

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 子計畫一：MANET 系統之設計、模擬與效能分析(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2218-E-009-020-

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

執行單位：國立交通大學電信工程學系(所)

計畫主持人：方凱田

計畫參與人員：徐仲賢，呂智迪，周冠宏，劉文俊，許裕彬

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 6 月 1 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## ITS 通訊/資訊聚合式車機系統平台之研發與測試 子計畫一：MANET 系統之設計、模擬與效能分析(2/3)

計畫編號：

執行期限：94 年 8 月 1 日 至 95 年 7 月 31 日

主持人：方凱田 教授 國立交通大學電信工程學系

### 中文摘要

MANET (Mobile Ad hoc NETwork) 系統由許多無線行動節點所構成，其彼此之通訊不需經由有線無線設備。近幾年針對 MANET 系統的應用，多在於車輛之間的通訊(IVC)、軍用通訊系統、以及個人無線通信系統(PCS) 方面。在本子計畫中，我們將設計及評估不同的 MANET 系統擇路協定，用以符合車輛間的資料傳輸與通訊需求。此外配合智慧型天線 (Smart Antenna) 的設計以及衛星定位系統 (Global Positioning System, GPS) 的定位技術，將可用以提高行動裝置的傳輸距離與 MANET 系統擇路協定之效率。在第一年的計畫中，我們設計出具位置資訊基礎的 MANET 擇路協定，並以軟體模擬平台評估比較該擇路協定的有效性及可行性。本年度 (第二年) 計畫主要研發成果則包含 (1) 以方向性天線 (Directional Antenna) 為基礎設計具位置與移動速度資訊的 MANET 媒介存取控制 (Medium Access Control, MAC) 協定；(2) 以軟體模擬平台評估比較該媒介存取控制協定的有效性及可行性；(3) 於 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台上實現與量測著名的 AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing) 擇路協定。MANET 通訊模組與實驗平台之功能整合、軟硬體整合、量測與驗證，將是第三年研究計畫之主要工作項目。

### Abstract

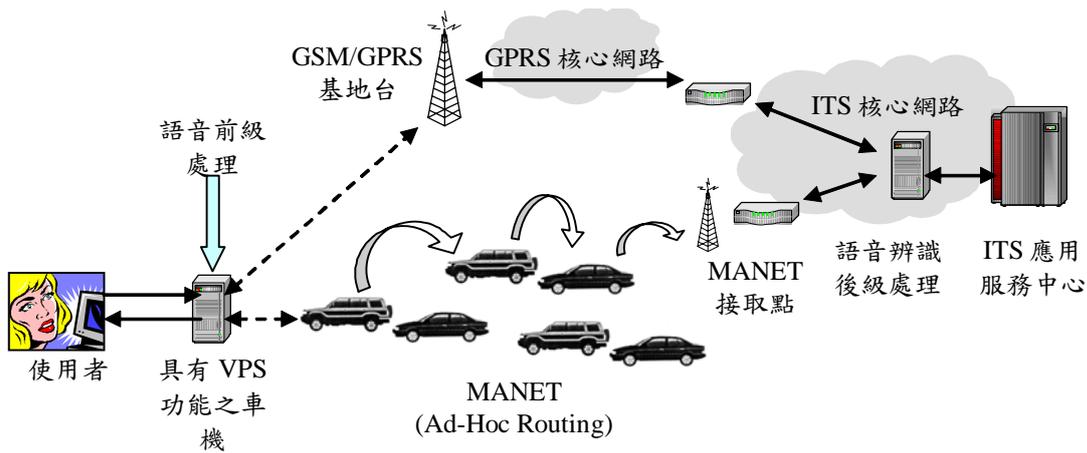
A MANET (Mobile Ad hoc NETwork) is composed of wireless mobile nodes without the presence of a wired support infrastructure. In recent years, the interesting designs of MANET system include the applications for the Inter-Vehicle Communication (IVC), Military Communication Systems, and Personal Communication Systems (PCS). In this sub-project, various ad hoc routing protocols will be developed in order to fulfill the transmission requirements for the Inter-Vehicle Communication. By incorporating the technologies of smart antenna and the Global Positioning Systems (GPS), the efficiency of the routing protocol can be further increased with the extended transmission range of the mobile devices. In the first year of the sub-project, the location-aware routing protocol was designed and the efficiency and feasibility of proposed routing protocols were evaluated via software simulator. In this year (the second year), the major achievements of the sub-project includes (1) Location and mobility aware Medium Access Control (MAC) protocol design for directional antenna-based MANETs, (2) The efficiency and feasibility of proposed MAC protocol which are evaluated via software simulator, and (3) Implementation of the famous AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing) protocol via the ARM-based embedded experimental platform. The combination and performance evaluation of the MANET communication module and the experimental platform is the major objectives of this sub-project in the third year.

**Keywords:** MANET, Location and Mobility Aware Protocol, Medium Access Control, Directional Antenna

### 一、前言

隨著無線通訊技術的發展以及無線區域網路和行動通訊網路的普遍架設，小型無線行動通訊設備，如筆記型電腦、個人數位助理 (PDA)、手機等設備成為我們日常生活中不可缺少的物品。許多研究計畫於個人無線通訊網路架構中採用這些小型通訊設備為假想硬體平台提出高效能協定，以符合不同應用之需求。本總計畫以發展智慧型運輸系統所需之通訊/資訊聚合式車機系統平台為目標。如圖一所示，本總

計畫所規劃之 ITS 通訊平台將整合 GSM/GPRS、MANET、DSRC 等廣域與窄域行動通訊系統，使車上上路人得以隨時隨地獲得所需之各種資訊。因此所規劃之主要發展技術包含 (1) 具備動態自組無線網路之 MANET 核心擇路機制，並進行 MANET 與 Beam-Switching 智慧型天線之整合；(2) 前瞻分散式語音辨識技術與人機介面；(3) 進行結合 GPS 定位技術以及 GSM/GPRS、DSRC 通訊模組之電子收費與 VPS 行車定位系統之應用研究，並包含影像辨識等電子收費執法技術之開發。本總計畫的完成將可支援智慧型運輸系統的多項應用，包括電子收費系統、即



