

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文

指導教授： 范俊海 博士

陶冶中 博士

都市交通管理系統現場設備之無線通訊

網路方案評選研究

A Study on Evaluation of Wireless Communication
Network Alternatives for Urban Traffic Management Devices

研究生：劉文龍 撰

中 華 民 國 95 年 6 月

論文名稱：都市交通管理系統現場設備之無線通訊網路方案評選研究 頁數：153

校系（所）組別：淡江大學 運輸管理學系運輸科學碩士班

畢業時間及提要別：94 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生：劉文龍

指導教授：范俊海 博士、陶冶中 博士

論文提要內容：

Thomas S.Kuhn 在 1967 年所著的「科學革命的結構」中首次提出「典範轉移」(Paradigm Shift)的觀念，其意義係指科學的發展過程並非演化，而是革命。當交通運輸產業的 S 曲線將達到成熟期時，就必須有「破壞性技術」(Disruptive Technology)的出現。參照以往鐵路運輸科技的演進過程，從蒸汽火車頭到電力火車頭的誕生，即顯示運輸傳輸網路將從有線（限）邁向無線（限）。ITS 發展至今，結合無線通訊的成功案例屢見不鮮，從利用 GPS 和 GPRS 的智慧公車動態系統到使用 WLAN(Wireless Local Area Network; 無線區域網路)和 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access; 全球互通的微波存取)的交通區域無線管理和控制，無線交通號誌控制、無線即時交通資訊平台等應用服務已非紙上談兵。然而隨著無線系統日益演進，具有良好移動性、通訊成本較高且通訊頻寬較小的蜂巢式無線通訊系統(2.5G~3G)已不是唯一的選擇，當前 WLAN(802.11)雖然不具有移動性，但其以低通訊成本和高頻寬的優點已成為許多交通無線資料傳輸的選擇方案之一。展望未來，具有高移動性和高頻寬傳輸率的 WiMAX(802.16)和 WiBro(Wireless Broadband)將異軍突起，屆時全世界的相關交通現場設備管理者將會有眾多可行的方案可供選擇。

目前國內外 ITS 的相關應用在選擇無線通訊網路方案時，尚無較為完善之評選方式，有鑑於此，本研究擬以擁有較成熟 ITS 現場設備的台北市為例，從不同性質（質化、量化、綜合）的評估方法及不同質量化指標層面中，尋找最適合的無線通訊網路方案，以改善單一指標與單一評估方法的缺點。本研究係以都市交通相關現場設備管理者的立場，利用多準則決策方法尋求最適合的無線通訊網路方案。主要的研究項目如下：1)蒐集並彙整分析目前國內外 ITS 現場設備之無線通訊發展現況；2)藉由群體決策及灰色統計方法，建立都市交通現場設備無線通訊網路評選方案之評估準則；3)運用折衷權重法獲得各方案評估準則之權重；4)編組五個多準則評估法（FAHP、FTOPSIS、FSD、MEQQD 和 FGRAY），以比較具有質化和量化特質的準則條件，從眾多無線通訊技術組合方案（GPRS、3G、WiBro、WLAN、WiMAX、Wireless Mesh 等）尋求最適合都市交通路側設施無線通訊網路方案及成效較佳的評估方法。

本研究係依據功能、品質、成本和系統 4 個構面及 16 個準則進行評估，在考量整體現場設備的情況下，最佳方案為 A8 方案(2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX)，評估方法中則以 MEQQD 表現較佳。本研究最主要的貢獻在於針對都市交通管理現場設備，可評估出最適合的無線通訊網路方案以及較佳的評估方法，並建議規劃時程決策及整體評估流程。若以此為基礎，則日後可針對不同通訊技術的優點搭配各現場設備的需求，建構一完整的無縫式網路系統。

關鍵字：多準則評估、無線通訊、模糊理論、都市交通管理系統現場設備

Title of Thesis :

Total Pages : 153

A Study on Evaluation of Wireless Communication Network Alternatives for Urban Traffic Management Devices

Keywords : *Multi-attribute Evaluation, wireless communication network, Fuzzy Set Theory, Urban Traffic Management Devices*

Name of Institute :

Graduate Institute of Transportation Science, Tamkang University

Graduate Date : *June 2006*

Degree Conferred : *Master Degree*

Name of Student : *Weng -Long Liu* Advisor : *Dr. Chun-Hai Fan, Dr. Chi-Chung Tao*

劉文龍

范俊海 博士

陶冶中 博士

Abstract :

A new concept “Paradigm Shift” was presented in Thomas S. Kuhn’s ”The Structure of Scientific Revolutions” in 1967. ”Paradigm Shift” means the process of the science is the revolution, not the evolution. The evolution of transportation technology fits this concept likewise. Many developed countries have deployed wireless communication technologies to overcome drawbacks of high costs of wired line construction and transmission for traffic information services. It is anticipated that several wireless communication technologies with high mobility and data rate (WiMAX, WiBro) will be soon available for urban traffic control and management.

The main purpose of this study aims at proposing an evaluation process to identify feasible wireless communication network alternatives for urban traffic field devices. First, case studies of wireless communication technologies applying to urban traffic management are reviewed worldwide. Secondly, the criteria of the wireless communication network alternatives are set up with the help of group decision making and gray statistical methods. Thirdly, the weight of compromise is calculated to obtain the weight of evaluation for each alternative. Then, 5 multi-attribute evaluation models (FAHP, FTOPSIS, FSD, MEQQD and FGRAY) are chosen to compare standard conditions with qualitative and quantitative data. Finally, combinations of six types of wireless communication technologies (GPRS, 3G, WiBro, WLAN, WiMAX, Wireless Mesh Network) are made to identify the most appropriate alternative and the most feasible evaluation model of wireless communication networks for urban traffic management field devices.

Taipei is chosen as the empirical case study by using a hierarchy framework including four objectives (function, quality, cost and system) and 16 criteria. It is found that weight of cost is highest and weight of system is lowest for each alternative. The 8th alternative (2.5G/3G+WLAN/WiMAX) is found to be a comprehensive wireless communication network for the long-term choice. Considering standard conditions with quality and quantity criteria the most appropriate evaluation method is MEQD. An evaluation mechanism similar to BCG model is also provided to depict the roadmap of deploying wireless communication networks for urban traffic management devices.



誌 謝

「每一個問題都有答案，每一個困難都有祝福，每一個風暴之後都有晴天和陽光」-溫世仁。數盡兩千多的歲月，卻訴不盡千萬縷的心頭的感受，短短兩三行字卻依然誠摯代表一切的感謝…

在廣闊學涯裡，我的兩位恩師分別帶領我站在不同的山頭欣賞不一樣的風景。恩師 范俊海博士，是學生提升內心修養層次最好的導師，無論課堂或私下皆無私將”自在菩薩”之義理傳授予學生，更對於學生做人態度上的培養予以寶貴且深刻的建議，對此學生文龍不僅感激並且永銘心頭。另一位恩師 陶冶中博士，雖僅相處短短一年時間，卻讓學生對於”思想和價值的辯論”以及”目的和策略的取舍”有了完全不一樣的成長，若說求知的快樂何在？莫過於此！對於求學道路上，甚或人生階段有此兩位恩師不吝教誨和指導，即便學生不才在學術及各方面表現都有許多進步之空間，但「怎樣思想，就有怎樣的生活」(愛默生)，兩位恩師深埋學生心中無價的”思想種子”，學生日後定勤加灌溉以珍惜當日受教之恩。

研究”僧”兩年，才發現邱老師的逗趣、董老師的見解、小張老師的視野和其餘各位老師們的專業。受教期間，有感於劉老師和羅老師的諄諄指導，而在論文堆砌時，更對於胡老師寶貴的建議，獻上 12 萬分謝意。最後所外口試期間，承蒙聖約翰科技大學 范俊杰老師和中華大學 林祥生老師的撥冗前來惠賜卓見和批評指正，讓學生的論文更臻完備。不論求學或”熬”論文時，所獲系上老師指導或其餘院校教授及前輩們的幫助，在此皆表達無限感激之意。

「朋友，是一面鏡子」，在相處之間可以看清自己，也看到什麼才是我要的？在”919 團本部”裡，文賢如長者，也永遠記得和文賢一起高談”電影票理論”的生活，加油你也快有一張了；嵩瀚似戰友，一位極具多才多藝的同袍，若再為愛情三千煩惱絲所苦，記得有群朋友永遠等你熬夜開瓶；怡蓉是經紀人，感激妳提供許多”內線”交易給我，但還是祝福妳另外一半永遠對妳最好。而在”826 地下室裡”，有位同梯的首源，只想說其實還滿想早點跟你認識的，加油你會衝破難關（雖然我曾經落跑了..而且還曾誤傷你胸口，請原諒我吧！）；還有迷糊差點把自己頭髮燒了的秋如，雖然如此但還是挺細心，祝妳前程似錦；另外其實不賴的惟元，不要只顧著照顧別人家的，天涯何處無芳草呢？總是第一的昶閔，其實滿有興趣想跟你多聊聊，但總沒有機會，下預約你的計程車唱個卡拉 OK 阿！有點原則的 Bug，你的堅持讓我看到兩種答案，一是完美一是苛求，加油找尋平衡點，會得到你所要的！最後在”公館行館”內個個臥虎藏龍，彭仔的魅力凡人無法擋，的確是最有價值的黃金單身漢（當然我也不會忘記你那神準的槍法....泣~）；百里堪稱新世紀最優質的男伴候選人，婚禮記得辦個三天兩夜離島遊，我先報名+1；誌嘉的認真上天一定看到，若需要我幫助一定兩肋插刀（乂~好痛~）；智安的喜感卻也是油然天生，但面對現在的處境，祝你勇敢去衝就不會後悔；淑芳的信心定當解決所有難題，也祝妳如願找到妳的 MR. Right；而峻昇的深不可測總是讓我刮目相看，You are always amazing!最後對阿吉的話：”你謝師宴，講太多讓我錄影的手很酸....你知道嗎？”，不過還是依然祝你順順利利，和巧克力如膠似漆，但以後不要再”假公濟私”了阿~最後，我可能不是你們心理最好最貼心的那位，但記住我會一直都在，這份友誼。

當這一切即將結束，我還會記得某天暴風雨的窗口淹滿了電梯周遭，同伴們在研究室熬夜報告和趕案子同時，爬上屋頂吃著泡麵看流星，打漆彈抓隊 PK，白沙灣逐浪踢球，甚至蹲在球場當個球僮……。但隨著一樣的夕陽撒落，我也終於跟上岑和士傑的腳步，也感謝你們過往對我的幫助，期待未來再次集合大學幫的團隊，共同並肩作戰。另外更要特別感謝幾位前輩們在平日的大力指導，像是二表哥和小表哥峙樺，對於你們在資訊知識上的幫忙，對我而言真是從小就耳濡目染也受益良多，更要提及一位在我論文最後衝刺期間，助我甚多的忠榮學長，感謝不厭其煩聽我排演簡報還提供許多寶貴的意見。最後還有一位不知是否可以稱為同門師弟的長偉，雖然你遇到這麼多坎坷，但我忠心祝福你除了兩年畢業，你更可以得到許多珍貴美好的回憶。

筆至文終，保留給最親愛的家人。憶起那年暑假的變化，不知是否有讓我成長？我的父母，你們額上的汗珠和頭頂的白髮，皆是我對你們的愧疚，讓您二老操心擔憂是我的不對。我親愛的家人，謝謝你們保護我至今，培育我成今日，未來有所成就，必湧泉以報。還有陪伴我少時年月的”金色小熊”，雖然連最後一面也未曾送別，但你的付出我會一點一滴深深牢記。

吾愛，佩諭。我無法忘記妳對我的好，對我的關懷。我們一起開心，一起難過，一起生氣，一起唸書，一起出遊闖蕩……。未來還有很多的”一起”，重要的是給妳一段只有幸福和快樂的回憶。妳帶給我的所有，我感激妳，謝謝妳願意搬進我腦裡給我靈感，住進我心裡給我最佳的精神支援。再見滬尾，我將開啟另一個路程，我將勇敢去挑戰另個新頁。

文龍 謹誌

2006 年 7 月 于風雨中的淡水

目錄

頁次

中文摘要	
英文摘要	
致謝	
目錄	I
圖 目錄	III
表 目錄	V
第一章 緒論	I
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	2
1.4 研究方法	3
1.5 研究流程	4
第二章 文獻回顧	5
2.1 無線通訊網路系統概況	5
2.1.1 無線通訊網路架構	5
2.1.2 無線通訊網路技術	11
2.1.3 無線通訊網路資料交換方式	15
2.1.4 無線通訊網路系統類別	19
2.2 國內外應用無線通訊系統於現場設備概況	23
2.2.1 國外概況	23
2.2.2 國內概況	33
2.2.3 小結	35
2.3 北市都市交通現場設備資料傳輸概況	36
2.3.1 北市都市交通現場設備通訊協定	36
2.3.2 北市都市交通現場設備之通訊量分析	43
2.4 通訊網路評選相關文獻	50
2.5 多準則評選方法論相關文獻	53
第三章 研究方法	56
3.1 指標篩選-灰色統計法	56
3.2 權重訂定	58
3.2.1 主觀AHP權重	59
3.2.2 客觀熵權重	61

3.3.3 折衷權重	61
3.3 方案評選與比較	62
3.3.1 模糊理論	62
3.3.2 質化法-模糊層級分析法(FAHP)	66
3.3.2 量化法-模糊理想解類似度偏好順序評估法 (FTOPSIS)	68
3.3.3 綜合法-質化量化多準則評估法(MEQQD)	70
3.3.4 綜合法-模糊綜合評析(FSD)	73
3.3.5 綜合法-模糊灰色決策(FGRAY)	74
3.3.6 方案評估比較衡量準則	76
第四章 研究設計	78
4.1 研究設計及資料處理流程	78
4.2 各構面及準則變數之操作定義	80
4.3 通訊網路評選指標篩選	85
4.4 準則權重之建立	88
4.4.1 主觀權重	88
4.4.2 客觀權重	90
4.4.3 折衷權重	93
第五章 實證分析	95
5.1 方案整體評估及分析	95
5.1.1 FAHP之評估分析	95
5.1.2 FTOPSIS之評估分析	99
5.1.3 MEQQD之評估分析	102
5.1.4 模糊綜合評析之評估分析	106
5.1.5 FGRAY之評估分析	110
5.2 方案結果比較及相關性	114
5.3 小結	119
第六章 結論建議	122
6.1 結論	122
6.2 建議	123
參考文獻	124
附錄一 第一階段-指標問卷	128
附錄二 第二階段-權重問卷	139

圖目錄

	頁次
圖 1.4-1 方法流程圖	3
圖 1.5-1 研究流程圖	4
圖 2.1-1 蜂巢式系統概觀	6
圖 2.1-2 Infrastructure Model 示意圖	7
圖 2.1-3 Ad-hoc Model 示意圖	7
圖 2.1-4 中央式架構示意圖	8
圖 2.1-5 階層式架構示意圖	9
圖 2.1-6 網路式架構示意圖	10
圖 2.1-7 DSSS 示意圖	11
圖 2.1-8 FHSS 示意圖	12
圖 2.1-9 OFDM 示意圖	13
圖 2.1-10 FDMA 示意圖	13
圖 2.1-11 TDMA 示意圖	14
圖 2.1-12 CDMA 示意圖	14
圖 2.1-13 電路交換示意圖	15
圖 2.1-14 電路交換流程	16
圖 2.1-15 訊息交換示意圖	16
圖 2.1-16 訊息交換流程	17
圖 2.1-17 分封交換示意圖	18
圖 2.1-18 封包格式示意圖	18
圖 2.1-19 無線寬頻技術之比較	19
圖 2.2-1 KDDI 服務項目	23
圖 2.2-2 各種通訊技術於行動辦公室之應用方式	24
圖 2.2-3 MTA 地區 ATMS 計畫	26
圖 2.2-4 運輸無線通訊系統之示意	26
圖 2.2-5 公車資料廣播系統之傳輸方式	27
圖 2.2-6 NYCWireles 無線交通控制系統	28
圖 2.2-7 WiTec Alberta 無線資訊可變標誌制系統	29
圖 2.2-8 WCAM 實例說明	30
圖 2.2-9 Smartlink 整體架構	31
圖 2.2-10 路口即時監控管理整體架構圖	31
圖 2.2-11 Traffic light commucation systems 示意圖	32
圖 2.2-12 無線墾丁智慧城	33
圖 2.2-13 網路新都續階計畫架構	34
圖 2.2-14 94 年北市無線網路涵蓋範圍	34

圖 2.3-1	傳輸正常程序圖	38
圖 2.3-2	傳輸錯誤程序圖	38
圖 2.3-3	系統異常或通訊故障程序圖	39
圖 2.3-4	目前交通控制各現場設備主要工作流程	43
圖 2.3-5	公車動態架構圖	46
圖 2.3-6	智慧型站台封包格式示意圖	47
圖 2.5-2	多屬性決策分類圖	54
圖 3.2-1	屬性權重求算法	58
圖 3-2-2	指標權重的三角函數	60
圖 3.3-1	三角模糊數	62
圖 3.3-2	三角模糊數 $u_{\tilde{A}}(x) = (l, m, u)$ 的隸屬函數	63
圖 3.3-3	11 個等級語意變數的隸屬函數	65
圖 3.3-4	質化量化準則評估流程圖	70
圖 4.1-1	研究架構	78
圖 4.1-2	資料流程處理	79
圖 5.1-2	FTOPSIS 方案績效比率	101
圖 5.1-3	MEQQD 方案績效值	105
圖 5.1-4	模糊綜合評析方案績效比率	109
圖 5.1-5	FGRAY 方案績效比率	113
圖 5.2-1	方案排序結果之MSE示意圖	114
圖 5.2-2	方案排序結果之MAE圖	114
圖 5.2-3	各評估方法之方案順序走勢圖	115
圖 5.2-4	最佳方案一致性TOP示意圖	115
圖 5.2-5	排序結果相同之方案數MATCH(%)示意圖	116
圖 5.2-6	評估方法綜合比較項目優劣圖	118
圖 5.3-1	評估流程示意圖	119
圖 5.3-2	都市交通現場設備無線網路通訊系統BCG矩陣	120

表目錄

	頁次
表 2.1-1 蜂巢式網路系統架構表	5
表 2.1-2 各類WLAN子規格比較	21
表 2.2-1 運輸廣播系統傳輸方式	27
表 2.2-2 各國現場設備與通訊結合之範例	35
表 2.3-1 通訊協定內容格式示意圖	37
表 2.3-2 碼框控制碼定義及用途	40
表 2.3-3 「現場設備共用訊息」範例表	42
表 2.3-4 號誌控制器訊息碼說明	44
表 2.3-5 車輛偵測器種類	45
表 2.3-6 車輛偵測器指令碼	45
表 2.3-7 資訊可變標誌指令碼	45
表 2.3-8 車機傳輸格式	47
表 2.3-9 各類交通資訊傳輸量概述	48
表 2.4-1 通訊系統評選文獻比較表	52
表 2.5-1 多準則評選方法論文獻比較表	55
表 4.2-1 各方案準則特性總彙整表	83
表 4.2-1 各方案準則特性總彙整表 (續)	84
表 4.4-1 各產官學主觀權重值	88
表 4.4-1 客觀權重排序表	92
表 5.1-2 FAHP準則構面比重值	96
表 5.1-3 FAHP各方案優劣比重值	97
表 5.1-4 FAHP方案績效排序表	98
表 5.1-5 FTOPSIS準則模糊正規化列	99
表 5.1-6 FTOPSIS正理想解與距離	100
表 5.1-7 FTOPSIS負理想解與距離	100
表 5.1-8 FTOPSIS方案績效排序表	101
表 5.1-9 MEQQD方案準則原序列表	102
表 5.1-10 MEQQD準則標準化	102
表 5.1-11 MEQQD質化量化準則優越程度	103
表 5.1-12 MEQQD質化量化準則優越程度標準化列表	104
表 5.1-13 MEQQD方案績效排序表	105
表 5.1-14 模糊綜合評析之方案準則(Mean)模糊評判	106
表 5.1-15 模糊綜合評析之方案準則(Low)模糊評判	107
表 5.1-16 模糊綜合評析之方案準則(Upper)模糊評判	108
表 5.1-17 模糊綜合評析方案績效排序表	109
表 5.1-18 FGRAY方案準則原序列表	110

表 5.1-19	FGRAY方案準則(Mean)標準暨模糊化表	110
表 5.1-20	FGRAY方案準則(Low)標準暨模糊化表	111
表 5.1-21	FGRAY方案準則(Upper)標準暨模糊化表	111
表 5.1-22	FGRAY方案準則灰關聯及灰關聯度	112
表 5.1-22	FGRAY方案績效排序表	113
表 5.2-1	各評估方法之方案排序	116
表 5.2-2	排序結果相同之方案數MATCH(%)列表	117
表 5.2-3	不同評估方法之Spearman等級相關係數	117
表 5.2-4	不同評估方法和比較結果優劣表	118



第一章 緒論

1.1 研究動機

盡力發展智慧型運輸系統(Intelligent Transportations Systems, ITS)於交通環境不僅讓行的服務更具有智慧特質，然而在空中無形的交通環境裡亦因近日科技突破而有大大改變。往日 ITS 在資料蒐集、傳送和交換及管理的過程中，常藉由有形的纜線當作主要媒介。但自從 1997 年 IEEE 制訂了 802.11 無線網路標準以來，其擁有的不受地形限制、移動性高、建置容易、技術結合性高等等的優點都徹底改變了現有的生活方式。探究現今最主要的兩階段發展，首先 E 化帶給整個環境是可獲取更豐富的資訊及與更多端口的互相連結，不啻省下許多運輸上的成本亦更拉近彼此之距離；再者 M 化亦更主張強調在任何地點(any place)、任何時間(any time)，及使用各式隨身的終端設備(any device)，而無線系統即是這「最後一哩」的最好證明。有鑑於目前無線系統眾多，其所具備的不同特性優劣也未必可符合於每一種 ITS 設施之所需，因此本研究最大的動機在於質化和量化同時存在且皆有必須同時考量之因素下，評選決策方法的試驗和績效以及最後通訊方案的選定建議。

Thomas S.Kuhn 在 1967 年所著的「The Structure of Scientific Revolutions」中首次提出「Paradigm Shift」的觀念。「Paradigm Shift」就是「典範轉移」，其所代表科學的演進的過程不是演化，而是革命。從昨日新發明中，不會找到今日新發明的線索；換言之，對於目前 ITS 服務概念的 S 曲線將達到成熟期時，就必須有「破壞性技術」(Disruptive Technology)的出現，對照以往鐵路運輸上的過程，其蒸汽火車頭到柴油火車頭的誕生，也象徵目前運輸傳輸網路上將從有線(限)邁向無線(限)。ITS 各國發展至今，和無線通訊結合並成功的案例也屢見不鮮，從利用 GPS 和 GPRS 的智慧公車動態系統到使用 WLAN(Wireless Local Area Network；無線區域網路)和 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access；全球互通的微波存取)的交通區域無線管理和控制，其交通設備服務包括有無線交通號誌控制、無線即時交通資訊平台等。然而隨著無線系統日益演進，具有良好移動性、通訊成本較高且通訊頻寬較小的蜂巢式無線通訊系統(2.5G~3G)早已不是唯一且必須的選擇，時下 WLAN(802.11)雖然不具有移動性，但其以低通訊成本和高頻寬的優點也成為當下許多交通無線資料傳輸方案的選擇之一。若將發展期拉遠到往後的一到兩年的計畫中，以目前較高的成本和較低的普及，但未來趨勢卻具有高移動性和高頻寬傳輸率的 WiMAX(802.16)和 WiBro(Wireless Broadband)而言，屆時各國和國內各地方的相關現場設備管理者將會有眾多的可行的方案可供選擇。

本研究針對目前國內外 ITS 選擇無線通訊系統無完善評選之缺，因此本研究擬已具有相當成熟 ITS 現場設備的台北市為例，從不同性質(質化、量化、綜合)的評估方法及不同質量化指標層面中，尋找最適合的無線通訊系統方案。

1.2 研究目的

本研究主要以都市相關現場設備管理者的立場，利用多準則決策方法尋求最適合的無線通訊網路方案。主要的研究項目如下：

- ◆ 蒐集並彙整分析整理目前各國內外 ITS 現場設備之無線通訊發展現況。
- ◆ 藉由群體決策及灰色統計，建立都市交通現場設備無線通訊網路評選方案之評估準則。
- ◆ 運用折衷權重法以取各方案評估準則之權重。
- ◆ 比較具有質化和量化特質的準則條件，從眾多無線通訊技術（GPRS、3G、WLAN、WiMAX、Wireless Mesh 等）評選，並找出最適合都市交通路側設施無線通訊網路方案。

1.3 研究範圍

台北市為目前國內發展 ITS 及現場設備較為完備的城市，因此本研究乃選定台北市為研究對象。由於本研究主要是提供都市交通現場設備相關管理者選擇無線通訊網路方案之決策過程與方法，因此應依據現場設備的應用對象及可行的技術選擇進行方案研擬與評估。

現場設備主要功能大都以交通控制、管理及傳達交通訊息為主，依其特性可分類如下：

- （一）交通控制及管理：交通號誌機(Traffic controllers)、路口車輛偵測器(Vehicle detectors)、資訊可變標誌(Changeable Message Sign)。
- （二）公車動態顯示系統：公車車機、智慧型站牌。
- （三）停車資訊引系統。

通訊系統大致可以分為蜂巢式網路和個人性、區域性和廣域式網路等形式，而目前各現場設備資料傳輸距離大致以 100 公尺以上的區域範圍為主，因此本研究在現行的網路方案中大致初步擬定如下：

- （一）蜂巢式網路：2.5G(GPRS)、3G(CDMA)、3.5G(WiBro)
- （二）區域/廣域網路：WLAN(802.11a/b/g)、WiMAX(802.16-2004)
- （三）無接縫式網路：Mesh network 主要以上述兩項為基礎，並以一主一輔的方式接替訊號不間斷傳輸工作，大致以雙網(2.5G/WLAN)、三網(2.5G/3G/WiMAX)和四網(2.5G/3G/WLAN/WiMAX)。

1.4 研究方法

本研究嘗試以不同類型評估方法的比較，藉以質化評估法、量化評估法和綜合評估法等，找出最適的無線網路通訊方案由結果和過程中發現各方法的不同即適用性，並且在過程中配合模糊理論期能更詳述各專家主要的評估決策。以下為本研究主要方法之概念流程圖：

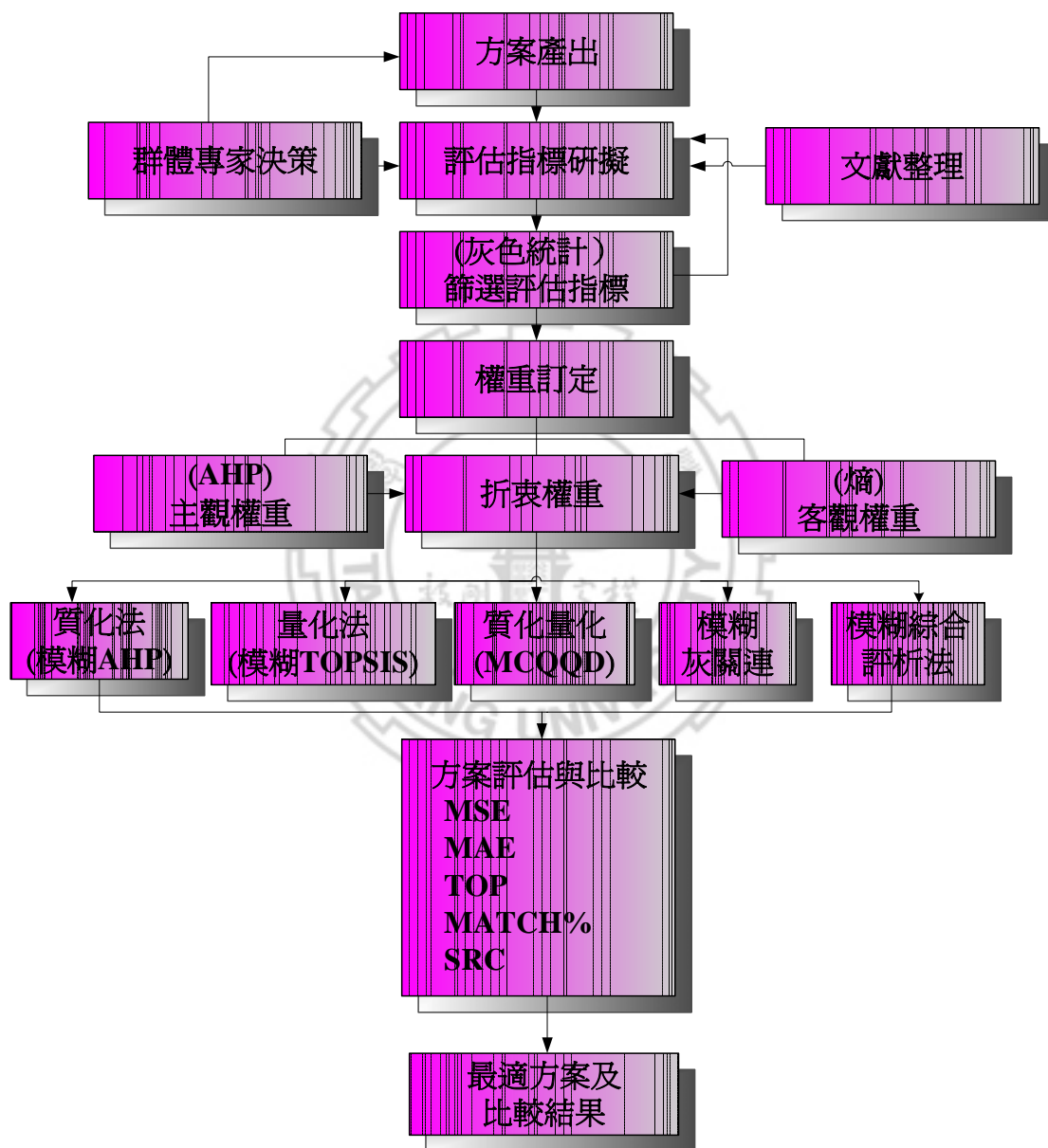


圖 1.4-1 方法流程圖

1.5 研究流程

依據本研究動機和目的，本研究之研究流程如下：

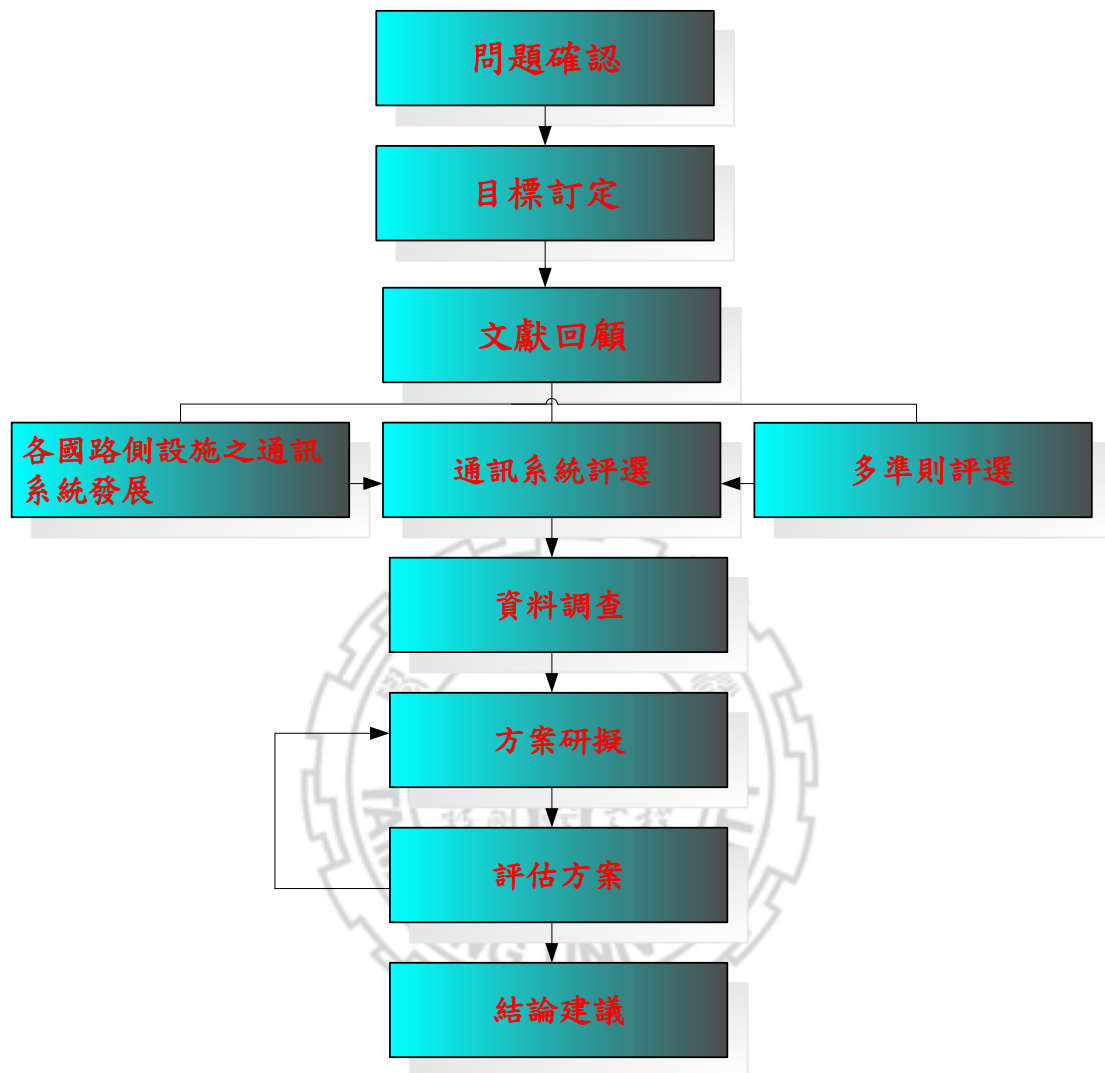


圖 1.5-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

此章節依據本研究問題和目的，依序無線通訊系統的發展國內外應用無線系統於現場設備的概況、國內現場設備與通訊系統的發展以及過往研究在現場設備通訊評選上和多準則評選方法的回顧。

2.1 無線通訊網路系統概況

2.1.1 無線通訊網路架構

無線通訊網路在網路上藉以無線電波做傳輸，以取代或者搭配原有的乙太網路。目前台北市的現場設備都靠著許多埋在地底下的有形線路，不但在鋪設必須大興土木同時亦消耗大量成本和時間。尤其目前皆採取點對點的傳輸方式，此方式雖然保密性較高，但其線路架設成本過高並介面之間連接不易，無論整個網路有 N 個節點，皆必須有 $N(N-1)/2$ 條線路。

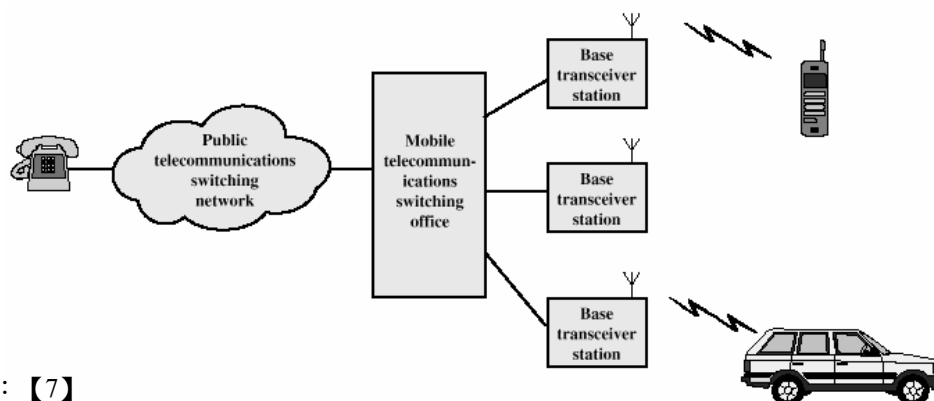
相對無線通訊網路大致可以分為兩大類，一是行動通訊網路，又稱為蜂巢式網路系統 (Cellur)。其架構基本包含 Mobil Station(MS)行動台、Base Station(BS)基地台和 Mobil Switching Center(MSC)行動交換中心等三大部分。以下表 2.1-1 為其主要的功能用途：

表 2.1-1 蜂巢式網路系統架構表

行動台(MS)	基地台(BS)	行動交換中心(MSC)
主要功能在於收發信號，並作為行動通訊網路和使用者的使用介面，一般最常見的為手機。	其為 MS 和 MSC 之間的聯繫，在蜂巢式系統中，BS 可為一格一格的 cell(細胞)，分區負責信號傳輸，並且皆有無線電波涵蓋的範圍。	主要提供訊息交換的功能，以便將行動通訊系統網路連接到其他系統網路，如 PSTN(公眾有線電話網路：例如一般室內用電話)。

資料來源：【7】

因此其溝通方式並非直接溝通，而是 $MS \rightarrow BS \rightarrow SS \rightarrow BS \rightarrow MS$ 的程序。以下圖 2.1-1 為真正蜂巢式系統的概觀：



資料來源：【7】

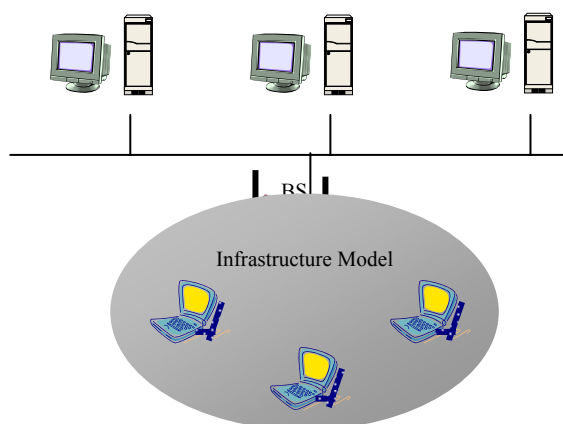
圖 2.1-1 蜂巢式系統概觀

其二為無線區域/廣域網路架構，其由節點所連接而形成，並可分為室內和戶外兩大類，但其係根據兩種基本通訊模式而來，一般又可以分為基礎建設網路 (Infrastructure Model) 和對等式網路 (Ad-hoc Model) 兩大類，其中基礎建設網路 (Infrastructure Model) 又分為基本服務區 (Basic Service Set, BBS) 和延伸服務區 (Extended Service Set, ESS) 兩種。

(一) 基礎建設網路 (Infrastructure Model)：

基本架構為利用無線網路基地台構成一個基本服務區 (Basic Service Area, BSA)，並提供在此基本服務區內的電腦無線連結網路的服務，示意如下圖 2.2-2。而基本服務區的範圍大小，則視無線網路基地台的天線涵蓋範圍而定，可依不同的需求選擇室內型、室外型、有向性或無向性的天線，而天線所支援的訊號增益強度，也是影響基本服務區的主要因素之一。無線網路可透過基地台 (Base Station, BS) 與現有的有線網路連結。

其中以一台 AP 的 WLAN 稱為 BSS，而包含兩台（或以上）AP 於同一 DS(Distribution System)的 WLAN 稱為 ESS。DS 則為一般的乙太網路，其可為任何網路，當然亦可為 WLAN 本身。

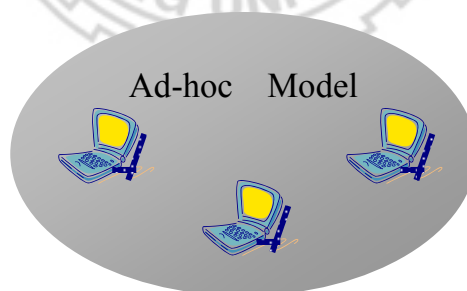


資料來源：本研究整理

圖 2.1-2 Infrastructure Model 示意圖

（二）對等式網路(Ad-hoc Model)：

毋需基地台的對等式網路亦稱為獨立服務基本區網路（Independent Basic Service Set Network，簡稱 IBSS Network），示意如下圖 2.1-3。此種架構主要是提供不限量的用戶，能即時架設無線區域網路，在其中的任兩個用戶都可直接通訊，此類網路架構常見於會議室、戰場或是山區。在此種網路架構中，網路的連結是經由無線網路卡之間的直接連接，不需透過基地台的資料轉送，電腦與電腦之間是屬於一種對等式的關係，因此多半應用在室內，亦毋需連接網際網路的情況，電腦之間直接經由無線網路卡連線而分享彼此的資源，如圖所示。



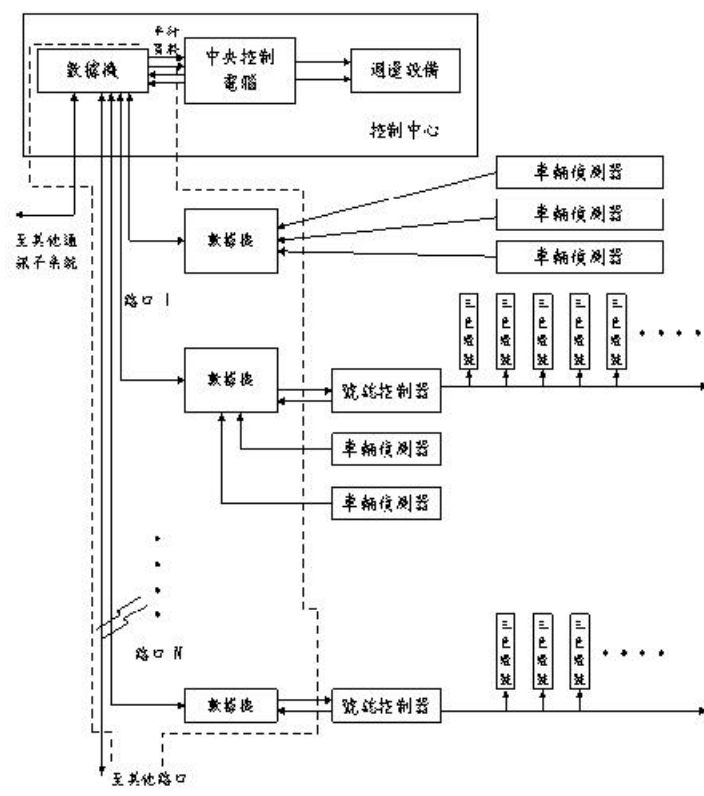
資料來源：本研究整理

圖 2.1-3 Ad-hoc Model 示意圖

交通控制系統的通訊系統中視為傳遞各種訊息的媒介，可定義為將訊息由一處傳至另一處的系統。交通控制系統的拓樸一般可分為兩種：中央式與分散式架構，茲說明如下：

一、中央式架構

中央式之通訊系統係直接將路側設施如：號誌控制器連接至控制中心的電腦，如圖2.1-4 所示。其通訊子系統包含通訊介質和每個路口及控制中心適當的通訊設備。此架構可提供各控制命令間或路口事件與其相關接收資料在時間上之一致性。簡言之，即控制中心直接與號誌控制器相連接，各種時制計劃或控制命令，皆由控制中心直接下傳至各號誌控制器



資料來源：【2】

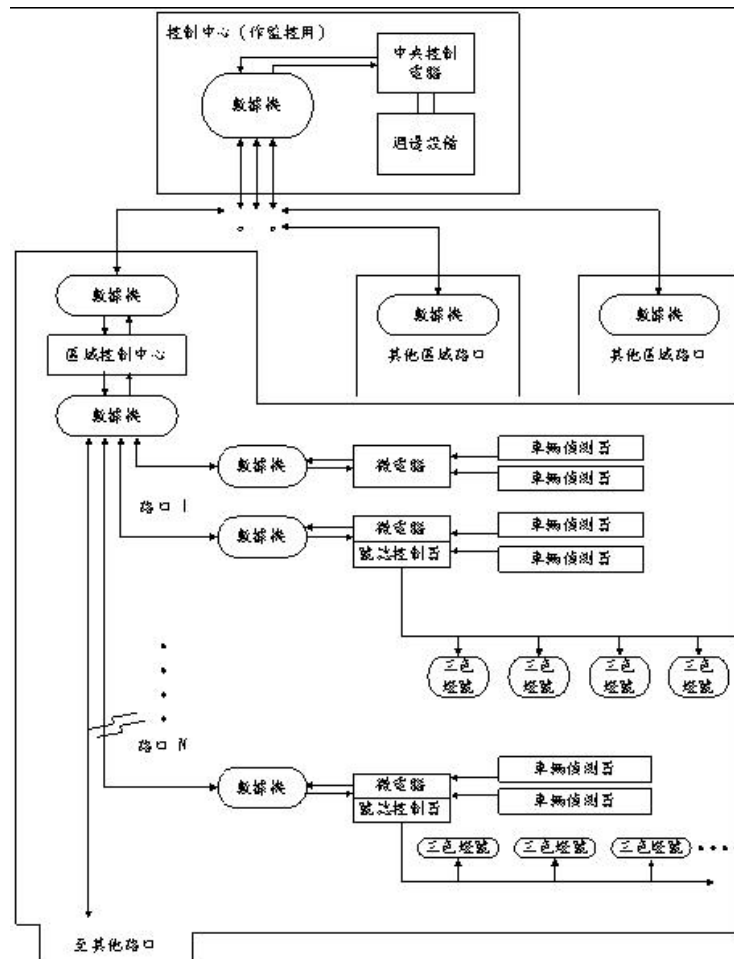
圖 2.1-4 中央式架構示意圖

二、分散式架構

分散式架構又可區分成階層式（Hierarchical）或網路式（Network）架構：

1. 階層式架構

即為NTCIP所提出三階層架構的觀念。一中央控制電腦在主控中心，而分別與區域控制中心相連。區域控制中心處理偵測器的資料，控制號誌控制器，並提供備份（Back-up）功能，其架構如圖2.1-5 所示。

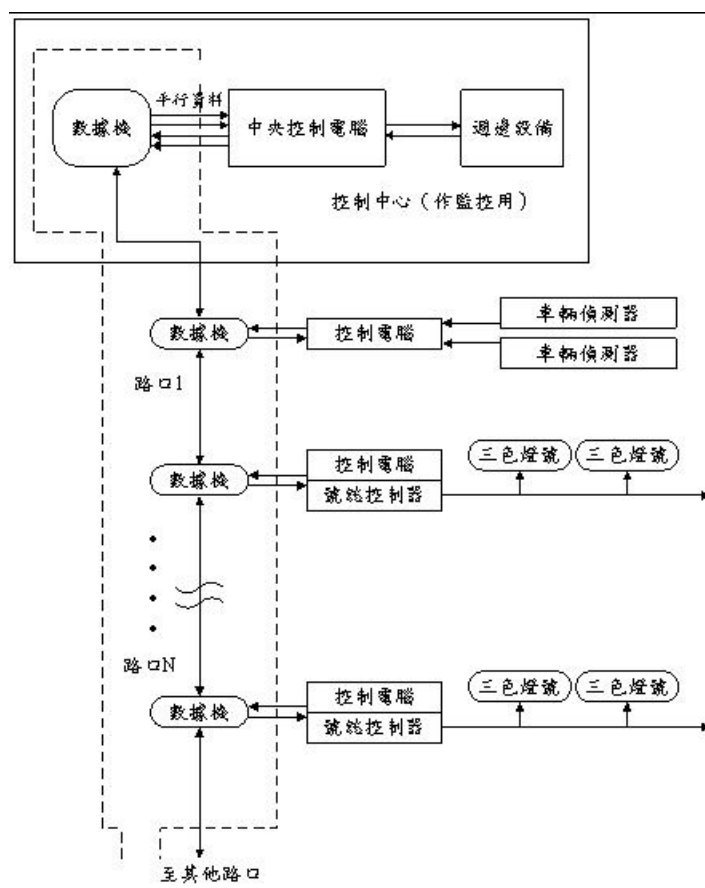


資料來源：【2】

圖 2.1-5 階層式架構示意圖

2. 網路式架構

各區域控制中心以平等的方式相連，並執行各項資料處理。依一特殊的網路形式連接至一控制中心，控制中心則作為監控或資料蒐集之用，其架構如圖2.2-6所示：



資料來源：【2】

圖 2.1-6 網路式架構示意圖

目前國內的交通控制系統絕大多數採用中央式結構，即控制中心直接與前端設備相連接，各種時制計畫或控制命令皆由控制中心下達至前端設備。採用中央式結構的原因主要為較易規劃，如台北市。但當系統的路口數增加時，控制中心的線路將非常龐大，控制中心所需處理的資料量亦日益增加，反觀分散式架構，區域控制中心需處理較多的前端設備資訊，但卻減少控制中心電腦與前端設備之間傳送的資料量。其中階層式分散結構為控制中心下有區域控制中心，區域控制中心再控制同一區域內的路口，各種時制計畫皆由區域控制中心下傳至前端設備，此架構相對網路式架構而言，較易被交通控制系統使用。網路式架構因各路口設備所需成本較高，較不易實施。

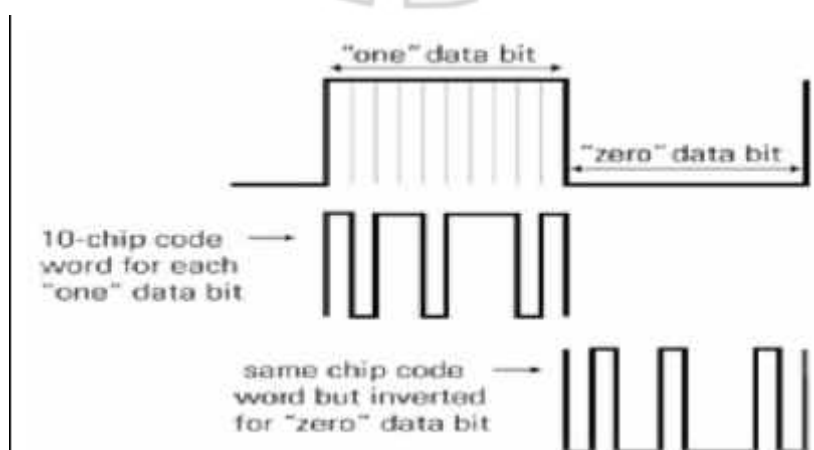
2.1.2 無線通訊網路技術

無線區域/廣域通訊網路技術的好壞大致以展頻技術的不同為依據，而行動通訊網路則依賴不同的多工存取技術，茲將介紹如下：

無線區域網路目前使用三種展頻技術【11】，分別為直接序列展頻 (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)、跳頻展頻(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)及正交分頻多工調變(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)，這些使用頻道都在毋須申請的ISM Band 內。以上三種技術，FHSS 最為簡單，只需要精確的時間跳頻，不需要太多的數學運算能力，功率消耗也較低；DSSS 則需要較高的數學運算能力與較大的功率消耗；OFDM 則是集大成，難度最高。茲將目前WLAN 所使用的三種展頻技術分別介紹如下：

