

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 總計畫(1/2)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2219-E-009-010-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊工程研究所

計畫主持人：曾建超

共同主持人：曾煜棋

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 6 月 1 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 期中進度報告

多階層行動隨意網路之設計及實作—總計劃(1/2)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92 - 2219 - E - 009 - 010 -

執行期間：2003年08月01日至2004年07月31日

計畫主持人： 曾建超 教授

共同主持人： 曾煜棋 教授

計畫參與人員： 張志勇 教授，簡榮宏 教授。

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢  
涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後  
可公開查詢

執行單位：國立交通大學資訊工程研究所

中 華 民 國 2003 年 05 月 31 日

## 1. 中英文摘要

本整合型計畫為期二年，主要之目的，是要實現一個多階層之行動隨意網路 (Multi-tier Mobile Ad Hoc Network)，使其支援不同通訊系統間之自動切換，突破以往只侷限於單一通訊協定之行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Networks，簡稱 MANET)。階層 (tier) 的意義，在於不同通訊系統所能提供服務的範圍大小、場合不同；而在一個多階 (multi-tier) 的環境裡，係有多個通訊系統層層相疊，行動主機 (mobile host) 在配備這些相關系統硬體的條件下，可自由的在不同通訊協定中切換，享有不同通訊系統所提供的服務。同時，在本計畫中，亦進行多步跳躍行動隨意網路 (Multi-hop Mobile Ad Hoc Networks) 之相關研究，多步跳躍行動隨意網路的佈置讓行動主機不需侷限於某一固定接取點 (access point) 的無線傳輸範圍之內，而可以藉由別的行動主機幫忙轉送 (relay) 封包，一樣到達欲通訊之目的地，因而更加強了行動主機的行動範圍 (mobility)。在本計畫中，行動主機可以是膝上型電腦 (laptop/notebook)、個人數位助理(PDA)、或是行動電話(mobile phone)等具移動性的通訊(計算)設備。另外，本計畫欲藉由在行動網路中的行動虛擬私有網路(Mobile Virtual Private Network, MVPN)架構，提供行動主機一個授權和安全的家網環境(Virtual Home Environment, VHE)。讓行動使用者無論在任何地點使用網路都有如在家網一般，非常便利地取得家網的資源，更能進一步在授權的機制管制之下，取得當地的網路資源。當然，更重要的是如何在多階行動隨意網路，探討定位(positioning)的方法，並整合定位、地圖與服務資訊，發展具位置知覺的服務與應用，提供m-化的最佳機制。提供位置資訊結合地圖資訊或其他提供之地理資訊 (Location Provisioning)來達成更人性化、個人化的位置導向的服務與應用。

關鍵字：行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Network, MANET)、多階層 (Multi-tier)、多步跳躍 (Multi-hop)、移動支援 (Mobility Support)、電源管理 (Power Management)、具位置知覺的繞徑協定 (Location-aware Routing Protocol)、虛擬原網環境 (Virtual Home Environment, VHE)、定位機制 (Positioning)。

We propose an integrated project with 2-year execution time. The goal is to design and implement a Multi-tier Mobile Ad Hoc Network. By “tiers”, we mean different communication systems in terms of service coverage and usage scenario. In a multi-tier environment, there exist multiple overlapping communication systems. Mobile hosts equipped with corresponding system hardware can spontaneously switch between various communication protocols to be served with applications offered by available systems. In addition, the proposed project will embark on relative research in Multi-hop Mobile

Ad Hoc Networks. Such network allows mobile hosts to communicate indirectly through the help of relaying packets by intermediate nodes. This way does not require mobiles to be restricted within the radio transmission coverage of a fixed access point, hence enhancing mobility capability of mobiles. In the proposed project, mobile hosts can be any portable communication/computing devices, such as laptops/notebooks, PDAs (Personal Digital Assistants), or mobile phones.

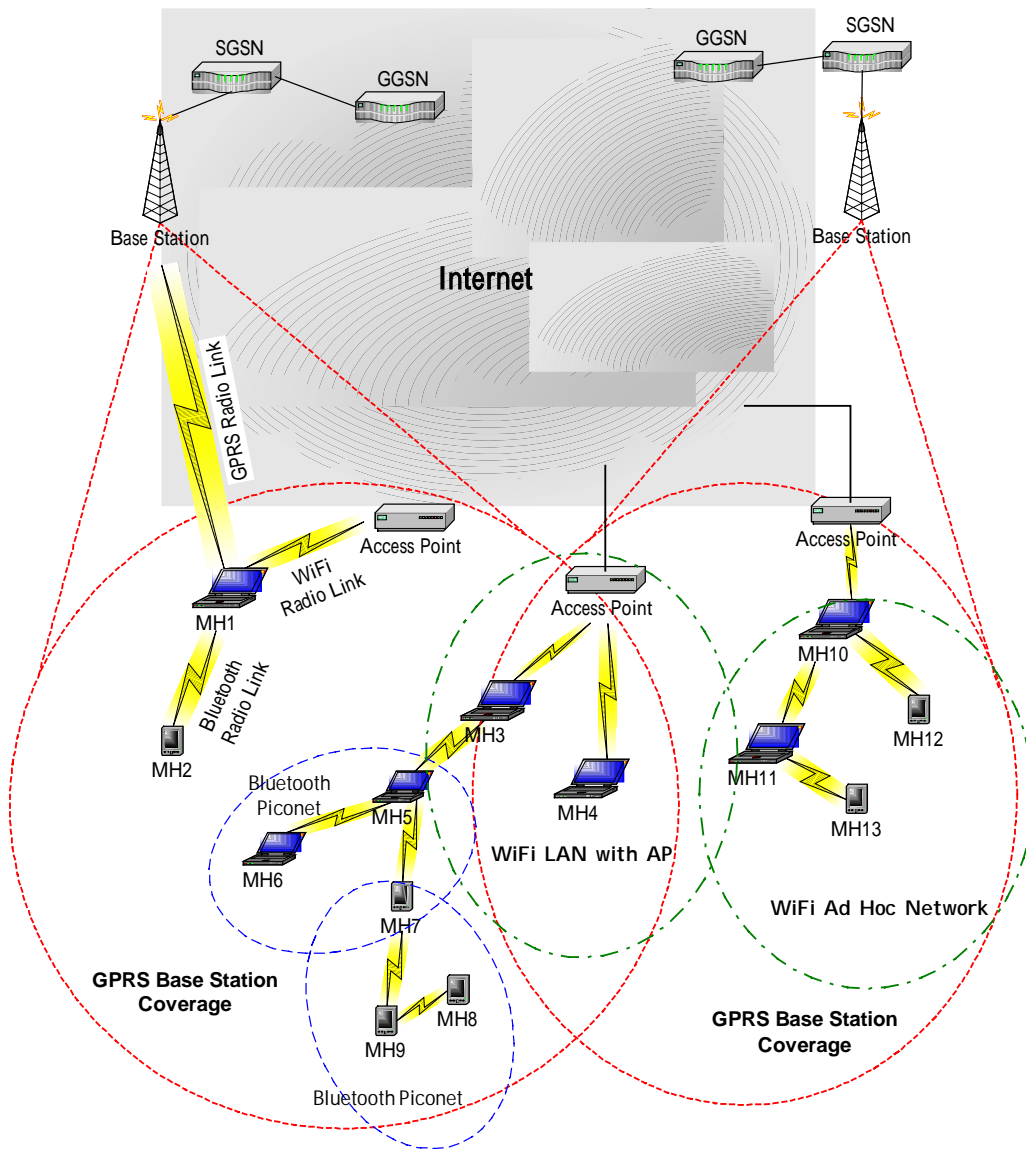
Keywords: Mobile Ad Hoc Network (MANET), Multi-tier, Multi-Hop, Mobility Support, Power Management, Location - aware Routing Protocol, Virtual Home Environment (VHE), Positioning.

