統內。

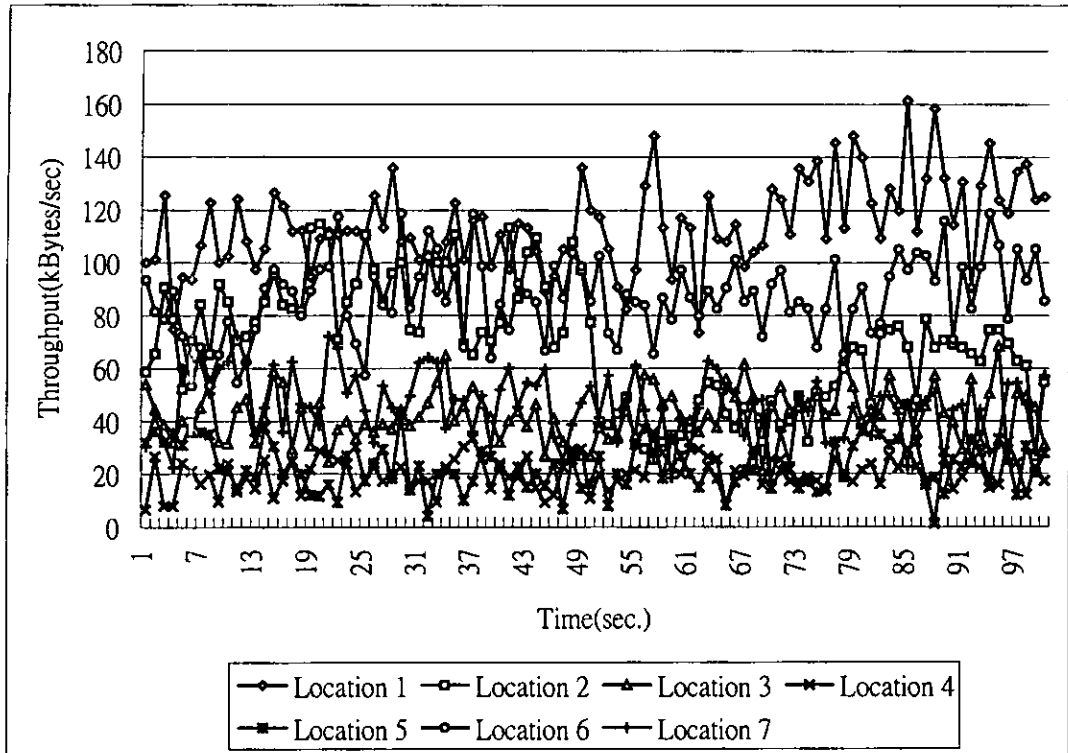


圖 3-2-26 龍潭 MANET 實驗平台固定點間傳輸速率量測結果

觀察固定點間傳輸效能隨時間的變化可知，在不同地點所測得之效能數據，在平均分佈的資料傳輸速率範圍確實有明顯的不同，然而相較於前述不具其他 MANET 網路節點輔助之校園量測環境，不但最佳效能有獲得改善，傳輸服務的穩定性亦有提升，其效能變動的範圍相對較小，絕大部分的傳輸效能落在平均效能的正負 30kBytes/sec 以內，由這個現象可知，以 MANET 技術為基礎的無線通訊平台，當平台中具有較多固定節點佈設，確能有效增進傳輸服務的穩定性。

下圖展示固定點間傳輸距離與傳輸效能的相關性；橫軸根據傳輸距離由近而遠排列不同的固定點平均資料傳輸速率與標準差，由圖中的變化趨勢可知，位於實驗平台中，傳輸距離與資料傳輸速率並無顯著的相關性，雖然最近的 Location 1 具有相當良好的傳輸效能，但是距離 Location 4(435m)與 Location 5(485m)的兩個節點效能卻比更遠如 Location 3(504m)與 Location 7(523m)的節點效能更差，相對距離同樣接近的 Location 2(487m)其資料傳輸速率卻又不錯。由此現象可知，傳輸距離在多跳接傳輸模式下，並不是主要影響傳輸效能表現的變因。

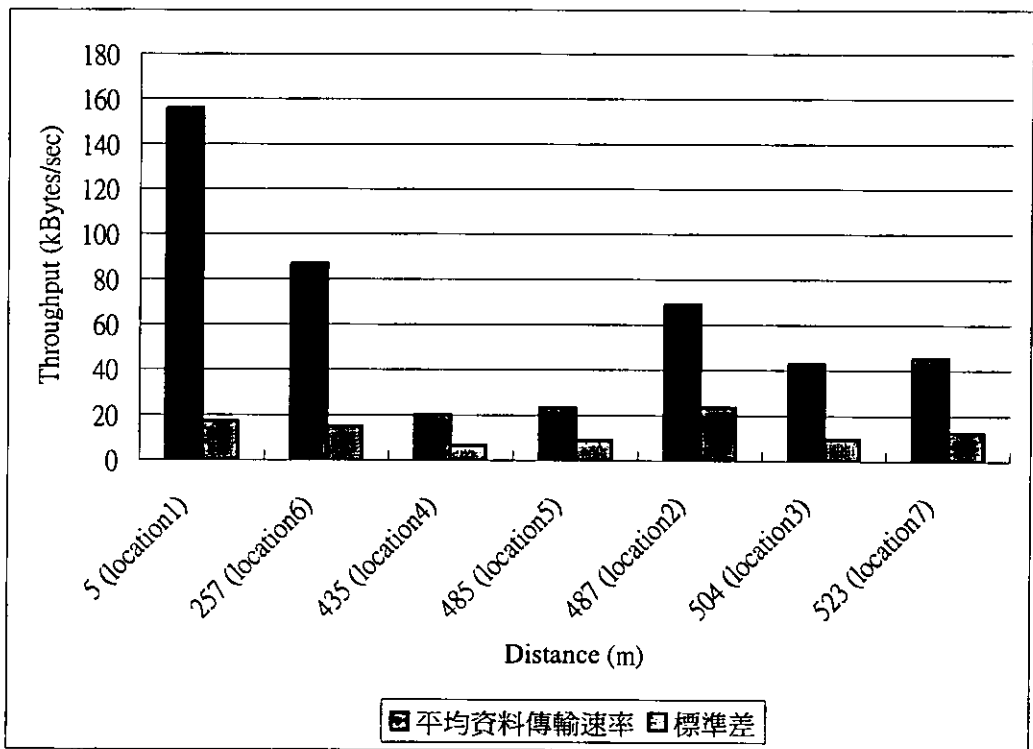


圖 3-2-27 龍潭 MANET 實驗平台固定點間距離與傳輸速率之比較

下圖展示固定點間平均跳接數與傳輸效能的相關性；橫軸根據平均跳接數由少而多排列不同的固定點平均資料傳輸速率與標準差，由圖中的變化趨勢可知，除了 Location 7(hop count = 2)外，資料傳輸速率隨著跳接數增加而遞減，並且遞減的趨勢隨著跳接數增加而趨於緩和。

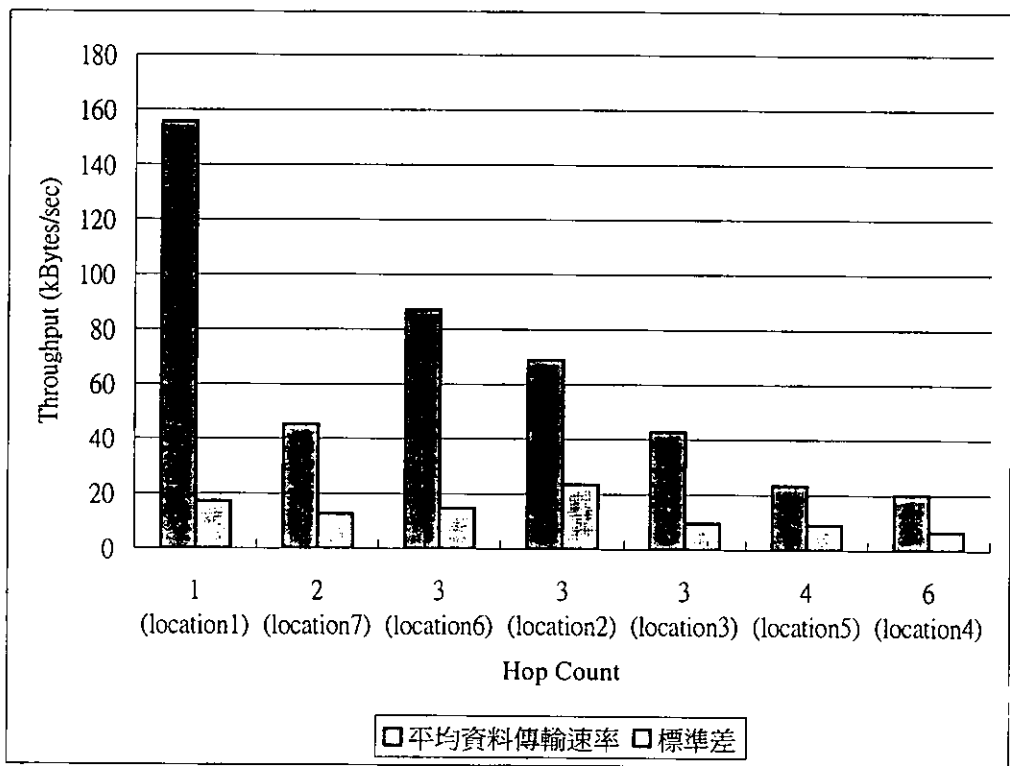


圖 3-2-28 龍潭 MANET 實驗平台固定點間跳接數與傳輸速率之比較

如同校園室外多跳接量測實驗的結果，資料傳輸速率隨著跳接數增加的效能衰減，最大發生於單一跳接(1-hop)至 2 跳接(2-hop)之間。另外觀察本實驗 Location 7(hop count = 2)之量測數據，發生低於跳接數 3 量測數據之特殊現象，初步判定導因於傳輸通道較遠且不穩定所產生；如將 Location 7 與 Location 2 之特性進行比較，兩者與中心端的距離相當，卻分別使用 2-hop 與 3-hop 的路徑，造成實際點對點的空間傳播通道在 Location 7 較長，可能容易造成通訊訊號與傳輸效能的不穩定，發生資料傳輸速率反低於跳接數較高之 Location 2；當然 Location 7 傳輸效能的低落還可能導因於該傳播環境較為複雜或是遮蔽較大，並不能全然以距離或是跳接數進行推論。

下圖展示固定點間附近節點數與傳輸效能的相關性；橫軸根據附近節點數由少而多排列不同的固定點平均資料傳輸速率與標準差，由圖中的變化趨勢可知，附近節點數越多似乎能提供越好的傳輸效能，附近節點數>7 的資料傳輸速率均大於附近節點數較小的量測結果；但附近節點數的數值並無法確實作為傳輸效能優劣的依據，如圖中同為具備 11 個附近節點的 Location 1 與 Location 7，其資料傳輸速率卻具有顯著的差異。由實驗結果可知，附近節點數越多，應能夠有效輔助資料傳輸速率的提升，但實際資料傳輸速率的優劣仍須參考如跳接數等變因。

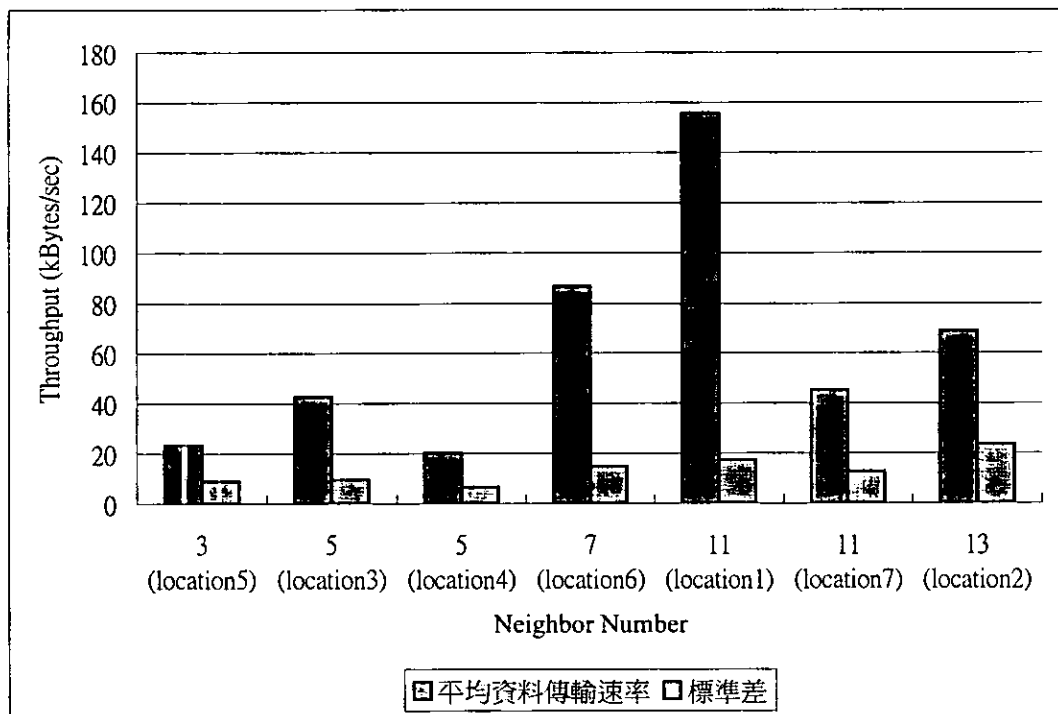


圖 3-2-29 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接收附近節點數與傳輸速率之比較

下面針對固定點間傳輸服務在封包傳輸延遲上的表現進行分析；首先我們觀察各固定點封包傳輸延遲隨時間的變化(snapshots)，如下圖所示，各固定點之封包傳輸延遲變化使用不同符號標示於座標系統內。觀察固定點間封包傳輸延遲隨時間的變化可知，雖然不同地點利用不同跳接數的路徑與具有不同傳播環境，但在本研究所建置的通訊平台當中，絕大部分的封包傳輸延遲低於250ms，這對於即時性較高，且資料量需求較低的交通資訊如公共車輛定位、緊急訊息通報等，應能夠滿足其通訊需求。

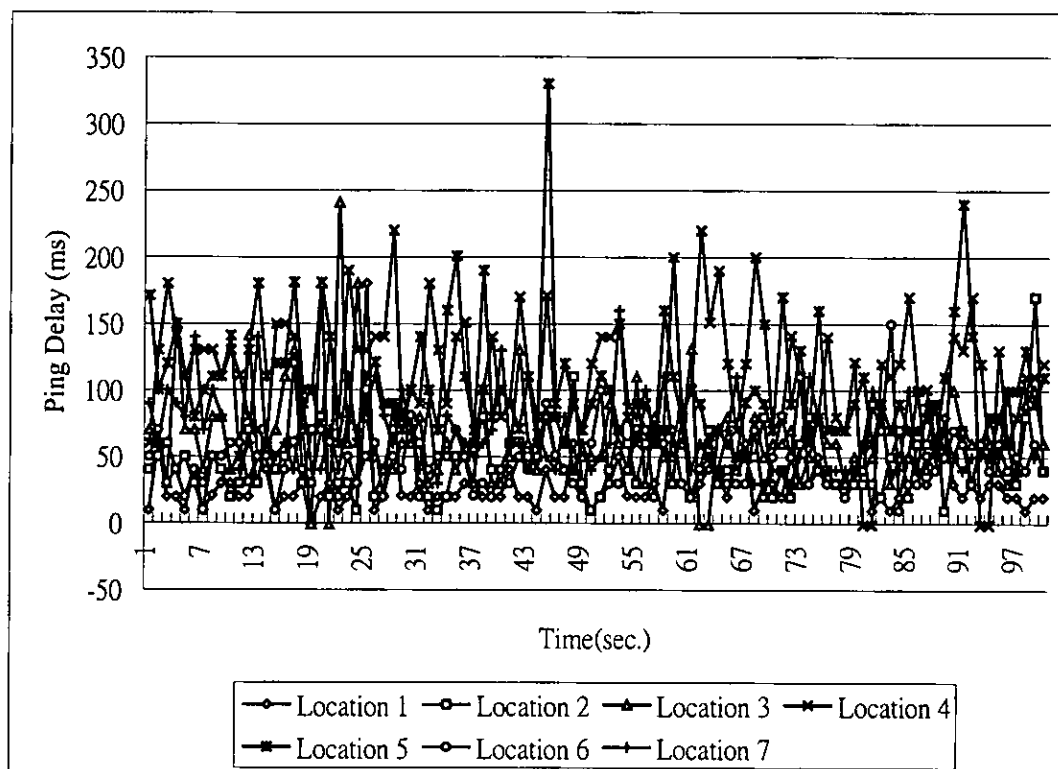


圖 3-2-30 龍潭 MANET 實驗平台固定點間封包傳輸延遲量測結果

下圖展示固定點間傳輸距離與封包傳輸延遲的相關性；橫軸根據傳輸距離由近而遠排列不同的固定點平均封包傳輸延遲與標準差，由圖中的變化趨勢可知，位於實驗平台中，傳輸距離越大，似乎可能造成封包傳輸延遲增加，然而傳輸距離的數值與封包傳輸延遲時間並無顯著的相關性；距離 Location 4(435m)與 Location 5(485m)的兩個節點距離雖較 Location 2(487m)、Location 3(504m)與 Location 7(523m)短，但其封包傳輸延遲卻高出許多。由此現象可知，傳輸距離在多跳接傳輸模式下，並不是主要影響封包傳輸延遲表現的變因。

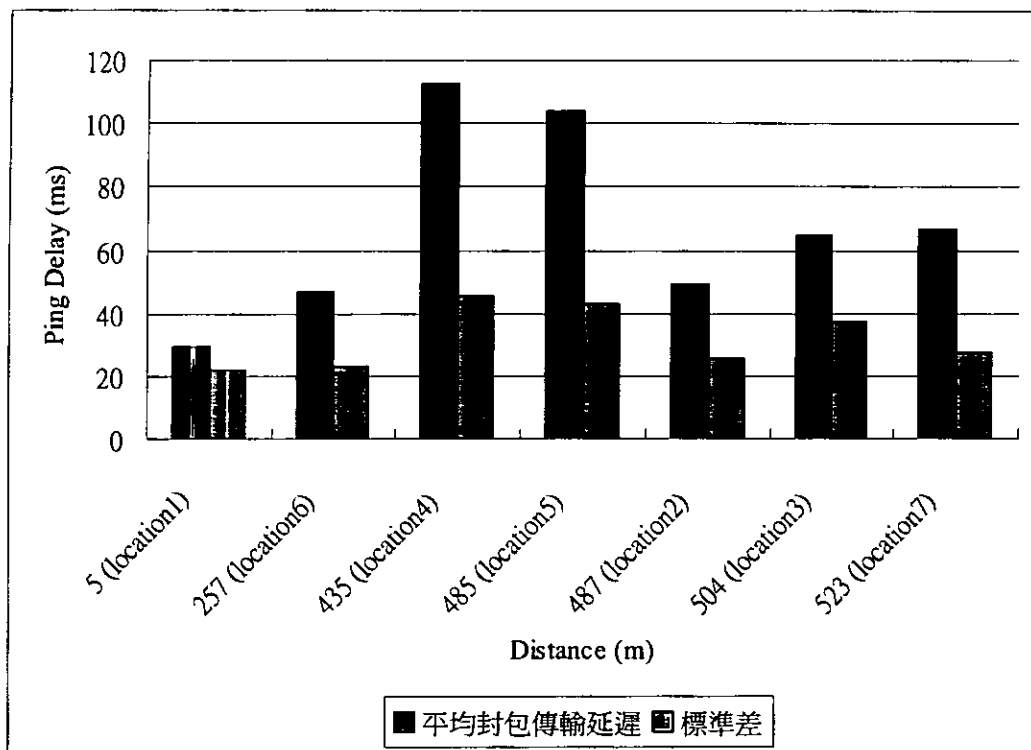


圖 3-2-31 龍潭 MANET 實驗平台固定點間距離與封包傳輸延遲之比較

下圖展示固定點間平均跳接數與封包傳輸延遲的相關性；橫軸根據平均跳接數由少而多排列不同的固定點封包傳輸延遲率與標準差，由圖中的變化趨勢可知，除了 Location 7(hop count = 2)外，封包傳輸延遲率隨著跳接數增加而遞增，並且遞增的趨勢與幅度還算明顯。

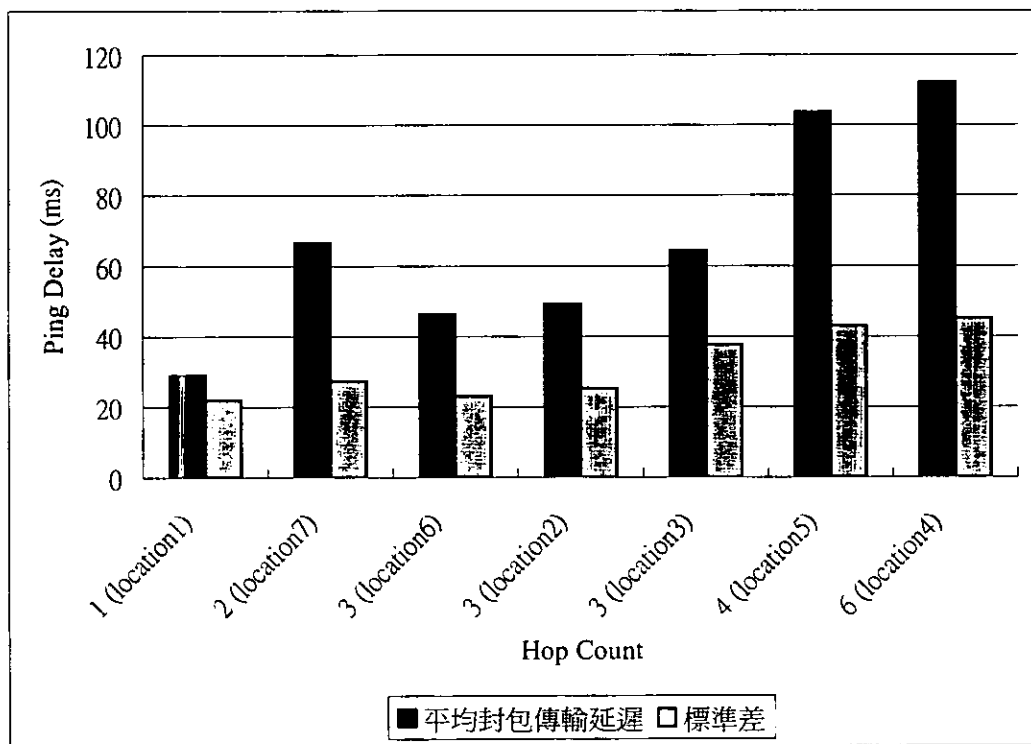


圖 3-2-32 龍潭 MANET 實驗平台固定點間跳接數與封包傳輸延遲之比較

另外觀察本實驗 Location 7(hop count = 2)之量測數據，發生封包傳輸延遲高於跳接數 3 量測數據之特殊現象，如同前述資料傳輸速率之量測實驗所述，初步判定導因於傳輸通道較遠且不穩定所產生。

下圖展示固定點間附近節點數與封包傳輸延遲的相關性；橫軸根據附近節點數由少而多排列不同的固定點平均封包傳輸延遲與標準差，由圖中的變化趨勢可知，附近節點數與封包傳輸延遲似乎不具相關性，理論上對於單一封包而言，其傳輸路徑可視為事先搜尋得到的路徑，其封包傳輸延遲與傳播距離的傳播時間與經過中繼網路節點的處理時間有關，而附近節點數與該固定點於 MANET 通訊平台中所能選擇的路徑數目有關，而與被選為進行傳輸服務的路徑特性無關，因此封包傳輸延遲與附近節點數關係不大。

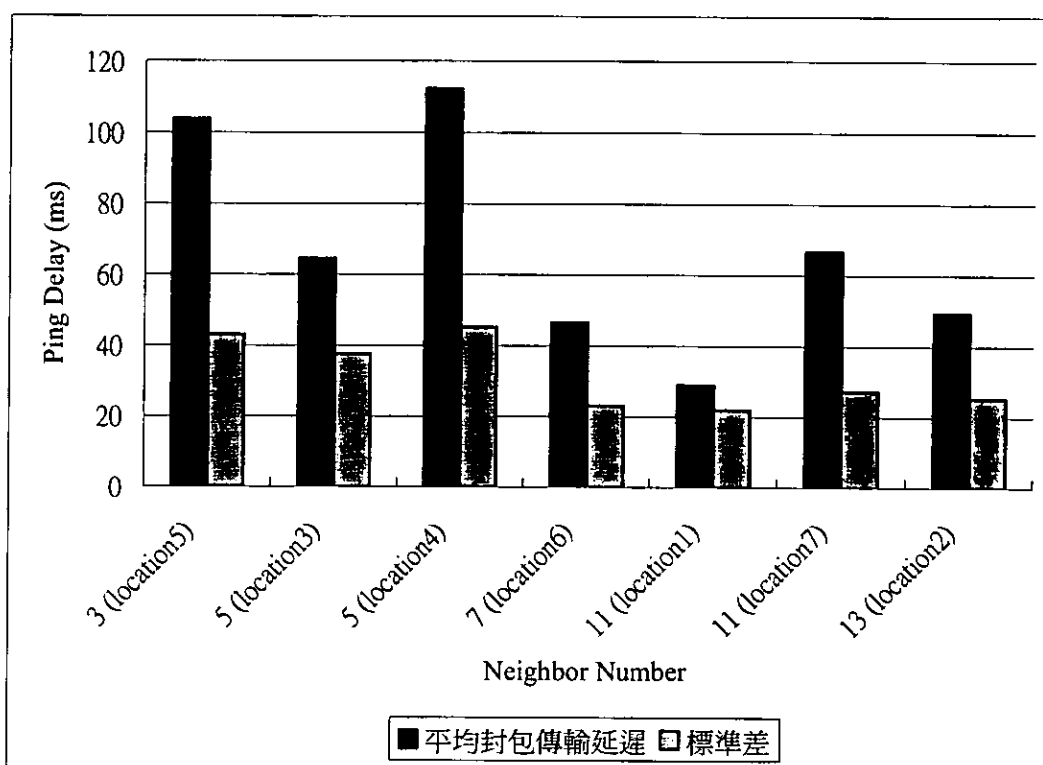


圖 3-2-33 龍潭 MANET 實驗平台固定點間接收附近節點數與封包傳輸延遲之比較

總括而言，本研究位於一般道路環境的的量測實驗，雖然其 MANET 的通訊傳播環境較校園室外環境複雜，但其效能由於受到通訊平台中固定網路節點的輔助，具有令人滿意的傳輸效能；此外，固定點間的通訊品質，與固定點間的傳輸路徑若干相關特性有明顯的相關性，根據相關量測結果的分析，茲將傳輸距離、平均傳輸跳接數、與附近節點數等變因，對於資料傳輸速率與封包傳輸延遲等效能參數的相關性整理於下表。總體來說，固定點間的傳輸效能與平均傳輸跳接數的相關性較為顯著，另外資料傳輸速率與固定節點所在位置之附近節點數亦有明顯的相關性，而傳輸距離並無法有效表達傳輸服務在 MANET 通訊平台的特性，因此與傳輸效能的相關性較低。

表 3-2-6 MANET 固定點間傳輸效能與傳輸環境相關性之比較

效能參數	與傳輸距離相關性	與傳輸跳接數相關性	與附近節點數相關性
資料傳輸速率	低度相關 傳輸距離越長可能造成資料傳輸速率下降，但較短的傳輸距離並不代表一定具有較高的效能	高度相關 跳接數越多將造成資料傳輸速率下降，其下降的趨勢隨著跳接數的增加而減緩	中度相關 附近節點數較多時，資料傳輸速率較大，但提升幅度的大小與平均傳輸跳接數相關，使得提升的趨勢不固定
封包傳輸延遲	低度相關 傳輸距離越長可能造成封包傳輸延遲增長，但其增長的趨勢不顯著	高度相關 跳接數越多將造成封包傳輸延遲增長，其增長的趨勢顯著	低度相關 附近節點數多寡與所在位置可選擇的路徑數目相關，而與封包傳輸延遲關係較小

B. 固定點與移動點間的效能量測

本實驗選擇實驗平台中特定路段進行效能量測，該路段主要包括神龍路沿線以及兩個路線迴路，方便進行多次量測與紀錄；由於位於 MANET 實驗平台中，每個封包進行傳送所使用的路徑與跳接數等特性並不固定，難以根據這些傳輸路徑特性歸納其相關性分析，因此本實驗著重於傳輸距離與量測車輛行經路段平均效能的分析，以驗證以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台的效能。如下圖所示，箭號線段所連接的路線即為本實驗所規劃的量測路線，該路線於直線路段可能遭受行動車輛與行人、交通號誌、電線桿等遮蔽傳播通道，轉彎處均具有建築物可能造成傳播通道的阻擋，是符合一般道路環境的實驗場景。

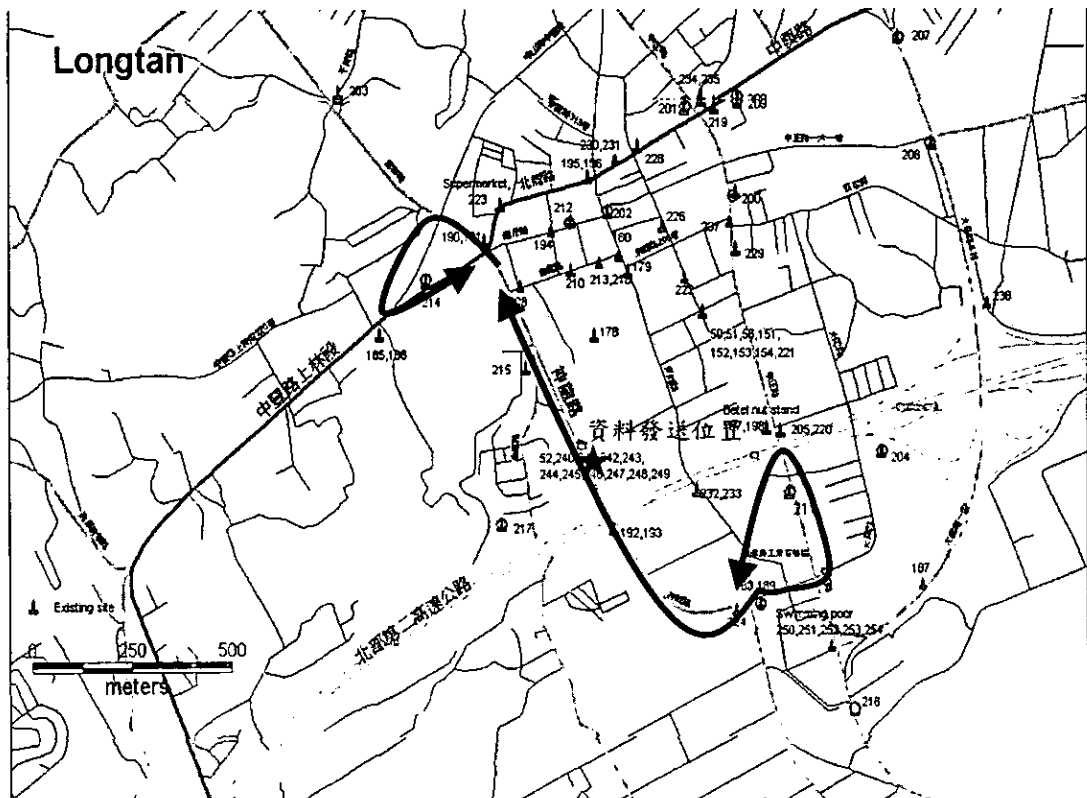


圖 3-2-34 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點量測區域與路徑

首先觀察資料傳輸速率與傳輸距離的關係；在 MANET 實驗平台中，量測車輛在移動的同時，紀錄資料傳輸速率與即時之 GPS 定位資訊，因此我們可以根據量測車輛與資料發送端的絕對距離，描繪出資料傳輸速率隨資料傳輸距離的變化。如下圖所示，展示資料傳輸速率在不同絕對傳輸距離的量測數值；相對於資料發送端的伺服器，本實驗的移動路徑最遠可達約 600m 的絕對距離。

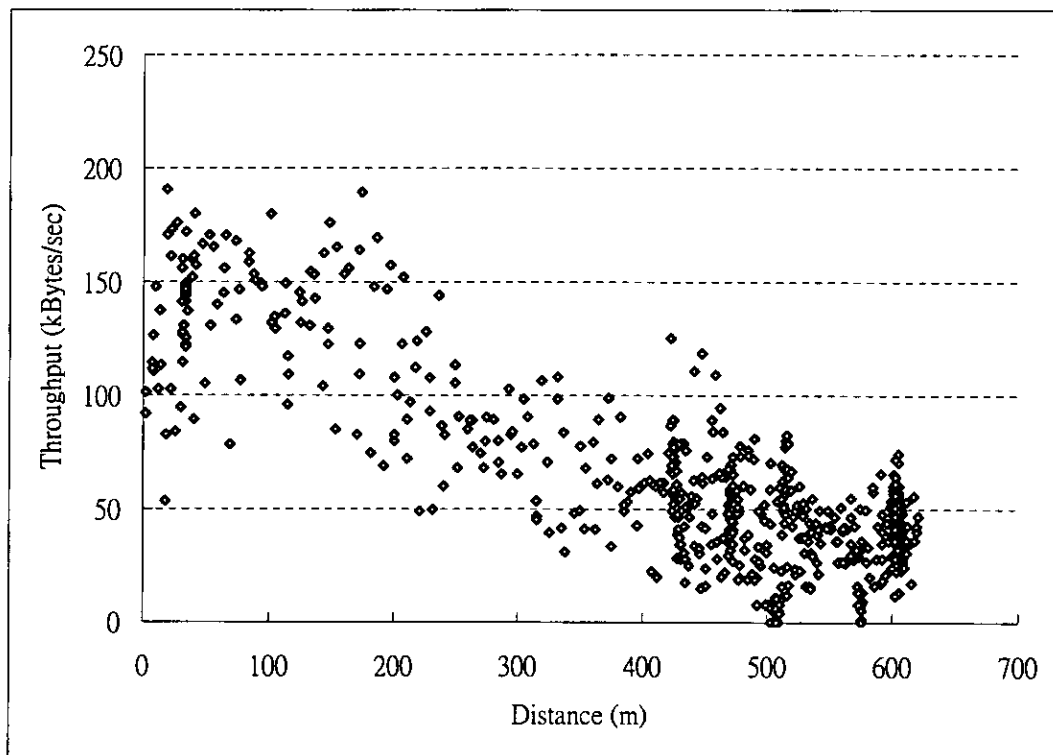


圖 3-2-35 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與傳輸速率之量測結果

根據上圖的量測結果，可以很明顯地發現資料傳輸速率會隨絕對傳輸距離的增加而下降，其下降的程度似乎具有固定的線性趨勢；相對於固定點間的量測結果，此處的資料傳輸速率在同樣的絕對距離具有較大的變化，這除了具有相同絕對距離可能代表不同的量測地點外，由於量測車輛處於移動的狀況，也是造成資料傳輸速率不穩定的原因之一。總體而言，量測車輛所行經約 1.2 公里範圍的道路平均之資料傳輸速率為 61.49kBytes/sec，其標準差約為 40.93kBytes/sec，繞行量測路徑可能產生的斷線約為 2 次，且集中特定訊息無法涵蓋的區域，(即一般狀況不會發生斷線)；這樣的傳輸服務品質理論上能提供 ITS 系統或一般行動資料通訊足夠資料傳輸速率，而傳輸服務的穩定性還有加強的空間。

下圖利用本研究所開發之量測程式，即時將各量測點所測得的資料傳輸速率與位置描繪於電子地圖之中；圖點繪製顏色的不同代表不同程度的資料傳輸速率，為了避免報告黑白列印產生混淆，茲將大至傳輸效能的分佈情況標示於圖中。

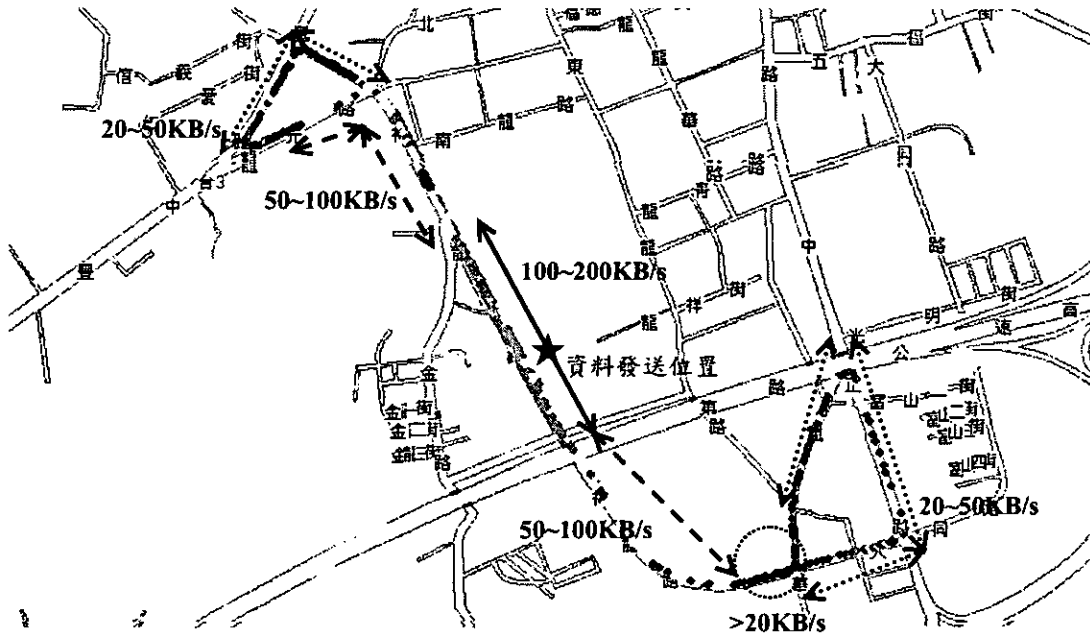


圖 3-2-36 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點之傳輸速率場測結果

由上圖之資料傳輸速率場測結果之分佈可知，根據與資料發送端絕對距離的不同，資料傳輸速率的變化與位置分佈有鄰近位置具備相似性的趨勢，也就是說資料傳輸速率可根據絕對距離分類或分成數個路段進行分析。茲將量測數據依據絕對距離每 100m 分成群體，並將各群體之平均傳輸速率與標準差列示於下圖：

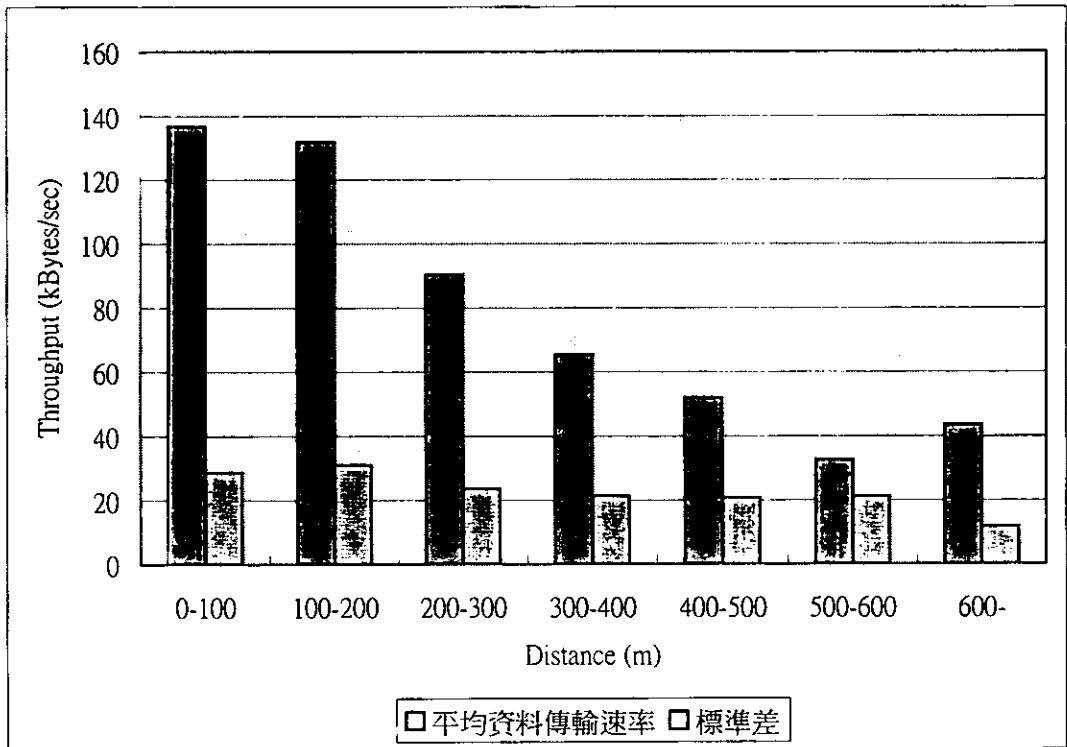


圖 3-2-37 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與平均傳輸速率之比較

根據上圖所呈現的結果，於 MANET 實驗平台進行固定點對移動點的資料傳輸服務時，資料傳輸速率明顯隨著絕對距離的增加而下降，而且下降趨勢有逐漸減緩的現象；500-600m 的平均資料傳輸速率低於 600m 以上，初步推論導因於量測路徑右下方有一訊息無法涵蓋的路段(見圖 3-40 圈選處)所造成，降低此群體的平均值，量測過程中行經此區域亦發生零星的斷線情形，此現象提醒通訊平台建置商除了考慮通訊設備的理論訊息涵蓋範圍外，還必須注意在不同路段與環境所可能遭遇不同的訊息遮蔽效應。

另外值得一提的是，隨著絕對距離的增加，資料傳輸速率的標準差並無隨著平均資料傳輸速率的下降而降低，相對而言即代表傳輸服務穩定度的變化增加；也就是說，資料傳輸速率的穩定度會隨著絕對距離的增加而下降，因此既使資料傳輸速率隨絕對距離下降的幅度可能逐漸緩和，但由於傳輸服務穩定度在絕對距離較長的情況下可能越來越差，因此在進行系統建置時，最好能夠考量應用服務對傳輸服務穩定性的要求，以限制固定點與移動點間的最大傳輸距離。

下面繼續觀察封包傳輸延遲與傳輸距離的關係。如下圖所示，封包傳輸延遲在不同絕對傳輸距離的量測數值；由圖中的資料分佈可明顯發現，封包傳輸延遲大部分集中在 100ms 以下，而隨著與資料發送端絕對距離的增加，封包傳輸延遲的變動幅度有增大的趨勢，並且封包傳輸延遲的平均值亦有隨著絕對距離的增加而有緩慢增加的趨勢。總體而言，量測車輛所行經約 1.2 公里範圍的道路平均之封包傳輸延遲為 57ms，其標準差約為 28ms。

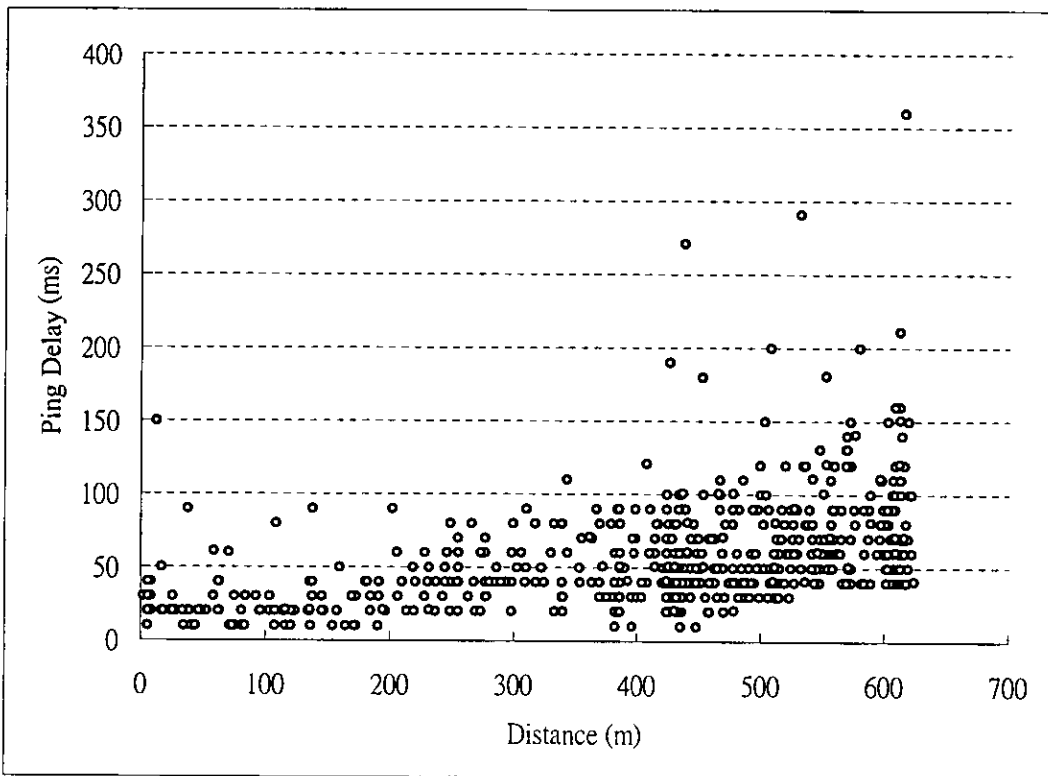


圖 3-2-38 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與封包傳輸延遲之量測結果

我們同樣根據與資料發送端絕對距離的不同，將量測數據依據絕對距離每 100m 分成群體，並將各群體之平均封包傳輸延遲與標準差列示於下圖：

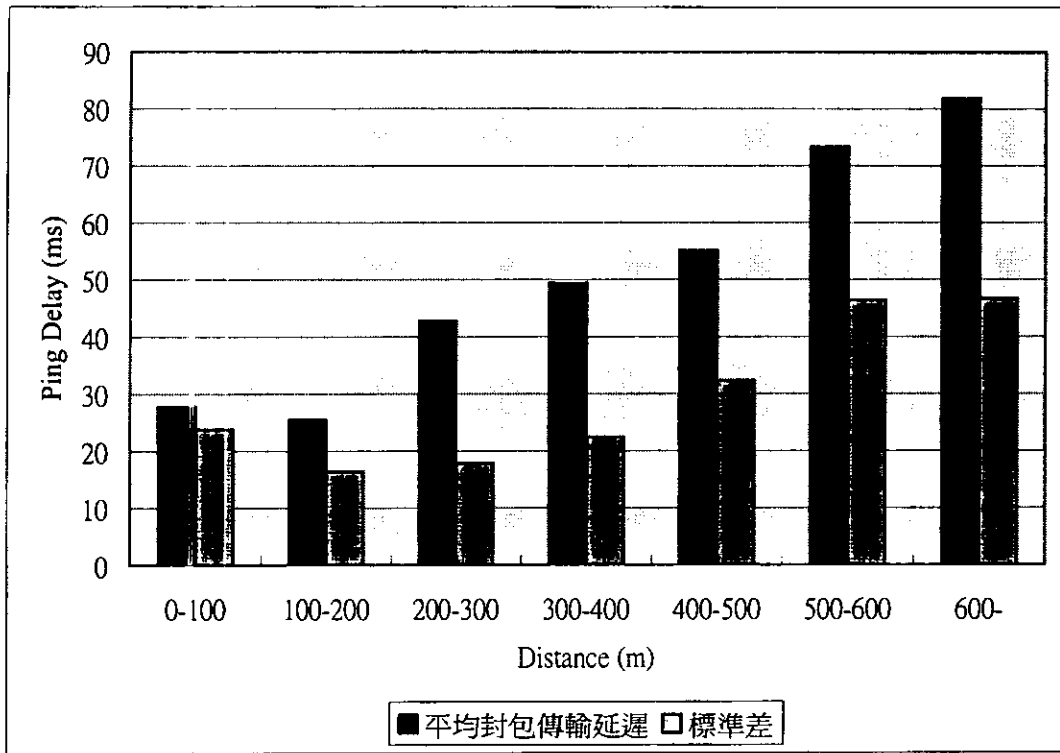


圖 3-2-39 龍潭 MANET 實驗平台固定點對移動點間距離與封包傳輸延遲之比較

根據上圖所呈現的結果，於 MANET 實驗平台進行固定點對移動點的資料傳輸服務時，封包傳輸延遲明顯隨著絕對距離的增加而增加，而且增加趨勢呈現趨近等幅度遞增的線性增加現象，此現象應是由於絕對距離較遠的區域，與資料發送端通訊所需要的平均跳接數逐漸增加所造成；比較特殊為 0-100m 的平均封包傳輸延遲高於 100-200m，初步推論導因於量測路徑接近資料發送中心時，受到屋簷與房屋樓層的遮蔽所造成，(資料發送端位於 3 樓的高度)。標準差亦隨絕對距離的增加而增加，理論上亦導因於經由多重接跳與遠距離的傳輸通道過程中，複雜的遮蔽與通道時變效應。

根據本實驗的結果可推論，在具有固定節點輔助之 MANET 通訊平台之中，傳輸服務的效能會隨著絕對距離的增加而逐漸下降；資料傳輸速率會逐漸下降，且下降的幅度隨著絕對距離的增加有減緩的趨勢，而封包傳輸延遲會逐漸增加，其增加幅度為穩定遞增。無論在資料傳輸速率或封包傳輸延遲上的穩定度表現，初步判定均會隨著絕對距離的增加而發生穩定度下降的現象。

C.移動點間的效能量測

為了驗證以大規模以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台於移動點間進行傳輸服務之效能，本研究根據不同的實驗場景與車輛移動模式，進行資料傳輸速率的量測與分析；根據第一年度計畫的結果顯示，當所有 MANET 中的節點均在移動時，其傳輸效能與穩定性不甚理想，因此第二年度的實驗除了再次觀察 MANET 技術在最多 4 部移動車輛、進行最多 3 跳接的傳輸實驗外，另外特別選在具有固定點輔助之實驗平台進行移動點間的傳輸效能測試，以驗證在具有固定節點輔助下的 MANET 是否能夠有效增進移動點間的傳輸效能。

茲將本研究移動點間傳輸測試所進行之實驗場景與移動模式列示於下：

實驗場景 1：不具固定點輔助，4 部移動車輛實驗

移動模式：

1. 4 部移動車輛緊鄰跟車
2. 4 部移動車輛遠距跟車
3. 於具遮蔽建築物之區塊繞圈

實驗場景 2：具固定點輔助之實驗平台內，進行 2 部移動車輛間通訊

移動模式：

1. 2 部移動車輛緊鄰跟車
2. 2 部移動車輛對向錯車
3. 2 部移動車輛較遠距離跟車
4. 2 部移動車輛進行遠距離通訊

本實驗所指的移動車輛均設置 MANET 通訊設備，因此這些移動節點均可參與傳輸服務，進行資料封包轉送等工作；由於使用移動車輛進行效能量測，並且位於長距離、環境複雜的一般道路環境，許多如車輛間距、行車速度、傳輸服務所使用之跳接數等，較難以進行精確的控制，因此本實驗的實驗結果著重於呈現資料傳輸速率隨時間的效能變化與整體平均值等，進行反應實際情況的效能分析為主。茲將相關實驗結果分述於下：

(1).實驗場景 1：不具固定點輔助，4 部移動車輛實驗

● 4 部移動車輛緊鄰跟車

本實驗利用一條交通繁忙的長直線路段，其傳播環境具備其他移動車輛與路中、路側設施的輕微遮蔽，進行 4 部移動車輛緊鄰跟車實驗；如下圖所示資料發送端為第 1 輛車，資料接收端為第 4 輛車，4 部移動車輛排成緊鄰直線，車與車間距約在 0~20m 間變動，車輛行車平均速率約為 40km/hr，由於道路上其他車輛與交通號誌的影響，行車速率約在 0~60km/hr 左右變動。

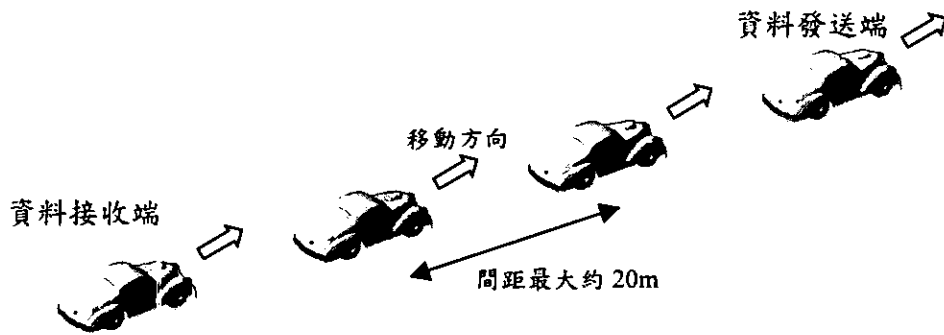


圖 3-2-40 4 部移動車輛跟車移動模式之實驗場景

下圖展示 4 部移動車輛緊鄰跟車實驗時，資料傳輸速率隨時間之變化；由圖中曲線的變化可知，4 部移動車輛緊鄰跟車之傳輸效能大致良好，大部分的時間保持在約 50~150kBytes/sec 的傳輸效能，然而資料傳輸速率會產生高低變化，其變化幅度略大而不甚理想。由實驗時所觀察到的 MANET 系統參數得知，在 4 部移動車輛緊鄰跟車實驗時，資料封包所使用的路徑多半屬於 1-hop 與 2-hop 的傳輸模式，因此具有較佳的效能。總體而言，本研究之 4 部移動車輛緊鄰跟車實驗，其平均資料傳輸速率為 117.7kBytes/sec，標準差為 28.49kBytes/sec。

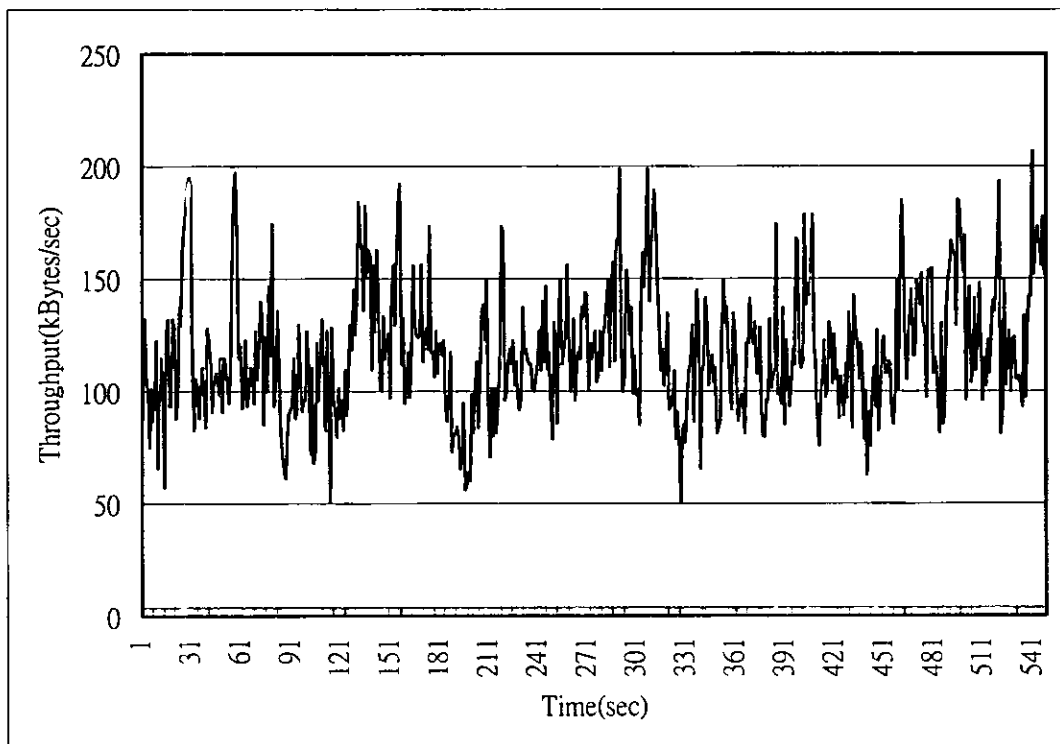


圖 3-2-41 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點緊鄰跟車通訊傳輸速率量測結果

● 4 部移動車輛遠距跟車

為了驗證 MANET 通訊技術，在網路節點均在移動中的條件下，進行多跳接傳輸模式的傳輸效能，本實驗以 4 部移動車輛緊鄰跟車為基礎，利用同樣的長直線路段，刻意拉長車間距離，進行 4 部移動車輛緊鄰跟車實驗；本實驗控制的車與車間距約在 50~150m 間變動，車輛行車平均速率約為 40km/hr，由於道路上其他車輛與交通號誌的影響，行車速率約在 0~60km/hr 左右變動。

下圖展示 4 部移動車輛遠距跟車實驗時，資料傳輸速率隨時間之變化；根據實驗時所觀察到的 MANET 系統參數，本實驗絕大部分的資料封包透過 2-hop 與 3-hop 的傳輸路徑進行通訊，由圖中曲線的變化可知，4 部移動車輛緊鄰跟車之傳輸效能大致良好，但明顯低於 4 部緊鄰跟車實驗的量測結果，並且隨著車輛間距的變化，實驗結果明顯反映出不同時間區間，傳輸效能發生的變化；初步判斷此種變化與當時車輛相對位置不同，使得傳輸服務平均路徑跳接數的不同，造成資料傳輸速率的變化所致。總體而言，本研究之 4 部移動車輛遠距跟車實驗，其平均資料傳輸速率為 80.84kBytes/sec，標準差為 34.51kBytes/sec。

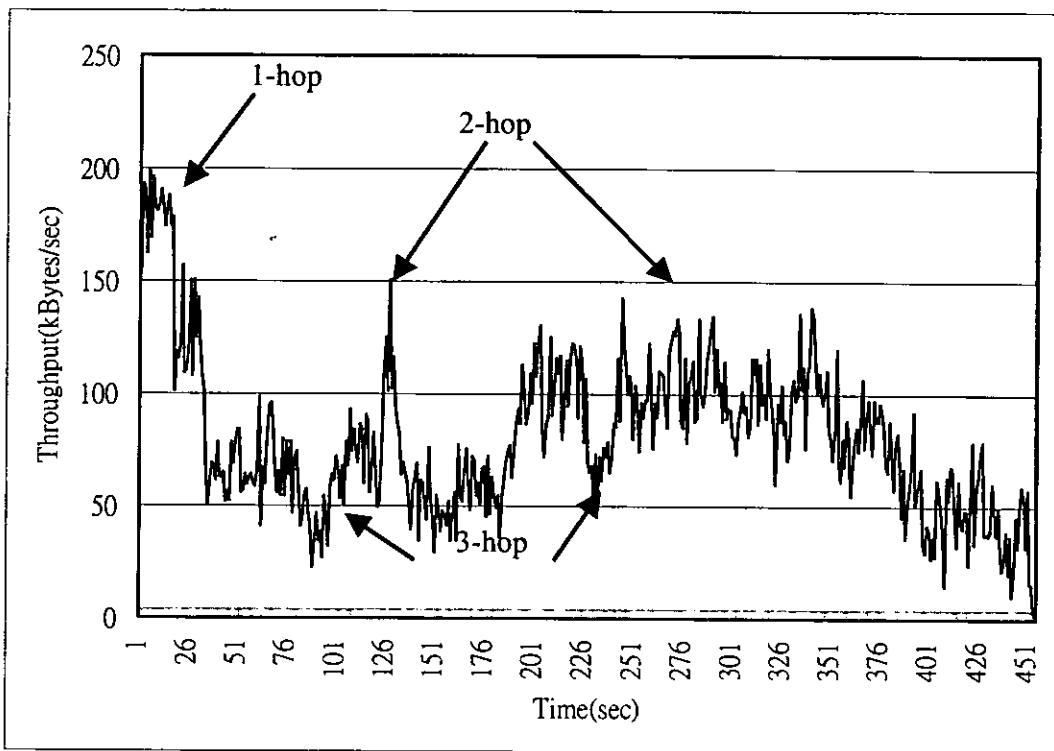


圖 3-2-42 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點遠距跟車通訊傳輸速率量測結果

● 4 部移動車輛於具建築物遮蔽的區塊繞圈

本實驗目的在於驗證無線電訊號受建築物遮蔽的影響時，是否能透過移動節點間的封包轉送服務維持通訊品質。本實驗利用一條交通略微繁忙的三角形道路區塊，車間除了遭受其他移動車輛與路中、路側設施的輕微遮蔽，資料發送端與接收端亦可能遭受建築物阻擋的嚴重遮蔽；如下圖所示資料發送端為第 1 輛車，資料接收端為第 3 輛車，參與封包轉送服務的節點為第 2 與第 4 部，移動車輛沿選定的三角形區域持續環繞，車與車間距約在 0~50m 間變動，車輛行車平均速率約為 30km/hr，而整個環繞的區域約在長 200m 寬 80m 的長方形範圍內。

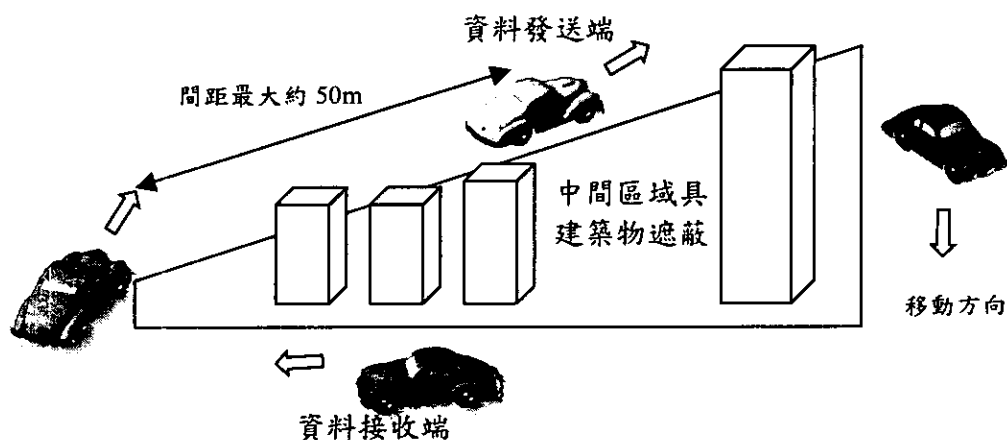


圖 3-2-43 4 部移動車輛環繞具建築物遮蔽區域移動模式之實驗場景

下圖展示 4 部移動車輛於具建築物遮蔽的區塊繞圈時，資料傳輸速率隨時間之變化；根據實驗時所觀察到的 MANET 系統參數，由於資料傳送與接收端容易受到建築物的遮蔽，因此即使在本實驗範圍不大的區域，絕大部分的資料封包仍透過 2-hop 或 3-hop 的傳輸路徑進行通訊，由圖中曲線的變化可知，4 部移動車輛於具建築物遮蔽的區塊繞圈之傳輸效能變化很大，且平均資料傳輸速率明顯上述兩像實驗，由此現象可知即使 MANET 網路移動節點數夠多，使得資料封包大致能夠透過多跳接傳輸模式進行通訊，但建築物遮蔽對 MANET 傳輸效能的影響還是相當劇烈；初步判斷本量測結果傳輸效能的不穩定導因於資料傳輸服務所使用的路徑與跳接數不斷變化所致，實驗結果驗證了在移動節點數夠多的情況下，移動節點間的封包轉送能力能夠使得傳輸服務持續進行，但是其效能穩定性仍受到顯著的影響。總體而言，本研究之 4 部移動車輛於具建築物遮蔽的區塊繞圈實驗，其平均資料傳輸速率為 90.03kBytes/sec，標準差為 56.6kBytes/sec。

