

Wireless LAN and Mobile IP

I. 實驗目的

本實驗分成三部份：第一部份是藉由實際設定 Access Point，及可移動的電腦主機，架設無線區域網路；第二部份是觀察無線網路的 hidden terminal 問題；第三部份則是在 Linux 平台加上 Mobile IP 的功能，觀察了解 Mobile IP 的運作。

實驗報告的內容應包含：實驗題目、參與人員及單位、目的、設備、方法、記錄、問題討論、心得。報告內容應是經討論、整理、濃縮後，重新詮釋而寫出，切勿全部剪下、照單全貼。

所列實驗方法為參考用，若有更好的方法請在報告問題討論裡的「自問自答題目」裡詳述步驟，會有額外的加分。

II. 實驗設備

無線區域網路

本實驗第一部份架設無線區域網路所需硬體及軟體各列表如下：

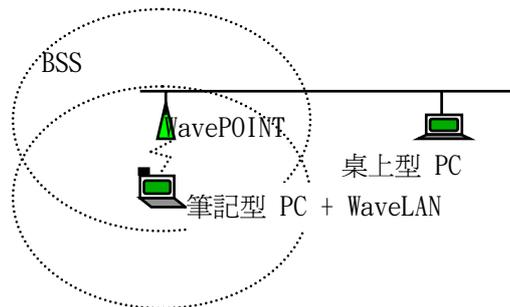
一、硬體

項目	數量	備註
Lucent WavePOINT	1	Access point
Lucent WaveLAN	1	無線網路卡
Notebook	1	接 WaveLAN
桌上型 PC	1	用來設定 WavePOINT

二、軟體

項目	數量	備註
Lucent WavePOINT software	1	WavePOINT 安裝程式
Lucent WaveLAN software	1	WaveLAN 安裝程式
WaveManager Client	1	WaveLAN 應用程式

環境架設如【圖 12-1】所示，並由筆記型 PC 上網路。



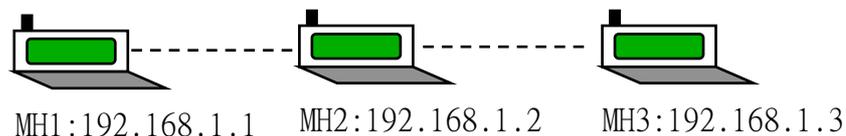
【圖 12-1】無線區域網路環境圖。

Hidden terminal

本實驗第二部份測試 hidden terminal 所需硬體列表如下，環境設定如【圖 12-2】所示。

一、硬體

項目	數量	備註
Lucent WaveLAN	3	無線網路卡
Notebooks	3	安裝 WaveLAN



【圖 12-2】ad-hoc 網路環境圖。

Mobile IP

本實驗第三部份測試 Mobile IP 所需硬體及軟體各列表如下，其環境架設如【圖 12-3】所示，但實驗者將只看到 hub1、hub2、HA、MH、FA 以及 host。其中 hub1 和 hub2 屬於不同的子網域，所以只要將 MH 的接線由 hub1 移到 hub2（如虛線所示）就代表 MH 移動到不同的子網域，此時就是 Mobile IP 表現的時候了；另外 HA、MH、FA 都是使用 Linux 作業平台，因為我們所使用的 Mobile IP 是在 Linux 上發展的 package。

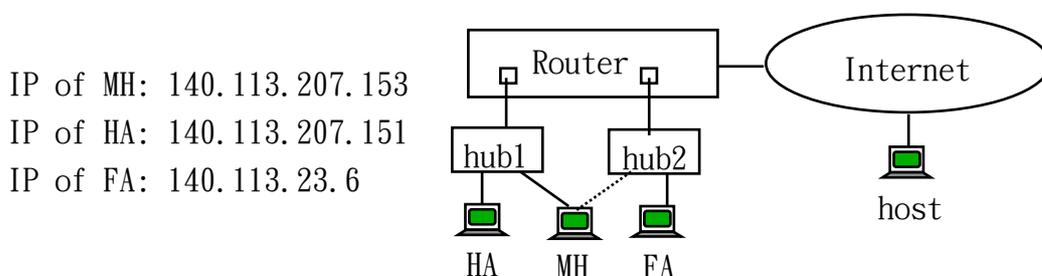
一、硬體

項目	數量	備註
----	----	----

Router	1	
Hub	2	
PC	4	不限桌上型或筆記型，其中三台使用 LINUX 作業系統
D-link 660	4	網路卡

二、軟體

Linux operating system	1	Kernel 為 1.3 以後的版本才有支援 IPIP tunneling
Mobile IP package	1	由 State university of New York 所發展



