

國立交通大學

電機資訊學院 資訊學程

碩士論文

使用行動式 IPv6 整合網際網路和行動隨意網路

Using Mobile IPv6 to Integrate the Internet and
Mobile Ad Hoc Networks



研究生：孫正忠

指導教授：曾煜棋 教授

中華民國 九十三年 五月

使用行動式 IPv6 整合網際網路和行動隨意網路
Using Mobile IPv6 to Integrate the Internet and
Mobile Ad Hoc Networks

研究生：孫正忠
指導教授：曾煜棋

Student : Cheng-Chung Sun
Advisor : Yu-Chee Tseng

國立交通大學
電機資訊學院 資訊學程
碩士論文



A Thesis
Submitted to Degree Program of Electrical Engineering Computer Science
Collage of Electrical Engineering and Computer Science
Nation Chiao Tung University
In Partial fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of science
In
Computer Science
May 2004
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年五月

使用行動式 IPv6 整合網際網路與行動隨意網路

學生：孫正忠

指導教授：曾煜棋 教授

國立交通大學電機資訊學院 資訊學程 (研究所) 碩士班

摘要

電腦以及其他電子設備已經廣泛的運用在我們的日常生活，而在最近這幾年更有一種趨勢，就是希望能夠提供給使用者隨心所欲不受環境限制的存取服務。隨著無線網路相關技術的日趨完善，利用無線區域網路連接網際網路近年來已逐漸成為一種趨勢。另一方面，隨意網路 (ad hoc Network)，是一種不需基礎建設且沒有基地台的網路。為了支援 IP 在隨意網路及網際網路整合環境上的移動便利性，我們考慮到使用 IPv6，因為 IPv6 具有支援安全性、自動組態設定、增強路由及支援主機移動等等的功能，應該為隨意網路及網際網路整合環境的最好選擇。在這篇論文中我們修改了 Mobile IPv6 使網路能夠容易被實現，相關協定的調查研究及可行性考量將會在本文報告。

關鍵字：IPv6、隨意網路、無線網路、Mobile IPv6

Using Mobile IPv6 to Integrate The Internet and Mobile Ad-Hoc networks

student : Cheng-Chung Sun

Advisors : Prof. Yu-Chee Tseng

Degree Program of Electrical Engineering Computer Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Computers and other electronic equipments are already widely used in our daily life. Recently, there is a trend to provide users to access networks in an any-time any-where manner. Wireless network technologies have progressed rapidly. Using wireless local networks to access the Internet has become popular in the last few years. On the other hands, an ad hoc network is an infrastructureless network which does not need any base station. To support IP mobility in an ad hoc Internet integrated environment, we consider IPv6. IPv6 supports security, auto configuration, enhanced routing, and host mobility. It will be the best choice for an ad hoc Internet integrated environment. In this thesis, we modify Mobile IPv6 to facilitate network discovery. The related protocols are investigated and feasibility study is reported.

誌 謝

時光飛逝，在交通大學電機資訊學院在職專班求學的研究生涯接近尾聲，這份論文的完成，首先我要感謝我的指導教授曾煜棋博士，在老師的身上，我深深的感受到其對於學術研究的積極與嚴謹的態度，由於老師的耐心指導與鼓勵，引領我朝正確的方向思考，讓我有許多的啟示與收穫，也使我養成發現問題、面對問題及獨立思考問題的能力。

其次，要感激一路上陪伴我的親人，我太太邱素雪，這些年來給予的支持與關懷，讓我除課業外不需要為生活的瑣事煩心，尤其是剛滿四歲的女兒孫翎維的生活學習，幾乎都由她打理。

此外也要感謝一起修課的幾位同學陪我走過這段艱辛歲月，大家互相打氣加油，不僅對我的課業與研究有所助益外，許多寶貴的經驗與見解也讓我的人生見聞開闊不少，也要謝謝 HSCC 實驗室的幾位同學，給我不少建議及幫助。

本論文得以順利付梓，要感謝曾經教導、協助與關心我的老師、父母、同學及朋友們，在此，僅以此成果獻給所有陪伴、鼓勵我走過這幾年生涯的人。

目 錄

中文摘要	i	
英文摘要	ii	
誌謝	iii	
目錄	iv	
表目錄	vi	
圖目錄	vii	
一、	序論	1
1.1	研究背景與動機	1
1.2	研究目的	2
1.3	研究假設	2
二、	文獻回顧	3
2.1	行動隨意網路	3
2.2	隨意網路的路由協定	5
2.2.1	無基地台需求導向距離向量 (AODV) 簡介	7
2.2.1.1	AODV 路由協定運作	8
2.2.2	AODV for IPv6	13
2.3	IETF Mobile IP	15
2.3.1	行動式 IPv4 (Mobile IPv4)	16
2.3.1.1	名詞解釋	17
2.3.1.2	工作原理	18
2.3.2	行動式 IPv6 (Mobile IPv6)	21
2.3.2.1	Mobile IPv6 與 Mobile IPv4 的差異	22
三、	行動隨意網路與網際網路之整合	27
3.1	網路架構	25
3.2	Internet Gateway and Route Discovery	29

3.3	Mobility Management	30
3.4	通訊範例	32
3.4.1	Intra MANET communication	32
3.4.2	Inter MANET communication(directly)	33
3.4.3	Inter MANET communication(with mobile IPv6)	34
3.4.4	Inter 3 MANET communication(with mobile IPv6)	36
3.4.5	Inter MANET communication in overlaid MANETs (direct)	38
3.4.6	Inter MANET communication in overlaid MANETs(with mobile IPv6)	39
四、	實作考量	41
4.1	環境考量	41
4.1.1	AODV for IPv6	43
4.1.2	Mobile IPv6	44
4.2	運作的考量	45
4.2.1	AODV for IPv6	45
4.2.2	Mobile IPv6	47
4.2.3	無線網路卡	52
五、	結論	53
	參考文獻	54



表 目 錄

表.1	Mobile IPv4 與 Mobile IPv6 之比較	25
-----	-------------------------------	----



圖 目 錄

圖 2-1	行動隨意網路	3
圖 2-2	Ad Hoc routing protocol 分類圖	6
圖 2-3	Propagation of the RREQ	9
圖 2-4	Path of the RREP to the source	9
圖 2-5	RREQ 封包欄位	10
圖 2-6	RREP 封包欄位	11
圖 2-7	Propagation of RERR	12
圖 2-8	RERR 封包欄位	12
圖 2-9	AODV RREQ message for IPv6	14
圖 2-10	AODV RREP message for IPv6	14
圖 2-11	Mobile IP 基本架構	16
圖 2-12	行動節點註冊過程	19
圖 2-13	Tunneling operation in Mobile IP	20
圖 2-14	三角形傳送	21
圖 3-1	網路架構	28
圖 3-2	Intra manet communication	32
圖 3-3	Inter manet communication(directly)	33
圖 3-4	Inter manet communication (with mobile IPv6)	34
圖 3-5	Inter 3 manet communication (with mobile IPv6)	36
圖 3-6	Inter manet communication (in overlaid manets)	38
圖 3-7	Inter manet communication in overlaid (with mobile IPv6)	39
圖 4-1	無線網路卡及轉接卡	41
圖 4-2	Home network 考量環境	42
圖 4-3	Foreign network 考量環境	43

圖 4-4	AODV-UU 的封包處理	44
圖 4-5	MIPL 之網路系統架構圖	45
圖 4-6	IPv6 Header Format	46
圖 4-7	AODV for IPv6 的 RREP message format	46
圖 4-8	Router_Advertisement with new field "N"	48
圖 4-9	Router_Advertisement 的 Hop Count	48
圖 4-10	Router_Advertisement 的 N 值計算	49
圖 4-11	Router_Solicitation with new field "N"	50
圖 4-12	Router_Solicitation 的 Hop Count	50
圖 4-13	Router_Solicitation 的 N 值計算	51



第一章、序論

1.1 研究背景與動機

電腦以及其他電子設備的使用目的在輔助人們的工作與生活，而在近年更有一種趨勢，就是希望能提供使用者隨心所欲存取的服務，即使在戶外或者在移動時仍能與其他主機、設備進行通訊，也正因為能如此方便的使用，才更進一步加速了資訊設備、網路的普及。但要想實現這樣的應用，實體層的連線方式勢必要有所改變，傳統利用固定線路連接各個主機的方式，在有大量的電腦與周邊設備的時候，是既繁複且不易管理又占空間，更重要的是有線的連結缺乏使用彈性，想要移動主機或周邊可能就得重新佈線、規劃所有電腦位置的配置。隨著無線網路的相關技術日趨完善，以及手持設備的普及率增加，使用網路不在侷限於傳統的有線環境，利用無線區域網路連接網際網路近年來已逐漸成為一種趨勢。無線區域網路提供了相當高的自由度給使用者，使用者不再受限於連結線路的長度、地理環境的障礙，使用者可以帶著資訊設備到處移動，同時可以隨時隨地保持著網路的連結，這種嶄新的使用形態促進了新一代資訊設備的成長與變化，因為對使用者來說，能夠使用隨身攜帶的設備隨時隨地存取網路資源是最理想的狀況。

隨著個人手持式設備與無線區域網路通訊技術的快速發展，行動計算已儼然成為電腦通訊領域中備受矚目的一環，行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Network) 簡稱 MANET [12]，是一種不具有基地台完全經由行動節點彼此之間的無線連結所建構而成的網路，通常具有動態形成及有限頻寬等特性，網路裡的成員則可能有筆記型電腦、個人數位助理 (Personal Digital Assistant 簡稱 PDA)、行動電話 (cell phone) 等等，在 Personal Area Network 上有很重要的應用，應是未來扮演推動行動商務的重要一角。

對網際網路協定 (IP) 來說，在以網際網路協定為基礎之無線通訊網

路 (IP based Radio Access Network 簡稱 IP-RAN)需求日與遽增，靜態的 IP 位址配置原則似乎已無法提供適合未來無線網路存取應用的機能，在網際網路中，原本的“行動性 (Mobility)”一詞是用來表示行動的主機在不同的網域漫遊時，可以保有本身固定的 IP 位址，而不需要不斷改變，這也就是 Mobile IP [4,10] 的技術的精要。

1.2 研究目的

在以 IPv6 [3,17] 為基礎的行動隨意網路環境中，藉由增加部分 Mobile IPv6 [4] 協定，並配合行動隨意網路加入一些判斷機制，將無線行動隨意網路與網際網路整合，以 Mobile IPv6 的方法提供隨意網路節點的漫遊，且對行動隨意網路內各行動節點做移動管理，並研究整合網路的過程所衍生的問題，並試著提供解決方法。

1.3 研究假設



IPv4 位址自 1975 年使用以來，因為網際網路的蓬勃發展，致使 IPv4 位址正處於快速耗竭的階段，尤其資訊家電與 3G 手機的發展方向，將加速 IPv4 位址的使用，預計最快將在 2006 年消耗殆盡。而 IPv6 通訊協定的使用率將會逐漸提高，IPv6 具有支援即時服務、安全性、自動組態、增強路由、支援移動主機等功能，應為未來無線通訊發展最佳之選擇。Mobile IPv6 即是為了解決未來可預見會發生的問題而產生的。有鑑於此，本篇論文的考量環境是以 IPv6 協定為考量，在無線區域網路內是以 IPv6 為運作協定，將無線行動隨意網路與網際網路整合，也就是用 Mobile IPv6 整合以 IPv6 運作的隨意網路，透過 Mobile IPv6 的機制，提供 IPv6 行動隨意網路內的行動節點的管理例如漫遊,換手 等。

行動隨意網路的路由協定 (routing protocol) [11] 有很多種，但在此我們採用具有 broadcast 優點的 on demand 的 Ad-Hoc on demand Vector (AODV) routing protocol [7,9] 為我們考量的 MANET 路由協定。

第二章、文獻回顧

2.1 行動隨意網路

行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Network) 簡稱 MANET, 使用無線通訊技術, 是由多個無線終端設備動態連接所構成的網路, 各個無線終端設備之間很可能無法直接通訊, 必須透過多點跳躍連接方式 (Multi-hop) 與其他無線終端設備作溝通。因為行動隨意網路節點可以隨時自由移動位址, 沒有方向或範圍的限制, 整個網路的拓撲 (topology) 環境也會隨時改變, 具有與一般傳統有線網路截然不同的特性, 而且因為一般的路由協定不太可能在兩個終端設備在作通訊期間因為節點的增加或退出而作路由的調整, 因而需要一種新的協定, 來為這些行動節點找出彼此溝通的路徑, 而且必須適應這種隨時在變的網路型態, 因此行動隨意網路上的無線終端設備也需要具備有類似路由器的功能, 而路由協定 (routing protocol) 也和一般在網際網路上的路由協定有些不一樣。



圖 2-1 行動隨意網路

行動隨意網路如圖 2-1 所要提供的是一種完全無線, 不需要基地台, 可任意移動的網路架構, 所有節點可以任意的進行連結。行動隨意網路的

主要好處就是不需要任何事先建設好的基礎建設例如基地台、傳輸線路。一個行動隨意網路可以在沒有基礎建設的地方設立或在一個基礎建設不適當或建設費用昂貴的區域建立。

雖然行動隨意網路的“關鍵應用 (killer application)”尚未被發現或提出，但是已經有一些可以具體實行的應用已經出現，其可支援的應用如下，例如：

1. 臨時集會場所之無線連結網路：在一些集會場所中所有與會人士可以透過行動隨意網路形成一個臨時性的網路，不論是電腦檔案的傳輸或應用程式的展示，將會使會議的資料傳輸更有效率，而且不需要事前在會議場所作基地台或網路線的佈放工作。

2. 災難現場的救難網路：在自然或人為災害發生後，在基地台受損沒有基地台可用的情況下，都可以利用行動隨意網路的方式建立網路，保持對外通訊，達到緊急救災的目的，這種方式比目前行動電話業者提供的行動基地台更快速，更方便。

3. 軍事、戰場之行動電腦網路：這方面又是行動隨意網路可以運用的另外一個方向，由於戰地險阻，通訊設施建設困難，維護更是不容易，又需要機動性的環境，在這種環境下，部隊間如果要進行溝通，就必須仰賴這種不受基礎設施限制的網路，美國國防部所屬「國防先進研究計畫局」(The U.S. Department of Defense's Defense Advanced Research Projects Agency of the U.S 簡稱 DARPA) [14]，早在 1973 年已經在研究行動隨意網路。

由上可知，行動隨意網路能支援臨時設置、急難救助及戰場或警政資訊等相關應用，具有很高的實用價值。

行動網路尚有一些和固定網路不同點，這裡舉出一些重要的特性如下：

1. 動態的網路拓撲 (Dynamic topology)

因為在行動隨意網路，節點可以自由的移動，網路的 topology 可能會快速的改變、重組，因此路由必須隨著節點的進出或移動作改變，而無法像在傳統固定網路上，可以長時間保持固定不變。

2. 頻寬 (Bandwidth)

與有線網路相比較，無線網路連結本身的頻寬容量就較小，同時無線

連結傳統上在頻寬傳輸上比有線連結有更多的限制，而且有更多的因素進一步的影響無線傳輸的 throughput，例如：干擾、衰減 等。

3. 節點能力 (Capability)

使用無線通訊的行動節點，目前大都是使用電池為電力來源，電池儲存電力有限制，因此中央處理器 (cpu) 或記憶體의 運算及效能都可能受到限制，另外一個重要因素是行動節點的重量，為了便於攜帶及移動，盡可能將一些非必要的設備都移除，因此也間接限制了行動節點的能力。

4. 實體安全 (Physical security)

無線網路相較於有線網路而言，因為無線電波散佈於空氣中，有較易於被竊聽，被仿冒，及被攻擊的弱點，也因此需要更多的安全 (security) 機制。

由於上述的一些特性，加上行動隨意網路在沒有基礎網路的前提下，行動隨意網路的路由不能依賴一個特定節點來運作，因此直至目前為止尚未有任何一個網際網路適用的路由協定可以完善的運用在行動隨意網路上，並且能將上述的特性處理的很好。



2. 2 隨意網路的路由協定

行動隨意網路不同於有線網路，行動節點會隨時變動所在地點，網路拓撲的環境結構也隨之變動，網路內的每一個行動節點都必須幫忙其他用戶轉送，因此隨意網路的路由協定必須能適應高度網路變動，改變路徑選擇，這也就是一般的網路路由協定不適用於隨意網路的原因。