圖一：本計劃規劃之 ITS 通訊平台架構

表一：MANET 系統應用於 ITS 服務之國際發展現況

系統名稱	國別	使用之核心技術	ITS 應用服務	發展階段
Fleetnet 計畫	德國	利用 UTRA-TDD 技術提供非對稱資訊流的柔軟度，也允許長距離及高移動速度傳輸之強健特性	Fleetnet 計畫是針對將無線 Ad-Hoc 網路應用於車間通訊上，散佈位置相關的資訊及服務，以滿足駕駛者及乘客需要之能力	實驗系統之建置與測試
以端點通訊為基礎的交通服務系統	瑞典	利用兩種網路組織方式：1.叢集式組織；2.個體中心式組織。進行 MANET 點對點的通訊	使用車間通訊以及與路測單元的資料交換，以及與 GPS 之整合，進行交通安全相關應用服務	實驗系統之建置與測試
以 ODMA 技術為基礎之應用	南非	利用傳遞(relaying)方法提高資料傳輸率與訊息涵蓋範圍	應用於警方車機系統車間通訊或軍方等，有效提高基地台涵蓋範圍與頻寬	實驗系統之建置與測試
RUSH 計畫	美國	使用藍牙通訊技術以及衛星定位(GPS)為基礎之 ad hoc 路由機制	利用校園作為實驗平台，進行校車間的車間通訊以及相關應用服務	實驗系統之建置與測試
Geocast-based 之車間通訊	德國	使用以地理資訊為基礎的 ad hoc 訊息傳播，提高資訊傳播的有效性	提供車間點對點通訊以及結合電子地圖等訊息呈現功能	實驗系統之建置與測試
以 SDMA 為基礎之車間通訊系統	美國	採用空間分割多重擷取(SDMA)的技術，提高頻寬使用效率	車輛自動駕駛系統、自動高速公路等	技術研發
以 WLAN 為基礎之 MANET	加拿大	結合智慧型天線與 IEEE 802.11 無線區域網路之 MANET	可提高 MANET 應用於 ITS 系統時之通訊效能	技術研發
多重代理人之動態路由系統	日本	以行動代理人技術進行 MANET 動態路由	進行行動車機間的車間通訊與動態路由	技術研發
以 GPS 為基礎之車間廣播通訊	日本	結合 GPS 資訊之訊息廣播方法以增進系統效能	提供車機間的車況資料交換，作為行車輔助的基礎	技術研發

時圖像傳輸系統、先進旅行者資訊系統、車間資料傳輸及通訊、車與道路資料傳輸與通訊、及異質性無線行動網路等。

## 二、研究目的

MANET 系統的主要功能，是為了提供行動使用者即時架設相互溝通的無線通信網路。就結構上而言，此網路是由一系列行動節點所組成，屬於一種自行組織且不依賴任何現存基礎設施的網路。該網路概念始於滿足戰場機動且強韌的軍事通信需求，現在則被廣泛應用於警察與醫療部門的災難搶救、車輛間的

通信網路與訊息傳遞、感測器網路、以及課堂教育等眾多領域。據我們所知，目前 MANET 系統應用於智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 服務之國際發展現況如表一所示。本子計畫考量國內發展及運用 MANET 系統之現狀，掌握國際 MANET 系統發展趨勢及潮流，針對 ITS 方面進行「MANET 系統之設計、模擬與效能分析」之研究。MANET 中的行動節點因其移動性及所在地理位置之不同而產生不同型態的網路拓樸。由於每個行動節點具有快速移動之特性，如何在不同行動節點間找尋、組織及維持一條有效率且可靠的路徑將成為一個非常重要的議題。此外，良好的媒介存取控制協定亦是增進行動節點間通訊效能的重要因素。

因此在第一年子計畫中，我們設計出具位置資訊基礎的 MANET 擇路協定，並以軟體模擬平台評估比較該擇路協定的有效性及可行性。第二年子計畫主要研發成果是以方向性天線為基礎設計具位置與移動速度資訊的 MANET 媒介存取控制協定，並以軟體模擬平台評估比較該媒介存取控制協定的有效性及可行性。此外將著名的 AODV[15]擇路協定實現於以 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台，並進行實際效能量測與評估亦是本年度子計畫的成果之一。MANET 通訊模組與實驗平台之功能整合、軟硬體整合、量測與驗證，將是第三年研究計畫之主要工作項目。

### 三、文獻探討

近年來許多關於利用全向性天線 (Omni-Directional Antenna) 的媒介存取控制協定被提出應用於 MANET 中，例如 IEEE 802.11[1]。然而以全向性天線為基礎的媒介保留機制將導致空間使用率 (Spatial Utilization) 及鏈結可靠程度 (Link Reliability) 大幅降低[2][3]。隨著智慧型天線的技術演進，設計 MANET 媒介存取控制協定時加入方向性天線要素成為合理且可實行的考量。在方向性天線與全向性天線相較之下，方向性天線擁有空間重複使用 (Spatial Reuse)、傳輸覆蓋範圍 (Coverage of Transmission) 以及增進網路效能等優點。

許多研究學者以方向性天線為基礎設計各種不同型態的媒介存取控制協定[4]-[12]。研究[4][5]是早期所提出的媒介存取控制協定，該協定利用方向性天線傳送資料封包，但 RTS/CTS 控制封包卻是利用全向性天線傳送，因此傳輸範圍與空間重複使用受到限制是此協定的主要缺點。研究[6]亦是利用此種天線形態分配，但不同的地方在於其採取事先公告策略。也就是說，傳送節點在傳送資料封包之前會先發送包含資料傳送型態 (Traffic Pattern) 的訊息封包給鄰近的鄰居節點。然而這樣的事先公告機制會產生大量的控制封包，進而導致網路傳輸效能降低。DMAC/MMAC 協定[7]是一個眾所周知以方向性天線為基礎的媒介存取控制協定。該協定無論是

