



RRPG90090066(155.P)

91-4-677

MOTC-IOT-T-B-89-008

# 利用行動電話偵測交通資訊 之可行性研究

著者：唐震寰、卓訓榮、張金琳

彭松村、陳一昌、陳賓權

交通部運輸研究所  
國立交通大學電信工程學系  
合作辦理

中華民國九十一年一月

利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究

著者：唐震寰、卓訓榮、張金琳、彭松村、陳一昌、陳賓權

出版機關：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路 240 號

網址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十一年一月

印刷者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 150 冊

工本費：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496882

三民書局：台北市重慶南路一段 61 號 2 樓・電話：(02)23617511

五南文化廣場：台中市中山路 2 號地下 1 樓・電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號・電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號・電話：(07)3324910

GPN：1009100182

**交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表**

出版品名稱： <p align="center">利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究</p>			
國際標準書號(或叢刊號)	政府出版品統一編號 1009100182	運輸研究所出版品編號 91-4-677	
本所主辦單位： 綜合技術組 主管：陳一昌 計畫主持人：陳一昌 研究人員：陳賓權 聯絡電話：(02)23496870 傳真號碼：(02)27120223	合作研究單位：國立交通大學 電信工程學系 計畫主持人：唐震寰 研究人員：卓訓榮、張金琳、彭松村  地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：(03)5712121 ext. 54542	研究期間 自 89 年 12 月  至 90 年 6 月	
關鍵詞：蜂巢式網路定位資訊、智慧型運輸系統、無線定位技術			
摘要： 無線蜂巢式網路定位依其準確度有不同層級之應用，目前已為大家所熟知之定位服務應用領域：(1) 依地點不同收取不同通信費用；(2) 智慧型運輸系統；(3) 增加顧客安全，如美國E911；(4) 提高網路效能。本研究從技術成熟度、技術應用困難度及建置成本等因素探討利用現有及未來蜂巢式網路偵測交通資訊之可行性。本研究依定位準確度及內容豐富度將定位資訊分為三種不同層級，並列舉不同層級之蜂巢式網路定位資訊在智慧型運輸系統可能的應用。另外分析蜂巢式網路定位資訊(Cellular Communication Information, CCI)與各種ATIS整合之可能性及CCI與不同交通監測時間的互補關係。最後就國內無線定位技術發展現況，及參考國外定位技術發展經驗，規劃國內無線網路定位技術／系統發展，基本上分為四個階段實施：(1)利用現有網路偵測行動台所在細胞辨識碼蒐集層級A定位資訊；(2)利用低功率大哥大系統(Personal Handyphone System, PHS)之定位服務提供層級A、B、C之定位資訊。(3)引進或發展定位技術與系統，與現有2G或2.5G蜂巢式網路共構，可提供層級A、B及C定位資訊，且定位準確度比第二階段高；(4)引進或發展定位技術與系統，與未來3G蜂巢式網路共構。前二階段已規劃為實地示範計畫，期望從示範計畫成果中瞭解利用蜂巢式網路偵測交通資訊的潛力，為將來計畫之全面推行做好先期準備，對ITS計畫的整體推動應有莫大的助益。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
91 年 1 月	168	100 元	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密) <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

<b>TITLE:</b> Feasibility Study of Using Cellular Phone to Detect Traffic Information			
<b>ISBN(OR ISSN)</b>	<b>GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER</b>  1009100182	<b>IOT SERIAL NUMBER</b>  91-4-677	
<b>DIVISION:</b> Interdisciplinary research Division <b>DIVISION CHIEF:</b> Isacc I. C. Chen <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> Isacc I. C. Chen <b>PROJECT STAFF:</b> Pin-Chuan Chen <b>PHONE:</b> 886-2-23496870 <b>FAX:</b> 886-2-27120223		<b>PROJECT PERIOD</b> FROM December 2000 TO June 2001	
<b>RESEARCH AGENCY:</b> National Chia Tung University <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> J. H. Tang <b>PROJECT STAFF:</b> K. T. H. J. Cho, C. L. Chang, S. T. Peng <b>ADDRESS:</b> 1001 TA HSUEH ROAD, HSINCHU, TAIWAN 30050 <b>PHONE:</b> 886-3-5712121 ext. 54542			
<b>KEY WORDS:</b> Cellular Position Network Information, Intelligent Transportation Systems, Position Location			
<b>ABSTRACT:</b> Cellular positioning has different applications depending on its positioning accuracy. Some well-recognized application areas are location sensitive billing, ITS (Intelligent Transportation Systems), increased subscriber safety, and enhanced network performance. In this report, studies of cellular radiolocation techniques, applications and construction difficulties, especially for ITS applications, are presented. Here, we separate cellular positioning information into three levels, i.e., levels A, B and C, according to its positioning accuracy and content. We also study possible applications of each level of information in ITS area. For examples, level A information can complement "point sensors" as an area wide surveillance system, functioning as a primary surveillance system for rural highways and functions as a supplemental system for monitoring congestion in urban traffic networks. Potential integration of traffic data from cellular position information and existing surveillance systems for ATIS application is also studied. In the end, we propose three stages for the development of cellular radiolocation techniques and systems: (1) Collecting Level A information through tracking the cell ID of targeting mobile units; (2) Using PHS system to provide level A · B and C positioning services; (3) Transferring radio positioning technology and /or systems from foreigner country and overlaying the systems on 2G/2.5G cellular systems; (4) Transferring radio positioning technology and /or systems from foreigner country and overlaying the systems on future 3G cellular systems. We have proposed the field trial plans for the first two stages to explore the potential of using cellular positioning to detect traffic information.			
<b>DATE OF PUBLICATION</b>  January 2002	<b>NUMBER OF PAGES</b>  168	<b>PRICE</b>  100	<b>CLASSIFICATION</b> <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究內容.....	2
1.4 研究方法與流程.....	3
第二章 無線網路定位技術.....	5
2.1 概述.....	5
2.2 現有定位系統之概述.....	6
2.2.1 全球定位系統.....	6
2.2.2 長距離導航定位系統.....	6
2.2.3 移動式定位量測系統.....	7
2.2.4 信號柱定位系統.....	7
2.2.5 廣播站台定位系統.....	7
2.2.6 蜂巢式無線網路定位系統概述.....	8
2.3 無線定位技術原理.....	8
2.3.1 抵達時間(TOA).....	8
2.3.2 抵達時間差(TDOA).....	11
2.3.3 抵達角度(AOA).....	14
2.3.4 陣列天線.....	16
2.4 影響定位技術準確度之因素.....	26
2.4.1 多重路徑傳播.....	26
2.4.2 非視線傳播.....	27
2.4.3 多重存取干擾.....	28
2.4.4 細胞涵蓋半徑.....	28
第三章 蜂巢式網路定位資訊在智慧型運輸系統上的應用.....	31
3.1 概述.....	31
3.2 層級A的資訊.....	32
3.2.1 大區域監視系統，作為「定點偵測器」的輔助.....	33
3.2.2 作為鄉村道路的主要監視系統.....	34
3.2.3 作為簡單的事件偵測系統.....	35
3.2.4 作為高速公路動態匝道儀控中道路區段長短劃分的參考.....	36
3.2.5 作為都市交通路網監視壅塞狀況的輔助系統.....	36

3.3 層級 B 的資訊.....	37
3.3.1 加強層級 A 資訊環境的所有應用項目.....	37
3.3.2 用來監視都市交通並區分子路網以便號誌控制.....	37
3.3.3 追蹤和管理高速公路現場操作者及事件反應單元.....	38
3.3.4 壅塞道路區段的可變速限控制.....	38
3.3.5 作為固定路線運輸車隊營運之用.....	39
3.4 層級 C 的資訊.....	39
3.4.1 作為駕駛者個別的緊急援助系統.....	39
3.4.2 作為駕駛者個別的動態路線導引.....	40
3.4.3 道路與都市路網的動態旅次起迄資訊.....	40
3.4.4 作為 ATIS 動態出發與旅行時間或擁擠定價政策之設計參考.....	41
3.4.5 評估不同 ATIS/ATMS 策略的有效性.....	41
第四章 蜂巢式網路定位資訊與 ATIS 整合之可能性.....	43
4.1 概述.....	43
4.2 蜂巢式網路定位系統與感應監視系統.....	45
4.2.1 高速公路的交通監視.....	45
4.2.2 都市與郊區交通監視.....	47
4.3 CCI 與 AVL 系統的資訊.....	49
4.4 CCI 與 EETC 系統的資訊.....	51
第五章 蜂巢式無線網路定位技術在 ITS 應用的潛在問題.....	53
5.1 GSM 系統定位技術與架構.....	53
5.1.1 行動電話手機為主的定位架構.....	53
5.1.2 行動電話網路為主的定位架構.....	55
5.1.3 混合式定位架構.....	56
5.1.4 架構比較.....	57
5.2 WCDMA(3G)系統定位技術.....	59
5.2.1 WCDMA 規範定位服務架構.....	60
5.2.2 WCDMA 系統定位技術.....	61
5.2.3 WCDMA 系統定位面臨的挑戰.....	62
5.3 定位技術移轉/合作之方式.....	63
5.3.1 由定位技術提供者提供定位資訊.....	64
5.3.2 由提供定位服務的業者提供定位資訊.....	65
5.4 美國提供定位技術與系統公司.....	66
5.4.1 回顧現今美國定位技術公司.....	67

5.4.2 發展 TDOA 定位法的公司 .....	68
5.4.3 發展 AOA 定位法的公司 .....	71
5.4.4 發展混合式定位法(AOA 與 TDOA)的公司 .....	72
5.4.5 發展多重路徑定位法(Multi-path Method)的公司 .....	75
5.4.6 發展 E-OTD 定位法(E-OTD methods)的公司 .....	76
5.5 小結.....	78
第六章 規劃與評估實地示範計畫的技術彈性與功能需求.....	81
6.1 技術面.....	81
6.2 法律面.....	84
6.3 執行面—規劃國內無線定位技術/系統之發展程序 .....	86
6.4 示範計畫之規劃.....	90
6.5 示範計畫之可行性評估.....	95
第七章 結論與建議.....	97
7.1 結論.....	97
7.2 建議.....	98
參考文獻 .....	101
附錄 A 實例說明.....	A-1
附錄 B 期中/期末報告之問題與答覆.....	B-1
附錄 C 行動電話業者座談紀錄.....	C-1
附錄 D 中英文名詞對照表.....	D-1
附錄 E 本報告摘要內容與期末簡報資料修正版 .....	E-1

# 表目錄

表 2.3.1 DOA 或 AOA 估計演算法 .....	18
表 2.3.2 三種陣列天線的幾何形式.....	19
表 2.3.3 適用 AOA 技術的空間通道模型之彙整.....	24
表 5.1.1 不同定位架構的整合功能與軌跡功能的比較.....	58
表 5.1.2 三種不同定位架構的比較.....	58
表 5.2.1 GSM 與 CDMA 系統定位功能之比較.....	60
表 5.2.2 GSM 與 UMTS 定位解析度比較.....	60
表 5.5.1 定位技術移轉/合作的方式之比較 .....	79
表 6.1.1 利用蜂巢式網路定位之架構與可能獲得之交通資訊.....	82
表 6.2.1 現今美國定位技術公司發展概況.....	83
表 6.3.1 不同地區的細胞涵蓋密度.....	86
表 6.4.1 示範計畫實施經費之初步預估.....	95
表 7.2.1 本研究建議事項彙整表.....	99



# 圖目錄

圖 1.1-1	研究流程 .....	3
圖 2.3-1	TOA 定位技術範例 .....	9
圖 2.3-2	混合式定位技術之說明 .....	11
圖 2.3-3	觀察時間差定位技術 .....	13
圖 2.3-4	AOA 定位技術的圖例.....	15
圖 2.3-5	第 $i$ 個基地台 AOA 量測之幾何示意圖 .....	15
圖 2.3-6	平面波入射到任意形式的陣列天線單元之幾何示意圖 .....	19
圖 2.3-7	一個沿著 $x$ 軸方向排列的 LES 陣列天線，接收來自 方向的平面波 .....	20
圖 2.3-8	對應圖 2.3-7 的適應性陣列天線示意圖 .....	20
圖 2.3-9	數位複數基頻的加權與合成 .....	22
圖 2.4-1	不同細胞涵蓋半徑對定位準確度之影響－以兩直線交點法為例 .....	29
圖 3.1-1	公路上細胞配置圖 .....	32
圖 5.1-1	各種定位架構圖 .....	54
圖 5.2-1	協助式衛星定位系統 .....	61
圖 6.1-1	偏遠地區單一細胞內道路分佈圖 .....	87
圖 6.1-2	鄉鎮地區單一細胞內道路分佈圖 .....	87
圖 6.1-3	台北市地區單一細胞內道路分佈圖 .....	88
圖 6.2-1	理想的高速公路沿線蜂巢式細胞涵蓋圖 .....	89
圖 6.2-2	包含平面道路之高速公路沿線蜂巢式細胞涵蓋圖 .....	90
圖 A.1	使用現有蜂巢式行動電話網路偵測車流量與密度概念流程圖 .....	A-1
圖 A.2	公路上細胞配置圖 .....	A-2

# 第一章 緒論

## 1.1 研究緣起

行動電話的基本系統架構包括交換機(Mobile Switching Center, MSC)、基地台(Base Station, BS)、行動台(Mobile Station, MS)等三部分所組成，其他尚有交換機與基地台間的傳輸設備。整個行動電話系統之服務區劃分為許多相互銜接的小區域，稱之為細胞(cell)，把許多細胞集合成一群集(cluster)，形成通訊網路，稱為細胞式(或蜂巢式)行動通訊系統。現有行動電話系統可分為兩個世代產品，第一代行動電話系統是類比式，其中以類比式蜂巢行動電話系統(Advance Mobile Phone System, AMPS)為主流；第二代行動電話系統是數位式，以全球行動通訊系統(Global System for Mobile Communications, GSM)為大宗，多在歐洲國家使用，美國、韓國則以劃碼多路進接(Code Division Multiple Access, CDMA)系統為主，國內目前皆是 GSM 系統。第三代行動通訊標準以寬頻劃碼多路進接(Wide-band Code Division Multiple Access, WCDMA)的技術為主，將會改善現有頻譜效率、支援分封交換及線路交換、高速資料傳輸率等寬頻的全方位服務，其中歐洲國家主推 WCDMA、美韓力推 CDMA2000、中國大陸則推 TD-SCDMA，國內目前第三代行動電話已於民國 90 年 10 月公告，在交通部將釋出的五個頻道中，有四個 WCDMA、一個 CDMA2000。

民國 85 年元月底立法院通過「電信三法」，藉由電信總局的改組與公司化、電信業務自由化等措施，逐步調整台灣電信產業的結構。而民國 86 年開放行動電話、無線電叫人、行動數據與中繼式無線電系統四項行動通信業務，更是電信自由化重要的里程碑。截至民國 90 年 10 月底止，行動電話用戶數已超過二千萬，普及率已達八成以上。國內目前正積極推動智慧型運輸系統的規劃與建設，期能利用先進的通訊網路系統並整合其他相關技術來進行交通車輛的監督與管理，以改善交通壅塞的情況，並增加行車的安全性，同時也提供旅行者所需要的交通狀況及地理資訊。因此，如何善用無線通訊無遠弗屆的技術及其所獲得的資訊，在智慧型運輸系統的研究與應用上已經是一種趨勢。

## 1.2 研究目的

本研究針對目前無線通訊系統的主要標準—蜂巢式行動通訊

系統的各項定位技術進行分析與比較，並對蜂巢式通訊系統應用在交通資訊監控的技術水準，如行動定位準確度進行研究，分析利用行動電話偵測交通資訊的可行性。因此，本研究目的在於藉由對蜂巢式行動通訊系統的瞭解，探討利用行動電話系統進行交通資訊監控的現有技術水準，如行動定位，並探究這項技術應用在交通系統控制與旅行者資訊管理上的潛力。

### 1.3 研究內容

本研究針對蜂巢式行動通訊系統應用在交通資訊監控的技術水準進行研究，探討利用行動電話偵測交通資訊的可行性。本研究之內容：首先對各種定位系統、定位架構及美國定位技術發展概況做簡單的概述，並介紹無線定位技術原理，及探討影響定位技術準確度之因素。其次，將可由蜂巢式無線網路(含共構之定位系統)取得之定位資訊依其精確度與內容豐富度分為三個層級，每一層級所能提供的定位資訊種類及精準度有所差異，其系統架構有所不同而在 ITS 的用途也有所不同。接著分析蜂巢式網路定位資訊與感應監視系統偵測資訊之整合可能性，以及蜂巢式網路定位資訊(Cellular Communication Information, CCI)與不同交通監測系統間的互補關係。接著比較三種不同的定位架構，並介紹美國定位技術發展概況及 3G 系統的定位效能。最後就技術面、法律面及執行面探討利用蜂巢式系統蒐集不同層級交通資訊的可行性，並分析與國內各大哥大業者之座談資料，了解目前國內無線網路定位技術發展狀況，及未來示範或大規模計畫推動的困難度及所要面臨的問題。主要研究內容條列如下：

1. 探討如何辨識蜂巢式電話收發訊所在位置、強度、限制，及該項技術潛力與系統效能。
2. 分析透過蜂巢式電話所蒐集資料與各種先進旅行資訊系統(Advanced Traveler Information Systems, ATIS)整合的可能性。
3. 研究蜂巢式網路定位資訊在先進交通管理系統上應用的可能性，及蜂巢式網路定位資訊與不同交通監測系統之間的互補關係。
4. 探究蜂巢式網路定位資訊技術轉移至地區智慧型運輸系統應用上可能會出現的技術問題。
5. 評估一個或多個更進一步探索這些技術移轉台灣的方法。

## 1.4 研究方法與流程

本研究透過文獻蒐集與國外案例分析，從理論上探討無線定位技術原理、分析影響定位技術準確度之因素，探究分析蜂巢式網路定位資訊與感應監視系統偵測資訊之整合可能性，以及蜂巢式網路定位資訊與不同交通監測系統間的互補關係，最後就技術面、法律面及執行面探討利用蜂巢式系統蒐集不同層級交通資訊的可行性。研究流程如圖 1.1-1：

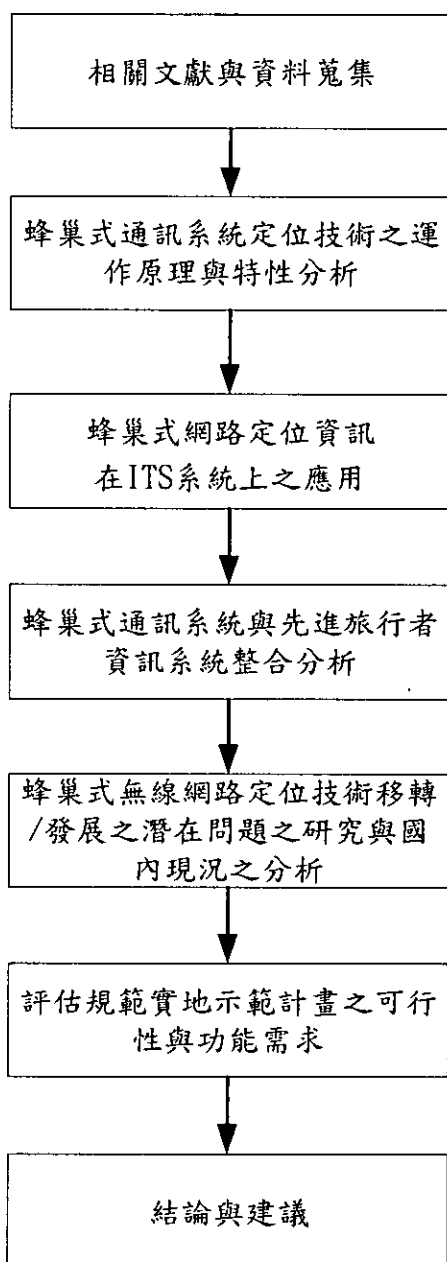


圖 1.1-1 研究流程

## 第二章 無線網路定位技術

### 2.1 概述

美國聯邦通訊委員會 (U.S. Federal Communications Commission, FCC) 已經要求行動通訊網路經營業者在 2001 年底以前，必須能夠針對透過 911 請求緊急援助的行動電話使用者的位置正確地加以定位。依照 FCC 的規範，業者所提供的任何一種定位方式都必須能在現有電話系統下運作，為此，所有蜂巢式個人通訊服務 (Personal Communication Service, PCS) 的經營業者紛紛投入蜂巢式定位系統的研究。目前市面上有許多不同類型的行動電話系統，如 PCS、DCS 1800、和 GSM 等。從定位系統的觀點，這些系統擁有類似的特徵，唯一顯著的差異在於不同載波頻率的傳遞特性，其中，GSM 系統被認為最具有提供地區性資訊的潛力。

這項定位技術所提供的資訊，隨著不同的準確度有不同的應用，惟這些潛力部分仍待進一步驗證。有些藉由行動電話定位技術的應用則已經獲得實證，例如[1]:

#### 1. 依發話所在不同實施差別費率 (Location Sensitive Billing)

網路經營業者能夠依據行動電話的發話位置實施差別費率。這允許網路經營業者在沒有大眾交換機電話網路 (PSTN, Public Switch Telephone Network) 的情況之下，對由家中或辦公室裡所撥出的電話實施不同的收費方式。

#### 2. 增加用戶的安全性 (Increased Subscriber Safety)

有越來越多的緊急求助及危難通知的訊息是使用行動電話。然而，在多數的案例中，求助者往往無法正確告知其所處的確切位置。因此，如果能夠將求救者所在位置的資訊自動在第一時間自動送出，將可確保緊急救援車輛可以即時被派遣至正確的位置。這項服務將可使緊急救援服務的反應時間更為縮短且更有效率。

#### 3. 智慧型運輸系統的應用 (Intelligent Transport System)

智慧型運輸系統為近年來熱門的研究方向之一，它不僅能管理道路使用狀況，提供道路資訊(例如意外事故、道路擁擠等狀況)給用路人，且能建議最佳之行車路線，甚至可藉以實現無人駕駛之境界。另外，對於商業用途之派遣系統規劃及結合所有運輸系統增加

系統使用效率都有莫大的助益。大量且正確的定位資訊的提供，將使得 ITS 服務項目的應用更為廣泛。

#### **4.增強網路績效(Enhance Network Performance)**

從微觀的角度而言，正確地監視行動電話的移動，能夠讓蜂巢式通訊網路由一個細胞傳遞至另一細胞的時間安排上，作出更好的決策。從巨觀的角度來看，長期對行動電話使用進行定位資訊的蒐集也有助於蜂巢式網路架構規劃的參考依據。

由以上的應用之中可瞭解，由於 FCC 對緊急電話的定位要求，短期內最重要的是增加用戶的安全性，但就長期而言，其他市場導向的應用也會變得更重要。

### **2.2 現有定位系統之概述**

以下簡述幾個主要的商業化定位系統及它們所利用的通訊技術：

#### **2.2.1 全球定位系統**

全球定位系統(Global Positioning System, GPS)[5]接收器提供抵達時間(Time of Arrival, TOA)的定位估算，它利用四個或更多個從 24 個衛星網路傳來的 L 頻段(中心頻率在 1575.42MHz)訊號，GPS 接收器使用正確的時鐘去計算衛星發射訊號及到達訊號間的時間延遲，所以，GPS 接收器知道每個衛星的正確距離，假如存在三個或更多個可看見的衛星，它就能在三個球形(spheres)的相交處找到其所處的正確位置。現有定位誤差在 50 公尺內的商用 GPS 接收器價格約在 150 美元以內，隨著需求的增加，價格正快速下滑當中。然而系統業者基於價格、尺寸、複雜度和功率消耗等因素，大多不願意利用 GPS 來做為手機(handset)或汽車電話(car phone)來進行定位。

#### **2.2.2 長距離導航定位系統**

第一次使用長距離導航定位系統(Long Range Navigation positioning system, LORAN)[5]是在第二次世界大戰的時候，它被用來輔助同盟國飛機(allied aircraft)的導航及北大西洋的船艦護航(convoys)。如使用在長距離範圍且提供精確定位的 LORAN 系統被

稱為 LORAN C 系統，它使用 90-110kHz 的低頻且有 1850 英哩的運作範圍，不過該系統的定位誤差高達 500 公尺。LORAN 系統有另一種可攜式的系統(portable version)叫 LORAN D，因為所配備的發射器較小，且其發射天線較低，因此發射功率也較低。

### 2.2.3 移動式定位量測系統

移動式定位量測系統(Dead-Reckoning System)[7]利用已知起始點位置及行動台之間的加速度(acceleration)、速度和移動距離等測量資訊計算移動距離及方向。這個技術配合儲存在 CD-ROM 中的電子地圖可提供正確的位置及地理資訊給移動者。不過 Dead Reckoning 系統會受包括胎壓、道路狀況的改變及不精確的量測設備等因素而影響定位的精確度，而且位置資訊的更新和先前的估算有關，所以誤差會隨著距離的增加而累積，必須透過週期性地更新車輛位置資訊來克服此一累積誤差。

### 2.2.4 信號柱定位系統

信號柱定位系統(Signpost Location System)[7]所使用的技術就是將固定偵測裝置裝在道路沿線，藉以偵測移動車輛的位置。它比較適合應用於像是郵件分送等行駛路徑固定的服務，或者是適用於小規模都市。因為當區域範圍愈大、需要佈設愈多的偵測裝置，系統所需建置與維護的成本將大為提高。

### 2.2.5 廣播站台定位系統

廣播站台定位系統(Location Enhance Cellular Information Service, LECIS)[5]又稱為位置-資訊-導航系統(Position Information Navigation System, PINS)的創新定位技術，PINS 系統的定位是利用接收標準 FM(Frequency Modulation)廣播訊號來估算，因為全球有超過 4,000 家的 FM 商業廣播站，有一些電台可供 PINS 系統接收。在戶外或大樓裡使用 PINS 技術都是非常有效的(effective)，因為 PINS 使用非常高的傳送功率和低載波頻率(87-108MHz)，它能穿透阻礙物，允許好的訊號接收。

該項技術是透過每個 FM 廣播站台發射一個穩定的、很容易獲得、追蹤的 19kHz 指標音，由於固定觀察者(Fixed Observer, FO)和其它 FM 站台的相對位置是已知的，因此藉由監控頻率漂移(frequency drift)，可以精確地計算每個 FM 站台觀察的頻率與相

位。在無線資料系統通道(Radio Data System Channel)上廣播相位和頻率校正資料。行動單元利用從固定觀察者得來的相位估算和校正資料來估算自己的位置。這項技術的定位誤差在 10-20 公尺範圍內，誤差大小與通道的狀況有關。

## 2.2.6 蜂巢式無線網路定位系統概述

GSM 系統有三種方式進行定位服務，分別為：行動電話手機為主的定位(mobile-based positioning)、行動電話網路為主的定位(network-based positioning)以及混合式定位(hybrid positioning)[1]。

假如行動台能計算自己的位置且將位置資訊傳送到基地台，稱之為以行動電話手機為主的定位，亦稱為自我定位(self-positioning)。此時行動台需要一個特別的接收器(special receiver)來接收基地台傳送過來的訊號，並且要具備 RAM 來儲存定位演算法及相關資訊，GPS 系統就是採用這項技術。另外，利用接收基地台的訊號，來計算遠端行動台的位置，稱之為以行動電話網路為主的定位，亦稱為遠端定位(remote-positioning)。遠端定位系統利用現有的蜂巢式網路就可以完成，因為手機並不需要做任何特殊設備或更改。因此，遠端定位系統能相容大量現有使用中的手機。至於混合式定位的原理，則是由基地台發射定位訊號給手機，由手機自行計算出自己的位置後，再將定位結果傳回與 MSC 共構的定位服務中心(Location Service Center, LSC)中做資訊的整合。這三種定位方式將在第五章有詳細比較。

## 2.3 無線定位技術原理

無線定位技術所使用方法很多，許多方法能透過訊號的量測將行動台位置計算出來，這些方法能被用在任何蜂巢式系統中，包括 GSM 系統。無線定位的基本原理是基地台利用行動台與基地台間的距離或行動台相對於基地台的方向來計算行動台的位置。最重要的測量方法包括傳播時間或抵達時間(Time of Arrivals, TOA)、抵達時間差(Time Difference of Arrivals, TDOA)和抵達角度(Angle of Arrivals, AOA)等。

### 2.3.1 抵達時間(TOA)

TOA 這項技術測量訊號在行動電話與基地台天線間移動的經過時間，經過換算可決定一個由無線天線站台發出的訊號的半徑距



離，固定的 TOA 曲線為圓形。行動台與基地台之間的距離藉由尋找行動台與基地台之間的一個路徑傳遞時間來測量[2]。首先，行動台傳送一個已知的短訊至一個接收的基地台，同時也將資料傳送至其他兩個基地台，接著基地台強迫行動台在同樣的細胞範圍中執行交遞(handover)的動作，已知的短訊再被傳送一次以計算 TOA，至少重複兩次以上強迫性的交遞，其產生的結果就幾何上來說，提供了一個以基地台為中心，且包含行動台的圓周。藉著使用至少三個以上的基地台來決定行動台的位置，則行動台的位置就可以在不同圓周所產生的交點找到，如圖 2.3-1。

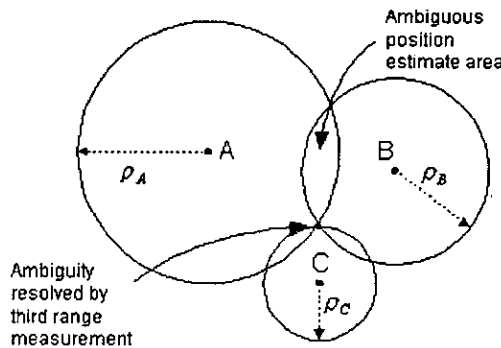


圖 2.3-1 TOA 定位技術範例

應用在 TOA 或三角關係的測量能夠由時間預知(Time Advance, TAs)獲得：由服務基地台估算最接近整數倍位元週期(integer bit period)的往返傳播延遲， $T_b=48/13 \mu s$ ，以維持 GSM FDMA/TDMA 的框調整(frame alignment)。因為 TAs 為整數，絕對距離的測量值為  $m=TA \cdot \Delta/2$ ，其中  $\Delta=cT_b \approx 1108$  公尺( $c$  為光速  $3 \times 10^8 m/s$ )，在基地台 A、B、C 可獲得的情況之下，這個問題能夠在形式上被表示如下[3]：

$$\begin{aligned} \sqrt{(p_x - p_{ax})^2 + (p_y - p_{ay})^2} + v_a &= m_a \\ \sqrt{(p_x - p_{bx})^2 + (p_y - p_{by})^2} + v_b &= m_b \\ \sqrt{(p_x - p_{cx})^2 + (p_y - p_{cy})^2} + v_c &= m_c \end{aligned}$$

其中  $(P_x, P_y)$  和  $(P_{\alpha}, P_{\alpha y})$  ( $\alpha=a, b, c$ ) 為行動電話位置與基地站位置  $\alpha$  的座標(coordinates)， $m_a = d_a + v_a$  為距離的測量， $d_a$  為真實的距離，而  $v_a$  為測量的誤差。

## TOA 定位演算法(TOA Location Algorithm)[4]

假設行動台所在的位置為 $(x_0, y_0)$ ，且其在時間點 $\tau_0$ 的時候傳送一個訊號，有 $N$ 個接收訊號的基地台分別在 $(x_1, y_1)$ ， $(x_2, y_2)$ ， $\dots$ ， $(x_n, y_n)$ 等位置，於時間點 $\tau_1$ ， $\tau_2$ ， $\dots$ ， $\tau_n$ 的時候接收波形。就效能上的量測來說，考慮以下的函數：

$$f_i(\sigma) = c(\tau_i - \tau) - \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$$

其中 $c$ 為光速， $\sigma$ 是 $(x, y, \tau)^T$ 的函數，對每一個基地台接受器而言都形成一個函數，且在適當的 $(x, y, \tau)$ 的情況下， $f_i(\sigma) = 0$ 。

然而，由於多路徑與非視線傳播的緣故，所測量到的 $\tau_i$ 通常會有誤差。為了獲得從原始 TOA 資料得來的位置估算值，必須使用下面的方程式來加以修正：

$$F(\sigma) = \sum_{i=1}^N \alpha_i^2 \cdot f_i^2(\sigma)$$

其中 $\alpha_i$ 能夠被選擇用來反映基地台接收訊號的真實性(reliability)，而位置的估算藉由函數 $F(\sigma)$ 最小化來決定。

### 優點：

1. 在只有兩個基地站台的場合之下，其所構成的兩圓會產生兩個交點，會造成模糊的位置的決定。若在三個站台的場合下，在大部分實際的案例中模糊情況都可以被解決。
2. TOA 不需要對現存的電話聽筒或天線做任何硬體上的修改，所以 TOA 在實現上比其他競爭技術所花費成本較少。

### 缺點：

1. 以 TOA 為基礎的測量方法在行動電話方面不具有一個絕對的時間參考點，且在位置估算至少需要三個行動台與基地台間的無線連結(radio link)量測。
2. 為了避免基地台不足所造成的定位模糊，且為了改善低的訊號雜訊比(Signal to Noise Ratio; SNR)，必須使用較多基地站台來做測量。
3. TOA 的估算方式遭遇多重路徑的傳播，且在時間分散環境

(time dispersive environments)下，估算窄頻訊號的抵達時間通常是一項困難的任務。

4. 定位準確度會受位元週期(bit period)的長短所限：目前大多數的系統，除非有許多站台的訊號被行動台接收到，否則這項限制將使 TOA 無法滿足 FCC 的要求。

### 2.3.2 抵達時間差(TDOA)

TDOA 是測量一個訊號由行動電話抵達三個或更多基地台間的時間差異，行動台的位置可以藉由行動台與許多基地台之間 TDOA 的測量所決定出來的拋物線交點找到。兩個不同的 BTS 提供一個 TDOA 的估算及一條雙曲線，基地台間的 TDOA 和範圍差異(range difference)間的關係為：

$$R_{i,j} = cd_{i,j} = R_i - R_j = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} - \sqrt{(X_j - x)^2 + (Y_j - y)^2 + (Z_j - z)^2}$$

$d_{i,j}$  是基地台  $i$  與  $j$  間的 TDOA， $(X_j, Y_j, Z_j)$  為三維系統中第  $j$  個基地台的座標(coordinate)。一個二維的行動台的位置的估算需要由三個固定接收器的 TDOA 量測中產生至少二條雙曲線來決定。如圖 2.3-2 所示[5,6]。

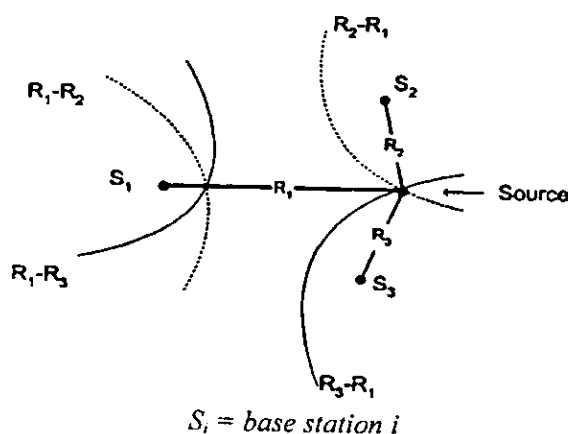


圖 2.3-2 混合式定位技術之說明

#### A. 將時間抵達差異(TDOA)的概念應用在 CDMA 網路

TDOA 的估算能由下列兩個階段來完成[6]：首先，從一對基地台間的行動台來估算訊號的 TDOA 值；接下來，估算完的 TDOA 值被轉換成基地台間的範圍差異測量(range difference measurements)，形成一組非線性的雙曲線方程式，然後產生一組清

楚的解，完成行動台位置的估算。估算方法有下列二種[6,7]：

### 1. 二個基地台造成的 TOA 量測差異，造成相對的 TDOA 值[6,7]：

這種方法需要知道傳送時間(transmit time)，如果傳送時間未知的話，則基地台與行動台間必須同步。同時也必須知道扣除到達不同基地台的觀察時間差異後行動台的傳送時間，這種方式可以減少因為空間上與時間上干擾(spatial and temporal coherence)所造成 TOA 估算誤差及其它誤差  $e$ 。

### 2. 交叉相關技術(Cross-correlation Techniques)[5,6]：

這種方法將基地台接收訊號與另一個基地台的接收訊號做相關性運算，TDOA 測量過程中需要所有基地台間的同步，但不需知道行動台的傳送時間。許多實際的位置定位應用中都使用這個方法。二個基地台間接收訊號  $x_1(t)$  與  $x_2(t)$  的 TDOA 估算的一般的數學模型為[5,6]

$$x_i(t) = A_i s(t - d_i) + n_i(t) \quad i = 1, 2$$

其中  $s(t)$  是遠端行動台發射的訊號，其透過具有干擾和雜訊的通道來傳遞， $A_i$  是訊號的振幅， $n_i(t)$  是雜訊和干擾訊號， $d_i(t)$  是延遲時間或到達時間。假設  $s(t)$ 、 $n_1(t)$  和  $n_2(t)$  是實數的、連合穩定的(jointly stationary)，時間平均為零的隨機程序，且  $s(t)$  和  $n_1(t)$  及  $n_2(t)$  間是非相關的(uncorrelated)。

## B. 將時間抵達差異(TDOA)的概念應用在 GSM 網路

TDOA 可由觀察時間差(Observed Time Difference, OTD)－行動台估算服務的基地台及鄰近的基地台時間基準點(time base)；及實際時間差(Real Time Difference, RTD)－每個基地台比較其與鄰近基地台的時間基準後計算得到[8]。

圖 2.3-3 顯示經由閒置和通訊模式，行動台可從三個不同的基地台及透過網路產生兩個 OTD 值，假如 RTD 值是已知的，則網路能計算三個傳播時間延遲，足以用來估算行動台定位位置。如果網路為同步，則行動台也可以經由下面的公式從 OTD 獲得 RTD[9]：

$$RTD = 2500 \cdot \text{int} \left[ \frac{OTD}{2500} + 0.5 \right]$$

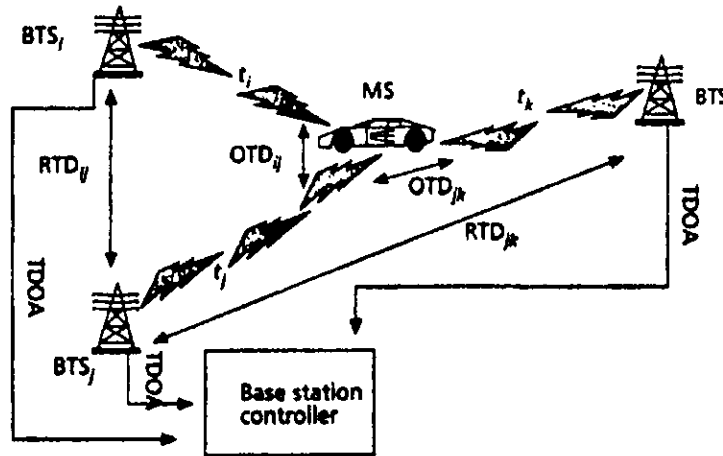


圖 2.3-3 觀察時間差定位技術

當行動台的連繫 (connection) 由目前服務的基地台移轉 (switches) 到一個新的基地台時，TDMA 架構調整必須維持。為了完成這個步驟，行動台與新基地台間的絕對傳播延遲 (時間預知-TA) 必須被估計。假設行動台位在一個能夠接收至少三個基地台 (BSa, BSb 及 BSc) 所廣播的時間參考點 (frame clocks) 的幾何區域裡，則 BSa 就是提供服務的基地台，且其為下列與時間有關定義的參考站台：

$$\Delta \tau_{BS\alpha} = \tau_{TS\alpha} - \tau_{BS\alpha} (\alpha = b, c)$$

$$\Delta \tau_{MS\alpha} = \tau_{MS\alpha} - \tau_{MS\alpha} (\alpha = b, c)$$

$$\tau_{MS\alpha} = \tau_{MS\alpha} - \tau_a (\alpha = a, b, c)$$

其中  $\tau_{BS\alpha}$  為在基地台所測量到的  $BS\alpha$  時間基準點，而  $\tau_{MS\alpha}$  為相同的時間基準時鐘，當 MS 從下鏈廣播控制通道中重新獲得 (recover) 時。

如果在  $BS_a$  與  $BS_\alpha$  之間的一交遞  $\tau_\alpha$  發生了，則關於新 BS 的 TA 就必須被估算。在同步或準同步的系統中，前述的動作經由下面的關係完成

$$\tau_\alpha = \tau_a - \Delta \tau_{BTS\alpha} + \Delta \tau_{MS\alpha}$$

在實際的運作上，因為實際數量  $\tau_\alpha$ 、 $\Delta \tau_{BS\alpha}$  和  $\Delta \tau_{MS\alpha}$  在 GSM 系統中並沒有辦法獲得，只有以其半位元週期  $T_b$  ( $T_b = 48/13 \mu s$ ) 的倍數表示而成的數量化估算 (quantized estimations) 被使用：以  $TA_\alpha \cdot T_b / 2$  代