根據一些無線隨意網路的文章 [11,12] 所提到，在一般無線隨意網路環境中目前所提出的繞徑協定大致被分類為兩類，如圖2-2 所示：

1. Table-Driven routing protocol :

表格驅動路由協定 (Table-Driven routing protocol) 或許也可稱為 Proactive routing protocol，每個行動節點在間隔固定一段時間就會發送一些路徑相關資訊，各個行動節點就依據蒐集進來的資訊去改變自己的路由

表，這些協定會要求節點保持一個或更多個表格以儲存路徑的相關資訊，Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV) ， Cluster-head Gateway Switch (CGSR) 等等就屬於這一類。表格驅動路由協定在每個封包要送出的時候，已經從本身的路由表得知封包要到達目的地所需繞行的路徑，不會有任何時間上的延誤，但是這種協定必須要所有節點週期性的去廣播交換訊息，以維護路由表的資訊，所以相當的浪費無線網路的頻寬與行動節點的電源，但是如果為了要降低廣播所造成大量頻寬的消耗，就必須要拉長每次廣播的間隔時間，這又將會造成行動節點內部的路由表不能正確反應網路拓樸的變化。

2. Source-Initiated On-Demand routing protocol :

原始來源需求導向路由協定 (Source-Initiated On-Demand routing protocol) 或稱為 Reactive routing protocol ， Reactive routing protocol 是在來源行動節點有送封包需求時，卻找不到到達目的地的路徑，才會去開始運作，像 Dynamic Source Routing (DSR) 、 Zone Routing Protocol (ZRP) 、 Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV) 、 Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) 等等就屬於這一類。當路徑被建立後，此類路由協定藉由路徑維持步驟來維持路由，一直等到路徑不再被需要或來源節點無法沿此路由到達目的地，路徑才會被取消，這類協定的最大好處就是頻寬的使用量較小，只是來源行動節點欲送封包時未必能從路由表找到路徑，必須多花時間在路由尋找的工作上，所以平均延遲時間會比表格驅動路由協定要長一些。

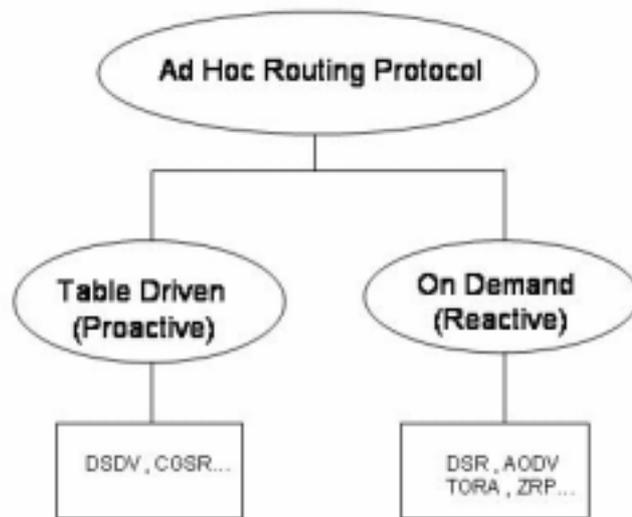


圖 2-2 Ad Hoc Routing Protocol 分類圖

2.2.1 無基地台需求導向距離向量 (AODV) 簡介

無基地台需求導向距離向量 (Ad hoc On-Demand Distance Vector 簡稱 AODV)，是屬於前一節所講的原始來源需求導向路由協定，AODV 可以說是 DSDV 的改良版本。AODV 本身還是有一個路由表，但是 AODV 它利用建立需求基礎的路徑將廣播要求數量減到最少量，AODV 並不會去維持一個完整的路由表，AODV 路由表是只在需要 (on-demand) 的時候建立路徑。因此 AODV 這個路由協定允許行動節點很快的獲得許多路由到達它所想要到達的目的地，而且並不要求這些行動節點在沒有正在進展中的通訊 (active communication) 去維護這些到目的端的路徑。在 AODV 路由協定裡，不在所選擇路徑中的工作站不會去維護路由資訊，也不參與路由表的交換，AODV 它也允許行動節點在當連線毀壞中斷或網路拓樸有所改變的時候，能夠快速的去反應，並且去作一些應對的措施。

要了解 AODV 路由協定，就必須先知道 AODV 路由協定的精神，重點有下列四點：

1. Route Request：當某一個來源行動節點 (source node) 要送的封包在它

本身有限的路由表找不到適合的路徑可以到達它所要傳送的目的地節點 (destination node) ，它就廣播 Route Request (RREQ) 訊息去找尋到達目的地節點的路徑。

2. Route Reply : 當 RREQ 的訊息到達它所指定的目的地節點，目的地節點便會傳回 Route Reply (RREP) 訊息給原本發送 RREQ 的來源行動節點。
3. Route Error : 封包在轉送的途中若發生找不到路徑的情況時的處理，即 Route Error (RERR) 訊息之處理。
4. Hello Message 所扮演的角色及功能：因為 AODV 承襲 DSDV，所以還是會定期且局部的廣播一些訊息給鄰近的行動節點確定 route 是在 active 的情況下，Hello message 它主要是維護 local connectivity。

2.2.1.1 AODV路由協定的運作

在知道了 AODV 的運作精神後，我們就簡述一下 AODV 的運作，當一個來源行動節點想傳送資料給某個目的地工作站，封包在 IP header 建立時，便會去檢查它的路由表，若找不到可到達目的地節點的路由資訊，來源行動節點便會啟動路線發現 (path discovery) 程序去找出其他節點的位置，此行動節點便會去廣播 route request (RREQ) 封包給它相鄰的節點，接到此 RREQ 封包的節點再轉送 RREQ 封包給相鄰的節點去尋找路徑。依此類推，直到到達目的地節點，或是傳送的過程中某一個節點已含有到達此目的地節點的路由資訊，並且是還沒過期的，RREQ 的廣播動作才會停止，然後目的地節點回覆 route reply (RREP) 給來源行動節點，當中間的節點收到 RREQ 的訊息後，發現 RREQ 中所記載的目的地位址是自己，則先依據 RREQ 中所記載的位址次序 (address sequence) 去更改路由表，而且由於每一個行動節點接收了這個 RREQ 的要求後，它們就會去貯藏 (cache) 住一個反向回到當初發出 RREQ 要求的來源端的路由，然後利用單點傳播 (unicast) 的方法送出 Route Reply(RREP) 從目的地節點到這個來源節點，或者從能夠滿足這個要求的任何一個中間的行動節點返回到這個來源端，途中的行動節點根據 RREP 中所記載的 address sequence 去更改路由表，最後來源節點的路由表就含有到達目的地節點的資訊了。

接下來就是真正的資料封包開始傳送了，AODV 假設每一條連線都是雙向對稱的 (symmetric)。圖2-3 描述傳送 RREQ 的過程，圖2-4 描述回覆 RREP 的過程。

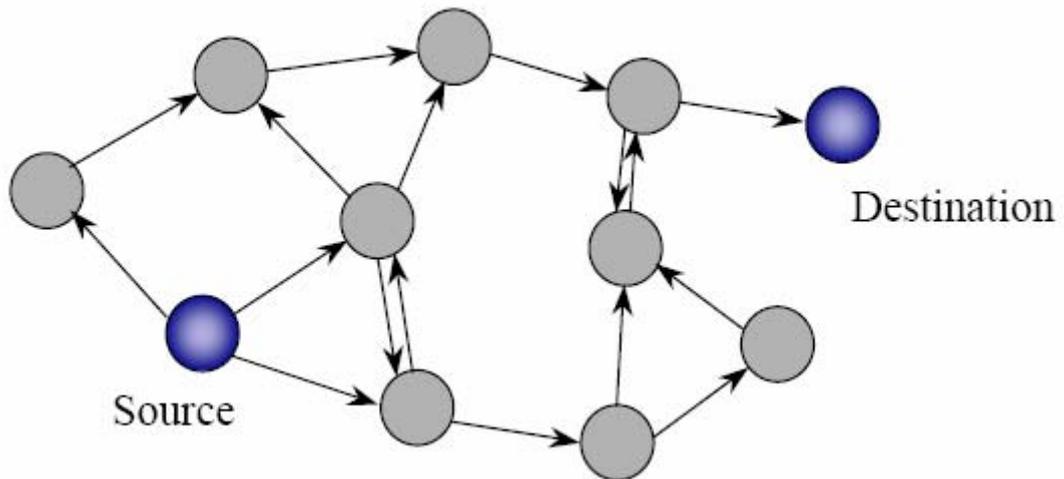


圖 2-3 Propagation of the RREQ

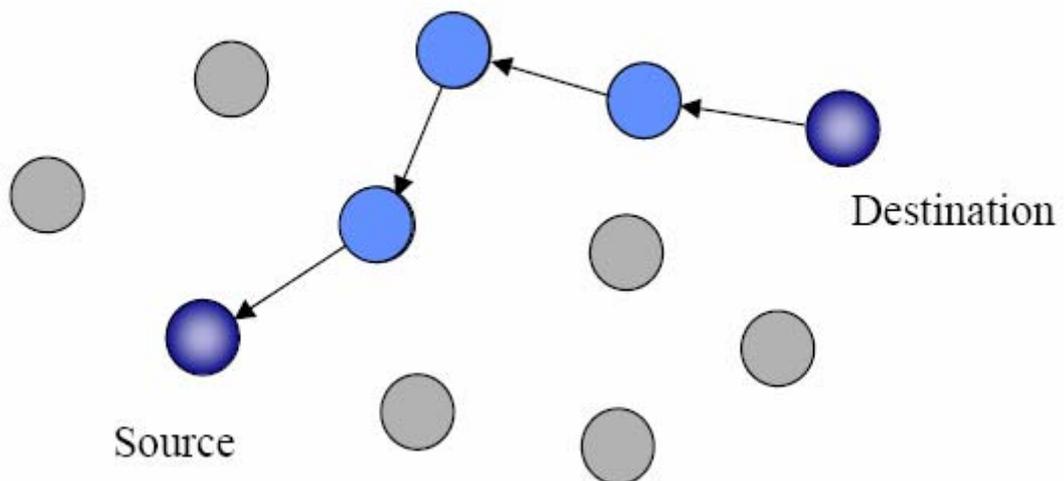


圖 2-4 Path of the RREP to the Source

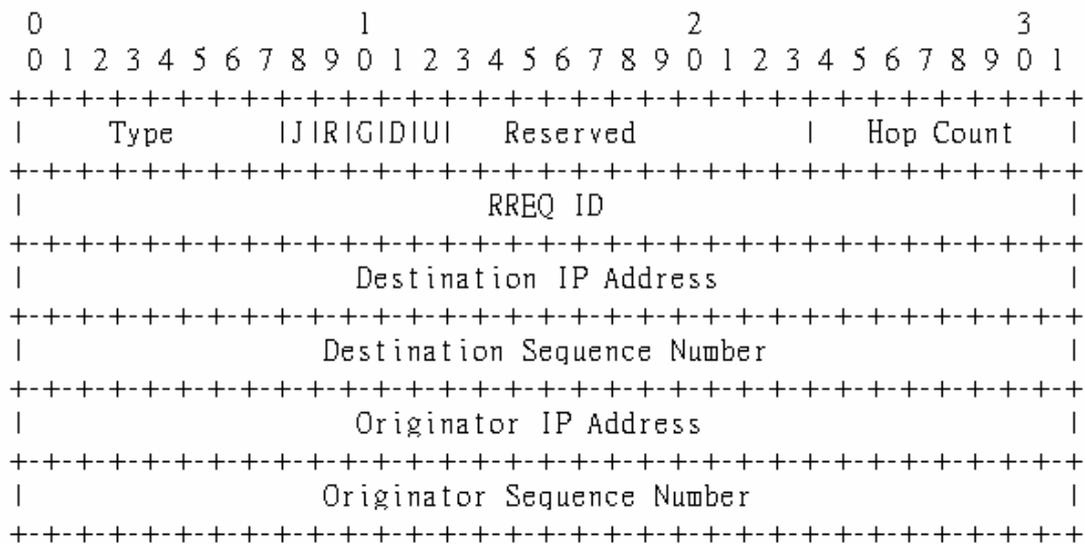


圖2-5 RREQ封包欄位

RREQ 封包的欄位定義如圖2-5，透過 (Originator IP address, RREQ ID) 可以決定一個唯一的 RREQ，每一個節點會維護兩個不同的記數器 (counter)：node sequence number 和 RREQ ID，在轉送RREQ 的過程中，每個節點會自動地設定相反路徑，收到 RREQ 的中間節點會看是從哪一個相鄰的工作站收到的，就把此相鄰工作站的位址記錄在自己的路由表裡 (建立反向路徑)，再把 Hop Count 的值增加一，然後轉送給下一個鄰近的節點，下一個鄰近節點重複同樣的步驟，如果收到重複的 RREQ (由相同的 (Originator IP address, RREQ ID) 來決定)，則直接丟棄即可。另外，欄位中的 Originator Sequence Number 代表反向路徑的時效程度，而 destination sequence number 則代表此一 RREQ 所欲建立路徑的時效，當一個中間節點收到 RREQ，如果發現目的地節點路徑已經在自己的路由表中，並不是馬上回應 RREP，而是先檢查在 RREQ 中的 destination sequence number 的值是否比自己路由表中的 destination sequence number 還來得大，如果是，則不可以用自己的路徑來回應，而且必須再把 RREQ 廣播 (broadcast) 給下一個鄰近節點，如果自己的路由表中的 destination sequence number 較大或兩者相等，則回應一個 RREP 封包往相反路徑 (採 unicast，不是廣播)。

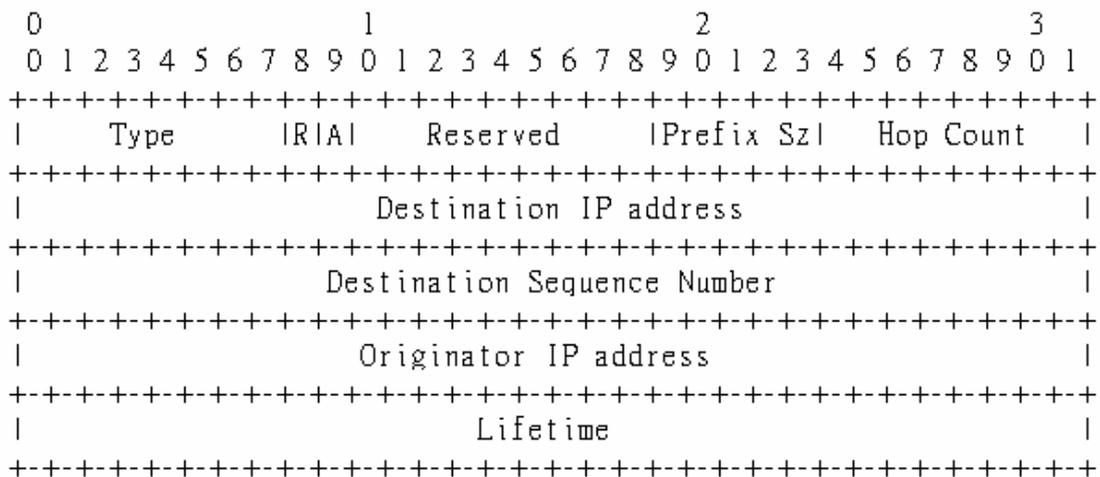


圖 2-6 RREP封包欄位

RREP 封包的欄位定義如圖 2-6，RREP 會沿著反向路徑傳回到來源點的過程中（圖 2-4），每一個在此路徑上的節點會設定一個轉送指標（forward point），指向送來 RREP 的節點，並且在路由表中更新此一路徑的 timeout 時間，當節點再度收到同一 originator address 和目的地地址的 RREP 時，如果新的 Destination Sequence Number 值比之前的小，則當作是過期無效的資訊，不加處理直接丟棄，如果新的值較大，或雖然值是一樣的，但是 Hop Count 較小，節點才會依照此 RREP 更新自己的路由表、轉送指標，並把此一新的 RREP 轉送出去。在路由表中的每一筆路徑資訊都會被附加一個計時器，如果在使用期的時間之內此一路徑不曾被使用，則把此筆路徑資訊從表格中刪去。

在路由的維護上，一個行動節點會在下列兩種情況下，開始去發出 RERR 的訊息。

1. 假如有一個行動節點偵測到在他自己的 routing table 裡的一個 active route，而它無法與此 active route 的下一個 hop 做溝通，也就是有 link break 的情況發生。
2. 假如行動節點獲得一個 data packet，要它將此 packet 傳送到某一個行動節點，但它並沒有一個 active route，可以讓它將 packet 傳送出去。