RTS/CTS 控制封包或者 DATA/ACK 資料封包皆採用方向性天線來傳送。如圖二所示，欲進行資料傳送的節點 A 利用方向性天線傳送 RTS 封包 (Directional-RTS, D-RTS) 給資料接收節點 B，然後節點 B 亦利用方向性天線傳送 CTS 封包 (Directional-CTS, D-CTS) 給節點 A，接著兩個節點持續使用方向性天線進行資料封包 (DATA) 與確認封包 (ACK) 的交互傳送。DMAC/MMAC 協定雖然有效增進空間的重覆使用率，但卻存有兩個重要的缺點：(1) MANET 網路中的每一個行動節點都必須知道該網路中所有行動節點的位置資訊；(2) Hidden Terminal 和 Deafness 問題尚未被解決。Circular RTS 媒介存取控制協定[8]利用方向性天線傳輸範圍是傳統全向性天線範圍兩倍大的特性，朝各個方向傳送 RTS 封包來解決 DMAC/MMAC 產生的部分問題，然而此種作法將產生大量的控制封包，進而導致網路傳輸效能大幅降低。

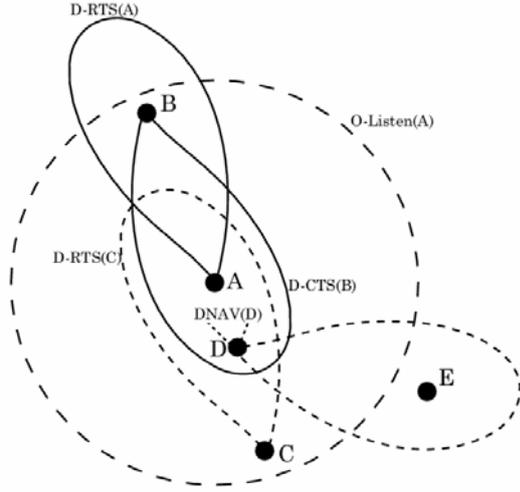
隨著時代趨勢，配備定位系統 (如 GPS[13]) 的行動通訊設備日益增多，行動節點藉由網路層協定獲得自己的位置與移動速度資訊，以設計媒介存取控制協定成為是合理且可實現的考量。上述所提到以方向性天線為基礎的媒介存取控制協定並未將行動節點的可能移動路徑加入考量，因此在節點動態移動的環境之下，行動節點間的鏈結可能變得易斷裂且不可靠。基於上述之理由，本子計畫第二年以方向性天線為基礎設計評估具位置資訊與移動速度資訊的媒介存取控制協定作為主要研究工作之一，進而增進擇路協定效率與整體網路傳輸效能。此外本年度子計畫亦將著名的 AODV 擇路協定實現於以 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台，並進行實際效能量測與評估，以為下年度整合工作之基礎。

### 四、研究方法

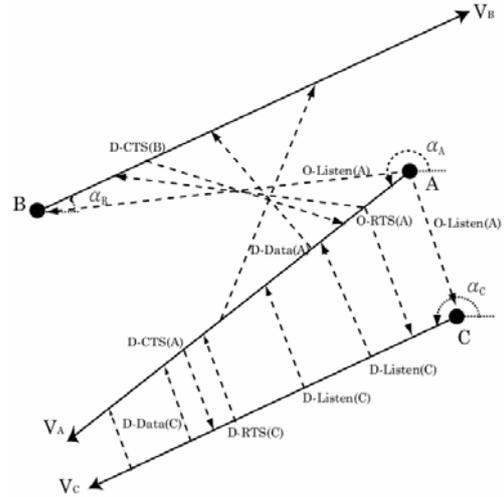
本年度研究子計畫包含以方向性天線為基礎設計具位置與移動速度資訊的 MANET 媒介存取控制協定以及實作 AODV 擇路協定於 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台兩個部份。首先探討概述我們所提出的具位置與移動訊息為基礎 (LMA) 的媒介存取控制演算法，接著介紹 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台 PCM-7230 與 Kernel AODV 模組。

#### I、具位置與移動資訊基礎 (LMA) 的媒介存取控制協定

我們所提出的 LMA (Location and Mobility Aware) 媒介存取控制協定是以方向性天線為基礎，將行動節點間的相對移動資訊加入考量。資料傳送端藉由預測接收端的位置與移動資訊，動態調整自己的方向性天線以進行資料傳送。在以方向性天線為基礎的 MANET 中，藉由我們所提出的 O-Listen/O-RTS (Omni-Listen/Omni-RTS) 和 D-Listen/D-RTS (Dir-



圖二、DMAC 和 LMA MAC 協定概要圖示



圖三、LMA MAC 協定時間圖示

ctional-Listen/Directional-RTS) 機制將可減緩 Deafness 問題，同時亦可增進動態移動環境下鏈結的穩定度。

#### A、位置資訊表 $LT$ (Location Table)

如同在上一章節所提到，每一個行動節點可藉由網路層協定獲得自己的位置與移動速度資訊。此外我們假設 MANET 中所有行動節點在短時期中移動方向與速度固定不變。在我們所提出的 LMA 協定中，行動節點利用 RTS/CTS 控制封包來傳送其位置資訊給鄰近的行動節點。每一個行動節點將接收到的鄰近行動節點位置資訊記錄在自己的位置資訊表  $LT$  (Location Table)， $LT = \{LT(i) | 1 \leq i \leq n\}$ ，其中鄰近行動節點  $i$  的位置資訊可以下面格式表示：

$$LT(i) = \langle \text{TimeStamp}(i), \text{NodeID}(i), \text{Position}(x_i, y_i), \text{MovingAngle}(\alpha_i), \text{Velocity}(V_i), \text{TTL}_i \rangle$$

其中  $TTL_i$  表示  $LT(i)$  的存活時間 (Time-To-Live)，該值隨著時間消逝而增加，並用來表示相對應記錄的新舊程度。每當  $LT(i)$  內容有所變更時，相對應的  $TTL_i$  值就重設為 0；而當  $TTL_i$  值超過事先訂定的門檻值  $\eta$  時，行動節點將從  $LT$  中移除  $TTL_i$  所對應的  $LT(i)$ 。藉由位置資訊表中記錄的資訊，每個行動節點自行決定該採用 O-Listen/O-RTS (OLR) 或 D-Listen/D-RTS (DLR) 機制進行資料傳輸程序。