替  $\tau_a$ ，以  $OTD_a \cdot T_b / 2$  和  $RTD_a \cdot T_b / 2$  代替  $\Delta\tau_{MSa}$  和  $\Delta\tau_{BSa}$ 。如果在定位用途上考慮這個定義，則 BSa 與 BS<sub>a</sub> 之間的 TDOA 就會變成：

$$T_{aa} = \tau_a - \tau_a = \Delta\tau_{BSa} - \Delta\tau_{MSa}$$

而 TDOA 測量可以由下面的 GSM 參數得到：

$$M_{aa} = (RTD_a - OTD_a) \cdot T_b / 2$$

**優點：**

1. TDOA 系統在執行(implement)上比其他方法來得便宜。
2. 這項技術的成本與維護的優勢使其對行動台位置的估算具有較大的吸引力。
3. TDOA 不需要知道訊號離開行動台的時間。

**缺點：**

1. 三個站台需要具備最低限度的接收訊號的能力。
2. 所有站台必須同步進行。
3. 有時候會出現兩個以上的可能位置，這種情況在沒有其他額外資訊的情況之下是沒有辦法加以區別的。
4. 因為雙曲線的分枝(branch)是由 TDOA 的符號所決定的，如果 TDOA 的符號不是明確地被一對基地台之中的其中之一個所決定的話，則出現兩個以上可能位置的問題就會更加惡化，因為必須同時包含其雙曲線的分枝。
5. 雖然在中心覆蓋區域(central coverage area)的內部 TDOA 顯示出合理的正確性，但在中心覆蓋區域以外的地方可能會產生嚴重的誤差，尤其是 TDOA 的方法會產生測量誤差相當大的區域，所以可能沒有辦法具有滿足 FCC 正確性要求的能力。

### 2.3.3 抵達角度(AOA)

本節說明 AOA 計算之定位技術的概念與 AOA 量測的模型，包括探討在兩種細胞(巨細胞與微細胞)使用 AOA 技術的散射特性，以及 AOA 技術的優缺點。此外，也會描述陣列天線與智慧型天線的概念，以及敘述現今 AOA 技術發展的情形。

AOA 技術又稱為「方向搜尋技術」(Directional Finding

Technique, DF)，該技術使用固定的基地台來偵測訊號的入射角度，以便完成定位的估算。此外，由 AOA 技術做定位的估算，最少需要兩個基地台才能決定手機的經緯位置，若要量測手機所在位置的高度，則最少需要三個基地台。

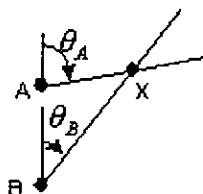


圖 2.3-4 AOA 定位技術的圖例  
(A 與 B 代表基地台，X 代表移動台位置)

利用 AOA 技術來估算移動台位置的方式為，藉助數個基地台的陣列天線量測從移動台所發射訊號，然後獲得第一道抵達基地台之訊號的 AOA 值。圖 2.3-4 說明在量測 AOA 的時候，其幾何關係圖[15]。若固定式基地位於已知的  $(X_i, Y_i)$  上，其中  $i=1\dots N$ ，則第  $i$  個基地台將會在方位角  $\theta_i$  的方向上偵測到手機傳送的訊號，在完美的狀況之下，所有天線量測到的波束，都會相交於移動台所在的真正位置  $(X, Y)$ 。但實際上，在移動台與基地台附近，訊號會受到散射的干擾，以致於波束的交會位置與手機的真正位置將偏離  $\psi_i$  角，如圖 2.3-5。所以，AOA 技術的難題，便是從一堆  $\theta_i$  的資料中，找出發射機最有可能的位置。

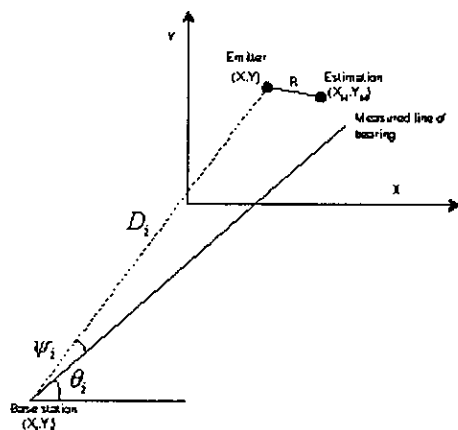


圖 2.3-5 第  $i$  個基地台 AOA 量測之幾何示意圖

當訊號缺乏視線波(Light of Sight, LOS)成份的時候，陣列天線將會鎖定反射的訊號，然而，反射的訊號也許並非來自移動台的方向，再者，即使訊號存在視線波的成分，但是在多重路徑的干擾之下，仍將影響角度的量測。此外，AOA 定位技術將隨著移動台與

基地台的距離增加而降低定位的準確度，這是因為受限於用來量測的儀器設備，以及散射特性的改變[53]。

關於 AOA 量測技術共有兩個模型，第一個模型是基本模型(basic model)，這種模型適用於所有基地台皆可量測到視線波訊號(LOS signal)的正常情況下。另一個模型是選擇性模型(selective model)，該模型試著判斷是否為非視線波(Non Light of Sight, NLOS)的量測，並且嘗試去抑制錯誤的訊號[13]。

實際上，影響 AOA 量測的最主要因素在於細胞散射的特性，對巨細胞而言，基地台往往高過附近的地形。所以，當訊號抵達基地台的時候，AOA 的分佈(AOA spread)將會比較窄。在微細胞的模型中，基地台架設的高度低於附近建築物的屋頂，因此，基地台會被附近的散射體所包圍，使得訊號抵達基地台的時候，形成較寬的 AOA 分佈。所以，AOA 技術在巨細胞的環境中很實用，但是對微細胞而言則較不實際[53]。

### 優點

1. 不需要修改現存手機的電路或是更換手機。
2. 最少兩個基地台就可估算移動台的位置。
3. 基地台之間不需要時間同步。
4. 可追蹤行動電話，這是由於該系統可以持續性的監視逆向通話通道(reverse traffic channel)。

### 缺點

1. 需要較高的建構費用，這是因為採用陣列天線，以及相關的接收器設備。
2. 需要較複雜的硬體，例如波束(beamforming)與數位訊號處理(Digital Signal Processing, DSP)的硬體部分。
3. 隨著手機遠離基地台，定位估算的準確度也開始下降。
4. 必須要計算且維持精確的陣列校正。

### 2.3.4 陣列天線

從上述討論可看出，陣列天線在 AOA 技術中扮演一個很重要的角色，這種陣列天線就是所謂的「適應性陣列天線」(Adaptive Antenna Array)或「智慧型天線」(Smart Antenna)[10]，而這類陣列



天線藉著回饋控制的平均值(mean of feedback control)，來調整天線場形(pattern)。適應性天線(Adaptive Antenna)這一個名詞最早是由 Widrow, et. al. (1976)提出[11]，其目的是用來描述一種「自主性相位天線系統」(self-phasing antenna system)，這種「自主性相位天線系統」可將接收到的訊號做轉向處理。1992年，Gabriel 曾經強調「旁波瓣消除器」(Side Lobe Cancellers, SLC)[12]，而真實世界中，SLC 早已經應用在雷達的干擾(radar jamming)上。此外，SLC 是第一個全適應性天線系統(Fully Adaptive Antenna System)並且具有超高分辨度(super resolution)的能力，其重要關鍵在於 SLC 可以自動消除干擾(automatic interference nulling)。

隨著拓展適應性陣列天線的應用，結合時空參數(spatial-temporal parameter)的演算法漸漸成為一項基本的工具[13]，而陣列訊號處理則成為相當熱絡的研究範疇，其研究致力於整合來自數個感應器的資料，以便形成更精確的定位估算。為了替抵達之方向(Direction of Arrival, DOA)或抵達之角度(AOA)鋪路，Krim 和 Vibery 重新回顧波傳播方程式與參數資料模型(parametric data model)[13]。當訊號入射至陣列接收器的時候，可將窄頻傳輸訊號的相位差以數學式表示如下：

$$E(r, t) = s(t - r^T \alpha) e^{j\omega(t - r^T \alpha)} \cong s(t) e^{j(\alpha r - r^T k)}$$

其中，E 代表電場，S(t)則是窄頻訊號，(為一種訊號，其特色是訊號調變後的頻寬(modulated bandwidth)遠小於載波頻率) r 是半徑向量，滿足  $|r| \ll \frac{c}{B}$ ，B 是訊號頻寬，c 則是光速，t 是以秒計算的時間單位，其中  $|\alpha| = \frac{1}{c}$ ，k 是波傳播因子(波數)，並且滿足  $|k| = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ 。

此外，Krim 和 Vibery 介紹各式各樣的陣列天線，例如：均勻線性陣列天線(Uniform Linear Array)與均勻圓形陣列天線(Uniform Circular Array)。Krim 和 Vibery 的文章尚有各種 DOA 或 AOA 的估計演算法，這些演算法如表 2.3.1 所列，並且分類標準是依據陣列天線的幾何形狀來分類。

表 2.3.1 DOA 或 AOA 估計演算法

DOA 或 AOA 估計演算法	
任意幾何形狀的陣列	均勻線性陣列
1.Barret 波束演算法(Barret Beamforming)	7.加權子空間適應演算法(WSF, Weight Subspace Fitting)
2.Capon 波束演算法(Capon Beamforming)	8.Root MUSIC, ESPRIT (Estimation of Signal Parameter via Rotational Invariance Technique)
3.多重訊號分類演算法(MUSIC)	9.主動性二次式最大可能性演算法 (IQML, Iterative Quadratic Maximum Likelihood)
4.最小範數演算法 (Minimum Norm)	10.Root WSF
5.決定式最大可能性演算法(DML, Deterministic Maximum Likelihood)	
6.統計式最大可能性演算法(SML, Stochastic Maximum Likelihood)	

表 2.3.1 前六項演算法適用於「任意幾何形狀的陣列」(Arbitrary Array Geometries)，而後四項只適用於「均勻線性陣列」(Uniform Linear Array)。

要深入探討 AOA 技術的第一步得瞭解「陣列天線」與「智慧型天線」的原理，所以，下面將簡短的敘述「陣列天線」與「智慧型天線」的原理。

#### A. 陣列天線的原理

陣列天線是利用中央處理器來操作與排序一組天線單元，並且組合每個天線單元的場形，然後在空間中形成該陣列天線的整體場形(overall antenna pattern)[16]，陣列天線的優勢在於，不需要實際去移動每個天線單元，便可將天線的波束控制在預期的方向上 [17]。

因此，陣列天線的整體輻射的場形， $F(\omega, \Theta, \Phi)$ ，可表為下式 [18]，

$$F(\omega, \Theta, \Phi) = g(\omega, \Theta, \Phi)f(\omega, \Theta, \Phi)$$

其中， $g(\omega, \Theta, \Phi)$  代表個別的天線單元之輻射場形，而  $f(\omega, \Theta, \Phi)$  代表陣列因子(array factor)。

陣列因子取決於天線單元的相對位置、饋入電流的相位與振幅，藉著改變天線因子便可獲得不同的天線之整體場形。表 2.3.2 列出三種不同幾何形式的陣列天線，其分類的標準是依據這三種陣列天線的拓撲型態。

表 2.3.2 三種陣列天線的幾何形式

陣列天線的形式	陣列天線的拓撲型態
線性陣列天線	天線單元的中心沿著直線排列
圓形陣列天線	天線單元的中心沿著圓形排列
任意形式的平面天線	天線單元的中心沿著平面排列

Liberti 與 Rapaport 針對任意形式的陣列天線已經提出一般化的數學表示式，此處以圖 2.3-6 來說明。

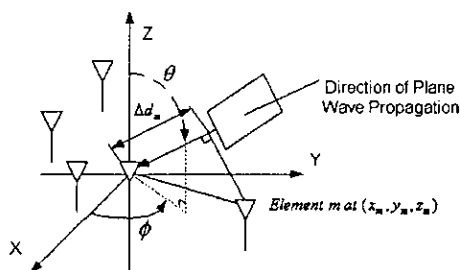


圖 2.3-6 平面波入射到任意形式的陣列天線單元之幾何示意圖

圖 2.3-6 的模型是假設傳輸訊號為窄頻訊號[19]，並且該訊號之振幅不會變動，另一個假設為，即使陣列天線單元之間的距離狹小，也不會造成天線單元有相互耦合的現象。當訊號以  $(\theta, \phi)$  ( $\theta$  代表高度角(elevation angle)， $\phi$  代表方向角(azimuthal angle))的方向入射到陣列時，介於第  $m$  根天線單元與參考天線單元(reference element)之間的相位差可表示如下：

$$\Delta \psi_m = \beta \Delta d_m = \beta(x_m \cos \phi + y_m \sin \phi \sin \theta + z_m \cos \theta)$$

假如圖 2.3-6 中，天線單元採用線性等距的排列方式，稱之為線性等空間陣列天線(Linear Equally Space antenna array, LES)。另一種稱為 M-LES 陣列天線，其天線單元排列係沿  $x$  軸方向，而天線單元之間相距  $\Delta x$ ，如圖 2.3-7 所示：

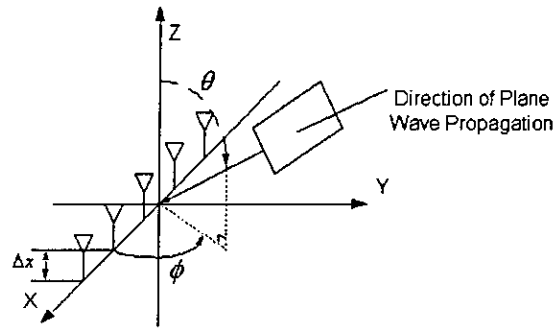


圖 2.3-7 一個沿著 x 軸方向排列的 LES 陣列天線，接收來自  $(\theta, \phi)$  方向的平面波

圖 2.3-7 中，令  $s(t)$  代表複數波包訊號(complex envelop signal)，且  $x_m = m\Delta x$ ，則第  $m$  根天線單元接收到的訊號，可表示如下，

$$u_m(t) = As(t)e^{-j\beta m\Delta x \cos\phi \sin\theta} = Aa(\theta, \phi)s(t)$$

其中， $a(\theta, \phi) = e^{-j\beta m\Delta x \cos\phi \sin\theta}$  代表引導向量(steering vector)， $A$  為任意常數之增益量。

藉由上述所探討的陣列天線概念，本研究可發展出適應性陣列天線的數學模型。

### B. 適應性陣列天線系統(Adaptive Antenna Array System)

適應性陣列天線系統是一種陣列天線系統，其方式是把每個天線單元做複數加權，如圖 2.3-8 所示。目前有兩種適應性陣列天線系統，分別是「適應性陣列天線系統」(adaptive antenna array system)與「盲目型適應性陣列天線系統」(blind adaptive antenna array system)，這兩種陣列天線系統的差別在於前者的預期訊號為已知數，後者則要處理未知的預期訊號。

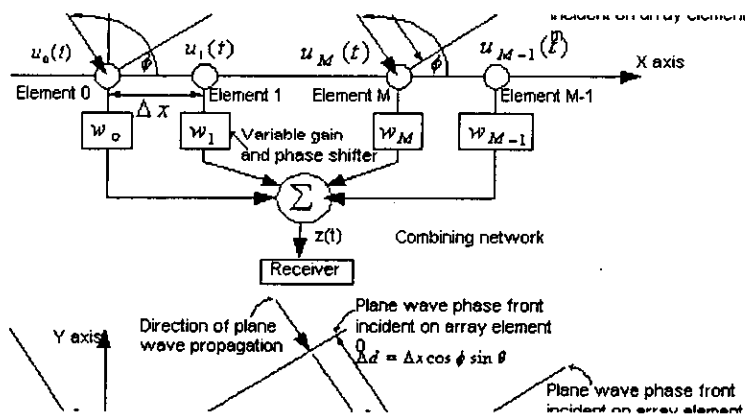


圖 2.3-8 對應圖 2.3-7 的適應性陣列天線示意圖

以適應性訊號陣列天線系統而言，其陣列天線輸出的訊號  $z(t)$  可表示為：

$$z(t) = w^H U(t) = \sum_{m=0}^{M-1} w_m u_m(t) = A s(t) \sum_{m=0}^{M-1} w_m e^{-j\beta m \Delta x \cos \phi \sin \theta} = A s(t) f(\theta, \phi)$$

其中， $(\cdot)^H$  代表厄米特轉置矩陣(Hermitian transpose)

$$\begin{aligned} U(t) &= [u_0(t) \cdots u_{M-1}(t)]^T \\ A(\theta, \phi) &= [1 \quad a_1(\theta, \phi) \quad \cdots \quad a_{M-1}(\theta, \phi)]^T \\ f(\theta, \phi) &= w^H A(\theta, \phi) = \sum_{m=0}^{M-1} w_m e^{-j\beta m \Delta x \cos \phi \sin \theta} \end{aligned}$$

其中， $f(\theta, \phi)$  為陣列因子(array factor)，且為  $(\theta, \phi)$  的函數，由於整體的場形(pattern)與陣列因子(array factor)具有直接的關係，所以，藉著調整權數(weight)的大小，可在預期的方向上，獲得最大的波束。

適應性陣列天線系統可用來區隔在同一時間內佔用相同頻段的使用者，該系統唯一的限制條件是：在空間中這些使用者必須要分隔開來。對優化(optimum)的適應性陣列而言，加權向量(weight vector)可用來降低目標函數(cost function)，只要目標函數降到最小，則訊號就具有最高的輸出品質。其中，藉由兩種方式可找出優化的加權向量(optimum weight vector)，第一種為「最小均方誤差」法(Minimum Mean Square Error, MMSE)，這種方法可以降低整體平均的誤差值；第二種是「最小平均原則」(Least Square Criteria, LS)，這種方法可以降低有限個數之時間取樣的誤差值。

### C. 盲目適應性陣列天線演算法 (Blind adaptive antenna array algorithm)

「盲目適應性陣列天線演算法」利用訊號或是調變的基本特性來達到適應性陣列天線的目的。這類演算法中，一般較為熟知的是「常數之模數演算法」(Constant Modulus Algorithm, CMA)，這種演算法採取恢復訊號的常數波包(constant envelope)的方式。該演算法的目標函數(cost function)可表示如下[17]，

$$J(w_k) = E \left[ \left( |y_k|^p - \delta^q \right)^2 \right]$$

其中， $p$  和  $q$  為正整數， $\delta$  即是接收訊號之波包，

若令  $p=2, q=1$  且  $\delta=1$  代入，將迅速得到梯度的估算，如下式，

$$\Delta J = \left[ (|y_k|^2 - 1) \right] y_k^* x_k$$

遞迴式為  $w_{k+1} = w_k + \mu(-\Delta_k)$ ，並且由疊代法 (iterative calculation)，我們可以看出加權向量，然後使得目標函數為最小，這個演算法的優點在於最後將可獲得通道中訊號最強的使用者。

#### D. 現今 AOA 技術的發展

現今 AOA 技術的發展包含 AOA 技術的實現、AOA 估計演算法、AOA 的通道模型，以及 AOA 技術的應用等相關課題。其中有些已經成為目前廣泛討論的課題，有些則是仍待未來進一步探討。

##### 1. AOA 技術的實現[77]

有兩種方法可實現 AOA 技術，其一是採用機械式的方法來操控波束寬度 (beamwidth)，其二則使用固定式的陣列天線。最常使用的陣列天線是「均勻線性陣列天線」(uniformly linear array)，這種陣列天線的特色在於每根天線之間相距半波長，而天線個數約在 4-10 根之間。為了獲得高效能的 AOA 系統，我們讓每根天線有自己的接收器，所有的接收器都具有混頻器 (mixer) 與類比到數位轉換器 (Analog to Digital converter, A/D)，並且為了做到訊號同步，將由相同的時脈 (clocks) 與震盪器 (oscillators) 來驅動所有的混頻器與轉換器，見圖 2.3-9。當訊號由天線接收進來之後，訊號將被轉換成複數基頻的格式 (complex baseband format)，轉換後的訊號會送到具有數位訊號處理能力的硬體，而 AOA 演算法就位於這個硬體裡面。

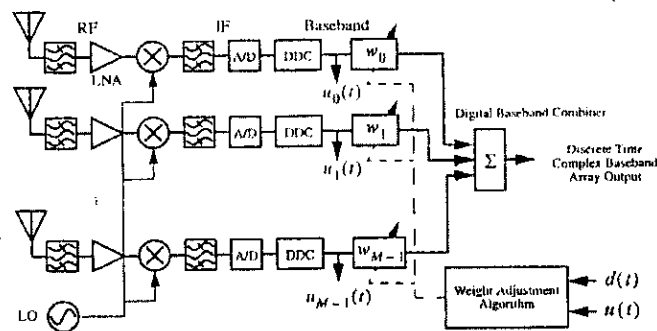


圖 2.3-9 數位複數基頻的加權與合成

除了不同的 AOA 演算法之外，影響 AOA 準確度的因素還包括訊號雜訊比、整合時間、天線數量、非理想的硬體，以及陣列校正(array calibration)等。在上列因素之中，陣列校正為首要的問題，這是因為若要有高解析度的 AOA 估算，則必須獲得精確的陣列響應(array response)，但是某些因素將造成陣列天線無法在理想的狀況下運作，這些因素包括天線之間的耦合...等。所以，陣列天線必須每隔固定時間就得校正一次。

## 2. AOA 通道的模型 (AOA Channel Models)[78]

陣列天線應用於定位時(尤其是採用 AOA 技術來定位)，必須對無線通訊通道的空間特性有良好的認知，這些空間特性會直接影響到陣列天線系統的效能表現。因此，為了獲得實際通道的模型，許多無線通道模型因應而生，而越接近實際的通道模型將可以更有效率也更精準預測無線系統的效能表現。

我們必須使用「無線多重路徑通道模型」(the Wireless Multipath Channel Models)來描述無線通道的物理特性，發展這個通道模型的目的，是為了能夠描述多重路徑訊號的特性。多重路徑的成因在於傳輸訊號與環境之間複雜的交互關係，其結果將導致接收器會接收到許多訊號成分。無線多重路徑通道模型也可提供都卜勒偏移(Doppler shifts)影響接收訊號的振幅之效應。此外，因應廣泛且日趨複雜的蜂巢式系統之發展，我們必須提供更精確的通道模型，這類的模型將可表示成通道脈衝響應(channel impulse response)的形式，如下所示[78]，

$$h_1(t, \tau) = \sum_{l=0}^{L(t)-1} A_{l,1} e^{j\varphi_{l,1}(t)} \delta(t - \tau_{l,1}(t))$$

其中， $L(t)$ 代表多重路徑成分的數量， $A_{l,k}$ 代表多重路徑成分的振幅，該振幅常常為 Rayleigh 隨機變數分佈， $\varphi_{l,k}$ 則代表具有均勻分佈(uniformly distributed)的相位偏移。

然而，前式並沒有考量到每一條多重路徑成分的 AOA，因此，針對窄頻訊號而言，我們可將 AOA 的考量加入前式中，如下式[15]，

$$\bar{h}_1(t, \tau) = \sum_{l=0}^{L(t)-1} A_{l,1} e^{j\varphi_{l,1}(t)} \bar{a}(\theta_l(t)) \delta(t - \tau_{l,1}(t))$$

其中， $\bar{a}(\theta_i(t))$  代表陣列響應向量。

現今已經提出許多更接近現實的通道模型，這些通道模型主要可分成三類，其分類的標準是依據通道模型所採用的理論背景，與該通道模型的使用目的，為了能夠描述每一個通道模型的特性，於是彙整這些通道模型於表 2.3.3 中[78]。其中，第一類通道模型是 1-11 的模型，這類模型對系統的效能分析很有幫助，第二類模型是 12-13 的模型，這類模型期盼有較高的準確度，但卻需要輸入量測資料，第三類模型可提供高度的準確性，然而，這類模型必須要很詳實的描述電波傳播的實際環境，射線追蹤模型(Ray tracing model) 即屬於這類模型。

### 3. AOA 技術的應用

未來移動通訊網路或許會採用「搭配適應性天線的 AOA 技術」，如此一來將替移動通訊網路營運者帶來許多益處，例如：提高系統容量(capacity enhancement)、延伸覆蓋率、增加抵抗「近遠」(near-far)問題的能力，以及支援高速資料傳輸與支援較高等級的蜂巢組織[79]。尤其在頻譜使用效率上面，使用適應性天線可為未來系統(如：UMTS)增加頻譜使用效率，同樣地，適應性天線也可替 IS-136 與 GSM TDMA 系統以及 IS-95 CDMA 系統增加涵蓋範圍與系統容量[80]。

表 2.3.3 適用 AOA 技術的空間通道模型之彙整

編號	通道模型	通道模型之描述
1	李氏模型(Lees' model)	1.有效散射體以環狀方式圍繞手機，並且位於環形上。 2.使用片段 AOA 模型(discrete AOA model)來預測相關係數。 3.可延伸說明都卜勒偏移。
2	片段均勻分佈模型 (Discrete Uniform Distribution Model)	1.N 個散射體很均勻的分佈在 AOA 的範圍內。 2.使用片段 AOA 模型(discrete AOA model)來預測相關係數。 3.此模型預測的相關係數比李氏模型所預測的相關係數降的更快。
3	以幾何為基礎的訊號彈 跳統計模型 (Geometrically Based Single Bounce Statistical Model)	1.假設散射體以環狀方式圍繞手機，且位於環形內部。 2.可提供下列資訊:AOA、TOA，整合 TOA 與 AOA(Joint TOA & TOA)，都卜勒偏移以及訊號振幅 3.當天線高度夠高時，可解釋巨細胞環境。



表 2.3.3 適用 AOA 技術的空間通道模型之彙整(續)

編號	通道模型	通道模型之描述
4	高斯廣義靜止非相關性 散射模型(Gaussian Wide Sense Stationary Uncorrelated Scattering)	1. N 個散射體分成許多群落(cluster)，而且在群落內 部，將無法辨別延遲差(delay difference) 2.提供陣列互變異數矩陣(array covariance matrix)一個 可析的模型
5	高斯抵達之角度模型 (Gaussian Angel of Arrival)	1. GWSSUS 只具有一個群落的特例，並且假設某些抵 達角度的統計性質為高斯分佈 2.窄頻通道模型 3.提供陣列互變異數矩陣(array covariance matrix)一個 可析的模型
6	時變向量通道模型(Time Varying Vector Channel Model)	1.假設訊號能量以 Rayleigh 衰減的型式離開手機的範 圍 2.主要由反射造成角度散佈 3.可提供 Rayleigh 衰減與理論上空間相關的性質
7	典型城市模型(Typical Urban)	1.針對 GSM，DCS1800，PCS1900 的模擬模型 2.時域特性類似 GSM05.05 所定義的 GSM-TU 3.120 個散射體隨機分佈在手機半徑一公里以內 4.接收訊號得來自每個散射體的位置與時變的手機位 置 5.AOA 統計性質近似高斯分佈
8	惡劣城市模型 (Bad Urban)	1.針對 GSM，DCS1800，PCS1900 之模擬的模型 2.手機附近沒有巨大的反射體 3.與 TU 模型相同，當增加第二個散射群落體的時候， 其放置地點離第一個散射體相距 45 度
9	均勻區域分佈模型 (Uniform Sectored Distribution)	1.假設散射體以手機為中心，做均勻分佈，其散射體 分佈範圍在 $\theta_{BW}$ 角度內，以及 $\Delta R$ 的半徑範圍內 2.大小和角度與均勻分佈的散射體相關，該均勻分佈 的範圍是 $[0,1]$ 和 $[0,2\pi]$
10	修正型 Saleh-Valenzuela 模型(Modified Saleh-Valenzuela's Model)	1. Saleh-Valenzuela 模型的延伸，該通道模型包含 AOA 的資訊 2.假設時間與角度在統計上為獨立 3.以室內量測為基礎
11	時空模型 (Spatio-Temporal Model)	1.多重路徑傳播的模型，此模型的散射體分佈在橢圓 的子區域，且依據超過的延遲時間(excess time delay) 來訂定該橢圓 2.類似 GBSBEM
12	延伸型節拍-延遲-線模 型(Extended Tap-Delay-Line Model)	1.寬頻通道模型 2.傳統的節拍-延遲-線模型的延伸，該模型含有 AOA 資訊 3.由量測來決定聯合密度函數這項模型參數

表 2.3.3 適用 AOA 技術的空間通道模型之彙整(續)

編號	通道模型	通道模型之描述
13	以量測為基礎的通道模型(Measurement Based Channel Model)	1.由量測來獲得參數 2.用散射點將傳播環境特徵化
14	射線追蹤模型(Ray Tracing Model)	1.是一種決定性的模型(deterministic model)，此模型基於幾何理論、反射、繞射與散射模型 2.採用適應性環境資訊(site-specific information)，例如：建築物的資料庫或是建築圖形

## 2.4 影響定位技術準確度之因素

由於定位誤差來自於行動台與基地台間訊號的傳播媒體(propagation medium)，無線定位技術的效能深受其影響，必須減輕(mitigated)包括多重路徑傳播(multipath propagation)、非視線傳播(NLOS propagation)和多重存取干擾(Multiple Access Interference, MAI)等效應所引起的定位誤差。這些誤差源的效應說明如下：

### 2.4.1 多重路徑傳播

當多個訊號被行動台與基地台接收時，往往會發生多重路徑傳播效應，而使定位技術的正確性變差。

儘管有視線波路徑存在，多重路徑傳播仍會導致時間估算的誤差，這是使用像 TOA 和 TDOA 這類以時間為基礎的技術(Time-based techniques)時主要的困難之一。對於 CDMA 定位來說，傳統的傳播延遲和時間延遲差的估算通常利用相關性(correlation)技術來修正。傳統的傳播延遲的估算方式是偵測鄰近地區中反射電波(reflected ray)與最先到達電波(first ray)的時間延遲[21,22,23]。在時間延遲估算中，一般應用最小均方技術(Least-mean-square technique)[24]及高解析度頻率估算(high-resolution frequency estimator)[25]等技術來減緩多重路徑干擾效應。

對於 AOA 定位技術來說，多重路徑衰落(multipath fading)會降低估算的正確性，以快速複立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)為基礎的波束形成法(beaming forming method)有最少的複雜度，但是它有最寬(broadest)的波束和最低的解析度。多重解析技術(super-resolution techniques)像是 MUSIC[26]，Root-MUSIC，Unitary-ESPRIT[27]、TLS-ESPRIT[28]等演算法可用來減少波束寬

度[29,30]。

表 2.3.3 比較在多重路徑傳播環境下 GSM 系統的 AOA 估算，包括單一行動台及基地台使用波束形成(beamforming)、MUSIC、Unitary-ESPRIT 等技術，假設八個天線陣列單元間的距離為  $\lambda/2$ 。傳統的延遲鎖定迴路(conventional delay lock loop)和利用 extended Kalman filter 的延遲估算被發展來對付多重路徑干擾訊號。

## 2.4.2 非視線傳播

當視線波被阻擋時，訊號會經由反射及繞射傳播，這時候訊號的傳播路徑會大於直線路徑，此現象稱為非視線傳播(NLOS Propagation)。GSM 網路中的非視線傳播誤差平均約 400-700 公尺，而且是範圍測量(range measurement)中關鍵的誤差源[38]。

微細胞中的 AOA 定位系統通常有較大的定位誤差，因為在基地台附近有許多本地散射源(local scatters)。假如使用反射路徑訊號來做 AOA 估算，從基地台算起的定位線(line of position)將會遠離行動台的真實位置[4,15,39,40]。

在以時間為主的系統中(TOA 和 TDOA)，NLOS 傳播是主要的估算誤差因素，下列三個方法可能可以降低這種效應：

1. 計算 TOA 測量的標準差，調整 TOA 的值至正確的 LOS 值 [39]。
2. 減低 NLOS BS 在最小平方演算法(least square algorithm)中所佔的權重[40]。
3. 改變 TOA 位置估計的演算法。在目前的情況中，由 NLOS 傳播所造成的誤差總是正值，這是因為 NLOS 對 TOA 估計值所造成的影響總是比單純的 TOA 值來得大，因此，真實的位置必定會落在半徑為  $r_i$  的圓圈裡面[4]。

$$r_i = C(\tau_i - \tau) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (N \text{ 為 BS 的號碼})$$

$$r_i = C(\tau_i - \tau) \geq \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \quad x, y \text{ 為所需的 MS 位置}$$

如果每一次的疊代(iteration)皆滿足上面的方程式，則由 NLOS 所造成的誤差就可以被減少了，特別是在使用三個 BS 的情況之下。

### 2.4.3 多重存取干擾

在頻譜擴展的系統裡(例如：CDMA)，多重存取干擾(Multiple Access Interference, MAI)大大地影響頻譜擴展訊號的 coarse timing acquisition[55,56]，因此降低了 TOA 及 TDOA 量測的正確性。當基地台接收到不同功率的行動台訊號，由於近遠效應而造成定位估算誤差，這是因為它影響了傳統基地台接收器提供 TOA 或 TDOA 資訊的能力[57,58]。

解決這個問題的方法之一是將行動台的功率調到最大，以有效對抗(combat)近-遠效應；另一個方法是利用軟交遞(soft handoffs)，它使得交遞過程較平滑(smooth)，訊號強度降低的機會減少[59]。然而這種方法的限制是至少三個基地台需要被納入(involved)軟交遞中[60]。在多重存取干擾的環境中，可以有幾種方法被發展來增加 TOA 或 TDOA 估算的正確性，包括子空間(subspace)技術(MUSIC)[61,62,63]，干擾消除技術(interference cancellation techniques)[64,65]或多使用者偵測(multiuser detectors)[66,67]等。

### 2.4.4 細胞涵蓋半徑

不同的細胞涵蓋半徑會影響定位準確度，模擬參數設定如下：

- (1)頻率：900MHz
- (2)細胞涵蓋半徑：600、1200、2400、4800 公尺。
- (3)區域散射範圍(Local Scattering Area)： $200\lambda$ ;
- (4)量測誤差：30 公尺。
- (5)非視線傳播誤差：最大 100 公尺(以最先抵達訊號為標準)。
- (6)區域散射範圍內散射體之個數：30 個。
- (7)行動台位置座標：MS1(1039.2,600)。

模擬結果如圖 2.4-1 所示，結果顯示細胞涵蓋半徑愈大，定位誤差愈大。

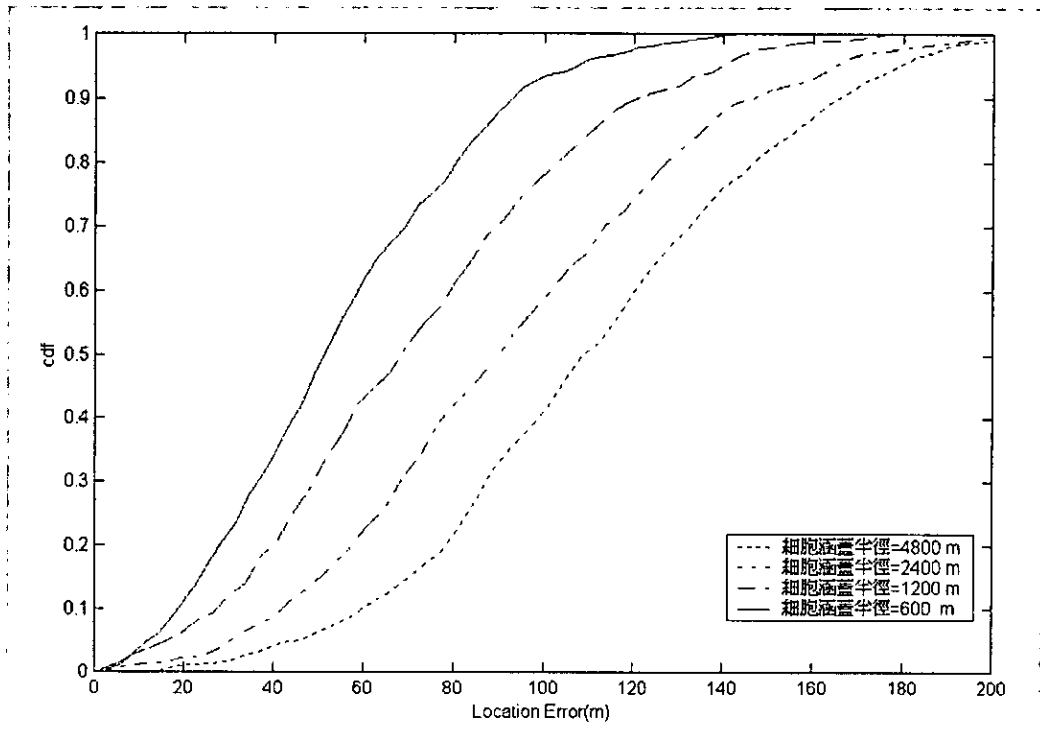


圖 2.4-1 不同細胞涵蓋半徑對定位準確度之影響—以兩直線交點法為例

## 第三章 蜂巢式網路定位資訊在智慧型運輸系統上的應用

### 3.1 概述

在過去的十年裡，無線通訊的迅速發展使其成為 ITS 基礎建設發展過程中的重要構成要素。在現有的無線通訊系統技術中，蜂巢式通訊技術由於成本低廉與廣泛的覆蓋範圍，而受到交通運輸專家與 ITS 營運者的注意。一個設計良好的蜂巢式通訊基礎建設，能夠提供使用者與服務提供者間、或是系統監視者與營運者間，不同類的行動電話資料傳輸，也能夠擔任其它無線通訊系統的輔助元件。不過，本章討論將只集中在 ITS 發展中可能應用到的蜂巢式系統「遠端定位」功能。

本章探討蜂巢式網路定位資訊在智慧型運輸系統上的可能應用，然而，要特別說明的是文後所提及應用，許多可能仍需要進一步研究。

蜂巢式網路定位資訊依其主要功能可劃分為下面三個層級：

**層級 A-僅使用行動台所屬細胞辨識碼之資訊作定位分析。**

只要使用系統所提供非常基本的資訊，可以追蹤系統中使用者從一個網路細胞到另一細胞的時間。只要行動台(行動電話)處於「操作模式」，其所在位置就可以傳送到某個基地台。

**層級 B-不僅可以知道行動台位於某個基地台所涵蓋範圍，還可以知道行動台的精確位置**

在層級 B 資訊的環境下，ITS 操作者可以透過前文所述各種定位方法，來辨識那些正在蜂巢網路系統中進行通話者，並追蹤其餘使用者通過特定細胞之間，惟沒有進行通話的蜂巢式電話使用者，則無法獲得其精確位置和路徑。

**層級 C- 除了上述二個層級的資訊，只要行動台在「操作模式」之下，特定行動台的位置與行經路徑均能夠被連續地追蹤**

這是一個相當複雜且精密的系統，ITS 操作者除了在層級 A 及層級 B 能夠獲取的資訊之外，能夠使用無線監視設備去追蹤所選擇個體的時變位置，包括路徑、速度及停等次數。假如必要的話，也能夠透過聲音或資料訊息與目標使用者溝通。然而，如何在不違

反個人隱私的前提下，適當地使用這類資訊仍然是一個相當具有挑戰性的議題。

蜂巢式網路定位系統依不同層級所適用的應用潛力，後續將逐一探討。

### 3.2 層級A的資訊

考慮如圖 3.1-1 中的範例，蜂巢網路區域結構，每一個蜂巢區域經由方位適當校準的方向性天線，幾乎覆蓋一個在鄰近兩個交叉路口間的道路區段，而那些環繞在道路幹道部分與交叉路口周圍的街道，被分派到不同的基地站台。

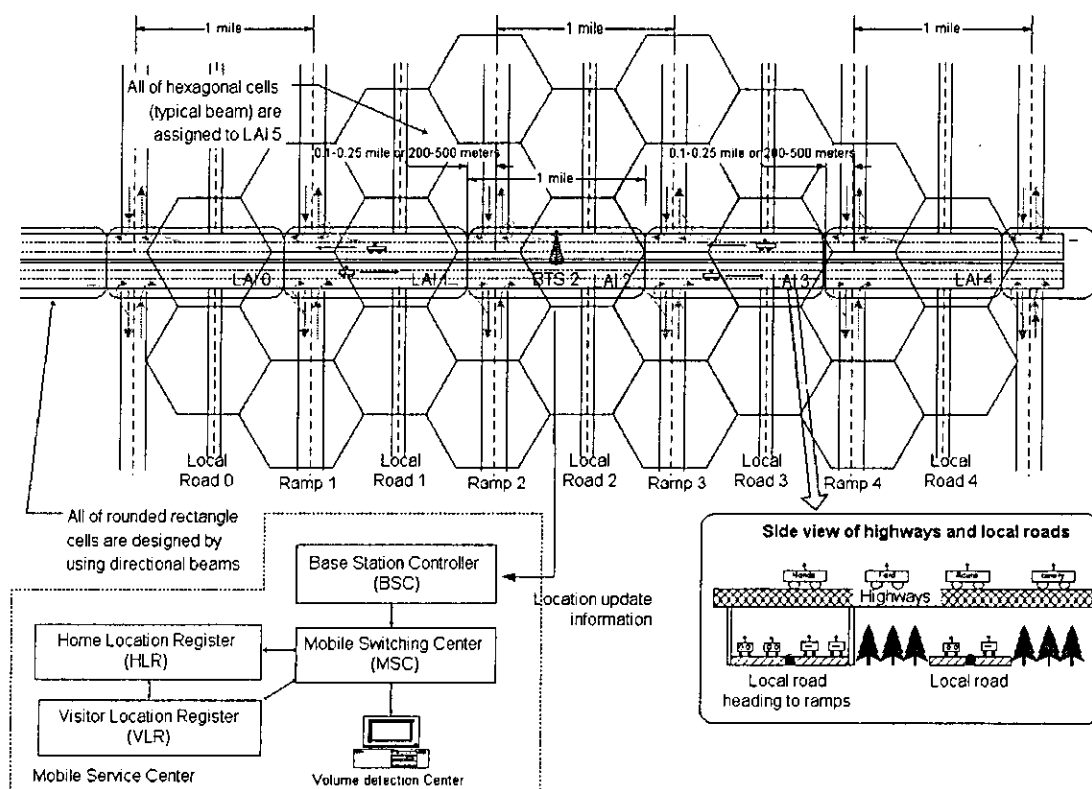


圖 3.1-1 公路上細胞配置圖

在這種路網下，每個道路區段將被分派一個唯一的區域位置辨識碼(Location Area Identification, LAI)。所有在道路上的蜂巢式行動電話在越過蜂巢細胞間的邊界時，將自動地在行動電話交換中心與新派基地站台上更新其區域位置辨識碼與辨識碼。因為此類的資

