

實作無線區域網路基地台

溫碩彥 詹智為 林盈達

國立交通大學資訊科學系

新竹市大學路 1001 號

TEL : (03) 5712121 EXT. 56667

E-MAIL: sywen@cis.nctu.edu.tw, cwjan@cis.nctu.edu.tw, ydlin@cis.nctu.edu.tw

摘要

無線區域網路基地台是連接無線區域網路與有線網路的橋樑，它能使在有限範圍內且配備無線網路卡的電腦以無線傳輸的方式連接上網際網路。雖然現在市面上已經有很多此類型的產品，但是動手為自己量身定做一台無線區域網路基地台卻擁有例如在功能面有較佳彈性的好處。本文一開始會提出動機，也就是我們想知道是否能夠利用開放原始碼去實作無線區域網路基地台？在進入主題之前，必須先對相關的背景有基本的了解，因此我們將簡介無線區域網路的架構以及無線區域網路基地台所提供的功能，之後再探討應該使用什麼設備才能符合需求？這裡可以發現無線網路卡的支援度是最重要的部分，而問題是一般無線網路卡即使晶片組、韌體上有提供支援，但是仍欠缺開放原始碼上的驅動程式支援。所幸 ORiNOCO 提供一種稱作 IBSS 的模式，可以作為替代的方案。在問題釐清之後，再介紹我們實作的方法，其中包括作業系統的安裝、有線及無線網路卡的設定、加解密的設定，以及 NAT 及 DHCP 的設定。文末並會將實作的成果與市面上的產品做一比較，發現除了管理功能及介面以外，一般基本的功能都已具備，且更進階的功能方面在開放原始碼也有相當豐富的支援。

關鍵字：無線區域網路、WLAN、Access Point、AP

1. 動機與背景

動機

自從無線區域網路 (Wireless LAN, WLAN) 標準 IEEE 802.11b 在 1999 年底問世後，除了一舉將最高傳輸頻寬提升至 11Mbps，也促使相關產品在這一、兩年內迅速竄起，這是因為越來越多的人希望能夠享受到無線區域網路的便利，其中包括了架設簡單且不需佈線等等的因素。因此現在可以看到市面上已經有越來越多的無線區域網路產品，而這些產品大致上可以分為兩類，一類是無線網路卡，用來插在電腦上使其可以連上無線區域網路；一類是無線區域網路基地台 (Access Point, AP)，用來使一群在有限範圍內且配備無線網路卡的電腦能夠以無線傳輸的方式連接上網際網路。事實上，在 AP 的內部其實也是插著一張無線網路卡的，因此我們想要知道如果將無線網路卡插在一般的電腦上，並且以使用開放原始碼 (open source) 的方式，是否也能提供像 AP 一樣類似的功能？而開放原始碼能夠支援的功能到底有多少？這是本文將會帶您一起去了解的事情。

優點

自己實作一台 AP，最大的優點在於它在功能面能夠擁有很好的彈性，因為我們將可以自由地在系統上增加許多有用的功能，例如設定 NAT (Network Address Translation) 或是架設 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) server，甚至設定像是 PPPoE (Point-to-Point over Ethernet) client、Mobile IP 的支援、VPN (Virtual Private Network)、802.1x、RADIUS、存取控制 (Access Control)、防火牆 (Firewall) 等更進階的功能。不像市面上的產品，有越多功能就會賣得越貴，且功能就只侷限於當初買產品時的那些項目，無法自己新增其他功能。

WLAN 架構簡介

說到這裡，您可能已經迫不及待想要動手實作出一台 AP 了。但是在這之前，必須要先對 WLAN 的架構有一基本的認識，如此才能比較了解本文後面會提到的相關名詞。首先，我們可以看到圖 1 及圖 2 描述了 WLAN 的兩種網路架構：