例如，如果來源節點移動了，來源節點它可以自動重新啟動 route discovery 程序去找出新的路徑，但如果是路徑中的節點移動如圖2-7，所有轉送指標指向它的相鄰節點將會發現，然後往回送出一個 route error 封包給上游節點，上游節點再送給上游節點，依此類推，直到送達來源節點，除了通知來源節點外，沿途還會轉送給所有使用此路徑的節點，route error 封包用來通知所有的上游節點和相關節點此一路徑已經失效，要把此路徑從路由表中刪除掉，當來源節點收到 route error 封包後，如果仍然需要此一路徑，才會重新去啟動 route discovery 程序。而 RERR 封包的欄位定義如圖2-8。所示

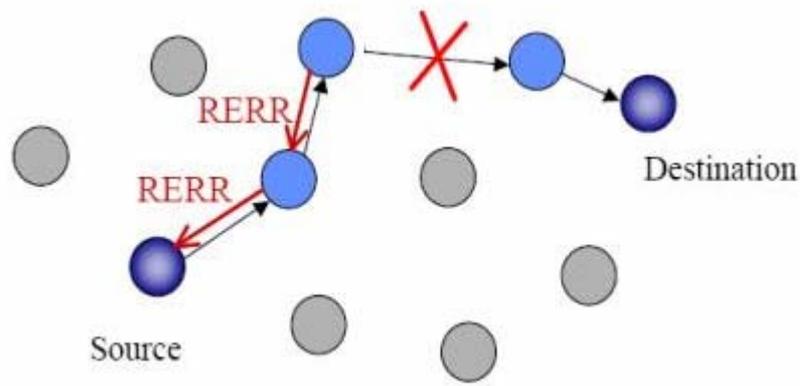


圖2-7 Propagation of the RERR

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type										INI										Reserved										DestCount									
Unreachable Destination IP Address (1)																																							
Unreachable Destination Sequence Number (1)																																							
Additional Unreachable Destination IP Addresses (if needed)																																							
Additional Unreachable Destination Sequence Numbers (if needed)																																							

圖2-8 RERR封包欄位

AODV 因為承襲自 DSDV，所以仍然保有 table-driven 的一些架構，因此每一個行動節點會定期且局部性的去廣播一些訊息給它們鄰近地區的行動節點，而這樣的動作就好像是向你的鄰居們打聲招呼，所以就稱這些訊息為 Hello Message。Hello Message 主要是去維護一個節點的本地的連線（local connectivity），當某一個節點鄰近地區的行動節點如果有聽到 Hello Message 則代表這些行動節點還是可以在 next hop 所可以達到的範圍，如果沒有聽到 Hello Message，則發出 Hello Message 的節點可能必須使用某些特殊的技巧，去決定 next hop 是否是在這個節點可以溝通的範圍裡，而且節點間也可以經由 Hello Message 的作用去得知在傳輸範圍內是否有新的行動節點加入，並將其加入路由表中。

在 AODV 中，因為 AODV 只為每一個節點維護一筆路徑資訊，所以目的地節點只回應最先到的 route request，慢到的一律丟棄，所以在路由表裡每個目的地節點只佔一個項目（entry），值得注意的是 AODV 的路由表不用維護網路裡所有可到達工作站的路徑資訊。

2.2.2 AODV for IPv6

根據 AODV for IPv6 的描述，AODV 路由協定在 IPv6 上的運行方式，基本上承襲 AODV 在 IP4 的運作方式，其精神是相同的，只有在針對 IPv6 與 IPv4 不同之處做了一些小部份的改變，其改變大致如下：

1. 將 IPv4 的 RREQ 的 D (Destination only flag) 及 U (Unknow sequence number) 這兩個欄位取消，如圖 2-9。

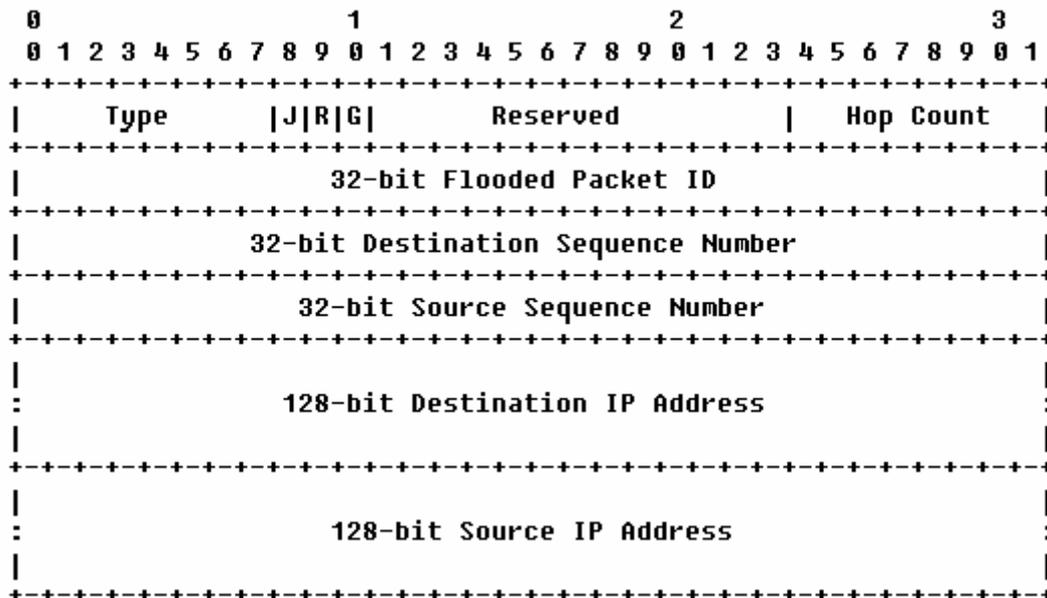


圖2-9 AODV RREQ message for IPv6

2. 順應IPv6的格式使用 128-bit address fields 而不再是 32-bit address , 如圖2-10。

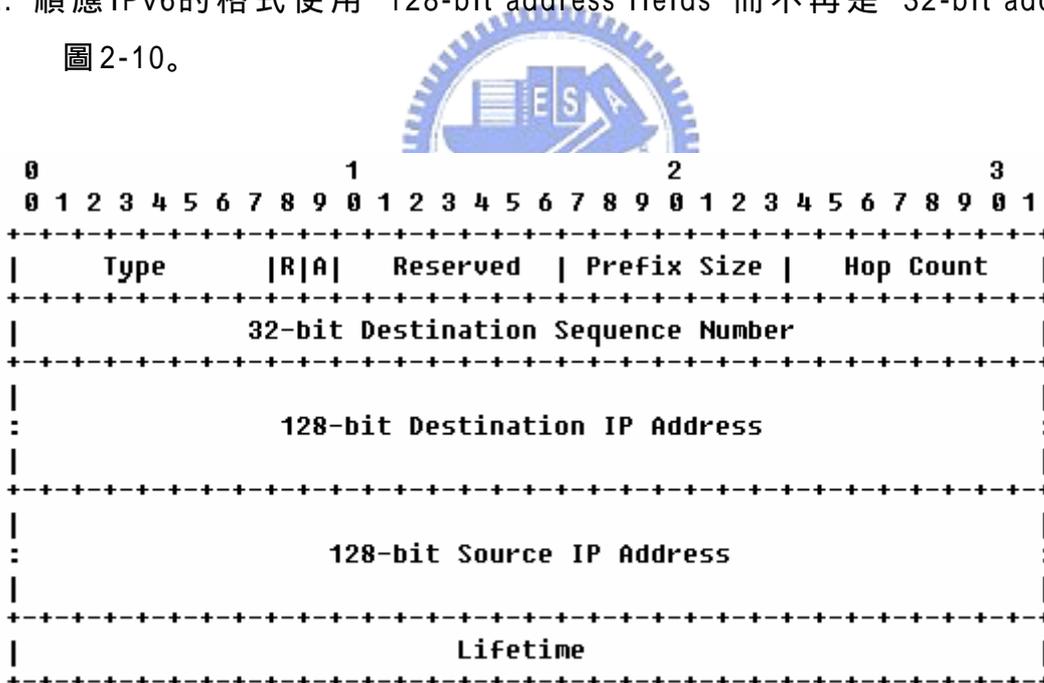


圖2-10 AODV RREP message for IPv6

3. 配合 IPv6 使用的 ICMPv6 [1] , 而並不是再使用 ICMP。
4. flooding data : 藉由 hop-by-hop option 構想來完成 , route discovery 的 RREQ / RREP 因為有可能橫越全部的節點 , 因此會浪費掉一些時間 , 所以 flooding data 准許較小的封包在 source 行動節點在尚未找到完整路

徑到達目的地位址的情況下，可先將一小封包隨著 RREQ 一起送出，隨著 RREQ 一起到目的地位址，如此可減少封包在節點內部等待路由建立的時間，等到路由確定建立後，後面的封包就可以繼續傳送了。

2.3 IETF Mobile IP

在討論 Mobile IP 之前，就必須先了解網際網路上的另一個重要協定 “網際網路位址協定 (Internet Protocol, 簡稱 IP)”，為網際網路標準組織 (Internet Engineering Task Force, 簡稱 IETF) 所制訂之網際網路標準之一，其基本的規格內涵為網路節點之定址工作 (Addressing) 與部分路由功能 (Routing)，是目前網際網路的核心技術。

目前所使用的 IPv4，其中最基本的規格內涵是所謂 IP 位址，也就是主機在網路上的位址，若一個主機想將一份資料傳送到目的地主機位址，基本上要把資料分割成一塊塊的封包，每塊封包的最前面記載著兩項主要的資訊：來源位址和目的地位址，地址後面才是接著一塊切過的資料，這些封包在網路上流動，靠著一種稱為 “路由器 (router)” 的電腦在檢查與轉送，路由器經常就放在每一個子網路 (subnet) 出入口的地方，例如一個大樓或一個辦公室中的網路。

在傳統的 IP 網路架構下，連上網際網路的傳送端與接收端各自使用固定的 IP 位址，但是這也造成了 IP 沒有行動通訊能力的限制。因應個人電腦發展快速，行動手持式裝置日益普遍，網路節點離開原網路或進行網路漫遊 (roaming) 的現象十分普遍，使用者想要移動主機又不改變 IP 位址，將只能在同一個網路號碼位址範圍內 (子網路, subnet)，若移動主機到另一個子網路，勢必要改變 IP 位址，否則就收不到資料封包。因為 IP 封包的繞送方式是根據網路號碼來判斷的，每一個路由器在收到封包後，才去決定要把這個封包送到相鄰的那一個路由器，直到封包到達其網路號碼的路由器為止 (Hop-by-Hop Routing)，當某台主機的 IP 位址和其目前所在位址的子網路不相同時，就會導致通信中斷，解決這個問題的方法，就是可移動主機不使用動態的 IP 位址，例如使用 DHCP 通訊協定，但是像 DHCP 的作法是每次新取得一個 IP 位址之後，必須重新啟始網路協定軟體，其意味著使用者一旦漫遊到不同的子網路，就必需停止連線，等待

取得新的位址之後，再重新開始，因此造成通訊中斷的不便，對於無線區域網路間漫遊是相當麻煩的一件事。因此網際網路標準組織 IETF 成立了行動網際網路位址工作小組（Mobile IP Working Group）以制訂支援網際網路位址行動能力（Mobility）的相關標準，行動式 IP（Mobile IP）的協定與相關技術因此得以制訂，目前最新的版本為 RFC3220 [10]，可以使得主機使用兩個 IP，一個固定的位址，和一個暫時位址來連接到網際網路，在漫遊時利用暫時位址傳送，原先所作到一半的事情就不會被干擾而中斷。

2.3.1 行動式 IP4 (Mobile IPv4)

Mobile IPv4 其主要功能在於它可以提供使用者在兩個不同的無線區域網路之間漫遊，透過 HA 與 FA 之間的合作，達到跨網域通訊而不中斷，Mobile IP 系統架構的元件包括 行動主機（Mobile Host），本地代理器（Home Agent）和遠端代理器（Foreign Agent），圖 2-11 為 Mobile IP 基本架構。

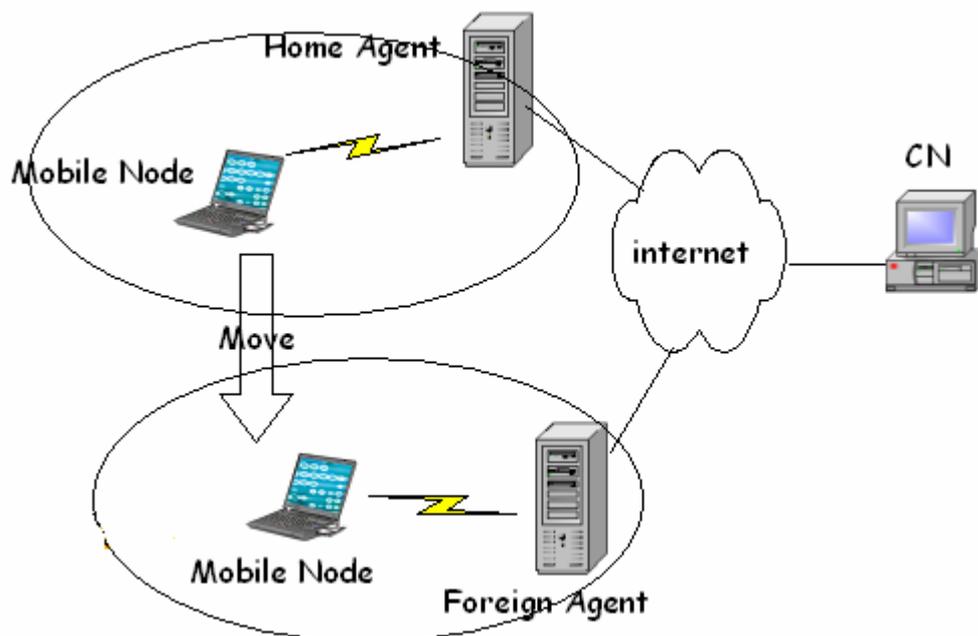


圖 2-11 Mobile IP 基本架構

2.3.1.1 基本名詞解釋

行動節點 (Mobile Node)

一台工作站或手機或其他手持式設備，可以在不同的網域中移動並且使用不同的 IP Address 稱為行動節點，在 Home Network 時就使用 Home Address，在 Foreign Network 時就使用 care of address，以繼續存取網路資源。

本地網路 (Home Network)

對行動節點有管理權的網路，對網際網路上的其他主機而言，行動節點不論其目前的位址為何，"似乎"是位於此處。

本地位址 (Home Address)

本地網路的管理者提供給行動節點的一個固定的 IP Address，此 IP Address 並不會因為漫遊到不同的子網路而變更，行動節點不論在何處均是以此 IP Address 跟其他主機通訊。

本地代理器 (Home Agent)

在本地網路上的某一台主機，能夠使得行動節點對網路上的其他主機而言，是隨時都可以存取的，他記載了行動節點的基本資料，當行動節點漫遊至其他網路時，必須代理行動節點回應訊息給網際網路上的其他主機，甚至轉送封包給行動節點。

遠端網路 (Foreign Network)

對行動節點而言，任一個除了本地網路之外，允許其接上的網路，就稱為遠端網路。

轉交位址 (Care-of Address)

一個表示當行動節點不在本地網路時，在網路上接點的 IP 位址，依據來源的不同有分 Foreign Agent care-of address 及 Co-located care-of address，一個是由 FA 指定出來的另一個可能是 DHCP 所指派出來的。

遠端代理器 (Foreign Agent)

在遠端網路上的一台主機，負責將 HA 所轉送來的封包作解封裝 (decapsulation) 的動作，使封包能送到漫遊到此網路的行動節點。

註冊 (Registration)

行動節點告知本地代理器其轉交位址的過程。

連結 (Binding)

行動節點的 home address 與 care-of address 的結合，並包含有關此結合的剩餘生命週期 (lifetime)。

通信節點 (Correspondent Node)