訊將即時地被儲存在蜂巢式行動電話預設的資料庫中，我們可以設計一套適當的軟體來擷取這些資料，並計算在特定期間裡，每個道路區段中蜂巢式系統使用者的數量。在這個等級可獲取供更進一步瞭解與分析的資訊如下：

1. 隨著時間與每個時間區段裡，每個道路區段上蜂巢式行動電話使用者的總數。
2. 每個行動電話使用者進入目前道路區段的時間。
3. 每個行動電話使用者跨越預定邊界並移動至下一個道路區段的離開時間。
4. 每個於時間  $t$  時進入的行動電話使用者，橫越每個道路區段的總存續時間。

依據道路上每個行動電話蜂巢區域的覆蓋範圍與高路公路使用者的行動電話滲透率，我們能夠將利用上述的資訊使用在下列幾項應用中：

### 3.2.1 大區域監視系統，作為「定點偵測器」的輔助

目前 ATMS/ATIS 應用中，有關壅塞管理最重要的資訊為即時交通資訊。藉由「定點」交通偵測器如迴路線圈、雷達偵測器，或以影像為基礎的偵測器提供。所有交通偵測器在估計交通特性變數都有一定程度的準確性，不過所能量測的數據僅限於覆蓋範圍內，然而偵測器間交通流量的時空分佈，對任何動態控制而言是相當重要的。

使用現有定點偵測器的可靠性與有效性會隨著佈設距離長短而改變，在道路路網中佈設高密度的偵測器固然可以達到理想的正確程度，但這樣的交通監視系統其日後的維修養護成本及日常操作成本將非常高昂。

由上述討論可知，這樣大區域監視系統所需花費的成本遠高於其所能達成的效益。蜂巢式網路定位系統在層級 A 環境下所獲得的資訊，正可提供一個相當具有成本效益的替選方案，不僅能夠取代成為原本區域範圍的監視系統，亦能當作輔助元件以擴大「定點」偵測器間的佈設距離。假設大部分道路駕駛者皆為蜂巢式行動電話的使用者，則配合適當的軟體可以有效追蹤所有行動電話時空關係，並即時計算下列的資訊：



1. 估計在任何時段中每道路區段的車輛數(假設每個蜂巢式網路行動電話使用者都有一輛車)。如果每一個基地台只覆蓋一個區段，且僅具一個單獨的區域位置辨識碼的話，藉由在每一個特定道路區段，觀察行動電話數量可以得到該區段車輛的估計數。
2. 以車輛進入及離開時間的紀錄為基礎，估計每個道路區段中車輛的空間平均速度分佈近似值。
3. 以特定目標道路區段中，區域位置辨識碼更新及離開的行動台數量為基礎，估計進入與離開每個道路區段的不同時間的車流變化率。
4. 以車輛進入的時間序列、在目標道路區段花費的時間為基礎，估計車輛在該道路區段的空間分佈。

如果蜂巢式網路區域覆蓋多個交叉路口的時候，則需要一些類似用來估計不同時間起迄估計的演算法，來改進估計的正確性。這是因為一些長度較短的旅次可能會進出同一個道路區段，而這些旅次的進出時間不能被直接用來估計上述不同時間變化的道路交通特性。

### 3.2.2 作為鄉村道路的主要監視系統

為了有效地監視鄉間道路狀況，而佈設足夠數量的交通偵測器是不符合成本效益的。然而，為了必要的交通監視與管理，這項需求不能被忽略。一個合理、有效且低成本的替代方案，是利用快速發展的蜂巢式網路通訊系統基礎建設來進行交通監視。

然而，層級 A 資訊在鄉間道路環境的應用可能遭遇下列問題：

1. 由於成本考量，蜂巢式網路系統業者在鄉村佈設的行動電話基地台密度會較低。
2. 蜂巢式網路往往會覆蓋多個道路進出口與鄰近路面街道區段。
3. 在鄉間道路交通的蜂巢式行動電話使用者比率不容易估計。

進行交通監視時，上述問題的衝擊評估方法仍需要進一步發展。在此之前，可以依下列的方式進行一些概略的調整：

1. 各個道路區段內與區段間進行各種交通狀況的廣泛實際觀

測，包括：

- i. 可能的進出口間的正常旅行時間
  - ii. 可能的進出口間的時間改變車流率
2. 同一蜂巢式網路區域中涵蓋的道路區段，與鄰近路面街道間進行各種交通狀況的廣泛實際觀測，包括：
    - i. 每個可能的進出口對上道路與路面街道間，隨著時間改變的流進及流出率。
    - ii. 道路與鄰近路面街道間交通的速度差異。
  3. 在交通觀測期間追蹤並記錄所有蜂巢式網路區域位置辨識碼轉變的資訊，並計算 3.2.1 節所述的交通特性資料。
  4. 建構統計上的、以及經由上述步驟所獲得資料間配合型態之間的關係。

經由蜂巢式網路定位更新資訊的部分資料，確認所有構建的關係並發展推測真實交通狀況的準則。

### 3.2.3 作為簡單的事件偵測系統

使用與文獻中自動事故偵測演算法相同的邏輯，我們也可以利用在層級 A 資訊環境下可獲得的時間序列資料，辨識任何可能的交通事件。這個簡單的事件偵測系統的主要概念如下：

1. 在各種不同重現壅塞程度下，蒐集車輛穿越每個目標路段旅次時間的時間序列。
2. 計算穿越每個目標道路區段的平均旅次時間，考量交通系統的隨機特性與導因於環境與人為因素的衝擊，測定其上限值。
3. 監視車輛進入目標道路區段的時間，並記錄其停留時間，直到其區域位置辨識碼已經被更新為下一個區域的辨識碼。
4. 在目標道路區段中，當車輛的「臨界」百分比比實際資料測得的門檻旅次時間為長時，判定交通事故發生的可能性。

在相同的短暫時間區段中，如果同一道路區段出現大量蜂巢式網路通話，通常是因為交通事故或特殊事件造成顯著延滯而造成。這些訊號就可以作為輔助上述方法的偵測指標。

旅次時間門檻長短與其他由層級 A 資訊所得的交通事故指標，可能會隨著不同區段的地理特性、地區交通模式及環境狀況(例

如下雨)等因素而改變。因此，為了有效地使用上述的偵測系統，我們需要進行下列兩項必要的工作：實地資料的廣泛蒐集與旅次時間門檻的精確統計校估。

### 3.2.4 作為高速公路動態匝道儀控中道路區段長短劃分的參考

交通壅塞時空分佈的可靠資訊是有效的進行動態匝道儀控最關鍵的資料。一個佈設充分交通偵測器與擁有完整校估的優良演算法的監視系統，必定能夠對上述需求提供充足的資訊。然而，蜂巢式網路通訊的使用者針對相同的需求，可以提供一個更具成本效益的替選方案。透過蜂巢式定位資訊，不須太過依賴預測模式，就能更有效率地觀測，即時得到下列關鍵性交通資料：

1. 依據每個區段中行動電話的密度、區域位置辨識碼與每個蜂巢式網路區域的地理覆蓋範圍等資料，可瞭解整條道路交通與壅塞模式的空間分佈。
2. 依據車輛進出的時間序列與計算所得的速度分佈資料，可以得到每條道路區段中交通密度的近似分佈，與其隨著時間的變化情況。

伴隨著上述即時以圖形或數字表示的資料，可以容易地辨識動態的道路區段。然而，這些控制的界限也可能因為壅塞模式與分佈不同而隨著時間改變。

### 3.2.5 作為都市交通路網監視壅塞狀況的輔助系統

除了應用在高速公路的監視與運作上，層級 A 定位資訊也能夠用作都市路網區域範圍中監視壅塞狀況的輔助系統。許多都市街道或交叉路口尚未有交通感應器，甚至在已發展的國家也是如此。然而，幾乎所有大都市現在都被各種不同的無線通訊網路所覆蓋，因此，在每個蜂巢式網路區域裡，行動電話站台的密度必然能在每一個都市子網路或地理分區中，用來合理的估計交通密度。

如果 ITS 或交控中心能夠好好的利用這些資訊，則合理可靠的交通壅塞模式就能夠在成本最低的情況下發展出來。有些必要的行動必須採行，包括：

1. 發展交通分區與蜂巢式網路區域覆蓋範圍間的相互關係。
2. 構建一個有效的資訊管理系統，來蒐集行動電話位置隨時

間變化的分佈資料。

3. 即時編譯通話密度分佈的資料，並顯示在地理系統上。

該系統在實際情況下預期會與其他 ATIS 監視系統元件整合，例如交叉路口交通偵測器、自動車輛定位(Automatic Vehicle Location, AVL)與 CCTV (Closed Cycle Television Video)網路。這對那些沒有被主要監視系統所涵蓋的地理區域，不啻提供交控中心一個具成本效益的替選方案。

### 3.3 層級 B 的資訊

在這個層級的蜂巢式通訊基礎架構下，假設下列的資訊在 ITS 控制或營運下已經能夠獲得：

1. 在層級 A 環境下所有可以獲取的資料，如蜂巢式網路使用者細胞辨識碼、位置區域辨識碼，以及隨時間變化的紀錄；
2. 行動電話使用者的精確位置及其隨著時間的空間分佈。

一些在層級 B 蜂巢式資訊的應用上，可扮演主要的或輔助的功能，摘述如下：

#### 3.3.1 加強層級 A 資訊環境的所有應用項目

舉例而言，在目標道路路段上(也就是選定的蜂巢區域)所偵測到通話的實際位置，將能夠使得控制中心更好地估計位置區域辨識細胞中車輛的分佈。同時，地理位置資料將提供一個直接的位置資訊來確認可能的事故點。另外，由於在鄉村地區每個蜂巢細胞區域通常涵蓋一個以上的交叉路口，因此層級 B 資訊特別重要。

#### 3.3.2 用來監視都市交通並區分子路網以便號誌控制

如同在層級 A 應用中所討論的，每個細胞基地台可能涵蓋幾個都市街道區段，因此，只能概估某些範圍中的交通量與壅塞分佈，而不是在個別路段的交通資訊。這樣的資訊提供可靠的即時路網交通狀況，藉由更進一步確認每個蜂巢區域裡使用者的位置，交通控制經營者能夠使用某些統計估計方法來區分每個蜂巢區域中的方向與分佈。

除了提供都市路網即時區域範圍交通壅塞模式外，上述的資訊

也能使用在號誌化路網的進出控制之用。這種為了緩和而非重現性壅塞(事故或特定事件)的進出控制通常包含下列幾項步驟：

1. 選定目前壅塞的區域
2. 確認位於緊鄰非重現性壅塞地區邊界的路網號誌。
3. 以號誌控制壅塞子網路的總車流量最小化。

### 3.3.3 追蹤和管理高速公路現場操作者及事件反應單元

相較於越來越普及的 GPS，層級 B 能夠獲得的蜂巢式資訊，可以實際作為追蹤現場操作者或反應單元的低成本替代方案。它能使控制中心自動追蹤現場操作者的位置，並依據即時交通狀況指引他們到適當的路線上。它也能夠被用來進行監視的功能，如確認回報的位置是否與實際位置一致。這樣的應用方式對小區域或是固定路線的操作而言特別適合，也符合成本效益，因管理者對所監視地區的地理特性有充分認知，不需要知道精確的空間分佈。

### 3.3.4 壅塞道路區段的可變速限控制

可變速限控制(Variable Speed Limited Control, VSLC)已經是控制都市道路區段重現性或非重現性壅塞越來越普及的策略，其主要的功能是紓緩交通速度改變與車隊擴散衝擊波所造成的影響，因此，可以使得延滯最小化。為了有效地運用這種控制方式，操作者應掌握區域內即時交通的可靠資訊，包括在足夠長區域的即時交通型態空間分佈。然而，這種資訊是很難從定點交通偵測器資料中獲得，除非緊鄰的道路區段是處於一個相當高密度監視的環境之下(也就是每 1/2 或 1/4 哩間有一個偵測器)。應用精確的蜂巢式地理位置資訊，可以容易地計算下列的資料以供可變速限控制的運用：

1. 道路區段上隨著時間空間分佈與時間動態的交通模式
2. 道路上控制邊界中每個區段的動態平均速度與其變異
3. 道路區段間平均速度與密度差異

簡而言之，上述的資訊將適時地提供交通控制操作者交通狀況空間資料，並使其能夠決定「何處」與「何時」修改速度限制，所以衝擊波所造成的交通延滯就可以被降至最低。另外，路網號誌進出控制通常與供繞道使用的可變號誌系統一併運作。

### 3.3.5 作為固定路線運輸車隊營運之用

許多種遠端及自我定位系統(如 GPS、信號桿等)可以用作運輸營運與管理。由技術與成本的觀點來看，每一種都有其優缺點，蜂巢式網路廣泛區域涵蓋的特性與其能夠確認一個通話者位置的能力，提供 ITS 系統營運者實行自動車輛定位系統一個非常具有成本效益的替選方案。應用層級 B 的蜂巢式網路資訊，運輸營運者能夠執行下列的功能：

1. 藉著空間抽樣或時間抽樣的方法追蹤運輸車輛的移動。
2. 傳達運輸營運者有關路線上任何事件或意外事故。
3. 將每輛運輸車輛目前的位置，包括其旅行速度、預期抵達另一個站台的時間，傳送至路側運輸使用者資訊系統和/或其他型態的先進旅行者資訊系統。

依據每一條運輸路線與周遭環境的地理覆蓋範圍，我們可以使用層級 B 的蜂巢式資訊為主要的或次要的自動車輛定位系統。一般而言，對固定路線公車的運輸經營者最能善用蜂巢式網路定位資訊，同時，蜂巢網路定位資訊在建築物密佈的大都市地區，可以作為信號柱定位系統理想的輔助元件，因為可以顯著地增加鄰近信號柱之間所需最短距離，且在實務上可以降低實施與維護的成本。

### 3.4 層級 C 的資訊

在這個蜂巢式基礎架構的層級下，ITS 控制操作者可以執行下列功能：

1. 存取所有在層級 A 和層級 B 下可獲取的資訊。
2. 追蹤樣本車輛的位置並監視其整個空間活動。
3. 透過聲音或資料訊息與擁有蜂巢式行動電話的駕駛者溝通。

如果上述的所有功能都能夠適當地執行，ITS 經營者將對整個控制中的交通系統有一個清楚的藍圖，包括那些進行通話者與抽樣車輛的位置。這類的即時資訊將可提供的應用簡述如下：

#### 3.4.1 作為駕駛者個別的緊急援助系統

駕駛者在緊急狀況時很可能不知道其確切位置，在層級 C 蜂

巢基礎建設下，控制中心操作者能夠協助他們採取適當的行動或聯絡緊急狀況回應單位以提供必要的協助。為了確保所有相關應變單位(如救護車)的及時應變，控制中心也能夠即時地追蹤這些單位的位置及路徑，並提供必要的路線導引。

### 3.4.2 作為駕駛者個別的動態路線導引

除了透過可變資訊標誌(Variable Message Sign, VMS)提供交通壅塞資訊之外，交通控制中心操作者也可以回應個別駕駛者關於路線導引或相關問題的要求。這些導引或建議能夠透過聲音或資料來傳送。

然而，這樣的協助應該是基於一個高優先性的前提，且應僅對駕駛者的緊急需求作回應。除此之外，所需工作規模與成本和分析即時資料的程度有密切關係，因此廣泛的提供個別駕駛者的協助是不被許可。一些研究工作針對適當標準及提供協助優先性的設計將必須在實行這種服務功能之前先進行。

### 3.4.3 道路與都市路網的動態旅次起迄資訊

數十年來運輸相關研究者已經提出各種不同蒐集或估計旅次起迄資訊的方法，因其對運輸規劃、營運操作或交通控制而言是最重要的基本資料之一。但是，在可接受成本的情況下，目前為止尚無法對靜態起迄資料提供合理地準確結果，更不用說針對時間變化旅次起迄分佈。蜂巢式基礎建設涵蓋的範圍廣泛，市場使用率愈來愈高，因此可以提供直接估計旅次起迄資訊另一替選方案。應用著層級 C 蜂巢式基礎建設下可獲取的資訊，ITS 或交控中心操作者可以依照下列步驟，蒐集由目標地區或道路區段所得的時間變化起迄資料：

1. 在交通監視開始時確認目標蜂巢細胞分區(如：在匝道、交通分區、交叉路口等)。
2. 追蹤來自於目標分區的行動台的空間活動，並追蹤其路徑以記錄旅次起點與抵達時間。
3. 當某些駕駛者打電話的時候，使用定位方法修正車輛路徑的空間活動。
4. 將時間改變交通監視資料記錄至一個動態資料庫中。
5. 如果追蹤只涵蓋抽樣車輛的微小比例，計算每一 O-D pair 進入與離開的總量。

良好校估的動態起迄資訊，可以應用於進行各種運輸管理與交通控制計畫，包括：

1. 在目標公路區段上瞭解壅塞形成與消散的原因，交通控制操作者能夠知道哪些起迄旅次構成交通車流壅塞的主要部分。
2. 設計交通管理策略，如藉由匝道控制或收取通行費用以減少短程旅次的使用。
3. 提供設計 VMS 路網的背景資料，與選擇性的繞道起迄旅次資訊。
4. 使控制操作者能夠在鄰近擁擠街道的車流模式間建立關係。
5. 起迄資訊分佈以評估運輸路線計畫與站台及轉運站位置。

#### 3.4.4 作為 ATIS 動態出發與旅行時間或擁擠定價政策之設計參考

作為與時間有關的起迄資訊副產品，蒐集以每日為基礎的旅次時間資料，是行前旅行者資訊系統最可靠的資訊基礎。蒐集這些資訊，交通操作者將能夠對通勤者提供出發時間的建議。除此之外，在非重現性壅塞如特定事件或交通事故，交通操作者也可以提供替代道路的建議。

出發時間與旅次時間資訊在擁擠定價策略的設計上，也可被用來作為電子收費(Electronic Toll Collection, ETC)的基礎。舉例來說，如果通勤者願意接受建議的出發時間，可以支付較低的通行費。

#### 3.4.5 評估不同 ATIS/ATMS 策略的有效性

實務上，與大量個別駕駛者進行即時溝通聯絡是很困難的，然而追蹤樣本車輛並觀察其空間活動的演變，已經可以對任何 ATIS/ATMS 實施策略的評估提供了一個創新的替選方案。藉著適當地運用這種定位追蹤功能，有助於釐清下列問題。

1. 在各種交通狀況下，短程旅次或長程旅次較可能依循交通資訊或導引？
2. 匝道控制能夠成功地抑制短程旅次交通使用道路嗎？
3. 施工區域的控制是如何影響交通的分佈？
4. 在重現性與非重現性壅塞情況下，VMS 的有效性為何？
5. 現場操作者或巡邏單位有依照指令執行其所分派到的工作



嗎？

6. 在都市路網中，特殊事件或主要交通事故發生後，是否遵循在非重現性壅塞或緊急狀況下事先規劃好的路線？

## 第四章 蜂巢式網路定位資訊與 ATIS 整合之可能性

### 4.1 概述

先進旅行者資訊系統(ATIS)是整合通訊與資訊而能夠提供使用者可靠的即時交通資訊，並即時地回覆其需求的系統，這樣的系統包含資料取得與使用者介面元件。由於後者主要牽涉到可獲取的資訊與使用者間有效互動的最佳使用方式，因此這部分將不包含在本研究的討論範圍之中。以下討論將著重在蜂巢式網路資訊與通常包括單一或多重監視系統的資料獲取元件間可能具有的互補關係。

一般而言 ATIS 所使用的交通資料主要可由下列幾種型態的系統獲得：

1. 感應監視系統，包括：
  - (1). 線圈偵測器
  - (2). 影像偵測器
  - (3). 非影像偵測器，如雷達偵測器、紅外線偵測器
2. 自動車輛定位系統，包括：
  - (1). 自我定位系統
  - (2). 遠端定位系統
3. 加強型電子通行費蒐集系統(Enhance Electronic Toll Collection, EETC)

不論過去十年通訊技術如何快速地發展，以感應為基礎的系統依然是交通狀態監視與資料獲取最廣泛的監視基礎建設，除傳統的感應線圈偵測器外，許多不同的偵測器建議應用於 ITS 之中，這些偵測器技術部分已有應用實例，例如：

1. 超音波偵測器
2. 微波偵測器
3. 主動與被動紅外線偵測器
4. 寬頻及窄頻雷達偵測器
5. 影像處理器

其中，自動車輛定位(AVL)相對而言是較新的技術，主要係因

應智慧型運輸系統的發展而出現。依據所使用的技術，將市場上的技術分類如下：

1. 以無線電技術為主的系統，如 GPS
2. 信號柱定位系統
3. 展頻無線定位系統

上述分類中，大部分的系統不是可以執行自我定位，就是可以執行遠端定位功能。而蜂巢式定位系統因為使用以無線電為基礎的行動電話通訊基礎建設，被歸類為以無線電技術為基礎的系統。蜂巢式定位系統相對於上述所有種類是較新的技術，惟迄今仍未廣泛被使用在 ITS 的應用上。然而，這樣一個以蜂巢式網路為基礎的系統在未來 ITS 環境中的綜合應用將提供重要資訊，因為：

1. 交通運輸當局不需要直接投資蜂巢通訊基礎建設，因其快速的發展是奠基在個人通訊市場需求的快速發展，而不是交通狀況。
2. 蜂巢式通訊基礎建設在大部分的縣市裡已經廣泛地在都市與鄉間地區建置，可提供相當廣泛的地理覆蓋範圍供其顧客使用。許多這樣的地區建置任何交通監視系統將被認為不具成本效益。除此之外，蜂巢網路業者由於市場的需求，在交通較為壅塞與人口較多的地區通常需要設置更多蜂巢基地站。
3. 在大部分的國家中，蜂巢式行動電話的市場佔有率與其在尖峰與離峰時段的使用率是隨著時間成指數型態的成長。
4. 蜂巢技術持續的進步已經提供許多可靠的副產品，如蜂巢式電話使用者的位置和空間移動，可以被個別地使用或共同使用為綜合資訊，以監視網路交通空間與時間變化。

電子收費在最近幾年裡已經發展成一個系統，用來協助交通管理與改善操作的效率。這個系統通常會記錄所偵測到的車輛時間和位置，並允許交通控制中心裡的操作者計算相鄰兩個電子收費站間的空間平均速度與個別車輛的旅行時間。如果電子收費站被適當地設置，且大部分的駕駛者選擇通過電子收費的入口，則利用這些資訊將車輛型態的分佈情況予以分類，以估計道路區段的密度與交通起迄分佈。

如前所述，在交通監視上使用蜂巢式網路通訊資訊對 ITS 系統經營者而言是一項嶄新且有遠見的作法。因此，蜂巢式網路通訊資

訊與那些由現存交通監視系統資訊間可能的整合對許多 ITS 研究者及專家而言是特別受到關注的。

## 4.2 蜂巢式網路定位系統與感應監視系統

### 4.2.1 高速公路的交通監視

智慧型運輸系統所使用的各種交通偵測器具有下列幾項共通的特徵：

1. 在至少有一個感應器涵蓋的公路路段上，只提供交通特性的「定點」資訊。
2. 每一個偵測站獨執行交通監視的工作，而相鄰感應偵測間並沒有提供彼此資料的相互關係。
3. 偵測站間缺乏追蹤目標車輛或偵測公路路段交通狀況的能力。
4. 由於短暫時距裡(如 30 秒)會不斷地產生大量的交通特性資料，因此需要使用能夠以同等效率轉換這些資訊的軟體以供即時交通控制應用。
5. 為使所佈設的偵測器能夠不斷且有效地運作，所需的通訊量和保養維修成本相當高。

由這樣的偵測器所量測得到的交通特性資料可能會隨著所使用的偵測器技術或有差異，但大致上有下列幾類：

1. 每一車道上與車道間隨時間改變的平均交通流率。
2. 每一偵測站上隨時間改變的交通佔有狀況，包括單一車道及所有車道。
3. 每一車道上與車道間隨時間改變的平均交通點狀速度。

一個具有上述交通資訊將能夠提供滿足即時控制的需要。然而，為維持這種假設情況所需花費的成本，對許多面臨資源縮減的交通管理當局而言將難以負擔。因此，利用現有蜂巢式通訊網路的基礎建設，並使用其功能獲得部分的或主要的交通資訊將會是一個具潛力的發展方案。而交通管理當局不需要去分擔這些系統的投資成本。

藉著將每個細胞基地站的覆蓋範圍劃分為兩匝道或兩鄰近偵測站的公路區段，我們只需利用一個連接至行動電話站台控制中心

的軟體，就可以獲得下列交通資訊：

1. 在特定時段內，擁有蜂巢式行動電話的駕駛者或乘客進入目標細胞的數量。
2. 在特定時段內，擁有蜂巢式行動電話的駕駛者或乘客離開目標細胞的數量。
3. 目標蜂巢基地站覆蓋範圍中(也就是一段公路區段)，每一個蜂巢式行動電話使用者的進入與離開時間。
4. 任何時段裡，所劃分區域中被每個目標細胞基地站覆蓋的蜂巢式行動電話使用者數量。
5. 經由旅行時間資料，可以分辨較具侵略性與較保守駕駛者間的空間分佈狀況，並追蹤其旅行的空間動態情形。
6. 在相同地理型態(如匝道、交織區等)情況下，試驗車的速度分佈型態。
7. 正在打電話駕駛者的精確位置及其在公路路段上的速度。
8. 在定位網路系統監視下得到每一個蜂巢式電話使用者的起迄點資訊。

相同的，所有前述資料，也都能夠在具有蜂巢式網路基礎建設的廣泛覆蓋範圍的都市環境裡由 CCI 獲得。

依據市場的開發速率，預期未來每輛車都將配有一部以上的行動電話。因此，由 CCI 計算的交通特性資料對傳統以感應為基礎的監視系統而言，以作為補充的理想資訊。

至於在交通監視上，傳統以感應為基礎的系統與 CCI 的可能整合簡述如下：

1. 校估隨時間變化進入與離開目標公路路段的行動電話使用者數量，與實際經由交通偵測器所測得交通流率的比率。
2. 使用上述經校估後的比率(這比率可能隨時間改變)以及在每一細胞內的行動電話使用者數量，來估計每一目標公路路段中因時間改變的密度(而非設有交通偵測器的點佔有量(occupancy))。
3. 使用每一個蜂巢式行動電話使用者在目標公路路段通過時間以及所有這種記錄頻次的時間分佈，來估計相鄰交通偵測站間車輛的空間動態情況。
4. 使用每一個行動台使用者的進入及離開時間差，來近似駕駛者的空間平均速度。

5. 根據上述空間平均速度分佈來分析目標公路路段上駕駛者母體特性(如侵略性及保守的駕駛者型態)。
6. 評估道路幾何特徵的衝擊，這些特徵包括主幹道上交通車流交織區、由交通偵測器所偵測的點速度、以及經由蜂巢式網路更新及定位方法來計算目標公路路段的空間平均速度標公路。

特別在高速公路的交通監視，藉由前述傳統感應式交通偵測器與 CCI 的資訊互補整合，可以增加交通偵測器間的佈設距離，而使得 ITS 建置及營運成本大幅降低。

#### 4.2.2 都市與郊區交通監視

大部分的都市交通監視系統一般具備下列應用：

1. 交叉路口偵測器：量測不同時間的抵達交通模式，包括車流率、車間時距、轉向比，與(或)延滯期間。
2. 系統偵測器：量測街道路段上容量與速度分佈。
3. 影像偵測器：監視都市路網中具危險的位置或瓶頸路段。

值得注意的是，基礎建設成本與維持一個有效都市監視系統間的關聯性相當地高，不僅包含初期硬體及網路設備的投資，也包括偵測器每天的通訊與維修費用。除此之外，所有這種設置在交叉路口的偵測器只能夠提供路段的即時交通資料而不是交通分區區域資訊，其作為交叉路口或整個路網演變的交通模式或壅塞情況的資訊將不充分。同時，除非大規模地使用以影像為基礎的感應器，大部分的監視偵測器在目標交叉路口只能夠量測「點狀」交通特性，而不是移動與在監視下街道間被偵測交通模式的空間交互關係。然而，這樣的資訊對協調路網號誌與嚴重事故或特殊事件的交通分流上有相當大的價值。

由於資源的限制，在美國大部分大都市區域只能夠在選擇的主要幹道或重現性交通瓶頸處佈設有限的偵測器，因此，蜂巢式網路通訊資訊的出現與可及性，似乎對都市交通經營者提供了一個具成本效率的替選方案，以解決缺乏充分網路交通資訊的問題。藉著適當地整合 CCI 與存在的交通控制資料庫，一個具有廣域蜂巢式網路涵蓋的大都市能夠以最少的成本取得下列的即時交通資訊：

1. 藉由蜂巢式細胞與交通分區適當的整合，可以獲得每一交

通分區的粗略交通流量及短時間內的流量變化情形。對監控交通網路狀態可提供完整的背景資訊。

2. 藉由指定的細胞內區域位置辨識碼的歷史資料，可以獲得每一蜂巢式細胞內及不同移動方向所產生的旅次數。
3. 假如監視區域未被 CCTV 或影像偵測器所涵蓋，則蜂巢式定位資料可作為判斷事件及(或)任何主要交通瓶頸發生的補充資訊來源。
4. 街道路段上行動電話使用者的定位資訊，可作為交通控制中心操作者處理交通車流、協調續進號誌時制的連線交通狀況的補充來源，不管有或沒有設置交通偵測器的交通網路都是非常有用的資訊。
5. 抽樣車輛的路徑與定位資訊可以用來監測重現性或非重現性交通壅塞型態的形成與消散狀況，這樣工作無法單由交通偵測器所得的資料完成。
6. 針對未設有 CCTV 或監視器的郊區路網，可利用在每一個通訊細胞的使用者密度資料以及追蹤抽樣使用者的位置與移動速度來替代。

對 ATIS 而言，由成本與技術的觀點我們將可將 CCI 與經由偵測器所得交通資料做為達成上述功能與資訊的一個理想的互補系統。舉例而言，我們首先可能使用：

1. CCI 可以在細胞基礎上，用最少成本完全涵蓋整個都市地區交通狀況，而把昂貴的交通偵測器重點佈設於監測某些主要幹道或交叉路口，以執行某些控制策略。
2. CCI 可用來估計整合交通特性，像是交通密度或壅塞程度，並利用偵測器來驗證這些造成非預期性交通狀況的關鍵因子。
3. CCI 可以監測及估算總計的交通車流狀態，並利用從偵測器所得短時距內的車間距及車流率細節資料還設計相對應的控制策略。
4. CCI 的定位功能可以在實行任何控制策略後，追蹤目標車流移動的空間變化情形。
5. CCI 根據所偵測的交通密度與速度，可以依據預設不同壅塞程度對所監控網路進行交通分區或路段的劃分，並利用交通偵測器資訊來設計提示改道路徑及可變標誌設置位置。
6. CCI 的定位功能可以監測都市路網或兩匝道間之高速公路

路段中，某些目標交通車流的實際路徑，並利用交通偵測器監視系統來衡量交通車流特性。

總括而言，CCI 與交通偵測器在本質上是互補的。不論就技術或是成本的觀點，CCI 對 ITS 控制中心用以整體了解整體路網交通資訊全貌的一個理想來源，它也可以補充作為追蹤地區偵測器間交通變化情況的需要，以促使更佳的交通控制策略，像是適應性號誌控制或匝道儀控等。

然而，我們不應該將 CCI 完全替代傳統以感應為基礎的交通偵測器監視系統，這不但是由於其涵蓋範圍的不同，同時也是因其所提供交通特性資訊的精確性有差異。舉例來說，如作為適應性控制或自動事故偵測使用，目標位置的交通佔有率與車流率在整個控制期間的 10 到 30 秒的時段裡需要被精確地量測，如果交通流量資料需要量測到這麼詳細，就不可能只使用蜂巢式網路資訊。

### 4.3 CCI 與 AVL 系統的資訊

智慧型運輸系統的發展對不同的技術如自動車輛定位(AVL)或定位系統提供一個新的應用領域。這些系統雖然不是專為 ATIS 應用而發展，不過可與 ITS 定位系統互補。依據核心技術的主要的特點，我們可以將現有的 ITS 定位系統分成下列幾類：

1. 信號柱定位系統：這種系統的位置量測是透過兩個主要元件來執行，包括裝置在車輛上的「tag」與路側稱之為「beacon」的單元。信號柱系統進行車輛的追蹤是透過 tag 由鄰近 beacon 取得信號進行自主定位，偵測的方式是由路側單元感測器執行遠端定位，來感測目標車輛上 tag 的存在。
2. 無線電為基礎的系統：以無線電為基礎的系統的共同特點是使用電波的傳遞特性來決定目標車輛的位置，在數位化地理系統上，計算目標位置需要對應於單一或多個參考站。舉例來說，在 GPS 系統下，每一個衛星就是一個參考站，每部車輛藉由所裝置的接收器來接收由衛星所發出的信號，並透過抵達時間資訊計算其所在位置來達到定位的目的。
3. 展頻無線系統：這項技術對主要的系統應用項目而言較為便宜且精確度較低，也適用於對定位精確度要求比較不高的應用項目。這類系統包含里程計及指南針等二個主要元



件來偵測車輛旅行的距離及方向，一些較新的系統已經採用更先進的感應器如陀螺儀和加速器來改善量測的正確性。

為了更豐富 ATIS 中心所需的資訊，所有這些定位系統具有下列共通的特點：

1. 應用在實驗車輛以評估目標路段連續或離散的旅行時間與速度。
2. 根據裝置該項設備的車輛所在位置、速度、以及連續觀測車輛所反應的交通狀況，預估可能的抵達時間。
3. 僅能提供特定路徑而非整體道路路網的旅行時間與速度資料。
4. 經由裝設上述設備車輛的空間變化狀況以及其在特定道路路段中所反映出的旅行時間，評估壅塞地點或瓶頸點所在。
5. 所有車輛都裝置設備時可以精確判斷其所在位置，以便於有效的動態車隊管理。

除了上述限制，每一種定位系統或多或少都有技術上或成本上的缺點，舉例來說，日漸普及的 DGPS 已經是一個能夠在大範圍區域中提供高正確性連續位置量測值的卓越系統。然而，這項系統通常需要相當高的基礎建設及系統佈設成本，且其在定位估計上也容易受到多重路徑干擾造成相對的影響。

除此之外，從 ATIS 應用的觀點而言，這些裝有 GPS 設備車輛所提供的資訊，縱使其具有很高的正確性，卻仍只構成所有網路交通資料的一小部分。商用車輛或大眾運輸系統這類營運具有固定路線的特性，就比較適合使用 GPS。

由 ATIS 經營者的觀點而言，CCI 似乎能夠在不需任何基礎成本的情況下涵蓋全部的路網交通狀況。對定位資訊的應用而言，其正確性或許不會比 GPS 所提供的為高，但對所服務的蜂巢式行動電話使用者而言，蜂巢式服務提供者在較高壅塞的地理區域往往佈設更高密度細胞基地台，因此可提供更可靠的 CCI 定位估計及交通監視資訊。

透過適當的整合，ATIS 中心將能夠基於有效互補功能而完全利用 CCI 和以無線電傳輸為基礎的系統。舉例來說，我們可以建立一個具有 CCI 與以無線電技術為基礎資訊的即時 ATIS 資料庫如

下：

1. 使用已建設完成的蜂巢式網路基礎建設，持續更新所在位置以及定位資料，以作為整體網路監視系統的骨幹，如此一來可以使得所需建設成本最小化。這樣的系統可應用在監視即時交通狀況。
2. 應用裝設有 GPS 車輛在特定路徑上行駛的 GPS 資料，來修正從 CCI 所計算出的速度與旅行時間資料，並建立以幹道為基礎的 ATIS 即時資料庫的子集合。
3. 當 GPS 在某些都市地區無法有效運作時，可以使用 CCI 定位資訊作為 GPS 應用的補充資料。
4. 利用 CCI 的追蹤定位功能監視目標路網中車輛路徑壅塞的形成與消散。

對以信號柱技術為基礎的定位系統而言，其與 CCI 的互補關係與以無線電技術為基礎的系統比較，相對上是較受限制的。舉例來說，信號柱系統只提供所選取設有 beacon 位置的可靠資料，一般而言多應用在監視一些固定路線或由交通分區。

#### 4.4 CCI 與 EETC 系統的資訊

ETC 最初是用來有效率地處理公路路段收取通行費的問題，然而，目前已經發展成 ITS 應用在高速公路交通管理系統的重要系統。隨著功能的不斷擴充，EETC 系統目前不只能夠執行通行費的收取，同時也提供一些對 ATIS/ATMS 具有價值的資訊。由 EETC 系統上可以獲得的資料如下：

1. 每輛車的通行費收取時間(也就是抵達時間)。
2. 鄰近收費站之間的旅行時間。
3. 經過收費站的車輛點速度。
4. 經過收費站的車輛型態分佈。
5. 收費站間交通車流空間平均速度的分佈。
6. 如果收費站設置在匝道或適當的位置，甚至可以獲得交通車流部分的起迄點分佈。

上述由 EETC 系統所得的資料將構成 ATIS/ATMS 資料庫裡主要的部分，以供公路上的大部分車輛選擇使用。然而，不管 EETC 的市場佔有率如何，只要整合 CCI 與經由這種系統所得的資訊，就可以提供 ATIS/ATMS 中心執行必要的策略。

舉例來說，假設所有具有 EETC 系統的公路路段皆位在蜂巢區域的覆蓋範圍裡，交控中心管理者可以使用這兩個額外的系統以下列互補的方式進行交通資料的蒐集：

1. 在收費站由 EETC 系統記錄車輛抵達的精確時間，來對蜂巢式定位所得旅行時間資料進行必要的校估。
2. 使用在收費站所取得每部車輛的精確速度與位置，來對 CCI 定位演算法進行必要的校估。
3. 應用 CCI 的定位方法來追蹤車輛在二個收費站間的速度變化與空間分佈。
4. 利用 CCI 所使用的定位追蹤方法量測每個收費站的車輛分類資料，以蒐集二個收費站間公路路段不同車輛型態的速度分佈。
5. 藉由收費站間抽樣車輛位置追蹤，觀察裝設 ETC 設備與否所可能的速度差異。

## 第五章 蜂巢式無線網路定位技術在 ITS 應用的潛在問題

本章探討蜂巢式無線網路定位技術在 ITS 應用的潛在問題。首先 5.1 節介紹現行 GSM 系統的定位架構，現行 GSM 定位架構可分為行動電話手機為主的定位架構、行動電話網路為主的定位架構與混合式定位架構。5.2 節將要介紹 CDMA 系統定位技術，並且以 IS95 與 WCDMA 的定位系統互相比較。因此 5.3 節要探討能夠應用於通訊或 ITS 這方面具有潛力的定位方法，同時也要探討轉移這類定位技術所面臨的關鍵性問題，接下來 5.4 節介紹定位技術的發展者，這裡將提供美國現今定位技術與系統公司，從中可發現少數定位技術的發展者已經將自己發展的定位估算技術之軟硬體作為商業化之用途。

### 5.1 GSM 系統定位技術與架構

GSM 系統可有不同的架構從事定位服務，假如行動台能計算自己的位置且將位置資訊傳送到基地台，這就叫做自主定位 (self-positioning)，此時行動台需要一個特別的接收器 (special receiver)，這個技術被用在 GPS 系統中。另一方面，利用基地台的訊號接收，遠端的 (remote) 行動台的位置能夠被計算出來，這叫做遠端定位 (remote-positioning)。遠端定位系統能完全利用現存的蜂巢式網路，因為手機不需要做任何特殊設備或更改，因此，遠端定位系統能相容於 (accommodate) 大量現存的手機。這裡將探討定位的三種實體架構，此三種架構分別為：行動電話手機為主的定位架構 (mobile-based positioning)、行動電話網路為主的定位架構 (network-based positioning) 以及混合式定位架構 (hybrid positioning)。

