

電信國家型計畫總計劃第一年期末報告

1. 中英文摘要

本整合型計畫為期三年，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 3-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.

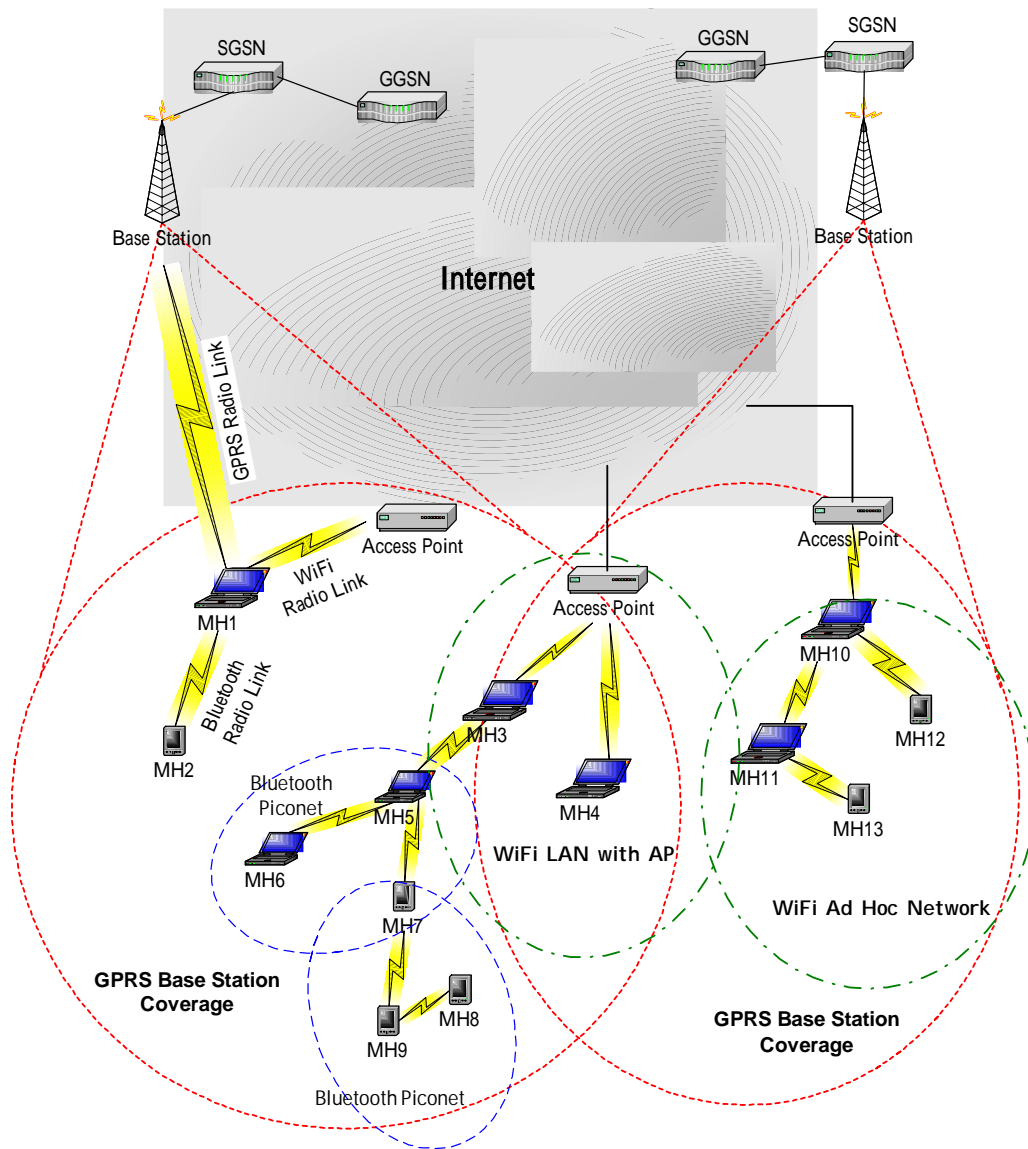
Keywords: Mobile Ad Hoc Network (MANET), Multi-tier, Multi-Hop, Mobility Support, Power Management, Location - aware Routing Protocol, Virtual Home Environment (VHE), Positioning.