#### B、O-Listen/O-RTS (OLR) 機制

圖二和圖三闡明我們所提出的 LMA 媒介存取控制機制的概要和時間圖解。圖三中的實線表示行動節點的移動方向與時間軌跡。在這個例子中，行動節點 A 想要將資料封包傳送給行動節點 B，由於其位置資訊表  $LT_A$  中沒有記錄任何有關行動節點 B 的位置資

訊，因此行動節點 A 將以預設的全向性監聽 (Omni-directional Listen) O-Listen(A) 模式來觀察欲存取的頻道是否閒置可用。經過頻道競爭程序後，行動節點 A 以全向性方式傳送 O-RTS(A( $t_r$ )) 封包給其鄰近的行動節點。O-RTS(A( $t_r$ )) 封包中具有行動節點 A 的位置資訊，包含目前的時間戳記 ( $t_r$ )、位置 ( $P_A(t_r) = (x_A(t_r), y_A(t_r))$ )、移動角度 ( $\alpha_A$ ) 以及移動速度 ( $V_A$ )。行動節點 A 鄰近的行動節點 (包含資料傳送目標節點 B 以及圖二中的行動節點 C 和 D) 將所接收的行動節點 A 位置資訊記錄到各自的位置資訊表中。例如當行動節點 B 接收到行動節點 A 的位置資訊後，其位置資訊表  $LT_B$  中關於行動節點 A 的記錄將更新為

$$LT_B(A) = \langle t_r, ID_A, P_A(t_r), \alpha_A, V_A, TTL_A \rangle \quad (1)$$

其中  $TTL_A = 0$ 。經過頻道競爭程序後，行動節點 B 在時間  $t_c$  時沿著  $\theta_{cts}^{AB}(t_c)$  方向角度用方向性天線回覆 D-CTS(B( $t_c$ )) 封包給行動節點 A，該角度可經由下列公式獲得：

$$\theta_{cts}^{AB}(t_r) = \tan^{-1} \left( \frac{y_B(t_c) - y_A(t_c)}{x_B(t_c) - x_A(t_c)} \right) \quad (2)$$

其中  $P_B(t_r) = (x_B(t_c), y_B(t_c))$  為 B 在時間  $t_c$  的位置。行動節點 B 可經由下列公式計算出行動節點 A 在時間  $t_c$  的位置 ( $P_A(t_c)$ )：

$$x_A(t_c) = x_A(t_r) + V_A \cos(\alpha_A(t_c - t_r)) \quad (3)$$

$$y_A(t_c) = y_A(t_r) + V_A \sin(\alpha_A(t_c - t_r)) \quad (4)$$

其中  $P_A(t_r) = (x_A(t_c), y_A(t_c))$ 、 $V_A$  和  $\alpha_A$  可由行動節點 B 依據其位置資訊表中如式子(1)的  $LT_B(A)$  取得。隨著 D-CTS(B( $t_c$ )) 封包的傳送，行動節點 A 同

樣會獲得行動節點 B 的位置資訊，該資訊記錄在行動節點 A 的位置資訊表中為

$$LT_A(B) = \langle t_c, ID_B, P_B(t_c), \alpha_B, V_B, TTL_B \rangle \quad (5)$$

其中  $TTL_B = 0$ 。預期被傳送的資料封包在  $O-RTS(A(t_r)) / D-CTS(B(t_c))$  控制封包交換後的時間  $t_d$  開始傳送。此時行動節點 A 和 B 調整方向性天線沿著方向角度  $\theta_{data}^{AB}(t_k)$  傳送資料封包，該角度可由下列公式獲得：

$$\theta_{data}^{AB}(t_k) = \tan^{-1} \left( \frac{y_A(t_k) - y_B(t_k)}{x_A(t_k) - x_B(t_k)} \right) \quad (6)$$

其中  $t_k = \{t \in R | t_d \leq t \leq t_s\}$  表示在資料開始傳送 ( $t_d$ ) 與資料停止傳送 ( $t_s$ ) 間的時間點。行動節點 A 與 B 在時間  $t_k$  的位置依然可由下列公式計算獲得：

$$\begin{aligned} P_A(t_k) &= (x_A(t_k), y_A(t_k)) \\ &= (x_A(t_r) + V_A \cos(\alpha_A(t_k - t_r)), \\ &\quad y_A(t_r) + V_A \sin(\alpha_A(t_k - t_r))) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} P_B(t_k) &= (x_B(t_k), y_B(t_k)) \\ &= (x_B(t_c) + V_B \cos(\alpha_B(t_k - t_c)), \\ &\quad y_B(t_c) + V_B \sin(\alpha_B(t_k - t_c))) \end{aligned} \quad (8)$$

其中  $P_A(t_k)$  由行動節點 B 依據其位置資訊表中如式子(1)的  $LT_B(A)$  估計獲得；而  $P_B(t_k)$  則由行動節點 A 依據其位置資訊表中如式子(5)的  $LT_A(B)$  估計取得。角度  $\theta_{data}^{AB}(t_k)$  隨時間而改變，並且會隨著行動節點間的移動參數改變而有所不同。行動節點 B 在接收到資料封包後，利用方向性天線傳送相對應的  $D-Data-Ack(B)$  封包給行動節點 A。

除了上述資料傳輸與接收行動節點的運作程序外，如圖二所示，行動節點 D 在接收到  $D-CTS(B(t_c))$  封包後，會對該方向設定  $Directional-NAV(D-NAV(D))$  值，以禁止在該方向進行資料傳輸動作。然而若行動節點 D 的位置資訊表  $LT_D$  中有預期資料接收端的位置資訊，且該行動節點非座落於受限制的方向性天線傳送範圍內，則行動節點 D 可依照下小節所述之程序進行資料傳輸。

### C、D-Listen/D-RTS (DLR) 機制

DLR 機制是我們所提出的 LMA 媒介存取控制協定中，專門用以解決以方向性天線為基礎結構所產生的 Deafness 問題。MANET 中的所有行動節點在閒置 (Idle) 狀態時停留在 O-Listen 模式。一旦預期進行資料傳輸時，傳送端可利用其位置資訊表中有關接