#### 5.1.1 行動電話手機為主的定位架構

首先定義「行動電話手機為主」(mobile-based positioning) 的定位架構如下：

- (1). 行動台使用 BTS 的訊號計算移動台的位置(如圖 5.1-1(a)和 (b)所示)。
- (2). 這是一種自主定位的形式(另一種自主定位形式，是在移動台的內部加入 GPS 接收器)。

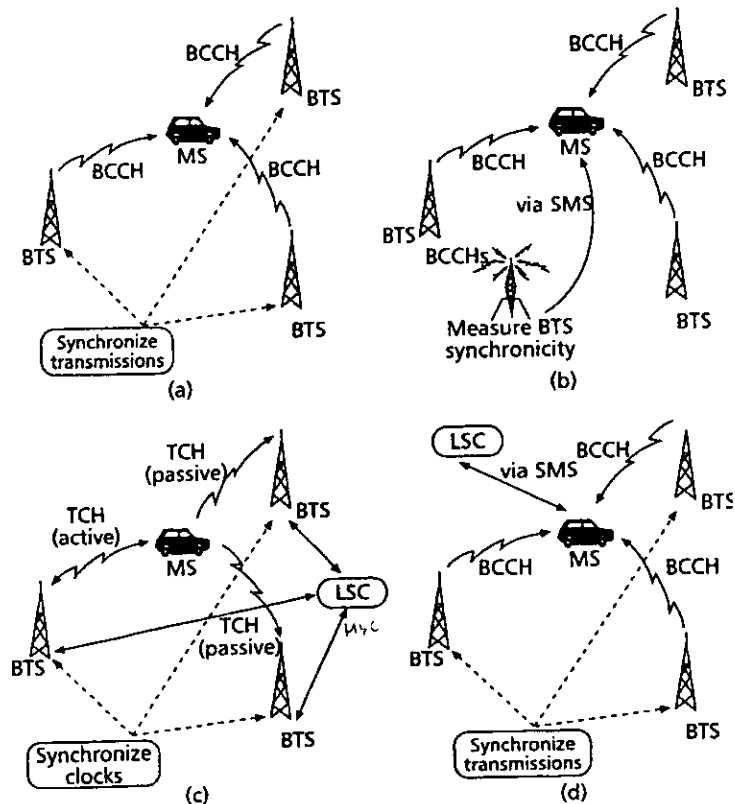


圖 5.1-1 各種定位架構圖

在「行動電話手機為基礎」的定位架構中，有多種技術可以計算出移動台位置，但是，大部分採用 TDOA 技術計算手機位置。為了讓「行動電話手機為基礎」的定位架構之 TDOA 定位系統能夠運作，必須在現今 GSM 系統(設備)之中加入兩項基本的改變：

- (1). 修改手機電路以便獲得高精確性的 TDOA 量測，而正確性必須高於現今 OTD 技術的 1 位元解析度(1 bit resolution)，其位元寬度為  $48/13\mu\text{s}$ 。此外，TDOA 量測技術將藉助演算法來排除多重路徑干擾效應。因此，手機須具有一項軌跡功能(locus function)，該軌跡功能可決定 TDOA。
- (2). 網路同步化的需求。可利用兩種方式達到這樣的需求：
  1. 網路精確同步化(圖 5.1-1(a))：這項方式可由許多方法達成。例如，在每一座 BTS 放置 GPS 時間轉換接收器(GPS time transfer receiver)。
  2. 提供相關基地台時間資訊給移動台：可由「特殊目的監視接收器」(special-purpose monitoring receiver)來提供這項資訊給移動台，這一類的接收器量測不同 BTS 之間的時間差異量(timing offset)，並且經由傳統的資料鏈(data link)--例如：GSM 短訊服務(Short Message Service, SMS)或呼叫服務(paging service)--來傳送這些

## 時間資料(圖 5.1-1b)。

為了能夠在健全的細胞或 PCS 提供高正確性和良好涵蓋率的定位系統，需要整合很多資訊方面相關的資源。因此當實現「行動電話手機為主」的架構時候，所面臨的關鍵部分將會是利用高複雜度的軟體來整合(fuse)源自各方面的資訊，這裡稱此軟體為「整合功能軟體」(fusion function)。此外，在所有資訊中，基地台的位置是一項關鍵性的資訊，並且必須從時間的量測中，獲得該項資訊。額外的資訊來源將可增進定位的正確性而且(或是)可協助解決模稜兩可的問題，這些資訊包括：時間預知(Time Advance)、訊號強度的判別(signal strength identification)以及區域資訊(sector information)。在實際應用中，「行動電話手機為基礎」的定位架構必須在行動電話網路中設有 BTS 的資料庫，並且將資料庫的傳送資訊傳送到移動台，這些資料將可能是 BTS 的位置以及許多龐大的鄰頻指配的記錄資料。

### 5.1.2 行動電話網路為主的定位架構

若從手機傳送資訊來獲得手機的位置，稱做「行動電話網路為主」的定位架構(network-based positioning)(圖 5.1-1c)，該定位架構屬於遠端定位的系統。對 GSM 而言，「行動電話網路為主」的定位架構大部分採用較簡單的 TDOA 技術，在採用 TDOA 技術的情形下，分佈於地理上的一些定位接收器(positioning receiver)，將可監視該區域內，由手機發送出來的資料，以便由行動台獲得精確 TOA 量測的訊號。

每個定位接收器中必須具備軌跡功能(locus function)，該軌跡功能能夠處理從手機發送出來的 burst，而這些 burst 位於每通電話的上鏈(uplink)之中。不過，於某些行動電話網路中，躍頻(frequency hopping)與功率控制(power control)可能支配通訊頻道，這代表軌跡功能需要容納躍頻與功率控制的操作。

「定位服務中心」藉由不同的 TOA 量測值而獲得 TDOA 的資訊，然後由 TDOA 的資訊計算手機位置。因此，整合功能(fusion function)將設置在「定位服務中心」內部，除了整合功能以外，針對 BTS 資料庫、安全性、排序、登入、核准、網路介面……等等，定位服務中心尚須額外增加其他的功能。基本上，「定位服務中心」可視作「交換處理器」(transaction processor)，因此，「定位服務中心」可接收來自不同應用服務的電腦指令，並藉由排定合適的定位

接收器來針對指定的移動台做適當的軌跡量測 (locus measurement)，然後蒐集定位接收器所獲得的軌跡量測資料，最後整合所有資訊完成位置量測，並且把定位的結果回傳到當初提出定位要求的電腦上。此外，定位服務中心具有類似 GSM 中 MSC 的層級，若定位服務中心和 MSC 共構，由定位服務中心以及定位接收器發送的訊號，便可使用目前 MSC 和 BTS 之間的通訊鏈。

許多定位接收器與 BTS 具有等效的功能，因此，藉著定位接收器與 BTS 共構的優勢，定位接收器可以隨 BTS 做相同的配置，此外，定位接收器和 BTS 共構仍可量測出 TOA 值，而從「個別監視的基站」(separate monitoring site)提供每個 BTS 的時間測定的差異值(timing offset)給定位服務中心，以便獲得 TDOA，接下來經由計算就可以獲得定位資訊。基於上述優點，「行動電話網路為主」的定位架構之接收器大部分將與 BTS 共構。

在「行動電話手機為主」的定位架構中，若要做到網路同步化會是一項難題。若要將網路做到同步，大部分是在每個 BTS 提供一個時間測定源，以便在給定的頻道中，獲得給定的通訊頻道中 burst 的 TOA 值。在非同步網路中，有一項機制是必須的，此即在每個定位接收器(BTS)要做到時脈的同步，以便在指定的 burst 到達時，可以標示出新的時段(epoch)。說明在圖 5.1-1(c)。

### 5.1.3 混合式定位架構

混合定位架構(Hybrid Positioning Architecture)結合自主和遠端定位架構不同的部份，混合式定位架構將保留手機中的軌跡功能 (locus function)，但整合功能(fusion function)則規劃在定位服務中心。

當定位服務中心發出定位要求時，一個給定的手機將會量測由不同 BTSs 形成的 TOA，然後將量測結果傳回定位服務中心，由定位服務中心計算該手機的 TDOA 而獲得手機的位置(如圖 5.1-1(d))。

任何一個行動電話手機為主的定位架構中所能使用的同步方法皆適用於混合定位架構。圖 5.1-1(d)表示混合定位架構中，經由同步的基地台傳輸來達成同步的需求。行動電話手機為主的定位架構一樣，軌跡功能(locus function)可以處理廣播控制通道(Broadcast Controlled Channel, BCCH)和／或 SCH bursts，因此混合式定位架構將不必處理複雜的躍頻及功率控制。

#### 5.1.4 架構比較

比較這三種架構：

1. 這三種架構在系統建構的投資上有所不同，且都必須達到某種程度的同步(除非可以不使用 TDOA 定位法)；然而，只有行動電話網路為主的定位法及混合架構定位法需要定位服務中心。
2. 行動電話網路為主的定位架構不需要改變行動電話的電路架構。這意味著這種架構有用來定位現存行動電話的潛力，也符合 FFC 的有關規定。對於任何一種架構來說，軌跡和整合功能的所在地(site)不斷地改變，將會增加使用者、系統建構與運作，及系統維護的成本。表 5.1.1 為各種架構核心位置的比較。
3. 行動電話網路為主的定位架構及混合架構本來就能提供遠端定位能力，然而行動電話手機為主的定位法也可藉由短訊服務或其它的資料通訊能力傳回基地台來達到遠端定位。相反地，行動電話手機為主的定位法天性地就有自主定位的能力。行動電話網路為主的定位法和混合定位法只能藉由從定位服務中心傳送短訊或其它資訊到行動台的方式來間接地進行自主定位。
4. 因為行動電話手機為主的定位方法本身是一種被動式的自主定位系統(passive self-positioning system)，在定位的過程中理論上是沒有行動台數量的限制，因為手機本身不需要做傳輸的動作，且所有的訊號處理皆在手機上完成。對於行動台連續地做定位量測來說受成本程度很高，但也比間斷性的定位測量法有更高的正確性(accuracy)。混合架構也是被動定位，因此能追蹤許多行動台，但是手機必須要傳送軌跡資訊到定位服務中心，訊號處理的總數雖達到網路的層級(network level)，然而仍相當地少，因為定位過程中主要的處理負擔(processing load)是軌跡的計算，反之對於整合功能來說處理負擔較少。因此，混合定位架構必須能支援非常大量的行動台且手機必須能執行連續定位量測，其數量的上限是藉由從每個被定位的行動台傳送時序量測(timing measurements)到定位服務中心的資料容量來決定。在行動電話網路為主的定位架構中，行動台的訊號必須有傳送的動作才能使網路能執行訊號量測，且所有的訊號處理必須發生在網路中，這也表示行動台不能連續地



擁有其位置的量測值。

5. 行動電話手機為主的定位架構及混合架構擁有一些以行動電話網路為主的定位法所沒有的優點，因為這兩個架構能利用來自兩個不同網路架構的傳輸訊號，且由於是被動式的定位法，所以這兩種架構皆能沒有阻礙地傾聽(listen)來自不同系統業者所控制的 GSM 網路的 BCCH 和 SCH。
6. 行動電話手機為主的定位架構及混合架構將不受軌跡量測過程中 BCCH 和(或)SCH 所提供的躍頻技術所影響。而行動電話網路為主的架構將需要事先知道躍頻的順序以便能正確地追蹤改變的頻率。假如能考慮躍頻程序，則藉由提供頻率分集的方式可以減少多重路徑干擾效應。
7. 行動電話網路為主的定位架構和混合架構能在定位服務中心中使用相當複雜的整合演算法，大量存取定位量測中不同資訊來源。在行動電話手機為主的整合功能中同時可獲得許多資料源是非常困難的。表 5.1.2 為以上討論之摘要。

表 5.1.1 不同定位架構的整合功能與軌跡功能的比較

	行動電話手機為主的定位架構	行動電話網路為主的定位架構	混合架構
LSC	—	整合功能	整合功能
BTS	—	軌跡功能	—
MS	整合功能 軌跡功能	—	軌跡功能

表 5.1.2 三種不同定位架構的比較

	行動電話手機為主的定位架構	行動電話網路為主的定位架構	混合架構
系統建設投資	同步	同步，LSC，位置接收器或修改過的 BTS	同步，LSC
針對現存的手機來定位	不能	能	不能
軌跡位置量測	手機	位置接收器或 BTS	手機
遠端定位	間接經由短訊服務	能	能

表 5.1.2 三種不同定位架構的比較(續)

	行動電話手機為 主的定位架構	行動電話網路為 主的定位架構	混合架構
自我定位	能	間接經由短訊服 務	間接經由短訊服 務
同時能被量測的定位 單元	無限制	和網路的容量及 LSC 處理的容量 有關	大，但是主要和 從手機蒐集 TOAs 的容量有 關
連續位置量測的能力	有	有，不過有限制	有，但有容量上 的限制
對躍頻的敏感度	沒有	有	沒有
對功率控制的敏感	沒有	有	沒有
Fusion 的資料源	最少	多樣的	多樣的
是否能在手機上展示 定位結果	是	否	是

## 5.2 WCDMA(3G)系統定位技術

由表 5.2.1 寬頻劃碼多路進接(WCDMA)系統的定位相關資訊彙整，可以得知 3G 的 WCDMA 系統與 2G 的 GSM 系統可採行的定位技術大同小異，但是 WCDMA 系統具有較大的傳輸訊號頻寬，所以相較於 GSM 而言，WCDMA 系統有更高的定位估算準確度(表 5.2.2)。此外，WCDMA 系統已經將定位服務納入標準規範之中，而且在 WCDMA 傳輸訊號已經含有可供定位的資訊。舉例而言，WCDMA 系統於順向鏈路(forward link)具有指標頻道(pilot channel)，而指標頻道的資訊將可協助定位量測。然而，WCDMA 系統面臨的定位問題，除干擾、雜訊以及多重路徑影響這些細胞定位系統都會面臨的挑戰以外，還會因為功率控制(power control)影響定位準確度，這是源於移動台接近服務的基地台且遠離其他提供定位資訊的基地台時會導致定位準確度降低，此時，使用功率控制會讓此一情形更加惡化而再次降低定位準確度。

表 5.2.1 GSM 與 CDMA 系統定位功能之比較

3G 系統類別	系統是否具有定位規範	系統是否具備可供定位資訊	系統之定位準確度	可行之定位技術	需要增加之設備
WCDMA	是	是	30 公尺	GPS AOA TOA TDOA E-OTD	需在基地台加裝 GPS 提供精確的參考時間
GPRS	否	是	200 公尺	AOA TOA TDOA	基地台間亦需同步
GSM	否	是	500 公尺	AOA TOA TDOA	基地台間亦需同步

表 5.2.2 GSM 與 UMTS 定位解析度比較

通訊系統	解析度
GSM	3.692 $\mu$ sec/bit
UMTS(WCDMA 5MHz Bandwidth)	0.244 $\mu$ sec/chip

### 5.2.1 WCDMA 規範定位服務架構

在 GSM 系統並沒有訂定定位服務相關之規範，但是 3GPP (WCDMA) 則是將定位服務納入標準規範之中，以提供手機定位服務的運作機制。WCDMA 系統採用的定位技術與 GSM 系統相若，這些定位技術區分為單一定位技術（如：TOA、AOA 等定位技術）或數個定位技術合成的混合式定位技術。

此外，如何決定一個目標移動台的位置，牽涉到兩項主要的定位步驟，首先獲得定位所需的訊號量測資訊，接下來則是利用前項訊號量測所得資訊執行定位估算而獲得移動台的位置，因此，3GPP(WCDMA)定位規範依據手機或細胞網路來執行定位估算而定義兩種定位架構：

## 1. 移動台協助式定位

移動台協助式定位(Mobile Assisted positioning)的架構是由移動台提供訊號量測資訊給網路系統，再由細胞網路執行定位估算獲得手機位置。此外，細胞網路系統將可能提供協助定位的相關資料給移動台，以協助移動台獲得定位所需的訊號量測資訊並且(或者)提高定位的效能。

## 2. 移動台為基礎定位

移動台為基礎定位的架構是由移動台獲得定位所需的訊號量測資訊，並且移動台本身執行定位估算而獲得手機的位置，細胞網路系統也會提供協助定位的相關資料給移動台，以協助移動台獲得訊號量測資訊與(或)執行定位估算獲得手機位置。此外，3GPP 提出的定位架構都需要細胞網路提供協助定位的相關資訊，若定位架構不需要細胞網路提供協助定位的相關資料，則此種定位架構並不在 3GPP 定位規範的範疇之內。

### 5.2.2 WCDMA 系統定位技術

在 3GPP 定位服務規範中提出三項定位技術：上鏈路 TOA 定位法、E-OTD，以及 Assisted-GPS。此外，GSM 系統的 TDOA、AOA 或者混合式定位法亦可適用於 WCDMA 系統，由於 WCDMA 系統和 GSM 系統具有相同的定位技術，因此本節不再贅述重複的定位技術。不過，本節對 Assisted-GPS 將稍做說明，Assisted-GPS 乃是在手機加裝 GPS，並且在地面上選擇不為建築物阻擋的地點佈置 GPS 接收器，這些接收器將形成大範圍的 DGPS 參考網路，DGPS 參考網路與細胞網路相連結，並且將輔助資料傳送到手機(圖 5.2-1)，如此便可以增加手機內部 GPS 的定位效能，利用 Assisted-GPS 具有下列優點：

1. 降低手機內部 GPS 搜尋衛星所需的時間
2. 增加手機內部 GPS 的靈敏度
3. 比手機加裝傳統 GPS 還要節省手機電能

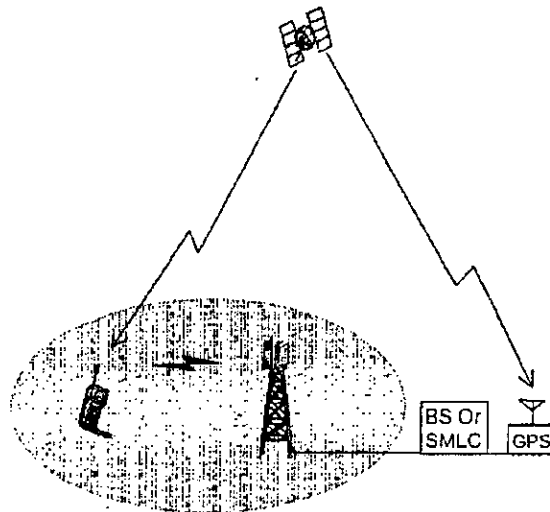


圖 5.2-1 協助式衛星定位系統

### 5.2.3 WCDMA 系統定位面臨的挑戰

由於無線電話網路無法提供一個理想的通訊環境，所以在實現定位服務的時候，將面臨一些挑戰而有待克服，在 WCDMA 系統中，實現定位將面臨的問題可分為「接收訊號的能力」(hearability) 與多重路徑的影響。

#### 1. 接收訊號的能力

由於定位需要數個基地台接收或者提供定位所需的訊號資訊，即使非服務中的基地台亦需要納入以協助定位，因此，移動台接收來自數個基地台訊號的能力或者數個基地台接收來自移動台訊號的能力將影響 WCDMA 系統的定位準確度。當移動台接近服務中的基地台時候，在功率控制(power control)這項機制運作之下，將導致移動台對於來自非服務中基地台訊號的接收能力下降，或者導致非服務中的基地台對於來自移動台訊號的接收能力下降，該項影響造成定位量測無法實現，同時也可能造成無法在短時間之內蒐集遠方基地台所提供用於定位量測足夠的資訊。針對這個問題已經有數個解決方案，包括：使用提高功率功能(power up function)，如此便可獲得高功率傳輸的 burst 而將定位所需的 burst 傳播到相鄰的細胞中。此外，另一個解決方法是利用服務基地台處於閒置時間槽(idle slot)期間獲得定位量測的資訊，因為服務中基地台在這短暫的期間內，會關閉大部分或者全部的訊號傳輸，所以利用基地台的槽式傳輸(slotted transmission)可以接收到來自遠方的非服務基地台的定位資訊，然而，這兩種解決方案都會降低細胞網路相當多的容量。

## 2. 多重路徑影響

多重路徑的影響將會造成傳輸訊號在接收端形成多組訊號，這些訊號具有相異的時間延遲、振幅與相位而合成接收訊號，在現今通訊系統中，我們可以評估通訊通道的特性而且使用 RAKE 接收器可以擷取這些來自不同路徑的訊號。但是，多重路徑對 AOA 量測影響很大，這是因為接收器有可能觀察到很寬的角度分佈(angle spread)，而時間方式的定位量測(如：TOA)則採用第一條抵達接收端的路徑，所以較不受到多重路徑的影響，但是，時間方式的定位量測得要注意非視線波傳播的情況，因為非視線波的第一條抵達接收端的路徑會是傳輸訊號經由反射之後抵達接收端的路徑，導致訊號傳輸時間延長造成定位估算誤差。

### 5.3 定位技術移轉/合作之方式

探討定位技術移轉方式之前，先要瞭解當今定位技術提供者發展定位技術及系統時所考慮的兩項關鍵性的問題，這兩項問題如下所述：

1. 如何在不增加原來大哥大業者系統負擔的條件下，能夠很準確地量測來自移動台的訊號波形與定位所需的相關資訊(例如：時間、強度、角度)
2. 如何有效地克服定位所面臨的量測誤差(例如：同步上的誤差)，以及環境對定位準確度不可避免的影響(例如：多重路徑影響)

關於第一個問題，以目前定位科技發展情形而言，定位技術提供者發展多種類型的獨立硬體單元(various types of independent hardware units)，這些獨立硬體單元可以不增加原來大哥大業者系統負擔的條件下，能夠準確地量測定位所需的訊號資訊，而且，大部分這類產品都可以和細胞基地台共構，或者是置入到細胞網路之中，成為定位量測的基礎。此外，定位量測獲得的定位資料大部分經由細胞營運者已經佈建完成的通訊網路傳送於每座定位感應單元與定位量測中心(Location Measurement Center, LMC)，一般都是與手機服務中心共構之間。

關於第二個問題，解決之道將依據不同的定位方法(例如：TDOA、AOA)而發展的定位演算法將定位估算誤差最小化，以及採用創意的定位方法來避免環境的衝擊，特別是多重路徑造成的

定位誤差。在定位量測方面，全世界的技術發展者都有自己專利的商業化軟體(patented commercial software)來協助定位，這類軟體在定位量測中心的主要電腦運作。因此，如何將定位技術提供者所發展的定位軟硬體成功移轉到大哥大業者，則有下列三種技術移轉/合作方式可供參考：

### 5.3.1 由定位技術提供者提供定位資訊

這是由某些定位技術提供者(例如 US Wireless Inc.公司)提出的概念，這一個概念乃是定位技術提供者供應定位資訊給提供定位服務的業者(例如：大哥大業者或 ITS 營運者)，所以提供定位服務的業者並不需要為了獲得定位資訊而自己建構的定位系統，只需要利用定位技術公司所提供的定位資訊來提供定位服務相關的應用即可。因此，這些提供定位服務的業者訂定定位資訊獲得的形式，而定位技術公司將依據這些給定的定位資訊形式，利用現有的細胞基礎建設來架設定位系統硬體裝置與建設整體定位監控網路。在這類定位技術合作方式的安排之下，將由定位技術提供者操作定位系統與維護整套定位系統，至於提供定位服務的業者只需要將重點擺在如何最佳使用這些定位資訊即可。

在這類技術合作方式<sup>註1</sup>，定位技術提供者與定位服務提供者的定位資訊交易費用並非取決於定位技術提供者所發展定位系統的成本，而是根據定位服務的項目內容來決定技術移轉的費用。這些定位服務的項目內容舉例而言可能包含：定位資料的種類、目標移動台的數量以及持續監視的時間。例如，高速公路管理局想要藉助定位資訊用來輔助車流監視系統，並且指定所需定位資訊內容如下：

1. 資料間隔：每 5 分鐘
2. 監視期間：早上 6 點到晚上 11 點
3. 涵蓋空間：整條高速公路每個交流道兩公里以內的路段
4. 資料特性：速度、車流量以及車流密度
5. 定位目標：除了小客車之外的車輛，包含卡車、巴士與其他種類的車輛

訂定定位資訊的內容之後，US Wireless Inc 這類的提供定位技

---

<sup>註1</sup>由於定位技術提供者直接提供定位資訊給定位服務提供者，定位服務提供者並不需要自己發展的定位技術與系統，所以定位相關技術移轉的程度相當有限，於是將此型態歸類為「定位技術合作」而非「定位技術移轉」。

術公司將估算與定位服務提供者的定位資訊交易費用，費用的估算方式基於定位所需的硬體、定位校正的效果、定位系統網路的建構費用、定位系統的操作以及提供定位資訊相關系統的維護費。

然而，這類的技術合作方式有明顯的缺失，對於定位服務提供者而言，他們將很難切入定位技術的發展，包含發展定位相關的軟硬體的技術，並且無法獲得整體定位系統的技術移轉。更進一步來說，在定位技術提供者與定位服務提供者之間將會因為增加額外服務項目導致技術移轉的交易成本上升而造成爭議。

### 5.3.2 由提供定位服務的業者提供定位資訊

由提供定位服務的業者提供定位資訊的定位技術移轉方式又可細分為兩類，其一是由定位服務提供者購買套裝式(turn-key)定位系統獲得定位資訊，然後提供定位服務；另一類則是定位服務提供者自行組裝及發展定位系統。

#### 1. 購買套裝式(turn-key)定位系統

這是一種常見的定位技術移轉方式，這類定位技術移轉方式由定位服務的提供者購買套裝式定位系統架構在現行的細胞基礎建設之上然後提供定位服務。定位服務提供者要求定位技術提供者發展套裝式的系統，然後購買該套裝式定位系統運用於定位服務上，完善的套裝式定位系統必須包含下列項目：強化移動台的接收訊號功能、在基地台與手機服務中心(mobile service center)需要建構同步化的機制，以及需要建構額外的軟硬體設備用來處理來自基地台的定位資料，並且完成移動台定位或進行移動台的追蹤量測，此外，這類套裝式的定位系統也可能包括獨立的通訊網路，以便及時傳送相關的定位資料到其他終端使用者或者是其他定位服務提供者。

定位服務提供者可以根據不同定位服務的類型選擇最合適的套裝式定位系統。由於定位服務提供者將整套定位系統交給定位技術提供者來發展，因此可預期到定位技術提供者只會移轉最低限度的定位技術給定位服務提供者。

這類技術移轉方式的優點在於定位服務提供者不需受限於前述定位技術提供者所提供的定位資訊，即可彈性地自行運用套裝式定位系統來發展多種定位服務的應用。若要採行此種定位技術移轉



方式，則定位服務提供者必須具備定位技術的專業知識，才能夠操作套裝式定位系統並且維護該系統的正常運作，以及運用定位系統的定位資訊來提供定位服務。因此，定位服務提供者必須組織一支定位技術團隊，該團隊的功能將協助定位服務提供者解決各種無法預期的定位技術難題。

## 2. 自行組裝及發展定位系統

最後一類定位技術移轉方式，則是定位服務提供者為了提供更有彈性的定位服務相關應用，定位服務提供者在具備充分且專業的定位技術條件下，利用定位技術公司已經商業化定位產品來自行組裝及發展定位系統。如此一來，定位服務提供者可以獲得專業的定位技術，並且可以提供各類型的定位服務相關應用。因此定位服務提供者必須對定位技術有更深入的瞭解，然後考量本身的細胞基礎建設，選擇合適的定位訊號量測與定位估算的商業化定位產品，在現行的細胞基礎建設之上架設定位系統。

為了確保定位系統可以正常運作，所以在選擇與購買定位系統所需的定位產品的時候，必須獲得定位技術公司相當程度的定位技術移轉。提供定位服務者採取這類技術轉移的方式，必須自行完成場強量測、蒐集地區雜訊場形與校正，以及測試和修正估計演算法，也因此定位服務提供者可以獲得這方面的相關定位技術。若採取這類定位移轉方式，定位服務提供者將獲得相當高的投資報酬率，因為定位服務提供者不止提供多樣性的服務給自己的細胞使用者，同時也拓展定位相關業務到其他領域，比如：ITS 這方面的領域。

### 5.4 美國提供定位技術與系統公司

儘管學界與業界對於 E-911 緊急救援服務提出各類型的技術，但只有少數的定位技術公司具有實際運作的經驗而且定位準確度符合 FCC 的規範。而且美國的定位技術公司都基於一個相同的概念來發展定位系統，此概念為任一種定位系統的發展都必須能夠與現今細胞電話使用者的手機相容，而且也不需要大幅更動當前使用的細胞基地台(BS, Base Station)。此外，目前已商業化的定位系統都屬於細胞網路為基礎的定位架構(手機製造商自行開發的定位方法除外)。

#### 5.4.1 回顧現今美國定位技術公司

現今美國有些公司已經發展 E-911 技術並且能夠提供商業化服務，這裡依據各個公司所採行的定位方法分類如下：

1. 下列公司採用 TDOA 方法：

True position Inc., Cell-Loc Inc., Grayson Wireless, Celltrax, Lockheed Sanders

2. 下列公司採用 AOA 方法：

Accucom, Arraycom, KSI, Inc.

3. 下列公司採用混合式方法(例如：AOA/TDOA)：

SigmaOne, Corsair-Phonetrack, Radix Technologies, Inc.

4. 下列公司採用多重路徑特徵法：

US Wireless

5. 下列公司採用 E-OTD 方法：

Cambridge Positioning Systems Inc. Synmetricom

除此之外，某些公司主要著重提供定位所需的硬體設備用以協助定位估算法的實現，其中，最積極開發硬體設備這方面的公司如下：Tendler Cellular、Integrated Data Communications 與 Snap Track。

在 E-911 相關的研究之中，對大部分定位專家而言已經非常熟悉「網路為基礎的定位架構」其基本的定位觀念與定位估計演算法，然而，定位方面真正面臨的挑戰是如何設計一組硬體或發展一套軟體演算法能夠有效抑制如多重路徑干擾，這一類影響定位準確度的誤差來源。

這類定位技術於商業化的應用層面，受到潛在市場影響的結果，導致大部分業者轉向商業產品發展，而不是將定位技術朝向公共服務的研究報告。接下來的文章盡可能涵蓋每種 E-911 定位技術其關鍵性的特色，但是不會反對這些技術產品背後所挾帶的營利訊息。

## 5.4.2 發展 TDOA 定位法的公司

### CELLTRAX Inc.

該公司支持發展「細胞電話及移動式無線電追蹤與定位」，並且是 E-911 技術的主要發展者之一。CELLTRAX Inc. 公司採用 TDOA 定位技術估算來自手機的傳輸訊號，該公司發展的定位技術所適用的通訊系統涵蓋 AMPS、TDMA 或者其他的 PCS 通訊協定。由 CELLTRAX Inc. 公司發展的定位系統稱做「CELLTRAX, TDP-8-E911」，屬於一種無線電截聽系統，該系統可與細胞營業者的設備共同運作，也可單獨由遠端中心操控定位系統。此系統關鍵性的估計演算法稱為中心分析器(CA, central analyzer)，中心分析器可以運算時間資料的三維球面雙曲線問題而決定手機位置。

CELLTRAX 公司也發展自有的演算法用來降低多重路徑干擾與其他定位誤差的干擾。請注意到，下列文章所描述 CELLTRAX 系統之特色，乃是直接引用 CELLTRAX 公司提供的文件，並沒有經過嚴格的評估測試。

#### 1. 系統特性

CELLTRAX TDP-8 E-911 定位系統屬於無線電截取系統，該系統整合眾多的感應器、一部定位機、一套地圖資訊顯示系統(Map Information Display System, MIDS)、一部網路監視器(netmon, network monitor)以及一套遠端診察與維護軟體(remote diagnostic and maintenance software)。此外，這套系統屬於寬頻的定位系統，並且能夠與細胞營業者的設備分開獨立運作，所以並不會干擾原有通訊系統的設備。雖然，在這套系統的開發核心置入本地型可程式化(locally programmable)的 CPLD 之後，就不可能更動定位系統原設計之架構，但是，藉由遠端改寫如 FPGA 這類裝置的內部程式或設定，可以強化定位系統的功能、增加系統特性與資訊。

基於這項結構，所以這套系統於日後的改良與功能擴充方面，並不需要額外添購新硬體或設備，此外，還可以很容易地由遠端切入方式來增加系統新的功能。再者，該系統可以持續性地監視每一條控制頻道(control channel)，因此不會遺失頻道上任一筆傳輸資料，該系統另一項設計為允許系統業者迅速切換頻道，然後經由語音頻道(voice channel)監視傳輸的資料來定位。

## 2.感應器特性

TDP-8 E-911 的感應器採用「直接 IF 接收器的最新技術」(state-of-art direct IF receiver)，同時採用區塊對話(blocks conversation)以及高速數位降轉技術(down conversion technology)。這類感應器也採用專門的 DSP 技術達成寬頻的 14 位元類比到數位轉換，因此具有高度的時間解析。這套系統的寬頻接收器可以同時監視數個頻道，所以只需較少的投資成本，即可擁有高效能的定位系統，此外，只要改變該系統內部程式，便可適用現今 AMPS、TDMA 與 GSM 任一通訊協定，再過不久，此套定位系統也可支援 CDMA 通訊協定。

因為該系統採用 TDOA 的技術，所以在接收器之間具備穩定的時間源，其穩定度介於 10 ns 到 20 ns 之間，這是因為採用「軟體可修正式震盪電路」(software correctable oscillator circuit)的設計，該電路與 GPS 的時間一致，卻不至於鎖定 GPS 的時間，基於 GPS 時間的平均穩定性，便可利用專門的演算法來修正系統時間的偏差。

受到專利的定位技術影響，造成資料從感應器到中央處理器的傳輸速率較低。然而，感應器通訊介面控制卡可聯繫多種標準通訊系統，其範圍涵蓋非同步的 RD232 到高速同步 TDMA 的封包資料，該處理卡採用 Zilog 開放式架構設計，並且利用組合語言撰寫程式，所以具有高度的程式執行效率。

因為感應器具有擴充性，不但滿足大型網路的需求，也可以滿足混合型網路的需求。如此一來，CELLTRAX 的感應器可以監視各類型的蜂巢式通訊協定(或 PCS 的通訊協定)，或者在同一通訊協定之中，監視不同的頻率。

## 3.區域的維護與操作的狀態

位於感應器內部的 Dual 4X16 特徵器(Dual 4X16 character)可顯示系統的操作狀態，顯示的內容包括：接收器偵測的資訊、時間狀態(包含 DOPs 震盪器狀態)、緩衝資料狀態、訊息處理資訊...等。

## 4.定位機

位置處理器接收來自感應器的資料，並且經由這些資料計算出手機位置，再將手機位置傳送到地圖資訊顯示系統(mapping

information display system, MIDS)。這套位置處理器由許多具有專利的演算法構成，這些演算法允許系統執行一連串相當重要的任務，例如：選擇演算法、繁複的驗證、精確的球面雙曲線之數學計算，同時也做傳輸的驗證、校正與降低多重路徑干擾的演算法。在正確操作設備的情形下，定位處理器的處理速度並不成問題，此外，已經證實該系統可以很容易地定位同時存在的傳輸裝置，例如：警用無線電細胞傳輸裝置。

## 5.遠端維護

CELLTRAX 公司已經發展出一套軟體，讓系統操作者可以高效率的遠端診察與維護這套定位系統，因此，系統操作者經由該軟體快速查詢感應器、確認每一張介面卡的狀態、更改系統某些特性以及下載升級軟體。

這一套軟體也可以讓使用者確認定位處理器的效能狀態，此外，網路監視器(netmon, network monitor)可以持續性監視每一部定位機輸出的資料串，定位機每隔 15 秒傳送一次系統每日的訊息，又每隔五分鐘傳送每部網路接收器的狀態，因此可以及時顯示感應器的狀態變化。

當網路監視器指示感應器執行「診察詢問」動作時，系統便將遠端診察程式連結到網路。這類診察程式為一種功能強大的工具，並且已經很成功地應用於維護全球各地的接收器，也可用於下載升級軟體，此外，該程式允許操作者遠端切入感應軟體監視器(sensors software monitor)，然後執行許多檢查項目，包括：啟動板上內建的自我測試訊號，以便查詢感應器全部功能的狀態，該程式也有震盪器測試以及十二項其他功能的檢查，檢查項目涵蓋時間方面的詢問到 RF 與數位的查詢。

### Cell-Loc Inc.

為發展 TDOA 技術的公司之中，另一家定位產品的主要供應商之一，Cell-Loc Inc. 由卡爾加里大學(University of Calgary)的研究員創立。其中，該公司的專利產品-Cellocate System-屬於類比(AMPS)與數位(CDMA, TDMA, GSM, IDEN)無線服務的細胞定位系統，此外，Cell-Loc. Inc.公司獲得專利的「超高解析度」定位方法屬於一種特殊的 TDOA 技術，在公司所發表的文章中，宣稱該方法比傳統的 TDOA 方法可以增加一個數量級的強度，此外，該公

司同時利用獲得專利的演算法解決多重路徑相關問題。

Cellocate System 是經由語音頻道(voice channel)完成定位量測，並非使用控制頻道(control channel)來定位，Cell-Loc Inc.公司提供觀察 1 秒時間中，該系統量測準確度的報告如下：

- 當接收訊號強度-90dBm，準確度為 16.8ns(5.6 公尺)
- 當接收訊號強度-100dBm，準確度為 53.4ns(17.8 公尺)
- 當接收訊號強度-110dBm，準確度為 168.9ns(56.3 公尺)

Cellocate System 屬於獨立運作的無線定位系統，因此不需要依賴無線提供者的系統設備。根據 Cell-Loc Inc.公司的說法，該系統可隨著細胞網路定位需求量的增加，而擴充系統功能，擴充的方式只要在系統的擴充槽上加入新的模組即可。在 Cellocate System 中所使用 TDOA 演算法並不會造成嚴重的時間延遲，所以只需三秒之內即可完成定位量測。

#### 5.4.3 發展 AOA 定位法的公司

若定位量測採用 AOA 方法，其定位準確與否主要取決於天線的性能，因此 AOA 方法一般都是採用「智慧型天線」(Smart Antenna)的技術。現今提供 AOA 方法的公司之中，ARRAYCOMM 似乎是最成功的公司。該公司專利的 IntelliCell 適應性智慧型天線技術，所適用通訊系統範圍涵蓋所有以空氣為傳輸介面的通訊標準，該技術似乎可以增加系統容量(capacity)、改善收斂性(converge)以及提高無線語音和資料網路的傳輸品質。

為了能夠及時優化無線使用者的通訊頻道，因此，這項專利的天線技術含有專門的軟體與標準陣列，這類天線技術即是所謂的「全適應性智慧型天線」，該天線可以將電磁波功率由基地台直接傳送到目標使用者，在傳送時則要仔細去避免使用者相互之間的干擾，這與傳統的無線系統(例如：GSM，CDMA 或 3G 系統)大不相同，因為傳統的無線系統採用廣播的方式朝每個方向傳送電磁波功率，如此一來，將浪費系統容量與降低訊號品質。該公司這套系統的特色在於將 AOA 方法應用在定位量測上。

根據 ARRAYCOMM 公司的說法，這一套 IntelliCell 天線在傳統語音與資料頻道之上又創造出多重空間通道，因而頻率可以加倍重用，對細胞營運者而言，意味著只須建構較少的基地台、也可以

更有效率使用頻譜以及獲得更多的利潤。

#### 5.4.4 發展混合式定位法(AOA 與 TDOA)的公司

定位量測姑且不論採用 AOA 或者是 TDOA 方法，似乎都有些缺點，所以，定位技術發展者在定位量測方面越來越傾向採用各類型的混合式方法。大部分的混合式方法在經由統整合適的資訊之後，可以在定位量測的時候採用二種主要的定位方法，但是必須注意到這兩種定位方法之間相關的限制。目前在美國有四家公司針對無線定位量測方面，積極推出他們所謂的「混合式系統」軟硬體的產品，每家公司所採用技術的核心概念經整理後，簡述如下：

##### True Position

這是美國最大的無線定位公司，其總部位於 King of Prussia, PA。True Position 公司提供的「網路為基礎的定位系統」(network-based location system)包含四個主要部分，分別是：無線定位平台(Wireless Location Platform, WLP)、定位轉換點(Location Transfer Point)、定位控制點(Location Control Point)以及定位服務節點(Location Service Nodes)。

無線定位平台是定位量測系統的核心部分，該平台含有多重訊號蒐集系統(Multiple Signal Collection System, MSCS)，以便蒐集來自鄰近移動台傳送的訊號資訊，然後，多重訊號蒐集系統將蒐集的資料轉送到定位處理器，藉由 AOA 與 TDOA 混合式的定位演算法計算手機的位置。