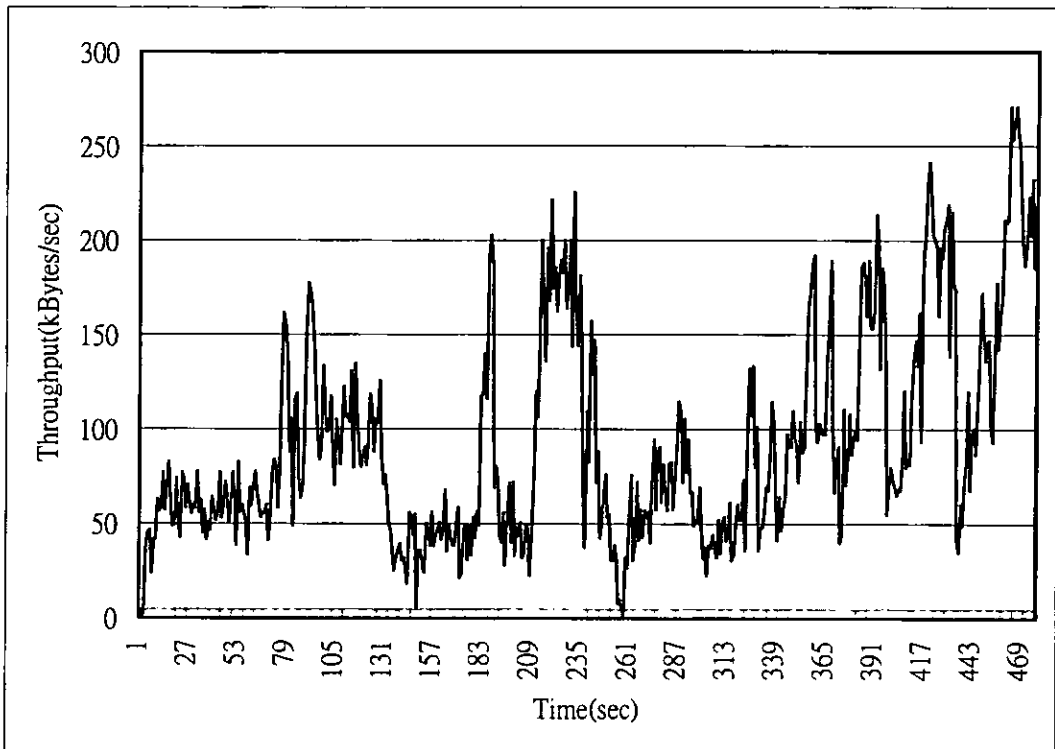


圖 3-2-44 MANET 通訊平台多點移動測試之 4 移動點於建築物遮蔽區塊繞路通訊傳輸速率量測結果

在此將上述 4 部車輛同時移動之實驗場景於三項移動模式下，資料傳輸速率的表現比較於下；如下表所示，當移動車輛緊鄰時，由於資料傳輸端點間多半可在 1~2 跳接模式下進行，具有較高的傳輸效能，車間距離一旦拉遠，由於跳接數的增加，導致平均資料傳輸速率下降，於建築物遮蔽區塊繞路的實驗由於行經範圍較小，大部分屬於 2-hop 傳輸模式，其平均資料傳輸速率略高於遠距跟車實驗，但由於受到嚴重的建築物遮蔽，繞路實驗的資料傳輸速率標準差為三項實驗中最高的一項，並不適合進行對穩定度要求較高的應用服務。

表 3-2-7 4 部車輛同時移動實驗於不同移動模式下之傳輸效能比較

移動模式	平均資料傳輸速率 (kBytes/sec)	標準差 (kBytes/sec)
4 移動點緊鄰跟車	117.7	28.49
4 移動點遠距跟車	80.84	34.51
於建築物遮蔽區塊繞路	90.03	56.6

實驗場景 2：具固定點輔助之實驗平台內，進行 2 部移動車輛間通訊

- 2 部移動車輛緊鄰跟車

本實驗利用龍潭實驗平台訊息涵蓋範圍內之路段與區域進行進行 2 部移動車輛緊鄰跟車量測，該路段涵蓋直線與具建築物遮蔽的轉彎，傳播環境具備其他移動車輛與路中、路側設施的輕微遮蔽；如下圖所示資料發送端與接收端車間距約在 20~50m 間變動，車輛行車平均速率約為 40km/hr，除了遭遇轉彎外，兩車間的資料傳輸服務以 1-hop 傳輸模式為主，環境周邊建置之 MANET 固定節點亦可能參與資料傳輸工作，加強其傳輸效能。

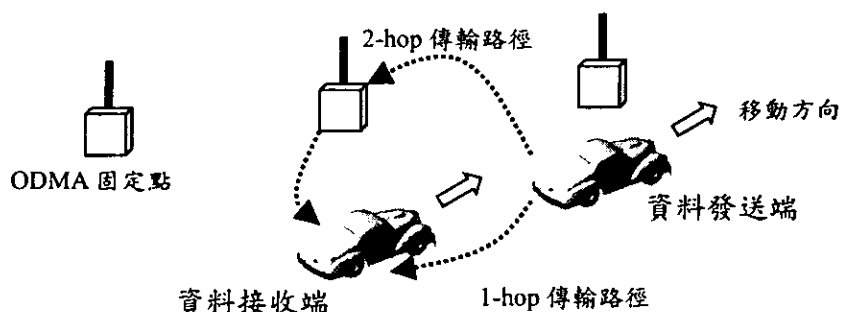


圖 3-2-45 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛跟車移動模式之實驗場景

下圖展示在具有 MANET 固定點輔助條件下，2 部移動車輛緊鄰跟車實驗時，資料傳輸速率隨時間之變化；由圖中曲線的變化可知，2 部移動車輛緊鄰跟車之傳輸效能相當良好，其傳輸效能甚至優於 1-hop 傳輸模式下固定點間的實驗場景，這個現象顯示即使資料傳輸兩端均屬於移動狀態，若在距離夠近的條件下，亦能提供相當良好的效能；相較於前述在不具固定點輔助的緊鄰跟車實驗，雖然大部分的同樣傳輸服務屬於 1-hop 傳輸模式，但平均資料傳輸速率仍以具有固定點輔助的為佳，並且在效能穩定度的表現上亦較良好。總體而言，本研究在具有 MANET 固定點輔助條件下之 2 部移動車輛緊鄰跟車實驗，其平均資料傳輸速率為 174.07kBytes/sec，標準差為 18.69kBytes/sec。

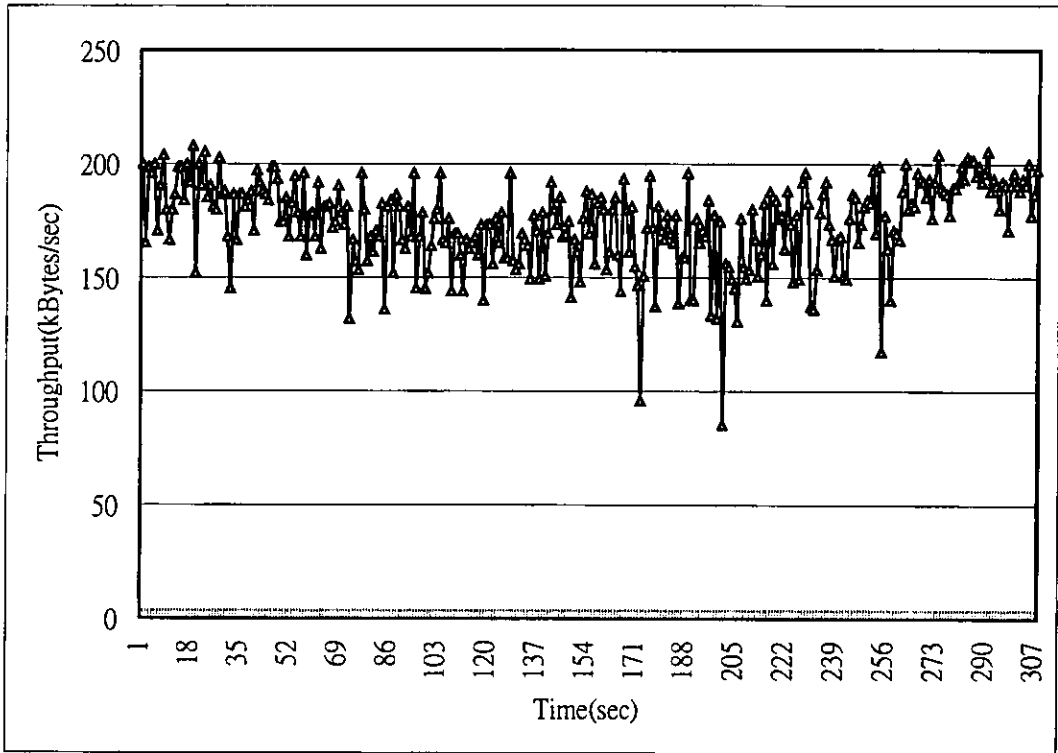


圖 3-2-46 龍潭 MANET 實驗平台移動點間緊鄰跟車傳輸速率量測結果

● 2 部移動車輛對向錯車

本實驗利用龍潭實驗平台訊息涵蓋範圍內之路段與區域進行進行 2 部移動車輛對向錯車量測，該路段為輕度遮蔽的一般直線道路；如下圖所示資料發送端與接收端車間距約在 800m 逐漸對向接近後再交錯遠離，車輛行車平均速率約為 40km/hr，除了遭遇轉彎外，兩車間的資料傳輸服務在遠端倚賴環境周邊建置之 MANET 固定節點建立多跳接路徑進行，在交錯點附近可能轉換成為 1-hop 傳輸模式。

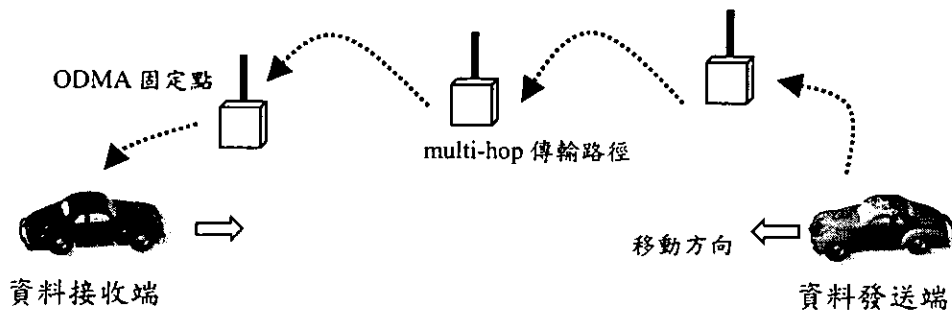


圖 3-2-47 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛對向錯車移動模式之實驗場景

觀察下圖的量測結果可知，大部分的傳輸服務利用固定點所組成的多跳接路徑來進行，因此能夠保障在移動同時具有約 50kBytes/sec 的資料傳輸速率；在車輛交錯時會發生傳輸效能突然提升的現象，但隨著交錯後車輛遠離速度快，傳輸效能會突然下降。由於車輛在對向運動時，相對位置變化的速度很高，因此單純使用 1-hop 傳輸模式僅能提供短時間的高傳輸速率，但若能夠建置如同本實驗之固定節點加以輔助，理論上能夠在較長的時間內提供足夠且穩定的傳輸品質，這個特點將能夠滿足更多元化的車間通訊應用。總體而言，本研究在具有 MANET 固定點輔助條件下之 2 部移動車輛對向錯車實驗，其平均資料傳輸速率為 52.05kBytes/sec，標準差為 42.07kBytes/sec。

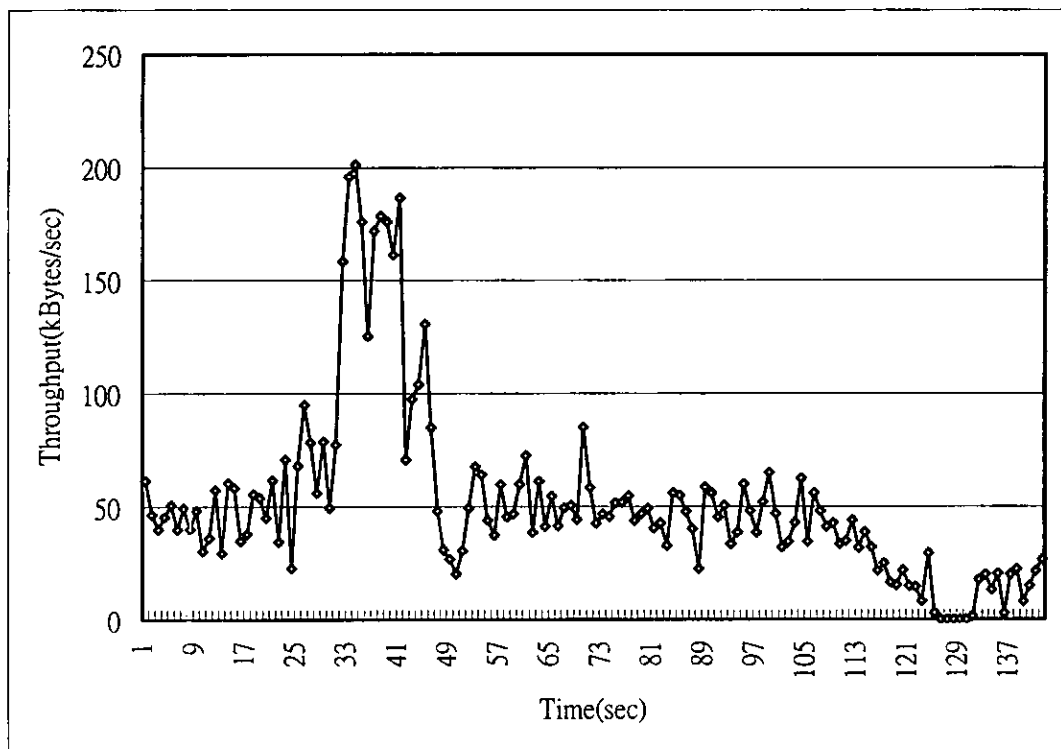


圖 3-2-48 龍潭 MANET 實驗平台移動點間對向錯車傳輸速率量測結果

- 2 部移動車輛遠距跟車

延續上述 2 部移動車輛緊鄰跟車實驗，本實驗於同樣的路段，刻意拉長車間距離，進行 2 部移動車輛遠距跟車實驗；本實驗控制的車與車間距約在 50~150m 間變動，車輛行車平均速率約為 40km/hr，由於道路上其他車輛與交通號誌的影響，行車速率約在 0~60km/hr 左右變動。兩車間的資料傳輸服務主要倚賴環境周邊建置之 MANET 固定節點建立多跳接路徑進行，其實驗場景如下圖所示：

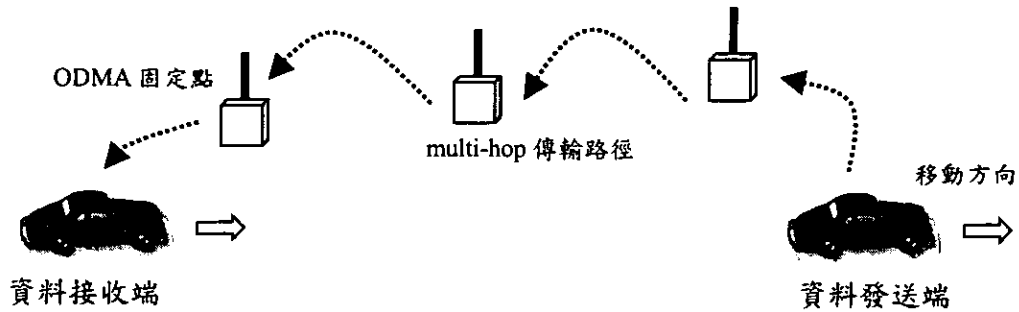


圖 3-2-49 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛遠距跟車移動模式之實驗場景

下圖展示 2 部移動車輛遠距跟車實驗時，資料傳輸速率隨時間之變化；根據實驗時所觀察到的 MANET 系統參數，本實驗絕大部分的資料封包透過多跳接的傳輸路徑進行通訊，在距離較遠時跳接數可達 5-hop 以上，但由於交通狀況的變動，兩車距離可能拉近至直接連線傳輸的 1-hop 傳輸模式；由圖中曲線的變化可知，遠距跟車實驗由於車輛位置的變化，會產生顯著的資料傳輸速率變化，雖然整體上來看效能變化的幅度很大，但若觀察資料傳輸速率在短時間內的變化幅度，並不會發生劇烈的起伏；初步判斷此種變化與當時車輛相對位置不同，使得傳輸服務平均路徑跳接數的不同，造成資料傳輸速率的變化所致，而由於利用路側固定點的輔助，相對於前述 4 部移動車輛的多跳接實驗，資料傳輸速率的穩定性較高。總體而言，本研究在具有 MANET 固定點輔助條件下之 2 部移動車輛遠距跟車實驗，其平均資料傳輸速率為 95.93kBytes/sec，標準差為 60.18kBytes/sec。

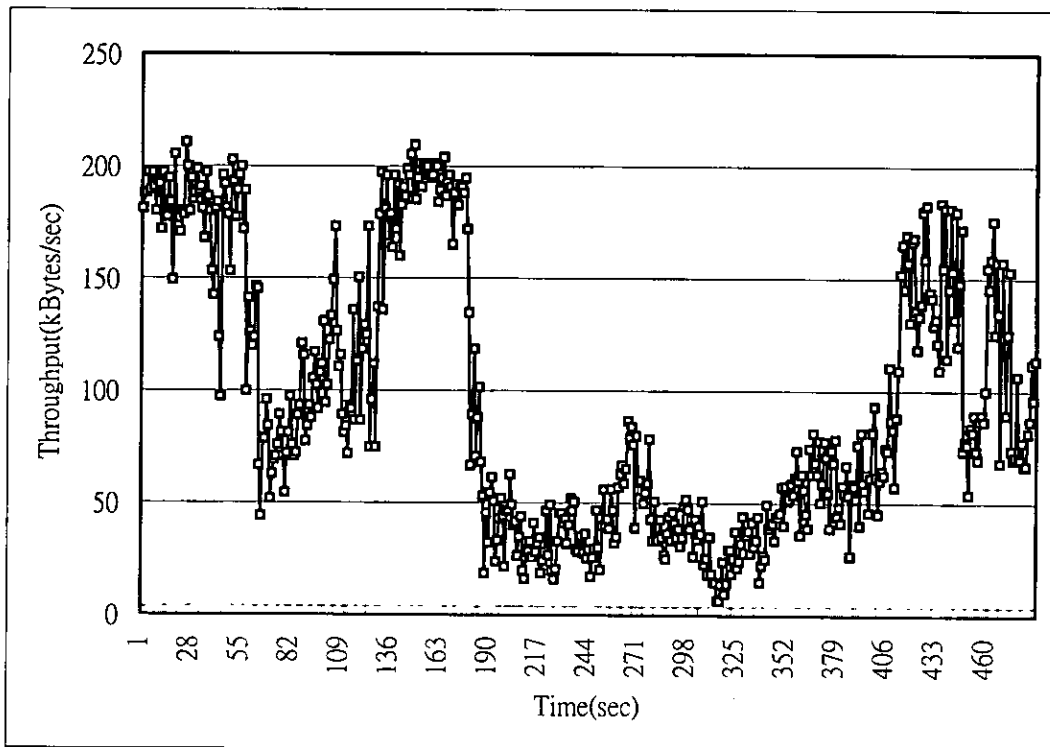


圖 3-2-50 龍潭 MANET 實驗平台移動點間遠距跟車傳輸速率量測結果

- 2 部移動車輛進行遠距通訊

為了驗證移動車輛持續保持遠距，透過固定點 MANET 通訊平台進行車間通訊的傳輸效能，本實驗場景設計讓兩部移動車輛分別反覆繞行兩處遠距的區域，並進行移動車輛端點間傳輸效能測量實驗；如下圖所示資料發送端與接收端車間距約在 1200m 間變動，車輛行車平均速率約為 30km/hr，移動車輛間的通訊僅能利用環境周邊建置之 MANET 固定節點，進行多跳接模式的資料傳輸。

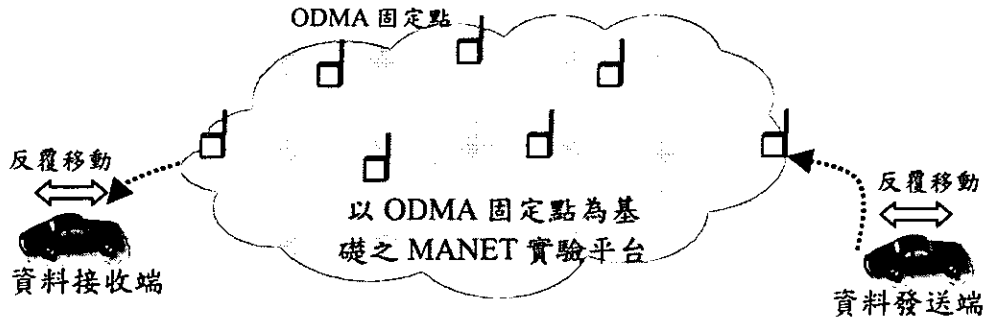


圖 3-2-51 龍潭 MANET 實驗平台 2 部移動車輛遠距跟車移動模式之實驗場景

下圖展示 2 部移動車輛遠距通訊實驗時，資料傳輸速率隨時間之變化；根據實驗時所觀察到的 MANET 系統參數，本實驗絕大部分的傳輸路徑跳接數可達 5-hop 以上，加上交通狀況的變動與車輛位置的變化，使得影響傳輸品質的變因更加複雜；由圖中曲線的變化可知，大部分的資料傳輸速率較低，量測值散佈在 0~40kBytes/sec 的區間，並且效能穩定度亦不是很好；不過實驗進行中極少發生資料連線斷線的問題，因此對於如文字、靜態影像等資料量不高的傳輸需求，在這樣的實驗場景仍能夠有效滿足。總體而言，本研究在具有 MANET 固定點輔助條件下之 2 部移動車輛遠距跟車實驗，其平均資料傳輸速率為 18.54kBytes/sec，標準差為 8.53kBytes/sec。

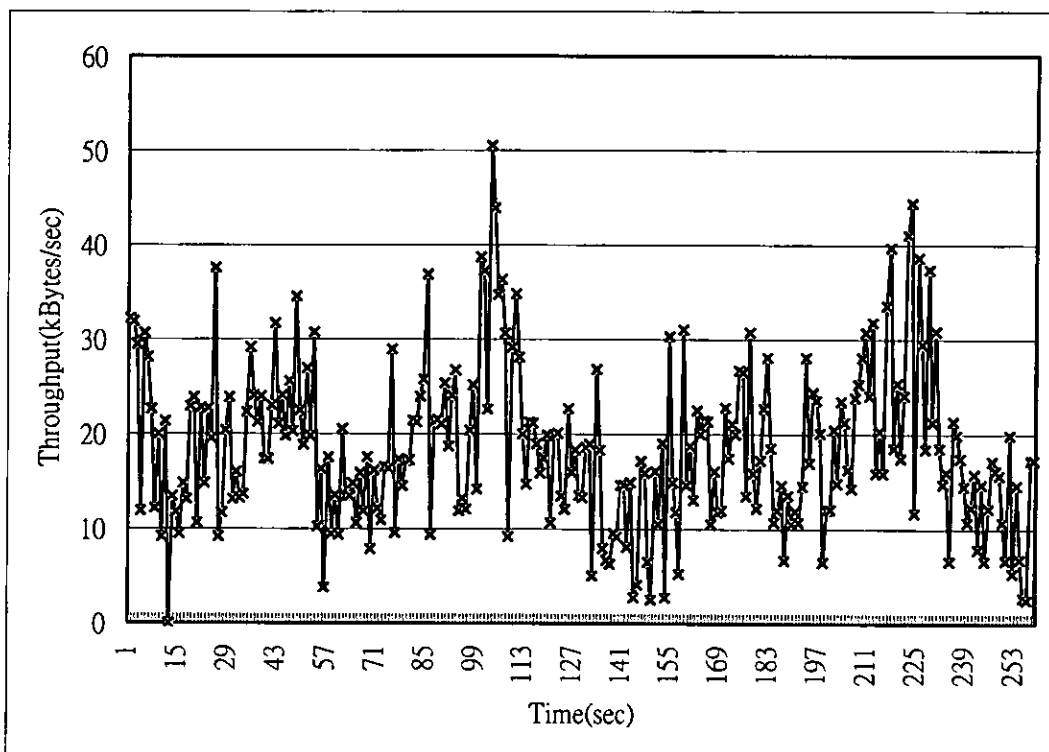


圖 3-2-52 龍潭 MANET 實驗平台移動點間移動中遠距通訊傳輸速率量測結果

在此將上述 2 部移動車輛利用 MANET 實驗平台之實驗場景於四項移動模式下，資料傳輸速率的表現比較於下；如下表所示，當移動車輛緊鄰跟車時，由於資料傳輸端點間多半可在 1~2 跳接模式下進行，並取得實驗平台固定點的輔助，具有較一般 1-hop 傳輸模式更高的傳輸效能，跟車車間距離一旦拉遠，由於跳接數的增加，導致平均資料傳輸速率下降，但平均資料傳輸速率高於相較於前述 4 部移動車輛遠距跟車實驗；在 2 車對向交錯實驗中，雖然在車輛交錯瞬間發生資料傳輸速率的巨大起伏，但絕大部分的時間仍能保持令人滿意的效能，最後在遠距移動通訊實驗中，在超過 5-hop 傳輸模式下，移動車輛的 MANET 車間通訊仍能提供保持某種程度的傳輸服務，理論上可滿足資料量較小的車間通訊應用服務需求。值得一提的是本實驗所量得之資料傳輸速率標準差雖在對向錯車與遠距跟車實驗較大，但此乃導因於車輛位置的變化所產生平均資料傳輸速率趨勢的變化，若僅觀察較小時間區間的效能變化，事實上由於 MANET 固定點的輔助，實驗平台大體上能夠提供穩定的傳輸品質。

表 3-2-8 2 部車輛在 MANET 實驗平台輔助下不同移動模式之傳輸效能比較

移動模式	平均資料傳輸速率 (kBytes/sec)	標準差 (kBytes/sec)
緊鄰跟車	174.07	18.69
對向錯車	52.05	40.07
較遠距離跟車	95.93	60.18
移動中遠距通訊	18.54	8.53

3.2.4 MANET 多使用者效能量測結果

3.2.4.1 MANET 室內傳播環境多使用者效能量測結果

為了進行以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台在限制區域內進行多使用者之初步效能量測與比較，本研究同時於室內環境進行多使用者之多接跳傳播實驗；本實驗進行之環境如同第 3.2.3.1 節所述，位於交通大學工程四館 9 樓；如下圖所示，固定節點設置位置如圖所標示之位置，其中 Rx 負責接收來自 Tx1~Tx4 之資料封包，為了比較使用者數目對 MANET 通訊平台之效能表現，位於不同位置之發送端(Tx)陸續開啟對資料接收端(Rx)端之封包傳送工作，因此在此實驗平台中首先僅有 1 個傳輸服務(Tx1 到 Rx)陸續增加連線數目，造成最多 4 個節點同時對 Rx 進行資料傳送。其中 Tx1 與 Tx2 對於 Rx 之傳輸路徑為 1-hop，而 Tx3 與 Tx4 對於 Rx 之傳輸路徑為 2-hop。

本實驗類似 ITS 系統中多個路側單元傳遞封包至網路接取點或中心單元之運作模式；觀察資料接收端隨連線個數(使用者數目)的變化，以及每個資料發送端隨連線個數的變化，可大致歸納出以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台在多使用者條件下之效能表現與特性。

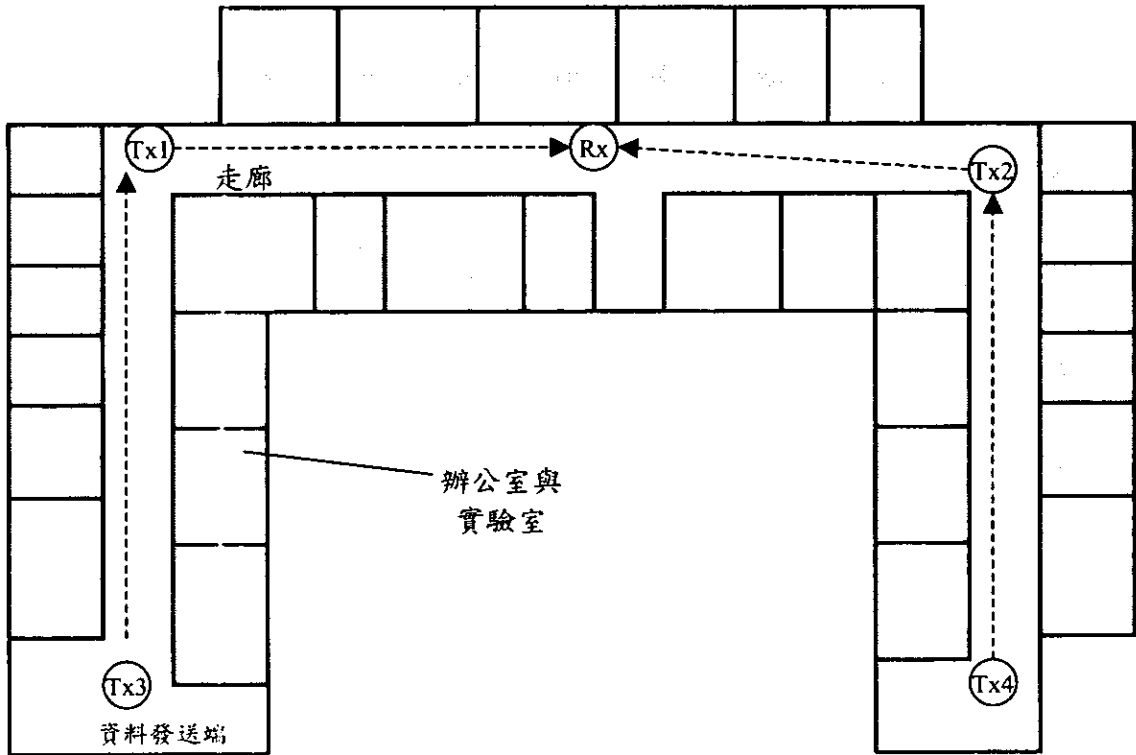


圖 3-2-53 於交通大學工程四館 9 樓進行室內多使用者傳播實驗實驗場景

下圖顯示包括接收端與所有發送端平均資料傳輸速率隨時間的變化；每個節點之資料傳輸速率為每秒統計而得，而圖上之平均資料傳輸速率量測值為每

10 秒鐘 10 筆量測值之移動平均，由圖中的趨勢可知，MANET 中的每個發送節點在多使用者條件下大致可以平均分配到接收端所能處理的資料傳輸速率，也就是說並不會發生特定使用者獨佔大部分的頻寬。觀察 Rx 隨時間與使用者數目的變化，似乎可以發現一點緩慢降低的趨勢，然而這個趨勢並不明顯。

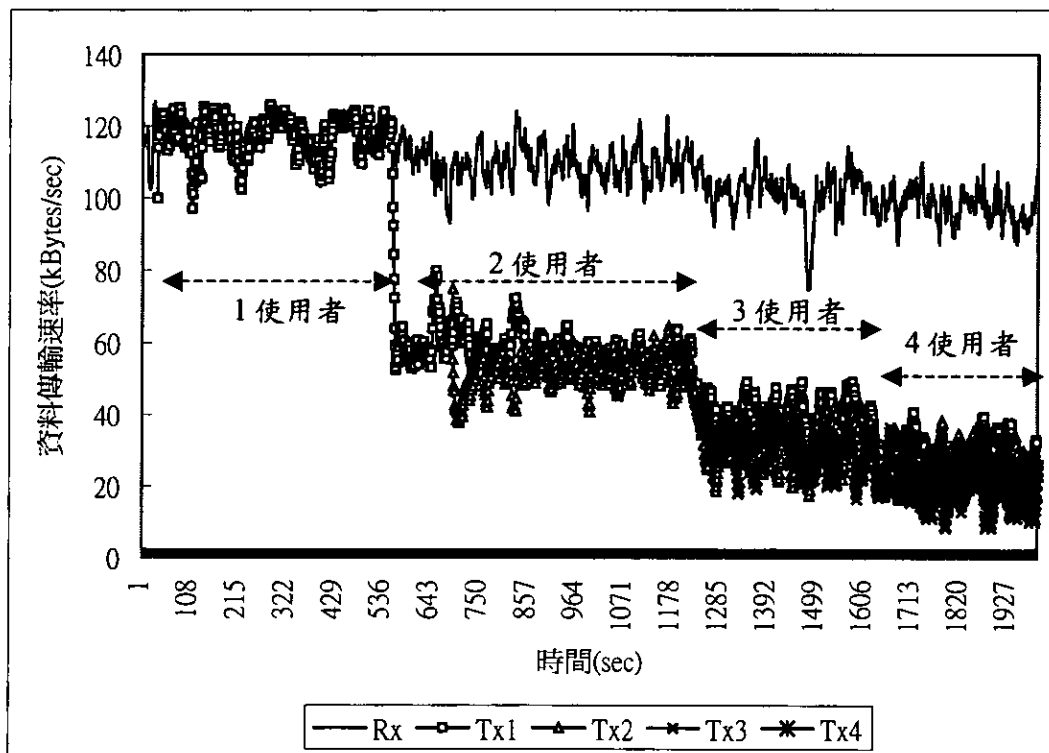


圖 3-2-54 室內環境多使用者實驗資料傳輸速率隨時間隨使用者數目的變化

下圖對於每個發送端在不同使用者數目下所能夠得到之平均資料傳輸速率；由圖中趨勢可知，隨著使用者數目之增加，每個使用者所得到之資料傳輸速率顯著降低，在使用者數目多達 4 個時，平均每個連線之資料傳輸速率為 24.47kBytes/sec，大約降低至 1 個使用者狀況下平均資料傳輸速率之 1/4(單一使用者條件下平均資料傳輸速率為 105.36kBytes/sec)；這種現象不但導因於在實驗區域內之無線電頻寬為共用，另一方面亦由於這些節點均發送封包至同樣一個接收端，因此僅能分得接收端訊息涵蓋範圍內之最大頻寬。從個別發送端所統計出來之平均資料傳輸速率得知，每個發送端所能夠分得的資料傳輸速率大致相當，然而仍有些微差異顯示，原先存在之資料傳輸服務較後來加入之使用者而言，似乎能夠分得較大之資料傳輸速率，然而這個現象並不明顯。

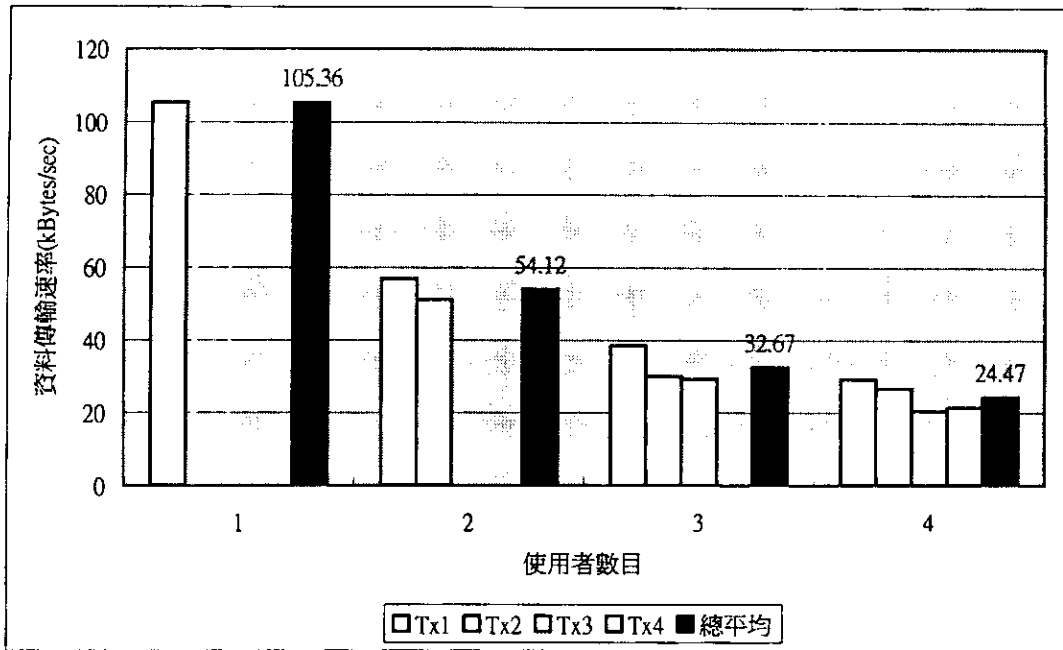


圖 3-2-55 室內環境多使用者實驗平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化

從總平均之變化趨勢來看，在本實驗較為簡單之 MANET 實驗平台中，每個使用者分得之資料傳輸速率大致與使用者數目成反比，所有使用者之資料傳輸速率總和並無隨著使用者數目之增加而下降，這點從資料接收端所統計之資料傳輸速率結果亦可得知；如下圖所示，資料接收端之平均資料傳輸速率隨著使用者數目的增加而輕微下降，然而下降的趨勢並不顯著。這個現象顯示以 ODMA 機制為基礎之 MANET，但小型網路拓模中，多個使用者對於單一接收節點或伺服器之資料傳輸速率總和隨著使用者數目的增加而下降之趨勢並不明顯。

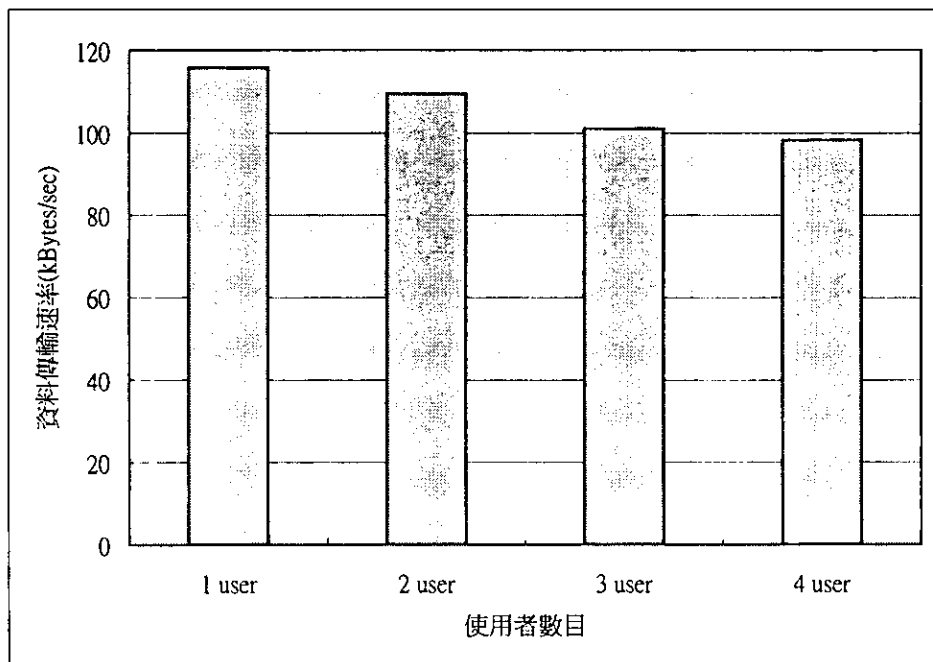


圖 3-2-56 室內環境多使用者實驗資料接收端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化

最後我們觀察多使用者條件下平均路徑跳接數(hop count)與資料傳輸速率之關係；如下圖所示，在多使用者條件下，跳接數越多所能夠分得之資料傳輸速率較低，然而此處跳接數與資料傳輸速率之關係較不顯著，參考第 3.2.3.1 節中實驗結果得之，單一使用者在不同跳接數下之傳輸效能變化相當顯著，其中資料傳輸速率在 2-hop 約降低至 1-hop 之 65%；另一方面在本實驗中，在 3 個與 4 個使用者共存的條件下，資料傳輸速率在 2-hop 分別降低至 1-hop 之 85%與 75%，顯示在多使用者條件下，於室內環境進行小規模之 MANET 網路建置時，傳輸效能受影響較大的為 1-hop 之路徑，而 2-hop 甚至跳接數更高的路徑受影響較小，以致於資料傳輸速率受跳接數的影響較不顯著。

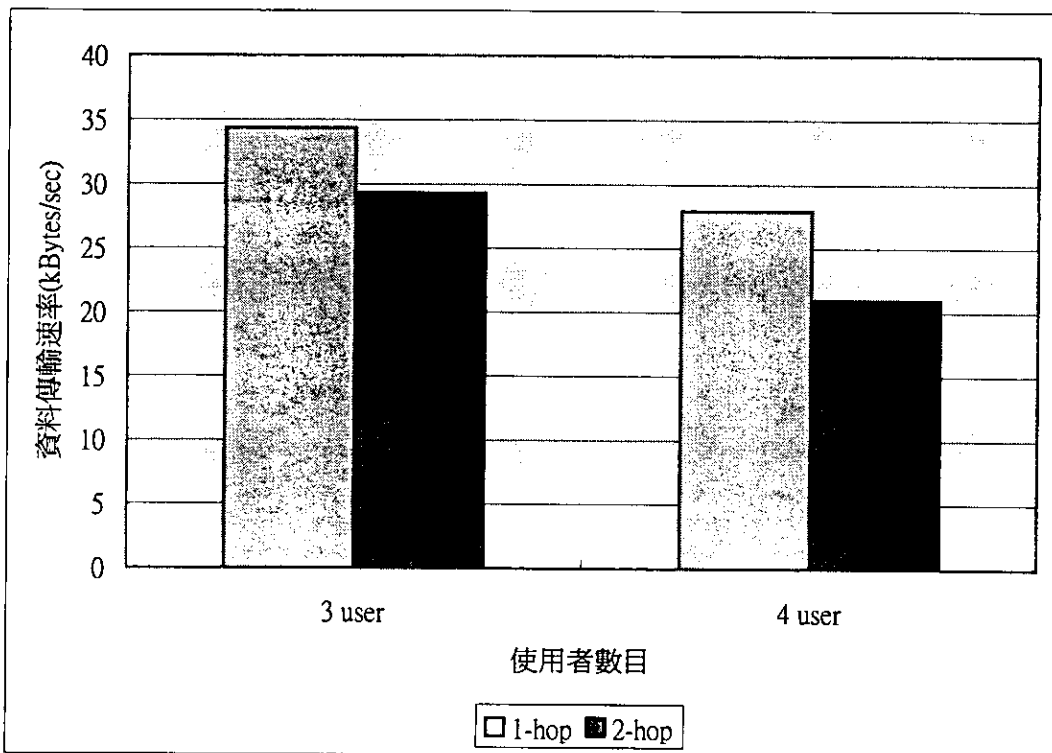


圖 3-2-57 室內環境多使用者實驗不同跳接數之資料傳輸速率

3.2.4.2 MANET 室外傳播環境多使用者效能測量結果

為了驗證 MANET 實驗平台在多使用者條件下，於室外環境進行通訊服務之傳輸效能，本實驗特別於交通大學室外校園環境進行，利用多組臨時建置的固定節點與安裝於量測車輛之移動節點，進行在不同使用者數目與不同傳播場景下，資料傳輸速率之效能表現。本實驗所建置之 MANET 平台一共包括 6 個固定點，並於其間透過裝設 MANET 設備之車輛作為移動點，其佈設地點如下圖所示，固定點包括 F1~F5 以及 Rx 等，移動車輛行進路線為圖中虛線箭頭所示之路段，行進時以平均約 20km/hr 速率在這些路徑上反覆移動。

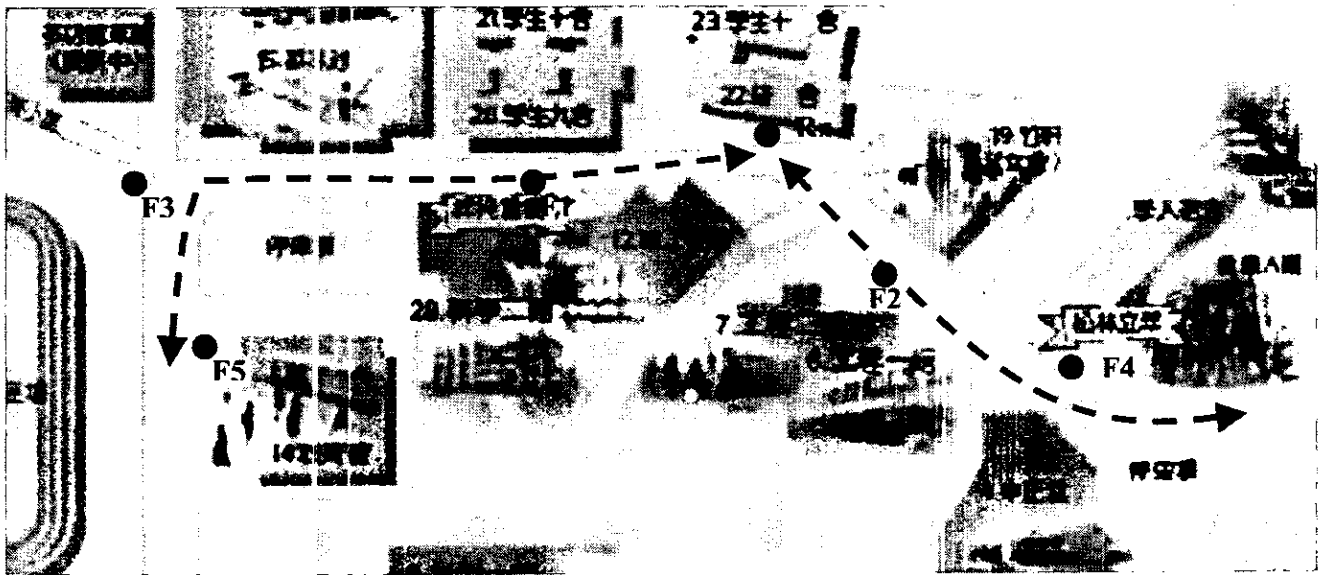


圖 3-2-58 於交通大學校園建置之室外環境多使用者實驗平台

根據不同傳播場景，本研究一共進行下述 3 項 MANET 通訊效能測量實驗：

scenario 1：固定點間效能測量實驗

多個量測設備同時對 Rx 固定點所設置之量測設備發送資料，裝置發送設備之固定點包括 F1~F4 等 4 個節點，實驗進行時分別在不同時間進行不同使用者數目之通訊服務，其開啟順序分別為 F1、F2、F3、F4，其中 F1 與 F2 平均跳接數為 1-hop，而 F3 與 F4 平均跳接數為 2-hop。

scenario 2：固定點對移動點

如同 scenario 1 在多使用者條件下所有節點均發送資料至 Rx 固定點，然而在本實驗中發送端為移動狀態，實驗進行時分別在不同時間進行 1~4 個使用者數目之通訊服務，傳輸平均跳接數與發送端當時所在位置相關。

scenario 3：移動點對移動點

不同於上述兩個傳播場景所有使用者均發送資料至單一固定之網路節點，本實驗分別在實驗平台中建立 1~3 個移動點間之無線通訊服務，其中每一組發送端與接收端限制於實驗平台中不同區域的路徑上，以觀察多個移動點間連線在 MANET 進行傳輸服務的個別效能與整體資料傳輸速率總和。

本實驗主要的量測路徑與範圍在傳播環境上屬於輕度遮蔽，其間有零星車輛與人員穿梭，雖對傳輸效能具有些微影響，不過如此更能夠反應實際運用時的效能表現；道路周邊主要為操場、球場、以及約 4~5 層樓高之建築物；茲將相關量測結果與分析分述於下：

A. 固定點間多使用者條件下之 MANET 傳輸效能

本實驗目的在於觀察固定點使用者數目從 1 增加至 4 時，MANET 實驗平台對於個別發送端所能夠提供之資料傳輸速率，以及接收端所能夠接受整體之資料傳輸速率之影響；如下圖所示，本實驗分別於 F1,F2,F3,F4 裝置量測軟體作為發送端，而接收端同為 Rx。本實驗主要模擬 ITS 系統中路側單元利用 MANET 通訊平台將需要回傳之資料傳送至中心單元或是網路接取點之效能，其中多個路側單元同時傳送給單一中心單元或網路接取點是常見的系統運作模式，因此本實驗之結果對於 MANET 應用於 ITS 具有更實際的參考價值。

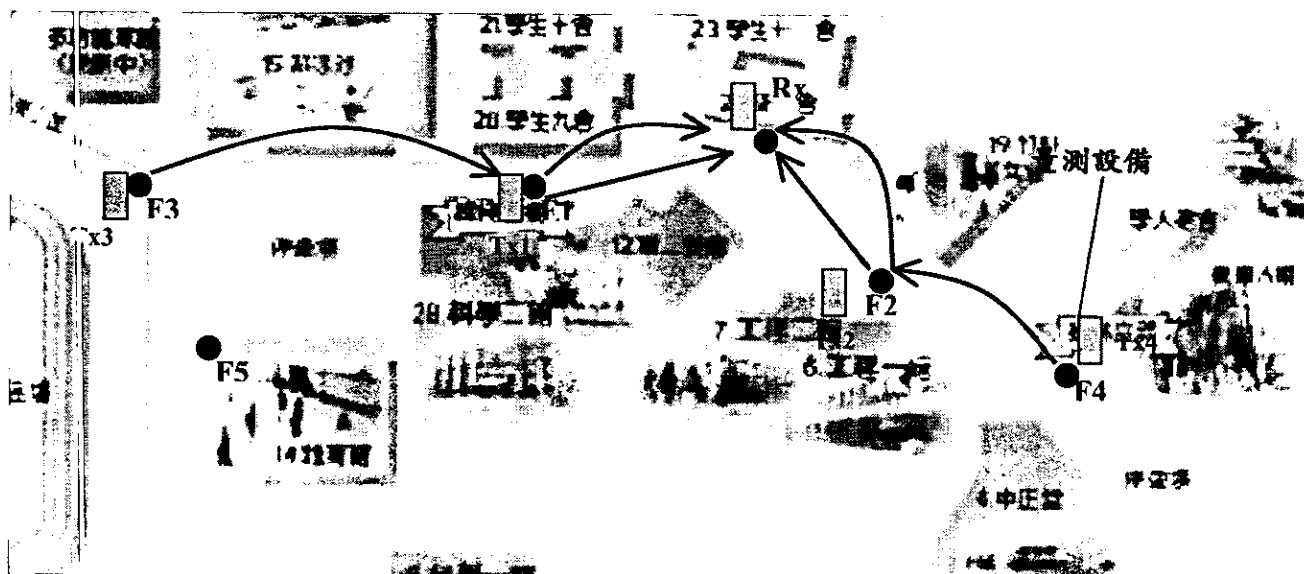


圖 3-2-59 固定點對固定點之多使用者效能量測實驗場景
(4 個發送點分別於 F1,F2,F3,F4 位置同時發送資料至 Rx)

如下圖所示，下圖對於每個發送端在不同使用者數目下所能夠得到之平均資料傳輸速率；由圖中趨勢可知，隨著使用者數目之增加，每個使用者所得到

之資料傳輸速率顯著降低，在使用者數目多達 4 個時，平均每個連線之資料傳輸速率為 21.53kBytes/sec，不同於第 4.2.4.1 節於室內進行之多使用者效能量測實驗，由於室外環境實驗每個節點間的距離較長，並且具有較為複雜之無線電傳播場景，在 4 個使用者同時進行連線之條件下，其資料傳輸速率大約降低至 1 個使用者之 1/5(本實驗單一使用者平均資料傳輸速率為 106kBytes/sec)；隨著使用者增加而使得每個使用者所分得之資料傳輸速率下降趨勢，研判導因於所有節點均發送封包至同樣一個接收端，在實驗區域內之 Rx 固定點訊息涵蓋範圍無線電頻寬為共用，因此僅能分得接收端訊息涵蓋範圍內之最大頻寬。

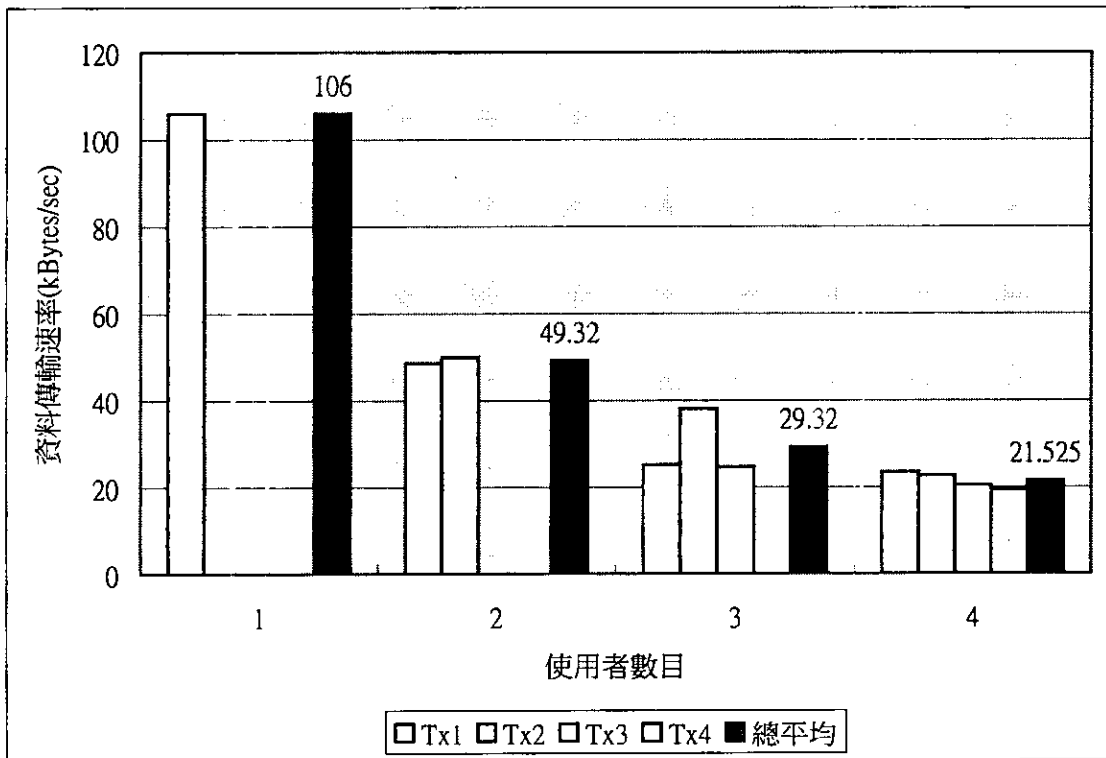


圖 3-2-60 室外環境多使用者固定點間發送端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化

若仔細觀察 3 個使用者之量測結果，Tx2 所取得之資料傳輸速率明顯高於 Tx1 與 Tx3；觀察這些固定點之相對位置可以發現，Tx1 與 Tx3 相對於接收端 Rx 位於同一側(如圖 3-2-58 之左側)，而 Tx2 位於另一側，很明顯的可以發現位於左側的無線電頻寬可能被 Tx1 與 Tx3 分享，導致兩者的平均資料傳輸速率低於右側無線電頻寬並未被其他節點瓜分的 Tx2；若觀察 4 個使用者之量測結果，由於不論左側或右側均同時有 2 個使用者同時發送資料，因此無線電頻寬的分享情形類似，每個節點所取得的平均資料傳輸速率也大致相當。

由上述現象可以得知在以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台中鄰近之節點仍必須共享無線電頻寬，而頻寬被分享以後，固定節點在 MANET 通訊平台中跳接數對通訊效能的影響較不顯著，(這點可由觀察 3 個使用者之量測結果中，Tx1 與 Tx3 之平均資料傳輸速率相差不大，以及觀察 4 個使用者之量測結果中，所有節點之平均資料傳輸速率相差不大得知)，而與多跳接傳輸模式下傳

輸路徑行經區域之使用者數目相關性較大。

從平均資料傳輸速率總和來看，如下圖所示，所有使用者之資料傳輸速率總和隨著使用者數目之增加有略微下降之趨勢；資料接收端從單一使用者之 106kBytes/sec 下降至 4 使用者之 86.1kBytes/sec，下降的幅度不大，其幅度有逐漸減緩的趨勢。初步研判以 ODMA 機制為基礎之 MANET 通訊平台在多使用者條件下資料傳輸速率總和受使用者數目增加之影響不顯著。

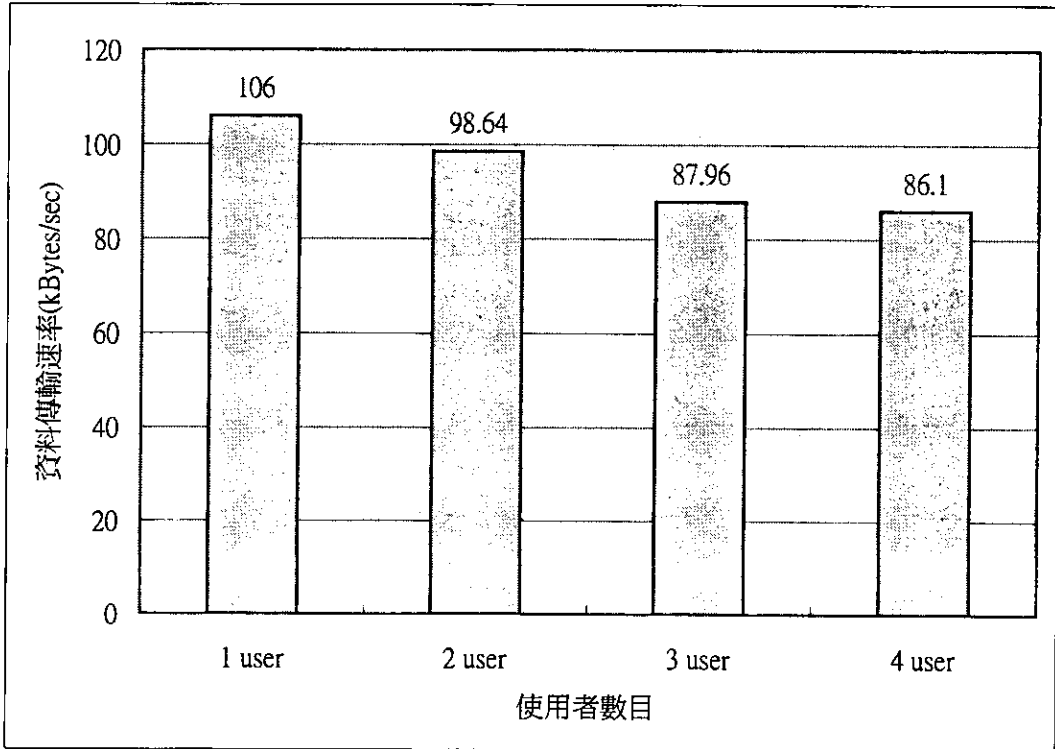


圖 3-2-61 室外環境多使用者固定點間接收端平均資料傳輸速率隨使用者數目的變化

B. 固定點對移動點多使用者條件下之 MANET 傳輸效能

本實驗目的在於觀察數個移動點發送資料給單一固定點，使用者數目從 1 增加至 4 時，MANET 實驗平台對於個別移動發送端所能夠提供之資料傳輸速率，以及接收端所能夠接受整體之資料傳輸速率之影響；如下圖所示，本實驗分別裝置套量測軟體於移動車輛作為發送端，分別識別為 MH1, MH2, MH3, MH4 等，而接收端同為 Rx。本實驗主要模擬 ITS 系統中車輛移動單元利用 MANET 通訊平台將需要回傳之資料傳送至中心單元或是網路接取點之效能，這對於中心單元蒐集行動車輛車況以及於行動車輛上提供無線上網服務等，其實驗結果具有參考價值。

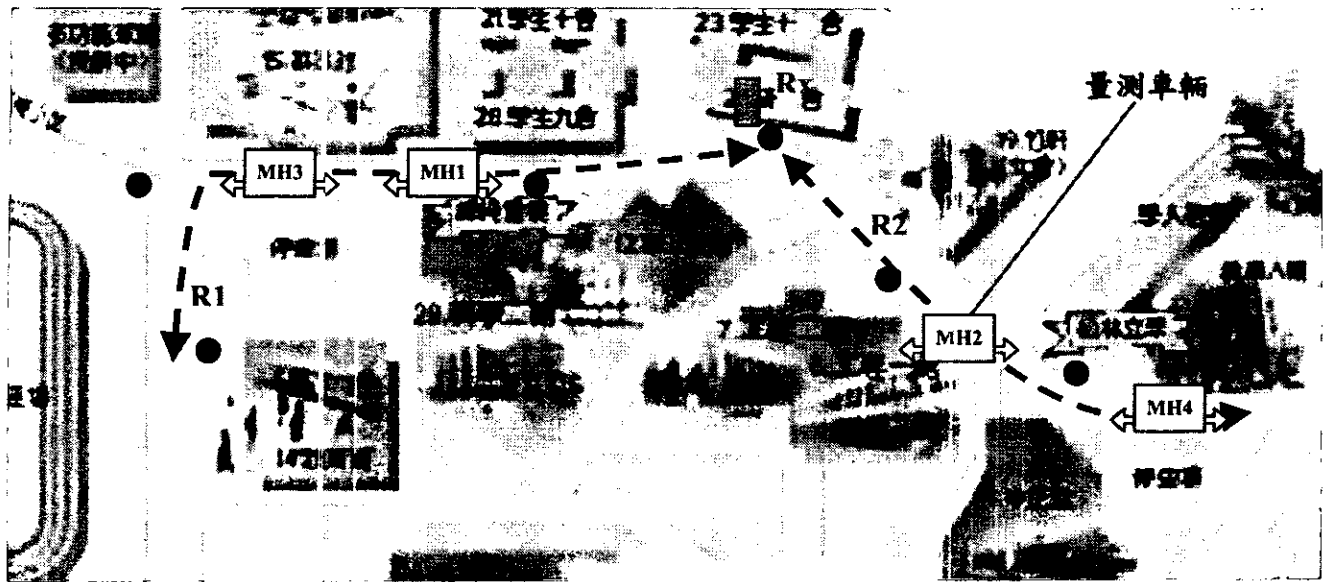


圖 3-2-62 固定點對移動點之多使用者效能量測實驗場景
(4 個移動發送點分別移動於 R1,R2 等區域同時發送資料至 Rx)

如下圖所示，下圖對於每個發送端在不同使用者數目下所能夠得到之平均資料傳輸速率；MH1 首先於路徑 1(R1)反覆移動並發送資料至 Rx 固定點，然後為 MH2 於路徑 2(R2)反覆移動，然後分別為 MH3 於 R1、MH4 於 R2 等，分別進行固定點對移動點實驗中使用者數目從 1 增加至 4 之量測結果。在 4 個使用者同時進行連線之條件下，平均每個連線之資料傳輸速率為 15kBytes/sec，其資料傳輸速率大約降低至 1 個使用者之 1/4(本實驗單一使用者平均資料傳輸速率為 66.22kBytes/sec)；同樣隨著使用者增加而使得每個使用者所分得之資料傳輸速率下降趨勢，研判這種現象仍導因於所有發送節點均傳送給同一個固定節點 Rx，於 Rx 訊息涵蓋範圍形成通訊效能的瓶頸點，僅能分得接收端訊息涵蓋範圍內之最大頻寬。

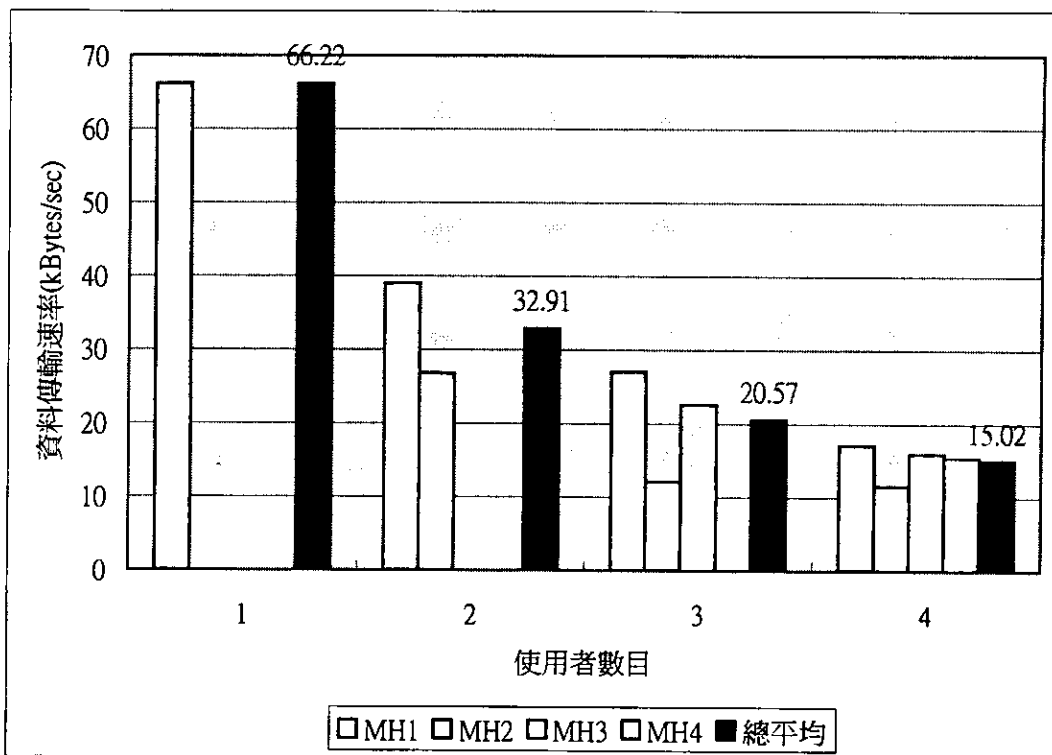


圖 3-2-63 室外環境多使用者固定點對移動點發送端資料傳輸速率隨使用者數目的變化

若與前述固定點間效能量測結果比較，本實驗所量得之平均資料傳輸速率明顯低於固定點間之效能量測結果，判定除了導因於移動點與固定點間無線電傳播通道穩定度較低外，另外由於發送節點位於車上，並行進於 R1 與 R2 等路徑，因此資料傳輸路徑會不斷變動，傳輸路徑之跳接數可能為 1-hop 到 3-hop，因此在移動節點移動至距離 Rx 固定點較遠的位置時，由於跳接數的增加導致資料傳輸速率降低的現象較為顯著，從總平均來看資料傳輸速率明顯降低。