一、直接序列展頻(Direct Sequence Spread Spectrum,DSSS)

直接序列展頻技術【17】（如圖2.1-7）是將欲傳送的原始資料利用 Pseudo-Random Code（簡稱PN Code）展開，接收端利用相同的PN Code 將收到的訊號解出，對其他使用不同的PN Code的接收端而言，這些訊號等於雜訊。不同的無線網路有不同的PNCode，竊聽者收到訊號不易正確解讀出原始訊號，因此對竊聽有良好的防護功能；此外訊號經展開後，訊號波形與雜訊差異變大，可經由濾波器將雜訊過濾，解決干擾問題。直接序列展頻將原來1 個位元的訊號，利用10 個以上的位元空間來表示，使得原來較高功率、較窄頻率的訊號變成寬頻的低功率訊號。原先一個位元，展頻後用多少個位元來代表，這個數目稱為 Spreading Ration，一個較高的Spreading Ration 可以增加抗雜訊干擾，而一個較低的Spreading Rationy 則可增加系統的使用人數。

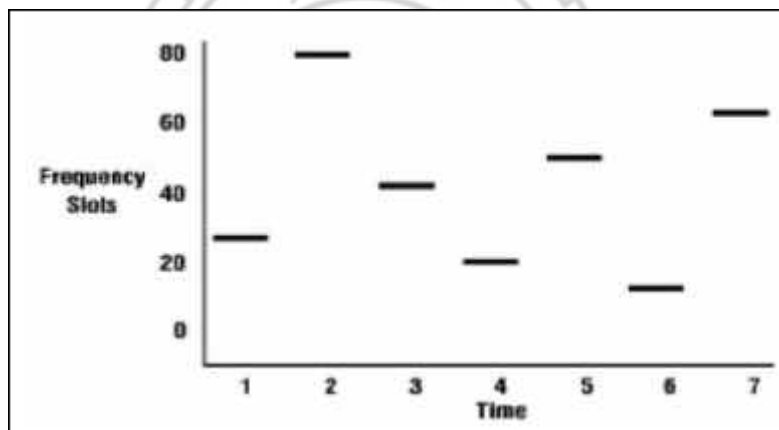


資料來源：【17】

圖 2.1-7 DSSS 示意圖

二、跳頻展頻(Frequency-Hopping Spread Spectrum, FHSS)

跳頻技術【17】（如圖2.1-8）係利用變換頻道來達到資料保密、防制雜訊干擾的功能。FHSS 將頻寬切割成數個頻寬相同的通道（Channel），在同步且同時的情況下，發射與接收兩端以特定型式的窄頻電波來傳送訊號，傳送端利用PN Code 產生的隨機次序來跳躍載波所使用的頻道，接收端亦利用相同的PN Code 來選取跳躍頻道所傳送的資料。為避免在一特定頻段遭受其他雜訊干擾，收發兩端傳送資料經過一段極短的時間後，便同時切換到另一個頻段，由於不斷的切換頻段，因此較能減少在一個特定頻道受到的干擾，也不容易被竊聽。跳頻展頻所展開的訊號，可依特別設計來規避雜訊或重複的頻道，並且跳頻訊號必須遵守 FCC（Federal Communications Commission）的要求，使用75 個以上跳頻技術，且跳頻至下一個頻率的最高時間間隔為400ms。ISM Band 的2.4GHz 頻段（2.400GHz~2.4835GHz）約有80MHz 可使用。IEEE802.11規定FHSS 技術的跳頻頻道為79 個，每個頻寬為1MHz，故FHSS的基本傳輸速率為1Mbps，經由GFSK調變後為2Mbps。因受此頻段使用限制，FHSS無法提供10Mbps級的高級傳輸，成為FHSS技術的缺陷。但隨著UNII 開放5GHz頻道共300MHz，FHSS 已可研製高頻的高速無線區域網路產品。

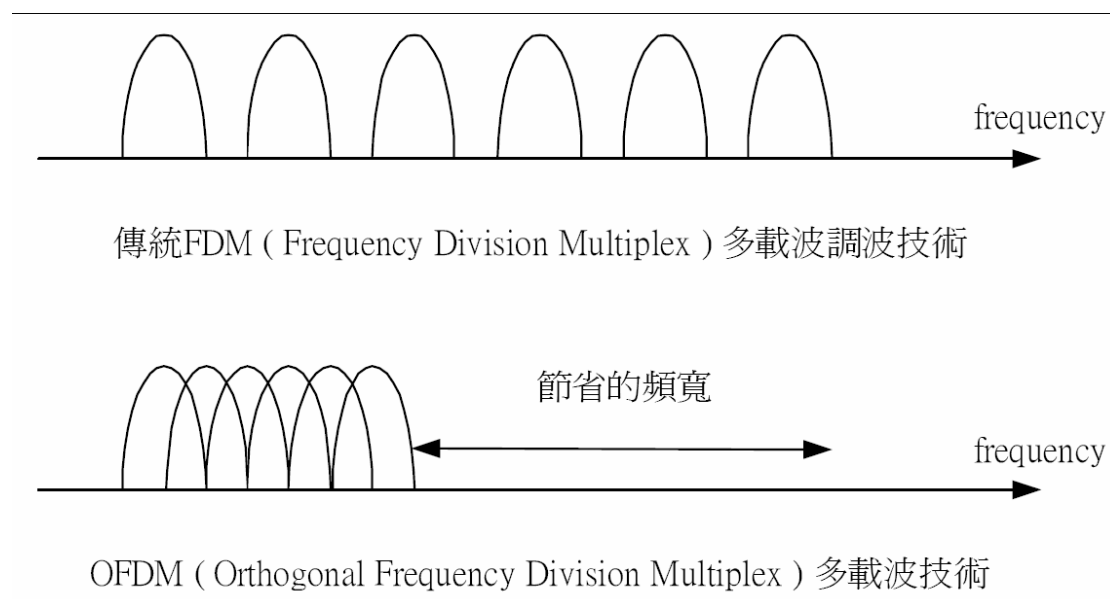


資料來源：【17】

圖 2.1-8 FHSS 示意圖

三、正交分頻多工調變(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)

正交分頻多工調變【18】發展起源主要是在於單一載波系統中，當有衰減或干擾發生時就會造成整體的傳輸失敗，因此而有平行資料傳輸與分頻多工(FDM)技術的建立。FDM 技術在運作中佔用到大量的有效頻寬，故為使FDM 充分運用有效頻寬，而讓各個次通道間呈現重疊正交的特性，此作法即稱之為正交分頻多工調變技術，圖2.1-9為兩調變技術在頻譜上的比較。OFDM 除可有效率地使用有效頻寬之外，OFDM 還可對抗脈衝雜訊和避免使用大量高速等化器等優點。



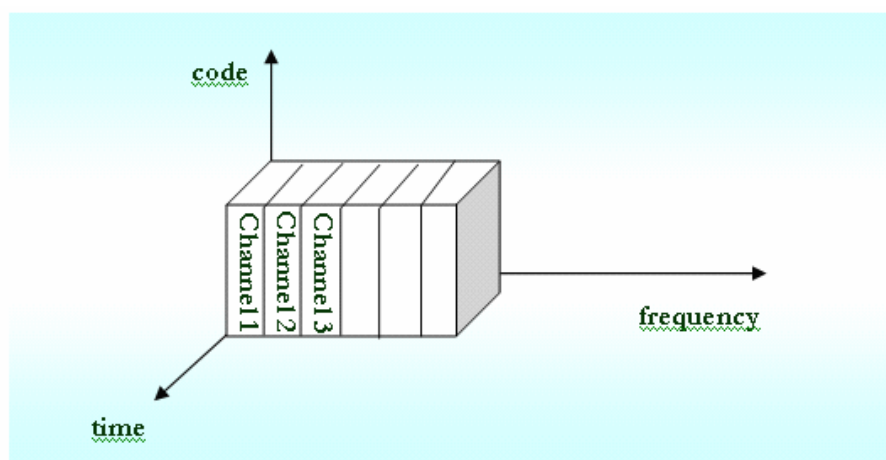
資料來源：【18】

圖 2.1-9 OFDM 示意圖

另一方面行動通訊的頻道使用是由 ITU(International Telecommunication Unit；國際通信聯盟)來負責分配，但因頻率的資源有限，所以出現許多不同的多工通訊方式來有效利用所分配到的頻率。基本上就目前的行動通訊技術（1G、2G、3G）而言，分為以下三種：

一、分頻多工(Frequency Division Multiple Access,FDMA)

FDMA【23】的方式是在頻率上直接切割，將全數頻寬切成每個等寬頻帶的通道，每個通道可供一個用戶使用，亦即利用媒介有用頻寬大於一個信號需要的頻寬之事實，假使每個信號被調變在不同的載波頻率上，且每個信號頻譜分開沒有重疊，這種情況下可以同時傳送多個信號，示意如下圖 2.1-10。

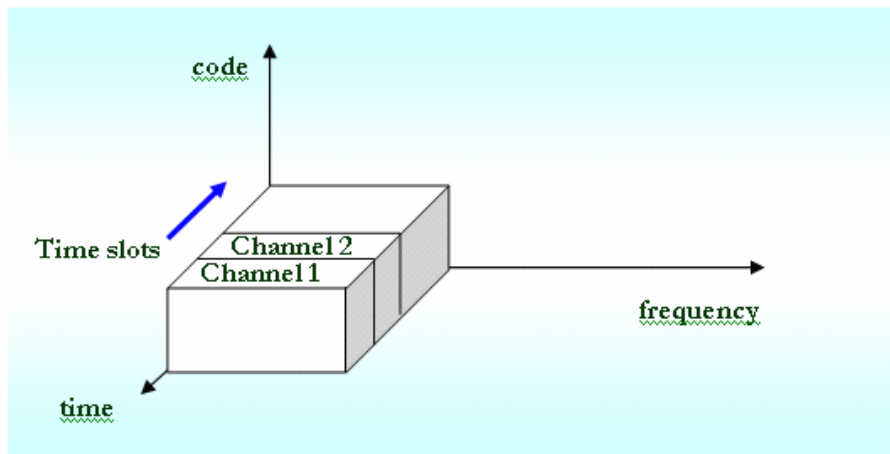


資料來源：【23】

圖 2.1-10 FDMA 示意圖

二、分時多工(Time Division Multiple Access,TDMA)

TDMA(如 GSM 系統)【23】則是先切成幾個略小的頻帶，然後每個頻帶上再切割成時間等長的時槽(Slot)，若干個時槽再結合成訊框(Frame)，每個訊框的第一號時槽組成 TDMA 的第一號通道，其餘依此類推，每一通道供一用戶使用，如此不同用戶的訊號便不至於重疊。類似於 FDM，每一時槽分配給某一個資料來源，稱為一個通道。一個時槽的週期稱為一個訊框，示意圖如 2.1-11。

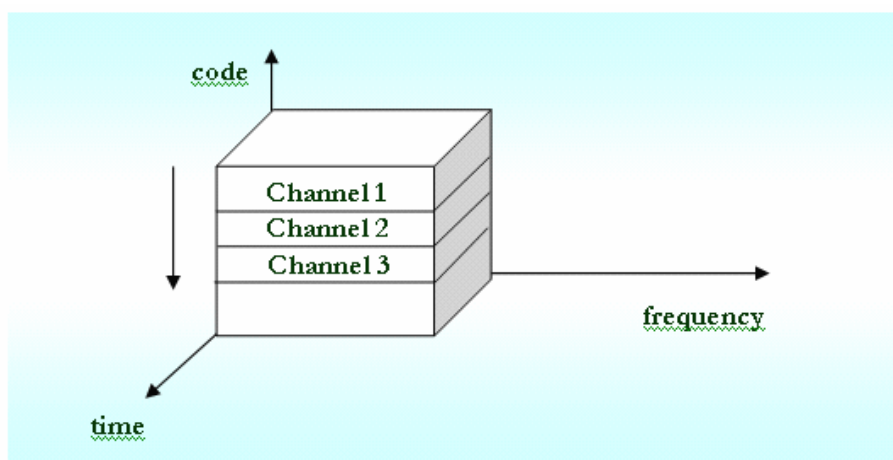


資料來源：【23】

圖 2.1-11 TDMA 示意圖

三、分碼多工((Code Division Multiple Access,CDMA)

CDMA 提供二十個頻道，每一頻道有 1.25MHz 的頻寬，同一頻道內的所有用戶訊號則利用虛擬的隨意碼序列(Pseudo Random Code Sequence)進行直接序列頻譜展頻(Direct Sequency Spread Spectrum;DSSS)，且展頻後的訊號彼此疊加在一起，以達共享同一無線頻寬的目的。每一 CDMA 頻道最多約可讓七百九十八個用戶同時使用，而其傳輸速率為 1.2288Mbps。此外由於 CDMA 的訊號彼此疊加在一起，且需使用多達 4.4 兆個碼來辨識各個通話連結，因此其通訊保密性極佳。



資料來源：【23】

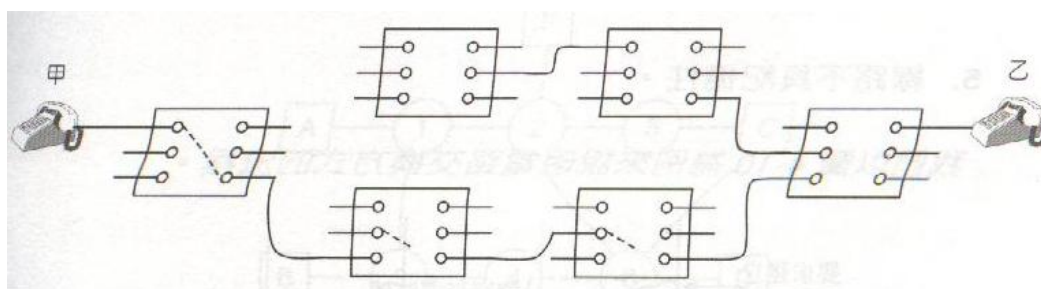
圖 2.1-12 CDMA 示意圖

2.1.3 無線通訊網路資料交換方式

在網路中依據資料傳輸方式和結構，大致有三種的資料交換技術。分別是電路交換 (Circuit-Switched Network)、訊息交換 (Message-Switched Network)、分封交換 (Packet-Switched Network)，茲將介紹如下：

(1) 電路交換 (Circuit-Switched Network)：

電路交換亦即平常所見的電話網路，資料轉換過程從發送端至接受端，由中間的交換機來建立連接，傳送資料後即將通路連接拆除，下圖 2.1-13 為電路交換最常見的電話網路，並且其傳輸工作包含下列三個步驟：

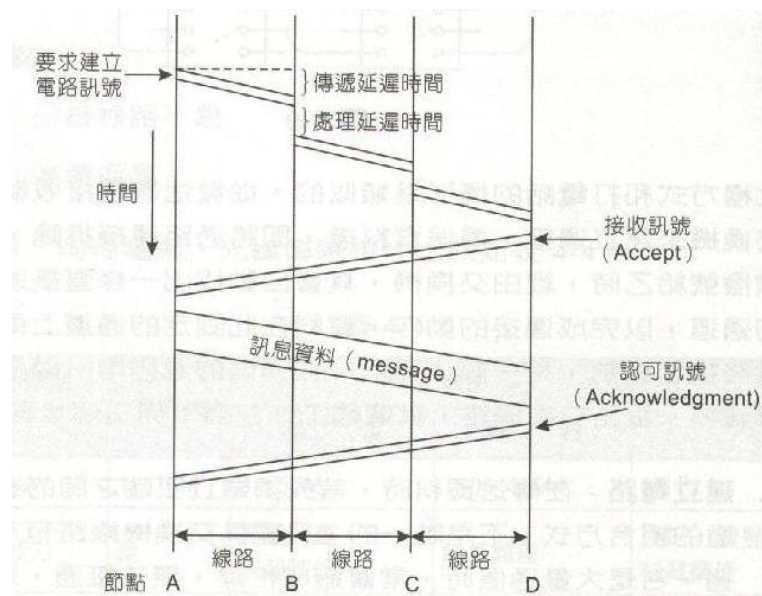


資料來源：【23】

圖 2.1-13 電路交換示意圖

- 建立電路：在資料傳輸時，建立兩端間的通道，其通道間的組合方式不是唯一，只要其交換機線路為閒置狀態即可。但是如遇大量通訊時，即造成忙線而無法接通。
- 資料傳送：電路建立後，即可開始傳送，訊號和語音資料可藉由全雙工方式傳輸，亦即雙方資料可同時傳遞。
- 切斷電路：當資料傳送完成後，必須切斷此電路，並將此電路的使用權還給網路，以共其他使用者使用。

電路交換的特性有：1)適合語音通訊、2)因為其電路通道有佔用性，使得其通道使用率不高、3)資料傳送時速率是固定，因此沒有傳輸延遲的現象、4)通訊時，雙方設備必須都為正常可用的狀態、5)線路不具記憶性。下圖 2.1-14 為電路交換方式的流程：

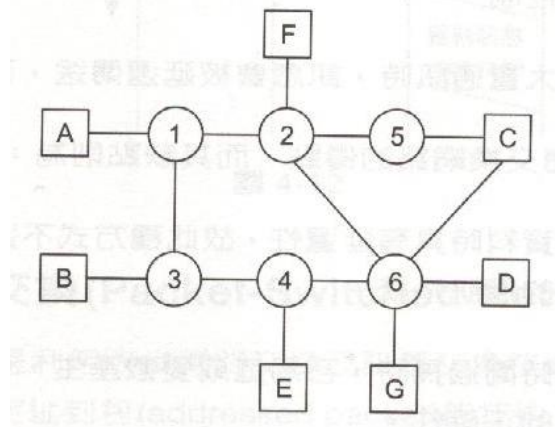


資料來源：【23】

圖 2.1-14 電路交換流程

(2) 訊息交換 (Message-Switched Network)：

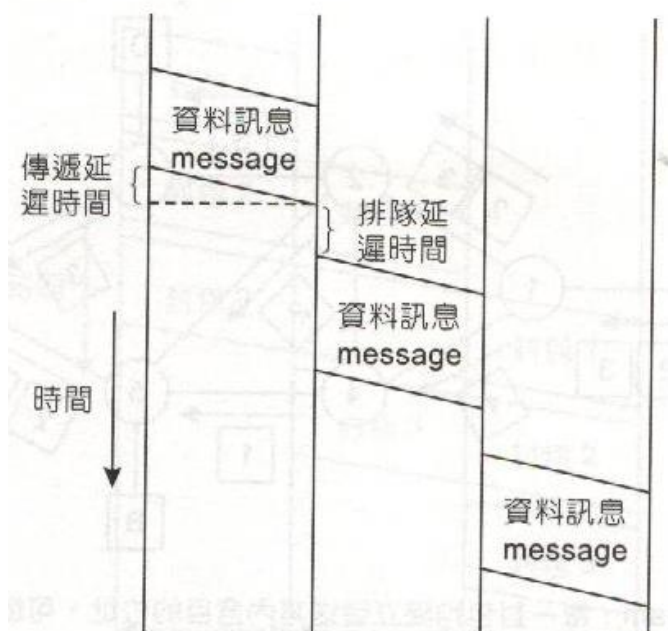
此主要在電子郵件和電報通訊上，其交換方式不會建立專用通道，因此不會有「佔線」之虞。各節點會儲存每個訊息的目的位址，然後自動找出一條空閒的通道，就由此通道再將資料送到下一個節點，直到送到目的地的節點，下圖 2.1-15 為其訊息交換的示意圖：



資料來源：【23】

圖 2.1-15 訊息交換示意圖

其優點為 1)可提高線路的使用率、2)通訊時不必雙方皆處於可用狀態、3)可利用其節點會儲存資料的功能、4)可在欲傳送的訊息上加上編號，用來做訊息的除錯控制及傳送順序控制、5)當出現大量通訊席，訊息會被延遲傳送，而不會被拒絕傳送。下圖為其交換方式的流程圖：

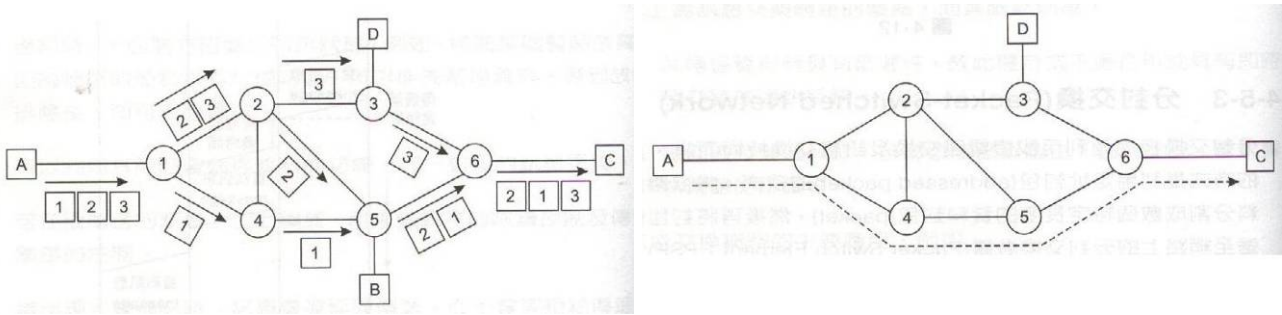


資料來源：【23】

圖 2.1-16 訊息交換流程

(3) 分封交換 (Packet-Switched Network)：

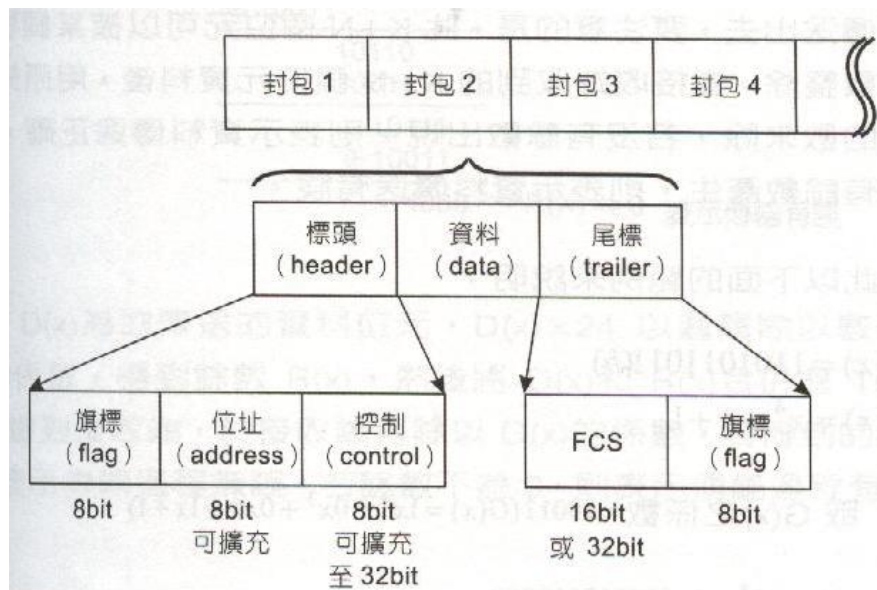
其傳輸方式是利用定址封包(addressed packet)的技術，將欲傳送的資料分割成數個特定長度的資料封包(packet)，然後再將封包個別傳送到網路上的分封交換裝置(Packet Switch Element,PSE)，每一個封包被暫時儲存及複製，每一個封包中包含傳送方向的資料，因此封包可送到下一個 PSE，並傳回訊息，此時上一個 PSE，即可刪除剛才複製的封包，以此類推，最後在由分封交換裝置將這些封包重新組合，再傳遞給接收端的使用者。此系統又採兩種方式控制封包傳送，一為 Datagram(資料元)，一為 Virtual circuit(虛擬電路)。下圖 2.1-17 即為兩者的示意圖：



資料來源：【23】

圖 2.1-17 分封交換示意圖

本系統以封包為基礎，而其格式如下圖 2.1-18 所示：



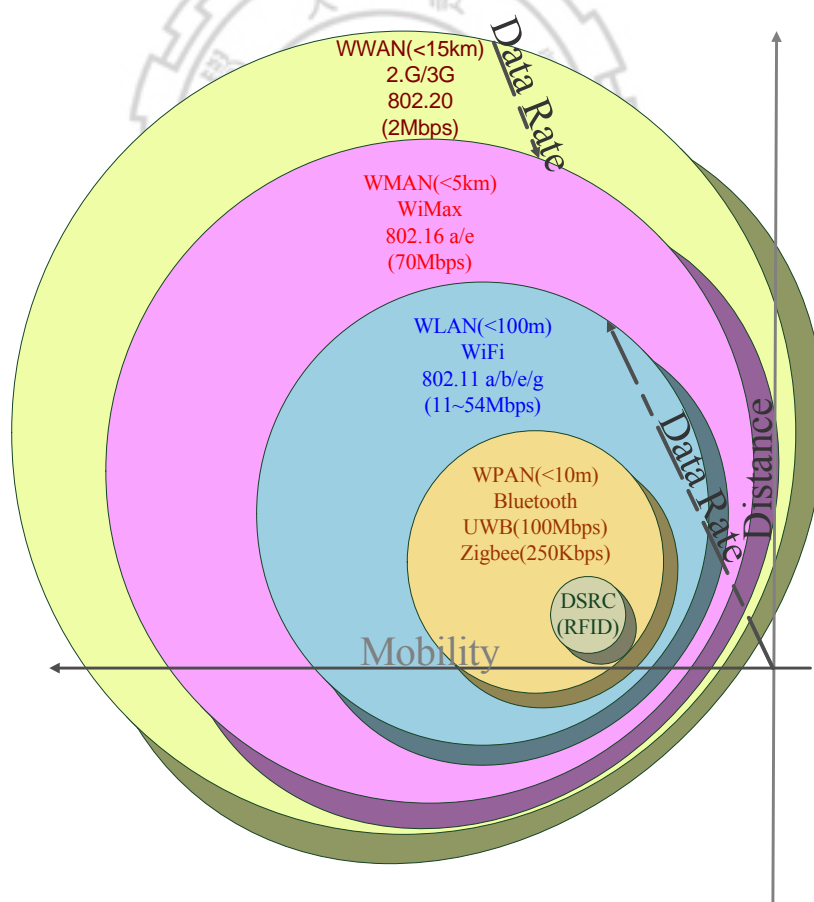
資料來源：【23】

圖 2.1-18 封包格式示意圖

2.1.4 無線通訊網路系統類別

在目前的網路裡，若以範圍作為區分條件，則大致可以概分為：1)廣域網路(Wide Area Network；WAN)，主要是大於 20 公里以上的網路系統；2)大都會網路(Metropolitan Area Network；MAN)，在 20 公里以內、4 公里以上範圍的網路系統；3)區域網路(Local Area Network；LAN)，主要是 4 公里以內的網路系統。

移動式無線技術和固定式有線技術最大的差別即在於傳輸媒介的不同，並無線技術可同時接取多方傳輸而有線礙於有形線路在鋪設和維修上都不及無線技術為優。無線技術若以傳輸距離和頻寬(Data Rate)區分，可從圖 2.1-19 瞭解主要也可分為以 1) 特定短距通訊技術(Dedicated Short Range Communication，DSRC)為主的：RFID 等或是 2)無線個人通訊網路(WPAN)：Bluetooth、UWB、Zigbee、3)無線區域網路(WLAN)：Wifi、4)無線大都會網路(WMAN)：WiMAX 和 5)無線廣域網路(WWAN)：2G/3G 和 802.20 等。其主要對於本研究之現場設備需求而言，應以 WLAN 區域等級以上的為主要考量，但由於 WiMAX 技術尚未成熟且 2G/3G 類的蜂窩型網路系統其移動性高卻在資料量傳輸上遠落後於 WLAN 等。因此以下茲將各類技術作一介紹：



資料來源：本研究整理

圖 2.1-19 無線寬頻技術之比較

1. 特定短距通訊技術(Dedicated Short Range Communication, DSRC) & 無線個人網路 (Wireless Personal Area Network, WPAN) :

DSRC 利用裝置於路旁的定點通訊感應設備，以微波或紅外線與車上車機互動進行通訊辨識，來做收費扣款的動作，主要應用在高速公路 ETC 收費機制。另在短距的範圍內，無線辨識系統 (Radio Frequency Identification, RFID)，亦是一種非接觸式自動識別系統，由於利用無線電波來傳送識別資料，一組射頻識別系統由標籤與讀取機組成。短距離 RFID 可運用在工廠自動化、貨品銷售，長距離 RFID 可用在收費系統或車輛身分識別。

WPAN 其服務範圍距離大致 10 公尺以下，其大致有 Bluetooth、UWB 與 ZigBee。1)藍芽技術(Bluetooth)是一種小範圍的無線電頻率技術，裝置間透過晶片可互相溝通，不必再透過纜線傳輸。目前，低功率的無線傳輸仍以紅外線為主，應用的層面仍侷限在行動電話、PDA、電腦及其相關產品上。2)超寬頻(UWB)一種無線傳輸實體層技術，因為利用短脈衝方式進行傳輸，因此其耗電量明顯低於現有的無線技術，又其中心頻率大於 2.5GHz 的超寬頻系統至少需要 500MHz、-10dB 的頻寬，而中心頻率在 2.5GHz 以下的超寬頻系統則需要至少 20%的頻寬比，因其具備高速與 QoS 適合於多媒體應用。3)ZigBee 是一種短距離、架構簡單、低消耗功率與低傳輸速率之無線通訊技術，網路架構具備 Master/Slave 屬性，並可達到雙向通信功用，而其特性為低消耗功率與低成本，以符合工業、家庭以及醫學等控制與感測需要，對資料速率和 QoS 的要求不高。

2. 無線區域網路(Wireless Local Area Network, WLAN) :

無線區域網路 (Wireless Local Area Network / Wireless LAN)，即電腦透過無線網路卡(Wireless Card)，結合無線寬頻數據機(Access Point)進行區域無線網路連結；若再透過外部接取線路(如 ADSL、專線)即可暢遊網路世界運用無線網路資源。無線區域網路與一般傳統的乙太網路(Ethernet)的概念並沒有多大的差異，只是無線區域網路將用戶端接取網路的線路傳輸部分轉變成無線傳輸之形式，但是卻具備有線網路缺乏的行動性，然而之所以稱其是區域網路，則是因為會受到無線寬頻數據機與電腦之間距離的遠近限制而影響傳輸範圍，所以必須要在區域範圍之內才可以連上網路。

WiFi，其實是 IEEE 802.11b 的別稱，是由一個名為“無線乙太網相容聯盟”(Wireless Ethernet Compatibility Alliance, WECA)的組織所發佈的業界術語，中文譯為“無線相容認證”。它是一種短程無線傳輸技術，能夠在數百英尺範圍內支持互聯網接入的無線電信號，而又因無線通訊的技術包含「編碼」、「展頻」與「調變」等三種技術，802.11 系列因三種技術各有發展與互有搭配，目前已進入商品化階段的子規格共有三種，分別為 802.11a、802.11b 與 802.11g，以下 2.1-2 表為其比較：

表 2.1-2 各類 WLAN 子規格比較

網路技術	制訂時間	應用範圍	使用距離(公尺)	傳輸速率	資料加密	數據傳輸	語音傳輸
802.11b	1999/9	室內	100	1~11Mbps	有	有	選項
802.11a	1999/9	室內/ 戶外	100/300	6~54Mbps	有	有	有
802.11g	2003/7	室內	100	54Mbps	有	有	先有
802.11a+g	-	室內/ 戶外	100/300	54Mbps	有	有	先有

註1：802.11b 為目前最成熟的高速無線區域網路產品，由於傳輸速率高，已被多數人所接受。

註2：802.11a 5GHz的無線產品，目前已經有數家晶片廠商開發完成相關模組，並且陸續進入量產中。

註3：802.11g 由於傳輸速率較11b快，可望成為2004年主流規格。

註4：802.11a+g 802.11a+g等複合式晶片無線產品將會是2003年後發展之重點，目前已經有數家晶片廠商開發完成相關模組，並陸續進入量產中。

WLAN 網路使用 IEEE 802.11b 或 802.11a 無線電技術以提供安全、可靠、快速的無線連通性。Wifi 網路可以用來互相連接電腦，連接電腦上網際網路，並使用 IEEE 802.3 或 乙太網路的架線網路。Wifi 網路在無執照的 2.4 和 5 GHz 無線電頻帶經營，數據速率可以高達 11 Mbps (802.11b)，54 Mbps (802.11a)，或包含以上兩條頻帶的產品（雙重頻帶），因此它能在許多辦公室內實況表現中，媲美基本 10BaseT 架線乙太網路。Wifi 聯盟是成立於 1999 年的非營利國際組織，宗旨為認證基於 IEEE 802.11 規格的無線局域網路產品的相互可操作性。

3. 無線大都會網路（Metropolitan Area Network；MAN）- WiMAX：

WiMAX，係由 Intel、Nokia 等國際大廠力推，可在都會地區所採用的新興無線傳輸技術，此項技術屬於 IEEE 802.16 的無線傳輸規格，傳輸速率高達 70Mbps，整合在筆記型電腦等移動型電腦設備上，一般人也可以輕鬆在戶外、家裡，無線接取寬頻影音、娛樂等各種資訊。

Clearwire 為美國億萬富翁可瑞葛·麥卡（Billionaire Craig McCaw）所創辦公司，是一家高速網際網路公司。英特爾公司與 Clearwire 公司將共同開發此一新興無線網際網路技術，可以較目前使用之 Wifi 技術可以更快速達到更遠距離。WiFi 之熱點（hot spot）無線網路通訊連結大約在 100 碼（100 yard）範圍之內，相對地，WiMAX 可以遠達到 31 英哩（或約 50 公里）之遠的範圍以內。

WiMAX 能夠提供足夠無線多媒體頻寬，解決部分銅線佈放之限制，達成寬頻 Anytime, Anywhere, Any content 的目標，被視為最重要的下一代無線技術之一。

4. 無線廣域網路(Wireless Wide Area Network；WWAN)- 蜂窩式行動通訊：

第一代移動通信系統(1G)為類比式的通訊技術，只能進行語音的傳遞。有 AMPS、TACS...等多種技術規格。第一代行動通訊技術有很多不足之處，比如容量有限、制式太多、互不相容、保密性差、通話品質不高、不能提供數據業務、不能提供自動漫遊等，中華電信早年提供的 090 門號就是屬於 AMPS 800MHz 的通訊系統。

第二代移動通信系統(GSM)是數字移動通信系統，數字及信號處理技術為最基本。數字電路單元為基本模塊，實現了以音和短訊息數據業務通信方式。其對於移動通信發展之重大貢獻在於使用 SIM 卡、輕小手機與大量用戶的網絡支撐能力。使用 SIM 卡作為辨識移動通信用戶個人身份及載入通信記錄，為移動通信管理、營運和服務帶來極大便利。有了第二代移動通信之貢獻，使得移動通信得以驚人速度發展，成為當今通信發展的主流。主要技術規格有 GSM(含 DCS)、TDMA、CDMA。其主特性是提供數位式語音業務及低速數據業務。語音品質、保密性能得到提升，並可自動進行漫遊。但由於仍採用不同的技術型式，行動通訊標準不統一，用戶只能在同一技術型式覆蓋的範圍內進行漫遊，且由於第二代數字行動通訊系統頻寬有限，限制了數據業務的應用，也無法實現高速率的業務如行動的多媒體業務。中華電信、遠傳電信、和信電訊、台灣大哥大、泛亞電信及東信電訊等業者提供的就是屬於 GSM 900 MHz 或 DCS 1800 MHz 的通訊系統。

目前最普及的無線行動通訊當屬 GSM 行動電話通訊系統，在有線通訊上則為處於日正當中的網際網路 Internet。儘管迄今此兩種網路皆蓬勃發展，但因 GSM 網路的連線是以電路交換 (Circuit-Switch) 方式，而網際網路上的資料傳遞則以封包交換 (Packet-Switch) 的方式，不同的交換架構，導致彼此間的網路幾乎都是獨立運作，並不互相連接。

然而，自無線封包數據(GPRS/2.5G)技術標準的制定與發展之後，即改變此兩種網路互相獨立的現況。GPRS 是在現有的 GSM 網路上，加上幾個數據交換節點，蓋因數據交換節點具有處理封包的功能，故促使 GSM 網路能與 Internet 互相連接，而達成彼此共享的目標。

第三代行動電話(3G)主要技術是 CDMA 的延伸，符合 Wifi(802.11b)，根據 IMT-2000 的規範，第三代行動通訊的標準是在室內或固定時，傳輸速率可達 2Mbps，步行時，傳輸速率達 384kbps，車行速度 90km/hr 時，傳輸速率達 144kbps。目前主要的 3G 技術主要分成 WCDMA 與 CDMA2000 兩大規格，大陸則採用 TD-SCDMA。第三代行動通訊系統目標在整合所有第二代系統不同的服務，可納入更廣泛的寬頻服務，包括語音、數據、視訊、網際資料存取、及多媒體等的服務，並和固定式通訊網路技術發展一致和相容，實現全球漫遊的最終目標。因而，3G 的特色在於數據導向 (Data Oriented)，資訊包裝採數據封包方式，傳輸網路則採 IP 架構。

2.2 國內外應用無線通訊系統於現場設備概況

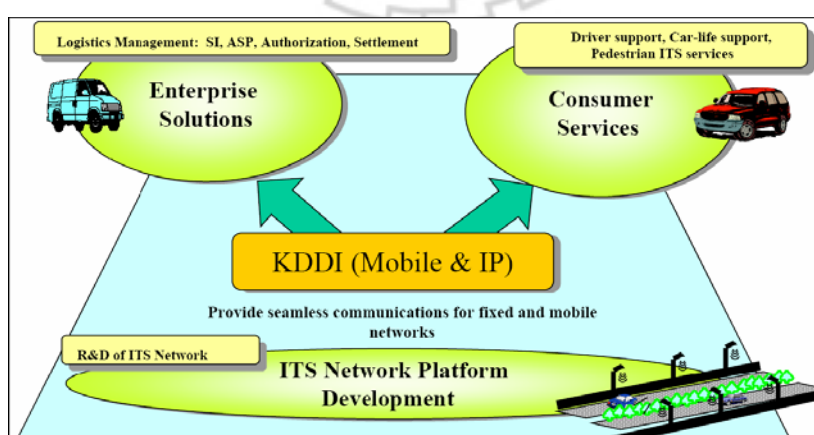
根據目前 ITS 的九大服務項目 (APTS、ATIS、ATMS、AVCSS、CVOS、EMS、EPS、VIPS、EMS)，主要又可以概分為道路、中心、載具及行人/貨物四個單元，然而這四單元間資訊的相互流通以往都是藉由有線的方式來傳輸。無線技術的發展不但打破了種種有線的限制，相對地更提供許多有線無法提供的服務和優點。此章節希冀獲得國內外廣善應用無線通訊在各方面的發展經驗，尤其在結合現場設備更可發揮相較以往不同的 ITS 服務型態，亦更能趨近”Intelligent”之原意。

2.2.1 國外概況

(一) 亞洲：

無線通訊系統在亞洲應用方面，新加坡通訊技術領導的公共資料營運商 ST Mobile Data (STMD)，在 1995 年時不但網路覆蓋全新加坡，其核心業務是向公共無線資料通信服務提供移動資料解決方案。其網路運行在 410-430MHz 頻段，系統並支援智慧交通系統、交通、現場服務以及計程車。

2004 年日本新世代的 KDDI's Telematics Services 【36】手機通訊技術，除了一般的手機通訊，還加入分碼多重進接 (Code Division Multiple Access, CDMA)、TDD 兩種衛星定位技術，這兩種技術不僅是協助一般的衛星定位，並更精確的掌握使用者位置，因此搭配 WLAN 技術更可以廣泛的應用在 ITS 等服務範圍。KDDI 服務項目分為三大部分，分別為行電電話服務、光纖網路和 R&D 技術，其中又以 R&D 服務技術裡搭配著 WLAN 技術在 ITS 範圍裡更受重視，下圖 2.2-1 最下方即可顯示日本將 WLAN 應用在 ITS 上的發展輪廓。



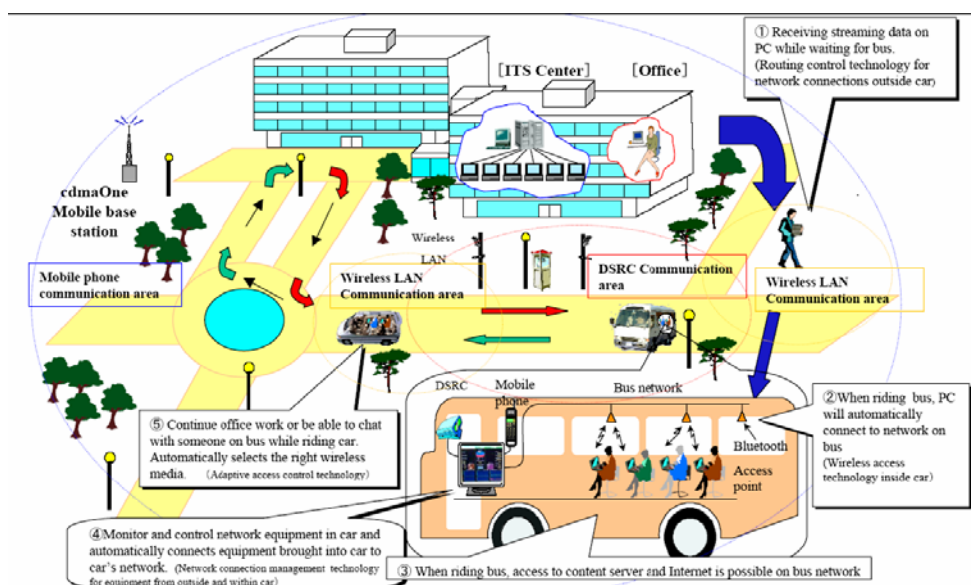
資料來源：【36】

圖 2.2-1 KDDI 服務項目

在日本應用 WLAN 在 ITS 的 R&D 技術中，以行動辦公室和行人資訊系統最為出色，茲將其內容和生活架構表示如下：

- a. 等車時可藉由三大網路系統（Wireless LAN、DSRC、Mobile Phone）由 ITS 中心接收 Streaming Data。
- b. 利用車內無線技術在公車上以電腦自動連結公車網路。
- c. 將螢幕、車內網路配備和自動連線設備帶入車中。

行動辦公室所需的資訊來源，除了可利用短距通訊來完成無線傳輸，但是獲得第一線資料的車輛偵測器、公車動態等資訊就必須依賴頻寬和範圍都較大無線傳輸的 WLAN 無線技術。各種通訊技術如圖 2.2-2 所示：



資料來源：【36】

圖 2.2-2 各種通訊技術於行動辦公室之應用方式

2006 年 4 月 3 日起，南韓開始進行 WiBro 先導試驗服務(pilot service)【53】，而其亦是全球第一個實現無線寬頻網路服務商業化的地區。南韓資訊及通訊部(MIC)表示，WiBro 服務乃是 IT839 策略重點推動項目之一，而 WiBro 服務的商業化有助協助及早實現 u-Korea 之目標。所謂 IT 839，就是「八」類服務、「三」大基礎建設和「九」項成長引擎的資訊科技。這八類服務總括而言是政府在未來網路通訊、無線頻寬和電子晶片等產業，企圖和產業界共同發展的新商業模式。三大基礎建設指的就是南韓政府致力建設的網路環境：寬頻匯流網路(Broadband convergence Network, BcN)，以泛在感應網路(Ubiquitous Sensor Network, USN)、及新一代的網際網路定址協定 IPv6。九項成長引擎則包括：下一代行動通訊、數位電視、家庭網路設備、資訊科技系統整合晶片(IT System-on-Chip)、下一代個人電腦、嵌入式軟體、數位內容、車用行動通訊和智慧型機器人。

南韓利用無線通訊在 ITS 上的發展更著重在車用行動通訊(Telematics)上，韓國最大的汽車製造商現代起亞汽車(Hyundai-KIA Motors)與樂金電信(LG Telecom)、樂金電子(LG Electronics)策略聯盟，於 2003 年 11 月推出 Mozen 車用行動通訊，結合電視、收音機、MP3 等視聽功能於一機，擁有即時交通資訊、捷徑指引、遠端診斷、餐飲推薦等功能和行動秘書、道路救援等服務。

據南韓 MIC 預估，WiBro 商業化服務預計將在今(2006)年 6 月正式開始，讓一般民眾屆時可以使用 WiBro 手持式設備(如手機、PDA 等)隨時隨地享受無線上網的服務，包括乘坐在時速為 60 公里的汽車裡也可以享受到無線上網的樂趣。

回溯南韓力推 WiBro 服務商業化的歷程，去(2005)年 3 月南韓政府發放 WiBro 執照、11 月三星電子(Samsung)在南韓舉辦的 2005 APEC 高峰會展示 WiBro 手機及 WiBro PDA 手機、12 月 WiBro 被接受為 IEEE 標準。從政府釋出頻譜與執照、廠商的積極研發產品設備、無線寬頻技術標準的認定、再搭配韓國電信(KT)相應服務的推出，在環境、產品、標準以及服務四方面準備就緒到正式將 WiBro 服務帶入商業化進程的經驗，或許可作為我國推動 WiMAX 無線寬頻建設之參考借鏡。

(二) 澳洲：

United Wireless 自 1993 年初【60】，便開始在澳大利亞運營 Mobitex 網路。ADT Wireless 是 Tyco International 的子公司，運行 405MHz 頻段。其網路覆蓋澳大利亞 70%的人口，覆蓋範圍包括絕大多數大陸地區（不包括達爾文地區），且主要集中於東海岸。其業務目標集中在垂直市場。目前，ADT 支援廣泛的客戶和應用，包括：澳大利亞全國運營的 FEDEX、維多利亞公共交通公司、ADT 火災監控（包括 Wormald）以及新南威爾士（NSW）和維多利亞地區的火災控制。

(三) 美洲：

1. MTA's ATMS Project 【60】

MTA 地區首次於 2002 年推行先進交通管理系統(ATMS)，此系統主要應用在當地所有公車，又稱 smart bus 計畫。

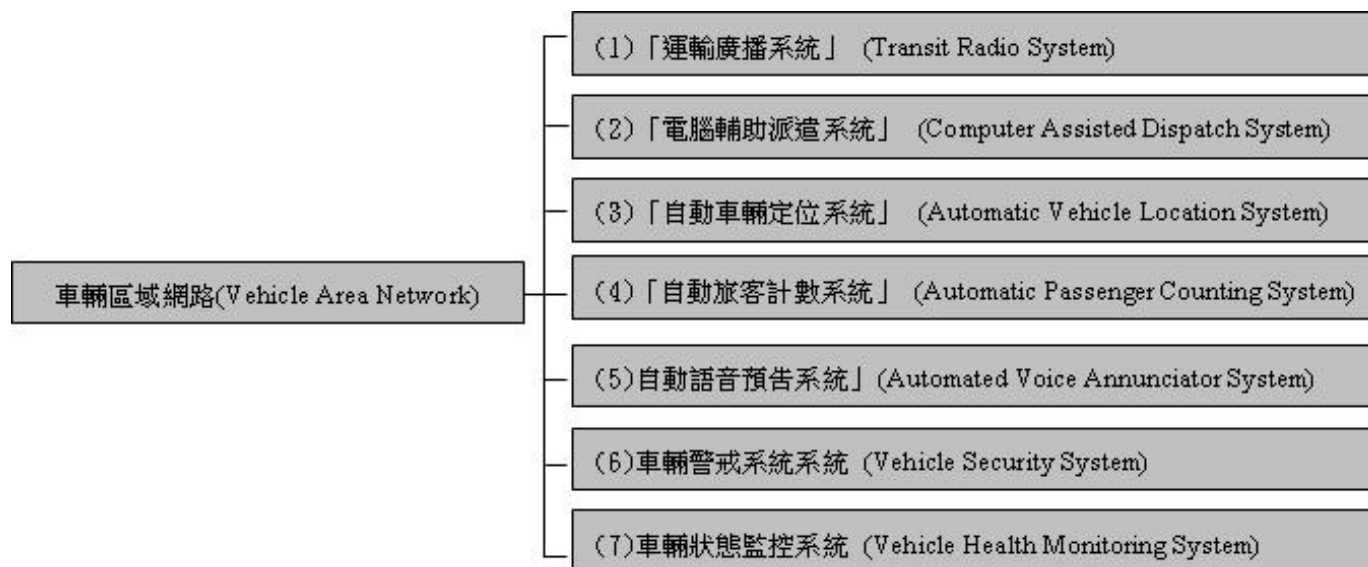


圖 2.2-3 MTA 地區 ATMS 計畫

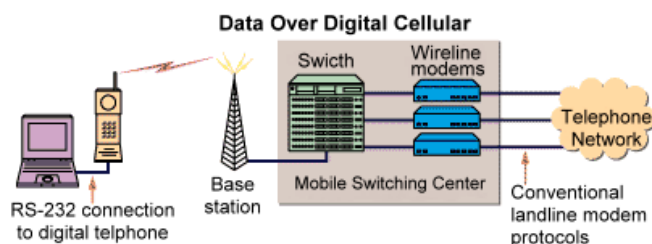
有關 ATMS 計畫重要的子系統項目如下：

(1) 運輸廣播系統(Transit Radio System, TRS)：所有公車將裝配行動數據電腦(mobile data computer,MDC)，因此中心除了能對所有駕駛發佈語音之外，更能於螢幕上顯示相關數據與文字，其設備如圖 2.2-4 和圖 2.2-5 所示，而運輸廣播系統利用以下三種傳輸方式，列表如 2.2-1 所示：



資料來源：【60】

圖 2.2-4 運輸無線通訊系統之示意



資料來源：【60】

圖 2.2-5 公車資料廣播系統之傳輸方式

表 2.2-1 運輸廣播系統傳輸方式

項目	無線區域網路 (WLAN)	語音廣播系統 (Voice Radio System)	公車資料廣播系統 (Bus Data Radio System)
內容	因無線傳輸頻道的資源受到限制，而語音與資料傳輸的要求不同，所以資料通常必須採行分離式之無線傳輸系統。	類似中繼式聯播系統 (trunked simulcast system)，使駕駛員能與無線電調度員、營運管理者、警察聯繫，無線電調度員亦可根據傳輸語音的重要性來鎖定語音頻道。	為行動數據無線電系統，與語音無線電具有相同的覆蓋率，其對語音頻道的影響不大，且利用無線廣域數據網路 (wireless wide area data network) 更具效率，公車資料廣播系統傳輸方式如圖 2.1-X 所示：

