

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：其他)

參加 2002 海峽兩岸三地無線科技 研討會報告

服務機關：中華電信研究所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：謝文揚

出國地點：大陸上海

出國期間：91年10月27日至91年11月1日

報告日期：91年12月20日

176/
C09200563

公務出國報告提要

頁數: 9 含附件: 是

報告名稱:

參加2002海峽兩岸三地無線科技研討會

主辦機關:

中華電信研究所

聯絡人/電話:

楊學文/03-4244218

出國人員:

謝文揚 中華電信研究所 91810專案研究計畫 助理研究員

出國類別: 其他

出國地區: 中國大陸

出國期間: 民國 91 年 10 月 27 日 -民國 91 年 11 月 01 日

報告日期: 民國 91 年 12 月 20 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 2002,海峽兩岸,無線科技

內容摘要: 本所(中華電信研究所)於民國86年成立一研究團隊(810專案計畫)從事智慧型運輸系統(ITS)之研發,其所採用之短距離通訊技術係以紅外線為通訊媒介,現該紅外線短距離通訊系統研發已告一段落,將逐步進入先導生產及後續技術移轉量產階段。於此紅外線技術已成功掌握之際,本團隊乃進而從事微波短距離通訊系統之開發並同時進行未來毫米波系統之奠基研究。本計畫研究團隊數位同仁於極短時間內由研究過程中累積心得,撰寫一題為「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構(The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」之論文投稿於「海峽兩岸三地無線科技研討會」獲該研討會接受並邀請本論文作者出席本年10月於大陸上海大學舉行之該會2002年研討會並於會中發表該論文。本所鑒於通訊技術對本所、全公司、乃至於國家發展之重要性,遂指派該論文之第一作者與會,除於公開場合發表該論文顯示本所研發成果外並希望和與會之該領域專家學者交換心得瞭解研發最新趨勢。本次研討會分為特邀報告及依不同特殊專業區分之五組分組報告,其中分組報告涵蓋(1)天線技術,(2)射頻、微波、毫米波與光波測量技術,(3)射頻及微波積體電路,(4)微波、毫米波、光波元件與系統,(5)行動通訊,(6)電磁理論與數值方法等通訊領域中各種不同專業。參與本次研討會後之心得及結論為:(1)從本次研討會所發表論文之質與量可見本研討會無論從學術觀點或應用觀點均為一極高水準之研討會。另臺灣某些大學之研究成果亦可臻世界水準,例如交通大學、長庚大學、及大葉大學等,本所於研發過程中可與彼等進行合作。(2)本所除進行微波之短距離通訊系統研發外,亦應進行毫米波系統之奠基研究,以為日後發展此類系統之基礎。(3) Terahertz波段之通訊應用假以時日之後將更為成熟,本所應於此領域儘早投入研究人力。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

摘 要

本所(中華電信研究所)於民國 86 年成立一研究團隊(810 專案計畫)從事智慧型運輸系統(ITS)之研發，其所採用之短距離通訊技術係以紅外線為通訊媒介，現該紅外線短距離通訊系統研發已告一段落，將逐步進入先導生產及後續技術移轉量產階段。於此紅外線技術已成功掌握之際，本團隊乃進而從事微波短距離通訊系統之開發並同時進行未來毫米波系統之奠基研究。本計畫研究團隊數位同仁於極短時間內由研究過程中累積心得，撰寫一題為「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構 (The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」之論文投稿於「海峽兩岸三地無線科技研討會」獲該研討會接受並邀請本論文作者出席本年 10 月於大陸上海大學舉行之該會 2002 年研討會並於會中發表該論文。

本所鑒於通訊技術對本所、全公司、乃至於國家發展之重要性，遂指派該論文之第一作者與會，除於公開場合發表該論文顯示本所研發成果外並希望和與會之該領域專家學者交換心得瞭解研發最新趨勢。

本次研討會分為特邀報告及依不同特殊專業區分之五組分組報告，其中分組報告涵蓋(1)天線技術，(2)射頻、微波、毫米波與光波測量技術，(3)射頻及微波積體電路，(4)微波、毫米波、光波元件與系統，(5)行動通訊，(6)電磁理論與數值方法等通訊領域中各種不同專業。參與本次研討會後之心得及結論為：

- (1) 從本次研討會所發表論文之質與量可見本研討會無論從學術觀點或應用觀點均為一極高水準之研討會。另臺灣某些大學之研究成果亦可臻世界水準，例如交通大學、長庚大學、及大葉大學等，本所於研發過程中可與彼等進行合作。
- (2) 本所除進行微波之短距離通訊系統研發外，亦應進行毫米波系統之奠基研究，以為日後發展此類系統之基礎。
- (3) Terahertz 波段之通訊應用假以時日之後將更為成熟，本所應於此領域儘早投入研究人力。

目 錄

1. 目的	-----	1
2. 行程概要	-----	2
3. 過程說明及日誌	-----	2
4. 心得、結論及建議	-----	9

附件一：論文「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構 (The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」

附件二：簡報資料「The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」

1. 目的

隨著科技文明之進步，人類彼此往來益趨密切，通訊於人類生活中所扮演之重要性與日俱增已為不爭之事實。現今生活中，「通訊」可謂不可一日或缺，而人類所利用之通訊媒介除聲音傳遞所使用之聲波外，其他任何訊息之傳遞幾乎全屬電磁波——從極低頻率之長波、射頻、微波、毫米波、乃至超高頻率之可見光。因此通訊技術包羅萬象，任何人窮畢生之力亦僅能專精其極小部分。