與行動節點正在溝通的節點，而此節點可以是移動的 (mobile)，也可以是不動的 (stationary)。

2.3.1.2 工作原理



當行動節點接上網路時，必須先判斷其位置是在本地網路或是遠端網路，行動節點可以經由 ” 收聽 ” 局部的廣播 (advertisement)，來達成這件事，或是主動送出訊息 (solicitation) 給代理器。如果行動節點收到由本地代理器的廣播，表示它是在本地網路，那麼只要經由原本的 home IP address 選擇繞路徑的方法，就可以了，但是如果是在遠端網路，那麼它可以取得一個 care-of address，不論是 ” FA care-of address ” 或 “ Co-located care-of address ”，然後向它的本地代理器做註冊 (Registration)，轉交位址的取得方法有兩種，一種是由遠端代理器指定，另一種則是透過 DHCP 通訊協定，動態取得一個 IP 位址，在這種狀況下行動節點本身就是自己的遠端代理器。

取得轉交位址 (care-of address) 後行動節點要作註冊動作，其意思告訴 Home Agent 我在這個子網路 ”，過程步驟如下：

1. MN 送出要求服務的訊息給 FA ，開始整個註冊過程。
2. FA 收到 MN 的要求後，轉送給該 MN 的 HA ，並且告知目前 MN 所使用的 care-of address。
3. HA 在收到 FA 送來的要求後，會決定是否允許屬於其下的 MN 到遠端漫遊，並將訊息回覆給 FA。
5. FA 收到 HA 的回覆後，會根據其內容，允許或拒絕 MN 要求，完成註冊程序。

整個過程如圖 2-12 所示

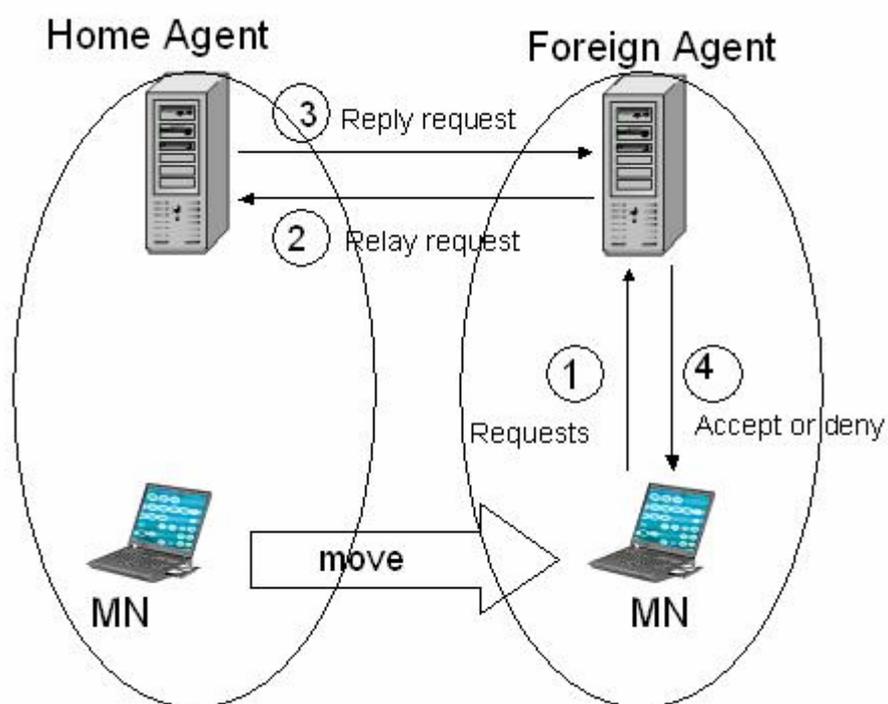


圖 2-12 行動節點註冊過程

註冊這個動作包括了三個重要的資訊的傳遞：1. 本地位址。 2. 轉交位址。 3. 註冊使用期限 (Registration Lifetime)。傳遞這些資訊的動作就稱 registration，當註冊成功後，就產生了 Binding，而且 Binding 是有期限的，超過了這個期限後就要重新註冊，重新取得 Binding，稱為 Binding Update，為了確保網路的安全性，註冊時需作一些相關的認證 (Authentication)。

接下來，當行動節點和它的本地代理器註冊之後，就可以傳送或接收封包了，過程步驟如下：

1. 網際網路上的主機，要傳送封包給漫遊在其他網路的行動節點時，所有傳送到行動節點的封包，都會被行動節點的 Home Agent 攔截接收到。
2. Home Agent 會將此封包加上行動節點目前的 care-of address 位址稱為 Encapsulate，然後傳送給遠端代理器，這個傳送的動作則稱為 Tunneling。
3. FA Decapsulation 從 HA 收到的封包，並將封包傳送到 MN。

整個過程如圖 2-13 所示

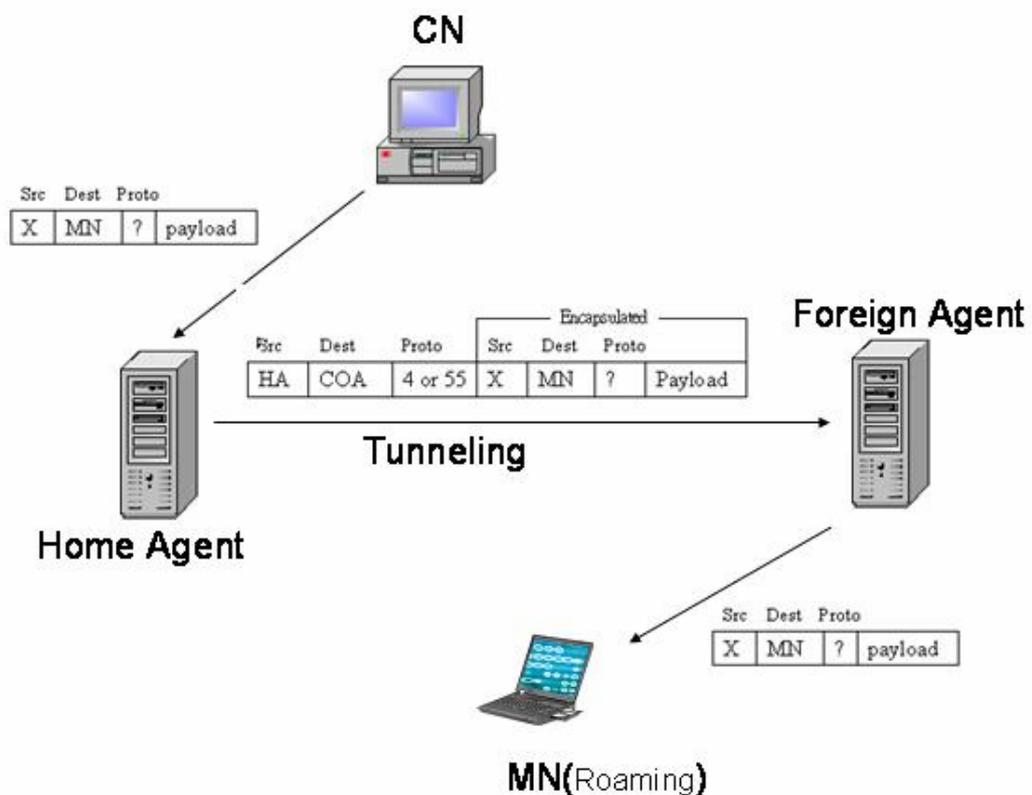


圖 2-13 Tunneling Operations in Mobile IP

此時行動節點想要傳送封包給網路上的主機時，若遠端網路沒有做特別的封包過濾 (Packet filtering)，則可以依照 Foreign network 的路由來傳，直接傳送給目的地主機，不需要將封包再反向 tunneling 回 Home Agent，會行成所謂的三角形傳送，如圖 2-14 所示。

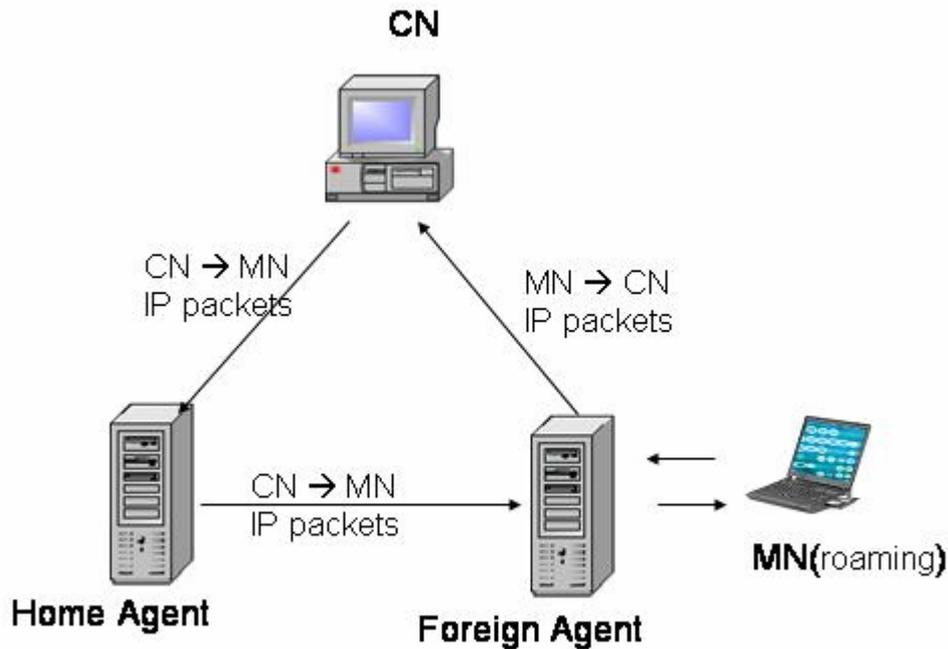


圖 2-14 三角形傳送

當 MN 結束漫遊回到原本的網路時，傳送解除註冊訊息，封包路由回原 MN 在 home network 的狀態

2.3.2 行動式 IPv6 (Mobile IPv6)

網際網路協定的第 6 版本 (IPv6) 已提出多年，就目前 IPv6 的國際標準，雖然其尚未將 Mobility 支援的功能加以明確定義與規範，但是藉由 IPv6 所新增的功能與運作機制，如 Stateless Address Autoconfiguration [13] 和 Neighbor Discovery [6] 等等，我們可以發現 IPv6 對於無線通訊行動能力的支援具有相當完整的考量。其中最重要的一點就是利用 IPv6 標準所規範的 stateless 自動取得 IPv6 位址這項功能，能夠讓行動終端於漫遊時，順利取得一組新的 IPv6 位址。

行動式 IPv6 允許主機離開它所屬的本地子網路，同時透明化的管理目前所有連結，並隨時保持與網路的可連結性，這些都能經由行動式 IPv6 實現，因為行動式 IPv6 能藉由 static home address 來辨識每個節點，而不需考慮這些節點是如何連上網路。

下面列出一些在 Mobile IP 中沒有定義而在 Mobile IPv6 中比較特別的用語

本地連接 (Home link)

以行動節點的 home subnet prefix 所定義的 link , 標準的 IPv6 路由機制會將指定要到 home address 的封包傳送至它所屬的 home link。

本地子網路前置 (home subnet prefix)

符合行動節點之 home address 的 IP subnet prefix。

遠端連接 (foreign link)

任何非 home link 的 link , 都可稱為 foreign link。

遠端子網路前置 (foreign subnet prefix)

任何非 home subnet prefix , 都可稱為 foreign subnet prefix。

移動 (Movement)

行動節點對於網路 link 方式的改變, 就如同行動節點不再連接到之前的 link, 若行動節點目前並沒有與 home link 聯繫, 我們稱此行動節點為 “ away from home ”。

2.3.2.1 Mobile IPv6 與 Mobile IPv4 的差異

IPv6 增加了許多新功能在其標準裡, 包括 IP 位址空間的擴大及安全機制的增加, 對於 Mobile 的實現更加方便, 但 Mobile IPv6 在配合 IPv6 的使用, 與 Mobile IPv4 並不相容。

其中主要技術差異包括:

1. Mobile IPv6 設計融入 IPv6 之中。

由於 IPv6 位址豐富, 與增加了點對點安全 (End to End Security) 的支援性, 因此取消了原先 Foreign Agent 存在的必要性, 將 Foreign Agent

功能融入路由器及行動節點之中，也因為如此取消 Mobile IPv4 中的 Foreign Agent Care-of Address 的設計，僅支援 Co-located Care-of Address。

2. 簡化 Mobile IP 信息。

因為 Mobile IPv6 取消了 Foreign Agent，因此 Mobile IPv6 要求每一個行動節點要支援下列的功能：IPv6 decapsulation，address autoconfiguration，neighbor discovery，Packets delivery。

Mobile IPv6 的行動節點在漫遊至遠端網路時，使用 care-of address 作為封包的來源位址送訊息，因此不會有 ingress filtering 的問題，且網際網路上的通信節點使用 IPv6 的 routing header 而不是用 IP encapsulation，如此可減少 overhead 及可以支援路由最佳化（route optimization）。

3. 使用 IPv6 目標選項（Destination Option），利用封包遞送同時傳遞 Mobile IP 信息，增進信息傳遞效率。

在 Mobile IPv6 協定中，路由最佳化是基本的一項功能，因此 binding 必須隨時可以經由目標選項（destination option）的方式附加在 IPv6 header 之後，以此方式所有的信號訊務可以利用封包遞送同時傳遞 Mobile IP 信息，增進信息傳遞效率。

目標選項如下所列：

連結更新目標選項（Binding update destination option）：當 MN 得到新的轉交位址，行動節點會送新的轉交位址給本地代理器及正在通訊的通信節點，更新此兩主機的 Binding cache。

連結回報目標選項（Binding Acknowledgement destination option）：本地代理器的連結更新訊息的答覆訊息。

連結要求目標選項（Binding request destination option）：行動節點可以要求一個新的連結更新，避免因為刪除或重新建立 Binding Cache entry 時造成 overhead 和 latency。

本地位址目標選項（Home address option）：本地位址選項用於封包傳送時，行動節點會通知此封包的接收者有關於行動節點的本地位址，若一個攜帶著本地位址選項的封包被驗證之後，此本地位址選項必定也被包含在此驗證之中。

4. 路由最佳化 (Route Optimization) 與平緩換手 (Smooth Handover) 為必要支援項目。

路由最佳化 (Route Optimization) : 為了避免掉 Mobile IPv4 的三角路由 (Triangular route) 的問題，行動節點可以傳送連結更新訊息給任何通信節點，這使得通信節點能快取 (cache) 住行動節點的轉交位址並能直接的將封包傳送給行動節點。

平緩換手 (Smooth Handover) : Mobile IPv6 希望在行動節點和新的 access point 建立連接時，希望將資料的遺失減低到最小，而有兩種情況如下：

1. smooth handover with overlapping Cells : 使用多個轉交位址，即使在行動節點已經向本地代理器註冊新的轉交位址，行動節點仍然應由先前的轉交位址接收封包。

2. router-assisted smooth handover : 從先前的轉交位址建立遞送至新的轉交位址，行動節點從一個轉交位址移動至另一個新的轉交位址時，無法同時維護兩個轉交位址的連線，會送連結更新給先前轉交位址的路由器，要求路由器以臨時的本地代理器 (temporary home agent) 繼續幫他先潛在此使用的轉交位址作 forwarding packets 至目前漫遊至新網路的新轉交位址完成註冊。

表一 說明了 Mobile IPv4 與 Mobile IPv6 的差異。

表一 Mobile IPv4 與 Mobile IPv6 之比較表

Compared Items	Mobile IPv4	Mobile IPv6
Foreign agent	有	無
Care-of address	FA 或 CCoA	只有 CCoA
Obtaining care-of address	FA 或 DHCPv4	IPv6 stateless 或 stateful
Route optimization	選擇性的	強制固定的
Packet tunnel during route optimization	Packet 需要在 MN 與 CN 之間做 tunneling	直接 forward packets 不需要做 tunneling
MIP messages format	ICMP and UDP packets	IP headers and ICMP6 packets
MIP messages	Reg. Req, Bing Update, ...	Reduced and allow piggybacked in header
Smooth hand-over	選擇性的	強制固定的
Reverse tunneling	Solve ingress filtering	No ingress filtering problem

由上面的一些比較可知道在 Mobile IPv6 環境下有以下優點：

1. 承襲 IPv6 先天的 auto-configuration 的特點，可以讓 Mobile Node 有類似 Plug and play 的效果。
2. 可以同時有多個 IP 位址，這在無線環境下作換手時可以配合使用來提高連線可靠度。
3. 省卻了 Foreign Agent 的角色，改由所有漫遊網域之 Gateway router 來

擔任。

4. 直接免除了上述 IPv4 在 Mobile 環境下產生之三角傳輸的問題，且大幅降低了本地代理器的負擔，通信節點可以直接與漫遊節點繼續傳送資料而不需本地代理器的介入。