定位轉換點依據使用者或無線系統提供者的委託分送來自定位處理器估算的定位資料。

定位控制點依據事先訂定的系統架構運作，用以確保安全性、隱私性與記錄合法登入的資料。

定位服務節點主要用途是讓定位服務提供者能夠連結到無線定位系統，並且允許定位服務提供者能夠登入定位資料、維護服務的量表以及收回使用權，與完成資料統計。

##### SigmaOne Communications

這家公司針對 AMPS、TDMA、CDMA 與 GSM 提供一套網路

為基礎的定位解決之道，該公司主要的產品稱為「SigmaOne 500」，這項產品定位的方法為 TDOA 與 AOA 混合的方式，並且能夠獨立外掛於現行無線營運者的基礎建設(例如：無線鏈路、天線鐵塔、電源與網路介面)，所以不需要修正空氣介面(air interface)、細胞手機的電路或者無線基礎建設的設備，為了能夠執行 AOA 估算，SigmaOne 在細胞內採用特製的相量陣列天線。

SigmaOne-500 主要包含兩部分系統，分別是中央定位網路控制器(Centralized Location Network Controller, LNC)與多重分佈的定位基地台(Multiple Distributed Location Base Station, LBS)，其中，LBS 這組子系統可與無線營運者的基地台共構，並且可以量測細胞手機的 AOA 與 TDOA。

LNC 單元則可置於手機服務中心(Mobile Service Center, MSC)，並且依據數個 LBS 子系統輸入的資料執行定位量測，LNC 也負責傳送定位資訊給外部使用者或是其他相關服務的提供者。

依據 SigmaOne Communications 的說法，該公司為 800MHz 頻段雙模(dual mode)細胞系統的營運者，已經發展出 AMPS-TDMA 的定位系統，並且針對 A 頻段或 B 頻段(A or B band)提供一套 12.5MHz 頻寬的整合式定位系統。此外，該公司也針對 800MHz 或 1.9GHz 頻段的訊號技術系統提供單模(single mode)定位系統。SigmaOne Communication 與同屬於定位技術發展者的 Radix 公司合作之後，很快就能提供 AMPS-CDMA 的定位系統。

下列有關 Sigma-500 的敘述乃直接引用該公司的文件資料：

1. 採用 DSP 為基礎的處理器和高度特殊的多重路徑演算法，提高 TDOA-AOA 定位系統的準確性。
2. 提供 AMPS 與 TDMA IS-136 的整合系統。
3. 採用模組化設計，所以顧客可以選擇單獨 TDOA 定位法或是 TDOA 與 AOA 的混合式定位法。
4. 具有寬頻的接收器可接收控制頻道(control channel)與通訊頻道(traffic channel)。
5. 可擴充到每秒 500 筆定位資料的容量。
6. 能夠在一秒之內完成發話起始位置的量測。
7. 使用單獨的 DS0 56 Kbps 通道來傳輸資料。



## Radix Technologies

該公司位於 Mountain View, CA，是以訊號處理起家，特別是在下列領域更具成就：消除干擾、減緩多重路徑的影響、高速資料速率的傳輸、精密發射定位(precision emitter location)。該公司擁有非常廣泛的服務項目，舉凡從預先偵察系統(reconnaissance system)、nauization 接收器(nauization receiver)到通訊整合系統或是與訊號處理相關的系統，都涵蓋在該公司的服務項目之內，而細胞定位估算為該公司在通訊系統方面，其中一項主要的服務項目。

由 Radix Technologies Inc.公司發展的「網路為基礎的定位系統」是採用 TDOA 與 AOA 組合的方法，該公司於定位系統的主要產品稱為「GeoPhone」系統，原本針對 CDMA 無線網路所設計的定位系統，但在經過修正之後，可應用於 AMPS、TDMA 與 GSM 的網路之中。GeoPhone 系統為一組與基地台共構的感應單元，其功能在於蒐集手機發送的訊號。所有的 GeoPhone 系統連結到 Geoworkstation，Geoworkstation 與 MSC 共構，經由 Geoworkstation 可以計算出細胞手機的位置。

Geoworkstation 內部裝有數個高速特殊微處理器，因此可以執行很複雜的訊號處理技術，並且減少某些環境因子造成的定位估算偏差量，例如：多重路徑干擾，該定位系統的優點在於只需使用現今陣列天線的技術，以及經由無線網路聯繫所有基地台的感應器。

GeoPhone 系統所採用 TDOA 與 AOA 的混合定位方法與專利的波束演算法(beamforming algorithm)具備下列特性：

1. 在一般的環境中，在 30 公尺以內的定位準確度達到 67%
2. 在 CDMA 系統中，針對手機在鄰近基地台的遠近訊號(near/far signal)採用「適應性波束操控演算法」(adaptive beamsteering algorithms)以增加定位準確度。
3. 採用專利的自動波束操控技術來降低多重路徑的影響。
4. 藉由空間相關長度方法(spatial correlation length method)來優化定位的速度與準確性。
5. 具有多重登入模式，適合下一次的定位服務。
6. 該系統對現今的架構衝擊較小，所以很容易鋪設在目前的網路之中，並且不會影響到原本無線細胞網路系統的效能表現。

事實上，該系統還具有其他特色，包括：能夠與現今的陣列天線連結、感應器能夠與基地台共構，而 workstation 也能與 MSC 共構、經由 DSO 連結於系統背後傳送資料、具有彈性的架構，以便能夠在狹窄的街道與低密度的地區優化涵蓋範圍。

此外，Radix Technologies Inc.公司以發展 CDMA 網路的定位系統而聞名的公司。

#### 5.4.5 發展多重路徑定位法(Multi-path Method)的公司

##### US Wireless Inc.公司

在定位量測方面提供了全新的定位技術思考方向，該公司發展創意的定位法與 AOA 定位法或 TDOA 定位法截然不同，該公司的定位方法經由廣泛地學習過程將量測獲得的雜訊與多重路徑造成的偏差量轉換成協助定位的訊息資料，如此一來，可提供獨特且有效的方式來判別移動台的位置。該定位方法的核心概念敘述如下：

判別與紀錄每一個位置獨特的「特徵」(signature)或「場形」(pattern)，這些特徵或場形源於無線電波在手機與一個基地台之間因為多重反射所造成的結果。

該方法基於一個理念，就是當無線電波由手機傳送到一個基地台時候，由於無線電波的傳輸受到傳播環境的反射體或者障礙物的影響，造成在手機與基地台之間傳輸的無線電波產生多重反射，這類的反射常稱做「多重路徑的影響」(multi-path effects)。對每一個位置而言，這種多重反射雖然非常的複雜卻也具有獨特性質。針對 AOA 定位法或者 TDOA 定位法而言，多重路徑的影響可能造成某種程度的定位誤差影響定位準確性，但是，在多重路徑定位法中，則可以藉由場形識別觀察法(pattern-recognition perspective)將每點位置獨特且複雜的波反射場形，經由學習能力獲得定位相關的訊息資料然後提供給定位系統完成定位量測。

##### 場形訓練與辨識

在大範圍場形的測試與資料的蒐集之後，下一步驟是登入場形資訊到參考資料庫中並且訓練定位系統能夠辨識無線電波在每點位置的特徵場形，當系統在完善的訓練之後，依據接收訊號受到多

重路徑影響之後其無線電波的特徵與資料庫中可供利用的場形來辨別每通電話的發話位置。

多重路徑定位法的優點在於該方法運作的時候可以選擇單獨一個或多個基地台來定位，此外，多重路徑定位法不需要存在視線波(line of sight)即可定位，因此在稠密的都市環境中這種定位方法亦能有效運作。所以，定位量測過程中，多重路徑影響定位準確度的難題，在本套定位系統的運作之下，最難解決的多重路徑問題卻轉變成協助定位最有利的資訊。不過，該方法過份仰賴「學習」(learning)與「辨別」(recognition)能力，所以使用多重路徑定位法之前，必須做大範圍場形的測試與資料的蒐集，無庸置疑地，這將會是耗費時間與增加成本。

由 US Wireless Inc.公司將多重路徑定位技術商業化的產品稱做「無線電照相機」(Radio Camera)，這是一種放置在每個基地台的感應單元，由每部無線電照相機(Radio Camera)蒐集手機傳輸訊號的特徵資訊，然後下載到中央資料集線器(centralized database hubs)，中央資料集線器再將定位資料轉送到「無線電照相機操作中心」(Radio Camera Operations Center)完成定位量測，隨即將定位量測資料傳遞給定位服務提供者。

US Wireless Inc.公司目前在加州的奧克蘭、馬里蘭州的巴爾地摩以及華盛頓特區都有進行場強測試。

#### **5.4.6 發展 E-OTD 定位法(E-OTD methods)的公司**

##### **Cambridge Positioning Systems(CPS)Inc**

該公司位於英國，屬於 E-OTD 其中一家領導的公司。由 CPS 公司提供的 E-OTD 方法需要升級手機內部的次級軟體與現今無線營運者網路的次級軟體。此種定位法仍屬於「網路為基礎的定位法」，但是為了提高觀察時間差(observed time difference)的準確度，所以需要升級手機軟體來強化手機的功能，由 CSC 公司所發展整套的 E-OTD 定位技術包含三項主要部分：藉助「游標」(Cursor)強化手機功能、定位量測單元(Location Measurement Units, LMU)組成的網路、服務手機定位中心(Serving Mobile Location Center, SMLC)。

此外，為了執行定位量測，手機內部必須安裝「游標」(Cursor)

這項產品，但是安裝這項產品並不須修改手機任何的硬體電路，只需要手機具備足夠的記憶體(RAM)空間即可，然而，該產品必須採用某些低階程式語言編輯數位訊號處理器(Digital Signal Processor, DSP)的程式，並且在手機內部的微處理器中增加額外的軟體。CSC已經為了如何能夠在手機內部加入Cursor單元(Cursor units)這一套軟體，提供一套現成的解決之道，因而能提供更動手機內部軟體的方法。

具有「游標」軟體的手機會持續監視最少六組鄰近的廣播控制頻道，當系統提出定位需求的時候，所有來自這六組廣播控制頻道的資料都會經過 DSP 處理，再將處理過後的資料傳遞給駐留在微處理機中的游標軟體來分析，接下來將分析之後的定位資料傳送到服務手機定位中心。

此外，手機在正常操作下，由手機擷取的資料含有 BTS 週期性廣播訊號的資訊，並且於監控過程之中，完成游標量測動作。

每一個定位量測中心具有相同的運作形式，並且週期性回報量測資料到服務手機定位中心，服務手機定位中心再將手機接收到的定位資料與定位量測單元的資訊相互比對，因此，將手機接收到訊號的抵達時間與定位量測單元接收到訊號的抵達時間相互比對其關係，服務手機定位中心便可計算出手機的位置與相關可靠的定位範圍。

此外，定位量測單元必須架設 BTS 網路中固定位置上，而且服務手機定位中心必須知道這些定位量測單元的架設位置。如此一來定位量測中心便可監視鄰近的 BTSs，然而，若以商業化角度考量，定位量測中心與 BTSs 共構具有節省成本的優點。

## Symmetricom

該公司提供網路同步化設備，並且是這類設備的其中一家領導公司。該公司網路同步化的設備乃採用原子鐘、石英震盪以及 GPS 技術，該公司雖然嘗試推出 E-OTD 的定位方法，但是，主要產品卻仍是提供 TDOA 或 AOA 這方面的基本設備，這是因為當定位量測採用 TDOA 或者是 AOA 定位法時候，其中一項重要的任務就是要把所有的 BTSs 之間、以及(或是)手機轉換中心(Mobile Switch Center, MSC)與基地台控制器(Base Station Controller, BSC)之間做到同步化。

Symmetricom 公司目前提供整合 E-OTD 與 TDOA 應用方面的主要產品如下：

1. **Time Hub(5500)**：該產品屬於下一代、營運者類型的「建立整合時間供應」(Building Integrated Time Supply, BITS)，其扮演角色為同步網路的心臟，放置於電信服務供應者的中心辦公室、主要的傳輸節點與網路邊緣的位置。
2. **Net Sync(55300A)**：該系統屬於精巧型(compact)、多重目的(multipurpose)網路同路化與時序(timing)的系統，並且採用 SmartClock 技術與 GPS 訊號用來產生主要的參考源。此外，該單元也可升級任何 BITS 的同步化，並且可以建構成單獨運作的單元。
3. **Digital Clock Distributor series(DCD-519, DCD-519)**：為一個 19 吋廣域的同步化與時間分佈系統，該系統可以提供精確的參考時脈給整個無線網路。
4. **Time Source products(TS2700, TS3000, ..., TS3600)**：是一種革命性的產品，時間與頻率參考源獲得的方式是採用 CDMA 數位無線通訊系統代替 GPS 衛星接收器，此外，該系統不需要外接天線即可運作。

## 5.5 小結

一套優秀的定位技術及系統必須能夠與現今的手機相容，並且不會影響大哥大業者細胞網路系統的正常運作與增加系統的負荷，因此，美國現今的定位技術發展公司都是基於這兩項考量來發展定位技術及系統。在 GSM 系統的定位架構中，若採用行動電話網路為主的定位架構，則不需要修改手機電路即可實現定位量測，因此採行此架構的定位系統能夠適用於現今廣泛使用的 GSM 手機。此外，為了不衝擊大哥大業者的細胞網路系統，影響原本通訊網路的運作，因此可採行外掛式(overlay)的定位系統，這類定位系統可以直接外掛在原本的細胞基礎建設之上，並且擁有獨立運作的軟硬體，例如：用於量測定位所需訊號資訊的定位量測單元以及利用前項訊號量測資訊計算出移動台位置的定位估算軟體。現今美國發展定位技術及系統的公司都是採用行動電話網路為基礎的定位架構並且屬於外掛式的定位系統，因此台灣若要發展定位技術及系統，可以參考美國定位技術公司的經驗，將定位系統發展方向訂定在網路為基礎且外掛式的定位系統，如此一來，將可同時兼顧現今

手機的相容性與維持原有細胞網路的正常運作。

此外，如何選擇定位技術移轉/合作的方式，則要考量定位服務項目與內容、定位服務提供者本身具備的定位技術專業知識，由 5.3 節得知有三種定位技術移轉/合作的方式，這三種方式的差異性除了定位服務提供者獲得技術移轉程度的多寡之外，尚包括定位服務提供者運用定位資訊的彈性以及提供定位服務項目的多寡。這些定位技術移轉/合作的方式之比較彙整於表 5.5.1。

由於台灣已經建構完善的 GSM 系統基地台，因此如何利用現有 GSM 系統網路來發展定位技術與系統，其可行性的分析與探討將於下一章加以探討。

表 5.5.1 定位技術移轉/合作的方式之比較

	具備定位專業知識程度	技術移轉的程度	定位資訊的運用彈性	定位服務項目的多寡
由定位技術提供者提供定位資訊	低	低	低	低
由提供定位服務的業者提供定位資訊(購買套裝式定位系統)	中	中	中	中
由提供定位服務的業者提供定位資訊(自行組裝及發展定位系統)	高	高	高	高

## 第六章 規劃與評估實地示範計畫的技術彈性與功能需求

本章將從技術面、法律面及執行面來探討利用 GSM 及 CDMA 系統偵測交通資訊的可行性，最後並規畫實地示範計畫。為使示範計畫能配合國內現況，特於民國 90 年 5 月 22 日與國內各大哥大業者分別進行座談，進一步瞭解目前國內業者無線定位技術發展情形，參與討論之業者之時程安排見附錄 E，討論問題與建議彙整如附錄 C。

### 6.1 技術面

表 6.1.1 從技術成熟度，技術應用困難度及系統建置成本等因素來分析「利用蜂巢式網路定位之架構與可能獲得之交通資訊」，由分析結果可知，以國內已有的 GSM900 或 DCS1800 系統來說，技術上可行性最高且馬上可以著手實現蜂巢式網路擷取定位資訊的方式為「利用行動台所在細胞辨識碼(Cell ID)蒐集移動定位資訊」，而行動台位置預估準確度將受限於該行動台所在細胞之大小。在「操作模式」下，若行動台在移動的過程中其所屬的 LAI 改變了，則行動台會主動告知 MSC 新的 LAI 位置，一個 LAI 通常包含了好幾個基地台涵蓋的範圍，除非系統能隨時主動去監視行動台所屬的細胞辨識碼是否已經改變了，否則要等到行動台移動一段蠻長的距離後才能察覺到行動台位置已經改變了。但是，要求系統隨時去監視行動台所屬的細胞可能會造成網路相當的負擔，而影響原有系統服務的容量。一個較可行的辦法是由行動台隨時主動告知其細胞辨識碼，即在手機端更換特殊的 SIM 卡，使手機主動送出其所在細胞之辨識碼，由網路接收。利用該方法，我們就可根據細胞內行動台 Cell ID 資訊的變化，紀錄目標行動台進/出細胞的時間、在目標細胞內的存續時間及細胞內行動台總數量，滿足行動定位層級 A 資訊的蒐集。層級 A、B 及 C 定位資訊的定義請參考 3.1 節。

若要達到層級 B 甚至層級 C 資訊的蒐集，則必須能很清楚掌握行動台所在位置及其變化，利用屬於低功率大哥大的 PHS 系統來蒐集都會區的交通資訊也是個可行性高的方式，目前大眾電信所推出 PHS 系統之基地台主要架設在台北都會區，由於其低功率之特性，基地台涵蓋半徑最大 300 公尺，利用 Cell ID 及 RSSI(Radio Signal Strength Index)之混合方式定位，其定位精準度約在 60-80 公尺之間，且手機可回應系統之位置查詢，進行定位追蹤，達到層級 C 定位資訊的蒐集。此外，從國外引進定位技術(系統)也是可行的方法，目前美國已有相關的產品問世(請參閱 5.5 節及表 6.2.1)。

表 6.1.1 利用蜂巢式網路定位之架構與可能獲得之交通資訊

系統	定位架構	是否可提供下列各層級資訊：			需要增加之系統或設備	可行性探討 (從技術成熟度，技術應用困難度及系統建置成本等因素來考量)
		A	B	C		
GSM	目前系統	可			1.建立行動台細胞識別碼動態存取資料庫。 2.建立交通資訊蒐集分析機制。 3.定位誤差與細胞大小有關。 4.系統網路軟硬體介面之修改。	行動台 Cell ID 資訊的蒐集為現階段可推行的方式，製作特殊 SIM Card 成本約需 5 美元。
	手機	可	可	可	1.手機同時具備軌跡功能與整合功能，電路需全面更新。 2.基地台間需同步。 3.網路中需建構一動態資料庫存取手機定位資訊。 4.建立交通資訊蒐集分析機制。	若採用此定位架構，則必須購買具定位功能之手機，可能無法普及於一般大眾，影響交通資訊的蒐集。
	網路	可	可	可	1.建立定位接收器，實現軌跡功能，並與 BTS 共構。 2.建立定位服務中心(LSC)，其具備整合功能，並與 MSC 共構。 4.建立交通資訊蒐集分析機制。 5.需要新的量測系統來減少量測誤差。 6.定位誤差約 6~60 公尺	技術成熟度高，且通常定位系統與網路共構，不會干擾到網路的正常運作，為下一階段可規畫採用的測試架構。採購大規模系統所需設備成本約在一百萬美元至三百萬美元之間，視定雙方合約內容而定。
	混合	可	可	可	1.保留手機的軌跡功能，而將整合功能規劃在 LSC 中，手機電路需全面更新。 2.需更改現有系統網路架構。	目前無此方面產品可供評估。
PHS	網路	可	可	可	1.定位誤差在 80 公尺以內。 2.利用 3~5 個基地台定位。 3.需建立交通資訊蒐集分析機制。 4.需建立 LSC。 5.目前系統已可提供層級 B、C 之定位服務。	以都會區交通資訊蒐集為主。
CDMA	移動台協助式定位 (mobile-assisted Positioning)	可	可	可	1.基地台需同步：加裝 GPS。 2.手機具軌跡功能。 3.需建立交通資訊蒐集分析機制。 4.定位誤差在 30~70 公尺之間。 5.整合功能規畫在系統網路中。	目前尚處於技術發展階段。
	移動台為主的定位 (mobile-based Positioning)	可	可	可	1.基地台需同步：加裝 GPS。 2.需建立交通資訊蒐集分析機制。 3.需在手機建立整合功能及軌跡功能。 4.定位誤差在 30-70 公尺之間。	目前尚處於技術發展階段。



表 6.2.1 現今美國定位技術公司發展概況

定位技術	定位架構	定位技術公司	系統特色
TDOA	網路	CELLTRAX	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用於現今 AMPS、TDMA、GSM 與未來 CDMA 系統之通訊協定。</li> <li>● 可與大哥大業者之設備共同運作，也可單獨由遠端中心操控定位系統。</li> <li>● 未來系統的改良與功能擴充方面不需要額外添購新硬體或設備。</li> </ul>
	網路	Cell-Loc	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用於現今 AMPS、TDMA、GSM 與未來 CDMA 系統之通訊協定。</li> <li>● 獨立運作。</li> <li>● 擴充系統功能只要在系統的擴充槽上加入新的模組即可。</li> <li>● 當接收訊號強度在-90dBm 時，其定位誤差可達 5.6 公尺。</li> </ul>
AOA	網路	ARRAYCOMM	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 利用全適應性智慧型天線。</li> <li>● 可增加系統的容量、提高無線語音和資料網路的傳輸品質。</li> <li>● 適用於未來 3G 系統。</li> </ul>
AOA+TD OA	網路	SigmaOne	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用於現今 AMPS、TDMA、GSM 與未來 CDMA 系統之通訊協定。</li> <li>● 為了能夠執行 AOA 估算，採用特製的相量陣列天線。</li> <li>● 採用模組化設計，所以顧客可以選擇以 TDOA 或是 TDOA+AOA 的組合方式來定位。</li> <li>● 每秒 500 筆的定位資料容量。</li> <li>● 定位接收器與基地台共構，定位服務中心與 MSC 共構。</li> </ul>
	網路	Radix	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用於現今 AMPS、TDMA、GSM 與未來 CDMA 系統之通訊協定。</li> <li>● 定位接收器與基地台共構，定位服務中心與 MSC 共構。</li> <li>● 定位過程中 67% 的定位誤差在 30 公尺內。</li> </ul>
Multipath	網路	US Wireless	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 經由廣泛地學習過程，利用場形識別觀察法 (pattern-recognition perspective) 將每個位置所量測到的雜訊與多重路徑傳播造成的偏差量轉換成定位訊息資料。</li> <li>● 系統仰賴「學習」與「辨別」能力，所以必須做大範圍的測式與資料的蒐集，目前在加州的奧克蘭、馬里蘭州的巴爾地摩及華盛頓特區都有進行場強測試。</li> </ul>
E-OTD	網路	Cambridge	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適用於 GSM 系統。</li> <li>● 利用升級手機及基地台的軟體及 RAM 來提高系統「觀察時間差」的準確度，</li> <li>● 定位量測單元與基地台共構。</li> </ul>

首先必須考慮選購哪一種定位架構：

採用「以手機為主的定位架構」只需架設與基地台共構的「定位量測單元」，由手機整合各種資訊來執行定位演算，並將定位結果回傳給網路作儲存。這種架構不必大量更動現有網路架構，所以干擾原有網路運作的情形最小，而且系統業者投資的成本最少，因為所有的定位量測及定位計算皆由特殊定位手機完成，但是定位結果必須經由無線鏈路(wireless link)傳回交通資訊蒐集機制，可能會影響到交通資訊的即時反應，而且生產新的定位手機，如果數量不大，單機成本可能相當高，較不容易普及。

若採用「以網路為主的定位架構」，則除了架設與基地台共構的定位量測單元外，且必須在網路端建構與手機轉換中心共構的「定位服務中心」來執行「整合功能」與「軌跡功能」。這種架構不必更動現有手機電路，所以能對現有顧客提供定位服務。另一方面，從實行面看，對於交通資訊的廣泛蒐集較具可行性，但是現有系統架構需與定位系統共構(雖然國外的定位技術強調共構的技術不會干擾到原有網路的運作)，其投資成本也是一筆可觀的數目。至於「混合式架構」因為國外目前似乎尚無此方面的研究或產品發表，且手機與網路都需更動，所以不加以討論。接著必須考慮的是採用何種定位技術，是 TOA、TDOA 還是 AOA?從定位準確度、投資成本、計算時間及定位資料容量等方面著手，評估適合的定位技術，這些因素需在引進定位技術時，仔細探討。

另外 CDMA 系統本身就能利用系統參數來做定位服務，不需額外加裝其它定位系統設備，由於頻寬特性，其定位準確度已經提高到 30~70 公尺左右，未來 3G 系統建構時可以對定位服務功能做整體規劃(請參閱表 6.1.1)。

## 6.2 法律面

國內已有下列兩項法令皆對通訊穩私權及相關保密事項有明確之規定：

**電信法：**

第六條：電信事業及專用電信處理之通信，他人不得盜接、盜錄或以其它非法之方法侵犯其秘密。電信事業應採適當並必要之措施，以保障其處理通信之秘密。

第七條：電信事業或其服務人員對於電信之有無及其內容，應嚴守秘密；退職人員亦同。前規定依法律程序查詢者不適用之。

### 通訊保障及監察法：

第一條：為保障人民秘密通訊自由不受非法侵害，並確保國家安全，維護社會秩序，特制定本法。

第二條：通訊監察，除為確保國家安全、維持社會秩序所必要者外，不得為之。前項監察，不得逾越所欲達成目的之必要限度，且應以侵害最少之適當方法為之。

第三條：本法所稱通訊如下：

1. 利用電信設備發送、儲存、傳輸或接收符號、文字、影像、聲音其他信息之有線及無線電信。
2. 郵件及電信。
3. 言論及談話。

前項所稱之通訊，以有事實足認受監察人對其通訊內容有隱私或秘密之合合理期待者為限。

第四條：本法所稱受監察人，除五條及第七條所規定者外，並包括為其發送、傳達、收受通訊或提供通訊器材、處所之人。

第二十九條：監察他人之通訊，而有下列情形之一者，不罰：

1. 依法律規定而為者。
2. 電信事業或郵政機關（構）人員基於提供公共電信或郵政服務之目的，而依有關法令執行者。
3. 監察者為通訊之一方或已得通訊之一方事先同意，而非出於不法目的者。

由以上法律條文得知，電信事業除非受法律程序查詢，否則必須保障通訊隱私權。在利用行動電話偵測交通資訊的過程中，電信業者雖會接觸部份個人隱私的資料，不過仍可利用適當的方法提供交通資訊並有效地迴避個人隱私，例如可用代碼的方式取代行動台定位資訊中有關於個人資訊的部份，然後再將個別資訊加以統計分析，提供相關之交通資訊。

### 6.3 執行面－規劃國內無線定位技術/系統之發展程序

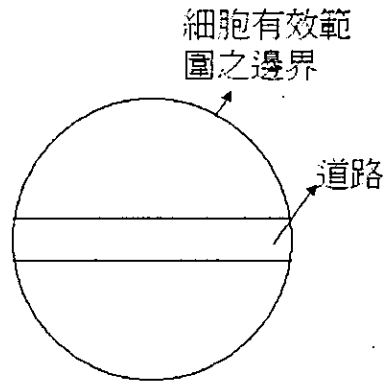
對國內的電信事業發展而言，網路無線定位技術發展處於萌芽時期，不過業已逐漸受到相關研究單位及大哥大業者的重視，進而投入相關研究。然而，受限於各家業者對相關資訊之公開、市場未明朗化及投資意願等問題，目前似乎無法馬上引進國外的定位技術(系統)進行定位服務及大規模交通資訊的蒐集。所以若要實現蜂巢式網路系統來蒐集定位資訊，本研究建議可依下列各階段依序或並行實施：

**階段 1：現有 2G(GSM)或 2.5G(GPRS)蜂巢式網路擷取行動台定位資訊－利用細胞辨識碼(Cell ID)辨識行動台位置蒐集層級 A 定位資訊**

利用行動台主動傳送 Cell ID 資訊蒐集層級 A 定位資訊是一種可行性高、技術困難度較低的方法，建議在目前 2G(GSM)或 2.5G(GPRS)系統先進行小規模實測。考量目前各家業者對於現行 GSM 系統基地台設置的規劃方式皆是以所在地的地形環境、建築物高度及人口密度做為主要的考量，除了高速公路路段外，甚少考慮以涵蓋主要道路路段的方式來設置基地台，且基地台涵蓋的半徑會因所在地為大都會區、一般城市、郊區、鄉下及山區而有所不同(參考表 6.3.1)，小則幾百公尺，大則十幾公里，差異非常大，其區域內所對應的交通路段或路網架構變化相當大(參考圖 6.1-1、6.1-2、6.1-3)。

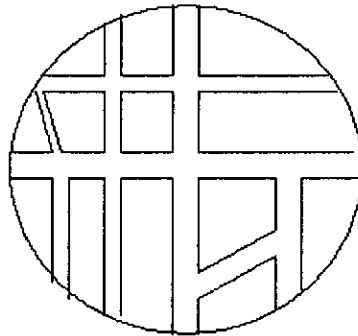
表 6.3.1 不同地區的細胞涵蓋密度

地區類別	涵蓋半徑(km)
大都會區(台北市)	0.5km~1km
一般城市(基隆市、桃園市、中壢市)	1km~1.5km
大都會區周圍城市(三重、中和、永和、板橋)	0.8km~1.5km
一般城市周圍衛星市填(林口、竹北)	1.5km~2km
鄉鎮地區	2km~3km
高速公路沿線	0.8km~1.5km
山區	5km~10km



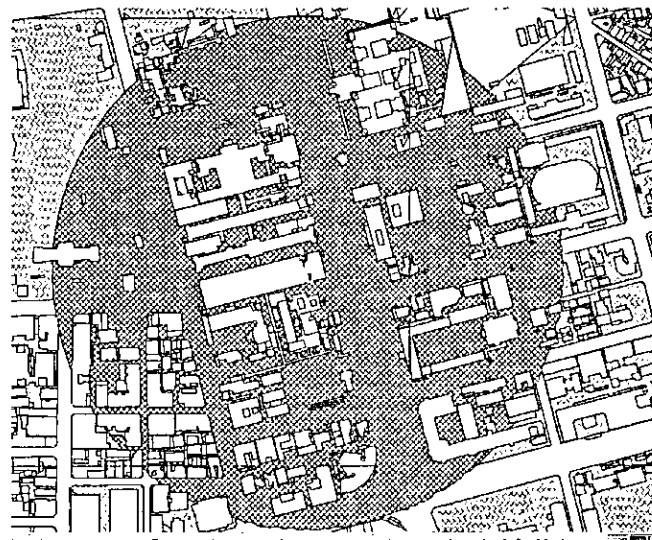
註：該圖為最簡單之分佈

圖 6.1-1 偏遠地區單一細胞內道路分佈圖



註：該圖涵蓋多個主要交通路段

圖 6.1-2 鄉鎮地區單一細胞內道路分佈圖



註：該圖之細胞半徑 500 公尺，每個 Block 長約 200 公尺，寬約 100 公尺，共可涵蓋 10~12 個 Block。

圖 6.1-3 台北市地區單一細胞內道路分佈圖

現階段較可行的方式是利用行動台 Cell ID 資訊擷取行動台定位資訊，分析高速公路的交通資訊。高速公路沿線細胞涵蓋半徑約為 0.8 公里至數公里，有些區域其涵蓋範圍內以高速公路為主，縱使有一些單純的平面道路交錯其中，仍可由行動定位資訊評估目標高速公路路段之交通流量等資訊(圖 6.2-1、圖 6.2-2)，其在執行上較為簡單、實用且可行。例如圖 6.2-1 中，因細胞只有涵蓋高速公路路段，並無其它平面道路及交流道存在，車輛移動資訊形成二個 INPUT 及二個 OUTPUT 變數，很容易可對其進行交通資訊的蒐集及分析；圖 6.2-2 中，因包含一平面道路，所以形成 4 個 INPUT 變數與 4 個 OUTPUT 變數，一般來說平面道路之 I/O 變化率比高速公路來的低，可利用 3.2.2 節所提之“觀測法”加以分辨。故目標交通區塊之選定非常重要。若目標手機回報 Cell ID 之間隔時間太短，則會增加系統的負荷，且擷取之交通資訊變化不大；若間隔時間太長，則兩次 Cell ID 回報之時間間隔內車輛之移動距離可能會橫跨不同細胞，無法準確紀錄目標手機進入/離開特定細胞的時間及存續時間。故若以車速平均每小時 90 公里為例來計算，5 秒鐘約走了 125 公尺，一般高速公路的細胞涵蓋半徑為 0.8~1.5 公里(人口稠密區)，故每隻目標手機會連續傳回約 12 筆至 24 筆同一 Cell ID 資訊給系統做紀錄(若車速更慢，筆數則更多)，一般來說高速公路上 250 公尺至 800 公尺左右，以提供手機交遞(handoff)之用，假設目標手機正由 Cell A 往 Cell B 移動，在 overlap 區域之內，系統可能接收到 Cell A 或 Cell B 的 ID，通過了這個不確定區域，目標手機則確定回報 Cell B 的 ID 給系統。假設交遞的分界線是在 overlap 區域的一半，若目標手機剛好在分界處回報 Cell A 之 ID 給系統，則還要往前移動 125 至 400 公尺，才能到達 Cell B 的確定區內，目標手機在不確定區域內移動 5~16 秒鐘，亦即兩次 Cell ID 回報的間隔時間可以取 5~16 秒，可確定目標手機之 Cell ID 值由 A 變成 B，故取極小值 5 秒鐘為目標手機 Cell ID 的回報時間。

雖然業者在執行階段 1 計畫時並無技術上的問題，不過由於目前各家業者系統既有網路架構差異大，未來若要將此技術做大規模推廣應用時，首先將面臨各家系統資訊整合的問題，必須要求系統供應商將某些系統界面開放以利系統整合，另外有關保護個人隱私、智慧財產權、業務機密等問題皆必須要主管單位協助業者共同來解決。至於推行具規模之定位服務可能造成容量不足的問題，則建請主管單位可以考慮提供業者額外的頻譜，以利計畫大規模的推展。

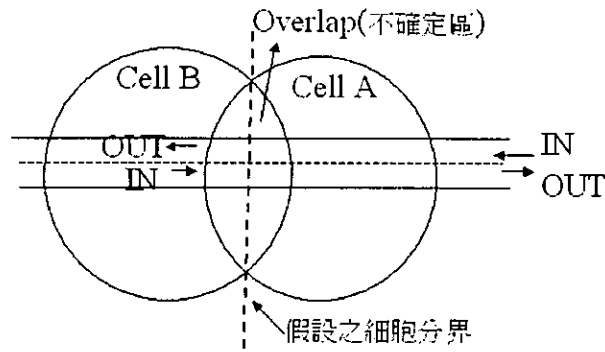


圖 6.2-1 理想的高速公路沿線蜂巢式細胞涵蓋圖

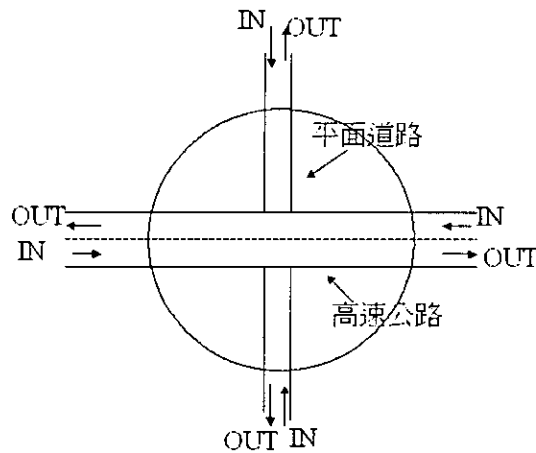


圖 6.2-2 包含平面道路之高速公路沿線蜂巢式細胞涵蓋圖

**階段 2：低功率大哥大系統(如 PHS)利用 Cell ID 及 RSSI 資訊定位以蒐集層級 B 及 C 定位資訊**

PHS 系統業者已在台北、台中、高雄三大都會區完成基地台架設並開始營運，雖然大都會區之路網架構非常複雜，由於其屬於低功率大哥大系統，基地台涵蓋半徑不會超過三百公尺，其所對應的交通路段或路網架構不至於太複雜，利用其 Cell ID 資訊配合 RSSI 資訊定位，定位誤差約在 80 公尺以內，且系統網路可以連續追蹤手機的位置變化，建議可選擇台北市就配有 PHS 手機的行動車輛進行實測，以蒐集層級 B、C 定位資訊。

### 階段 3：引進或發展定位技術/系統，與現有 2G 或 2.5G 蜂巢式網路共構(overlay)以擷取行動定位資訊

從國外引進定位技術(系統)蒐集層級 B、C 交通資訊，在技術上並無困難，但引進定位系統及技術經費動輒上百萬美元，由於目前定位服務市場商機/需求仍未明朗化，業者大多採觀望態度，較不敢貿然投資升級其網路之定位功能，目前只有少數業者有意願購買定位技術來提昇 2G 系統的定位效能。業者並希望有關主管單位能研究適當定位技術，規劃應用範圍及計畫時間表。

### 階段 4：引進或發展定位技術/系統，架設於未來 3G 蜂巢式網路之上以擷取行動定位資訊

3G 執照即將在年底開放競標，3G 系統本身就能提供一些資訊來定位，且定位準確度比 GSM 系統提昇了不少(請參考 5.2 節)，業者大多希望在未來建構 3G 系統時再將定位的功能一併考慮進去。由於 3G 系統的建設一般評估約需 2~3 年，所以這方面的執行必須視未來國內電信市場變化做進一步的評估。政府對於和 3G 系統有關的定位技術服務或應用可於未來適當時機詳加研究，以利未來無線定位服務之發展與應用。

## 6.4 示範計畫之規劃

根據 6.3 節的討論與考量實際執行的可行性，研擬下列三項示範計畫：

#### 計畫 1：利用細胞辨識碼(Cell ID)蒐集行動台位置及移動資訊，以提供層級 A 之定位資訊

**目的：**在不影響目前系統營運的情形下，儘快實現層級 A 定位資訊之蒐集，實地了解並探討該項技術之潛力與其對交通資訊提供的效益為何，及與感應監視系統資訊互補性為何，且可藉由多家業者參與實測，蒐集較為完整的交通資訊。

**背景：**鑑於無線網路定位技術在國內仍屬初步發展的階段，而目前定位服務市場商機/需求仍不明顯情形下，馬上要大規模引進或發展定位技術/系統可能性不高，利用現行網路系統來達到某種程度定位資訊的擷取並瞭解其效益是



可行性較高且成本較低廉的作法，且可與現有網路配合進行實測與分析。

#### 執行方法：

1. 政府與業者研究選擇適當之目標交通區塊，由業者製作或購買特殊 SIM 卡值入目標手機中，該手機每 5 秒鐘回報網路系統其所在之細胞辨識碼，系統將記錄進入目標區塊的指定手機數目、及各指定手機出入時間、停留時間等資訊。
2. 業者將蒐集上述資訊及相關路況資訊進行目標區域之交通流量分析。可分析特定道路中時變車流量，估計平均行車速率、平均延滯、車輛沿道路之分佈等交通資訊。
3. 為增加取樣數量及保障業者資訊機密，建議讓多家業者參與。

#### 建議事項：

1. 測試地點：高速公路沿線。
2. 測試手機數量：規劃 1000 輛配有測試手機之目標車輛進行實測
3. 被選取細胞其涵蓋範圍內除高速公路路段外，交錯在其內之平面道路以單純、數目少為宜。基地站台位置資訊應予以保密，應以間接的方式，例如以交通區塊呈現定位相關資訊。
4. 取樣速率：各行動台 Cell ID 的資訊每 5~16 秒鐘紀錄一次。
5. 以蒐集層級 A 定位資訊為主。
6. 各家業者可同時在同一交通區塊進行測試，並將各家資訊加以整合，一方面可以增加資訊量，一方面可保護業者之業務機密。

#### 預期成果：

1. 利用 Cell ID 擷取層級 A 定位資訊之可行性，瞭解全面實施的困難處及適用環境。
2. 評估經由該技術蒐集到的交通資訊之有效性。
3. 使相關業者瞭解如何發展定位技術服務及其應用的範疇。
4. 瞭解 Cell ID 定位資訊與交通資訊間相互關係。
5. 可與「點狀感應器系統」偵測之資訊整合。
6. 政府瞭解整合各家業者交通資訊時所需之系統架構及關鍵問題，為將來計畫之全面推行做好先期準備。

## 7. 建立高速公路匝道動態控制輸入資料庫。

實施時程：立即可規劃實施。

政府在計畫中可提出之誘因或說明：

1. 政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。
2. 政府整合各家業者定位及相關資訊後，將相關之交通資訊回饋給業者使用。
3. 提供業者適當之技術輔導及資金補助。
4. 依據示範計畫執行成果規範出適當標準技術規範及應用範疇，以利參與計畫業者未來推展定位服務。
5. 由政府相關單位提出配合國家整體性 ITS 計畫的相關配套措施，明確訂定系統建構之時程、每階段適用之定位準確度與所擷取之交通資訊等標準，對 ITS 計畫的整體推動應有莫大的助益。

### 計畫 2：利用低功率大哥大網路定位技術擷取層級 B 及 C 定位資訊

**目的：**在不影響系統營運的前提下，利用低功率大哥大系統已具備之定位功能擷取層級 B 及 C 定位資訊，提供都會區交通資訊，並與現有之感應式監視系統做比較，強化交通資訊蒐集的完整性。

**背景：**屬於低功率大哥大之 PHS 系統業者目前已在北、中、南三大都會區完成系統網路架設且開始營運，由於其基地台涵蓋範圍小且密集，加上已建構完成之定位功能及可接受之定位誤差，且系統網路可追蹤手機的位置變化，擷取層級 C 定位資訊，故適合用來蒐集都會區重要交通路段之交通資訊，為現階段可行性高的方式之一。