中華電信毫無疑問為一專門發展通訊技術之公司，而筆者所屬之研究團隊(電信研究所 810 專案計畫)及個人之研發任務目前則較偏重於「短距離通訊」之範圍，主要係應用於智慧型運輸系統(intelligent transportation system, ITS)，專供行駛中之車輛與路邊特定對象短距離資料傳送使用。

從民國 86 年本計畫創始之初本計畫研究團隊即著手進行紅外線短距離通訊系統之開發，現該系統研發已告一段落，將逐步進入先導生產及後續技術移轉量產階段。於此紅外線技術已成功掌握之際，本團隊乃進而從事微波短距離通訊系統之開發並同時進行未來毫米波系統之奠基研究。本計畫研究團隊數位同仁於極短時間內從研究過程中累積心得，撰寫一題為「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構 (The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」之論文投稿於「海峽兩岸三地無線科技研討會」獲該研討會接受並邀請本論文作者出席本年 10 月於大陸上海大學舉行之該會 2002 年研討會並於會中發表該論文。

本所鑒於通訊技術對本所、全公司、乃至於國家發展之重要性，遂指派該論文之第一作者敝人與會，除於公開場合發表該論文顯示本所研發成果外並希望和與會之該領域專家學者交換心得瞭解研發最新趨勢。

2. 行程概要

日期	行程概要
91年10月27日	由臺北至大陸上海(去程行程)
91年10月28日	報到,參加會議及論文發表資料準備
91年10月29日	參加會議及論文發表資料準備
91年10月30日	參加會議及論文發表(題目:利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之多車道自由流電子收費系統架構)
91年10月31日	閉幕及參加大會安排之參觀訪問行程
91年11月1日	由大陸上海至臺北(回程行程)

3. 過程說明及日誌

本次研討會分為特邀報告及依不同特殊專業區分之五組分組報告,其中分組報告涵蓋

- (1) 天線技術
- (2) 射頻、微波、毫米波與光波測量技術
- (3) 射頻及微波積體電路
- (4) 微波、毫米波、光波元件與系統
- (5) 行動通訊
- (6) 電磁理論與數值方法

等通訊領域中各種不同專業。與會人員分別為來自海峽兩岸三地一流大學之近百位著名教授學者,例如臺灣之交通大學、長庚大學、中正理工學院、大葉大學,大陸之北京清華大學、上海交通大學、哈爾濱工業大學、上海大學、浙江大學,以及香港之城市大學等(與會學者合影見圖一)。其中最有名者要屬來自成都電子大學之劉盛剛及上海大學之黃宏嘉兩位大陸科學院院士以及香港城市大學之梅冠香教授。會中共宣讀109篇論文,主辦單位並提供一參訪行程,參訪地點為蘇州工業園區。因五組分組討論部分時間衝突,筆者雖極

希望全部與會，亦僅能選擇與個人工作及興趣最相關之項目參加，現將本次與會過程逐日敘述如後(次頁)：



圖一：與會人員合影

10月27日

於中正機場搭乘 11:40 起飛之中華航空公司 CI607 班機於香港轉 14:40 起飛之港龍航空公司 KA890 班機於當地時間 17:05 抵達上海浦東機場。辦妥各項入境手續入境後，隨即與上海大學之接待人員乘車前往上海大學，住宿於上海大學賓館。

10月28日

本日上午大會報到，下午舉行開幕式，開幕式後隨即進行第一組之特邀報告。特邀報告係大會特別邀請兩岸三地之華人學者或專家於通訊領域中著有成就者進行特別專題報告。本日下午之第一場計有臺灣交通大學彭松村教授、香港城市大學曾良教授、大唐通信公司首席科學家李世鶴教授、及上海大學顧問教授(同時為美國工程學院院士、密西根大學教授)戴振鐸等。題目分別為：

- (1)兩岸三地無線通訊科技發展之契機 (彭松村教授)
- (2)Scattering of Waves by Random Rough Surfaces with Applications in Microwave Remote Sensing and Wireless Communication (曾良教授)
- (3)TD-SCDMA for 3G (李世鶴教授)
- (4)A Loaded Transmission Line as a One-Dimensional Modal to Illustrate the Backward Scattering Theorem (戴振鐸教授)

其中大部分報告甚為專業，偏重特殊問題之探討，故不在此深入敘述，所有詳細資料可參考大會出版之此次研討會論文集(該論文集存敝人處供相關工作同仁查閱)。然而特別值得提出者為交大彭松村教授所報告之「兩岸三地無線通訊科技發展之契機」，於此報告中彭教授特別提及智慧型運輸系統與通訊之重要關係。而長、短距離通訊應用於智慧型運輸系統正為本計畫之研發項目，故通訊於智慧型運輸系統之應用已漸受通訊領域之專家學者重視。

10月29日

本日上午繼續進行第二場之特邀報告，由成都電子大學劉盛剛教授(同時為大陸科學院院士)、東南大學尤肖虎教授、香港城市大學梅冠香教授、及上海大學黃宏嘉教授(同時為大陸科學院院士)分別進行。題目分別為：

- (5) 太赫茲(Terahertz)波科學技術(On Terahertz, a New Attractive Area in Modern Science and Technology) (劉盛剛院士)
- (6) 我國(指大陸)未來移動通信研究發展展望 (尤肖虎教授)
- (7) Theory of Maxwellian Circuits and Its Applications to Multi-Wire Systems (梅冠香教授)
- (8) All-Fiber Optical Network Supporting Stable Transmission of Lightwave of All-SOP (黃宏嘉院士)