【圖 12-3】 Mobile IP 實驗環境圖。

III. 背景資料

無線區域網路與有線區域網路最大的差異在於電腦主機不必一定要保持在網路架構中的固定節點上，而是可以在子網域(subnet)內作任意的移動，也能擷取到網路上的資料。然而根據傳統 IP[1]的繞路方式，當電腦主機移動到其他子網域而不修改其 IP 位址的話，將無法收到屬於它的資料封包。此時的解決方法就是利用 Mobile IP[2]協定；不需修改原來的 IP 協定，也不需改變在原來路由器上的繞路演算法，而移動的電腦主機也不需修改其 IP 位址就可以收到屬於它的資料封包。在這裏我們要注意一點：無線(wireless)及行動(mobile)的差異，兩者不一定要同時存在，可以是無線但是無行動或有限制的行動，也可以是行動但不是無線，當然既無線又能任意行動是最好的。以下將簡介 Wireless LAN、hidden terminal 問題以及 Mobile IP。

一、Wireless LAN

無線區域網路目前有兩種標準：IEEE 802.11[3] 以及 HIPERLAN[4]。然而市面上目前只有 IEEE 802.11 的產品，所以我們將簡介 IEEE 802.11 的兩種網路架構:Ad-Hoc wireless LAN、Infrastructure wireless LAN。

Ad-Hoc Wireless LAN

一群電腦主機，每台都配有一張 IEEE 802.11 相容的無線網路卡(最好是同公司的產品，因為產品的規格與支援 driver 尚未穩定成熟)，並設定在相同的微波(Microwave)頻道，以形成一個獨立網路；【圖 12-2】是此架構的例子。然而要互送資料的兩台電腦之間的距離要小於其訊號可及範圍。這樣的網路架構很適合 SOHO (Small Office and Home Office)族。

Infrastructure Wireless LAN

Infrastructure 的架構有一個重要的元件就是 AP (Access Point)，一台 AP 和一群頻道設成和此 AP 相同且位於此 AP 訊號範圍可及之內的電腦主機，組成一個 BSS (Basic Service Set)。「圖 12-1」是此架構的例子，其中 WavePOINT 是 Lucent[5]公司設計生產的 AP 型號、而 WaveLAN[6]則是 Lucent 的無線網路卡。AP 的重要功能就是做為 bridge，連接有線與無線網路，轉送資料封包，此應用對無線電腦主機而言，除了可以擷取有線網路上的資源、能與屬同一 BSS 的其他電腦主機互連以外，也可以和屬於其他 BSS 的電腦主機連結。

二、Hidden terminal

【圖 12-2】中 MH1 和 MH3 皆是 MH2 的鄰居，但是互相不知道對方的存在（互相隱藏，hidden），所以當 MH1 送資料封包給 MH2 時，MH3 也可能同時送給 MH2，這時在 MH2 就會發生衝撞，這就是 hidden terminal 的問題。