第三章、行動隨意網路與網際網路之整合

3.1 網路架構

我們所考慮的網路架構中包含了一組以上的行動隨意網路，每一組行動隨意網路都有一個 attachment point 連接至網際網路骨幹 (backbone internet)，連接行動隨意網路至網際網路的主機稱作網際網路閘道器 (Internet Gateway) 在此我們簡稱為閘道器 (Gateway)，每個閘道器有兩張網路介面卡 (Network Interface Card) 或稱網路卡，其中一張網卡為有線網卡，利用有線連接的方式連接至網際網路，另一網卡為無線網卡，利用無線 Ad Hoc 的方式連接至行動隨意網路。因為有連接至有線網路所以網際網路閘道器無法隨意移動，其他非網際網路閘道器的行動隨意網路節點則可隨心所欲的自由移動。每個行動隨意網路的網際網路閘道器必須要有支援 Mobile IPv6 的 Home Agent 功能，也就說網際網路閘道器會週期性的多點傳播 (multicast) Router_Advertisement 訊息，且訊息格式 (message format) 中的本地代理器的 (H) 欄位 必須被設定，用來通知行動節點它是此行動隨意網路的 Home Agent。

因為行動隨意網路裡的節點可以隨意自由的移動，因此行動隨意網路很有可能發生下列狀況，(1) 由一個行動隨意網路分割成多個行動隨意網路，或 (2) 某些行動隨意網路部份重疊在一起或 (3) 兩個或兩個以上的行動隨意網路結合成一個行動隨意網路。若如上所述，行動隨意網路與行動隨意網路間的邊界將變的模糊不清，因此我們需要將行動隨意網路的邊界劃分區隔清楚，藉由給定一個適當的 hop 參數值 N，來定義出 Gateway 所服務的行動隨意網路的 wireless hop 大小，因此任何行動節點只要是在 Gateway 的參數值 N 的 wireless hop 範圍內都可加入這個 Gateway 所服務的行動隨意網路。例如圖 3-1 雖然 MN(A) 連接至 MANET2，但卻不能算是 Gateway2 所服務 MANET2 的一員，因為 Gateway2 的 N 值設定為 3,但 MN(A)的 hop count 已超過 3。

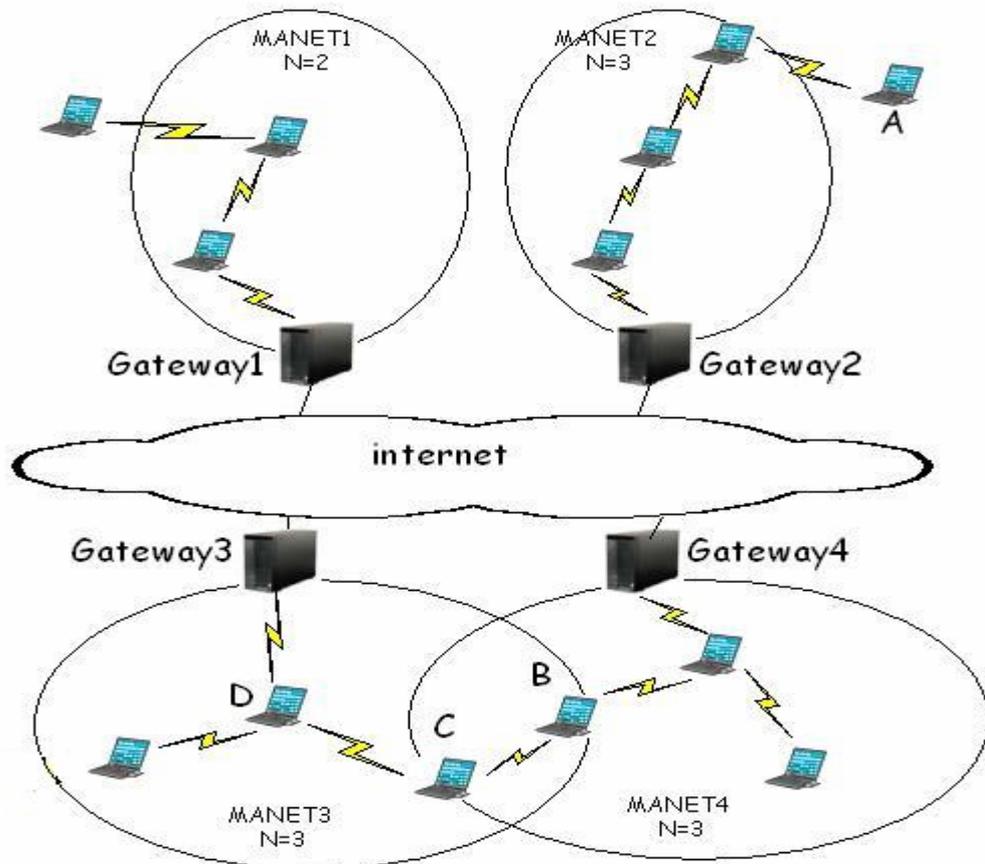


圖 3-1 網路架構

假使行動節點位於多個閘道器服務的範圍內，行動節點本身應該是選擇路徑距離（hop count）最短的閘道器為其 default Gateway。如上圖 3-1 行動節點 C 雖然都符合 3 號閘道器與 4 號閘道器各自的 N 值，但 3 號閘道器到行動節點 C 的路徑距離為 2，4 號閘道器到行動節點 C 的路徑距離為 3，因此行動節點 C 就應選擇 3 號閘道器為其 default Gateway，而行動節點 C 因此就屬於行動隨意網路 3 的一個成員，同理可知行動節點 B 也就屬於行動隨意網路 4 的一員。

由於是以無線的方式連結，在很多情況下是行動節點會跟目前 default Gateway 之間斷線。如上圖 3-1 若在行動隨意網路 3 裡面的行動節點 D 和行動隨意網路 3 斷線，行動節點 D 和行動節點 E 則有可能連接不上網際網路，因此行動節點需要動態調整 default Gateway，行動節點在聽不到 default Gateway 的 Router_Advertisement 一段時間後，行動節點會 multicast Router_Solicitation message 去尋找閘道器，我們也在這給一個

hop 參數值 N' , N' 的值可以逐步地增加以避免類似 broadcast storm problem [5] 的發生 , 如果 $N' > N$ 則 Router_Solicitation message 有可能會被閘道器聽到 , 而閘道器在收到 Router_Solicitation 後閘道器可以自己決定是否要加大 hop 參數 N 的值 , 讓閘道器的行動隨意網路的 wireless hop 服務範圍增大 , 讓送 Router_Solicitation 的行動節點可以加入此行動隨意網路。例如上圖 3-1 , 若行動節點 D 的 Router_Solicitation Hop 參數值 $N' = 4$, 閘道器 4 將可以聽到行動節點 D 的要求 , 閘道器 4 會送一個 hop 參數 $N=4$ 的 Router_Advertisement 讓行動節點 D 加入行動隨意網路 4 , 當然在這之前行動節點 C 已加入行動隨意網路 4。

3.2 Internet Gateway and Route discovery

Router_Advertisement 的訊息會週期性或回應 Router_Solicitation 的要求 , multicast 至網路的內部 , 行動隨意網路節點收到 Gateway 的這些訊息後 , 行動隨意網路節點可以透過 ipv6 stateless 的方式自動裝配出自己的 global address 並且將 Gateway 設為 default router , 如此行動隨意網路節點便可以透過 Gateway 和網際網路上的工作站相通。

Gateway 會公佈 (advertise) 以下的 message 給行動節點知道

- 1 . gateway global address : manet node 會將 Gateway 的 IPv6 global address 設為 default route。
- 2 . network prefix address : Gateway 服務範圍的 Prefix , 一個合法的位址 , 行動節點因為有 prefix , 可 configure 自己的 global address 。
- 3 . network prefix length : gateway 服務範圍的 prefix address 長度
- 4 . lifetime : Gateway 的有效服務時間 , 當有效時間過期 , 行動節點需要重新取得一個新的 Gateway 有效服務時間 , 確保行動節點的 IPv6 address 是合法可使用的。

當行動隨意網路內的節點要送封包時 , 節點會先查詢自己本身的路由表 , 查看是否有到目的地位址的路徑 , 如果節點發現有路徑可達目的地位址 , 則將封包送出去 , 若沒有適合的路徑傳送封包 , 節點會執行 route

discovery，此時節點會多點傳播（multicast）一個 route request 的訊息出去，如果節點要求一個到目的地地址的路徑但卻沒有發現，節點會假設目的地地址是在行動隨意網路以外的區域，而將封包送至 default route 上。

為了控制 AODV 的範圍大小，我們建議給一個參數 M ，讓 route discovery 的資訊只可以 multicast 到 M 個 wireless hop，如此，若行動節點分屬不同的行動隨意網路，但若有彼此相連，在 hop 參數值的範圍內是可以直接相通，減少 routing、tunneling 的 overhead，但在此必須注意， M 的值必定要大於 N 的值，如此才能確定可跨不同的行動隨意網路。

在 Gateway 的方面，在和行動隨意網路相連的 interface 上，一樣是執行 AODV 的路由協定，所以每當 Gateway 收到 route request 或 route reply 的訊息，Gateway 會如一般的 intermedia 節點一樣將 route request 或 route reply 的 message 再 forward 出去，另一方面，若 Gateway 從網際網路上收到封包且在路由表中找到一個路徑，且此路徑指向行動隨意網路外部，Gateway 就會發出 route request 的訊息，且等待目的地節點的 route reply 訊息，但若沒收到 route reply 則如一般路由器一樣將封包丟棄。

3.3 Mobility Management

MN 漫遊至其他行動隨意網路的步驟：

1. Gateway 週期性時間 multicast all node 的 Router_Advertisement 訊息至 MANET 內部。
2. MANET 內部的 Intermediate node 收到 Router_Advertisement 後，會檢查 hop limit 是否為零，如果不為零則將 message 再 multicast 出去給其他 node，若已是零，則 node 不會將 message 再 multicast 出去給任何 node 處理。
3. 若 MN 在 hop limit 範圍內，MN 會收到 Foreign Network 的 Gateway 所發出來的 Router_Advertisement message。
4. MN 依據 IPv6，利用 Router_Advertisement 所提供的訊息，MN 可以用 stateless auto-configuration 組裝自己的 care-of address，並將此 router

的 address 設成自己的 default router address。

5. MN 此時要送 binding update (registration) 訊息給 Home Agent , 將 message 送到 default gateway 然後再到 internet 上。
6. 若 MN 不在 hop limit 範圍內 , 則 MN 須先使用 IP address auto-configuration for Ad Hoc Networks [8] 先取的與 Ad Hoc 的聯繫。
7. MN 再送 Router_Solicitation message 給 Gateway , 要求 Gateway 送 Router Advertisement 的 message , Gateway 此時可判斷是否要增加服務的範圍。
8. 如此再依照第 1 至第 5 步驟順序下去 , 完成 Home Agent binding update。
9. MN 的 Home Agent 此時就可以把訊息 tunnel 至漫遊網的 Router , 漫遊網的 Router MN 就可以接收訊息了。
10. MN 要送訊息給在 internet 上的 CN , MN 也是使用 AODV 先尋找及建立到 CN 的路徑 , 若找不到 route 則將 IP 封包送到 Gateway 並利用傳送封包同時將 destination option 附加在 IPv6 header 之後 , 去更新 CN 的 binding cache , 如此 CN 再送封包給 MN 時 , 就不會經過 MN 的 Home Agent 了。

MN 回到 Home Network

1. 當行動節點回到 home network 時 , 同樣藉由收聽 Router_Advertisement 的 message 發現所收到的 prefix 自己的固定 IP 有相同的 home subnet prefix , 表示行動節點回到了 home network
2. 行動節點送 lifetime=0 及 care-of address = home address 的 binding update (deregistration) message 給 Home Agent , 用以通知 Home Agent 行動節點已經回到 home network 了 , 不用幫行動節點 intercept and tunneling packet 了。
3. 此時行動節點的 Gateway 就只有 Router 的功用了 , 並不會截收行動節點的封包。

3.4 通訊範例

假設所有的 internet gateway 都能執行我們前面所述的功能。各個節點在 IPv6 MANET 環境內部是以本文提出的 AODV 為主，Gateway 的 intra 介面則必須要能執行一般的 AODV。

3.4.1 Intra MANET communication

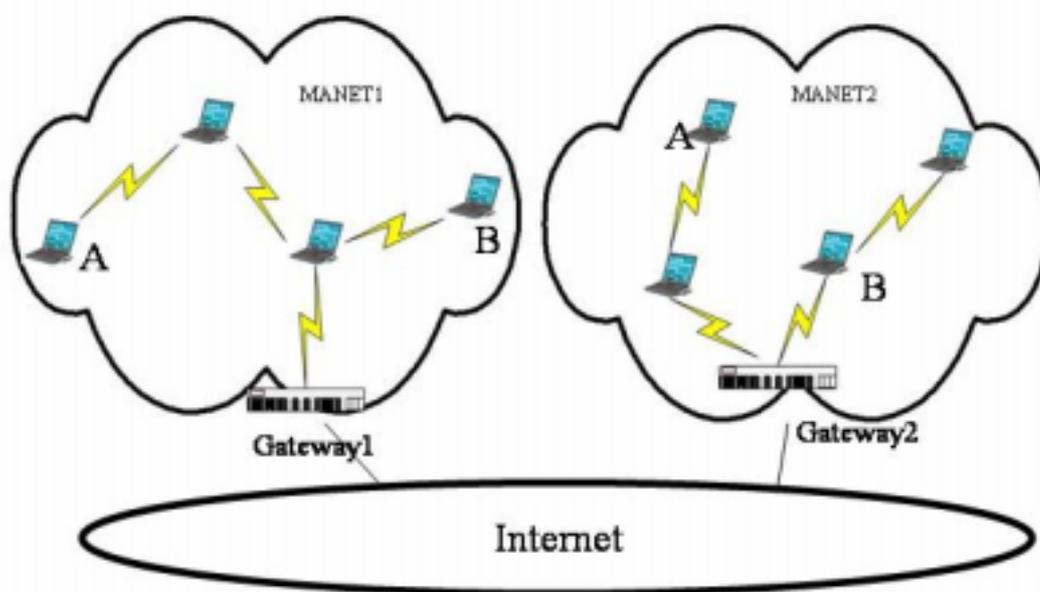


圖 3-2 intra manet communication

若兩個要互相通訊的行動節點是在同一個行動隨意網路裡面，則只需要一般 Ad-Hoc 的路由協定如 AODV6 做 route discovery 就可以找出封包傳送路徑而將封包傳送至目的地位址的行動節點端點。

例如圖 3-2 在 MANET1 裡面，MN(A) 要送封包給 MN(B)，MN(A) 會使用 route discovery 的方法去找出到達 MN(2) 的路徑 (host route)，待路徑建立後，封包會直接 route 路徑至 MN(B)，並不會經由 Gateway1。

3.4.2 Inter MANET communication (directly)

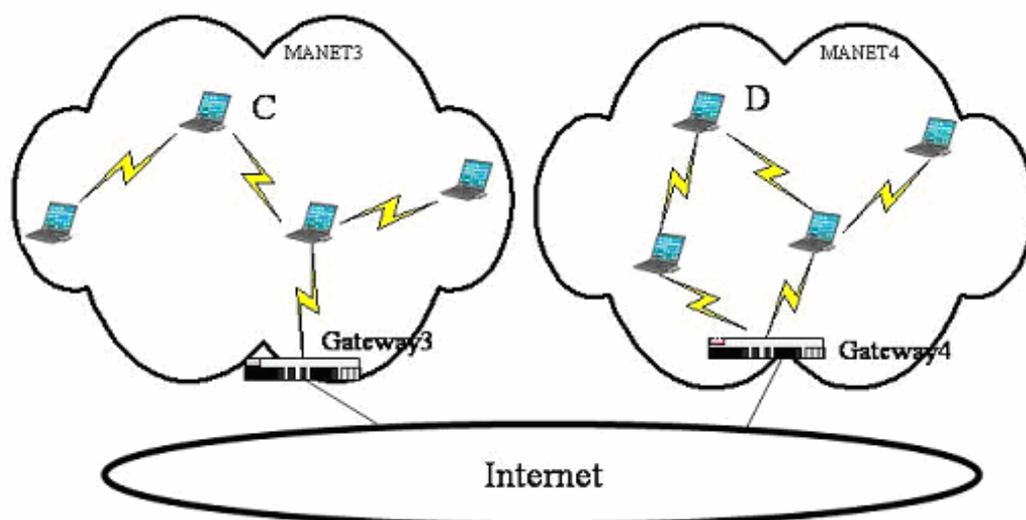


圖 3-3 inter manet communication (directly)