收端的位置資訊  $LT(i)$  來預測該節點的現在位置，並將方向性天線指向預測的接收端方位進行 D-Listen 模式。

如圖三所示，行動節點 C 藉由接收行動節點 A 傳送給行動節點 B 的  $O-RTS(A(t_r))$  封包來獲得行動節點 A 的位置資訊，並記錄在自己的位置資訊表中。假設行動節點 C 在行動節點 A 與 B 的資料傳輸過程中想要傳輸資料給行動節點 A，則其將朝行動節點 A 的位置實施  $Directional-Listen(D-Listen(C))$  模式，直到行動節點 A 與 B 的資料傳送結束。行動節點 C 在探測到閒置可用的頻道後，在時間  $t'_r$  傳送  $Directional-RTS(D-RTS(t'_r))$  給行動節點 A 要求進行資料傳輸。此時行動節點 C 與 A 之間的角度可由估計得知為

$$\theta_{rts}^{CA} = \tan^{-1} \left( \frac{y_C(t'_r) - y_A(t'_r)}{x_C(t'_r) - x_A(t'_r)} \right) \quad (9)$$

其中行動節點 A 在時間  $t'_r$  可由行動節點 C 估計為

$$x_A(t'_r) = x_A(t_r) + V_A \cos(\alpha_A(t'_r - t_r)) \quad (10)$$

$$y_A(t'_r) = y_A(t_r) + V_A \sin(\alpha_A(t'_r - t_r)) \quad (11)$$

接下來行動節點 C 與 A 的資料傳送程序 (例如  $D-CTS(A)$ 、 $D-Data(C)$  和  $D-Data-Ack(A)$ ) 和 OLR 機制中所提到的程序相同。

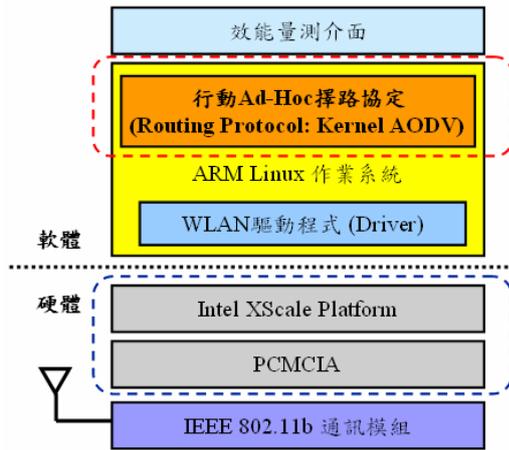
採用 DLR 機制使得行動節點可進行一個新的資料傳送程序，儘管該對行動節點座落於正在進行資料傳送的訊號範圍內。如前一小節所提及，在圖二中行動節點 D 對正在進行資料傳輸的行動節點 A 與 B 的方向設定  $D-NAV(D)$  以限制自己對該方向傳送任何封包。假設行動節點 D 想要傳送資料給非座落於  $D-NAV(D)$  限制範圍內的行動節點 E 時，其先查閱自己的位置資訊表是否存在行動節點 E 的位置資訊。如果行動節點 E 的相關位置資訊可估計獲得，行動節點 D 朝該節點的位置實施  $D-Listen(D)$  模式，探查是否有閒置可用的頻道以便進行資料傳輸。

## II、Kernel AODV 擇路協定實現於 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台

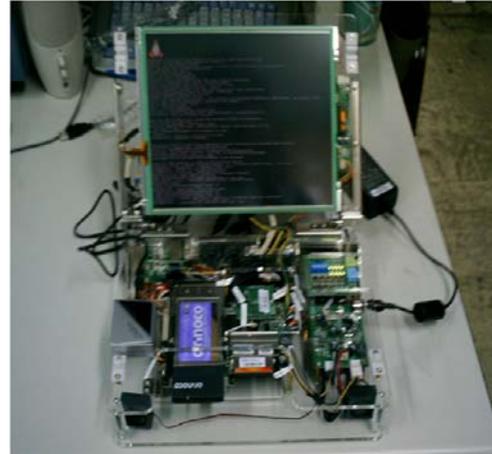
Kernel AODV 與 PCM-7230 嵌入式實驗平台如圖四所示，將 Kernel AODV 模組安置於 PCM-7230 嵌入式平台的 Linux 作業系統中，並利用 IEEE 802.11b 通訊模組中的 Ad Hoc 模式進行資料傳送。

### A、ARM 為基礎的嵌入式實驗平台：PCM-7230

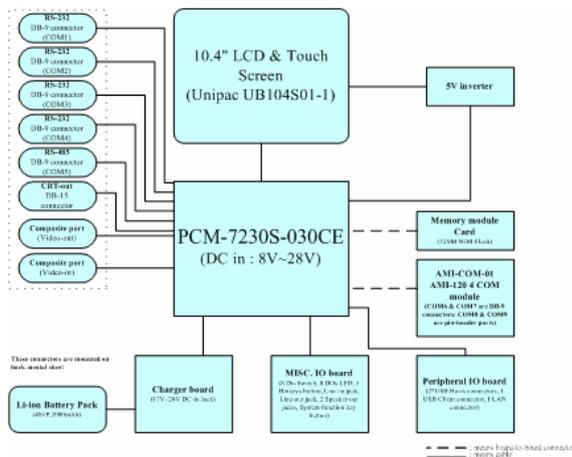
ARM 是目前提供 RISC 架構嵌入式系統處理器的公司。所謂的 RISC 架構是指精簡指令集電腦，其表示 CPU 的線路可以盡量做到最佳化，使一個指令