資料來源：【36】

(2) 電腦輔助派遣系統 (Computer Assisted Dispatch System, CAD)：裝設於營運控制中心的新軟硬體設備，能與上述的無線電系統結合。

(3) 自動車輛定位系統 (Automatic Vehicle Location System, AVL)：利用 GPS 配合 TRS 可以隨時掌握車輛的位置，ATMS 的其他子項目都需 AVL 配合才能正常的發揮最大功能。

(4) 自動旅客計數系統 (Automatic Passenger Counting System, APC)：此系統利用感應器計算上下車的旅客數量，以利正確掌握系統狀況。

(5) 自動語音預告系統 (Automated Voice Annunciator System, AVA)：自動語音預告系統為自動顯示並通告下一個站牌於螢幕上。

(6) 車輛警戒系統 (Vehicle Security System, VSS)：利用車上裝設的攝影機將影像儲存以了解公車營運狀況。

(7) 車輛狀態監控系統 (Vehicle Health Monitoring System, VHS)：偵測、分析、儲存車輛狀態參數以作為維修排定之依據。

2.NYCWireless 【56】

目前紐約市的無線寬頻網路建置，除了有 NYC Wireless 等非營利組織提供免費的網路服務之外，紐約市府為了進一步強化包括警政、交通、消防、急難救助等公共安全服務（Public Safety），特別於 2004 年 7 月公開徵求相關的無線網路建置計畫構想書（Request for Proposal），希望尋找合適的系統整合業者共同合作，協助紐約市府規劃、建置、同時執行此公共安全無線網路的運作，包括 IBM、HP 等公司均對此計畫躍躍欲試，展現濃厚的參與興趣。

由於紐約市府擁有 4.9 GHz 頻段使用權，因此採用的無線技術將以適用於此頻段的技術為優先，傳輸速度至少需保持在 2Mbps 以上，且可供 5,000 人同時使用。依照紐約市府的規劃，此建置計畫將分為兩期，首先是自 2005 年第一季開始為期 3 個月的試驗性計畫（Pilot Project），此試驗計畫將同時委託數家系統整合廠商於不同的地點進行建置，之後市府再依據應用服務內容、網路穩定性、建置成本等評估標準篩選出第二期的建置廠商，以求最終所採用的技術、應用服務、建置團隊能力可符合市府要求。此建置計畫的經費預估高達 5-10 億美元，網路服務範圍預估將涵蓋紐約市 99% 的主要街道地區。

依據紐約市府之規劃，此無線網路將提供的應用服務可歸為以下四大類：

- （1）無線公共安全資料傳輸（Wireless broadband public safety）：包括 mug shot、fingerprints、criminal records 等各種公共安全資料影音傳輸。
- （2）無線車輛自動定位系統（Wireless Automatic Vehicle Location）：可針對警察、消防等公家車輛進行統一的即時車輛監控、事故救援派遣、救援車輛優先通行等車輛調度，可使緊急救援功能在最短時間發揮最大功效，有效降低傷害之程度
- （3）無線緊急救援系統（Wireless call boxes for emergency services）：於重要街道設置無線緊急對講系統，供民眾於緊急事故發生時迅速求援。
- （4）無線交通控制系統（Wireless traffic signal control）：包括無線傳輸停車資訊導引系統、重要路口交通監控等交通應用。

除了上述針對警察、消防、緊急救援以及其他政府部門所需而建立的無線網路系統之外，紐約市府也在 2004 年 8 月與 6 家服務業者達成協議（包括 T-Mobile USA、Nextel 兩家行動電話業者以及 ClearLinx Network、Crown Castle Solutions、Dianet、IDT Business Services 等四家 ISP 業者），以每年 2,160 萬美元的價格將全市 18,000 盞路燈承租給業者架設無線基地台，加速紐約市的無線寬頻網路佈建。



資料來源：【56】

圖 2.2-6 NYC Wireless 無線交通控制系統

3. WiTec Alberta 【52】

2004 年 6 月的加拿大，利用了無線輔助其交通管理具有相當成效。在卡爾加里城市裡有非常可觀的交通流量，歷年相關單位為了因應此問題都是由當地志願者幫助下並輔以指揮車上的靜態標誌。然而在相關單位不斷改進下利用 WLAN(802.11)成功地解決此一問題。

卡爾加里城市以靜態交通標誌搭配 WLAN(802.11)就成了動態消息標誌的用途。由估計實際運輸流量變化，相關人員可以獲得運輸流量多寡和以靜態標誌指揮交通，但某些路線成為過度利用和充塞時或當時其它人將是利用不足和被浪費的情形下。「動態資訊可變標誌」改變原本靜態的消息並能被使用在指揮交通上，以及利用不足的路線和從被過度利用的路線來解除壅塞。最後「動態資訊可變標誌」將改進在加拿大各城市的運輸流量，並對其用路駕駛人而言，更能善用 ITS 和通訊結合的好處。「動態資訊可變標誌」是將原本靜態標誌加上通訊技術 WLAN(802.11)的輔助，目的不僅是為了改善運輸流量，並針對發佈消息可以更有效率，更即時且成本不高的情形下，發揮其最大的用處。

這項相當低廉且非常高效率的系統表現了聰明的運輸系統的需要，而無線通信反映了交通資訊即時消息變動的需求。這個無線試驗計劃是一個更大的交通管理計畫和並且成為當地 ITS 發展重要的一部份。這項計畫也應用在即時交通重大事件公布及提醒駕駛人和用路人改道而駛，並且提供周遭可利用的替代道路以因事件發生所造成的道路縮減或者道路封閉。



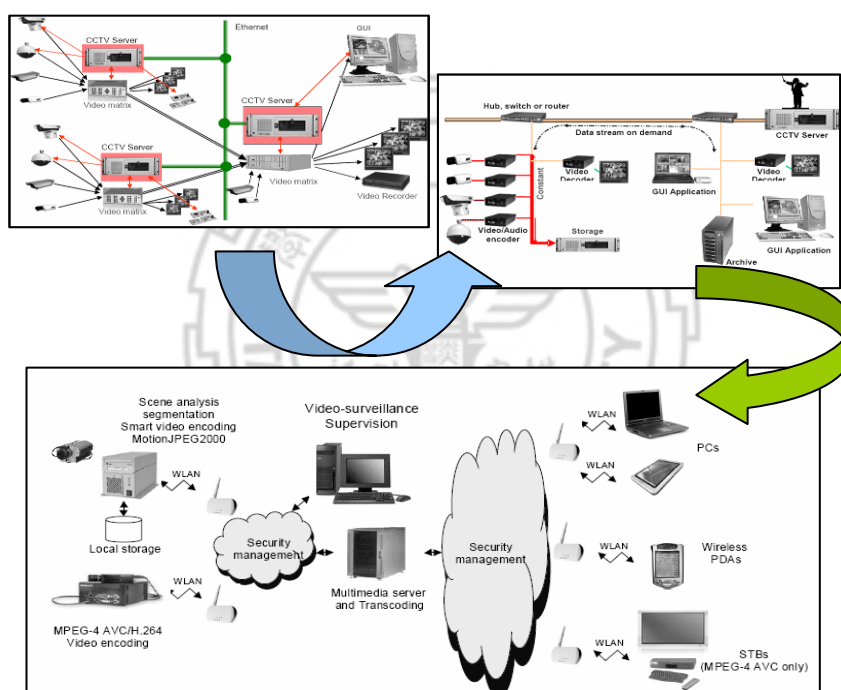
資料來源：【52】

圖 2.2-7 WiTec Alberta 無線資訊可變標誌制系統

(四) 歐洲：

1.WCAM 計畫【43】

WCAM(Wireless Cameras and Audio-visual seamless networking)是在歐洲針對視訊整合無線傳輸的一項計畫。自從過去網際網路和行動通訊無線技術蓬勃發展，主要的成功之處在於硬體元件規模經濟的發展以致成本的降低。然而在CCTV的世界裡，大致可以分為類比(Analog)和數位(Digital)的兩種格式即便現今類比數量仍多，但未來趨勢將朝著全面數位化而前進，主要是數位影像可藉由影像壓縮技術將多種訊息整合，在傳輸的發送過程中也可以以較快的方式作傳遞，也因此搭配WLAN技術將可以讓CCTV不僅只具有離線監視或者幾分/秒鐘更新資訊的假即時性資訊作更全的詮釋，更可以有效地掌握路況和規劃管理，若搭配ATIS服務更可直接將各資訊融合直接提供給使用者，以此省去往返中心的時間。

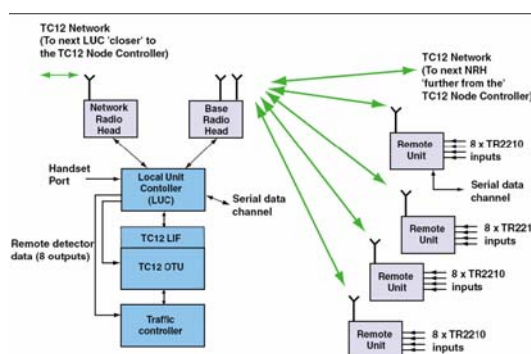


資料來源：【43】

圖 2.2-8 WCAM 實例說明

2.Smartlink 系統【60】

Smartlink 提供無線與有線傳輸，利用地區控制器(Local Unit Controller, LUC)作為主要的運算單元與扮演對外傳輸的橋樑，利用 BRH & NRH (Base Radio Head and Network Radio Head)進行內部的網路傳輸與連結外部網路，最後利用 RU (Remote Unit)連結車輛偵測器(Vehicle Detection, VD)作為 VD 的傳輸管道。簡單而言，一個 RU(Remote Unit)可連接八個 VD，一個 LUC 可連接四個 RU(Remote Unit)，其整體架構如圖 2.2-9 所示。

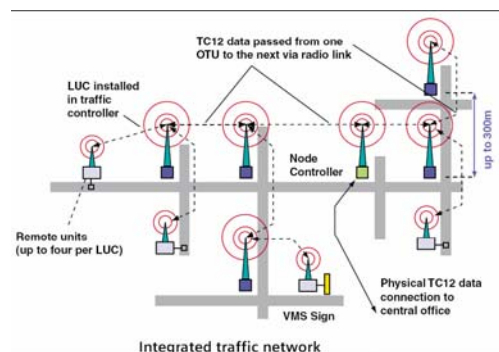


資料來源：【60】

圖 2.2-9 Smartlink 整體架構

其系統特色具有安全性高且相容性也高，所謂的安全性就兩方面而言，其一為系統並無固定IP，不易被駭客入侵，其二為雖為無線區域網路，但資料僅於系統內部傳送，資料保密性高，也不容易外流或受外界影響；而另一方面的相容性則是適用多種通訊協定，可多元化使用網路功能，並不因硬體或軟體的不同而無法連線，造成資料無法互相傳輸，因此可節省廠商不少更動通訊協定的花費。

德國西門子利用 SmartLink 系統作為路口即時監控管理，以 LUC 為區域主軸向外擴散，並與另一區域的 LUC 連結完成資料傳送，在 VD 部分以有線與 RU(Remote Unit)連接，RU 與 LUC 間則利用無線通訊傳輸。有關利用 SmartLink 架設的路口配置與說明傳輸所使用之介面(TC12)和路口裝置(VD、VMS、LUC、RU)的連結如圖 2.2-10 所示。



資料來源：【60】

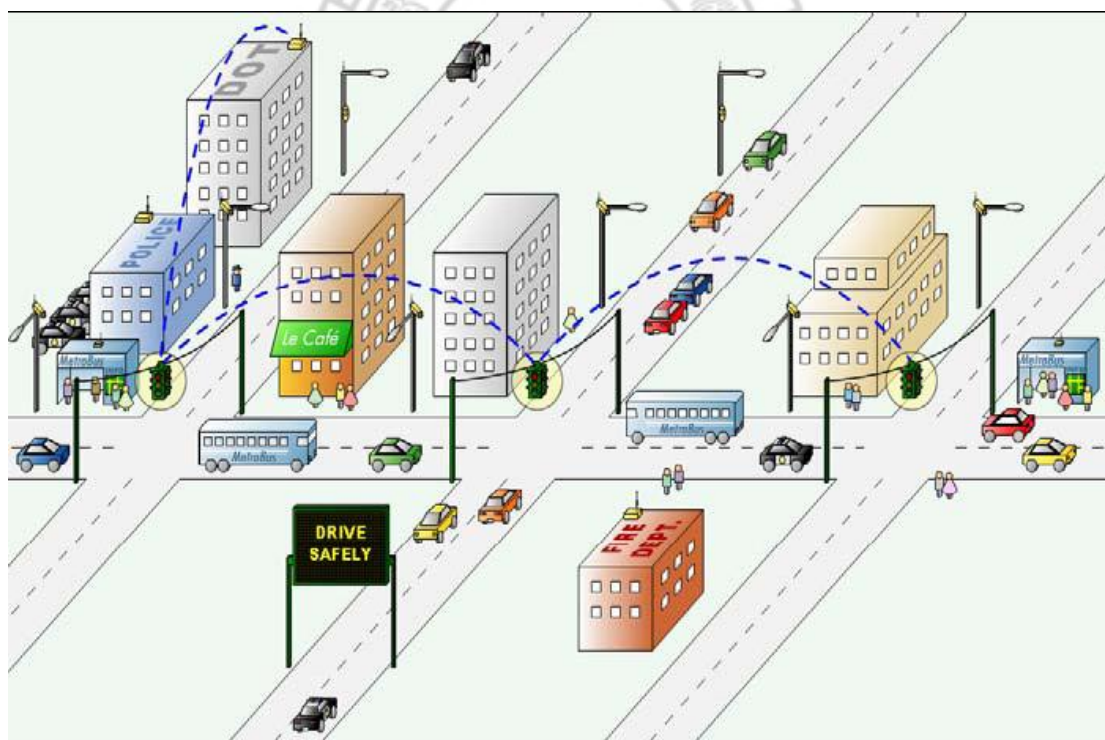
圖 2.2-10 路口即時監控管理整體架構圖

3. Traffic light communication systems 【59】

英國一家now wireless公司將WLAN(802.11)成功地運用在ITS上，依據目前都市的號誌控制機、錄影監視器、資訊可變標誌和車輛偵測器，都是利用有線的方式作傳輸，但其佈線繁雜且應用不靈活下，以WLAN(802.11)作為交通上的一個通訊網路改善方案。

對於交通管理方面，利用車輛偵測器可以偵測交通流量以及利用錄影監視器獲得交通事故等交通即時資訊，之後透過WLAN(802.11)傳輸到控制中心，控制中心再將管理決策傳輸到路口號誌控制機，以因應動態即時交通流量需求；另一方面偵測到的公車動態資訊，也可經由WLAN(802.11)將公車位置傳送到智慧型站牌和網站上以供使用者查詢；對於交通事故發生之即時處理，也可透過WLAN(802.11)傳送到資訊可變標誌上，以期減少事故發生的擁擠範圍。

透過以上幾項基本的設施連串，將可以利用無線傳輸讓城市交通更具便利及效率，而WLAN(802.11)的特色就是區域間不必有佈線的煩擾且增設設備靈活度高，更重要是其費用低廉，此對交通相關管理單位有非常大的利基將此和ITS相結合並發展更多和更完善的服務項目和品質。

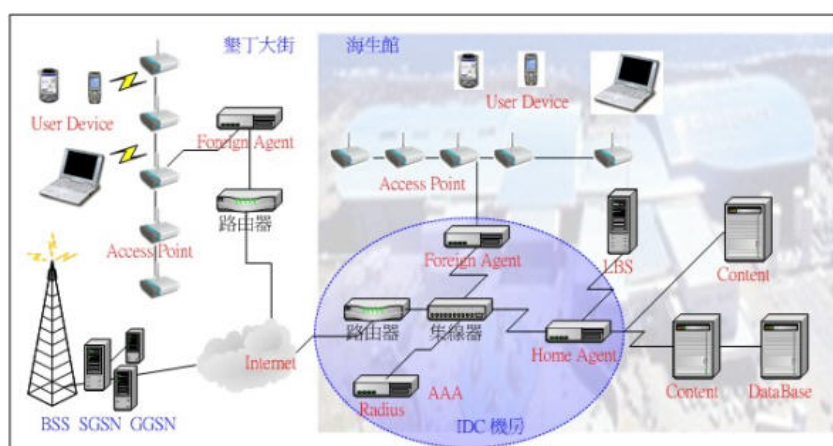


資料來源：【59】

圖 2.2-11 Traffic light communication systems 示意圖

2.2.2 國內概況

92年起國內各地有許多的無線寬頻建置計畫，其中在WLAN應用於交通上的有1)桃園縣「鐵道桃花園四車站、埔心牧場、縣府特區無線寬頻應用示範計畫」，其提供火車站區無線寬頻網路服務，塑造科技化市鎮意象。整合火車站週邊景點導覽、交通轉乘及當地文藝活動資訊，促進地區觀光發展。另一個則是2)屏東縣/海博館「海洋生物博物館/墾丁觀光街道無線寬頻上網計畫」，『無線墾丁智慧城』是國立海洋生物博物館繼91年完成海生館無線導覽成果後，於92年與屏東縣政府合作，由邁世通網路多媒體(Myerstone.com)規劃執行，建置範圍包括整個墾丁大街地區的無線寬頻網路環境，與行動資訊等服務內容，並且和屏東客運之『墾丁街車』進行合作規劃建置『無線整合訊息管理的觀光科技服務模式』，以響應政府觀光客倍增計畫。預計將與智慧型交通系統(ITS)及無線網路服務結合，將成為國內最具特色之觀光交通運輸系統。其完整網路系統如下圖2.2-12：



資料來源：【50】

圖 2.2-12 無線墾丁智慧城

其後93年到94年間陸陸續續仍有不下十個縣市規劃寬頻城市計畫，但大部分皆著重在戶外漫遊無線上網或者符合當地特殊需求考量，像是著重觀光的玉山國家公園管理處「無線寬頻網路示範應用計畫」，或是著重醫療的花蓮縣「行動部落健康夢土」。而北台灣的新竹市「全方位智慧型交通無限網」，其係以交通為主題的入口網站，提供自動化且大量化的即時資料收集與整合，本案入口網整合各項交通資訊與民生資訊，有助提升網路服務業興起。

因此回顧北市因應城市資訊化發展所面臨的九大挑戰，這幾年以「數位城市、行動臺北」為資訊政策規劃主軸，以原網路新都計畫之建設為基礎，考量全球現在及未來資訊與技術潮流，進行規劃資訊基礎建設、電子化政府、電子化企業、電子化生活、城市資訊交流以及資訊教育等六個面向的「網路新都續階計畫」，其計畫架構如圖 2.2-13 所示：



資料來源：【50】

圖 2.2-13 網路新都續階計畫架構

其中有關智慧型運輸系統(ITS)結合通訊的部分包括有以下：

- 推動市區道路、號誌、公車、停車智慧化工作。
- 提供公車乘客即時到站及離站資訊，以提昇大眾運輸服務品質。
- 建置快速道路交通監控系統，提昇運輸效率及安全。
- 推動路外停車場即時停車位資訊，以提供駕駛者參考。

就當前現況而言北市所規劃之架構完整且在運輸的基礎建設和整合服務上都具有計畫性地執行，而以北市目前覆蓋率50%，並將在今年會有90%的覆蓋率，而服務範圍擴及信義商圈、頂好商圈和西門町及捷運63個站，此舉不僅當前是全球最具規模的大範圍無線寬頻城市建置計畫，也讓北市的生活更具多元和便捷性。下圖2.1-14即是目前北市無線寬頻所涵蓋之區域範圍：



資料來源：【50】

圖 2.2-14 94 年北市無線網路涵蓋範圍

2.2.3 小結

環顧各國利用無線通訊網路技術在 ITS 上的發展，綜合下表 2.2-2 所示。大部份還是以環境基礎建設為最多，並以一個城市規模的型態為範圍佈設。在技術和現場設備選擇上，以現行 GPRS 和 WLAN(802.11)為多，但許多城市和國家朝著 WiMAX 或者異質網路結合（如：GPRS/WLAN、3G/WiMAX 等。）的趨勢明顯。

表 2.2-2 各國現場設備與通訊結合之範例

亞/澳洲				
國家	年份	廠商/計畫	技術	內容
澳洲	2002	ADT Wireless	WLAN	交通監控系統
新加坡	2004	IDA(STMD)	WLAN	支援智慧交通系統、交通、現場服務以及計程車。
韓國	2004	IT839 策略 (U-Korea)	3G/GPRS/RFID	車用資通系統、停車資訊系統、智慧型站牌、公車管理系統
日本	2004	KDDI's Telematics Services	WLAN+3G	行動辦公室
台灣	2004	台北	WLAN	熱點、現場設施無線傳輸
	2004	墾丁	WLAN	智慧公車等 ITS 設施
美洲				
國家	年份	廠商/計畫	技術	內容
美國	2002	MTA's ATMS Project	WLAN	Smart bus
美國	2004	NYC Wireless	WLAN	無線公共安全資料傳輸、無線車輛自動定位系統、無線緊急救援系統、無線交通控制系統（停車資訊導引系統、重要路口交通監控等）
加拿大	2004	WiTec Alberta	WLAN	支援移動式顯示看板，提供路況及時消息或者告知何處有剩餘空位等。
歐洲				
國家	年份	廠商/計畫	技術	內容
歐洲	2004	WCAM	WLAN	搭配 WLAN 技術，將可以讓 CCT 不僅只具有離線監視或者幾分/秒鐘更新資訊的假即時性資訊作更完全的詮釋。
歐洲	2004	Smartlink	WLAN	VD 等監控設備聯繫
歐洲	2004	Traffic light communication systems	WLAN+4G	Bus、Bus Stop、Car Park counters、Ticket meshines、CCTV、VMS

資料來源：本研究整理

2.3 北市都市交通現場設備資料傳輸概況

2.3.1 北市都市交通現場設備通訊協定

我國都市地區交通控制通訊協定【4】最早為交通部於民國77年所公佈之「電腦化交通號誌控制系統通訊協定」(簡稱77年版)。經過近十年後，由交通部運輸研究所於民國86年進行檢討修訂，並由交通部於民國87年重新公佈該協定(簡稱87年版)。民國92年運研所配合交通部繼續以專案研究與實作測試方式，針對87年版進行全面檢討、增修與更新。通訊協定於當年8月完成初稿，並暫以「92年版都市交通控制通訊協定初稿」命名之。後來修訂版在通訊協定名稱上，並未沿用原「電腦化交通號誌控制系統通訊協定」之名稱，而以「都市交通控制通訊協定」命名。至於通訊協定之版本區分，可將77年版與87年版「電腦化交通號誌控制系統通訊協定」分別視為我國在都市地區交通控制通訊協定之1.0版與2.0版，因此將「92年版都市交通控制通訊協定」修訂成果標示為3.0版。

台北市政府為求提升交通管理的現代化與自動化【3】，對於推動台北市電腦化交通控制系統發展一向不遺餘力，早於民國78年起即由台北市交通管制工程處著手進行規劃、設計與施工，並由交通控制中心負責執行與管理；除擴充系統設備功能外，更加強提供即時交通資訊，以提供更多元化、更完善之即時交通服務。台北市交控系統自從十年前展開建置工程以來，電腦化號誌系統搭配連鎖號誌運作與彈性時制安排，已能逐步發揮紓解尖峰車潮的功能；加上近年來民眾守法概念的提昇，而使交控系統充分展現出其具體成效，但鑑於電腦系統逐漸老舊，民國90年台北市交控中心完成交控系統更新，更新後之下一代交控系統除延續原有之號誌控制外並將加入快速道路監控系統，結合多樣化的即時路況與資料蒐集，而實際反映於交通管理策略的調配中；再配合電腦網路的技術與系統更新，促使道路資源得以有效地分配，以滿足用路人與管理者之需求。台北市現行交控系統之架構主要是以中央電腦處理系統為中心，其他的交控設備為輔，各交控子系統各司其長，透過通訊傳輸系統將各外部系統與中央處理控制系統相連結，將蒐集所獲得之訊息交由中央電腦處理系統予以處理、傳送，以警示、管制、及控制車流。

台北市電腦化交通標誌系統，分別為號誌控制器、車輛偵測器和資訊可變標誌。每一種終端設備皆必須要有相同的協定，始能成功達成彼此之間傳輸資料的目的。通訊協定雖有多個層次，但大致可分為兩個部分：資訊內容碼及通訊外框碼，示意如圖2.3-1。要傳送的資訊內容(data)被包在頭尾兩個通訊碼之內，稱為外框碼。為了讓資訊內容(data)能順利的在無線網路系統元件中傳送，必須處理的主要對象即為通訊外框碼。

表 2.3-1 通訊協定內容格式示意圖

頭碼	資訊內容碼：Data	尾碼
----	------------	----

在系統規劃上，對不同通訊協定的處理方式，是將通訊外框碼隱藏於背後(hidden)，也可以做一對一的轉換，或者先將許多不同的通訊外框碼集中處理後，統一格式再傳送給控制中心。

都市交通控制通訊協定3.0版中對現行交通現場設備(號誌控制器、車輛偵測器、資訊可變標誌)的通訊協定可整理如下：

一、通訊底層

本協定為位元組導向之協定，每一字元設定為11 位元，其中：

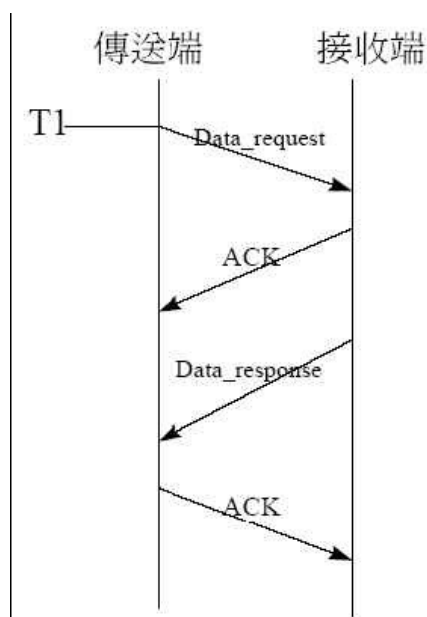
1. 1位元為起始位元("0")。
2. 8位元為此通訊協定碼框內之位元組。
3. 1位元為核對位元(偶同位，parity check)。
4. 1位元為終止位元 ("1")。

對於中心與設備間對2個Byte長度以上及Bit之參數定義與傳送順序如下：

1. Bit之定義順序由右而左計算。
2. 運送順序由邏輯高位元組先送，再送邏輯低位元組。

二、通訊程序

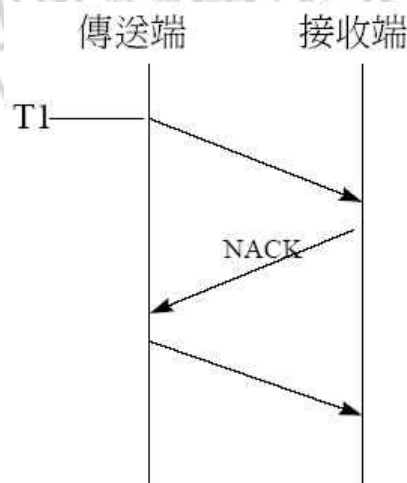
傳輸採用Stop and Wait 通訊方式，傳輸時分成傳送端與接收端，傳輸正常程序如圖2.3-1所示，傳送端發出訊息，要求接收端回傳資訊，接收端於正確收到資料後(CRC 正確)回覆ACK 與傳輸端，如有資訊回傳則接收端傳送Data_Response 回傳送端，如傳送端正確收到資料後(CRC 正確)回覆ACK 與傳輸端，則完成資料傳送過程。



資料來源：【4】

圖 2.3-1 傳輸正常程序圖

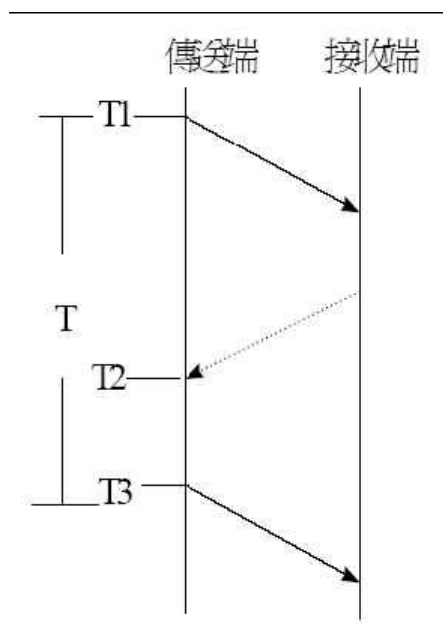
如資料發生傳輸錯誤(CRC 錯誤)，如圖2.3-2，接收端發出NACK 訊號，傳輸端接收此訊號後，重新傳輸訊息封包，如傳送端連續5 次接收到NACK 訊號，則認定目的裝置異常，須執行迴路測試(由傳送端提供測試功能)，並將測試結果通知控制中心。



資料來源：【4】

圖 2.3-2 傳輸錯誤程序圖

如傳送端於資料傳送後無法收到任何訊息（如圖2.3-3所示），則在T3 時間時重送資料，如連續五次無法成功，則判定系統異常或通訊故障，須執行硬體測試，並將測試結果往上通報狀況。



資料來源：【4】

圖 2.3-3 系統異常或通訊故障程序圖

附註：等待時間 T = 傳送資料封包時間+接收端處理時間+接收端回應時間+傳送端處理時間。等待時間 T 須根據硬體處理速度與通訊速度而定。

三、碼框格式

1. 訊息碼框

DLE	STX	SEQ	ADDR	LEN	INFO	DLE	ETX	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Bytes	2Bytes	NBytes	1Byte	1Byte	1Byte

欄位長 (LEN) : 10 Bytes + N Bytes

$CKS = XOR(DLE, STX, SEQ, ADDR, LEN, INFO, DLE, ETX)$

2. 正認知碼框

DLE	ACK	SEQ	ADDR	LEN	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	1Byte

欄位長 (LEN) : 8 Bytes

$CKS = XOR(DLE, ACK, SEQ, ADDR, LEN, ETX)$

3. 負認知碼框

DLE	NAK	SEQ	ADDR	LEN	ERR	CKS
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	2Byte	1Byte	1Byte

欄位長 (LEN) : 9 Bytes

$CKS = XOR(DLE, NAK, SEQ, ADDR, LEN, ERR, ETX)$

碼框控制碼定義及用途可整理成下表2.3-2：

表 2.3-2 碼框控制碼定義及用途

控制碼	值域	長度	定義及用途
DLE	AA(H)	1Byte	Data Link Escape 用以控制資料傳輸。
STX	BB(H)	1Byte	Start of Text 訊息碼框之開始。
ETX	CC(H)	1Byte	End of Text 訊息碼框之結束。
ACK	DD(H)	1Byte	Positive Acknowledge 正認知碼框，表示碼框及CKS 正確。
NAK	EE(H)	1Byte	Negative Acknowledge 負認知碼框，表示碼框及CKS 錯誤。
SEQ		1Byte	SEQUENCE，保留使用。
ADDR		2Bytes	ADDRESS，其中FFFF (H) 為廣播編號。低位元組(byte)前三位元(bit)預留為子路設備使用，高位元組與低位元後五位元為設備編號，例設備編號為4656(0x1230)，則4657 (0x1231)~4563(0x1237)為其子路設備編號
LEN		2Bytes	LENGTH，表訊息碼框之長度，其中正認知碼框時 LEN=08H，負認知碼框時LEN=09H。
INFO		NBytes	訊息欄位
ERR		1Byte	傳輸錯誤檢知 1：核對位元錯誤。 2：碼框錯誤。 4：位址錯誤。 8：長度錯誤。
CKS		1Byte	核對位元組。

資料來源：【4】

四、通訊指令優先順序

1. 『B』表基本(必要)功能且可適於無線設備使用。
2. 『A』表進階(暫時不用)功能且不適於無線設備使用。
3. 『O』表可考慮(可不用)功能且不適於無線設備使用。

五、通訊處理通則

1. 交控中心及終端設備，於接獲對方完整碼框後應進行通訊指令及參數檢核。
2. 檢核原則參數為整數值時必須檢核值域 (Value Range) 。參數為BitMap 時，必須檢核位元設定之衝突。
3. 現場終端設備接到通訊指令應先檢核位址欄、設備碼、指令碼及指令參數範圍如為無誤應立即自動以0F H+80 H 訊息(設定訊息)或查詢結果(查詢訊息)回報中心，但若有其相對應之設定回報型態訊息回應者(如對時訊息)，則不需再以0F H+80 H 訊息回報中心，若其相對應之設定回報型態訊息不須回應時(如對時訊息)，則仍須以0F H+80 H 訊息回報中心；如有誤 (設定及查詢指令) 則應立即自動以0F H+81 H 指令回報中心。
4. 交控中心接到通訊指令亦應先檢核位址欄，如有誤則應紀錄並告警顯示設備位址比對不符，但不影響該筆通訊指令之後續功能處理。
5. 通道之通訊斷線回復時，中心端應對相關終端設備執行對時功能。
6. 終端設備控制器均固定以0F H+04 H 週期 (Hardware Cycle)回報硬體狀態 (Hardware Status) 至交控中心，號誌控制器重複傳輸以5F H+0F H 每週期 (Transmit Cycle) 傳回號誌運作狀態，偵測器重複傳輸以6F H+0F H 每週期 (Transmit Cycle)傳回交通資料。
7. 交談式的通訊傳輸，詢問端發出要求，接收端回正認知碼框後，應立即回報結果，收到正認知碼框，即結束交談式通訊。
8. 車輛偵測器重複傳輸 (Cyclic Transmission) 以6F H + 0F H傳送，其週期以6F H+3F H 傳輸週期設定之，重複傳輸啟動時，即開始傳送偵測器收集之資料，硬體狀態 (Hardware Status) 另以0F H+14 H 設定0F H+04 H 之傳送週期。車輛偵測器所記存之交通資料，中心依該通道之通訊系統狀況良好時，自動要求回報。

六、通訊命令

每項命令都分為下列十項加以說明：

1. 訊息編號：訊息起始之複合碼編號。
2. 訊息型態：訊息上下傳輸型態。
3. 訊息等級：訊息之重要性等級。
4. 訊息類別：說明此訊息是屬於何種功能類別。
5. 目的：說明訊息所執行之功能。
6. 用途：說明訊息之使用時機。
7. 訊息格式：說明訊息所代表之訊息編號與其參數格式。

8. 訊息參數定義：說明訊息格式內之各參數定義及其值域。
9. 訊息處理步驟：說明協定所適用之兩端、傳輸方向及收發訊息間之必要相關應答處理程序。
10. 參考訊息：係將使用該訊息時可參考的相關訊息加以列示。舉一「現場設備共用訊息」為例以說明各欄位，如表2.3-3現場設備共用訊息格式：

表 2.3-3 「現場設備共用訊息」範例表

訊息編號	OFH+80H	訊息型態	設定回報	訊息等級	B
訊息類別	訊息回應處理				
目的	回報設定訊息有效				
用途	1. 確定設定訊息已被現場設備接受。 2. 針對所有訊息型態為設定之訊息，如設定正確後即以此訊息回應。				
訊息格式	0FH+80H+CommandID				
訊息參數定義	CommandID：2 Byte 第一個Byte為設備碼(00H~FFH) 第二個Byte為指令碼(00H~FFH)				
訊息處理步驟	控制中心←號誌控制器、車輛偵測器、資訊可變標誌				
	3. 接收0FH+80H與參數	1. 接收設定型態之訊息。 2. 檢核訊息無誤，以0FH+80H回報完成設定訊息			
參考訊息	0FH+81H				

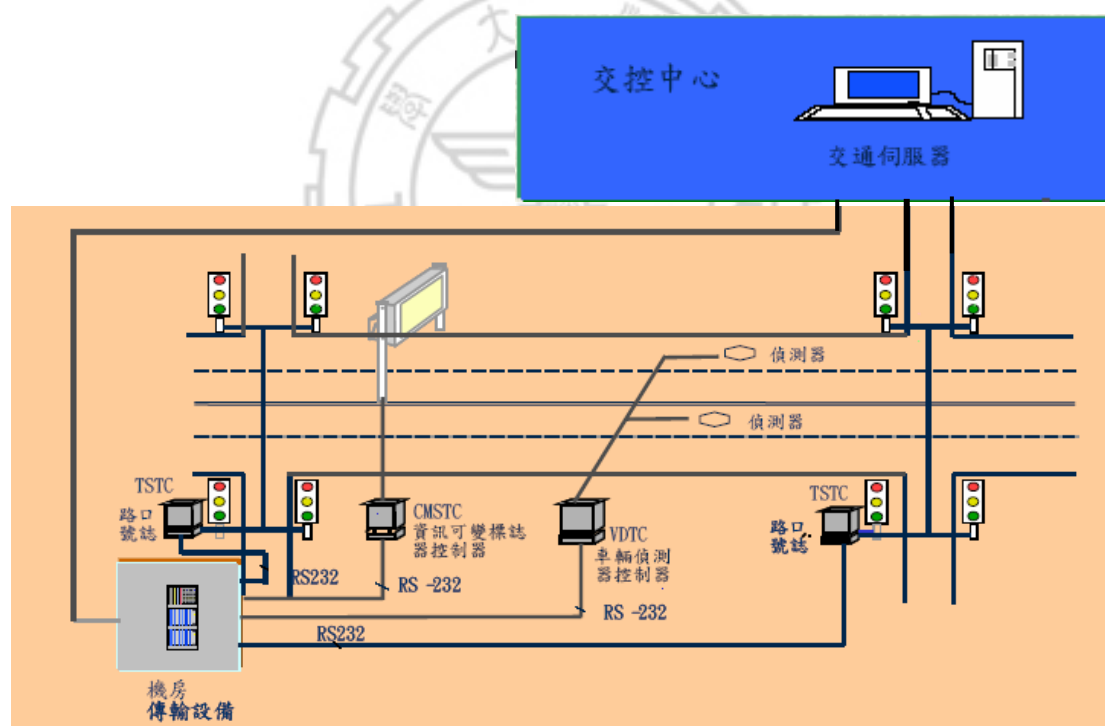
資料來源：【4】

2.3.2 北市都市交通現場設備之通訊量分析

台北市目前有許多的前端現場設備設備，其中大部分以輔助 ATMS、ATPS 及 ATIS 等服務項目為主，而最主要的功能在於資料蒐集、發佈或者輔助都市交通管理之用。另有在有關現場設備通訊協定方面，北市目前以交通部頒發的 92 年版都市交通控制系統通訊協定（目前以都市交通控制系統通訊協定 3.0 版稱之）為主，以下即對各現場設備之運行機制、通訊格式和資料量大小作一說明：

(一) 北市交通控制設施

其主要之現場設備（Traffic Signal Controller、VD、CMS）分述如下，而圖 2.3-4 為現今 ATMS 主要的控制流程示意圖。ATMS 裡所需的路側設施裡以路口號誌(Traffic Control)、路口偵測器(VD)、路口可變標誌(CMS)為主，其主要的流程是路口偵測器在第一線路口取得資料，接著透過線路傳回控制中心；控制中心依據現況資料或者過往資訊對都市路口進行交通控制管理，或是下達號誌控制器的命令，亦或傳達至資訊可變標誌的訊息。



資料來源：【2】

圖 2.3-4 目前交通控制各現場設備主要工作流程

1. 號誌控制器(Traffic Signal Controller)

號誌控制器目前在台北市總數約有 1700 組，每日正常使用約有 1300 組。其中以專線連接的數量約 1500 組，未連線之獨立運作部分約 200 組。其主要的功能有設定、顯示、紀錄、異常處理、狀態監視、連鎖、控制、診斷、自動回報、其他等功能。然就地區性而言，因各需求不同概可分為台北市、高雄市及其他縣市三種機型，台北市因其交通特性異於其他都市，故其控制功能增加調撥車道控制、公車專用車道觸動控制、高架快速道路下匝道號誌連鎖控制，觸動功能上增加行人觸動控制、左轉專用車道及支道觸動功能及異常狀況之運作需求；在模組單元方面，共分為電源供給單元、處理器單元、燈號驅動單元、故障偵測單元、面板顯示單元和通訊單元。

號誌控制器的通訊碼一共有107條，但除了表2.3-4 號誌控制器訊息碼說明的三條指令為常態需求，其餘皆為特定需求。因此其最大的極端上行通訊量為811 Byte、下行為975 Byte。

表 2.3-4 號誌控制器訊息碼說明

指令碼	指令用途	資訊欄 (Byte)	資料量(Byte) 【資訊欄+前後碼框】	傳送週期	發送端
0FH+04H	現場設備回報狀態	4	14	1min	現場
5FH+03H	主動回報步階轉換之資料	10	20	1s	現場
5FH+0FH	重複傳輸（回報） 路口號誌控制之 燈態狀態	5	15	1s	現場

資料來源：【11】

2. 車輛偵測器(Vehicle Detector)

車輛偵測器依其感應方式的不同大致可以分為幾種形式，而其選用一般主要考量之因素包括偵測性質、環境條件及準確度要求、外觀、造價等。台北市主要以環路線圈(Loop)、影像式和三合一的方式為最多，並且以 Loop 的感應最為普遍。環路線圈式車輛偵測器以金屬環路線圈埋設於路面下，利用路面材質為磁蕊，當車輛通過時，由於車輛之鐵材高導磁特性改變了線圈之電感量，經由電感量之變化便可測得車輛之存在。單一線圈可測出車道之流量及佔有率，而車輛通過兩組環路線圈之時間差則可求得車速及車長，再利用車長可判別車種，而其各類數量大致可以分為以下表 2.3-5：

表 2.3-5 車輛偵測器種類

VD總類	Loop (新&舊)	影像式	三合一	總和
數量	83	68	16	167
佈設地點	1.市區幹道(舊) 2.南港經貿園區&信義快速道路(新) 3.忠孝東路路段	1.市民高架橋 2.環東高架橋	1.洲美快速道路 2.信義快速道路	
偵測參數	車速、流量、密度(佔有率)			

資料來源：本研究整理

車輛偵測器主要負責蒐集蒐集車流特性資料，其包含感測器和終端控制器兩部分。車輛偵測終端控制器除銜接前端感測器外並負責車流資料的運算處理以及與交控中心的中央控制器作通訊連線，將所收集到之偵測資料即時或定時傳回交控中心之資料收集處理設施。車輛偵測器的通信訊息碼一共有 66 條，其最大的極端的上行通訊量為 597 Byte；極端下行為 522 Byte)，而其主要的指令碼說明如下表 2.3-6：

表 2.3-6 車輛偵測器指令碼

指令碼	指令用途	資訊欄 (Byte)	資料量(Byte) 【資訊欄+前後碼框】	傳送週期	發送端
0FH+04H	現場設備回報狀態	4	14	1min	現場
6FH+0FH	重複傳輸VD資料	18	28	1min	現場

資料來源：【11】

3. 資訊可變標誌(Changeable Message Sign)

目前台北市現行的資訊可變標誌一共有 41 組，主要是交控中心設置於道路側之終端控制器進行資訊之傳遞，將欲顯示的中英文資訊或簡單圖案顯示於標誌版上，而一般均設置於市區平面道路上、市區道路進入快速道路前及快速道路上。資訊可變標誌除了顯示前方路況資訊供用路人駕駛參考外，並可配合警示用閃爍警示燈提醒用路人調整其行車路線或採取因應的措施，且有助於道路之行車順暢。另資訊可變標誌亦可配合顯示道路交通安全政令宣導之資訊。

又其資訊可變標誌的通信訊息碼一共有 66 條，其最大的上行通訊量為 25041 Byte；下行為 25095 Byte，以下比表 2.3-7 為主要指令之說明：

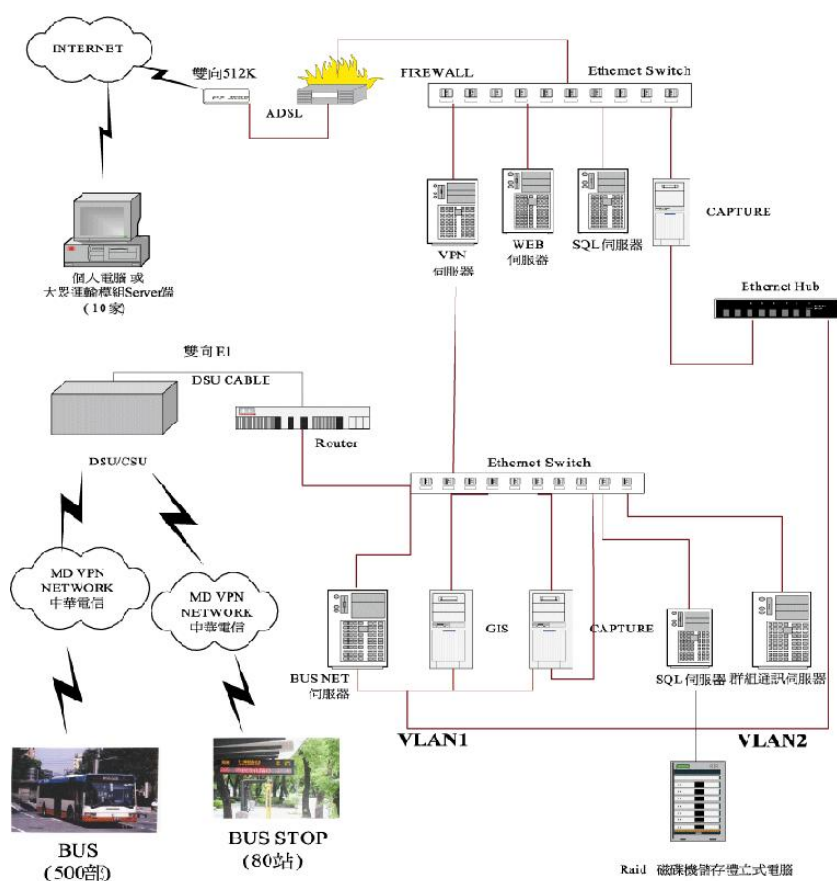
表 2.3-7 資訊可變標誌指令碼

指令碼	指令用途	資訊欄 (Byte)	資料量(Byte) 【資訊欄+前後碼框】	傳送週期	發送端
0FH+04H	現場設備回報狀態	4	14	1min	現場

資料來源：【11】

(二) 公車動態資訊顯示系統

公車動態是結合資訊和通訊以及車輛定位等先進技術的結果，由圖2.3-5公車動態架構圖說明系統業者透過通訊及定位技術得到公車的即時資訊，並且將此資訊彙整後傳給每一個智慧型公車站牌顯示給每一位正在等候的民眾，並且該資訊也可提供公車業者作為排班調度的依據，更甚縣市政府可以依此來作為績效評估考量，另外一般民眾也可透過網際網路得知公車路線、班表和行車位置等。公車動態主要又可以分為兩種最重要的前端設備，分別是移動定位車機和智慧型站牌。



資料來源：【11】

圖 2.3-5 公車動態架構圖

1. 車機

就車機而言，台北市目前有500台車機在公車上，其主要分為六項元件：無線通訊系統、車輛定位模組、擴充通訊埠、行車狀態顯示模組、緊急求援案件、電力系統。以下表2.3-8為車機傳輸格式：

在「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」所訂定的通訊協定中，訂定車機指令為39 Byte。而其傳送週期採90秒傳送一次。

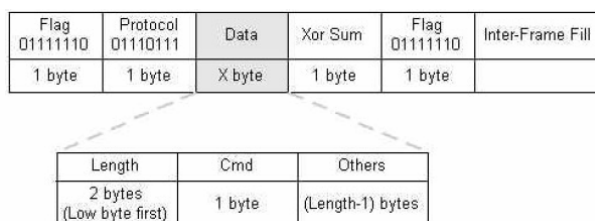
表 2.3-8 車機傳輸格式

Command	Data	Check Sum	說明
01	Cmp,LLI,X,Y,V,D	Sum(String) 資料長度 XX (Byte) 包括\$,*,逗點	1.01：訊息為各車輛之行車狀況 2.Cmp (String)：通訊業者代碼 (XXX, 3 byte) 3.LLI (String)：車輛 Modem 代碼 (XXXXXXXX, 8 byte) 4.X (String)：車輛經度座標 (XXX.XXXXX, 9 byte) 5.Y (String)：車輛緯度座標 (XX.XXXXX, 8 byte) 6.V (String)：車輛速度 (XXX, 3 byte) 7.D (String)：車輛方位角 (XXX, 3byte) << 各代號間請以 ", " 區隔 >>

資料來源：【11】

2. 智慧型站牌

智慧型站牌目前一共有80組其主要也可分為中央處理控制器、顯示控制器、電源控制器、站點位置顯示器、倒數計時顯示器及中文資訊顯示器等，而其最大的通訊量為264 Byte，傳送週期採10秒傳送一次。以下圖2.3-6智慧型站台封包格式示意圖：



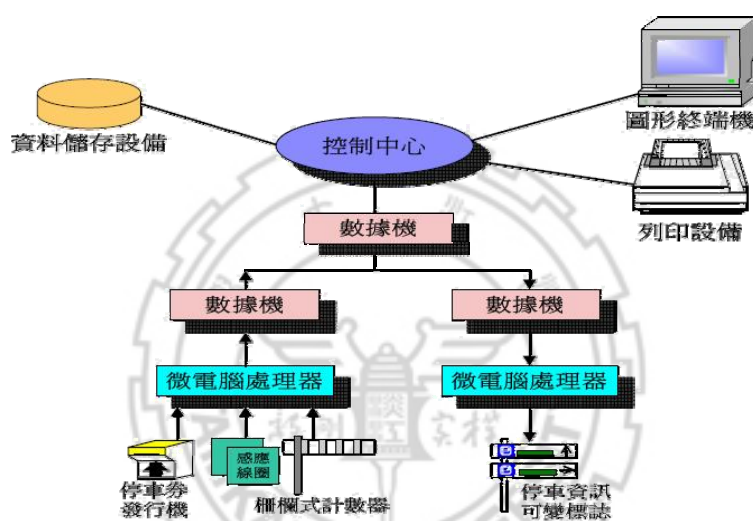
資料來源：【11】

圖 2.3-6 智慧型站台封包格式示意圖

(三) 停車資訊顯示系統

北市此類系統目前全集中在信義區，數量為 50 隻桿子含顯示面版，其又可分為靜態(3 組)和動態(47 組)兩種。桿子型態又可分為柱立式和懸臂式兩類，其動態顯示看板以周遭區域的六個停車場為主，顯示內容為各停車場剩於的車位格數，但某些顯示看板則是以周遭區域的停車場剩於格數做加總顯示，而目前此類傳輸亦尚無任何統一格式。