**執行方法：**選擇台北市與測試區域，詳細記錄目標手機之位置之變化情形等定位資訊，業者將蒐集上述資訊及相關路況資訊進行目標區域之交通流量分析，可得到平均速率、平均延滯、轉向及路線追蹤等交通資訊。

**建議事項：**

1. 測試地點：台北市。
2. 測試手機數量：規劃 1000 輛配有 PHS 手機之行動車輛。

3. 取樣速率：依據系統特性及細胞之涵蓋範圍仔細考慮。
4. 達到何等層級之定位資訊蒐集：層級 C。

預期成果：

1. 了解層級 B/C 資訊與交通資訊間相互關係及衝擊為何？
2. 瞭解並設計定位服務之應用。
3. 強化 A、B 及 C 層級資訊之應用。
4. 提供都會區交通資訊。
5. 瞭解非視線內傳播、多重路徑干擾對無線定位之影響，並發展更異之定位技術。

實施時程：計畫規劃確定後可立即實施。

### 計畫 3：從國外引進定位技術/系統與現有蜂巢式網路共構

目的：評估定位準確度的提高對交通資訊管理的貢獻，建立國內無線網路定位系統/技術發展之研究能力，評估引進定位技術/系統之成本複雜度，提供未來 3G 系統定位功能規畫之參考依據。

背景：目前美國及歐洲皆有發展定位技術/系統的相關經驗及產品問世，其定位準確度已提高到 30 公尺以內，達到層級 B 甚至是層級 C 的定位資訊標準。直接從國外引進定位系統與現有蜂巢式網路共構一方面可以馬上進行大規模定位資訊的擷取，提供給交通資訊管理單位做進一步的分析與研究，另一方面可藉由技術轉移的方式提昇國內無線網路定位技術發展的能力，對於未來 3G 系統的建設也有莫大的助益。

執行方法：選擇涵蓋各重要交通路段之基地台為目標基地台，詳細記錄目標基地台內行動台位置之變化，行動台總數，行經路徑等定位資訊，可得到平均速率、平均延滯、轉向、路線追蹤、個別速率及個別延滯等交通資訊。

建議事項：

1. 測試地點：全國各地區。
2. 測試手機數量：視建構之定位系統功能而定。
3. 基地台涵蓋半徑：不限制。

4. 取樣速率：因購買系統之計算速度不同而定。
5. 達到何等層級之定位資訊蒐集：B 或 C，以購買系統之功能為主。
6. 蒐集之資訊：除了層級 A 之資訊外，並可蒐集行動台位置資訊，追蹤來自目標區的行動台，由它們的路徑，記錄其目的地及抵達時間。至於如何分析定位資訊，轉成有用的交通資訊，則需交通運輸專家做進一步的研究。

預期成果：

1. 提供業者發展定位技術服務時的參考依據，了解其應用的範疇。
2. 建立國內無線網路定位系統/技術發展之研究能力。
3. 了解層級 B/C 資訊與交通資訊間相互關係及衝擊為何？
4. 強化 A、B 及 C 層級資訊之所有應用。
5. 提供未來 3G 系統定位功能規畫之參考依據。
6. 加速國內 ITS 系統之整合與建設。
7. 進一步控制路口信號號誌，追蹤高速公路現場營運人員及緊急交通事故處理
8. 即時進行個人或目標車之急難救援或路徑指引。
9. 蒐集道路與都市路網旅次起迄資訊，計算 ATIS 中的動態出發時間與旅行時間，設計道路擁擠定價政策。
10. 評估不同 ATIS/ATMS 政策之有效性。

實施時程：由於階段只有少數業者有意願從國外引進定位技術/系統與現有蜂巢式網路共構，可能會影響計畫實施的時程。

表 6.4.1 為示範計畫之比較：

表 6.4.1 示範計畫實施經費之初步預估

示範計畫名稱	經費預估
利用細胞辨識碼 (Cell ID) 擷取定位資訊	總經費：400 萬(規劃 1000 輛測試車輛行駛於高速公路)。 特殊 SIM 卡及免持聽筒費用：50 萬。 Cell ID 資訊擷取之系統網路軟硬體設備修改費：150 萬。 網路通訊費用：40 萬。 分析交通資訊演算法之開發、GUI 軟體之開發、人事費等：160 萬。
利用低功率大哥大網路定位技術擷取定位資訊	總經費：400 萬(規劃 1000 輛測試車輛行駛於台北市)。 目標手機及免持聽筒費用：200 萬。 網路通訊費用：40 萬。 分析交通資訊演算法之開發、GUI 軟體之開發、人事費等：160 萬。

## 6.5 示範計畫之可行性評估

本節說明示範計畫執行時之可行性(經費來源、對業者之干擾)及有效性(從 2G、2.5G 開始著手還是等 3G 再進行)，並探討吸引業者投入示範計畫執行之誘因。

### 計畫一：利用細胞辨識碼擷取定位資訊

示範計畫一實施時可由政府補助業者目標手機、特殊 SIM 卡及免持聽筒之費用、Cell ID 資訊擷取之系統網路軟硬體設備修改費及分析交通資訊演算法、GUI 軟體之開發費用等(見表 6.4.1)；未來若全面實施示範計畫，則由委托單位依據本身系統特性與功能自行發展定位增值服務，創造商機，可減少政府補助款。計畫一為利用現有 2G(或 2.5G)系統即可執行之蒐集交通資訊方式，由於定位準確度受限於細胞大小，適合蒐集高速公路沿線的交通資訊，例如平均速率、平均延滯等層級 A 資訊，建議由多家業者同時針對同一交通區塊進行交通資訊之蒐集，再由政府整合各家業者資訊後回饋給業者使用；至於對業者的干擾，主要來自即時交通資訊與網路系統之整合，因各家業者採購之系統不同而各有其困難度。

### 計畫二：利用低功率大哥大網路定位技術擷取定位資訊

由於國內只有一家低功率大哥大業者，且該系統已可提供定位增值服務供其行動用戶做選擇，較無資訊與系統整合方面的問題。因其定位誤差只有 60-80 公尺，且可連續追蹤行動台位置之變化，適合蒐集大都會區之交通資訊，如平均車速、平均延滯、轉向、路線追蹤等層級 B、C 資訊。如同示範計畫一，經費來源初期由政府補助，若示範計畫執行成效不錯，欲繼續擴大推行或深入研究時，則希望參與計畫單位能加強定位服務功能之附加價值，降低政府補助金額。

### 計畫三：從國外引進定位技術與現在蜂巢式網路共構，擷取定位資訊

由於計畫一只能提供層級 A 定位資訊，計畫二雖可提供層級 B 及 C 之定位資訊，但是其定位誤差仍有 80 公尺，且只能蒐集大都會區之交通資訊，並無法普及於全國任一重要交通路段或路網，故從國外引進定位技術/系統與現有 2G/2.5G 甚至未來 3G 系統共構，以擷取平均速率、平均延滯、轉向、路線追蹤、個別速率、個別延滯等精確之交通資訊也是個可行的方法，惟建構具規模之定位服務設備需幾十至幾百萬美元之投資經費，在目前國內定位服務商機未明朗化之前，

GSM 系統業者不敢冒然進行投資，一般傾向未來建構 3G 系統時再一併將定位功能考慮，只有少數業者願意利用共構技術提昇 2G/2.5G 系統的定位能力。故此計畫之實施需視國內未來電信市場需求變化再加以考慮。

示範計畫執行的過程中，除了提供額外頻譜、適當的資金補助等誘因外，是否讓業者能由其所提供之定位資訊中獲利，進而願意自行並積極投入交通資訊擷取方面的研究，並減輕政府在計畫執行過程中之經費負擔，是未來示範計畫全面實施之成功與否重要的關鍵因素。例如讓行動電話業者獲得偵測某一特定範圍之定位資訊特許權，由政府蒐集業者之定位資訊後將其轉換成行駛時間、速率等交通資訊，再回饋給業者使用。若業者有能力自行進行定位服務及交通資訊之分析，則可直接將分析結果提供給其行動電話之用戶，亦可與行車導引系統搭配使用，或可將其資訊轉售給其他行動電話業者或其他需要的人。獲特許權之業者更可利用偵測器的資料做交通資料的加值，提供更精確的定位服務。此外，延伸定位系統之發展，可以推廣到商用車輛、客運業者等之車隊管理、交通事故或意外事故之搜救等延伸的利基。甚至於可以與電子收費系統結合，以行動電話帳號付費等諸多 ITS 之應用。此方式之優點為：

1. 特許業者因有利基，會不斷地研發其交通資訊偵測的準確性與即時性，以提供給其用戶，增加利潤。
2. 業者可以自行規劃發展適合本身系統之模式，不須考慮業務機密及客戶隱私被洩漏或遷就其他系統之需求等問題，亦容易與原系統供應商進行技術開發。
3. 特許業者因有特許之利益，政府不須再提供任何資金補助或其他方式(頻譜)的補助，政府可以利用最少的成本，獲得精確的交通資訊作為交通管理之用。
4. 政府亦不須花費人力物力去訂定詳細的技術標準或規範，來統合不同的行動電話系統，只需要符合交通資訊的簡單要求即可。

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

本研究已探討如何應用蜂巢式行動通訊系統來蒐集交通資訊，並對四項不同概念的定位系統與定位技術做詳細的系統運作模式介紹與分析，說明其優點及缺點，以供智慧型運輸系統中建立先進旅行者資訊系統(ATIS)時與蜂巢式電話系統整合作業規劃的參考依據。

本研究完成之工作項目如下：

1. 對各種定位系統、定位架構及美國定位技術發展情況做簡單的概述，並介紹無線定位技術原理，及探討影響定位技術準確度之因素。
2. 將可由蜂巢式無線網路(含共構之定位系統)取得之定位資訊依其精確度與內容豐富度分為三個層級：層級 A 定位資訊以行動台所屬細胞辨識碼之資訊作定位分析，其定位準確度由所在細胞大小決定；層級 B 的定位資訊除包含層級 A 資訊外，並可獲得行動台在細胞內的精確位置；層級 C 的定位資訊除具有層級 A 及層級 B 資訊外，只要行動台在「操作模式」之下，該行動台的位置與行經路徑均能夠被連續地追蹤，且該行動台可利用通訊方式與基地台做溝通。由於各層級所能提供的定位資訊種類及精準度有所差異，其系統架構有所不同而在 ITS 的用途也有所不同。
3. 分析蜂巢式網路定位資訊與感應監視系統偵測資訊之整合可能性，並瞭解兩者資訊有良好的互補關係。
4. 與國內各大哥大業者進行座談，了解目前國內無線網路定位技術發展現況，及未來示範或大規模計畫推動的困難度及所要面臨的問題，並就技術面、法律面及執行面探討利用蜂巢式網路統蒐集不同層級定位資訊的可行性，研擬國內未來無線定位技術/系統之發展，就網路變動大小考量可分階段實行。
5. 示範計畫之規劃與執行之可行性評估：
  - (1). 示範計畫一：「利用細胞辨識碼擷取定位資訊」係現階段可行性最高的擷取交通資訊方式之一，對現行 2G/2.5G GSM 蜂巢式網路系統營運之衝擊較小，但其定位準確度受限於細胞大小，適合蒐集高速公路沿線的

層級 A 之交通資訊。對業者的干擾主要來自即時交通資訊與網路系統之整合，因各家業者採購之系統不同而各有其困難度。

- (2). 示範計畫二：「利用低功率大哥大網路定位技術擷取定位資訊」亦為現階段可行的方式之一，由於系統本身已具備定位服務功能，其定位誤差約 60-80 公尺且能連續追蹤行動用戶之位置變化，適合蒐集大都會區層級 B、C 之交通資訊。
  - (3). 示範計畫三：「引進國外定位技術/系統與現有蜂巢式網路共構」。從國外引進定位技術/系統與現有 2G/2.5G 甚至未來 3G 系統共構，以蒐集比計畫一及計畫二更精確之交通資訊亦為可行之方式之一，惟建構具規模之定位服務設備需幾十美元至幾百萬美元之投資經費。在目前國內定位服務商機未明朗化之前，GSM 系統業者不敢冒然進行投資，只有少數業者願意利用共構技術提昇 2G/2.5G 系統的定位能力，故此計畫之實施須視國內未來電信市場需求變化再加以考慮。
6. 在執行示範計畫的過程中各項執行面之重要工作，如：系統整合、通訊系統容量之影響評估、建構時程、業務機密之保護、客戶隱私權之保護、技術轉移、所蒐集交通資訊之有效度之確認等皆必須一一有效地解決或者了解其關鍵問題所在。

## 7.2 建議

政府在未來推動無線定位示範計畫時建議可注意下列事項：

1. 政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。
2. 政府整合各家業者定位及相關資訊後，將相關之交通資訊回饋給業者使用。
3. 提供業者適當之技術輔導及資金輔助。
4. 給予行動電話業者偵測交通資訊之特許權，業者除了免費提供此資訊給政府相關單位做為交通管理之用外，亦可提供行駛時間、速率等資訊給其行動用戶使用，或將其資訊轉售給其它行動電話業者或需要的人。
5. 依據示範計畫執行結果研究適當定位技術，規劃應用範疇，以利未來定位服務之推展。根據所蒐集之業者系統相關資料，規劃適當之定位方法及計畫時間表，讓業者有規



範可循，並可規劃相關技術發展時程。

6. 未來大規模計畫實施時須研擬跨業者/系統之測試計畫，以國內各系統業者所採用的系統附加定位系統為考量，由政府組成測試單位研擬實施與計畫，針對各家系統進行了解與分析，制定合適的定位服務施行辦法。
7. 由政府相關單位提出配合國家整體性 ITS 計畫的相關配套措施，明確訂定系統建構時程、每階段適用之定位準確度與所擷取交通資訊等標準，對 ITS 計畫的整體推動應有莫大的助益。

相關建議內容彙整如表 7.2.1 所示。

表 7.2.1 本研究建議事項彙整表

項次	內容說明	建議參考或執行單位
1	政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。	交通部電信總局
2	政府整合各家業者定位及相關資訊後，將相關之交通資訊回饋給業者使用。	交通部科技顧問室、電信總局、運輸研究所
3	提供業者適當之技術輔導及資金補助。	交通部電信總局
4	給予行動電話業者偵測交通資訊之特許權，業者除了免費提供此資訊給政府相關單位做為交通管理之用外，亦可提供行駛時間、速率等資訊給其行動用戶使用，或將其資訊轉售給其它行動電話業者或需要的人。	交通部電信總局、運輸研究所或其它相關單位
5	依據示範計畫執行結果研究適當定位技術，規劃應用範疇，以利未來定位服務之推展。根據所蒐集之業者系統相關資料，規劃適當之定位方法及計畫時間表，讓業者有規範可循，並可規劃相關技術發展時程。	交通部電信總局、運輸研究所或其它相關單位
6	未來大規模計畫實施時須研擬跨業者/系統之測試計畫：以國內各系統業者所採用的系統附加定位系統為考量，由政府組成測試單位研擬實施與計畫，針對各家系統進行了解與分析，制定合適的定位服務施行辦法。	交通部電信總局、運輸研究所或其它相關單位
7	由政府相關單位提出配合國家整體性 ITS 計畫的相關配套措施，明確訂定系統建構時程、每階段適用之定位準確度與所擷取交通資訊等標準，對 ITS 計畫的整體推動應有莫大的助益。	交通部電信總局、運輸研究所或其它相關單位

## 参考文献

- [1] C. Drane, M Macnaughtan, and C Scott, "Positioning GSM Telephones", IEEE Communications Magazine, Vol.36, No.4, April, 1998, pp.46-59.
- [2] G.P.Yost, and S.Panchapakesan, "Automatic Location Identification Using a Hybrid Technique", IEEE 48th Vehicular Technology Conference, Westin Hotel, Ottawa, Canada, May 18-21, 1998, pp.264-267.
- [3] M.Pent, M.A.Sprito, and E.Turco, "Method for positioning GSM mobile stations using absolute time delay measurements", Electronics Letters, Vol.33, No.24, 20th November, 1997, pp.2019-2020.
- [4] J.J.Caffery Jr., and G.L.Stuber, "Overview of Radiolocation in CDMA Cellular Systems", IEEE Communications Magazine, Vol.36, No.4, April, 1998, pp.38-45.
- [5] T.S. Rappaport, J.H. Reed, and B.D. Woerner, "Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future", IEEE Communications Magazine, October 1996, pp. 33-41
- [6] G. A. Mizusawa, "Performance of Hyperbolic Position Location Techniques for Code Division Multiple Access", MPRG-TR-96-29, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061-0350, August 1996.
- [7] James J. Caffery, Jr., "Wireless Location in CDAM Cellular Radio Systems", Kluwer Academic, 1999.
- [8] M.A.Sprito, A.G.Mattioli, "On the Hyperbolic Positioning of GSM mobile station", URSI International Symposium on Signals, Systems, and Electronics Conference Proceeding, 1998, pp.173-177.
- [9] J.H.Reed, K.J.Krizman, B.D.Woerner, and T.S.Rappaport, "An Overview of the Challenges and Progress in Meeting the E-911 Requirement for location service", IEEE Communications Magazine, Vol.36, No.4, April, 1998, pp.30-37.
- [10] J.H.Winter, "Smart Antenna for Wireless System", IEEE Personal Communications, Vol.1, February, 1998, p.24.
- [11] B.Widrow, P.E.Mantey, L.J.Griffiths, and B.B.Goode, "Adaptive Antenna Systems", Proceedings of the IEEE, Vol.55, No.12, Dec. 1967, pp.2134-2159.
- [12] William F. Gabriel, "Adaptive Array Systems", Proceeding of the IEEE, Vol. 80, No.1, January, 1992, pp.152-162.
- [13] Hamid Krim and Mats Viberg, "Two Decades of Array Signal Processing Research", IEEE Signal Processing Magazine, July 1996, pp.67-94.
- [14] The International Engineering Consortium, "Smart Antenna Systems Tutorial", <http://www.iec.org>.
- [15] Li Xiong, "A selective Model to Suppress NLOS Signals in Angle of Arrival (AOA) Location Estimation", IEEE 48th Vehicular Technology Conference, Ottawa, Canada, 18-21May, 1998, pp.461-465.
- [16] Ryuji Kohno, "Spatial and Temporal Communication Theory Using Adaptive Antenna Array", IEEE Personal Communications, Vol.5, February, 1998, p.28-35.
- [17] Donald F. Breslin, "Adaptive Antenna Arrays Applied to Position Location", Masters Thesis, Mobile & Portable Radio Research Group, Virginia Tech, Blacksburg, VA, Aug, 1997, pp.11-19.
- [18] Zhigang Rong, "Simulation of Adaptive Array Algorithm for CDMA Systems", Masters Thesis, Mobile & Portable Radio Research Group, Virginia Tech, Blacksburg, VA, Sept, 1996, pp.3-72.
- [19] J.C. Liberti, JR and Theodore S. Rappaport, "Smart Antennas For Wireless Communications", Prentice Hall Publication, 1999.
- [20] Ryuji Kohno, "Spatial and Temporal Communication Theory Using Adaptive

- Antenna Array”, IEEE Personal Communications, Vol.5, February, 1998, p.28-35.
- [21] B. Ibrahim and A. Aghvami, “Direct Sequence Spread Spectrum Matched Filter Acquisition in Frequency-Selective Rayleigh Fading Channels”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, pp. 885-890, June 1994.
- [22] E. Sourour and S. Gupta, “Direct-Sequence Spread-Spectrum Parallel Acquisition in a Fading Mobile Channel”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 38, pp. 992-998, July 1990.
- [23] W. Sheen and G. Stuber, “Effect of Multipath Fading on Delay-Locked Loops for Spread Spectrum Systems”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 42, pp. 1947-1956, February/March/April 1994.
- [24] H. So and P. Cheng, “Target Localisation in Presence of Multipaths”, Electron. Lett., Vol. 29, pp. 293-294, February 1993.
- [25] K. Krizman, T. Biedka and T. Rappaport, “Wireless Position Location: Fundamentals, Implementation Strategies, and Sources of Error”, IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 919-923, 1997.
- [26] R. Schmidt, “Multiple Emitter Location and signal Parameter Estimation”, Proc. RADC Spectral Estimation Workshop, pp. 243-258, 1979.
- [27] M. Haardt, J.A. Nossek, “Unitary ESPRIT: How to obtain Increased Estimation Accuracy with a Reduced Computational Burden”, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 43, No. 5, pp. 1232-1242, 1995.
- [28] H. Saarnisaari, “TLS-ESPRIT in a Time Delay Estimation”, IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 1619-1623, 1997.
- [29] L. Dumont, M. Fattouche, and G. Morrison, “Super-Resolution of Multipath Channels in a Spread Spectrum Location System”, Electron. Lett., Vol. 30, pp. 1538-1584, September 15 1994.
- [30] M. Pallas and G. Jourdain, “Active High Resolution Time Delay Estimation for Large BT Signals”, IEEE Trans. on Signal Processing, pp. 781-787, April 1991.
- [31] Jami, M. Ali and R.F. Ormondroyd, “Comparison of Methods of Locating and Tracking Cellular Mobiles”, IEE, pp. 1/1-1/6, 1999.
- [32] W. Sheen and G. Stuber, “A New Tracking Loop for Direct sequence Spread Spectrum Systems on Frequency-Selective Fading Channels”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 43, pp. 3063-3072, December 1995.
- [33] M. Torrieri, “Statistical Theory of Passive Location Systems”, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-20, pp. 183-197, March 1984.
- [34] D. van Nee, “Multipath Effects on GPS Code Phase Measurements”, Journal of the Institute of Navigation, Vol. 39, pp. 177-190, Summer 1992.
- [35] Fuxjaeger and R. Iltis, “Adaptive Parameter Estimation Using Parallel Kalman Filtering for Spread Spectrum Code and Doppler Tracking”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 42, pp. 2227-2230, June 1994.
- [36] R. Iltis, “Joint Estimation of PN Code Delay and Multipath Using the Extended Kalman Filter”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 38, pp. 1677-1685, October 1990.
- [37] R. Iltis and A. Fuxjaeger, “A Digital DS Spread-Spectrum Receiver with Joint Channel and Doppler Shift Estimation”, IEEE Trans. on Communications, Vol. 39, pp. 1255-1267, August 1991.
- [38] M. Silventoinen and T. Rantalainen, “Mobile station Emergency Locationing in GSM”, Proc. IEEE International Conference Pers. Wireless Commun., 1996, pp. 232-238.
- [39] M. Wylie and J. Holtzmann, “The Non-Line of Sight Problem in Mobile Location Estimation”, IEEE International Conference on Universal Personal

- Communications, pp. 827-831, 1996.
- [40] J. J. Caffery, Jr. and G. L. Stuber, "Subscriber Location in CDMA Cellular Networks", IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. 47, pp. 406-416, May 1998.
- [41] M. Aatique and B.D. Woerner, "Evaluation of TDOA Techniques for Position Location in CDMA Systems", Master Thesis MPRG-TR-97-15, Mobile & Portable
- [42] Y. T. and K. C. Ho, "A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location", IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 42, No. 8, August 1994, pp. 1905-1915.
- [43] B. T. Fang, "Simple Solutions for Hyperbolic and Related Fixes", IEEE Trans. on Aerospace and electronic Systems, Vol. 26, No. 5, September 1990, pp. 748-753
- [44] Y. T. and K. C. Ho, "An Efficient Closed-form Localization Solution from Time Difference of Arrival Measurements", IEEE, 1994, pp. II-393 – II-396
- [45] J. Capon, "High Resolution Frequency-Wavenumber Spectral Analysis", IEEE Proceeding, Vol.57, No.8, Aug.1969 pp.1408-1418.
- [46] R.Roy, and T.Kailath, "ESPRIT-Estimation of Signal Parameters Via Rotational Invariance Techniques", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.37, July 1986, pp 984-995.
- [47] R.Kumaresan and D.W.Tufts, "Estimating the Angles of Arrival of Multiple Plane Waves", IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems, Vol.AES-19, No.1, Jan 1983, pp. 134-139.
- [48] A.J.Barabell, "Improving the Resolution Performance of Eigenstructure-based Direction Finding Algorithms", Proceeding of the IEEE international Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1983, pp. 336-339.
- [49] G.Xu and H.Liu, "An Effective Transmission Beamforming Scheme for Frequency Division-Duplex Digital Wireless Communication Systems", Proceeding IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing Detroit, MI, May 1995.
- [50] Ziskind and M.Wax, "Maximum Likelihood Localization of Multiple Sources by Alternating Projection", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 36, No. 10, Oct 1988, pp. 1553-1560.
- [51] J.E.Evans, J.R.Johnson, and D.F.Sun, "High Resolution Angular Spectrum Estimation Techniques for Terrain Scattering Analysis and Angle of Arrival Estimation in ATC Navigation and Serveillance System", M.I.T. Lincoln Lab., Lexington, MA, Rep.582, 1982.
- [52] M. Aatique and B.D. Woerner, "Evaluation of TDOA Techniques for Position Location in CDMA Systems", Master Thesis MPRG-TR-97-15, Mobile & Portable Radio Research Group, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061-0350, 1997.
- [53] M.A.Spirito, "Further results on GSM mobile station location", Electronics Letters, Vol.35, No.11, 27<sup>th</sup> May, 1999, pp.867-869.
- [54] S.V.Schell, "Performance Analysis of the Cyclic MUSIC Method of Direction Estimation for Cyclostationary Signals", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol.42, No.11, Nov.1994, pp.3043-3050.
- [55] G. Corazza and V. Esposti, "Code Acquisition in DS-SSMA Systems in the Presence of Multiple Access Interference and Data Modulation", European Trans. on Telecomm. And Related Tech., Vol. 5, pp. 27-37, Feb. 1994.
- [56] M. Madfors, K. Wallstedt, S. Magnusson, H. Olofsson, P. Backman, and S. Engstrom, "High Capacity with Limited Spectrum in cellular Systems", IEEE

- Communications Magazine, Vol. 35, pp. 38-45, August 1997.
- [57] J. Holtzman, S.Nanda, and D. Goodman, "CDMA Power Control for Wireless Networks", Third Generation of Wireless formation Networks, pp. 299-311, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [58] W. Lee, "Power Control in CDMA (cellular radio)", IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 77-80, 1991.
- [59] Viterbi, CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication. Addison-Wesley, 1995.
- [60] V. Garg, K. Smolik, and J. Wilkes, Applications of CDMA in Wireless/Personal Communications. Prentice Hall, 1997.
- [61] S. Bensley and B. Aazhang, "Subspace-based Channel Estimation for Code Division Multiple Access Communication Systems", IEEE Trans. on Communications, Vol. 44, pp. 1009-1020, August 1996.
- [62] J. Joutsensalo, "Algorithms for Delay Estimation and Tracking in CDMA", IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 366-370, 1997.
- [63] E. Strom, S. Parkvall, S. Miller, and B. Ottersten, "Propagation Delay Estimation in Asynchronous Direct-Sequence Code-Division Multiple Access Systems", IEEE Trans. on Communications, Vol. 44, pp. 84-93, January 1996.
- [64] M. Latva-aho and J. Lilleberg, "Delay Trackers for Multiuser CDMA Receivers", IEEE International conference on Universal Personal Communications, pp. 326-330, 1996.
- [65] W. Zhaocheng, W. Jing, Y. Zhixing, and Y. Yan, "Synchronization Consideration in Multiuser CDMA Environment", Int. Conf. On Communication Tech., pp. 103-106, 1996.
- [66] R. Iltis and L. Mailaender, "An Adaptive Multiuser Detector with Joint Amplitude and Delay Estimation", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12 pp. 774-785, June 1994.
- [67] Radovic, "An Iterative Near-Far Resistant Algorithm for Joint Parameter Estimation in Asynchronous CDMA Systems", Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium Personal, Indoor, Mobile Radio Conference, pp. 199-203, 1994.
- [68] G. Morley and W. Grover, "Improved Location Estimation with Pulse-Ranging in Presence of Shadowing and Multipath Excess-Delay Effects", Electron. Lett., Vol. 31 pp. 1609-1610, August 21 1995.
- [69] Z. Shi, P. Driessen, and W. Du, "PN Code Acquisition for Asynchronous CDMA Communications Based on Interference Cancellation", IEEE Pacific Rim Conference, pp. 778-781, 1993.
- [70] B. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Prentice-Hall, 1979.
- [71] S. Julier and J. Uhlmann, "A New Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems", International Symposium on Aerospace/Defense Sensing, Simulation and Controls, 1997.
- [72] M.A.Spirito, "Further results on GSM mobile station location", Electronics Letters, Vol.35, No.11, 27th May, 1999, pp.867-869.
- [73] G.P.Yost, and S.Panchapakesan, "Automatic Location Identification Using a Hybrid Technique", IEEE 48th Vehicular Technology Conference, Westin Hotel, Ottawa, Canada, May 18-21, 1998, pp.264-267.
- [74] J. Kennedy and M.C. Sullivan, "Direction Finding and Smart Antennas Using Software Radio Architechure", IEEE Communications Magazine, vol. 3, no. 5, May 1995, pp. 62-68.
- [75] S. K. Oh and C.K. Un, "Simple Computational Methods of the AP Algorithm for Maximum likelihood loca;ization of Multiple Radiating Sources", IEEE Trans. on

- Signal Processing, Vol. 40, no. 11, November 1992, pp. 2848-2854.
- [76] J.C. Liberti and T.S. Rappaport, "Analysis of CDMA Cellular Radio Systems Employing Adaptive Antenna in Multipath Environments", Proc. IEEE vehicular Technology Conference, Atlanta, GA., April 1996, pp. 1076-1080.
  - [77] M.A.Spirito, "Further results on GSM mobile station location", Electronics Letters, Vol.35, No.11, 27th May, 1999, pp.867-869.
  - [78] R.B.Ertel, P.Cardieri, K.W.Sowerby, T.S.Rappaport, and J.H.Reed, "Overview of Spatial Channel Models for Antenna Array Communication Systems", IEEE Communications Magazine, Vol.5, No.1, Feb. 1998, pp.10-22.
  - [79] William C.Y.Lee, "Mobile Cellular Telecommunications for Analog and Digital Systems", 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., 1995.
  - [80] Michael Mouly, and Marie-Bernadette Pautet, "The GSM System For Mobile Communications", 1992.
  - [81] Robert G.Winch, "Telecommunication Transmission Systems", McGraw Hill, Inc., 1993.
  - [82] James J.Caffery, JR. and Gordon L.Stuber, " Overview of Radiolocation in CDMA Cellular Systems", IEEE communication magazine, vol. 36, No.4, April 1998, pp.43-44.
  - [83] Sami Tabbane, "Location Management Methods for Third-Genration Mobile Systems", IEEE communication magazine, vol. 35, No.8, August 1997, pp.73-74.
  - [84] Volker Brass and Woldemar F. Fuhrmann, "Traffic Engineering Experience from Operating Cellular Networks", IEEE communication magazine, vol. 35, No.8, August 1997, pp.66-67.
  - [85] Jian Cai and Dsvud J. Goodman, "General Packet Radio Service in GSM", IEEE communication magazine, vol. 35, No.10, October 1997,

## 附錄 A 實例說明

### A.1 概述

首先說明由現有蜂巢式行動電話網路估計流量與密度的概念，接下來利用範例說明，包括前提、系統設計與計算程序。

### A.2 概念

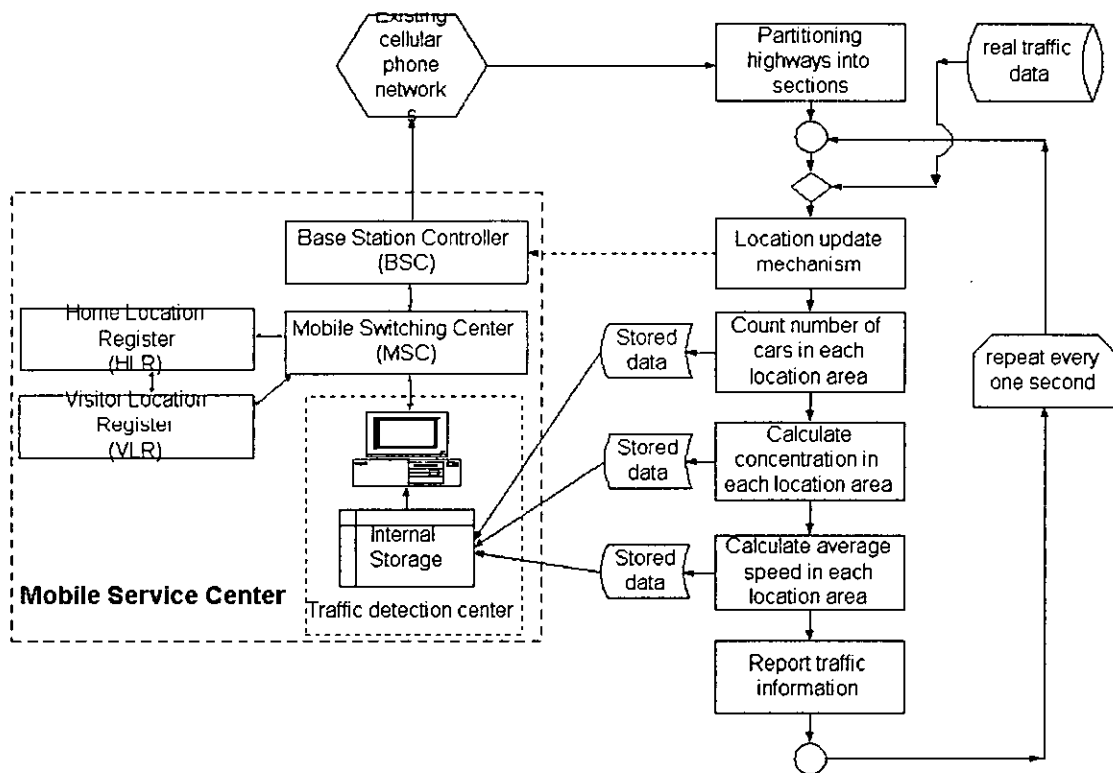


圖 A.1 使用現有蜂巢式行動電話網路偵測車流量與密度概念流程圖

圖 A.1 表示由現有蜂巢式行動電話網路估計車流量與密度的概念，在這種系統之下，公路上細胞將被不同蜂巢式無線電頻率所覆蓋，除此之外，每個 LA 被分派一個獨特的位置區域辨識碼 (LAI)，所以行動電話交換中心 (MSC) 能夠持續地追蹤裝設在車輛或由駕駛者攜帶的行動台 (MS)。

當行動台跨越 LA 邊界時，由 MS 傳遞定位更新資料至 MSC，因此只要發展一套軟體由 MSC 資料庫中取得即時 MS 位置或車輛位置資訊，包括來源位置登錄 (Home Location Register) 與參觀者位置登錄 (Visitor Location Register)，就可以取得行動台的位置資訊。

## A.2.1 範例說明

前提假設：

1. 所有車輛裝設有行動電話終端機，或所有駕駛者皆擁有行動電話並全都在待機狀態。
2. 在那些細胞內訊號長度缺漏(Signal strength holes)不存在。
3. 公路環境是通暢無阻的，因此訊號強度波動不具衰減效應。
4. 交叉路口間的距離假設為一哩，並由一個細胞覆蓋。
5. 由所有基地台傳遞的功率能夠在沒有介面的情況之下在每個行動台間使用。
6. 對所有行動電話位置更新要求而言，慢速專用控制頻道(Slow Dedicated Control Channels)隨時可以獲取。
7. 方向性天線被用來形成狹長細胞，其在目標公路上能夠覆蓋一哩長的區段。(參照圖 A.2)
8. 位置區域辨識碼(LAI)能夠在不影響網路訊號負載的情況下，被自由地指派。
9. 每個行動台的位置更新率將不會影響行動電話服務的品質。

在上面的前提之下，我們可以設計一個如下個章節介紹的系統。

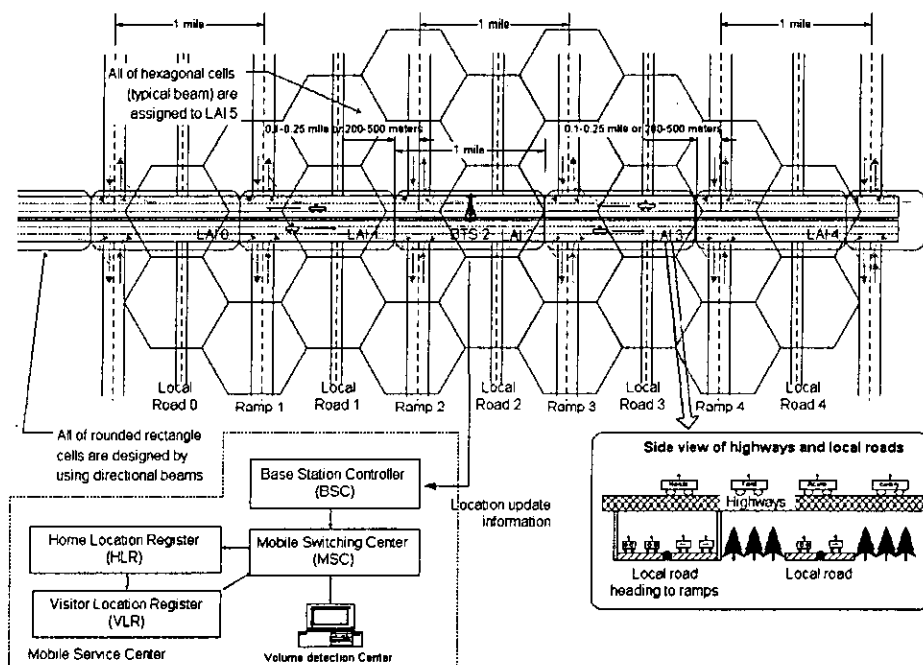


圖 A.2 公路上細胞配置圖



## A.2.2 系統設計

### 軟體功能需求

需要一套能夠由 HLR 及 VLR 取得位置更新資料、行動電話號碼和位置區域辨識碼的軟體，該軟體要有即時處理這些資料的能力。

### 硬體需求

具有上述功能軟體的電腦必須被放置在交換中心，交換中心是 HLR 與 VLR 與行動服務交換中心共同定位之處，而電腦需被連結至 HLR 與 VLR/MSB 以獲取位置更新資訊。

### 關鍵變數與程序

在這個方法裡所使用的關鍵變數是位置區域(LA)、每個行動台更新位置的時間記錄、位置區域辨識碼(LAI)、關聯的控制頻道與行動電話終端號碼，而我們估計流量與交通密度的關鍵方法是使用位置更新的機制，其為一個使用在所有行動電話上的程序，不管其在待機或在操作模式下，這個程序在行動台由一個位置區域移至另一個時，可更新行動台位置區域。

### 邏輯或方法

在特定地區進行公路流量偵測時，我們指派特有的 LAI 至每個區域，當一個行動台由一個 LAI 移動至另一個 LAI 時，必須藉由傳送新 LAI 及其辨識號碼至 MSC 以進行位置更新。因此，下列的資料能夠直接或間接地由 MSC 取得：

- 每個細胞(或 LAI)中的行動台數量。
- 每個行動台抵達目前細胞的更新時間。
- 每個行動台在目前細胞裡的停留時間，也就是目前時間與更新時間之間的差異。
- 行動台從目前細胞至下一個細胞的時間。

### 位置更新程序

位置資訊被儲存在三個不同的地方，HLR、MSC/VLR 與行動台，行動電話聽從網路廣播資訊並儲存目前的位置區域辨識碼，當

由 BS 接收到的位置區域號碼與所儲存的號碼不同時，行動戰將會告知 MSC/VLR 所屬新的細胞號碼，如果 MSC/VLR 與之前的不同，其將會在 HLR 更新位置資訊。

### 流量與密度偵測程序

估計的流量與密度能夠藉由與 HLR 及 MSC/VLR 互相作用的軟體表示，這套軟體應該具備有下列功能：

- 由 HLR 與 MSC/VLR 獲取行動台用戶辨識碼的位置區域資訊。
- 在不同的時間裡記錄每個位置區域的行動台用戶辨識碼，也就是  $t_0$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ ... 等，並計算車輛的流量。
- 即時地計算每輛車在相同 LAI 中的停留時間。
- 連續地計算行動台進入每個細胞至移動到另一個細胞的時間。

### 計算程序

- 流量：基於在特定時段中，行動台更新其位置至目標細胞 (覆蓋一個高速公路區段) 的數量。
- 密度：基於每個時段中，每個 LAI 裡行動台的數量。
- 平均速度：基於每個行動台在特定 LAI 內進入及離開時間的差異。