另外值得一提的是本實驗中每個發送點所分得之資料傳輸速率不平均，與固定點間量測結果不同，(如上圖中 3 個使用者之量測結果，每個發送點所分得之資料傳輸速率差距頗大)，初步判斷這些差距導因於行經路段的不同，以及量測時車速、方向、遮蔽物情形不一致等因素；從這個現象可以發現，由於移動中影響資料傳輸速率的因素較為複雜，因此每個行動車輛所能夠得到之資料傳輸速率可能不一致。

從平均資料傳輸速率總和來看，所有使用者之資料傳輸速率總和隨著使用者數目之增加有輕微下降之趨勢；如下圖所示，資料接收端從單一使用者之 66.22kBytes/sec 下降至 4 使用者之 60.06kBytes/sec，下降的幅度不顯著；由實驗數據判斷，相較於固定點間的量測數據，本實驗中位於 Rx 固定點之資料傳輸頻寬並未完全使用，其資料傳輸速率總和降低應導因於每個發送端到接收端之傳輸服務效率降低，即導因於傳輸路徑跳接數的增加而降低，並非整體網路通訊容量之降低。

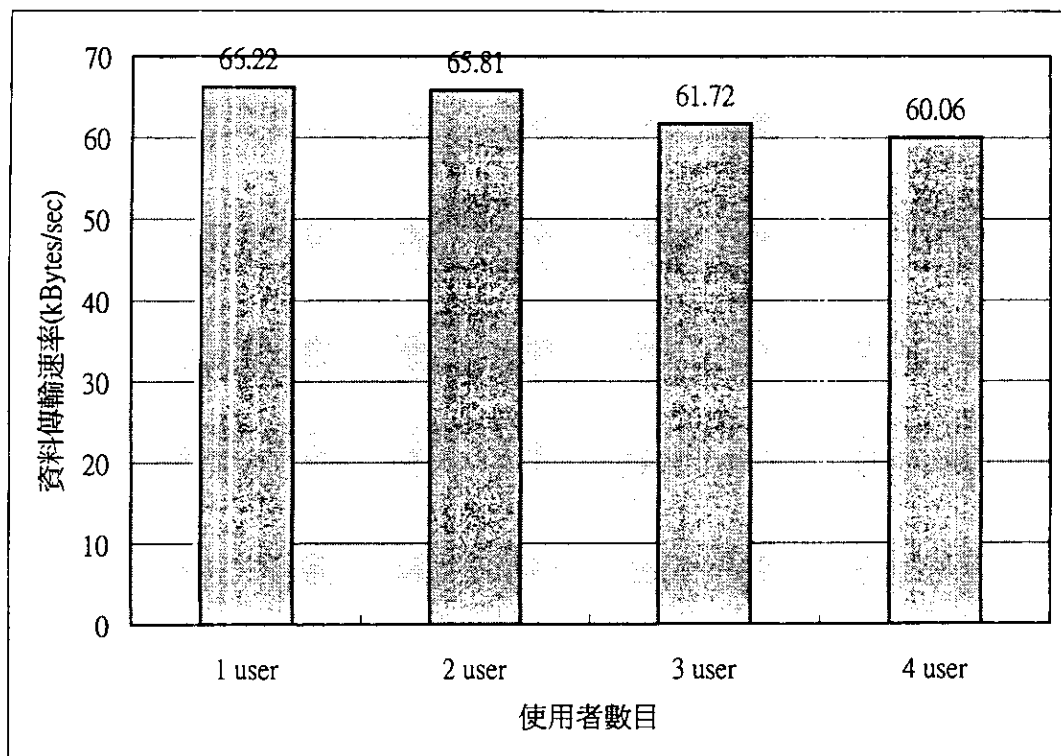


圖 3-2-64 室外環境多使用者固定點對移動點接收端資料傳輸速率隨使用者數目的變化

C. 移動點間多使用者條件下之 MANET 傳輸效能

本實驗目的在於觀察數個移動點間同時於 MANET 平台進行資料傳輸服務時，個別傳輸服務之資料傳輸速率以及使用者資料傳輸速率總和之變化；理論上提供傳輸服務之多跳接傳送路徑若處於不同地理區域時，資料傳輸速率之效能不會互相影響，因此資料傳輸速率總和有別於前面數個實驗，在多使用者條件下並不會發生無線電頻寬共用而使得每個傳輸服務之效能顯著降低的情形。本實驗進行之傳輸服務連線個數從 1 增加至 3，並計算每個傳輸服務連線之平均資料傳輸速率總和供分析與參考；本實驗主要模擬 ITS 系統中利用 MANET 通訊平台進行車間通訊以及區域性廣播服務等應用模式，意指所交換之資料為鄰近區域資料，並非統一回傳至中心單元或網路接取點。

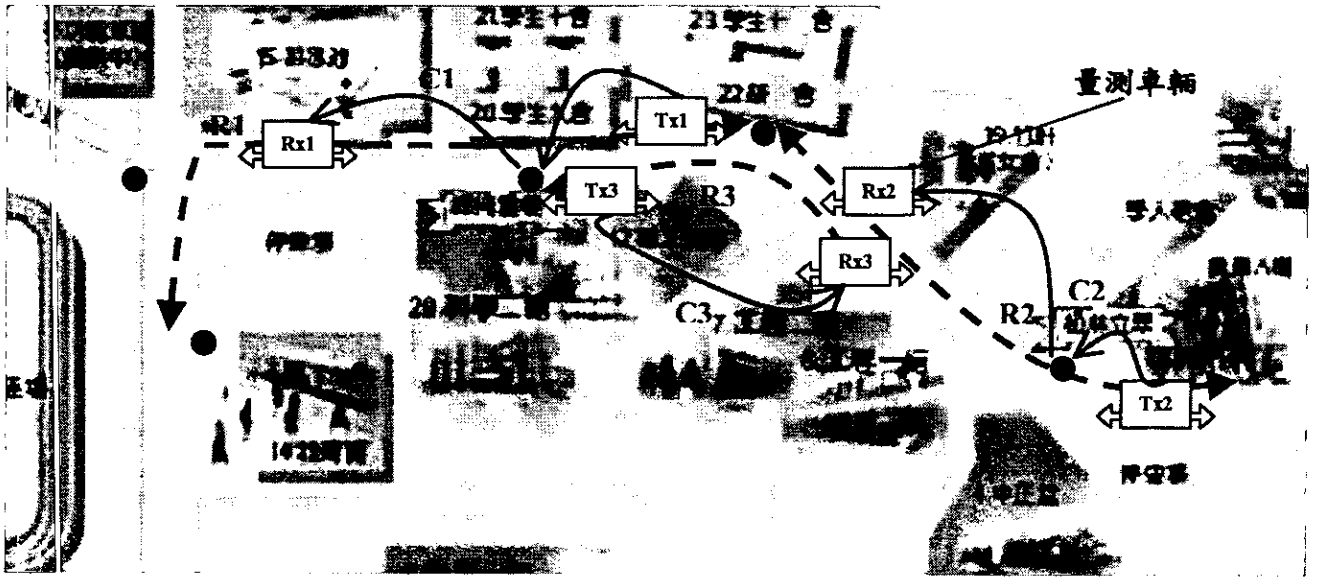


圖 3-2-65 移動點對移動點之多使用者效能量測實驗場景
(3 組發送端與接收端分別移動於 R1,R2,R3 等區域分別進行資料傳輸服務之效能量測)

如下圖所示，下圖對於每個資料傳輸服務在不同連線數目下所能夠得到之平均資料傳輸速率；第一個傳輸服務(C1)首先於路徑 1(R1)發生，發送端行動車輛反覆移動於 R1 並且接收端亦位於 R1，第二個傳輸服務(C2)位於路徑 2(R2)上，同樣發送點與接收點均保持位於 R2 上，最後第三個傳輸服務(C3)約介於 R1 與 R2 固定點之間。在 3 個資料傳輸服務同時進行連線之條件下，平均每個連線之資料傳輸速率為 46.2kBytes/sec，並且每個連線之資料傳輸速率差距頗大，判定主要與傳輸服務發生之位置有關，其中 C3 位於 R1 與 R2 的交界處，因此可能同時受到 C1 與 C2 的干擾並競爭無線電頻寬，因此具有較低之資料傳輸速率；若僅觀察 C1 在不同連線數目下的效能表現，發現產生逐步下降的趨勢，(從 97.33kBytes/sec 下降至 67.66kBytes/sec，約下降至 1 個傳輸連線之 2/3)，與前面數個實驗結果不同的地方在於，其資料傳輸速率並非與連線個數呈現反比關係，而似乎以固定差距逐漸下降，研判資料傳輸速率隨連線個數下降的原因在於與其他連線區域交界處產生相互干擾與無線電頻寬的競爭，使得傳輸效能些微下降，而在這樣的實驗場景中較不會出現因為所有連線均集中在同一個接收或發送點，造成通訊效能的瓶頸。

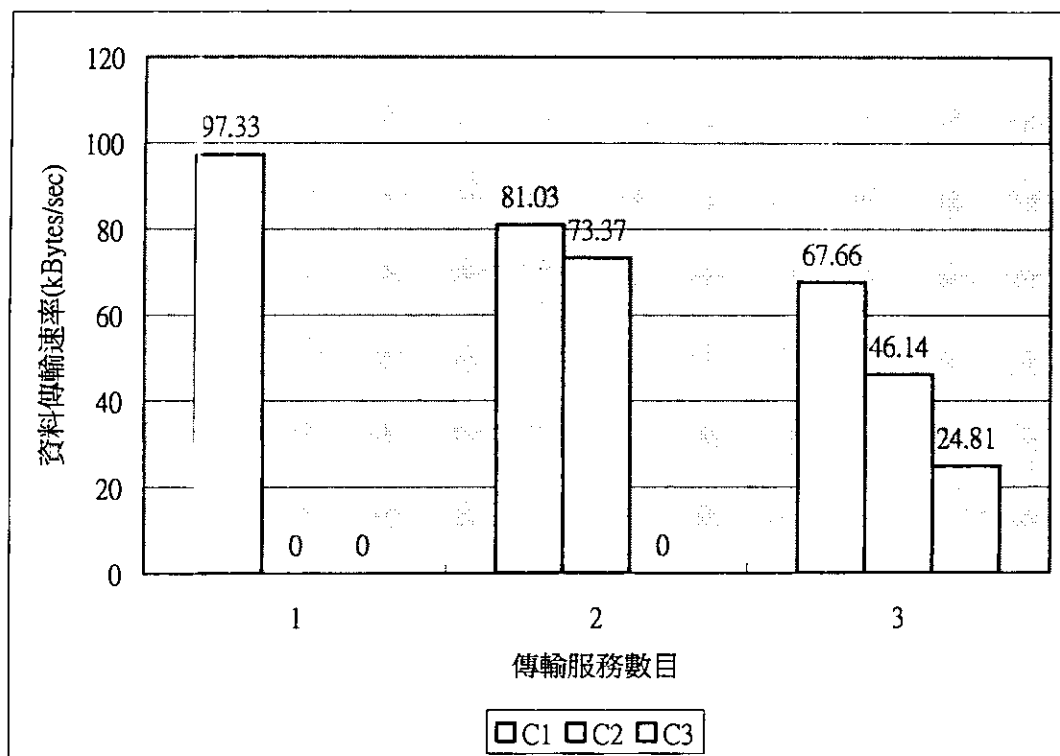


圖 3-2-66 室外環境多使用者移動點間資料傳輸速率隨傳輸服務數目的變化

從平均資料傳輸速率總和來看，使用者資料傳輸速率總和隨著連線數目之增加並無固定變化趨勢，不但不同於前面數個實驗發生接收端資料傳輸速率的下降，2個與3個傳輸服務的實驗中，資料傳輸速率總和均高於僅有1個通訊服務的實驗；如下圖所示，資料接收端從單一連線之 97.33kBytes/sec，於2個連線時上升至 154.4kBytes/sec，3個連線時亦具有高達 138.61kBytes/sec 之資料傳輸速率總和；判斷資料傳輸速率總和之高低與多個連線是否互相干擾與競爭無線電頻寬有關，換句話說即與傳輸連線進行的位置或區域相關，當多個連線相互干擾的區域較多，資料傳輸速率總和會受到較大之影響，反之個別連線由於受到干擾不大時，在以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台由於受到空間分割的作用，無線電資源(頻寬)在不同區域可以重複利用，因此位於不同區域的連線均可以得到較高的傳輸效能，使得 ITS 行動車機即使在高節點密度的 MANET 通訊平台中，亦可進行高傳輸速率的車間通訊。

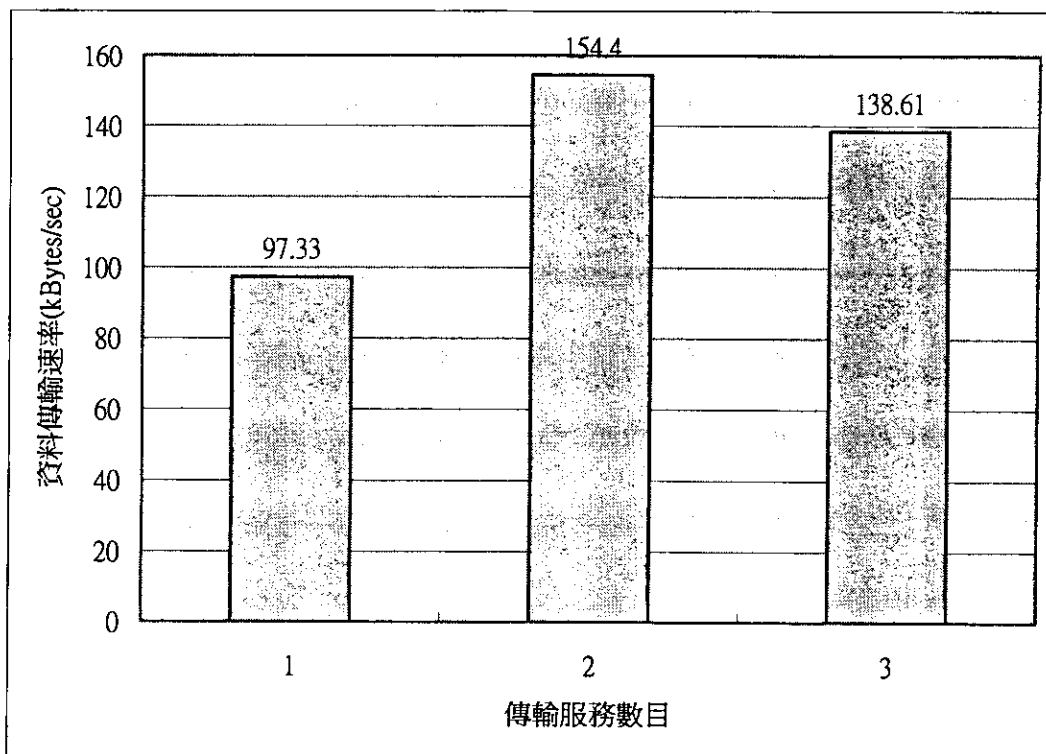


圖 3-2-67 室外環境多使用者移動點間資料傳輸速率隨傳輸服務數目的變化

D. 小結

為了比較不同實驗場景下，不同使用者數目對於單一使用者(單一連線)以及資料傳輸速率總和之影響，下表列示在不同實驗場景中所測得之平均資料傳輸速率量測結果供比較分析之用：

表 3-2-9 不同實驗場景中平均資料傳輸速率量測結果

實驗場景	平均每個連線之資料傳輸速率 (kBytes/sec)			
	1 個連線	2 個連線	3 個連線	4 個連線
場景 1： 固定點對固定點	106	49.32	29.32	21.53
場景 2： 固定點對移動點	66.22	32.91	20.57	15.02
場景 3： 移動點對移動點	97.33	77.2	46.2	

根據實驗結果顯示，在本實驗平台中，平均每個連線所能夠進行之資料傳輸速率均會隨著連線數目(即使用者數目)的增加而下降，其中場景 1 與場景 2 由於模擬多個節點同時與中心單元或網路接取點進行資料交換，因此通訊效能會在接收端產生瓶頸，使得每個連線之平均資料傳輸速率大致與連線數目成反比；換句話說，使用者與中心單元或網路接取點之資料傳輸速率與 MANET 通

訊平台中同時與中心單元通訊的使用者數目有關，而隨著使用者數目的增加平均資料傳輸速率會明顯下降。比較場景 1 與場景 2 的實驗結果，若發送資料的節點為移動時，其平均資料傳輸速率低於固定點間的連線，判斷除了移動時造成無線電通道穩定性較低外，本實驗在進行場景 2 時由於移動車輛之行進區域較大，資料傳輸路徑之跳接數亦較大，也是導致通訊效能較低的原因。

若觀察移動點對移動點之變化趨勢，則通訊效能下降之比例小於前兩個場景，通訊效能的下降程度與每個移動點間連線進行的區域有關，在具有共用無線電資源造成連線間相互干擾的區域，通訊效能才會受到顯著的影響。

下表列示在不同實驗場景中所測得之平均資料傳輸速率總和量測結果供比較分析之用：

表 3-2-10 不同實驗場景中平均資料傳輸速率總和量測結果

實驗場景	平均資料傳輸速率總和 (kBytes/sec)			
	1 個連線	2 個連線	3 個連線	4 個連線
場景 1： 固定點對固定點	106	98.64	87.96	86.1
場景 2： 固定點對移動點	66.22	65.81	61.72	60.06
場景 3： 移動點對移動點	97.33	154.4	138.61	

根據實驗結果顯示，在本實驗平台中，場景 1 與場景 2 之平均資料傳輸速率總和均會隨著連線數目的增加而緩慢下降，如同前面所述這兩個場景之多個傳輸連線進行區域在接收端產生交集，通訊效能會在接收端產生瓶頸，參與競爭接收端之無線電資源連線數目增加，因此連線間的互相競爭與干擾較為嚴重，對資料傳輸速率總和產生影響；而在場景 3 中由於傳輸連線進行的區域交集較少，傳輸服務進行時大部分的時間可以獨佔無線電資源，因此個別連線受到干擾與競爭的效應較輕微，使得資料傳輸速率總和在多個連線條件下反而高於單一連線之量測結果。茲將初步結論列示於下：

1. 當 MANET 通訊平台中多個使用者同時與單一節點(如中心單元或網路接取點)進行通訊時，會在該單一節點上形成通訊效能瓶頸，每個使用者之平均資料傳輸速率會顯著降低，與使用者數目成反比，而資料傳輸速率總和亦會些微下降。
2. 在 MANET 通訊平台進行車間通訊時，若傳輸連線進行的區域沒有明顯交集，則每個傳輸連線之平均資料傳輸速率隨連線數目增加而漸少的趨勢較緩，資料傳輸速率總和可能隨連線數目增加而有增加的趨勢，然而傳輸連線效能下降之比例以及資料傳輸速率總和上升的幅度與多個連線傳輸路徑進行之區域相關。

第四章 MANET 應用於 ITS 系統之評估

本研究針對行動廣域免基地台式無線電系統(MANET)應用於智慧型運輸系統下，所可能衍生出的各類型之應用範疇進行分析、探討。MANET 應用於 ITS 系統主要的應用模式包括車間通訊、區域性的資料廣播服務、以及使用者的通訊與資訊服務等；根據我國 ITS 應用服務的規劃，本研究第一年度已探討 ITS 之 9 大服務領域運用 MANET 的特性與優缺點，然後針對 35 項使用者服務單元，進行應用行動廣域免基地台式無線電技術的適用性評估，評估結果顯示使用行動廣域免基地台式無線電系統可以有效輔助我國目前對於 ITS 系統之功能規劃，提昇其功能與效率，對於若干使用者服務，主要包括緊急事故處理方面，以及隸屬於區域性訊息廣播服務等，特別適用於 MANET，經由動態自行組織之無線網路，增進事務處理與調度的聯絡管道，或作為成本低廉的資訊傳輸通道，因此對 ITS 系統整體而言，應用行動廣域免基地台式無線電系統應可作為 ITS 相關通訊與應用技術的研發方向。在成本考量方面，根據本研究所進行的初步成本分析，MANET 應用於 ITS 系統可有效降低傳統上對 ITS 通訊平台規劃的建置與運作成本，因此無論在技術上、功能上、成本上，利用 MANET 技術將具備優勢。

本研究所探討之行動廣域免基地台式無線電系統乃是利用目前較為廣泛使用之無線區域網路技術加以擴充其功能，因此並不違背原先我國對於 ITS 通訊平台的規劃，根據本研究第一年度對於 MANET 應用於 ITS 適用度的分析可知，超過半數的 ITS 使用者服務可藉由 MANET 增進其效益，因此對 ITS 系統整體而言，應用與建置 MANET 通訊平台，並與其他重要之通訊技術如數位廣播(DAB、DVB-T)、蜂巢式無線通訊系統(GSM/GPRS、3G)進行整合等，應作為 ITS 相關通訊與應用技術的研發方向。

根據本研究第一年度的研究成果與評估，使用 MANET 對系統營運與成本上實有相當程度的助益；雖然 MANET 應用於 ITS 各項應用服務的適用性並不一致，對於目前我國規劃與建置 ITS 系統所遭遇的建置與維運課題，MANET 理論上能夠有效解決。本研究規劃選擇 ATIS、APTS 等服務領域進行雛形系統的實作，茲將 MANET 應用於這些服務領域之特性與優缺點說明於下：

■ MANET應用於先進旅行者資訊服務(ATIS)

因為MANET不用鋪設很多基地台，以跳接式通訊，相對其他技術而言，資訊中心可以很便宜的價格取到每輛車的資訊，當然MANET有遺失資訊的風險，但在ATIS的運用中很多是以統計方式計算，也就是遺失少數的資訊是不會影響計算的結果，如車流密度，道路車速等。資料中心可以以這些資訊計算，可以使用者以很便宜的價格取到旅行者資訊。除了交通資訊的提供，MANET同時適用於區域性的訊息廣播服務，如鄰近的商品折扣、產品資訊等，由於使用MANET擴大的訊息廣播的涵蓋範圍，使得這些區域資訊或廣告更具商業價值。若使用MANET提供旅行者無線上網的服

務，不但能夠降低傳統上使用蜂巢式行動通訊系統的通訊費用，並可透過跳接式通訊，擴大其服務範圍。

■ MANET應用於先進大眾運輸服務(APTS)

同樣因不須設基地台，且功率極小，以網路的架構設計，可以使其傳送文字、聲音、影像，運用於大眾運輸系統更能顯現其效益，如市區公車可由跳接式通訊使在車站或路邊站牌等公車的人知道什麼車會到及最佳的(如時間最短)轉乘方式，一樣可花費極小的費用可達成。此外對於大眾運輸工具的車輛營運與安全輔助，可利用MANET進行大眾運輸工具的車間通訊，提供語音、文字、訊號等訊息交換，作為行車安全與調度的輔助。

從 ITS 系統架構來看，無論是 APTS、ATIS 等，均可視為所謂的 client-server 架構；在本研究的規劃下，一般行動車機屬於用戶端(client)角色，透過 MANET 通訊平台與中心端(server)進行資料交換，而 MANET 路側固定點在此種運作模式下僅提供封包轉送的服務；同樣地，模擬路側交控監視器、智慧型站牌等路側固定點亦可視為 ITS 系統中的用戶端，因為這些應用服務需要上傳資訊至中心端或從中心端進行資料下載。對於若干 ITS 應用服務，路側固定點可能同時兼具用戶端與伺服器的角色，以智慧型站牌為例，智慧型站牌所需要提供的資訊可能來自控制中心，因此對於控制中心而言，智慧型站牌屬於用戶端設備；然而對於行動車機而言，智慧型站牌可能需要進行車輛到達事件管理，或是進行資訊廣播服務等，因此對於行動車機或一般使用者，智慧型站牌屬於伺服器設備。

4.1 MANET 應用於 APTS 之探討

APTS 主要的系統單元為路測的智慧型站牌、車上行動單元、以及控管中心等，在本研究所規劃建構之 MANET 實驗平台下，智慧型站牌可視為 MANET 固定點與公車總站、控制中心、或網際網路接取點進行穩定的無線通訊服務，而行動車機可參與這些固定點組成之 MANET 進行動態繞徑，進而利用跳接方式與站牌或控制中心進行資料交換。對於節點密度不足而無法與中心端連線的固定節點或站牌，公車搭載的行動車機亦可作為 MANET 跳接中繼站，解決固定節點密度不足的問題。如下圖所示，虛線表示公車行動車機透過固定站牌進行跳接式傳輸與其他行動車機、控制中心、或網路接取點進行資料交換；實線表示行動車機亦可作為 MANET 中繼點協助車站間的通訊。

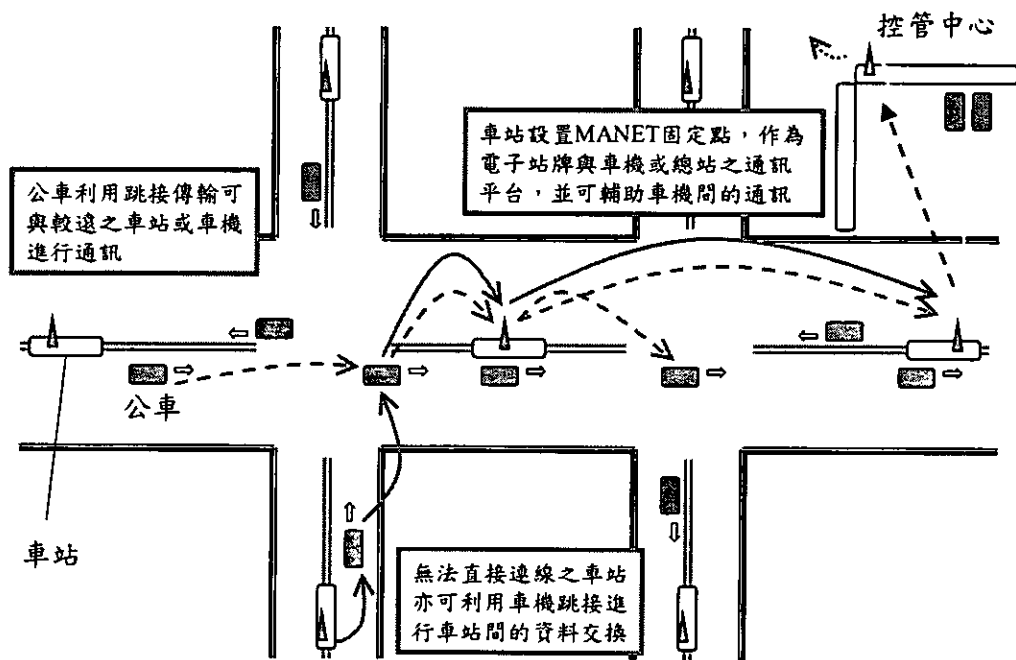


圖 4-1-1 以 MANET 實驗平台為基礎之 APTS 雛形系統運作模式示意圖

本研究首先對於國內現行之公車動態資訊系統進行廣泛的探討，其探討重點包括系統中各單元間所使用之通訊技術以及所預計達成之功能項目，並歸納各系統間的差異性，以及現階段在通訊技術上的缺點。根據對現行公車動態資訊系統的探討與需求分析，本研究亦進行 MANET 技術應用於公車動態資訊系統與 APTS 之評估；本研究將特別著重於通訊技術的適用性與通訊需求的分析，並透過具系統化的成本評估流程，評判運用 MANET 技術建置公車動態資訊系統與 APTS 之成本考量因素與特性，最後我們將以高雄市都會規模為個案，評估運用 MANET 技術於高雄市地區建置公車動態資訊系統之概估成本。

4.1.1 國內現行 APTS 系統架構與技術之探討

目前國內執行推動 APTS 所提供之服務包括：1.行程中大眾運輸資訊；2.大眾運輸營運管理。以下就國內現有單位已經提供公車動態資訊系統，如台北縣、台中市、高雄市等交通單位，其過去開發之經驗與結果，如下列討論回顧說明：

一、台北縣政府：

目前台北縣政府建置公車動態資訊系以及乘車資訊服務系統，主要是利用網際網路來提供一般民眾上網查詢公車資訊，民眾可以在網路上查詢目前在路

線上行駛之公車、欲等待之公車的候車時間，以及目前公車行駛到站情況，並利用滿意度調查、意見討論區、公車問題申訴等作業，提供台北縣政府、公車業者能與一般民眾的良性互動之資訊系統。

在建置規模方面，共提供大台北地區之公車路線及時刻表查詢，預計四十九線縣轄市區約四百卅八輛公車都會裝設該套設備，而其所提供可查詢資料包括了：

- (1). 線上公車行駛狀態
- (2). 公車路線圖
- (3). 公車時刻表
- (4). 路線站牌資料
- (5). 台北縣及台北市電子地圖

台北縣政府 APTS 運用衛星定位系統 (GPS) 與數位無線通訊 (GPRS) 先進技術，大幅提升服務及控管品質；系統包含車上的站名播報顯示系統、智慧型站牌、語音查詢服務、上網查詢及公車動態即時監控中心等，乘客可以從語音查詢服務或網路中迅速查詢公車路線、到站時刻，乘客就可好整以暇地精準計算時間出門，不必在車站苦苦等候；監控中心和各客運公司也都能隨時掌握公車動態。其系統架構如下：

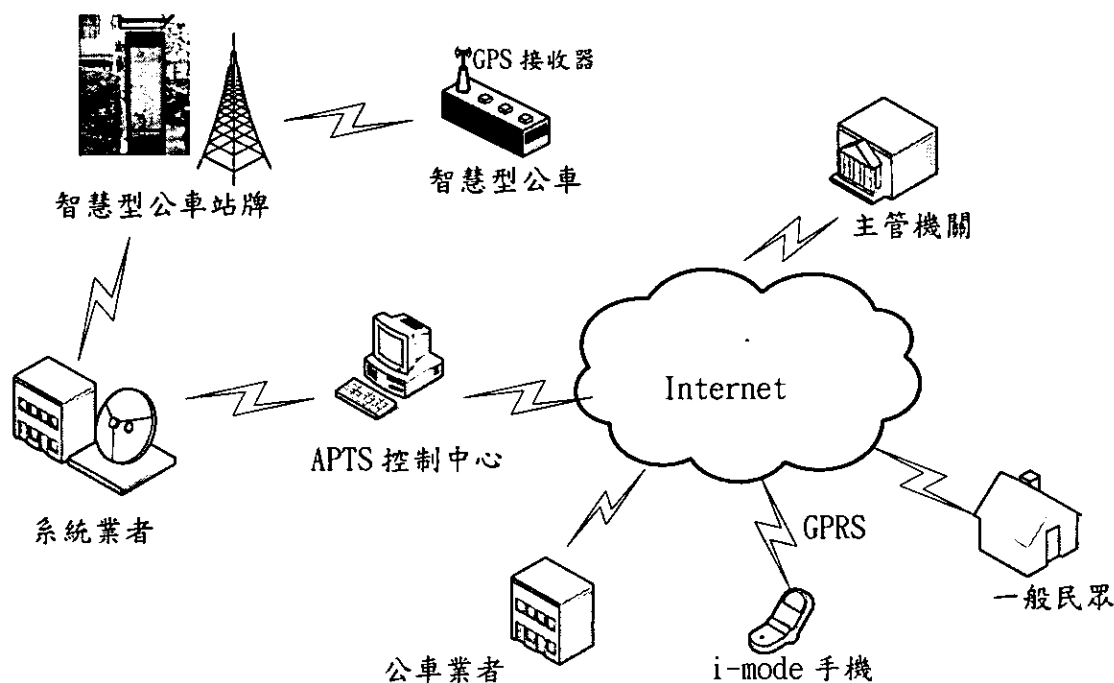


圖 4-1-2 台北縣公車動態資訊系統架構

系統主要是利用展頻通訊定位功能，藉由監控中心、公車及站牌架設的發射和接收器，掌握公車的行進位置，再以站牌上的資訊面板，提供公車動態資訊給候車乘客，下圖即為智慧型公車站牌，將會於站牌上顯示目前公車的位置。



圖 4-1-3 台北縣公車動態資訊系統之智慧型公車站牌

系統目前提供了 Web 介面與 i-mode 手機服務兩種方式提供查詢。使用民眾連上公車動態資訊網站(<http://e-bus.tpc.gov.tw/>)，當使用者連上時，可先行選擇想要查詢的公車路線，此時便會查詢出目前正在路線上行駛的該路公車狀態，下圖即是進入到系統時的畫面。

而目前是網上提供的查詢服務是以提供預估到站時間、該路公車所經過的站名，以及公車所在位置為主；站名自動播放是以在公車車機上所提供，而語音自動辨識是提供民眾打電話，以電話連線的方式進入系統查詢。

台北縣政府
TAIPEI COUNTY GOVERNMENT

e-bus SYSTEM
公車動態資訊系統

GPS 站名自動播放 語音自動辨識

INTERNET GPRS

預估到站時間 技術支援:立皓科技

請選擇一條路線: 請選擇一條路線: 請選擇一條路線: 請選擇一條路線:

經過捷運路線:

一般路線:

查詢網址

若網頁無法瀏覽查詢時請下載 [Java Virtual Machine](#)

- 台北縣 e-bus 緣起
- 使用 PDA 上網說明
- 語音查詢方法說明
- 語音自動辨識查詢--電話:02-29516184 (代表)

8路
57路
808路
99路
801路
802路
802區
808路

圖 4-1-4 台北縣公車動態資訊查詢網頁畫面(一)

當選擇好要查詢的路線公車後，系統便會載入該路線上的公車資訊與沿途所行經的站名，並在每一站的站名上方以紅字顯示預計到達該站的時間，而目前公車所在位置是以紅字的方式特別標名出來。

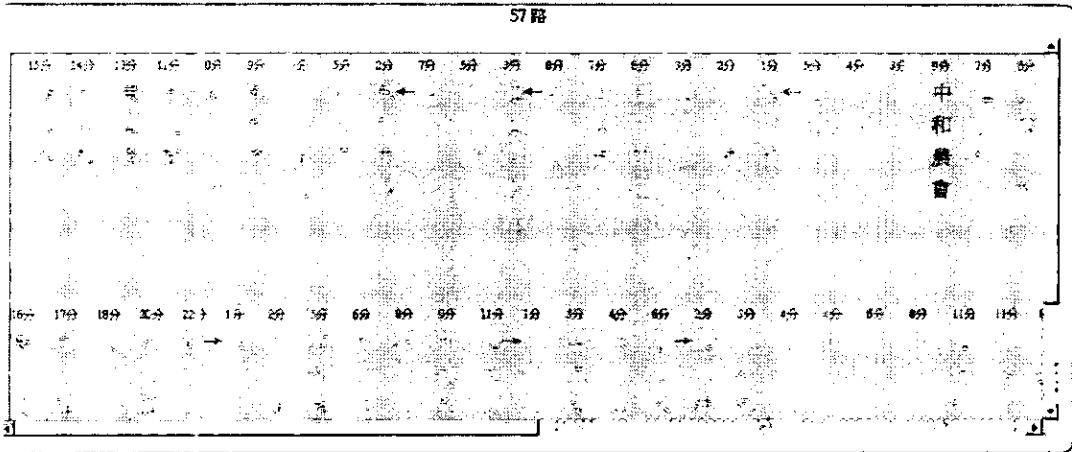


圖 4-1-5 台北縣公車動態資訊查詢網頁畫面(二)

以首都客運為例，其建置的 APTS 系統提供了：公車路線圖查詢、預估到站時間查詢、實際位置圖查詢、公車資訊查詢等五項功能，路線是以偏遠的地區的公車為主，不但大幅提升旅客的載運量，也節省了旅客的候車時間。下方圖例係為點選【公車路線圖查詢】功能後，所顯示結果：

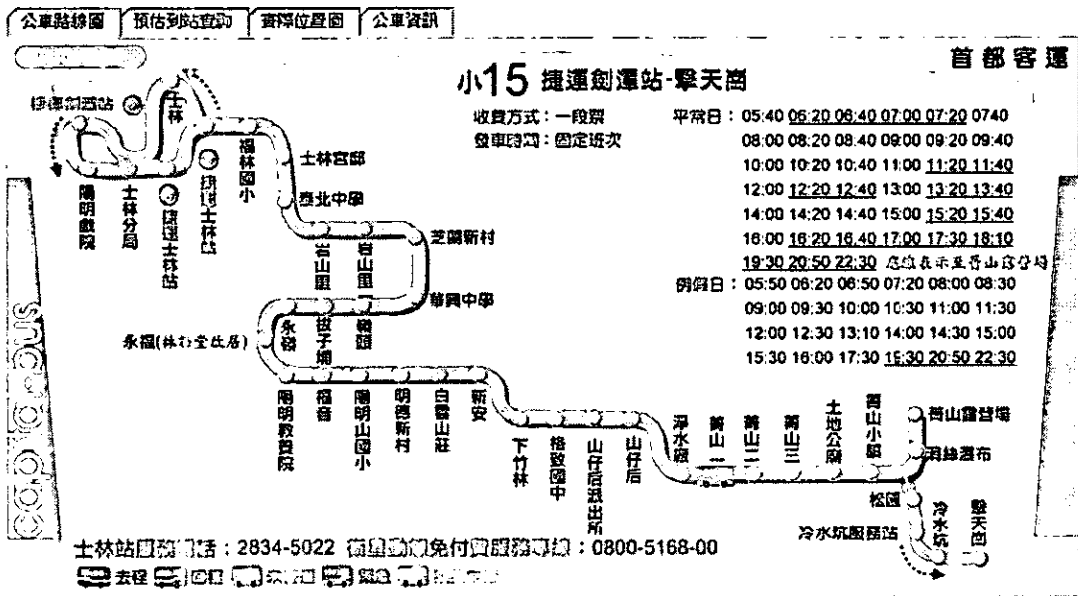


圖 4-1-6 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(一)-公車路線圖

可藉由輸入欲前往的地點與目前所在位置等的資訊，選擇【預估到站】查詢，便可以清楚的查到最近一班車將於多久的時間後到達，下方圖例係為點選【預估到站查詢】功能後，所顯示結果：

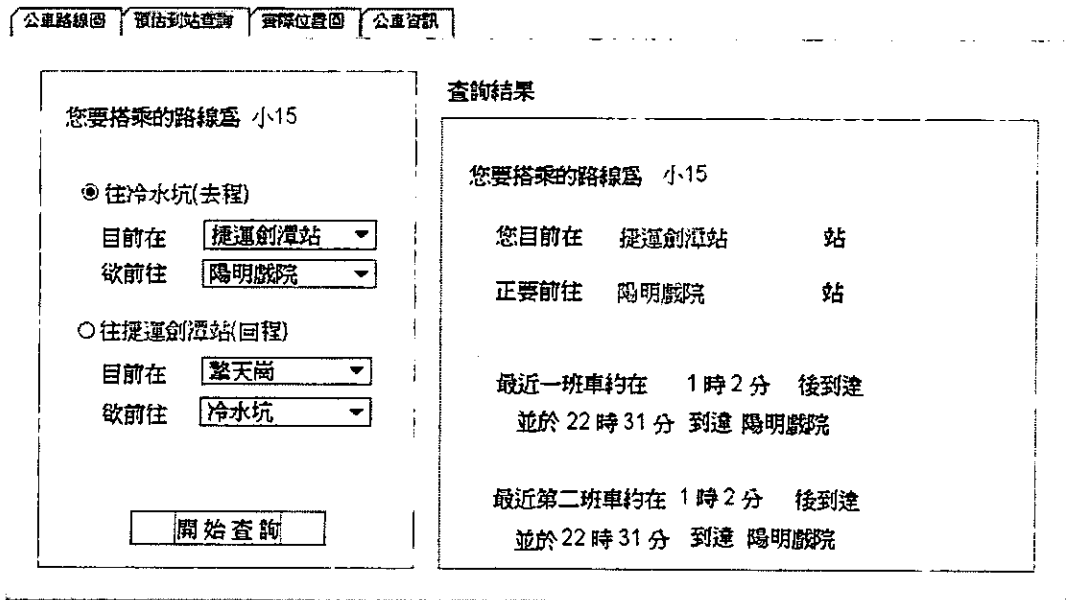


圖 4-1-7 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(二)-預估到站查詢

當選擇【實際位置圖】功能時，便會將該路公車目前所在的實際位置傳送至畫面上，下方圖例係為點選【實際位置圖】功能後，所顯示結果：

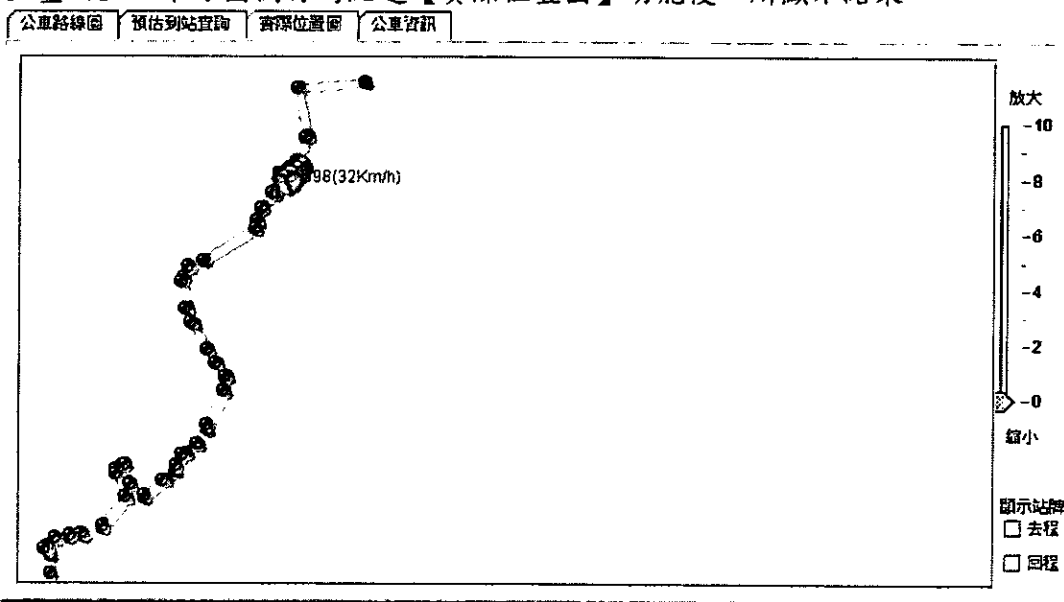


圖 4-1-8 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(三)-實際位置圖

當選擇【公車資訊】功能查詢時，便會將該路線上所有公車目前的資訊傳送至畫面上，包括所在站別、方向、經緯度與行駛速度等詳細資訊。下方圖例係為點選【公車資訊】功能後，所顯示結果：

車號	狀態	速度(Km/h)	方向	訊號中斷時間	經度	緯度
270-FB	士林站	0	無	0日2時42分15秒	121.4962333333...	25.10039233333...
2U-705	士林站	0	無	0日3時17分32秒	121.4962166666...	25.100459
2U-698	無狀態	39	西南方	0日0時0分14秒	121.5399	25.14024233333...
272-FB	士林站	0	無	0日2時53分26秒	121.4962666666...	25.100459
2U-695	士林站	0	無	0日1時41分53秒	121.4962333333...	25.10029233333...
2U-699	士林站	0	無	0日2時23分15秒	121.4962	25.100359

圖 4-1-9 首都客運公車動態資訊查詢網頁畫面(四)-公車資訊

乘車旅客可以在出門前時，透過連到 <http://bus.tpc.gov.tw/> 網站，連到網際網路上查詢乘車路線以及乘車時刻表等資訊。進入該系統後可查詢：

- (1).板橋客運站路線資訊
- (2).乘車路線查詢
- (3).乘車時刻表查詢
- (4).滿意度調查

公車路線查詢 公車直達查詢 公車轉乘查詢 公車捷運轉乘查詢 公車火車轉乘查詢 回首頁

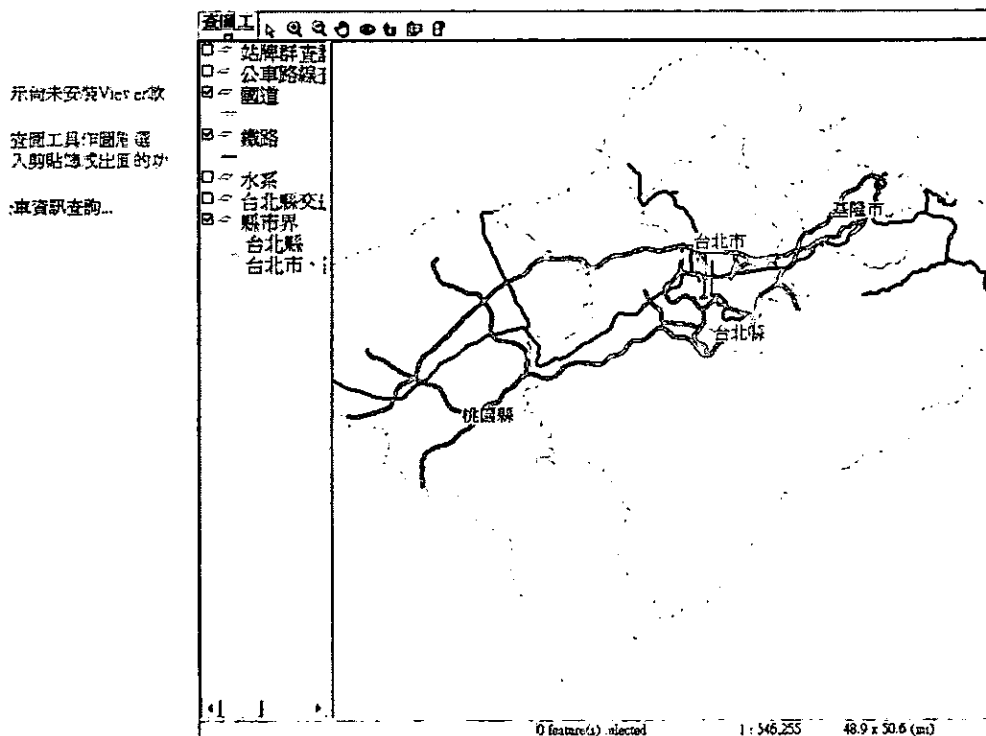


圖 4-1-10 台北縣公車乘車資訊查詢網頁畫面

二、台中市：

1.背景說明：

台中市政府推動公車動態資訊系統整合租用計畫，為了因應都市急速發展，大眾運輸系統的普遍及需求的增加下，一般民眾對公車的普遍需求及服務品質的要求，期望解決都會區在行的方面問題。而台中市政府在民眾的高期望與有限的經費下有效規劃提供舒適便捷的公車服務，同時有效管理及提高公車服務的品質。

主要目的在於透過先進車輛定位，資料與通信科技的整合應用以提供民眾即時、穩定的車輛行車資訊，藉以提昇台中市整體公車運輸系統之服務品質及經營管理績效，並落實交通部推動大眾運輸系統智慧化的政策。係以台中市公車動態資訊系統為範疇，對象包含公車行車即時資訊的掌控、智慧型站牌資訊的更新及狀態的控制、以及結合網際網路之整合服務。

國內各縣市公車業者眾多，各個業者之經營環境不同且在內外複雜因素影響經營下，公車服務路線複雜，監控不易而造成公車行駛未依預定路線、未依行車時刻表而脫班率高，造成民眾對公車服務品質的不信任以致對公車的使用率低的惡性循環。由政府效能之角度而言，目前國內公車管理制度，由於涉補貼制度及不同主管機關之協調，易造成管理盲點與行政作業成本浪費，確有改善之必要；由法令落實之角度而言，目前國內有關管理規定雖然詳實，但由於稽查人力有限，易使法令規範流於形式，無法達成預期之管理目標。

2.建置規模：

在建置規模方面，目前台中市之公車運輸服務主要係由台中與仁友兩家汽車客運業者所提供；規劃將在行駛都市繁榮地帶交通頻仍之約五百二十輛公車裝置「車機」發射信號至交通控制中心，然後由控制中心再發射信號，至智慧型公車站牌，由所裝置之接受器接受，對公車行駛狀況在站牌中顯示，乘客在等車之際，可瞭解各路公車行駛之狀況判斷班車到達時間。

每一智慧型站牌可顯示六條路線公車行駛之情形，交通過於頻繁地區可設置兩面以上之智慧型站牌，智慧型站牌設置總數為一百廿面。

公車之「車機」及接受器等所費不貲，採取租用方式辦理，車機及接受器之租用部分現階段為華夏公司之技術得標。

3.系統功能：

利用全球衛星定位系統 (GPS) 隨時掌握行駛中車輛位置及相關資訊，並透過網際網路及 GPRS 通訊技術，將公車運行位置資訊傳送給民眾，希望藉以改善大眾運輸服務品質，使大眾運輸使用者能精確獲得車輛到達時間，同時公車業者亦可有效管理車隊、提升營運效率。台中市公車動態資訊系統所提供之功能包括了路線查詢以及即時資訊顯示，其系統之建置目的，主要在提昇運輸安全、運輸效率及經營管理績效之目標下，針對公車於一般道路行駛之狀態進行

必要的監控及開發監控資訊的應用系統，並藉由本系統的建置，整合所有資訊以提高公車管理、即時提供一般民眾對公車動態資訊之取得、進而提高公司載客率及服務品質、同時經由即時動態資訊及事故之緊急回報提供車輛監理單位及警政單位有效管理公車之經營。此外，華夏提供每部公車配置一大型 LED 資訊面版，其目的在於提供公車司機完全掌握該車輛之運作狀況（如班次、路線、司機名稱等資訊確認），並可於日後擴充其展現資訊之內容，以提供旅客豐富的行車資訊服務。

4.系統架構：

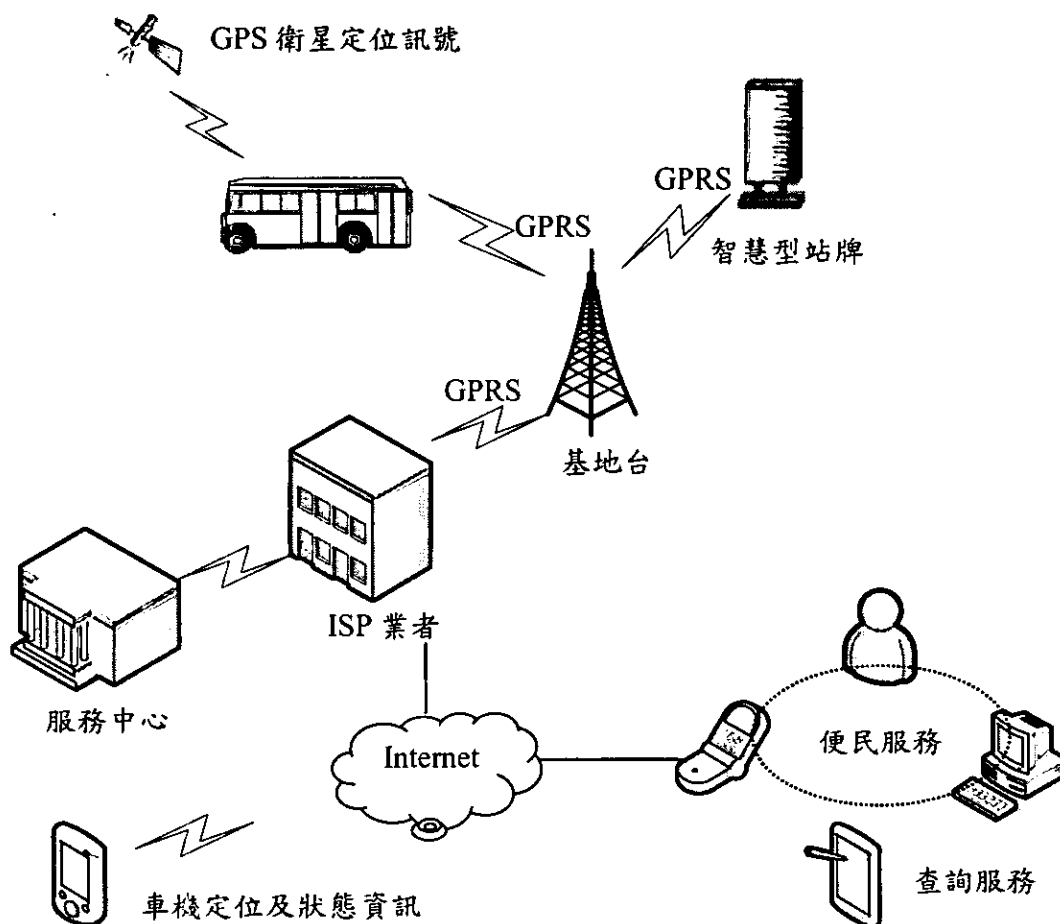


圖 4-1-11 台中市公車動態資訊系統架構圖

連結進入【台中市公車動態資訊系統】後，將會在 Web 畫面中直接顯示台中客運與仁友客運之線上班次行車狀況。點選系統中【路線查詢】之功能後，將會顯示台中客運與仁友客運之的各路公車，再於畫面上點選欲查詢的路次後，即可查到該路公車的行經路線，下方圖例係為點選【路線查詢】功能後，所顯示結果：。

台中市公車動態資訊系統

台中客運		仁友客運	
14	綠川東站—東夏社區	1	台中車站—大坑圓環 (綠川西站)
15	綠川東站—獅子坑橋	2	台中車站—亞哥花園 (綠川西站)
22	台中車站—東海大學		
31	民俗公園—竹仔坑		
41	綠川東站—勤益技術學院	21	台中車站—貴坑山莊 (綠川西站)
46	台中車站—新莊村	22	台中車站—僑光商專 (綠川車站)
100	潭子—省議會	30	台中車站—麗東學院 (綠川車站)
102黃	水湳—彰化 (黃)	31	台中車站—中興橋
102白	水湳—彰化 (白)	37	台中車站—頂林厝
103	新莊路口—光復新村	40	台中車站—中台新村
105	綠川東站—忠義村	41	台中車站—台中榮總—麗東學院
106	台中車站—監理所	45	台中車站—國安國宅 (綠川車站)
107	黎明新村—光復新村	105	北屯 (西張型) —台中車站—龍井
135	僑光商專—中山醫學院	125	西屯 (僑光商專) —台中火車站—大肚 (火車站)

圖 4-1-12 台中市公車動態資訊系統

下方圖例係為點選【公車路線查詢】功能後，所顯示結果：

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://citybus.geda.com.tw/msg/Applet.html>. The page title is "台中市公車動態資訊系統". Below the browser window, there is a search interface with a dropdown menu set to "台中客運" and a search button labeled "更新路線". The search results are displayed in a list format, organized into columns. The list includes various bus routes and stops, such as "僑光商專", "航發中心", "西安里", "逢甲大學", "大魚池", "下湳仔", "河南路口", "頂上石里", "上石里", "惠中路口", "台中學苑", "洛陽路口", "王子公司", "勤興社區", "頂何厝(西屯路)", "何厝(西屯路)", "漢口路口(西屯路)", "市府宿舍", "忠明路口", "健行路口(西屯路)", "科博館(西屯路)", "淡清里", "英才公園", "中港路口", "師範學院", "市農會", "台中醫院", "市政府", "合作金庫", "第一銀行", "台中火車站", "第三市場", "台中國小", "台中高農", "南門仔", "明德家商", "南門路口", "興大二村", "中興大學", "學府路口", "建成路口", "江厝", "永和街口", "永和社區", "信義國小", "和平村", "忠明南路口", "永和國宅", "下湳仔", "僑商工商", "永興里", "台中高工(高工路)", "復興路口", "中山醫學院", "中山醫學院", "復興路口", "台中高工(高工路)", "永興里", "僑商工商", "下湳仔", "永和街口", "永和社區", "信義國小", "和平村", "忠明南路口", "永和國宅", "江厝", "建成路口", "學府路口", "中興大學", "興大二村", "南門路口", "明德家商", "南門仔", "台中高農", "台中國小", "第三市場", "台中學苑", "洛陽路口", "王子公司", "勤興社區", "頂何厝(西屯路)", "何厝(西屯路)", "漢口路口(西屯路)", "市府宿舍", "忠明路口", "頂何厝(西屯路)", "勤興社區", "王子公司", "洛陽路口", "台中學苑", "惠中路口", "上石里", "頂上石里", "河南路口", "下湳仔", "大魚池", "逢甲大學", "西安里", "逢甲大學城", "同心路口", "西苑國中", "僑光商專".