其中特別值得我們注意者為劉盛剛院士所報告之「太赫茲(Terahertz)波科學技術」，敘述近年來非常熱門之應用物理與通訊研究領域 — Terahertz 波段之最新發展。Terahertz 波之頻段介於毫米波(millimeter wave)與遠紅外光(far infrared)之間，正好介於量子理論及古典波動理論分別適用之範圍間，因此無論量子理論或古典波動理論均無法完全套用，此為其理論分析困難之處。但由於相當多有機物及無機物之碳與氧鍵結之共振頻率位於此波段，因此此波段被廣泛用來進行生物基因及宇宙射線之探討。由此之故已有為數不少超高頻率、超靈敏、超精密、超高難度之特殊用途接收機(receiver)被製造而出，也間接帶動相對較低頻率如毫米波、微波技術之提昇。但因為至今人類尚無法製造此波段之訊號源(source)，故尚無任何通訊上之應用。依敝人淺見，依現今科技發展進步之神速，假以時日之後 Terahertz 波段之通訊應用將如同今日之毫米波波段般廣受注目。

特邀報告結束後至次日(十月三十日)下午計一天半之時間分別進行各組之分組報告及討論，連同前述之八篇特邀報告本次大會共宣讀 109 篇論文，由於論文數量龐大且其中甚多值得研發同仁參考，無法在此一一詳述。僅擇要列舉說明，至於大會出版之本次研討會論文集則存放敝人處供相關同仁取閱。

首先進行之分組報告為 Section A 「天線技術」，本場次共有 22 篇論文發表，其中與本計畫或本所研發工作較有關聯者為：

- (1) 2.3 GHz 天線具有圓形極化和線性極化之性能 (張道治、陳進豪，大葉大學)
- (2) Development of 2.4 GHz Multiple-Beam Antenna with Narrower Antenna Beamwidth (Dau-Chyrh Chang and Shin-Huei Jou, Da-Yeh University)

- (3) 平板圓形極化器之設計與量測分析 (張道治、連煥成, 大葉大學、吳鳳技術學院)
- (4) A Dual Polarization L-Strip Patch Array Antenna (王春華、林德雲、石長生、王卓鵬, 北京清華大學、煙臺高盈科技股份有限公司)
- (5) New Compact Dual-Frequency Microstrip Antenna (鍾順時、崔俊海, 上海大學)
- (6) Design of a 35 GHz Aperture-Coupled Microstrip Antenna for Millimeter Phased Antenna Arrays (ZHENG Ying, ZHU Shou-Zhen, HUANG Le, East China Normal University)
- (7) Design of a Novel Microstrip Slot Antenna (周良將、張華亮、朱旗, 中國技術大學)
- (8) A Virtual Instrument Based Software Solution for Time-Domain Near-Field Auto-Measurement System Design (周麗萍、楊仕明、薛正輝、高本慶, 北京理工大學)
- (9) Impulse Time Domain Antenna Measurement System at Da Yeh University (Dau-Chyrh Chang and Kuo-Yuan Chang, Da-Yeh University)

另值得矚目者為大葉大學工學院院長張道治教授所屬之研究團隊於本場次中共發表六篇論文且均甚有價值, 可證明其研究實力。建議日後本所相關研發工作可與其合作, 以增進雙方交流。

第二組分組報告(Section B)主題為「電磁理論與數值方法」, 共有 14 篇論文發表, 其中約有半數均利用 FDTD(finite difference time domain)數值法解決各式各樣之微波電磁場或電磁波問題, 而與本所研發工作較有關聯者為:

- (1) 利用近場系統獲取反射角之雷達影像 (張道治、李信忠, 大葉大學)
- 其餘則與本計畫或本所研發任務較無直接關聯。

本日晚七時大會舉行迎賓晚宴, 大會提供自助餐招待與會人員。

10月30日

本日繼續進行其餘三組之分組報告, 首先為 Section C 「射頻及微波積體電路」, 本場次共有 21 篇論文發表, 與本計畫及本所研發任務較有關聯者為:

- (1) A Novel Power Amplifier Incorporating a Compact Coplanar Waveguide Resonant Cell (Ting-Ting Mo, Quan Xue and Chi-Hou Chan, City University of Hong Kong)
- (2) A Broadband Wilkinson Power Divider with Phase Adjustment Capability (Dau-Chyrh Chang and Jau-Wen Chen, Da-Yeh University)
- (3) Wide-Band Subharmonic Image Rejection Mixer for LMDS Application (吳忠諺、張志揚，新竹交通大學)
- (4) 2.4 GHz Active-Load Low-Noise Amplifier (馮武雄，長庚大學)
- (5) CDMA 超線性射頻功率放大技術 (蘇凱雄、郭秀惠，福州大學)
- (6) Design and Practice of Low Noise High Linearity Small Signal Amplifier (張廣軍、李銘祥，上海大學)

另敝人亦於本場次中發表前述題為「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構 (The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems)」之論文(論文原稿及宣讀論文之簡報資料隨本報告呈如附件)，本論文係提出一多車道自由流(multi-lane free flow)高速公路電子收費系統架構，以微波或毫米波為訊號傳遞媒介，結合通訊系統中之多重發訊(multiplexing)理念，脈衝式都卜勒雷達之多目標追蹤功能，及開槽陣列天線之精密目標方位判定能力等三特色以同時執行多目標追蹤及平行進行多組資料傳送，本架構並同時適用於主動式及被動式車上通訊單元(on-board unit)系統。

本日上午進行之另一組分組報告為 Section D，主題係「行動通訊」，共有 28 篇論文發表，由於與另一場次 Section C 時間重覆，故敝人無法參加。但由大會出版之論文集顯示，本場次所發表之論文大多為關於 CDMA、藍牙(blue tooth)、WAP、GPS/GSM 等方面之研究。