## 2. 系統實作架構

如圖一所示，本計劃之多階層行動隨意網路是由符合Wi-Fi標準之無線網路設備、Bluetooth模組、及Cellular Systems (如GSM、GPRS、WCDMA/cdma2000等)多套通訊系統所整合而成。

使用研究設備包含了行動主機，每台行動主機將以小型的可攜式設備為主，例如膝上型電腦(laptop/notebook)、個人數位助理(PDA)、或是行動電話(mobile phone)等具移動性的通訊(計算)設備，每一行動主機裝配符合Wi-Fi標準之無線網路卡(802.11-based LAN card)、Bluetooth之晶片及GPRS之晶片與天線，另外還有存取點(Access Point)及與GPRS相關之通訊設施(基地台、SGSN、GGSN等由電信廠商支援)。

當行動主機與其通訊對象是在同一行動隨意網路中，若此通訊對象之距離超過數百公尺，則透過Wi-Fi標準之無線網路卡與之通訊，若無法直接通訊，則要由其他行動主機扮演路由器的角色幫忙轉送封包，這樣就形成了 multi-hop ad hoc network；若通訊對象之距離只有幾公尺遠，且資料傳輸屬於較低頻寬需求的服務時，則透過Bluetooth晶片在區域範圍所形成的 Piconet，直接或間接藉由Master主機轉送到目的地主機。以上情境為使用者免付費之狀況，若通訊之對象是在其他的行動隨意網路中，而行動主機附近剛好有存取點，則透過存取點來與之通訊，否則就透過無所不在(但較昂貴)的GPRS網路與之通訊。在此架構下，使用者可不受時空限制，任意在這三種通訊系統中漫遊，本系統會依據通訊狀況，自動換手，選擇最經濟最有效的方式通訊。



圖一: 多階層行動隨意網路系統架構圖

### 3. 整體分工合作架構

本計劃之分工架構如圖二所示，包括實體層(Physical Layer)、資料鏈結層(Data Link Layer)、網路層(Network Layer)、傳輸層(Transport Layer)及應用層(Application Layer)，子計劃一(由曾建超教授負責)主要是解決應用層及不同通訊系統間之漫遊與換手問題，子計劃二(由張志勇教授與陳裕賢教授負責)則是解決Network層之問題，子計劃三(由簡榮宏教授負責)負責實作應用層之服務程式，子計劃四(由曾煜棋教授負責)解決部分為Data Link層、Transport層及部分Network層之問題。

<b>Application</b>	Tracking Services	Location-based Services & Applications	Intra/Inter-VPN Resource Sharing and Service Directory	VHE Registration and AAA Authentication	Multi-tier VHE Smooth Handoff
	Position Determination				
<b>Transport</b>	Intelligent TCP	Multi-rate TCP			
<b>Network</b>	Multicast/Broadcast	Geocast			
	Layer-3 Mobility Support	Power-aware Routing	Location-aware Routing		
<b>Data Link</b>	Power Mgt for WiFi	Power Mgt for Bluetooth	Interference Reduc. MAC	Layer-2 Mobility Support	
<b>Physical</b>	GSM/GPRS	WiFi	Bluetooth	WCDMA/cdma2000	