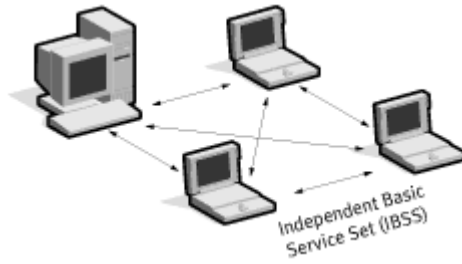


圖 1. Ad-hoc mode

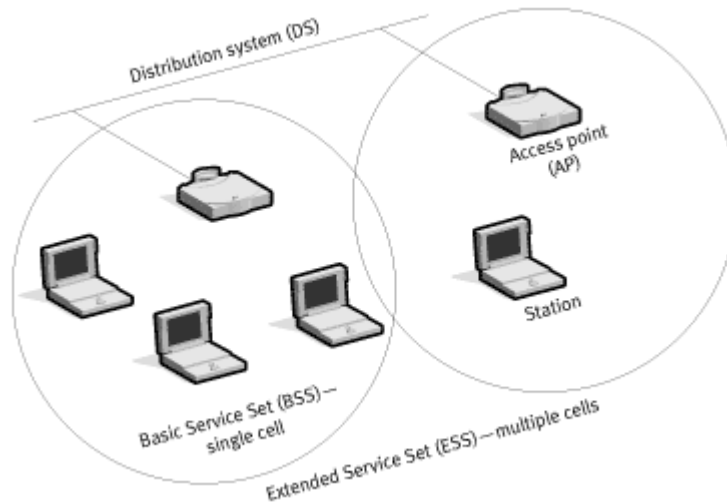


圖 2. Infrastructure mode

在 Ad-hoc mode 下，每台電腦資料的傳遞都是點對點的，且這些能夠在同一範圍內互相傳遞資料的電腦形成一個 Independent Basic Service Set (IBSS)。另一方面，在 Infrastructure mode 下，每台電腦都是透過 AP 來傳遞資料的，而每一台 AP 都有其能夠傳輸資料的範圍，我們稱作一個 Basic Service Set (BSS) (而 BSSID 指的是這個 BSS 的識別，因此是以 AP 的 MAC 位址來表示)，且不同的 BSS 可以經由其對應的 AP 藉由 Distribution System (DS) 互相連接，並且稱為一個 Extended Service Set (ESS) (而 ESSID 指的是這個 ESS 的識別，是以一段字串來表示)，也就是所有 ESSID 設為一樣的 BSS 就統稱為一個 ESS。

這兩種 mode 最大的不同就是其傳輸資料的方式。在 Ad-hoc mode 下，當同一個 IBSS 內的兩台電腦 Client1 要將資料傳遞給另外一台電腦 Client2 的時候，Client1 是直接把資料傳給 Client2。但是在 Infrastructure mode 下，當同一個 BSS 內的兩台電腦 Client1 要將資料傳遞給另

外一台電腦 Client2 的時候，Client1 是先將資料傳給 AP，再由 AP 把資料傳給 Client2。

AP 提供的功能

由上面的描述我們可以知道，AP 在 Infrastructure mode 下相當於是整個 BSS 的中樞，它主要提供的功能如下。

(1) 認證 (Authentication)、取消認證 (Deauthentication)

當無線設備端進入 AP 的服務範圍內，AP 必須與其作認證的動作，這個動作稱為 Authentication，當認證成功後，該無線設備端才會被允許加入此 BSS。相反地，當無線設備端離開此 BSS 後，AP 必須將與其認證的動作取消，稱作 Deauthentication。

(2) 連接 (Association)、重新連接 (Reassociation)、取消連接 (Disassociation)

當無線設備端經過認證且被允許加入某 BSS 後，AP 就會與該無線設備端建立起連線，這個動作稱為 Association。而當該無線設備端漫遊 (Roaming) 至另外一個 BSS 時 (這兩個 BSS 的 ESSID 必須相同)，原本與該無線設備端連接的 AP 必須將其連線轉移至另外一個 AP，這個動作就稱為 Reassociation。最後，當無線設備端離開此 BSS 後，AP 必須將與其之間的連線取消，稱作 Disassociation。

(3) 資料傳遞 (Data transmission)

當無線設備端經過認證且與 AP 建立起連線後，AP 必須負責傳遞該無線設備端送出的任何資料；而所有欲傳遞給該無線設備端的資料，也是經由此 AP 再傳遞給它的。

(4) 省電模式 (Power saving mode, PS)

當某 AP 所在的 BSS 中有某一無線設備端進入省電模式的時候，該無線設備端就會發出命令讓 AP 知道並且進入睡眠 (sleep) 狀態，那麼之後若有資料欲傳遞給該無線設備端，AP 就要負責把資料緩衝 (buffer) 起來，等到該無線設備端醒過來 (wake up) 之後，再將緩衝的資料傳遞給它。