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。

Application	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				
Transport	Intelligent TCP	Multi-rate TCP			
Network	Multicast/Broadcast	Geocast			
	Layer-3 Mobility Support	Power-aware Routing	Location-aware Routing		
Data Link	Power Mgt for WiFi	Power Mgt for Bluetooth	Interference Reduc. MAC	Layer-2 Mobility Support	
Physical	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，分三年執行；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

子計畫一第一年的研究主題是”跨階層的順暢換手機制 (Inter-tier smooth handoff)”，第一年完成的系統功能包括：(1)跨網域漫遊的使用者登認證及帳號之稽核管理；(2)階層間的透通換手機制 (transparent handoff)；(3)Mobile IP在實際網路的部署 (deployment) 機制。其詳細內容將在下面敘述。

(1) 跨網域漫遊的使用者登認證及帳號之稽核管理

使用者登入、認證和授權 (Authentication Authorization Accounting ; AAA) 的管理功能是VHE的基本功能，藉由使用者登記和認證動作，可以提供VHE網路在客戶端之基本存取權管制，避免非法使用者入侵。另外，也要讓使得使用者在切換網路後仍然能夠使用原來網路的資源，不需要重新作登記及認證動作。我們所採用的方法是：在每一個低階層之無線區域網路的部分安裝Authentication Gateway(AG)，其主要的功能有如一個加入認證功能Gateway，但並不內建帳號，帳號之維護利用單一個、位於VHE Home網路的Radius Server達成，如此一來就不會有各個AG各自內建帳號之維護的問題。至於在高階層無線廣域網路的部分則直接利用其原有的AAA機制。

(2) 階層間的透通換手機制(transparent handoff)

為了提供上層網路協定透通換手的能力，我們將在多種網路介面的驅動程式和上層協定之間建構一個虛擬設備介面(Virtual Device Interface)，稍後在圖2說明，此虛擬設備介面是介面管理者，可以根據網路介面(如Wireless LAN)所測量到的訊號強度和服務品質來決定連接的網路設備介面，以及經由哪一個網路介面收送封包，介面管理能夠維持上層網路協定的連線在設備介面切換時不致中斷(倚靠Session handoff manager和Session forwarding buffer來達成)。Tunneling Device則可以執行封包的encapsulation和de-capsulation是實作多階層Mobile IP系統的必要機制。

(3) Mobile IP在實際網路的部署(deployment)機制

因為Mobile IP (MIP)採用IP-in-IP 包裝的IP封包，將封包經由Home Agent (HA)在Corresponding Node (CN)端和MN之間的利用隧道(tunnel)的方式傳輸。因此MIP在現有網路環境使用會遭遇相當多的問題，例如Network Address Translator (NAT)和封包加密的問題。由於AG一般而言都會支援NAT協定，以便自由使用private IP address而不受目前IP address不足的限制(GPRS也有同樣的問題。然而，在NAT的機制下，MIP機制中的Home Agent無法將封包路由到MN。所以我們要修改MIP協定，讓MIP的封包其能夠穿越NAT Gateway。

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

子計畫二第一年計畫中，主要研究主題為：Multi-Tier Network 的建置。子計畫二第一年的設計架構包括：(1)Bluetooth網路中的網路及頻道管理；(2) 802.11 Network下的網路管理、頻道管理及Routing Protocol。其詳細內容將在下面敘述：

(1) Bluetooth網路中的網路及頻道管理

為降低Device間在通訊時浪費過多電力及過長的Delay Time，因此安排Piconet中每一個Device的角色並依Piconet中Device間的互動關係來動態調整網路。而在頻道管理方面分三方面著手：一、減少不必要的Relay，以避免Relay 過多所帶來的效率不彰。二、解決Intra-Piconet 間Master對所屬成員的Scheduling問題。三、在Inter-Piconet間考慮Relay Device的Scheduling。

(2) 802.11 Network下的網路管理、頻道管理及Routing Protocol

網路管理方面，為使日後執行Flooding時其Control Packet 減少，我們採用類似Cluster為基礎的管理架構，再融入位置資訊，將MANET切割成許多六角行的Cell，並做局部性的管理。而頻道管理方面，有鑑於MANET的頻寬資源有限，頻道的資源將可能因通訊中

的使用者過多而耗盡，因此，當通訊中的使用者增多時，我們採用頻道重複使用(Channel Reuse)的技術以因應大量使用者通訊的需求。最後，在Routing Protocol方面，我們研發了一個善用地理位置資訊且減少Control Packet傳送的繞徑協定(Routing Protocol)。