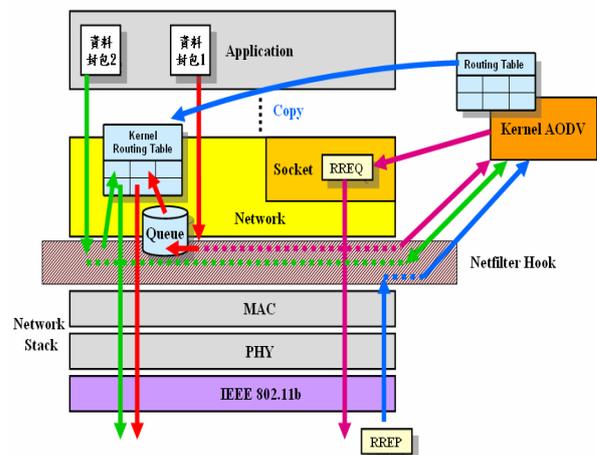
圖四、Kernel AODV 與實驗平台關係圖



圖六、PCM-7230 嵌入式平台外觀



圖五、PCM-7230 嵌入式平台架構



圖七、Kernel AODV 模組運作概念圖

的處理時間縮減至最短，進而提高整體執行速率。ARM RISC 架構處理器具有低功率、高運算效能以及高度整合性等特質，因此在目前市場佔有率中節節攀升。本子計畫所採用的 PCM-7230 平台核心就是 Intel 製作的 ARM RISC 架構處理器。

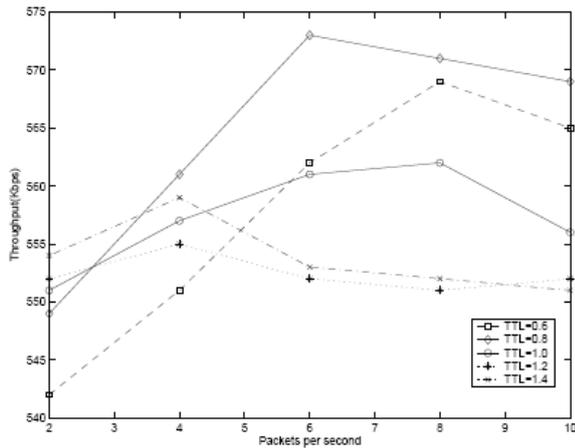
研華公司生產的 PCM-7230 是本子計畫所採用的嵌入式實驗平台[14]，表二列舉其關於本子計畫所採用的主要軟硬體規格，架構與外觀如圖五和圖六所示。

表二、PCM-7230 嵌入式實驗平台主要軟硬體規格

CPU	Intel Xscale PXA255 400MHz
Flash	32 MB (OS Image) 1 MB (Bootloader)
SDRAM	64 MB
LCD	10.4" Touch Screen
NIC	Orinoco Wireless Card Gold (IEEE 802.11b)

## B、Kernel AODV

AODV[15]為 Reactive 擇路協定的代表演算法之一。在該演算法中，傳送節點  $S$  於欲傳送資料封包給目的節點  $D$  時，先查閱擇路表 (Routing Table) 中是否具有到達目的節點的路徑資訊。若擇路表中不存在此路徑資訊，則  $S$  將藉由廣播  $RREQ$  (Route Request) 封包開始執行路徑找尋程序。 $RREQ$  的封包檔頭中包含  $S$  與  $D$  的位址、Hop 數等資訊。網路中的節點在收到  $RREQ$  封包後，將傳送  $RREQ$  封包的節點資訊記錄於擇路表中以建立返回路徑，並判斷自己是否為目的節點。若自己本身非目的節點，則在該封包檔頭中的 Hop 數加一，並將該封包廣播出去。目的節點在接收到數個  $RREQ$  封包後挑選 Hop 數最少的路徑回傳  $RREP$  (Route Reply) 封包給來源節點  $S$ 。網路中接收到  $RREP$  的節點同樣在擇路表中記錄傳送該封包的節點資訊以建立資料封包傳遞路徑。來源節點  $S$  則以此路徑傳送資料給目的節點  $D$ 。



圖八、Throughput vs. Packet Transmission Rate (Number of Nodes = 15; Velocity = 10 m/sec)

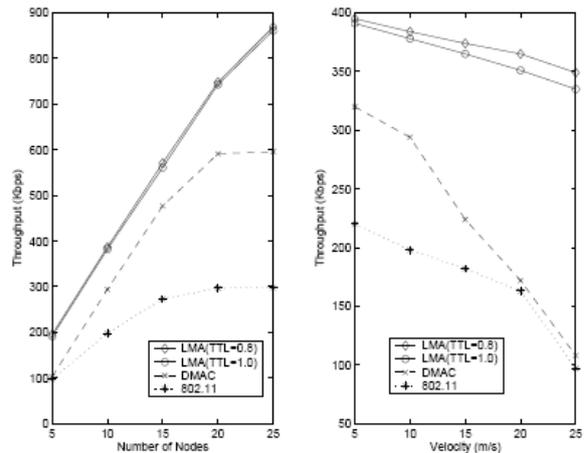
Kernel AODV[16]為Linux作業系統下的Kernel模組，其將AODV擇路協定實作於Linux作業系統中的Kernel模式。在安裝執行Kernel AODV模組前，需先安裝Netfilters，其用以攔截篩選傳送與接收的封包來執行AODV擇路協定。如圖七所示，傳送節點將第一個資料封包由應用層往下傳遞到網路層時，Netfilter會攔截該資料封包至Kernel AODV，判斷通往封包目的節點的路徑是否存在於擇路表中。若Kernel AODV的擇路表中不存在任何通往目的節點的路徑，則Kernel AODV將資料封包保存在佇列中，並要求Network Socket產生RREQ封包找尋通往目的節點之路徑。當Kernel AODV接收到目的節點回覆的RREP封包後，於擇路表中記錄通往該節點的路徑資訊，並將此擇路表複製一份到Linux Kernel中，稱之為Kernel擇路表。儲存在佇列中的資料封包週期性察看Kernel擇路表中是否存在通往目的節點的路徑資訊。若路徑存在，則該資料封包將往下層傳遞送出。傳送節點的第二個資料封包由應用層往下傳遞到網路層時，同樣會被Netfilter攔截至Kernel AODV判斷通往該封包目的節點的路徑是否存在。若路徑存在，則讓該資料封包依據Kernel擇路表中記錄的路徑傳遞送出。