2. 實作方法與步驟

首先我們會提到需要的設備，並且探討設備上可能會遇到的問題以及其解決的方案。接著會詳細介紹實作的方法以及步驟，而設定方式可能會依所使用的作業系統或是無線網路卡廠商的不同而有些許的差異，但是基本上整個觀念都是一樣的。

2.1. 需要的設備

電腦 桌上型或筆記型？

要實作一台 AP，只要準備一台電腦、一張無線網路卡以及一張有線網路卡就可以了。電腦建議是使用筆記型電腦，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。若使用桌上型電腦的話，最好能搭配使用 USB 介面的無線網路卡，否則如果使用 PCMCIA 介面的無線網路卡，就必須再多買一張 PCMCIA 轉 PCI 或 PCMCIA 轉 ISA 的轉接卡。這裡要附帶一提的是，根據我們的經驗，使用轉接卡這樣的方式有可能會出現問題，也就是作業系統無法正確驅動無線網路卡，這裡牽涉到一些轉接卡的問題，所以我們還是建議盡量不要使用轉接卡的方式。

無線網路卡 是否能支援？

而無線網路卡方面，就必須考慮到那張網路卡是否有提供 AP 模式的支援。這裡必須先釐清的一點是，基本上沒有任何理由能反對我們要讓一般無線網路卡提供 AP 的功能，因為事實上在 AP 的內部也是插著一張無線網路卡，甚至 Agere¹ ORiNOCO 的 AP 其無線網路卡還是外接型的。但是不可否認的，通常在市面上買到的無線網路卡卻只能當成一般的用途，這是因為要使無線網路卡支援 AP 的模式，必須要同時滿足下列三項條件：第一、網路卡的晶片組 (chipset) 必須支援，第二、網路卡的韌體 (firmware) 必須支援，第三、網路卡的驅動程式 (driver) 必須支援。據我們所知而言，一般的晶片組廠商都會提供 AP 模式的支援。但是在韌體的 AP 模式支援方面，可能就屬於額外的商業需求了，也就是說我們在市面上能買到的無線網路卡，其韌體大多只能讓無線網路卡當一般的用途，而無法啟動支援 AP 的模式，因此生產 AP 的廠商很可能會需要向晶片組廠商額外購買支援 AP 模式的韌體，否則就得自行撰寫。說到這裡，您可能會想到之前提到 ORiNOCO 的 AP，只要插上同樣為 ORiNOCO 的網路卡，就能提供 AP 的功能，沒錯，ORiNOCO 的網路卡在韌體方面是有支援 AP 模式的，但是差別就在於第三個條件 驅動程式上面，也就是說除非在開放原始碼上有支援 AP 模式的驅動程式，否則把 ORiNOCO 的網路卡插在

¹今年六月底 Agere 與 Proxim 已發佈新聞稿宣佈 Agere 的 Wireless LAN Equipment Business (含 ORiNOCO 產品線) 已賣給 Proxim，為求方便，在本文中我們仍稱其為 Agere 或 ORiNOCO。

一般的電腦上也是無法提供 AP 的功能。

替代方案 IBSS mode

既然我們很難在市面上買到可以真正提供 AP 模式支援的網路卡，那麼是否有其他的替代方案呢？很幸運的，ORiNOCO 的無線網路卡支援一種稱為 IBSS 的模式，這種模式基本上是 ad-hoc mode 的延伸模式，它能創造出一個 service set，並且提供類似 AP 的功能。不過這種模式只有 ORiNOCO 的無線網路卡有支援，且其韌體版本必須為 6.04 或是更高才能使用。而目前我們在開放原始碼上看到的 BSD 解決方案都是採用這張無線網路卡[1]，因此我們在無線網路卡的部分會選擇 ORiNOCO 的來使用。

那麼為什麼可以這麼做呢？這可以從上一節提到的 WLAN 架構來思考。我們都知道真正的 AP 是在 Infrastructure mode 下運作的，所有在同一台 AP 傳輸範圍內的電腦，都是透過 AP 連接到網際網路的。那麼再來看看 Ad-hoc mode，如果我們讓此架構下的某一台電腦連接到網際網路，並且在此電腦上設定 NAT，再加上此電腦能夠創造出一個 service set，也就是之前提到的延伸模式 IBSS mode，如此一來，同樣也能達到我們希望的功能，也就是所有在該電腦傳輸範圍內的電腦，都能藉由它連接到網際網路。但是這樣做主要的缺點是無法提供省電模式的支援。