綜合上述對於目前現行各項現場設備，不僅為目前臺北市也為全國較為普遍之現場設備，針對這些現場設備進行統一彙整後，大致上計算資料傳輸量，如下表 2.3-9 所示。若同一時間所有的現場設施同時啟用，並依據上行和下行兩種狀況，其傳出的極端值即為選用何種無線技術之重要決策依據，但目前在停車資訊相關系統方面尚無統一的通訊格式，因此以下未填上之數據是為尚無確定之傳輸資料量。



資料來源：【11】

圖 2.3-6 停車資訊流程圖

表 2.3-9 各類交通資訊傳輸量概述

服務類別	項目	正常使用數量	極端上行	極端下行
交通控制設施	Traffic Controller	1300 組	1,054,300Byte	1,267,500Byte
	VD	167 組	99,699Byte	87,174Byte
	CMS	60 組	1,502,460Byte	1,505,700Byte
公車動態資訊系統	車機	500 組	19,500Byte	NA
	智慧型站牌	80 組	NA	158,400Byte
停車相關資訊系統	停車資訊顯示系統	47 組	NA	NA

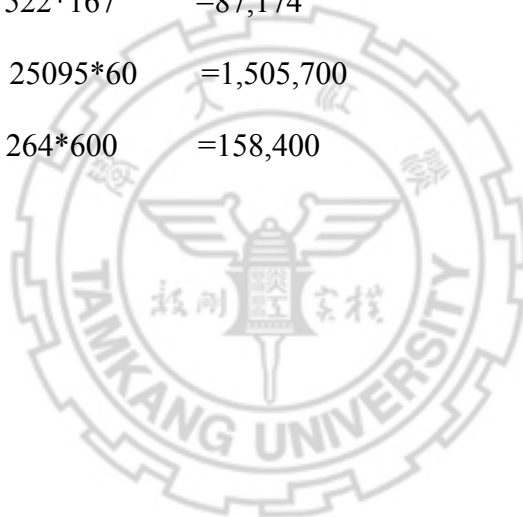
註 1：

極端上行：

- Traffic Controller : 811×1300 =1,054,300
- VD : 597×167 =99,699
- CMS : 25041×60 =1,502,460
- 車機 : 39×500 =19,500

極端下行：

- Traffic Controller : 975×1300 =1,267,500
- VD : 522×167 =87,174
- CMS : 25095×60 =1,505,700
- 智慧型站牌 : 264×600 =158,400



2.4 通訊網路評選相關文獻

不同通訊技術適用於不同需求的接收端上，而面對運輸領域上多元豐富的運具和用路人的交互關係，資訊交流和傳遞之工作便必須謹慎且循理之方式評選出最適之通訊技術系統，因此以下將蒐羅目前國內外之相關議題作一彙整和探討：

劉育儒(民國 85 年)曾針對台灣地小人稠，認為鼓勵使用大眾運輸系統是必須之政策，因此研究中指出定位與通訊是兩項基本而廣泛應用的技術，並以不同公車定位與通訊技術之組合方案進行評估分析。方案之評估首先需考慮不同定位與通訊技術的特性、實施環境因素、系統成本等，且以分析層級法為基礎擬定評估層級，並根據可行替選方案建立其評估架構，由專家學者所填答之問卷計算各評估準則之權重，再運用質化與量化多準則評估法建立評估模式，最後實例分析中並針對台北市與新竹市已有的示範計畫進行替選方案之評估與比較，以驗證評估架構的合理性，研究成果顯示本研究建立之定位與通訊技術評估法可以有效協助方案之評選工作。

吳欣易(民國 85 年)發現整個無線通訊網路規劃問題乃是由行動電話交換機房配置子問題、基地台配置子問題、功率控制子問題及頻道配置子問題等組成，為同時考慮這四種問題採用訊號對雜訊比、使用者需求及基地台容量等限制之下，並且設定為無限通訊網路之最佳規劃設計問題。此研究確認出建置一個無線通訊網路時所引進的主要成本，包括取得基地台的土地使用權及建置基地台的成本、行動電話交換機房的建置成本、連接基地台及交換機房的成本及在特定地區使用特定無線通信頻譜的權利金等。除此之外，還提出一個數學規劃的模型來決定最小建置成本的無線通信網路配置，並發展了數個以拉格蘭日鬆弛法為基礎的經驗法則解題程序，此包含了數個模組，分別是：行動電話交換機房配置、基地台配置與功率控制及頻道配置。

鐘世忠(民國 89 年)考量目前 ITS 九大服務中，對於前端路側設備蒐集資料，和中端資料交換，以及後端資料命令傳送並控制以達即時有效之管理，未來都將以無線網路為基礎下作為考量，因此以相關單位和服務之實際需求量以量化模式來評估不同通訊系統的傳輸量是否符合需求，並以決策支援系統最為往後之參考。另外此研究在 ITS 通訊的評選標準上，設定以穩定傳輸、完整涵蓋和合理收費為考量，並且在各服務形式的需求上整理模式如下：

◆ 總通訊需求 $D_{all} = \sum_i (每條路線 i 的通訊需求 D_a)$

$D_a = 每筆傳送封包大小 K * 單位時間平均傳輸次數 N_a$

$N_a = 傳輸頻率 F = S/L * BS 範圍內接受的車輛數 N_v = \left\lceil \frac{R}{\{T_p * S_r\} / r} \right\rceil + 1 * 2$

◆ 通訊系統通訊容量 $S_m = 資料傳輸速度 DR * 可供資料傳輸的頻道 C$

$S_t : S_m \geq D_{all}$ (最少的 $C = ?$)

If: $C \geq \text{MAX}\{m \text{ 系統的所能提供的頻道數} = \text{傳輸需求} / \text{系統傳輸頻率}\}$ then 此 m 系統不可行。

謝尚行(民國 91 年)以為智慧型運輸系統所涵蓋之範疇相當廣泛，往往會因為其應用範圍的不同，產生出不同的通訊需求，進而導致其所使用之通訊網路也會有所差異，若是無法對其應用特性評選出適當通訊網路，則會對系統整體的效能造成不良的影響。在國內之前的研究中，主要是以通訊需求為出發點，以模式構建的方式來進行各個通訊系統的中傳輸資料量與頻寬的分析，而後再以此來判斷各個通訊系統於不同路網特性的適用程度。但在此方法中無法將車輛於路網中的行駛特性納入考量，故此研究則提出以系統模擬的方式，針對大眾運輸車輛的行為來進行車輛行駛特性的分析，並以此為基礎探討資料於不同通訊網路服務下的傳輸行為，而後則以平均資料傳輸時間、阻斷率及跳站機率三者來進行各個通訊網路效能的評估。

鐘于婷(民國 93 年)之目的欲探討在不同通訊網路之特性、限制、成本等因素考量之前提下，如何選擇出適用之通訊網路以滿足不同種類交通資訊需求之傳遞。交通資訊分類為用路人普遍須即時獲得及個人化需求之資訊內容，前者為較具即時性之重要資訊，後者傾向具個人化性質，其分別利用網路群播及個人化互動型態方式傳送。此研究自 AHP 層級架構設計出專家問卷進行調查，藉此獲得選用各無線通訊網路適用時機之優先順序，可提供交通資訊服務業者於提供資訊應用服務時之參考。

王嘉宏(民國 93 年)面對通訊與資訊科技的大幅進步，認為通訊網路正在進行一個巨大的變革，要將電信網路與數據網路整合成一個單一的 All-IP 網路以支援所有網路應用服務。欲達到整合型網路的理想，仍有許多困難尚待克服，而服務品質問題是其中最關鍵的問題之一。此研究規劃概念是將網路規劃分成兩個階段。第一階段是在一筆給定的總預算底下，以成比例的方式去分配資源給各個不同等級，並建置網路上的頻寬，使各等級能依其需求拿到適當的頻寬，確保滿足程度相當。接下來第二階段則是在第一部份已完成的規劃基礎下，做路徑規劃，指派新進入的使用者到一條較好的路徑，在滿足此使用者的延遲時間要求下，使此系統的壅塞程度越小越好。

總結而論，以表 2.4-1 所示，在相關的設施通訊評選中使用許多不同的方法評估，其中以量化的數學規劃法佔多數。然而，在過往的文獻可以發現數學規劃的結果比較傾向方案既定後的執行規劃策略，相反另一種多準則決策則是傾向在許多不同方案下必須做出適當的決策過程。由此可知在方案少且已知的情形下，大部分數學規化法皆應用在最短路線求取或者最大利潤或服務的循環問題。在本研究中，方案不僅只有些許數個，面對未來的技術演進，本研究認為以多準則評估法評估最佳方案，將可同時考慮量化及質化問題，之後並可再針對此最佳方案做適當的數學規劃策略等，以提供各相關單位在評選無線網路通訊前的參考依據。

表 2.4-1 通訊系統評選文獻比較表

篇名	作者	方法	內容
市區公車定位與通訊技術系統評估之研究	劉育儒(1998)	多準則評選模式	AHP
無線通訊網路之規劃與管理	吳欣益 (1998)	數學規劃	以拉格蘭日鬆弛法為基礎的經驗解題程序
ITS 通訊協定-通訊網路評選模式之建立	鐘世忠(2000)	數學規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 總通訊需求 $D_{all} = \sum_i (\text{每條路線 } i \text{ 的通訊需求 } D_a)$ ● 通訊系統通訊容量 $S_m = \text{資料傳輸速度 } DR * \text{可供資料傳輸的頻道 } C$
智慧型運輸系統中無線通訊網路評選之研究-以先進大眾運輸系統	謝尚行(2002)	系統模擬	First：針對車輛特性分析模擬參數 Second：以平均資料傳輸時間、阻斷率、跳站機率為準則
應用路途中資訊內容傳送之無線網路評選	鐘于婷(2004)	多準則評選模式	AHP
數位網路上多重目標規劃的數學模式	王嘉宏 (2004)	數學規劃	兩階段求解

資料來源：本研究整理

2.5 多準則評選方法論相關文獻

在多準則評選方法論方面，Hwang及Yoon（1981）認為MADM為決策者在多個質化或量化的評估準則下，對一組有限、可數且數目不大的已知可行替代方案進行評估，以決定各替代方案之優劣或執行的優先順序，因此可知MADM常被使用在「選擇」或「評估」方案層面的問題。然而這些方案下的各個屬性的評估值不一定是量化的數值。不過，最終MADM還是必須將不是量化的評估值轉化為數量化的評估值才能進行分析（Buede及Maxwell，1995），而其最終方案的選擇是經由各評估屬性相互之間，和各方案同一評估屬性內相互比較而得來的。而這些比較則會包含清楚的或暗含的抵換（trade-offs）效果。

多屬性決策是屬於多評準決策（multiple criteria decision making，MCDM）領域的一個部分。多評準決策方法，起源於Koopmans所提出有效向量的觀念（Zeleny，1982），其從四十多年前發展至今，已有許多研究，及決策者將其應用於設計、選擇或評估方面的問題，而採用模糊化的MADM方法，主要是在環境中的資訊往往都充斥著模糊性，也就是不明確性，因此整合模糊理論MADM來增加其精確性。

曾國雄等（民國77年）指出廣義的多評準決策涵蓋多屬性效用、多目標與標的的規劃等問題處理的方法。多屬性效用乃根據各屬性形成綜合性目標，而以效用最大化來判斷；多目標規劃所關心的是達到預定標的的條件即屬多目標決策（multiple objective decision making，MODM）狹義的多評準決策是指在替代方案為已知的情形下，以多個準則為評估的依據，由決策者表達其偏好結構（preferences structure），然後求其非劣解（non-inferior solutions），或排定替代方案優劣順序（ordering）。相較於多屬性決策的問題而言，多目標決策方法所處理的方案並不是事先決定好的，主要是多於一個以上的目標函數，並由一組限制條件形成可行解區（feasible region），並藉由決策者偏好，以求得非劣解（noninferior solution）來產生出可行的方案。MADM則是透過各評估屬性相對重要性，來決定各方案中的最佳方案。

MADM有很多種，若依據決策者提供的資訊加以分類，可將MADM分為三大類（Yoon及Hwang，1995）：1.無法獲得決策者的偏好資訊，2.可獲得決策者對環境的偏好資訊，3.可獲得決策者對屬性的偏好資訊。Yoon及Hwang（1995）所提之MADM之分類圖，如圖2.5-1所示。除了Hwang及Yoon（1995）所列舉之十三種方法，另外，如多屬性效用理論（multiple attribute utility theory，MAUT）、灰色系統理論中之灰關聯分析，及模糊理論之模糊多屬性決策等，都是屬於MADM。

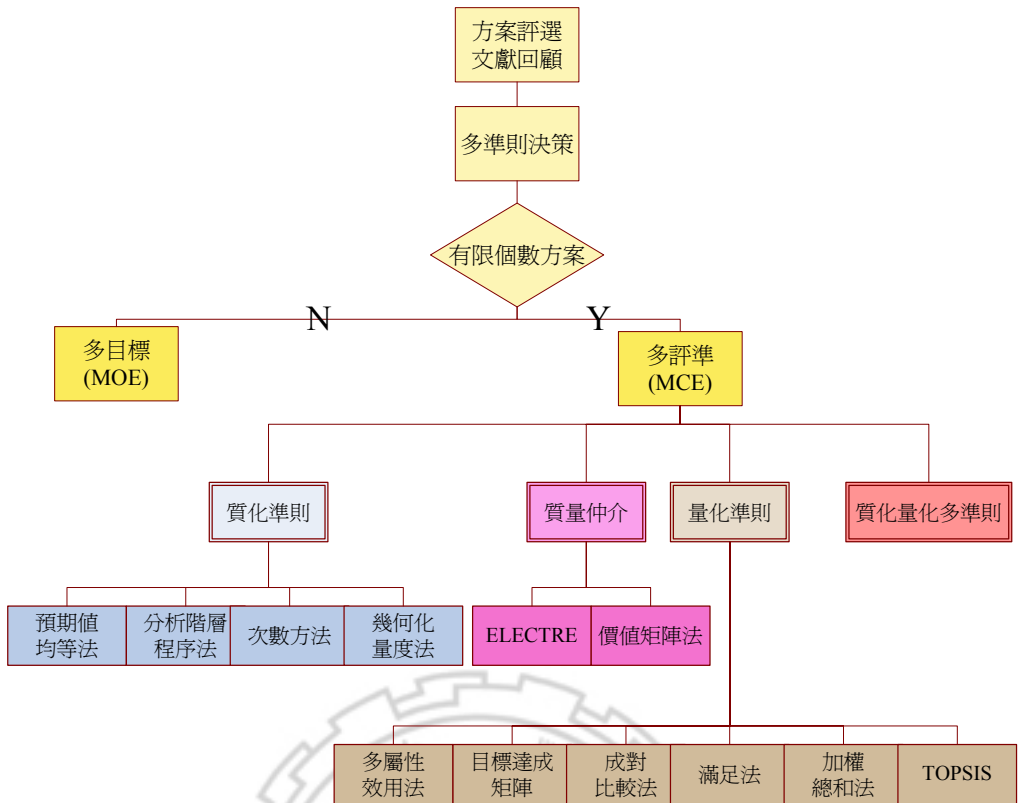


圖2.5-1 MADM分類圖

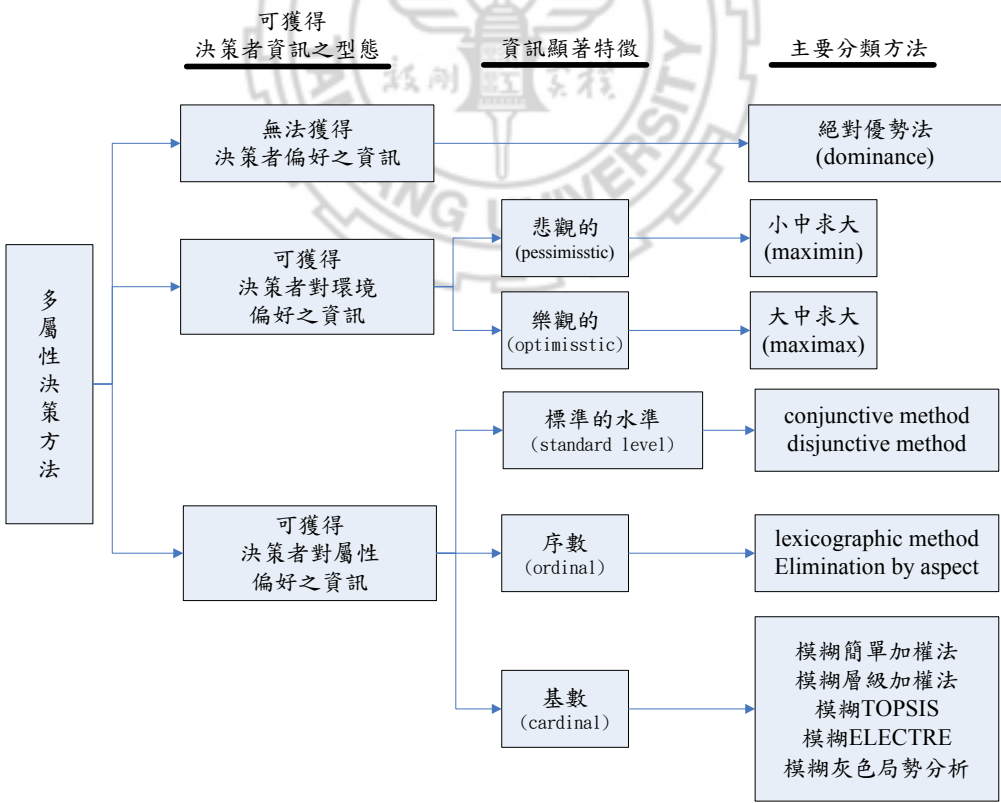


圖 2.5-2 多屬性決策分類圖

多評準決策多應用在各領域的評選問題上，而不同屬性的評估方法本為不同性質的問題而設計，但現實世界的問題卻是個同時具有質性和量化的特質，通訊網路評選亦是。面對通訊評選量化的傳輸率或者傳輸涵蓋範圍，或是質性資料傳輸安全性和系統成熟度等，不論以量化或是質性法評估都將有偏頗之餘。本研究在多準則評選的領域中發現，近來對於何種決策方式較適於何種評估問題較少有定論。

在表 2.5-1 中，過去研究比較了許多準則決策在同一基礎和環境下的比較，但卻缺乏在實務的經驗中獲得證實。本研究認為透過不同決策方法的評估和比較，將可以讓現場設備通訊網路評選更具有多方考量和增加最佳方案的的確認程度，因此本研究將採取不同屬性決策方法來評估通訊網路最佳方案。

表 2.5-1 多準則評選方法論文獻比較表

作者	篇名	方法	應用對象
Triantaphyllou, E and Lin, C. T.(1996)	Development and Evaluation of five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods	1.FWSM 2.FWPM 3.FAHP法 4.FRAHP法 5.FTOPSIS法	無
鄭博文(1997)	以競值模式比較四種多準則決策方法之比較-以醫院選擇為例	1.分析層級法 2.ELECTRE III 3.多準則效用理論 4.模糊多準則決策	醫院
陳忠平(2000)	多屬性決策方法之分析比較	1.TOPSIS 2.SAW 3.AHP 4.灰關聯 5.ELECTRE	淡海新市鎮
邱永德(2003)	多重品質特性實驗設計模式之建立	1.模糊TOPSIS 2.模糊灰色關聯	無
褚先忠(2003)	語意環境下製造彈性評估之研究	1.模糊評等方法 2.模糊排序方法	無
劉佳鑫(2004)	模擬多屬性決策方法之模擬分析比較	1.模糊簡單加權 2.模糊層級加權 3.模糊ELECTRE 4.模糊TOPSIS 5.模糊灰色局勢	電腦模擬

資料來源：【21】及本研究整理

第三章 研究方法

本章節主要介紹本研究所採用的準則篩選、權重訂定以及方案評估方法的步驟流程和內容。

3.1 指標篩選-灰色統計法

在準則指標篩選的方法上，有模糊德菲法、專家平均點法、灰色關連法和灰色統計法。就專家平均點法而言，此法求出的權重大小不具有客觀性，而就模糊德菲法而言，由於採平均數概念也較易受極端值的影響。本研究指標選取將採取能尊重大多數專家的意見的灰色統計法，因灰色統計評估值能透過白化函數的生成，且可消除平均數受極端值的影響（張有恆、陳星豪，民 87）。在本研究範圍裡由於不同的專家意見均受到相同的尊重，群體決策的結果與參與決策的專家直接產生，不再加上最終決策者的主觀感受。茲介紹灰色統計法如下：

灰色統計，以灰數的白化函數生成為基礎，將一些具體數據按某種灰數所描述之類別進行歸納整理。

令 i 表決策群體， $i = \{1, 2, 3, \dots, m\}$

令 j 表決策方案， $j = \{1, 2, 3, \dots, w\}$

令 k 表決策灰類， $k = \{1, 2, 3, \dots, n\}$

令 d_{ij} 表第 i 個決策群體對 j 個決策方案所提出的白化決策值，

其中 d_{ij} $\forall_i \in [1, 2, 3, \dots, m]$
 $\forall_j \in [1, 2, 3, \dots, w]$

灰色統計的任務是將按灰類作白化函數生成，以明確各決策群體對各決策方案所提出的白化決策值，從整體來說是屬於那幾類灰類。灰色統計法之操作，首先必須給定決策量白化值以及決策灰類的灰數與其白化函數，之後求出決策係數，再求出決策權，最後在決定決策行向量之後判斷灰數。以下為各操作步驟主要內容之定義說明：

Step1：給定白化決策值 d_{ij} ：

$$\text{由不同的 } i \text{ 與 } j \text{ 可得矩陣 } D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1w} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2w} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mw} \end{bmatrix}$$

Step2：給出決策灰類：

即設定決策灰類的灰數與其白化函數。

Step3：求決策係數 η_{jk} ：

令 P_i 為第 i 決策群體中的決策人數

令 f_k 為第 k 個灰類的白化函數

$f_k(d_{ij})$ 則為第 k 個灰類中，第 i 決策群體對第 j 個決策方案所提出的決策白化值。

令 η_{jk} 為第 j 個決策方案屬於第 k 個灰類的係數，則

$$\eta_{jk} = \sum_{i=1}^m f_k(d_{ij}) P_i \quad (3.1)$$

Step4 求決策權：

$$\begin{aligned} r_{jk} &= \frac{\eta_{jk}}{\eta_j} \\ \eta_j &= \sum_{k=1}^n \eta_{jk} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Step5 決定決策行向量 r_j ：

$$r_j = [r_{j1}, r_{j2}, \dots, r_{jn}]$$

r_j 表是第 j 個決策方案在不同決策灰數下的權重。

Step6 判斷灰數：

判斷灰量，若 r_j 中第 K^* 個權 r_{jk^*} 最大，即 $r_{jk^*} = \max_k(r_{jk})$ ，則第 j 個決策方案屬於第 K^* 個灰色決策類別。

3.2 權重訂定

在多屬性決策繁多的分析方法裡，屬性權重對方案的優劣順序常是具有舉足輕重的地位的，然而模糊多屬性決策分析裡，權重一樣有著決定性的地位，但是因為受模糊影響的關係，其權重的影響性將重新被估算，因為不同模糊型態將導致權重做出對方案排序不同的結果，因此，除了模糊型態很重要外，如何求得各屬性權重的討論亦格外的重要。屬性權重求算方式，可依權重是根據決策者的主觀意識求得或由評估矩陣量測值所求得，分成主觀權重或客觀權重（陳勁甫，民國78年；魏秋建，民國87年），及整合決策者之主觀權重及客觀權重而成的折衷權重（Hwang及Yoon，1981；陳勁甫，民國78年），如下圖3.2-1所示。主觀權重是依據決策者主觀認定的偏好而產生，其權重值較為穩定；而客觀權重則由實際的績效值求算出，因此當績效值有所變動時，權重值也可能隨之變動，具有不穩定性。

關於主觀權重的求算方法，除了由決策者直接給定外，許多學者先後發展出許多的方法，如：專家評估法、固有向量法、隨機權重法等，至於客觀權重部分則如：熵值權重法、灰關聯矩陣法等，以下節次將就權重求算方式的文獻做一介紹，屬性求算法整理如下圖3.2-1：

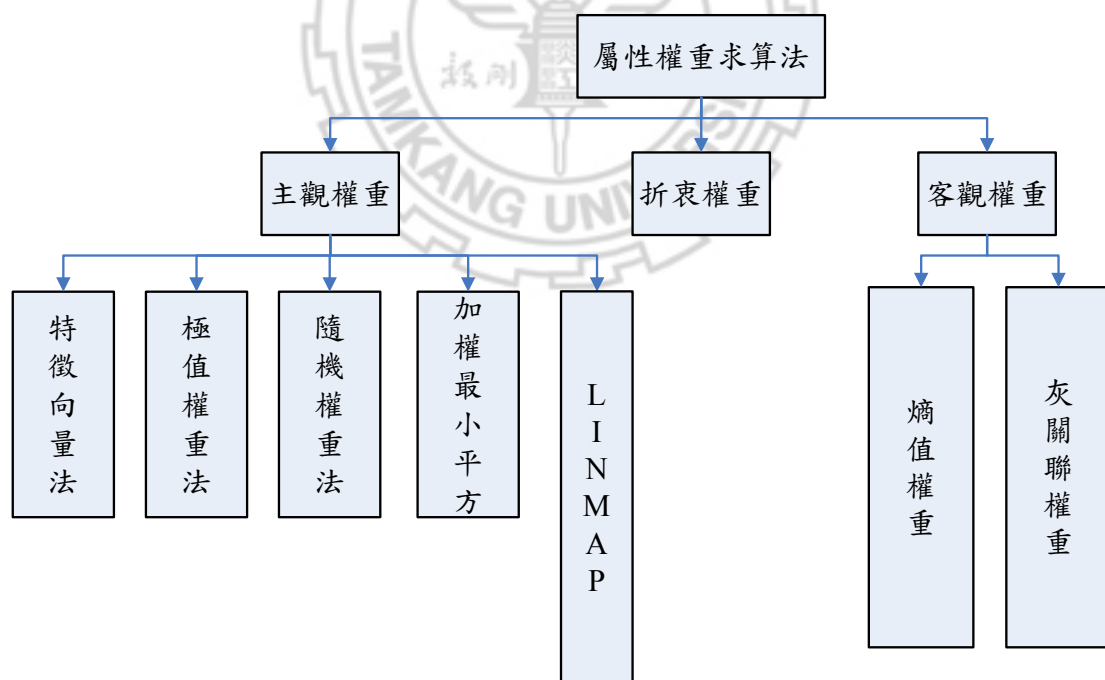


圖 3.2-1 屬性權重求算法

3.2.1 主觀 AHP 權重

主觀權重值的決定，除了由決策者直接給予之外，尚有下列幾種方法：

1. 特徵向量法 (eigenvector method)：

特徵向量法即AHP法求解成對比較矩陣的特徵值 (eigenvalue)，為Saaty (1980) 所提出，是求解各評估屬性的相對權重之方法。本方法主要經由決策者對兩兩屬性間之相對重要性進行成對比較。若決策情境中有 n 個評估屬性，則決策者共必須進行 $c(n, 2) = \frac{n(n-1)}{2}$ 次的成對比較，這些成對比較後的相對重要性容許有某一限度的不一致性 (inconsistence) 存在。

2. 極值權重法 (extreme weight approach)：

極值權重法為Paelinck (1976) 提出，此法主要精神是由決策者主觀根據屬性之重要性而給定權重值，且所有重要的屬性，其權重值皆相等，而不重要的屬性，其權重值則為零。

3. 隨機權重法 (random weight approach)

隨機權重法為利用隨機產生器 (random generator) 在兩限制條件下，產生屬性權重值。兩限制條件為：

- (1) 若屬性 i 至少與屬性 j 一樣重要，則屬性 i 的權重值大於等於屬性 j 的權重值。
- (2) 所有屬性權重值的總和為1。由於此法乃隨機產生，既無法代表決策者主觀意識對評估屬性相對重要性，亦不能反映評估決策問題的屬性客觀重要性。因此，在實際應用上此法實值得商榷，否則，將可能導致整個評估結果的嚴重偏差 (Voogd, 1983)。

4. 加權最小平方法 (weighted least square method)

加權最小平方法是由Chu等 (1979) 所提出求算屬性權重的方法，主要是對一組聯立線性方程式求解。本方法相較於Saaty (1980) 的固有向量法而言，有更容易理解及計算的優點 (Hwang及Yoon, 1981)。

5. LINMAP (linear programming techniques for multidimensional analysis of preference) 法：

LINMAP法是由Srinivasan及Shocker (1973) 所共同發展的屬性權重求算方式。其屬性權重的求算，首先定義決策者對各方案的強勢選擇順序 (force choice)，即決策者對方案進行成對比較，依其主觀偏好對方案 p 與方案 q 排出優劣順序組 (p, q) ，而 $\Omega = \{(p, q)\}$ 代表所有順序組所成的集合；若決策情況共有 n 個方案，則通常 Ω 有 $n(n-1)/2$ 個元素。而 Ω 中的每一順序組 (p, q) 即可衍生出一具有屬性權重 W_i 等式，根據所有順序組衍生的等式，構成一組聯立方程式，即可求算出各屬性權重。

傳統 A.H.P 決策方法有一嚴重的問題，即是將決策者主觀認定之數值或相對重要性之不確定性值，當作精確值來處理，由於每位決策者判斷出的權重必不相同，所以可以加入模糊數的概念來整合專家群體的意見。本研究擬以三角模糊的

概念來決定指標的模糊權重。

若 W_{hj} 為評估指標 j 的模糊權重， h 為決策人數，則：

$$W_{hj} = [LW_j, MW_j, UW_j], j = 1, 2, \dots, n$$

$$LW_j = \min\{W_{hj}\}, j$$

$$MW_j = \text{Ave}\{W_{hj}\}, j$$

$$UW_j = \max\{W_{hj}\}, j$$

其中，Min 為各決策者權重之最小值

Ave 為各決策者權重之平均值

Max 為各決策者權重之最大值

而模糊權重的隸屬函數可以圖 3-2-2 表示：

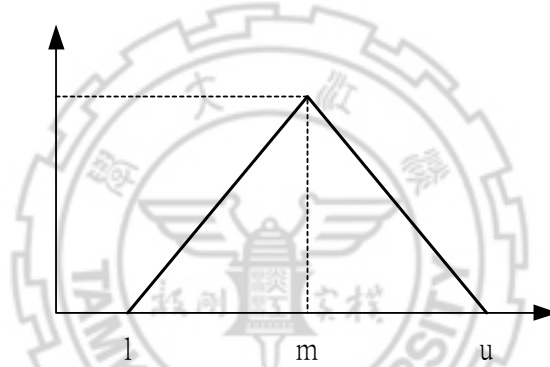


圖 3-2-2 指標權重的三角函數

$$u_w(W_j) = \begin{cases} 0 & , W_j \leq LW_j \\ \frac{W_j - LW_j}{MW_j - LW_j} & , LW_j \leq W_j \leq MW_j \\ 1 & , W_j = MW_j \\ \frac{UW_j - W_j}{UW_j - MW_j} & , MW_j \leq W_j \leq UW_j \\ 0 & , W_j \geq UW_j \end{cases}$$

藉由模糊數的應用，權重 W_j 所涵蓋的意義已包含所有可能狀況的全部，而非僅為某些特定的部份。

3.2.2 客觀熵權重

熵值權重法是客觀權重的主要求取方法（entropy method），是被用來求取各評估屬性權重的方法之一。熵權重法是由Shannon所提出的（Hwang及Yoon，1981），而經由Capocelli及De Luca（1973）和Nijkamp（1977）的提倡與應用而成為一重要的觀念，在灰色關聯分析中，也常看見有人使用。熵值權重法主要是利用熵值在資訊理論所代表的不確定性，來計算各評估屬性所能傳遞決策資訊的能力，求算出屬性間的相對權重。首先經由每一屬性對各方案之量測值所求算出的熵值，來說明該屬性對整個決策狀況所能傳遞之決策資訊的程度，此程度指的是傳遞決策資訊的不確定性。然後，再比較各屬性的熵值，計算出彼此間的相對重要性，即相對權重。由於熵值權重法所求算出的相對權重是利用各方案在各評估屬性下的評估值資訊所得到的，並未有決策者等人為主觀因素摻雜其中，故屬於客觀權重。在使用客觀之熵值權重進行多屬性決策相關之研究有Ko及Chen（1995）應用於評估傷害工人的不利條件，Tang等（1998）應用於共同基金績效表現的排名。

在客觀熵的求算步驟中，先求出和評估矩陣 X_{ij} 的接近程度 d_{ij} ，再將其轉化成發生機率 $P_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum d_{ij}}$ ，依其機率算出熵值 $e_{ij} = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$ ，再求算各準則間的相對客觀權重值 $\lambda_j = \frac{(1-e_{ij})}{(n-E)}$ 。

3.3.3 折衷權重

Hwang及Yoon（1981）提出折衷權重的觀念，就是整合上面提到的主觀權重法與客觀權重法而成，主要目的是讓這個方法所決定的屬性權重值，可同時考量決策者之主觀權重與客觀權重法。

陳勁甫（民國78年）使用折衷權重應用於捷運售票機之評選，認為其可折衷主觀權重與客觀權重間之差異，而確實降低了評估結果的偏差，故此方法的可靠度較主觀權重與客觀權重法高。其式如下：

$$w_j^o = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j w_j} \quad (3.3)$$

3.3 方案評選與比較

3.3.1 模糊理論

在現實世界中，許多決策是在其目標、限制及可能方案結果均不甚明確的情況下進行的，此種未來不確定性及複雜性的影響，唯有同時考慮模糊性的特性，才能正確地衡量目標達成的狀況。故 Zadeh 提出模糊集合理論(Fuzzy Set Theory)，以及 Bellman 與 Zadeh 提出模糊環境下的決策方法以來，應用模糊集合理論處理存在模糊現象及模糊準則之問題研究，常常應用在運輸問題、公共投資或方案選擇等問題。

以下對模糊理論中之模糊數的意義、語意變數處理、模糊數計算以及模糊綜合評判的排序相關意義分節說明。

模糊數為實數中的一模糊子集，係信賴區間概念的擴充(徐村和，1993)。依 Dubois and Prade 對模糊數的定義，模糊數具備下列的基本性質：

1. 模糊數 \tilde{A} 一模糊集，其隸屬函數 (Membership Function) 為

$u_{\tilde{A}}(x) : R \rightarrow [0,1]$ ，並具備以下特性：

1. $u_{\tilde{A}}(x)$ 為連續性
2. $u_{\tilde{A}}(x)$ 為一凸模糊子集
3. $u_{\tilde{A}}(x)$ 為正規化模糊子集，存在一個實數 x_0 ，使得 $u_{\tilde{A}}(x) = 1$

滿足以上三條件者稱為三角模糊數，如圖 3.3-1 所示。

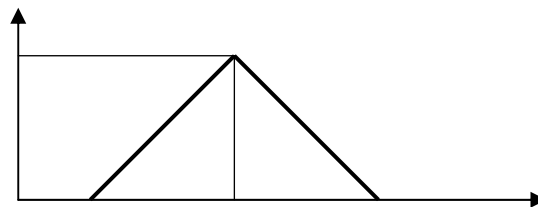


圖 3.3-1 三角模糊數

上述以圖形表示模糊數之方式雖然相當清楚，可是在實際應用上並不方便，因此一般皆以數學式來表示模糊數的特性。對任一模糊數 $u_{\tilde{A}} = (a, b, c, d)$ 皆具有下列四種特性：

1. $a \leq b \leq c \leq d$
2. $u_{\tilde{A}}(x) = 0$, 當 $x \in (\infty, a) \cup (d, \infty)$
3. $u_{\tilde{A}}$ 在 $[a, b]$ 間為連續且由 1 至 0 的嚴格遞增, $u_{\tilde{A}}$ 在 $[c, d]$ 間為連續且由 1 至 0 的嚴格遞減。
4. $u_{\tilde{A}}(x) = 1$, 當 $x \in [b, c]$

其數學式可表示為：

$$u_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{(x-d)}{(c-d)}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

由以上的分析可知，當 $b=c$ 時 $u_{\tilde{A}}$ 為三角模糊數，而當 $a=b=c=d$ 時，則 $u_{\tilde{A}}$ 為一明確的數值(Crisp Value)。依此概念，亦可推導其他型態的模糊數，而實際上應該採何種型態的模糊數，則應視問題的特性而定。而當決策人員所擁有的資訊愈少，此區間的距離也愈大，亦即此時愈模糊。

由於本研究僅應用三角模糊數的概念以及簡單的運算，故以下將僅針對三角模糊數的特性與運算進行說明。對任一三角模糊數 $u_{\tilde{A}}(x) = (l, m, u)$ ，依前述對模糊數的定義可知，其圖形與數學式可表示如下：

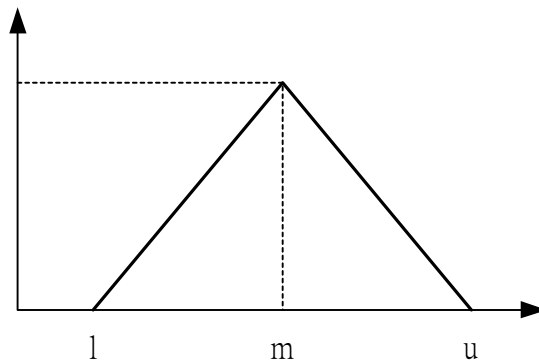


圖 3.3-2 三角模糊數 $u_{\tilde{A}}(x) = (l, m, u)$ 的隸屬函數

$$u_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (x-u)/(m-u), & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

依據三角模糊數的性質，以及 Zadeh 所提出的擴張原理，三角模糊數

$u_{\tilde{A}_1}(x) = (l_1, m_1, u_1)$ 與 $u_{\tilde{A}_2}(x) = (l_2, m_2, u_2)$ 的代數運算可以表示為：

1. 模糊數加法 \oplus (Laarhoven and Pedrycz, 1983)

$$(l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

2. 模糊數乘法 \odot

- a. (Laarhoven and Pedrycz, 1983)

$$(l_1, m_1, u_1) \odot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

- b. (Kaufmann, 1984)

對於任一實數 K ，

3. $K \odot u_{\tilde{A}}(x) = (K, K, K) \odot (l, m, u) = (Kl, Km, Ku)$

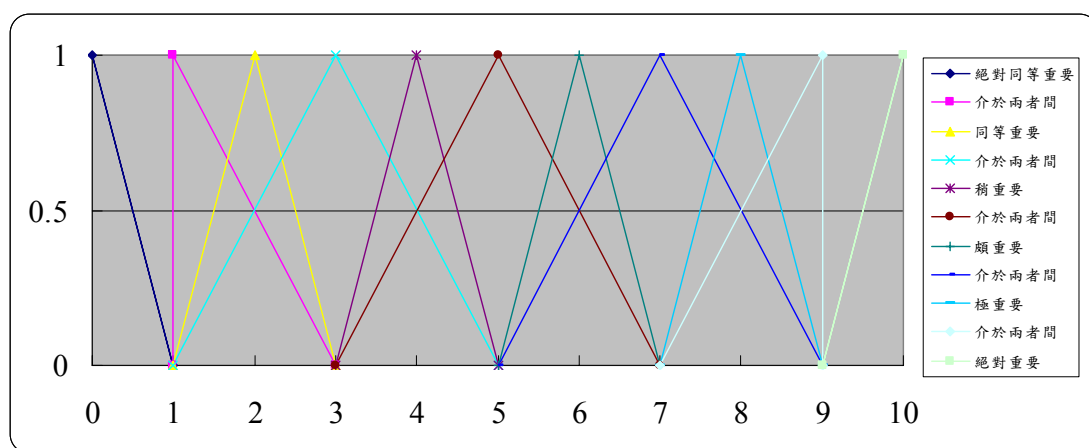
模糊數減法 \ominus (Kaufmann, 1984)

$$(l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$$

4. 模糊數除法 \oslash (Kaufmann, 1984)

$$(l_1, m_1, u_1) \oslash (l_2, m_2, u_2) = \left(\frac{l_1}{l_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{u_2} \right)$$

依 Zadeh 所言，對於太過複雜或難以定義的情況，傳統量化表示方法很難合理加以描述，故必須以語意變數(Linguistic Variable)的概念來處理。所謂語意變數是一個變數，其價值是以自然語言或人工語言來表示，亦即將人類自然語言或人工語言中的詞語視為變數值。例如在自然語言中，權重為一語意變數，其值可分為「絕對同等重要」、「同等重要」、「稍重要」、「頗重要」、「極重要」、「絕對重要」等詞語。這些語意值之隸屬函數可以三角函數來表示：如圖 3.3-3。



資料來源：【21】及本研究整理

圖 3.3-3 11 個等級語意變數的隸屬函數

語意變數，之使用在目前相當的廣泛。在本研究中，語意變數主要在進行決策人員語意排序的評估，並以此作為各準則績效值達成程度的衡量方法。而在其他用途上，亦可以語意變數評估各準則的重要性，甚至以隸屬函數為工具進行語意變數的數學化，對於非量化問題之處理有極大的助益。

表 3.3-1 語意變數

語意變數	正三角模糊數	語意變數	正三角模糊數
絕對同等重要	(1,0,1)	頗重要	(5,6,7)
介於兩者之間	(1,1,3)	介於兩者之間	(5,7,9)
同等重要	(1,2,3)	極重要	(7,8,9)
介於兩者之間	(1,3,5)	介於兩者之間	(7,9,9)
稍重要	(3,4,5)	絕對重要	(10,9,9)
介於兩者之間	(3,5,7)		

資料來源：本研究整理

3.3.2 質化法-模糊層級分析法(FAHP)

Buckley[Buckley, 1985,2001]認為層級分析法在準則評價上，無法適當的呈現評估者的主觀認知與判斷，因而將模糊理論與層級分析法相結合，提出模糊層級分析法，結合模糊理論解決主觀認知判斷的模糊性、以及層級分析法易於分析瞭解問題本質的優點，反映真實環境下決策分析所遭遇的問題。利用模糊層級分析法進行決策方案評選的步驟說明如下：

Step1：建立層級結構

假設K位專家，針對n 個方案 ($A_1, A_2, \wedge A_n$) 的層級結構，進行決策分析。

Step2：建立模糊正倒值矩陣

每位專家利用語意變數表達他對於兩個方案間相對重要性的評估值。這些語意變數可利用正三角模糊數 (PTFN) 來表達，如表3-3 所示。並建立模糊正倒值矩陣如下式(3.4)[Buckley, 1985]：

$$\bar{T}^k = \begin{bmatrix} \bar{T}_{ij}^k \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

其中 \bar{T}^k ：第 k 位專家的模糊正倒值矩陣值

\bar{T}_{ij}^k ：第 k 位專家 i 對於個方案相對於第 j 個方案的重要性比較值

$$\bar{T}_{ij}^k = 1, \quad \forall i=j$$

$$\bar{T}_{ji}^k = \frac{1}{\bar{T}_{ij}^k}, \quad \forall i,j = 1,2,\wedge,n$$

Step3：計算模糊權重

根據模糊正倒值矩陣，運用Csutora 與Buckley 所提出的Lambda-Max 方法 [Csutora and Buckley, 2001]，計算模糊層級分析的方案模糊權重值。計算步驟方式如下：

(一) 令 $\alpha=1$ ，利用 α -截集可求得第 k 位專家的明確值正倒值矩陣 $T_m^k = [t_{ijm}^k]_{n \times n}$ 。

利用層級分析法計算權重的方式，求權重矩陣 W_m^k ，其中 $W_m^k = [w_{im}^k]$ ， $i = 1,2,\wedge,n$ 。

(二) 令 $\alpha=0$ ，利用 α -截集得出第 k 位專家的下限正倒值矩陣與上限正倒值矩陣，分別為 $T_l^k = [t_{ijl}^k]_{n \times n}$ 及 $T_u^k = [t_{iju}^k]_{n \times n}$ 。利用層級分析法分別求得權重矩陣

W_l^k 及 W_u^k ，其中， $W_l^k = [w_{il}^k]$ ， $W_u^k = [w_{iu}^k]$ ， $i = 1,2,\wedge,n$ 。

(三) 確保所計算的權重值，為一模糊數，乃利用下式求取調整係數：

$$Q_l^k = \min \left\{ \frac{w_{im}^k}{w_{il}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (3.5)$$

$$Q_u^k = \max \left\{ \frac{w_{im}^k}{w_{iu}^k} \mid 1 \leq i \leq n \right\} \quad (3.6)$$

使用調整係數之後，計算每個方案之權重的下限與上限為：

$$\begin{aligned} w_{il}^{k*} &= Q_l^k w_{il}^k \\ w_{iu}^{k*} &= Q_u^k w_{iu}^k \end{aligned} \quad (3.7)$$

因而，可得

$$\begin{aligned} w_{il}^{k*} &= [w_{il}^k], \quad i=1,2,\wedge,n \\ w_{iu}^{k*} &= [w_{iu}^k], \quad i=1,2,\wedge,n \end{aligned} \quad (3.8)$$

Step4：群體意見整合

利用平均數方法整合多位專家的模糊權重值如式(3.9)：

$$\bar{w}_i = 1/k \left(\bar{w}_i^1 \oplus \bar{w}_i^2 \oplus \wedge \oplus \bar{w}_i^k \right) \quad (3.9)$$

其中， \bar{w}_i ：整合K位專家意見後第i個方案模糊權重值
 \bar{w}_i^k ：第k位專家對第i個方案的模糊權重值
K：專家總數

Step5：模糊排序

利用Chen[Chen,2000]所提出的解模糊化之公式，求得各方案的解模糊化值，並依此加以排序。計算公式如式(3.10)：

$$r_{w_i} = \frac{d^-(\bar{w}_i, 0)}{d^-(\bar{w}_i, 0) + d^*(\bar{w}_i, 1)}, \quad i=1,2,\dots,n, \quad 0 \leq r_{w_i} \leq 1$$

其中，
 r_{w_i} 表方案A_i的排序值

$$\begin{aligned} d^-(\bar{w}_i, 0) &= \sqrt{\frac{1}{3} \left[(\bar{w}_{il} - 0)^2 + (\bar{w}_{im} - 0)^2 + (\bar{w}_{iu} - 0)^2 \right]} \\ d^*(\bar{w}_i, 0) &= \sqrt{\frac{1}{3} \left[(\bar{w}_{il} - 1)^2 + (\bar{w}_{im} - 1)^2 + (\bar{w}_{iu} - 1)^2 \right]} \end{aligned} \quad (3.10)$$

當 r_{w_i} 愈大時，表方案A_i的排序愈優先。

3.3.2 量化法-模糊理想解類似度偏好順序評估法 (FTOPSIS)

TOPSIS法是由Hwang及Yoon (1981) 所發展出來的一種多屬性評估方法，之後經由Yoon (1987) 及Hwang (1993) 等的發展，使其理論更為豐富完整。TOPSIS法的基本觀念乃在於先界定理想解 (positive-ideal solution) 與負理想解 (negative-ideal solution)。所謂理想解是各替選方案效益面屬性之評估值最大，成本面屬性之評估值最小者；而負理想解是各替選方案效益面屬性之評估值最小，成本面屬性之評估值最大者。在選擇方案時，可由相對接近度來判定，是否距離理想解最近，而距離負理想解最遠。

TOPSIS法由於採用「理想解之相對接近值」的方法來排列各方案之優先順序，可以避免產生一方案距理想解最近又距負理想解最近，以及距理想解最遠又距負理想解最遠，而不知如何比較的缺點。依循原有的TOPSIS觀念，本研究係參考Triantaphyllou及Lin(1996)對TOPSIS改良的FTOPSIS，進行各個個案的評估，其進行之模糊化步驟如下：

Step1：可計算正規化模糊評估值

其向量正規化計算公式如式(3.11)：

$$r_{ij} = \left(\frac{n_{1ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_{1ij}^2}}, \frac{n_{2ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_{2ij}^2}}, \frac{n_{3ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_{3ij}^2}} \right), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.11)$$

其中： r_{ij} 為第i 方案在第j 屬性之原始評估值

Step2：計算加權模糊化後正規化評估值，如式(3.12)

$$v_{ij} = W_j r_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

其中： W_j 為第j 屬性的模糊權重值

Step3：決定模糊正理想解 A^* 與模糊負理想解 A^- ，如式 (3.13)

$$\begin{aligned} A^* &= \{ v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^* \}, \bar{v}_j^* = \max_i \tilde{v}_{ij}, \forall j \\ A^- &= \{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^- \}, \bar{v}_j^- = \max_i \tilde{v}_{ij}, \forall j \end{aligned} \quad (3.13)$$

Step4：計算各方案與模糊正理想解 A^* 與負理想解 A^- 之距離，如式(3.14)

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 \right]}$$

所以，

$$\text{與正理想解之間的距離為：} D_{ij}^* = d(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^*), \forall i, j$$

$$\text{與負理想解之間的距離為：} D_{ij}^- = d(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^-), \forall i, j \quad (3.14)$$

$$\text{第} i \text{個方案與} A^* \text{的距離：} S_i^* = \sum_{j=1}^n D_{ij}^*$$

$$\text{第} i \text{個方案與} A^- \text{的距離：} S_i^- = \sum_{j=1}^n D_{ij}^-$$

Step5：計算對模糊理想解之相對近似程度

利用Chen[Chen,2000]所提出的解模糊化之公式，求得各方案的解模糊化值，並依此加以排序。計算公式如式(3.15)：

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^* + S_i^-)}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

其 $0 \leq C_i^* \leq 1$ ，當 C_i^* 值愈接近1，則其方案與理想解 A^* 愈接近。

Step6：按照 C_i^* 值之大小排定方案之優劣順序，其值越大者，方案偏好程度越高，

其中 C_i^* 不必解模糊化即可辨別順序，但為了一致性，仍採重心解模糊化後再進行排序。

3.3.3 綜合法-質化量化多準則評估法(MEQQD)

此方法為荷蘭學者Voogd 於1983 年所提出，由於此方法不但可考慮質化準則（即無法量化準則），又可兼顧量化準則（即可以數量化的準則）。由於該法不但能考慮質化準則又能兼顧量化準則，對於目前規劃者所面臨的複雜評估問題適用性相當高。質化與量化多準則評估法處理的主要關鍵在於對優越程度量測函數、標準化函數及相對評估函數之假設，不同的函數型態假設，便構成方法上的差異，Voogd 提出相減加總法、相減間隔法、相加間隔法三種處理的技術。