對於兩個要互相通訊的行動節點是在兩個不同的行動隨意網路上的情況下，封包會先被傳送至本身行動隨意網路的 Gateway，Gateway 再經由 internet IPv6 [2] 上路由協定傳送封包至其他行動隨意網路的 Gateway，再由 Gateway 作傳送封包至目的地地址的行動節點。

例如圖 3-3 MN(C) 送封包到 MN(D)，MN(C)會執行 route discovery 的機制，來尋找及建立路由，若發現沒有 host route 可將封包傳送至 MN(D)，所以會將封包送到 default Gateway3 上，Gateway3 執行 route examination 在自己的 routing table 中發現目的地地址並不在他本身服務的行動隨意網路內部，而是在網外，因此 Gateway3 將封包送到網際網路上並傳送至 Gateway4，Gateway4 執行 route examination 發現目的地地址是自己 MANET4 中的一台主機，於是將封包傳送至 MN(D)。

3.4.3 Inter MANET communication(with mobile ipv6)

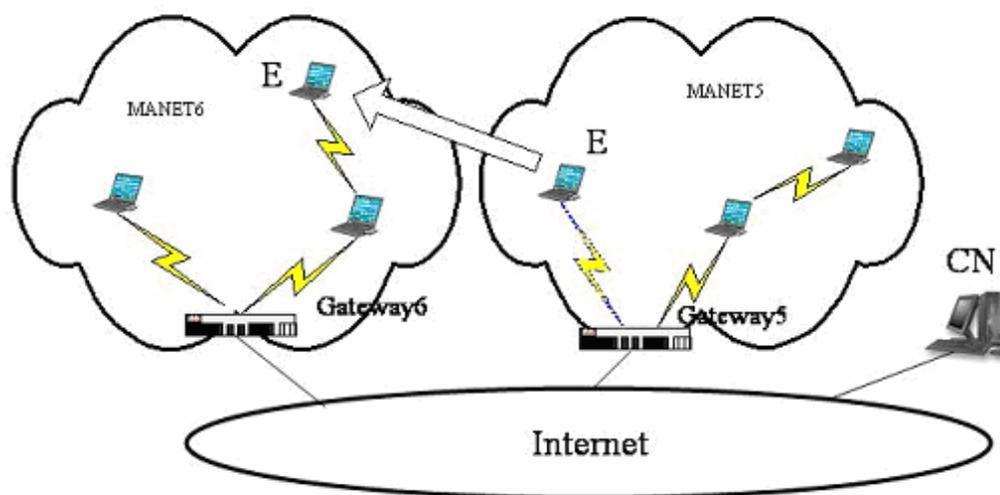


圖 3-4 inter manet communication(with mobile ipv6)

若行動隨意網路裡的某一個節點漫遊至其他行動隨意網路上，則網際網路上的任一個主機若要送封包給此正在漫遊的行動節點，會需要節點的本地代理器幫其作 tunnel，將要送給漫遊節點的封包轉送到行動節點的轉交位址。

例如圖 3-4，假設 MN(E) 從 MANET5 漫遊至 MANET6，且 CN 此時要傳封包給 MN(E)，CN 會先檢查自己的 binding cache，若 binding cache 沒有發現此目的地位址 MN(E) 的 entry，則 CN 會以 MN(E) 的 home address 為目的地位址將封包送出。封包會經由一般的網際網路繞徑機制到達 MN(E) 的 home subnet，此時 MN(E) 的 home agent 會攔截此要送給 MN(E) 的封包，並且 Home Agent 使用 IPv6 encapsulation 的方式並以 MN(E) 的 care-of-address 為目的地位址，tunnel 此封包到 MANET6，Gateway6 在 MN(E) 向其作要加入 MANET6 的同時，已在其路由表裡建立了 MN(E) 的 entry，因此 Gateway6 在其路由表中可以很容易的找到路徑，而將封包順利傳送至 MN(E)。

但封包由 MN(E) 回傳送給 CN 時，是直接送給 CN，其路徑和原先

並不相同，也就形成所謂的三角傳輸。MN(E) 此時就會作路由最佳化 (Route Optimization)，使用 IPv6 的 destination option 機制更新 CN 的 binding cache。如此 CN 的 binding cache 裡 就會有 MN(E) 的 care-of-address，因此 CN 要在送封包給 MN(E) 時，就會直接送封包至 MN(E)，而不用透過 MN(E) 的 Home Agent(Gateway5) 用 tunnel 的方式轉送要給 MN(E) 的封包了。



3.4.4 Inter 3 MANET communication (with mobile ipv6)

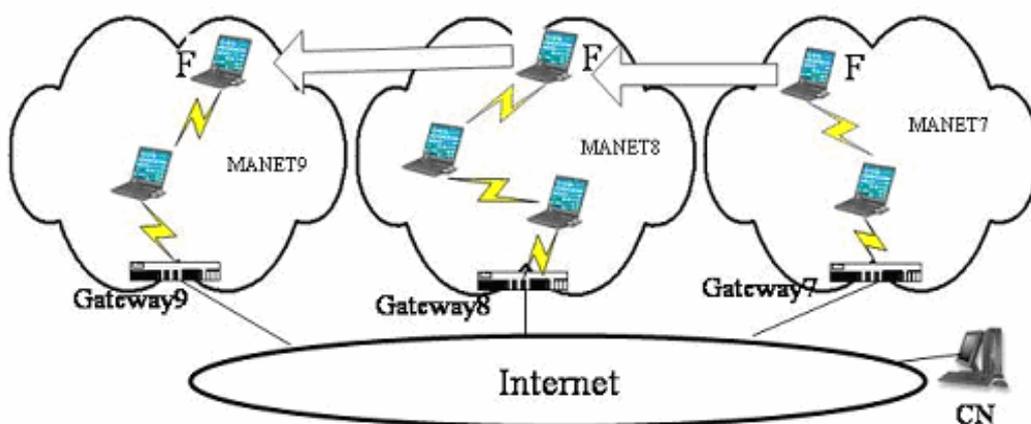


圖 3-5 inter 3 manet communication with mobile ipv6

若行動節點從一個 care-of-address 移動到另外一個 care-of-address ，因為 Mobile IPv6 有提供 smooth handover ，因此行動節點會要求 previous gateway ，要能提供暫時性的 Home Agent 的功能 ， tunnel 封包至新的 care-of address ，讓傳送中的封包不至於遺失減少或中斷 ，因此我們必須假定 previous gateway 必須可以接受 authenticated binding update for a mobile node ，接著根據 previous gateway 的 binding cache encapsulate packet 到指定的 care-of address ， the MN(F)設定 home agent (H) bit ，要求 previous gateway 作 Home Agent 的功能，且會設定 Acknowledge (A) bit ，要求 previous gateway 回覆 binding acknowledgement, 確定 previous gateway 可做 temporary home agent。

例如圖 3-5 所示，MN(F) 從 MANET7 漫遊到 MANET8 再漫遊到 MANET9，在 MANET(9) 的時候因為 MN(F) 無法同時保持新舊兩個 care-of-address 的連線，且並非所有 CN 都知道 MN(F) 最新的 care-of address ，所以 MN(F) 此時會送一 binding update 的訊息給 previous care-of-address 的 Gateway8 ，要求 Gateway8 提供如同 Home Agent 的臨時功能給其 care-of address ，所以當 CN 以 MN(F) 的 previous care-of

address 傳送封包時，封包可以被 Gateway8 所攔截且 tunnel 到 new care-of address，此時仍然會有三角傳輸的問題存在，因此 MN(F) 再經由 destination option 將 CN 的 binding cache 作更新，CN 的 binding cache 有 MN(F) 的新 care-of address 後，就會將 packet 直接送到此 new care-of address address 上。



3.4.5 Inter MANET communication in overlaid MANETs (direct)

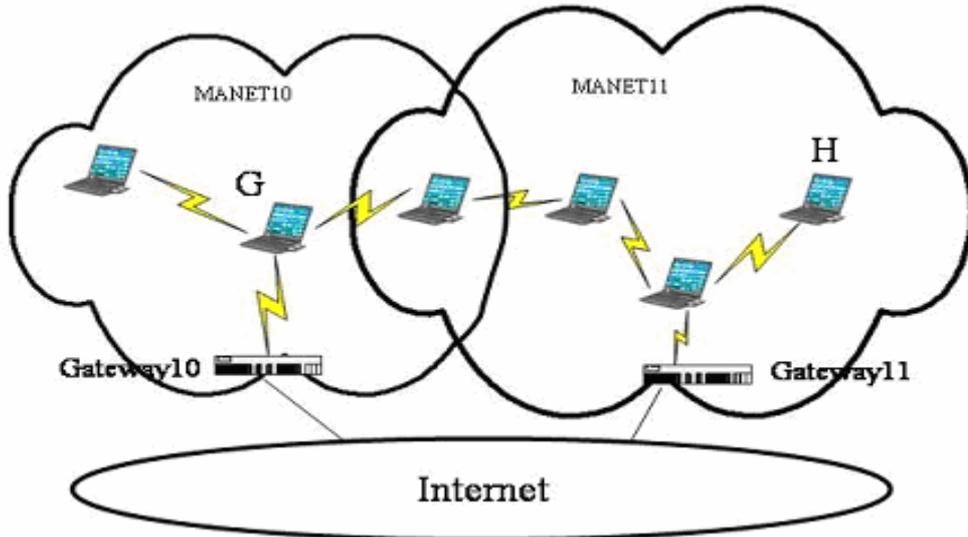


圖 3-6 inter manet communication in overlaid manets (direct)

當兩個行動隨意網路有互相重疊的部分時，且行動隨意網路節點在兩個不同的行動隨意網路上時，當要送封包時，AODV6 的 route request 的 multicast messages 可經由 subnet-bridge 到達另一個 MANET。若此時目的地地址的 hop count 數目小於我們所訂的 hop count 參數 M ，目的地節點會回 route reply 給 source，兩個終端設備的 host route 就可以建立，封包也就可以直接傳送，而不用透過網際網路了。

例如圖 3-6，MN(G) 要送封包給 MN(H)，MN(G) 在作 route examination 的時候，MN(G) 可以利用 route request message 中的 Hop Count 來控制要到達的距離，若我們給定參數 $M=5$ ，若目的地地址有回應 route reply，即表示此一跨 MANET 的 host route 可建立起來，MN(G) 此時即可將封包直接送至 MN(H)，不用經過 Gateway10 將封包送到網際網路上，再傳送送到 MN(G)，讓封包繞一大圈才到 MN(H)，減低封包遺失及重傳的機率並減少 Gateway10 的負荷。若我們給定一較小參數，例如 $M=3$ ，則 MN(G) 與 MN(H) 之間則不會有 host route 存在，封包會依照 route discovery 將封包送到 default Gateway10，讓 Gateway10 將封包送到 internet 上，再傳送到 MN(H)。

3.4.6 Inter MANET communication in overlaid MANETs(with mobile ipv6)

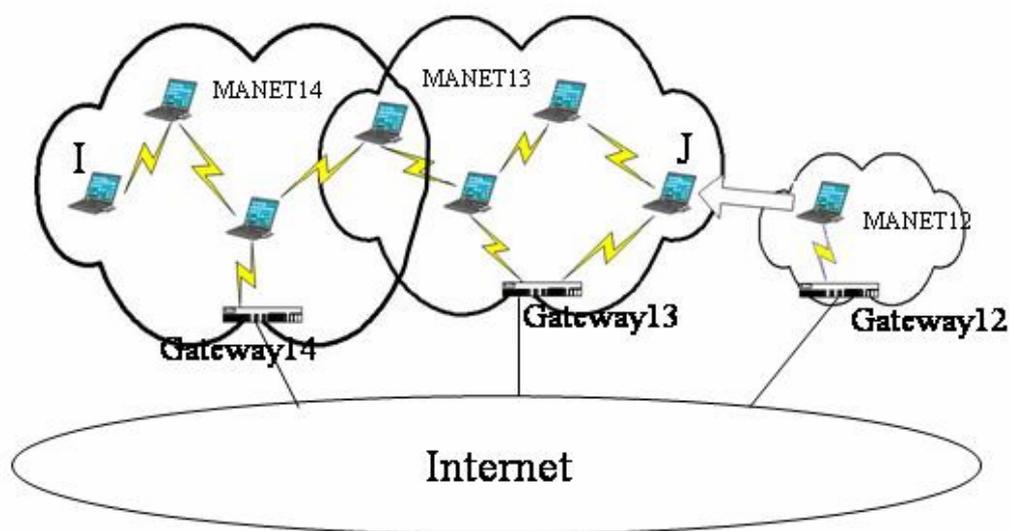


圖 3-7 inter manet communication in overlaid manets (with mobile ipv6)

若有兩個行動隨意網路有服務範圍部分重疊的情況，但實際之 Hop Count 數大於我們所設定的 route request 中 Hop Count 參數 M ，則兩行動隨意網路節點之間無法有效的建立起 host route，故 source node 會將封包送到 default gateway 上，讓 default gateway 將封包送到網際網路上面，經由經由網際網路繞徑協定將封包傳送到目的地位址的節點所在的 network 上。

例如圖 3-7，我們假定一參數 $M=5$ 給 AODV，此參數可以定義出 AODV 可做 host route 的範圍大小，若此時 MN(I) 要傳給 MN(J)，MN(I) 會執行 route discovery，因為 MN(I) 至 MN(J) 之 hop count 大於參數 M ，故 MN(I) 無法將 route request 的訊息送到 MN(J)，host route 也無從建立起來。在此種情況下，MN(I) route examination 找不到路徑，封包會先傳送至 Gateway14，再由 Gateway14 將封包傳送到網際網路上，此封包會由 MN(J) 的 home agent (Gateway12) 攔截接收到，Home Agent encapsulate packets 到 MN(J) 所在之 subnet 的 Gateway13，Gateway13 在自己的路由表中發現此 care-of address 是在自己服務的 MANET 內，便將封包傳送到 MN(J)。

若 MN(J) 有透過利用 destination option 送 binding update 的 message 給 MN(I), 則 MN(I) 的 binding cache 裡會有 MN(J) 的 care-of-address, 則 MN(I) 會直接以 MN(J) 的 care-of - address 為目的地地址傳送封包, 而不用經過 MN(J) 的 Home Agent, 也不會有三角傳輸甚至四角傳輸的問題發生。



第四章、實作考量

4.1 環境考量

在運作環境考量下，我們希望以較開放的資源為考量，所以選擇以 Linux 為考量的平台，行動節點及 Home Agent 都可在此平台上運作。

需要的設備

電腦方面建議使用筆記型電腦，因為考量到市面上多數的無線網路卡都是 PCMCIA 的介面，所以最好能使用具有 PCMCIA 介面的筆記型電腦，若是使用桌上型電腦的話，最好能搭配 USB 介面的無線網路卡，否則如果使用 PCMCIA 介面的無線網卡，就必須再多買一張 PCMCIA 轉 PCI 或 PCMCIA 轉 ISA 的轉接卡，這裡附帶一提的是，根據我們的經驗，使用轉接卡這樣的方式有可能會出現一些問題，也就是作業系統無法正確驅動無線網路卡，這裡因為會牽涉到一些轉接卡問題，所以建議盡量不要用轉接卡的方式。

我們所需要的設備

電腦：筆記型電腦需有 PCMCIA 插槽，以便提供無線網路介面，提供 Router (Home Agent) 功能的電腦，另需要有乙太網路介面，提供連線至網際網路用。

無線網路卡：以作業系統可以正確驅動且所有行動節點的無線網路卡且以同一品牌為佳如圖 4-1，例如 ORiNOCO PC Card，Linux Kernel 在 2.2.x 就已經有驅動程式支援了，在此不建議使用筆記型電腦的內建無線網路卡，因為在 Linux 下不一定能正確驅動。