我們使用的設備

- 電腦：IBM ThinkPad 570E (CPU：Intel Mobile Pentium III 500MHz，RAM：64MB)
- 無線網路卡：ORiNOCO PC Card (Gold)
- 有線網路卡：D-Link DFE-650TX
- 作業系統：NetBSD 1.6

2.2. 實作 AP 的步驟

在這節我們會介紹實作 AP 的步驟，其中包括作業系統的安裝、有線及無線網路卡的設定、還有加解密的設定，最後還會提到 NAT 及 DHCP server 的設定。其中的重點在於設定無線網路卡的時候，要把創造 service set 的功能啟動。另外關於安裝作業系統，如果您沒有使用轉接卡，則可以只參考『安裝 NetBSD』的部分。而如果您有使用轉接卡，就一定要修改核心 (kernel) 設定檔並開啟核心對轉接卡的驅動程式支援，然後重新編譯 (compile) 核心，才能讓作業系統抓到轉接卡，因此請參考『重新編譯核心』這部分，而沒有使用轉接卡的讀者則可以跳過這部分。

安裝 NetBSD

這部分可以參考一份網路上說明相當完整的文件[4]，另外也有翻譯成中文版的，讀者可以到下面的網站，其中第三章安裝的部分，會有詳細的安裝步驟以及說明。

<http://residence.educities.edu.tw/rxghome/netbsd/guide.html>

重新編譯核心

- (1) 下載檔案 (<ftp://ftp.tw.netbsd.org/NetBSD/NetBSD-1.6/source/sets/syssrc.tgz>)，並解壓縮

```
# gzip -dc syssrc.tgz | (cd /; tar xvf -)
```

- (2) 產生並設定核心設定檔

```
# cd /sys/arch/i386/conf
```

```
# cp GENERIC MYKERNEL
```

編輯 MYKERNEL 並啟動以下的選項：

```
cbb*      at pci? Dev ? function ?
```

```
cardslot* at cbb?
```

```
cardbus*  at cardslot?
```

```
pcmcia*   at cardslot?
```

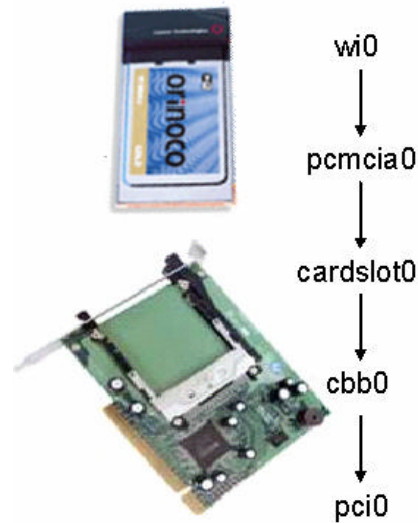


圖 3. 驅動程式示意圖

圖 3 說明這些驅動程式之間的關係。其中 wi 是 ORiNOCO 無線網路卡使用的驅動程式。

```
# config MYKERNEL
```

- (3) 編譯核心

```
# cd ../compile/MYKERNEL
```

```
# make depend; make
```

- (4) 備份原本的核心並把重新編譯過的核心移到根目錄下，然後重開機

```
# mv /netbsd/netbsd.old
```

```
# mv netbsd /
```

```
# reboot
```

設定有線網路卡

以下的 ne2 是我們使用的有線網路卡驅動程式；140.113.179.66 是這台電腦在網際網路上的

IP 位址；140.113.179.254 是預設閘道器 (default gateway) 的 IP 位址；140.113.1.1 為 DNS server 的 IP 位址。因此記得要修改以上的參數才能符合您實際的使用。

(1) 設定 IP 位址

在/etc/ifconfig.ne2 檔案中加入下列一行：

```
140.113.179.66 netmask 0xffffffff
```

(2) 設定預設閘道器

在/etc/mygate 檔案中加入下列一行：

```
140.113.179.254
```

(3) 設定 DNS 伺服器

在/etc/resolv.conf 檔案中加入下列一行：

```
nameserver 140.113.1.1
```

設定無線網路卡

以下的 192.168.0.1 為我們為此無線網路卡設定的私有位置 (private address)；bsdAP 為此 AP 的 ESSID。而為了使每次開機都能讓系統自動執行這些指令，所以我們把這些指令寫成一個批次檔，並且在開機的時候自動去執行。