圖二: 整理分工架構

#### 4. 每個子計畫第一年研究主題與研究成果

本計畫為一整合型計畫，共包含四個子計畫，分二年執行；以下分別介紹各子計畫第一年研究主題與研究成果。

##### A. 子計畫一：多階層行動隨意網路之虛擬家網環境

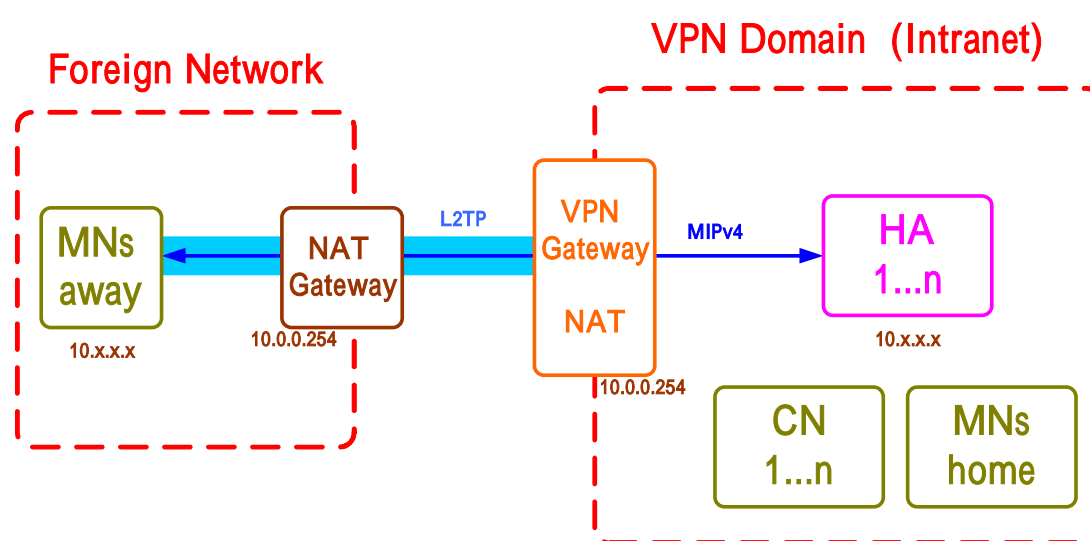
本子計畫在第一年完成的系統功能包括：(1)完成Mobile IP與VPN的整合；(2)完成多階層VPN網路的架構與設計；(3)設計實作支援階層間無縫換手(Seamless Handoff)的機制；(4)提出新雙向認證(full authentication)機制和金鑰先期投遞機制。其詳細內容將在下面敘述。

##### (1) 完成Mobile IP與VPN的整合

近年來，在行動通訊系統中傾向利用Mobile IP來整合各種存取媒介。然而，為了讓使用者能夠更安全的使用各種適當的網路存取媒介，我們也需要一套安全認證的運作機制以保護網路的使用權利。而VPN的應用也趨向於希望能透過多階層級網路隨時隨地存取原網路(Home Network)的資源。鑑於上述的功能需求，我們整合Mobile IP與虛擬私人網路(VPN)，以祈使用者能夠在無中斷感覺的情況下，提供具有安全性的換手服務。

下圖為系統架構，在此我們以L2TP來實作VPN tunnel。在我們的設計架構之下，使用者在當地網路(Foreign Network)中透過VPN協定，如Layer 2 Tunnel Protocol(L2TP)，經由公共網路來存取原網路的資源。同時，我們採用Mobile IP機制以提供使用者在區間網路換手(Inter-domain handoff)中也能保持連線不中斷。為了同時提供行動性與安全性，我們以

Home Agent (HA)作為MN在Home Network的代理人,以支援不斷線服務 此外,HA在Home Network之內受到VPN的保護,HA與MN的聯繫也由VPN tunnel (這裡使用L2TP來實作)保障安全性。因此,在封包的封裝(encapsulate)順序上,我們是把L2TP包在Mobile IP的外面,如此Mobile IP的資訊將受L2TP的保護,對Mobile IP的MN而言,就如同在intranet中漫遊一般。為了達成以上功能,我們修改了Mobile IP與L2TP的一些動作,如介面的尋找與選擇、Care-of-address (CoA)位址的取得、PPP tunnel的端點位址設定,好讓這兩種協定可以互相配合。又為了能夠支援NAT在我們的VPN架構中,我們修改了Mobile IP的封包格式以及L2TP對UDP port的使用方法。



圖三：System Architecture圖

## (2) 完成多階層VPN網路的架構與設計

- 多階層 VPN 網路(Multi-Tier VPN)

此工作項目是要在一個VPN網路中,依需求( On Demand )建立VPN連線( 或通道Tunnel )於同質/異質階層網路上,讓MN可藉由不同階層網路設備存取此VPN網路。依需求所建立的VPN連線會根據MN所在的地點和其所使用的網路設備來決定原VPN網路的連線是否已經存在,亦或要建立新的VPN連線。多階無線虛擬私有網路系統功能包括:(1) 自動偵測目前可用網路型態;(2) 不斷線的換手服務;(3) 使用Mobile IP機制;(4) 認證及帳號之稽核管理。

- VPN 家網網內或網外使用者漫遊行動管理(Mobility supports for intra/extra-home network VPN roaming)

VPN使用者的漫遊可以分為VPN家網網內和網外漫遊，VPN家網網內漫遊比較沒有安全認證上的問題，但是無論網內或者是網外，只要路由路徑有更改（也就是跨子網路的漫遊），就需要網路層級間換手的機制(Mobile IP)。在VPN家網網內漫遊比較單純，安全認證較容易。而網外漫遊，我們系統則是透過L2TP的嚴格認證機制來完成使用者安全認證及VPN連線建立時的安全認證。

### **(3) 設計實作支援階層間無縫換手(Seamless Handoff)的機制**

我們可以透過Tier Manager (TM) 來完成階層間無縫換手的機制。TM的主要功能為監視無線區域網路連線狀態與負責切換連線介面，當系統啟動時，TM便會隨時監視無線區域網路的連線狀況，假若無線區域網路是可用的，TM即修改路由表以及對HA發出update訊號更改目前所使用的IP讓封包皆經由無線區域網路繞送，然而一旦發現無線區域網路中斷，TM便立即修改路由表以及啟動GPRS和對HA發出連線update的訊號讓封包透過GPRS網路來繞送，同時它也將通知MIP做適當的註冊流程，使連線維持暢通。

### **(4) 提出新雙向認證(full authentication)機制和金鑰先期投遞機制。**

我們在第一年的計畫之中，結合訊息完整性檢查(message integrity check)、資料隱密(data privacy)與先期認證(pre-authentication)等技術，提出更安全的新雙向認證(full authentication)機制和跨存取點的快速換手機制。其中前者可預防假造的網路設備竊取使用者的機密資料(包括金鑰)，而後者包含金鑰先期投遞(Key pre-distribution)機制和非同步於MN換手動作的再認證機制，金鑰先期投遞可免去MN在換手時與network的再認證動作，非同步於MN換手動作的再認證機制可加強金鑰的安全性。