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在定位技術的研究探討並改良發展新的定位技術。由於室外及室內環境之不同，以目前所發表之參考文獻中均分別對此狀況下，發展不同的定位技術來解決。而本子計畫也分別就室外及室內的環境，各提出一定位技術：(1)室外定位技術 - 細胞格為主 (cell-based) 的方式來定位；(2)室內定位技術 - 訊號特徵(signal fingerprinting) 的方式來定位。其詳細內容將在下面敘述。

(1) 室外定位技術 - 細胞格為主 (cell-based) 的方式來定位

室外定位技術的研發影響的因素為花費及精確度，而就目前各種定位方法的文獻探討中可知以網路架構為主的定位方法在網路建置上需要大量的花費，而所得到的定位精確度則屬中等，而以手機架構為主的定位方法使用者則需花費加裝一全球衛星定位系統接收器，其定位精確度高，但只適用於室外，且第一次定位(time to first fix)的時間很長。因此，我們採用以強化式細胞識別方法為基礎的定位技術，使整個定位技術所需的花費少且能達到一定的定位精確度，因為我們以細胞格為主的定位方法(cell-based position method)，針對規則狀的基地台佈置方式 - 包含六角型(hexagonal)及格狀(mesh)的佈置方式，做理論的探討，並找出在此規則狀的基地台佈置下最高的定位精確度，完成此一理論研究後，將其延申至不規則狀的基地台佈置方式，以使此定位技術與實際狀況更接近。

(2) 室內定位技術 - 訊號特徵(signal fingerprinting)的方式來定位

室內的定位技術由於建築物牆壁及地板的阻隔及訊號本身特性的影響造成定位之位置資料的誤差，所以我們利用已存在的網路架構為主來發展以訊號特徵(signal fingerprinting)的方式來定位，並探討如何減少取樣點的資料仍能達成高精確度的定位。

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主題是”設計與建構多階具多步跳躍(Multi-hop)通訊子網路”，在第一年的系統功能包括：(1) 第二層(layer 2)與第三層(layer 3)之行動管理實做，以支援Ad Hoc網路上的封包繞送 (2) 整合Mobile IP機制以擴增隨意網路之使用範疇並支援行動性 (3) Bluetooth多個piconets共存之干擾模型。以下分別詳述其詳細內容。

(1) 第二層(layer 2)與第三層(layer 3)之行動管理實作

在隨意網路下的行動裝置因為移動所以網路的連線狀態隨時都在改變，利用DSDV路

由協定可以藉由資訊的交換，持續的維護最即時的連線環境。由於目前網路主流是Table-driven的IP協定，所以我們所採用的方式是利用一個DSDV程式持續的廣播路由的資訊給附近的鄰居，其他移動裝置在收到路由資訊之後，立刻比對自己的路由表(Routing Table)是否有更新的改變，藉由system call的方式把最新的資訊更新到作業系統中的路由表裡，利用DSDV daemon的功能，所有在隨意網路下的行動裝置皆可互相多步連線(Multi-hop Communication)，並且不需要修改各作業系統中核心的網路通訊架構，此外利用增加隨意網路下的Gateway具備NAT的功能，即可使整個隨意網路都可以連接外界的Internet。

(2) 整合Mobile IP機制以擴增隨意網路之使用範疇並支援行動性

根據上述的網路協定支援，各個行動隨意網路(Mobile Ad-hoc Network, MANET)下利用DSDV路由協定使得行動裝置可以互相通訊，並且以Gateway連接上Internet，各個MANET的範圍以TTL來做邏輯上的限定。

(3) Bluetooth多個piconets共存之干擾模型

Bluetooth和WLAN都是短距離的通訊系統，並且都是在2.4GHz的ISM頻帶做傳輸的工作，對於Bluetooth來說，一個基本的傳輸單位是由一個Master和至多七個Slave所組成的piconet，而藉由Master的ID和Clock決定跳頻序列(Frequency Hopping sequence)，所以當多個piconet共存的情況就會造成一定程度的互相干擾。本研究目標就是對於多個piconet的環境作碰撞分析，其分析結果和實驗的結果十分相近，因此我們可以預測piconet的數量和碰撞機率的關係，並且有效的增加整體網路的流量。

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。