本日下午進行最後一場之分組報告 Section E，主題為「光通訊」，本場次共有 12 篇論文發表，大多為有關光通訊、光纖網路之研究，與本計畫研發項目較無直接關聯，故不在此多加說明。

以上為本次研討會各論文發表場次簡述，除先前所列舉與本計畫或本所

研發有直接關聯者外，尚有甚多極具參考價值，但由於數量龐大無法在此一一論述。

本晚七時大會提供表演節目以娛嘉賓，節目由上海歌劇團演出。另每屆研討會例行召開之大會委員會本次於本日晚九點舉行，敝人亦獲邀參加，會中大會副主席前上海大學副校長徐得名教授提名敝人為顧問委員會委員之一，待委員會確認後敝人即為本研討會之顧問委員會成員，將參與本研討會日後學術交流會務之推行。

10月31日

本日上午大會畢幕，畢幕後大會安排與會者參觀蘇州工業園區。蘇州工業園區係大陸與新加坡於1994年合作共同開發，其目標為「致力於發展高新技術為先導，現代工業為主體，第三產業和社會公益事業相配套的現代化工業園區」，並具備下列特點：

- (1) 園區係大陸和新加坡兩政府興辦之國際項目。
- (2) 園區之行政管理由大陸負責，開發由中新蘇州工業園區有限公司負責。
- (3) 園區可結合(大陸)國情，自主且選擇性的借鑑新加坡經濟發展及行政管理經驗，按照社會主義市場經濟體制要求建立新的管理體制及運作機制。

截至2002年6月底止，蘇州工業園區已核准373家外資廠商進入設廠，匯集資金142億美元，主要為電子信息、生物製藥、精密機械、新材料等之高科技產業。

11月1日

上午約八時啟程前往浦東機場搭乘11:25起飛之港龍航空公司KA803班機於香港轉16:15起飛之中華航空公司CI610班機於18:00返抵桃園中正機場。

4. 心得、結論及建議

本次與會除於會中發表題為「利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構」之論文宣揚本所研發成果外，更藉由參與研討會與與會專家學者實地討論瞭解現今無線通訊特別為微波及毫米波波段之最新發展趨勢。綜合本次與會心得及先前參加韓國漢城「智慧型運輸系統亞太論壇」所見認為本所於智慧型運輸系統領域之研發成果堪稱毫不落後，但單就微波或毫米波之通訊領域而言，本所仍有許多值得努力之處，茲提出下列幾點建議：

- (1) 從本次研討會所發表論文之質與量可見本研討會無論從學術觀點或應用觀點均為一極高水準之研討會。另臺灣某些大學之研究成果亦可臻世界水準，例如交通大學、長庚大學、及大葉大學等，本所於研發過程中可與彼等進行合作。
- (2) 本所除進行微波之短距離通訊系統研發外，亦應進行毫米波系統之奠基研究，以為日後發展此類系統之基礎。
- (3) Terahertz 波段之通訊應用假以時日之後將更為成熟，本所應於此領域儘早投入研究人力。

利用開槽陣列接收天線、脈衝測距及都卜勒頻率變化進行多目標追蹤之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構

謝文揚, 賀中鼎, 王柏仁, 李華錦

(中華電信股份有限公司 電信研究所, 臺灣桃園 326)

摘要: 無線通訊於智慧型運輸系統(intelligent transportation system)應用中所扮演之角色大多屬短距離通訊之範疇。以電子收費(electronic toll collection)為例, 收費系統必須在車輛快速通過收費站短短約十公尺之通訊區域時完成所有資料傳送、安全認證、正確扣款等動作。而多車道自由流(multilane free flow)電子收費系統由於允許車輛於收費區內變換車道更屬短距離無線通訊中較高層次之技術, 其中能否獲得車輛通過通訊區時之行進軌跡為是否達到正確扣款之重要關鍵。結合通訊系統中之多重發訊(multiplexing)理念, 脈衝式都卜勒雷達之多目標追蹤功能, 及開槽陣列天線之精密目標方位判定能力等三特色而建構之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構可同時執行多目標追蹤並平行進行多組資料傳送。本架構同時適用於主動式及被動式車上通訊單元(on-board unit)系統, 其另一特色為可同時辨認未裝設車上通訊單元或車上通訊單元因缺電或故障等原因失效之車輛。

關鍵詞: 短距離無線通訊; 智慧型運輸系統; 電子收費; 多車道自由流

The Utilization of Slot-Array Receiving Antenna, Pulse Ranging, and Doppler Frequency Shift for Multi-Target Tracking in Microwave and Millimeter-wave Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems

SHIEH Wern-Yang, HO Chung-Ding, Wang Po-Jen, LEE Hua-Chin

(Telecommunication Laboratories, Chunghwa Telecom Co., Ltd., Taoyuan, Taiwan 326)

Abstract: Combining the idea of multiplexing in communication systems, the multi-target tracking function in pulse-doppler radars, and the fine target-direction determination ability of slot-array antennas, an architecture for simultaneously performing multi-target tracking and multi-data communication suitable for microwave and millimeter-wave multilane-free-flow electronic-toll-collection systems is presented. This architecture can be utilized conveniently for both active and passive on-board-unit systems. Another advantage of this architecture is that it can identify the passing vehicles without on-board unit or with failed on-board unit from others which carry out a normal transaction.