每個高速公路區段交通平均速度空間分佈：基於時段  $t$  中，每個仍位在 LAI 內的行動台停留時間的時間序列分佈，與對應的現有行動台時間序列。

## 附錄 B 期中／期末報告之問題與答覆

### B.1 「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(1/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>林所長大煜：</p> <p>1.除了報告中所提技術問題外，是否有法律面的問題請予以探討。因為如果行動電話提供資訊在法律面上就不可行，即使技術再可行也沒用。限於經費與時間，請交大研究團隊針對現有相關法律予以釐清即可，並請郵電司予以協助。</p>	<p>1.相關法令：</p> <p>電信法：</p> <p>第六條：電信事業及專用電信處理之通信，他人不得盜接、盜錄或以其它非法之方法侵犯其秘密。電信事業應採適當並必要之措施，以保障其處理通信之秘密。</p> <p>第七條：電信事業或其服務人員對於電信之有無及其內容，應嚴守秘密；退職人員亦同。前規定依法律程序查詢者不適用之。</p> <p>通訊保障及監察法：</p> <p>第一條：為保障人民秘密通訊自由不受非法侵害，並確保國家安全，維護社會秩序，特制定本法。</p> <p>第二條：通訊監察，除為確保國家安全、維持社會秩序所必要者外，不得為之。前項監察，不得逾越所欲達成目的之必要限度，且應以侵害最少之適當方法為之。</p> <p>第三條：本法所稱通訊如下：</p> <p>a.利用電信設備發送、儲存、傳輸或接收符號、文字、影像、聲音或其他信息之有線及無線電信。</p> <p>b.郵件及電信。</p> <p>c.言論及談話。</p> <p>前項所稱之通訊，以有事實足認受監察人對其通訊內容有隱私或秘密之合理期待者為限。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(2/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>2.報告中所提到各種定位方式在計算速度上會不會使得即時顯示資訊效果有所折扣？計算速度應與容量、計算方式、抽樣方式有關，請研究團隊再予以說明。</p> <p>3.本研究提到定位方式所涉及設備問題，包括手機與基地台是否需要增加額外設備、所需成本為何？這將與不同層級、不同方案的選擇有關，也請研究團隊加以研究</p> <p>4.將來資料提供的可行性為何？資料的格式為何？請一併說明。</p> <p>5.目前基地台設置的位置是否適當？這或許涉及各家業者機密無法強求，不過了解基地台設置的密度應有必要，以了解使用這種定位技術所可能的誤差。</p>	<p>第四條：本法所稱受監察人，除五條及第七條所規定者外，並包括為其發送、傳達、收受通訊或提供通訊器材、處所之人。有關涉及通訊隱私權之法律相關問題，詳見 6.2 節中之討論。</p> <p>2.以辨識行動台之 Cell ID 來蒐集層級 A 的資訊並無計算速度上的問題。對層級 B、C 而言，若使用定位準確度很高的演算法則定位計算速度會受限制，抽樣總量會影響系統的容量。</p> <p>3.有關不同定位方案及其所需設備及成本請見表 6.1。</p> <p>4.在技術上可配合需求單位，不過目前各家系統業者既有網路架構差異大，所能提供的定位功能、方式及標準難以整合。至於資料格式與蒐集何種資訊則必須與主管單位做進一步的確認，業者希望在不洩露業務機密及保障用戶隱私權的前提下進行，例如基地台位置資訊，應以間接的方式，如組成交通區塊來呈現。</p> <p>5.基地台密度表如表 6.2。不同細胞涵蓋半徑對定位準確度之影響請參考期末報告第 2.4 節。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(3/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>6. 國外是否有利用此種技術的經驗？是否有法規進行規範？這些規範引進國內是否有水土不服的問題，亦請加以探討。</p>	<p>6. 美國已有相關經驗(詳見表 6.3 及期末報告第 5.4 節)。FCC 針對 E911 之相關需求進行以下規範：若使用以網路為主的定位架構來定位，其要求定位過程中需有 67% 以上的定位誤差不會超過 125 公尺；若是採用以手機為主的定位架構，則為 50 公尺。因國內無線定位技術及系統架構受限於市場商機/需求不明朗，目前尚在起步階段。如要立即引進類似規範，恐會引起相當之爭議。目前應與業者做良性溝通，了解業者所需，現有法規之細節部份請參閱電信法及通訊保障及監察法。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>7. 考量基地台的負荷，是否有抽樣(Sampling)的問題？如果不進行抽樣是否會有容量上的限制？請予以探討。</p>	<p>7. 若要求 GSM 網路連續(每 5 秒一次)記錄行動台 Cell ID 會造成基地台及網路負擔，於是將有容量上的限制，研究小組請業者根據本身系統的營運狀況作容量上限的初步評估；評估採樣(被追蹤)行動台數量，各行動台 Cell ID 的資訊每 5 秒鐘紀錄一次，同時並紀錄進入及離開特定 Cell 之時間。至於所需之額外成本，也請業者做進一步的評估，以做為規劃未來實測計畫之用。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>8. 基地台的位置與路段的對應關係為何？請試舉幾例以說明道路分段與基地台的位置關係。</p>	<p>8. 目前各家業者對於現行 GSM 系統基地台設置的規劃方式皆是以所在地的地形環境、建築物高度及人口密度做為主要的考量，甚少考慮以涵蓋主要道路路段的方式來設置基地台，所以並無一定的規則可循。研究小組針對偏遠地區、鄉鎮地區與台北市地區基地台涵蓋與路段對應模擬如圖 6.1。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(4/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>9.本研究可以蒐集的交通資料有哪些？如何進行統計？是否能判斷事故(Accident)或事件(Incident)的發生？所蒐集的原始資料是否需要經過什麼處理才能使用？抑或原始資料就可以提供高公局作為事故或事件的發生？</p>	<p>9.以目前 GSM 及台灣各大哥大公司之系統均無法得到精確交通資料，建議實測 Cell ID 以高速公路為例，應可得到路段旅行時間統計方法，依資料特性決定，目前無法用在即時事故或事件判斷。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>10.我們不能要求業者百分之百來配合，政府一定有一些應辦事項，以提供足夠的誘因讓業者能夠有意願配合，但是政府所提供的誘因除了補助外，是否有其他方式，也請研究團隊進行探討，必要時請郵電司協助。</p>	<p>10. (1)業者皆願意配合政府執行此項計畫，但如同第二個問題所提，業者所關心的事項如如何保護個人隱私、智慧財產權、業務機密、系統界面整合等問題皆需要與主管單位做進一步的溝通確認，期以互惠的方式共同推動國內 ITS 的建設。 (2)誘因及援助： 政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。 政府整合各家業者定位及相關資訊後，將相關之交通資訊回饋給業者使用。 提供業者適當之技術輔導及資金補助。 規範適當標準技術規範及應用範疇：根據所蒐集之業者系統相關資料，規範出適當之定位方法及計畫時間表，並且明確規範出不同時期因應不同定位精準度所能應用之範圍(以公共安全/人身安全為主)，讓業者有規範可循。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>11.由於本研究是一個可行性研究，上述問題並不要求研究團隊一定要有答案，研究團隊也可以告訴我們如果要有答案應該從什麼地方著手，下一階段的初步規劃就可以依照本研究的研究基礎來加以規劃。</p>	<p>11. 略。</p>	<p>未來將爭取預算進行實作計畫之研究</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(5/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p><b>電信總局：</b></p> <p>1. 電信總局將於年底開放第三代行動通訊系統，建議本研究加入未來開放三 G 的系統比較。</p> <p>2. 目前基地台設置常遭遇民眾抗爭，電信總局目前正針對基地台的管理辦法以及相關問題進行研究。</p> <p>3. 報告中第五頁，所引用現有行動電話用戶數在本局網頁每日都有更新，希望在最後期末報告定稿時能加以更新。</p>	<p>1. 已遵照辦理，請參閱期末報告第 5.2 節。</p> <p>2. 略。</p> <p>3. 已依建議更新。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>高公局：</b></p> <p>1. 希望研究單位能加強執行面的可行性研究。</p> <p>2. 針對基地台的設置問題，如同林所長所指示請研究單位加強基地台的位置與路段的對應關係的說明。</p>	<p>1. 已於 5 月 22 日與國內各家業者就各執行面進行探討，相關討論可見期末報告附錄 C。</p> <p>2. 同林所長所提第八項辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>國工局：</b></p> <p>1. 蒐集之交通資訊演算法由誰製作應明確交代，並請考量資訊傳送之效能？</p> <p>2. 既是可行性研究，應就功能之使用分：</p> <p>A、現階段可執行部分：如目前簡訊方式於重要路段、交流道應可馬上提供。</p> <p>B、未來部分：因應三 G 時代之來臨，可導入之功能及技術有哪些？相信會更具有說服力。</p>	<p>1. 建議由業者製作，如果由政府來做，會有大量資訊傳遞與處理問題，可行性不高。</p> <p>2. 簡訊功能可以用來輔助層級 A 資訊之蒐集。3G 系統中在網路架構與訊號傳輸上已經可以提供定位服務所需之資訊，不需要額外建構定位系統，只需在基地台端加裝 GPS 提供精確的考時間即可以達到層級 B 甚至 C 資訊的提供。請參閱 5.2 節。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>科技顧問室：</b></p> <p>1. 本研究案對於無線通信應用，具有相當前瞻的代表性，基本上以法規層面的可用性應為主要考量。</p>	<p>1. 同林所長所提意見 1 辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(6/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>科技顧問室：</p> <p>2.本研究可對於各應用(資料提供)的實用性，可依技術成熟度、技術應用的困難度、建置時程等為因素，作各應用技術優先建置之可行性。</p>	<p>2.請參考表 6.1。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>工研院電通所：</p> <p>1.此案之研究方向十分正確，能體認到行動通訊定位系統之功能限制，因此建議其應可搭配其他既有之偵測系統(例如 EETC、路口偵測系統、GPS 等)使用，此建議十分正確。</p> <p>2.既然行動通訊定位系統是會與其他之系統分工，則應思索什麼樣的資訊是最適合行動電話定位系統來負責蒐集，且若是能以層級 A 之定位系統(即最簡單又成本低)之方式來做時，其可行性會最高。</p> <p>3.因此，建議此研究可試著去找出一些可由「行動電話定位系統」來負責之「有意義」的 I T S 應用。</p>	<p>1.遵照辦理，請參考第三、四章。</p> <p>2.遵照辦理，分階段規劃。</p> <p>3.請參看 3.2、3.3 及 3.4 節以及 6.3、6.4 節</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>台北市政府交通局：</p> <p>1.系統運作情況：高架及平面偵測區塊可達到準確度應不同？又是否可追蹤(trace)其路徑？方向的界定是否可以達到？</p> <p>2.市區道路應著重於鄰近路段之交通資訊應用於號誌化路口的評估，請考慮： (1)南北向不同，偵測範圍是否可以界定？</p>	<p>1.高架及平面偵測區塊所能達到的準確度的確不同，而使用層級 C 之資訊可以達到追蹤及方向性界定等的目的。</p> <p>2.</p> <p>(1)層級 B 和 C 皆可以界定偵測範圍。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>



「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(7/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>台北市政府交通局：</p> <p>(2)區塊大小會影響準確度，進入資料之區間五分鐘、十五分鐘、三十分鐘、一小時之資料進入，個別準確度可以達到多少？其配合之區塊大小如何？這將影響匝道儀控及臨近路口、路段等偵測區塊之選定。</p> <p>(3)以推估佔有率之可能性為例，密度推估佔有率其準確度又分別如何？</p> <p>(4)何種狀況下可達到偵測區塊(小於5 m<sup>2</sup>)準確度。</p>	<p>(2)、(3)、(4)項需利用層級 C 之資訊，以實測驗證，建議另案辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>中華電信：</p> <p>1.如何由單一定位機制的蒐集來顯示交通狀況？</p> <p>2.需要業者蒐集哪些資料？</p>	<p>1.現階段利用 Cell ID 來定位可達到層級 A 資訊的蒐集，而層級 B、C 因牽涉到定位準確度及是否連續追蹤行動台的問題，需另行採用適合的定位架構，建立定位系統，方能達到資訊蒐集的目的。</p> <p>2.初步規劃以 Cell ID 的定位方式來蒐集層級 A 資訊，包括行動台進入與離開細胞的時間，行動台總數與行動台於細胞內存續的時間。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>和信電訊：</p> <p>1.透過政府(或同業)單位進行此案，可以提供一般民營業者不易提供的資訊服務，業者應樂於配合。</p> <p>2.就目前了解，各家業者所採用的 GSM Network System/ Positioning System 亦都不相同，Privacy Control 必須考慮。</p> <p>3.業者所提供的資訊是否需統一格式？</p> <p>4.研究對基地台規劃與業者目前 business planning 是否一致？</p>	<p>1.略。</p> <p>2.同意，建議主辦單位在實作計畫時列入考慮。</p> <p>3.依測試規模、範圍及系統界面整合之可行性來決定是否要統一格式。</p> <p>4.與本研究主題無關。</p>	<p>略</p> <p>未來實作計畫將納入考量。</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(8/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p><b>泛亞電信方育英：</b></p> <p>1. 泛亞電信比較關切的是適法性與客戶隱私及權益問題、以及政府對業者的規範。</p>	<p>1.同林所長建議 1 辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>泛亞電信許世憲：</b></p> <p>1.應利用車用電話(GSM 手機固定裝在車上)以分開行人與車輛。</p> <p>2.可考慮以 GPRS 回傳資料，其成本應會遠低於簡訊。</p> <p>3.一般 System Vendor 的 MSC 不願提供開放介面，需購買其 Mobile Positioning System，但其價格昂貴，對以行動電話網路為主的定位方式不利。</p>	<p>1.可與層級 C 資訊取得方法做比較。</p> <p>2.同意，建議於未來實作計畫中進行測試。</p> <p>3.同意。定位成熟度與技術應用困難度請參考表 6.1。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>遠傳電信張連成經理：</b></p> <p>1.如何分車種或將行人與車輛分開？</p> <p>2.本研究接下來將決定採用何種定位方式或何種架構(handset、network、hybrid)、或何種層級進行研究。</p> <p>3.建議在 interview 各大哥大業者時，可以進一步了解實際情形。</p> <p>4. 報告第四十三頁提到交通管理單位不需負擔 infrastructure，但如何使各業者配合？</p> <p>5.報告四十三頁提到要連接大哥大 MSC，是否要每家都連？</p> <p>6.本研究的執行期限到六月三十日，但依據計畫書仍有多項工作尚未完成，請研究單位加快腳步。</p> <p>7.報告中有許多翻譯上的問題，請予以修正。</p>	<p>1.利用層級 C 之資訊。</p> <p>2.以層級 A 為主。</p> <p>3.遵照辦理，並已於 5 月 22 日與各大哥大業者討論相關問題。請參考附錄 C。</p> <p>4.業者所關切的問題例如法律、個人隱私、業務機密、系統營運、測試成本等問題請主管單位加以研究，並持續與業者溝通。</p> <p>5.由於行動定位服務在國內並非必須，所以未來實測計畫中應由計畫委託單位與受委託業者相互溝通決定。</p> <p>6.遵照辦理。</p> <p>7.遵照辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(9/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p><b>中華電信研究所劉榮宜研究員：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.行動電話的使用是以人為主，因此如何分辨行動電話的使用者目前在車輛內、大樓內、塞車時或公園內散步？</li> <li>2.位置的解析度必須考慮立體與道路方向性，因為高速公路、快速道路與一般道路可能因為立體交叉而使得車流速度偵測不準。</li> <li>3.GPS/GSM的電子收費系統曾經在德國 A555(1994/1995年)測試過，成效不錯，但有缺點，包括：               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.不易與人工收費制度配合</li> <li>2.車輛分類的問題</li> <li>3.目前僅有香港曾測試過，但目前世界上並無任何實用系統。</li> </ol> </li> <li>4.目前在高速公路上不可以使用行動電話，因此資料蒐集的樣本數目及準確度會減少。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.層級 A、B 無法達到此目的，層級 C 之資訊可分辨。</li> <li>2.同意，已考量並於 6.5 節中提出示範計畫之可行性評估。</li> <li>3.感謝委員提供資訊。</li> <li>4.同意，對即時資訊而言。</li> </ol>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p><b>綜技組(書面意見)：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.研究團隊在期中報告階段已經完成大部分預期成果，其效率值得嘉許。</li> <li>2.惟期中報告閱讀起來像是翻譯文章，稍嫌不具親和力，尤其在報告字裡行間傳達許多資訊的情況下，整份報告閱讀起來相當吃力，建議在期末報告時應予調整。</li> <li>3.本報告的撰寫格式與一般研究報告不太一樣，缺少文獻回顧及參考文獻，建議應於期末報告修正。</li> <li>4.第二、三、四章感覺上似乎是獨立的章節，文章前後缺乏關連性，有關文章的撰寫格式請再加強。</li> <li>5.交通運輸與通訊科技結合的研究題材尚屬新興領域，許多專有名詞在報告中英夾雜、有些英文縮寫未註明全名、有些則僅有英文未附中文翻譯，建議期末報告時能予以修正並附加一份中英對</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.略。</li> <li>2.遵照辦理。</li> <li>3.遵照辦理。</li> <li>4.遵照辦理。</li> <li>5.遵照辦理。</li> </ol>	<p>略</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期中簡報意見回覆表(10/10)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>照索引，以利閱讀。另部分電信專有名詞建議增加簡短的名詞解釋。</p> <p>6.圖表標題位置請依照一般通用圖下表上的編排方式，圖表標題並請翻譯成中文。</p> <p>7.建議第一章應針對本研究的研究範圍界定清楚，本研究所針對的是蜂巢式行動通訊資訊(CCI)，並不探討GPS手機的定位技術，以便後續章節探討CCI的定位技術及在ITS可能的應用能明確區分。</p> <p>8.第四章提到不同層級資訊，受測者所使用的行動電話是否有所限制，以台灣目前的行動電話系統能否達到三個不同層級資訊的蒐集？請說明其可能的限制。</p> <p>9.報告文中錯、漏字仍多，建議修正細節請逕洽承辦單位。</p>	<p>6.遵照辦理。</p> <p>7.遵照辦理。</p> <p>8.台灣目前的行動電話系統只能蒐集層級A資訊，若配合無線定位架構的建立或採用未來3G系統將可達到層級B、C。</p> <p>9.遵照辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

B.2 「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(1/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>俞組長貴馨：</p> <p>1.由目前的觀察,GPRS 或 3G 是否會有廣大之用戶群,仍是令人質疑之。若使用人數不多,則利用其統計交通量,是沒有意義的。因此,我們仍應以目前手機之主流系統”GSM”為目標網路。但,目前國內之 GSM 網路只能做到層級 A 之資訊蒐集。這些資訊目前在國內各重要道路上,均已有能力蒐集。因此,應不必再利用 GSM 網路來蒐集層級 A 之資訊。即報告中之示範計畫一似可不必執行。</p> <p>2.報告中之示範計畫二及計畫三,均是針對提供層級 B 及 C 較精準之定位資訊。此種精確之定位資訊,一般而言,均是針對要提供「個人服務」時才需要。亦即,根據使用者之位置,提供其所需之交通資訊。此種服務,應是行動網路業者有意願可提供給顧客之收費服務項目之一。因此,業者自然會評估是否有市場價值而決定是否要投資建設以提供其服務。由於,這種「個人服務」與系統之普及度關係不大,因此,PHS、GPRS、3G 等系統,不論其使用人數多寡,均可參與此種服務之提供。而基於成本及獲利之考量,政府若欲提早推出有意義之服務,則可考量在經費上補助業者,或提供額外頻譜來鼓勵業者提早推出服務項目。因此,目前運研所應積極研究層級 B 及 C 之交通資訊,可提供什麼有意義之服務。</p>	<p>1.目前所使用「傳統感應式監測系統」雖可蒐集層級 A 資訊,但其維護不易且只能蒐集點狀資訊,反應區域大小及提供交通特 資 訊 準 確 度 路通訊系統所能提供之面狀資訊不盡相同,故兩者資訊可合併或分開使用,以擴大偵測範圍。</p> <p>2.PHS 系統可用來偵測都會區目標幹道之交通資訊,GSM 系統目前可用來偵測高速公路之交通資訊。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(2/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>林委員偉成：</p> <p>1.本計畫在背景分析、基本原理以及電波傳播模式方面，精闢且簡單扼要說明，非常難能可貴。</p> <p>2.ITS之交通運用方面，本計畫亦在應用領域之發展上，以不同精確度之應用層級列舉許多可能之方式，誠屬難能可貴。</p> <p>3.針對本計畫之應用可能性研究而言，在執行之層面，存在著使用應用模式、網路交通管理、實作架構、服務功能、收費機制等，皆為值得探討研究的題目，應可繼續委託研究單位進行後續計畫。</p> <p>4.為避免觸及法律面、業務面之問題，後續研究可仿徵求志願者之模式，將執行面之技術問題加以整合分析，以進行更深入之探討。</p> <p>5.附錄中已稍微說明執行時之機制，可趁勝追擊，試選定運用模式，將其執行出來，以為 pilot system，作為後續大規模應用推廣之步驟。</p>	<p>1.感謝委員肯定。</p> <p>2.感謝委員肯定。</p> <p>3.建議主辦單位於未來實作計畫中加以探討。</p> <p>4.該意見納入示範計劃之規劃考量。</p> <p>5.如張開國委員第四點意見所提，可採用特許權的方式，以區域(台北、高雄都會區)或路線(國道一號、三號)之目標交通區塊為範圍，每一範圍允許二家以上行動電話業者可以自行利用行動電話偵測交通資訊(或定位)，並可加值提供給用戶或其他需要的人。特許業者所蒐集和加值的資料應免費提供給政府作為交通管理之用，政府不能轉給其他人作商業使用。政府亦可將不同特許業者所蒐集的資訊加以整合，回饋給業者使用。其他行動電話業者可向特許業者價購交通資訊直接或加值後，提供給其用戶或做其他用途。</p>	<p>—</p> <p>—</p> <p>未來將爭取預算進行實作計畫之研究</p> <p>未來將爭取預算進行實作計畫之研究</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(3/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>張委員開國</p> <p>1.國內大部份 GSM 系統業者皆已對訊號強度或 TOA 等定位技術做進一步的研究，研究成果為其內部之業務機密，甚少對外公布。PHS 系統業者則是利用 Cell ID 及 RSSI 資訊做混合式定位，其定位誤差約 60-80 公尺，且可連續追蹤行動台之位置變化，配合區域電子地圖之建構，可提供行動用戶各種生活資訊之搜尋與下載，目前定位服務已成為該系統之加值服務項目之一，可由行動用戶自行決定是否採用。以上補充請參閱期末報告第六章。</p> <p>2.本報告著重於定位系統及其技術之探討，但對於如何偵測交通資訊，例如交通量，行車速率等之技術，僅以文字描述其構想，並無文獻或實例之說明。例如：可有文獻或實例探討，如何在所有開機(或通話)的行動電話中確認出有多少是在行駛車輛中發出的；如何找出行駛的車輛中有多少比例正在使用行動電話；以及採用 A、B、C 層級估計交通量及行車速率的精確度各有多少等資料，請研究單位補充說明。若沒有，亦請說明。</p>	<p>1. 國內大部份 GSM 系統業者皆已對利用訊號強度或 TOA 等定位技術做進一步的研究，研究成果為其內部之業務機密，甚少對外公布。PHS 系統業者則是利用 Cell ID 及 RSSI 資訊並架設 Location Service 進行定位，其定位誤差約 60-80 公尺，且可連續追蹤行動台之位置變化，如配合區域電子地圖之建構，可提供行動用戶各種生活資訊之搜尋與下載，目前定位服務已成為該系統之加值服務項目之一，可由行動用戶自行決定是否採用。以上說明將附於期末報告第六章。</p> <p>2.目前所查詢的公開文獻似乎無有關「如何偵測交通資訊」之實例說明。PHS 系統雖已可提供定位服務，並無有關交通資訊方面的評估研究。本計劃欲確認利用蜂巢式系統偵測交通資訊的可行性，處理交通資訊的演算法在後續計劃再納入研究考量。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(4/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>3.依據本報告之探討，以行動電話可偵測的交通資訊中，應以平均速率可能最為精準，其延伸的平均行駛時間、平均延滯等資訊已可提供做為行車導引之用。然而由於行駛的車輛中有多少比例正在使用行動電話，為一隨時變動的參數，因此不論採用 A、B、C 那一個層級，皆無法正確估計，所以利用行動電話估計交通流量、車種分配、轉向比例等交通資訊，可能其誤差較大而必須利用傳統偵測器(點狀感應器系統)的資料來校估。</p>	<p>3.遵照辦理，並納入期末報告 4.2 節。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>4.依據上述推論，行動電話業者若獲得偵測交通資訊(或定位)之特許權，則其可以提供行駛時間、速率等資訊給其行動電話之用戶，亦可與行車導引系統搭配使用，或可將其資訊轉售給其他行動電話業者或其他需要的人。獲特許權之業者更可利用偵測器的資料做交通資料的加值，提供更精確的服務。此外，延伸定位系統之發展，可以推廣到商用車輛、客運業者等之車隊管理、交通事故或意外事故之搜救等延伸的利基。甚至於可以與電子收費系統結合，以行動電話帳號付費等諸多 ITS 之應用。因此，建議採用特許權的方式，以區域(台北、高雄都會區)或路線(國道一號、三號)為範圍，每一範圍允許二家行動電話業者可以自行利用行動電話偵測交通資訊(或定位)，並可加值提供給用戶或其他需要的人。特許業者所蒐集和加值的資料應免費提供給政府作為交通管理之用，政府不能轉給其他人作商業使用。其他行動電話業者可向特許業者價購交通資訊直接或加值後，提供給其用戶或做其他用途。業者利用政府資料校估之交通資訊亦應免費提供給政府做為交通管理之用。此一模式類似德國柏林市與西門子公司於都市交通控制上的合作方式。其優點為：</p>	<p>4.建議做為規劃後續研究計劃之參考。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>



「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(5/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>(1)特許業者因有利基，會不斷地研發其交通資訊偵測的準確性與即時性，以提供給其用戶，增加利潤。</p> <p>(2)業者可以自行規劃發展適合本身系統之模式，不須考慮業務機密及客戶隱私被洩漏或牽就其他系統之需求等問題，亦容易與原系統供應商進行技術開發。</p> <p>(3)特許業者因有特許之利益，政府不須再提供任何資金補助或其他方式(頻譜)的補助，政府可以利用最少的成本，獲得精確的交通資訊作為交通管理之用。</p> <p>(4)政府亦不須花費人力物力去訂定詳細的技術標準或規範，來統合不同的行動電話系統，只需要交通資訊的簡單要求即可。</p> <p>至於初期研發階段，建議由業者(一家或多家皆可)各自提供其軟硬體之增修等費用(自己做自己的系統與其他業者無關)，政府投入研究經費，在同一交通區內進行測試，以了解利用行動電話偵測交通資訊之潛力以及其利基所在。</p> <p>5.另 3G 之開放，亦建議將利用行動電話偵測交通資訊(或定位)列為另一特許權辦理。</p>	<p>同上。</p>	<p>—</p>
<p>6.建議研究單位將上述特許權的方式，列為未來政府推動以行動電話偵測交通資訊的方案之一，供政府相關單位參考。</p>	<p>5.納入未來推動「利用行動定位資訊擷取交通資訊」具體作法之一。</p> <p>6.納入未來推動「利用行動定位資訊擷取交通資訊」之具體作法之一。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(6/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>運計組蘇振維工程師：</p> <p>1.簡報28頁提到推行具規模定位服務可能造成容量不足的問題，由於有線固網可同時進行第四台與上網服務，本組亦構建完成無線廣播副載波載送數據資料，因此行動電話定址是否影響容量，請釐清。</p> <p>2.請研究單位加強交通資訊之同一部車定位，以了解固定時間之移動距離，便可以轉換成所有的交通資訊。</p> <p>3.簡報32頁應可以定位準確度計算移動距離，再推回報間隔，請說明。</p>	<p>1.如俞貴馨組長所提，資料傳送會佔用到語音的頻寬，因此的確會產生容量不足的問題。</p> <p>2.遵照辦理，請參閱第三點之答覆。</p> <p>3.示範計劃一之定位準確度與細胞大小有關。若目標手機回報 Cell ID 之間隔時間太短，則會增加系統的負荷，且擷取之交通資訊變化不大；若間隔時間太長，則兩次 Cell ID 回報之時間間隔內車輛之移動距離可能會橫跨不同細胞，無法準確紀錄目標手機進入/離開特定細胞的時間及存續時間。故若以車速平均每小時 90 公里為例來計算，5 秒鐘約走了 125 公尺，一般高速公路的細胞涵蓋半徑為 0.8~1.5 公里(人口稠密區)，故每隻目標手機會連續傳回約 12 筆至 24 筆同一 Cell ID 資訊給系統做紀錄(若車速更慢，筆數則更多)，一般來說高速公路上兩細 250 公尺至 800 公尺左右，以提供手機交遞(handoff)之用，假設目標手機正由 Cell A 往 Cell B 移動，在 overlap 區域之內，系統可能接收到 Cell A 或 Cell B 的 ID，通過了這個不確定區域，目標手機則確定回報 Cell B 的 ID 給系統。假設交遞的分界線是在 overlap 區域的一半，若目標手機剛好在分界處回報 Cell A 之 ID 給系統，則還要往前移動 125 至 400 公尺，才能到達 Cell B 的確定區內，目標手機在不確定區域內移動 5~16 秒鐘，亦即兩次 Cell ID 回報的間隔時間可以取 5~16 秒，可確定目標手機之 Cell ID 值由 A 變成 B，故取極小值 5 秒鐘為目標手機 Cell ID 的回報時間</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(7/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
4.請增加說明國外案例。	4.以日本 PHS 系統為例，請參閱張開國委員第一項意見之回答。美國目前正執行在華盛頓 DC 與巴爾的摩間道路 I-95 與 I-495 上，利用 CCI 擷取交通資訊之計劃。	同意承辦單位辦理情形
<p>張委員連成：</p> <p>1.6.4 節示範計畫一，係用 SIM 卡發送定位資訊在實驗上可行，但要擴大到「全面實施」(class A)，在實際可行性方面請考慮。</p> <p>2.各種定位技術之成本考量，請概括。</p> <p>3.國外應用實例是否有層級 C 之應用？採用何種技術？</p> <p>4.計畫二(層級 C)如何分辨行人與車輛？</p> <p>5.既然有些委員對現有 GSM 系統用來定位／提供交通資訊有疑問，建議多提供國外應用行動電話系統偵測交通資訊之相關實驗計畫成果。</p>	<p>1.示範計劃實施後若欲繼續推廣，政府可根據所蒐集層級 A 交通資訊之實用性做為考量，採用特許權的方式，由業者自行規劃、評估執行方式。</p> <p>2.請參閱表 6.1。</p> <p>3.以日本 PHS 系統為例，手機可回應系統之位置查詢，進行定位追蹤(層級 C 資訊)，其利用 Cell ID 與 RSSI 資訊混合定位，定位誤差約在 60-80 公尺，請參閱期末報告第六章。美國亦有採用定位系統與現有蜂巢式網路共構，以擷取層級 C 資訊的例子，詳請參閱期末報告第五章。</p> <p>4.追蹤手機所在位置後利用通訊的方式直接與行動用戶確認，以分辨行人與車輛。</p> <p>5.請參閱運計組第四項意見之回覆。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(8/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>東訊電信：</p> <p>1. 民營電信公司對於頻譜的使用非常謹慎，設若手機每五秒回傳一次，對 pocket switch 及 server switch 會造成很大的影響，甚至對系統及交換機會造成非常大的衝擊、甚或當機，建議研究單位務必注意此一問題。</p>	<p>1. 示範計劃一係採用特定之目標手機植入 SIM 卡，業者事先可評估系統可容忍之目標手機數量，應無此方面題。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>電信總局：</p> <p>1. 討論中提到希望政府提供額外的頻譜以供業者進行大規模的測試，必須考慮目前是否有多餘的頻譜足以提供。目前 GSM 900 已無多餘頻譜，至於 GSM 1800 的現有頻譜分布相當零落，且考量有些偏遠地區有干擾現象，很難有完整的頻譜區塊可以提供，有必要再進行研究。</p>	<p>1. 有關頻率問題，基本上 GSM 900 問題不大，因為中華電信剛把 AMPS 系統清掉，應該還有擴增的容量；頻率固然很貴，但是沒有釋放出來，基本上並沒有任何附加價值。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>綜技組陳組長一昌：</p> <p>1. 部分名詞問題仍宜加以補充，如：                      (1) 層級 A 的「運作模式」與層級 C 的「操作模式」。                      (2) CCI 的「比率標準化」與「標準化比率」。</p> <p>2. 宜補充資料部分：                      (1) 表 5.2.1 宜如簡報 14 頁，將 2G 及 2.5G 定位資訊與 3G 作比較。                      (2) 圖 5.2.1 僅為 mobile-assiste 宜增列 mobile-based 示意圖。</p>	<p>1. 此係屬名詞翻譯未能統一之故，已於定稿報告中修正。</p> <p>2.                      (1) 遵照辦理。                      (2) 圖 5.2.1 為 WCDMA 系統定位技術之一—協助式衛星 (Assisted-GPS) 定位法之圖例，不同於 Mobile-Assisted, 其與 Mobile-Based 均為 WCDMA 系統定位服務架構，兩者意義不一樣，有關 WCDMA 定位技術與定位架構之說明，詳見期末報告第五章。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(9/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>3.表 5.1.2 似以 network-based 定位架構於各項評比中似均較優，惟國內外均無測試經驗之原因為何？第 5 章內亦建議國內之發展方向訂在網路為基礎且外掛式的定位，故宜澄清其可行性。</p> <p>4.第 61 頁所提「在整個網路裡設置 beacon 成本不高，其所提供即時資訊之準確度不會太高」一節，與 ITS 環境中，利用 beacon 與 obu 間之通訊作公車定位等用途之觀念，似有出入。</p>	<p>3.修正原翻譯「進行實作展示」為「是否能在手機上展示定位結果」，已於定稿報告中修正。</p> <p>4.遵照辦理，已於定稿報告中修正</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>劉委員榮宜：</p> <p>1.PDA+GPS 介面卡的定位商業用途，有廠商正在推廣，似乎較可行，尤其在人機介面、準確度與免干擾等技術較佳。</p> <p>2.GSM 主要是提供以語音為主的電信服務，顯然在定位服務提供，並非原來的目標。</p> <p>3.如以每 5 秒傳送 1 次為例，高速公路車輛時速 100 公里／小時，每秒為 28 公尺，亦即每次傳送距離差為 140 公尺，所以必須考慮準確度而降低傳送時間，則亦造成基地台額外的負載。</p> <p>4.如何分辨行動電話使用者是在大樓內、塞車時、走路時、開車慢速前進等不同狀況？</p>	<p>1.此為另一可行之 Business Model，與利用現有蜂巢式網路偵測交通資訊並不衝突。</p> <p>2.本研究目的為研究 GSM 手機之行動定位加值服務應用。</p> <p>3.請參閱運計組第三項意見之回覆意見。</p> <p>4. 利用層級 C 定位資訊，追蹤行動用戶之位置變化後，利用通訊的方試與其溝通，以確認狀態。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

「利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(10/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>科技顧問室：</p> <p>1.本研究分析國際間定位系統之技術，以座談方式了解國內業者使用系統之狀況及執行本計畫之配合度，並能依照技術面、法規面及執行面擬定可行性之階段性計畫，為一構思嚴謹、執行計畫周詳之委託計畫，謹予以肯定。</p> <p>2.計畫二中預期成果三：B/C 資訊與交通資訊間相互關係及衝擊、資訊管理之複雜度等，是否可以以應用模擬方式分析？</p> <p>3.報告中仍有少數之遺漏及錯誤字，請修正。如：94 頁、98 頁第 9 行、98 頁第 17 行、99 頁第 16 行等。</p> <p>4.本研究課題值得持續進行規劃與應用研究，請依「規劃研究課題」及「實務應用」兩方面提出具體建議，俾供相關單位參考。</p>	<p>1. 感謝肯定。</p> <p>2.建議納入後續研究計劃工作項目之考量。</p> <p>3.已於定稿報告中修正。</p> <p>4. 針對本計畫之應用可行性研究而言，在執行之層面，存在著使用應用模式、網路交通管理、實作架構、服務功能、收費機制等，皆為值得探討進一步研究的課題；至於「實務應用」方面，請參閱期末報告第三章。</p>	<p>—</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>有關執行面將爭取預算辦理實作計畫進行研究</p>
<p>國工局陳清棋工程司(書面意見)：</p> <p>1.建議層級A資訊實驗計畫應用於高速公路，以補強高速公路資訊提供之不足。(因為 GSM 未來十年還是具有市場客戶，且交通資訊不須太準確的資料即可進入交控系統應用之，如果政府再給予些許頻譜及政府補助，應該可行)。</p>	<p>略</p>	<p>—</p>

利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(11/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>2.政府如何做，GSM/PHS 業者才願意提供此偵測交通服務資料擷取服務？報告中提出六點建議，但雙方所需付出的資金及實際物資是什麼？業者的利益為何？請補強再加以說明，以利後續規劃辦理。</p>	<p>2.請參閱如張開國委員之第4點意見答覆說明。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>綜技組(書面意見)： 1.期末報告在撰寫格式，建議作以下調整： (1)建議章節名稱可以再依據實際內容，以比較簡潔的方式表示。 (2)報告格式、字體大小等，請依照本所出版品規定辦理。 (3)期中簡報審查意見答覆說明，請列表與審查意見對照說明，期末簡報審查亦建議請比照辦理，並應於定稿前加註主辦單位審查意見。 (4)建議於第一章增加研究內容與方法、研究範圍與對象、研究流程。 (5)本研究雖已於報告附錄增列一份中英對照索引，但仍有部分名詞及英文縮寫仍未納入(例如：CDMA、AMPS....等)，建議再予補充，並請補註出現於內文中之頁碼。部分翻譯名詞(intelligent transport system 翻成「系統智慧型運輸系統」)有誤，併請修正。另請針對部分電信專有名詞增加簡短的名詞解釋，以利閱讀。</p>	<p>1. (1) 遵照辦理。 (2) 遵照辦理。 (3) 遵照辦理。 (4) 遵照辦理。 (5) 遵照辦理。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形 同意承辦單位辦理情形 同意承辦單位辦理情形 同意承辦單位辦理情形 同意承辦單位辦理情形</p>

利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(12/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>(6)結論部分建議將具體成果條列說明為宜，</p> <p>(7)本研究雖已增列參考文獻，惟並未在報告內文中標註所引用文獻標號與篇名。</p> <p>(8)本研究部分章節係翻譯本研究團隊成員之英文著作，如不涉及智慧財產權，建議將原文列為附錄供參。</p>	<p>(6) 遵照辦理。</p> <p>(7) 遵照辦理。</p> <p>(8)本論文之部份參考文獻因牽涉智慧財產權，不便對外公開。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>2.報告中僅就與本研究內容相關電信法規整理條列，但對於利用行動電話偵測交通資訊的適法性仍未明確釐清，宜請補充說明。</p>	<p>2.由「電信法」與「通訊保障監察法」條文得知，電信事業除非受法律程序查詢，否則必須保障通訊隱私權。在利用行動電話偵測交通資訊的過程中，電信業者雖會接觸部份個人隱私的資料，不過仍可利用適當的方法提供交通資訊並有效地迴避個人隱私，例如可用代碼的方式取代行動台定位資訊中有關於個人資訊的部份，然後再將個別資訊加以統計分析，提供相關之交通資訊。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>3.期中簡報審查意見提及許多本研究的研究限制，例如資料提供可行性、基地台位置適宜性、基地台負荷、基地台位置與路段的對應關係、可蒐集的交通資料等問題，建議於 6.1 節技術面的探討中，予以加強說明。另針對部分審查委員所提到實務運作所面臨不同層級的不同準確度，建議亦於報告適當章節予以說明。</p>	<p>3.遵照辦理，請參閱定稿報告第六章。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>4. 6.4 節所提出二項示範計畫，建議增加不同規模下所需執行經費與所需配合之主協辦單位。</p>	<p>4.遵照辦理，請參閱表 6.5。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>
<p>5.期末報告文中仍有部分錯、漏字，或部分文辭翻譯不適切之處(例如：第 92 頁最後一段仍未完成等)，建議修正細節請逕洽承辦單位。</p>	<p>5.遵照辦理，已於定稿報告中修正。</p>	<p>同意承辦單位辦理情形</p>



利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究」 期末簡報意見回覆表(13/13)

意見內容	檢討辦理情形	主辦單位審查意見
<p>主席結論：</p> <p>1.有關本報告對於定位系統與相關技術有相當深入的說明，本人予以高度的肯定與感謝。</p> <p>2.研究中所可能偵測的交通資訊有哪些(如個別速率、平均速率、個別延滯、平均延滯、轉向或是路線追蹤等)，特別適用的地點為何(一般道路、高速公路等)，希望有一專節來予以詳談。</p> <p>3.請特別針對可行性(經費的來源、對業者的干擾)、有效性(從2G、2.5G開始先著手、還是等3G再進行)、誘因(必須是真正能吸引業者、政府與使用者投入的誘因)等加以分析各示範計畫，提出優先示範的建議。</p> <p>4.其他與會學者專家所提的口頭或書面意見，請研究團隊參考修正並列表說明辦理情形。</p>	<p>1.感謝主席肯定。</p> <p>2.請參閱定稿報告第 6.5 節。</p> <p>3.請參閱定稿報告第 6.5 節。</p> <p>4.遵照辦理</p>	<p>—</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p> <p>同意承辦單位辦理情形</p>

## 附錄 C 行動電話業者座談紀錄

研究小組於民國 90 年 5 月 22 日與國內各大哥大業者分別進行座談，參與討論之業者其時程安排見附錄 E，討論之問題與建議彙整如下：

### 1. 業者如何利用現行網路進行無線定位？

使用特定的手機及 SIM 卡，將 Cell ID 的資訊傳給基地台。如此不論在 Idle Mode 或是 active Mode 皆可達到定位目的。未來可利用該種方式進行實地測試，惟行動台採樣(被追蹤)數目應以不影響現有網路正常運作。

### 2. 若要求業者開放部分系統界面供交通資訊蒐集整合之用，業者的意見為何？

- (1). 是否會影響現有網路之正常運作？
- (2). 部份系統界面的開放可能牽涉到智慧財產權及技術問題，例如需原系統供應商之技術支援。

背景說明：目前各家系統業者既有網路架構差異大，所能提供的定位功能、方式及標準難以整合。

### 3. 從系統架構及定位資訊層級討論並規劃現行或未來系統定位技術(GSM/CDMA)實現示範計畫的功能需求及系統架構。

- (1). 對於 2G 的 GSM 系統來說，以 Cell ID 資訊定位之技術成熟度高，且可滿足層級 A 交通資訊的需求，應可做為下階段示範計畫的主要方案。
- (2). 對於以手機、網路或混合的定位架構來執行準確度較高的定位服務，目前只有一家業者有意願以 2G 系統網路為基礎外加定位系統測試不同定位技術，如 TOA、E-OTD 及相關應用。其它業者大多仍在 paper survey 的階段。
- (3). 多數業者傾向將無線定位功能放置在 3G 網路中實行。

### 4. 討論各項定位技術(含系統架構)轉移到台灣蜂巢式網路系統之可行性及可能需要之系統及價格(以美國為例)

目前定位技術的發展以美國最為蓬勃，且技術成熟度皆有一定的水準，其研究的方向一般是以網路為主的架構來執行定位功能

(請參閱表三)。目前有兩家業者已做過相關的 paper survey，甚至已有廠商與其接觸過，但如同前項所提，由於目前定位服務市場商機/需求仍不明顯，業者大多採觀望態度，較不易貿投資或升級其網路定位系統。不過仍有一家業者對於將定位技術(含系統架構)與蜂巢式網路整合，以進行定位之測試計畫有相當大的興趣。

5.就目前基地台設置而言，在大都會區、一般城市、郊區還有重要交通路段 Mapping 為何?是否有規則可循?分別就層級 A、B、C 要應用在哪些對應之路段，要蒐集哪些資訊?