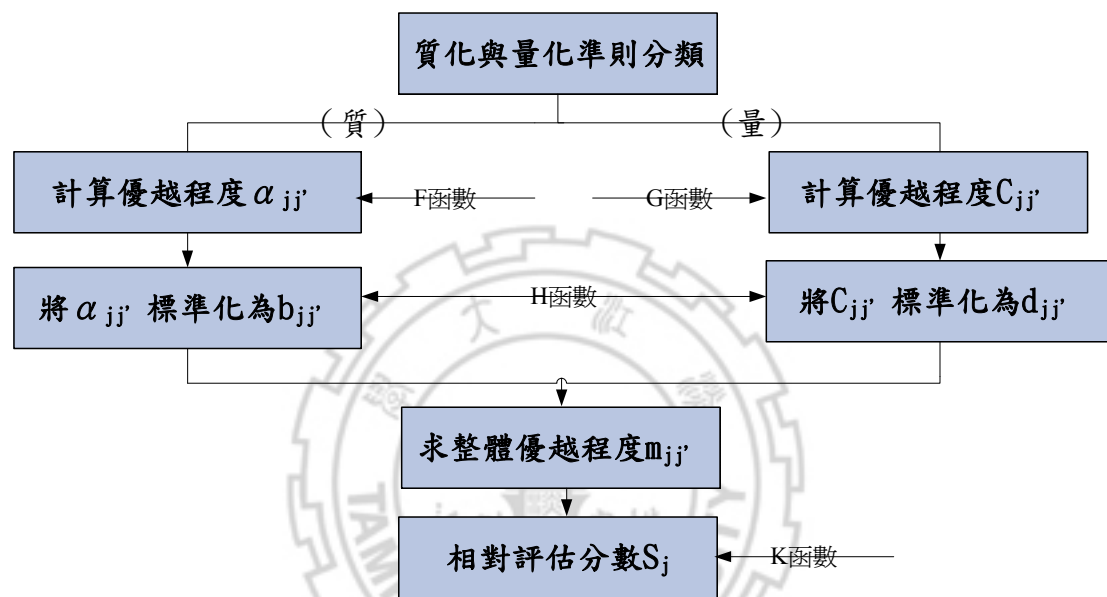


圖 3.3-4 質化量化準則評估流程圖

Step1：評估準則分類

為便於進行質化與量化多準則評估，首先須將評估準則中可量化者與不可量化者加以劃分，量化準則係指可量化之準則，而質化準則為不可量化之準則。將評估準則分成質化準則與量化準則兩類後，以O表示所有質化準則的集合，C表示所有量化準則的集合。

$O = \{ \text{所有質化準則的集合} \}$

$C = \{ \text{所有量化準則的集合} \}$

Step2：量化準則的標準化

在進行質化與量化多準則評估時，由於量化評估準則的衡量單位不同，為方便將量化評估值加以比較，因此必須將量化準則的分數（Criteria Score） e_{ij} 予以標準化，以便能轉換成相同的評量單位，其式如(3.16)。

$$\bar{e}_{ij} = \frac{e_{ij} - e_{i,\min}}{e_{i,\max} - e_{i,\min}} \quad (3.16)$$

Step3：優越程度的量測

將質化評估準則與量化評估準則分別處理，並量測質化準則方面，各方案之相對優越程度；與量化準則方面，各方案之相對優越程度。

(a)質化準則優越程度的量測：質化準則優越程度之F函數如式(3.17)，其中 $a_{jj'}$ 為質化準則，j方案優於j'方案，而r為尺度參數(scaling parameter)，規定為奇數，當準則可靠度很高時可取值為1。

$$a_{jj'} = F(e_{ij}, e_{ij'}, W_i), i \in O = \left\{ \left[\sum_i W_i (e_{ij} - e_{ij'}) \right]^{1/r} \right\} \quad (3.17)$$

(b)量化準則優越程度的量測：質化準則優越程度之G函數如式(3.18)，其中 $C_{jj'}$ 為量化準則，j方案優於j'方案，而r為尺度參數(scaling parameter)，規定為奇數，當準則可靠度很高時可取值為1。

$$C_{jj'} = G(e_{ij}, e_{ij'}, W_i), i \in C = \left\{ \left[\sum_i W_i (e_{ij} - e_{ij'}) \right]^{1/r} \right\} \quad (3.18)$$

Step4：兩個基本假設

其一為所有方案之評估分數的平均值為一常數，可設為0；其二是j方案對於j'而言，其整體的優越程度可表為兩方案評估分數之差。以上兩個基本假設之數學式，如式(3.19)、(3.20)：

$$(1) \frac{1}{J} \sum_j s_j = 0 \quad (3.19)$$

假設共有 J 個方案， S_j 為 j 方案之評估分數，則方案評估分數之平均值為一常數，可設為 0。

$$(2)m_{jj'} = K(s_j, s_{j'}) = s_j - s_{j'} = W_o b_{jj'} + W_c d_{jj'} \quad (3.20)$$

整體優越程度可表兩方案評估分數之差，其中

$$W_o = \sum_{i \in O} W_i, \quad W_c = \sum_{i \in C} W_i, \quad \text{且 } W_o + W_c = 1。$$

Step5：優越程度標準化

由於質化準則優越程度與量化準則優越程度之衡量尺度不同，在求方案J之評估分數 S_j 前，必須將質化準則優越程度與量化準則優越程度分別予以標準化。

(a)質化準則優越程度的標準化，如式(3.21)

$$b_{jj'} = H(a_{jj'}) = \frac{a_{jj'}}{\sum_j \sum_{j'} |a_{jj'}|} \quad (3.21)$$

(b)量化準則優越程度的標準化，如式(3.22)

$$d_{jj'} = H(C_{jj'}) = \frac{C_{jj'}}{\sum_j \sum_{j'} |C_{jj'}|} \quad (3.22)$$

Step6：求方案J之評估分數 S_j ，如式(3.23)

$$\sum_j m_{jj'} = \sum_j S_j - \sum_{j'} S_{j'} = JS_j - \sum_{j'} S_{j'} \quad (3.23)$$

$$(S_j = \frac{1}{J} \sum_j m_{jj'} + \frac{1}{J} \sum_{j'} S_{j'} = \frac{1}{J} \sum_j m_{jj'})$$

3.3.4 綜合法-模糊綜合評析(FSD)

在無線通訊網路系統績效評估中，各評估指標的模糊權重與模糊績效達成值，必須透過模糊數的運算加以整合，才能求得整體目標的模糊績效值，此即模糊綜合評判(Fuzzy Synthetic Decision)的過程。而一般對於模糊權重向量 W 與模糊績效達成矩陣 E 之模糊綜合評判矩陣 R 可表示為式(3.24)：

$$R=E \circ W \quad (3.24)$$

其中上述符號「 \circ 」表示包含模糊乘法與模糊加法之模糊運算。但因模糊乘法之運算甚為複雜，故通常以模糊乘積的近似乘積來代替，因此模糊綜合評判矩陣 R_i ，可以式(3.25)表示：

$$R_i = [LR_i, MR_i, UR_i], \forall i \quad (3.25)$$

$$LR_i = \sum_{j=1}^m (LE_{ij} \times LW_j)$$

$$MR_i = \sum_{j=1}^m (ME_{ij} \times MW_j)$$

$$UR_i = \sum_{j=1}^m (UE_{ij} \times UW_j)$$

其中：

UR_i ：三角模糊數之最大值

MR_i ：三角模糊數之平均值

LR_i ：三角模糊數之最小值

由於各方案之綜合評判結果乃為一模糊數，難以進行優劣比較，所以若要對各方案進行排序時，不能僅以數字作為此較，而必須以模糊排序的方法將所得到的模糊數進行非模糊(Defuzzification)方可。「重心法則」可使問題化繁為簡，同時無須加入決策的偏好，故本研究擬採用重心法則求取各方案之非模糊值。而關於模糊綜合評判 R_i 之非模糊值 DF_i ，可由下列公式(3.26)求得：

$$DF_i = [(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)] / 3 + LR_i, \forall i \quad (3.26)$$

其中， DF_i ：除模糊化值

3.3.5 綜合法-模糊灰色決策(FGRAY)

灰色系統理論是由大陸學者鄧聚龍教授於1982年所創，灰色系統理論是一門研究少數據、不確定性的科學，主要是對系統模型之不明確及資訊不完整之狀況下，將系統各個影響因子進行關聯分析及模型建構，並藉預測及決策分析來探討了解系統（鄭聚龍，2000）。

灰色系統理論能夠對事物的小樣本、少數據、不確定性、多變量輸入、離散數據和數據不完整作有效的處理，此為灰色理論的特點（鄭聚龍，2000）。灰色系統理論要研究少數據的原因之一是當數據太少時，不能夠成為有規律的分布，機率統計學無法完整的研究；此外，數據太少也無法獲得有效的經驗。一般傳統統計迴歸的研究方法需要大量的數據，且需做函數關係，變化因素亦不能太多，而灰色理論之研究方法則具有少數數據，就可以進行預測與決策。

灰色理論是一門極具有溝通社會科學和自然科學的學術理論，其應用領域亦相當廣泛：影像壓縮、通訊與計算機功能、氣象交通經濟及管理科學等方面都相當實用。

灰關聯分析在灰色理論中，是一種分析離散序列間相關程度的一種測量方法，傳統上的統計迴歸是處理變數與變數間關係的一種數學方法，但是這種方法存在下列幾個缺點：

1. 需要大量的數據。
2. 數據的分佈須為常態。
3. 變數不能太多。

因此有時無法求得答案。而灰關聯分析具有少數據及多變量的優點，以下針對灰關聯分析的步驟（江金山等人，1998；曹軍、胡萬義，1993）進行介紹。

Step1：將影響系統的關鍵因素以序列之式(3.27)

$$x_i = x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)$$

其中，i表方案數、k表準則數

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

(3.27)

Step2：差序列的計算

差序列就是將所有的序列與標準序列相減，並求取其絕對值後的數列，再選取所有序列中的最大值及最小值供後續計算所需，如式(3.28)：

$$\begin{aligned} x_0 &= x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k) \\ x_i &= x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k) \\ \text{其中, } x_0 &\text{表標準數列、} x_i \text{表一特定比較數列} \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ k &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (3.28)$$

其中，i表方案數、k表準則數

差序列：經 $\Delta_{oi} = |x_0(k) - x_i(k)|$ 的計算所得序列

Δ_{\max} ：經 Δ_{oi} 計算後所得到的各序列的最大值

Δ_{\min} ：經 Δ_{oi} 計算後所得到的各序列的最小值

Step3：辨識係數的計算

在灰關聯係數中，辨識係數 ζ 的功能主要是作背景值和待測物之間的對比， ζ 的大小可以根據實際的需要做適當的調整。 ζ 是介於0到1之間的任意實數，一般來說 ζ 值大多取在0.5（張偉哲等人，2000）。

Step4：灰關聯係數計算

灰關聯係數計算如式(3.29)：

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (3.29)$$

其中 $\zeta=0.5$ 。

Step5：灰關聯度計算

灰關聯度計算如式：

$$r(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k)) \quad (3.30)$$

Step6：灰關聯序計算

若 $r(x_0, x_i) \geq r(x_0, x_j)$ ，則稱 X_i 對 X_0 的關聯度大於 X_j 對 X_0 的關聯度，將m個比較序列對同一參考序列 X_0 的灰關聯度按大小順序排列，所組成的一個大小關係便稱為灰關聯序。

3.3.6 方案評估比較衡量準則

有關FMADM之衡量準則，其中前四個衡量準則為離散程度的指標，數值越小表示離散度越小越接近，而TOP與MATCH屬於一致性指標，數值越大表示一致性越高越接近，SRC屬於相關性指標，數值越大表示相關性越強越接近，其分述如下：

1. 排序結果的誤差均方（mean squared error，MSE）

本研究分別針對各種決策方法評估結果的排序結果求算其MSE來衡量其變異情形，此為離散度的衡量指標，其衡量值越小越好。其計算如式(3.31)：

$$MSE = \frac{\sum_{j=1}^m (n-1)s_{.j}^2}{n-m} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2}{n-m} \quad (3.31)$$

2. 排序結果的平均絕對誤差（mean absolute error，MAE）

另一種常用衡量變異情形的指標為MAE，此方法與MSE最大的差異在於MSE由於誤差需取平方，所以較易受大的預測誤差所影響，故本研究除採用MSE外，亦針對各種決策方法評估結果的權重與排序結果求算其MAE來衡量其變異情形，為另一衡量離散程度的準則，其衡量值亦越小越好。其計算如式(3.32)：

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |x_{ij} - \bar{x}|}{n} \quad (3.32)$$

3. 最佳方案之一致性（top rank matched count，TOP）

本研究分別比較各方法選取最佳方案的異同，如兩種方法所選取之最佳方案是相同的。則兩方法在選取最佳方案方面的結果是一致的，最後，綜合整理各方法選取最佳方案一致的次數，做一敘述性統計，計算最佳方案之一致性比例，以瞭解各方法選取最佳方案的差異情形，此為一致性衡量準則之一，其衡量值越大越好。

4. 排序結果相同之方案數（number of rank matched，MATCH%）

本研究，分別比較各方法最後排序的結果，做一敘述性統計，統計最後排序結果相同之方案數比例，排序結果完全相同則MATCH%=1，此為另一致性衡量準則，其衡量值亦越大越好。

5. Spearman 等級相關係數 (sperman's correlatin for rank, SRC)

本研究以Spearman等級相關係數檢定各方法之評估結果及同一方法使用不同之屬性權重，其分別所得之評估結果是否有顯著正相關性，其衡量質越大越好，SRC之求算公式(3.33)：

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3.33)$$

其中，等級相關係數 γ 介於-1 至1 之間，若 $\gamma=1$ ，則表示兩變數之等級差距完全一致，若 $\gamma = -1$ ，則表示兩變數之等級差距完全相反；最後，可利用 t 檢定來驗證求得之等級相關係數是否顯著，其公式如(3.34)：

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{N-2}}} \quad (3.34)$$

上述五種衡量準則，於本研究中，以0.05之顯著水準檢定各FMADM之評估結果，分別採前四樣離散指標數值的平均、TOP與MATCH衡量指標的平均及SRC指標，來分析各方法的接近度，並試著整理出規則，予決策者做參考。



第四章 研究設計

本章節說明研究設計內容，包括研究架構與資料處理流程、問卷設計、問卷發放方式。

4.1 研究設計及資料處理流程

根據文獻和專家之意見，且為衡量 ITS 現場設備評選無線通訊網路系統，本研究初步擬定之研究架構如圖 4.1-1 所示。由內往外，最外圓心層為主要的研究目的，替北市現場設備評選無線通訊網路最適合之方案。中間方角層為達成目標的評估衡量構面，分別為功能面、品質面、成本面和系統面。最外圍長方形層為衡量構面主要的質化與量化準則類別。針對本研究目的所初擬的方案大致可以分為三類：

無線行動通訊	無線區域/廣域網路	複合無線網路 (Mesh Network)
方案一：2.5G(GPRS) 方案二：3G(CDMA) 方案三：3.5G(WiBro)	方案四：WLAN(802.11 a/b/g) 方案五：WiMAX(802.16-2004)	方案六：雙網(2.5G/WLAN) 方案七：三網(2.5G/3G/WLAN) 方案八：四網(2.5G/3G/WLAN/WiMAX)

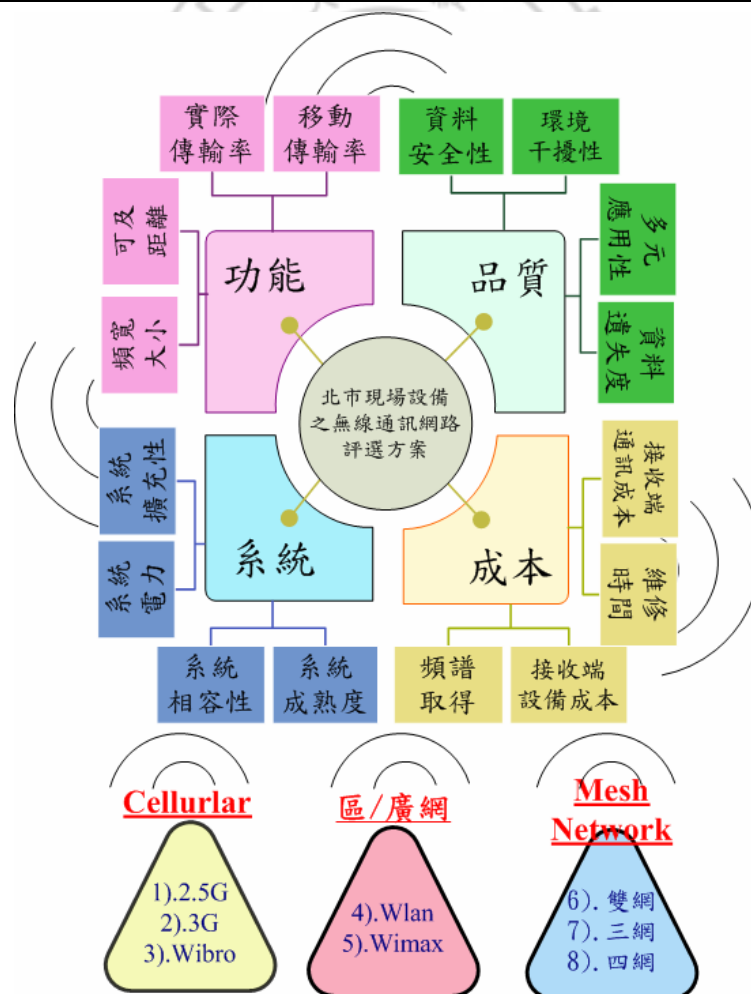


圖 4.1-1 研究架構

本研究經由文獻及專家之意見以功能、品質、成本和系統四構面為前提，並初擬北市現場設備無線通訊網路評選架構，爾後經由專家學者加以篩選並以灰色統計篩選出重要之指標。接著再透過權重之評估和計算質化及量化指標之績效值，最後再把權重值和各指標績效值以不同多準則方式作方案之評估。下圖 4.1-2 為本研究之資料流程處理。

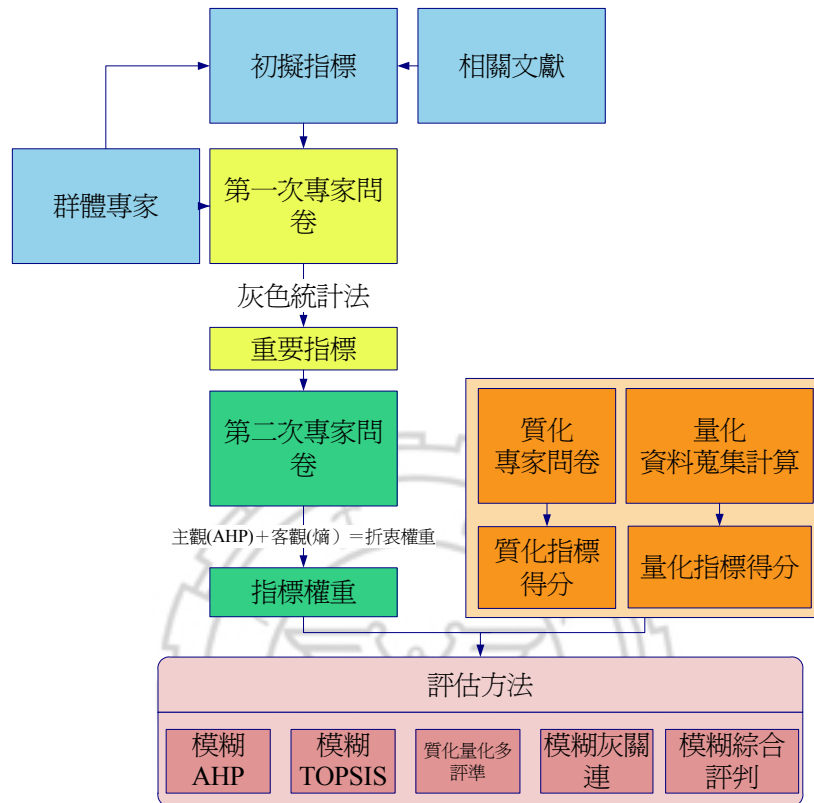


圖 4.1-2 資料流程處理

為達本研究之目的，依序設計兩階段問卷，分別為「第一階段-準則篩選問卷」及「第二階段-權重暨質化準則評估問卷」（參閱附錄一、二）。在第一階段的問卷中，由於各評估準則的適從性不一，有賴專家學者加以篩選，並將回收的問卷以灰色統計法篩選出最適準則。另外第二階段從第一階段專家篩選過後的準則，並建立出包括質化和量化之指標，其中量化指標績效值的部分經由本研究調查及資料蒐集而成。在專家參與方面如下表所示，在學術單位方面以北部擅長運輸管理、電信和資訊相關領域為主，另政府相關單位以相關單位之北市交工處、公車處和停管處等為主，而產業界以電信業者、ISP 網路業者和電子量測公司等，兩階段發放問卷方式以親訪和電子郵件為主。

領域	人數	專長及職位
學術單位	10 人	運輸管理、電信和資訊相關學系
政府相關單位	10 人	運研所、電信總局、北市交工處、公車處和停管處
產業界	10 人	電信業者（中華電信、遠傳、台灣大哥大等）、ISP 網路業者（安源等）、電子量測（NEC 等）

4.2 各構面及準則變數之操作定義

本研究擬以「功能」、「品質」、「成本」、「系統」四大層面來評估ITS現場設施之無線網路通訊系統評選。各層面之評估準則即其內涵說明如下：

(一) 功能層面(C1)：

主要強調一般最顯見的主要的效用，對於此一層面代表就是無線通訊技術最直接好壞與強弱的差別，而此層面皆為量化指標，分別有實際傳輸供需率(C11)、移動傳輸供需率(C12)、可傳輸之距離(C13)和頻寬(C14)，茲將介紹如下：

- 實際傳輸供需率(C11)：單位時間內，計量將資訊傳送到接收端皆為固定點的資料傳送速率，單位是位元每秒(bps)，其值越大代表傳送的信號越準確和傳送的資訊最多。本研究設定此準則為量化指標，若以 Cellur 的角度而言，其 2.5G 可達 171.2kbps 而實際大約只有 30~40kbps；又論 WLAN 和 WiMAX 的傳輸率，前者 54Mbps 而後者可達 75Mbps，但實際傳輸卻只有一半左右。另一新的 WiBro 方案其結合 HSDPA 技術和 802.16-e 規格，其傳輸率可高達 14Mbps。
- 移動傳輸供需率(C12)：傳送或接收端任一者為移動點的資料傳送速率，單位是位元每秒，其值越大代表一定速度下可傳輸的的資訊最多，但其又可將目前的移動速率大致分為三個等級，分別是固定式、人行狀態和車行狀態。又固定式其實亦為實際傳輸率，所以在此移動的傳輸皆以人行或車行的標準為規範。本研究設定此準則為量化指標，若以 Cellurlar 的 2.5G 或 3G 而言，因其本身為蜂巢式的傳輸模式，因此 2.5G 在人行的表現良好有 128k，3G 則可高達 384kbps；又以 WLAN 和 WiMAX 而論，因其本身設計本為固定點式，但基本上在單向實測中以人行和低速約 40kph 時尚可順利傳輸資料。至於 WiBro 方案本就為了提升移動性的傳輸率而考量誕生的新通訊結合方案，此役具有 14Mbps 的潛力。
- 可傳輸之距離(C13)：電波傳輸資料，因為功率大小和強弱以及空氣中訊號衰減，以致每一通訊技術皆有其電波最遠可以到達的距離。本研究設定此準則為量化指標，以 Cellur 而言較小，2.5G 和 3G 分別有 10km 和 15km 之遠；而 WLAN 和 WiMAX 則分別可達 100m 和 48 公里，但另一 WiBro 只有 5 公里之遠。
- 頻寬(C14)：頻寬亦即發射機和傳輸媒介的本質將傳輸信號侷限於某一頻率範圍稱之為傳送信號的頻寬，單位是週每秒或是赫(Hz)。本研究設定此準則為量化指標，又 2.5G 具有 0.2Hz 而 3G 和 WiBro 皆有 5Hz，另一 WLAN 和 WiMAX 則有 20Hz。

(二) 品質層面(C2)：

此層面皆代表的意義在於資料傳輸過程中的好壞狀態，而通訊技術會因此會造成系統不穩定或者斷訊等，但因難以量化因此本研究設定為質化指標，包括有資料安全性(C21)、環境干擾性(C22)、多元應用性(C23)和資料遺失性(C24)。

- 資料安全性(C21)：針對通訊安全而言，基本上包含「用戶身份的識別」、「訊息的完整性」、「訊息的機密性」與「不可否認性」等四項特性，因此對各系統的安全性以各專家提供的績效值處理。
- 環境干擾性(C22)：在執行環境中，對於各系統因為各介質穿透力的強弱判別。
- 多元應用性(C23)：各系統之額外附加功能，如語音、影像、定位等，對於現場設備可有更多的不同於現況的服務性質。
- 資料遺失性(C24)：各系統對於傳輸過程中，資料遺漏程度且回報過程之大小和快慢。

(三) 成本層面(C3)：

經濟成本的考量一直是評選上非常重要的一環，此層面亦因某些新技術尚未真正實行，而無詳實之數據資料。因此包括可量化的有接收端設備成本和接收端通訊成本，而頻譜取得成本和維護耗費成本則以質化指標處理之。

- 頻譜取得成本(C31)：電波的資訊交換在所謂的空氣中的頻段中完成，然而不同的頻段也正代表不同強度的電磁波，相對亦表示其空間是有限的，因此在某些頻段下為維護品質，因此也就受到管制的約束和必須付出一定的金額才能獲取執照使用權。根據調查以目前結束的 3G 系統執照爭霸戰，一共有五家公司分別為遠致電信(101.69 億)、聯邦電信(77 億)、台灣大哥大(102.81 億)、中華電信公司(101.79 億)、亞太行動寬頻公司(105.7 億)，大約為 70~100 億之間。而 WLAN 其使用的頻段為免費的 2.4Ghz，另 WiMAX 也正以如同 3G 模式的方式拍賣執照費用。
- 接收端設備成本(C32)：在現場設備接收無線訊號必須加裝無線接收器，然而接收不同的無線訊號所需的無線設備也略有差異，並其單位成本亦為重要的考量之一。以目前各通訊設備外接式的市面價格大約在 990~1000 元左右。

- 接收端通訊成本(C33)：通訊成本為相關單位必須考量的重要變動成本之一，其計算方式有依量定價或者以價但不限量方式進行。然而目前許多通訊ISP業者對於大量且長期的使用者皆推行每月固定價且不限量的”吃到飽”方案，像是2.5G每月以1000元不限量方式優惠，3G亦有750元不限量的方案，另WLAN則以每月399元不限量的低價方式，是其最主要的勝過其他通訊技術的關鍵。
- 維護耗費成本(C34)：維修成本大致上可以包括有維修所需的時間和財物成本兩方面，依其通訊技術不同所需的成本代價也不同，將依專家意見給予相對績效值。

(四) 系統層面(C4)：

系統代表整單一通訊技術整體的關聯性，因此其為質性指標，包括有系統相容性、系統成熟度、系統擴充性和系統電力。

- 系統相容性(C41)：此即代表不同通訊系統在不同頻段傳送時，其技術性的交換和給予的困難程度。
- 系統成熟度(C42)：目前各系統佈設基地台數和法律及ISP業者之經營規模大小，以及系統整體的完整性。
- 系統擴充性(C43)：未來系統的潛力和現場設備增加是否會造成各系統負擔的嚴重程度。
- 系統電力(C44)：對於各系統在使用中時，所必須消耗的電力之程度多寡，其影響現場設備是否需要額外提供電力支援。

綜上而論，彙整各資訊如下表4.2-1所示：

表 4.2-1 各方案準則特性總彙整表

方案	A1	A2			A3		A4	A5
說明	2.5G(GPRS)	3G(CDMA)			WiBro(HSDPA+802.16-2005)		WLAN	WiMAX
規格	GPRS	WCDMA(FDD)	CDMA2000	TDSCDMA	HSDPA/ HSUPA	802.16-2005(e)	802.11 a/b/g	802.16-2004 (a,b,c,d)
描述	General Packet Radio Service	Wideband Code Division Multiple Access(Frequency Division Duplex)	Code Division Multiple Access 2000	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access	High-speed Downlink Packet Access/High-speed Uplink Packet Access	Wireless Metropolitan Area Network	Wireless Local Area Network	Wireless Metropolitan Area Network
地理	全世界(韓日除外)	日、歐	美、南韓	中	日、韓、歐	全世界	全世界	全世界
商業化年	2001	日 2002、歐 2004	2003	2005 後	D:2006 ; U2007	2006~2007 (Mobil)	1999~2002	2005~2006 (Fix)
多工存取技術	TDMA	CDMA	CDMA	TDMA/CDMA	TDMA/ CDMA	OFDMA	CSMA-CA	TDMA
主要服務	High-mobility cellular(packet switched data)	High-mobility cellular(voice , SMS , packet&circuit switched data)	Fixed&mobile data	High-mobility data&voice	High-mobility cellular ; High speed packet data	last mile,backhaul,mobile broadband wireless access	Low-mobility data	last mile,backhaul,mobile broadband wireless access
資料交換	packet switched	circuit & packet switched	Packet switched	circuit & packet switched	Packet switched	Packet switched	Packet switched	Packet switched
標準發展單位	3GPP	3GPP	3GPP	3GPP/CCSA	3GPP	IEEE	IEEE	IEEE

表 4.2-1 各方案準則特性總彙整表 (續)

方案	A1	A2			A3		A4	A5
說明	2.5G(GPRS)	3G(CDMA)			WiBro(HSDPA+802.16-2005)		WLAN	WiMAX
頻段	850~900~1800~1900 Mhz	2000Mhz			1800~1900Mhz	2.5Ghz(mobil)	2.4GHz/5Ghz	3.5Ghz(Fix)
Data Rate	171.2kbps(21.4kbps with 8 slots)	2Mbps			14Mbps		11Mbps/54Mbps	75Mbps
Throughput	30~40kbps	384kbps			7mbps		27Mbps	35Mbps
Distance	10km	15km			1~5km		100m	48km
頻寬	200khz	5Mhz	1.6Mhz	5Mhz	5Mhz	1.25,5,10,20 (Mobil)	10/20/25/30Mhz	1.25~20Mhz (Fix)
頻譜取得成本	70 億~100 億元/家	70 億~100 億元/家			70 億~100 億元/家		0	70 億~100 億元/家
接收端設備成本	1000	990			990		1000	1000
接收端通訊成本	1000	750			750		399	500
系統電力	0.5~1W	0.8~1W			0.5~1W		0.4~0.1W	0.4~0.1W
安全性	佳	佳			佳		尚可	尚可
技術可行性	佳	可			測試中		測試中	佳

資料來源：本研究整理

4.3 通訊網路評選指標篩選

指標的篩選為評估過程重要的決定性指標，本研究選定產官學相關重要專家提供專業寶貴意見及績效資訊，如圖 4.3-1 所示。在所得的專家指標篩選績效值後，應用灰色統計法且依據六個等級(Chen & Hwang, 1992)，見圖 4.3-2，將專家回應值轉化成重要程度敘述。

圖 4.3-1 第一階段-準則篩選回覆統計圖表

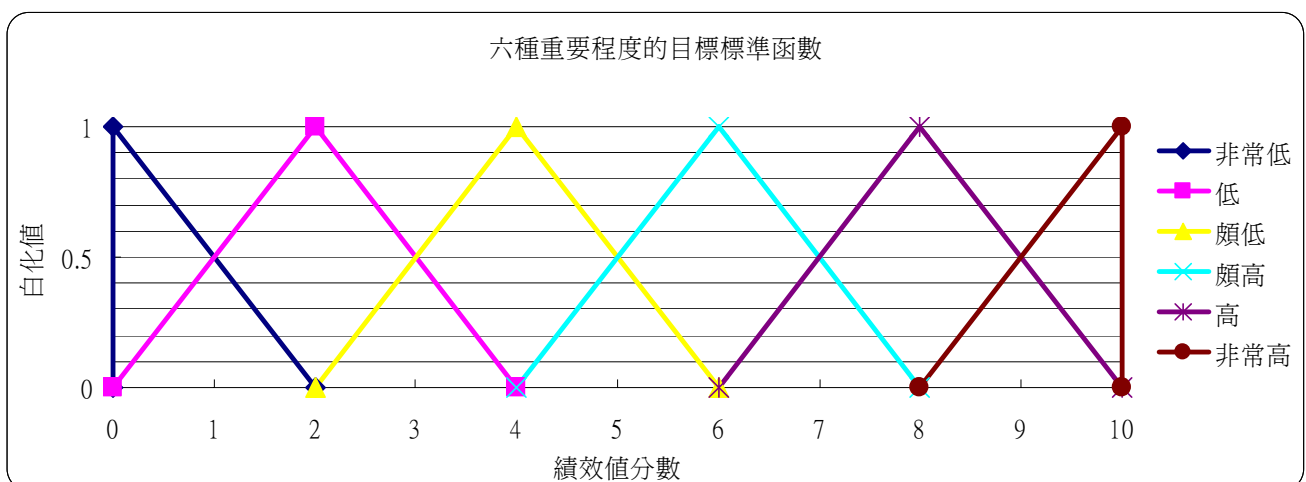
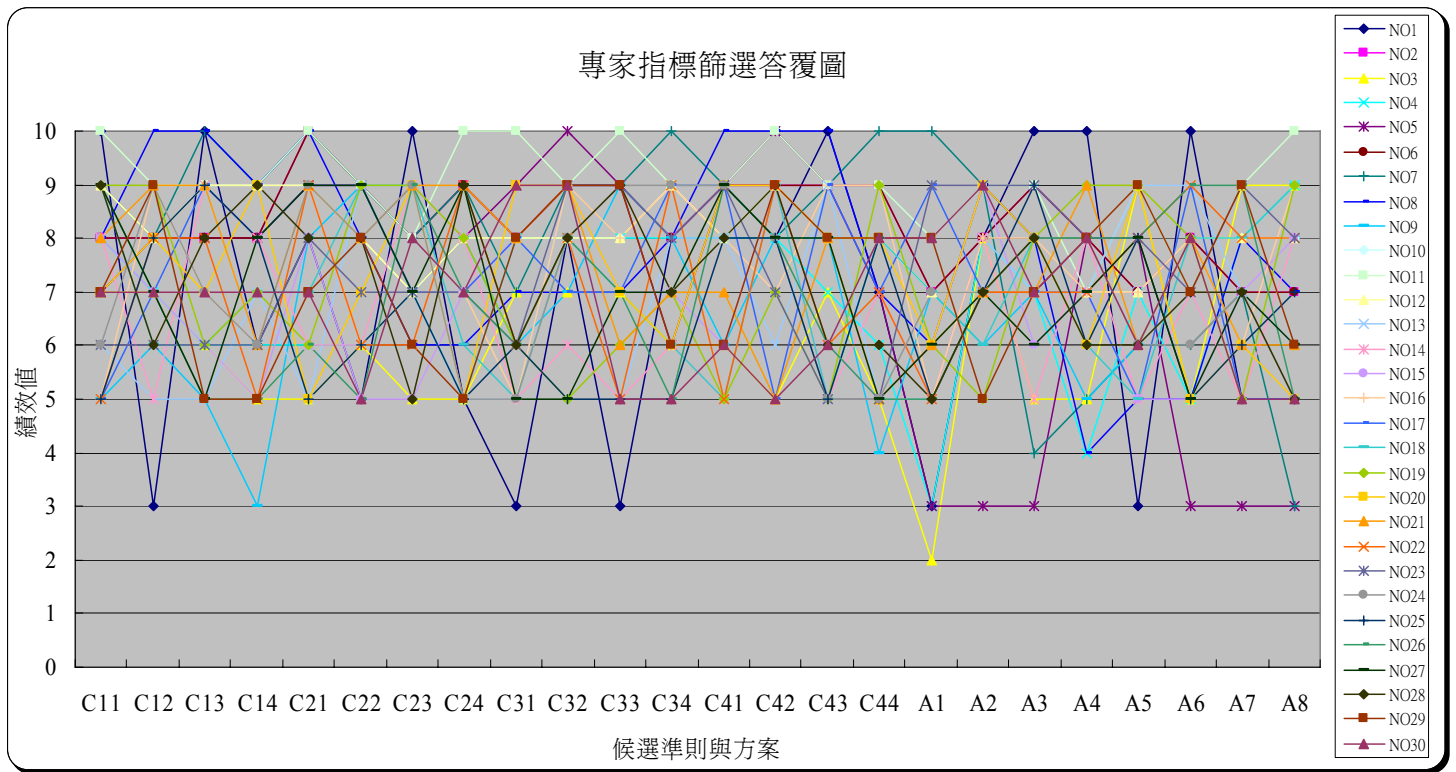


圖 4.3-2 灰色統計六個重要程度的目標標準函數

在計算灰色統計績效值後，如表 4.3-1，判定灰色統計績效值取最大者為依據，並參照其六個灰色統計為重要函數，而本研究初擬指標的結果皆相同，並績效值為”高”的重要的函數。雖 A1 方案(GPRS)的灰色統計值為”頗高”，較其他方案為低，但還在可接受範圍內，因此在第一階段的指標篩選過程中呈現一致性”高”的灰色統計值。其準則篩選大致結果趨勢如圖 4.3-3，而方案篩選如圖 4.3-4。

表 4.3-1 灰色統計計算值表

構面	準則	說明	灰色統計值							判灰 統值	是否 選定
			非常高	高	頗高	頗低	低	非常低	Max		
功能面 (C1)	C11	實際傳輸供需率	6	13.5	8	2.5	0	0	13.5	高	✓
	C12	移動傳輸供需率	4	15.5	8.5	1.5	0.5	0	15.5	高	✓
	C13	可傳輸之距離	6.5	10.5	10.5	2.5	0	0	10.5	高	✓
	C14	頻寬	3.5	12.5	10.5	3	0.5	0	12.5	高	✓
品質面 (C2)	C21	資料安全性	9.5	11	7.5	2	0	0	11	高	✓
	C22	環境干擾性	5.5	13.5	9	2	0	0	13.5	高	✓
	C23	多元應用性	4.5	14	10	1.5	0	0	14	高	✓
	C24	資料遺失性	4.5	12.5	9	4	0	0	12.5	高	✓
成本面 (C3)	C31	頻譜取得成本	2.5	12	11.5	3.5	0.5	0	12	高	✓
	C32	接收端設備成本	7	17	4.5	1.5	0	0	17	高	✓
	C33	接收端通訊成本	5.5	12.5	8.5	3	0.5	0	12.5	高	✓
	C34	維護耗費成本	4.5	14	10	1.5	0	0	14	高	✓
系統面 (C4)	C41	系統相容性	6.5	14	7.5	2	0	0	14	高	✓
	C42	系統成熟度	8.5	15	4.5	2	0	0	15	高	✓
	C43	系統擴充性	6	12	9	3	0	0	12	高	✓
	C44	系統電力	3.5	12.5	9	5	0	0	12.5	高	✓
方案	A1	2.5G(GPRS)	2	7.5	13	5	2.5	0	13	頗高	✓
	A2	3G(CDMA)	3.5	16.5	8	1.5	0.5	0	16.5	高	✓
	A3	WiBro(HSPFA+802.16e)	3.5	15.5	8	2.5	0.5	0	15.5	高	✓
	A4	WLAN(802.11a/b/g)	2	14.5	10	3.5	0	0	14.5	高	✓
	A5	WiMAX(802.16-2004)	3	12	11.5	3	0.5	0	12	高	✓
	A6	2.5G/WLAN	3	14.5	8	4	0.5	0	14.5	高	✓
	A7	2.5G/3G/WLAN	2.5	13.5	10.5	3	0.5	0	13.5	高	✓
	A8	2.5G/3G/WLAN/WiMAX	3.5	11.5	9.5	4.5	1	0	11.5	高	✓

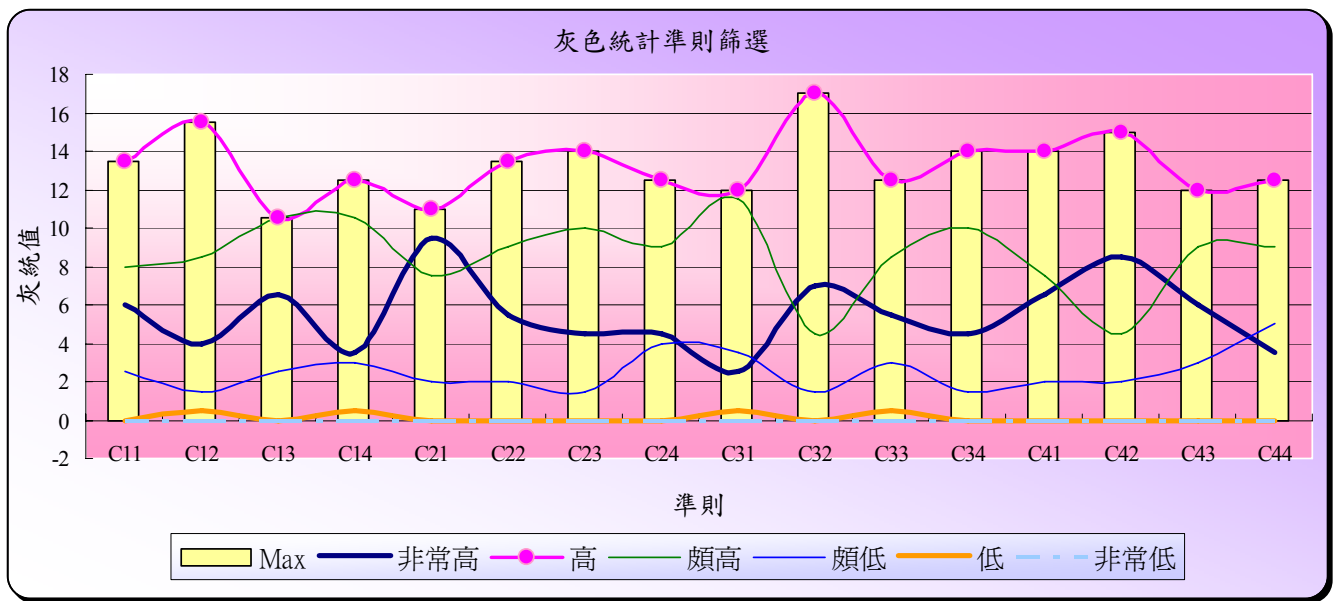


圖 4.3-3 灰色統計準則篩選

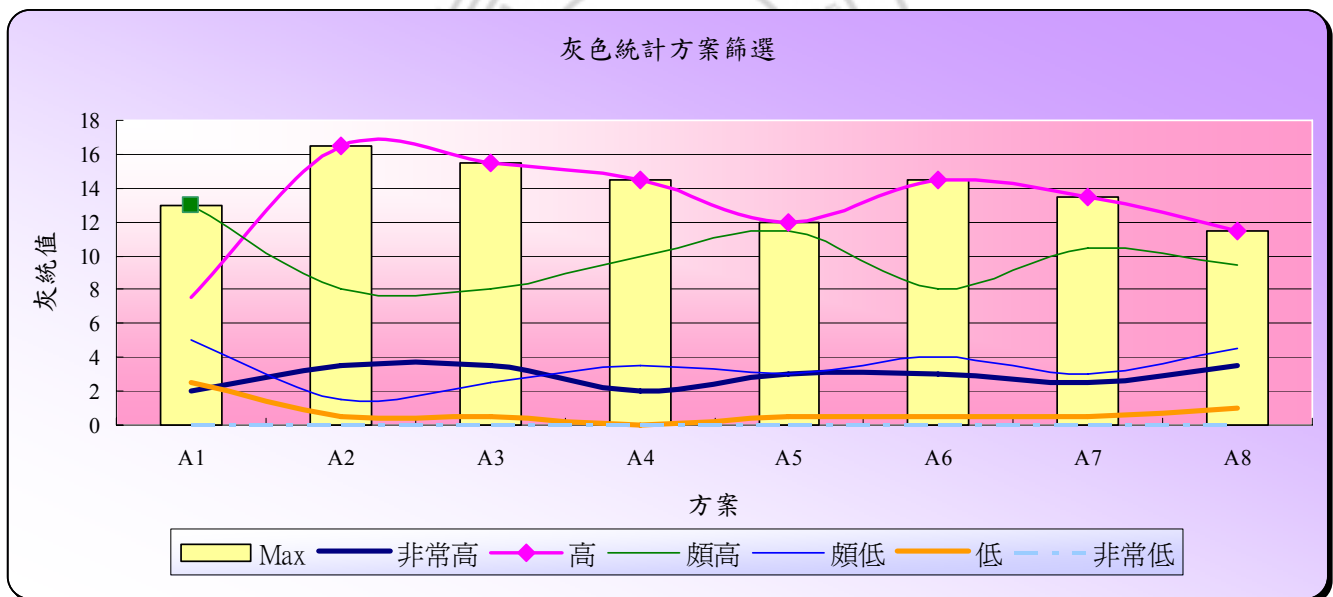


圖 4.3-4 灰色統計方案篩選

4.4 準則權重之建立

評估方法最需要的兩個基本元素分別是個別準則的績效值，另一即是權重的建立，而本研究同時注重主觀權重和客觀權重，並將兩者轉化成一致的折衷權重，茲將介紹如下：

4.4.1 主觀權重

本研究透過 AHP 方法展現決策專家主觀對於準則的重要程度，如表 4.4-1 所示。學者專家在構面方面以成本>系統>功能>品質為排序，另相關管理單位以成本>功能>品質>系統為其重要排序，而產業界順序則以功能>成本>品質>系統，最後整體而言以成本>功能>系統>品質，此亦最為接近相關單位的優先順序。

表 4.4-1 各產官學主觀權重值

準則/構面	說明	質/量	Mean				Low				Upper			
			學	官	產	平均	學	官	產	平均	學	官	產	平均
C11	實際傳輸供需率	量	0.4155	0.32	0.325	0.388429	0.35275	0.315	0.3094	0.333143	0.48	0.5105	0.337667	0.490714
C12	移動傳輸供需率	量	0.26075	0.2365	0.410333	0.258857	0.25075	0.248	0.2952	0.255714	0.26125	0.1735	0.456333	0.24
C13	可傳輸之距離	量	0.20175	0.326	0.194333	0.241571	0.26275	0.315	0.2836	0.287714	0.14875	0.2355	0.154667	0.178
C14	頻寬	量	0.12225	0.1175	0.070667	0.111286	0.1345	0.123	0.1124	0.124286	0.11	0.0805	0.051667	0.091429
C21	資料安全性	質	0.56325	0.505	0.276333	0.530286	0.5045	0.427	0.3428	0.454571	0.6105	0.5275	0.274333	0.574571
C22	環境干擾性	質	0.17575	0.19	0.292333	0.176286	0.1845	0.2095	0.2538	0.195286	0.17275	0.219	0.298333	0.179286
C23	多元應用性	質	0.04925	0.135	0.079667	0.073857	0.0955	0.13	0.1318	0.101571	0.036	0.035	0.055667	0.036143
C24	資料遺失性	質	0.2115	0.17	0.352	0.219286	0.21575	0.233	0.272	0.248714	0.181	0.218	0.371333	0.209857
C31	頻譜取得成本	量	0.2145	0.071	0.445667	0.158857	0.22	0.162	0.3374	0.207714	0.21025	0.052	0.457333	0.145143
C32	接收端設備成本	量	0.26875	0.294	0.252333	0.279714	0.27925	0.267	0.2456	0.271571	0.29075	0.2145	0.246333	0.269429
C33	接收端通訊成本	量	0.26625	0.319	0.187333	0.298	0.2425	0.2855	0.202	0.255857	0.2575	0.48	0.208	0.350286
C34	維護耗費成本	量	0.2505	0.3155	0.114667	0.263286	0.25825	0.2855	0.21536	0.264857	0.24175	0.253	0.088333	0.235143
C41	系統相容性	質	0.23925	0.3985	0.275	0.262429	0.24125	0.2685	0.2744	0.230286	0.27525	0.138	0.260333	0.206571
C42	系統成熟度	質	0.56425	0.4025	0.334333	0.535286	0.4945	0.4035	0.3738	0.490857	0.5645	0.687	0.320333	0.619857
C43	系統擴充性	質	0.11775	0.134	0.316667	0.129429	0.164	0.1865	0.204	0.164	0.09875	0.129	0.370333	0.118857
C44	系統電力	質	0.0785	0.0655	0.074	0.072857	0.256	0.1415	0.1478	0.203714	0.06175	0.0455	0.049333	0.054571
C1	功能		0.247	0.2525	0.469333	0.273857	0.2595	0.24	0.291	0.261571	0.28525	0.484	0.539	0.371571
C2	品質		0.1535	0.1935	0.208333	0.174429	0.165	0.195	0.2158	0.194714	0.34875	0.1325	0.187	0.262
C3	成本		0.304	0.4415	0.238333	0.344143	0.28075	0.3695	0.3068	0.310714	0.28525	0.334	0.220333	0.301
C4	系統		0.29575	0.1125	0.084	0.207714	0.2945	0.195	0.187	0.233	0.27175	0.0495	0.054	0.174571