Key words: DSRC; ITS; ETC; multilane free flow

1. 前言

無線通訊於智慧型運輸系統(intelligent transportation system, ITS)應用中所扮演之角色大多屬短距離通訊之範疇。以電子收費(electronic toll collection, ETC)為例, 收

費系統必須在車輛快速通過收費站短短約十公尺之通訊區域時完成所有資料傳送、安全認證、正確扣款等動作。而多車道自由流(multilane free flow)電子收費系統由於允許車輛於收費區內變換車道更屬短距離無線通訊中較高層次之技術，其中能否獲得車輛通過通訊區時之行進軌跡為是否達到正確扣款之重要關鍵。亦即在多車與各車道通訊單元(road-top unit, RTU)進行資料傳遞之同時車道通訊單元亦須如同先進雷達導引飛彈之尋標器(seeker)迎擊目標般鎖定各目標。多目標同時鎖定技術在雷達系統中已頗為成熟[1],[2]，而多重發訊(multiplexing)之概念在通訊界亦早已廣獲應用[3]。結合通訊系統中之多重發訊理念，脈衝式都卜勒雷達之多目標追蹤功能，及開槽陣列天線之精密目標方位判定能力等三特色本文將提出一同時適用於主動式及被動式車上通訊單元(on-board unit, OBU)系統，同時執行多目標追蹤及平行進行多組資料傳送之微波或毫米波多車道自由流電子收費系統架構。

2. 同時執行多目標追蹤及平行進行多組資料傳送之多車道自由流電子收費系統架構

本架構係利用脈衝式微波或毫米波發射以回波之時間差判定目標物之距離同時以回波之都卜勒頻率變化判定目標物之速度，並利用開槽陣列接收天線(slot-array receiving antenna)之不同接收區域進行回波強度比較，亦即利用天線不同接收區域之回波強度差與和之比(difference-sum ratio)判定目標物之方位[4]，另利用不同載波頻率辨識各車道車輛同時區別數位通訊訊號和目標追蹤訊號。其方法為各車道於進行數位訊號傳送及接收時各車道通訊單元如同追蹤雷達(tracking radar)般同時發射脈衝追蹤訊號並以一開槽陣列天線接收所有車道之上鏈通訊訊號及追蹤訊號回波隨即進行頻率區隔及篩選然後進行強度、頻率比對及訊號處理，亦即以不同載波頻率進行多車同時通訊並利用單一接收天線進行多目標追蹤判定各車輛移動軌跡執行多車道自由流自動扣款動作。

本架構同時適用於主動(active)及被動(passive)式車上通訊單元微波或毫米波無柵欄免停車多車道自由流(multilane free flow)過路(橋)費電子收費系統，被動系統之運作方式為上鏈(up link)通訊時固定於車道上之車道通訊單元發射天線發射一連續波(continuous wave)，車上通訊單元將所接收之此連續波數位調變後再行反射由車道通訊單元之接收天線接收；主動系統之車上通訊單元則於接收車道通訊單元發射之下鏈(down link)訊號後主動發射一上鏈訊號。本架構特色之一為利用不同頻率區別通訊訊號及目標追蹤訊號，車道通訊單元針對訊號傳遞