## 五、結果與討論

在本年度此子計畫中所提出之具位置與移動資訊基礎的媒介存取控制演算法，將採用軟體模擬的方式來評估、分析與比較其效能。Kernel AODV擇路協定則採取實測的方式來觀察理論與實作上之較能差異。

### I、具位置與移動資訊基礎(LMA)的媒介存取控制協定

#### A、模擬參數



圖九、Throughput vs. Number of Nodes (Velocity = 10 m/sec) and Velocity (Number of Nodes = 10)

在本子計畫中，我們採用網路模擬器(Network Simulator 2, NS-2) [17]模擬實現所提出的LMA媒介存取控制演算法，並將其與現有的IEEE 802.11和DMAC媒介存取控制協定分析比較。為了公平起見，我們將DMAC協定更改為MANET中每個行動節點僅知道自己的位置資訊。模擬環境所採用的參數如表三所示，移動模型採用Random Waypoint Mobility (RWM)模型，擇路協定採取DSR (Dynamic Source Routing) [18]協定。

表三、模擬參數

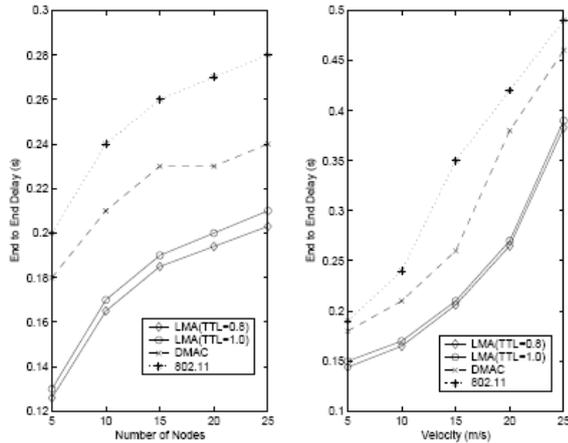
Parameter Type	Parameter Value
Simulation Area	600 x 600 m <sup>2</sup>
Simulation Time	800 sec
Transmission Range with Omni-Antenna	100 m
Transmission Range with Directional-Antenna	200 m
Number of Antenna Beams	8
Traffic Type	Constant Bit Rate (CBR)
Size of Data Packet	1024 bytes

#### B、模擬結果

在模擬結果分析方面，我們採取下列兩個參數作為比較評估的準則：

- 1) The Throughput
- 2) The End-to-End Delay

圖八顯示在不同的資料封包傳遞速度之下，TTL門檻值的設定對於我們所提出的LMA媒介存取控制機制在Throughput方面所造成之影響。在封包傳遞速度低的情況下，較大的TTL門檻值擁有較好的Throughput。當TTL門檻值為0.8秒或1.0秒時，在不同封包傳遞速度下，整體Throughput優於其他門檻值。因此我們所提出的LMA媒介存取控制協定將



圖十、Delay vs. Number of Nodes (Velocity = 10 m/sec) and Velocity (Number of Nodes = 10)

利用這兩個 TTL 門檻值來與其他協定進行比較。

圖九和圖十分別顯示 TTL 門檻值為 0.8 秒和 1.0 秒時的效能比較結果。藉由方向性天線幫助，無論是在 Throughput 或者 End-to-End Delay 方面，LMA 與 DSMA 協定皆優於採用全向性天線的 IEEE 802.11 媒介存取控制協定。此外在不同的情況底下，LMA 皆擁有較高的 Throughput 與較小的 End-to-End Delay。如圖八右圖所示，LMA 協定中的預估機制有效提升整體 Throughput，尤其是在高移動速度的情況下。DMAC 協定在高移動速度的情況中，由於方向性天線沒有辦法指向正確的位置傳送資料，因此 Throughput 突然下降地很嚴重。在 End-to-End Delay 方面，LMA 在任何情況底下皆較比較的協定平均減少約 0.1 秒。此外由於 LMA 協定僅是把位置資訊附加在原有的控制封包中，不需增加額外的控制封包，因此在模擬中比較各協定的控制封包數就顯得多餘。

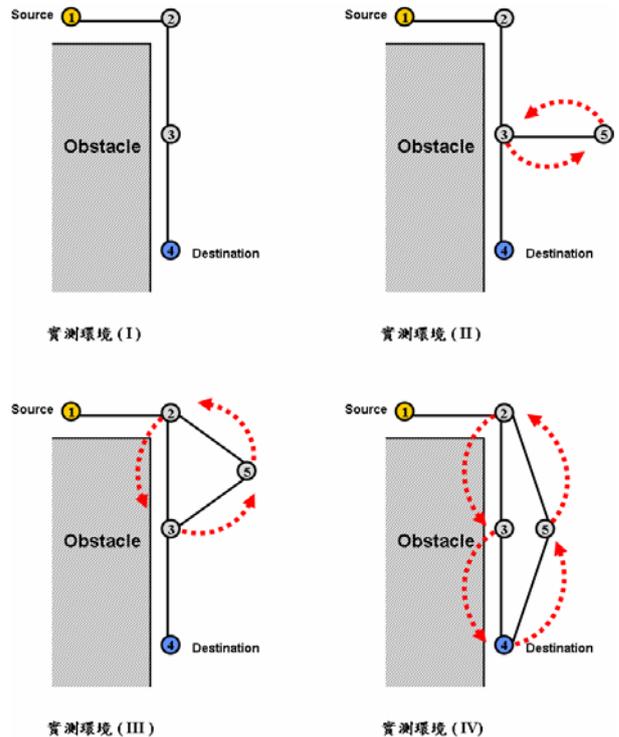
## II、Kernel AODV 擇路協定

### A、實測環境與參數

在本子計畫中，我們採用研華 PCM-7230 嵌入式平台於室內環境中實際量測 AODV 擇路協定效能。實測環境如圖十所示，分成「所有節點靜止不動」、「路徑中某節點替換」、「資料來源節點和目的節點不動」和「僅資料來源節點不動」四種情況，以量測 AODV 擇路協定的擇路與路徑修復效能。實測環境所採用的參數如表四所示。