(1) 設定無線網路批次檔

在/root/wireless.sh 檔案中加入下列三行：

```
wiconfig wi0 -f 11 -p 1 -c 1
```

```
ifconfig wi0 nwid bsdAP
```

```
ifconfig wi0 192.168.0.1 netmask 0xffffffff
```

其中-f 參數後面接的是欲設定的頻道 (channel)，可以是 1 到 11 任何一個數字。而-p 參數後面如果是 1 的話就代表是 infrastructure mode，如果是 3 的話則代表是 ad-hoc mode。而最重要的-c 參數，就是前面一節所提到的使無線網路卡創造出一個 service set，1 代表啟動此功能，0 代表關閉此功能。

(2) 設定為可執行檔

```
# chmod 744 /root/wireless.sh
```


- (3) 設定開機時自動執行此批次檔

在/etc/rc.local 檔案中加入下列一行：

```
/root/wireless.sh
```

設定 WEP

- (1) 設定 key 及啟動 WEP

若要啟動 WEP 加密功能，則要在前述的 wireless.sh 中加入下列兩行：

```
wiconfig wi0 -k "0x9876543210"
```

```
wiconfig wi0 -e 1
```

其中-k 參數後面接的是 WEP 加密金鑰 (encryption key)，如果是使用 ORiNOCO silver card，則 key 的長度就只有 40 bits，所以可以輸入 5 個 ASCII 的字元 (e.g. "hello")，或是輸入 10 位數的 16 進位(hexadecimal)數字(e.g. "9876543210")，而如果是使用 ORiNOCO gold card，則除了可以輸入前述的 40 bits key，還支援長度為 104 bits 的 key，所以可以輸入 13 個 ASCII 的字元，或是輸入 26 位數的 16 進位數字。此外，-e 參數代表是否要啟動 WEP 加密，1 代表啟動，0 代表關閉。

設定 NAT

- (1) 開啟 kernel 的支援

方法有兩種，一種是在產生 kernel 設定檔時要把 option GATEWAY 啟動。而另外一個方法是每次開機時就去開啟對 NAT 的支援，方法是在/etc/rc.local 檔案中加入下列一行：

```
sysctl -w net.inet.ip.forwarding=1
```

- (2) 確定無線網路卡以及有線網路卡已經正確設定

- (3) 設定 NAT

如果沒有其他安全的考量而只是單純地做位址轉換，則可以參考這裡所設的 rule。

在/etc/ipnat.conf 檔案中加入下列三行：

```
map ne2 192.168.0.0/24 -> 0/32 proxy port ftp ftp/tcp
```

```
map ne2 192.168.0.0/24 -> 0/32 portmap tcp/udp 40000:60000
```

```
map ne2 192.168.0.0/24 -> 0/32
```

(4) 設定系統

在/etc/rc.conf 檔案中加入下列兩行：

```
ipfilter=YES
```

```
ipnat=YES
```

最後建立一個空白的檔案

```
# touch /etc/ipf.conf
```

設定 DHCP Server

(1) 設定 DHCP server

以下 range 後面接的是欲分發的 IP 位址之範圍；domain-name-servers 後面接的是 DNS 伺服器的 IP 位址；routers 後面接的是將做為被 client 連接的 DHCP 伺服器 IP 位址，也就是此無線網路卡的 IP 位址。

在/etc/dhcpd.conf 檔案中加入下列幾行：

```
allow unknown-clients;
```

```
ddns-update-style ad-hoc;
```

```
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
```

```
range 192.168.0.2 192.168.0.8;
```

```
default-lease-time 604800;
```

```
max-lease-time 604800;
```

```
option subnet-mask 255.255.255.0;
```

```
option domain-name-servers 140.113.1.1, 140.113.6.2;
```

```
option domain-name "cis.nctu.edu.tw";
```

```
option routers 192.168.0.1;
```

```
}
```

(2) 設定系統

在/etc/rc.conf 檔案中加入下列兩行：

```
dhcpd=YES
```

```
dhcpd_flags="-q wi0"
```

最後建立一個空白的檔案：

```
# touch /var/db/dhcpd.leases
```

2.3. 在 Client 端設定無線網路卡

在完成實作 AP 的步驟後，接著就是讓無線網路設備端連接到我們所實作的 AP。由於此 AP 是在 IBSS mode 下運作的，因此 client 端必須設定為 Ad-hoc mode，這是與市面產品最大的不同。