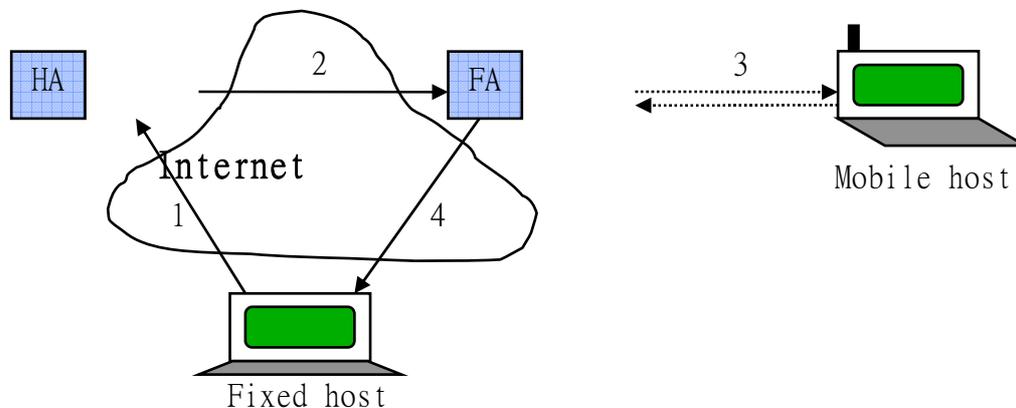
三、Mobile IP

在介紹 Mobile IP 之前，先介紹幾個重要詞彙：

電腦主機，例如 A 電腦，所註冊的 IP 位址稱為 *home address*，不論 A 電腦移動到哪裏此位址都不會改變，當然這需要靠 home agent 及 foreign agent 的協助；A 電腦的原本所在網域就是 *home network*；當 A 電腦移動到不屬於 home network 的其他網路時需與此網路作連結動作，亦即 *associate*，而其連結點的位址稱為 *care-of address* 即 foreign agent 的 IP 地址；而更改資料封包上的 IP 位址使得資料封包得以到達最終目的地的動作稱為 *re-addressing*。

而 Mobile IP 的基本動作可以分解成四大步驟：(1)在 *LD (Location Directory)* 記錄 home address 及其對應的 care-of address；(2)在 home network 由 home agent 對屬於 A 電腦的資料封包作 re-addressing 動作；(3)把資料封包

送到 care-of address；(4)在連結點 care-of address 處由 foreign agent 做回復 re-addressing 動作，而將封包送達 A 電腦；步驟(2)到(4)亦稱為 *Tunneling*。在 home network 執行步驟(1)、(2)的點稱為 *HA*¹ (*Home Agent*)；而執行步驟(4)的連結點則稱為 *FA* (*Foreign Agent*)；自此我們稱 A 電腦為 *MH* (*Mobile Host*)。



【圖 12-4】三角繞路。

上【圖 12-4】是資料封包利用 Mobile IP 繞路的情形，其中 Mobile host 已經從 Home network 跑到其他 network，在此情況下 Fixed host 要送給 Mobile host 的封包會沿 1→2→3 的繞路到達目的，而 Mobile host 要送給 Fixed host 的封包則沿 3→4 的繞路到達。由圖可以很清楚的看到一個三角形，這就是所謂的三角繞路(triangle routing)。

IV. 實驗方法與步驟

一、架設 Wireless LAN

設定 WavePOINT—透過有線網路

1. 硬體設定

- 1.1 調整 WavePOINT 側面上的 switch 選擇網路線種類若是 RG58 則 switch 設成(-_--) 若是 Cat-5 UTP 則 switch 設成(----)。
- 1.2 連接天線。
- 1.3 連接網路線。
- 1.4 接上電源。
- 1.5 經過 WavePOINT 自我測試成功後，三個 LED 燈的狀態應為：
Power : Green

¹ IETF (Internet Engineering Task Force)的 Mobile IP protocol 中是把 LD 放在 HA。

Wireless : Green (閃爍)

Wire : Green(閃爍)

2. 軟體設定

2.1 製作設定 WavePOINT 的開機片

2.1.1 在同一子網路上找桌上型 PC(要有網路上的 NDIS Driver)，用以設定 WavePOINT 之用。

2.1.2 插入安裝片，執行 CPY2HDSK，將一些必要的程式拷貝到硬碟上。

ex: a:\>CPY2HDSK c:\WAVEPNT

2.1.3 準備空白磁片，製造開機片，供設定 WavePOINT 用。

ex: c:\WAVEPNT>CF2BOOT

2.1.4 拷貝 2.1.1 的 NDIS 驅動程式到 WavePOINT 的開機片(2.1.3)。

2.1.5 編輯 WavePOINT 開機片中 protocol.ini 檔案，更改[WPCFG]項目中的 Drivename 為 2.1.4 之 NDIS 驅動程式的檔名。