目前各家業者對於現行 GSM 系統基地台設置的規劃方式皆是以所在地的地形環境、建築物高度及人口密度做為主要的考量，甚少考慮以涵蓋主要道路路段的方式來設置基地台，所以並無一定的規則可循。

6.將來定位資料提供給需求單位之可行性為何?資料的格式為何?業者需要蒐集何種資訊?

在技術上可配合需求單位，不過目前各家系統業者既有網路架構差異大，所能提供的定位功能、方式及標準難以整合。至於資料格式與蒐集何種資訊則必須與主管單位做進一步的確認，業者希望在不洩露業務機密及保障用戶穩私權的前提下進行，例如基地台位置資訊，應以間接的方式，例如組成交通區塊來呈現。

7.考量基地台的負荷，是否有抽樣(Sampling)的問題?如果不進行抽樣是否會有容量上的限制?

若要求 GSM 網路連續(每 5 秒一次)記錄行動台 Cell ID 會造成基地台及網路負擔，於是將有容量上的限制，研究小組請業者根據本身系統的營運狀況作容量上限的初步評估：評估採樣(被追蹤)行動台數量，各行動台 Cell ID 的資訊每 5 秒鐘紀錄一次，同時並紀錄進入及離開特定 Cell 之時間。至於所需之額外成本，也請業者做進一步的評估，以做為規劃未來實測計畫之用。

8.業者是否配合政府推動此計畫? 規劃政府應辦事項，提供足夠誘因讓業者能夠有意願配合進行行動定位，但是政府所提供的誘因除補助外，是否有其他方式?

(1). 業者皆願意配合政府執行此項計畫，但如同第二個問題所提，業者所關心的事項如如何保護個人隱私、智慧財產權、

業務機密、系統界面整合等問題皆需要與主管單位做進一步的溝通確認，期以互惠的方式共同推動國內 ITS 的建設。

(2). 誘因及援助：

- i. 政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。
- ii. 政府整合各家業者定位及相關資訊後，將相關之交通資訊回饋給業者使用。
- iii. 提供業者適當之技術輔導及資金輔助。
- iv. 規範適當標準技術規範及應用範疇：根據所蒐集之業者系統相關資料，規範出適當之定位方法及計畫時間表，並且明確規範出不同時期因應不同定位精準度所能應用之範圍(以公共安全/人身安全為主)，讓業者有規範可循。

## 附錄 D 中英文名詞對照表

英文全名 (縮寫)	中文全名	頁碼
Adaptive Antenna	適應性天線	17
Adaptive Antenna Array	適應性陣列天線	16
adaptive antenna array system	適應性陣列天線系統	20
adaptive beamsteering algorithms	適應性波束操控演算法	74
Advance Mobile Phone System (AMPS)	類比式蜂巢行動電話系統	1
Advanced Traveler Information Systems (ATIS)	先進旅行者資訊系統	2
Analog to Digital converter (A/D)	類比到數位轉換器	22
Angle of Arrivals (AOA)	抵達角度	8, 14
Arbitrary Array Geometries	任意幾何形狀的陣列	18
array calibration	陣列校正	23
array factor	陣列因子	19
array response	陣列響應	23
automatic interference nulling	自動消除干擾	17
Automatic Vehicle Location (AVL)	自動車輛定位	37
azimuthal angle	方向角	19
Barret Beamforming	Barret 波束演算法	18
Base Station (BS)	基地台	1
Base Station Controller(BSC)	基地台控制器	77
beamforming	波束	16
beaming forming method	波束形成法	26
beamwidth	波束寬度	22
blind adaptive antenna array system	盲目型適應性陣列天線系統	20, 21
blocks conversation	區塊對話	68
Broadcast Controlled Channel (BCCH)	廣播控制通道	56
Capon Beamforming	Capon 波束演算法	18
car phone	汽車電話	6
cell	細胞	1
Cellular Communication Information (CCI)	蜂巢式網路定位資訊	2
central coverage area	中心覆蓋區域	14
centralized database hubs	中央資料集線器	76
Centralized Location Network Controller (LNC)	中央定位網路控制器	72
channel impulse response	通道脈衝響應	23

英文全名 (縮寫)	中文全名	頁碼
clocks	時脈	22
cluster	群集	1
Code Division Multiple Access (CDMA)	劃碼多路進接	1
complex baseband format	複數基頻的格式	22
complex envelop signal	複數波包訊號	20
constant envelope	常數波包的方式	21
Constant Modulus Algorithm (CMA)	常數之模數演算法	21
control channel	控制頻道	68
conventional delay lock loop	傳統的延遲鎖定迴路	27
Dead-Reckoning System	移動式定位量測系統	7
Deterministic Maximum Likelihood (DML)	決定式最大可能性演算法	18
Digital Signal Processing (DSP)	數位訊號處理	16
Digital Signal Processor (DSP)	數位訊號處理器	76
Direction of Arrival (DOA)	抵達方向	17
Directional Finding Technique (DF)	方向搜尋技術	14
Doppler shifts	都卜勒偏移	23
down conversion technology	高速數位降轉技術	68
Electronic Toll Collection (ETC)	電子收費	41
elevation angle	高度角	19
Enhance Electronic Toll Collection (EETC)	加強型電子通行費蒐集系統	43
epoch	時段	56
Fast Fourier Transform (FFT)	快速複立葉轉換	26
Fixed Observer (FO)	固定觀察者	7
forward link	順向鏈路	58
frequency drift	頻率漂移	7
frequency hopping	躍頻	55
Fully Adaptive Antenna System	全適應性天線系統	17
fuse	整合	55
fusion function	整合功能	55
Global Positioning System (GPS)	全球定位系統	6
Global System for Mobile Communications (GSM)	全球行動通訊系統	1
handover	交遞	9
handset	手機	6
hearability	接收訊號的能力	61

英文全名 (縮寫)	中文全名	頁碼
Hermitian transpose	厄米特轉置矩陣	21
high-resolution frequency estimator	高解析度頻率估算	26
hybrid positioning	混合式定位	8,56
iterative calculation	疊代法	22
Iterative Quadratic Maximum Likelihood (IQML)	主動性二次式最大可能性演算法	18
Least Square Criteria (LS)	最小平均原則	21
Least-mean-square technique	最小均方技術	26
Light of Sight (LOS)	視線波	15
Linear Equally Space antenna array (LES)	線性等空間陣列天線	19
Location Control Point	定位控制點	72
Location Enhance Cellular Information Service (LEGIS)	廣播站台定位系統	7
Location Measurement Center (LMC)	定位量測中心	63
Location Measurement Units (LMU)	定位量測單元	76
Location Service Center (LSC)	定位服務中心	8
Location Service Nodes	定位服務節點	72
Location Transfer Point	定位轉換點	72
locus function	軌跡功能	54
Long Range Navigation positioning system (LORAN)	長距離導航定位系統	6
LOS signal	視線波訊號	16
Map Information Display System (MIDS)	地圖資訊顯示系統	68
mean of feedback control	回饋控制的平均值	17
Minimum Mean Square Error (MMSE)	最小均方誤差法	21
Minimum Norm	最小範數演算法	18
Mobile Assisted positioning	移動台協助式定位	60
mobile service center	手機服務中心	65
Mobile Station (MS)	行動台	1
Mobile Switch Center (MSC)	手機轉換中心	77
Mobile Switching Center (MSC)	交換機	1
mobile-based positioning	行動電話手機為主的定位	8, 53
modulated bandwidth	訊號調變後的頻寬	17
multi-path effects	多重路徑的影響	75
multipath fading	多重路徑衰落	26

英文全名 (縮寫)	中文全名	頁碼
Multi-path Method	多重路徑定位法	74
multipath propagation	多重路徑傳播	26
Multiple Access Interference (MAI)	多重存取干擾	26, 28
Multiple Distributed Location Base Station (LBS)	多重分佈的定位基地台	72
Multiple Signal Collection System (MSCS)	多重訊號蒐集系統	72
MUSIC	多重訊號分類演算法	18
near/far signal	遠近訊號	74
network monitor (netmon)	網路監視器	68
network-based positioning	行動電話網路為主的定位	8, 55
NLOS propagation	非視線傳播	26
Non Light of Sight (NLOS)	非視線波	16
Observed Time Difference (OTD)	觀察時間差	12
oscillators	震盪器	22
overall antenna pattern	整體場形	18
paging service	呼叫服務	54
parametric data model	參數資料模型	17
pattern	天線場形	17
pattern-recognition perspective	場形識別觀察法	75
Personal Communication Service (PCS)	蜂巢式個人通訊	5
pilot channel	指標頻道	58
Position Information Navigation System (PINS)	位置-資訊-導航系統	7
power control	功率控制	55
power up function	提高功率功能	61
propagation medium	傳播媒體	26
radar jamming	雷達干擾	17
Radio Data System Channel	無線資料系統通道	8
Ray tracing model	射線追蹤模型	24
reference element	參考天線單元	19
remote-positioning	遠端定位	8
reverse traffic channel	逆向通話通道	16
sector information	區域資訊	55
selective model	選擇性模型	16
self-phasing antenna system	自主性相位天線系統	17
self-positioning	自主定位	8



英文全名 (縮寫)	中文全名	頁碼
Serving Mobile Location Center (SMLC)	服務手機定位中心	76
Short Message Service (SMS)	短訊服務	54
Side Lobe Cancellers (SLC)	旁波瓣消除器	17
signal strength identification	訊號強度的判別	55
Signpost Location System	信號柱定位系統	7
slotted transmission	槽式傳輸	61
Smart Antenna	智慧型天線	16
software correctable oscillator circuit	軟體可修正式震盪電路	68
spatial correlation length method	空間相關長度方法	74
spatial-temporal parameter	時空參數	17
state-of-art direct IF receiver	直接 IF 接收器的最新技術	68
steering vector	引導向量	20
Stochastic Maximum Likelihood (SML)	統計式最大可能性演算法	18
super resolution	超高解析度	17
super-resolution techniques	多重解析技術	26
Time Advance (TAs)	時間預知	9
Time Difference of Arrivals (TDOA)	抵達時間差	8, 11
Time of Arrival (TOA)	抵達時間	6
Time of Arrival (TOA)	抵達時間	8
timing offset	時間差異量	54
turn-key	套裝式	65
U.S. Federal Communications Commission (FCC)	美國聯邦通訊委員會	5
Uniform Circular Array	均勻圓形陣列天線	17
Uniform Linear Array	均勻線性陣列天線	17
Uniform Linear Array	均勻線性陣列	18
uniformly linear array	均勻線性陣列天線	22
uplink	上鏈	55
Variable Speed Limited Control (VSLC)	可變速限控制	38
voice channel	語音頻道	68
Weight Subspace Fitting (WSF)	加權子空間適應演算法	18
Wide-band Code Division Multiple Access (WCDMA)	寬頻劃碼多路進接	1
Wireless Location Platform (WLP)	無線定位平台	72
Wireless Multipath Channel Models	無線多重路徑通道模型	23

## 計畫成果摘要內容

本研究重點可分為四部分，一是探討無線網路定位技術，二是探究蜂巢式網路定位資訊在 ITS 上的應用，三是分析蜂巢式無線網路定位技術在 ITS 應用的潛在問題，最後針對相關技術面、法律面與執行面進行研究，並提出示範計畫規劃。

### 一、無線網路定位技術

現有定位系統大致可區分為全球定位系統、長距離導航定位系統、移動式定位量測系統、信號柱定位系統、廣播站台定位系統，及蜂巢式無線定位系統等。其中，就蜂巢式無線定位系統所使用的定位方式可進一步區分為：行動電話手機為主的定位、行動電話網路為主的定位，以及混合式定位。無線定位技術所使用方法很多，基本原理是藉由訊號的量測將行動台位置計算出來，也就是基地台利用行動台與基地台間的距離或行動台相對於基地台的方向來計算行動台的位置，重要的測量方法包括傳播時間或抵達時間(Time of Arrivals, TOA)、抵達時間差(Time Difference of Arrivals, TDOA)和抵達角度(Angle of Arrivals, AOA)等。不過行動台與基地台間訊號的傳播實際上會產生某些定位誤差，而使得無線定位技術的效能深受影響，這些影響定位技術準確度的因素包括：多重路徑傳播(multi-path propagation)、非視線傳播(NLOS propagation)和多重存取干擾(Multiple Access Interference, MAI)等效應所引起的定位誤差。

### 二、蜂巢式網路定位資訊在 ITS 上的應用

蜂巢式網路定位資訊依其主要功能可劃分為下面三個層級：

層級 A-僅使用行動台所屬細胞辨識碼之資訊作定位分析。應用層級 A 的資訊，可以應用於 1.進行大區域監視系統，作為「定點偵測器」的輔助；2.作為鄉村道路的主要監視系統；3.作為簡單的事件偵測系統；4.作為高速公路動態匝道儀控中道路區段長短劃分的參考；5.作為都市交通路網監視壅塞狀況的輔助系統等。

層級 B-不僅可以知道行動台位於某個基地台所涵蓋範圍，還可以知道行動台的精確位置。應用層級 B 的資訊，則不但可以加強層級 A 資訊環境的所有應用項目，並可進一步應用於 1.監視都市交通並區分子路網以便號誌控制；2.追蹤和管理高速公路現場操作者及事件反應單元；3.壅塞道路區段的可變速限控制；4.作為固定路線運輸車隊營運之用等

層級 C-除了上述二個層級的資訊，只要行動台在「操作模式」之下，特定行動台的位置與行經路徑均能夠被連續地追蹤。應用層級 C 的資訊，則可以作為 1.駕駛者個別的緊急援助系統；2.作為駕駛者個別的動態路線導引；3.道路與都市路網的動態旅次起迄資訊；4.作為 ATIS 動態出發與旅行時間或擁擠定價政策之設計參考；5.評估不同 ATIS/ATMS 策略的有效性等。

### 三、蜂巢式無線網路定位技術在 ITS 應用的潛在問題

目前發展定位技術及系統時面臨兩項關鍵性的問題：

1. 如何在不增加原來大哥大業者系統負擔的條件下，能夠很準確地量測來自移動台的訊號波形與定位所需的相關資訊(例如：時間、強度、角度)。
2. 如何有效地克服定位所面臨的量測誤差(例如：同步上的誤差)，以及環境對定位準確度不可避免的影響(例如：多重路徑影響)。

前者可以藉由發展多類型獨立定位硬體單元，與蜂巢式網路共構來解決。後者解決之道則是依據不同的定位技術發展定位演算法來降低傳播環境的衝擊，將定位估算誤差最小化。如何將定位技術提供者所發展的定位軟硬體成功移轉到大哥大業者，則有下列三種技術移轉/合作方式可供參考：(1).由定位技術提供者提供定位資訊；(2).由定位服務提供者購買套裝式(turn-key)定位系統獲得定位資訊，然後提供定位服務；(3).定位服務提供者自行組裝及發展定位系統。這三種方式的差異性除了定位服務提供者獲得技術移轉程度的多寡之外，尚包括定位服務提供者運用定位資訊的彈性以及提供定位服務項目的多寡，至於如何選擇定位技術移轉/合作的方式，則要考量定位服務項目與內容、定位服務提供者本身具備的定位技術專業知識。

#### 四、提出示範計畫規劃

國內網路無線定位技術發展處於萌芽時期，受限於各家業者對相關資訊之公開、市場未明朗化及投資意願等問題，目前尚無法馬上引進國外的定位技術(系統)進行定位服務及大規模交通資訊的蒐集。因此若要實現蜂巢式網路系統來蒐集定位資訊，研究建議可依下列各階段依序或並行實施：(1).現有 2G(GSM)或 2.5G(GPRS)蜂巢式網路擷取行動台定位資訊，利用細胞辨識碼辨識行動台位置蒐集層級 A 定位資訊；(2).低功率大哥大系統(如 PHS)利用細胞辨識碼及 RSSI 資訊定位以蒐集層級 B 及 C 定位資訊；(3).引進或發展定位技術/系統，與現有 2G 或 2.5G 蜂巢式網路共構(overlay)以擷取行動定位資訊；(4).引進或發展定位技術/系統，架設於未來 3G 蜂巢式網路之上以擷取行動定位資訊。考量實際執行的可行性，研究並研提三項示範計畫如下：

##### 示範計畫一：「利用細胞辨識碼擷取定位資訊」

現階段可行性最高的擷取交通資訊方式之一，對現行 2G/2.5G GSM 蜂巢式網路系統營運之衝擊較小，但其定位準確度受限於細胞大小，適合蒐集高速公路沿線的層級 A 之交通資訊，對業者的干擾主要來自即時交通資訊與網路系統之整合，因各家業者採購之系統不同而各有其困難度。

##### 示範計畫二：「利用低功率大哥大網路定位技術擷取定位資訊」

亦為現階段可行的方式之一，由於系統本身已具備定位服務功能，其定位誤差約 60-80 公尺且能連續追蹤行動用戶之位置變化，適合蒐集大都會區層級 B、C 之交通資訊。

##### 示範計畫三：「引進國外定位技術/系統與現有蜂巢式網路共構」

從國外引進定位技術/系統與現有 2G/2.5G 甚至未來 3G 系統共構，以蒐集比計畫一及計畫二更精確之交通資訊亦為可行之方式之一，惟建構具規模之定位服務設備須幾十至幾百萬美元之投資經費，在目前國內定位服務商機未明朗化之前，GSM 系統業者不敢冒然進行投資，只有少數業者願意利用共構技術提昇 2G/2.5G 系統的定位能力，故此計畫之實施須視國內未來電信市場需求變化再加以考慮。

# 期末簡報資料修正版

## 利用行動電話偵測交通資訊之可行性研究

交通部運輸研究所委託計畫

期末報告修正版

主持人：唐震寰、卓訓榮、張金琳、彭松村

執行單位：交通大學電信工程學系

交通大學運輸工程與管理學系

中華民國九十年十二月二十八日修正

## 網 要

- ❖ 前言
- ❖ 計畫目標
- ❖ 蜂巢式無線網路(電話)定位技術探討及系統架構分析
- ❖ 蜂巢式無線網路定位資訊在ITS上可能的應用
- ❖ 蜂巢式網路定位資訊與傳統感應式監測資訊之整合與比較
- ❖ 蜂巢式無線網路定位技術轉移/合作的潛在問題研究
- ❖ 評估實行一個或多個實地示範計畫的技術彈性與功能需求
- ❖ 總結

## 前 言

國內目前正積極推動智慧型運輸系統的各項相關規劃與建置，希望能夠藉由結合電子、通訊網路及資訊等技術來進行交通管理與控制，期能改善目前的交通服務水準，並提高交通安全性。其中，交通資訊的獲取是進行交通管理與規劃裡不可或缺的一環，因此，將行動通訊系統應用在交通資訊的獲取及監控上就顯得十分地重要。

## 計畫目標

本計畫將針對蜂巢式行動通訊系統應用在交通資訊的擷取與監控上進行瞭解，對各項不同概念的定位系統與定位技術做詳細的系統運作模式介紹與分析，並對每一種定位系統提出其所具有的優點及缺點，以供智慧型運輸系統中先進旅行者資訊系統(ATIS)與蜂巢式電話系統整合作業規劃時的參考依據。

## 蜂巢式無線網路(電話)定位技術 探討及系統架構分析

### 定位技術探討

- 獨立系統定位技術：如dead reckoning
- 無線定位系統：GPS(衛星)，及地面蜂巢式無線網路或DSRC
- 定位技術
  - 抵達時間(Time of Arrival / TOA)
  - 抵達時間差異(Time Difference of Arrival / TDOA)
  - 抵達角度(Angle of Arrival / AOA)

## GSM系統定位架構

- 以行動電話手機為主的定位架構(Mobile-Based Positioning Architecture)
- 以行動電話網路為主的定位架構(Network-Based Positioning Architecture)
- 混合式定位架構(Hybrid Positioning Architecture)

### 三種不同定位架構的比較

	行動電話手機為主的定位架構	行動電話網路為主的定位架構	混合架構
系統複雜程度	同步	同步, LSC, 位置接收器或接收器的 BTS	同步, LSC
針對現有的手機來定位	不能	能	不能
輔助位置量測	不能	位置接收器或 BTS	不能
遠端定位	內接經由網路服務	能	能
自發定位	能	內接經由網路服務	內接經由網路服務
同時能觀察測的定位單元 (positioning units)	無限制	和網路的容量及 LSC 處理的容量有關	大, 但是主要和從手機收集 TOAs 的容量有關
遠端位置量測的能力	有	有, 雖然為主要限制	有, 雖然有些容量的暗示 implications
對頻帶的敏感度	沒有	有	沒有
對功率控制的敏感度	沒有	有	沒有
Fusion 的資料源	最少	多樣的	多樣的
進行運作表示	是	否	是

### WCDMA(3G)系統定位技術

- 上鏈路(Up-link)TOA定位法。
- 加強式觀察時間差(E-OTD, Enhance Observed Time Difference)定位法。
- 協助式衛星(Assisted-GPS)定位法。
  - 降低手機內部GPS搜尋衛星所需的時間。
  - 增加手機內部GPS的靈敏度。
  - 比手機加裝傳統GPS裝置還要省電。
- TDOA、AOA及混合式定位法。
- 將定位服務納入標準規範之中, 以提供手機定位服務運作機制。

### WCDMA(3GPP)系統定位服務架構

- 移動台協助式定位(Mobile Assisted Positioning)
  - 由移動台提供訊號量測資訊給網路系統, 再由細胞網路執行定位估算以獲得手機位置。
  - 細胞網路提供協助定位之相關資訊給移動台, 以協助行動台獲得所需之訊號量測資訊並提高定位效能。
- 以移動台為基礎定位(Mobile Based Positioning)
  - 由移動台獲得定位所需之訊號量測資訊, 並執行定位估算以獲得手機位置。
  - 細胞網路亦提供協助定位之相關資訊給移動台。

### 蜂巢式無線網路(電話)定位技術面臨的問題

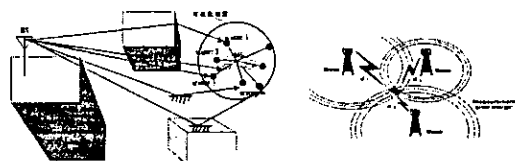
- 接收訊號能力(hearability)
  - 移動台接收來自數個基地台(包括非服務基地台)訊號的能力, 影響蜂巢式網路系統之定位準確度。
  - 在WCDMA系統的功率控制(Power Control)機制運作下, 當移動台接近服務中的基地台時, 對於來自非服務基地台訊號的接收能力下降, 將導致定位量測無法實現。
  - 在WCDMA系統執行定位功能的瞬間使用提高功率功能(Power up function), 可將定位所訊資訊傳到相鄰的細胞中, 但會降低細胞網路容量(Capacity)。

### 多重路徑傳播效應

- 多重路徑傳播效應
  - 造成信號傳播時間估算錯誤, 對以時間為基礎的定位技術, 如TOA及TDOA造成影響。
  - 造成信號接收角度估算的錯誤, 對AOA定位技術造成影響。
- 非視線內傳播效應(NLOS, Non-Line of Sight)
  - 在非視線內傳播的情形下最先抵達接收端的傳輸訊號通常經由反射、繞射等方式傳播後抵達接收端, 導致訊號傳輸時間延長造成定位估算誤差。

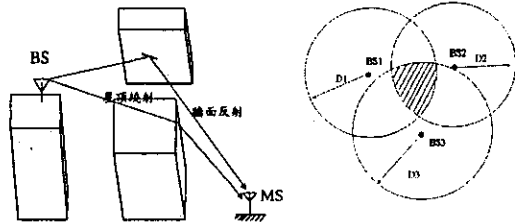
### 多重路徑傳播

=>如果訊號在不同路徑傳播的時間差小於訊號的symbol duration, 則會有內碼干擾(Intersymbol Interference, ISI)效應發生, 此時系統會分辨不出訊號的特性, 造成TOA量測的誤差, 進而造成定位誤差(Location error)。



## 非視線內傳播

⇒當發生非視線內傳播時，依據TOA量測值所換算的距離值D1、D2、D3不會交於一點，而是形成一個行動台可能座落的範圍，其為造成定位誤差之關鍵誤差源。



13

## GSM與WCDMA系統定位功能之比較

系統類別	系統是否有定位功能	系統是否提供量測值	系統之定位準確度	可行之定位技術	需要增加之設備
WCDMA	是	是	30公尺	GPS AOA TOA TDOA E-OTD	需要基地台加裝GPS接收機及準確的參考時鐘
GSM	否	是	500公尺	AOA TOA TDOA	基地台需要同步

14

## 蜂巢式無線網路定位資訊在ITS上可能的應用

蜂巢式網路定位資訊依功能可劃分為三個層級

### 層級A：僅使用行動台所屬細胞辨識碼做定位分析

- 定位準確度受限於所屬細胞大小。
- 輔助「點狀感應器系統」以擴大其偵測範圍，可用於匝道動態控制輸入資訊。
- 做為鄉村高速公路的主要監測系統。
- 做為偵測交通事故之基本資訊。

15

### 層級B：具有細胞辨識碼及細胞內精確位置等資訊

- 利用定位方法如TOA、TDOA及AOA準確地定位行動台。
- 強化層級A資訊的所有應用。
- 瞭解市區交通擁塞並可進一步控制路口信號號誌。
- 固定路線運輸車隊之管理。
- 可用來追蹤高速公路現場營運人員及緊急交通事故處理單位之位置。
- 擁擠高速路段速度限制可變動。

16

### 層級C：具有A及B層級資訊，以及取樣車輛之時變位置及行經路徑等資訊，並可透過行動電話利用語音及數據傳輸與該車駕駛之溝通

- 強化A及B層級資訊的所有應用。
- 可即時進行個人或目標車之急難救援。
- 可進行目標車即時路徑導引。
- 收集道路與都市路網旅次起源資訊。
- 計算ATIS中的動態出發時間與旅行時間，以及設計道路擁擠定價政策。

17

## 蜂巢式網路定位資訊與傳統感應式監測資訊之整合與比較

- 比較進入與離開目標高速公路區段的行動台數目與感應器測量的車流率。
- 利用上述比較值以及各細胞內行動台數目評估目標道路路段內時變的車流密度。
- 應用行動台在目標道路路段內的旅行時間分佈，評估車輛在相鄰感應器間的移動情形。
- 利用各行動台進入及離開目標區時間差異評估平均車速。
- 藉由平均車速，可推估目標道路路段內之車輛總數。
- 利用「點狀」平均車速，探討道路幾何特徵對車流之影響。

18

- 蜂巢網路通訊系統資訊 (CCI, Cellular Communication Information) 與以感應器為基礎的交通監測資訊對 ATIS 而言為一理想輔助系統。
- 因反應區域大小及提供交通特徵資訊準確度有所不同, CCI 不應替代以感應器為主的系統所蒐集之資訊, 兩者資訊可合併或分開使用。

### 蜂巢式無線網路定位技術轉移/合作的潛在問題研究

- 如何在不增加原來大哥大業者系統負擔的條件下, 能夠很準確地量測及取得定位所需之相關資訊(例如: 時間、強度、角度)。
- 發展多類型獨立定位硬體單元, 與蜂巢式網路共構。
- 如何有效地克服定位所面臨的量測誤差(例如: 同步), 以及環境對定位準確度不可避免的影響(例如: 多重路徑影響)。
- 依據不同的定位技術(例如: TDOA、AOA)發展定位演算法來降低傳播環境的衝擊, 將定位估算誤差最小化。

### 美國提供定位技術/系統公司概况

- 目前大都採用以網路為主的定位架構
- 適用於現今 AMPS、GSM、或未來之 CDMA 系統

定位技術	定位架構	定位技術公司	系統特色
TDOA	網路	CELLTRAC Cell-Loc	1. 可與現行蜂巢式網路共同運作, 也可單獨由遠端中心線路定位系統。 2. 基於系統的改良與的基礎, 不需每系統的擴充增加大量的設備即可。 3. 定位精度可達 5 公尺。
AOA	網路	ARRAYCOM	1. 採用全適應性電壓天線 (fully adaptive smart antenna)。 2. 可與蜂巢式的網路, 提高無線網路和資料網路的傳輸效率。 3. 適用於未來網路。
AOA+TDOA	網路	Signature Radii	1. 為了能夠執行 AOA 計算, 採用精確的向量排列天線。 2. TDOA 的定位精度在 30 公尺內。
Nullpath		IS Wireless	1. 利用電場強度隨空間變化之特性來辨識手機位置。
E-OTD	網路	Cambridge	1. 中繼台或基地台對數據或 GSM 數據提高其地「發射的強度」的準確度。

### 定位技術移轉/合作的方式

- 由定位技術提供者提供定位資訊
  - 定位服務業者(例如大哥大業者或 ITS 營運者)需訂定定位資訊獲得的形式。
  - 定位技術提供者負責定位系統的運作與維護。
  - 屬於「定位技術合作」方式。
- 由定位服務業者提供定位資訊
  - 購買套裝式(turn-key)定位系統
  - 自行組裝及發展定位系統

### 定位移轉/合作方式之比較

	具體定位集資訊的程度	技術轉移的程度	定位資訊的透明性	定位服務項目的多寡
由定位技術提供者提供定位資訊	低	低	低	低
由提供定位服務的業者提供定位資訊(購買套裝式定位系統)	中	中	中	中
由提供定位服務的業者提供定位資訊(自行組裝及發展定位系統)	高	高	高	高

### 評估實行一個或多個實地示範計畫的技術彈性與功能需求

- 從技術面探討蜂巢式網路定位架構與可能獲得之交通資訊

系統	定位架構	是否可與現行系統互操作			需要增加之系統或設備	可持續性: 技術成熟度 成本與維護 基本營運要求 等
		A	B	C		
GSM	目前系統	可	可	可	1. 建立行動台加載識別碼服務存取資料庫。 2. 建立定位服務與現有系統互操作。 3. 定位精度與加載大小有關。	詳細的 Cell ID 資訊的獲取為提供定位服務的方式, 實際的精度約在 300 公尺至 500 公尺。
	升級	可	可	可	1. 升級現行系統 (Location Function) 與 Position Function, 增加安全與更新。 2. 基地台間互操作。 3. 網路中需提供一套資料庫服務。 4. 建立定位服務與現有系統互操作。	系統對此定位服務, 則必須提供定位服務, 可與現行系統互操作, 可與現行系統互操作, 可與現行系統互操作。



系統	定位原理	是否可提供下列各項資訊：			需要增加之系統或設備	可行性評估：技術成熟度、技術應用障礙及系統建置成本與營運成本
		A	B	C		
CDMA	網絡	可	可	可	1. 建立定位服務機，實現Locus Function，基於RTT原理。 2. 建立定位服務中心(LSC)，為Locus Function，基於ABC原理。 3. 建立定位服務集成系統。 4. 基於新的系統集成減少系統集成。 5. 定位精度約5-40公尺。	技術成熟度，系統集成度，技術應用障礙，系統建置成本與營運成本。
		可	可	可	1. 建立定位服務機，實現Locus Function，基於RTT原理。 2. 建立定位服務中心(LSC)，為Locus Function，基於ABC原理。 3. 建立定位服務集成系統。 4. 基於新的系統集成減少系統集成。 5. 定位精度約5-40公尺。	技術成熟度，系統集成度，技術應用障礙，系統建置成本與營運成本。
融合		可	可	可	1. 融合系統的Locus Function，由Locus Function提供LSC中，手機與服務機。 2. 建立定位服務集成系統。	目前此方面產品可供選擇。

25

系統	定位原理	是否可提供下列各項資訊：			需要增加之系統或設備	可行性評估：技術成熟度、技術應用障礙及系統建置成本與營運成本
		A	B	C		
CDMA	移動台輔助定位 (mobile-assisted Positioning)	可	可	可	1. 系統集成開發，如GPS。 2. 手機集成Locus Function。 3. 建立定位服務集成系統。 4. 基於新的系統集成減少系統集成。 5. Locus Function集成系統集成。	目前此方面技術可供選擇。
		可	可	可	1. 系統集成開發，如GPS。 2. 手機集成Locus Function。 3. 建立定位服務集成系統。 4. 基於新的系統集成減少系統集成。 5. Locus Function集成系統集成。	目前此方面技術可供選擇。

26

### 國內現況

- 各家系統業者既有網路架構差異大，所能提供的定位功能、方式及標準難以整合，且部份系統界面可能牽涉到智慧財產權及技術問題，例如需要原系統供應商之技術支援。
- 對於2G的GSM系統來說，業者普遍認為以細胞辨識碼來蒐集行動台之位置及移動資訊為可行性最高之技術。
- 目前定位服務機/需求仍不明確化，從國外引進定位技術/系統經費動輒上百萬美元，目前只有一家業者有意願以2G系統網路為基礎外加定位系統來測試不同定位技術，如TOA、E-OTD及相關應用。
- 現有系統業者大多希望在未來建構3G系統時再將定位功能一併考慮。

27

### 規劃國內無線定位技術/系統發展程序

- 階段1：現有2G(GSM)或2.5G(GPRS)蜂巢式網路擷取行動定位資訊-利用細胞辨識碼(Cell ID)辨識行動台位置蒐集層級A定位資訊
  - 現階段可行性高、技術困難度較低的方法。
  - 推行具規模定位服務可能造成容量不足的問題，建議主管單位可以考慮提供業者額外頻譜。
  - 未來若要將此技術做大規模推廣時，首先將面臨各家系統資訊整合的問題，另外有關保護個人隱私、智慧財產權、業務機密等問題皆需主管單位協助業者共同來解決。

28

- 階段2：引進或發展定位技術/系統，與現有2G或2.5G蜂巢式網路共構 (overlay) 以擷取行動定位資訊

- 國外定位技術/系統發展已相當成熟，在技術上並無困難。
- 業者希望有關主管單位能研究適當定位技術，規劃應用範圍及計畫時間表。

29

- 階段3：引進或發展定位技術/系統，架設於未來3G蜂巢式網路上以擷取行動定位資訊

- 3G系統本身即能提供一些資訊來定位，且定位準確度比GSM系統提高很多。
- 3G系統的建設一般評估約需2-3年，所以這方面的執行必須視未來國內電信市場變化做進一步評估。
- 建議相關主管單位對於和3G系統有關的定位技術服務或應用可於未來適當時機詳加研究，以利未來無線定位服務之發展與應用。

30

## 示範計畫之規劃

- 計畫1：利用細胞辨識碼(Cell ID)蒐集行動台位置及移動資訊，以提供層級A或B之定位資訊
  - 現階段可行性最高的方式之一，在不影響目前系統營運的情形下，儘快實現層級A定位資訊之蒐集。
  - 測試地點
    - 高速公路沿線：以大哥大業者為主
    - 市區：以低功率數位行動電話業者為主
  - 選擇適當之目標交通區塊，由業者購買或製作特殊SIM卡插入目標手機中，讓手機每5秒鐘回報網路系統其所在之細胞辨識碼，系統將記錄進入目標區塊的指定手機數目、各指定手機出入時間、停留時間等資訊。
  - 為增加取樣數量及保障業者資訊機密，建議讓多家業者參與同一交通區塊之測試。

31

## 不同地區細胞涵蓋密度

地區類別	涵蓋半徑(km)
大都會區 (台北市)	0.5km-1km
一般城市 (基隆市、桃園市、中壢市)	1km-1.5km
大都會區與副都心 (三重、中和、永和、板橋)	0.5km-1.5km
一般城市與副都心 (林口、竹堑)	1.5km-2km
鄉鎮地區	2km-3km
高速公路沿線	0.5km-1.5km
山區	5km-10km

32

## 不同地區基地台涵蓋道路對應圖

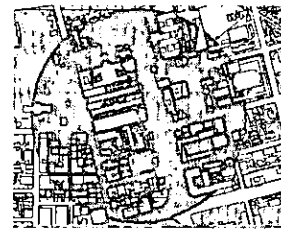


→ 細胞半徑：3-10km，涵蓋一至兩邊路。

→ 細胞半徑：3-5km，涵蓋多條主要交通道路。

33

台北市中正區



→ 細胞半徑500公尺，每個Block長的200公尺，寬的100公尺，共可涵蓋10-12個Block。

34

### 預期成果

- 藉由計畫之實施，了解全面實施的困難處及適用環境。
- 可與「點狀感應系統」偵測之資訊整合。
- 建立高速公路區運動態控制輸入資料庫。
- 評估經由該技術收集到的交通資訊之有效性。
- 使相關業者瞭解如何發展定位技術服務及其應用的範疇。
- 瞭解Cell ID定位資訊與交通資訊間相互關係及如何做好資訊管理。
- 政府瞭解整合各家業者交通資訊時所需之系統架構及關鍵問題，為將來計畫之全面推行做好先期準備。

35

### 計畫2：從國外引進定位技術/系統與現有蜂巢式網路共構

- 評估定位準確度的提高對交通資訊管理的貢獻，建立國內無線定位技術/系統發展之研究能力。
- 實現層級B、C定位資訊的蒐集。
- 藉由技術轉移的方式提昇國內無線網路定位技術發展能力。
- 選擇涵蓋各重要交通路段之基地台為目標基地台，詳細記錄其內行動台位置之變化、行動台總數、行經路徑等資訊。

36

### 預期成果

- 強化A、B及C層級資訊之應用。
- 提供未來3G系統定位功能規畫之參考依據。
- 了解層級B/C資訊與交通資訊間相互關係及衝擊為何?資訊管理的複雜度為何?
- 提供業者發展定位技術服務時的參考依據,了解其應用的範疇。
- 即時瞭解重要交通路段之交通擁塞程度。
- 收集道路與都市路網旅次起迄資訊,計算ATIS中的動態出發時間與旅行時間,設計道路擁擠定價政策。

37

### 主管單位在計畫實施的過程中可注意或配合的事項

- 政府提供額外之頻譜以供業者進行具規模之測試。
- 政府整合各家業者定位及相關資訊後,將相關之交通資訊回饋給業者使用。
- 提供業者適當之技術輔導及資金補助。
- 依據示範計畫執行結果研究適當定位技術,規劃應用範疇及相關技術發展時程,以利未來定位服務之推展。

38

- 未來大規模計畫實施時需研擬跨業者/系統之測試計劃。
- 由政府相關單位提出配合國家整體性ITS計劃的相關配套措施,規劃系統建構之時程、每階段適用之定位準確度與所擷取之交通資訊等標準,對ITS計畫的整體推動應有莫大的助益。

39

### 總 結

- 蜂巢式無線網路定位資訊可劃分為A、B及C三個層級,功能有所不同,應可分階段實現
- 蜂巢式無線網路定位資訊(面資訊)可與傳統感應式的監測系統資訊(點資訊)相互整合
- 國內無線定位技術/系統發展建議可分成三個階段,依序或並行實施
- 「利用細胞辨識碼蒐集行動台位置及移動資訊,以提供層級A或B之定位資訊」現階段可由高功率及低功率數位行動通訊系統進行示範計畫

40