## **B. 子計畫二：多階層隨意網路上具位置知覺的繞徑協定設計及實作**

本子計畫在第一年完成的系統功能包括 (1) 完成Bluetooth Multicast/Broadcast 通訊協定的設計；(2) 完成802.11 Multicast/Broadcast 通訊協定的設計；(3) 完成Bluetooth通訊模組實作與操控；(4) 完成802.11通訊模組實作與操控；(5) 完成Bluetooth與802.11跨階切換模組的設計。以下分別就上述五個完成的工作項目加以說明。

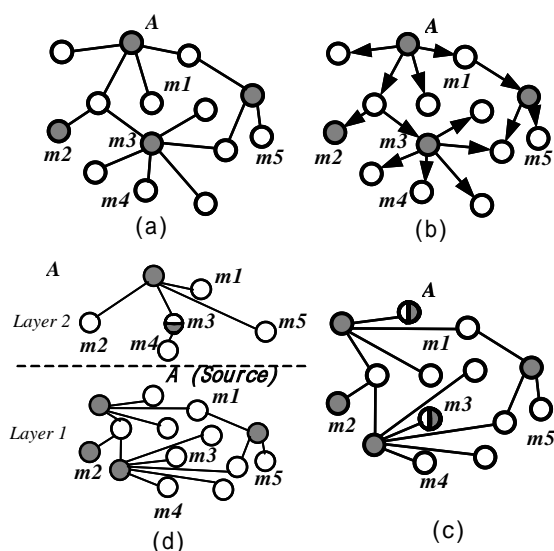
### **(1) 完成Bluetooth Multicast/Broadcast 通訊協定的設計**

Bluetooth是一個低耗電、低成本的短距離無線通訊設備，以自由對頻的方式形成piconet，每個piconet由一個master以及對多7個slaves組成，而多個piconets藉由bridge node的連結形成一個scatternet，透過bridge的切換可將資料由一個slave傳送到另一個slave，資



料的傳送以Multicast/Broadcast為最常見的模式，一般運用在802.11環境上的multicast protocol並不適合運用在Bluetooth的環境中，因此設計了一個Bluetooth Multicast/Broadcast的通訊協定。

Protocol主要分為兩個phases，執行完成後將形成兩個layers。第一個phase主要是在建立Multicast Tree，首先我們擁有一個scatternet(圖四(a))，並且A、m1、m2、m3、m4、m5都是multicast member，而其中A為source device。如圖四(b)，我們運用flooding的方式傳送search packet到整個scatternet，所傳送的包括BD\_ADDR和clock等資訊，nonmember device接收到search packet僅幫忙傳遞message，而member接收到packet除了判斷自身是否為master，並在避免影響到原本scatternet正常運作的原則下，將會改變角色成為slave(如圖四(c)A、m3)，以member device m3為例，當m3接收到search packet，會更新BD\_ADDR與clock offset的資訊，並將此廣播給鄰居知道，然後進入page狀態嘗試著與device A建立連結，當連結成功時會執行role switch，結果會使device A當master而device m3當slave，然後m3進入page scan狀態，是這跟其他子節點建立連結並且切換角色，當phase 1完成時會形成如圖四(d)。

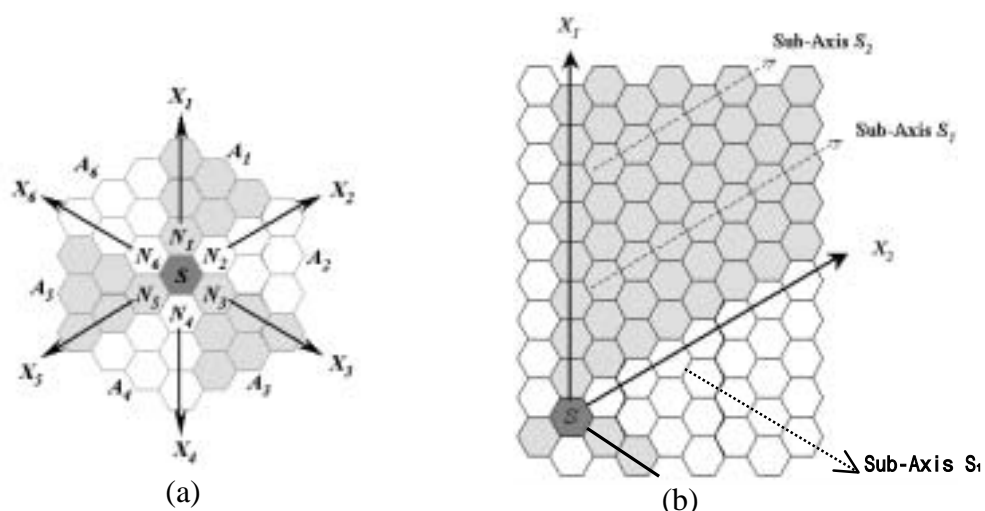


圖四：protocol在運作phase 1時的例子

第二個phase主要在進行topology reorganizition，將phase 1所建立的multicast tree重新建構，tree的結構依照Slave/Master bridge與member collection等case作修改，使其達到在兩個layer都能同時運作，並且將layer 2之tree高度縮到最小。本研究成果目前亦將刊登於國際會議IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems(ICCCAS'04)。