2.1.6 編輯 WavePOINT 開機片中 Config.sys 檔案，更改 wvlan09.dos 為步驟 2.1.4 中的 NDIS 驅動程式檔名。

2.2 設定 WavePOINT

2.2.1 利用 2.1 的開機片開機。

2.2.2 開機後自動進入設定程式，進入：「主選單」→「Config」→「Basic」

NWID (一般設成標示於 WavePOINT 機器下的 Serial Number 後四碼)

Encryption : 編碼加密(ex: off)

Model No. (Frequency) : 一般設成標示於 WavePOINT 機器下的 Model Number 後四碼，設定使用頻率。

Roaming : 「Enable」→ Domain ID: (ex: 00-00)

「Enable」→ Beacon Key: (ex: 00-00)

NOTE:要能彼此 roaming 的 WavePOINT 及 WaveLAN，其 Domain ID 必須要設定成一樣。

2.3 回主選單 → Load Wave Point

→ Serial Number = (參考 WavePOINT 背後)

→ 存檔

→ 程式會送出一些 Synchronization 的訊息

→ 程式通知使用者執行成功，按<ESC>離開

設定 WaveLAN—使用 Windows 作業系統

1. 在筆記型 PC 上插上 WaveLan PCMCIA card 和接上天線。

2. 開機進入 Win95。

3. 由「控制台」→「加入新的硬體」，選擇「網路配接卡」並由「 A: 安裝」。
4. 放入 WaveLAN installation 磁片於 A 碟，選取安裝程式 (*.inf)。
5. WaveLan PCMCIA card 的安裝步驟和一般網路卡的安裝類似一樣，(亦須加 TCP/IP 協定)，不同的是其網路卡本身有些參數需設定：若 NWID、Beacon Key、Domain ID 須與 WavePOINT 相同；
6. 下載並在 notebook 上安裝 WaveManager Client 應用程式。
7. 執行 WaveManager Client，在 Frequency 的部份設定 WaveLan 的使用頻率(須與 WavePOINT 設定相同)。

Note:小心不要同時有兩個網路卡驅動程式，可能造成 WaveLAN 無法正常運作。

Note:本實驗所用到的 WaveLAN 有兩種版本，一為 Lucent Tech. 的產品，另一則為 AT&T 的產品，兩者的驅動程式並不相容，故安裝時以作業系統偵測到的版本為準。

Wireless LAN 測試

1. 由 notebook 連上網路，例如 telnet bbs。
2. 下載並在 notebook 上安裝 WaveManager Client 應用程式，並且執行。
3. 【記錄 1】WavePOINT 的訊號強度，說明在 WavePOINT 與 WaveLAN 之間的阻隔物 (ex:幾層水泥牆) 以及當時收訊情況。
4. 【記錄 2】在 WavePOINT roaming disable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

5. 【記錄 3】在 WavePOINT roaming enable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

6. 【記錄 4】在 WavePOINT roaming disable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 不相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

7. 【記錄 5】在 WavePOINT roaming enable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 不相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

二、測試 hidden terminal

1. 取三台安裝好 WaveLan 的 notebook,網路環境設定如【圖 12-2】。
2. 走出戶外調整彼此距離,使得 MH1 和 MH3 互 ping 不到,而 MH2 和 MH1 以及 MH2 和 MH3 則可互 ping 到。
3. 【記錄 6】記錄(MH1,MH2)·(MH2,MH3) 彼此距離(約 ? 公尺)以及測試地點。
4. MH2 不下指令, MH1 及 MH3 則在 MS-DOS 視窗下執行 "ping -t -l 10000 192.168.1.2"指令。
5. 【記錄 7】當 ping 指令進行 500 次 loop 時按 Ctrl-c，記錄此 packet loss rate。