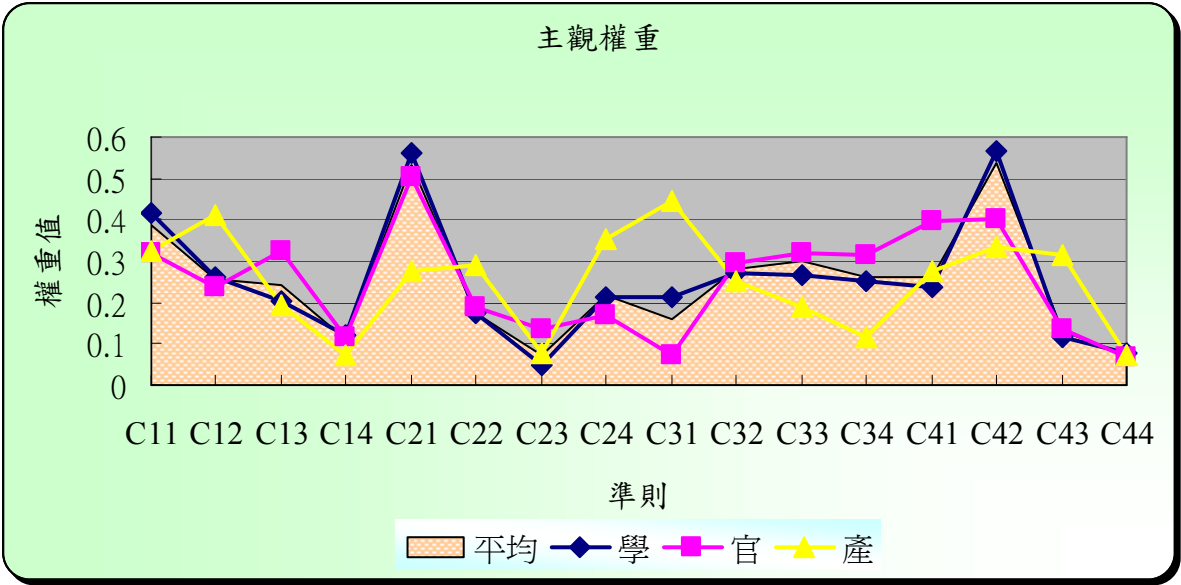


圖 4.4-1 準則主觀權重

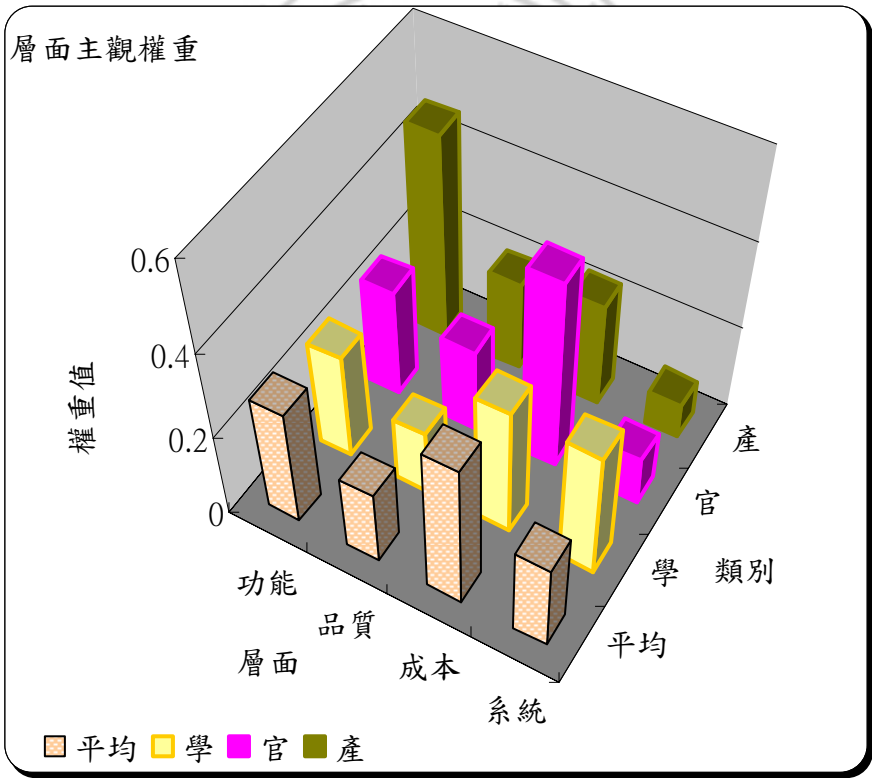


圖 4.4-2 方案主觀權重

4.4.2 客觀權重

客觀權重採用熵值權重算法，因其利用各方案在各評估屬性下的評估值資訊所得到的相對權重，因此將可避免決策者等人為主觀因素摻雜其中，茲將步驟及結果如下所示。

Step0：原序列

方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
A1	171.20	128.00	10.00	0.20	5.60	5.80	5.20	5.20	10.00	1000.00	1000.00	7.00	7.00	8.60	5.80	5.25
A2	2000.00	384.00	15.00	5.00	7.20	6.60	7.40	5.20	10.00	990.00	750.00	8.00	7.20	6.40	7.80	4.75
A3	14000.00	14000.00	5.00	5.00	6.80	6.20	7.00	4.80	10.00	990.00	775.00	8.00	6.40	3.80	7.20	5.25
A4	54000.00	128.00	0.10	20.00	5.20	5.00	6.80	4.40	1.00	1000.00	399.00	5.00	5.60	5.40	6.40	6.25
A5	75000.00	384.00	48.00	20.00	6.20	6.20	7.00	4.20	10.00	1000.00	500.00	6.00	5.60	2.80	8.00	5.75
A6	54000.00	128.00	10.00	20.00	6.00	5.80	6.47	4.93	10.00	10000.00	1399.00	9.00	7.00	6.80	6.67	5.42
A7	54000.00	384.00	15.00	20.00	6.33	6.20	6.53	4.87	10.00	10000.00	2149.00	9.00	7.00	5.93	7.20	5.25
A8	75000.00	14000.00	48.00	20.00	6.05	5.90	6.60	4.75	10.00	10000.00	2649.00	9.00	8.00	5.80	7.00	5.50

STEP1: 計算評估矩陣表中 X_{ij} 的接近程度 d_{ij}

方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
A1	0.00	0.01	0.21	0.01	0.78	1.16	0.70	1.24	10.00	1.01	2.51	1.40	0.88	1.00	0.73	0.84
A2	0.03	0.03	0.31	0.25	1.00	1.32	1.00	1.24	10.00	1.00	1.88	1.60	0.90	0.74	0.98	0.76
A3	0.19	1.00	0.10	0.25	0.94	1.24	0.95	1.14	10.00	1.00	1.94	1.60	0.80	0.44	0.90	0.84
A4	0.72	0.01	0.00	1.00	0.72	1.00	0.92	1.05	1.00	1.01	1.00	1.00	0.70	0.63	0.80	1.00
A5	1.00	0.03	1.00	1.00	0.86	1.24	0.95	1.00	10.00	1.01	1.25	1.20	0.70	0.33	1.00	0.92
A6	0.72	0.01	0.21	1.00	0.83	1.16	0.87	1.17	10.00	10.10	3.51	1.80	0.88	0.79	0.83	0.87
A7	0.72	0.03	0.31	1.00	0.88	1.24	0.88	1.16	10.00	10.10	5.39	1.80	0.88	0.69	0.90	0.84
A8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	1.18	0.89	1.13	10.00	10.10	6.64	1.80	1.00	0.67	0.88	0.88

STEP2: 將 d_{ij} 轉化成發生機率 $P_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum d_{ij}}$ 。

方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
A1	0.0005	0.0043	0.0662	0.0018	0.1134	0.1216	0.0981	0.1356	0.1408	0.0286	0.1039	0.1148	0.1301	0.1889	0.1034	0.1209
A2	0.0061	0.0130	0.0993	0.0454	0.1458	0.1384	0.1396	0.1356	0.1408	0.0283	0.0780	0.1311	0.1338	0.1406	0.1391	0.1094
A3	0.0427	0.4740	0.0331	0.0454	0.1377	0.1300	0.1321	0.1252	0.1408	0.0283	0.0806	0.1311	0.1190	0.0835	0.1284	0.1209
A4	0.1645	0.0043	0.0007	0.1815	0.1053	0.1048	0.1283	0.1147	0.0141	0.0286	0.0415	0.0820	0.1041	0.1186	0.1141	0.1440
A5	0.2285	0.0130	0.3177	0.1815	0.1255	0.1300	0.1321	0.1095	0.1408	0.0286	0.0520	0.0984	0.1041	0.0615	0.1427	0.1324
A6	0.1645	0.0043	0.0662	0.1815	0.1215	0.1216	0.1220	0.1286	0.1408	0.2859	0.1454	0.1475	0.1301	0.1493	0.1189	0.1248
A7	0.1645	0.0130	0.0993	0.1815	0.1282	0.1300	0.1233	0.1269	0.1408	0.2859	0.2234	0.1475	0.1301	0.1303	0.1284	0.1209
A8	0.2285	0.4740	0.3177	0.1815	0.1225	0.1237	0.1245	0.1239	0.1408	0.2859	0.2753	0.1475	0.1487	0.1274	0.1249	0.1267

STEP3: 由 P_{ij} 計算各準則之熵值 $e_{ij} = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$ 。

方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
A1	-0.0039	-0.0236	-0.1797	-0.0115	-0.2469	-0.2562	-0.2278	-0.2709	-0.2761	-0.1016	-0.2353	-0.2484	-0.2653	-0.3148	-0.2347	-0.2555
A2	-0.0311	-0.0565	-0.2293	-0.1403	-0.2807	-0.2737	-0.2749	-0.2709	-0.2761	-0.1009	-0.1989	-0.2664	-0.2692	-0.2758	-0.2744	-0.2421
A3	-0.1346	-0.3539	-0.1128	-0.1403	-0.2730	-0.2652	-0.2674	-0.2601	-0.2761	-0.1009	-0.2029	-0.2664	-0.2533	-0.2073	-0.2636	-0.2555
A4	-0.2969	-0.0236	-0.0048	-0.3097	-0.2370	-0.2364	-0.2635	-0.2484	-0.0600	-0.1016	-0.1320	-0.2050	-0.2355	-0.2528	-0.2477	-0.2790
A5	-0.3373	-0.0565	-0.3643	-0.3097	-0.2605	-0.2652	-0.2674	-0.2422	-0.2761	-0.1016	-0.1537	-0.2281	-0.2355	-0.1715	-0.2778	-0.2677
A6	-0.2969	-0.0236	-0.1797	-0.3097	-0.2561	-0.2562	-0.2567	-0.2638	-0.2761	-0.3580	-0.2804	-0.2823	-0.2653	-0.2840	-0.2532	-0.2597
A7	-0.2969	-0.0565	-0.2293	-0.3097	-0.2634	-0.2652	-0.2581	-0.2620	-0.2761	-0.3580	-0.3348	-0.2823	-0.2653	-0.2655	-0.2636	-0.2555
A8	-0.3373	-0.3539	-0.3643	-0.3097	-0.2572	-0.2585	-0.2594	-0.2587	-0.2761	-0.3580	-0.3551	-0.2823	-0.2834	-0.2625	-0.2598	-0.2617
-k	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213	0.7213

STEP4: 求算各準則間相對客觀權重 $\lambda_j = \frac{(1-e_{ij})}{(n-E)}$ 。

表 4.4-1 客觀權重排序表

構面	方案	說明	客觀值	e	E	構面	方案	說明	客觀值	e	E
功能	C14	頻寬	0.061516	-1.32771	-21.8392	成本	C34	維護耗費成本	0.065723	-1.48692	-21.8392
	C11	實際傳輸供需率	0.059502	-1.25151	-21.83918		C31	頻譜取得成本	0.06441	-1.43721	-21.8392
	C13	可傳輸之距離	0.058152	-1.20041	-21.8392		C33	接收端通訊成本	0.062515	-1.3655	-21.8392
	C12	移動傳輸供需率	0.044496	-0.683686	-21.83918		C32	接收端設備成本	0.056557	-1.140067	-21.83918
品質	C24	資料遺失性	0.066021	-1.49818	-21.8392	系統	C44	系統電力	0.066013	-1.49787	-21.8392
	C22	環境干擾性	0.066013	-1.4978753	-21.83918		C43	系統擴充性	0.065977	-1.49653	-21.8392
	C23	多元應用性	0.065982	-1.4967	-21.8392		C41	系統相容性	0.065941	-1.49515	-21.8392
	C21	資料安全性	0.065979	-1.4966	-21.8392		C42	系統成熟度	0.065204	-1.46726	-21.8392

由表 4.4-1，以功能層面而言，客觀權重以 C14：頻寬(0.061516)>C11：實際傳輸供需率(0.059502)>C13：可傳輸之距離(0.058152)>C12：移動傳輸供需率(0.044496)。以品質層面而論，資料遺失性(0.066021)>環境干擾性(0.066013)>多元應用性(0.065982)>資料安全性(0.065979)。以成本層面而論，維護耗費成本(0.065723)>頻譜取得成本(0.06441)>接收端通訊成本(0.062512)>接收端設備成本(0.056557)。以系統面而言，C44：系統電力(0.066013)>C43：系統擴充性(0.065977)>C41：系統相容性(0.065941)>C42：系統成熟度(0.065204)。

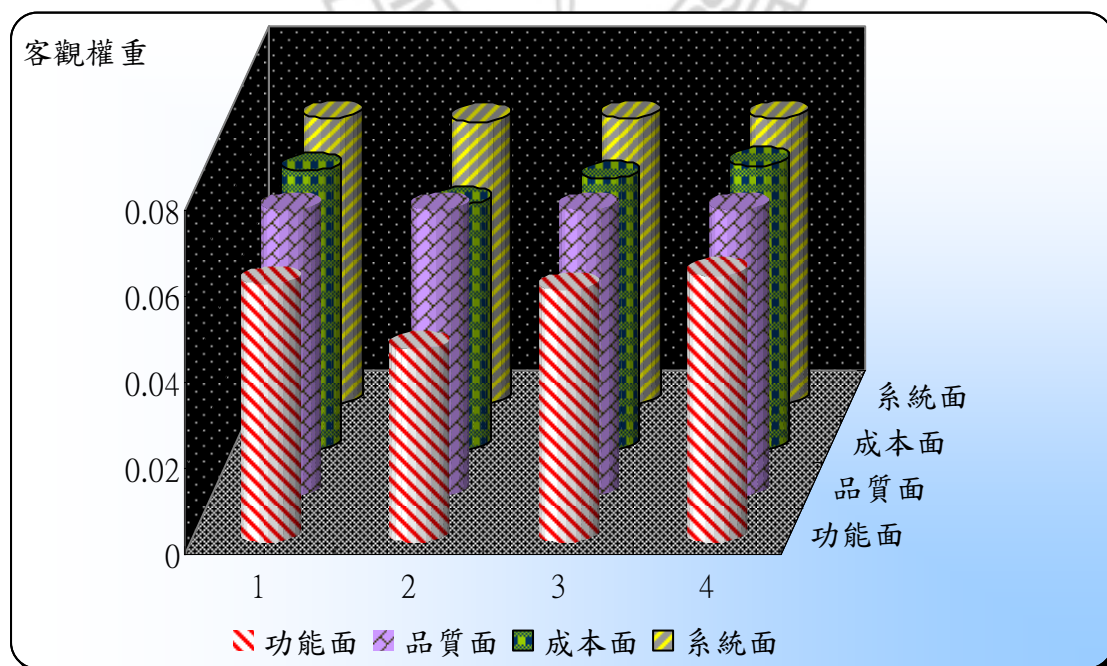


圖 4.4-3 準則客觀權重

4.4.3 折衷權重

主觀權重表達各專家學者之重要看法，客觀權重展現各方案準則間的重要差距，以此兩者互相配合並以式做折衷權重之計算，其結果如表.4.4-2。

表 4.4-2 折衷權重表

	L	M	U		L	M	U	L	M	U			
	主觀 AHP	主觀 AHP	主觀 AHP	客觀熵	主・客	主・客	主・客	折衷	折衷	折衷	d-	d+	解模糊折衷
C11	0.1066	0.085687	0.183217	0.059502	0.006343	0.005099	0.010902	0.108449	0.078716	0.159958	0.120477	0.880908	0.12031
C12	0.09647	0.070728	0.090486	0.044496	0.004293	0.003147	0.004026	0.073390	0.048588	0.059076	0.061201	0.943728	0.060901
C13	0.08252	0.07463	0.068579	0.058152	0.004799	0.004340	0.003988	0.082043	0.067002	0.058514	0.069867	0.934885	0.069537
C14	0.03845	0.030779	0.029360	0.061516	0.002365	0.001893	0.001806	0.040443	0.029232	0.02650	0.032621	0.970552	0.032518
C21	0.08754	0.083549	0.153614	0.065979	0.005776	0.005513	0.010135	0.098749	0.085107	0.148712	0.114178	0.884383	0.114343
C22	0.02634	0.036452	0.053039	0.066013	0.001739	0.002406	0.003501	0.029728	0.037151	0.051373	0.040427	0.957036	0.04053
C23	0.01529	0.020795	0.009248	0.065982	0.001009	0.001372	0.000610	0.017243	0.021184	0.008953	0.016596	0.984435	0.016578
C24	0.0375	0.053952	0.046067	0.066021	0.002476	0.003562	0.003041	0.042329	0.054992	0.044625	0.047635	0.950926	0.047704
C31	0.05989	0.051524	0.019077	0.064410	0.003857	0.003319	0.001229	0.065950	0.051236	0.018028	0.049327	0.96059	0.048843
C32	0.10654	0.086513	0.077542	0.056557	0.006026	0.004893	0.004386	0.103022	0.075540	0.064348	0.082584	0.925873	0.081892
C33	0.11636	0.083569	0.110225	0.062515	0.007274	0.005224	0.006891	0.124365	0.080657	0.101105	0.103592	0.904941	0.102716
C34	0.10359	0.089071	0.094130	0.065723	0.006808	0.005854	0.006187	0.116402	0.090380	0.090773	0.099929	0.906317	0.099309
C41	0.02649	0.062057	0.063672	0.065941	0.001747	0.004092	0.004199	0.029862	0.063177	0.061604	0.053784	0.940488	0.054094
C42	0.04312	0.105018	0.081821	0.065204	0.002812	0.006848	0.005335	0.048073	0.105718	0.078279	0.080860	0.911798	0.081458
C43	0.01136	0.039004	0.017661	0.065977	0.000749	0.002573	0.001165	0.012811	0.039730	0.017097	0.026044	0.972421	0.026084
C44	0.00633	0.070244	0.011414	0.066013	0.000418	0.004637	0.000753	0.007141	0.071590	0.011055	0.042025	0.958762	0.041992

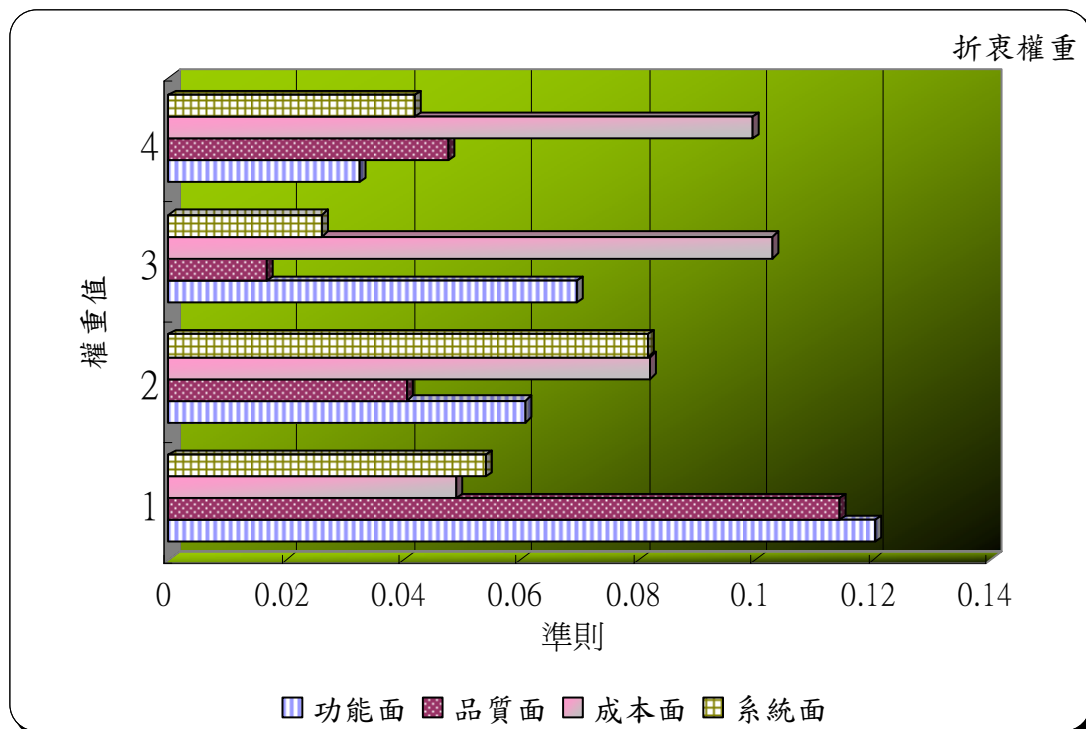


圖 4.4-4 準則折衷權重

以上可知，在功能面以實際傳輸供需率(0.12031)>可傳輸之距離(0.069537)>移動傳輸供需率(0.060901)>頻寬(0.032518)，在品質面以資料安全性(0.114343)>資料遺失性(0.047704)>環境干擾性(0.04053)>多元應用性(0.016578)，另成本面以接收端通訊成本(0.102716)>維護耗費成本(0.099309)>接收端設備成本(0.081892)>頻譜取得成本(0.048843)，而系統面以系統成熟度(0.081458)>系統相容性(0.054094)>系統電力(0.041992)>系統擴充性(0.026084)。

第五章 實證分析

5.1 方案整體評估及分析

在獲得權重及各指標資訊後，本研究嘗試以五種評估方式（FAHP、FTOPSIS、MEQQD、模糊綜合評析法和 FGRAY）之比較結果得到一較客觀且適合的最佳方案，並從過程中尋找及建議較佳的決策方法。

5.1.1 FAHP 之評估分析

FAHP 為一質性的評估方法，首先必須建立一層級關係並建立其模糊正倒值矩陣，計算模糊權重、整合各專家意見及計算出其模糊排序值 r ，其結果如下表 5.1-1。本研究所得各主觀權重利用 Expert System2000 計算所得，其一致性指標（CI）皆小於 0.2，檢定結果唯一可接受的範圍內，而大部分更小於 0.1 為一優秀的權重值。模糊權重在構面而言，以功能面(0.431203)>安全面(0.3426)>品質面(0.221765)>系統面(0.161693)。

5.1-1 FAHP 模糊排序表

構面/準則	說明	Low	Mean	Upper	d-	d+	r
C11	實際傳輸供需率	0.255256901	0.3535	0.619335	0.4373	0.610331	0.417418
C12	移動傳輸供需率	0.204876741	0.302528	0.410575	0.317317	0.699073	0.3122
C13	可傳輸之距離	0.226814817	0.240694	0.252345	0.240178	0.76012	0.240107
C14	頻寬	0.097079179	0.103472	0.112453	0.104525	0.895687	0.104503
C21	資料安全性	0.259641672	0.448194	1.087483	0.69544	0.535498	0.564968
C22	環境干擾性	0.133803898	0.219361	0.502667	0.325933	0.7319	0.308114
C23	多元應用性	0.074588817	0.087972	0.087972	0.083749	0.916511	0.083727
C24	資料遺失性	0.148558156	0.2445	0.539968	0.352806	0.70884	0.33232
C31	頻譜取得成本	0.154124569	0.243722	0.294268	0.237871	0.771475	0.235669
C32	接收端設備成本	0.172178742	0.271694	0.305014	0.255928	0.75249	0.253791
C33	接收端通訊成本	0.155353871	0.257528	0.398243	0.288128	0.736388	0.281233
C34	維護耗費成本	0.162777608	0.226889	0.237312	0.211575	0.791693	0.210886
C41	系統相容性	0.111883564	0.30425	0.379638	0.288219	0.743341	0.279401
C42	系統成熟度	0.175188617	0.433694	1.060653	0.66927	0.578704	0.536285
C43	系統擴充性	0.079585825	0.189472	0.351182	0.23492	0.801058	0.226762
C44	系統電力	0.072666667	0.072667	0.09463	0.080655	0.920071	0.080597
C1	功能面	0.170197251	0.322944	0.749629	0.481388	0.634997	0.431203
C2	品質面	0.120978966	0.185111	0.323859	0.226411	0.794542	0.221765
C3	成本面	0.204056519	0.327944	0.470758	0.351568	0.674607	0.3426
C4	系統面	0.156824747	0.164083	0.164083	0.1617	0.838343	0.161693

在功能面的模糊權重以實際傳輸供需率(0.417418)>移動傳輸供需率(0.3122)>可傳輸距離(0.240107)>頻寬(0.104503)；品質面以資料安全性(0.564968)>資料遺失性(0.33232)>環境干擾性(0.308114)>多元應用性(0.083727)；安全面則以接收端通訊成本(0.281233)>接收端設備成本(0.253791)>頻譜取得成本(0.235669)>維護耗費成本(0.210886)；最後系統面以系統成熟度(0.536285)>系統相容性(0.279401)>系統擴充性(0.226762)>系統電力(0.080597)。

經過模糊排序及一致性檢定後，在表 5.1-2 和表 5.1-3 即可進行各方案之優勢比重值之計算。

表 5.1-2 FAHP 準則構面比重值

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	C_iXC_{ij}
C11	0.000521679	0.006094	0.042661	0.164548	0.228539	0.164548	0.164548	0.228539	0.179992
C12	0.004333694	0.013001	0.473998	0.004334	0.013001	0.004334	0.013001	0.473998	0.134621
C13	0.066181337	0.099272	0.033091	0.000662	0.31767	0.066181	0.099272	0.31767	0.103535
C14	0.001814882	0.045372	0.045372	0.181488	0.181488	0.181488	0.181488	0.181488	0.045062
C21	0.113398583	0.145798	0.137698	0.105299	0.125548	0.121498	0.128248	0.122511	0.12529
C22	0.121593291	0.138365	0.129979	0.104822	0.129979	0.121593	0.129979	0.12369	0.068329
C23	0.098113208	0.139623	0.132075	0.128302	0.132075	0.122013	0.12327	0.124528	0.018568
C24	0.13559322	0.135593	0.125163	0.114733	0.109518	0.12864	0.126901	0.123859	0.073697
C31	0.14084507	0.140845	0.140845	0.014085	0.140845	0.140845	0.140845	0.140845	0.08074
C32	0.028587764	0.028302	0.028302	0.028588	0.028588	0.285878	0.285878	0.285878	0.086949
C33	0.103939299	0.077954	0.080553	0.041472	0.05197	0.145411	0.223366	0.275335	0.096351
C34	0.114754098	0.131148	0.131148	0.081967	0.098361	0.147541	0.147541	0.147541	0.07225
C41	0.130111524	0.133829	0.118959	0.104089	0.104089	0.130112	0.130112	0.148699	0.045177
C42	0.188872621	0.140556	0.083455	0.118594	0.061493	0.149341	0.130307	0.127379	0.086714
C43	0.103448276	0.13912	0.128419	0.11415	0.142687	0.118906	0.128419	0.124851	0.036666
C44	0.120921305	0.109405	0.120921	0.143954	0.132438	0.12476	0.120921	0.126679	0.013032

註：構面(C_i)， $i=1\sim4$ ；準則(C_{ij})， $i=1\sim4$ 、 $j=1\sim4$ 。

由表 5.1-3 可知在功能面之準則優劣權重，A1(2.5G)方案以可傳輸之距離>移動傳輸供需率>實際傳輸供需率>頻寬；A2(3G)方案以可傳輸之距離>頻寬>移動傳輸供需率>實際傳輸供需率；A3(WiBro)方案以移動傳輸供需率>實際傳輸供需率>可傳輸之距離>頻寬；A4(WLAN)方案以實際傳輸供需率>頻寬>移動傳輸供需率>可傳輸之距離；A5(WiMAX)和 A6(2.5G 搭配 WLAN)方案以實際傳輸供需率>可傳輸之距離>頻寬>移動傳輸供需率；最後 A7(2.5G/3G 搭配 WLAN)方案和 A8(2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX)方案以移動傳輸供需率>實際傳輸供需率>可傳輸之距離>頻寬。

表 5.1-3 FAHP 各方案優劣比重值

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C11	9.3898E-05	0.001097	0.007679	0.029617	0.041135	0.029617	0.029617	0.041135
C12	0.000583408	0.00175	0.06381	0.000583	0.00175	0.000583	0.00175	0.06381
C13	0.006852063	0.010278	0.003426	6.85E-05	0.03289	0.006852	0.010278	0.03289
C14	8.17822E-05	0.002045	0.002045	0.008178	0.008178	0.008178	0.008178	0.008178
C21	0.014207704	0.018267	0.017252	0.013193	0.01573	0.015223	0.016068	0.015349
C22	0.008308326	0.009454	0.008881	0.007162	0.008881	0.008308	0.008881	0.008452
C23	0.001821743	0.002592	0.002452	0.002382	0.002452	0.002266	0.002289	0.002312
C24	0.009992781	0.009993	0.009224	0.008455	0.008071	0.00948	0.009352	0.009128
C31	0.011371865	0.011372	0.011372	0.001137	0.011372	0.011372	0.011372	0.011372
C32	0.002485679	0.002461	0.002461	0.002486	0.002486	0.024857	0.024857	0.024857
C33	0.010014613	0.007511	0.007761	0.003996	0.005007	0.01401	0.021521	0.026529
C34	0.008290936	0.009475	0.009475	0.005922	0.007107	0.01066	0.01066	0.01066
C41	0.005878076	0.006046	0.005374	0.004702	0.004702	0.005878	0.005878	0.006718
C42	0.016377824	0.012188	0.007237	0.010284	0.005332	0.01295	0.011299	0.011046
C43	0.003793015	0.005101	0.004709	0.004185	0.005232	0.00436	0.004709	0.004578
C44	0.001575834	0.001426	0.001576	0.001876	0.001726	0.001626	0.001576	0.001651
總和	0.101729548	0.111056	0.164734	0.104229	0.162052	0.16622	0.178286	0.278664

品質面之準則優劣權重，除了 A5(WiMAX)方案以資料安全性>環境干擾性>資料遺失性>多元應用性之外；其餘 A1~A4 方案和 A6~A8 方案皆以資料安全性>資料遺失性>環境干擾性>多元應用性。

而安全面之準則優劣權重，A1(2.5G)方案以接收端通訊成本>頻譜取得成本>維護耗費成本>接收端設備成本；A2(3G)方案和 A3(WiBro)方案以頻譜取得成本>接收端通訊成本>維護耗費成本>接收端設備成本；A4(WLAN)方案以維護耗費成本>接收端通訊成本>接收端設備成本>頻譜取得成本；A5(WiMAX)以頻譜取得成本>維護耗費成本>接收端通訊成本>接收端設備成本；最後 A6(2.5G 搭配 WLAN)方案、A7(2.5G/3G 搭配 WLAN)方案和 A8(2.5G/3G 搭配 WLAN/Wimax)方案以接收端設備成本>接收端通訊成本>頻譜取得成本>維護耗費成本。

然而系統面之準則優劣權重，除了 A5(WiMAX)方案以系統成熟度>系統擴充性>系統相容性>系統電力之外；其餘 A1~A4 方案和 A6~A8 方案皆以系統成熟度>系統相容性>系統擴充性>系統電力。

FAHP 所評估的方案績效、方案排序如表 5.1-4，而方案績效所佔整體的百分比機率如圖 5.1-1，則 A8 (2.5G/3G 搭配 WLAN/Wimax) 方案> A7 (2.5G/3G 搭配 WLAN) 方案> A6 (2.5G 搭配 WLAN) 方案> A5 (WiMAX(802.16-2004)) 方案> A3 (WiBro(HSDPA+802.16e)) 方案> A2 (3G(CDMA)) 方案> A4 (WLAN(802.11a/b/g)) 方案> A1 (2.5G(GPRS)) 方案。

表 5.1-4 FAHP 方案績效排序表

方案	說明	方案績效值	方案排序
A1	2.5G(GPRS)	0.102913	8
A2	3G(CDMA)	0.11043	6
A3	WiBro(HSDPA+802.16e)	0.145325	5
A4	WLAN(802.11a/b/g)	0.103345	7
A5	WiMAX(802.16-2004)	0.153786	4
A6	2.5G 搭配 WLAN	0.167385	3
A7	2.5G/3G 搭配 WLAN	0.239757	2
A8	2.5G/3G 搭配 WLAN/Wimax	0.244031	1

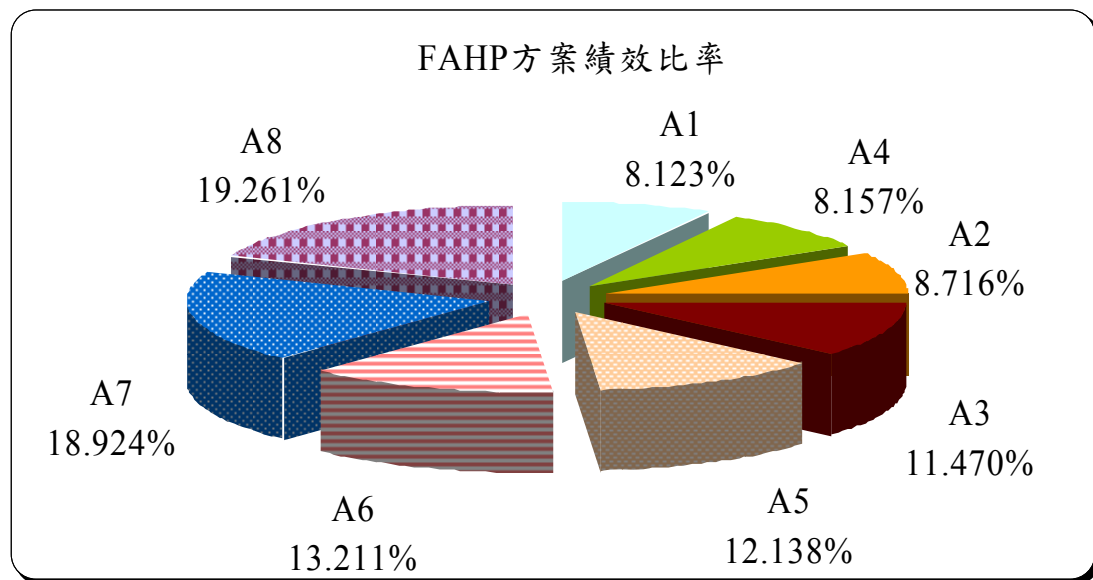


圖 5.1-1 FAHP 方案績效比率

5.1.2 FTOPSIS 之評估分析

FTOPSIS 是一量化的評估方法，本研究先將各方案之準則帶入模糊理論，以及在正規化後乘上模糊折衷權重，此步驟可以得到各準則之初步評估值，以表 5.1-5 所示。

表 5.1-5 FTOPSIS 準則模糊正規化列

		C11 ⁺	C12 ⁺	C13 ⁺	C14 ⁺	C21 ⁺	C22 ⁺	C23 ⁺	C24 ⁺	C31 ⁺	C32 ⁺	C33 ⁺	C34 ⁺	C41 ⁺	C42 ⁺	C43 ⁺	C44 ⁺
方案 ⁺ (Mean)	A1	0.00000	0.00000	0.01385	0.00000	0.05106	0.02229	0.01059	0.02750	0.05124	0.00008	0.02154	0.06327	0.04422	0.09515	0.02384	0.03579
	A2	0.00192	0.00090	0.02084	0.00709	0.05957	0.02601	0.01483	0.02750	0.05124	0.00000	0.01258	0.07230	0.04422	0.06343	0.03178	0.03579
	A3	0.01455	0.04859	0.00685	0.00709	0.05957	0.02229	0.01483	0.02750	0.05124	0.00000	0.01348	0.07230	0.03791	0.04229	0.02781	0.03579
	A4	0.05663	0.00000	0.00000	0.02923	0.04255	0.01858	0.01483	0.02200	0.00512	0.00008	0.00000	0.04519	0.03791	0.05286	0.02384	0.04295
	A5	0.07872	0.00090	0.06700	0.02923	0.05106	0.02229	0.01483	0.01100	0.05124	0.00008	0.00362	0.05423	0.03791	0.03172	0.03178	0.04295
	A6	0.05663	0.00000	0.01385	0.02923	0.05106	0.02229	0.01271	0.02750	0.05124	0.07554	0.03585	0.08134	0.04422	0.07400	0.02781	0.03579
	A7	0.05663	0.00090	0.02084	0.02923	0.05106	0.02229	0.01483	0.02750	0.05124	0.07554	0.06273	0.08134	0.04422	0.06343	0.02781	0.03579
	A8	0.07872	0.04859	0.06700	0.02923	0.05106	0.02229	0.01483	0.02750	0.05124	0.07554	0.08066	0.08134	0.05054	0.06343	0.02781	0.04295
方案 ⁺ (Low)	A1	0.0000 ⁺	0.0000 ⁺	0.0170 ⁺	0.0000 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0052 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.0001 ⁺	0.0332 ⁺	0.0582 ⁺	0.0149 ⁺	0.0337 ⁺	0.0064 ⁺	0.0021 ⁺
	A2	0.0027 ⁺	0.0014 ⁺	0.0255 ⁺	0.0098 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.0000 ⁺	0.0194 ⁺	0.0815 ⁺	0.0149 ⁺	0.0240 ⁺	0.0090 ⁺	0.0021 ⁺
	A3	0.0200 ⁺	0.0734 ⁺	0.0084 ⁺	0.0098 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.0000 ⁺	0.0208 ⁺	0.0815 ⁺	0.0149 ⁺	0.0144 ⁺	0.0064 ⁺	0.0021 ⁺
	A4	0.0780 ⁺	0.0000 ⁺	0.0000 ⁺	0.0404 ⁺	0.0296 ⁺	0.0089 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0066 ⁺	0.0001 ⁺	0.0000 ⁺	0.0349 ⁺	0.0149 ⁺	0.0144 ⁺	0.0064 ⁺	0.0036 ⁺
	A5	0.1084 ⁺	0.0014 ⁺	0.0820 ⁺	0.0404 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0042 ⁺	0.0594 ⁺	0.0001 ⁺	0.0056 ⁺	0.0582 ⁺	0.0149 ⁺	0.0048 ⁺	0.0090 ⁺	0.0036 ⁺
	A6	0.0780 ⁺	0.0000 ⁺	0.0170 ⁺	0.0404 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.1030 ⁺	0.0553 ⁺	0.0815 ⁺	0.0149 ⁺	0.0240 ⁺	0.0064 ⁺	0.0021 ⁺
	A7	0.0780 ⁺	0.0014 ⁺	0.0255 ⁺	0.0404 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.1030 ⁺	0.0967 ⁺	0.0815 ⁺	0.0149 ⁺	0.0240 ⁺	0.0064 ⁺	0.0021 ⁺
	A8	0.1084 ⁺	0.0734 ⁺	0.0820 ⁺	0.0404 ⁺	0.0494 ⁺	0.0149 ⁺	0.0086 ⁺	0.0127 ⁺	0.0594 ⁺	0.1030 ⁺	0.1244 ⁺	0.0815 ⁺	0.0209 ⁺	0.0240 ⁺	0.0064 ⁺	0.0036 ⁺
方案 ⁺ (Upper)	A1	0.00000	0.00000	0.01209	0.00000	0.10410	0.03596	0.00627	0.03124	0.01623	0.00007	0.02701	0.08170	0.05544	0.07045	0.01197	0.00774
	A2	0.00391	0.00109	0.01820	0.00642	0.13384	0.04624	0.00806	0.03124	0.01623	0.00000	0.01577	0.08170	0.05544	0.05480	0.01539	0.00774
	A3	0.02956	0.05908	0.00599	0.00642	0.13384	0.03596	0.00806	0.03124	0.01623	0.00000	0.01690	0.08170	0.04312	0.03914	0.01539	0.00774
	A4	0.11507	0.00000	0.00000	0.02650	0.10410	0.03596	0.00806	0.02231	0.00541	0.00007	0.00000	0.06354	0.04312	0.05480	0.01197	0.00774
	A5	0.15996	0.00109	0.05851	0.02650	0.10410	0.03596	0.00806	0.01339	0.01623	0.00007	0.00454	0.06354	0.04312	0.03914	0.01539	0.00774
	A6	0.11507	0.00000	0.01209	0.02650	0.10410	0.03596	0.00627	0.03124	0.01623	0.06435	0.04494	0.08170	0.05544	0.07045	0.01539	0.00774
	A7	0.1125 ⁺	0.0836 ⁺	0.0884 ⁺	0.0432 ⁺	0.0419 ⁺	0.0139 ⁺	0.0055 ⁺	0.0111 ⁺	0.0601 ⁺	0.1075 ⁺	0.0892 ⁺	0.0838 ⁺	0.0123 ⁺	0.0231 ⁺	0.0057 ⁺	0.0020 ⁺
	A8	0.1125 ⁺	0.0836 ⁺	0.0884 ⁺	0.0432 ⁺	0.0419 ⁺	0.0139 ⁺	0.0055 ⁺	0.0111 ⁺	0.0601 ⁺	0.1075 ⁺	0.1299 ⁺	0.0838 ⁺	0.0172 ⁺	0.0231 ⁺	0.0057 ⁺	0.0033 ⁺

在求得評估值後，必須決定正負理想解以及正負理想解距離，如表 5.1-6 和 5.1-7 所示。依據正理想解距離由近到遠分別是，A8 方案→A7 方案→A6 方案→A5 方案→A3 方案→A2 方案→A4 方案→A1 方案；離負理想解由遠到近依序為，A8 方案→A6 方案→A5 方案→A3 方案→A4 方案→A1 方案→A2 方案。

表 5.1-6 FTOPSIS 正理想解與距離

		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44	S+
D+	A1	0.01451	0.00375	0.00307	0.00106	0.00032	0.00004	0.00001	0.00000	0.00000	0.00681	0.00576	0.00029	0.00003	0.00000	0.00003	0.00002	0.03570
	A2	0.01136	0.00249	0.00269	0.00061	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00682	0.00758	0.00003	0.00008	0.00069	0.00000	0.00002	0.03241
	A3	0.00965	0.00000	0.00393	0.00061	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00682	0.00744	0.00003	0.00012	0.00138	0.00001	0.00002	0.03004
	A4	0.00114	0.00375	0.00488	0.00000	0.00052	0.00007	0.00000	0.00004	0.00168	0.00681	0.01073	0.00127	0.00012	0.00080	0.00003	0.00000	0.03182
	A5	0.00000	0.00361	0.00000	0.00000	0.00032	0.00004	0.00000	0.00022	0.00000	0.00681	0.00979	0.00054	0.00012	0.00195	0.00000	0.00000	0.02338
	A6	0.00114	0.00375	0.00307	0.00000	0.00032	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00331	0.00000	0.00003	0.00018	0.00001	0.00002	0.01186
	A7	0.00114	0.00361	0.00232	0.00000	0.00032	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00000	0.00003	0.00045	0.00001	0.00002	0.00846
	A8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00032	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00045	0.00001	0.00000	0.00081

表 5.1-7 FTOPSIS 負理想解與距離

		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44	S-
D-	A1	0.00000	0.00000	0.00021	0.00000	0.00015	0.00002	0.00000	0.00022	0.00168	0.00000	0.00077	0.00040	0.00006	0.00195	0.00000	0.00000	0.00545
	A2	0.00029	0.00116	0.00037	0.00006	0.00052	0.00003	0.00001	0.00022	0.00168	0.00000	0.00027	0.00108	0.00001	0.00046	0.00003	0.00000	0.00620
	A3	0.00050	0.00375	0.00005	0.00006	0.00052	0.00002	0.00001	0.00022	0.00168	0.00000	0.00030	0.00108	0.00000	0.00007	0.00001	0.00000	0.00825
	A4	0.00751	0.00000	0.00000	0.00106	0.00000	0.00000	0.00001	0.00009	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00026	0.00000	0.00002	0.00896
	A5	0.01451	0.00000	0.00488	0.00106	0.00015	0.00002	0.00001	0.00000	0.00168	0.00000	0.00002	0.00021	0.00000	0.00000	0.00003	0.00002	0.02259
	A6	0.00751	0.00000	0.00021	0.00106	0.00015	0.00002	0.00001	0.00022	0.00168	0.00682	0.00212	0.00127	0.00006	0.00105	0.00001	0.00000	0.02218
	A7	0.00751	0.00000	0.00047	0.00106	0.00015	0.00002	0.00001	0.00022	0.00168	0.00682	0.00649	0.00127	0.00006	0.00054	0.00001	0.00000	0.02632
	A8	0.01451	0.00375	0.00488	0.00106	0.00015	0.00002	0.00001	0.00022	0.00168	0.00682	0.01073	0.00127	0.00012	0.00054	0.00001	0.00002	0.04579

FTOPSIS 所評估的方案績效、方案排序如表 5.1-8，而方案績效所佔整體的百分比機率如圖 5.1-2，則 A8 (2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax) 方案> A7 (2.5G/3G 搭配 WLAN) 方案> A6 (2.5G 搭配 WLAN) 方案> A5 (WiMAX(802.16-2004)) 方案> A3 (WiBro(HSDPA+802.16e)方案> A4 (WLAN(802.11a/b/g)) 方案> A2 (3G(CDMA)) 方案> A1 (2.5G(GPRS)) 方案。

表 5.1-8 FTOPSIS 方案績效排序表

方案	說明	S+	S-	S*+S-	方案績效值	方案排序
A1	2.5G(GPRS)	0.03	0.01	0.04	0.17	8
A2	3G(CDMA)	0.03	0.01	0.04	0.18	7
A3	WiBro(HSDPA+802.16e)	0.03	0.01	0.04	0.26	5
A4	WLAN(802.11a/b/g)	0.03	0.01	0.04	0.21	6
A5	WiMAX(802.16-2004)	0.02	0.02	0.05	0.49	4
A6	2.5G 搭配 WLAN	0.01	0.02	0.04	0.7	3
A7	2.5G/3G 搭配 WLAN	0	0.04	0.04	0.96	2
A8	2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax	0	0.05	0.05	0.98	1

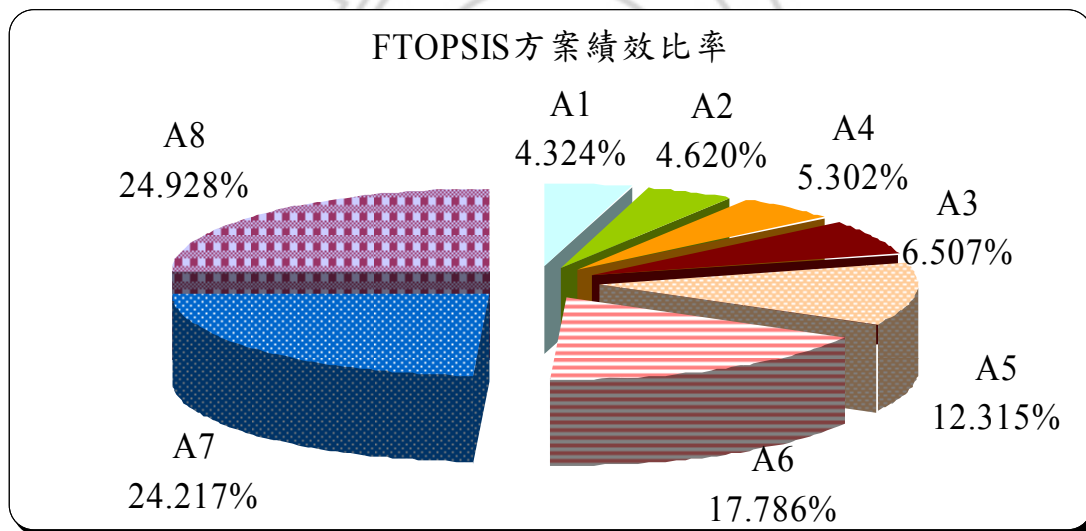


圖 5.1-2 FTOPSIS 方案績效比率

5.1.3 MEQQD 之評估分析

MEQQD 適合具有質性和量化兩種特性之問題做評估，茲將介紹步驟及結果如下：

STEP1(原表格)：

表 5.1-9 MEQQD 方案準則原序列表

	權重	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C11	0.12031	171.20	2000.00	14000.00	54000.00	75000.00	54000.00	54000.00	75000.00
C12	0.060901	128.00	384.00	14000.00	128.00	384.00	128.00	384.00	14000.00
C13	0.069537	10.00	15.00	5.00	0.10	48.00	10.00	15.00	48.00
C14	0.032518	0.20	5.00	5.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
C21	0.114343	5.60	7.20	6.80	5.20	6.20	6.00	6.33	6.05
C22	0.04053	5.80	6.60	6.20	5.00	6.20	5.80	6.20	5.90
C23	0.016578	5.20	7.40	7.00	6.80	7.00	6.47	6.53	6.60
C24	0.047704	5.20	5.20	4.80	4.40	4.20	4.93	4.87	4.75
C31	0.048843	10.00	10.00	10.00	1.00	10.00	10.00	10.00	10.00
C32	0.081892	1000.00	990.00	990.00	1000.00	1000.00	10000.00	10000.00	10000.00
C33	0.102716	1000.00	750.00	775.00	399.00	500.00	1399.00	2149.00	2649.00
C34	0.099309	7.00	8.00	8.00	5.00	6.00	9.00	9.00	9.00
C41	0.054094	7.00	7.20	6.40	5.60	5.60	7.00	7.00	8.00
C42	0.081458	8.60	6.40	3.80	5.40	2.80	6.80	5.93	5.80
C43	0.026084	5.80	7.80	7.20	6.40	8.00	6.67	7.20	7.00
C44	0.041992	5.25	4.75	5.25	6.25	5.75	5.42	5.25	5.50

表 5.1-10 MEQQD 準則標準化

	權重	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C11	0.12031	0.00	0.02	0.18	0.72	1.00	0.72	0.72	1.00
C12	0.060901	0.00	0.02	1.00	0.00	0.02	0.00	0.02	1.00
C13	0.069537	0.21	0.31	0.10	0.00	1.00	0.21	0.31	1.00
C14	0.032518	0.20	5.00	5.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
C21	0.114343	6.00	7.00	7.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
C22	0.04053	6.00	7.00	6.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
C23	0.016578	5.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00
C24	0.047704	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
C31	0.048843	10.00	10.00	10.00	1.00	10.00	10.00	10.00	10.00
C32	0.081892	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
C33	0.102716	0.73	0.84	0.83	1.00	0.96	0.56	0.22	0.00
C34	0.099309	7.00	8.00	8.00	5.00	6.00	9.00	9.00	9.00
C41	0.054094	7.00	7.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00	8.00
C42	0.081458	9.00	6.00	4.00	5.00	3.00	6.80	6.00	6.00
C43	0.026084	6.00	8.00	7.00	6.00	8.00	7.00	7.00	7.00
C44	0.041992	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00

STEP3.1(質化準則優越程度)： $a_{ij} = F(e_{ij}, e_{ij}, W_i), i \in O = \left\{ \left[\sum_i W_i \operatorname{sgn}(e_{ij} - e_{ij}) \right]^r \right\}^{1/r}$

STEP3.2(量化準則優越程度)： $c_{ij} = G(e_{ij}, e_{ij}, W_i), i \in C = \left\{ \left[\sum_i W_i (e_{ij} - e_{ij}) \right]^r \right\}^{1/r}$