## (2) 完成802.11 Multicast/Broadcast 通訊協定的設計

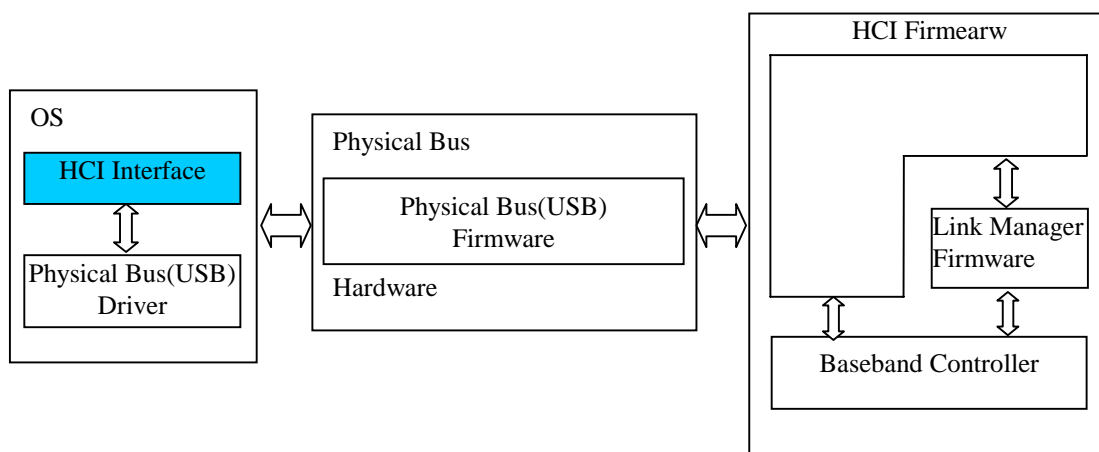
隨著科技的進步，以及無線網路設備成本的降低，人們漸漸開始使用無線網路的裝置，此時MANET環境提供了一個不需架設基地台，又可以透過無線網路裝置以隨建即連的方式形成網路，使兩個移動裝置透過無線的方式進行溝通，在溝通的各種模式中，又以Multicast/Broadcast為最常使用的溝通模式，我們在Ad-Hoc network環境中設計了一個Multicast/Broadcast的通訊協定。



圖五：(a)Source廣播時所傳送的六個方向及切割出的六個區域  
(b)封包傳送路線及負責序傳的cellular之示意圖

設計的protocol運作在regular cellular的網路環境，每個cellular分別有六個鄰居，並且挑選出離cellular中心點最接近的當成manager，cellular內的member透過manager與manager之間的傳遞將封包傳給所有cellular。每個cellular都可能成為source，當source manager向六個方向發出broadcast packet，這六個方向會將網路切個成六個區域，每個cellular運用設計的source-oriented coordinate system得知自己所在的區域及相對座標，如圖五(a)所示。為了避免封包重複接收、競爭以及碰撞的問題，protocol定義了傳送broadcast packet的方式，訂定只有六個主軸(圖五(a) $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ )以及每個區域中X座標為3的倍數之cellular manager，稱之為副軸(圖五(b)Sub-Axis  $S_1$ )，會接著幫忙繼續傳遞broadcast packet，其餘不在這些方向的點不會做rebroadcast的動作。為避免六個主軸在source兩步內、以及主軸與副軸交接處同時傳送時發生的碰撞問題，運用適當的delay將其傳送錯開，如此運作下來網路上的每個點都會接收到broadcast packet，增加傳送成功率也減少了封包碰撞的機率。本研究計畫的部份成果亦已發表於國際會議*The 18th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2004)*。

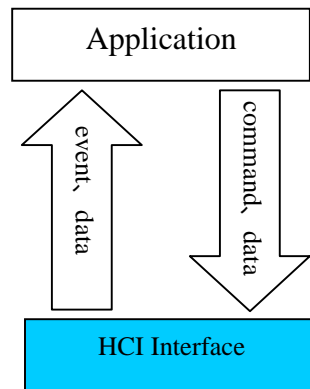
### (3) 完成Bluetooth通訊模組實作與操控



圖六：HCI Interface與Bluetooth晶片的關係圖

圖六為HCI Interface與Bluetooth晶片的關係圖，HCI Interface經由標準的 USB Driver 連接Bluetooth晶片，藉由標準的HCI Command、HCI Event、HCI ACL Data及HCI SCO Data，控制Bluetooth晶片或接收資料。

因為每個HCI Command的執行時間都不一樣，所以HCI specification以HCI Event的方式將執行結果回傳給HCI Interface，同時HCI ACL Data及HCI SCO Data會由遠端傳入本端的Bluetooth晶片，然而我們無法得知HCI Event、HCI ACL Data及HCI SCO Data會在什麼時間產生，如果HCI Interface預期會收到HCI Event或HCI ACL Data、HCI SCO Data，中止了其它的動作等待預期會收到的封包，事實上這個封包不會發生或很久後才會發生，如此會使HCI Interface的效率很差，為了解決這個問題我們以multi thread的方式實作HCI Interface，HCI Command、HCI Event、HCI ACL Data及HCI SCO Data各有一個對應的thread，如此我們可以隨時要求HCI Interface執行HCI Command不會受到其它封包的影響，但是Bluetooth晶片的記憶空間是有限的，我們不可以無限制的一直將HCI Command送到Bluetooth晶片，所以我們實作HCI flow control來解決這個問題。



圖七：HCI Interface與上層應用程式的關係圖

圖七為HCI Interface與上層應用程式的關係圖，HCI Interface提供HCI Command的function介面供應用程式呼叫；另以call back function方式將event及data傳送回應用程式。

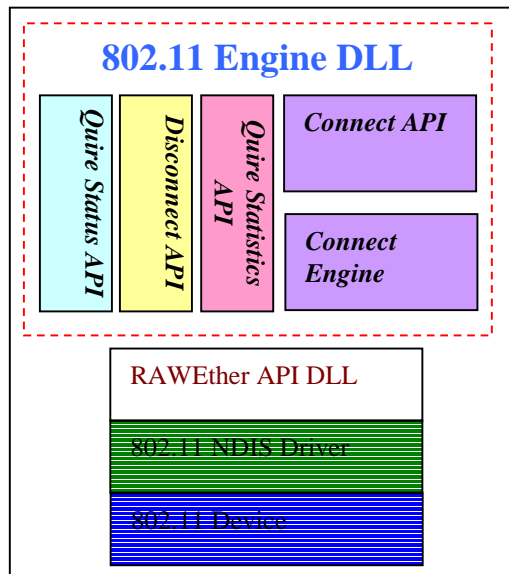
這裏我們同樣要解決如何通知上層的程式有HCI event或HCI ACL Data、HCI SCO Data發生，這次我們使用了call back function的方式，我們為每個HCI Event、HCI ACL Data及HCI SCO Data都提供了一個call back function的caller，上層如果要處理任何這類的封包，只要完成處理的程序再通知HCI Interface程序的名稱如此就可以在封包產生時自動的執行應執行的程序。