表四、實測參數

Parameter Type	Parameter Value
Simulation Time	300 sec
Traffic Type	CBR ( 1 data packet/sec)
Size of Data Packet	56 bytes
Velocity	Walk Speed



圖十一、Kernel AODV 實測環境概要圖示

### B、實測結果

在實測結果分析方面，我們採取下列兩個參數作為比較評估的準則：

- 1) The Packet Delivery Ratio
- 2) The Packet Delay

表五列出在四種環境下的量測結果。在實測環境 (I) 中，由於所有節點皆靜止不動，因此 Packet Delivery Ratio 高達 99%。隨著移動節點數目增加，路徑修復次數亦增加，資料封包儲存在佇列一段時間無法傳送出去後即丟棄，因而造成 Packet Delivery Ratio 快速降低且 Packet Delay 快速增加。實測環境 (IV) 中的目的節點會移動到資料來源節點的傳輸範圍內，此時因路徑中斷而儲存在佇列中的資料封包可進行直接傳送，因此與實測環境 (III) 相較之下擁有較高 Packet Delivery Ratio 與較低 Packet Delay。然而在不同的環境底下，ADOV 擇路協定實際量測的效能大部分皆低於理論模擬分析結果，特別是在節點具有移動性的情況下。

表五、實測結果

	Packet Delivery Ratio (%)	Packet Delay (s)
實測環境 (I)	99 %	4.80 s
實測環境 (II)	80 %	5.15 s
實測環境 (III)	44 %	121.10 s
實測環境 (IV)	49 %	13.10 s

## 六、結論

在本年度的子計畫中，我們提出以方向性天線為基礎設計具位置與移動速度資訊的 MANET 媒介存取控制協定，並將其實現於軟體模擬平台 NS2 中。藉由位置與移動資訊的預測機制，行動節點可以有效地將方向性天線轉向相對應的資料接收節點。利用 LMA 媒介存取控制協定中的方向性監聽(Directional Listen) 機制，可有效解決部分 Deafness 問題。模擬結果顯示，在不同的環境底下，LMA 媒介存取控制協定擁有較佳的效能。

另一方面，我們將著名的 AODV 擇路協定實現於 ARM 為基礎的嵌入式實驗平台，並在室內環境中實際量測該協定在擇路與路徑修復方面之效能。量測結果顯示，在不同的環境底下，ADOV 擇路協定實際量測的效能大部分皆低於理論模擬分析結果，特別是在節點具有移動性的情況下。

## 七、參考文獻

- [1] IEEE Computer Society, "IEEE Standard 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1997.
- [2] J. Zander, "Slotted ALOHA Multihop Packet Radio Networks with Directional Antennas," *Electronics Letters*, vol. 26, 1990.
- [3] T. S. Yum and K. W. Hung, "Design Algorithms for Multihop Packet Radio Networks with Multiple Directional Antennas Stations," *IEEE Trans. on Communications*, vol.40, no.11, Nov. 1992, pp.1716-1724.
- [4] Y.B. Ko, V. Shankarkumar, and N.H. Vaidya, "Medium Access Control Protocols using Directional Antennas in Ad Hoc Networks," *Proc. of IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM)*, vol.1, Mar. 2000, pp.13-21.
- [5] A. Nasipuri, S. Ye, J. You, and R. E. Hiromoto, "A MAC Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks using Directional Antennas," *Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Sept. 2000, pp.23-28.
- [6] S. Bandyopadhyay, K. Hausike, S. Horisawa, and S. Tawara, "An Adaptive MAC and Directional Routing Protocol for Ad Hoc Wireless Networks Using ESPAR Antenna," *Proc. of the ACM/SIGMOBILE MobiHoc*, Oct. 2001.
- [7] R. R. Choudhury, X. Yang, R. Ramanathan, and N. H. Vaidya, "Using Directional Antennas for Medium Access Control in Ad Hoc Networks," *ACM MobiCom 2002*, Sept. 2002.
- [8] T. Korakis, G. Jakllari, and L. Tassiulas, "A MAC Protocol for Full Exploitation of Directional Antennas in Ad-Hoc Wireless Networks," *Proc. of ACM Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC)*, Jun. 2003.
- [9] Z. Haas and J. Deng, "Dual Busy Tone Multiple Access (DBTMA): a New Medium Access Control for Packet Radio Networks," *Proc. of IEEE International Conference on Universal Personal Communications*, Oct. 1998.
- [10] Z. Huang, C. Shen, C. Srisathapornphat, and C. Jaikaeo, "A Busy-Tone Based Directional MAC Protocol for Ad Hoc Networks," *Proc. of IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, Oct. 2002.
- [11] R. R. Choudhury and N. H. Vaidya, "Deafness: a MAC Problem in Ad Hoc Networks when using Directional Antennas," *Proc. of the 12th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP '04)*, pp.283-292.
- [12] K. Nagashima, M. Takata, and T. Watanabe, "Evaluations of a Directional MAC Protocol for Ad Hoc Networks," *Proc. of the 24th International Conference on Distributed Computing System Workshops (ICDCSW)*, 2004.
- [13] B. Parkinson and S. Gilbert, "NAVSTAR: Global Positioning System – Ten Years Later," *Proc. of IEEE*, Oct. 1983, pp.1177-1186.
- [14] PCM7230 使用手冊, 研華(advantech)公司, 2003.
- [15] C. Perkins and E. Royer, "Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing," *Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Feb. 1999, pp. 90-100.
- [16] Kernel\_aodv, [http://w3.antd.nist.gov/wctg/aodv\\_kernel/](http://w3.antd.nist.gov/wctg/aodv_kernel/).
- [17] J. Heidemann, N. Bulusu, J. Elson, C. Intanagonwiwak, K. Lan, Y. Xu, W. Ye, D. Estrin, and R. Govindan, "Effects of Detail in Wireless Network Simulation," *Proc. of the SCS Multiconference on Distributed Simulation*, Jan. 2001, pp.3-11.
- [18] D. B. Johnson, D. A. Maltz, and J. Broch, "DSR: The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks," *Ad Hoc Networking*, edited by C. E. Perkins, Addison-Wesley, 2001.