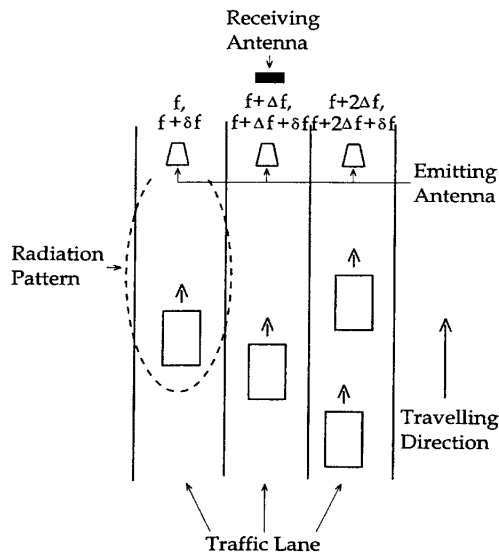


圖 1: 接收天線與各車道發射天線架構圖

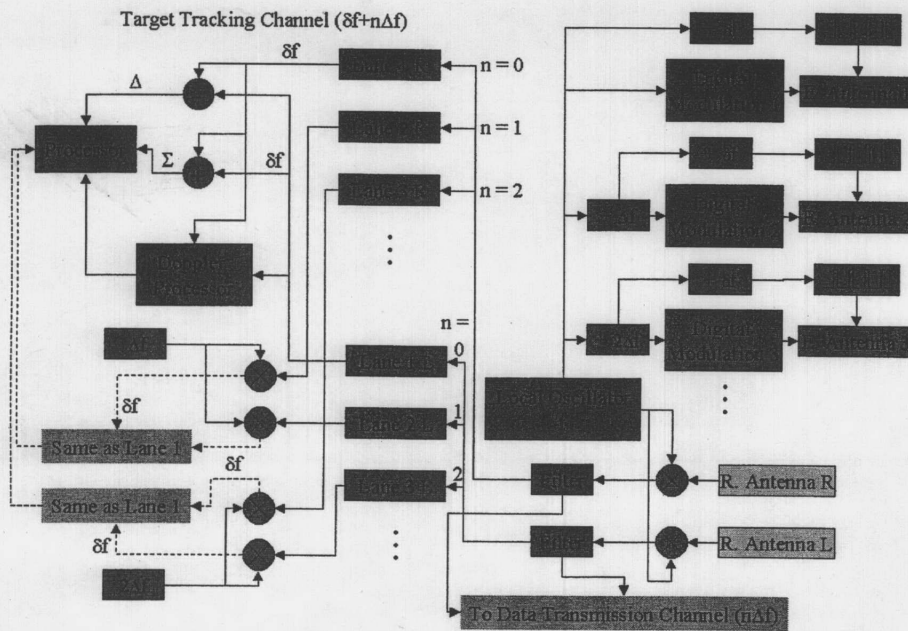


圖 2: 本架構訊號處理概略流程圖

或目標追蹤發射不同頻率之微波或毫米波，於被動系統中車上通訊單元反射之數位調變訊號之基頻取決於車道通訊單元發射之訊號傳遞用連續波

頻率；主動系統之車上通訊單元則可根據不同車道通訊單元發射之不同頻率下鏈訊號經頻率識別後發射相對應頻率之微波上鏈訊號。圖 1 說明各車道發射天線所發射之微波(或毫米波)僅含蓋約一車道之橫向距離且各車道之發射頻率彼此並不相同依次有一 Δf 之頻率差，同一車道之目標追蹤及訊號傳遞波另有一 δf 之頻率差，各車道之回波包括上鏈訊號及各車體之反射波(包含一都卜勒頻率變化，doppler frequency shift)均由一開槽陣列天線接收。圖 2 為本架構運作之概略系統流程圖，茲將重要項目分別敘述如後。

2.1 各車道之通訊及追蹤頻帶分配

如圖 2 右上方所示本地振盪器(local oscillator)產生之頻率為 f 之微波或毫米波直接供第一車道使用，其他車道之發射基頻則依次增加 Δf ，亦即成為 $f + \Delta f$ ， $f + 2\Delta f$ ，...。同一車道內再分兩路，一路經下鏈訊號數位調變(digital modulation)後送至各車道之發射天線(E. Antenna 1,2,3,...)發出，當此訊號供被動式系統進行上鏈通訊使用時則發射一連續波，另一路則將其頻率再提高 δf ，亦即成為

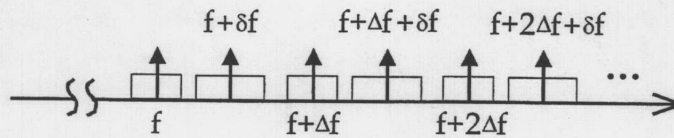


圖 3: 各車道之數位通訊及目標追蹤使用頻帶分配

$f + n\Delta f + \delta f, n = 0, 1, 2, \dots$ ，然後以脈衝式經由各車道之發射天線與上述之數位調變訊號(基頻為 $f + n\Delta f$)同時發出，此脈衝式訊號係供目標追蹤所用。各車道數位通訊及目標追蹤所使用之頻率範圍則如圖 3 所示。

2.2 開槽陣列接收天線及目標方位判定

一般常見之開槽陣列天線係利用數個並列之矩形導波管(rectangular wave guide)管壁之週期開槽尺寸、方向，及排列方式、間距等控制其場強形狀(radiation pattern)[5]，另利用前述天線不同接收區域之回波強度差與和之比(difference-sum ratio)判定目標物方位，一般可分為上下方位角(elevation)及左右方位角(azimuth)之判定，亦即將此天線區分為左右兩半部及上下兩半部，由於此技術已頗為成熟且已廣泛應用於脈衝式都卜勒雷達[1],[4]，其細節不在此論述。

2.3 多目標追蹤流程

無論主動系統或被動系統各車道之上鏈通訊訊號及目標追蹤反射訊號均由一固定於車道上之開槽陣列接收天線接收，由於左右方位及上下方位之判定方式相同故本節僅討論左右兩路之訊號處理流程，上下兩路之訊號處理方式相同。由於各車道之上鏈通訊訊號及目標追蹤訊號所使用之頻帶不同(如圖 3)故可經其頻率輕易辨識，因此訊號處理首先為將各車道之上鏈通訊訊號及目標追蹤訊號分開。如圖 2 之流程圖所示，天線左、右半部(R. Antenna L 及 R. Antenna R)所接收之訊號首先分別送入混頻器(mixer)與本地振盪器(local oscillator)產生之頻率為 f 之訊號混頻後取差頻訊號(down convert)再送入一過濾器，此過濾器可由一群波帶穿透過濾器(band-pass-filter bank)所組成，經過此過濾器後各車道之上鏈通訊訊號及目標追蹤訊號即可依其頻率而分開。此時將各車道之目標追蹤訊號(基頻為 $\delta f + n\Delta f$)及上鏈通訊訊號(基頻為 $n\Delta f$)分開處理，各車道之上鏈通訊訊號($n\Delta f$)送至資料處理單元(圖 2 下方之"Data Transmission Channel ($n\Delta f$)"方塊)進行數位訊號之還原及解碼，此部分不屬本節討論之範圍故不再加以說明，而各車道之目標追蹤訊號($\delta f + n\Delta f$)則需再分別處理，以第一車道為例，除將左半部及右半部之訊號分別相減、相加以獲得 Δ 及 Σ 之值判定目標方位外，另需送入都卜勒頻率判定器(doppler processor)判定其都卜勒頻率變化以獲得目標物之速度同時並由回波之時間差決定目標物之距離。至此目標物之方位、距離、速度等資料已全部獲得再由其隨時間之變化則目標物軌跡亦可輕易描繪。

其他車道之處理過程與第一車道完全相同唯一差別為進行上述處理之前須先將各車道之目標追蹤訊號頻率由 $\delta f + n\Delta f$ 降至 δf (基頻)，亦即先經一混頻器與頻率為 $n\Delta f$ 之連續波混頻(如圖 2 之流程圖左下角部分所示)。至此通訊區內所有車輛之行動已能掌握，故可提供足夠資料供扣款系統進行多車道自由流無柵欄免停車多車同時自動扣款動作。若車輛未裝設車上通訊單元或車上通訊單元因故障、缺電等原因失效而仍通過通訊區則接收頻譜中將存在該車之追蹤訊號而缺該車之上鏈通訊訊號，因此經由追蹤訊號與上鏈通訊訊號之配對可輕易發現蓄意逃費(或車上通訊單元失效)之車輛提供執法系統照相取證供日後追蹤補繳或處罰。