#### (4) 完成802.11通訊模組實作與操控

在Windows 作業系統下，搭配”RAWETHER API DLL”的使用下，實作一個 “802.11 Engine DLL” 模組，其目的為簡化對 802.11 元件控制和強化連線建立，以提昇使用 802.11 通訊模組的方便性。

圖八即為實作 “802.11 Engine DLL” 模組的架構圖，其中內含四個主要的 API：

- Connect API & Connect Engine：
  - a、Connect API：提供上層應用程式呼叫，以建立 802.11 的通訊連線。
  - b、Connect Engine：主要為協助尋找有效的連線，提供最佳化的連線

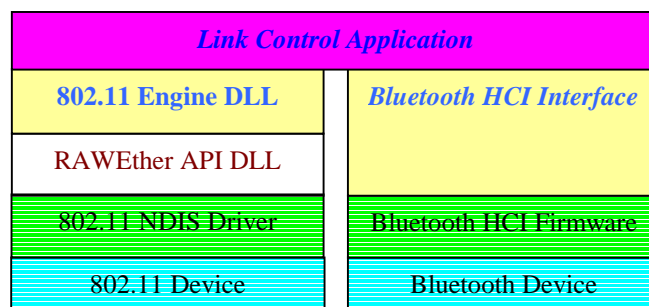


圖八：802.11 Engine DLL時做示意圖

- Quire Statistics API: 連線時，提供取得封包傳送數量和監視有效訊框(Frame)、無效訊框數。
- Disconnect API: 執行通訊斷線的程序。
- Quire Status API: 取得 802.11 元件的連線狀態和連線品質。

#### (5) 完成Bluetooth與802.11跨階切換模組的設計

最後，建構“Link Control Application”應用程式。監視 Bluetooth 與 802.11 通訊模組的連線狀態，並作合適的連線切換。圖九為“Link Control Application”示意圖：



圖九：Link Control Application示意圖

跨階通訊要能達到最經濟最穩定的傳輸目的地，所以設計一媒介選擇決策模組，挑選出最適合的傳輸媒介。此媒介的選擇機制有二，分別為傳輸距離及傳輸資料大小。就傳輸距離而言如果距離是在Bluetooth的範圍內，就不要使用802.11如此可以節省傳輸能量。當傳

輸範圍超出Bluetooth的傳輸範圍後，傳輸的工作由802.11繼續，同時Bluetooth必需每隔一段時間就偵測看看是否傳輸距離又回到Bluetooth可傳輸的範圍，如果是就將802.11停止由Bluetooth接手傳輸工作，否則Bluetooth就暫時休眠。就傳輸資料大小而，如果同一時間需傳輸的資料超過10Mbps加上某一定值時，就以802.11將資料快速的傳送完畢，再回覆成Bluetooth的傳輸模式，如此可減少傳輸時間保持較好的傳輸品質。

- “Link Control Application”分為802.11監視、802.11控制、Bluetooth監視、Bluetooth控制、媒介選擇決策、人機介面等模組。
- 802.11監視模組：負責取得802.11的通訊資訊，如SSID、傳送成功封包數、傳送失敗封包數、接收成功封包數及接收失敗封包數等。
- 802.11控制模組：負責控制802.11要active或sleep。
- Bluetooth監視模組：負責取得Bluetooth的通訊資訊，如SSID、傳送成功封包數、傳送失敗封包數、接收成功封包數及接收失敗封包數等。
- Bluetooth控制模組：負責控制Bluetooth要active、hold、sniff、或park。
- 媒介選擇決策模組：根據由802.11監視模組及Bluetooth監視模組所得的資料，及要傳送的資料量，選擇最經濟最穩定的媒介，再將結果藉由802.11控制模組、Bluetooth控制模組，完成連線切換工作。
- 人機介面模組：將系統資訊顯示於使用者面前，並提供使用者強制選擇傳輸媒介的介面，使用者也由此介面模組輸入接收資料。

### C. 子計畫三：多階層隨意網路上位置衍生的服務與應用

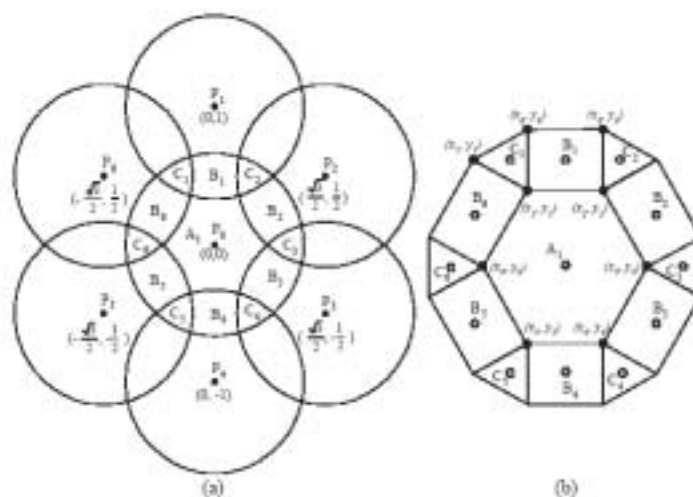
子計畫三在第一年的研究主要是(1)針對上一年度所開發的定位技術 - 細胞格為主的定位方法 ( cell-based positioning method ) 加以分析改進，探討基地台故障時定位系統的強壯性 (robustness)，並設計一基於細胞格為主的定位方法下的分散式定位，以期能將其實際應至現有的無線網路環境下。(2) 位置閘道器的開發，位置閘道器能整合各項定位技術，讓使用者在任何地方均不必理會現在所使用的定位系統為何，而定位技術與位置資訊為導向應用的研發也能獨立開發不會互相干擾或影響。其詳細內容將在下面敘述。