- IP 位址：設定為自動取得
- 預設閘道器：192.168.0.1，也就是 AP 的無線網路卡之 IP 位址
- ESSID：設與 AP 一樣，也就是 bsdAP
- 運作模式：ad-hoc mode
- WEP：若 AP 有設，則設與 AP 一樣；若沒有則不用設

3. 與市面產品之比較

而我們實作的 AP，跟市面上的產品到底有多少差異？該有的功能是不是也有？而欠缺的功能又是什麼？都是我們想要知道的問題。因此我們參考一份刊登在網路通訊雜誌上的測試評比報告『無線區域網路產品評比 功能與效能面』[12]，並且針對功能面的項目做一評比。所以我們將會與 Agere、Symbol、Cisco、3Com、Intel、D-Link、Z-Com 及 NDC 共八家廠商作功能面的比較，而我們實作的 AP 會列於每個表格的最後一列，並在 Vendors 欄位稱為 BSD。其中淺色底色表示該項功能目前在開放原始碼已經有解決方案而我們並沒有在這份文件中描述其實作的部分，因此等於是可依需求再新增的功能，這也說明了利用開放原始碼來實作 AP 在功能面上具有很大的彈性。

表 1 比較外部硬體的規格。我們可以看到這部分並沒有太大的不同，而其中要說明的是 Display Panels 這項，因為無線網路卡以及有線網路卡上面都有網路傳輸的指示燈，加上電腦的電源燈，所以我們就以 3 個 LED 作為計算。

表 1. Hardware Comparison — External Hardward Spec.

Vendors	WLAN Connectivity Interface	LAN Connectivity Interface	WAN Connectivity Interface	Console	Other Interface	Display Panels
Enterprise-class						
Agere	IEEE 802.11b * 2	NO	10/100 Base-T * 1	RS232	NO	4 LEDs
Symbol	IEEE 802.11b * 1	NO	10/100 Base-T * 1	RS232	NO	3 LEDs
Cisco	IEEE 802.11b * 1	NO	10/100 Base-T *1	RS232	NO	3 LEDs
3Com	IEEE 802.11b * 1	NO	10/100 Base-T *1	NO	NO	3 LEDs
SOHO-class						
Intel	IEEE 802.11b * 1	10/100 Base-T * 1	10/100 Base-T * 1	RS232	NO	5 LEDs
D-Link	IEEE 802.11b * 1	10/100 Base-T * 3	10 Base-T * 1	RS232	Printer	11 LEDs
Z-Com	IEEE 802.11b * 1	NO	10/100Base-T * 1	RS232	NO	9 LEDs
NDC	IEEE 802.11b * 1	10/100 Base-T *4	10/100Base-T * 1	NO	NO	8 LEDs
BSD	IEEE 802.11b * 1	NO	10/100Base-T * 1	RS232	Printer	3 LEDs

表 2 比較內部硬體的規格 其中因為無線網路卡是採用 Agere 的, 所以 Chipset 也是相同的。

表 2. Hardware Comparison — Internal Hardward Spec.

Vendors	OS	CPU	Chipset	RAM	Flash
Enterprise-class					
Agere	VxWorks	Intel SA110-233MHz	National DP83851 MacPhyter	16MB	8MB
Symbol	RTOS	Motorola Power PC	Intersil 2.0 with 3863 BB processor	4MB	512K
Cisco	VxWorks	Unknown	Intersil	Unknown	Unknown
3Com	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
SOHO-class					
Intel	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
D-Link	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
Z-Com	SuperTask	ARM7	Intersil Prism 2.0	4MB	1MB
NDC	Linux	Samsung S3C4510B	Intersil Prism 2.5	8MB	1MB
BSD	NetBSD	Intel Mobile PentiumIII 500MHz	National DP83851 MacPhyter	64MB	N/A

表 3 列出在管理方面的功能比較。這裡可以看出來我們實作的 AP 比較缺乏管理方面的功能。

表 3. Functionality Comparison — Management

Vendors	MGT. Interfaces	SNMP	System Log	System Maintenance		Trouble Shooting	
				Configuration Backup/Restore	Firmware Upgrade	Self-diagnostic Tools	Network Statistics
Agere	Web, windows, telnet, console	Built-in	NO	YES (TFTP)	YES (TFTP)	NO	YES
Symbol	Web, telnet, Console	Built-in	Syslog	NO	YES (TFTP/Xmodem)	NO	YES
Cisco	Web, telnet, Console	Built-in	Syslog	YES (TFTP)	YES (TFTP)	YES	YES
3Com	Web, windows	Built-in	Syslog	YES (TFTP)	YES (TFTP)	NO	YES
Intel	Web, telnet, Console	NO	NO	YES	YES	YES	YES
D-Link	Web	NO	NO	YES	YES	NO	NO
Z-Com	Web, windows, telnet, console	NO	NO	NO	YES	NO	YES
NDC	Web, telnet	Built-in	NO	NO	YES	NO	YES
BSD	telnet	NO	NO	NO	NO	NO	YES