表 5.1-11 MEQQD 質化量化準則優越程度

質化 準則 優越 程度	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a23	a24	a25	a26	a27	a28	a34
	-0.095133	0.188491	1.145558055	0.562537	-0.062073	-0.013485	-0.10957	0.283624	1.240691	0.65767	0.03306	0.081648	-0.01444	0.957067
	a35	a36	a37	a38	a45	a46	a47	a48	a56	a57	a58	a67	a68	a78
	0.374046	-0.25056	-0.20198	-0.29806	-0.58302	-1.20763	-1.15904	-1.25513	-0.62461	-0.57602	-0.67211	0.048588	-0.0475	-0.09609
	a21	a31	a41	a51	a61	a71	a81	a32	a42	a52	a62	a72	a82	a43
	0.095133	-0.18849	-1.14556	-0.56254	0.062073	0.013485	0.10957	-0.28362	-1.24069	-0.65767	-0.03306	-0.08165	0.014437	-0.95707
	a53	a63	a72	a82	a54	a64	a74	a84	a65	a75	a85	a76	a85	a87
量 化 準 則 優 越 程 度	-0.37405	0.250564	0.201976	0.298061	0.583021	1.207631	1.159043	1.255128	0.62461	0.576022	0.672107	-0.04859	0.047497	0.096085
	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c23	c24	c25	c26	c27	c28	c34
	-0.178913	-0.24233	-0.743468795	-0.843283	-0.630388	-0.604532	-0.723154	-0.063413	-0.564556	-0.66437	-0.45147	-0.42562	-0.54424	-0.50114
	c35	c36	c37	c38	c45	c46	c47	c48	c56	c57	c58	c67	c68	c78
	-0.60096	-0.38806	-0.36221	-0.48083	-0.09981	0.113081	0.138937	0.020315	0.212894	0.238751	0.120129	0.025856	-0.09277	-0.11862
	c21	c31	c41	c51	c61	c71	c81	c32	c42	c52	c62	c72	c82	c43
	0.178913	0.242326	0.743469	0.843283	0.630388	0.604532	0.723154	0.063413	0.564556	0.664369	0.451475	0.425619	0.544241	0.501143
	c53	c63	c72	c82	c54	c64	c74	c84	c65	c75	c85	c76	c85	c87
	0.600957	0.388062	0.362206	0.480828	0.099814	-0.11308	-0.13894	-0.02031	-0.21289	-0.23875	-0.12013	-0.02586	0.092766	0.118622

$$\text{STEP4.1(質化準則優越程度標準化)}: b_{jj'} = H(a_{jj'}) = \frac{a_{jj'}}{\sum_j \sum_{j'} |a_{jj'}|}$$

$$\text{STEP4.2(量化準則優越程度標準化)}: d_{jj'} = H(C_{jj'}) = \frac{C_{jj'}}{\sum_j \sum_{j'} |C_{jj'}|}$$

表 5.1-12 MEQQD 質量化準則優越程度標準化列表

質 優 標 準 化	b12	b13	b14	b15	b16	b17	b18	b23	b24	b25	b26	b27	b28	b34
	-0.003705	0.00734	0.044610959	0.021907	-0.002417	-0.000525	-0.004267	0.011045	0.048316	0.025611	0.001287	0.00318	-0.00056	0.037271
	b35	b36	b37	b38	b45	b46	b47	b48	b56	b57	b58	b67	b68	b78
	0.014566	-0.00976	-0.00787	-0.01161	-0.0227	-0.04703	-0.04514	-0.04888	-0.02432	-0.02243	-0.02617	0.001892	-0.00185	-0.00374
	b21	b31	b41	b51	b61	b71	b81	b32	b42	b52	b62	b72	b82	b43
	0.003705	-0.00734	-0.04461	-0.02191	0.002417	0.000525	0.004267	-0.01105	-0.04832	-0.02561	-0.00129	-0.00318	0.000562	-0.03727
	b53	b63	b72	b82	b54	b64	b74	b84	b65	b75	b85	b76	b85	b87
	-0.01457	0.009758	0.007865	0.011607	0.022704	0.047028	0.045136	0.048878	0.024324	0.022432	0.026174	-0.00189	0.00185	0.003742
量 優 標 準 化	d12	d13	d14	d15	d16	d17	d18	d23	d24	d25	d26	d27	d28	d34
	-0.008775	-0.01189	-0.036465659	-0.041361	-0.030919	-0.029651	-0.035469	-0.00311	-0.02769	-0.03259	-0.02214	-0.02088	-0.02669	-0.02458
	d35	d36	d37	d38	d45	d46	d47	d48	d56	d57	d58	d67	d68	d78
	-0.02948	-0.01903	-0.01777	-0.02358	-0.0049	0.005546	0.006815	0.000996	0.010442	0.01171	0.005892	0.001268	-0.00455	-0.00582
	d21	d31	d41	d51	d61	d71	d81	d32	d42	d52	d62	d72	d82	d43
	0.008775	0.011886	0.036466	0.041361	0.030919	0.029651	0.035469	0.00311	0.02769	0.032586	0.022144	0.020876	0.026694	0.02458
	d53	d63	d72	d82	d54	d64	d74	d84	d65	d75	d85	d76	d85	d87
	0.029476	0.019034	0.017765	0.023584	0.004896	-0.00555	-0.00681	-0.001	-0.01044	-0.01171	-0.00589	-0.00127	0.00455	0.005818

STEP5(計算 j 方案之評估分數 S_j): $\sum_j m_{jj} = \sum_j S_j - \sum_j S_j = JS_j - \sum_j S_j$

$$(S_j = \frac{1}{J} \sum_j m_{jj} + \frac{1}{J} \sum_j S_j = \frac{1}{J} \sum_j m_{jj})$$

表 5.1-13 MEQQD 方案績效排序表

方案	說明	方案績效值	方案排序
A1	2.5G(GPRS)	-0.00765	7
A2	3G(CDMA)	-0.00142	5
A3	WiBro(HSDPA+802.16e)	-0.00599	6
A4	WLAN(802.11a/b/g)	-0.01525	8
A5	WiMAX(802.16-2004)	-0.00033	4
A6	2.5G 搭配 WLAN	0.00839	3
A7	2.5G/3G 搭配 WLAN	0.010457	2
A8	2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax	0.011791	1

MEQQD 所評估的方案績效、方案排序如表 5.1-13，而方案績效值如圖 5.1-3，則 A8 (2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax) 方案 > A7 (2.5G/3G 搭配 WLAN) 方案 > A6 (2.5G 搭配 WLAN) 方案 > A5 (WiMAX(802.16-2004)) 方案 > A2 (3G(CDMA)) 方案 > A3 (WiBro(HSDPA+802.16e)) 方案 > A1 (2.5G(GPRS)) 方案 > A4 (WLAN(802.11a/b/g)) 方案。

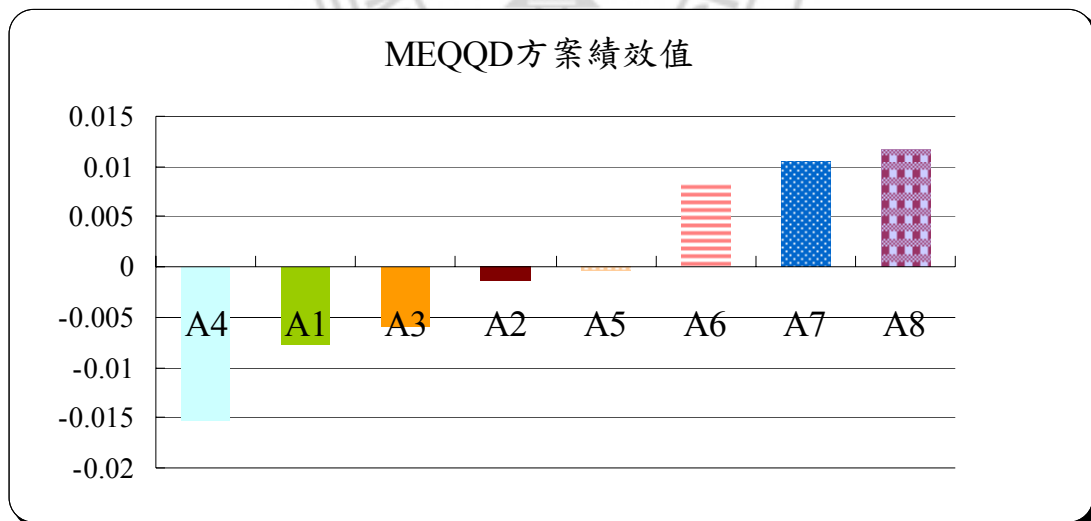


圖 5.1-3 MEQQD 方案績效值

5.1.4 模糊綜合評析之評估分析

茲將介紹本研究之模糊綜合評析法步驟及結果如下所示：

表 5.1-14 模糊綜合評析之方案準則(Mean)模糊評判

模糊績效值 (Mean)	方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
	A1	0.0000	0.0000	0.2067	0.0000	0.6000	0.6000	0.5000	0.5000	1.0000	0.0011	0.2671	0.7000	0.7000	0.9000	0.6000	0.5000
	A2	0.0244	0.0185	0.3111	0.2424	0.7000	0.7000	0.7000	0.5000	1.0000	0.0000	0.1560	0.8000	0.7000	0.6000	0.8000	0.5000
	A3	0.1848	1.0000	0.1023	0.2424	0.7000	0.6000	0.7000	0.5000	1.0000	0.0000	0.1671	0.8000	0.6000	0.4000	0.7000	0.5000
	A4	0.7194	0.0000	0.0000	1.0000	0.5000	0.5000	0.7000	0.4000	0.1000	0.0011	0.0000	0.5000	0.6000	0.5000	0.6000	0.6000
	A5	1.0000	0.0185	1.0000	1.0000	0.6000	0.6000	0.7000	0.2000	1.0000	0.0011	0.0449	0.6000	0.6000	0.3000	0.8000	0.6000
	A6	0.7194	0.0000	0.2067	1.0000	0.6000	0.6000	0.6000	0.5000	1.0000	1.0000	0.4444	0.9000	0.7000	0.7000	0.7000	0.5000
	A7	0.7194	0.0185	0.3111	1.0000	0.6000	0.6000	0.7000	0.5000	1.0000	1.0000	0.7778	0.9000	0.7000	0.6000	0.7000	0.5000
	A8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6000	0.6000	0.7000	0.5000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9000	0.8000	0.6000	0.7000	0.6000
模糊權重 (Mean)	折衷權重	0.0787	0.0486	0.0670	0.0292	0.0851	0.0372	0.0212	0.0550	0.0512	0.0755	0.0807	0.0904	0.0632	0.1057	0.0397	0.0716
模糊評判 (Mean)	A1	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0511	0.0223	0.0106	0.0275	0.0512	0.0001	0.0215	0.0633	0.0442	0.0951	0.0238	0.0358
	A2	0.0019	0.0009	0.0208	0.0071	0.0596	0.0260	0.0148	0.0275	0.0512	0.0000	0.0126	0.0723	0.0442	0.0634	0.0318	0.0358
	A3	0.0145	0.0486	0.0069	0.0071	0.0596	0.0223	0.0148	0.0275	0.0512	0.0000	0.0135	0.0723	0.0379	0.0423	0.0278	0.0358
	A4	0.0566	0.0000	0.0000	0.0292	0.0426	0.0186	0.0148	0.0220	0.0051	0.0001	0.0000	0.0452	0.0379	0.0529	0.0238	0.0430
	A5	0.0787	0.0009	0.0670	0.0292	0.0511	0.0223	0.0148	0.0110	0.0512	0.0001	0.0036	0.0542	0.0379	0.0317	0.0318	0.0430
	A6	0.0566	0.0000	0.0138	0.0292	0.0511	0.0223	0.0127	0.0275	0.0512	0.0755	0.0358	0.0813	0.0442	0.0740	0.0278	0.0358
	A7	0.0566	0.0009	0.0208	0.0292	0.0511	0.0223	0.0148	0.0275	0.0512	0.0755	0.0627	0.0813	0.0442	0.0634	0.0278	0.0358
	A8	0.0787	0.0486	0.0670	0.0292	0.0511	0.0223	0.0148	0.0275	0.0512	0.0755	0.0807	0.0813	0.0505	0.0634	0.0278	0.0430

表 5.1-15 模糊綜合評析之方案準則(Low)模糊評判

模糊績效值 (Low)	方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
	A1	0.0000	0.0000	0.2067	0.0000	0.5000	0.5000	0.3000	0.3000	0.9000	0.0011	0.2671	0.5000	0.5000	0.7000	0.5000	0.3000
	A2	0.0244	0.0185	0.3111	0.2424	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000	0.9000	0.0000	0.1560	0.7000	0.5000	0.5000	0.7000	0.3000
	A3	0.1848	1.0000	0.1023	0.2424	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000	0.9000	0.0000	0.1671	0.7000	0.5000	0.3000	0.5000	0.3000
	A4	0.7194	0.0000	0.0000	1.0000	0.3000	0.3000	0.5000	0.3000	0.1000	0.0011	0.0000	0.3000	0.5000	0.3000	0.5000	0.5000
	A5	1.0000	0.0185	1.0000	1.0000	0.5000	0.5000	0.5000	0.1000	0.9000	0.0011	0.0449	0.5000	0.5000	0.1000	0.7000	0.5000
	A6	0.7194	0.0000	0.2067	1.0000	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000	0.9000	1.0000	0.4444	0.7000	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000
	A7	0.7194	0.0185	0.3111	1.0000	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000	0.9000	1.0000	0.7778	0.7000	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000
	A8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000	0.5000	0.5000	0.3000	0.9000	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000	0.5000	0.5000	0.5000
模糊權重 (Low)	折衷權重	0.1084	0.0734	0.0820	0.0404	0.0987	0.0297	0.0172	0.0423	0.0659	0.1030	0.1244	0.1164	0.0299	0.0481	0.0128	0.0071
模糊評判 (Low)	A1	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0494	0.0149	0.0052	0.0127	0.0594	0.0001	0.0332	0.0582	0.0149	0.0337	0.0064	0.0021
	A2	0.0027	0.0014	0.0255	0.0098	0.0494	0.0149	0.0086	0.0127	0.0594	0.0000	0.0194	0.0815	0.0149	0.0240	0.0090	0.0021
	A3	0.0200	0.0734	0.0084	0.0098	0.0494	0.0149	0.0086	0.0127	0.0594	0.0000	0.0208	0.0815	0.0149	0.0144	0.0064	0.0021
	A4	0.0780	0.0000	0.0000	0.0404	0.0296	0.0089	0.0086	0.0127	0.0066	0.0001	0.0000	0.0349	0.0149	0.0144	0.0064	0.0036
	A5	0.1084	0.0014	0.0820	0.0404	0.0494	0.0149	0.0086	0.0042	0.0594	0.0001	0.0056	0.0582	0.0149	0.0048	0.0090	0.0036
	A6	0.0780	0.0000	0.0170	0.0404	0.0494	0.0149	0.0086	0.0127	0.0594	0.1030	0.0553	0.0815	0.0149	0.0240	0.0064	0.0021
	A7	0.0780	0.0014	0.0255	0.0404	0.0494	0.0149	0.0086	0.0127	0.0594	0.1030	0.0967	0.0815	0.0149	0.0240	0.0064	0.0021
	A8	0.1084	0.0734	0.0820	0.0404	0.0494	0.0149	0.0086	0.0127	0.0594	0.1030	0.1244	0.0815	0.0209	0.0240	0.0064	0.0036

表 5.1-16 模糊綜合評析之方案準則(Upper)模糊評判

模糊績效值 (Upper)	方案	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
	A1	0.0000	0.0000	0.2067	0.0000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.9000	0.0011	0.2671	0.9000	0.9000	0.9000	0.7000	0.7000
	A2	0.0244	0.0185	0.3111	0.2424	0.9000	0.9000	0.9000	0.7000	0.9000	0.0000	0.1560	0.9000	0.9000	0.7000	0.9000	0.7000
	A3	0.1848	1.0000	0.1023	0.2424	0.9000	0.7000	0.9000	0.7000	0.9000	0.0000	0.1671	0.9000	0.7000	0.5000	0.9000	0.7000
	A4	0.7194	0.0000	0.0000	1.0000	0.7000	0.7000	0.9000	0.5000	0.3000	0.0011	0.0000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000
	A5	1.0000	0.0185	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000	0.9000	0.3000	0.9000	0.0011	0.0449	0.7000	0.7000	0.5000	0.9000	0.7000
	A6	0.7194	0.0000	0.2067	1.0000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.9000	1.0000	0.4444	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.7000
	A7	0.7194	0.0185	0.3111	1.0000	0.7000	0.7000	0.9000	0.7000	0.9000	1.0000	0.7778	0.9000	0.9000	0.7000	0.9000	0.7000
	A8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000	0.9000	0.7000	0.9000	1.0000	1.0000	0.9000	0.9000	0.7000	0.9000	0.7000
模糊權重 (Upper)	折衷權重	0.1600	0.0591	0.0585	0.0265	0.1487	0.0514	0.0090	0.0446	0.0180	0.0643	0.1011	0.0908	0.0616	0.0783	0.0171	0.0111
模糊評判 (Upper)	A1	0.0000	0.0000	0.0121	0.0000	0.1041	0.0360	0.0063	0.0312	0.0162	0.0001	0.0270	0.0817	0.0554	0.0705	0.0120	0.0077
	A2	0.0039	0.0011	0.0182	0.0064	0.1338	0.0462	0.0081	0.0312	0.0162	0.0000	0.0158	0.0817	0.0554	0.0548	0.0154	0.0077
	A3	0.0296	0.0591	0.0060	0.0064	0.1338	0.0360	0.0081	0.0312	0.0162	0.0000	0.0169	0.0817	0.0431	0.0391	0.0154	0.0077
	A4	0.1151	0.0000	0.0000	0.0265	0.1041	0.0360	0.0081	0.0223	0.0054	0.0001	0.0000	0.0635	0.0431	0.0548	0.0120	0.0077
	A5	0.1600	0.0011	0.0585	0.0265	0.1041	0.0360	0.0081	0.0134	0.0162	0.0001	0.0045	0.0635	0.0431	0.0391	0.0154	0.0077
	A6	0.1151	0.0000	0.0121	0.0265	0.1041	0.0360	0.0063	0.0312	0.0162	0.0643	0.0449	0.0817	0.0554	0.0705	0.0154	0.0077
	A7	0.1151	0.0011	0.0182	0.0265	0.1041	0.0360	0.0081	0.0312	0.0162	0.0643	0.0786	0.0817	0.0554	0.0548	0.0154	0.0077
	A8	0.1600	0.0591	0.0585	0.0265	0.1041	0.0360	0.0081	0.0312	0.0162	0.0643	0.1011	0.0817	0.0554	0.0548	0.0154	0.0077

STEP2(解模糊化) : $DF_i = [(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)] / 3 + LR_i$, $\forall i$

DF_i : 除模糊值

UR_i : 三角模糊數之最大值

MR_i : 三角模糊數之平均值

LR_i : 三角模糊數之最小值

表 5.1-17 模糊綜合評析方案績效排序表

方案	說明	L	M	U	方案績效值	方案排序
A1	2.5G(GPRS)	0.307086	0.460424	0.460258	0.409256	7
A2	3G(CDMA)	0.335203	0.47001	0.496055	0.433756	6
A3	WiBro(HSDPA+802.16e)	0.396708	0.482084	0.530349	0.469714	5
A4	WLAN(802.11a/b/g)	0.259279	0.391766	0.498643	0.383229	8
A5	WiMAX(802.16-2004)	0.464912	0.528557	0.597332	0.530267	4
A6	2.5G 搭配 WLAN	0.567619	0.639065	0.68745	0.631378	3
A7	2.5G/3G 搭配 WLAN	0.618993	0.665388	0.714485	0.666288	2
A8	2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax	0.813023	0.81273	0.880141	0.835298	1

模糊綜合評析所評估的方案績效、方案排序如表 5.1-17，而方案績效所佔整體的百分比機率如圖 5.1-4，則 A8 (2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax) 方案 > A7 (2.5G/3G 搭配 WLAN) 方案 > A6 (2.5G 搭配 WLAN) 方案 > A5 (WiMAX(802.16-2004)) 方案 > A3 (WiBro(HSDPA+802.16e)) 方案 > A2 (3G(CDMA)) 方案 > A1 (2.5G(GPRS)) 方案 > A4 (WLAN(802.11a/b/g)) 方案。

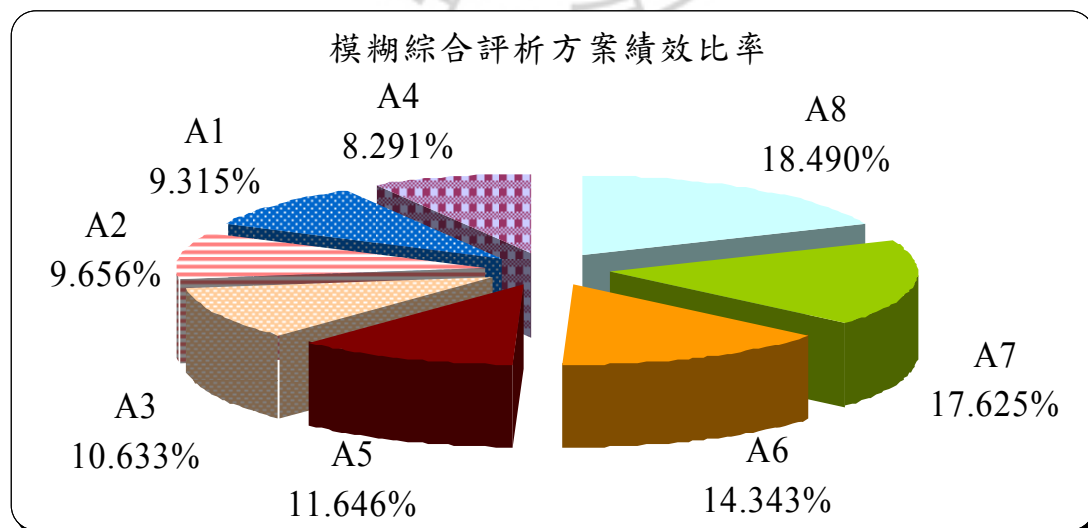


圖 5.1-4 模糊綜合評析方案績效比率

5.1.5 FGRAY 之評估分析

茲將介紹本研究之 FGRAY 步驟及結果如下所示：

STEP0(原評估序列表格)：

表 5.1-18 FGRAY 方案準則原序列表

		準則															
		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
成本(-)/效益(+)準則		+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
質/量		量	量	量	量	質	質	質	質	質	量	量	質	質	質	質	質
方案	A1	171.20	128.00	10.00	0.20	5.60	5.80	5.20	5.20	10.00	1000.00	1000.00	7.00	7.00	8.60	5.80	5.25
	A2	2000.00	384.00	15.00	5.00	7.20	6.60	7.40	5.20	10.00	990.00	750.00	8.00	7.20	6.40	7.80	4.75
	A3	14000.00	14000.00	5.00	5.00	6.80	6.20	7.00	4.80	10.00	990.00	775.00	8.00	6.40	3.80	7.20	5.25
	A4	54000.00	128.00	0.10	20.00	5.20	5.00	6.80	4.40	1.00	1000.00	399.00	5.00	5.60	5.40	6.40	6.25
	A5	75000.00	384.00	48.00	20.00	6.20	6.20	7.00	4.20	10.00	1000.00	500.00	6.00	5.60	2.80	8.00	5.75
	A6	54000.00	128.00	10.00	20.00	6.00	5.80	6.47	4.93	10.00	10000.00	1399.00	9.00	7.00	6.80	6.67	5.42
	A7	54000.00	384.00	15.00	20.00	6.33	6.20	6.53	4.87	10.00	10000.00	2149.00	9.00	7.00	5.93	7.20	5.25
	A8	75000.00	14000.00	48.00	20.00	6.05	5.90	6.60	4.75	10.00	10000.00	2649.00	9.00	8.00	5.80	7.00	5.50

STEP1(評估序列標準暨模糊化)：

表 5.1-19 FGRAY 方案準則(Mean)標準暨模糊化表

(Mean)		準則															
		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
成本(-)/效益(+)準則		+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
質/量		量	量	量	量	質	質	質	質	質	量	量	質	質	質	質	質
方案	A1	1.0	1.0	0.8	1.0	5.6	5.8	5.2	5.2	10.0	0.0	0.3	7.0	7.0	8.6	5.8	5.3
	A2	1.0	1.0	0.7	0.8	7.2	6.6	7.4	5.2	10.0	0.0	0.2	8.0	7.2	6.4	7.8	4.8
	A3	0.8	0.0	0.9	0.8	6.8	6.2	7.0	4.8	10.0	0.0	0.2	8.0	6.4	3.8	7.2	5.3
	A4	0.3	1.0	1.0	0.0	5.2	5.0	6.8	4.4	1.0	0.0	0.0	5.0	5.6	5.4	6.4	6.3
	A5	0.0	1.0	0.0	0.0	6.2	6.2	7.0	4.2	10.0	0.0	0.0	6.0	5.6	2.8	8.0	5.8
	A6	0.3	1.0	0.8	0.0	6.0	5.8	6.5	4.9	10.0	1.0	0.4	9.0	7.0	6.8	6.7	5.4
	A7	0.3	1.0	0.7	0.0	6.3	6.2	6.5	4.9	10.0	1.0	0.8	9.0	7.0	5.9	7.2	5.3
	A8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	5.9	6.6	4.8	10.0	1.0	1.0	9.0	8.0	5.8	7.0	5.5

附註：(最大值，最小值，判別係數：10，0，0.5)

表 5.1-20 FGRAY 方案準則(Low)標準暨模糊化表

(Low)		準則															
		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
成本(-)/效益(+)準則		+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
質/量		量	量	量	量	質	質	質	質	質	量	量	質	質	質	質	質
方案	A1	1.0	1.0	0.8	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	9.0	0.0	0.3	5.0	5.0	7.0	3.0	3.0
	A2	1.0	1.0	0.7	0.8	5.0	5.0	5.0	3.0	9.0	0.0	0.2	7.0	5.0	5.0	5.0	3.0
	A3	0.8	0.0	0.9	0.8	5.0	5.0	5.0	3.0	9.0	0.0	0.2	7.0	5.0	1.0	5.0	3.0
	A4	0.3	1.0	1.0	0.0	3.0	3.0	5.0	3.0	1.0	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0
	A5	0.0	1.0	0.0	0.0	5.0	5.0	5.0	3.0	9.0	0.0	0.0	5.0	3.0	1.0	7.0	3.0
	A6	0.3	1.0	0.8	0.0	5.0	3.0	5.0	3.0	9.0	1.0	0.4	7.0	5.0	5.0	5.0	3.0
	A7	0.3	1.0	0.7	0.0	5.0	5.0	5.0	3.0	9.0	1.0	0.8	7.0	5.0	3.0	5.0	3.0
	A8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.0	5.0	3.0	9.0	1.0	1.0	7.0	7.0	3.0	5.0	3.0

附註：(最大值，最小值，判別係數：9，0，0.5)

表 5.1-21 FGRAY 方案準則(Upper)標準暨模糊化表

(Upper)		準則															
		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
成本(-)/效益(+)準則		+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
質/量		量	量	量	量	質	質	質	質	質	量	量	質	質	質	質	質
方案	A1	1.0	1.0	0.8	1.0	5.0	5.0	5.0	5.0	9.0	0.0	0.3	7.0	7.0	9.0	5.0	5.0
	A2	1.0	1.0	0.7	0.8	7.0	7.0	7.0	5.0	9.0	0.0	0.2	9.0	7.0	7.0	7.0	5.0
	A3	0.8	0.0	0.9	0.8	7.0	7.0	7.0	5.0	9.0	0.0	0.2	9.0	7.0	3.0	7.0	5.0
	A4	0.3	1.0	1.0	0.0	5.0	5.0	7.0	5.0	3.0	0.0	0.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0
	A5	0.0	1.0	0.0	0.0	7.0	7.0	7.0	5.0	9.0	0.0	0.0	7.0	5.0	3.0	9.0	5.0
	A6	0.3	1.0	0.8	0.0	7.0	5.0	7.0	5.0	9.0	1.0	0.4	9.0	7.0	7.0	7.0	5.0
	A7	0.3	1.0	0.7	0.0	7.0	7.0	7.0	5.0	9.0	1.0	0.8	9.0	7.0	5.0	7.0	5.0
	A8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	5.0	7.0	5.0	9.0	1.0	1.0	9.0	9.0	5.0	7.0	5.0

附註：(最大值，最小值，判別係數：9，0，0.5)

STEP2(計算灰關聯生成和灰關聯度)：

表 5.1-22 FGRAY 方案準則灰關聯及灰關聯度

		準則															
		C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C41	C42	C43	C44
方案 (Mean)	A1	8.03851E-06	2.194E-05	0.0080857	0.0065561	0.0539352	0.018764	0.0081267	0.0233841	0.016281	0.0272973	0.0008475	0.0413787	0.022539	0.0299478	0.0120761	0.0204838
	A2	8.23987E-06	2.236E-05	0.0091496	0.0081295	0.0468618	0.0174699	0.0066849	0.0233841	0.016281	0.0818918	0.0014426	0.0381957	0.0221695	0.0357272	0.0101892	0.0215343
	A3	9.8607E-06	0.0609012	0.0072434	0.0081295	0.0484503	0.0180938	0.0069077	0.0243386	0.016281	0.0818918	0.001348	0.0381957	0.0237253	0.046283	0.0106903	0.0204838
	A4	2.86385E-05	2.194E-05	0.0065725	0.0325181	0.0560503	0.0202651	0.0070248	0.0253743	0.0407025	0.0272973	0.102716	0.0496544	0.0255158	0.0391625	0.0114405	0.018663
	A5	0.12031041	2.236E-05	0.0695367	0.0325181	0.0510458	0.0180938	0.0069077	0.0259259	0.016281	0.0272973	0.0048451	0.0451404	0.0255158	0.0522167	0.0100324	0.0195311
	A6	2.86385E-05	2.194E-05	0.0080857	0.0325181	0.051974	0.018764	0.007229	0.0240119	0.016281	4.542E-05	0.000511	0.0354674	0.022539	0.0345161	0.011179	0.0201561
	A7	2.86385E-05	2.236E-05	0.0091496	0.0325181	0.0504453	0.0180938	0.0071872	0.0241741	0.016281	4.542E-05	0.0002926	0.0354674	0.022539	0.0372522	0.0106903	0.0204838
	A8	0.12031041	0.0609012	0.0695367	0.0325181	0.0517388	0.0185918	0.0071459	0.0244634	0.016281	4.542E-05	0.0002278	0.0354674	0.0208052	0.0377121	0.0108685	0.0199961
方案 (Low)	A1	7.2347E-06	1.975E-05	0.0073627	0.0266057	0.0686056	0.0243181	0.0099471	0.0286222	0.016281	0.0254147	0.0007634	0.047041	0.0256233	0.0318749	0.0156506	0.0251951
	A2	7.41594E-06	2.012E-05	0.0083444	0.0278325	0.0541623	0.0191985	0.007853	0.0286222	0.016281	0.0818918	0.0013002	0.03886	0.0256233	0.0385854	0.0123557	0.0251951
	A3	8.8747E-06	0.0609012	0.0065877	0.0278325	0.0541623	0.0191985	0.007853	0.0286222	0.016281	0.0818918	0.0012148	0.03886	0.0256233	0.0666475	0.0123557	0.0251951
	A4	2.57753E-05	1.975E-05	0.0059717	0.0325181	0.0686056	0.0243181	0.007853	0.0286222	0.0399624	0.0254147	0.102716	0.0595853	0.0324561	0.0488749	0.0123557	0.0198909
	A5	0.12031041	2.012E-05	0.0695367	0.0325181	0.0541623	0.0191985	0.007853	0.0286222	0.016281	0.0254147	0.0043812	0.047041	0.0324561	0.0666475	0.0102069	0.0251951
	A6	2.57753E-05	1.975E-05	0.0073627	0.0325181	0.0541623	0.0243181	0.007853	0.0286222	0.016281	4.088E-05	0.0004602	0.03886	0.0256233	0.0385854	0.0123557	0.0251951
	A7	2.57753E-05	2.012E-05	0.0083444	0.0325181	0.0541623	0.0191985	0.007853	0.0286222	0.016281	4.088E-05	0.0002634	0.03886	0.0256233	0.0488749	0.0123557	0.0251951
	A8	0.12031041	0.0609012	0.0695367	0.0325181	0.0541623	0.0243181	0.007853	0.0286222	0.016281	4.088E-05	0.000205	0.03886	0.0211671	0.0488749	0.0123557	0.0251951
方案 (Upper)	A1	7.2347E-06	1.975E-05	0.0073627	0.0266057	0.0541623	0.0191985	0.007853	0.0225964	0.016281	0.0254147	0.0007634	0.03886	0.0211671	0.0271527	0.0123557	0.0198909
	A2	7.41594E-06	2.012E-05	0.0083444	0.0278325	0.0447428	0.0158596	0.0064872	0.0225964	0.016281	0.0818918	0.0013002	0.033103	0.0211671	0.0318749	0.0102069	0.0198909
	A3	8.8747E-06	0.0609012	0.0065877	0.0278325	0.0447428	0.0158596	0.0064872	0.0225964	0.016281	0.0818918	0.0012148	0.033103	0.0211671	0.0488749	0.0102069	0.0198909
	A4	2.57753E-05	1.975E-05	0.0059717	0.0325181	0.0541623	0.0191985	0.0064872	0.0225964	0.0293058	0.0254147	0.102716	0.047041	0.0256233	0.0385854	0.0102069	0.0164316
	A5	0.12031041	2.012E-05	0.0695367	0.0325181	0.0447428	0.0158596	0.0064872	0.0225964	0.016281	0.0254147	0.0043812	0.03886	0.0256233	0.0488749	0.0086948	0.0198909
	A6	2.57753E-05	1.975E-05	0.0073627	0.0325181	0.0447428	0.0191985	0.0064872	0.0225964	0.016281	4.088E-05	0.0004602	0.033103	0.0211671	0.0318749	0.0102069	0.0198909
	A7	2.57753E-05	2.012E-05	0.0083444	0.0325181	0.0447428	0.0158596	0.0064872	0.0225964	0.016281	4.088E-05	0.0002634	0.033103	0.0211671	0.0385854	0.0102069	0.0198909
	A8	0.12031041	0.0609012	0.0695367	0.0325181	0.0447428	0.0191985	0.0064872	0.0225964	0.016281	4.088E-05	0.000205	0.033103	0.0180312	0.0385854	0.0102069	0.0198909

FGRAY 所評估的方案績效、方案排序如表 5.1-22，而方案績效所佔整體的百分比機率如圖 5.1-5，則 A8 (2.5G/3G 搭配 WLAN/Wmax) 方案方案> A5 (WiMAX(802.16-2004)) 方案> A4 (WLAN(802.11a/b/g)) 方案> A3 (WiBro(HSDPA+802.16e)) 方案> A2 (3G(CDMA)) 方案> A1 (2.5G(GPRS)) 方案> A7 (2.5G/3G 搭配 WLAN) > A6 (2.5G 搭配 WLAN) 方案。

表 5.1-22 FGRAY 方案績效排序表

方案	說明	M	L	U	Average	模糊排序
A1	2.5G(GPRS)	0.289733	0.353332	0.299691	0.314252	6
A2	3G(CDMA)	0.339142	0.386133	0.341606	0.355627	5
A3	WiBro(HSDPA+802.16e)	0.412973	0.473235	0.417647	0.434618	4
A4	WLAN(802.11a/b/g)	0.463008	0.50919	0.436304	0.469501	3
A5	WiMAX(802.16-2004)	0.525221	0.559845	0.500092	0.528386	2
A6	2.5G 搭配 WLAN	0.283328	0.312283	0.265976	0.287196	8
A7	2.5G/3G 搭配 WLAN	0.284671	0.318239	0.270133	0.291014	7
A8	2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX	0.52661	0.561202	0.512636	0.533482	1

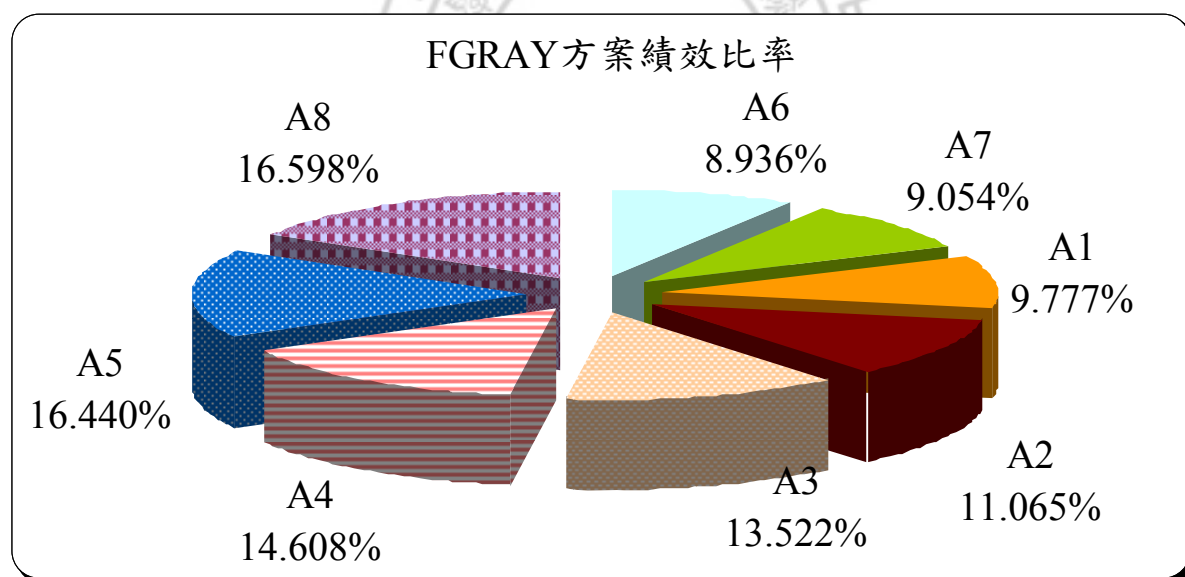


圖 5.1-5 FGRAY 方案績效比率

5.2 方案結果比較及相關性

本研究將利用 MSE、MAE、TOP、MATCH(%)和 SRC 來比較各評估方法在最後方案結果順序決定上的差別。

1. 排序結果的誤差均方 (Mean Squared Error, MSE)

各評估方法在排序結果以 MSE 值越小越好，依序分別為 MEQQD(0.00021596)<FAHP(0.00778698)<FGRAY(0.02474294)<FSD(0.05643377)<FTOPSIS(0.23754557)，因此以 MEQQD 表現較佳。

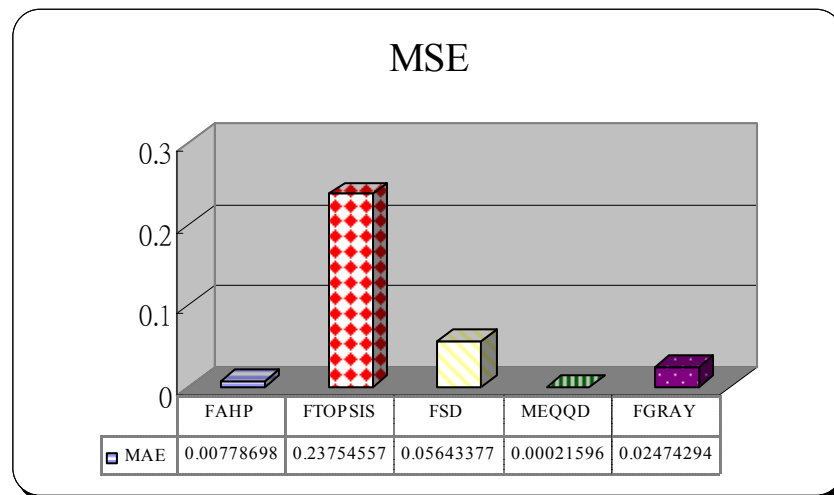


圖 5.2-1 方案排序結果之 MSE 示意圖

2. 排序結果的平均絕對誤差 (Mean Absolute Error, MAE)

各評估方法在排序結果以 MSE 值越小越好，依序分別為 MEQQD(0.007659517)<FAHP(0.044014732)<FGRAY(0.086273985)<FSD(0.124567357)<FTOPSIS(0.269254071)，因此以 MEQQD 表現較佳。

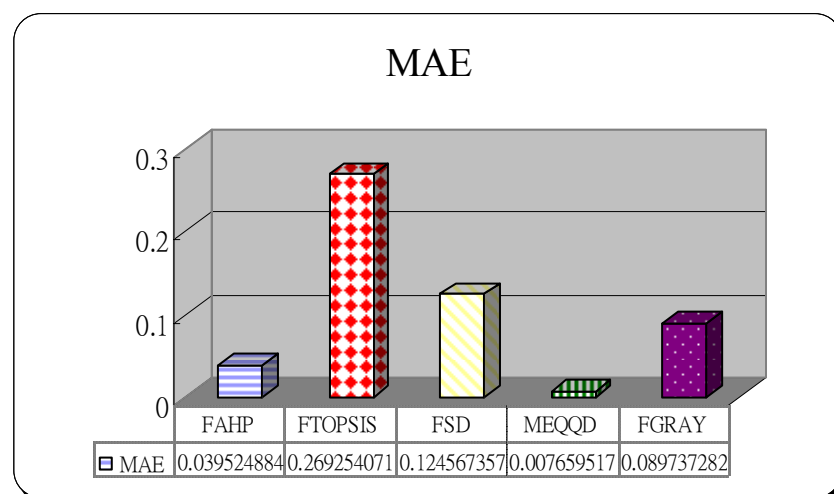


圖 5.2-2 方案排序結果之 MAE 圖

3. 最佳方案之一致性 (Top Rank Matched Count, TOP)

由圖 5.2-3 可以發現大部分的評估方法都以 A7(2.5G/3G 搭配 WLAN) 和 A8(2.5G/3G 搭配 WLAN/Wimax) 兩個方案為最優先的兩個方案，依序累積各評估方法對方案的優先次序，如圖 5.2-4。依據本研究之範圍和以五種評估方法所得之結果雖然沒有任兩個評估方法之方案順序為完全一致，但在最佳方案上皆以 A8(2.5G 搭配 WLAN/WiMAX) 為最優先方案。

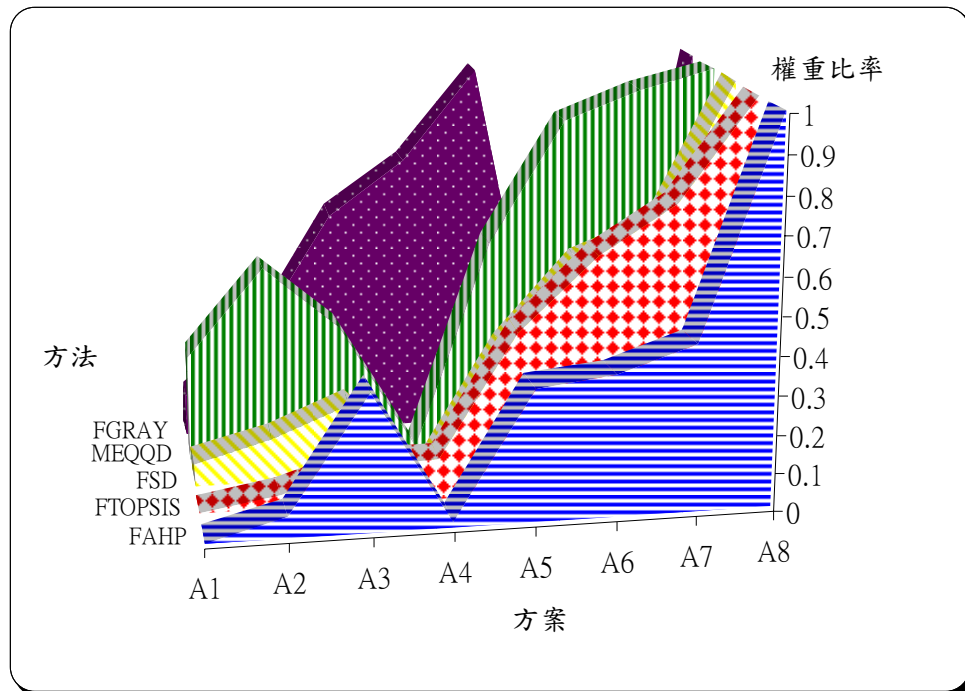


圖 5.2-3 各評估方法之方案順序走勢圖

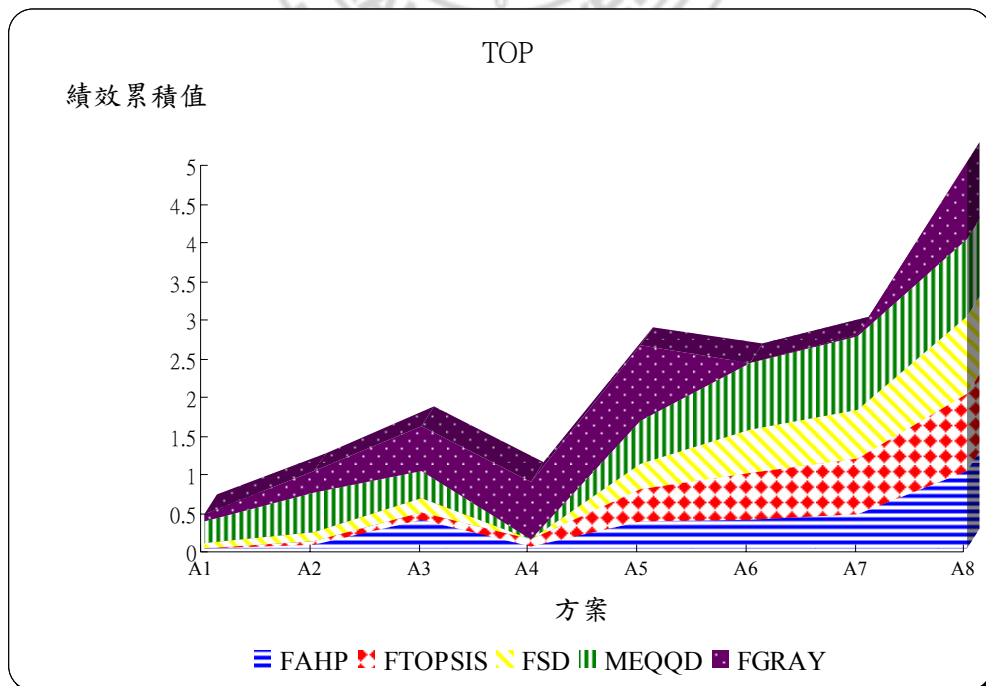


圖 5.2-4 最佳方案一致性 TOP 示意圖

4. 排序結果相同之方案數 (Number of Rank Matched, MATCH%)

在圖5.2-5和表5.2-2比較方案排序結果可以發現以MEQQD和各評估方案的結果相合度最高，接續是模糊綜合分析法、FTOPSIS和FAHP，最後則是FGRAY的評估法，並且也可從表5.2-1發現前兩個優先順序方案是各評估方法最為一致的結果。

表 5.2-1 各評估方法之方案排序

方法/方案	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
說明	2.5G (GPRS)	3G (CDMA)	WiBro (HSPFA+802.16e)	WLAN (802.11a/b/g)	WiMAX (802.16-2004)	2.5G/WLAN	2.5G/3G/WLAN	2.5G/3G /WLAN/WiMAX
FAHP	8	6	4	7	5	3	2	1
FTOPSIS	6	5	4	3	2	8	7	1
FSD	8	7	6	5	4	3	2	1
MEQQD	7	6	5	8	4	3	2	1
FGRAY	7	5	6	8	4	3	2	1

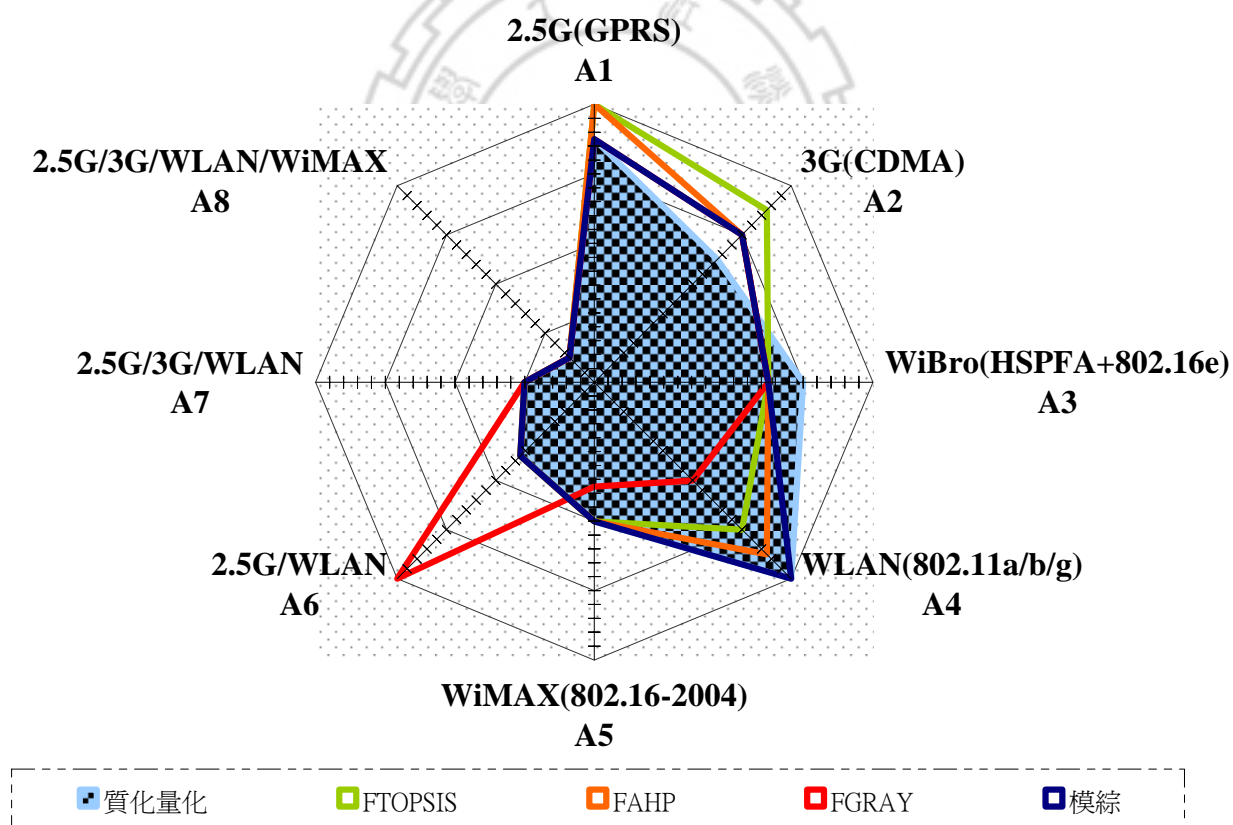


圖 5.2-5 排序結果相同之方案數 MATCH(%)示意圖

表 5.2-2 排序結果相同之方案數 MATCH(%)列表

	FAHP	FTOPSIS	FSD	MEQQD	FGRAY	平均
FAHP	100%	50%	50%	38%	25%	53%
FTOPSIS	50%	100%	50%	63%	13%	55%
FSD	50%	50%	100%	75%	13%	58%
MEQQD	38%	63%	75%	100%	25%	60%
FGRAY	25%	13%	13%	25%	100%	35%