#### (1) 細胞格為主的定位方法 ( cell-based positioning method ) 的分析與改進

對於上一年度所開發的以細胞格為主的定位方法(cell-based positioning method)，我們

分析其在基地台發生故障時定位系統的強壯性(robustness)，並設計訊框(beacon frame)格式，讓使用者的裝置能根據所接收到的訊框資料，配合簡單的運算即可獲得自己的位置資訊。經模擬實驗的結果顯示，此定位方法在基地台故障時仍保有不錯的定位精確度。

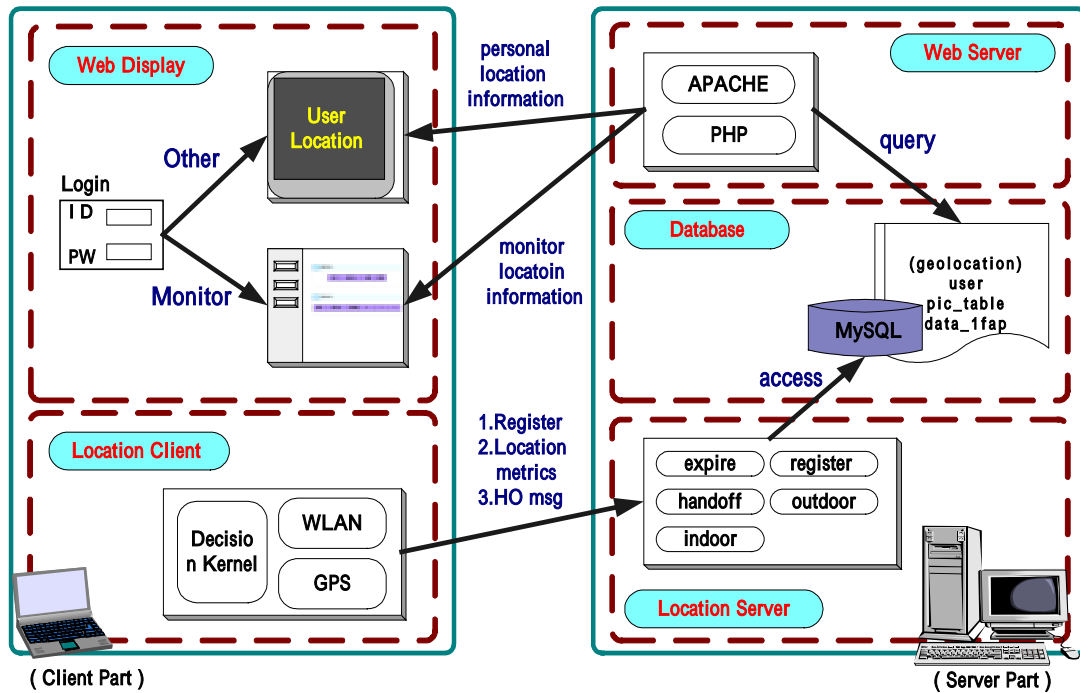
改進以細胞格為主的定位方法(cell-based positioning method)，將訊號重疊的區域與面積的質心相結合，將原本的定位精確度以訊號重疊區域的表示方式，改由該區域的質心來表示(如圖十所示)，並探討精確度的變化及系統的效能。另外，亦將原本集中式的定位方式(位置資訊傳至位置伺服器處理)經由我們設計的訊框格式(beacon frame)夾帶位置訊息的方式，使得每個使用者可以利用本身的裝置，藉由簡單的數學運算即可自行定位，完成分散式的定位技術。



圖十：重疊區域(a)轉換成質心(b)的表示方式

## (2) 位置閘道器的開發

實際開發完成整合室外的GPS定位技術與室內的訊號特徵(signal fingerprinting)定位技術的系統，包含位置閘道器及其所需的定位技術決策模組的開發。此系統具有定位技術無接縫換手(seamless handoff)的功能，當使用者所在的位置(室內或室外)改變時，系統能作適當的轉換並讓使用者不會感覺有任何的異狀，且因環境的改變也不使其定位應用程式中斷服務。系統架構如圖十一所示。



圖十一：整合室內及室外的無接縫（seamless）定位系統之架構圖。

#### D. 子計畫四：無線行動隨意網路上之移動支援與電源管理協定

子計畫四第一年的研究目標：(1) IEEE 802.11為基礎之無線隨意行動網路上的省電協定。

(2) 藍芽網路中省電模式之可調式排程機制。以下分別詳述其詳細內容。

##### (1) IEEE 802.11為基礎之無線隨意行動網路上的省電協定

我們提出以下的策略來設計multi-hop隨意行動網路上的省電協定：

1. 發送更多的beacon：為了避免鄰居資訊不精確的問題，我應該讓進入省電模式的行動主機多發送beacon。因此，在每個beacon interval，每個行動主機都會發送一次beacon，即使別的行動主機已經成功發送beacon。
2. 讓行動主機定期醒來的時間有所重疊：我們將重新設計行動主機的睡眠模式，使得行動主機即使在不同步的種況下，也能保證彼此醒來的時間相互重疊，因而讓彼此都能收到對方的beacon。
3. 醒來時間的預測：當收到鄰居的beacon後，我們便可知道鄰居的存在，同時也可知道鄰居的時脈。此時，便可依據彼此的時間差來預估鄰居醒來的時間，以便在鄰居醒來時傳送訊息給對方。在此，我們只是去預測鄰居的醒來時間並不做同步的動作。

依據以上的策略我們提出了三種省電協定，每種省電協定，其醒來的模式都不相同，



但都能保證不同步的行動主機的醒來時間可以相互重疊。此外，我們也重新設計了beacon interval的結構。在每個beacon interval中包含了三個window，即beacon window、MTIM window與active window。Beacon window是讓每個行動主機發送beacon的，MTIM window是讓行動主機發送MTIM(Multi-hop TIM)訊框的，MTIM訊框是用來通知其他行動主機有資料封包要傳送給它，在active window中，行動主機會保持清醒，以便接收其他行動主機重送之訊息。在不同的省電協定中，其beacon interval的結構也會略有不同，我們將會在後面說明之。以下我們將分別說明三種不同的省電協定：