關閉視窗
圖 4-1-13 公車行駛資訊

三、高雄市：

1.背景說明：

高雄市區之公車運輸系統目前係以高雄市公共車船管理處所提供的服務為主。目前計有建軍站、加昌站、小港站、前鎮站、瑞豐站、金獅湖站、左營北站、火車站、鹽埕站以及左營南站等十處調度站，公車約 450 輛，站點數約有 2,200 處，服務路線約 61 條。

系統主要在建立公車動態資訊，使經營單位與一般民眾可以即時查詢公車資訊，對公車做即時監控與追蹤，透過 GPS 與 GIS 電子地圖的技術可以即時獲知公車所在位置與目前狀態與訊息，可以做即時的監控與處理：

- 一、即時查詢公車所在位置，以利公車調派。
- 二、即時監控公車狀態，掌握行車安全。
- 三、提供民眾即時公車訊息，縮短候車時間。
- 四、公車行車軌跡與歷史紀錄的監控與查詢。

2.建置規模：

租用之系統車機約 450 部，在考量有限資源發揮最大效益之前期下，高雄市公共車船管理處基於公車發車間距、使用率及車隊調度等因素，初期選擇 50、248、301、219、2、100、82、77 以及 24 共 9 路公車路線優先裝置該系統。而智慧型站牌設置部份，則因受限於高雄市區站牌設置區域空間條件限制與站牌附近居民接收意願等因素，選定建軍站等 134 處站點，以保留彈性，方便日後實際建置作業之進行。

現有公車動態資訊系統所提供的 61 條路線,分別為:

- 前鎮站:2、20、35、36、37、70
- 加昌站:203、205、218、245、28、301、31
- 小港站:12、14、15、201、202、301、62、63、66、69、71、機場幹線
- 左營南站:17、217、29、38、6
- 建軍站:248、50、52、53、73、88
- 瑞豐站:100、11、25、26、81、82、83
- 金獅湖站:24、33、72、76、77、79、91、92、科技藝術之旅專車
- 鹽埕站:0 北、0 南、219、60、78、93、柴山專線車、觀光休閒公車、高雄海港假期專線車

3.系統功能：

乘客

- ◇ 方便乘客作旅行規劃：乘客能同時掌握靜態的公車班次、路線與轉乘資訊與預估到站時間。
- ◇ 提昇可靠度：充分即時的行車資訊能避免不確定感對乘客所造成的不安。
- ◇ 增進安全性，利用公車動態即時資訊系統，可即時掌握車輛運行與進行第一時間危機處理。
- ◇ 多樣化的資訊發佈：乘客可利用站牌 LED 顯示、網際網路或其他有線、無線通訊方式，方便取得公車動態系統。

公車業者

- ◇ 提昇車輛調度與管理功能：透過即時車輛資訊回傳，並結合行車動態資訊，管理者可隨時監控公車執勤情況，進行臨時調度排班及車隊派遣。
- ◇ 強化人事管理效率：監控駕駛員超速次數、過站不停、脫班、離班等違規駕駛行為，讓站務人員輕鬆掌握駕駛員的行為。
- ◇ 減少緊急應變處理時間：駕駛員於營運途中適逢事故、肇事等意外狀況，能快速告知管理者，使管理者在最快的時間內處理。
- ◇ 提升競爭力：利用預估到站系統與行車間距維持模組，提供乘客到站預估資訊及提高到站的準確點，加強乘客乘坐大眾運輸的意願。
- ◇ 提升行車安全性：配合智慧型公車、動態即時資訊及歷史軌跡播放等技術，提供行駛中的車輛動態狀況，可以確保乘客安全，提供臨時應變之措施與緊急救助。
- ◇ 提升公車營運收入：提供正確的預估到站資訊、加強公車到站準點性、增加搭乘安全感、提昇駕駛服務品質，吸引更多民眾搭乘大眾運輸系統，進而增加業者營運收入。
- ◇ 強化乘客資訊提供：民眾在家中利用上網(便民網站)、PDA 及打電話(語音系統)或智慧型站牌，都能迅速獲知公車班次及預估到站時刻。
- ◇ 提昇車輛管理調度準確性：車隊管理人員能夠快速掌握車輛脫班的情況或其他特殊狀況，而更有效率的進行車輛調度與派遣作業。
- ◇ 提供即時車輛行車與監控訊息：場站的車隊管理人員及監控中心人員可以即時得知行進中車輛目前的行車狀況，如：車速、方向及駕駛員等資料。

前端部份為每部公車上所安裝之車機，該車機主要功能為接收 GPS 之定位訊號，然後再透過通訊模組將定位資料透過無線網路以封包格式傳回隨通電訊公司主機。如果要進一步知道公車行經各站的確實時間，可連上高雄市公車處查詢各站代碼，或可從網頁上下載 Java 軟體後直接查詢。



圖 4-1-14 高雄市公車動態資訊系統之智慧型站牌

智慧型站牌上線服務將與 MIS 系統整合，在火車站、機場、市府等重點站設置 20 處「智慧型站牌」，將公車推向便民、科技的境地；出門在外的民眾只要在站牌旁就可以直接得知公車到的站資訊，而且智慧型站牌具有故障自動偵測與顯示，可以加速維修時效。

為能因應高雄市公共車船管理處的多處調度站皆有所屬車隊且獨立執行車輛調度與派遣運作。因此系統除車船處總站係以 64K 數據專線連結系統主伺服器外，其餘之調度站以無線通訊網路負責提供公車班表登錄與行車資訊資訊傳輸連結之服務。主要功能包括：

A. 監控中心與統計分析

- 路線重疊度分析
- 班車準點性分析表
- 發車班距統計表
- 每車/公里載客人數統計表
- 往返班車發車時間統計表

B. 動態資訊控制

- 即時位置監控
- 預估到站時間
- 公車與司機資料維護
- 行車間距管理

C. 安全控管

- 個人密碼維護
- 權限控管

D. 便民網站

- 公車即時位置查詢
- 預估到站時間查詢

E. 公車調度排班系統

- 人車分配管理
- 預先排班管理

- 車輛動態管理
- 行車調度管理
- 派車作業
- 勤惰紀錄及統計
- 站務員勤務
- 預備人車管理

4.系統架構：

在行駛的每部公車上安裝傳送資訊之車機，該車機的主要功能為接收 GPS 之定位訊號，然後該定位資訊再透過通訊模組將定位資料透過無線網路以的封包格式傳回電訊公司之主機。

電訊公司之主機所收到的定位資訊分成三路訊號，一方傳送至監視器上，一方經由數據專線傳至高雄市公車調度站，這些定位資訊在高市公車加入排班資訊（將公車車號轉或公車路號）後再經由網際網路伺服器，經 TCP/IP 將 HTML 轉成公車動態資訊訊號後，再將訊號送至網際網路之用戶端。位於公車候車亭的智慧型公車站牌接收訊號，顯示在站牌的面板上，以便做為候車乘客參考之資訊，若是候車時間太長，則可以考慮其他路線轉乘。

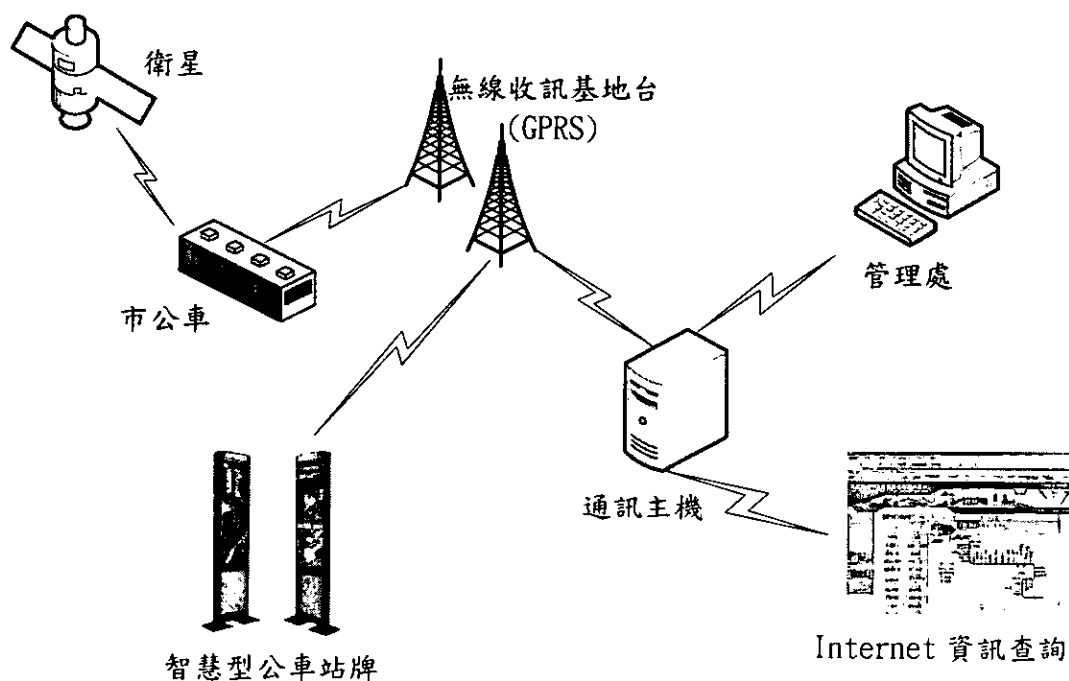


圖 4-1-15 高雄市公車資訊系統架構圖

使用者經由【高雄市公共車船管理處全球資訊網】首頁進入後，點選【公車動態系統】連結，再點選【直接進入】之連結，進入系統，逕行查詢線上公

車行車資訊。進入系統後，系統預設顯示功能為【公車路線圖】，將於畫面上顯示該路公車的行車路線與線上行駛之公車狀況；下圖即為 100 路《瑞豐-火車站》的公車行駛狀態。

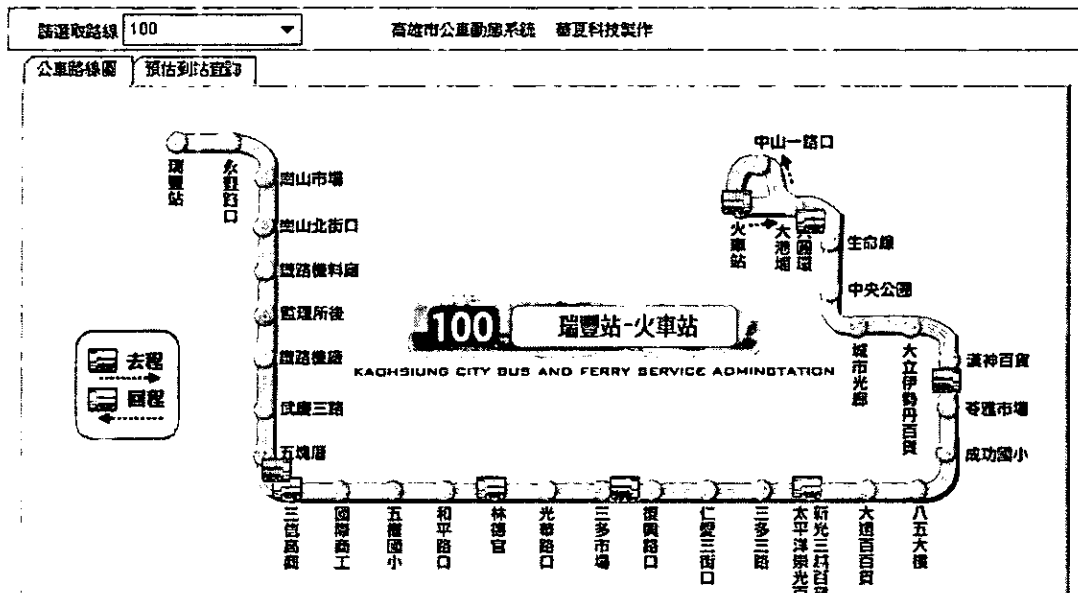


圖 4-1-16 高雄市公車動態資訊系統執行畫面 (一)

點選上方功能選單之【預估到站查詢】連結，可查詢公車於幾分鐘後會到達使用者所在該站，以及欲前往目的地之預計到達時間；以下圖為例：便是搭乘以 100 路公車，目前在【瑞豐站】、欲前往【永豐路口】之預估時間，右方顯示之訊息為系統所計算之預估時間。

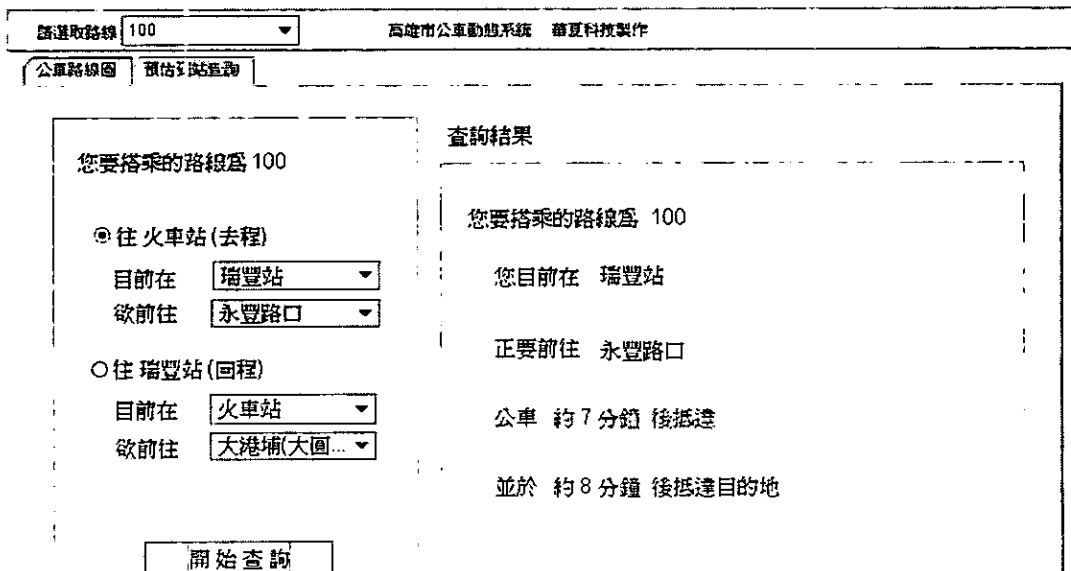


圖 4-1-17 高雄市公車動態資訊系統執行畫面 (二)

四、新竹市政府

交通部運輸研究所為配合促進大眾運輸發展及推動運輸系統智慧化，於民國八十八年機曾推動執行「新竹市公車動態資訊示範系統」之建置，該示範系統是交通部運輸研究所與交通大學運輸研究中心一同合作研發、建置之公車動態資訊服務系統。

副載波公車動態資訊站牌是將新竹市全市的十九線公車之到站資訊，藉由有線電視電纜傳輸至民眾家中與少數位於路邊的站牌，讓民眾可以在家看電視掌握公車動向再出門，減少等候公車時間。為了能提升大眾運輸服務品質，該套系統與新竹市政府合作並經由新竹客運公司、竹塹電台等單位協助，選擇交大、清大、東門市場及市區其它重要站點，共設置了九座「副載波公車動態資訊站牌」

本系統所採用之副載波為 FM90.3 之 RDS 波段；副載波波段是各調頻廣播電台傳送立體聲節目外所剩餘的波段，可用於數據資料廣播之用。由商請竹塹電台以副載波方式將各線公車之到站位置廣播至各站牌上，再由站牌內設之處理器加以辨識、並藉由 LED 看板顯示公車資訊。

公車將所經過的站名依序排列於站牌上，而若是公車到了某一站，則該站便會將燈號亮起，於候車的乘客便可清楚知道公車行駛到何處。每個智慧型工車站牌有正反兩面，站牌單面可以同時容納三條路線資訊，故雙面共可顯示六條路線。於站牌下方的白色壓克力板可以用來刊登市政資訊，或以刊登廣告的方式尋求廠商贊助。

利用 RDS 技術來傳遞即時公車資訊的最大特點，在於可充分利用現有廣播公司的數據資料傳輸管道，並不需要自行架設基地站或佈設通信管線，是相當經濟可行的方式。本系統利用 RDS 之技術來作為公車資訊的傳遞乃為國內外首創。茲將新竹市公車動態資訊系統之系統架構展示於下圖：

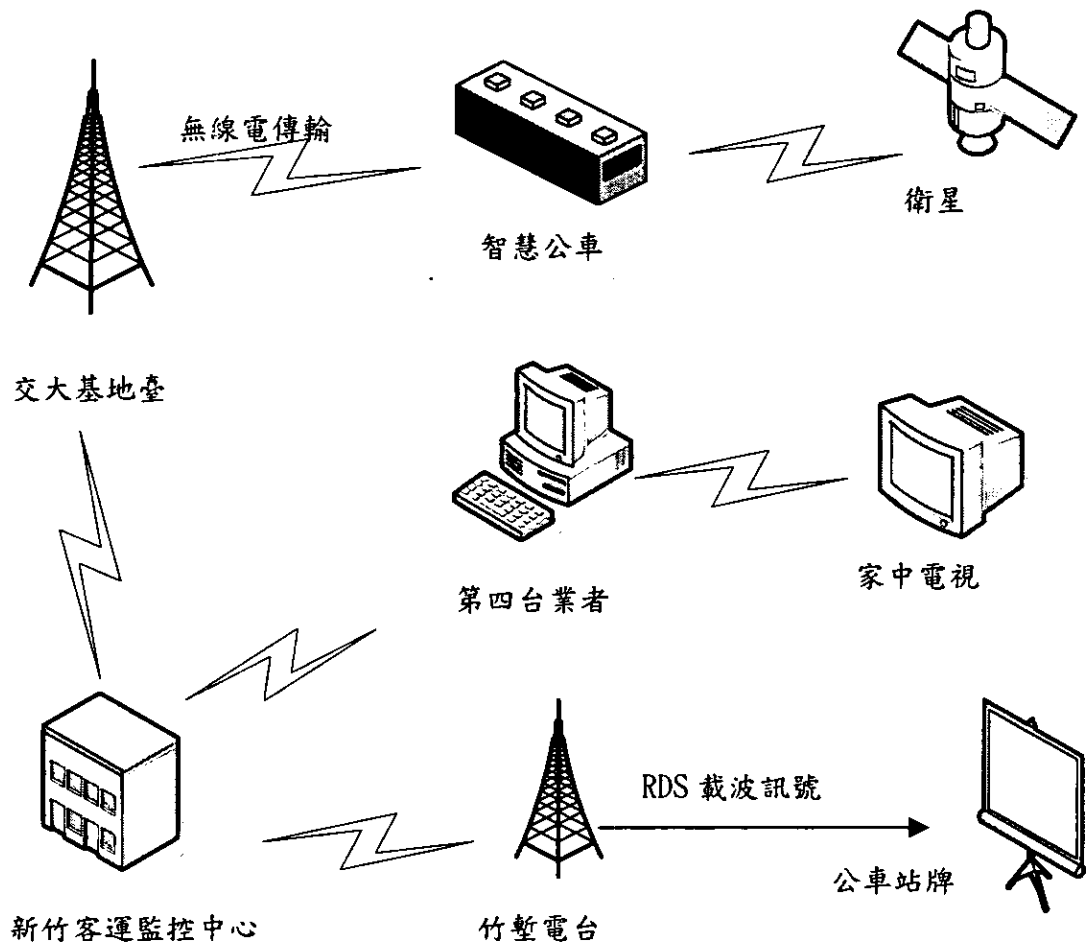


圖 4-1-18 新竹市公車資訊系統架構圖

依照對現行公車動態資訊系統之探討，本研究所預計開發之 APTS 雛形系統將以達成這些系統的基本功能為目標，並整合 MANET 通訊技術，用以驗證 MANET 技術於 ITS 的適用性。茲將以上三縣市(新竹市除外)建置之 APTS 功能比較如下：

表 4-1-1 我國現行 APTS 系統之功能比較表

	台北縣	台中市	高雄市
車機通訊定位方式	GPS	GPS	GPS
使用開發程式語言	Java	Java	Java
提供 GPRS 資訊服務	有	無	無
提供電子地圖	有	無	有
提供行車到站預測	有	無	有
提供公車行車軌跡	有	無	有
智慧型站牌之資訊	有	有	有
提供即時公車訊息	有	有	有
網路連線查詢服務	有	有	有
提供語音查詢服務	有	無	有

根據我國現階段之公車動態資訊系統與 APTS 系統建置現況，大部分之系統通訊技術侷限於使用長距但資料傳輸速率較小的通訊技術，(目前以 GPRS 技術為主)，並且其電子站牌或資料接取點使用有線網路傳輸，初步評估具有以下數項缺點：

1. 若採用傳統應用於 APTS 系統之展頻通訊技術，公車路線沿線架設密集的通訊基地台並透過多條數據專線的連結以便架構系統綿密的無線通訊服務網路。容易造成系統組織架構複雜化，增加設施設備故障機率與維修成本，更可能因為基地台地點取得不易而影響整體系統建置時程與成本。
2. 現階段使用蜂巢式行動通訊技術如 GSM/GPRS 等，除了該系統所能提供的資料傳輸速率過小外，其通訊費用將是固定且龐大的系統成本支出。
3. 對於站牌所接受到之公車行車資訊，目前是以透過系統業者的租用有線線路的方式將立即的行車資訊傳送到資訊處理伺服器，對於站牌的建置上若是需要許多支站牌時，這兩者將會增加建置成本。
4. 系統所設計的資料傳輸格式以廠商專屬格式為主，並未考慮到與其他系統相容性與標準等問題，將來系統在移植上較為困難。
5. 訊息被大樓、高山或隧道等阻礙時，將暫時會無法接受訊息。

4.1.2 MANET 應用於 APTS 之適用性探討與評估

根據本研究已於第一年度的研究中，進行 MANET 應用於 ITS 之初步適用性評估；其中在 APTS 方面，主要根據對個別使用者服務的特性與通訊需求加以探討，並分析如何將 MANET 系統應用在 APTS 服務上；根據這些個別的探討，對每一個使用者服務的適用性加以評等，分為高度適用、中度適用、低度適用、以及不適用等；本研究歸納其適用性的分析與評估表，內容包括使用者服務的名稱、功能與服務簡介、適用性評等、以及主要的分析與評估考量等；至於我國所規劃之 ITS 產品組合(market package)，多半是整合多項使用者服務中若干功能來達成，是對於將來推廣 ITS 系統的市場考量下之規劃，而非就技術與系統架構的規劃上加以分類。因此就技術上的探討而言，本研究針對使用者服務進行分析與評估，將比依據 ITS 產品組合來的恰當。茲將 ITS 使用者服務對於行動廣域免基地台式無線電系統的分析與評估表分項是列於下：

服務名稱	USR-3.1:行程中大眾運輸資訊服務
功能簡介	大眾運輸資訊之蒐集、提供與管理等，包括大眾運輸工具車內、車外之訊息提供
適用性	中度適用(Moderate Feasibility)
分析與評估	MANET 可用於將大眾運輸資訊提供至使用者行動單元，作為廉價之資料下載通道；對於行進中大眾運輸工具的資料蒐集，MANET 同樣可作為良好的資料上傳通道，無論是電子站牌與大眾運輸工具間，或是資訊提供站與使用者間，MANET 都能有效增進系統的功效(如提早預知運具的到達)，並優於使用蜂巢式行動通訊系統資料傳輸成本過高的問題。

服務名稱	USR-3.2:大眾運輸的營運管理
功能簡介	包括大眾運輸工具的車輛控制輔助、排班管理、以及雙向語音與數據通訊功能
適用性	高度適用(High Feasibility)
分析與評估	大眾運輸工具的車輛控制輔助、排班管理等並無主要的通訊需求，而大眾運輸的營運管理在通訊需求上，最重要的便是與車間通訊相關之雙向語音與數據通訊功能；傳統上的語音通訊使用之無線電系統並無法滿足數據通訊的需求，而使用 MANET 理論上能夠同時滿足語音與數據通訊需求，並由於其動態自行組織的特性，能夠將行進中的大眾運具連接成為通訊網絡，在動態運具的營運管理上有極大的助益；相較於同樣滿足此需求的蜂巢式行動通訊系統，MANET 的資料傳輸成本相對低廉許多。

服務名稱	USR-3.3:大眾運輸車輛安全
功能簡介	包括對弱勢用路人接近之警示、駕駛視覺改善、以及意外事故的緊急通報
適用性	低度適用(Low Feasibility)
分析與評估	大眾運輸工具為了保護弱勢用路人，所需要的接近警示與視覺改善等，多半需要依賴車上裝配的感知器或雷達系統；雖然可利用 MANET 蒐集鄰近的交通路況，但對於即時發生之弱勢用路人的接近警訊或車輛鄰近的視覺死角，並無明顯的幫助。MANET 較適用於作為意外事故的緊急通報管道，尤其在其他無線通訊系統未涵蓋的範圍內，使用 MANET 透過其他路線上的大眾運輸工具進行跳接式傳輸，可有效進行意外事故通報的效率。

總體而言，利用 MANET 技術進行 APTS 服務具有下面數項優勢：

■ **降低無線通訊網路設備的建置成本**

APTS系統中需要進行之通訊服務包括行動公共車輛與中心伺服器單元的通訊、路側智慧型站牌與中心伺服器單元間的通訊、以及行動公共車輛與路側智慧型站牌間的通訊等；傳統上路側智慧型站牌與中心伺服器單元間的通訊倚賴有線網路技術提供通訊服務，因此在建置時除了需要拉設電源線外，還需要另外拉設電信或電腦網路通訊線路，相對於目前已於道路上廣泛拉設之電源線路(包括以建置之號誌、路燈、LED顯示板等)，拉設有線網路線路所需要進行之線路建置、以及相關基礎建設成本等，將是一項龐大的支出。

至於行動公共車輛與中心伺服器單元或路側智慧型站牌間的通訊，需要利用行動無線通訊技術，傳統上行動公共車輛與中心伺服器單元或路側智慧型站牌間的通訊可能使用不同的通訊技術，因此提高通訊系統與行動車機系統的複雜度，並徒然增加了無線通訊平台的建置成本；使用MANET技術即可將行動車輛的資訊透過跳接式通訊傳送至中心伺服器單元或路側智慧型站牌，由於行動公共車輛所需要的無線通訊平台可與中心伺服器單元與路側智慧型站牌間的組成的MANET通訊平台共用，因此可降低無線通訊設備的建置成本。茲將MANET應用於APTS在網路建置成本的優勢列述於下：

- i. 利用MANET進行路側智慧型站牌與中心伺服器單元間的通訊服務，可有效去除使用有線網路的線路拉設成本。
- ii. 路側智慧型站牌間可透過跳接式傳輸方式，擴大與中心伺服器單元或無線網路接取點的傳輸涵蓋範圍，降低無線通訊與有線網路(如ITS骨幹網路)連接之網路接取設備密度，因此能夠降低網路基礎建設的成本。

- iii. 行動公共車輛與路側智慧型站牌等通訊設施都可於MANET平台中參與封包轉送的工作，理論上額外增設MANET節點的需求量能夠降低。
- iv. 成熟的MANET設備能源消耗不大，因此在架設MANET網路設備能夠共用現存之電源設備，如交通號誌與路燈的電源，以及行動車輛上的電池直流電等，如此一來可大幅降低電源線的拉設成本。

■ 提高無線通訊網路服務的通訊涵蓋範圍與資料傳輸速率

MANET技術利用跳接式傳輸有效擴大網路節點間的通訊涵蓋範圍，因此在網路節點間的傳輸距離方面，可選擇傳輸距離較短但提供資料傳輸率較高的無線通訊技術；傳統上在ITS或APTS無線通訊技術的選擇上，由於受限於滿足訊息涵蓋範圍較廣，且具有較高移動性的通訊需求，因此所採用的通訊技術多半屬於網路接取基地台訊息涵蓋達數公里遠的蜂巢式行動通訊網路技術，而這些通訊技術最多僅能提供數百kbps的傳輸速率，對於APTS所能提供的服務造成限制；MANET技術能夠有效解決目前資料傳輸速率不足的問題，在網路實體層的技术考量中，MANET適合採用高頻帶且具有高資料傳輸速率的技術，如無線區域網路技術標準IEEE 802.11a, b, g等，提供高達數十Mbps的無線通訊效能，此外在移動性的考量下，MANET本身具備了行動動態繞徑的能力，因此不需要進行基地台換手等問題；根據我們的研究與實驗指出，採用無線區域網路實體層技術時，即使行動速度高達100km/hr以上，仍能夠提供不錯的通訊品質，因此對於行動速率較低的公共車輛，使用以無線區域網路技術為基礎的MANET能夠在行動性與傳輸效能上取得雙贏。茲將MANET應用於APTS在訊息涵蓋範圍與資料傳輸速率的優勢列述於下：

- i. 利用MANET進行跳接式傳輸服務，可在提供高傳輸速率的條件下擴大網路接取點之通訊涵蓋範圍。
- ii. 以無線區域網路技術為基礎之MANET理論上能夠提供高達數十Mbps的無線通訊服務，足夠的資料傳輸速率能夠滿足更多元化之APTS應用服務。
- iii. 在MANET通訊平台之中，由於通訊涵蓋範圍的擴大乃是透過網路節點間的封包轉送，因此單一網路節點或無線通訊基地台的無線電傳播範圍不需要佔用過大的區域，這種特性使得廣域空間中的無線電頻段得以重複利用，不但能夠有效提升單位空間的資料傳輸速率，亦可在網路設備建置規劃的同時，僅佈設需要的空間(如公車行經道路等)，因此在能量消耗與設備建置成本上獲得節約。

■ 獲致系統營運與維護的便利性

使用MANET技術作為APTS系統之通訊平台時，由於不需要有線網路的佈設，除了在建置上較為簡便與成本低廉外，在營運與維護上亦具有便利性。MANET網路通訊設備理論上具有隨插即用的能力，也就是說MANET網路通訊設備只要進入MANET通訊平台涵蓋範圍，便能夠加入該網路的通訊服務，在營運上對於設備地點的變更以及系統規模擴充上尤其方便；在維護上除了隨插即用的便利性可加速系統檢修的速度外，由於MANET具有動態自組網路的功能，因此即使MANET網路上的節點發生障礙，造成傳輸服務受到影響，該傳輸服務理論上能夠自行尋找替代傳輸路徑，讓影響減到最低，也就是說MANET技術已具備不錯的容錯能力。茲將MANET應用於APTS在系統營運與維護上的優勢列述於下：

- i. MANET通訊設備具有隨插即用的功能，因此對於營運設定上的變更與擴充格外便利，如公車路線的變更可逕行移動或新增必要之MANET網路節點即可。
- ii. MANET技術可操作於不同無線電頻段，因此可利用無須收費的頻段(如IEEE 802.11b頻段)進行通訊服務，大幅降低營運時的通訊成本。
- iii. MANET通訊技術由於具備動態自行組織網路的能力，因此其容錯能力較佳，在可以降低網路發生障礙時受影響的程度。
- iv. MANET通訊設備具有隨插即用的能力可加速系統維護與檢修的速度，如直接更換受影響的網路節點，而不需要額外的設定與佈線。

■ 與ITS其他應用服務的互用與整合

由於MANET技術提供較高的資料傳輸速率與靈活的建置、營運、維護模式，因此在APTS系統所建置之MANET通訊平台能夠與其他ITS應用服務互用。由於資料傳輸速率足夠，這些建置於路側或車站、交通號誌上的MANET網路節點，可同時提供ATMS、CVOS、以及其他需要與ITS服務中心連接之ITS應用服務；一般旅行人亦可購置MANET設備安裝於自用車上或個人行動電腦，便可即時享受MANET通訊平台所提供之傳輸服務，包括在移動中取得旅行資訊或進行無線上網等。茲將MANET技術與相關ITS應用服務的互用性優勢列述於下：

- i. 由於MANET通訊平台能夠於道路上提供足夠的資料傳輸速率，因此對於需要於道路上進行通訊服務的ITS系統，包括ATMS、APTS、CVOS等，均可利用單一MANET通訊平台進行資料交換，獲得高傳輸速率且成本低廉的傳輸服務。
- ii. 相較於目前使用無線區域網路技術的熱點(hot spot)上網方式，若使用MANET作為APTS與其他ITS服務的通訊平台，一般旅行人只要

購置MANET設備即可在道路上獲得具移動性且高效能的無線通訊上網服務，或是ATIS服務等。

- iii. 對於在偏遠地區進行緊急事故管理而言，MANET技術能夠迅速建立緊急事故管理之無線通訊網路，(透過緊急事故處理車輛、人員間的MANET通訊設備相互連通)，甚至透過適當的MANET網路節點安排，可迅速建立偏遠地區與管理中心伺服器間的通訊管道，提升緊急事故處理的效率。

為了從務實的角度進行 MANET 技術對 APTS 適用性的評估，本研究將從三個主要方向加以深入探討，其相關評估數據將以 3.2 節所提及之大規模 MANET 通訊平台量測結果為參考；由於本研究所進行之 MANET 效能量測與數據分析偏重於實際道路環境的量測，加上與本研究合作之智網 IWICS 公司具有較為成熟的 MANET 產品，因此即使現階段的 MANET 設備在資料傳輸速率的表現上低於交通大學雛形系統的效能，但在系統穩定度與產品成熟度上較高，其評估結果在實際上具備較高的參考價值。茲將本研究進行 MANET 技術對 APTS 適用性的評估方向分述於下：

1. **以 APTS 通訊服務需求與 MANET 通訊效能角度進行技術上的適用性評估。**本研究針對 APTS 的通訊服務類型與需求進行分類，並根據本研究的 MANET 效能量測結果，評估現階段 MANET 技術是否能夠有效滿足這些傳輸服務需求；此部分的分析工作以通訊技術上的適用性分析為主。
2. **利用 MANET 技術建置 APTS 服務之建置成本特性分析。**本研究參考國外 ITS 系統建置成本評估流程，評估 MANET 應用於 APTS 的建置與營運成本特性；此部分的分析工作以無線通訊平台的建置成本分析為主。
3. **以都會規模為考量估算 APTS 系統利用 MANET 技術的建置成本。**本研究以高雄市公車動態資訊系統為分析案例，估算使用 MANET 技術在都會規模下的建置與營運成本；此部分的分析工作以 APTS 案例探討為主。

4.1.2.1 APTS 通訊服務需求與 MANET 通訊效能適用性分析

在 MANET 應用於 APTS 服務的效能評估方面，將根據本研究第一年度的委員建議，進行訊息即時性的分類與驗證；訊息的即時性需求與其所要傳遞訊息的目的與功能有關，本研究特別參考過去交通部運研所委託研究計畫『智慧型運輸系統 (ITS) 通訊協定之研究—通訊網路評選模式之建立』，根據該報告所提出之通訊容量評估模式與案例進行分析；此處所謂的通訊容量，有別於單一連線之資料傳輸速率，而指的是在多使用者環境中，所有通訊終端無線連線 (End-to-end wireless connection) 所需要之資料傳輸速率總和，也就是說整體 MANET 網路平台能夠同時提供之無線通訊服務資料傳輸速率總和。假設在某範圍內 MANET 通訊平台用以進行 ITS 服務所需要的通訊終端無線連線數目為 n ，對於每個通訊終端無線連線 c , $c=1..n$ ，滿足該連線所需要之資料傳輸速率為 d_c ，則整個網路所需要之通訊容量需求 $C_{require}$ 為：

$$C_{require} = \sum_{c=1}^n d_c$$

舉例說明如下：假設在 MANET 網路平台涵蓋範圍內，20 台車輛透過 1 個網路接取點將公車車況資料定時回傳給 APTS 中心伺服器，便需要 20 個通訊終端無線連結，假設平均之資料傳輸速率需求為 100Bytes/sec，則 MANET 通訊平台若需要滿足這樣的通訊需求，則必須提供 $100 \times 20 = 2k\text{Bytes/sec}$ 之通訊容量。根據本研究對於 MANET 通訊效能的量測結果得知，在多使用者環境下以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台整體通訊容量在多個使用者對單一網路接取點之運作模式僅會些微下降，甚至在多對多運作模式中，整體通訊容量顯著上升，因此此處的評估方式將以分析多使用者環境下的通訊容量需求為基礎，並根據實地量測結果判斷本研究所提出之 MANET 方案是否能夠滿足該通訊容量需求。為了有效探討 APTS 在多使用者環境下的通訊容量需求，下面根據 APTS 中高度即時性、中度即時性、低度即時性等通訊服務之通訊需求加以探討；通訊容量需求分析以本實驗平台之範圍(方圓 1.2 公里)為以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台規模，該通訊平台僅包含 1 個閘道器作為 MANET 通訊平台中其他節點(包括路側設備、行動車機等)與 ITS 骨幹網路或網際網路之網路接取點，預估該範圍內同時需要進行無線通訊服務之單元包括：

- a. 1 個 MANET 閘道器作為網路接取點
- b. 4 個電子站牌(不同路線但位於相同位置的站點共用同一個電子站牌)
- c. 20 輛搭載行動車機之公車

為了利用 MANET 技術完整涵蓋 ITS 服務區域，在本評估模式中則必須建置多個相同規模之 MANET 通訊平台，每個以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台透過固定網路組成的 ITS 骨幹網路彼此連接，或是透過網際網路互連；值得一提的是，在 MANET 通訊平台中路側單元與傳統之 ITS 通訊平台技術方案與建置方式不同，如同上面的說明，每個 MANET 通訊平台僅需要一個閘道器作為網路接取點，因此除了閘道器外，通訊平台內所有節點，包括固定式電子站

牌、偵測器、可變號誌等，均不需要拉設有線網路，因此完整涵蓋 ITS 服務區域所需要拉設的有線網路數目即為所需要之 MANET 通訊平台數目。

以下根據上述 MANET 通訊平台規模與預估參數進行不同即時性需求下的通訊容量需求評估：

1. 高度即時性(real-time signal)：

高度即時性資訊包括如緊急事件通知訊息、交通號誌狀態與控制訊息等；這些訊息需要相當即時且短暫的傳遞時間，而且由於這些訊息多半涉及與交通安全相關的資訊，因此這些訊息的傳遞以及處理所需的時間必須相當短，其資料傳輸服務的穩定度必須提高，本研究暫訂高度即時性訊息之傳遞與處理時間必須在數百毫秒(1 秒以內)。

根據對 APTS 應用服務的探討，大部分的資訊並不屬於高度即時性資訊，少數如大眾運輸車輛安全相關服務，包括對弱勢用路人接近之警示、駕駛視覺改善、以及意外事故的緊急通報等；雖然根據本研究所測得之 MANET 系統運作效能，其平均資料傳輸速率與平均封包延遲似乎能夠滿足此高度即時性的需求，但礙於傳輸服務穩定性的考量，MANET 技術並不全然適合在小範圍內作為此類緊急警訊傳播之用。

然而事實上 APTS 系統所需要的資料傳輸即時性並不需要限制在數百毫秒之內，而是可以利用 MANET 有效擴大資料傳輸範圍的特性，提早對必要的設備與人員發出警訊即可。以弱勢用路人接近之警示服務為例，使用 MANET 技術能夠讓公共運具對數公里遠的人員與路側警示裝置提出警告訊息，若換算成為時間即可在數分鐘前提出警訊，這些警訊所需要的資料量不高，甚至可以使用廣播的方式對特定區域的所有網路節點提出警訊以節省資料傳輸量。

根據交通部運研所公佈之 ITS 通訊網路評選模式，本研究計算所需要的資料傳輸量並進行資料傳輸速率之需求量概算；MANET 通訊平台的功能與規模將參考本研究對龍潭 MANET 實驗平台之量測數據做參考；以弱勢用路人接近之警示服務為例，行動公共車輛需要對路側設施提出警告訊息，此傳播模式屬於車輛到信號柱(站牌)的傳播模式，我們並假設在如同本實驗平台之範圍內(方圓 1.2 公里)具有約 20 輛公車同時行走，並對 30 個固定點提前發出警訊，其所需要的資料傳輸量如下：

車輛到信號柱的傳播預估模式如下：

$$\begin{aligned}F &= S_{\max} / L_{\min} \\N_v &= R / \{ [T_p * S_r] / r \} + 1 \\N_a &= F * N_v * 2 \\N_m &= N_v * 2 \\D_a &= N_a * K \\D_m &= N_m * K\end{aligned}$$

Where F: 頻率(1/sec) S_{\max} : 最高時速(km/hr)
 L_{\min} : 最小站距(km) N_v : 方圓半徑 R 公里中可能之車輛數
R: 涵蓋半徑(km) T_p : 尖峰發車時間(hr)
r: 彎曲度 S_r : 最低行駛速率(km/hr)
 N_a : 單位時間平均資料傳輸次數
 N_m : 瞬間資料最大傳輸次數
 D_a : 單位時間平均資料傳輸需求
 D_m : 瞬間資料最大傳輸需求
K: 單位資料大小(byte)

初步估計單筆資料傳輸量包括車輛編號、路線編號、位置、車速等，不超過 50Bytes，因此在平台中所有車輛對所有路側設施所需要的瞬間傳輸資料量為：

$$\begin{aligned}N_v &= 20, N_m = 20 \times 2 = 40, \\D_m &= 40 \times 50 = 2000 \\ \text{實驗平台之瞬間傳輸資料量} &= 2000 \times 30 = 60\text{kBytes}\end{aligned}$$

由於在假設公共車輛平均行駛速率為 40km/hr 條件下，通過該實驗平台涵蓋範圍的平均時間約為 $1.2/40=108(\text{sec.})$ ，在保障車輛到達前 60 秒送達這些警號訊息，則所需要的資料傳輸速率為 $60/(108-60)=1.25\text{kBytes/sec}$ 。

另外在意外事故的緊急通報方面，由於傳輸需求發生的頻率不高，加上文字訊息所需要的資料量亦較小，因此預估加上前述之弱勢用路人接近之警示服務等，高度即時性的資料傳輸需求在保留 2kBytes/sec 之傳輸頻寬條件下應可滿足。

2. 中度即時性(semi real-time signal)：

如行動車機上傳之定位資訊與車況、公共車輛的到達通知與預估到達時間等；這些資訊與時間的相依性較高，若傳遞與處理時間過長，訊息所表達的內容已不能確實反應實際狀況而不具價值。本研究暫訂中度即時性的傳遞與處理時間須在 10 秒內。

以現行之 APTS 系統為例，中度即時性的資訊主要包括行動車機傳遞至控制中心之定位與車速資訊、行動車機傳遞至電子站牌之車輛到達資訊、以及控制中心至電子站牌之車輛資訊等。這些資訊所需要的即時性不高，但屬於反覆性的傳輸通訊需求，多半需要在數秒至數十秒內重複傳送類似的訊息；我們同樣採用前述之通訊平台規模，並參考適當的傳播模式進行傳輸需求的預估。

初步估計單筆資料傳輸量包括車輛編號、路線編號、位置、車速等，不超過 50Bytes，此處主要的通訊模式包括下面數項：

(1)車輛到電子站牌的到達通知

可延續行動車輛到信號柱的傳播預估模型計算，預估約每 5 秒進行一次傳送，並假設實驗平台範圍共有 4 個電子站牌設置，因此：

訊息傳送頻率 $F=0.2$,

車輛數 $N_v=20$,

單位時間平均資料傳輸次數 $N_a=F \times N_v \times 2=8$

單位時間平均資料傳輸需求 $D_a=N_a * K=400(\text{bytes/sec.})$

假設若每輛車的到達通知在實驗平台範圍內必須同時送達所有電子站牌，則需要的資料傳輸速率為 $400 \times 4=1.2\text{kBytes/sec}$ 。

(2)車輛到控制中心的車輛位置與車速資訊

此處屬於車輛到控制中心傳輸模式，然而在 MANET 通訊平台中，控制中心可以同為 MANET 網路中的一個節點，或是與控制中心連接的 gateway 亦屬於 MANET 節點之一，因此此處傳播模式可視為行動車輛與特定 MANET 節點的資料傳送服務；預估約每 5 秒進行一次傳送，並假設實驗平台範圍共有 1 個 gateway 或控制中心設置，因此：

訊息傳送頻率 $F=0.2$,

車輛數 $N_v=20$,

單位時間平均資料傳輸次數 $N_a=F \times N_v \times 2=8$

單位時間平均資料傳輸需求 $D_a=N_a * K=400(\text{bytes/sec.})$

由於所有行車位置資訊均送達至同一個控制中心或網路節點，因此所需要的資料傳輸速率即為 $400\text{bytes/sec}=0.4\text{kBytes/sec}$ 。

(3)控制中心到電子站牌的車輛資訊

初步估計此處單筆資料傳輸量包括車輛編號、路線編號、位置、車速等，不超過 50Bytes，但由於所需送達的資料量與站牌所需要顯示的路線數，以及營運中的車輛數有關，因此假設在滿足實驗平台內車輛數的狀況下，其每輛車的資料更新時間同為 5 秒，因此平均每秒所需要的資料數為 $20/5=4$ ：

訊息傳送頻率 $F=4$,

站牌數 $N=4$,

單位時間平均資料傳輸次數 $N_a=F \times N \times 2=16$

單位時間平均資料傳輸需求 $D_a=N_a * K=800(\text{bytes/sec.})$

由於實際上在 APTS 運行時電子站牌所需要顯示的路線數與車輛數超過此處所述之 20 輛，在假設電子站牌路線數為 10 條，每條路線同時營運的車輛為 10 輛條件下，該實驗平台所需要滿足控制中心到電子站牌的傳輸服務為每 5 秒 100 筆資料，所需要的資料傳輸速率為 4kBytes/sec 。

根據上述相關資訊之資料傳輸速率需求量加總，中度即時性的資料傳輸需求在保留 6kBytes/sec 之傳輸頻寬條件下應可滿足。

3. 低度即時性(common information)：

如區域訊息廣播、旅行人資訊服務、無線上網服務等，由於資料量可能較大且不具即時性需求，可允許較長的反應時間；本研究暫訂使用者能夠接受的資料反應時間最大值約為 1 分鐘。

APTS 系統中所需要的低度即時性資料可規劃為遠端車況或路況照片，具人機介面的互動資訊，以及廣告等，這些資訊多半使用多媒體資訊的資料格式呈現，進行包括文字、圖片、聲音媒體資訊展現；這些資訊多半位於控制中心先行彙整後，在依照需要傳遞至使用者；根據過去網際網路的經驗預估，使用者點選多媒體網頁資訊所需要的資料傳輸速率約在 64kbps 至數百 kbps 即可滿足，我們可預估在本實驗平台中，所有電子站牌均提供 APTS 資訊服務並同時在使用中的情況下，APTS 資訊服務使用者的資料傳輸速率需求約在 20kBytes/sec 左右。

另外如即時車況照片或路況照片等，需要將行動車機或路側設施所拍攝之照片圖檔傳送至控制中心，其預估之通訊服務需求如下所述：

初步估計單筆資料傳輸量為解析度不高之實體數位照片(640×480 像素)，其資料傳輸量約為 70kBytes，照片更新頻率為 1 分鐘 1 次，所需要傳送的設備包括 1/4 行動車機作為探測車與電子站牌，因此：

訊息傳送頻率 $F=1/60$,

車輛數與站牌數 $N_v=5+4=9$,

單位時間平均資料傳輸次數 $N_a=F \times N_v \times 2=0.133$

單位時間平均資料傳輸需求 $D_a=N_a \times K=9.31\text{kBytes/sec}$.

總體而言，在提供多媒體互動資訊服務與提供車況、路況實體照片的需求下，預估資料傳輸需求在保留 30kBytes/sec 之傳輸頻寬條件下應可滿足。

至於其他常見的網路多媒體應用服務，包括語音傳輸以及視訊影像等，由於這些傳輸服務所需要的資料傳輸速率較大，並且對於傳輸服務的穩定性要求較高，是否要將這些服務整合於 APTS 系統之中還有待考量。

在語音傳輸方面，新興的 VoIP 技術，利用 IP 網路進行語音傳送的服務，其透過語音壓縮技術 G.729，最大可以提供八倍的壓縮比率。在現階段，一路 VoIP 所使用的頻寬多被控制在 25~30kbps，相較於傳統的 IP Phone 所使用之 H.323(使用頻寬約在 96~128kbps)，已能夠在頻寬受到限制的傳輸環境下提供足夠的語音傳送服務；實際上語音傳輸之頻寬需求除了與語音串流的加解碼技術有關，與所要達成之語音品質亦有很大的相關性，下表列示微軟作業系統 DirectPlay Voice 所提供的語音壓縮技術，使用頻寬愈大，則語音品質愈好，反

之，頻寬需求愈低，語音品質愈差：

表 4-1-2 DirectPlay 所提供之語音加解碼壓縮技術與所需使用頻寬比較表

壓縮技術	使用頻寬
Voxware VR12	1.2 kbps, avg.
Voxware SC03	3.2 kbps
Voxware SC06	6.4 kbps
TrueSpeech	8 kbps
Microsoft® GSM	13 kbps
Microsoft® ADPCM	32 kbps
Microsoft® PCM	64 kbps

在影像傳輸方面，即使所需要的影像解析度較低，多半仍需要較高的資料傳輸速率，尤其影像傳輸所需要的頻寬與影像內容有關，理論上內容變動越大的影像，其所形成的影像資料串流也越大，造成通訊頻寬較大的消耗。下表列示常見之影像串流格式以及其所需要的傳輸頻寬：

表 4-1-3 常見影像壓縮技術與所需使用頻寬比較表

壓縮技術	影像串流規格	使用頻寬
High Quality Video (not compressed)	640 x 480, 30 fps, 24-bit color	221Mbps
Reduced Quality Video (not compressed)	320 x 240, 15 fps, 16-bit color	2 - 3 Mbps
Video & Audio (16bit color)	320 x 240, 16 fps, CD quality stereo sound	21.1 Mbps
MPEG-1 Video	320 x 240, 30 fps, 16-bit color	1 to 3 Mbps
MPEG-2 Video	Compression 40 : 1 - 16 : 1 (DVD)	3.5 - 10 Mbps
	176x144 (QCIF), 15 fps	15 kbps - 60 kbps
MPEG-4 Video	352x288 (CIF), 7.5 fps	90 kbps - 156 kbps
	640x480, 2.5 fps	123 kbps - 145 kbps

由上述探討可知，在具有數十 kBytes/sec 資料傳輸速率之 MANET 通訊平台中，理論上能夠有效滿足語音通訊的需求，以 VoIP 所使用之 G.729 語音壓縮技術為例，單一 VoIP 語音資料串流需要約 4kBytes/sec 之資料傳輸速率，因此在考量不影響 APTS 主要資訊傳送服務的條件下，於單位 MANET 通訊平台涵蓋範圍內提供數個語音通訊服務實為可能，因此初步評判在 MANET 通訊平台之中提供語音通訊服務應具有可行性。而由於傳輸影像串流所需要佔用之頻寬較高，因此除了 APTS 系統具備特殊的監控需要外，並不適合廣泛地將影像傳送服務建置於 APTS 系統之中。(若使用先進之 Mpeg-4 壓縮技術並進行解析度低之影像傳輸，預估單一影像串流所需要的頻寬可壓縮至 6kBytes/sec 左右)

在 APTS 系統中所需要的傳輸服務主要發生在固定點間(控制中心與電子站牌間)以及固定與移動點間(控制中心、電子站牌至行動公共車輛間)，根據本研究對接近實際商業系統之 MANET 實驗平台的效能量測可知，在實驗平台涵蓋

範圍內的平均資料傳輸速率約為 60kBytes/sec，並且絕大部分的資料傳輸速率量測值大於 20kBytes/sec；雖然在 MANET 通訊平台中，涵蓋範圍內的總體通訊頻寬容量，透過不同網路節點造成的空間分割後，理論上應大於平均資料傳輸速率，本研究採用最保守估計方式，即是在不具備空間分割效應下，實驗平台的通訊容量為 60kBytes/sec，將前述之 APTS 通訊頻寬需求分配如下：

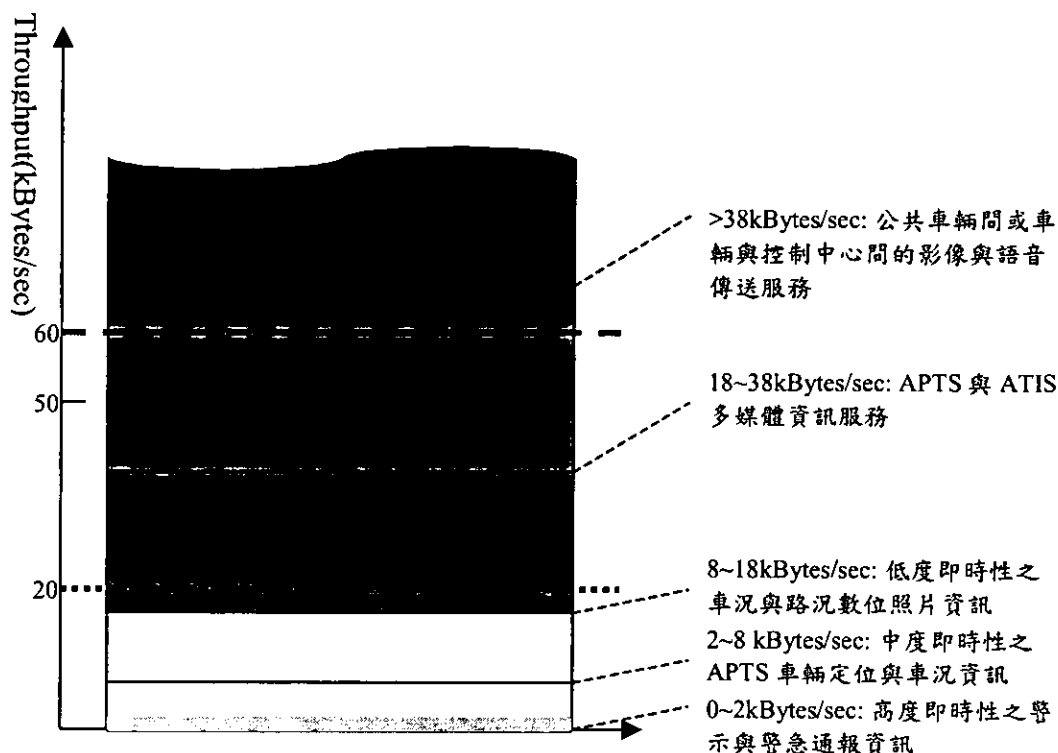


圖 4-1-19 APTS 各項資料傳送頻寬需求與 MANET 通訊平台容量的規劃

如上圖所示，與 APTS 系統相關且必要性的資料交換頻寬需求，包括提供定時更新的路況車況監控圖片等，初步預估在本研究實驗平台範圍內所需要的總體通訊容量低於 20kBytes/sec，不但遠低於平均資料傳輸速率以及 MANET 平台所提供的通訊容量，並且亦低於通訊效能不佳區域的資料傳輸速率量測值，此現象表示即使在通訊效能不佳的區域內，MANET 通訊平台仍能夠滿足基本的 APTS 通訊需求；其他如 APTS 多媒體資訊服務、影像與語音通訊服務等，應規劃於通訊品質較佳的區域，如電子車站與影像監視設備的安裝地點，由於移動性較低，可以在建置時事先規劃安裝於資料傳輸速率較高的區域，或是建置輔助的 MANET 網路節點來提高通訊效能。值得一提的是，實際上本研究 MANET 通訊實驗平台所能提供的通訊容量可高達數百 kBytes/sec，足以驗證 MANET 技術能夠滿足 APTS 的通訊需求。

4.1.2.2 利用 MANET 技術建置都會規模 APTS 服務之建置成本分析

本研究以現行高雄市公車動態資訊系統之規模為參考，探討利用 MANET 通訊平台，滿足高雄市公車動態資訊系統之通訊需求時，相關的設備建置數量、規模、以及成本分析。根據本研究的探討，現階段高雄市公車動態資訊系統之資料交換規模如下：

公車數目：450 輛
 路線數：61 條
 公車訊號發送週期：15 秒
 每輛公車每月通訊費（GPRS）：500 元

此外除了初期的系統建置費用外，由於高雄市公車動態資訊系統之營運模式屬於交通部之整合租用方案，因此車機設備費用為每年收取固定租金的方式，另外在站牌訊號接收器方面亦屬於租用方式，因此在車機與電子站牌設備的建置與維護費用方面，屬於每年固定支出；根據現階段之營運規模與廠商得標價格，初期建置成本含現階段每年營運成本估算如下表：

表 4-1-4 現行高雄市公車動態資訊系統之建置與營運成本估算

項目	單位	數量	單價	複價
系統建置與驗收成本	第一期	式	1	約 7,900,000
	第二期	式	1	約 2,900,000
建置成本總計				約 10,800,000
固定設備租用成本	車機設備租金	台月	450 12	1,395 7,533,000
	站牌接收器租金	台月	20 12	1,395 334,800
車機通訊費用	台月	450 12	500	2,700,000
每年固定成本總計				10,567,800

對於智慧型運輸系統之成本分析，最為直觀的方法就是對整個系統的建置與營運成本做系統化的評估與計算，本研究將參考國際上所進行之 ITS 系統成本評估方式，在不同 APTS 系統營運狀況下所需要的營運成本；由於本研究主要專注於無線通訊平台的特性與適用性，因此此處的成本分析將以 MANET 技術的建置成本特性為主要評估方向，而其他如應用資訊系統的開發與建置成本，並未納入此處的討論項目。總括而言，本研究針對公車動態資訊系統的 MANET 通訊平台成本分析流程包括以下數項：

1. APTS 系統之現有基礎

■ 具有較為完善的電源線路佈設基礎

根據目前 MANET 通訊設備的建置特性，除了作為網路接取點的閘道器(gateway)外，於路側裝設 MANET 節點並不需要裝設固定網路或電信線路，僅需要電源線路。因此在架設 MANET 通訊設備時，理論上能夠盡可能利用現有的電源線路，包括交通號誌、路燈、公車站牌以設置的照明設備等，因此在電源線路的現有基礎上初步估計還算完備。

2. APTS 市場商品的選擇

■ 動態公共車輛的營運管理

動態公共車輛的營運管理在無線通訊方面，現階段主要的需求為將公共車輛之位置與車速等傳回控制中心進行處理；如 4.1.2.1 小節所述，回傳公共車輛位置與車速所需之資料量不高，因此在 MANET 網路設備佈設的密度規劃上可以降低。

■ 行程中大眾運輸資訊服務

行程中大眾運輸資訊服務主要為用路人於電子站牌處取得相關動態公車資訊，這些資訊包括控制中心所發送之動態公車資訊，以及鄰近公車的到達通知等，其間所需要的資料傳輸量亦不高。

3. 查驗所需要使用的設備

■ 行動車機使用之 MANET 通訊設備

為了讓行動車輛之車機設備能夠與 MANET 網路動態連接，回傳車輛定位與車況資訊，因此每部公車必須裝設 MANET 通訊設備。

■ 位於路側之 MANET 通訊設備

為了建構較為穩定的 MANET 通訊平台，因此在公車動態資訊系統營運範圍內必須佈設適當密度之 MANET 網路固定節點；其中包括電子站牌所使用的 MANET 通訊設備亦可視為 MANET 固定節點，於 MANET 通訊平台中參與封包轉送的工作。

■ 與有線網路連接之網路接取點

當 APTS 控制中心裝設於有線網路之中(如 ITS 骨幹網路或 Internet)，為了與控制中心連線，若干固定節點必須為網路接取點，具有連接 MANET 無線網路與有線網路的功能。

4. 查驗單位成本

根據智網 IWICS 公司目前所提供之 MANET 通訊設備成本，屬於技術研發與初期生產的階段，相關通訊設備的單位成本較高，平均單一 MANET 網路設備約在新台幣 30000 左右，估計將來在大量生產後有成本與價格有大幅下降的空間。

5. 評估建置系統之規模

此處根據高雄市公車動態資訊系統現階段規模，以及 MANET 通訊設備的效能預估，此處以 MANET 涵蓋面積為評估重點，計算高雄市區域評估所需要的通訊設備數量；下圖顯示在電子地圖中，高雄市公車所行經的路線與區域，其中在北方的楠梓區與左營區，以及南方的前鎮區與小港區等，公車行經的路線較為稀疏，在佈設 MANET 固定節點時只需考慮能夠涵蓋公車行經道路即可；至於中間的密集區域，為了評估方面起見，我們採用全域覆蓋的方式進行估算。

根據本研究對高雄市公車系統之探討，除了約 450 輛公車外，還包括約 2200 站點數，然而對於每個站點建置個別的電子站牌並不符合經濟效益，建置的方式應該將不同路線但位於相同位置的站點整合至單一電子站牌進行服務；在 MANET 通訊平台中路側單元與傳統之 ITS 通訊平台技術方案與建置方式不同，每個 MANET 通訊平台僅需要一個開道器作為網路接取點，因此除了開道器外，通訊平台內之固定式電子站牌乃是透過 MANET 無線通訊技術與 MANET 開道器連接，並不需要拉設有線網路，因此完整涵蓋 ITS 服務區域所需要拉設的有線網路數目即為所需要之 MANET 通訊平台數目，而對於電子站牌的建置成本而言得以顯著下降。

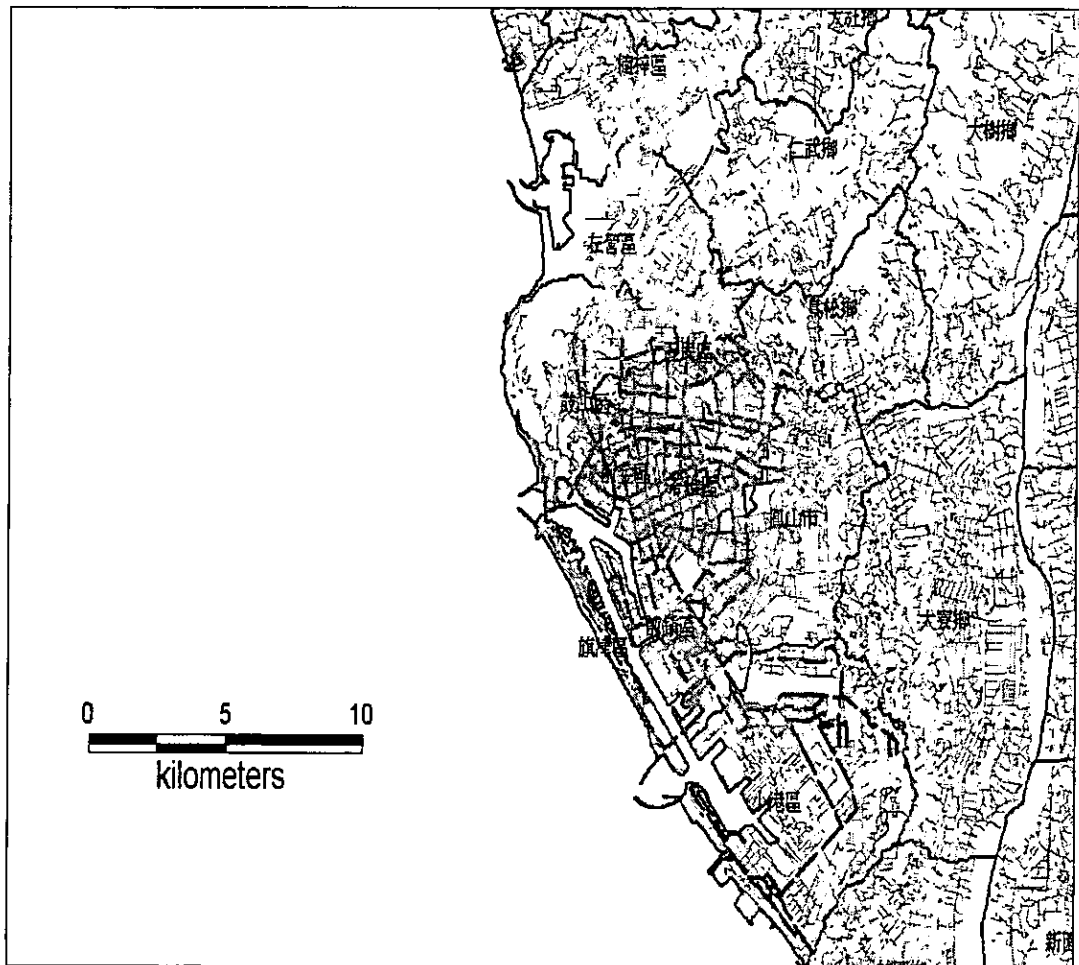


圖 4-1-20 高雄市公車行經路線圖

根據顯示之高雄市區域經由比例尺進行計算，估算其面積約為 260 平方公里(26km*10km)。假設資料傳輸頻寬約等於本研究實際佈設的實驗平台，屬於需求量較高的情況下(平均資料傳輸速率達 60kBytes/sec)，建議每 200 公尺見方佈設一個 MANET 節點，以每格 200m*200m 的格子來計算涵蓋面積。在參考本研究實驗平台規模，估計每 1.2km*1.2km 使用一個網路接取點，作為行動車機與電子站牌與控制中心的通訊閘道器。

如下圖所示，由於部分面積不須涵蓋，所以拿掉部份區域後，其涵蓋面積使用 2543 格，故可推算使用面積應為 $2543 * 0.04 = 101.72 \text{ km}^2$ ，其中包括約 70 個網路接取點，並考慮佈設叫現行系統更加廣泛的電子站牌，因此這些 MANET 固定點可裝設於每個公車站牌位置。



圖 4-1-21 MANET 通訊平台涵蓋高雄市公車動態資訊系統之範圍(方格需要訊息覆蓋之範圍與設置 MANET 節點的位置)

實際上此處 MANET 網路節點的數量為根據涵蓋面積所進行的預測值，實際數量需依當地的地形，地物做確認；此外行動公車所裝設的 MANET 通訊設備亦可視為 MANET 通訊平台的節點，若考量平均營運中的公車車輛密度，若干車輛密度高的區域可適當減少固定節點的設置。另外對於受到地形地物遮蔽叫輕微的區域，或是對傳輸速率需求量不高的條件下，為滿足基本的公車動態資訊系統資料傳輸需求約 20kBytes/sec，預估一平方公里約需 10 個 MANET 網路節點即足夠，所需之 MANET 網路節點總數可降低至約 1000 個。

6. 成本量化分析

這些成本可分類為非例行性(non-recurring)的成本，與例行性(recurring)的成本，茲分述於下：

- 非例行性(non-recurring)的成本包括：
 - a. MANET 路側固定點(包含電子站牌)建置成本
 - b. 行動車機之 MANET 通訊設備裝設成本
 - c. 網路接取點(MANET gateway) 建置成本
 - d. 必要之電源線路與有線網路拉設成本

在非例行性成本方面，現階段使用 MANET 技術所需要的通訊設備初期建置成本較高，由於現階段所查驗之網路設備單位成本為技術研發階段產品價格，其單位成本高出一般預期價格許多，預估未來實際佈建時的價格將會大幅下降；此外本研究所探討之 MANET 技術能夠提供高傳輸速率的無線通訊服務，理論上能夠與其他智慧型運輸系統之應用服務共用，因此單就提供 APTS 通訊服務估算 MANET 通訊平台的建置成本並無法反應 MANET 通訊平台對整體智慧型運輸系統的效益與成本支出。至於電源線與有線網路拉設成本方面，電源線的拉設需要初步估計不大，而有線網路拉設僅在網路接取點設置位置才有需要，其所需要拉設的地點不多，因此相較於現階段的 APTS 實作方式，在網路拉設成本方面理論上能夠降低。根據現階段的設備效能與成本，茲將初步概算之非例行性的成本分析於下

由於規劃使用之 MANET 系統不需要廣泛拉設電源與有線網路，因此主要之建置成本包括下面三項：

1.MANET 路側固定節點(含電子站牌 MANET 通訊設備)		
方案一：提供約 60kB/s	$30,000 \times 2,500 =$	75,000,000
方案二：提供約 20kB/s	$30,000 \times 1,000 =$	30,000,000
(參考智網 MANET 節點雛形設備成本)		
2.行動車機通訊設備成本		
裝設於 450 部公車	$30,000 \times 450 =$	13,500,000
3.MANET 網路接取點建置成本		
共需約 70 接取點	$55,000 \times 70 =$	3,850,000
(參考智網網路接取點雛形設備成本)		
ADSL 固定網路拉設成本	$500 \times 70 =$	35,000
(參考中華電信雙向 512kbps 之 ADSL 專線)		
總計現階段初步之建置成本為：		
提供高傳輸速率(平均 60kB/s)		92,385,000
提供滿足 APTS 一般需求(平均 20kB/s)		47,385,000

由於目前使用之通訊設備成本為 MANET 雛形系統成本，預估通訊設備商品化後之設備成本將大幅降低；此外在行動車機成本方面，若採用如同高雄市公車動態資訊系統之整合租用方案，其非例行性行動車機成本將轉

為例行性租賃成本，亦可大幅降低 APTS 初期建置成本；若考慮該 MANET 平台不需與其他 ITS 應用服務共用，則 MANET 網路節點之佈建密度可以降低，並且當行動 MANET 節點裝設普及之後，由於這些行動節點均可參與 MANET 通訊平台封包轉送服務，亦可降低 MANET 固定節點的佈設密度。基於以上的考量，目前所歸納出的初期建置成本在實際建置時將大幅下降。

■ 例行性(non-recurring)的成本包括：

a. MANET 通訊設備的租賃與維修成本

b. MANET 設備電源消耗與有線網路電信費用成本

在例行性成本方面，除了平均之通訊設備的租賃與維修成本外，電源消耗成本較低，根據線接端智網 MANET 通訊設備的電源消耗計算，每個月所需要的電費低於 50 元；有線網路電信費用成本由於僅發生於數量較少的 MANET 閘道器上，預估每個閘道器所需要的電信費用低於 1500 元/月，因此整個高雄市規模每年之有線網路電信費用約低於 1,260,000 元。值得一提的是，相較於現行系統使用 GPRS 進行無線通訊之網路費用，由於現行 MANET 技術不需要支付任何無線通訊費，因此長年運行下來可以節省大筆無線通訊費用支出。

由於使用之 MANET 系統進行 APTS 服務之例行性成本(年度成本)：

1.MANET 路側固定節點電源消耗(含電子站牌 MANET 通訊設備)		
方案一：提供約 60kB/s	$50 \times 12 \times 2,500 =$	1,500,000
方案二：提供約 20kB/s	$50 \times 12 \times 1,000 =$	600,000
2.行動車機租賃成本		
裝設於 450 部公車	$1,395 \times 12 \times 450 =$	7,533,000
(參考高雄市現階段車機租賃成本)		
3.MANET 網路接取點通訊成本		
共需約 70 接取點	$1,500 \times 12 \times 70 =$	1,260,000
(參考中華電信雙向 512kbps 之 ADSL 專線)		
總計例行性成本為：		
提供高傳輸速率(平均 60kB/s)		10,293,000
提供滿足 APTS 一般需求(平均 20kB/s)		9,393,000

7. 系統維運與網路管理課題

MANET 系統現階段並無公認之系統維運與網路管理模式，本研究建議採用分散式網路管理架構，透過內建之

SMART CARD 等設備識別技術，使每個元件(unit)自行認證相鄰之元件，並做個別元件之網路角色管理，即使用者使用網路資源之分類統計，如此能大量降低中央網路管理系統的負擔，甚至使用一般個人電腦規格所組成的伺服器即可完成網路管理工作。

4.2 MANET 應用於 ATIS 之探討

4.2.1 國內現行 ATIS 系統架構與技術探討

先進用路人(旅行者)資訊系統，可以依照運輸方式分類，也可以依照運輸系統所服務的空間與乘載量而有不同的形式與應用。例如針對市區公車，ATIS 系統可以提供車輛定位服務、路線規劃服務以及路線路況查詢等服務。而針對一般私有車輛用路人，ATIS 可以提供使用者利用無線網路接取網際網路，並可以連線到即時路況服務中心。此分類如圖 4-2-1：