三、MobileIP 實驗

0. 本部份實驗採用 State University of New York 所發展的 Mobile IP package[7]，請同學在進行實驗前先閱讀此 package 所附文件。
1. make linux kernel，使之支援 /proc 檔案系統、IP multicasting、IPIP (IP tunneling)、IP forwarding/gatewaying、dummy network interface (如果 mh 不藉由 fa，例如利用 ppp 上線時)，重新 reboot。
Note:只有當 kernel 有支援 IPIP 的功能時，FA 與 HA 之間才有辦法建立 tunnel。
2. 安裝網路卡 D-LINK 660(for 筆記型電腦) [8]
 - 2.1 cp pcmcia-cs-3.1.19.tar.gz /usr/src
 - 2.2 cd /usr/src
 - 2.3 tar xfvz pcmcia-cs-3.1.19.tar.gz
 - 2.4 cd pcmcia-cs-3.1.19
 - 2.5 make config
 - 2.6 make all
 - 2.7 make install
 - 2.8 cd /etc/pcmcia
 - 2.9 修改 network.opts 內所設的網路環境
3. Mobile IP package 安裝及啓動(for MH、HA、FA)[6]
 - 3.1 從課程網站中抓回 Linux-MobileIPv100.tar.gz
 - 3.2 cd /usr/local/src (or /usr/src 都可以)
 - 3.3 tar xvzf Linux-MobileIPv100.tar.gz (記得加上目錄所在)
 - 3.4 cd Linux-MobileIPv100

3.5 make

3.6 cp agent agentscript /usr/local/sbin (如果這台要當 agent)

3.7 cp mh mhscript /usr/local/sbin (如果這台要當 mobile host)

<Agent 部份>

- a. 如果沒有/usr/adm 這個目錄，請 symbolic link 到 /var/adm 或 /var/log
ex: ln -s /var/adm /usr/adm
- b. enable IP forward:
vi /etc/sysconfig/network，將 FORWARD_IPv4 的設定值改為 TRUE。
- c. 新增 /usr/adm/mip-ha.log 檔案， ex: touch /usr/adm/mip-ha.log
- d. 編輯/usr/local/sbin/agentscript，把 agent 的 ip/netmask 等參數設對。
- e. 編輯 /etc/conf.modules, 加入:
alias tunl0 new_tunnel
alias tunl1 new_tunnel
如果 mh 不只一台, 請自行增加 tunl2, tunl3.....
- f. 準備好 /etc/mip-vmh.ok 檔案, 如果該機器是當 home agent, 則 mip-vmh.ok 內只含一行, 內容為 "0"; 若是當 foreign agent, 則 mip-vmh.ok 內有兩行:
第一行: 1 (表示當一台 MH 的 foreign agent)
第二行: IP of MH IP of HA (ex: 140.113.207.153 140.113.207.151)
- g. 準備好 /etc/mip-mh.ok, 如果該機器是當 foreign agent, 則 mip-mh.ok 內只含一行, 內容為 "0"; 若是當 home agent, 則 mip-mh.ok 內有兩行:
第一行: 1 (表示當一台 MH 的 home agent)
第二行: IP of MH 123456 md5 6 01 02 03 04 05 06 (其中 IP of MH 是 MH 的 IP 值、123456 是 SPI 的值, 只要和 MH 所設的一樣即可, 目的是為了認證; 用 md5 方法加密, key 長度有 6 位元, 其值為 "01 02 03 04 05 06", 此部份亦只要和 MH 所設的一樣即可。
- h. 啟動 agent daemon: 如果該機器是當 foreign agent, 則下 "agent -a IP -m netmask -h 00:00:00:00:00:00 -i eth0" 指令; 若是當 home agent, 則下 "agent -a IP -m netmask -h hardware address -i eth0" 指令。
Ex (FA): agent -a 140.113.23.6 -m 255.255.255.0 -h 00:00:00:00:00:00 -i eth0
Ex (HA): agent -a 140.113.207.151 -m 255.255.255.0 -h 00:80:C8:8B:D7:8C -i eth0
Note: 同學可以先把指令寫入某個檔案, 以後只要執行此檔案即可 (即 batch file), 不用再打一串指令。

<Mobile host 部份>

- a. 編輯/usr/local/sbin/mhscript, 把 agent 的 ip/netmask 等參數設對
- b. 準備好 /etc/mip-ha.dat, 內容為:
123456 md5 6 01 02 03 04 05 06 (其中 123456 是 SPI 的值, 只要和 HA 所