表 4 比較第一層也就是實體層的功能。由於我們使用的無線網路卡與 Agere AP 使用的無線網路卡是相同的，所以大部分的項目也是相同的。

表 4. Functionality Comparison — Layer 1

Vendors	Antenna Type	Channel Auto-Selection	Transmit Power	Receiving Sensitivity (11Mbps)	Radio Distance (11Mbps)	Wireless Distribution System	Station Radio Mode	Power over Ethernet
Agere	Unknown	NO	15 dBm	-82 dBm	25 ~160 m	YES (up to 6 APs)	NO	NO
Symbol	Indoor Omni 1dBi Rubber duck Dipole	YES	0~18 dBm	-81 dBm	9~30 m	YES	NO	YES
Cisco	RP-TNC connectors * 2 (optional)	YES	0~20 dBm	-85 ~ -94 dBm	39.6 ~ 610 m	YES	YES	YES
3Com	Omni-directional * 2 (3CWE490)	YES	7~18 dBm	-82 dBm	60 m	NO	NO	YES
Intel	Two dipole antenna	NO	14 dBm	-80 dBm	30~120 m	NO	NO	NO
D-Link	Dual antenna Diversity system	Unknown	14 dBm	Unknown	35~100 m	NO	NO	NO
Z-Com	Integrated dipole antenna	NO	13 dBm	-84 dBm	Up to 140 m	Inter-building Mode	YES	NO
NDC	Dipole type with dual antenna	YES	20 dBm	-80 dBm	Up to 100 m	NO	NO	NO
BSD	Unknown	NO	15 dBm	-82 dBm	25 ~ 160 m	NO	YES	NO

表 5 比較第二層也就是資料鏈結層的功能。這部分大多跟 Agere 也是相同的。

表 5. Functionality Comparison — Layer 2

Vendors	RTS/CTS Threshold	Frag. Threshold	PCF	Associated Stations List	IAPP Configurable
Agere	Tunable	Fixed	NO	YES	YES
Symbol	Tunable	Fixed	NO	YES	NO
Cisco	Tunable	Tunable	NO	YES	NO
3Com	Fixed	Fixed	NO	YES	NO
Intel	Fixed	Fixed	NO	YES	NO
D-Link	Fixed	Fixed	NO	NO	NO
Z-Com	Tunable	Tunable	NO	YES	NO
NDC	Fixed	Fixed	NO	YES	NO
BSD	Tunable	Fixed	NO	YES	NO

表 6 比較第三層以及以上的功能。其中 PPPoE、Mobile IP、VPN 都是目前在開放原始碼已經有解決方案的功能[6] [7][8]，因此如果有特別的需求，就可以再新增在我們實作的 AP 上。

表 6. Functionality Comparison — Layer 3 and Upper Layers

Vendors	DHCP Client	DHCP Server	PPPoE	Routing Protocols	Mobile IP	VPN	NAT	Port Forwarding	SpectraLink VoIP
Agere	YES	YES	NO	Unknown	NO	NO	NO	NO	YES
Symbol	YES	YES	NO	NO	YES	NO	NO	NO	YES
Cisco	YES	NO	NO	static	NO	NO	NO	NO	YES
3Com	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Intel	YES	YES	YES	RIP 1&2 Static	NO	NO	YES	YES	NO
D-Link	YES	YES	YES	Static	NO	Pass through only	YES	YES	NO
Z-Com	YES	YES	YES	NO	NO	NO	YES	NO	NO
NDC	YES	YES	YES	RIP 1 & 2	NO	Pass through only	YES	YES	NO
BSD	YES	YES	NO	RIP 1&2 static	NO	NO	YES	YES	NO

表 7 列出 NAT 可以支援的應用程式。這部分基本上都是有支援的。

表 7. Functionality Comparison — Layer 3 (NAT)