### 1. Dominating-Awake-Interval協定

要讓進入省電模式且不同步的行動主機醒來的時間互相重疊，最簡單的方法就是讓行動主機在每個beacon interval醒來的時間超過一半。但是，如此並不足以保證彼此都能收到對方的beacon。因此，我們必須調整beacon interval的結構。我們將beacon interval分為奇數週期與偶數週期。在奇數週期beacon interval由beacon window開始，接下來是MTIM window與active window；在偶數週期，則是由active window開始，接下來是MTIM window與beacon window。如此一來，便可保證進入省電模式且不同步的行動主機彼此都能收到對方的beacon。

### 2. Periodically-Fully-Awake-Interval協定

如果我們讓進入省電模式的行動主機每 $T$ ( $T$ 是自然數)個beacon interval完全醒來一次，也可以保證進入省電模式且不同步的行動主機彼此都能收到對方的beacon。當行動主機進入省電模式後，每三個beacon interval便會醒來一次，如此一來，每三個beacon interval便可收到鄰居的beacon一次。

### 3. Quorum-Based協定

我們依據分散式系統quorum的概念設計了這個省電協定，如上圖所示，我們將 $n^2$ 個beacon interval分為一群，每個進入省電模式的行動主機從 $n^2$ 個beacon interval中任意挑選一行與一列的beacon interval完全醒著，如此也能保證進入省電模式且不同步的行動主機彼此都能收到對方的beacon。

當我們能保證進入省電模式且不同步的行動主機彼此都能收到對方的beacon後，行動主機便可依據上述三種省電協定的清醒模式來預測鄰居醒來的時間，因而便能順利的傳送資料給對方。因此，所有的行動主機都進入省電模式，各種繞徑協定仍能正

常運作。

## (2) 藍芽系統下省電模式之可調式排程機制

由於藍芽是個由master主控的系統架構，在我們的方法裡，將維持一個“資源槽”(Resource Pool) 或稱為RP，在master端，所有的slaves的睡眠參數 (sniff parameters)都將根據其與master之間的交通流量，儲存佇列資料量，先前分配的頻寬使用率，以及RP的使用情況，來動態調整。假設子網路 (piconet) 內含K active slaves,  $1 \leq K \leq 7$ ，在master端，有3個主要的 components, 包括“評估者”(Evaluator), “排程者”(Scheduler), 以及“資源槽”(RP), master端定期會執行“評估者”來評估各個slave的情況，若有必要，會產生一個評估值 ( $S_k$ ), 來反映對 slave k 目前的評估狀況，並將此值餵進“排程者”，“排程者”再視RP目前的使用情況，來重新分配一組新的睡眠參數給 slave k。而在slave方面，亦要定期執行“評估者”來評估自己的狀況，若有必要，得將產生的評估值傳回給master，master再交由“排程者”去搜尋RP，並重新分配一組適當的睡眠參數給此slave。

在我們提出的架構裡，RP是用來管理所有目前可用的時槽 (time slots) 資源，而時間軸係由一連串無限的時槽所構成，管理不易，因此我們提出一個二維陣列M來有效管理時槽，亦即頻寬，其中行 (column) 數T係事先定義之系統最小睡眠週期單位，而列 (row) 數為2的u指數次方，u是事先定義之系統參數， $2uT$ 定義了系統最大的睡眠週期單位，在這個二維陣列裡的每一個方格，其值為0或1, 0表示此時槽無人使用, 1則表示此時槽已分配出去給某個slave使用。

當“排程者”在搜尋RP時，對於同樣的評估值參數需求，可有多種分配方式，例如，若slave的頻寬需求為16/120, 則可以發現有4種不同的方式來安排其睡眠參數，第1種情況是讓slave每120時槽起來一次，一次醒16個時槽，第2種情況是每60時槽醒來一次，一次維持8時槽，第3和4種情況是每30和15時槽醒來一次，一次分別持續4和2時槽。

## 5. 結論

本計劃之目標，實作一個多階層之行動隨意網路 (Multi-tier Mobile Ad Hoc Network), 使其支援不同通訊系統間之自動切換，以及行動隨意網路的資料轉送能力，讓行動主機的通訊更加無遠弗屆；本計劃有效率的整合Telecom (GPRS) 系統以及Datacom系統 (Wi-Fi和Bluetooth), 使得通訊者能夠順暢而且自動在不同的通訊系統中切換，除了實務上的設計，本計劃為了實現這個整合多階層行動隨意網路，規劃了一系列的研發題材，將於計劃執行期間一一克服與解決，因此亦深具學術上的價值。

本計劃將三套通訊系統整合成多階層的行動隨意網路，並支援不同通訊系統間之自動切換，實現了行動計算之行動透通性(mobility transparency)，即通訊者不必在意自己目前身在何處或是如何的移動，系統會自動蒐集使用者目前狀況的資訊，並自動切換到最經濟最有效率的通訊系統，而通訊者卻完全沒有系統切換的感覺；除了實現了行動透通性的理想，讓通訊者可任意的漫遊外，另注意到電源對於行動通訊的重要性，我們對於電源的管理及如何以省電的方式傳送資訊提供了有效而可行的解決方案；此外，有鑒於定位裝置在近幾年內將可能變得更為普及，本計劃亦充分的利用了位置資訊提供使用者更有效率的資料傳輸與更為便利的服務；同時我們也針對傳統TCP在無線通訊系統上所面對的問題提出了完整而有效的解決方案，使得通訊者可以有效而又可靠的利用網際網路來存取資訊；除此之外，本計劃亦提供了虛擬個人網路的服務，我們不僅讓通訊者可在虛擬網路間任意漫遊，也設法解決了漫遊時的網路安全的認證問題。

總之，本整合型計劃針對所提出的多階層隨意行動網路提供了一套完整的解決方案，從鏈結層、網路層、傳輸層、到應用層上牽涉到的相關議題，都有了完善且合理的規劃；本整合型計劃之施行不僅有利於電信學術研究，對於提昇學術界實作無線通訊系統之能力及我國無線通訊產業之昇級都有相當的助益，相信是個可行且成果必然豐碩之計劃。