3. 結論

本架構提出下列幾項於現存智慧型運輸系統中並不常見之機制，以達成多車道

自由流自動扣款動作及進行車輛監控：

- (1) 相鄰車道以不同載波頻率進行車道通訊單元與車上通訊單元間之通訊。
- (2) 以不同載波頻率同時進行車道通訊單元與車上通訊單元間之通訊及車輛追蹤。
- (3) 以脈衝發射微波或毫米波利用回波之時間差及都卜勒頻率變化同時判定車輛之位置及速度。
- (4) 利用開槽陣列天線不同接收區域之接收訊號強度差與和之比(difference-sum ratio)判定行進車輛方位。

為達成上述機制本架構之基本概念為針對不同車道及目的賦予不同之載波頻率，再借助傳統通訊系統及先進雷達之技術同時執行多目標追蹤及進行多組資料傳送。於主動式車上通訊單元系統中，車上通訊單元可根據先前接收之下鏈訊號載波頻率選擇相對應或適當之上鏈載波頻率故本架構同時適用於主動式及被動式車上通訊單元系統。

由於車輛係行進於二次元之平面其自由度(degrees of freedom)為二，故經由開槽陣列接收天線之方位判定即可藉由簡單幾何關係獲得目標物之距離。因此如脈衝雷達系統中之高解析度脈衝測距功能於電子收費系統中並非絕對必要，如此可大為減低實現本架構之軟、硬體困難度。另如前述，能夠輕易區分未裝設車上通訊單元或車上通訊單元因故障、缺電等原因失效而仍通過通訊區之車輛為本架構之另一優點。

4. 謝誌

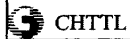
感謝中華電信股份有限公司電信研究所智慧型運輸系統專案計畫全體同仁之努力，數年來奠定之基礎使本架構得以產生。

參考文獻

- [1] B. Edde, Radar — Principles, Technology, Applications, New Jersey: Prentice-Hall, 1993 chs. 6, 7, and 9.
- [2] M. I. Skolnik, Introduction to Radar Systems, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980 ch.5.
- [3] H. Taub and D. L. Schilling, Principles of Communication Systems, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1987 ch.3.
- [4] J. V. DiFranco and W. L. Rubin, Radar Detection, Prentice-Hall, 1968 ch. 1.

The Utilization of Slot-Array Receiving
Antenna, Pulse Ranging, and Doppler
Frequency Shift for Multi-Target
Tracking in Microwave and
Millimeter-wave Multilane-Free-Flow
Electronic-Toll-Collection Systems

Chunghwa Telecommunication
Laboratories



An Architecture for Simultaneously
Performing :

- Multi-target tracking
- Multi-data communication

to Realize :

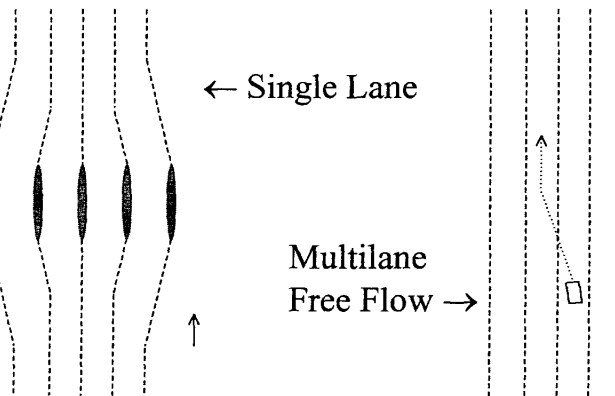
- Microwave and millimeter-wave multilane-free-flow Electronic-Toll-Collection Systems



Contents :

- Introduction
- Single-Lane and Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems
- Wave Emitting and the Arrangement of Frequency Bands
- Slot-Array Receiving Antenna and the Determination of Target Direction
- Receiver — the Procedure of Signal Processing
- Conclusions

Single-Lane and Multilane-Free-Flow Electronic-Toll-Collection Systems :



**Multilane-Free-Flow
Electronic-Toll-Collection Systems need :**

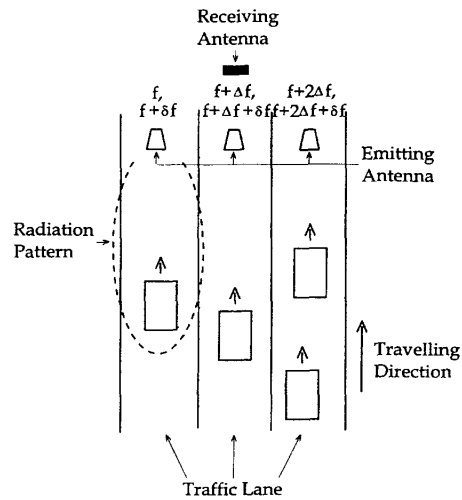
- Trajectories of the vehicles passing through the toll-collection plaza
- Simultaneously performing multi-data communication and multi-target tracking

**To Realize Multilane-Free-Flow
Electronic-Toll-Collection System :**

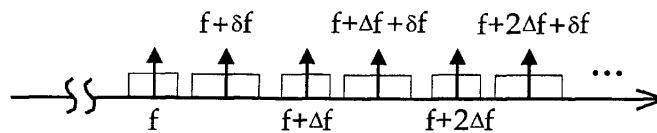
- Multiplexing (conventional communication systems)
- Multi-target tracking (pulse-doppler radar)
- Fine direction-determination ability (slot-array antenna)

The Architecture :

- Separate emitting antennas for different traffic lanes
- Different frequency bands for different traffic lanes
- Single receiving antenna for common use



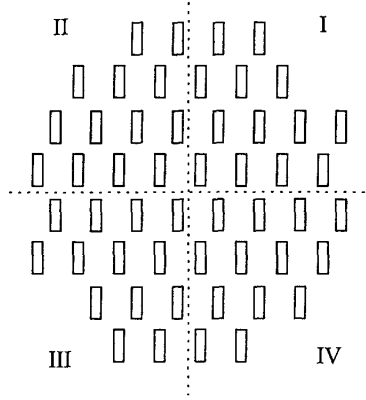
The Arrangement of Frequency Bands



- The carrier frequencies for down-link data transmission are : $f + n \Delta f$
- The carrier frequencies for target tracking are : $f + n \Delta f + \delta f$
 $n = 0, 1, 2, 3$ for Lane1, Lane2, ...