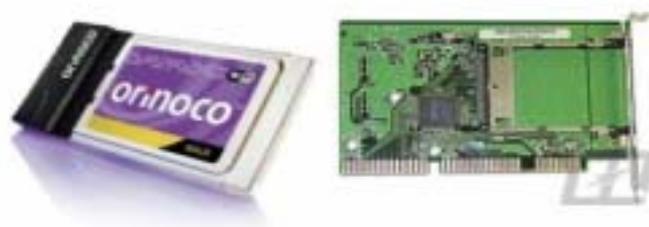


圖 4-1 無線網路卡及轉接卡

考量架構的環境

Home Network

在 Home Network 的網路中如圖 4-2，擔任 internet gateway 的電腦需要同時有 IPv6 router 及 MIP6 home Agent 的功能，所以必須要有兩個網路卡，其中一個為有線網路卡和網際網路相接，一個為無線網路卡和行動隨意網路的行動節點通訊用，數台執行 MIP6 行動節點功能的，且在所有的行動節點電腦（不包含 gateway）上執行 AODV for IPv6 的功能。

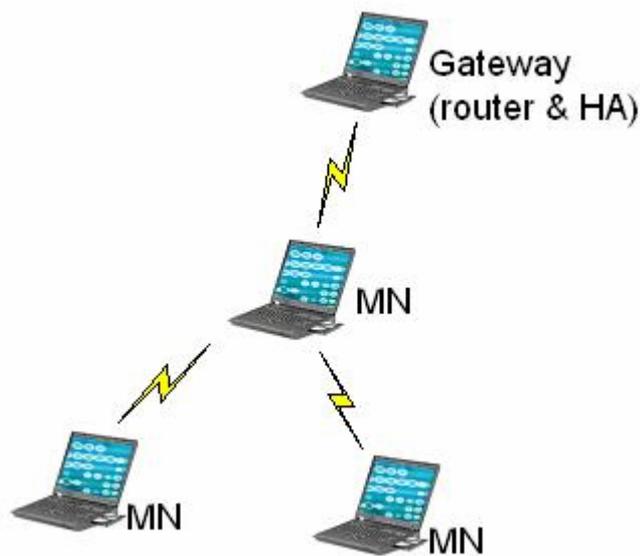


圖 4-2 home network 考量環境

Foreign Network

在 Foreign Network 的網路中如圖 4-3，因 Mobile IPv6 無 Foreign Agent 的需要，因此擔任 internet gateway 的電腦需要有 IPv6 router 的功能，因此也要要有兩個網路卡，其中一個為有線網路卡和網際網路相接，一個為無線網路卡和行動隨意網路的行動節點通訊用，數台執行 MIP6 行動節點功能的，且在所有的行動節點電腦（不包含 gateway）上執行 AODV for IPv6 的功能。

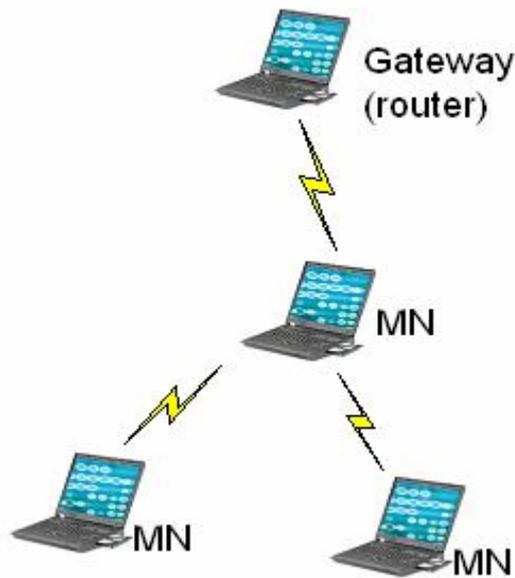


圖 4-3 foreign network 考量環境

4.1.1 AODV for IPv6

在傳統的繞徑協定上若於 Kernel 路由表中找不到路徑，則資料便會丟棄，而 On Demand 的繞徑協定由於是在要傳送封包時才去做尋找路徑的動作。因此 On Demand 的繞徑協定則需要先將資料 Queue 住，等到找到路徑再做傳送。

基於上述原因 AODV 的實做已不多，然而有支援 IPv6 環境的又更少了，而在 Linux 的環境底下的實作更是寥寥無幾。Uppsala University 有一個版本稱做 AODV-UU for IPv6 [15] 是在 Linux 的環境底下的，是根據 AODV draft 第 10 版及 AODV IPv6 IETF Draft 第 1 版，所實作出來的。AODV – UU 分成兩個單元，kernel-related 單元模組和 non-kernel-related 單元模組。這個實作是以執行 user-space daemon 的方式來維護 kernel 的路由表，Netfilter 用來做暫存資料封包的用途，封包的過濾是在 user-space 執行，如此不需要動到 Kernel 作修改。也因為有使用到 Netfilter，所以 Linux kernel 必須要有支援 netfilter，也就是說需要 2.4.18-3 或以上的核心，目前 Red Hat 7.3 及以後的版本其核心都有提供 netfilter。

在 AODV-UU 的 Aodv control message 部分，是透過 UDP socket 的方式，且由 aodv_socket 模組處理，做 AODV type 的檢查，並將 AODV 控

制訊息轉換到相對應的處理模組，如下圖 4-4 所示。

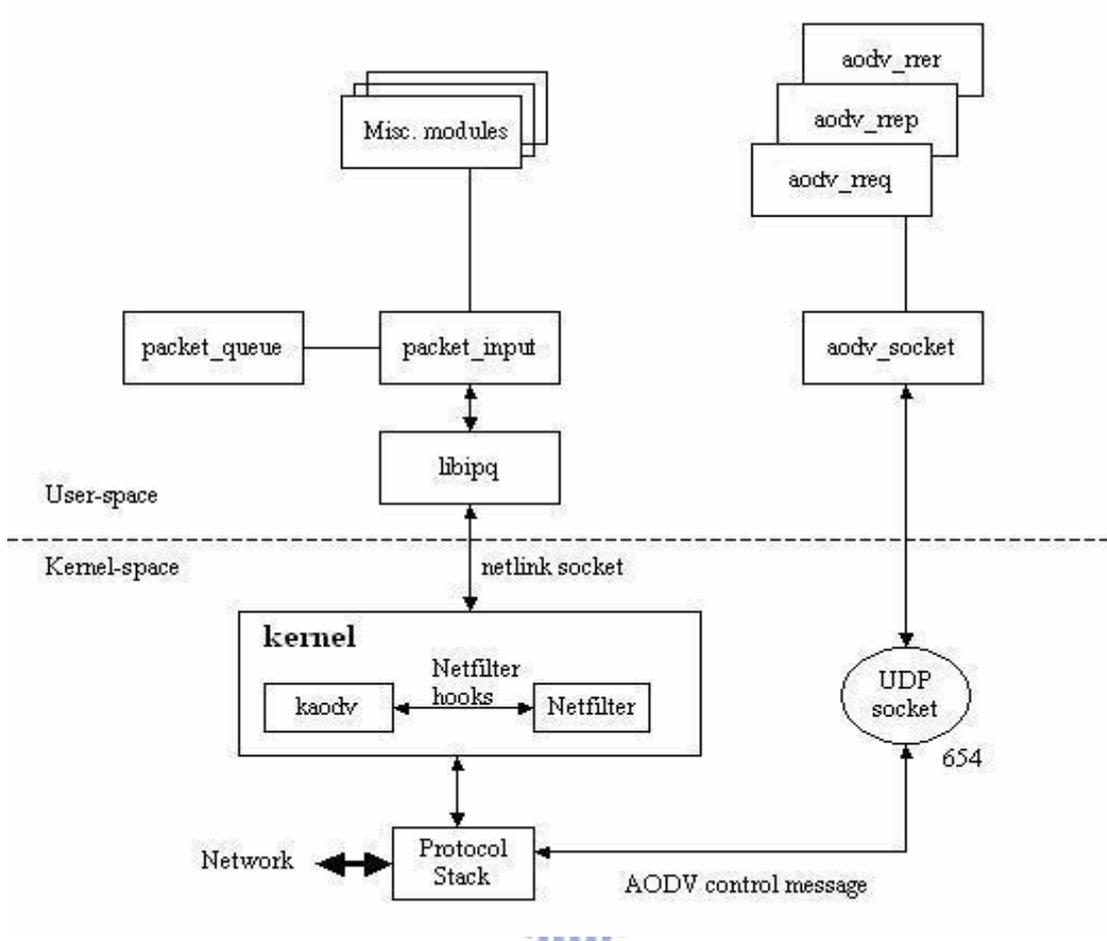


圖 4-4 AODV-UU 的封包處理

4.1.2 Mobile IPv6

實作 Mobile IPv6 在 Linux 環境下目前有兩個版本，其中之一是由 Lancaster University in UK 實作的版本，然而此版本只支援到 IETF Mobile IPv6 draft 的第 5 版，但 IETF Mobile IPv6 draft 目前的版本已到第 24 版。並且這個版本自 1998 年後就沒有在做甚麼更新發展，Linux 核心也只能支援到 2.1.90，對我們而言並不是很好的選擇。

另一個實行的版本是 Helsinki University of Technology 所開發的 MIPL [18]，如圖 4-5 是其架構，核心可支援到 2.4.20，甚至對更新的 2.6.x 的核心也可支援。但 MIPL 本身有一個限制就是 mobile node 及 home

agent 不能同時在同一核心執行，這點是我們在安裝時必須注意的。

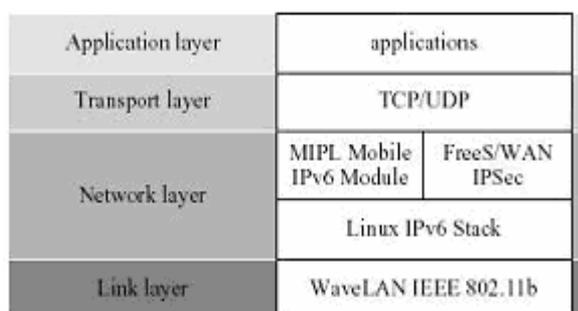


圖 4-5 MIPL 之網路系統架構圖

Linux RedHat9.0 在安裝後已經將 IPv6 安裝為系統中之 module，所以如果要使用 IPv6 協定，只要將 IPv6 的 module 載入即可。但一般的 RedHat9.0 作業系統並不支援 Mobile IPv6 的功能，所以還須再安裝 MIPL 軟體才能支援 Mobile IPv6。但對 Home Agent 及 Router 而言，有了 Mobile IPv6 的 networking 功能之外，由於 Home Agent 及 Router 本身需要定時的送 Router_Advertisement 的訊息出去，必須要在 Home Agent 及 Router 多安裝一個 demand 來協助定時發出 Router_Advertisement，此 demand 即為 RADVD [16]。



4.2 運作的考量

跟我們在前面章節所提出的網路架構相比較，在 AODV6 及 Mobile IPv6 上我們提出一些需要的改變，來符合我們前面所需要的功能

4.2.1 AODV for IPv6

1. 在 AODV for IPv6 的草稿中，提及其操作基本上依循 AODV，兩相比較之下，因此在控制 AODV6 的範圍上是以 IPv6 header 如圖 4-6 的 Hop Limit 來控制，這個值即是前一章所稱的 M。每當行動節點 forward 訊息，IPv6 header 的 Hop Limit 欄位值會減 1，待 Hop Limit = 0 時則停止，讓訊息不至於無限 forward 下去。而 AODV6 的 route request (圖 4-7)或 route replay 訊息的 Hop Count 欄位值會加 1，來記錄經過幾個

Hops，以便有多個路徑時，作為選擇之用，行動節點利用檢查這些值來判定 AODV6 的有效範圍大小，並決定是繼續 multicast 訊息出去或回覆 RREP 的訊息給原先發送 RREQ 訊息的行動節點。

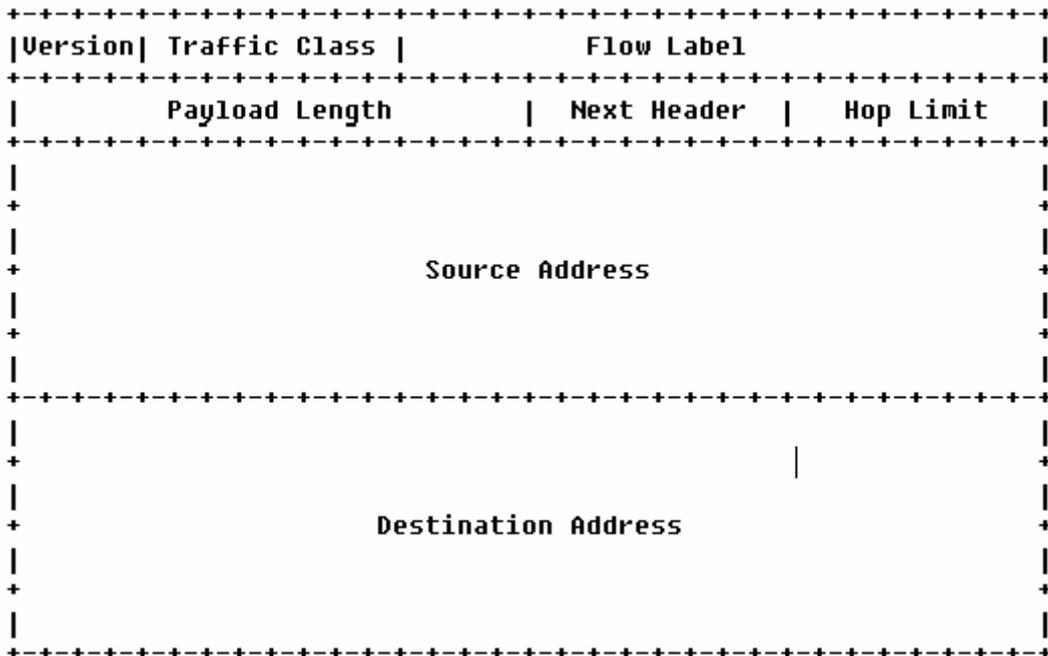


圖 4-6 IPv6 Header Format

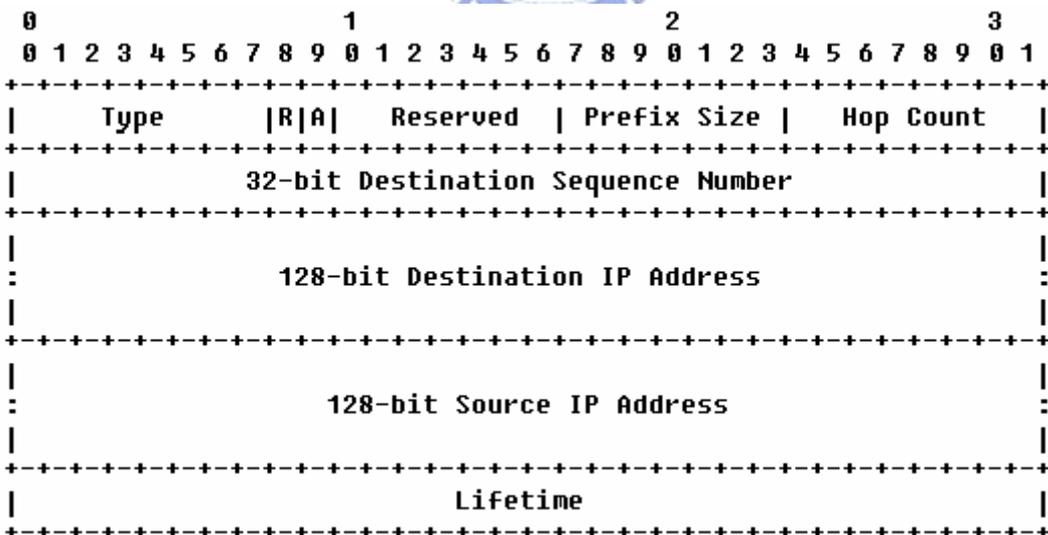


圖 4-7 AODV for IPv6 的 RREP message format

2. 增加行動節點在執行 AODV6 的 route discovery 找不到路徑，例如：time out...等，將封包丟棄（drop）的方式。改成將封包送到 default

Gateway , 由 Gateway 判斷此封包的路由。

3. AODV6 行動節點 default Gateway 參數的設定。在隨意網路中行動節點的 routing table 除了 hello message 所找到的 neighbor nodes 及 route discovery 所發現的 destination 節點之外，還需加入 Gateway 的資訊。因此如 Gateway 的 IPv6 address 以及 Hop Count 都須經由 Router_Advertisement 送給行動節點，行動節點並透過判斷 sequence number 的方式，以避免收到過期或重複的 Router_Advertisement 資訊以利於更新 routing table 中 Gateway 的資訊。

4. 另外提供一個比較 AODV6 的 Hop Limit (前一章的 M) 和 Router_Advertisement 訊息中的 “Cur Hop Limit +Hop Count” 的值 (前一章的 N) 的功能。在行動節點收到 Router_Advertisement 時將 M 和 N 這兩個值做比較，若 M 比 N 小，則將 N 的值加 1 再複製到 M，如此以便動態調整 Ad-Hoc 的服務範圍。