Vendors	POP3	SMTP	Ftp	Telnet	News	Https	MSN Messenger	AIM (AOL Instant Messenger)
Intel	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	Unknown
D-Link	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Z-Com	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
NDC	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
BSD	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES

表 8 比較各家廠商的安全性功能。其中 802.1x、RADIUS、MAC Access Control 以及 Firewall 在開放原始碼也已經有支援了 [9][10]，因此我們可以發現雖然目前我們的安全性與 SOHO 級的產品差不多，不過若再實作上述的那些功能，就幾乎可以達到 Enterprise 級的安全性防護了。

表 8. Functionality Comparison — Security

Vendors	Encryption		Authentication			MAC Access Control	Storm threshold	Firewall
	WEP	Others	802.1x	RADIUS	Others			
Agere	40/128 Bits	WEP PLUS	YES	Add-on	NO	Block/Pass	YES (per MAC, per port)	Ethernet protocol filtering, Static MAC filtering, Deny IPX
Symbol	40/128 Bits	NO	YES	Add-on	Kerberos	Block/Pass	NO	NO
Cisco	40/128 Bits	TKIP, MIC, peruser per session WEP, Broadcast WEP Key Rotation	YES	Add-on	EAP-MD5, EAP-TLS, LEAP	Block/Pass	YES (multicast traffic)	Ethernet protocol filtering, IP protocol filtering, IP Port filtering
3Com	40/128 Bits	3Com 128-bit Dynamic SecurityLink Encryption (up to 1000 user accounts)	YES	Add-on	EAP-MD5, EAP-TLS, 3Com Serial Authentication	Pass	NO	NO
Intel	40/128 bits	NO	NO	NO	NO	Block/Pass	NO	NO
D-Link	40/128 bits	NO	NO	NO	NO	Block	NO	Stateful packet inspection
Z-Com	40/128 Bits	NO	NO	NO	NO	Block	NO	NO
NDC	40/128 Bits	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Stateful Packet Inspection Anti-DoS (Denial of Service) Application restriction and url block (up to 30 rules)
BSD	40/128 Bits	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

4. 結論

總結整個實作的成果，發現我們確實能夠利用目前的開放原始碼來實作一台具有基本功能的 AP，而且更進階的功能方面在開放原始碼也有相當豐富的支援，也再次說明了實作 AP 擁有在功能面有較佳彈性的優點。不過另一方面也有一些缺點，例如比起市面上的產品，我們沒有一套完整的管理功能以及介面，且無線設備端目前只能在 Ad-hoc mode 下運作，所以無法啟動省電

模式。不過大致來說，這樣的結果已經可以滿足大多數使用者一般的需求了。

5. 參考資料

- [1] M. DeGraw-Bertsch, “Configuring a FreeBSD Access Point for your Wireless Network,”
<http://www.samag.com/documents/s=7121/sam0205a/sam0205a.htm> Feb. 2002
- [2] R. Finlayson, “Using a Unix computer as a 802.11 wireless base station,”
<http://www.live.com/wireless/unix-base-station.html>, Nov. 2001
- [3] NetBSD Documentation, “Using IEEE 802.11 WaveLAN under NetBSD,”
<http://www.netbsd.org/Documentation/network/wavelan.html>
- [4] F.Lupi, “The NetBSD operating system a short guide,”
<http://www.mclink.it/personal/MG2508/nbsdeng/netbsd.html>, 1999-2002
- [5] NetBSD Documentation, “DHCP How-To,”
<http://www.netbsd.org/Documentation/network/dhcp.html>
- [6] NetBSD Documentation, “Steps to connect via PPPoE (DSL),”
<http://www.netbsd.org/Documentation/network/pppoe/>
- [7] NetBSD Documentation, “NetBSD IPv6 Networking,”
<http://www.netbsd.org/Documentation/network/ipv6/>
- [8] NetBSD Documentation, “NetBSD IPsec,” <http://www.netbsd.org/Documentation/network/ipsec/>
- [9] Open1x group, <http://open1x.sourceforge.net/>
- [10] B. Conoboy, E. Fichtner, “IP Filter Based Firewalls HOWTO,”
<http://www.obfuscation.org/ipf/ipf-howto.txt>, Mar. 2002
- [11] ORiNOCO Wireless Networks, <http://www.orinocowireless.com>
- [12] 徐玉青、涂國祥、溫碩彥、詹智為、林盈達；『無線區域網路產品評比 功能與效能面』；網路通訊；133期；2002年8月。