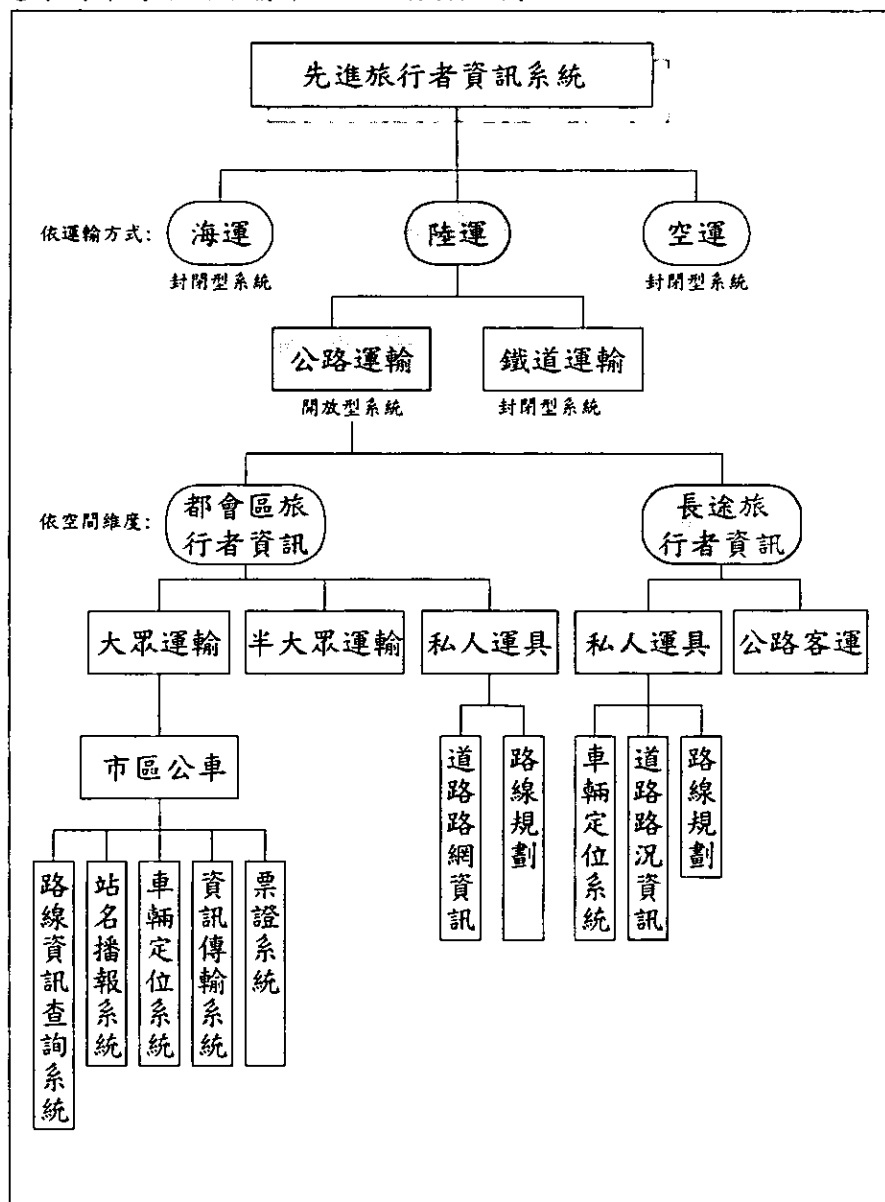


圖 4-2-1 ATIS 系統應用分類

行前的用路人系統必須提供適當路線規劃、路段路況查詢的機制。途中的用路人系統則利用無線連結提供用路人路線的指引與導航，以及避免壅塞路段。依據行前或是途中，也有數種應用的分類如圖 4-2-2：

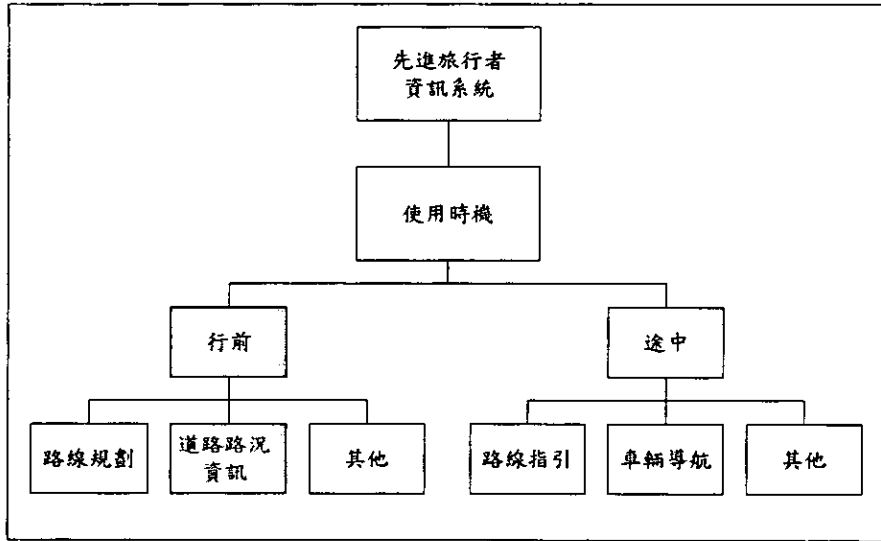


圖 4-2-2 ATIS 系統使用時機分類

早期的 ATIS 架構，用路人的通信設備主要為衛星通訊設備，車用電腦通過衛星通訊取得路況資訊，或是利用無線電台聆聽路況資訊。下面數個圖例包括所提出的一個用於高速公路用路人的 ATIS 系統架構，另一個圖則是警廣花蓮電台的即時路況資訊系統，以及一篇文章所提出的無障礙運輸服務系統：

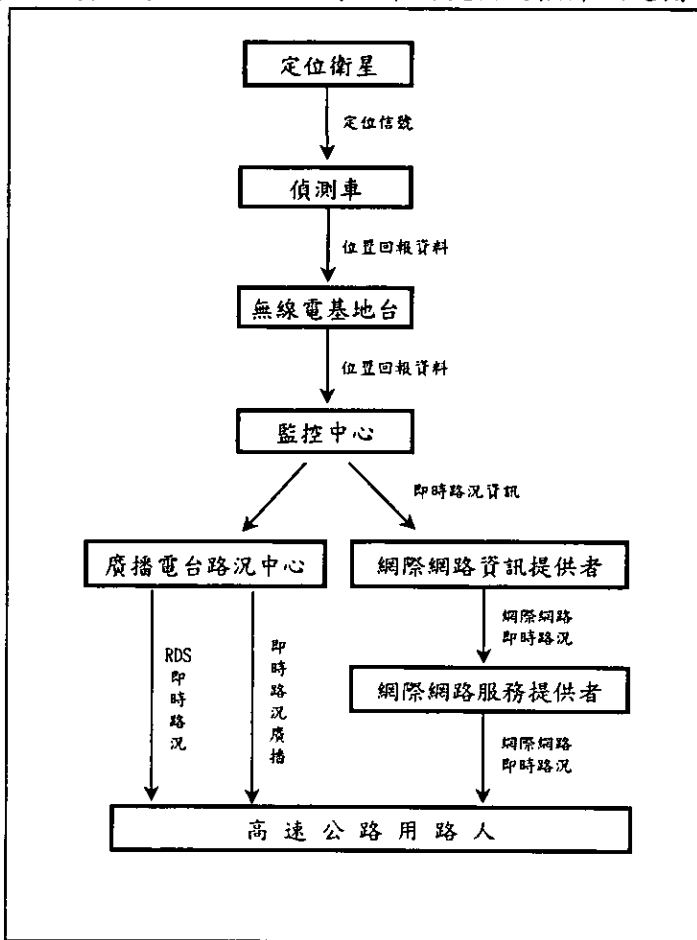


圖 4-2-3 高速公路即時路況資訊系統

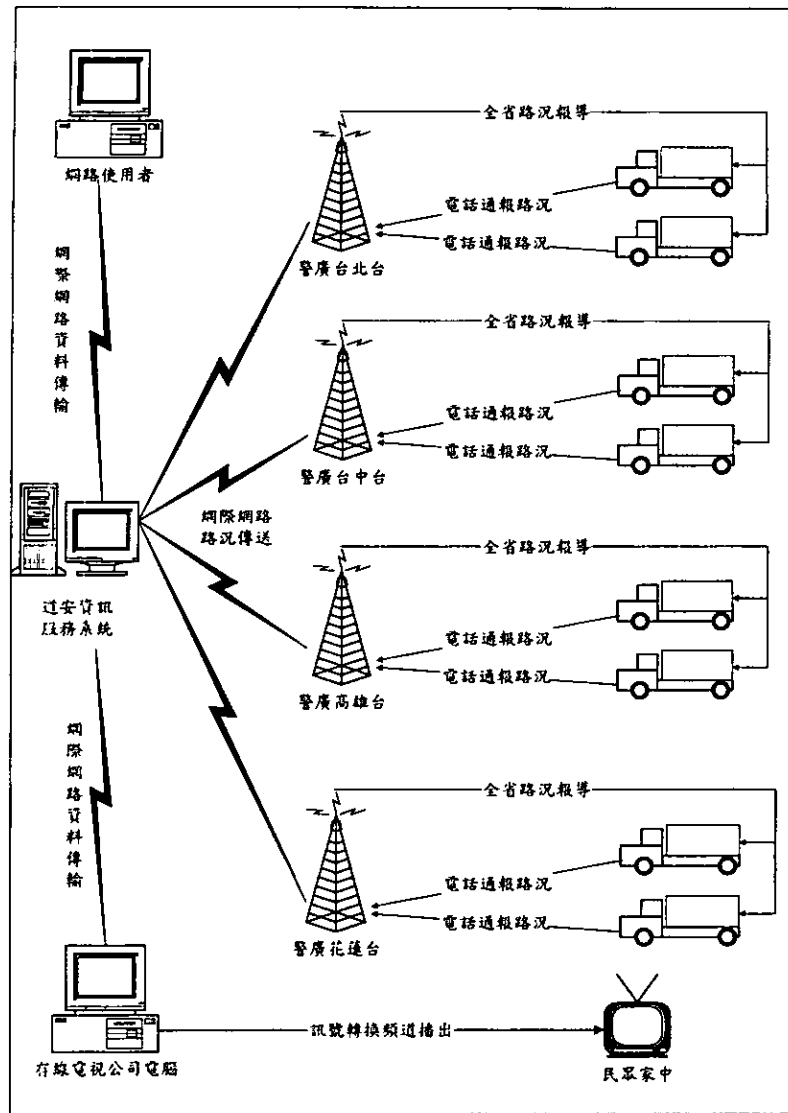


圖 4-2-4 金門無障礙運輸服務系統架構圖

時至今日，目前國內已經開始『先進用路人資訊系統』(Advanced Traveler Information System, 簡稱 ATIS)計畫的單位，有台北市交通局、台中市交通局與高雄市交通局，以及交通部高速公路管理局。現有的 ATIS 架構主要分為兩種：一種主要是靜態監視資訊的 ATIS 系統。在各重要路口或是闌道，設立監視器、照相機或是動態攝影機，將路口的資訊以影像方式可以供用路人以瀏覽器觀看。未來可以更進一步，搭配影像解析技術來自動判斷路口壅塞程度，以供管理者與用路人參考。台北市交通管制工程處交通控制中心的即時路況影像查詢即是這類型系統的一種實作。其使用介面如圖 4-2-5 與 4-2-6 所示。

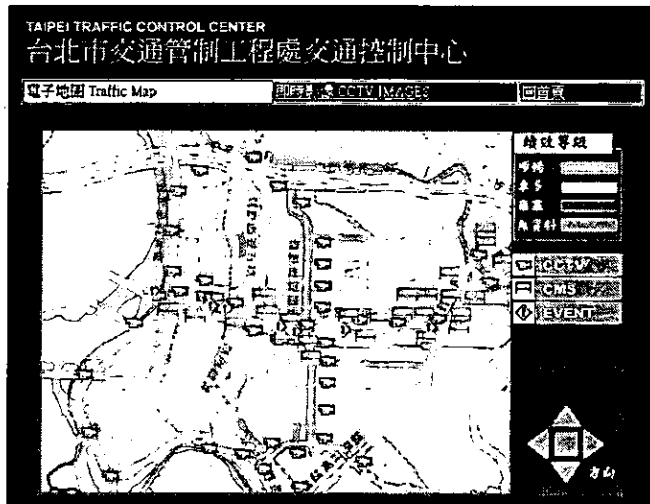


圖 4-2-5 台北市路況即時資訊查詢介面

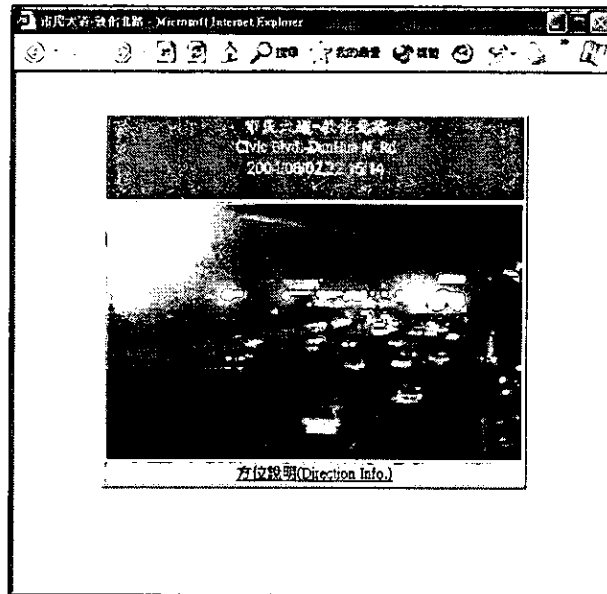


圖 4-2-6 台北市即時路口影像介面

而高速公路管理局的作法則是在示範路段以及闢道設置感應器，將感應器的資訊傳回管理中心，進而在網頁上顯示各路段路況或是在動態看板上顯示路況提示。如圖 4-2-7 所示：

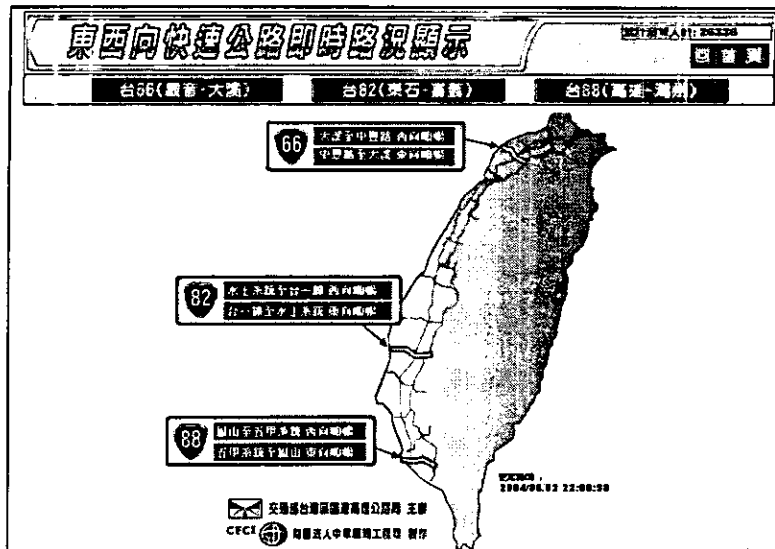


圖 4-2-7 高速公路管理局路段路況查詢介面

交通部近年來致力於「先進用路人資訊服務」之推動，並責成交通部運輸研究所自民國九十二年開始建置「e-IOT 交通服務 e 網通 (e-iot.iot.gov.tw)」，其具體成果包括「陸海空客運資訊中心」、「全國路況資訊中心」與「都市交通資訊中心」等三大部分。

「陸海空客運資訊中心」提供民眾透過網站、手機或 PDA，選定起迄地點查詢各種城際大眾運輸工具的最新班表與票價資訊，同時整合了十個機場的飛機到離資訊顯示界面，方便民眾查詢與業者加值。93-94 年分兩年期輔導四十家國道客運業者與主要離島渡船客運業者即時上網更新資訊，以提供正確即時的班表與票價。本年度已完成 20 家國道客運業者線上即時更新資訊之輔導。

「全國路況資訊中心」則提供民眾查詢國省道及各縣市路況，並可跨縣市選定起迄地點，避開各種交通事件獲得最佳行駛路徑建議。資訊彙整是以「智慧型路況通報系統」為基礎，今年度在警廣大力配合下全省七個分台已即時輸入路況(包含事故、交通障礙、交通阻塞、交通管制、號誌故障、道路施工、災變等七類事件)，並自動產生位置座標。運輸研究所也已協助十一個縣市政府(包括臺北市、高雄市、臺北縣、新竹市、臺中市、臺中縣、彰化縣、嘉義縣、嘉義市、臺南縣、高雄縣)即時上網通報路況，由各縣市警勤單位提供事故資訊、工務局或建設局提供道路施工資訊以及交通局提供號誌故障與道路壅塞等資訊。同時，也彙整了高速公路局所提供之路況事件，以利民眾取得整合資訊。九十四年度將協助所有縣市加入即時通報作業。

「都市交通資訊中心」則已完成「臺中市即時交通資訊網」與「高雄市即時交通資訊網」，整合跨交通、警政與工務等單位包括即時路況資訊、路口 CCTV 影像、交通事件、都市大眾運輸系統搭乘、停車場、氣象及地區主要觀光景點等資訊。另針對交通偵測器、公車動態資料與計程車動態資料等不同交通路況資料進行異值資料融合之模式建立與實作，以補充都市地區路段偵測器不足，健全路段行駛速率資訊。

「e-IOT」網頁設計上除考量一般民眾使用的方便性外，亦為視障同胞加入網頁導盲磚等無障礙環境以利閱讀。以上資訊服務皆可由「e-IOT」入口網站

查詢，同時相關路況含坐標資訊亦將提供民間加值業者申請使用，以利即時路況資訊服務與車輛導航系統產業之發展，相關申請辦法近期可由「e-IOT」網頁下載。

地方政府交通局的 ATIS 架構主要用於公車等大眾運輸系統。以台中市的交通旅遊局為例，示範公車將配載無線上網裝置，如 GPRS、WAP 等系統及 GPS 全球定位系統。GPS 系統可得知每個公車目前位置，並透過無線上網裝置，將公車的位置資訊回報給控制中心，控制中心將可彙整各公車傳來的資訊，並且以網頁形式整理給用路人。並且無線上網裝置，將來也可提供乘客無線上網的能力或是取得用路相關資訊。

大部分的 ATIS 系統都可以圖 4-2-8 來表示。感應器透過無線或有線的傳輸將原始資訊送至中央控制中心。中央控制中心可以進行資訊的分析，然後將分析過的資訊送至網頁伺服器，或是道路上的特殊顯示裝置，如大型顯示看板，也可能直接將資訊傳送至網頁伺服器(例如影像資訊)。而使用者可以直接看到大型看板的資訊，也可以在家中使用網路瀏覽器，至網頁伺服器取得想要得知的訊息。而在移動中的用路人，可以透過無線連結如 GPRS 服務或是 WAP 服務，甚至本計畫正在發展的 802.11 架構，得到無線上網的能力，因此可以瀏覽交通資訊的網頁伺服器或是去 Internet 取得資料。目前現有進行中的系統，皆以 GPRS 網路、WAP 服務，以及衛星通訊網路來實作 ATIS 系統裡所需要的無線連結，通信成本佔了系統執行時的支出一大部分。

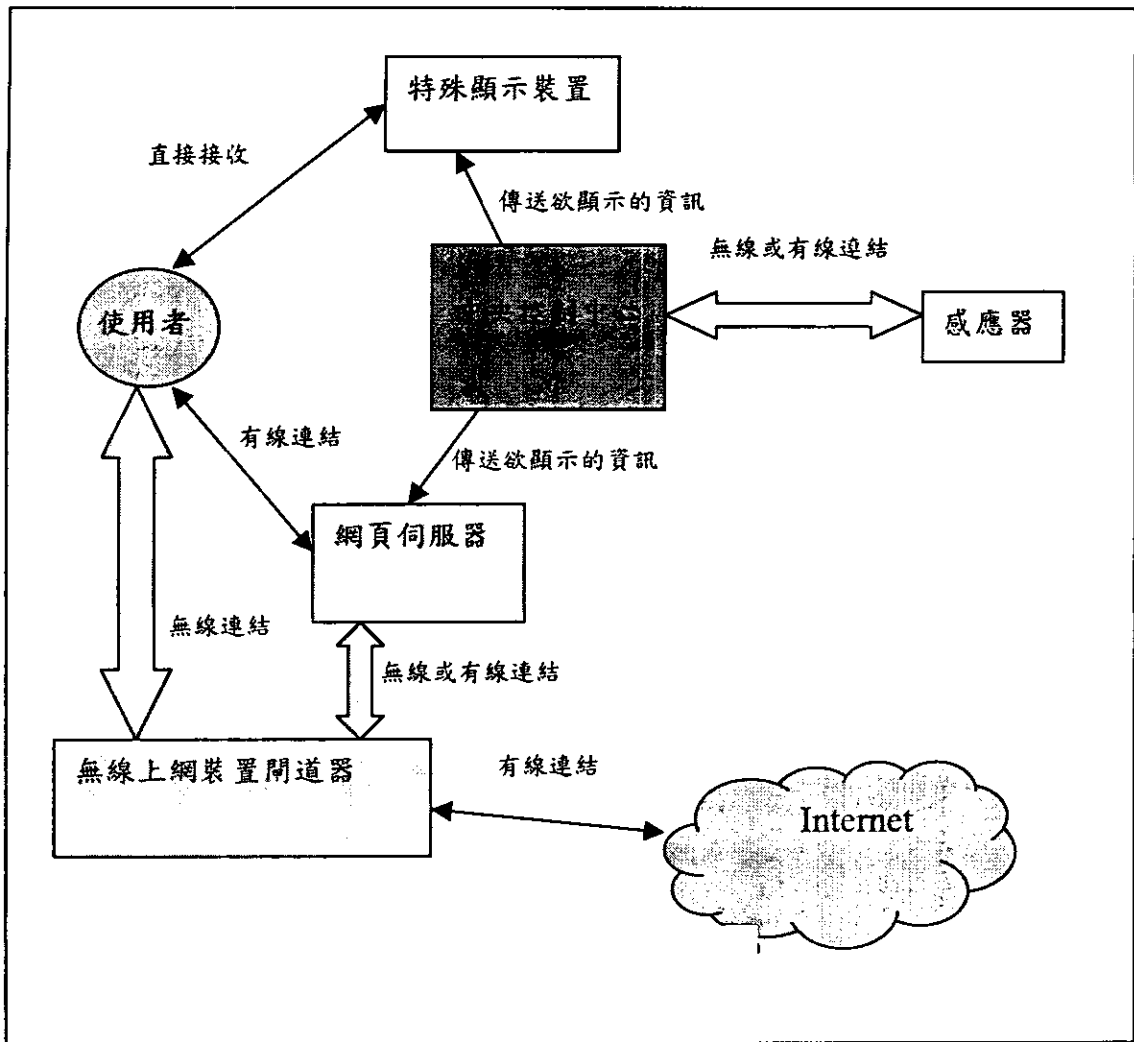


圖 4-2-8 主要的 ATIS 系統架構圖

4.2.2 MANET 應用於 ATIS 之評估

由 4.2.1 節的架構圖可以發現，現行 ITS 架構中，提供給用路人無線上網能力是一個很重要的基礎架構。目前已在進行的計畫主要是與電信業者，使用 GPRS 或是 WAP 電信服務來取得無線上網的能力。對於使用者或是 ATIS 系統提供者而言，電信費用的高昂，將是阻礙此一系統部署的重要因素。其二，若是改採用 802.11 infrastructure mode 來部署無線網路，雖然可以省下大筆的電信通信費用。但是佈線費用與維護費用仍然是一筆龐大的開銷，因此我們審慎考慮 MANET 用於 ITS 計畫的可行性分析、可用性分析、成本花費以及部署的問題。

4.2.2.1 可行性分析

經由第一年度的道路量測實驗，可以得知純粹以移動點形成的 MANET，會有路徑存活時間很短暫的問題，因此必須解決此一問題，才可以使 ATIS 服務在 MANET 系統裡可行。經過此次道路實驗證明，增加固定點，可以有效提升路徑的存在機率與存活時間，因此一個以固定點和移動點(車輛)混合組成的

廣域免基地台式無線網路，可以提供 ATIS 系統裡，用路人即時上網取得所需資訊的基本能力。再者，若是搭配新設計的泛送協定，則路徑並不需要維持，更適合在 MANET 裡傳遞訊息，因此 MANET 用於 ATIS 系統上面是可行的。

4.2.2.2 可用性分析

本計畫規劃的 ATIS 系統應具備以下的功能：

1	即時路況查詢
2	即時位置查詢
3	即時路口影像播放
4	車間即時通訊(語音與影像)

以 throughput 來分析，長度為三個 hop 的路徑，其實際路測實驗的平均 throughput 如下表，移動的形式(moving pattern)，也是重要因素之一。

四個固定點	84	kBytes/sec
四個移動點	53.28	kBytes/sec
兩個固定點，兩個移動點	45.79	kBytes/sec

一個包含圖形的路況網頁大小約為 100kbytes 以下，因此在此頻寬下，傳送這樣的網頁不需要一秒鐘的時間。因此項目一與項目二，本計畫架構可以很輕易的支援。項目三方面，以本計畫所使用的壓縮技術，可以使影像傳輸每秒所需的頻寬約為 36kbps，因此經過實驗，證明 5 個 node 的路徑下，仍可以順利播放影像。車間即時通訊軟體所需的頻寬，可以選擇適當的編碼解碼器(CODEC)，則平均的傳輸頻寬約需要 40~50 kBytes/sec，理論上是可以成功應用在本計畫的架構。但是即時視訊溝通軟體對於封包的到達順序程度以及遺失率有較嚴格的要求，MANET 的封包遺失率以及封包脫序到達情形，會因為網路拓樸的高變動性而程度比較劇烈，因此在傳輸協定方面必須要有更多機制來降低這封包遺失率以及封包脫序的程度。

4.2.2.3 成本面

不同的無線通訊方案，會決定設備以及部署時所花費的成本。以下我們討論使用衛星通訊、無線電台、GPRS 電信網路、802.11 infrastructure mode 以及 802.11 ad-hoc mode 等各種不同的方案，所需要的各項支出：

表 4-2-1 不同無線通訊方案下之 ATIS 成本特性

解決方案項目	支出項目	比較
衛星通訊	<ol style="list-style-type: none"> 1. 衛星頻道租用費用 2. 車輛衛星通訊設備裝置費用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 衛星可用頻寬並不多，無法擴展規模。 2. 衛星通訊設備較為昂貴
無線電台	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無線電台時段與頻道租用費 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 只有下傳方向的聲音傳輸，不利於先進資訊系統的使用。
GPRS/WAP 電信網路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電信業者頻寬租用費 2. 使用者自付通信費用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 頻寬租用費用與使用者通信費用昂貴
802.11 infrastructure mode	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接取點(Access Point)建置費用 2. 接取點與固網接連的佈線費用 3. 車輛 802.11 無線通訊設備裝置費用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與固網連接的佈線費用與維護費用成本高 2. 接取點的電路供應工程與線路是額外的支出
802.11 ac-hoc mode	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車輛 802.11 無線通訊設備裝置費用 2. 固定點 802.11 無線通訊設備(802.11 ad-hoc mode fixed node)裝置費用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 固定點設備裝置費用較接取點便宜 2. 無佈線費用與線路維護費用 3. 固定點個數可以比部署接取點的個數少，可以進一步節省成本

衛星通訊系統必須遭遇長延遲、低頻寬以及高 BER(位元錯誤率)，因此對於即時互動式服務的需求比較難達成，且衛星頻寬有限，難以大規模部署。且衛星的頻道租用費用必須列入考慮。無線電系統因為頻寬窄小，只能作聲音傳輸。並且只有下傳方向，並不適合先進用路人資訊系統。GPRS/WAP 電信網路系統的基礎建設建置費用為電信公司負擔，但是電信網路的數據通訊費用收費高昂，以 GPRS 而言，是以量(byte)計費，且只要通過電信服務商的 GGSN 就會被索費。然而，在高移動的處境下，使用者互動程式可能會遭遇封包遺失或是封包脫序太嚴重的情形，無用的封包依然會被索費，對使用者的使用意願可能有影響，且費用高昂也是另一個不利因素。使用 802.11 infrastructure mode 來建置系統，則不需要電信系統服務費用，但是每一個接取點的設備成本、電力部署以及固網的佈線費用和線路維護費用為另一項龐大開銷。802.11 ad-hoc mode (MANET) 方案，若使用增設固定點的方式來增加穩定性，則固定點的設

備成本和電力部署是一項支出。但是固定點本身不需要管理功能與固網橋接時的封包轉換，因此本質上只是一張或數張固定的 802.11b 無線網路卡，因此成本比接取點(Access Point)便宜，並且不需要固網的線路部署及維護費用。另一向優勢，則是 MANET 可以透過車輛(移動點)來轉送封包，因此固定點的個數可以進一步減少，因此成本可以更為降低。以成本的方面考量，MANET 方案最具有競爭力，並且符合現代先進用路人資訊系統的系統需求。

4.2.2.4 建置面

依據各個考量的解決方案，我們將建置工作條列如下表：

表 4-2-2 不同無線通訊方案下之 ATIS 建置特性

解決方案項目	建置工作所需項目	比較
衛星通訊	車機的製作與搭載	1. 需要車輛部署車機 2. 購買衛星頻道
無線電台	收音機的搭載	1. 需要車輛部署收音機 2. 購買無線電頻道
GPRS/WAP 電信網路	車機的製作與搭載	1. 需要車輛部署車機 2. 使用者需要向電信業者購買 GPRS/WAP 服務
802.11 infrastructure mode	1. 車機的製作與搭載 2. 接取點的製作 3. 接取點的電力線配置 4. 接取點後端固網線路的佈線	1. 需要固網線路支援與車機部署
802.11 ad-hoc mode	1. 車機的製作與搭載 2. 固定點的製作 3. 固定點的電力線配置	1. 需要部署較少量固定點 2. 車輛需要部署車機

部署車機是每一種方案必然的工作(除了無線電裝置已經成為車用標準外)，每一項方案的車機成本可能並不相同。在現今市場，GPRS 模組與 MAC 802.11b 模組已經成為市場主流，因此車機製作成本與難易度較低。以規模擴展性(Scalability)來看，衛星通訊與 GPRS 網路的擴展需要比較高額的成本，802.11 的規模擴充相對來說比較簡單。而 MANET 對於系統 throughput 的擴充，更因為多重路徑的特性，流量可能散步全網路的各個節點，因此規模擴充性需求最低。

使用 IEEE 802.11b 的設備，則可能必須增設設備在道路旁。每項兩種 IEEE 802.11b 的模式比較之下，infrastructure mode 需要在後端部署固網線路，因此 ad-hoc mode 的部署工作較 infrastructure mode 簡單。因此，MANET 在部署面也有其優越的競爭力。

4.3 MANET 整合互用 ATMS, ATIS, APTS 等服務之探討

4.3.1 各資訊系統架構整合於 MANET 的可能性探討

ATMS, ATIS 與 APTS 等各 ITS 資訊服務或管理系統的架構整合是可能也可行的。因為這三個系統的服務模式都是主從式架構(client-server architecture)。身為從屬客戶的節點，如 ATIS 裡的車機使用者、APTS 裡的智慧型公車，或是 ATMS 的智慧型站牌等監控點，都需要一個無線連結來傳遞訊息。而後端的伺服器都位於控制中心以固網連結著。在 MANET 架構下，固定點與移動點可以構築出一條與固網相連的無線連結，並提供較 GPRS 網路無線連結更大的連線頻寬。MANET 無線連結的穩定性與移動點和固定點的個數有關，參與 MANET 網路的節點越多，則 MANET 上的路徑形成將更容易。因此，如果三個系統都以 MANET 架構為基礎，則使用 MANET 節點的推廣部署也更形容易。架構的相似使得三個系統的整合並不困難，圖 4-3-1 為一個整合的系統架構圖。端點節點包括了車機使用者(Mobile users)、智慧型公車(Intelligent Bus)、智慧型公車站牌(Intelligent Bus Stop)與 CMS 系統的跑馬燈等等。其所需要的連結型態列表如下：

端點節點型態	下傳頻寬	上傳頻寬
車機使用者與一般使用者	需要	需要
智慧型公車	需要(服務公車上使用 者與得到即時訊息)	需要(回報自車位置與速 度或載客數等資訊)
智慧型公車站牌	需要(與固定點整合服務 使用者)	需要(回報到站公車資訊)
跑馬燈顯示器	需要(需要擷取所需顯示 的訊息)	不需要
閉路電視攝影機	不一定(視控制中心是否 需要遠端操控攝影機 的能力)	需要(上傳錄影畫面)

端點節點在整個 MANET 架構中皆屬於固定點或是移動點其中一種，只是上行下行頻寬的需求各有不同，但地位皆可視為相同。此一特性簡化了整合後的系統架構複雜度。由於 MANET 內的網路連結的穩定性不能得到保證，因此 ATMS 與 APTS 系統裡需要具備即時性保證性送達的服務則不適合使用 MANET 系統，或是必須利用另一組不同頻寬的固定點數更多的連結來增加訊息傳遞的成功率。但一般的應用，MANET 網路架構則是可行的。圖 4-3-1 裡則展示了各端點彼此利用最近的節點轉送封包，最終將封包送至與固網連接的固定點，而將封包送至位於 Internet 裡的伺服器，而伺服器處理完封包後，將以類似的方式將封包送至 MANET-ITS 網路。而固網使用者與 ITS 網路內的使用者，透過固定點與 Internet 的轉接，也使得兩者的溝通成為可能。

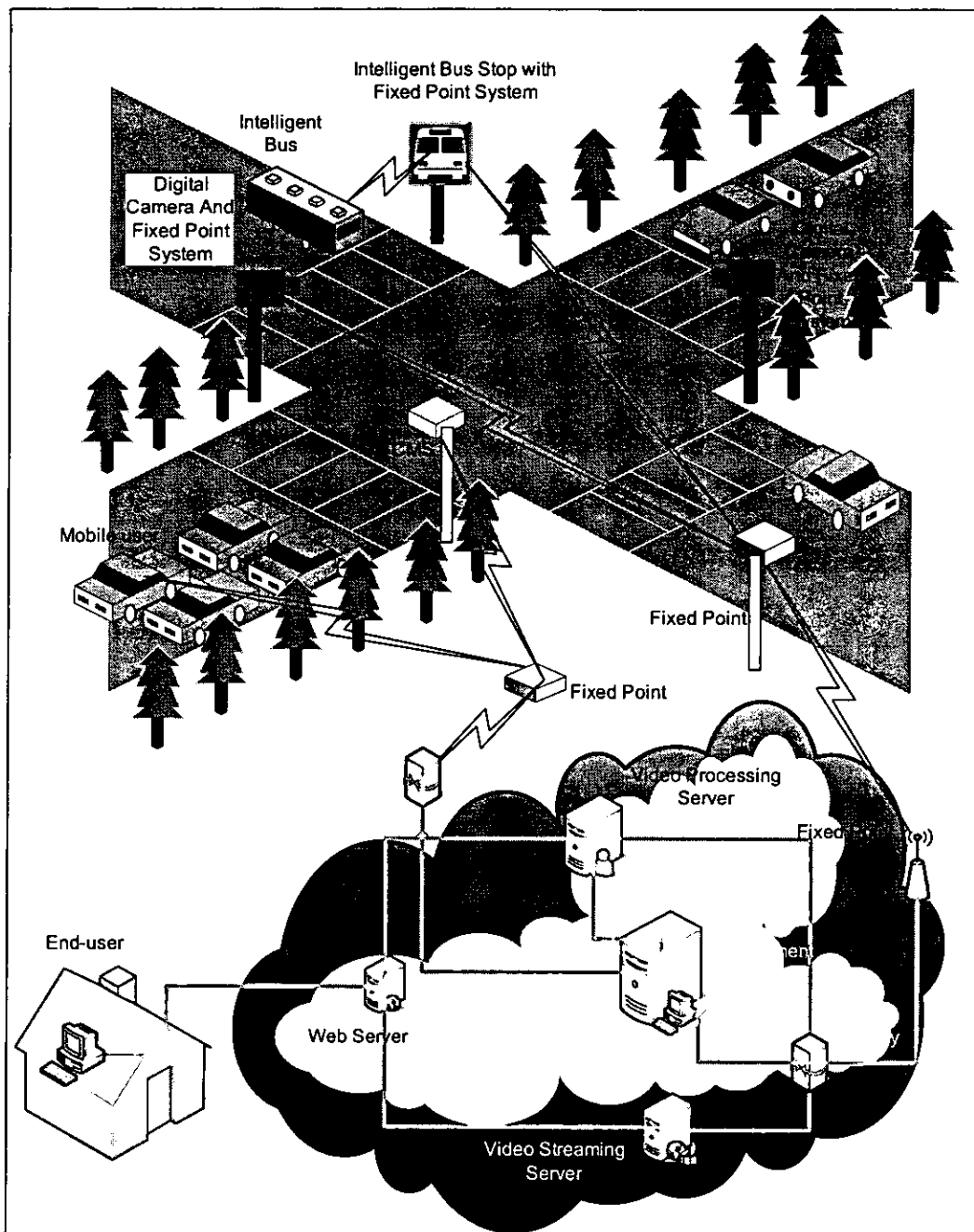


圖 4-3-1 ATMS, ATIS, APTS 等系統整合架構示意圖

4.3.2 通訊需求整合的可能性探討

4.3.1 節探討了架構上的可能性問題。本節將探討實際頻寬的可用性可否容許三個系統在同一個網路內運作。表 4-3-1 列出前幾節所列出的各系統頻寬需求，而表 4-3-2 則列出鏈狀拓撲下的 MANET 網路頻寬性能。

CMS 系統交換的是文字訊息，因此頻寬需求與命令頻率都不高，可以被歸類為 ATMS 的高即時性服務類型。而閉路電視(CCTV)系統則是 APTS 與 ATIS 等系統對路口路況監視的前端攝影系統。現有的 CCTV 系統已有純數位式的攝影機或是類比訊號但是在輸出前轉成數位訊號的類型。不論哪一種類型的

CCTV 系統，最終的輸出訊號都是數位訊號。現今採用數位輸出的 CCTV 系統多搭配影像串流壓縮技術，甚至是高壓縮率的壓縮技術如 MPEG-4，來減少輸出的頻寬需求。在 4.3.1 節的架構下，CCTV 的輸出可以與 ATMS、APTS、ATIS 等服務或是監控功能直接整合在一起。至於一般的偵測器系統頻寬需求也不會如影音或是影像串流所需要的大。因此也可歸類在 APTS 或 ATMS 系統裡的三項服務之中。

4.3.2.1 MANET 系統可用頻寬與通訊需求滿足的一般性評估

現今的 MANET 無線網路技術依照其底層的實體層、MAC 層的不同技術來區分，其標準由 IEEE 802.11 working group 所訂立。主要有早期的 802.11、802.11b、802.11a 與 802.11g，其主要的特徵與比較如下表所列：

IEEE 標準	傳輸速度	頻帶	註記
802.11	1Mbps 2Mbps	2.4GHz	為 802.11 家族最早的標準，訂立於 1997 年。其調變技術包含了 frequency-hopping 與 direct-sequence 兩種。
802.11a	最高可達 54 Mbps	5 GHz	訂立於 1999 年，為 802.11 家族第二個被訂立出來的規格。至 2000 年底才開始有產品陸續推出。
802.11b	5.5 Mbps 11 Mbps	2.4 GHz	第三個被訂立出來的規格，但是產品較 802.11a 早開發出來。並且成為目前的市場主流。
802.11g	最高可達 54 Mbps	2.4 GHz	最晚被訂立出來的規格，相容於 802.11b。

整個 MANET 系統實際可用的頻寬最大值為系統可用頻寬的一半，因為空氣為開放的介質，整個系統在半雙工(half-duplex)的基礎下運作。並且實際可用頻寬的最大值，受到鄰近節點的密度影響，因為使用同一個頻率的節點們，必須競爭頻道的使用，每個節點的所能分到的頻寬必定會減少。影響所及，會使

得跨越多個節點的連線，其 throughput 無法使用到系統的理論最大值。最極端的例子就是鏈狀網路(chain network)，系統 throughput 有很明顯的 1/n 的趨勢（直到 1/5 才穩定）。因此目前已有研究報告提出一些方法來提升此一使用空氣介質的先天限制。例如在『Optimizing the Packet Forwarding Throughput of Multi-hop Wireless Chain Networks』一文中，每個 802.11b 節點利用兩張無線網路卡與節點間控制協定來轉換使用的頻道，使得系統 throughput 可以達到理論最大值 -- 1/2 的系統所能提供的最大 throughput。或者可以將長鏈狀拓模的架構轉換成短鏈狀拓模的架構，來減少因半雙工模式所造成的效率損失。另外，像 802.11a 與 802.11g 協定採用 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 的架構來傳送資料，彼此節點之間所選擇的頻道如果適當的錯開，也可以有效提升系統效能。因此，這裡假設 MANET 系統的實際可用 throughput 為系統所能提供的最大 throughput 的一半，來進行通訊需求能否滿足的一般性評估。

表 4-3-1 各項系統服務所需的最大可能頻寬

系統名稱	服務名稱	最大可能所需上行頻寬	最大可能所需下行頻寬
APTS 與 ATMS	高度即時性服務	0	2 kBytes/sec
	中度即時性服務	4 kBytes/sec	4 kBytes/sec
	低度即時性服務	30 kBytes/sec	30 kBytes/sec
ATIS	網頁擷取	1 kBytes/sec	20 kBytes/sec
	即時路況影像	30~40 kBytes/sec	30~40 kBytes/sec
	即時影音溝通(1 connection)	50 kBytes/sec	50 kBytes/sec
CCTV	路口閉路電視攝影機	(768x494,30fps MPEG-2) 125 kbytes (MPEG-4) 20 kBytes/sec	(768x494,30fps MPEG-2) 125 kBytes (MPEG-4) 20 kBytes/sec

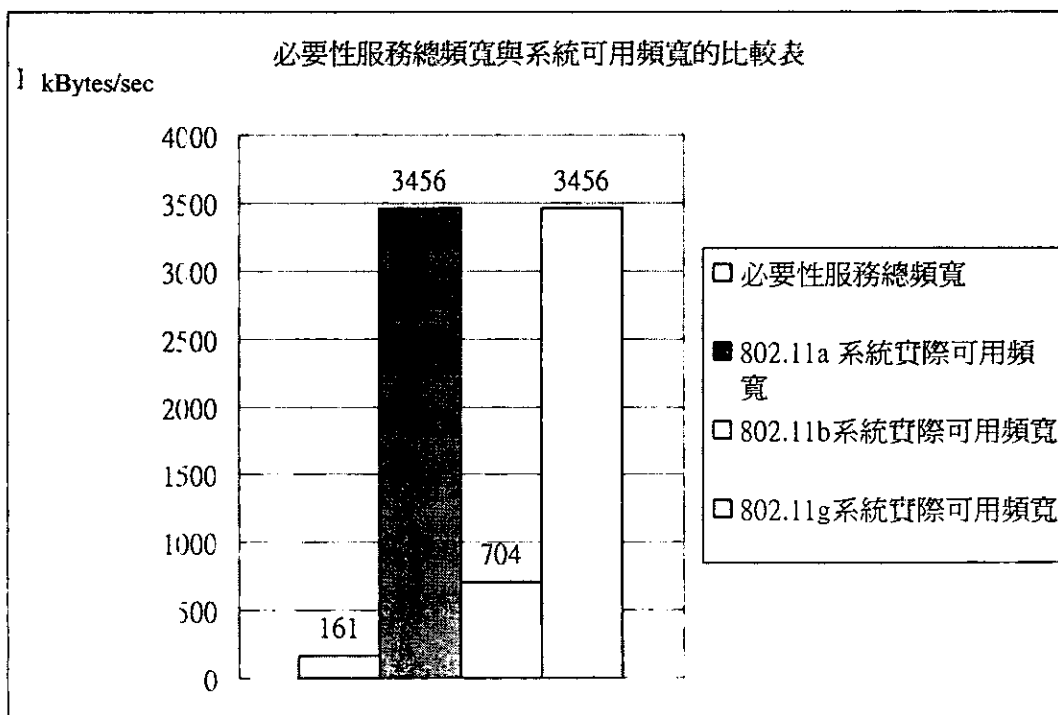
根據前面各章節的一般性分析，三個系統的通訊需求頻寬整理於表 4-3-1。路況影像的監控功能(ATMS 與 APTS)與使用者觀看路況影像的服務(ATIS)可以整合在一起如圖 4-3-1 的架構。依據服務的產生頻率與必要性，整個整合系統的所有服務被分類為兩種：一種是必要性服務 (mandatory services)，也就是定期就會因為系統運行需要而產生的傳輸，APTS 與 ATMS 的應用服務可以被列為必要性服務。另一種則是非必要性服務(optional services)，例如 ATIS 的各項服務都是與使用者相關的服務，其服務所需要的傳輸不會定期自動發生。而 CCTV 系統則是提供整合系統最前端的資料來源，因此屬於必要性服務，此節的 CCTV 系統輸出分析保守地以 MPEG-2 編碼所需要的頻寬來計算。

在語音傳輸方面，新興的 VoIP 技術，利用 IP 網路進行語音傳送的服務，其透過語音壓縮技術 G.729，最大可以提供八倍的壓縮比率。在現階段，一路 VoIP 所使用的頻寬多被控制在 25~30kbps，相較於傳統的 IP Phone 所使用之 H.323(使用頻寬約在 96~128kbps)，已能夠在頻寬受到限制的傳輸環境下提供足夠的語音傳送服務；實際上語音傳輸之頻寬需求除了與語音串流的加解碼技術有關，與所要達成之語音品質亦有很大的相關性，本研究提出以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台以能夠在單一網路中提供多個一般品質之 VoIP 連線。

依據表 4-3-2 顯示可以發現下行頻寬的需求較上行頻寬稍大，因此分析頻寬需求將從下行方向開始，而 MANET 的 MAC/PHY 架構，上行下行的頻寬是對稱且互相競爭的，因此當雙向資料會用到同一個節點時，例如 ATIS 即時雙向影音溝通，將等於需要單向的兩倍頻寬。

如表 4-3-2 所示，必要性服務總頻寬需要約 160kBytes/sec，而 802.11a 與 802.11g 可提供的可用頻寬為 3456 kBytes/sec，802.11b 所能提供的可用頻寬為 704 kBytes/sec。因此 802.11a，802.11b 與 802.11g 等系統對於滿足必要性服務所需要的頻寬皆可以輕易地滿足。剩餘的可用頻寬則用來滿足非必要性服務，也就是 ATIS 系統的應用。802.11a 系統與 802.11g 系統所剩餘的頻寬為 3295 kBytes/sec，802.11b 系統則剩下 543 kBytes/sec。對照 ATIS 系統的應用所需要的頻寬，我們可以發現每一項應用皆可以被滿足，而可以被服務的連線總數是『動態規劃』問題。例如 802.11b 剩餘的 543 kBytes/sec 可以分配為 15 個網頁擷取+3 個即時路口影像瀏覽+1 個即時影音溝通(即時影音溝通需考慮上行下行同時需要路徑中的節點傳輸，在半雙工的環境下，上行下行會互相佔有可傳輸的時間，因此一條即時影音通訊的連線等於需要 100kBytes/sec 的頻寬)，或者 10 個網頁擷取+3 個即時路口影像瀏覽+2 個即時影音溝通。而對於 802.11a 或 802.11g，可以規劃的方式則因為大量的剩餘頻寬而更有彈性。例如 50 個網頁擷取+25 個即時路口影像瀏覽+12 個即時影音溝通的分配方式即是三種應用分別分配到 1000、1000、1200kBytes/sec 的分配法。各式各樣的分配方式，必須依據使用者習慣來適當地改變參數，這裡不多作探討，但我們已從分析可以得知，802.11b 已滿足了整合系統所需要的頻寬需求，但是從建設一個具有規模的服務平台來說，更大的頻寬解決方案例如 802.11a 或 802.11g 才比較容易直接地滿足大量的服務需求。

表 4-3-2 必要性服務所需頻寬與各 MANET 系統可用頻寬的比較表



4.3.2.2 雛形系統的可用頻寬與需求滿足分析

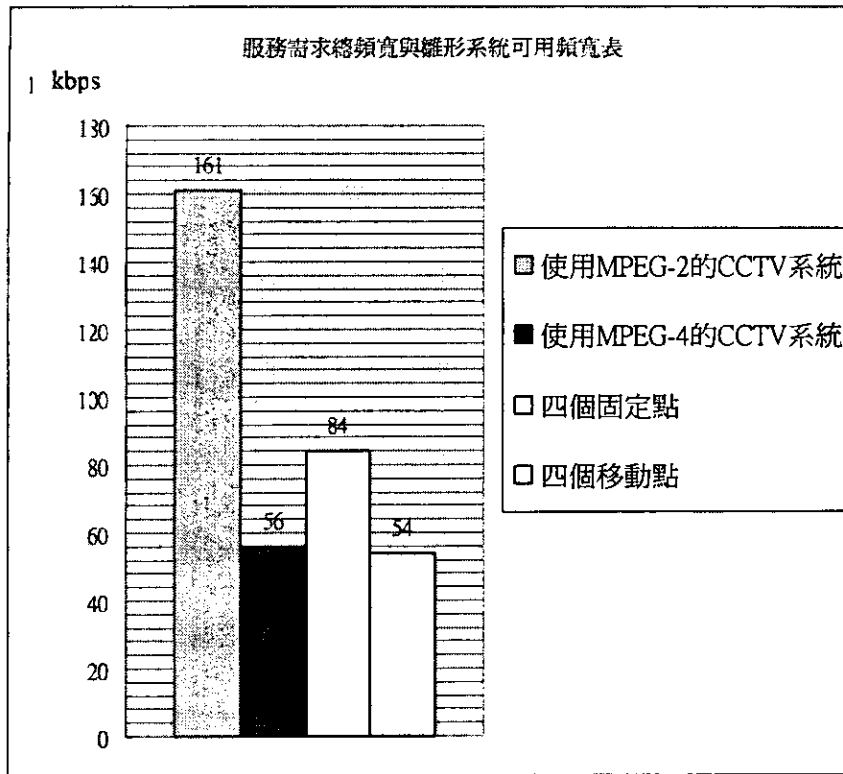
雛形系統的拓模為鏈狀網路並且採用頻寬較小的 802.11b 系統。而鏈的長度將會決定系統可用總頻寬，且移動與否也會影響可用頻寬的大小，我們將過去的道路實驗結果列於表 4-3-3。而根據前一節的計算，使用 MPEG-2 編碼時，必要性服務的頻寬需求已達 160kBytes/sec，儘管這是瞬間地最大流量（平均而言將遠低於此程度，因為路口監控影像不需要一直連續傳送，而可以採取折衷的每三秒或每五秒傳送數個 frame 回來的方式即可），但我們可以估計出四個節點鏈狀網路的雛形系統僅能在較差的效果下滿足必要性服務的需求。但若是可以採用 MPEG-4 輸出的 CCTV 系統，則效果將可有所提升。然而要滿足非必要性的服務需求來說，以都用固定點組成的四節點雛形系統來看，也只剩下 20kBytes/sec 的可用頻寬，除了滿足網頁擷取外，只能滿足低解析度、數秒一張影像的即時路口影像瀏覽，對於即時影音溝通服務將無法滿足。雖然雛形系統同時無法滿足所有的應用服務需求，但這也是因為雛形系統的 MAC/PHY 解決方案是使用較便宜的 802.11b，因此頻寬低了 802.11a 或 802.11g 很多。若是採用後兩種方案，雛形系統的服務效能將會大幅提昇。

另一種提升性能的辦法則是每個節點可以搭配數個 802.11b 網路模組。利用控制協定協調各節點的頻道跳換，並且搭配負載平衡的繞送演算法(Load-balance Routing Algorithm)來分散流量，以提升因為在半雙工模式下造成彼此競爭等待而減低的效率。

表 4-3-3 鏈狀 MANET 網路的頻寬效能

四個固定點	84	kBytes/sec
四個移動點	53.28	kBytes/sec
兩個固定點，兩個移動點	45.79	kBytes/sec

表 4-3-4 服務需求總頻寬與雛形系統可用頻寬表



MANET-ITS 網路開啟了低成本、移動中即時影音溝通等服務的可能性。其他系統難以提供類似的服務或是需要更高建構成本來部署該系統，因此 MANET-ITS 網路架構具有相當不錯的競爭力。但這些服務中有若干屬於相當消耗頻寬的應用服務，也使得頻寬需求更為吃緊。802.11b 為現有可行的方案之一，但以提供較佳的服務品質來看，802.11a 或 802.11g 等類似架構但是提供高頻寬的系統也是值得考慮的長期解決方案。

第五章 於 MANET 實驗平台建置 ITS 雛形系統

根據本研究第一年度的研究成果與評估，使用行動廣域免基地台無線電系統(MANET)對系統營運與成本上實有相當程度的助益；雖然 MANET 應用於 ITS 各項應用服務的適用性並不一致，對於目前我國規劃與建置 ITS 系統所遭遇的建置與維運課題，MANET 理論上能夠有效解決。本研究規劃選擇 ATIS、APTS 等服務領域進行雛形系統的實作。

由於計畫時程之限制，難以顧及所有 ITS 應用服務並實作完整之功能項目，因此本研究主要針對 ATIS、APTS 等子系統進行開發，並參考交通部運研所公布之『台灣地區發展智慧型運輸系統系統架構之研究』研究報告，選擇若干功能項目進行實作，同時亦提出這些 ITS 子系統與工作項目在 MANET 實驗平台下的運作模式。茲分述於下：

5.1 APTS 雛型系統

本研究計劃針對為了有效將 ITS 各項應用服務整合，於 MANET 實驗平台建置 ITS 雛型系統，本研究主要針對 ATIS、APTS 等子系統進行開發，並參考交通部運研所公布之『台灣地區發展智慧型運輸系統系統架構之研究』研究報告，選擇若干功能項目進行實作；APTS 應用服務將以公車動態資訊系統為主，其所規劃系統分開發項目與功能，本雛型系統內部主要是由下列四個部分構成：車機子系統、站牌子系統、APTS Server 和 Web Server，其中 APTS Server 是由車機子系統和 GIS 子系統二部分所組成。

本研究計劃所實作之雛型系統整體的運作流程，主要是由車機定時發送定位資訊給 APTS Server，而 APTS Server 接著將定位資訊計算處理之後，回覆車機所需的資訊，包括下一站的名稱及抵達時間，並把定位資訊傳送給各個站牌，同時讓使用者可以透過 Web Server 查詢目前的行車資訊，並且以地圖顯示的方式來呈現查詢的結果，讓使用者能透過地圖可以一目瞭然。

本系統係以評估廣域免基地台式無線網路，用以驗證 MANET 應用於 ITS 之可行性與可適性；終端設備主要包括車機系統與站牌系統，車機系統利用筆記型電腦、無線網路卡及車用天線等設備建置而成。車機是建置在各班車上的系統模組，站牌系統的功能在定時接收來自 APTS Server 的資訊，APTS Server 的車機資訊處理主要處理來自車機的定位資訊，Web Server 提供使用者查詢各班車的行車資訊，由於計畫時程之限制，難以顧及所有 ITS 應用服務並實作完整之功能項目，因此本研究主要針對 ATIS、APTS 等子系統進行開發，選擇若干功能項目進行實作，同時亦提出這些 ITS 子系統與工作項目在 MANET 實驗平台下的運作模式，而未如預期規劃使用 Java 語言進行系統開發，而改用 C++ 的原因，最主要是考慮到在平台執行效能的因素，C++ 開發上對於執行的效能以及硬體的控制要比 Java 來的好，因為對於移動式的設備來說，硬體設備的計算速度是相較於桌上型設備要來得差，故在期末的雛型系統開發上，是故採用 C++ 設計，但在實際的運用上仍不排除使用具有跨平台性質之 Java 技術。

5.1.1 APTS 功能項目

本研究所進行 APTS 應用服務將以公車動態資訊系統為主，開發項目如下：

1. 公共車輛營運管理

大眾運輸的營運管理在通訊需求上，最重要的便是與車間通訊相關之雙向語音與數據通訊功能；傳統上的語音通訊使用之無線電系統並無法滿足數據通訊的需求，而使用 MANET 理論上能夠同時滿足語音與數據通訊需求，並由於其動態自行組織的特性，能夠將行進中的大眾運具連接成為通訊網絡，在動態運具的營運管理上有極大的助益；相較於同樣滿足此需求的蜂巢式行動通訊系統，MANET 的資料傳輸成本相對低廉許多。本研究所進行之公共車輛營運管理主要為公共車輛追蹤服務；公共車輛透過車機系統以及 MANET 通訊平台，傳遞車況與 GPS 定位資訊至公車控管中心，於遠端進行公共車輛的追蹤，以便進行其他如排班管理等服務。

2. 公共車輛旅行資訊

MANET 可用於將大眾運輸資訊提供至使用者行動單元，作為廉價之資料下載通道；對於行進中大眾運輸工具的資料蒐集，MANET 同樣可作為良好的資料上傳通道，無論是電子站牌與大眾運輸工具間，或是資訊提供站與使用者間，MANET 都能有效增進系統的功效，並優於使用蜂巢式行動通訊系統資料傳輸成本過高的問題。

a. 公共車輛到達通知

利用路側模擬之公車電子站牌，進行車輛到達時間預估與到達通知等服務；這些到達時間預估服務除了可透過公車控管中心提供至路側站牌外，亦可透過 MANET 技術讓公車直接與路側站牌進行資料交換，作為到達通知或推估到達時間。

b. 站牌到達通知

公車上之行動車機透過 MANET 技術與路側站牌或控制中心進行資料交換，在到達站牌時於公車上提供到站通知服務。

c. 公車動態資訊服務

於控制中心所蒐集的公車動態資訊，可經過處理後提供給網際網路使用者；由於 MANET 通訊平台可依需要同時提供無線上網服務，因此理論上無論路側站牌、公車上的行動車機、以及參與 MANET 連線的使用者終端設備等，均可取得這些公開的公車動態資訊。

5.1.2 APTS 雛形系統之架構

(一) 系統內部關聯圖

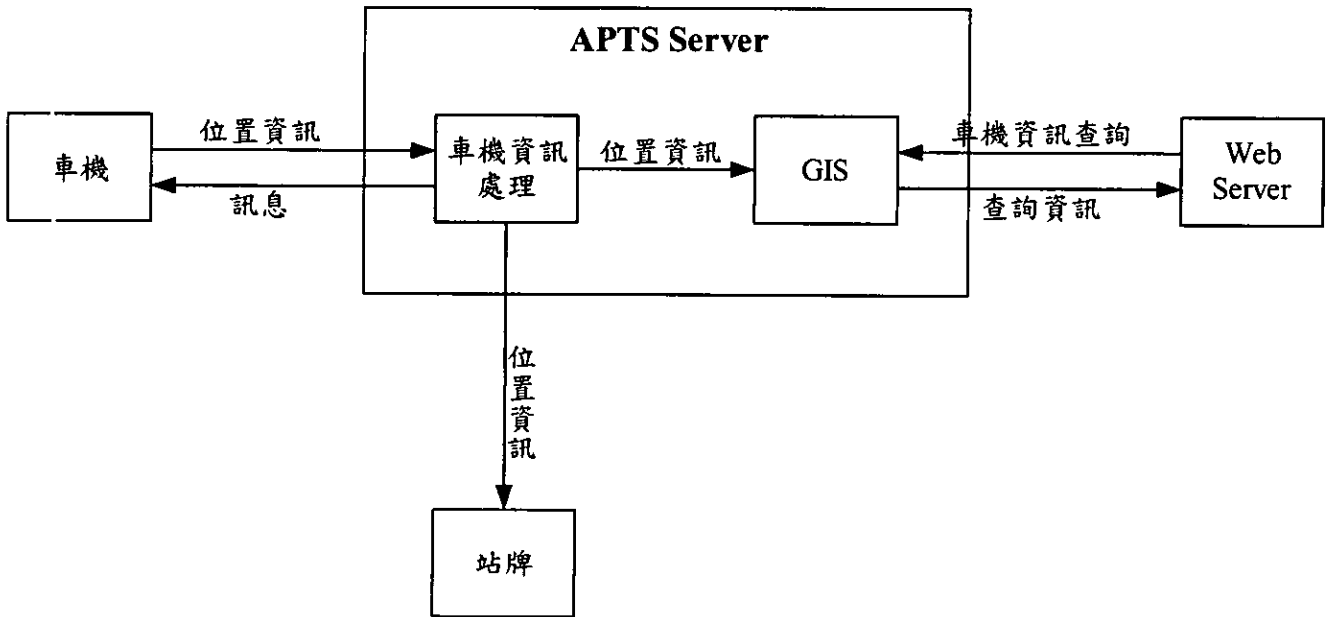


圖 5-1-1 APTS 雛形系統系統內部關聯圖

本系統內部主要是由下列四個部分構成：車機、站牌、APTS Server 和 Web Server，其中 APTS Server 是由車機資訊處理和 GIS 二部分所組成。

車機是建置在各班車上的系統模組，其主要功能在於定時取得車機的定位資訊，將該資訊傳送至 APTS Server，再接收由 APTS Server 所傳回的訊息，包含下一站站名和抵達時間，並將其顯示在車內螢幕上，供乘客參考。

站牌的功能在定時接收來自 APTS Server 的資訊，該資訊包含下一班車的車號，以及即將抵達的時間，並將資訊顯示在螢幕上供候車者參考。

APTS Server 的車機資訊處理主要處理來自車機的定位資訊，由該資訊來計算各班車抵達下一站的時間，儲存該資訊及計算結果後，回傳結果給各個車機，並傳送相關訊息給各個站牌。GIS 則負責回覆處理 Web Server 所發出的查詢，將查詢的結果回傳給 Web Server。

Web Server 在提供使用者來查詢各班車的行車資訊，並以地圖的方式呈現查詢結果，讓使用者能夠清楚地了解各班車的狀態。

(二) 功能層次關係結構圖

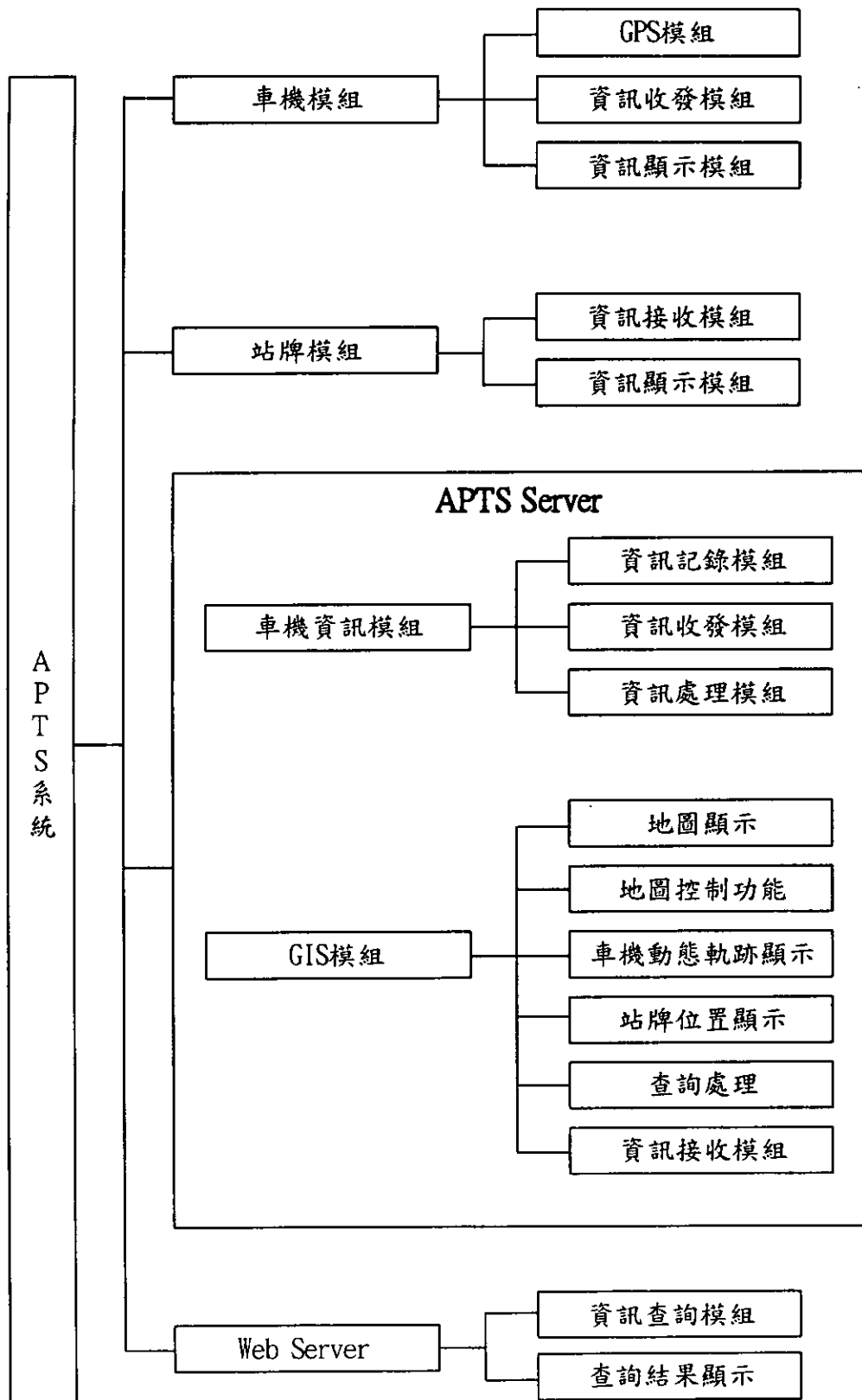


圖 5-1-2 APTS 雛形系統功能層次關係結構圖

(三) 系統模組說明

本研究所規劃之 APTS 雛形系統其目標主要是透過 MANET 設備建立公車動態資訊，使公車與一般民眾可以即時地查詢公車資訊，本系統為動態資訊系統中，對公車做即時監控與追蹤，透過 GPS 與 GIS 電子地圖的技術可以即時獲知公車所在位置與目前狀態與訊息。所規劃之各個子系統功能茲分述如下：