設的一樣即可，目的是爲了認證；用 md5 方法加密，key 長度有 6 位元，其值爲 “01 02 03 04 05 06”，此部份亦只要和 HA 所設的一樣即可。

c. 啓動 mh daemon: 下 “mh -a IP -m netmask -g IP of HA “。

ex: mh 140.113.207.153 -m 255.255.255.0 -g 140.113.207.151

4. Mobile IP 測試

4.1 MH 與 HA 的連線接在同一個 hub 上。

4.2 【記錄 8】分別記錄 FA、HA、MH 的 routing table。

Note: 利用 "route -n" 或 "netstat -rn" 觀察 routing table。

	FA	HA	MH
Routing Table			

4.3 由其他 subnet 的機器連接 MH。例如由學校計中的機器 telnet 到 MH。

4.4 將 MH 連接 hub 的接頭拔掉，並重新連接到另一個 hub 上。

4.5 【記錄 9】分別記錄 FA、HA、MH 的 routing table，說明這些 routing tables 如何顯示出 triangle routing，以及說明原來的連線是否仍存在。

	FA	HA	MH
Routing Table			
說明爲何與 【記錄 8】 不同			

V. 實驗記錄

【記錄 1】WavePOINT 的訊號強度，說明在 WavePOINT 與 WaveLAN 之間的阻隔物(ex:幾層水泥牆)以及當時收訊情況。

【記錄 2】在 WavePOINT roaming disable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

【記錄 3】在 WavePOINT roaming enable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接

狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

【記錄 4】在 WavePOINT roaming disable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 不相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

【記錄 5】在 WavePOINT roaming enable 情況下，且 WaveLAN 的 Beacon key 和 Domain ID 和 WavePOINT 不相同，則 WaveLAN 在下列條件下與 WavePOINT 的連接狀況(是否可以上網路)如何?

	Roaming Disable	Roaming Enable
NWID 與 WavePOINT 不同		
NWID 與 WavePOINT 相同		

【記錄 6】記錄(MH1,MH2)，(MH2,MH3) 彼此距離(約 ? 公尺)以及測試地點。

【記錄 7】當 ping 指令進行 500 次 loop 時按 Ctrl-c，記錄此 packet loss rate。

【記錄 8】分別記錄 FA、HA、MH 的 routing table。

Note: 利用 "route -n" 或 "netstat -rn" 觀察 routing table。

	FA	HA	MH
Routing Table			

【記錄 9】分別記錄 FA、HA、MH 的 routing table，說明這些 routing tables 如何顯示出 triangle routing，以及說明原來的連線是否仍存在。

	FA	HA	MH
Routing Table			
說明為何與【記錄 8】不同			

VI. 問題與討論

1. 802.11 所採用的 MAC protocol 為何? 與 CSMA/CD 有何不同? 請簡述其運作模式。
2. 請解釋 802.11 所採用的 MAC protocol 對你在 Ad-Hoc wireless LAN 中所測得的

packet loss rate 的影響。

3. 在 Mobile IP 的實驗中，當 MH 移動到其他子網路時，MH 上的 telnet 應用程式是否有中斷的情形，請解釋。
4. 在 Mobile IP 實驗的步驟 4.3 中，如果是由與 MH 屬於同一個 home network 的 host 連線，會有什麼不同的結果??並嘗試解釋此結果。
5. 自問自答，即自行提出問題並尋找解答。

VII. 參考文獻

- [1] J. Postel, “*Internet Protocol*”, RFC 791, Sep 1981.
- [2] C. Perkins, “*IP Mobility Support*”, RFC 2002, Oct 1996.
- [3] ISO/IEC 8802-11, “*Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications*”, 1999 Edition.
- [4] T. G. C. Phipps, T. Wilkinson and S. K. Barton, “*A report on hiperlan standardization*”, Internet Journal of Wireless Information Networks, pp.99-120, 1995.
- [5] Lucent Technologies, <http://www.lucent.com/>.
- [6] Agere Systems, <http://www.wavelan.com/>.
- [7] Linux-MobileIPv100 package 所附的說明文件 mip-doc.v100.ps
- [8] Available at <http://www.dlink.com.tw/download/download.htm>.