4.2.2 Mobile IPv6

Mobile IPv6 需新增的功能如下

1. Router_Advertisement 訊息格式多增加一個欄位 N(Next Node) 如圖 4-8 所示，用以通知 intermediate MANET 節點可以再 forward Router_Advertisement 的資訊，欄位 N 在我們的行動隨意網路的 Router Advertisement 時必須要設定，因此當行動節點收到 advertisement 的訊息會檢查欄位 N 是否設定，若沒有設定，則有可能是一般的行動 IPv6 網路，不需要啟動 forward 的動作將訊息做 forward，若有設定，則需透過將訊息 forward 出去。

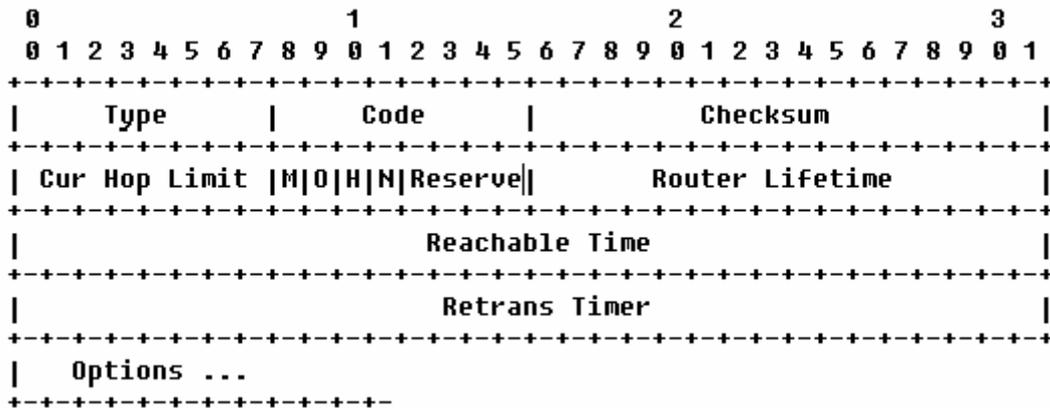


圖 4-8 Router_Advertisement with new field “N”

2. Gateway 的 Router_Advertisement 可以經由 forward 的方式，到達多遠的距離，則是依照 IPv6 Header 的 Hop Limit 來決定。即是我們在前一章網路架構所稱的 N 值，因為每 forward 一次，Hop Limit 這個欄位的值會減 1，藉此方式控制 Gateway 的服務範圍大小。

3. 在 Router_Advertisement 的訊息格式中，將遞減的 Cur Hop Limit 欄位改變成遞加的 Hop Count 欄位如圖 4-9。如此收到此訊息的行動節點才能知道 Gateway 距離幾個 Hops，以利行動節點 AODV6 的 routing table 的 default Gateway 設定。

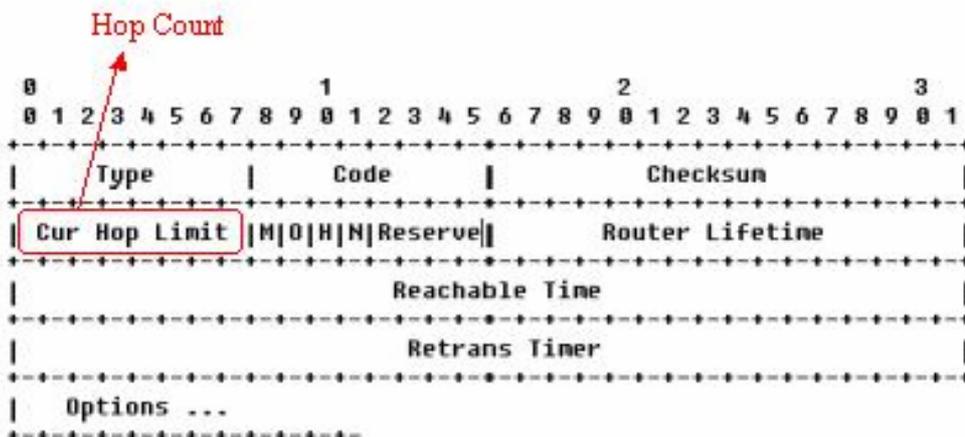


圖 4-9 Router_Advertisement 的 Hop Count

4. 行動節點在收到 Router_Advertisement 的時候，會將 IP Fields 的 Hop Limit 及 ICMP Fields 的 Hop Count 這兩個值相加來得知我們在上一張網

路架構所稱的 N 值，如圖 4-10。行動節點並透過判斷 sequence number 的方式，行動節點可以避免收到過期的資訊或形成迴圈。

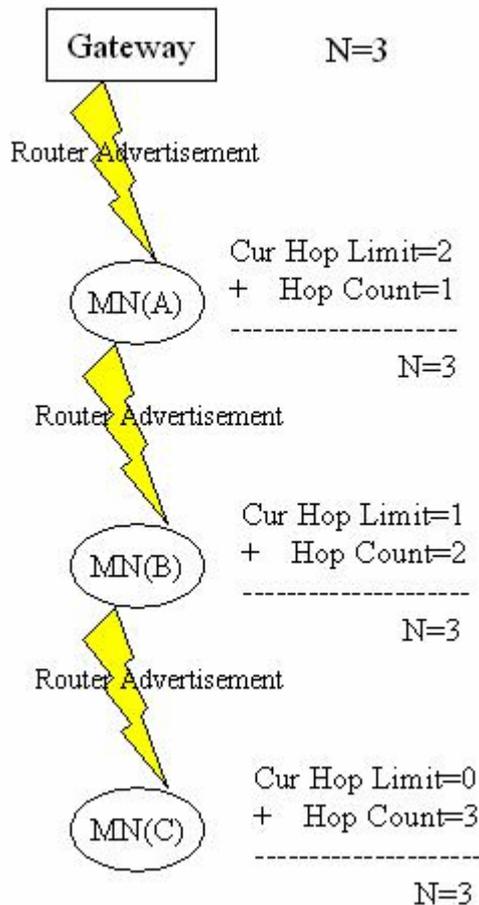


圖 4-10 Router_Advertisement 的 N 值計算

5. 行動隨意網路節點若收到兩個不同 prefix 的 Router_Advertisement，會將所收到的這兩個 Router_Advertisement 的 Hop Count 作比較，選擇比較小的當作 default Gateway。

6. 跟 Router_Advertisement 一樣，我們需要在 Router_Solicitation 訊息格式多增加一個欄位 N(Next Node) 圖 4-11，用以告知 intermediate 行動隨意網路節點可以再 forward 所接收到的 Router_Solicitation 的資訊給下一個行動節點。

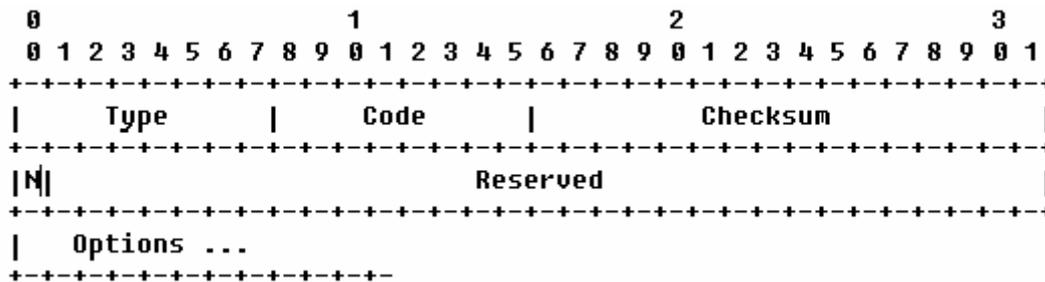


圖 4-11 Router_Solicitation with new field “N”

7. 行動節點的 Router_Solicitation 要 forward 幾次則是藉由 IPv6 的 Hop Limit 來決定，因為每 forward 一次，Hop Limit 會減 1，此 Hop Limit 即是我們在前一章網路架構所稱的 N’ 值，其值由 1 開始，若發送的行動節點沒收到 Gateway 回覆的 advertisement，則將其值加 1 再送，當中若收到 Gateway 回覆的 advertisement 則不再繼續送。

8. Router_Solicitation 模仿 Router_Solicitation 增加 Hop Count 欄位，如此 Gateway 在收到 Router_Solicitation 才知道行動節點要求的服務距離，並將欄位順序稍作調整，如圖 4-12。

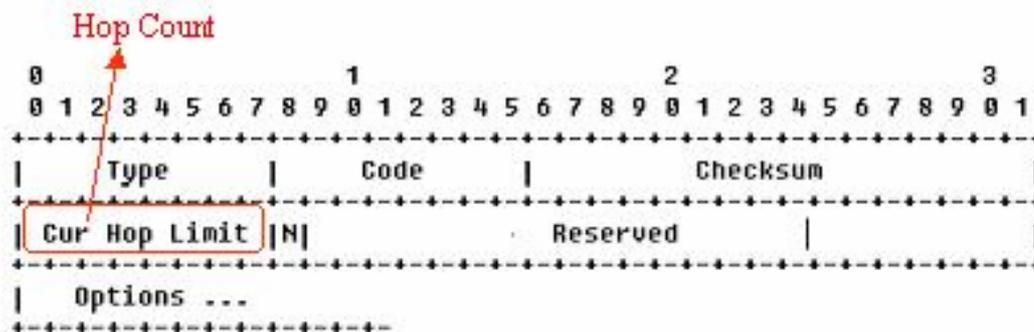


圖 4-12 Router_Solicitation 的 Hop Count

9. Gateway 收到行動節點的 Router_Solicitation 後會將 Hop Count 的值如圖 4-13 和本身自己的 Hop Limit 的值做比較，若 Advertisement 的 Hop Limit 的值較大則不做任何變更，若 Router_Solicitation 的 Hop Count 值較大則將 Hop Count 的值複製到 Advertisement 的 Cur Hop Limit 的值，如此就可增大 Gateway 的服務範圍，提供行動節點管理服務給新加入的行動節點。

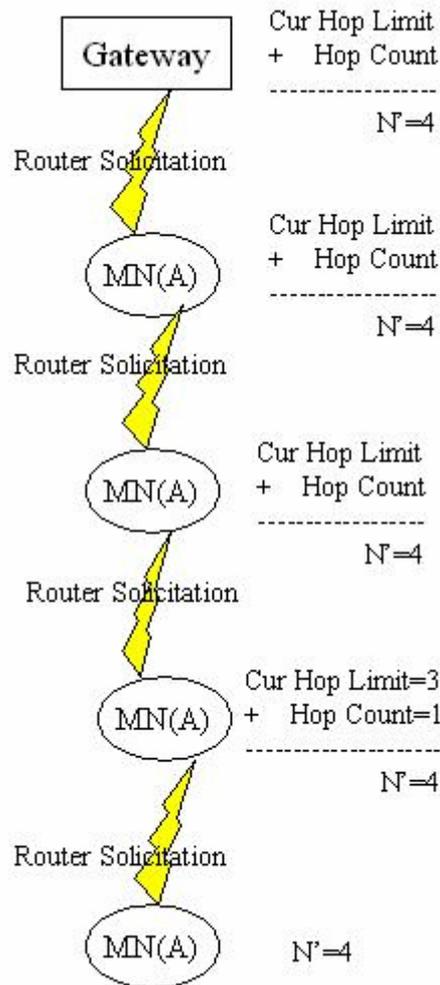


圖 4-13 Router_Solicitation 的 N' 值計算

10. 若是 Gateway 只會一味加大服務範圍，而沒有在適當時刻將服務範圍稍加調整，只會讓整個行動隨意網路難以控制，所以 Gateway 會在 Router_Advertisement 執行適當的次數（例如：1000 次）之後，會將 N 值減 1 再繼續做 Router_Advertisement，此時若 N 值少 1 會對網路內的某些行動節點造成影響，則 Gateway 會立即收到 Router_Solicitation，而再度把 N 值加大，若沒有對任何網路內的行動節點造成影響，則 Router_Advertisement 會再重複以上的動作（multicast Router_Advertisement 1000 次），避免當某些行動節點離開後，Gateway 的服務範圍無法有效的反應，做適當的增減。

4.2.3 無線網路卡

無線網路卡的安裝設定：無線網路卡都必須設定為隨意網路的型式，所有在同一個行動隨意網路的行動節點必須使用相同的 ESSID (Extended Service Set Identifier) 及頻道 (channel)，而為了重複使用頻道，每個行動隨意網路可能會使用不同的頻道，然而目前 802.11b 的產品，在隨意網路的型式下，頻道是必須手動設定的，但為了支援不同行動隨意網路間的無間隙換手，無線網路卡需要能夠在隨意網路的模式下自動搜尋頻率及切換不同的頻率，這是未來無線網路卡的一個重要議題。



第五章、結論

行動隨意網路是一個具有高度可移動及方便架設的網路，我們提供行動隨意網路一個不同於傳統構想的移動管理制度，使得行動隨意網路中的行動節點除彼此互相連結外，更有透過 gateway 連接網際網路的能力，並且讓行動節點有漫游的能力，並藉 home agent 的 tunnel 方式讓網際網路上的節點可以在不知道行動節點漫遊至其他網路的情況下，一樣可以讓封包送到行動節點上。

為了將來在 IPv6 的世界中這個構想得以實行，所以我們考量的網路環境是以 IPv6 為背景，即 MANET 及 Mobile IP 都是使用 IPv6 的位址架構，我們的方法中整合了 Mobile IPv6 與 MANET 的無線網路系統，主要有幾個優點：(1)從 Mobile IPv6 的角度看，Home Agent 所服務的範圍不再被限制在只有直接相連的行動節點上，藉由 MANET 而可以得到延伸到。(2)在 MANET 的使用環境的角度上看，使用者不需要每每到一個新的 MANET 環境，就必須更改原先的 IPv6 address，經由 Mobile IPv6 使用者在不需手動更改設定的情況下，就能直接享受到原本網際網路上的各項服務。(3) MANET node 不需要判定 packet 的目的地是否為 Internet，只要 route request 找不到 path 就將 packet 送到 default Gateway，交由 default Gateway 來決定及處理，減少 manet node 的運算，減少電力消耗。

參考文獻

- [1] A. Conta , S. Deering , “Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification” , RFC2463 , December 1998
- [2] M. Crawford , “Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks” , RFC2464 , December 1998
- [3] S. Deering , R. Hinden , “Internet Protocol, version 6 (IPv6)” , RFC 2460 , December 1998
- [4] D. Johnson , C. Perkins , J. Arkko , “Mobility Support in IPv6” , Internet Draft , draft-ietf-mobileip-ipv6-21.txt , February 2003
- [5] S-Y Ni , Y-C Tseng , Y-S Chen , and J-P Sheu , “The Broadcast storm problem in a Mobile Ad Hoc Network “, in MobiCom , 1999 , pp.151-162
- [6] T. Narten , E. Nordmark , W. Simpson , “Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)” , RFC2461 , December 1998
- [7] C. Perkins , E. Belding-Royer , S. Das , “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing” , RFC 3561, July 2003
- [8] C. Perkins, Ed , “IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks”, Internet Draft , draft-ietf-manet-autoconf-01.txt , November 2001
- [9] C. Perkins , E. Royer , S. Das , “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing for IP version 6” , Internet Draft , draft-perkins-manet-aodv6-01.txt , November 2000

- [10] C. Perkins, Ed. , “IP Mobility Support for IPv4” , RFC3220 , January 2002
- [11] E. Royer , C-K Toh , April 1999 , “ A Review of Current Routing Protocol for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks ” , IEEE Personal Communications , Vol6 No2 , pp.46-55
- [12] C-K. Toh , “ Ad hoc Mobile Wireless Networks : Protocols and Systems ” , Prentice Hall PTR , 2002
- [13] S.Thomson , T.Narten , “IPv6 Stateless Address Autoconfiguration” , RFC2462 , December 1998
- [14] DARPA home <http://www.darpa.mil/index.html>
- [15] AODV-UU@Uppsala University <http://user.it.uu.se/~henrikl/aodv/>
- [16] Linux IPv6 Router Advertisement Daemon(radvd)
<http://v6web.litech.org/radvd/>
- [17] Microsoft TechNET
<http://www.microsoft.com/taiwan/technet/column/ipvers6/>
- [18] MIPL Mobile IPv6 for Linux <http://www.mipl.mediapoli.com/>