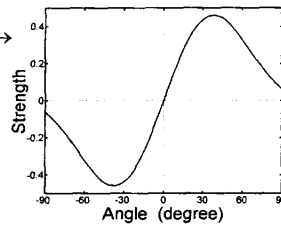
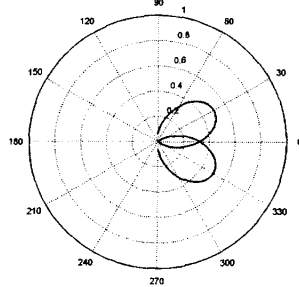
The Determination of Target Direction and Slot-Array Receiving Antenna

A typical layout of slot-array Antenna

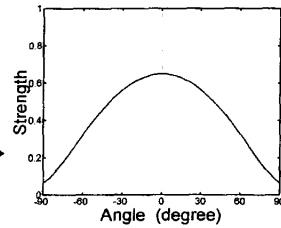


Sum and Difference Pattern

Difference pattern (Δ) →



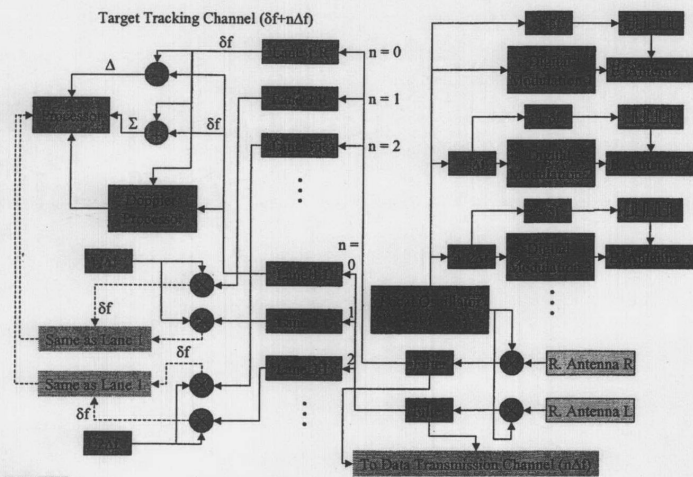
Sum pattern (Σ) →



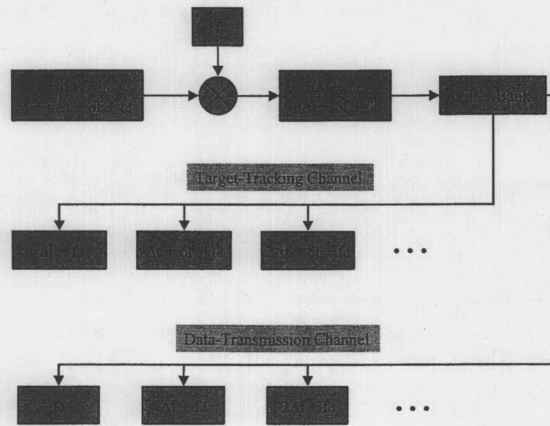
Fine Target-Direction Determination

- If the target is at $\theta = 0$ then $\frac{\Delta}{\Sigma} = 0$
- If the target is at the right side of the antenna normal then $\frac{\Delta}{\Sigma} > 0$
- If the target is at the left side of the antenna normal then $\frac{\Delta}{\Sigma} < 0$
- For larger $|\theta|$ we have greater $\left| \frac{\Delta}{\Sigma} \right|$

Receiver — The Procedure of Signal Processing



Down Conversion — Base-Band Signal Recovery



Some notation :

- Vehicles travel on two-dimensional surface
⇒ Two degrees of freedom
- The target direction is sufficient for the determination of target distance — with a simple geometrical relation
- The accurate determination of target distance with pulse ranging is not absolutely necessary
- The implementation of this architecture can be greatly simplified

The Different Operation between Active and Passive On-Board-Unit Systems :

- Passive systems — the on board unit modulates and reflects the wave sent from the road top unit
- Active systems — the on board unit can be endowed with the ability of choosing a pre-selected carrier frequency for up-link data transmission according to its previously received down-link carrier frequency



An Important Benefit of this Architecture :

- For vehicles without or with failed on board unit there will be target-tracking signals in the receiver but their up-link data-communication signals are absent \Rightarrow The ability to identify the vehicles without or with failed on board unit



Conclusions (1) :

- Combining the ideas of multiplexing, fine target-direction determination, doppler-frequency shift, and pulse ranging the simultaneously performing multi-target tracking and multi-data communication in microwave and millimeter-wave electronic-toll-collection systems can be realized
- Suitable for both active and passive on-board-unit systems

Conclusions (2) :

- Owing to the two-dimensional movement of travelling vehicles the high-resolution pulse ranging is not absolutely necessary \Rightarrow Simplifying the implementation of this architecture
- This architecture has the ability of identifying the passing vehicles without or with failed on board unit from others which carry out a normal transaction