1. 車機模組

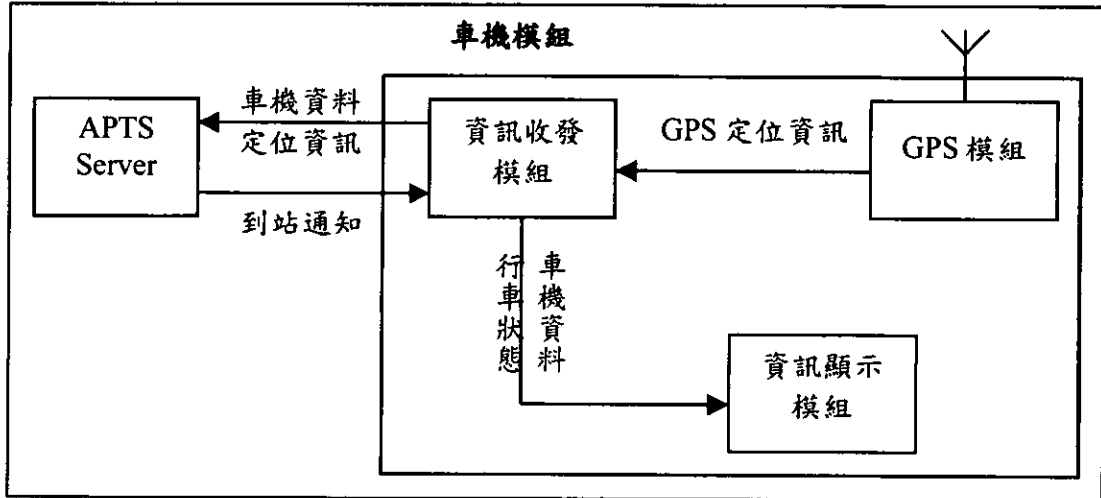


圖 5-1-3 車機子系統模組架構圖

本研究於運輸系統中每輛實驗車上，裝設一套車機子系統，車機子系統在系統內所扮演的角色是對車機進行定位，同時在車機內顯示來自 APTS Server 的資訊。車機子系統由 GPS 模組、資訊收發模組和資訊顯示模組構成，車機子系統藉由 GPS 模組取得車機目前的定位資料後，結合相關資料組成 XML 標準之資訊檔案，並將之傳遞至資訊收發模組，再由資訊收發模組透過 HTTP 協定和 MANET 將車機資料和目前定位的資訊傳送給 APTS Server。

透過車機子系統可以將該輛公車之行車資訊，藉由 MANET 平台之網路環境，傳送至 APTS Server，而且每輛公車間可利用車間通訊達成相互資訊的交換，達到一個更快速且智慧的公眾運輸管理。資訊收發模組接到訊息之後，把它們傳至資訊顯示模組，再把訊息顯示在車內的螢幕內，間隔一定時間後，車機模組再次重新執行上面的動作。提供目前本身車況資訊與所在位置資訊給 APTS Server，並且在車內顯示下一站的名稱，以及抵達的時間，各個模組則細分如下：

a. GPS 模組

GPS 模組使用全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)來進行車輛行進間定位之工作，定時接收 GPS 資料，產生車機目前所在位置的資訊，將定位資訊傳遞給資訊收發模組，再傳送至 APTS Server 做進一步之資訊處理。

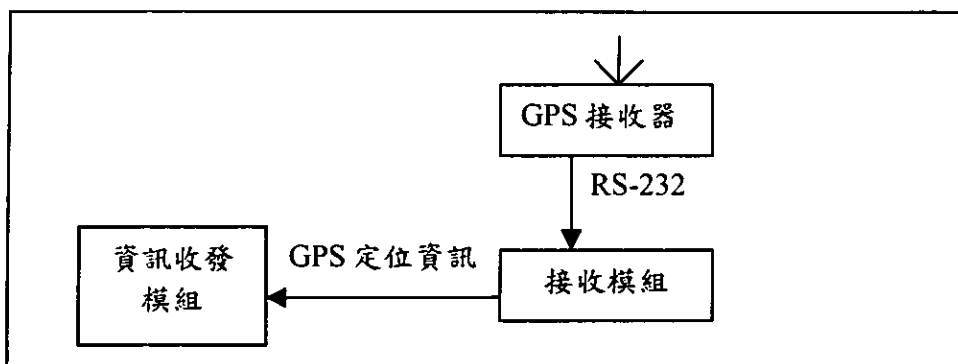


圖 5-1-4 GPS 模組架構圖

b. 資訊收發模組

i. APTS Server 間通訊

資訊收發模組在車機子系統中扮演著與 APTS Server 連繫的角色，係在負責主動遞傳送由 GPS 模組產生的車機定位資訊，以及由 Web-Cam 所自動拍攝下的行車時的路況照片至 APTS Server；並可以接收來自於 APTS Server 所傳送的下一站站點以及預計的抵達時間…等資訊，再傳至資訊顯示模組，用以顯示在車輛中，可提供駕駛員與搭乘的乘客即時得知路況消息。

ii. 行車間視訊影音通訊

可利用視訊影音的功能，透過 MANET 平台之網路環境，讓不同的車輛間可以相互溝通與通訊。

iii. 資訊廣播

將本身所蒐集得到的資訊，利用資訊廣播的方式傳送給不同的車機，當車輛本身有故障、或是道路路況發生障礙，而無法行駛時，可使後方放來車以及其他行駛之車輛知道前方狀態。

c. 資訊顯示模組

資訊顯示模組係在車機上顯示透過資訊收發模組所接收到來自 APTS Server 通訊資料與車間的行車資訊，顯示資訊之內容則包含：

i. <下一站抵達之站名>及<預計抵達時間>

顯示下一站所將要抵達之站名以及預計抵達該站的時間，可提供給車上的乘客做為下車與了解目前行駛至何站等參考資訊。

ii. <GIS 地圖資訊>

利用 GPS 模組所得到之 GPS 定位位置資訊，透過 GIS 模組，將該車輛之行車位置資訊，顯示於 GIS 地圖上，可提供給車上的乘客做為轉乘或是下車等參考資訊。

iii. <車況資訊>

顯示目前行車之車行時速、以及方向，車輛行駛狀態是為行駛中、靜止或是急停等車況資訊，若是急停時，藉由發出警告的訊息，可提醒乘客注意安全。

iv. <路況照片>

透過裝設在車輛上之攝影鏡頭，定時自動將路況照片以 Web-Cam 擷取後，再透過資訊收發模組傳回至 APTS Server，可提供 Server 端與乘客查詢顯示即時路況。

d. 資訊記錄模組

將資訊處理模組傳送過來的資訊，包括車機資料和到達各站的時間，以 XML 檔案的形式儲存。

e. 資訊處理模組

依據所得到的定位資訊，找出該車機即將抵達的下一站，以及計算出所需的抵達時間，之後將處理結果傳送給資訊收發模組及資訊記錄模組，再傳送至 GIS 模組。

2. 站牌模組

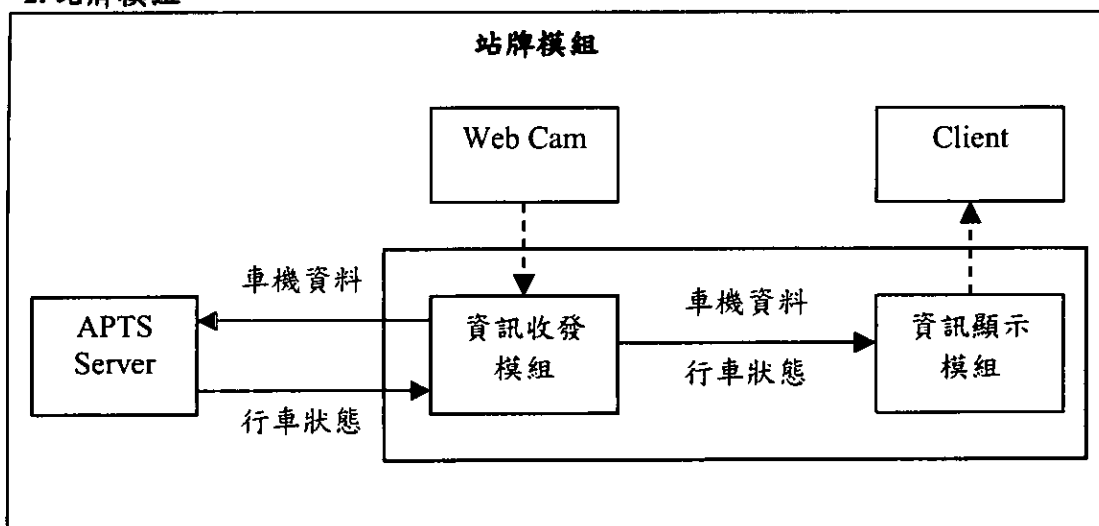


圖 5-1-5 站牌模組架構圖

於運輸系統中每個站牌上，裝設一套站牌子系統，站牌在系統中是資訊接收者的角色，負責接收來自 APTS Server 的訊息，並顯示在站牌的螢幕上，站牌模組是由資訊接收模和資訊顯示模組所構成。其運作方式如下：APTS Server 會定時透過 MANET 及 HTTP 協定，傳送最接近本站牌的车機資訊，當資訊接收模組收到訊息後，將之轉送至資訊顯示模組，再把該訊息顯示在站牌的螢幕上。

站牌子系統可以將站牌的候車資訊傳回至 APTS Server，以及目前運輸系統中的車輛資訊顯示於站牌端，顯示下一班車的目前位置，以及抵達該站的時間，提供候車的乘客做為乘車參考資訊。在實際的運作上，站牌是處於聆聽的狀態下，持續接收來自 APTS Server 的訊息。APTS Server 會傳送下一次到達此站公車的資料以及預計到達時間，當資訊接收模組收到資訊之後，再由資訊顯示模組呈現在站牌的螢幕上，並再次聆聽 APTS Server 的訊息，各個模組則細分如下：

a. 資訊接收模組

在站牌模組中擔任與 APTS Server 連繫的角色，負責聆聽由 APTS Server 回傳的車機資訊，包含車機資料和抵達時間，之後傳遞至資訊顯示模組。

b. 資訊顯示模組

在站牌上顯示資訊接收模組收到的資訊，供候車乘客參考。

3. APTS Server 之車機資訊模組

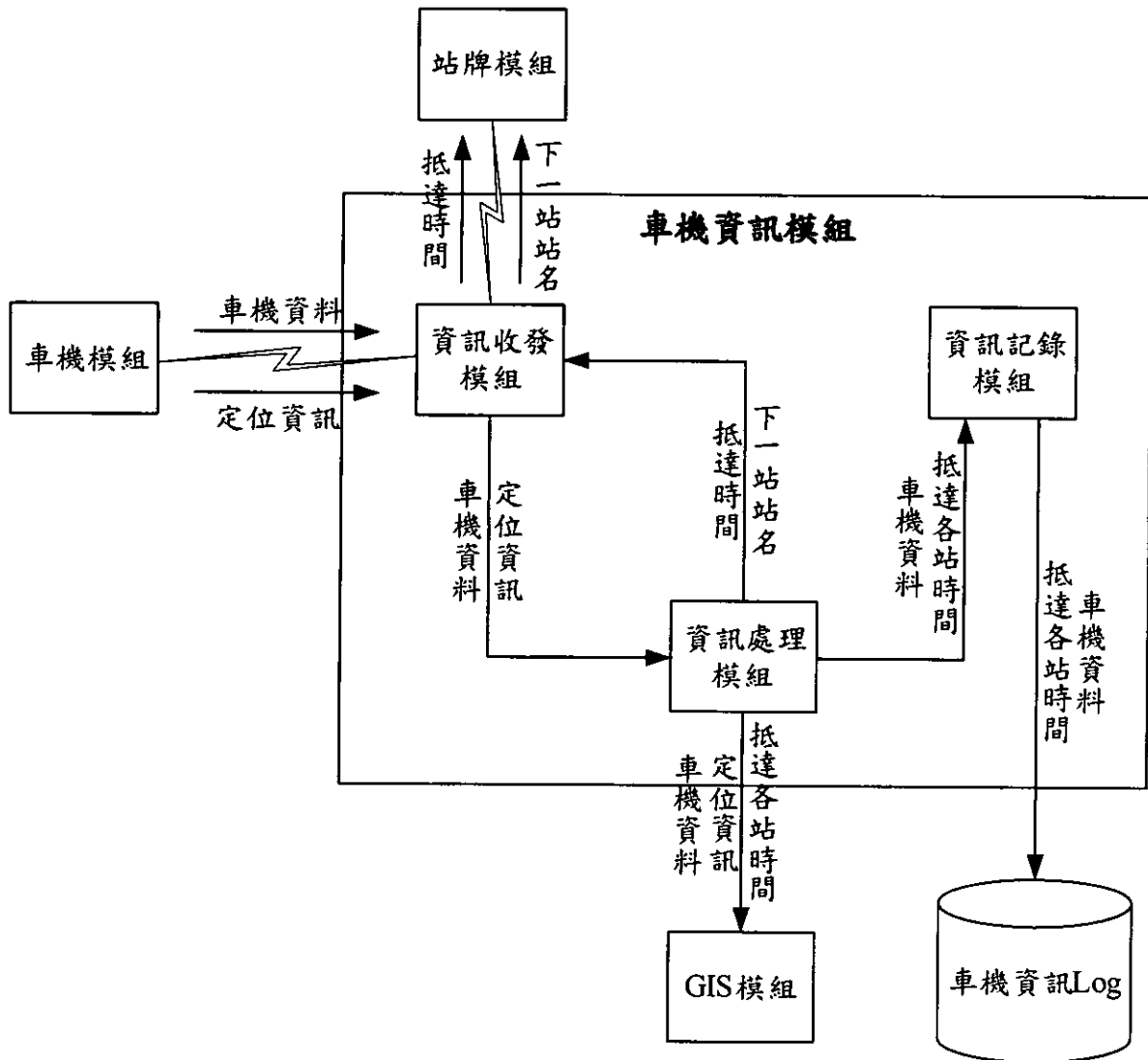


圖 5-1-6 APTS Server 車機資訊模組架構圖

車機資訊模組是組成 APTS Server 的一部分，由資訊記錄模組、資訊收發模組和資訊收發模組所構成。它有三項工作，一是作為 APTS Server 內對車機和站牌的溝通管道，二是將車機資訊傳送給 GIS 模組，三是把處理過的資訊以 XML 檔案形式儲存。

資訊收發模組接收由車機模組傳來的車機資料和定位資訊，再由資訊處理模組找出該車機即將抵達的下一站，以及預計的抵達時間，在處理完畢後，開始進行三個動作。一是把下一站站名和預計抵達時間傳至資訊收發模組，回傳給該車機。二是把車機資料和處理完的結果送至資訊儲存模組，再儲存至檔案系統中。三是將車機資料、定位資訊和預計抵達時間送至 GIS 模組。完成上述動作後，等待資訊收發模組接收下一筆訊息，再次進行上述動作。

APTS Server 的車機資訊模組在接到某部車機所傳來的定位資訊時，則開始找出下一站及計算抵達時間，之後回傳這些資訊給該車機以及相關的站牌。

除此之外，也會以 Log 形式儲存這些資訊，並且傳送至 APTS Server 內的 GIS 模組，各個模組則細分如下：

a. 資訊記錄模組

將資訊處理模組傳送過來的資訊，包括車機資料和到達各站時間，以 Log 形式儲存。

b. 資訊收發模組

負責接收車機傳來的定位資訊，等資訊處理模組完成執行工作後，再把處理結果，包含下一站站名及抵達時間，傳回給車機，並將該結果傳送給相關站牌。

c. 資訊處理模組

依據所得到的定位資訊，找出該車機即將抵達的下一站，以及計算出所需的抵達時間，之後將處理結果傳送給資訊收發模組及資訊記錄模組，再傳送至 GIS 模組。

4. APTS Server 之 GIS 模組

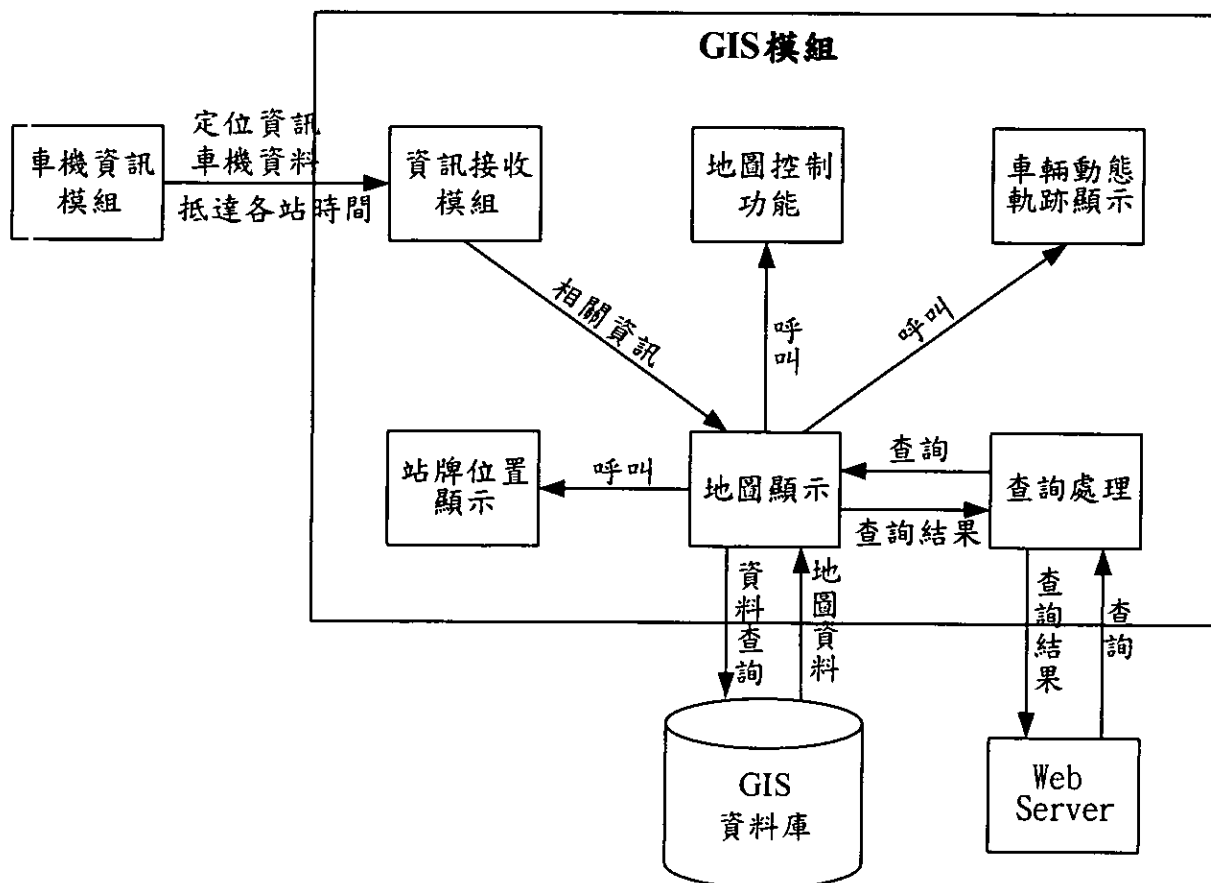


圖 5-1-7 APTS Server GIS 模組架構圖

GIS 模組的主要目的是處理來自 Web Server 的查詢，根據車機資訊模組傳來的資訊以及地圖顯示的相關功能，提供 Web Server 查詢的結果，讓資訊能夠和地圖直接結合，而能清楚地呈現查詢的結果。

GIS 模組是由地圖顯示、地圖控制功能、車輛動態顯示、站牌位置顯示、查詢處理和資訊接收模組所構成。資訊接收模組接收由車機資訊模組送來的車機資訊、定位資訊和處理完的結果，地圖顯示模組根據所得到的車機資訊來與地圖資料結合，地圖顯示模組呼叫地圖控制功能、站牌位置顯示和車輛動態顯示來處理 Web Server 提出的查詢要求，再將查詢結果回傳給 Web Server。

當 APTS Server 的 GIS 模組收到了一個 Web Server 的查詢要求時，會開始根據車機資訊模組去找出所需要的地圖資料，並且把車機資訊與地圖相結合，再依查詢的需求，來啟動不同的地圖控制功能，然後將處理後的地圖資訊傳送給 Web Server，各個模組則細分如下：

a. 地圖顯示

提供基本地圖顯示功能，顯示所有地區的地圖，含道路、重要地標、河流湖泊及鐵路等圖層，並且標示出目前各車機的所在。

b.地圖控制功能

提供放大、縮小、平移及不同倍率檢視地圖之功能。

c.車輛動態軌跡顯示

將所有車機的行進狀況即時顯示在地圖上，以瞭解目前各車機的實際所在位置。

d.站牌位置顯示

將站牌顯示於地圖中，以利檢視車機與站牌之相對位置。

e.查詢處理

負責接收來自 Web Server 的查詢，並將查詢的結果，包含車機相關資訊和地圖資訊回傳給 Web Server。

f.資訊接收模組

接收車機資訊模組所傳來的車機資訊，用來後續顯示車機位置的依據。

5. Web Server

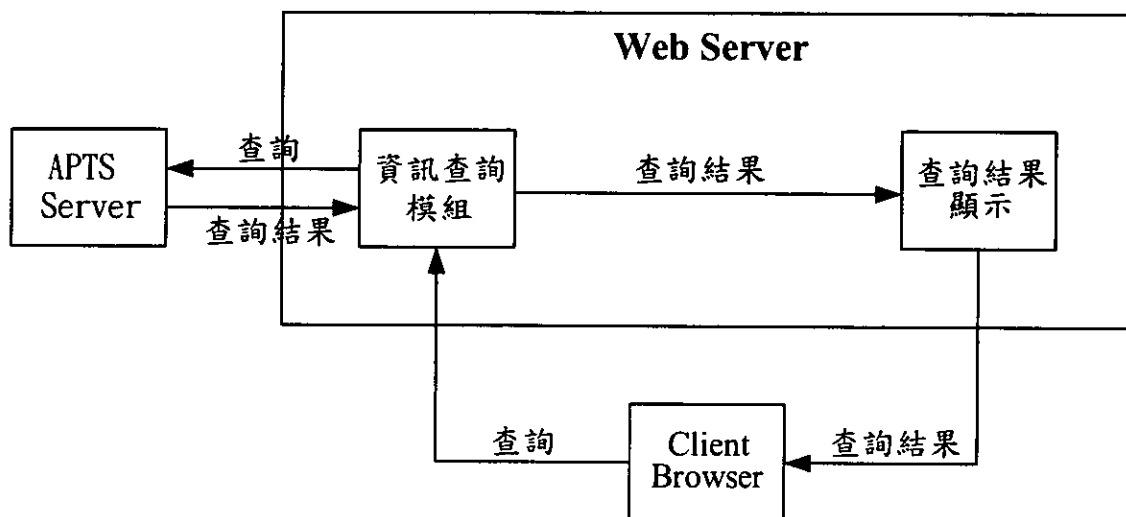


圖 5-1-8 ATPS 雛形系統之 Web Server 模組架構圖

Web Server 的角色在提供使用者可以透過網路和瀏覽器來查詢各公車目前的狀況，以了解公車預計到站時間，而能夠更有效地縮短候車時間。

Web Server 是由資訊查詢模組和查詢結果顯示所組成。資訊查詢模組收到來自用戶端發出的查詢要求後，就會向 GIS 模組提出查詢要求，待 GIS 模組回傳結果後，則由查詢結果顯示模組傳給用戶端，再顯示在其螢幕上。

使用者從自己的電腦上開啟瀏覽器連至 Web Server 後，開始進行查詢動作。Web Server 收到查詢要求後，則通知 APTS Server 所要查詢的內容，APTS Server 根據要求來計算出結果，再回傳給 Web Server，而 Web Server 將結果回覆用戶端。

a. 資訊查詢模組

提供查詢車機各項資訊之功能，包括各車機目前所在位置、下一站站名和抵達時間。

b. 查詢結果顯示

依查詢的條件，將 APTS Server 回傳的查詢結果顯示在螢幕上。

5.1.3 APTS 雛形系統運作方式與流程

(一)、系統架構

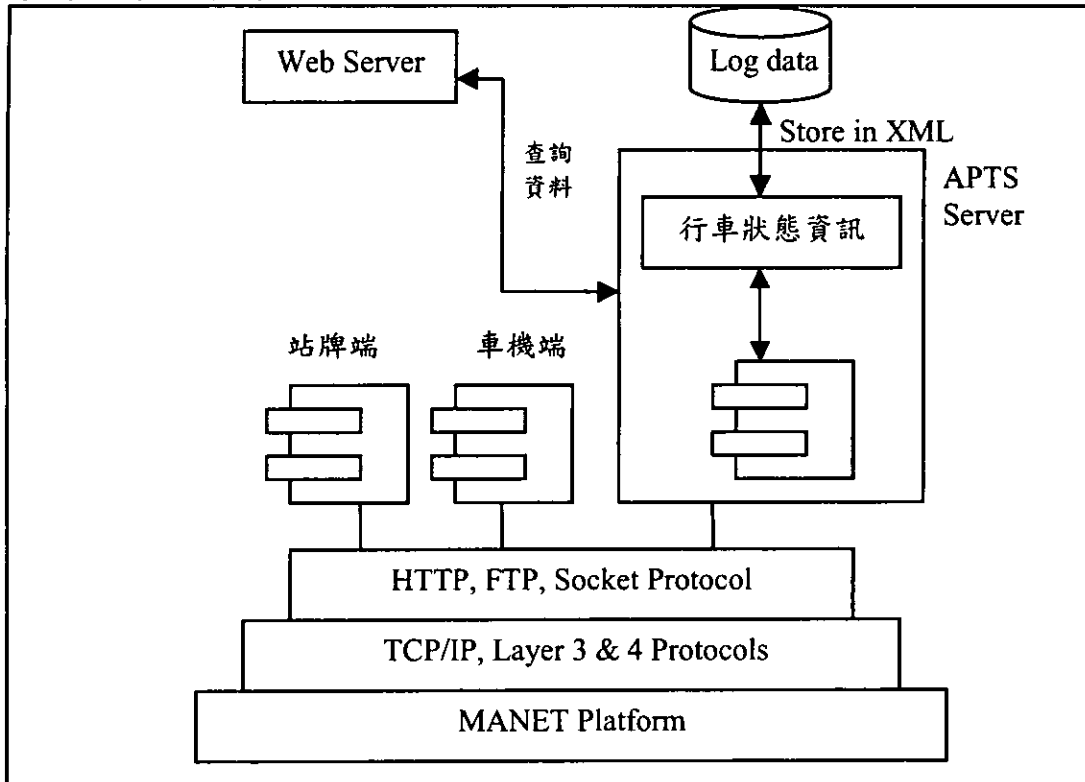


圖 5-1-9 APTS 雛形系統執行架構圖

整個 APTS 雛形系統是以 MANET 環境做為主要通訊平台，測試 MANET 應用於 ITS 系統的可行性；本研究使用 Web-based 之資訊提供方式，為解決跨平台課題的有效解決方案，因此在使用者介面方面，使用如 HTML 等標準，作為應用程式的開發工具，在通訊協定方面，則是透過使用 TCP/IP 協定，以及網際網路現行之 HTTP、FTP 協定，在各個車機與系統間傳送資訊。而對於較為單純的控制訊息(如公車與公車站間傳之 GPS 資訊)，則是利用自行規劃訊息格式進行資料交換，原本規劃中是使用 UDP 協定來傳遞這些控制訊息，想要達到較高的效能，然而考慮到使用 UDP 協定將本身的行車資訊多點即時廣播給其他車輛，此種方式可能會產生廣播風暴的原因，故最後則決定不採用 UDP 協定來傳遞。

(二)、系統運作方式與流程

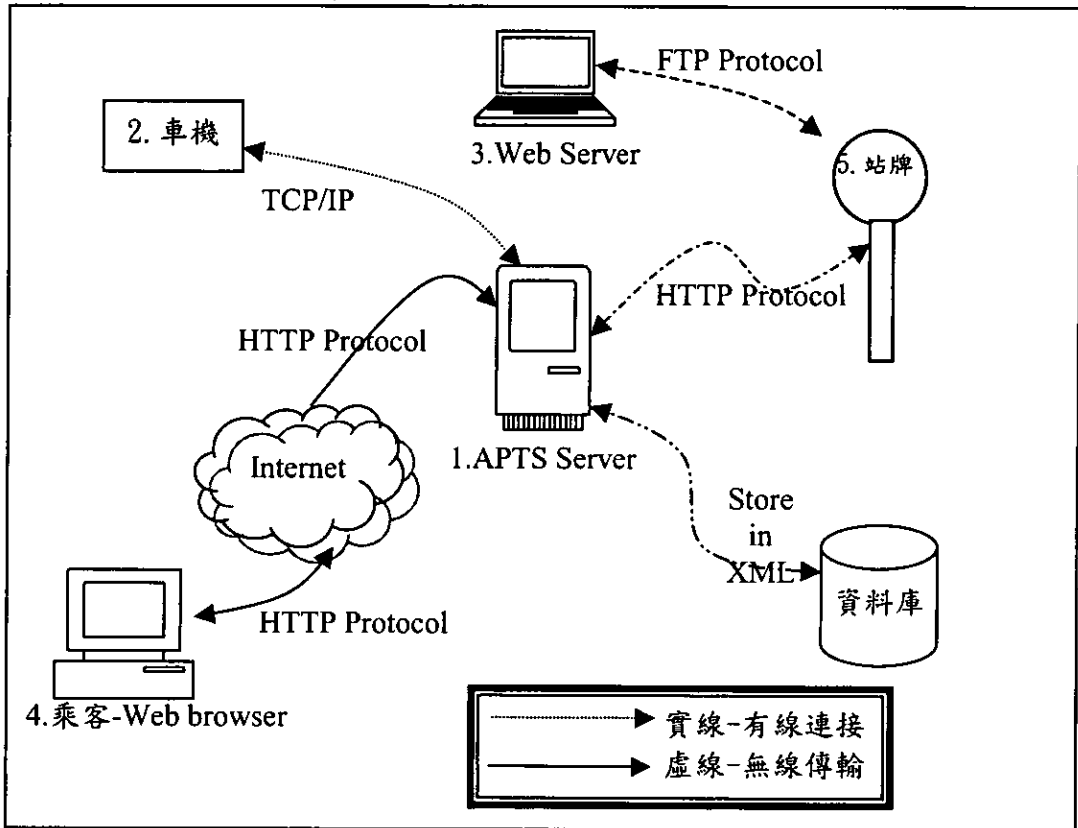


圖 5-1-10 APTS 雛形系統執行環境圖

APTS 雛型系統使用 TCP/IP 與 HTTP 通訊協定做為傳輸介面，而在 Web Server 與站牌間傳遞即時照片資訊則是以 FTP 通訊協定當作傳輸介面。資料的儲存、傳遞則是均使用 XML 方式做為統一的表示格式，不論是 APTS Server、車機與站牌間資料相互傳送或是儲存，透過可自定標籤格式的 XML，不但可以解決資料格式的問題，而且其動態自定格式的彈性使得本雛型系統在未來的擴充性上更為加強。

各個組成元件說明如下

(1). APTS Server :

- A. APTS Server→車機：由 APTS Server 透過 TCP/IP 協定以 XML 格式傳送下一站站名、抵達下一站的時間至車機子系統上。
- B. APTS Server→站牌：由 APTS Server 傳送下一班車資訊、抵達時間至站牌上。
- C. APTS Server→車機資訊 Log：由 APTS Server 將各班車的資訊、到達各站的時間以 XML 格式儲存成 log 資訊。
- D. APTS Server→Web Server：由 APTS Server 傳送各班車的資訊、抵達下一站的時間、地圖資料至 Web Server 上，提供乘客於 Internet 查詢。

(2). 車機：

A. 車機→APTS Server：由車機上接收之即時 GPS 定位以 XML 資訊格式傳送給 APTS Server。

(3). Web Server：

A. Web Server→APTS Server：提供即時路況與後車情況資料查詢。

(4). 乘客：

A. 搭車之乘客透過 TCP/IP 協定，利用 Internet 連上系統查詢即時路況與候車情況資料。

(5). 站牌：

A. 站牌→Web Server：由站牌透過 FTP 協定傳送即時候車照片資料給 Web Server。

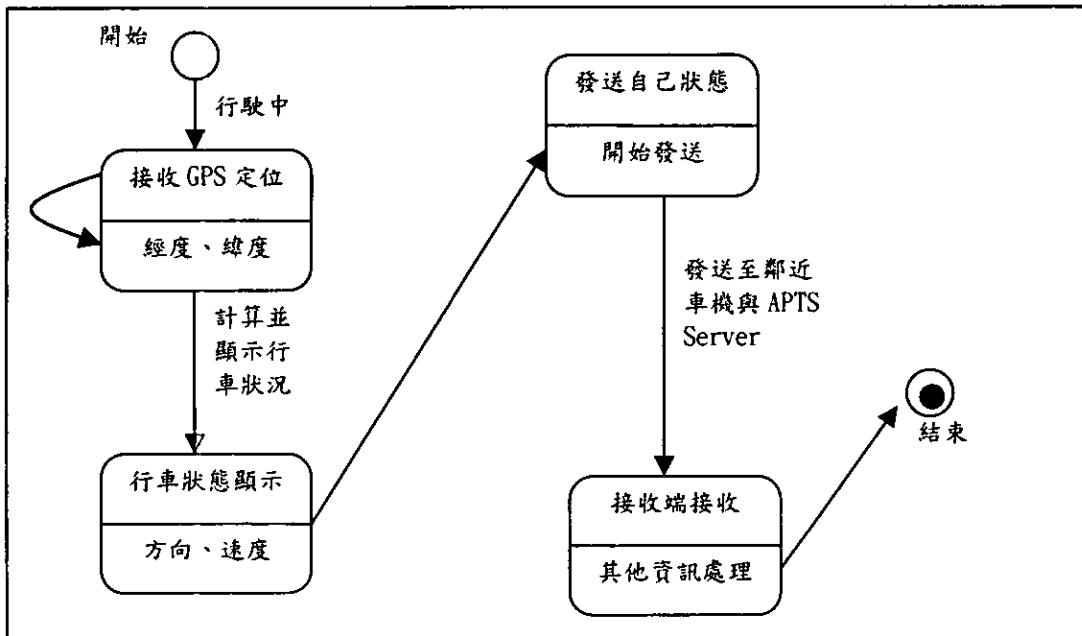


圖 5-1-11 APTS 雛形系統車機狀態轉換圖

5.1.4 APTS 雛型系統實際執行狀況

APTS 主要的系統單元為路測的智慧型站牌、車上行動單元、以及控管中心等，在本研究所規劃建構之 MANET 實驗平台下，智慧型站牌可視為 MANET 固定點與公車總站、控制中心、或網際網路接取點進行穩定的無線通訊服務，而行動車機可參與這些固定點組成之 MANET 進行動態繞徑，進而利用跳接方式與站牌或控制中心進行資料交換。對於節點密度不足而無法與中心端連線的固定節點或站牌，公車搭載的行動車機亦可作為 MANET 跳接中繼站，解決固定節點密度不足的問題。如下圖所示，虛線表示公車行動車機透過固定站牌進行跳接式傳輸與其他行動車機、控制中心、或網路接取點進行資料交換；實線表示行動車機亦可作為 MANET 中繼點協助車站間的通訊。

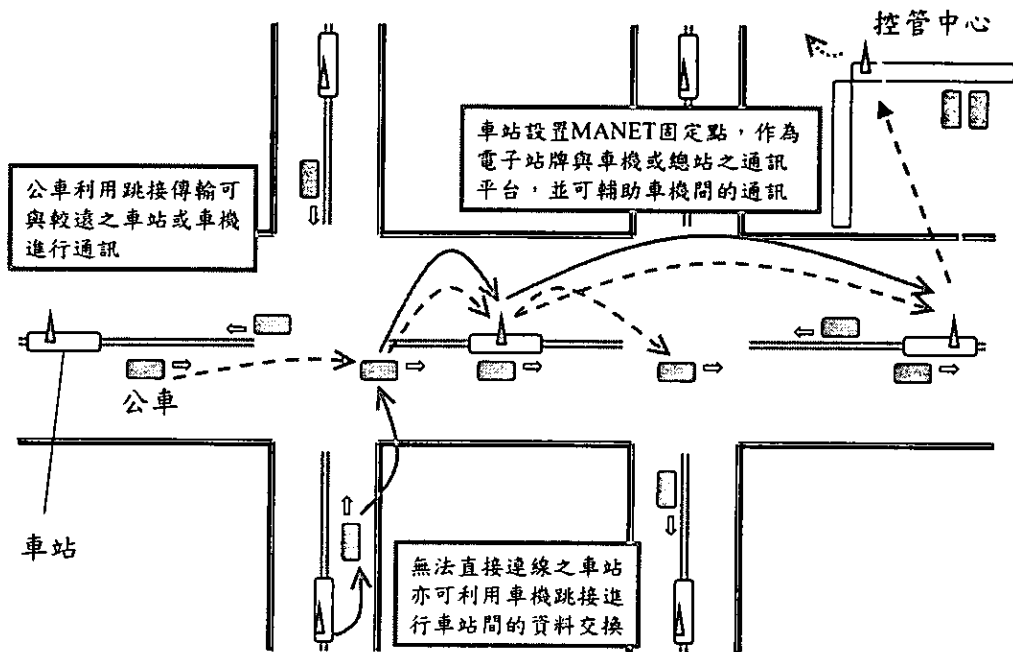


圖 5-1-12 以 MANET 為基礎之 APTS 系統運作模式

5.1.4.1 測試環境說明

本研究所規劃之 APTS 雛形系統其目標主要是透過 MANET 設備建立一個公車動態資訊環境，可以使得公車業者與一般民眾皆可以透過此一環境，即時地查詢公車資訊、路況資訊與候車狀況；本系統為動態資訊系統中，對公車做即時監控與追蹤之一子系統，透過 GPS 與 GIS 電子地圖的技術，可以即時的獲知公車所在位置與目前狀態與訊息，藉以做到即時的監控與處理，以下便針對本研究所測試的環境與設備實際說明如下。

以下圖為例，公車行駛模擬由於<站 1>至<站 5>間來回測試，圖上以圓圈標設的五個點即為模擬的站點，於<站 1>離站後便會於站牌端顯示公車已離站資訊，並可在智慧型站牌上觀看整個路線上公車行車的狀態，而<站 2>端則會顯示公車到站時間預估；行車時，則會顯示不同的行車狀態，例如：於<站 3>與<站 4>間的右轉轉向提醒，啟動時的加速與臨時狀態的緊急煞車等不同的訊息，而在路線上行駛的公車可相互的傳遞彼此的所在位置與行車資訊，讓整體的 APTS 更有效率的運作。

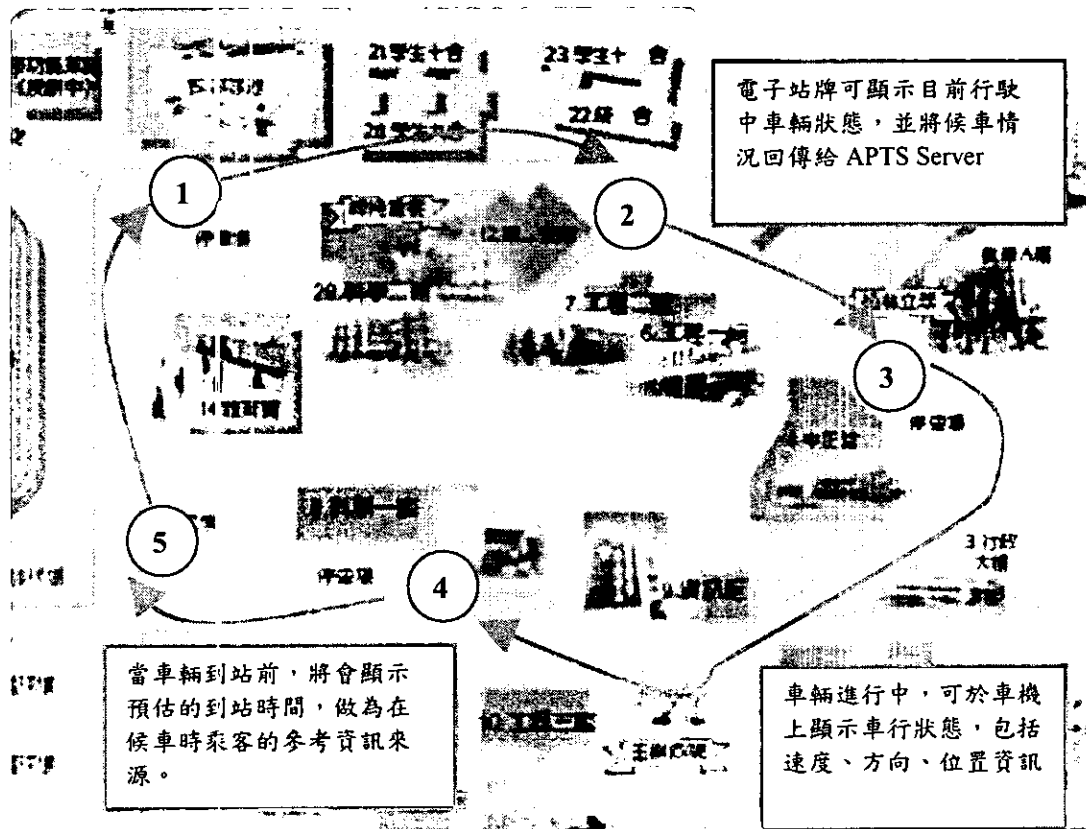


圖 5-1-13 APTS 雛形系統測試場景

1. 實際測試之車機端

車機端設備以兩台車搭設天線，並於車機端架設車機子系統，進行測試實驗，實際測試情況則如圖 5-1-13 與圖 5-1-14 所示，分別將天線架設在車子的右側與後側，做為移動的點車機設備。



圖 5-1-14 實際測試過程之 A 車



圖 5-1-15 實際測試過程之 B 車

2. 以筆記型電腦架設於車機端

於車機端架設車機子系統，實際測試情況則如圖 5-1-15 與圖 5-1-16 所示，將筆記型電腦架設於駕駛座右方，做為移動的點上的車機設備。



圖 5-1-16 實際測試過程之車機 A

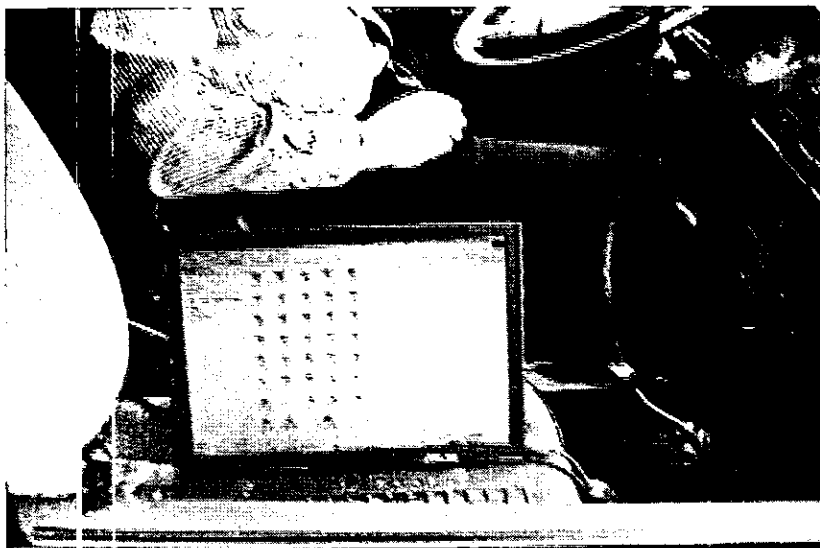


圖 5-1-17 實際測試過程之車機 B

3. 實際測試之站牌端



圖 5-1-18 實際測試過程之站牌端

5.1.4.2 測試執行畫面

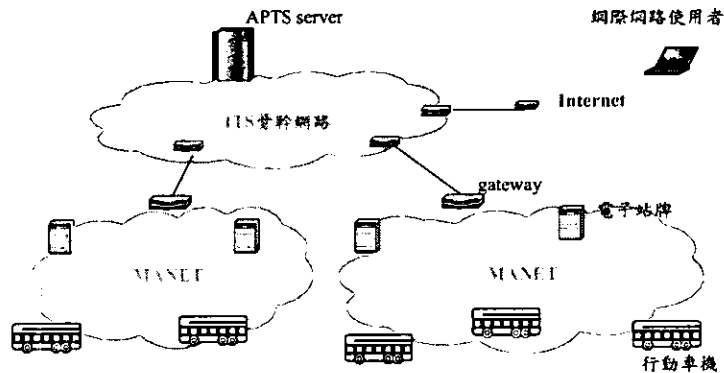


圖 5-1-19 APTS 系統架構

在 APTS Server 端接收由各個車機所回傳的行車資訊，包括該車機的 IP Address、時間、經度、緯度、行車時速與行車狀態資訊搜集。行動車機在本系統架構下，以 MANET 為骨幹，透過電子站牌與車機間通訊的方式達成即時的資訊傳遞；網際網路使用者可以透過 Internet 連線方式查詢目前車機行車資訊或是電子站牌即時影像等應用。

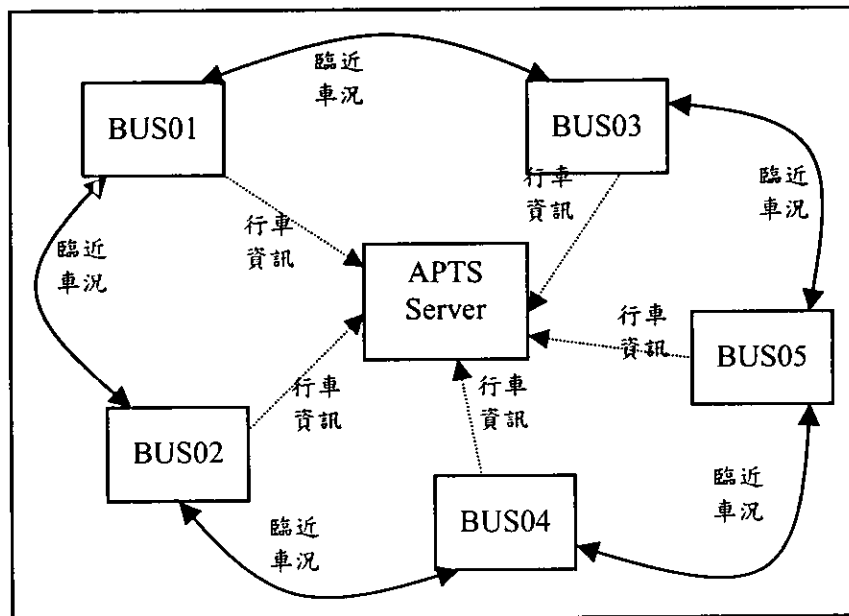


圖 5-1-20 APTS Server 與各個車機連線示意圖

由圖 5-1-20 示意可知，各個車機端將自己的行車資訊發送給 APTS Server，而 APTS Server 得到各個車機端的 IP Address 後，會告知相同網路內的車機有那些車機存在，車機間便可以透過所取得的 IP Address 相互交換行車資訊。

(一)、車機子系統-車輛狀態顯示

係利用 GIS 子系統由資訊接收模組，接收來自車機資訊模組所傳送之車機資料，這些位置資訊藉由系統所設計地圖繪製功能處理後，將車機位置與行車資訊點繪在地圖上，所顯示資訊包括車號、時速、行車狀態、所在位置…等資訊；



圖 5-1-21 MANET 應用即時路況查詢-觀看路線上公車行狀態

接收 GPS 定位資訊後，點繪自己位置在 GIS 上，顯示資訊包括：車號、行車狀態、時速與到離站通知。同時車機端會接收由其他車輛所傳來的資訊，即時的點繪在圖上，便可以提供車機端的乘客與司機做為行車的參考資訊。”已建立連線的 Client”列表中的 IP Address 係表示與自己已經建立連線的車機子系統，而”網路內存在的 Client”列表中的 IP Address 則是包括自己之 IP Address。

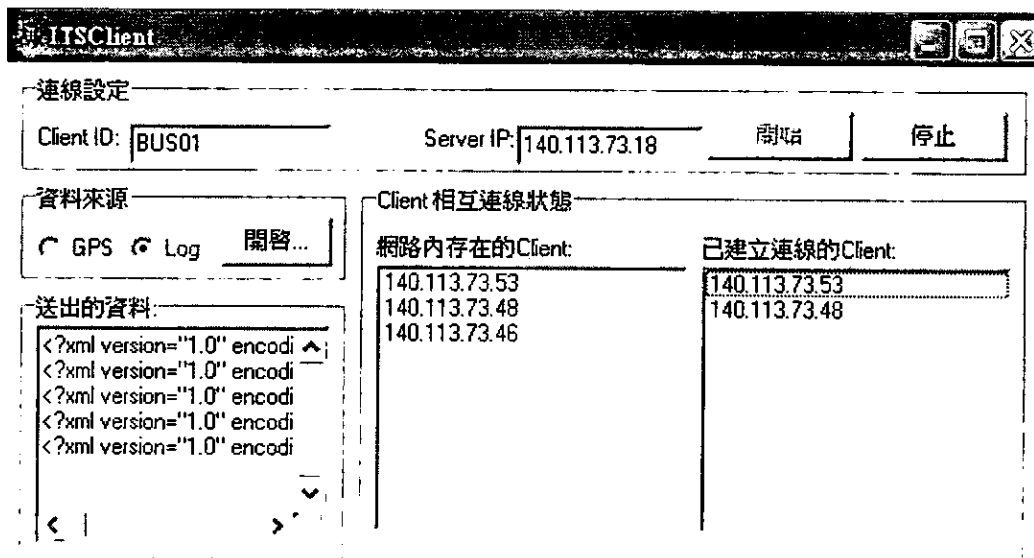


圖 5-1-22 車機 Client 端接收資料

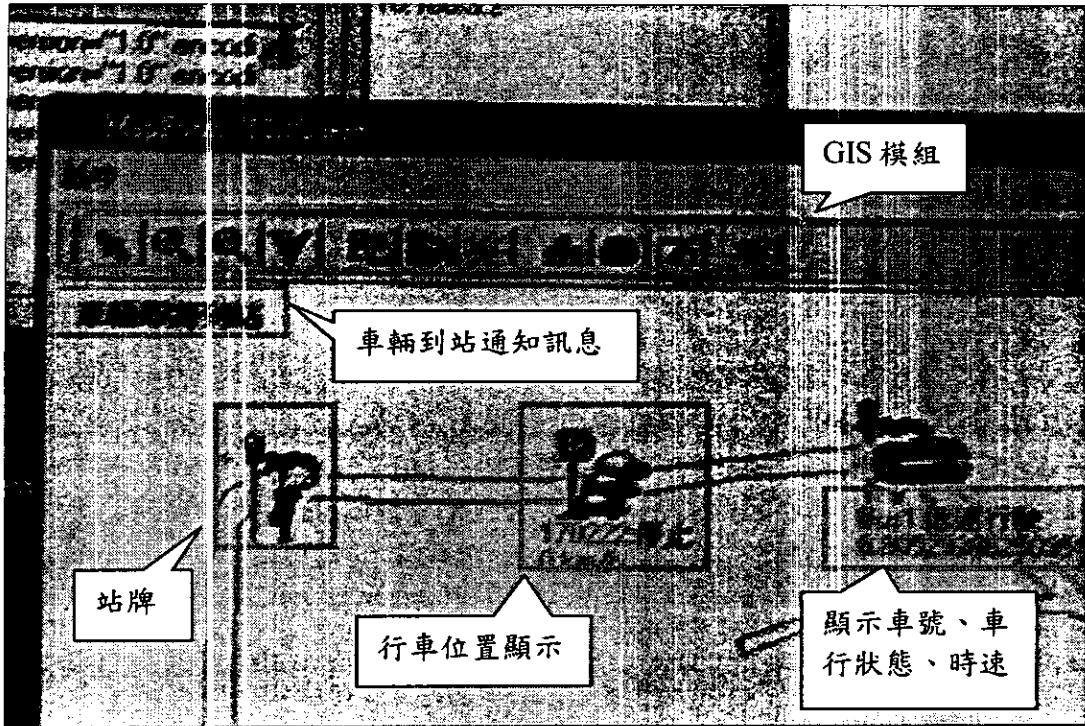


圖 5-1-23 MANET 應用即時路況查詢-車機端顯示畫面

車機 Client 端接收由其他車機所傳來的行車資訊，Client 端透過相互連接、建立彼此的連線，且資料傳送至其他車機子系統，把自己的行車資訊透過 XML 格式透過 TCP 協定發送，而傳送的 XML 資料則如下表所示。

表 5-1-1 車機 Client 所交換之車況資訊 XML 格式

傳送 XML 資料	XML 格式	傳送資料範例
車輛編號	CardID	< CardID>7352</CardID>
車輛所在經度	Longitude	< Longitude >24.86375</Longitude>
車輛所在緯度	Latitude	< Latitude>121.20915</ Latitude >
行車速度	CarSpeed	< CarSpeed>35.5</ CarSpeed>
行車狀態	CarStatus	< CarStatus>行駛中</ CarStatus>

(二)、站牌子系統-站牌端公車資訊查詢

站牌子系統透過 HTTP 協定與 MANET 連上 APTS Server 系統後，可查詢路線上 GIS 中之公車移動狀態與位置：

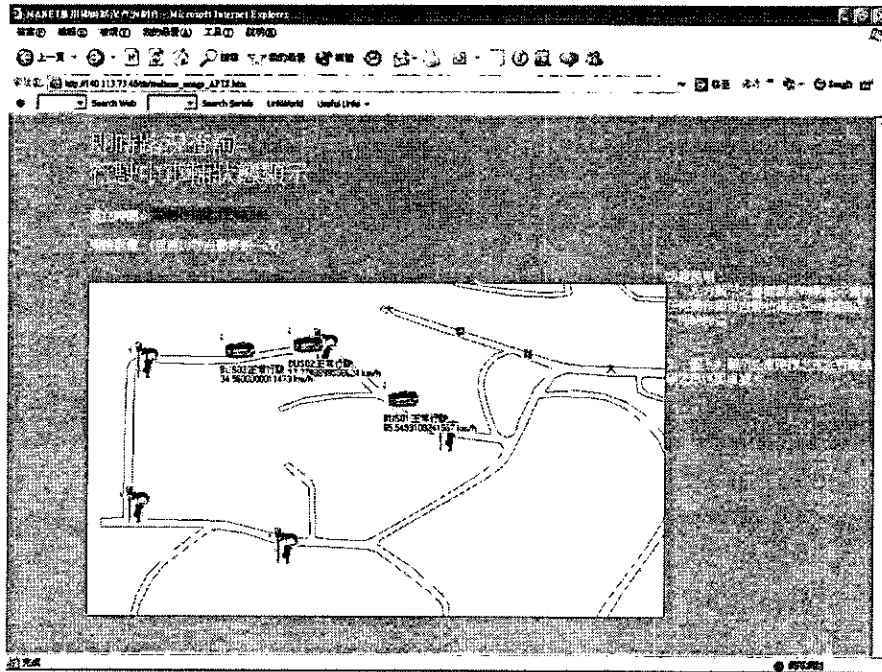


圖 5-1-24 MANET 應用即時路況查詢-行駛中之公車

下方圖示所顯示拍攝實景係為 APTS 雛形系統中，於站牌所設置鏡頭拍攝下的照片，而利用站牌端以定時的方式拍攝下，再利用 FTP 通訊協定自動傳至 Web Server 端，提供乘客上網時查詢站牌端即時影像，乘客上網查詢，則可得到如圖 5-1-25 與圖 5-1-26 左方所顯示之即時影像。

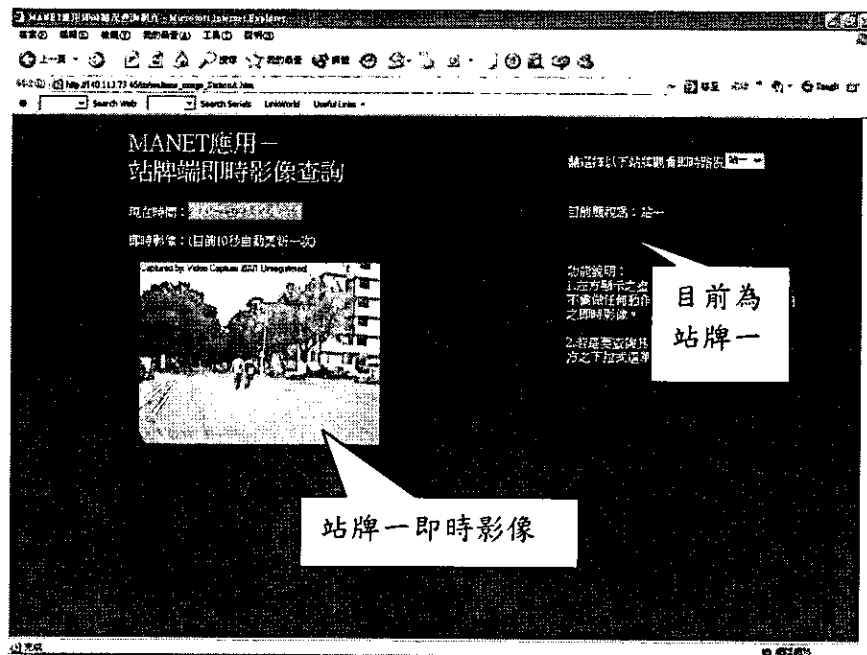


圖 5-1-25 MANET 應用即時路況查詢-站牌一即時路況影像



圖 5-1-26 MANET 應用即時路況查詢-站牌二即時路況影像

站牌端還可查詢行進中公車影像，如下圖所示：

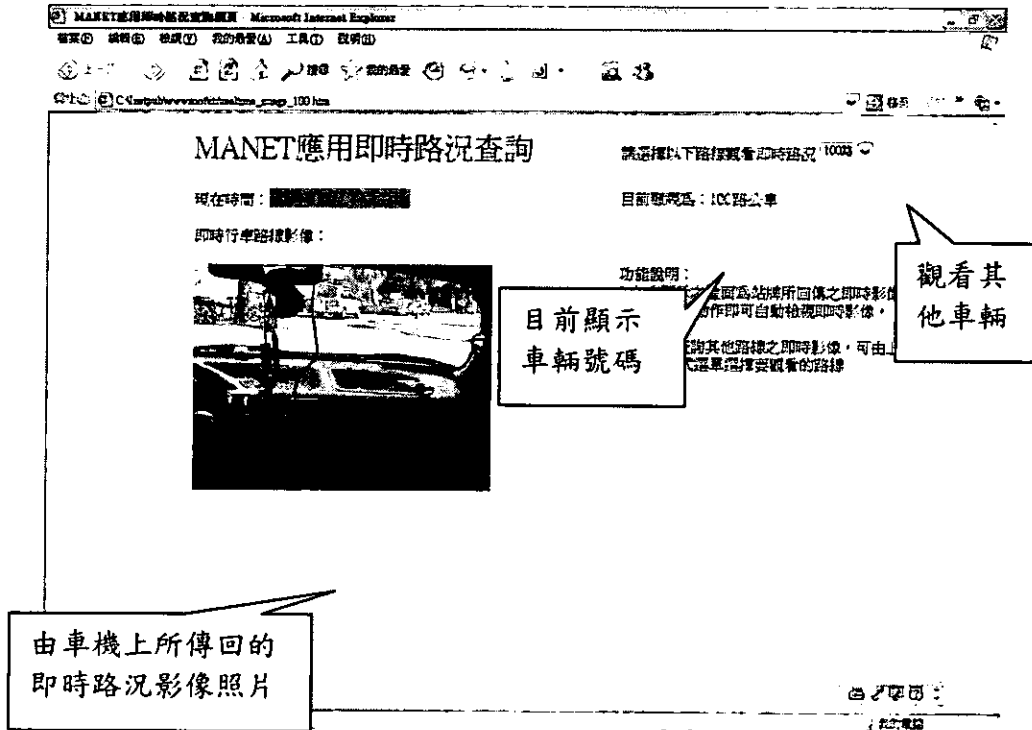


圖 5-1-27 MANET 應用即時路況查詢-行駛中之公車

(三)、APTS Server

由資訊接收模組收到來自車機端所回傳的行程狀態資訊後，再搭配站牌顯示模組將站牌顯示於地圖中，以利檢視車機與站牌之相對位置；車輛顯示模組則是將得到的相關資料點繪在圖上，以瞭解目前各車機的實際所在位置；地圖控制與地圖顯示可提供放大、縮小、平移及不同倍率檢視地圖之功能。

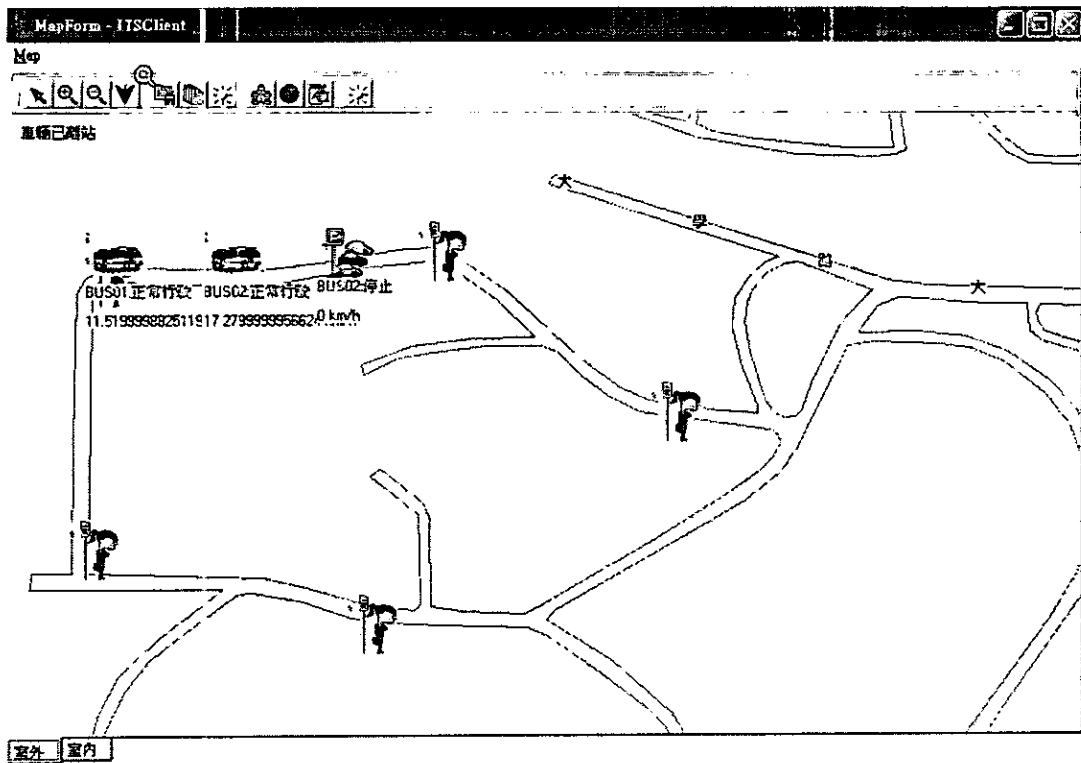


圖 5-1-28 APTS Server GIS 顯示圖

Server 端資訊顯示模組會將目前 Client(車機)所傳回資料整理如下圖之列表，提供 Server 端人員觀看目前 Client 連線狀態，顯示資訊則包括 Client 端 IP 位置、車號、傳送資料時間、經度、緯度、行車時速與行車狀態等欄位資訊，做為資訊參考依據。

Client 狀態:							
	IP	時間	經度	緯度	Date Rate	時速	狀態
BUS02	140.113.73.5	2004/11/19 下午 09:04:23	120.998683333333	24.788	0	17.610587862066	正常行駛
BUS01	140.113.73.46	2004/11/19 下午 09:04:20	120.998516666667	24.788883333333	0	21.817900924474	正常行駛
BUS02	140.113.73.48	2004/11/19 下午 09:03:37	120.998883333333	24.788583333333	0	39.959999999906	正常行駛

圖 5-1-29 APTS Server 端顯示車機狀態資訊圖

5.1.4.3 測試執行結果分析

我們所進行的實際測試分為三個項目，分別為交換動態車況資訊、即時影像及語音通訊、即時路況影像照片，測試結果分述如下：

在交換動態車況資訊方面

在實地測試時，若車機本身在佈點範圍以內，各車機的資料均能相互傳遞，如圖 5-1-23 所示，各車機能正確取得其他車機的行車資料。不過當車機移動到佈點範圍邊緣之外時，會間斷開始產生資料接收不完整的情形，雖然會使得車機無法正確得到其他車機的資料，但是本身的資料仍能正確地傳送出去，因此，其他車機及 Server 端還是能取得資料。