5. Spearman 等級相關係數 (sperman's correlatin for rank, SRC)

經由不同評估方法，針對現場設備評選無線通訊網路系統之結果，應以 Spearman 等級相關係數判別評估結果的一致性。以下就不同評估方法所作的 Spearman 等級相關係數表作一整理比較，如表 5.2-3 所示。其中整體皆使用模糊折衷權重，並以 FAHP、FTOPSIS 和模糊綜合評析法及 MEQQD 的評估方案排序結果具有顯著正相關性。

表 5.2-3 不同評估方法之 Spearman 等級相關係數

	FAHP	FTOPSIS	FSD	MEQQD	FGRAY
FAHP	1	0.881 (3.2245)*	0.9524 (5.41)*	0.9048 (3.6793)*	0.0476 (0.0826)
FTOPSIS	0.881 (3.2245)*	1	0.8571 (2.8823)*	0.8333 (2.6112)*	0.1667 (0.2928)
FSD	0.9524 (5.41)*	0.8571 (2.8823)*	1	0.9762 (7.7948)*	0.0238 (0.0413)
MEQQD	0.9048 (3.6793)*	0.8333 (2.6112)*	0.9762 (7.7948)*	1	0 (0)
FGRAY	0.0476 (0.0826)	0.1667 (0.2928)	0.0238 (0.0413)	0 (0)	1

* 表在 95%信心水準下，評估水準有顯著相關性。

最後本研究將以上各比較的結果列舉最好的評估方法如下表 5.2-4，而其中 MSE 和 MAE 部分以 MEQQD 表現最優，而最佳方案(TOP)一致性各方案皆相同，另排序結果相同方案數(MATCH)而言亦以 MEQQD 表現最優，最後在 SRC 部分除了 FGRAY 較無正顯著相關，其餘方法皆具有顯著正相關。因此，依據各比較方式將各評估方法之方案排序，以相對優劣呈現之，則數字越小表現越好。總而言之，本研究發現最適的評估方法為 MEQQD 評估模式，其表現在各方面皆為最優良表現，並以方案 8(2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX)為最佳方案。

表 5.2-4 不同評估方法和比較結果優劣表

名次		比較項目				
		MSE	MAE	TOP	MATCH	SRC
評估方法	FAHP	2	2	1	4	1
	FTOPSIS	5	5	1	3	1
	FSD	4	4	1	2	1
	MEQQD	1	1	1	1	1
	FGRAY	3	3	1	5	2

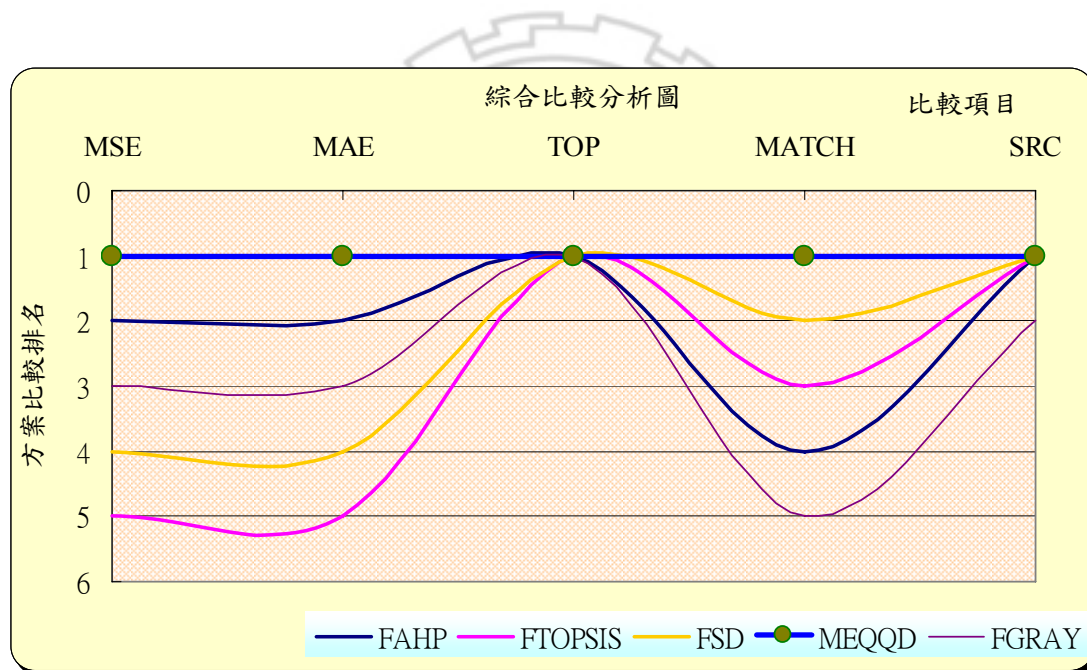


圖 5.2-6 評估方法綜合比較項目優劣圖

5.3 小結

總結而論，在歷經兩階段的指標篩選和權重衡量後，本研究所比較不同的評估方法，發現由 MEQQD 為最表現最良好的決策方法，且在方案一致性的比較中亦可發現方案 8(2.5G/3G/WLAN/WiMAX)為各種方法評估下皆為最適合之方案。因此本研究除了以上最適方案和最適方法外，試擬一評估流程以供後續參考，如圖 5.3-1：

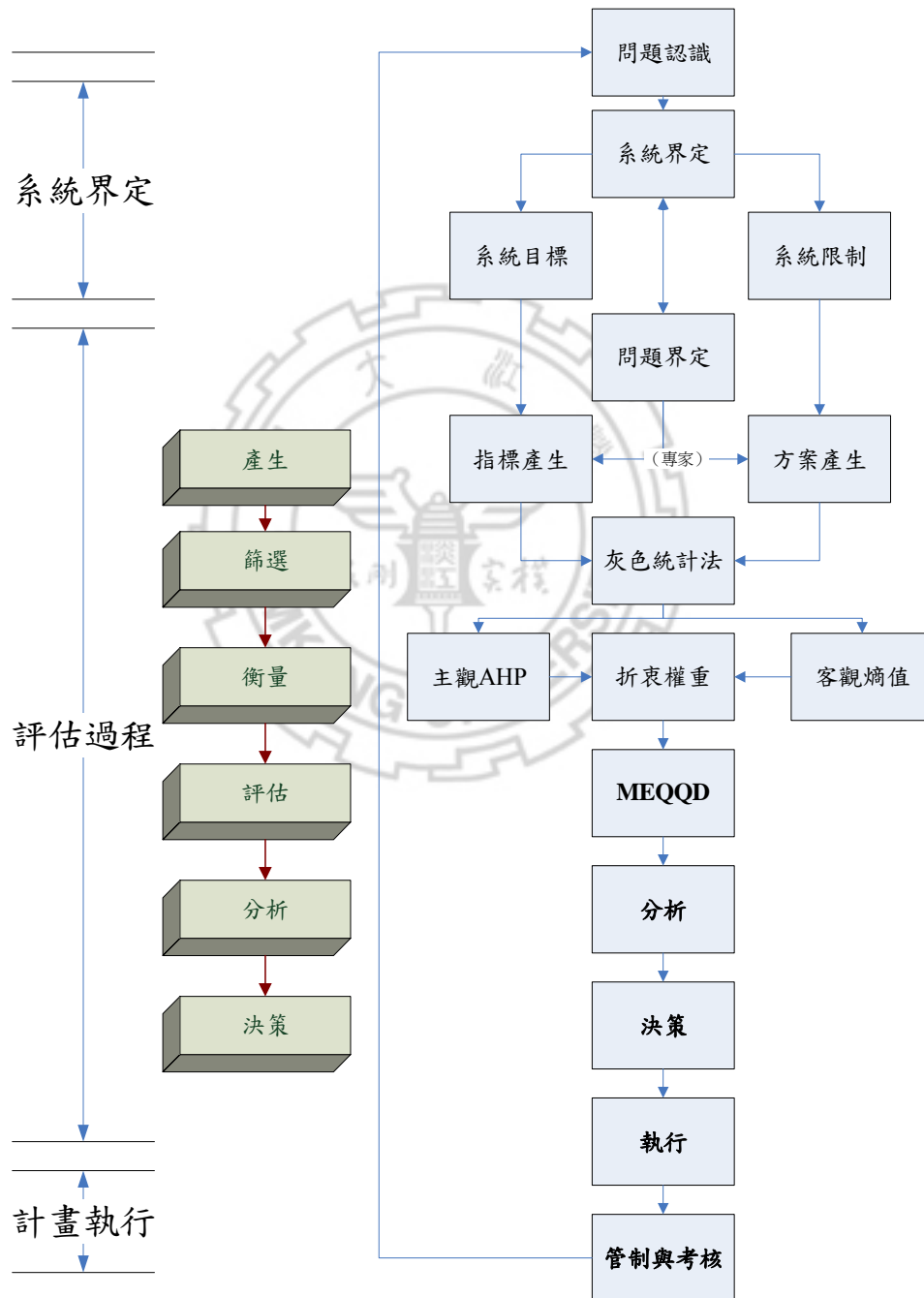


圖 5.3-1 評估流程示意圖

本研究最後擬從波士頓顧問群之 BCG (Bonston Consulting Group) 模式探討都市交通現場設備通訊網路評選之決策趨向。1970 年由波士頓顧問群提出的 BCG 矩陣主要是對於不同組合的投資事業，決定其現金流量的投入，或者對投資組合的取捨。

策略性事業單位(SBU-STRATEGIC BUSINESS UNIT, SBU)通常可以稱為事業體，SBU 是指以一種產品或一產品群所組織起來之事業單位，其目的通常是為了應付競爭者。每一個 SBU 因為市場競爭情況及獲利狀況都不一樣，而可以將 SBU 歸成不同的類別，置於矩陣中。基本 BCG 模式就是依據市場成長率的高低，及相對於最大競爭對手之市場佔有率高低將 SBU 區分成四種，分別為明星事業、問題事業、金牛事業、明日黃花(狗)事業。

本研究之 BCG 模式依據都市交通現場設備未來趨勢和評估決策方法績效的交互關係而成。縱軸表示都市交通現場設備未來需求趨勢，包含各地區設備固定端和移動端數量的多寡和其管理目的，而其所對各準則的需求程度的不同，又縱軸表示評估決策的方法績效值，而專家對各方案的未來趨勢，如圖 5.3-2 所示且分述如下：

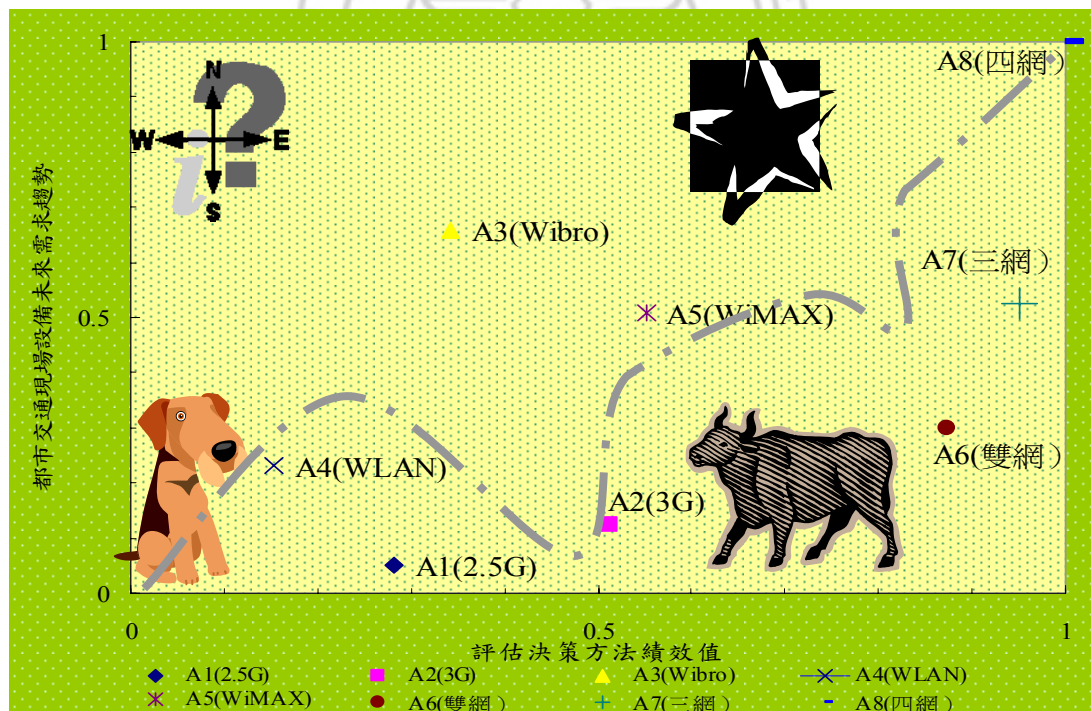


圖 5.3-2 都市交通現場設備無線網路通訊系統 BCG 矩陣

(一) 明日黃花(狗)產業

所謂明日黃花產業是指都市交通現場設備未來需求趨勢率低，且評估決策方法績效值率低的方案。此即方案 1 (2.5G) 和方案 4(WLAN)，前者為往日選擇通訊網路的第一選擇，但其頻寬較低，後者以價格低廉和頻寬高著稱但缺乏移動性，因此階段未來勢必受到許多新技術的挑戰，此則為 0~1 年的短期規劃。

(二) 金牛產業

金牛產業是指評估決策方法績效值高但都市交通現場設備未來需求趨勢率低的方案。此代表為方案 2 (3G) 和方案 6(2.5G/WLAN，雙網)，前者具有漫遊和頻寬較高，但價格昂貴，後者互補的結果下，可將涵蓋範圍擴大，但其在”換手”時，仍必須在靜態下執行。相對地，可為 1~2 年的中短期規劃結果。

(三) 問題產業

所謂問題產業是指都市交通現場設備未來需求趨勢率高，但評估決策方法績效值率低的方案。此即方案 3(WiBro)，此技術為新興技術具有高移動性和高傳輸率，但技術尚未成熟，尚待具規模將成本降低，亦可為 2~3 年的中長期規劃展望。

(四) 明星產業

明星產業是指都市交通現場設備未來需求趨勢率高且評估決策方法績效值率高的方案。在此的方案為 mesh network 的方案 7(2.5G/3G/WLAN，三網)和方案 8(2.5G/3G/WLAN/WiMAX，四網)，其所代表為可為長期規劃並且為為來必定的發展趨勢。依現況而言，兩者差別在於是否有 WiMAX 的 Backbone，而在評估方案比較最佳的方案八也正代表區域間的現場設備和中心資料的互相傳輸，其距離的遠近和傳輸量需求的大小都在考量範圍內，並行成一完整的網路架構，此為最佳 3~5 年的長期規劃。

第六章 結論建議

6.1 結論

本研究目的為綜觀並評選建立台北市都市交通現場設備在面對眾多無線通訊技術方案下的決策方法。首先透過灰色統計法篩選出重要且適合的指標內容，接著蒐集計算包含有主觀和客觀的折衷權重值，且最後依據不同多準則評估法和比較將本研究結果條列如下：

1. 對評選台北市都市交通現場設備通訊網路而言，本研究首先以四個構面（功能、品質、成本和系統）和 16 個準則為研究主要的評估項目，並經過灰色統計證明皆有相當高程度的必要因素。
2. 若以主觀權重來看，整體平均以成本優於功能、系統和品質面，則此又最接近相關現場設備管理單位的看法。若加入折衷權重的看法，功能面首重實際傳輸率，接著為可傳輸距離、移動傳輸供需率和頻寬，若以品質面則是資料安全性最重要，接著依序為資料遺失性、環境干擾性和多元應用性。另成本面亦也接收端通訊成本最重要，再來為維護耗費成本、接收端設備成本和頻譜取得成本。最後就系統面而言，以系統成熟度為最高，再者為系統相容性、系統電力和系統擴充性。
3. 依據本研究最後結果，整體綜觀台北市都市交通現場設備通訊網路評選方案以 A8 方案(2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX)為最適合的方案。依現況台北市而言，現場設備為單獨採用 GPRS 方案，而 WLAN 則在陸續在測試和實施中。因此若要落實本研究建議之方案，不但要更擴大 3G 的範圍也可將其測試在動態公車系統上，並搭配 WiMAX 將區域型的 WLAN 現場設備傳回較遠的中控中心。
4. 依據不同的評估方法和比較，在 MSE 和 MAE 方面以 MEQQD 表現最優，而在最佳方案一致性(TOP)上更是呈現全數一致性的結果，又排序結果的相同方案數以 MEQQD 最好，另 SRC 部分除了 FGRAY 評估法，其於評估法所得結果皆具有顯著正相關。總體而言，應以 MEQQD 為通訊網路評選較佳的方法之一。

本研究最主要的貢獻在於針對都市交通管理現場設備，評估最適合的方案且比較出較好的評估方法，更甚建議規劃時程決策及整體評估流程。

6.2 建議

1. 對決策者建議

決策者進行評估時宜需快速且正確的決策過程，對於專家意見的蒐集和評估方法的操作以往皆由許多階段完成，耗時耗力且成效不大。建議可將評估方法程式化並將問卷改成網路電腦問卷，在網路上可以顯示較多動態且可模擬出不同方案的差異性，以此更利於獲得專家們內心真正的權重和決策結果。

2. 針對各現場設備的建議

現場設備依其不同需求大致上可以分成固定端和移動端，然則本研究最後的建議方案為 A8 方案(2.5G/3G 搭配 WLAN/WiMAX)，其代表為綜觀全部設施而言。而其往後可針對不同通訊技術的優點搭配各現場設備的需求建構一完整的無縫式網路系統。

3. 對於通訊網路評選的評估方法

本研究考量質化和量化問題以多準則方法評估之，其中又以 MEQQD 表現較佳。其中本研究尚有許多量化和質化的標準尚未考量進去，像是實際涵蓋範圍、實際訊號衰減率或者實際方案執行需要的基地台數等，但礙於評估決策要顧慮時程快速且正確，因此往後在經過此一決策評估方法證明後，可進行實際網路布置規劃和實際通訊模擬壓力測試等。

4. 後續研究建議

後續根據日後網路新技術的演進或者現場設備的增加和需求的改變，重新進行通訊網路評選之工作。除此之外，發展無線網路特性於現場設備新服務上，將是另一重點。像是公車動態系統利用無線可能的商業營運模式、無線資訊可變標誌的動態資訊提供甚或無線交通號誌管理機制及先進無線停車管理系統等。

參考文獻

一、中文部分

1. 王嘉宏，「數位網路上多重目標規劃的數學模式」，政治大學應用數學系碩士論文，民國 93 年。
2. 交通部運輸研究所，「電腦化交通號誌控制系統-通訊系統手冊與通訊協定：通訊系統手冊」，民國 86 年 10 月。
3. 交通部運輸研究所，「台灣智慧型運輸系統通訊協定研訂及其在交通控制系統之示範計畫—都市交通控制系統標準化軟體實測與擴充計畫」，民國九十三年六月。
4. 交通部，「都市交通控制通訊協定 3.0 版」，民國九十三年十一月。
5. 呂建成，「企業電子化策略方案評選之研究」，大葉大學資訊管理碩士班碩士論文，民國 91 年 6 月。
6. 吳欣益，「無線通訊網路之規劃與管理」，台灣大學資訊管理碩士班論文，民國 87 年。
7. 周駿呈，「無線寬頻城市發展現況與趨勢」，工研院 IEK，民國 94 年 6 月。
8. 洪偉綱，「智慧型系統中無線通訊網路評選之研究-以先進大眾運輸系統為例」，交通大學運輸科技與管理學系碩士班碩士論文，民國 91 年 6 月。
9. 洪嘉鴻，「MIMO 強化 WLAN 涵蓋範圍與傳輸速率」，零組件雜誌，第 163 期，頁 130-135，民國 94 年 5 月。
10. 柯承志，「GPRS/3G/WLAN 之整合與信號含概率的估算」，電子檢測與品管，第 62 期，頁 27-36，民國 94 年 4 月。
11. 陶冶中等人，「智慧運輸系統資訊通訊實驗平台建構及系統標準之研究」，交通部運輸研究所委託研究計畫，台灣先進交通運輸科技與管理協會執行，民國 93 年。
12. 陳世昌，「多準則評估方法應用於服務品質評估之研究以國內宅配業為例」，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文，民國 91 年 6 月。
13. 陳姿方，「國內全區行動電話業者經營績效之評估-模糊多準則評估方法之應用」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 94 年 7 月。
14. 陳龍華，「細說頻寬與寬頻」，無線電界，第 86 卷，第 6 期，頁 60-68，民國 94 年 12 月。
15. 黃世昌、簡榮宏，「802.11 獨領 WLAN 風騷」，網路通訊，第 138 期，頁 32-36，民國 92 年 1 月。
16. 張忠誠，「一種折衷型模糊決策模型及其應用」，運籌與管理，第 14 卷，第 5 期，民國 94 年 4 月。
17. 張愛群，「無線區域網路與家庭網路之科技與標準研究」，交通大學科技管理研究所碩士論文，民國 88 年。

18. 梁新穎，「降低正交分頻多工系統與正交分頻多工-分碼多工擷取系統之峰值對平均功率比」，暨南國際大學電機工程研究所碩士論文，民國 92 年 6 月。
19. 游士賢，「HSDPA 測試及量測之概論」，通訊雜誌，第 128 期，頁 84-94，民國 94 年 7 月。
20. 馮正民，「質化與量化多準則評估方法之改進與應用」，交通大學運輸科技與管理學系，民國 85 年。
21. 劉佳鑫，「模糊多屬性決策方法之模擬分析比較」，銘傳大學管理科學研究所碩士論文，民國 93 年 6 月。
22. 劉育儒，「市區公車定位與通訊系統技術評估之研究」，台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
23. 蕭文龍，「電腦網路概論與實務第四版」，基峰資訊股份有限公司，2005 年 12 月版。
24. 鄭同伯，「802.11 完全剖析無線網路技術」，博碩文化，2005 年 6 月版。
25. 鄭名軒，「國內民營行動電話業者經營績效之評估-灰色關聯分析法之應用」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 94 年 7 月。
26. 鄭靜娟，「WiMAX 技術發展對我國行動通訊業者技術採用策略之影響」，成功大學電信管理研究所碩士論文，民國 94 年 7 月。
27. 魏巧晴，「產品設計初期模糊決策之研究」，大葉大學工業工程學系碩士班論文，民國 92 年 6 月。
28. 鍾世忠等人，「智慧型運輸系統通訊協定之研究-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，交通大學執行，民國 89 年。
29. 鍾于婷，「應用路途中資訊內容傳送之無線網路評選」，成功大學電信管理碩士班論文，民國 93 年。
30. 謝尚行，「智慧型運輸系統中無線通訊網路評選之研究-以先進大眾運輸系統為例」，交通大學運輸科技與管理學系碩士班論文，民國 91 年。
31. 豐偉、楊學堂，「基於熵權和改進 AHP 法的模糊優選方法」，三峽大學學報，第 26 卷，第 6 期，民國 93 年 12 月。

二、英文部分

32. Bertrand Emako, etc., A mobil agent-based advanced service, IEEE, 2003.
33. D.Nicholson, J.Messen, Technologies for multimedia and video surveillance convergence, IEEE, 2005.
34. DongRong Xiao; Jie Zhou, Ber performance of two transmit diversity schemes with perfect/imperfect channel evaluation in wireless communications, IEEE, 2005.
35. Eric Nordsrom, etc., A tasted and methology for experimental evaluation of wireless mobile ad hoc networks, IEEE, 2005.
36. Hitomi Murakami, Telematics Services in Japan and KDDI's Business Developments, KDDI Proprietary Information, 2003.

37. Jorge T.Aguiar, A Framework for the evaluation of converged mobil and wireless commucation systems, IEEE, 2004.
38. Koen Milis, The use of the balanced scorecard for the evaluation of Information and Communication Technology projects, International Jorunal of Project Management, 2004.
39. K. Balaji, etc., Performance evolution of a hybrid wireless network architecture for rual communication, IEEE, 2005.
40. L. Mokdad, etc., A new tool for performance evolution wireless networks, IEEE, 2003.
41. Lee Armstrong, Dedicated Short Range Dedicated Short Range Communications (DSRC) at 5.9 GHZ.
42. Maria Stella Iacobucci, etc., Analysis and performance evaluation of wireless lan handover, IEEE, 2005.
43. Peng Wang, etc., A simple and efficient MPEG-4 video traffic model for wirless network performance evaluation, IEEE, 2004.
44. Rainer Kroh; Albert Held; Michael Aldinger, DaimlerChrysler AG; Research & Technology Ralf Keller; Thorsten Lohmar, Ericsson Eurolab Deutschland GmbH Erno Kovacs; Sony International (Europe) GmbH, High-Quality Interactive and Broadband IP Services for the Vehicle on the Net- The COMCAR Approach, 2004.
45. Saad Zaman Asif, Aligning business and technology strategies-an evolution of a third gengration wireless technology, IEEE, 2003.
46. Takafumi FUJITA, etc., An evaluation scheme of cell throughput for muti-rate wireless lan systems with csma/ca, IEEE, 2003.
47. Vishnu Navada, etc., Design and evolution of iMesh, IEEE, 2005.
48. Young-Myoung Kim, Use of multi-attribute decision analysis for designing operations system framework in telecommunications management network, Computer & operations research, 2000.
49. Yuxin Liu, etc., Evolation joint source and channel coding over wireless networks, IEEE, 2003.

三、網頁部分

50. 台北信義商圈無線入口，<http://WLAN.taipei-elife.net/main.html>。
51. 台北市公車動態顯示系統，
<http://www.e-bus.taipei.gov.tw/chinese/html/link2.htm>。
52. Alberta，http://www.wirelesscity.ca/city/bins/content_page.asp?cid=1612-1686
53. 韓國，http://www.kt.co.kr/kthome/eng/u_kt/u_street/IS.jsp
54. 休士頓，<http://www.houstontranstar.org/>

55. 科技產業資訊室，<http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/market/main.htm>
56. 資策會，<http://www.find.org.tw/find/home.aspx>
57. SanDiago，<http://www.calit2.net/research/areas/transportation/project?id=69>
58. Metro，http://www.mta.net/other_info/atms, 2004.
59. Solidtecn，<http://www.solidtech.com/pdf/BuscomCaseStudy.pdf>, 2004.
60. Siemen，<http://www.siemenstraffic.com/d/auth.rpl?m=cat&catid=211>, 2004.



附錄一

(第一階段：準則問卷)



第一階段——準則問卷

親愛的專家您好：

本問卷為評估「**ITS現場設施之無線通訊網路系統評選**」所做的學術研究調查，問卷主要目的在於瞭解影響ITS現場設施之無線通訊網路系統評選各個評估指標及其重要性，本研究將進行兩階段問卷，第一階段為評估指標之篩選，第二階段為指標權重之衡量。此份問卷為本研究第一階段之專家問卷，希望藉由您專業的素養以及寶貴的意見，篩選出「ITS現場設施之無線通訊網路系統評選」之適當評估準則。

敬請台端撥冗填寫，並儘速以 e-mail 回覆，本問卷結果僅供學術研究之用，敬請安心作答，非常感謝台端對本研究之支持與協助。

回覆Mail：pinhu.tw@yahoo.com.tw

敬祝

身體健康 萬事如意

淡江大學 交通運輸管理科學系所

指導教授 范俊海 博士

陶冶中 博士

研究生 劉文龍 敬啟

E-mail：pinhu.tw@yahoo.com.tw

聯絡電話：0988-236896

《問卷內容說明》

- 本研究主要目的是從眾多無線技術中，評選出適合台北市現場設備之資料傳輸的無線技術。
- 本研究主要範圍為：-都市-台北市；-現場設備-VD、Traffic controller、CMS、公車車機及智慧型站牌、和停車資訊顯示系統。
- 本研究擬以「**功能**」、「**品質**」、「**成本**」、「**系統**」四大層面來評估ITS現場設施之無線網路通訊系統評選。各層面之評估準則即其內涵說明如下表**說明一**所示，共計初擬十六個評估指標。並在下圖〈問卷內容_1~5〉裡，勾選您認為最適合的答案。

範例：

功能面		不 重 要				----->					重 要	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	實際傳輸供需率 (RT=系統實際傳輸率/現場設備總需求量)											V

- 請考量所列各評估準則在評選 ITS 現場設施之無線通訊系統之重要性評定分數由 1 至 10 分，分數越高表示越重要，請依您個人的專業素養主觀認定。
- 本問卷之準則若有遺漏未列，請您不吝賜教，將之填於「其他」項中，並對其重要性加以評分。
- 另現場設備需求量無線通訊系統基本特性之量化指標部分，所蒐集及整理如**附錄二**所示：
- 以下為問卷流程：問卷一(功能面)→問卷二(品質面)→問卷三(成本面)→問卷四(系統面)→問卷五(方案面)→問卷六(基本資料) (PS：文中設有標籤，或可使用ctrl同時點選流程文字，以方便來回對照切換之參考)

說明一：準則說明 (*表量化指標)

[TOP](#)

構面	評估指標	說明
功能	實際傳輸供需率*	$RT = \text{系統實際傳輸率} / \text{現場設備總需求量}$
	移動傳輸供需率*	$MT = \text{系統最大移動傳輸率} / \text{移動設備平均時速需求量}$
	可涵蓋範圍比率*	$A = \text{系統可達範圍} / \text{現場設備範圍}$
	可連接頻道數比率*	$C = \text{系統單次可連接數量} / \text{現場設備數量}$
品質	資料安全性	對於各系統被破壞和被攔截率的可能性大小
	環境干擾性	在執行環境中，對於各系統因為各介質穿透力的強弱判別
	多元應用性	各系統之額外附加功能，如語音、影像、定位等..
	資料遺失性	各系統對於傳輸過程中，資料遺漏程度且回報過程之大小和快慢。
成本	頻譜取得成本	各系統在所需頻段所需取得執照成本
	接收端設備成本*	$RC1 = \text{現場設備數量} * \Sigma(\text{接收設備總類} * \text{單價})$
	接收端通訊成本*	$RC2 = \text{現場設備數量} * \text{各系統月租費用} + \text{現場設備數量} * \text{超量封包量} * \text{各系統超量單封包單價}$
	維護耗費成本	$FXC = \text{系統維修時間} + \text{系統維修金額}$
系統	系統相容性	各系統對於其餘系統和現場設備是否具有相容之問題和困難度。
	系統成熟度	目前各系統佈設基地台數和法律及 ISP 業者之經營規模大小，以及系統整體的完整性。
	系統擴充性	未來系統的潛力和現場設備增加是否會造成各系統負擔的嚴重程度。
	系統電力	對於各系統在使用中時，所必須消耗的電力之程度多寡。

說明二之一：北市現場設備需求一覽表（瞬間同時極端上傳和下載量）[TOP](#)

現場設備項目	正常使用數量	極端上行	極端下行
Traffic Controller	1300 組	1,054,300Byte	1,267,500Byte
VD	167 組	99,699Byte	87,174Byte
CMS	60 組	1,502,460Byte	1,505,700Byte
車機	500 組	19,500Byte	/
智慧型站牌	80 組	/	158,400Byte
停車資訊顯示系統	47 組	/	/

說明二之二：無線通訊系統基本比較表

技術	無線							
項目	WLAN(Wi-Fi)			WIMAX		2.5G(GPRS)	3G(WCDMA)	WiBro
規格	802.11a	802.11b	802.11g	802.16a	802.16d	GSM(含 DCS) TDMA、CDMA	w-cdma、 Cdma2000、 TD-SCDMA	3G(HSDPA)+ Wimax(802.16e)
頻帶 (Frequency)	5	2.4	2.4	2~11	2~66	0.9/1.8/1.9	2	2.3GHz
頻寬(Band)	20MHz	20MHz	20MHz	20MHz		/	/	100MHz
資料速度 (Data Rate)	54Mbps	11Mbps	54Mbps	70Mbps		144Kbps	144kBs~2Mbps	20~30Mbps
實體層速 度 Throughput	27Mbps	5Mbps	27Mbps	300K~2Mbps		3Kbps/人	3Kbps/人	14Mbps
移動傳輸 率 (Mobility)	20~40 kph	20~40 kph	20~40 kph	人行		/	/	14Mbps
傳輸技術	OFDM	DSSS	OFDM	DAMA-TDMA		FDMA	CDMA	/
輸出功率	40	100	100	/		2002/1/1	/	/
安全性	尚可 (40 bit RC4)	尚可 (40 bit RC4)	尚可(40 bit RC4)	尚可		佳	佳	佳
可及 區域範圍	100m	100m	100m	48km(30miles)		10km	15km	1~5km
技術可行 性	佳	佳	佳	測試中		佳	可	測試中

《問卷內容_1》

一、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**功能面**」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何：

功能面

不重要

----->

重要

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	實際傳輸供需率 (RT=系統實際傳輸率/現場設備總需求量)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	移動傳輸供需率 (MT=系統最大移動傳輸率/移動設備平均時速需求量)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	可涵蓋範圍比率 (A=系統可達範圍/現場設備範圍)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	可連接頻道數比率 (C=系統單次可連接數量/現場設備數量)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[TOP](#)

《問卷內容_2》

二、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「品質面」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何：

品質面

不重要

----->

重要

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	資料安全性 對各系統被破壞和被攔截率的可能性大小	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	環境干擾性 因為各介質穿透力的強弱判別	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	多元應用性 各系統之額外附加功能，如影像、定位等	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	資料遺失性 資料遺漏程度且回報過程之大小和快慢	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[TOP](#)

《問卷內容_3》

三、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**成本面**」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何：

成本面

不重要

-----→

重要

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	頻譜取得成本 各系統在所需頻段所需取得執照成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	接收端設備成本 $RC1 = \text{現場設備數量} * \Sigma(\text{接收設備總類} * \text{單價})$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	接收端通訊成本 $RC2 = (\text{現場設備數量} * \text{各系統月租費用}) + (\text{現場設備數量} * \text{超量封包量} * \text{各系統超量單封包單價})$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	維護耗費成本 $FXC = \text{系統維修時間} + \text{系統維修金額}$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[TOP](#)

《問卷內容_4》

四、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**系統面**」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何：

系統面

不重要

-----→

重要

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	系統相容性 對於其餘系統和現場設備是否具有相容	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	系統成熟度 目前各系統佈設基地台數和完整性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	系統擴充性 未來系統的潛力和設備增加是否會負擔	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	系統電力 所必須消耗的電力之程度多寡。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	其他_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[TOP](#)

《問卷內容_5》

五、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「方案選擇」而言，請問您對下列各項準則的適合性看法為何：

方案選擇

不適合

----->

適合

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
蜂巢	A ₁	2.5G(GPRS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A ₂	3G(CDMA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A ₃	Wibro (3G : HSPDA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
區網	A ₄	WiFi(802.11 a/b/g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A ₅	Wimax(802.16 a/e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mesh Network	A ₆	2.5G/3G 搭配 WiFi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A ₇	2.5G/3G 搭配 Wimax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A ₈	2.5G/3G 搭配 WiFi 和 Wimax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A ₉	其他_____		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[TOP](#)

《問卷內容_6》

六、以上先感謝專家的用心協助填寫，最後此部分希望獲得專家的基本專業領域資訊，以條列式分述如下：

1) 專家尊姓大名：_____

2) 專家職業及職稱：

☐ 學者專家(_____學校_____系)

☐ 廠商業者(_____公司_____〈工程師、經理…等〉)

☐ 相關現場設備監督單位 (台北市_____單位_____〈職稱〉)

3) 專家對本研究的寶貴意見：

本問卷到此結束，非常感謝您費時填寫。

填答完畢後，請存檔並以附件方式mail到pinhu.tw@yahoo.com.tw

若能儘快傳回將對本研究有很大之助益，再度感謝您的合作與支持。

附錄二

(第二階段：權重問卷)



第二階段——權重問卷

親愛的專家您好：

本問卷為評估「**ITS現場設施之無線通訊網路系統評選**」所做的學術研究調查，問卷主要目的在於瞭解影響ITS現場設施之無線通訊網路系統評選各個評估指標及其重要性，本研究將進行兩階段問卷，第一階段為評估指標之篩選，第二階段為指標權重之衡量。此份問卷為本研究第二階段之專家問卷，希望藉由您專業的素養以及寶貴的意見，針對「ITS現場設施之無線通訊網路系統評選」之準則給予適當的權重。

敬請台端撥冗填寫，並儘速以 e-mail 回覆，本問卷結果僅供學術研究之用，敬請安心作答，非常感謝台端對本研究之支持與協助。

回覆Mail：pinhu.tw@yahoo.com.tw

敬祝

身體健康 萬事如意

淡江大學 交通運輸管理科學系所

指導教授 范俊海 博士

陶冶中 博士

研究生 劉文龍 敬啟

E-mail：pinhu.tw@yahoo.com.tw

聯絡電話：0988-236896

《問卷內容說明》

- 本研究主要目的是從眾多無線技術中，評選出適合台北市現場設備之資料傳輸的無線技術。
- 本研究主要範圍為：-都市-台北市；-現場設備-VD、Traffic controller、CMS、公車車機及智慧型站牌、和停車資訊顯示系統。
- 本研究擬以「**功能**」、「**品質**」、「**成本**」、「**系統**」四大層面來評估ITS現場設施之無線網路通訊系統評選。各層面之評估準則即其內涵說明如下表**說明一**所示，共計初擬十六個評估指標。並在下面〈問卷內容_1~5〉裡，勾選您認為最適合的答案。

範例：

功能面

		絕強	極強	頗強	稍強	相等	稍弱	頗弱	極弱	絕弱		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1
											2	3
											4	5
											6	7
											8	9
C ₁₁	實際傳輸供需率	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	移動傳輸供需率	
											C ₁₂	

- 請考量所列各評估準則在評選 ITS 現場設施之無線通訊系統之重要性評定分數由 1 至 10 分，分數越高表示越重要，請依您個人的專業素養主觀認定。
- 本問卷之準則若有遺漏未列，請您不吝賜教，將之填於「其他」項中，並對其重要性加以評分。
- 另現場設備需求無線通訊系統基本特性之量化指標部分，所蒐集及整理如**說明二**所示：
- 以下為問卷流程：[問卷一\(功能面\)](#)→[問卷二\(品質面\)](#)→[問卷三\(成本面\)](#)→[問卷四\(系統面\)](#)→[問卷五\(方案面\)](#)→[問卷六\(基本資料\)](#) (PS：文中設有標籤，或可使用ctrl同時點選流程文字，以方便來回對照切換之參考)

說明一：準則說明 (*表量化指標)

[TOP](#)

構面	評估指標	說明
功能 (O ₁)	C ₁₁ ：實際傳輸供需率*	RT=系統實際傳輸率/現場設備總需求量
	C ₁₂ ：移動傳輸供需率*	MT=系統最大移動傳輸率/移動設備平均時速需求量
	C ₁₃ ：可涵蓋範圍比率*	A=系統可達範圍/現場設備範圍
	C ₁₄ ：可連接頻道數比率*	C=系統單次可連接數量/現場設備數量
品質 (O ₂)	C ₂₁ ：資料安全性	對於各系統被破壞和被攔截率的可能性大小
	C ₂₂ ：環境干擾性	在執行環境中，對於各系統因為各介質穿透力的強弱判別
	C ₂₃ ：多元應用性	各系統之額外附加功能，如語音、影像、定位等..
	C ₂₄ ：資料遺失性	各系統對於傳輸過程中，資料遺漏程度且回報過程之大小和快慢。
成本 (O ₃)	C ₃₁ ：頻譜取得成本	各系統在所需頻段所需取得執照成本
	C ₃₂ ：接收端設備成本*	RC1=現場設備數量*Σ(接收設備總類*單價)
	C ₃₃ ：接收端通訊成本*	RC2=現場設備數量*各系統月租費用+現場設備數量*超量封包量*各系統超量單封包單價
	C ₃₄ ：維護耗費成本	FXC=系統維修時間+系統維修金額
系統 (O ₄)	C ₄₁ ：系統相容性	各系統對於其餘系統和現場設備是否具有相容之問題和困難度。
	C ₄₂ ：系統成熟度	目前各系統佈設基地台數和法律及 ISP 業者之經營規模大小，以及系統整體的完整性。
	C ₄₃ ：系統擴充性	未來系統的潛力和現場設備增加是否會造成各系統負擔的嚴重程度。
	C ₄₄ ：系統電力	對於各系統在使用中時，所必須消耗的電力之程度多寡。

說明二之一：北市現場設備需求一覽表（瞬間同時極端上傳和下載量）[TOP](#)

現場設備項目	正常使用數量	極端上行	極端下行
Traffic Controller	1300 組	1,054,300Byte	1,267,500Byte
VD	167 組	99,699Byte	87,174Byte
CMS	60 組	1,502,460Byte	1,505,700Byte
車機	500 組	19,500Byte	/
智慧型站牌	80 組	/	158,400Byte
停車資訊顯示系統	47 組	/	/

說明二之二：無線通訊系統基本比較表

技術	無線							
項目	WLAN(Wi-Fi)			WIMAX		2.5G(GPRS)	3G(WCDMA)	WiBro
規格	802.11a	802.11b	802.11g	802.16a	802.16d	GSM(含 DCS) TDMA、CDMA	w-cdma、 Cdma2000、 TD-SCDMA	3G(HSDPA)+ Wimax(802.16e)
頻帶 (Frequency)	5	2.4	2.4	2~11	2~66	0.9/1.8/1.9	2	2.3GHz
頻寬(Band)	20MHz	20MHz	20MHz	20MHz		/	/	100MHz
資料速度 (Data Rate)	54Mbps	11Mbps	54Mbps	70Mbps		144Kbps	144kBps~2Mbps	20~30Mbps
實體層速 度 Throughput	27Mbps	5Mbps	27Mbps	300K~2Mbps		3Kbps/人	3Kbps/人	14Mbps
移動傳輸 率 (Mobility)	20~40 kph	20~40 kph	20~40 kph	人行		/	/	14Mbps
傳輸技術	OFDM	DSSS	OFDM	DAMA-TDMA		FDMA	CDMA	/
輸出功率	40	100	100	/		2002/1/1	/	/
安全性	尚可 (40 bit RC4)	尚可 (40 bit RC4)	尚可 (40 bit RC4)	尚可		佳	佳	佳
可及 區域範圍	100m	100m	100m	48km(30miles)		10km	15km	1~5km
技術可行 性	佳	佳	佳	測試中		佳	可	測試中

《問卷內容_1》

一、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**功能面**」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何，（皆為單選）：

功能面

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
C ₁₁	實際傳輸供需率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	移動傳輸供需率	C ₁₂	
C ₁₁	實際傳輸供需率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	可涵蓋範圍比率	C ₁₃	
C ₁₁	實際傳輸供需率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	可連接頻道數比率	C ₁₄	
C ₁₂	移動傳輸供需率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	可涵蓋範圍比率	C ₁₃	
C ₁₂	移動傳輸供需率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	可連接頻道數比率	C ₁₄	
C ₁₃	可涵蓋範圍比率	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	可連接頻道數比率	C ₁₄	

C₁₁：實際傳輸供需率→RT=系統實際傳輸率/現場設備總需求量。

C₁₂：移動傳輸供需率→MT=系統最大移動傳輸率/移動設備平均時速需求量。

C₁₃：可涵蓋範圍比率→A=系統可達範圍/現場設備範圍。

C₁₄：可連接頻道數比率→C=系統單次可連接數量/現場設備數量。

[TOP](#)

《問卷內容_2》

二、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「品質面」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何，（皆為單選）：

品質面

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
C ₂₁	資料安全性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	環境干擾性	C ₂₂
C ₂₁	資料安全性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	多元應用性	C ₂₃
C ₂₁	資料安全性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	資料遺失性	C ₂₄
C ₂₂	環境干擾性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	多元應用性	C ₂₃
C ₂₂	環境干擾性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	資料遺失性	C ₂₄
C ₂₃	多元應用性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	資料遺失性	C ₂₄

C₂₁：資料安全性→對於各系統被破壞和被攔截率的可能性大小

C₂₂：環境干擾性→在執行環境中，對於各系統因為各介質穿透力的強弱判別

C₂₃：多元應用性→各系統之額外附加功能，如語音、影像、定位等..

C₂₄：資料遺失性→各系統對於傳輸過程中，資料遺漏程度且回報過程之大小和快慢。

[TOP](#)

《問卷內容_3》

三、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**成本面**」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何，（皆為單選）：

成本面

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
C ₃₁	頻譜取得成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	接收端設備成本	C ₃₂	
C ₃₁	頻譜取得成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	接收端通訊成本	C ₃₃	
C ₃₁	頻譜取得成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	維護耗費成本	C ₃₄	
C ₃₂	接收端設備成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	接收端通訊成本	C ₃₃	
C ₃₂	接收端設備成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	維護耗費成本	C ₃₄	
C ₃₃	接收端通訊成本	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	維護耗費成本	C ₃₄	

C₃₁：頻譜取得成本→各系統在所需頻段所需取得執照成本

C₃₂：接收端設備成本→RC1=現場設備數量*Σ(接收設備總類*單價)

C₃₃：接收端通訊成本→RC2=現場設備數量*各系統月租費用+現場設備數量*超量封包量*各系統超量單封包單價

C₃₄：維護耗費成本→FXC=系統維修時間+系統維修金額

[TOP](#)

《問卷內容_4》

四、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「系統面」而言，請問您對下列各項準則的重要性看法為何，（皆為單選）：

系統面

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
C ₄₁	系統相容性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統成熟度	C ₄₂
C ₄₁	系統相容性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統擴充性	C ₄₃
C ₄₁	系統相容性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統電力	C ₄₄
C ₄₂	系統成熟度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統擴充性	C ₄₃
C ₄₂	系統成熟度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統電力	C ₄₄
C ₄₃	系統擴充性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統電力	C ₄₄

C₄₁：系統相容性→各系統對於其餘系統和現場設備是否具有相容之問題和困難度。

C₄₂：系統成熟度→目前各系統佈設基地台數和法律及ISP業者之經營規模大小，以及系統整體的完整性。

C₄₃：系統擴充性→未來系統的潛力和現場設備增加是否會造成各系統負擔的嚴重程度。

C₄₄：系統電力→對於各系統在使用中時，所必須消耗的電力之程度多寡。

[TOP](#)

《問卷內容_5》

五、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**構面層**」而言，請問您對下列各項準則的適合性看法為何，(皆為單選)：

構面層

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱				
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
C ₁	功能面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	品質面	C ₂
C ₁	功能面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	成本面	C ₃
C ₁	功能面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統面	C ₄
C ₂	品質面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	成本面	C ₃
C ₂	品質面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統面	C ₄
C ₃	成本面	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	系統面	C ₄

《問卷內容_6-1》

六、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**方案選擇**」而言，請問您對下列各項準則的適合性看法為何，(皆為單選)：

方案選擇

		絕 強	極 強	頗 強	稍 強	相 等	稍 弱	頗 弱	極 弱	絕 弱											
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3G	A ₂
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wibro	A ₃	
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	WiFi	A ₄	
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wimax	A ₅	
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 WiFi	A ₆	
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇	
A ₁	GPRS(2.5G)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wibro	A ₃	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	WiFi	A ₄	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wimax	A ₅	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 WiFi	A ₆	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇	
A ₂	3G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈	
A ₃	Wibro(HSDPA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	WiFi	A ₄	
A ₃	Wibro(HSDPA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wimax	A ₅	

方案選擇

		絕強		極強		頗強		稍強		相等		稍弱		頗弱		極弱		絕弱			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A ₃	Wibro(HSDPA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 WiFi	A ₆
A ₃	Wibro(HSDPA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇
A ₃	Wibro(HSDPA+802.16e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈



《問卷內容_6-2》

六、在評估 ITS 現場設施選擇何種無線通訊網路系統時，就「**方案選擇**」而言，請問您對下列各項準則的適合性看法為何，(皆為單選)：

方案選擇

		絕強		極強		頗強		稍強		相等	稍弱		頗弱		極弱		絕弱			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1			
											2	3	4	5	6	7	8	9		
A ₄	WiFi(802.11a/b/g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wimax	A ₅
A ₄	WiFi(802.11a/b/g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 WiFi	A ₆
A ₄	WiFi(802.11a/b/g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇
A ₄	WiFi(802.11a/b/g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈
A ₅	Wimax(802.16a/e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 WiFi	A ₆
A ₅	Wimax(802.16a/e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇
A ₅	Wimax(802.16a/e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈
A ₆	2.5G/3G 搭配 WiFi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G 搭配 Wimax	A ₇
A ₆	2.5G/3G 搭配 WiFi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈
A ₇	2.5G/3G 搭配 Wimax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.5G/3G/WiFi/Wimax	A ₈

[TOP](#)

《問卷內容_七》

七、此部分為質性指標之強弱判別，請依序各準則並對照各方案的特性，以 1(極弱)→5(普通)→9(極強)給予適當的分數：

準則類別		候選方案	A1	A2	A3	A4	A5
			GPRS	3G	Wibro	WiFi	Wimax
C21	資料安全性(被破壞和被攔截率)		0	0	0	0	0
C22	環境干擾性(穿透力的強弱)		0	0	0	0	0
C23	多元應用性(額外附加功能)		0	0	0	0	0
C24	資料遺失性(資料遺漏程度)		0	0	0	0	0
C41	系統相容性(和現場設備是否具有相容)		0	0	0	0	0
C42	系統成熟度 (目前系統佈設基地台數和完整性)		0	0	0	0	0
C43	系統擴充性(未來系統的潛力)		0	0	0	0	0
C44	系統電力(所須消耗的電力之程度多寡)		0	0	0	0	0

《問卷內容_八》

七、以上先感謝專家的用心協助填寫，最後此部分希望獲得專家的基本專業領域資訊，以條列式分述如下：

1) 專家尊姓大名：_____

2) 專家職業及職稱：

☐ 學者專家(_____學校_____系)

☐ 廠商業者(_____公司_____〈工程師、經理…等〉)

☐ 相關現場設備監督單位(台北市_____單位_____〈職稱〉)

3) 專家對本研究的寶貴意見：

本問卷到此結束，非常感謝您費時填寫。

填答完畢後，請存檔並以附件方式mail到pinhu.tw@yahoo.com.tw

若能儘快傳回將對本研究有很大之助益，再度感謝您的合作與支持。