在即時影像及語音通訊方面

在實地進行影像及語音通訊測試時，當二車機距離愈近，則畫面會愈流暢，聲音通訊品質也愈清晰，若二車機距離拉遠，畫面斷續的情況會增加，但還是能維持基本的要求，而語音品質也會下降，不過還是保持在讓人能夠聽得懂的水準。

在即時路況影像照片方面

實地測試車機回傳即時路況分為二部分，一是車機回傳路況照片，另一個是站牌回傳的照片。在測試車機回傳照片方面，和測試車機相互交換資訊測試有相類似的情況發生，若車機位於佈點範圍內，車機所拍攝的照片能正確無誤地回傳給 Server，但車機移動至佈點範圍邊緣時，Server 端所收到的照片會有不完整的狀況。在站牌方面，由於站牌本身是固定的，同時也位於佈點範圍內，因此站牌所拍攝的照片均能正確地傳至 Server。

5.1.5 現行 APTS 系統與應用 MANET 進行 APTS 分析比較

目前現階段發展之公車動態資訊系統與 APTS 系統缺點：

1. 若採用傳統應用於 APTS 系統之展頻通訊技術，公車路線沿線架設密集的通訊基地台並透過多條數據專線的連結以便架構系統綿密的無線通訊服務網路。容易造成系統組織架構複雜化，增加設施設備故障機率與維修成本，更可能因為基地台地點取得不易而影響整體系統建置時程與成本。
2. 現階段使用蜂巢式行動通訊技術如 GSM/GPRS 等，除了該系統所能提供的資料傳輸速率過小外，其通訊費用將是固定且龐大的系統成本支出。
3. 對於站牌所接受到之公車行車資訊，目前是以透過系統業者的租用有線線路的方式將立即的行車資訊傳送到資訊處理伺服器，對於站牌的建置上若是需要許多支站牌時，這兩者將會增加建置成本。
4. 系統所設計的資料傳輸格式以廠商專屬格式為主，並未考慮到與其他系統相容性與標準等問題，將來系統在移植上較為困難。
5. 訊息被大樓、高山或隧道等阻礙時，將暫時會無法接受訊息。

應用 MANET 於 APTS 的優點包括：

1. 成本的優勢

- i. 利用 MANET 進行路側智慧型站牌與中心伺服器單元間的通訊服務，可有效去除使用有線網路的線路拉設成本。
- ii. 路側智慧型站牌間可透過跳接式傳輸方式，擴大與中心伺服器單元或無線網路接取點的傳輸涵蓋範圍，降低無線通訊與有線網路(如 ITS 骨幹網路)連接之網路接取設備密度，因此能夠降低網路基礎建設的成本。
- iii. 行動公共車輛與路側智慧型站牌等通訊設施都可於 MANET 平台中參與封包轉送的工作，理論上額外增設 MANET 節點的需求量能夠降低。
- iv. 成熟的 MANET 設備能源消耗不大，因此在架設 MANET 網路設備能夠共用現存之電源設備，如交通號誌與路燈的電源，以及行動車輛上的電池直流電等，可大幅降低電源線的拉設成本。

2. 訊息涵蓋範圍與資料傳輸速率的優勢：

- i. 利用 MANET 進行跳接式傳輸服務，可在提供高傳輸速率的條件下擴大網路接取點之通訊涵蓋範圍。
- ii. 以無線區域網路技術為基礎之 MANET 理論上能夠提供高達數十 Mbps 的無線通訊服務，足夠的資料傳輸速率能夠滿足更多元化之 APTS 應用服務。
- iii. 在 MANET 通訊平台之中，由於通訊涵蓋範圍的擴大乃是透過網路節點間的封包轉送，因此單一網路節點或無線通訊基地台的無線電傳播範圍不需要佔用過大的區域，這種特性使得廣域空間中的無線電頻段得以重複利用，不但能夠有效提升單位空間的資料傳輸速率，亦可在網路設備建置規劃的同時，僅佈設需要的空間(如公車行經道路等)，因此在能量消耗與設備建置成本上獲得節約。

3.系統營運與維護上的優勢：

- i. MANET通訊設備具有隨插即用的功能，因此對於營運設定上的變更與擴充格外便利，如公車路線的變更可逕行移動或新增必要之MANET網路節點即可。
- ii. MANET技術可操作於不同無線電頻段，因此可利用無須收費的頻段(如IEEE 802.11b頻段)進行通訊服務，大幅降低營運時的通訊成本。
- iii. MANET通訊技術由於具備動態自行組織網路的能力，因此其容錯能力較佳，在可以降低網路發生障礙時受影響的程度。
- iv. MANET通訊設備具有隨插即用的能力可加速系統維護與檢修的速度，如直接更換受影響的網路節點，而不需要額外的設定與佈線。

4.相關 ITS 應用服務的互用性優勢：

- i. 由於MANET通訊平台能夠於道路上提供足夠的資料傳輸速率，因此對於需要於道路上進行通訊服務的ITS系統，包括ATMS、APTS、CVOS等，均可利用單一MANET通訊平台進行資料交換，獲得高傳輸速率且成本低廉的傳輸服務。
- ii. 相較於目前使用無線區域網路技術的熱點(hot spot)上網方式，若使用MANET作為APTS與其他ITS服務的通訊平台，一般旅行人只要購置MANET設備即可在道路上獲得具移動性且高效能的無線通訊上網服務，或是ATIS服務等。
- iii. 對於在偏遠地區進行緊急事故管理而言，MANET技術能夠迅速建立緊急事故管理之無線通訊網路，(透過緊急事故處理車輛、人員間的MANET通訊設備相互連通)，甚至透過適當的MANET網路節點安排，可迅速建立偏遠地區與管理中心伺服器間的通訊管道，提升緊急事故處理的效率。

依照對現行公車動態資訊系統之探討，本研究所開發之 APTS 雛形系統將以達成這些系統的基本功能為目標，整合 MANET 通訊技術，與現行 APTS 系統與本研究架構下建置之 APTS 功能比較如下：

表 5-1-2 我國現行 APTS 系統之功能比較表

	現行 APTS 系統	本研究架構
車機通訊方式	GPRS	MANET
車機成本	整合租用約 1500 元/月	若非租用預計車機成本約 30000 元/台
例行通訊費用	需 GPRS 通訊費 500 元/月	不需要支付任何無線通訊費
平均封包延遲時間	較高，約 1~4 秒	較低，約低於 100ms.
資料傳送頻率	15 秒 1 次	1 秒 1 次
檔案格式	只提供文字、語音資料傳輸	可提供文字、大型圖片、語音、影像等高傳輸量之資料
單一連線資料傳輸速率	10kbps~20kbps	約數百 kbps
資料傳輸速率總和	最多能負載 384kbps	接取點約 2M~800kbps，透過空間分割整體通訊容量提昇
涵蓋範圍	Full coverage	可與 Public WLAN 共構擴大網路接取點密度
通訊安全	利用 GPRS 通訊已具備資料加密功能	可加入 IEEE 802.11i 或 IPSec 等協定達到良好安全性

5.2 ATIS 雛形系統之開發與實作

ATIS 系統規劃為需有能力處理以下四種服務:

項目號	服務類別
1	即時路口車流量查詢
2	即時位置查詢
3	即時路口影像播放
4	車間即時通訊(語音與影像)

目前本計畫雛形系統的軟體實作完成了困難度最高的第四項目『車間即時通訊功能』。車間即時通訊功能由於牽涉了至少兩個節點的影音通訊。

就應用層面來看，兩個節點有可能同時為移動型節點。相較於同樣需要大量頻寬的項目三『即時路口影像播放』，『即時路口影像播放』有一端為固定的路口 CCTV 整合裝置，因此影像的來源端為固定點裝置。以情況的複雜度而言，項目四較為複雜，畫面與聲音的穩定度也更不易保證。至於項目一實作方式也有很多種選擇，一種與項目三整合互用的方式，即是當 CCTV 將畫面傳回位於固網的閘道器時，閘道器除了將影像串流送至 Video Streaming Server 外，也傳到 Video Processing Server。Video Processing Server 則利用影像辨識技術來判斷單位時間內的經過的車輛數，做出統計，並存入資料庫，以供使用者利用網頁要求項目一的服務時，給予回應的資料。因此，項目一的實作可以視為項目三的延伸，架構上不會增加太多複雜度。至於項目二，使用的頻率和頻寬都不大，主要為文字訊息的交換。因此本計畫雛形系統實作『車間即時通訊』功能，以評估 MANET 在什麼樣的情形下，可以滿足此一最複雜的應用。

以下的章節，5.2.1 節至 5.2.4 節為延續期中報告，5.2.1 至 5.2.3 將項目一與項目三的應用模式描述的更為清楚，並探討可能的實作方式。5.2.4 節則描述本計畫 ATIS 雛形系統所完成的項目四應用『即時影音通訊』。5.2.5 節介紹了本計畫 ATIS 雛形系統目前的測試架構與應用。

5.2.1 即時路口車流量查詢

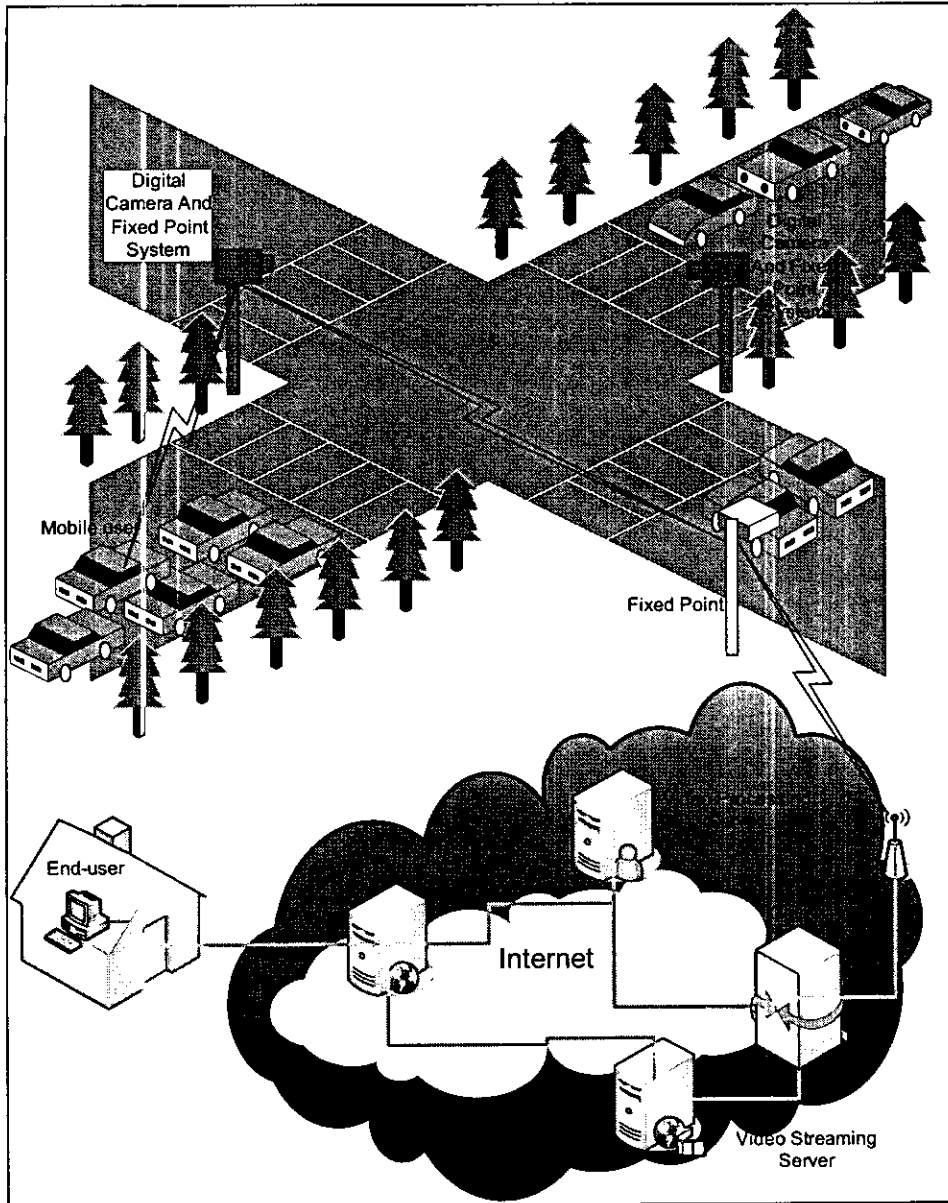


圖 5-2-1 即時路況查詢系統架構示意圖

5.2.1.1 路口監控端系統

在重要路口設置閉路電視監視器(CCTV)與固定點無線網路相結合的整合系統，使得監視器所傳回的畫面可以很快地利用固定點系統轉送至最近的開道器，繼而經由固網將數位畫面訊號傳送到影像串流伺服器(Video Streaming Server)與影像處理伺服器(Video Processing Server)。影像串流伺服器將負責服務使用者即時路況影像查詢的服務，即傳輸重要路口的即時影像串流。影像處理伺服器則是辨識影像中的車輛並統計單位時間內的車流量，將分析完的資訊存入資料庫供使用者透過網頁伺服器查詢(車輛影像的分析需使用相關的影像分

析技術)。若有整合 CMS 系統，則車流量的資訊可以傳至 CMS 的控制中心去作跑馬燈的廣播。

5.2.1.2 使用者查詢系統

用路人可以透過車用電腦在途中以 IEEE 802.11 ad-hoc mode 網路服務，經由其他節點(移動點或固定點)的轉送而得以使用路況網頁伺服器的頁面。在頁面內，使用者將可以選擇收看某路口的即時路況影像或是點選流量統計來得知該路口的平均車流量大小。一般使用者在行前，可以一般電腦連接到網際網路內的網頁伺服器，以取得旅途上的各路口路況資訊。進而可以規劃適當的路線以避開交通壅塞，節省能源與時間。圖 5-2-2 為路口即時車流量統計網頁的示意圖。

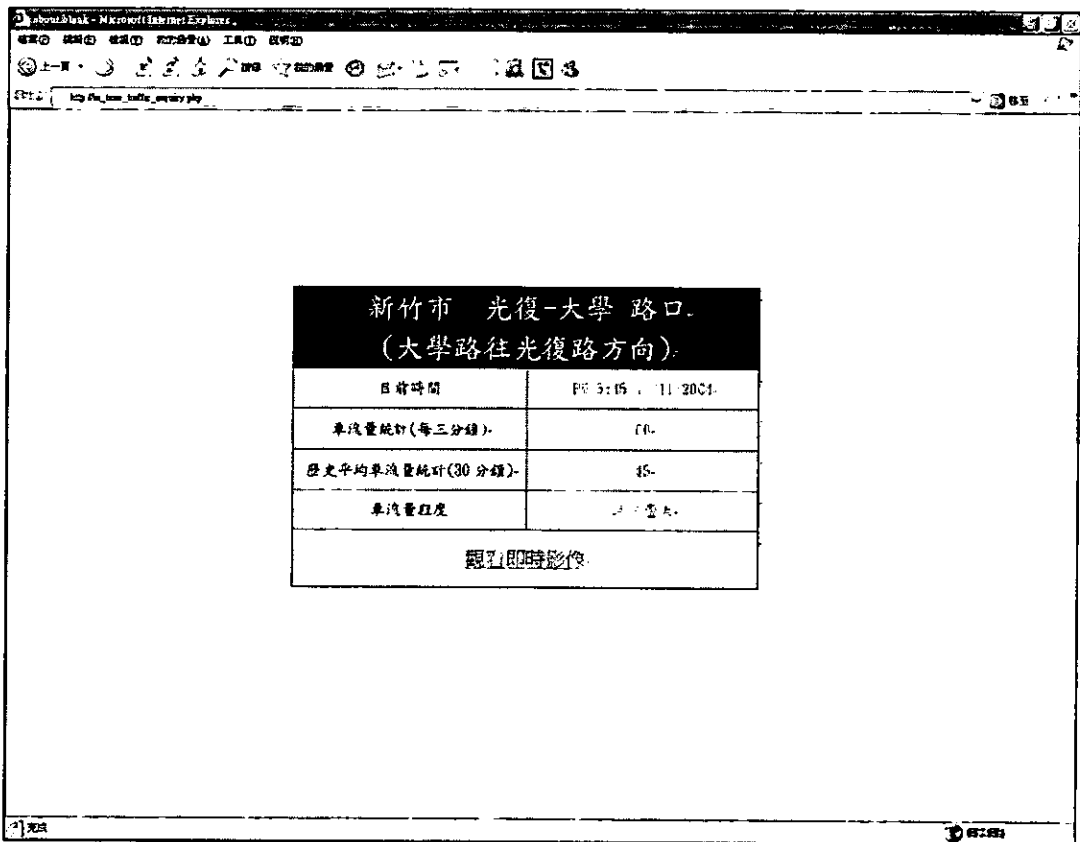


圖 5-2-2 即時路口車流統計網頁示意圖

5.2.2 即時位置查詢

用路人常以車隊方式行進，目的為結伴出遊或是第一輛車為知道目的地的導航車輛。其移動模式為車隊內的車輛會彼此等候，不會距離太遠。MANET 為基礎的 ATIS 系統，可以在車機上面執行『組隊監視軟體』(Group Monitoring Daemon, 簡稱 GMD)。車隊內的成員可以在行前彼此註冊一個車隊 ID，車隊在公路上行進時。GMD 的實作可以擴充本計畫開發的泛送協定模組，利用彼此

傳送訊息的時機或是有其他車輛找尋自身位置時，來回報自身車輛的粗略位置。

各車輛可以定期找尋離自己最近的固定點位置資訊，來得到一個自身粗略的所在位置。因此車隊成員可以有一個直覺的方式在車用電腦上面得到其他成員的概略位置，以往因脫隊而相互等候的情形，可以獲得改善。

GMD 的實作若是在本計畫的泛送系統架構下，必須要擴充原有泛送協定模組或是新增一個專屬的位置查詢背景服務程式，但不需要更動整體系統架構，因此其發展成本並不會很高。整體架構的運作流程可粗分為兩種方式：

第一種，必須要將查詢要求的封包以無線連結送至中央伺服器，再由中央伺服器進行廣播找尋車隊成員，最後再將結果回傳給詢問的車隊成員。

第二種，則是由車隊成員定期發送位置資訊訊息給中央處理器，當有人詢問時，中央處理器可以直接回報給詢問者。

MANET 網路所提供的網路頻寬較大，相較於其他的解決方案，提供較為珍貴的無線連結頻寬。而本應用的廣播方式以及長期定期回報都是較消耗頻寬的機制，GPRS 系統與衛星通訊等低頻寬或是高通信費用的問題都較為不利於發展此一應用。在這一方面，MANET 佔有一點頻寬上的優勢。

5.2.3 即時路口影像播放

提供用路人查詢指定路口的即時影像，可以使用路人直接感受路口的交通情形。即時影像的頻寬要求在低解析度的編碼之下，至少需要 36kByte/sec。如圖 5-2-3，網頁伺服器提供用路人網頁入口，來選擇觀看即時路況影像或是車流量統計，依照目前的泛送協定系統效能，即時路況影像伺服器將播送低解析度的即時影像。

圖 5-2-3 則為台北市交通局的即時影像網頁範例，利用固網播放的情形。

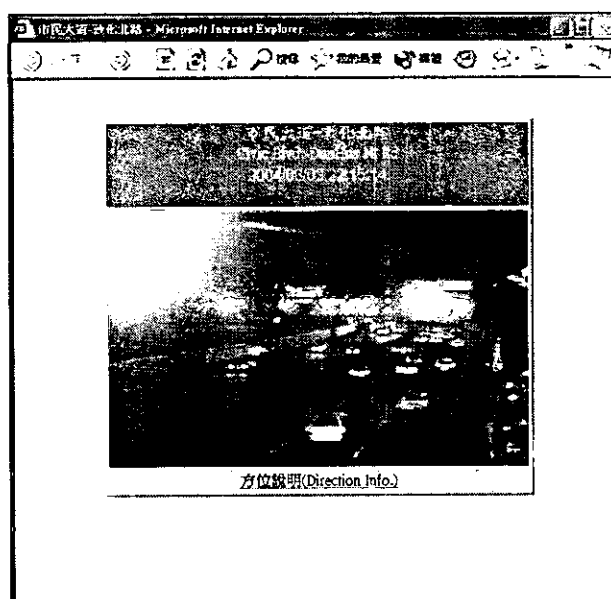


圖 5-2-3 即時路口影像範例(資料來源：台北市交通局)

5.2.4 車間即時通訊

目前本系統的車間即時通訊可以提供兩個使用者彼此即使以影像和聲音溝通或與網際網路上的一般使用者以影音溝通。其使用者的介面範例如圖 5-2-4：

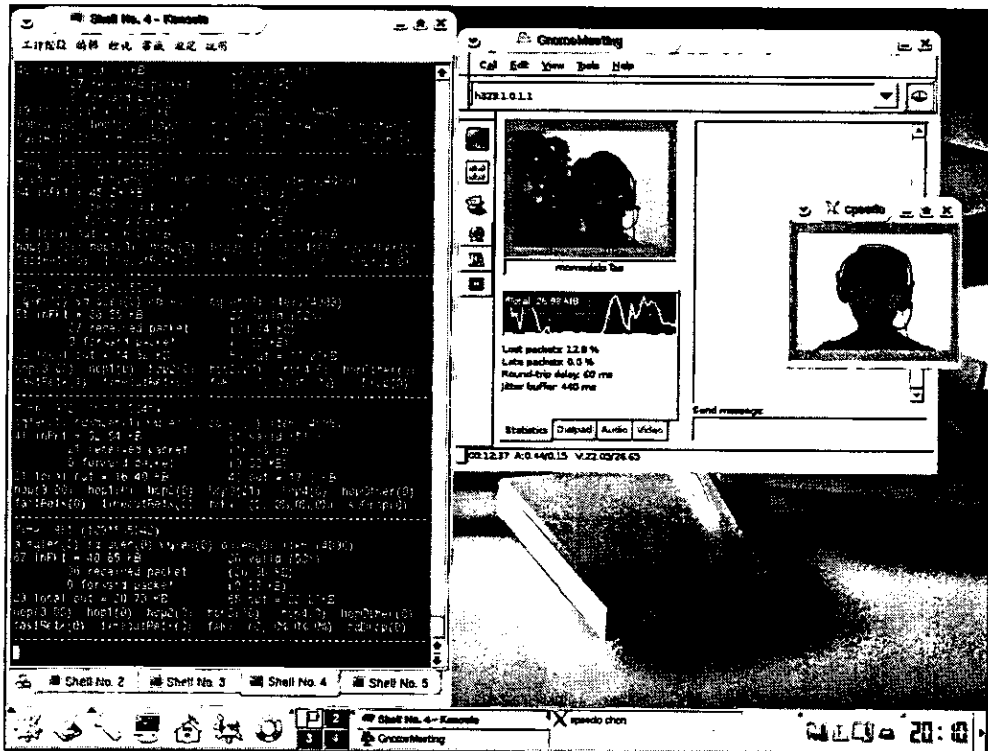


圖 5-2-4 ATIS 離形系統之互動影音的使用範例畫面

使用者可以使用視訊會議或同類型軟體，透過麥克風和網路攝影機 (webcam) 來擷取自己的聲音影像，並且透過車機系統傳送至對方的車機系統，最後播放出來。如圖 5-2-5 所示，A 車與 D 車進行即時影音通訊，訊息串流由 A 車送出後，經由 B 車與 C 車的接力泛送，最後傳至 D 車。而 C 車想與 E 點 (一個利用 ADSL 連線的使用者) 溝通。首先是車與 E 點必須執行即時相同的影音溝通軟體。接著 C 車必須依靠離固定點最近的 B 車，將其影音串流的封包傳送至固定點，而固定點可以傳送封包至連接網際網路的固定點，交由其傳至此 ATIS 系統網路的閘道器，最後將封包送至 Internet，並且轉送給使用者 E。

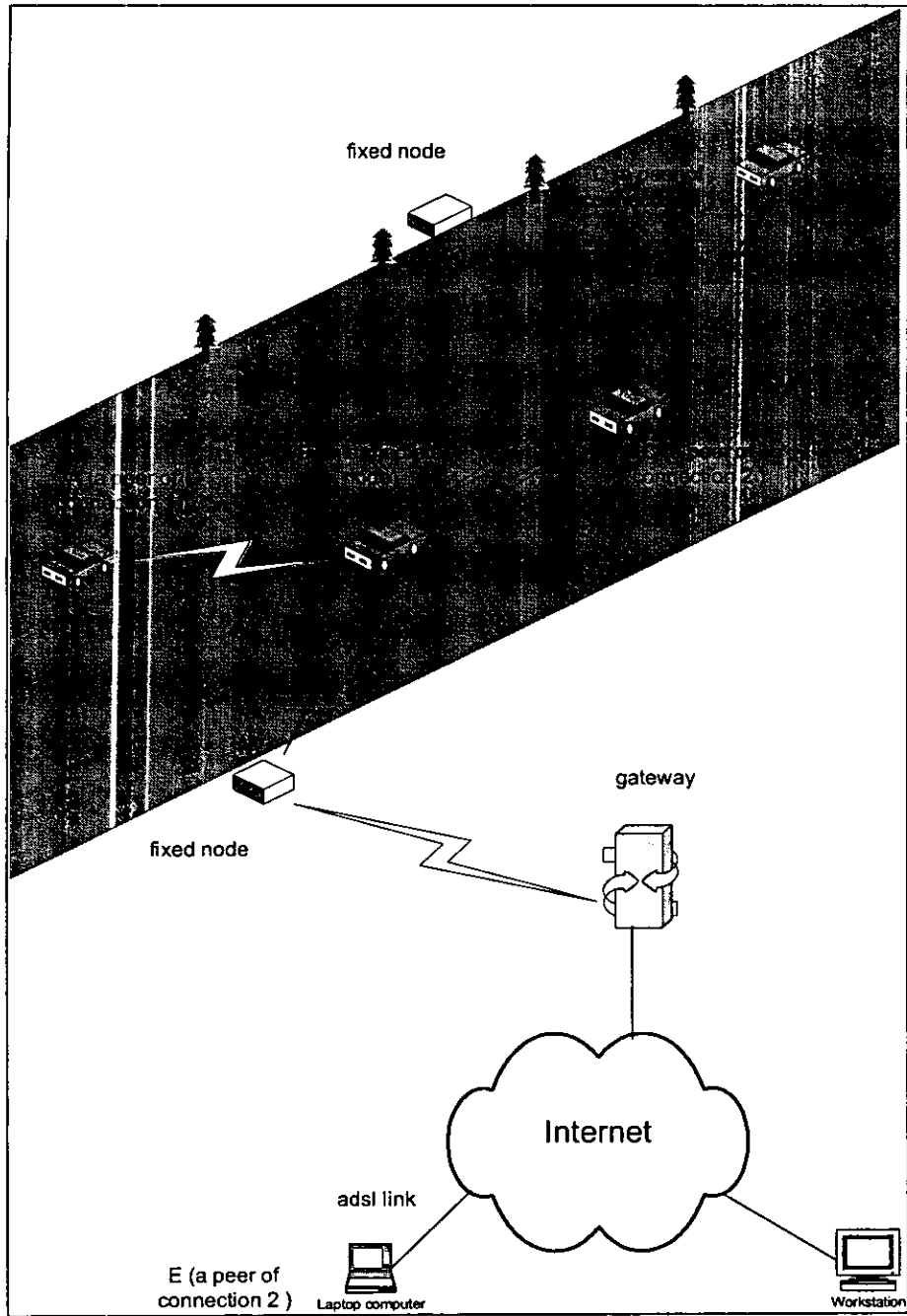


圖 5-2-5 ATIS 離形系統之互動影音即時通訊的架構示意圖

5.2.5 ATIS 雛形系統測試架構與應用實作

5.2.5.1 架構

本計畫 ATIS 雛形測試系統以交大校園為基地。利用六輛搭配雛形車機系統的車輛，其中四輛充作固定點，兩輛充作移動點。由移動點進行雙向即時影音通訊。選擇『雙向即時影音通訊』作為測試雛形系統的應用程式，理由有二：一是『雙向即時影音通訊』可以牽涉兩個移動點通訊，情況最為複雜，效能提升也最為困難。二是兩移動點的通訊，可以省卻與固網溝通的部分，使得測試架構平台不用立刻佈建固網裝置，可以降低測試成本與佈建花費。

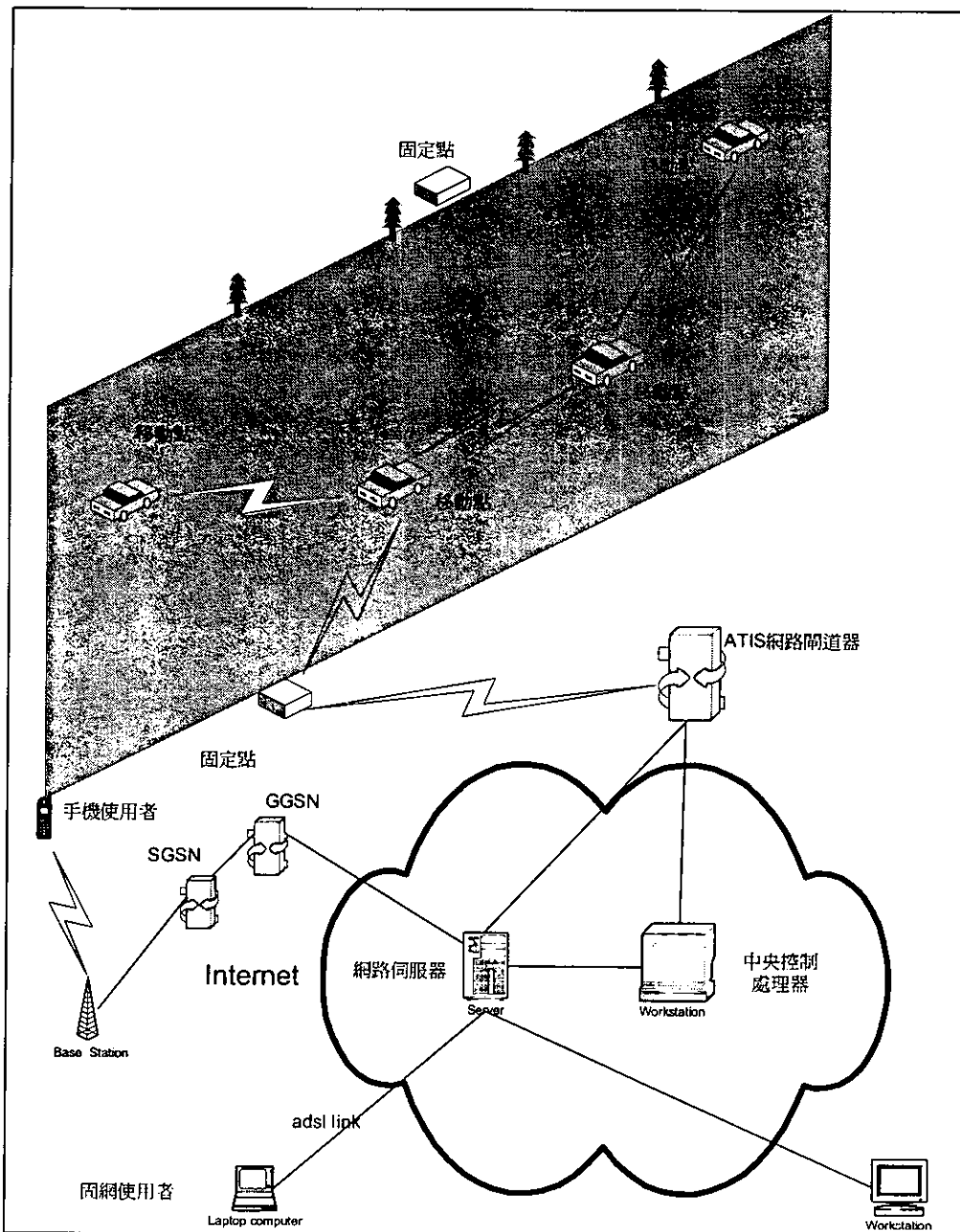


圖 5-2-6 ATIS 雛形系統整體架構圖

圖 5-2-6 為 ATIS 雛形系統整體架構圖。本計畫的雛形測試系統則將專注在移動點構築的 MANET 區域。此次項目四的應用測試，分為兩個情境。一為兩個移動點經過四個固定點，進行『雙向即時影音通訊』，如圖 5-2-7。二為兩個移動點利用兩點間四個移動點進行『雙向即時影音通訊』，如圖 5-2-8。測試的過程和效果有影帶留存，以人的視覺和聽覺的感受而言，MANET 在這兩個情境之下可以提供尚能接受的影音品質。

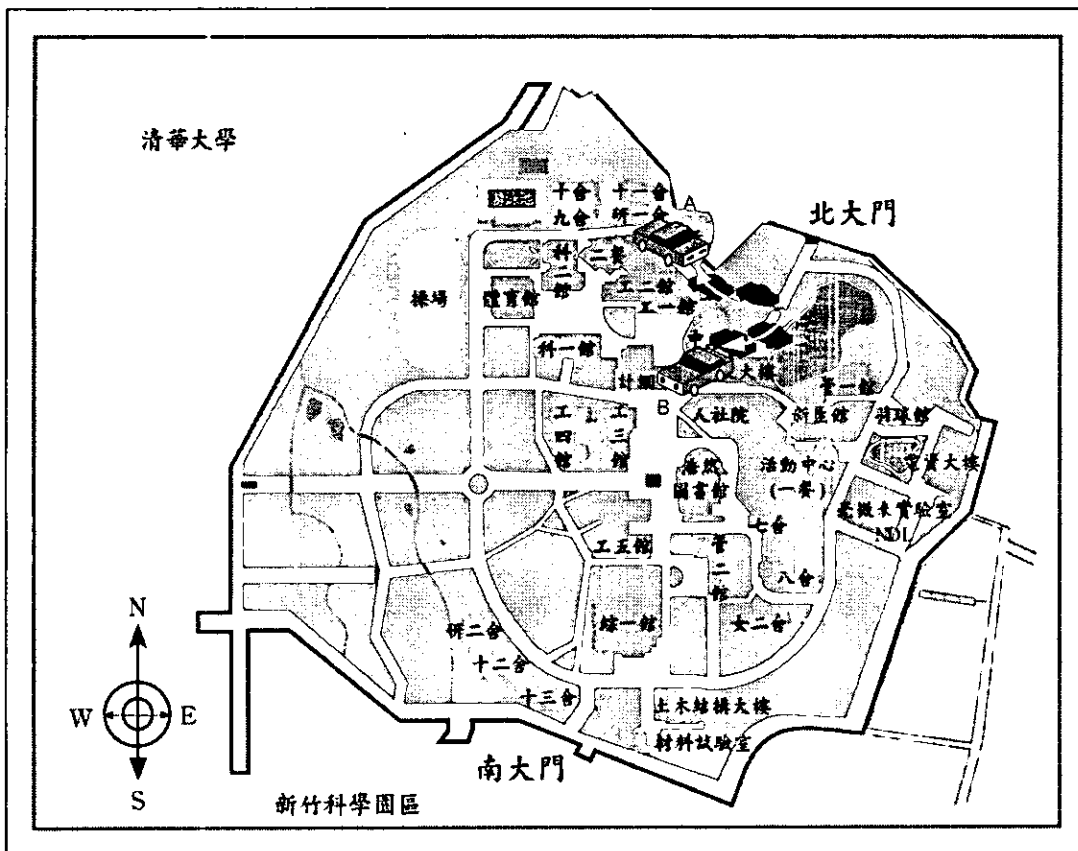


圖 5-2-7 移動車輛 A 與 B 透過四輛不移動的車輛(藍色車輛)進行雙向即時影音交談

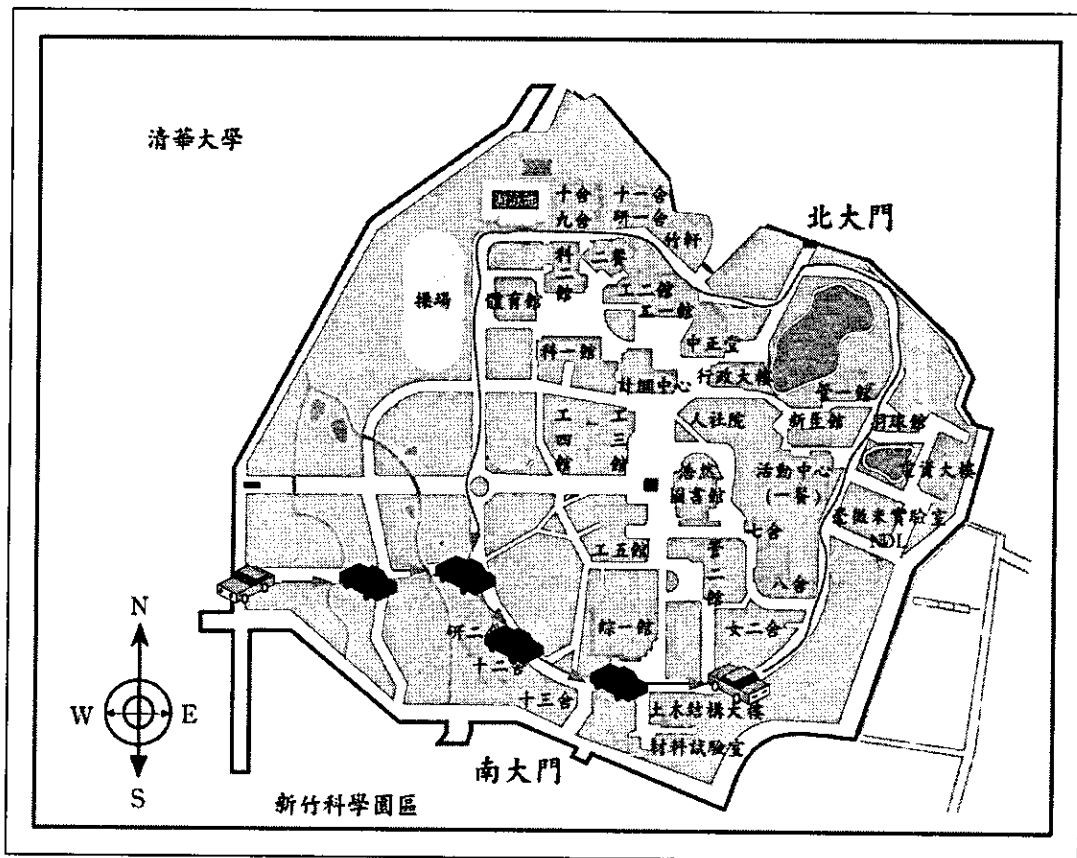


圖 5-2-8 移動車輛 A 與 B 透過四輛一起移動的車輛(藍色車輛)進行雙向即時影音交談

第六章 MANET 應用於 ITS 策略與商業模式

根據本計畫相關研究成果指出，MANET 技術理論尚可有效應用於 ITS 系統，作為 ITS 系統中行動單元(包括行動車機、旅行人行動通訊設備等)、路側單元(包括路側資訊站、電子站牌等)、以及中心單元間的資料通訊技術；MANET 技術能夠有效提供通訊移動性，使得行動中的設備能夠使用高傳輸速率之無線通訊技術，如本研究所使用之 IEEE 802.11b 無線區域網路技術等，提供大範圍之無線資料通訊服務。除此之外，在本研究的評估中，MANET 技術特別適用於若干特殊之 ITS 應用服務，如在緊急事故發生時，利用 MANET 通訊技術能夠即時建立出事故處理設備間的無線資料傳輸網路，而不需要任何事先設置之網路基礎建設；路側設施除了能夠利用 MANET 技術直接與行動單元進行資料交換外，路側設施與中心單元間的通訊網路，亦可利用 MANET 技術達成，使得位於網路接取點較遠之路側設施，可透過多接跳通訊模式，在不需要有線網路的建置條件下，僅透過 MANET 技術所組成之網狀無線通訊網路(wireless mesh network)，即可滿足路側設施與中心單元間的通訊需求。

本研究所探討之 MANET 無線通訊技術與應用場景，實屬於公眾無線通訊網路(public wireless network)的範疇；隨著近幾年來無線通訊技術之興起，利用政府相關單位的主導力量，並採用先進無線通訊技術建構公眾無線通訊網路，使得一般使用者或特殊應用能夠在任何地方、任何時間得到無線通訊服務，已成為世界各國在電信通訊領域的發展方向；然而公眾無線通訊網路的建設，除了無線通訊技術相關課題需要克服外，其他重要的難題還包括網路基礎建設的推動、無線通訊應用服務的規劃、使用者發掘與市場接受度、電信法規與認證、創新商業模式建立等，這些課題絕非單純使用技術發展的方式能夠解決。我國交通部積極推廣交通智慧化之 ITS 建設，不但積極思考行動通訊技術與應用課題，並同時探討網路基礎建設以及電信法規等課題，實為我國發展公眾無線通訊網路的良好契機，以 ITS 應用服務為出發點，提供公眾無線通訊網路之應用，並作為相關應用服務的先導計畫與經驗累積，對於後續更多樣化之公眾無線通訊網路應用服務將具有極大之示範與參考價值。

除了透過 ITS 系統的推行外，相關之國家行動通訊重點計畫亦是推展公眾無線網路建設與應用之推手；目前我國對於行動通訊之相關國家型計畫包括：

1. **電信國家型計畫：**行政院於 1998 年 5 月成立「電信國家型科技計畫辦公室」，以推動及落實計畫發展電信產業，並針對無線通訊及寬頻網際網路研發執行規劃、協調、整合、考核、成果發表等任務。該計畫第一期已於 2003 年底結束，表現出色。計畫總目標為促使電信產業技術提昇，產業結構轉變；同時期望促使台灣成為全球無線及網際網路終端產品的主要供應國。由於電信國家型計畫的成功，使得我國在無線通訊的技術與發展奠定良好的基礎。
2. **數位台灣計畫：**「數位台灣計畫」正式在 2002 年 3 月由行政院通過，涵蓋經貿、政府、運輸、產業與基本建設等。數位台灣計畫推行至今，成效卓著。事實上，台灣目前寬頻基礎建設之所以推展迅速、電

子整備程度在世界評比中名列前茅，很大一部份歸功於數位台灣計畫的推行。「e化生活」、「e化商務」、與「e化交通」等架構亦無一不與民眾切身相關，可以說，數位台灣計畫是將台灣育成今日高度 e 化面貌的最大推手。

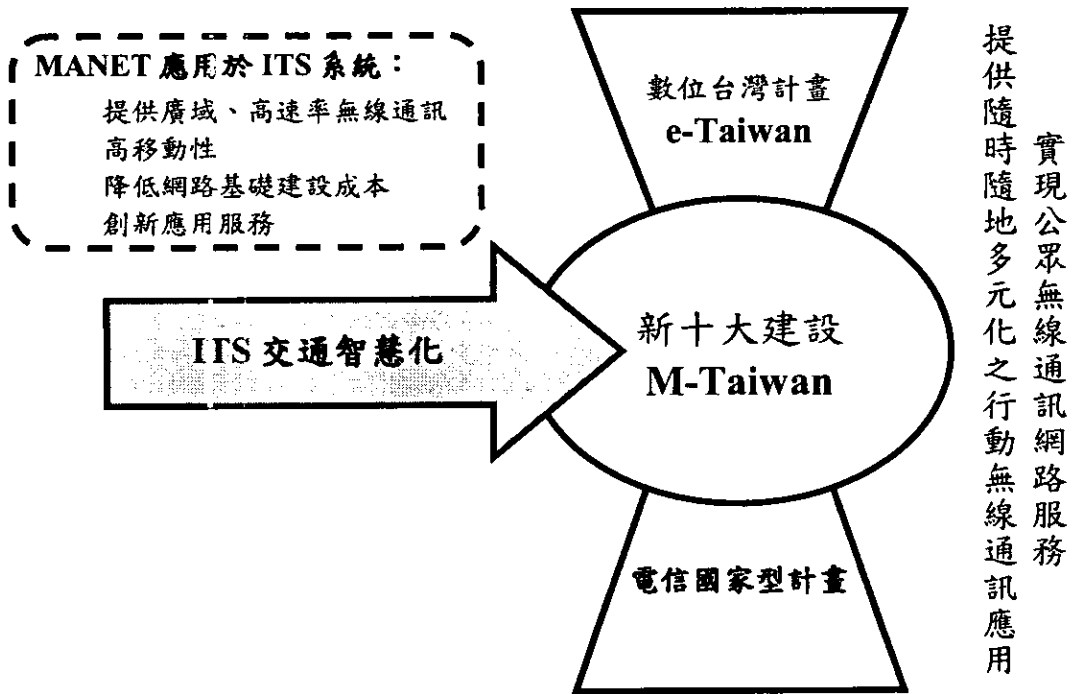


圖 6-1 MANET 應用於 ITS 相關研究與我國 M-Taiwan 計畫相輔相成

我國目前在無線通訊技術之發展上，實與世界先進國家相當，甚至有超越的趨勢，除了在設備製造技術方面相當先進外，我國一般民眾對於高科技產品與應用服務的接受程度較高，對於發展多樣化的公眾無線通訊網路服務有不錯的利基；由於我國在製造、研發、以及技術推廣與應用具有不錯的利基，目前行政院亦以『新十大建設』為國家發展方向，提出行動台灣 M-Taiwan 作為新十大建設之重點建設項目之一，新十大建設是台灣最重要的國家總體計畫，預算為「五年五千億」，足見該國政府對此計畫冀望殷切。M-Taiwan 目的為「打造全球第一雙網應用服務環境，帶動台灣第三個兆元通訊產業發展」。以「行動台灣、應用無線、躍進新視界」為發展願景，規劃建設全島寬頻管道，以加速固網業者投入光纖到府建設、佈建全國雙網無障礙環境、並結合政府與民間資源標竿之無線寬頻應用服務等。交通部主導之 ITS 建設與發展正與 M-Taiwan 計畫相輔相成，而本研究所探討之 MANET 無線通訊技術具備高移動性、高傳輸速率、降低通訊與網路基礎建設成本、動態自組無線通訊網路等特性，無論對於 ITS 應用發展，甚至 M-Taiwan 的發展，應具有一定程度的助益。

為了更進一步分析我國在推廣 MANET 技術應用於 ITS 之執行方針，本章特別針對 MANET 應用於 ITS 之推廣策略與商業模式進行探討與建議；在推廣策略方面，主要將分成技術面、政策面、以及推廣應用面進行探討與建議，最後本章進行 MANET 應用於 ITS 商業模式初探，期望藉由 MANET 技術的引進、推廣、以及與其他相關技術的整合，加速交通智慧化的發展進程，並同時輔助我國電信通訊之技術與應用發展，達成政府效率提昇、產業發展、以及人民福利三贏的局面。

6.1 MANET 應用於 ITS 之推廣策略

MANET 應用於 ITS 推廣策略主要可分為三個部分加以探討；由相關產業的發產過程可知，單純進行技術研發與實作並不能有效推廣與進行創新的技術與應用，多半還需要政府政策的引導與配套措施，加上提供創新且有效的應用服務，才能夠使得新技術得以發展；此外根據本計畫的相關研究結果與評估指出，有效之 MANET 平台與 ITS 系統還必須克服若干技術課題，而非單純使用成熟之 MANET 通訊設備即可滿足 ITS 系統中各單元之無線通訊需求。以下特別針對技術面、政策面、以及應用推廣面等方向提出 MANET 應用於 ITS 之推廣策略建議：

6.1.1 技術面之推廣策略

技術面的推廣策略主要從通訊技術為考量，提出 MANET 效能提昇與建置之策略，使得 MANET 平台能夠提供優良之通訊效能，同時降低 MANET 平台建置成本，以滿足 ITS 系統中的通訊需求。茲分述於下：

1.提高 MANET 核心通訊技術與設備效能增加應用於 ITS 之可行性

本研究於第一年度驗證傳統之 MANET 繞徑機制效能，該 AODV 機制無法在一般道路環境取得良好之傳輸效能，此乃導因於無線傳播環境的變動性較大，網路拓撲改變頻率較高等因素，使得多跳接傳輸模式之效能受到很大的影響；在第二年度中，本研究使用泛送機制以及根據通訊環境動態更改資料傳送路徑的 ODMA 機制進行 MANET 效能的驗證，其通訊效能與穩定度大幅優於 AODV 協定，然而為了提供更佳的 MANET 通訊效能，這些 MANET 通訊技術實有改進空間，下面提出若干改進方向：

- a. 結合實體層前瞻技術如方向性天線、智慧型天線等，以提高無線電訊號的穩定度，並降低通訊設備間無線電訊號的相互影響。
- b. 積極發展可適性(adaptive)MANET 繞徑機制，使得資料封包傳輸所使用之路徑能夠根據訊號強度(signal strength)、無線鏈結穩定

度(link stability)、節點工作量(load)、節點相對位置(position)等因素，動態選擇最適當之傳輸路徑

- c. 考慮使用多重路徑繞徑機制(multipath routing)，使得資料傳輸進行時能夠同時透過不同的路徑，避免路徑在網路變動頻繁的道路環境發生錯誤或斷裂，使得額外的 MANET 路徑修復過程造成效能下降
- d. 網路傳輸層(transport layer)與應用層(application layer)能夠依照 MANET 通訊平台的特性發展適當的因應機制，如避免傳輸層進行流量控制時對於 MANET 的效能變動過度反應，或是在影像播送服務中使用較大的 buffer 等，以提高相關應用服務之效能表現

2.佈建 MANET 固定點以同時滿足行動單元與路側單元之通訊需求

本研究相關研究結果指出，雖然 MANET 技術能夠有效將動態之行動單元自動連接成為網狀之無線網路進行資料交換，然而當 MANET 網路中所有節點均為移動時，通訊服務的穩定度由於受到網路拓撲變動頻繁的影響，其無線通訊服務穩定度較難取得令人滿意的效能；而本研究同時發現在網路中建置固定 MANET 節點能夠有效提昇行動節點間的傳輸服務穩定度，因此在 ITS 應用環境中於適當的地點裝設 MANET 固定點將是有效提昇通訊效能的解決方案。

由於 ITS 系統中除了車上與旅行人行動單元外，相關路側設施亦有必要的通訊需求；傳統上 ITS 路側設施需要使用電信專線與 ITS 中心單元通訊，這種方式將耗費大量的建置與維護成本，而 MANET 技術正可以有效解決路側設施的通訊問題。MANET 設備理論上僅需要少量電力即可正常運作，因此可 MANET 設備裝置於路側設施之中，作為 MANET 固定點，以提高 MANET 移動點的通訊效能。建議適當之 MANET 固定點裝設位置包括：

- a. 電子站牌與路側資訊站
- b. 路側偵測設備；如車輛偵測器、監控攝影機等
- c. 路口號誌、可變標示
- d. 電線桿、招牌
- e. 依需要於節點密度較低區域設置 MANET 固定節點

當路側設施內建 MANET 通訊技術後，路側設施不但可利用 MANET 技術與行動單元進行資料交換，並可透過多跳接通訊模式，透過遠端的網路接取點與中心單元互通；MANET 無線通訊技術不但降低電信專線的建置成本，亦由於具有多跳接通訊的能力，使得在相同 ITS 系統訊息涵蓋範圍內，網路接取點的建置密度得以下降，因此裝設於路側設備的 MANET 固定點不但提昇

MANET 平台的穩定度，亦滿足了路側設施的通訊需求。

3. 在不同 ITS 應用服務中共用 MANET 設備以提高頻寬使用率並降低成本

ITS 系統涉及多項應用服務，這些服務均有行動通訊需求，尤其 MANET 技術多半使用具備高傳輸速率之無線通訊實體層技術，在滿足特定 ITS 應用服務的通訊需求之外，其實還有許多閒置的頻寬未利用，因此在規劃 ITS 通訊設備的建置時，較佳的作法必須考慮應用服務間通訊設備與頻寬的共用，以期節約 ITS 營運成本；建議之策略如下：

- a. 鄰近路側設備可共用單一 MANET 設備，如紅綠燈號誌與可變號誌常有鄰近建置的情況，這些路側設備所需要的通訊量較小，重複設置 MANET 設備將浪費資源，應考慮共用單一 MANET 設備
- b. 不同應用服務使用相同 MANET 通訊技術，使得 MANET 平台中的頻寬得以共用，提高頻寬使用率；如在同一 MANET 平台中同時提供 APTS 公車車機上傳車況資訊、於電子站牌提供 ATIS 旅行資訊、以及 ATMS 的交管控制訊息與路況監控資訊等
- c. 不同應用服務之功能與資訊互用，降低有效資訊之重複傳遞；如公車車況資訊對於特定路段之平均車速、車輛密度具有相關性，可作為 ATMS 與 ATIS 即時路況之參考依據，而不需蒐集所有車輛之車況資訊

4. 為建構無線基礎網路，可指配專屬無線電操作頻段，以避免無線電訊號干擾

由於無線通訊技術與應用的日益蓬勃，因此無線電設備間的干擾問題亦日益嚴重；以本研究所使用之無線電頻段為例，使用成熟之 IEEE 802.11b 實體層技術之操作頻段，然而該頻段屬於所謂之 ISM band，ISM band 的頻段使用權在發射能量的規範範圍內，不需要經過主管機關核准認可即可使用，隨意使用的結果使得該頻段之無線電干擾問題嚴重；為了避免 MANET 平台遭受無線電干擾問題造成效能下降，可考量下述若干改進方向：

- a. 選擇抗干擾的無線電實體技術與操作頻段
- b. 利用需要核發執照、可專屬操作之頻段
- c. 因時因地置宜，動態取得與使用不同之頻段操作

其中較為有效且迅速的作法即為第 b 點中所述使用 ITS 專屬頻段；目前歐美等國在無線通訊技術應用於 ITS 的發展中，均可看到規劃使用 ITS 專屬頻段的作法，以避免無線電訊號干擾的問題。

6.1.2 政策面之推廣策略

政策面的推廣策略主要以政府主導與輔導角度為出發點，並考慮政府相關公共建設之需求，規劃與擬定相關政策與計畫以推動 MANET 技術與 ITS 應用服務之成熟發展；尤其從 ITS 應用服務之特性來看，ITS 系統大部分之應用服務屬於公共建設範疇，政府相關單位應思考 MANET 技術是否能夠有效滿足 ITS 對於無線接取網路的需要，並應扮演主導者的角色，結合產業與學者專才等進行初步的規劃與建置，並對用路人與社會大眾進行應用服務之推廣，最後發展有效之商業模式，刺激相關產業發展，使得 ITS 應用服務之發展朝向服務多元化之良性循環。

政府相關單位可運用包括法規、行政政策與命令、推動大型計畫等方式，促進 ITS 應用服務之建置與發展，這些社會公器對於 ITS 系統發展初期更具有強大之影響力量；為了將 MANET 技術應用於 ITS 系統，在政策面之可行策略如下：

1. 積極規劃示範性應用計畫並與相關國家型計畫連結

MANET 技術應用於 ITS 之產業發展中，除了技術課題外，由於在發展應用服務時所涉及之層面較廣，如結合汽車製造廠或公車營運商建置車上單元、與相關主管單位交涉建置路側單元、交通資訊之取得與發佈許可、於公用道路拉設電源與電信線路等，這些諸多如公共資源使用與取得、法規限制、產官合作等課題，將是 ITS 系統在發展初期影響發展進程之主要因素；反觀技術面相關課題，若是缺乏較大規模之系統建置與實測計畫，其系統成效難以有效驗證 ITS 系統實際運作的情形，造成政府相關單位進行建置方案選擇的風險提高，亦是影響 ITS 推廣的主要原因之一。

為了解決上述課題，政府相關單位在進行 MANET 應用於 ITS 系統之初步評估後，若認為有進一步探討之必要，應儘速積極規劃與推行相關示範性計畫，利用政府力量迅速整合不同領域的產業以及行政資源，在短時間內進行較大規模之系統建置與實測，系統建置之範圍可由一般鄉鎮或縣轄市行政範圍為基礎逐步擴大，以驗證 MANET 應用於 ITS 系統在實際應用場景的效能與可行性，建議之示範計畫可能包括：

- a. 車機系統結合 MANET 技術提供低成本、高傳輸速率之資訊上下傳通道，進而應用在如 APTS、ATMS、ATIS 等服務
- b. 利用 MANET 技術作為智慧型交通控制設備之通訊技術，以降低資料通訊成本，並能夠即時與行動單元進行資料交換
- c. 於特殊應用領域如警消通訊、緊急救援系統等，利用 MANET 技術即時且動態建構所需要之無線通訊網路

在考慮政府資源互用並提高行政效率的前提下，MANET 應用於 ITS 之推廣策略還可以考慮與我國現有相關國家型計畫結合；目前相關之國家型計畫包括電信國家型計畫、e-Taiwan(數位台灣)、M-Taiwan(行動台灣)等，均包含我國發展公眾無線通訊環境之規劃，而這些規劃正與交通部主導之交通智慧化與 ITS 系統之方向不謀而合；除了無線通訊技術的發展外，應用服務推動對於這些國家發展計畫之成效更具指標性意義，交通智慧化與 ITS 系統之發展在應用服務之推動具有高度利基與全民期盼，理應積極與相關國家型計畫配合，取得相輔相成之效；MANET 技術理論上能夠提供高傳輸速率、低成本、高移動性之無線通訊服務，並能夠引發創新應用服務，實應進行更進一步的探討與發展，如我國相關國家型計畫能夠結合 MANET 技術發展前瞻科技，以及 ITS 系統之應用服務規劃等，應能使得計畫成果更加卓越，並且能夠有效運用政府資源，促進產官學研合作，無論在相關技術與應用的發展進程上，以及行政資源的運用效率上，都能夠得以增進。

2. 制訂相關法規與產業輔導策略促進發展

如同技術面推廣策略所提及之課題，相關法規制訂對於 MANET 系統效能與產業投入意願有關；如為了避免無線電信號干擾問題，可規劃特定無線電頻段專屬 ITS 以及 MANET 設備之用，這樣的措施不但能夠有效改善無線通訊效能，若是頻段以特許方式授權產業進行應用，更可刺激相關產業包括如電信營運商、資訊與車機設備製造商、數位內容提供者、系統整合業者等，於其上發展增值服務，促進 ITS 應用服務的多元化發展。

在產業輔導方面，除了透過國家主導整合型計畫協助產業合作外，相關如產業籌資管道之建立，應有助於相關產業之成熟發展；目前我國無論在 MANET 通訊技術研發與設備生產、行動車機產業、ITS 行動服務與內容提供產業等，仍屬於初期發展階段，由於這些產業現階段不確定性較高，使得相關產業之籌資與發展領域受限，經營可能遭遇困難。從 ITS 應用服務之推廣來觀察，相關產業的成熟仍應倚賴行動數據通訊服務與應用服務之有效規劃，這些行動數據服務與應用仍屬於產業發展之萌芽期，初期投資需要一段時間方能回收，然而後續之投資報酬率預估將相對大幅提高；政府應持續加強籌資管道之來源與引介，使得廠商獲得充分營運資金，藉以提昇其競爭能力並促進產業之健全發展。

3. 協助推廣行動數據應用服務環境

ITS 以及行動數據應用之發展最重要還有賴於社會大眾之支持與利用，政府相關單位除了居於技術與系統建置的主導力量外，還能夠透過大眾媒體、法令、獎勵制度等，輔導用路人與社會大眾逐漸取得交通智慧化的便利，加強使用行動數據服務的正面印象，將有助於提昇 ITS 系統與行動增值服務的使用，並提昇我國整體行動通訊產業之發展。

6.1.3 應用推廣面之策略

應用推廣面之策略考慮利用 MANET 行動數據通訊的特性，在建構基礎之 ITS 系統為前提下，提出加值且創新之應用服務規劃，加速產業之投入意願以及多元化發展，進而促進 MANET 應用於 ITS 系統之成熟；茲將建議之應用推廣策略分述於下：

1. 整合多項 ITS 應用服務共用 MANET 通訊平台

如同技術面的推廣策略所述，由於 MANET 通訊平台能夠提供高傳輸速率與高移動性，因此整合多項 ITS 應用服務於單一 MANET 通訊平台為可行之方案；如本研究所評估整合 ATMS、ATIS、APTS 的應用模式，除了在技術上能夠提高通訊頻寬使用效率與降低成本外，應用上具有下面數項優點：

- a. **降低 ITS 應用整合的困難：**ATMS、ATIS、APTS 等若在行動車機、路側設備、網路接取點等共用 MANET 通訊技術，在應用整合上較容易；傳統之 ITS 無線通訊技術如 GSM/GPRS 等由於資料傳輸速率較小並且需要高額通訊費，難以同時滿足多種應用服務之通訊需求；對於單一車機可僅透過 MANET 的高移動性、高傳輸速率無線通訊服務，可再不需要額外整合其他無線通訊技術條件下，提供車況資料回傳，路況通報與交通資訊廣播、下載、查詢等，應用範圍涵蓋多類型的 ITS 應用服務，避免不同應用服務需要裝置不同車機或通訊設備。
- b. **加強資訊互用提高頻寬使用效率：**諸多 ITS 應用服務所需要的資訊實際上具有一定程度的相關性，因此各項應用服務間資訊之互用可避免過度傳送且重複的資訊發生，進而提高 MANET 通訊平台的頻寬使用效率；例如壅塞路況資訊並不需要所有行動車輛之車況資訊進行判斷，理論上利用路段中若干探針車輛的車況資訊(如將公車視為探針車)，當這些探針車所行經的路段平均時速較低時，可視為該路段發生壅塞情況。

2. 發展創新車間通訊應用服務發揮 MANET 技術之功能優勢

MANET 在 ITS 應用上除了能夠作為行動單元與路側單元、中心單元間的無線通訊管道，MANET 最具創新的功能在於能夠即時、動態在行動單元間組成無線通訊網路，透過多跳接傳輸模式擴大車間通訊距離，同時提高高傳輸速率；MANET 的這個特性理論上能夠引發多項創新之 ITS 應用服務，下面提出若干可行之創新應用服務：

- a. **使用者多媒體車間通訊服務：**提供車間進行包括文字、圖片、聲音、影像等車間通訊服務，不同行動車輛上的乘客可以即時進行文字或語音交談，甚至進行視訊會議；這項功能對於鄰近車輛間的车

隊通訊與管理等提供了有效的車間通訊服務。(事實上若 MANET 網路基礎建設充足的情形下，理論上遠距離的車間多媒體通訊亦可有效達成)

- b. **提供鄰近車輛間車況資訊之交換與路況判斷：**傳統上集中式的車輛資料蒐集與提供由於透過中央伺服器之資料處理與接收發送，其發佈的路況即時性較低，並且使用者可能需要支付額外的費用才能取得此項服務；相較於傳統上集中式的車輛資料蒐集與提供，分散式的浮動車輛資料服務(decentralized floating car data services)乃是透過 MANET 對於其鄰近區域的即時車機資訊，如車輛位置、行車方向、速度等，進行蒐集並直接於車機系統內彙整，作為行車時的交通管理資訊；此處與駕駛輔助應用的不同處在於此項應用蒐集的資訊並非直接影響駕駛人或自動駕駛系統的行車控制動作，而是藉由資料統計的結果，提供相關車況、路況等資料服務。在此服務中車機系統必須定時在 MANET 廣播車況資訊，同時可以依照情況將目前已蒐集的(非本身的)車況資料同時傳播給鄰近的車機，可以提高系統效能，並可大致上解決資料漏失的問題。
- c. **行車安全與車輛自動控制：**行動車機間感知資訊或車輛狀態的資料交換，並透過車上單元的人機介面或行車控制模組等，協助駕駛人相關路況資訊的取得，或作為自動化駕駛的基礎，其主要目標在於讓駕駛人預先得知危險路況、障礙物、與車流資訊等；例如緊急事故的告知系統，車機若偵測到駕駛者的緊急煞車動作，可同時將此緊急事故利用 MANET 傳達至後方的車輛；或是利用 MANET 將車禍事故的訊息及時送達鄰近區域的車機系統，提供駕駛人作為安全駕駛與避開塞車的參考。

3.利用 ITS 系統基礎建設與車輛行動單元進行行動商務

行動商務(mobile commerce)意指運用行動與無線通訊技術，透過行動設備與中介軟體、伺服器、服務提供者之間的整合，進行諸多電子商務(e-commerce)方面的應用；理論上行動商務能夠提供大部分電子商務之功能，並能夠發展出更多創新的應用服務，諸如行動銀行、行動廣告、位置資訊服務(location-based service)、行動存貨與追蹤管理、行動拍賣、行動娛樂服務與行動互動式電腦遊戲、行動辦公室等。ITS 系統在建置完成後，將得天獨厚造就完整之無線通訊基礎建設，以及廣泛之行動車機以及行動通訊使用者，因此隨著交通智慧化的推動與實現，ITS 系統同時提供了最為完整之行動商務平台，在應用推廣上若是考慮整合行動商務與 ITS 應用服務，理能取得相輔相成之效。

MANET 技術提供良好之通訊平台，使得行動台與伺服器能夠進行高傳輸速率之資料交換，相較於傳統之無線通訊技術，多半提供 1 對 1 為主之行動通訊服務，MANET 技術能夠在無基地台建置的條件下，提供多個行動台間高傳輸速率之資料通訊，滿足多項創新之行動商務需求。

行動商務的構想使得行動通訊之應用朝向多元化發展，然而要滿足行動商務之需求，現階段之行動通訊技術受限於功能與效能特性，仍面臨若干挑戰；下表提出若干行動商務面臨之挑戰，現階段行動通訊技術與基礎建設所應克服的問題(包括常見之蜂巢式行動通訊系統以及無線區域網路等)，以及結合 MANET 與 ITS 系統所能克服的行動商務挑戰。

表 6-1 行動商務之功能需求與挑戰

功能需求	挑戰與目標	現行技術應解決之課題	MANET 結合 ITS 系統之優勢
位置管理 (location management)	提供行動台定位功能及加速定位資訊回覆時間	目前公認較為準確之定位系統為衛星定位系統(GPS)，然而現階段包含手機與無線通訊設備較少整合 GPS 定位模組，而使用基地台之間的無線電定位技術無法取得有效精準的定位資訊，所需之定位計算時間亦過長。	ITS 系統之行動車機由於裝設在車上，一般行動設備電源不足問題得以解決，預計將來務必會裝設 GPS 定位設備，而於行動台即時定位之資訊不但能夠供行動車機使用，透過高效率之 MANET 技術亦可迅速回傳位置資訊，因此可有效解決位置管理問題。
無線依靠度 (wireless dependability)	確保行動台容易取得無線通訊服務，並具有較高存活度	由於蜂巢式行動通訊系統之資料傳輸速率較低且單一基地台涵蓋範圍廣，使得行動台容易因為無線通訊資源缺乏而發生無法取得服務的現象；另一方面以 hot-spot 方式構築之無線區域網路，由於基地台涵蓋範圍小且不具移動性，需要進行如 mobile IP 之行動管理與基地台換手，當行動台快速移動時無法取得有效之通訊服務；目前之無線通訊技術在網路發生障礙時，存活度的保障均較低。	MANET 技術在使用高傳輸速率無線實體層技術下，提供不需要進行繁複換手，且具有與生俱來之網路障礙偵測與回覆技術，因此可以有效提高行動台取得無線通訊服務之保障，並提供較高網路存活度。
多重播送 (multicast)	提供群組播送機制，將同一資訊發送給特定類型之多個使用者或行動設備	蜂巢式行動通訊系統可利用廣播技術達成某種程度之群組播送機制，或是以多重 unicast 方式達成；無線區域網路可利用現有 IP multicast 機制，然而無線區域網路仍然遭受到維護多個行動台間群組播送路由表的複雜問題。	已有若干 MANET 群組播送機制被提出，這些機制可根據行動車機之 IP 位置、地理位置等，判斷群組資訊之傳播路徑；ITS 系統亦有群組播送的需求，如針對特定區域與使用者類型提供路況資訊等，這些技術均可與行動商務互用。

<p style="text-align: center;">互通性 (interoperability)</p>	<p>具備同時使用多個無線通訊網路的能力</p>	<p>要使得行動設備能夠同時使用多個無線通訊網路，必須進行所謂異質性網路之整合與換手；目前學術與通訊產業的發展正設法提出異質性網路整合解決方案，包括我國所提出之雙網整合計畫，目的即在整合蜂巢式行動通訊系統與無線區域網路；由於兩者之核心技術與網路架構差異較大，其整合課題困難度較高。</p>	<p>現階段所使用之 MANET 技術多半以網際網路之 IP 協定為基礎，而在異質性網路整合的解決方案中，多半以 IP 協定作為核心網路之網路層協定，這使得 MANET 技術在進行異質性網路整合時較為容易；此外 MANET 技術目標在於同時提供高移動性與高傳輸速率之無線通訊平台，因此在功能上能夠涵蓋大部分的無線通訊需求，若是成熟發展，理論上降低整合其他異質無線網路之需求。</p>
--	--------------------------	--	---

由上表之分析與評估可知，MANET 結合 ITS 系統之基礎建設與行動車機單元，對推廣行動商務應用備具優勢，若能夠在建構 ITS 應用服務之中，進一步整合行動商務應用領域，對於 ITS 系統能夠提供多元化應用服務發展，提高使用者運用的意願，另一方面 ITS 系統提供行動商務良好的操作平台，使得行動商務的推廣能夠更加迅速，並可引發嶄新的商業模式。

4. 利用 ITS 系統運作平台積極推廣行動定位服務

行動定位服務可概括推類為上述行動商務應用的一支，然而由於 ITS 應用服務平台具備高移動性、必定整合無線通訊、行動單元(車機)具有功能強大且穩定之計算與通訊設備、以及以提供因地制宜的區域性資訊為主，因此 ITS 車上單元之應用有大部分及隸屬於行動定位服務的一環；行動定位系統為利用位置偵測技術、傳遞服務或應用至具無線通訊功能之行動終端，包含系統端軟體、服務及終端設備等。

MANET 技術應用於 ITS 中對於行動定位服務的貢獻在於提供了高移動性、高傳輸速率之無線通訊平台；由於在 ITS 系統的規劃中，行動車機系統具高度機會廣泛裝置 GPS 定位系統，因此車機終端可根據自身地理位置下載中心單元與位置相關之行動定位服務，而 MANET 提供之高傳輸速率使得行動定位服務資訊不再受限於文字或是小尺寸圖片，而可進行如多媒體網頁、聲音、影像等多元資訊之傳遞；由於 GPS 系統之廣泛建置，以及內建必要之無線通訊技術，無疑 ITS 系統將成為行動定位服務最切適之執行平台。

事實上 MANET 還可廣泛應用於區域資訊的廣播服務；區域資訊意指與地域相關、且具有廣播性質之資訊，如鄰近路況、鄰近商店與餐廳資訊、區域特

色介紹、區域性廣告等，應用範圍涵蓋交通智慧化、旅遊與國土資訊、區域商業行為等；茲將常見之行動定位服務類型列示於表 6-2：

表 6-2 電信業者針對個人市場可發展之行動定位服務類型

服務類型	服務應用	應用範例
行動娛樂服務	休閒娛樂	社群交友服務
行動資訊服務	資訊黃頁	最近點查詢(餐廳、商店、ATM、加油站、娛樂場所、醫院、停車場、汽車修護廠...)
	旅遊交通	導航、路況告知、路徑規劃、地標提示
	追蹤安全	小孩追蹤、寵物尋找
行動交易服務	公眾安全	119、110、老人醫療
行動交易服務	行動商務	特定地點折價券、計費

資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2004/07)

傳統上的區域訊息廣播乃是以特定的區域基地台為中心，將訊息傳送給該基地台涵蓋範圍內的所有行動設備；蜂巢式行動通訊系統所提供之區域性的訊息廣播服務具有較大的涵蓋範圍，但是卻需要收取訊息傳送的費用，而且若僅使用行動台目前所被服務的 cell 作為定位依據，將可能由於範圍過於廣大而失去區域性訊息的價值(如提供鄰近的餐飲資訊，但對於收到該訊息的使用者而言，可能實際上並不鄰近)；使用短距無線通訊技術作為區域訊息廣播服務是另一項常見的作法，當行動台接近短距無線通訊設備的涵蓋範圍時，便可接收其所提供的廣播資訊，然而短距無線通訊技術的基地台涵蓋範圍太小，若要達成具備商業價值的區域性的訊息廣播服務，密集性地增加基地台數目是必須且耗費建置與維護成本的作法，(假設使用者已在餐廳門口，才能收到鄰近的餐飲資訊，同樣失去了該資訊的價值)；運用行動廣域免基地台式無線電技術不但提供免費的訊息廣播通道，並可在不增加路側基地台的條件下，擴大訊息廣播的範圍(如圖 6-2 所示)，無論在功能特性上、傳輸頻寬與成本考量上、以及路側設備的建置與維護成本上，都較其他通訊技術具備優勢。

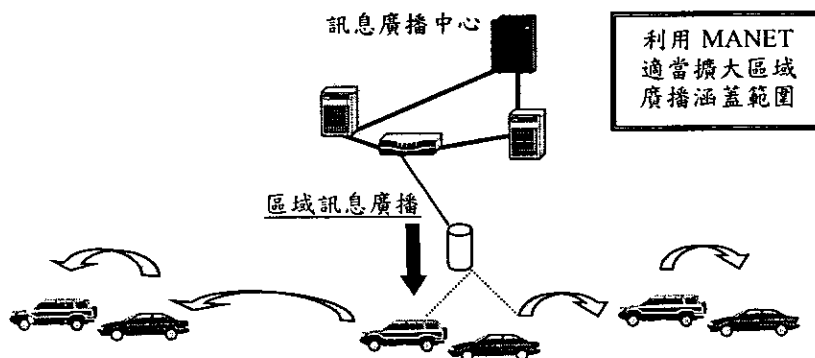


圖 6-2 MANET 應用於區域性訊息廣播服務

我國相關無線電信營運商如中華電信、遠傳電信、台灣大哥大等，均已利用 GSM/GPRS 技術推出若干行動定位服務與應用，然而受限於定位精準度不高以及無線通訊資料傳輸速率較小，現階段所提供之資訊多半以簡單的文字為主，並且在查詢資訊的操作上較為繁複，受限於手機之功能與執行效率，應用服務之種類以及人機介面設計上仍有改近的空間。以 ITS 系統為基礎結合 MANET 通訊技術理能大幅改進目前的缺點，並且 ITS 車上單元透過與行動定位服務的整合，能夠提高用路人與駕駛、旅行人之使用意願，對於全面性廣泛裝設車機系統於一般自用車之目標，必有一定程度之幫助。

5.採用良好商業模式促進行動資訊服務與 ITS 系統之整合

由前面數項應用推廣策略之說明可知，利用 MANET 技術結合 ITS 系統可有效作為行動資訊服務(mobile data service)之運作平台，相關技術優勢在此不再贅述；隨著我國政府相關單位積極推廣交通智慧化、ITS 應用服務、以及無線通訊環境的建構，ITS 之資訊通訊運作平台在滿足必要之交通智慧化服務後，應該積極思考在既有資通平台上發展多元化行動資訊服務，一方面能夠加速 ITS 應用之普及，另一方面增進我國在行動通訊服務的發展，成為所謂的殺手級應用。

然而除了提供廣泛且有效之運作平台外，行動資訊服務還需要車機與路側設備製造商、無線通訊服務營運商(network operator)、服務提供者(service provider)、數位內容提供者(content provider)等產業之相互合作與整合，並且必須集合眾人的創意發展多元化的應用服務，而非統一由政府公共建設單位或單一廠商主導能夠達成應用推廣之目標。

為了能夠集合多方產業的整合與相互合作，並且取得使用者與政府單位、相關產業之多贏局面，需要依賴良好的行動資訊服務商業模式，提高產業投入資金與人力發展多元化應用，進而提高使用者意願而擴大行動資訊服務範圍，達成產業與一般消費者之間的良性循環。值得參考之行動資訊服務商業模式如日本 NTT DoCoMo 模式；跳脫單純服務供應商的角色，開創良性的需求與供給循環為 NTT DoCoMo 的成功關鍵因素，不同於行動電信業者自行提供服務的營運模式，NTT DoCoMo 以專業分工的精神，廣泛邀請優質內容提供者加入行動通訊服務的價值鍊，而本身僅自居為平台提供者的身份。由於操作平台由 NTT DoCoMo 提供，因此可以同時從使用者與內容提供者兩方面收取費用，而不需考慮要提供哪些加值內容的課題。

在 NTT DoCoMo 模式中，內容提供者在進行行動資訊服務時可不需考慮包含通訊技術、設備、收費機制等課題，降低內容提供者的進入障礙，進而專注於提供優質資訊服務；另一方面，由於內容提供者進入障礙較低，使得內容提供者在 NTT DoCoMo 操作平台的投入意願較高，使用者得以在單一平台取得豐富且多元化的資訊服務，同時提高使用者的使用意願。NTT DoCoMo 在內容提供者與使用者間扮演良好的中間人角色，專注於通訊技術與操作平台的研發與製造，降低內容提供者與使用者的進入障礙與成本，如下圖所示：

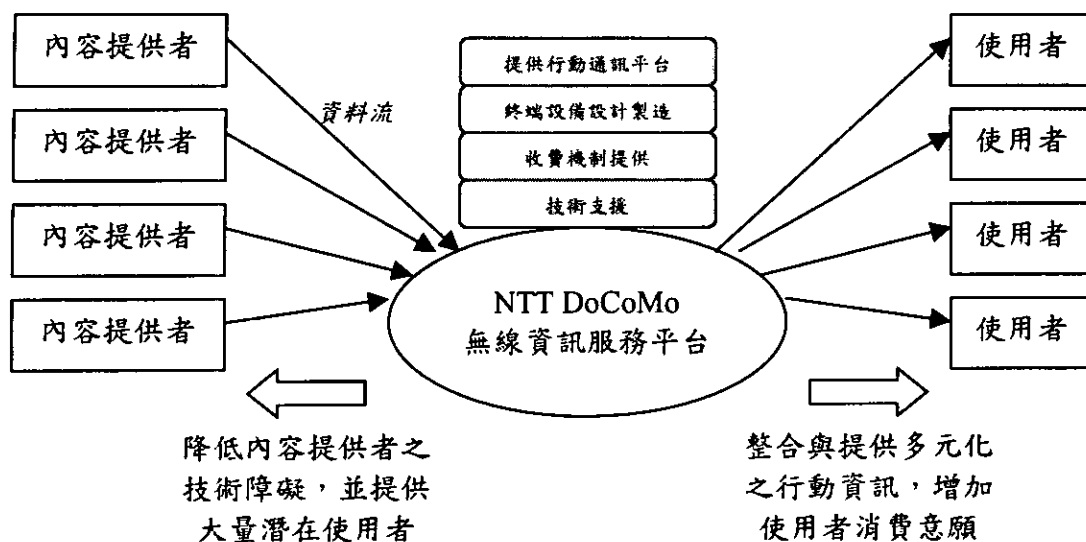


圖 6-3 日本 NTT DoCoMo 進行行動資訊服務營運模式示意圖

NTT DoCoMo 隨著通訊技術的演進，已從過去 i-mode 服務擴展到 3G 領域之 FOMA(freedom of mobile multimedia access)；本研究所提及之 ITS 系統與 MANET 技術在良好的規劃與建置下，理論上能夠在行動車輛上提供更好的行動資訊服務操作平台，若能夠在平台上推動類似 NTT DoCoMo 之營運模式，應有更佳的發展契機，同時可有效促進 ITS 應用服務與 MANET 技術的成熟。

6.2 MANET 應用於 ITS 之商業模式建議

基於 MANET 通訊平台應用於 ITS 之技術優勢，以及透過 ITS 行動車機以及相關網路接取點、資訊伺服器等基礎建設，進行多元化行動資訊服務及電子商務等趨勢，政府關於交通與運輸管理等單位應從主導交通智慧化之發展為出發點，整合包括研究與學術單位、車機設備製造商、車輛製造商、電信營運業者、ITS 服務提供者、資訊系統開發與系統整合業者、數位內容提供者等相關產業，探討適當商業模式進而導引出創新的服務價值鍊，同時促進社會大眾生活便利與進步，以取得我國推動 ITS 以及行動資訊服務產業的多贏局面。

根據本章對於 MANET 應用於 ITS 發展策略之探討，本研究特別提出 MANET 應用於 ITS 之商業模式初步建議；下圖 6-4 為該商業模式之示意圖，茲將相關要點說明於下：

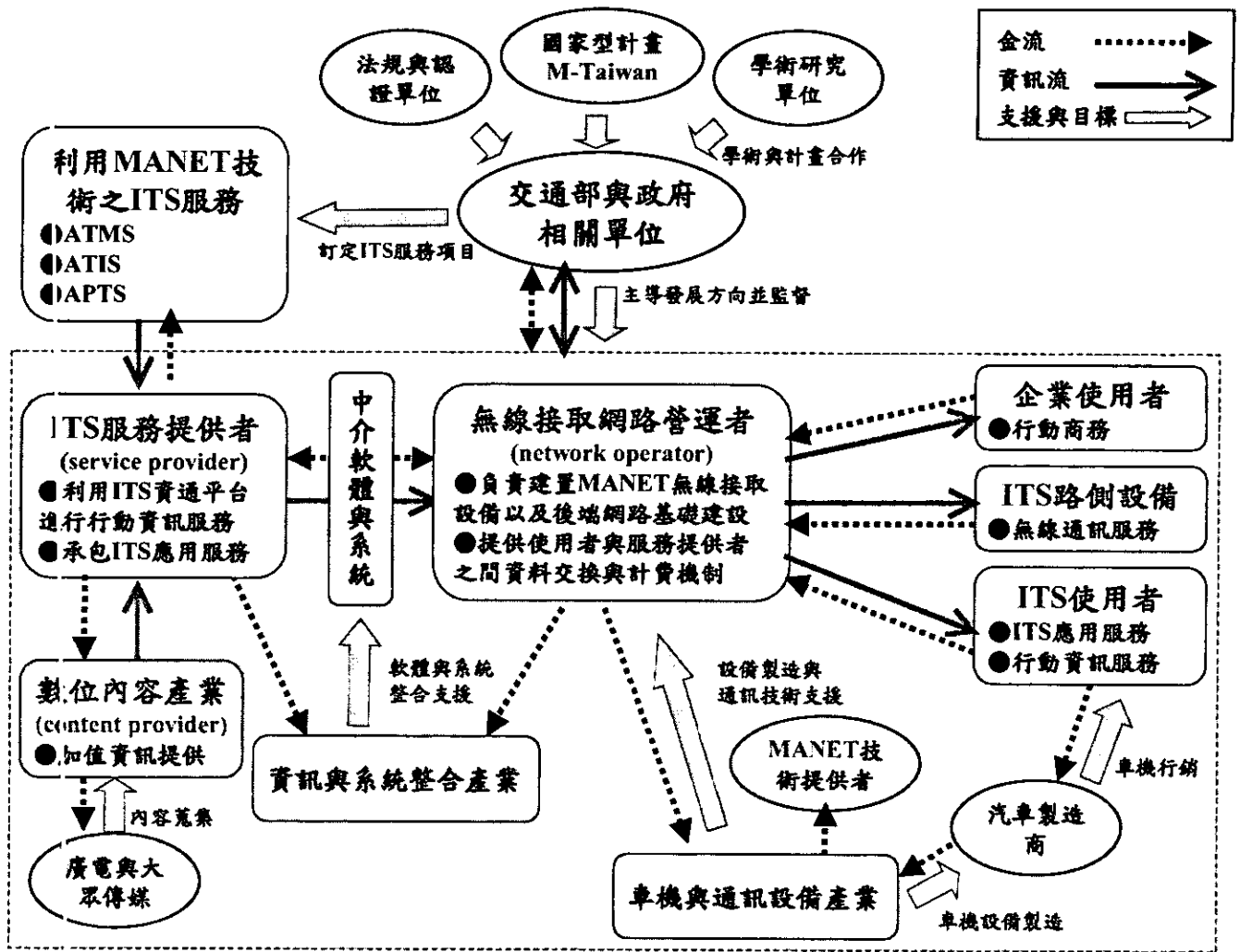


圖 6-4 建議之 MANET 應用於 ITS 商業模式

1. 政府居整合主導角色，由網路服務營運者建構 MANET 無線通訊平台

整個商業運作模式的核心以政府主導 ITS 技術與應用發展，並透過國家型計畫之資源整合加速無線通訊平台之建置；MANET 通訊平台之營運者為無線接取網路營運者，並整合 ITS 系統路側單元以及相關基礎建設，建構 ITS 系統之無線通訊服務操作平台；網路營運者應與 ITS 服務提供者密切合作與整合，在 ITS 系統之操作平台在滿足進行 ITS 應用服務之需求後，應依情況進一步發展多元化應用服務，ITS 服務可分為通訊服務與內容服務，通訊服務即由控管 MANET 通訊平台之無線接取網路營運者為主導，並提供適當之計費與中介系統，供 ITS 服務提供者以最便利的方式進行內容服務；數位內容產業(content provider)可專注於提供優質內容，不需花費太大的成本在於解決無線通訊服務的技術問題。

2.促進車機研發製造並同時為車輛製造商之利潤加值

行動車機搭配行動通訊服務已公認將成為汽車工業之必備智慧型車上設備，為了提高汽車製造之競爭力，車輛製造商近年來莫不著重於相關生活與資訊、娛樂車上設備之研發、製造與安裝等技術。透過我國推展 ITS 系統，實為車機系統研發製造商以及車輛製造商營造良好的合作機會，而兩者的合作亦有助於推展 ITS 服務的普及。MANET 技術具有高移動性、高傳輸速率等優點，並在實體層使用現有成熟之無線通訊技術，因此可以加速車機研發時程並降低成本，使得在車機製造上具有更佳的利基。

3.成功建立行動資訊服務金流與資訊流

本研究建議之商業模式理論上可成功創造行動資訊服務金流與資訊流，其中金流主要包括設備製造商販賣設備所得之利潤，以及行動資訊服務者包括無線接取網路營運者與 ITS 服務提供者之收益，理論上政府單位亦可從中獲取規稅收益；在此商業模式下資訊流亦可有效通達使用者、政府、以及相關需要這些資訊的單位與產業，網路營運者將扮演技術層面的媒合角色，促使各單位組織以及使用者能夠方便取得操作平台中的資訊，避免重複投資於資訊的蒐集、處理、發佈等成本。

4.透過市場機制自由發展多元化行動通訊服務

由於理論上 ITS 服務將來具有相當可觀的潛在使用群，因此多元化應用服務的發展方向可交由市場機制來決定：數量龐大的使用者在行動設備 (ITS 行動車機) 上選擇需要之服務，而能夠提供創新且為使用者所接受之內容服務者，及能夠在 ITS 操作平台上獲取商業利益。除了加值之行動通訊服務外，甚至包括相關 ITS 應用服務亦可外包由內容提供者進行研發與拓展，此種方式可降低政府主導所有 ITS 應用服務時發展的風險，利用全國相關產業之視野與人才激發創新 ITS 應用服務，並同時促進我國內容產業之發展。

目前政府積極推動 WLAN(無線區域網路)與 GPRS 的雙網整合應用，為免原有業務受新技術的衝擊影響，傳統語音電信業者逐步導入整合雙網應用的解決方案。兩種競爭技術至今在市場應用上仍相容並存的一大原因，在於目前的熱點(hot spot)佈建率遠不及傳統語音基地台，技術供應商及電信業者則多以兩種傳輸技術並行的方式，推展行動化的資料傳輸應用。現階段市場供應商對無線網路架構的建置工作，除了兩大城市的無線新都計畫外，包括曜正科技、中華電信及東信電訊等廠商，也都相當積極投入熱點的佈建工作，中華電信預計在年底完成 500 個熱點佈建；東信電訊則預計在今年擴充全省熱點數量達 800 個以上。東信電訊與台灣大哥大已完成以手機 SIM 卡認證雙網應用的收費機

制。

然而熱點的佈建除了涵蓋範圍的問題外，還有包括行動設備換手機制不足，多家廠商競爭以及個人使用者廣泛所導致之無線電干擾問題等待解決；MANET 通訊技術為這些問題提供了不同於傳統思維的解決方案，若能夠透過政府相關單位的主導力量，規劃特定無線電操作頻段供 ITS 與 MANET 系統之用，在搭配良好商業模式之運作下，將提供我國無論在交通智慧化、ITS 系統、以及行動資訊服務等絕佳發展契機。

第七章 總結

本計畫目的在於研究行動廣域免基地台式無線通訊系統(mobile ad-hoc network, MANET)於智慧型運輸系統之應用，主要規劃為兩年期，第一年工作以研究開發為主，第二年工作以實驗平台建置與效能量測評估為主；根據第一年的研究結果得之，使用 MANET 作為 ITS 之無線通訊平台，能夠有效擴大無線網路接取點的訊息涵蓋範圍，並降低有線網路的建置成本，相較於傳統上使用蜂巢式行動通訊系統，以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台除了能夠提供較高的資料傳輸速率，滿足多元化之無線通訊服務需求，並且能夠大幅減低通訊費用；因此無論在通訊技術上或成本上的考量，MANET 技術都備具優勢。

為了有效驗證實際營運時以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台之效能表現，本年度(第二年度)計畫著重於進行較大規模之 MANET 實驗平台建置與效能量測，並從務實的角度加以評估 MANET 應用於智慧型運輸系統之適用性。茲將計畫成果與報告總結於下：

1.MANET 通訊技術的改良與實作

根據本研究第一年度之 MANET 雛形系統效能量測結果發現，雖然以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台能夠有效提供高傳輸速率之無線通訊服務，但多跳接傳送模式的傳輸服務穩定度表現並不佳；從第一年度的實驗數據發現，在都是高移動性移動節點組成的網路，AODV 協定直接對連(single-hop route)路徑存活時間為約 20 秒，而 2-hop 路徑只有約 4 秒。因此在第二年度計畫中，在建置 MANET 實驗平台時，除了考量使用固定網路節點輔助 MANET 通訊平台的效能外，亦提出 MANET 通訊技術的改良方案並完成初步系統實作。

本計畫開發了另一套以泛送機制(flooding)為基礎的機制來取代現有的 MANET 技術。泛送機制不特意尋找維護路徑，而是嘗試近乎所有的可能傳送路徑來轉送封包，以克服路徑存活時間太短的問題；本計畫所開發的協定，利用泛送機制好處的同時，抑制相關問題的影響程度。根據此泛送機制之實際量測結果，在多達 3-hop 跳接傳輸模式下，平均資料傳輸速率可達 84kBytes/sec，標準差約為 21.26kBytes/sec，相較於第一年度之 AODV 協定，此泛送機制在多跳接傳輸模式下，傳輸速率並無明顯降低，但穩定度的表現卻大幅增進。

2.MANET 實驗平台之建置與效能量測

本計畫所建置之實驗平台除了包括在校園環境臨時建置約 4~6 節點之實驗設備外，主要包括與智網 IWICS 公司合作，於桃園縣龍潭鄉建置約 30 個網路節點之 MANET 通訊平台；本實驗平台除了使用較為成熟的通訊設備外，其主要特性在於建構於一般道路環境，並且涵蓋約 1.2 公里見方之面積，其無線電傳播環境與節點移動模式較符合實際狀況，對於進行 MANET 技術應用於智慧

型運輸系統之評估，其量測結果更具參考價值。

在實驗平台的量測方面，上半年之計畫時程主要分為三個實驗場景進行，茲分述於下：

- a. 固定點與固定點間：目的在於量測 MANET 通訊平台中固定點間的傳輸速率與封包延遲時間，此種傳播模式近似於 ITS 系統中中心單元與路側單元間的通訊。根據研究結果指出，固定點間的多跳接傳輸服務具有較高的資料傳輸速率與穩定性，其傳輸效能的變化除了與實際傳播環境有關外，主要會隨著跳接數的增加而遞減，根據實驗結果得知，在高達 6-hop 多跳接傳輸模式下，智網 IWICS 公司所研發之設備仍能夠提供 20kBytes/sec 左右之資料傳輸速率，對於現階段智慧型運輸系統所需要之資料交換頻寬需求以能夠大致滿足。
- b. 移動點與移動點間：目的在於量測多輛行動車機間之 MANET 通訊效能，除了進行多個移動點間進行多跳接傳輸模式實驗外，本研究同時進行具有 MANET 固定點輔助下的效能量測，此種傳播模式近似於 ITS 系統中車間通訊模式。根據實驗結果指出，具有 MANET 固定點輔助下之移動車間通訊的確具有較佳的通訊效能，而在僅有多輛車機組成的 MANET 通訊實驗中，無論是交通大學研發之 MANET 泛送技術或是智網 MANET 設備之傳輸穩定度表現均優於第一年度之 AODV 協定。
- c. 固定點與移動點間：目的在於量測行動車機透過 MANET 通訊平台與中心單元之資料通訊效能；在本研究所建構之 MANET 通訊實驗平台中，固定點與移動點間之平均資料傳輸速率為 61.49kBytes/sec，其標準差約為 40.93kBytes/sec，理論上能提供 ITS 系統或一般行動資料通訊足夠資料傳輸速率。

為了驗證 MANET 實驗平台在多使用者條件下，於室外環境進行通訊服務之傳輸效能，本研究特別於計畫時程後期進行多使用者之效能量測，在單一 MANET 通訊平台中同時進行多個無線通訊服務，並利用多組臨時建置的固定節點與安裝於量測車輛之移動節點，進行在不同使用者數目與不同傳播場景下，資料傳輸速率之效能表現。量測實驗同樣分為三個實驗場景進行，茲分述於下：

- a. 固定點與固定點間：本實驗目的在於觀察固定點使用者數目從 1 增加至 4 時，MANET 實驗平台對於個別發送端所能夠提供之資料傳輸速率，以及接收端所能夠接受整體之資料傳輸速率之影響；在使用者數目多達 4 個時，平均每個連線之資料傳輸速率為 21.53kBytes/sec，其資料傳輸速率大約降低至 1 個使用者之 1/5；資料接收端從單一使用者之 106kBytes/sec 下降至 4 使用者之 86.1kBytes/sec，下降的幅度不大，其幅度有逐漸減緩的趨勢。初步研判以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台在多使用者條件下資料傳輸速率總和受使用者數目增加之影響不顯著。

- b. 固定點與移動點間：本實驗目的在於觀察數個移動點發送資料給單一固定點，在 4 個使用者同時進行連線之條件下，平均每個連線之資料傳輸速率為 15kBytes/sec，其資料傳輸速率大約降低至 1 個使用者之 1/4；資料接收端從單一使用者之 66.22kBytes/sec 下降至 4 使用者之 60.06kBytes/sec，下降的幅度不顯著，相較於上述固定點間的量測數據，其資料傳輸速率總和較低，應尋因於傳輸路徑跳接數的增加而降低，並非整體網路通訊容量之降低。
- c. 移動點與移動點間：本實驗目的在於觀察數個移動點間同時於 MANET 平台進行資料傳輸服務時，個別傳輸服務之資料傳輸速率以及使用者資料傳輸速率總和之變化；在 3 個資料傳輸服務同時進行連線之條件下，平均每個連線之資料傳輸速率為 46.2kBytes/sec，並且每個連線之資料傳輸速率差距頗大，判定主要與傳輸服務發生之位置有關；資料傳輸速率總和方面，本實驗中資料接收端從單一連線之 97.33kBytes/sec，於 2 個連線時上升至 154.4kBytes/sec，3 個連線時亦具有高達 138.61kBytes/sec 之資料傳輸速率總和；在以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台由於受到空間分割的作用，無線電資源(頻寬)在不同區域可以重複利用，因此位於不同區域的連線均可以得到較高的傳輸效能，使得 ITS 行動車機即使在高節點密度的 MANET 通訊平台中，亦可進行高傳輸速率的車間通訊。

總體而言，在多跳接傳輸模式下，無論是 MANET 資料傳輸速率或是傳輸服務穩定性表現，第二年度所開發與建置的通訊平台均優於第一年度的 AODV 協定；於交通大學發展之 MANET 泛送技術使用以個人電腦為基礎之 MANET 離形系統，在進行校園環境的效能量測時，具有較高的資料傳輸速率；對於網路節點較多之桃園龍潭 MANET 實驗平台中，不但通訊服務效能的穩定性高，並且在多跳接傳輸模式下資料傳輸速率的表現亦優於節點數較少的交通大學 MANET 實驗平台；本研究實驗結果有效驗證以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台的實際傳輸效能，並明顯改進第一年度計畫所使用之 MANET 離形系統。

多個使用者同時與單一節點進行通訊時，雖然每個使用者所分得之資料傳輸速率明顯下降，但整體以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台之資料傳輸速率總和影響不大，僅會發生些微下降；若在 MANET 通訊平台進行車間通訊時，若傳輸連線進行的區域沒有明顯交集，則資料傳輸速率總和可能隨連線數目增加而有增加的趨勢，並且傳輸效能表現與傳輸路徑進行之區域相關。

3.MANET 應用於智慧型運輸系統之評估

本研究延續第一年度關於 MANET 技術應用於智慧型運輸系統之適用性評估，特別針對國內現行 ATIS 與 APTS 應用服務進行探討，並提出更務實之評估結果；無論是將 MANET 技術應用於 ATIS 或是 APTS 等，以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台在提供具移動性、高傳輸速率的條件下，降低固定網路或無線網路接取點的建置成本，以及大幅降低無線通訊費用；高傳輸速率以及低通

訊費用之特點將使得 ITS 應用服務更趨多元化。

在傳輸效能的適用性與即時性分析上，本研究參考過去 ITS 通訊容量的評估模式與規劃，計算 APTS 營運時之無線通訊容量需求；根據分析與評估的結果顯示，現階段之 MANET 技術已能夠有效滿足 APTS 通訊需求，並能夠擴充其功能，使得 APTS 系統能夠提供圖片、語音、甚至即時影像之資訊。

本研究於報告中特別以高雄市動態公車資訊系統為案例，評估使用現行 MANET 技術作為高雄市動態公車資訊系統無線通訊平台時，建置與營運成本的特性。根據評估結果指出，現行 MANET 技術能夠有效降低固網拉設成本，但礙於 MANET 通訊設備普及度不高，需要進行廣泛且大規模的固定 MANET 網路節點設置，因此需要較高的初期建置成本；在營運成本方面，MANET 技術將大幅降低例行性的無線通訊與維護費用，若是系統營運期較長，使用 MANET 技術所節省之費用將相當可觀。

在利用 MANET 整合互用多項 ITS 服務方面，報告中提出整合性系統架構之說明與分析，並根據這些應用服務預期之無線通訊需求進行分析，根據評估與分析的結果指出，由於 MANET 所提供具備高傳輸速率與高移動性之無線通訊服務，現階段以 IEEE 802.11b 為基礎之 MANET 通訊平台已能夠有效滿足並整合多項基本之 ITS 應用服務，同時可依情況支援包括圖片、影像、語音等行動通訊服務；對於全面性支援資料傳輸速率需求較高之多媒體通訊服務，還需要在通訊基礎建設建置時，進行更深入的評估，並考慮採用更先進之無線通訊實體層技術。

4. 於 MANET 通訊平台進行 ITS 雛形系統的實作與示範

本研究以期中報告規劃之 ATIS 與 APTS 雛形系統為基礎，進行 ITS 雛形系統實作與示範，在 ATIS 雛形系統方面，本研究主要以交通大學研發之泛送機制為基礎，進行車間影音通訊之測試與實驗，以驗證 MANET 應用於 ATIS 之通訊效能與可行性；在本研究所規劃建構之 MANET 實驗平台下，路側廣播中心、路側 MANET 固定點、行動車機、以及 ATIS 資訊中心等，均可視為 MANET 中動態相互連接的節點，因此在此平台下，各節點間的資料廣播與交換均可達成，並且這些節點均以無線通訊方式連接，根據節點的位置進行動態繞徑；若這些節點必須與有線網路相連以進行無線上網，理論上在所有涵蓋區域內僅需要一個網際網路接取點(閘道器)即可，這個特性能有效降低相對昂貴的有線網路佈建與維運費用。

APTS 主要的系統單元為路側的智慧型站牌、車上行動單元、以及控管中心等，本研究團隊已於期末計畫時程中開發 APTS 雛形系統，包括 APTS 車上單元、APTS 伺服器、路側站牌、以及網際網路使用者之應用，透過以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台成功進行了即時車況資訊的上傳與交換，不但滿足現階段 APTS 服務的基本功能，並可進一步提供即時路況車況照片的上傳、車間即時影像通訊、以及車機間相互交換即時車況資訊等服務，理論上能夠在建置與運作成本受到節約的條件下，提供更多元化的 APTS 服務；報告中亦提出

與現行 APTS 系統之比較，由比較分析的結果可知 MANET 應用在 APTS 或其他相關 ITS 應用服務時，同時具有無線通訊效能較佳與成本較低之優勢。

5. MANET 應用於智慧型運輸系統之推廣策略與商用模式建議

為了加速 ITS 之發展進程，本研究特別提出 MANET 應用於 ITS 之推廣策略與商業模式建議；交通部主導之 ITS 建設與發展正與國家其他相關無線通訊平台建置計畫相輔相成，而本研究所探討之 MANET 無線通訊技術具備高移動性、高傳輸速率、降低通訊與網路基礎建設成本、動態自組無線通訊網路等特性，無論對於 ITS 應用發展，甚至 M-Taiwan 的發展，應具有一定程度的助益。在推廣策略方面，為顧及各個層面的推廣方針，報告主要將分成技術面、政策面、以及推廣應用面進行探討；在商業模式方面，基於以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台應用於 ITS 之技術優勢，政府關於交通與運輸管理等單位應從主導交通智慧化之發展為出發點，整合包括研究與學術單位、車機設備製造商、車輛製造商、電信營運業者、資訊系統開發與系統整合業者、數位內容提供者等相關產業，以 ITS 行動車上單元作為應用服務的平台，於其上發展多元化應用，導引出創新的服務價值鍊。

有鑑於台北市與高雄市 Public WLAN 建置案已發標完成，可考慮 Public WLAN 接取點與 MANET 接取點共構，如此可有效降低 MANET 系統建構之基礎建設成本，共構方式可節省的成本包括：(1)共用裝設地點降低 MANET 設備裝置地點之搜尋與租用成本；(2)共用電源降低重複拉設電源線成本；(3)共用固網連線降低拉設專線與固網通訊費用等。

在都會區方面，都會區 MANET 推廣以建置 APTS 為主，透過建置電子站牌同時作為 MANET 固定點與接取點，並進行 Public WLAN 與電子站牌共構，此外公車裝設行動車機可擴大 MANET 涵蓋範圍，最後可結合 ATMS 使得 APTS 建構之 MANET 同時作為 ATMS 資訊回傳通道，而這些 APTS 與 Public WLAN 共構之通訊平台亦可用來作為 ATIS 通訊平台之用。

在高快速道路上的推廣方面，可利用 MANET 之多跳接技術，於高快速道路上建置鍊狀 ATMS 回傳通道，使得 MANET 結合 WLAN 作為 ATMS 之通訊骨幹網路，CCTV 監視器、CMS 等可利用 MANET 回傳影像與下達控制命令，而路側 MANET 設備可作為警車與事故處理之無線通訊接取點，若客運裝設 MANET 車機還可擴大接取點涵蓋範圍。

參考文獻

- [1] “ITS 資訊與通信發展平台整體架構規劃與標準化之探討,” 交通部科顧室計畫報告 MOTC-STAO-90-01701, Dec. 2001.
- [2] “智慧運輸系統資訊通訊實驗平台建構及系統標準與應用測試之研究,” 交通部科顧室計畫報告 MOTC-STAO-91-01708, June 2003.
- [3] “智慧型運輸系統 (ITS) 通訊協定之研究—通訊網路評選模式之建立,” 交通部運輸研究所委託研究計畫報告, Nov 2000.
- [4] “先進大眾運輸系統整體發展架構與推動策略,” 交通部運輸研究所計畫報告 MOTC-IOT-90-MB02, Oct. 2002.
- [5] “以整合租用方式建置都市公車動態資訊系統之規劃與推動,” 交通部運輸研究所計畫報告, July 2001.
- [6] “台灣地區智慧型運輸系統(ITS)綱要計畫,” 交通部運研所計畫報告, Jan. 2001.
- [7] “台灣地區發展智慧型運輸系統(ITS)系統架構之研究,” 交通部運研所計畫報告, Nov. 2002.
- [8] 林煜晴, 王晉元, “整合動態旅行者行前資訊系統與 Internet GIS 之研究與建立”, 交通大學交通運輸研究所丙組 86 年度碩士論文.
- [9] 向美田, 王晉元, “公車動態資訊與撥召系統之研究與建立-以金門縣為例”, 交通大學交通運輸研究所丙組 86 年度碩士論文.
- [10] 羅彬榮, 陳武正, “高速公路路況即時資訊系統之行動通訊需求分析”, 交通大學交通運輸研究所 87 年度碩士論文
- [11] 台北市交通局網頁, http://www.taipei.gov.tw/cgi-bin/classify/index.cgi?class_id=A04,B03
- [12] 台北市交通管制工程處交通控制中心網頁, <http://tms.bote.taipei.gov.tw/web/cctv/cctv.htm>
- [13] 台中市政府公車資訊服務系統網頁, <http://citybus.tccg.gov.tw/>
- [14] 高雄市公共車船管理處網頁, <http://www.kcg.gov.tw/~kcb/query.php>
- [15] S.Y. Wang, "Reducing Energy Consumption Caused by Flooding Messages in Mobile Ad Hoc Networks", Computer Networks, Vol. 42, Issue 1, May 2003, pp. 101-118.
- [16] P. Macker and M.S. Corson, "Mobile Ad Hoc Networking and the IETF," ACM Mobile Computing and Communication Review, vol.2, no.2, 1998.
- [17] W. J. Franz et al, "Internet on the Road via Inter-Vehicle Communications," WDR Computernacht, Nov. 2001.
- [18] M. T. Sun et al, "GPS-based Message Broadcasting for Inter-vehicle Communication," Proc: International Conference on Parallel Processing, 2000.
- [19] S. V. Bana and P. Varaiya, "Space Division Multiple Access (SDMA) for Robust Ad hoc Vehicle Communication Networks," Proc: ITSC, 2001.
- [20] I. Chisalita and N. Shahmehri, "A Peer-to-Peer Approach to Vehicular Communication for the Support of Traffic Safety Applications," IEEE 5th International Conference on ITS, 2002.
- [21] N. S. Fahmy et al, "Ad Hoc Networks with Smart Antennas Using IEEE 802.11-Based Protocols," 2002.

- [22] E. Welsh et al, "A Mobile Testbed for GPS-Based ITS/IVC and Ad Hoc Routing Experimentation," IEEE International Symposium on Wireless, Personal, Multimedia Communications, 2002
- [23] R. Onishi et al, "The Multi-agent System for Dynamic Network Routing," Proc: 5th International Conference on Autonomous Decentralized System, 2001.
- [24] T. Kosch et al, "Information Dissemination in Multihop Inter-Vehicle Networks," IEEE 5th International Conference on ITS, 2002.
- [25] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers.", Comp. Commun. Rev. , Oct 1994, pp.234-44.
- [26] C.-C. Chiang, "Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks With Fading Channel." Proc. IEEE SICON '97 , Apr. 1997 , pp 197-211.
- [27] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing." Proc. 2nd IEEE Wksp. Mobile Comp. Sys. And Apps., Feb. 1999, pp.90-100.
- [28] J. Broch, D. B. Johnson, and D. A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks." IETF internet draft, draft-ietfmanet-dsr-01.txt, Dec. 1998.
- [29] C-K. Toh, "A Novel Distributed Routing Protocol To Support Ad-Hoc Mobile Computing." Proc. 1996 IEEE 15th Annual int'l. Phoenix Conf. Comp. And Commun., Mar. 1996, pp480-86.
- [30] M. Mauve, J. Widmer, and H. Hartenstein, "A survey on position-based routing in mobile ad hoc networks," IEEE Network, vol. 15, no. 6, pp. 30–39, 2001.
- [31] B. Karp and H. Kung. "GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks," Proceedings of the sixth annual international conference on Mobile computing and networking, pp. 243-254, 2000.
- [32] L. Blazevic, L. Buttyan, S. Capkun, S. Giordano, J.-P. Hubaux, and J.-Y. Le Boudec, "Self organization in mobile ad hoc networks: the approach of terminodes," IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 6, pp. 166-174, 2001.
- [33] Lj. Blazevic, S. Giordano, and J. Y. Le Boudec, "Self organized routing in wide area mobile ad hoc networks, " Proceedings of the Global Telecommunications Conference, vol. 5, pp. 2814–2818, 2001.
- [34] Y. B. Ko, and N.H. Vaidya, "Location-aided routing(LAR) in mobile ad hoc networks," Proceedings of the ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Computing and Networking, pp. 66-75, 1998.
- [35] E. Kranakis, H. Singh, and J. Urrutia, "Compass routing on geometric networks," Proceedings of the 11th Canadian Conference on Computational Geometry, pp. 51-54, 1999.
- [36] X. Lin, and I. Stojmenovic, "GEDIR: Loop-free hybrid single-path/flooding routing algorithms with guaranteed delivery for wireless networks," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 12, no. 10, pp. 1023–1032, 2001.
- [37] I. Stojmenovic, M. Russell, and B. Vukojevic, "Depth first search and location based localized routing and QoS routing in wireless networks," Proceedings of the International Conference on Parallel Processing, pp. 173-180, 2000.

- [38] S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk and B. A. Woodward, "A distance routing effect algorithm for mobility (DREAM)," The fourth annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, pp. 76–84, 1998.
- [39] Y.-S. Chen and K.-C. Lai, "MESH: multi-eye spiral-hopping routing protocol in a wireless ad hoc network," Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Communications and Networks, pp. 657–661, 2000.
- [40] W. Su, S.-J. Lee, and M. Gerla, "Mobility prediction in wireless networks," Proceedings of the 21st Century Military Communications Conference, vol. 1, pp. 491–495, 2000.
- [41] D. Kim, C.-K. Toh, and Y. Choi, "Location-aware long-life route selection in wireless ad hoc networks," Electronics Letters, vol. 36, no. 18, pp. 1584–1586, 2000.
- [42] D. Kim, Y. Choi, and C.-K. Toh, "Location-aware long-lived route selection in wireless ad hoc network," Proceedings of the Vehicular Technology Conference, vol. 4, pp. 1914–1919, 2000.
- [43] L. Barrire, P. Fraigniaud, and L. Narayanan, "Robust position-based routing in wireless ad hoc networks with unstable transmission ranges," Proceedings of the 5th international workshop on Discrete algorithms and methods for mobile computing and communications, pp. 19–27, 2001.
- [44] P. Bose, P. Morin, I. Stojmenovic, and J. Urrutia, "Routing with guaranteed delivery in ad hoc wireless networks," Proceedings of the 3rd international workshop on Discrete algorithms and methods for mobile computing and communications, pp. 48–55, 1999.
- [45] J. Li, J. Jannotti, D. S. J. De Couto, D. R. Karger, and R. Morris, "A scalable location service for geographic ad hoc routing," Proceedings of the sixth annual international conference on Mobile computing and networking, pp. 120–130, 2000.
- [46] P.-H. Hsiao, "Geographical Region Summary Service for Geographical Routing," The ACM Symposium on Mobile ad hoc Networking & Computing (MobiHoc 2001) Poster Paper., vol. 5, num. 4, October 2001.
- [47] Y.-C. Tseng, S.-L. Wu, W.-H. Liao, and C.-M. Chao, "Location awareness in ad hoc wireless mobile networks," Computer, vol. 34, no. 6, pp. 46–52, 2001.
- [48] C. E. Perkins and E. M. Royer, "ad hoc on demand distance vector (AODV) algorithm," Proceedings of the Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90–100, 1999.
- [49] M. Joa-Ng, and I.-T. Lu, "A GPS-based peer-to-peer hierarchical link state routing for mobile ad hoc networks," Proceedings of the Vehicular Technology Conference, vol. 3, pp. 1752–1756, 2000.
- [50] M. Joa-Ng, and I.-T. Lu, "A peer-to-peer zone-based two-level link state routing for mobile ad hoc networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, pp. 1415–1425, 1999.
- [51] Federal Communications Commission (FCC), "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields," FCC OET Bulletin 65, and "Supplement C: Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to radiofrequency Emissions," Edition 97-01, August 1997.

- [52] 47 CFR §15.247: Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz.
- [53] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "ICNIRP Guidelines: Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, April 1998.
- [54] World Health Organization (WHO) International EMF Project web site: www.who.int/peh-emf.
- [55] 1999/519/EC: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), *Official Journal L199*, 30/07/1999, p. 0059-0070.
- [56] 環保署空字 3219 號公告「非游離輻射環境建議值」，中華民國 91 年 1 月 12 日。
- [57] S.Y. Wang, "Optimizing the Packet Forwarding Performance of Wireless Chain Networks", *Computer Communications*, Vol. 26, Issue 14, pp 1515-1532, 2003.
- [58] S.Y. Wang, "On the Effectiveness of Distributing Information among Vehicles Using Inter-Vehicle Communication", (accepted and to appear in) *IEEE ITSC'03 (International Conference on Intelligent Transportation Systems)*, October 12-15, ShangHai, China
- [59] S.Y. Wang, "On Comparing the Real and Probed Packet Drop Rates of a Bottleneck Router: The TCP Traffic Case", *Computer Communications*, Vol. 26, Issue 6, April 2003, pp.591-602.
- [60] D.S.J De Couto, D. Aguayo, J bicket, R. Morris(MIT), "A High-Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing", *MobiCom 03'*
- [61] Jungkeun Yoon, Mingyan Liu, and Brian Noble, "Random Waypoint Considered Harmful," *IEEE INFOCOM 2003*, March 2003.
- [62] Walter J. Franz, Hannes Hartenstein, Brend Bochow, "Internet on Road via Inter-Vehicle Communications," *Workshop der Informatik 2001: Mobile Communications over Wireless LAN: Research and Applications*, Gemeinsame Jahrestagung der GI und OCG, 26-29 September 2001, Wien
- [63] Robert Morris, John Jannotti, Frans Kaashoek, Jinyang Li, and Douglas S. J. De Couto, "Carnet: A Scalable Ad Hoc Wireless Network System", *9th ACM SIGOPS European workshop: Beyond the PC: New Challenges for the Operating System*, Kolding, Denmark, September 2000.
- [64] Zong Da Chen, H.T. Kung, and Dario Vlah, "Ad Hoc Relay Wireless Networks over Moving Vehicles on Highways", *The ACM Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2001) Poster Paper*, October 2001.
- [65] Linda Briesemeister, Lorenz Schafers, and Gunter Hormmel, "Disseminating Messages among Highly Mobile Hosts based on Inter-Vehicle Communication", *IEEE Intelligent Vehicle Symposium*, pp. 522-527, October 2000.
- [66] Linda Briesemeister and Gunter Hormmel, "Role-based Multicast in Highly Mobile but Sparsely Connected Ad Hoc Networks", *The First Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2000)*, August 2000.
- [67] Tomoyuki Yashiro, Tempei Kondo, Hirotaka Yagome, Masafumi Higuchi, and Yuyuka Matsushita, "A Network Based on Inter-Vehicale

- Communication”, IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, pp. 234-250, 1993.
- [68] “National ITS Architecture Documents: Cost Analysis,” *U. S. DOT EDL #5398*, Jan. 1997.
- [69] S. Xu and T. Saadawi, “Does the IEEE 802.11 MAC Protocol Work Well in Multihop Wireless Ad Hoc Networks,” *IEEE Communications Magazine*, Vol. 39 no. 6, June 2001.
- [70] “Measured Performance of 5-GHz 802.11a Wireless LAN System,” Atheros Communications’ White Paper on 802.11a Range and System Capacity.
- [71] C. Steger, P. Radosavljevic, and J. P. Frantz, “Performance of IEEE 802.11b Wireless LAN in an Emulated Mobile Channel,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1479-1483, 2003.
- [72] J. P. Singh, N. Bambos, B. Srinivasan, and D. Clawin, “Wireless LAN Performance under Varied Stress Conditions in Vehicular Traffic Scenarios,” *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1479-1483, 2002.
- [73] M. Petrovic and M. Aboelaze, “Performance of TCP/UDP under Ad Hoc IEEE 802.11,” *10th International Conference on Telecommunication*, 2003.
- [74] H.-Y. Hsieh, K.-H. Kim, Y. Zhu, and R. Sivakumar, “A Receiver-Centric Transport Protocol for Mobile Hosts with Heterogeneous Wireless Interfaces”.
- [75] S.Y. Wang and H.T. Kung, “Use of TCP Decoupling in Improving TCP Performance over Wireless Networks”.
- [76] H. Balakrishnan, S. Seshan, E. Amir, and R. H. Katz, “Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks”.
- [77] H. Balakrishnan and Randy H. Katz, “Explicit Loss Notification and Wireless Web Performance”.
- [78] H. Luo, P. Sinha, and S. Lu, “UCAN: A Unified Cellular and Ad-Hoc network Architecture”.
- [79] C. Zombolas, “SAR Testing and Approval Requirements for Australia,” *Symp. Record 2003 IEEE Symp. On EMC*, pp. 273-278, Boston, MA, Aug. 18-23, 2003.
- [80] Sir William Stewart (Chairman), *Mobile Phones and Health. A report from the Independent Expert Group on Mobile phones*, Chilton, IEGMP Secretariat, May 2000.
- [81] NRPB (2003). *Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Doc NRPB, 14(2)*, 2003.

期中報告審查意見回覆表

審查意見編號	審查意見	回覆辦理情形
主席台灣大學 吳靜雄副校長總結		
一	本期中報告已改良並實作 MANET 繞徑機制，建構量測 MANET 測試平台，評估 MANET 應用於 ITS 之技術等。	感謝主席與委員的肯定，本研究團隊將遵循委員們的建議並依照計畫工作項目於時程完成下半年度計畫。
二	現場展示語音品質不佳，尚待改善。	遵照辦理；本計畫在調整語音通訊應用層之品質設定後，已能夠在本研究開發之 MANET 中進行較佳的行動語音通訊服務。
三	宜設定服務品質標示，當以後量測之參考，並建議研擬應用環境。	遵照辦理；本研究已明確探討各項 ITS 應用服務之通訊需求，根據這些需求可用以作為品質標示之參考指數，相關內容請參考第 4.3 節。
四	報告書中有若干錯誤，請研發團隊改進更新。	遵照辦理；本研究已對 ITS 相關應用服務現階段之探討加以考察並更新報告內容，錯別字方面已校正。
五	有關高雄市 APTS 之節點規劃請依現況評估。	遵照辦理，請參考第 4.1.2 小節。
六	建議在 ITS 應用方面考慮增加交控信息之電信服務。	遵照辦理；請參考期末報告第 4.3 節。
七	建議研發團隊加強研擬理論模式與實測結果之比較。	遵照辦理；本研究已加強對 MANET 通訊效能模擬提出 MANET 理論效能，並進行必要之分析與比較；請參考期末報告第 3.1.4 小節。
1. 文化大學 劉柏立教授		
1-a	在評估 MANET 應用於 ITS 的可行性時，須從應用需要為考量，並輔以效能量測結果分析是否系統效能足以滿足 ITS 需求，並思考改良之方案。	本研究在評估 MANET 應用於 ITS 的可行性時，已考慮應用上的需要，期末報告已進行 MANET 平台在多使用者環境下之效能分析，用以驗證 MANET 應用於 ITS 在多使用者環境下之可行性；請參考期末報告第 3.2.4 小節。
1-b	建議本研究能夠針對 MANET 應用於 ITS 時，在實際推廣階段之相關課題探討。	遵照辦理，本研究特別於期末報告提出 MANET 應用於 ITS 之推廣策略建議；請參考期末報告第 6.1 節。
2. 交通部運輸研究所 吳玉珍組長		
2-a	期中報告關於 APTS 現況探討有些部分不符合實際情況，請更正。	遵照辦理；相關修正內容請參考第 4.1.1 小節。
2-b	在報告中針對高雄市 APTS 系統之系統規模評估方面，需要固定網路連接	根據本研究之規劃，固定之路側單元如智慧型站牌使用 MANET 無線通訊

	之節點僅 70 個是否確實有效涵蓋整個高雄市公車行經區域？	技術與網路接取點(gateway)連接，預估涵蓋高雄市公車行經路線區域所需之網路接取點約需 70 個無誤；本研究已加強這部分的規劃說明，請參考第 4.1.2 小節。
2-c	請進一步評估 ATIS 系統中，相關路側設施如 CCTV、偵測器、CMS 之資料傳輸需求，評判利用 MANET 進行無線資料傳輸之可行性。	遵照辦理，期末報告特別提出利用 MANET 整合 ATMS、ATIS、APTS 之系統運作模式；請參考第 4.3 節。
2-d	建議本研究在雛形系統規劃之資訊技術探討報告份量的酌量刪減。	遵照辦理；請參考第 5.1 節。
3. 電信總局 高凱聲副局長		
3-a	國際上已提出使用數位廣播(DAB)進行 ITS 服務之方案，相較 MANET 技術之優勢為何，是否可將兩者結合？	數位廣播包括 DAB 與 DVB-T 等歐規技術適合用於單向、大範圍的交通訊息廣播服務，而 MANET 技術提供廣域、高傳輸速率、以及高移動性之雙向無線通訊服務，兩者之結合有助於提升 ITS 通訊平台之功能與效能。本研究第一年度已進行 MANET 與 DAB、蜂巢式網路等異質通訊技術之互用通訊平台規劃，請參考期末報告第 4 章前言。
3-b	本研究是否與台中市政府現行之 ITS 規劃進行合作。	本研究目前並無與台中市政府合作之計畫，但在應用規劃與可行性評估方面本研究已參考台中市 ITS 計畫；請參考第 4.1.1 小節。
4. 中華電信研究所 梁隆星所長		
4-a	本研究應加強 MANET 通訊技術與平台在多使用者環境下，系統效能之表現，或是提出理論數據供參考。	遵照辦理；本研究於下半年度加強對 MANET 實驗平台在多使用者應用模式下之效能量測與分析；理論數據方面請參考第 3.1.4 小節，而效能量測結果參考期末報告第 3.2.4 小節。
4-b	智網公司提出之 MANET 解決方案據了解目前以特定族群與功能上的應用為主，請考量該技術是否適合用於如 ITS 系統此種公開、大規模的應用？	遵照辦理；根據本研究的可行性評估與效能量測結果，智網公司提出之 MANET 解決方案在實驗平台中確實能夠有效提供高效能無線通訊服務；為了驗證此項技術是否能夠實際應用於大規模系統中，智網公司正積極實地建置更大規模之實驗平台以驗證其可行性與效能。

期末報告審查意見回覆表

審查意見編號	審查意見	回覆辦理情形
1. 中華電信研究所 梁隆星所長總結		
1-a	計畫接近尾聲，大致符合進度。	感謝主席與委員的肯定。
1-b	交大自行開發之 MANET 比 IWICS 之 Performance 較佳，原訂計畫之目標為何？	本計畫在交大以硬體執行能力較強之 PC 開發 MANET 雛形系統，因此具有較佳效能；IWICS 公司之 MANET 系統朝商業化發展，因此考量成本、體積、耗電量等課題使用硬體執行能力相對不足之嵌入式系統進行開發，然而 IWICS 設備之通訊效能經量測以能夠滿足 ITS 一般服務需求。
1-c	固定基地台與 mobile unit 何者為優先使用通信對象。	此技術課題與 MANET 繞徑機制有關，以 IWICS 設備為例，一般狀況而言由於固定基地台能夠提供較穩定之傳輸服務故優先使用。
1-d	APTS 雛形系統是否採用 Ad-Hoc 功能？	本計畫 APTS 雛形系統測試環境確實驗證網路使用 ad-hoc multi-hop 通訊模式無誤，測試結果尚佳。
1-e	測試 flooding algorithm 時是否有同時使用 fixed base station？	在效能量測方面，本計畫針對交大開發之 flooding algorithm 進行多項場景之量測，其中包括網路節點全為移動，以及網路中包括固定節點；在車間影像通訊測試方面，屬於所有節點均為移動，不包含固定節點。
2. 文化大學 劉柏立教授		
2-a	本研究計畫已參考期中報告之審查意見進行修正與補強完成後續研究。為因應 Ubiquitous 時代之到來，如何整合建置 ITS general network 已成為先進國家發展 ITS 之重點項目。因此建議在研究報告中，或可在現有之研究成果，針對實用化之預估時程，可能遭遇之問題以及所需之配合條件進行說明。	由於我國 Public WLAN 建置計畫正在進行，預計 2005 年即可完成台北市與高雄市 Public WLAN 系統建置，若相關公部門配合下，可考慮 MANET 與 Public WLAN 共構加速 MANET 技術導入時程；本研究參與單位 IWICS 公司相關成熟產品亦預計在 2005 年中推出，從技術發展觀點得知 MANET 設備進入市場時間可在約一年內實現。
3. 交通部運輸研究所 吳玉珍組長		
3-a	報告提及德國等歐洲地區使用蜂巢式網路為基礎，進而發展 MANET 技術並應用於 ITS 系統已有較為成熟之成果，請補充。	德國 Fleetnet 計畫確實導入 MANET 機制於 UTRA TDD 技術之上，相關成果雖較他國成熟，但仍屬於雛形系統之開發階段，相關探討已於本計畫第一年度報告書中提及，建議參考第

		一年度計畫報告書。
3-b	報告中評估建置成本，且簡報中提出通訊費用為 0，但為考慮營運成本(含維護與網管)。	遵照辦理；建議 MANET 系統使用分散式網路管理模式以降低維運成本，相關內容請參考第 4.1.2.2 小節。
3-c	請納入『交通服務 e 網通』全國路況資訊中心計畫成果。	感謝交通部運研所同仁的指導，計畫報告納入本年度現行 ATIS 狀況供日後之參考與規劃。
3-d	實測中談及多使用者之測試，但使用者數目僅四位尚不足以證明大量使用者的穩定性。	感謝委員的建議，本研究首先以電腦模擬方式初步驗證 MANET 在多使用者環境下之效能穩定表現，研究團隊 IWICS 公司正積極於台北市南港區規劃佈建大型 MANET 實驗平台，屆時可規劃進行更大規模以及完整之效能量測。
3-e	報告書總結提及 MANET 系統優於蜂巢式網路之結論，應註明是在 802.11 WLAN 上使用 MANET，以免文義誤解。	總結所提及 MANET 意旨以 WLAN 為基礎之 MANET，是故在資料傳輸速率上的確優於傳統蜂巢式網路；期末報告已修正總結與報告相關內容，強調本研究提出之 MANET 技術為以 WLAN 為基礎之 MANET 通訊平台，以免產生誤解。

4. 電信總局 高凱聲副局長

4-a	本案業將期中審查意見加以修正，且能依時限完成，建議給予結案。	感謝委員的肯定。
4-a	本案據實測結果顯示可應用於 ITS 上，惟未來在實際應用前應在都會區加以實測，否則不易商用化。	感謝委員的建議，研究團隊 IWICS 公司正開發成熟之 MANET 設備，並積極於台北市南港區規劃佈建大型 MANET 實驗平台，相當樂意於平台建置完成後進行更大規模以及完整之效能量測。
4-c	實際應用上，應考慮駕駛人之生理限制，否則會影響行車安全。	本研究之 ITS 車機雛形系統在人機界面的考量上確有不足；本計畫強調 MANET 通訊功能應用於 ITS 之驗證，而將來商業化車機系統之人機介面宜考慮使用簡單按鍵控制甚至語音辨識之方式，本研究團隊將進行相關研究並期望將來能夠分享相關成果。

5. 台灣大學 蔡志宏教授

5-a	本計畫之成果已經實測驗證，證實在小規模應用下之佈建具有一定可行性，應予肯定。	感謝委員的肯定。
5-b	計畫報告建議之路口車流量即時查詢，及與城市 Public WLAN 結合，	感謝委員的肯定，本研究團隊將進行相關研究並期望將來能夠分享相關成

	均為非常務實而有創意之建議，建議相關研究機構可後續研究推廣。	果。
5-c	本計畫之系統品質，應足以支援車間 VoIP 應用，應可以替代車用無線電話機之部分功能，如與 Public WLAN 之 VoIP 互通，則此技術之推廣價值將更高，故應加註只支援 VoIP 時之頻寬用量。	遵照辦理；效能測試結果 MANET 通訊效能運用於語音雙向通訊尚佳，研究報告加強對 VoIP 之通訊需求進行分析，請參考報告第 4.3.2.1 小節。
5-d	未來 WLAN AP 可以備置 smart antenna，請將此因素列入未來之考慮優勢，但其維運/折舊成本之改變請也註明。	遵照辦理；初步探討得知使用方向性天線或智慧型天線應能夠有效降低無線電干擾問題，研究報告中提出初步之探討，作為未來研究之參考。相關內容請參考第 2.3 節。
6. 交通部郵電司代表		
6-a	建議研究團隊審慎處理 Public WLAN 與 MANET 之無線電法規問題，在建置相關系統時進行必要申請程序。	感謝委員的提醒，本研究工作時程進行小規模測試並未提出申請深表歉意，將來進行大規模建置與實驗必將考慮法規課題。
6-b	請修正報告內容避免過多錯別字出現於完整報告之中。	遵照辦理；感謝貴單位之指正與提醒。
7. 交通部電信總局代表		
7-a	請修正報告內容錯別字與圖示不清之處。	遵照辦理；感謝貴單位之指正與提醒。