

一個無線區域網路應用層負載分散協定

葉澤蓃 嚴力行

中華大學資訊工程學系

E-mail: lhyen@chu.edu.tw

摘要

在 IEEE 802.11 基礎架構的無線網路下，當過多的無線工作站聯結至同一無線基地台時，整體的資料傳輸量會降低。無線工作站只依據最高信號強度指標值來選擇無線基地台，因此加入多餘的無線基地台時，並無法保證系統的負載能夠平均分散到所有的無線基地台。以往的做法大多需要修改無線基地台，因此現有已建置的無線基地台並無法適用。我們提出不修改無線基地台的解決方案，透過 SNMP (Simple Network Management Protocol) 協定，讓伺服器收集無線基地台的負載相關資訊。無線工作站連上網路後，透過伺服器了解收訊範圍內無線基地台的負載程度，重新選擇負載較輕的無線基地台進行重聯結。這個方法的優點是不需變更原有無線基地台的設計，任何支援 SNMP 協定的現有無線基地台均可獲益。我們以實作的方式驗證了此方案的可行性。實驗數據顯示我們的方法的確能分散無線工作站的流量至各個無線基地台，顯著改善整個網路的資料傳輸量。

關鍵詞：無線區域網路，SNMP，Load Balance，應用層負載平衡協定。

1. 簡介

IEEE 802.11 無線區域網路已普遍應用在校園或其他公眾場合，提供漫遊使用者無線 Internet 存取的服務。此種應用是屬於基礎架構的無線網路 (Infrastructure Wireless Network)，有別於隨意型的無線網路 (Ad Hoc Wireless Network)。基礎架構的無線網路是由無線網路存取器 (Access Point; AP，也稱無線基地台) 與無線工作站 (Wireless Station; WS。可以是配備無線網路介面的筆記型電腦、桌上電腦、個人數位助理、或行動手機) 兩大部份所組成。

在基礎架構的無線網路下，無線工作站必須先找到 AP 並與聯結 (Association) 後才能連接上網路。當過多的無線工作站聯結至同一 AP 時，將造成無線工作站之間的頻道競爭與傳輸衝撞問題，使得整體的資料傳輸量 (Throughput) 降低。當此種情形發生時，我們稱為過載 (Overload)。一個解決過載問題的直覺方法，是加入多餘的 AP，以分擔過載 AP 的負擔。理想狀況下，每個 AP 所聯結的無線工作站數目是均等的。然而，市面上現有的 802.11

網路卡產品，當掃描到多個 AP 的信號時，只會對最高接收信號強度指標值 (Received Signal Strength Indication; RSSI) 的 AP 進行聯結。因此可能會造成多數的無線工作站僅與少數幾個訊號較強的 AP 聯結，而眾多訊號強度仍在可接受範圍內的 AP 只服務少數幾個無線工作站。這種情況造成無 AP 之間的負載不平衡，無法提高整個網路的資料傳輸量。

以往亦有學者針對此問題提出若干解決方案。然而這些解決方案大多需要修改網路第二層協定，因此現有已建置的無線基地台並無法適用。在本論文中，我們提出了一個應用層的解決方案。我們的方法使用了一個伺服器 (Server)，以簡單網路管理協定 (Simple Network Management Protocol, 簡稱 SNMP) [3] 預先收集無線基地台的通訊介面資訊，計算出通訊介面的利用率、資料錯誤率、與無線工作站聯結數量等負載相關資訊。無線工作站在與無線基地台聯結後，可以透過此伺服器提供的資訊，選擇最佳的無線基地台，進行重聯結 (Reassociation)，達成負載分散的目的，進而增加網路的最大傳輸量。這個方法有三個優點：

1. 支援多種無線區域網路延伸標準：即使在同一區域內同時存在 IEEE 802.11 a/b/g 的無線基地台，負載分散機制仍能夠有效作用。
2. 不需修改無線基地台：我們的方法無需修改 AP 的軟硬體。不同廠商製造的無線基地台，只要支援 SNMP 協定，就可以使用我們的方法。
3. 不需修改無線工作站的無線網路卡韌體與驅動程式。無線工作站要能找到 AP 聯結上網，都是透過 Client Management 軟體。我們不需修改 Client Management 的軟體。

缺點是在無線工作站必須執行相對應的應用程式。我們以實作的方式驗證了此方案的可行性。我們也量測了此方法的效能，數據結果顯示我們的方法的確能分散無線工作站的流量至各個無線基地台，顯著改善整個網路的資料傳輸量。

我們將在第二節中此問題的背景知識與相關研究，第三節中提出我們的方法。第四節是實驗結果與分析。最後第五節為為結論及未來展望。

2. 背景知識與相關研究

IEEE 802.11 定義了兩種網路架構：基礎架構的無線網路 (Infrastructure Wireless Network) 和隨意

型的無線網路 (Ad Hoc Wireless Network)。

基礎架構的無線通訊網路如圖 1 所示。單一 AP 與多台無線工作站所組成的網路，稱為一個基本服務區域 (Basic Service Set; BSS)。由多個基本服務區域所組成且互相通訊的無線網路稱之為延伸服務區 (Extended Service Set; ESS)。每個延伸服務區具有唯一的一個識別碼，稱為 ESSID。各無線工作站必須與 AP 設定相同的 ESSID，才能在延伸服務區的範圍中漫遊 (Roaming)，並且與各基本服務區域中的 AP 溝通。無線區域網路之間由分散系統 (Distribution System; DS) 連接起來。

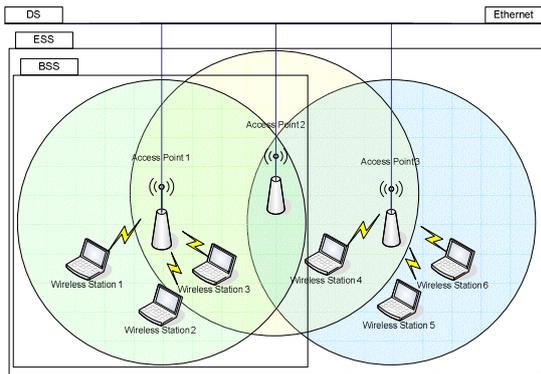


圖 1：基礎架構的無線網路架構圖。單一無線基地台與多個無線工作站組成的網路稱為 BSS。多個 BSS 組成一個 ESS。BSS 之間以 DS 連接。

無線工作站與基地台進行聯結的過程分為三個階段。在第一階段時，無線工作站搜尋周遭的無線基地台，可以使用主動掃描 (Active Scanning) 或被動掃描 (Passive Scanning) 兩種方法。主動掃描由無線工作在可用通訊頻道送出 Probe Request Frames。若無線基地台收到 Probe Request Frames，會回應 Probe Response 給無線工作站。被動掃描由無線基地台定期 (週期通常是 100 ms) 送出 Beacon Frame。無線工作站若收到 Beacon Frame 代表有找到該無線基地台。無線工作在收到 Probe Response 或是 Beacon 時，都會記錄接收到的訊號強度指標值 (Received Signal Strength Indicator; RSSI)。無線工作站會選擇最高接收訊號強度指標值的無線基地台進行聯結 (Association)。

當無線工作站發覺已聯結無線基地台的訊號強度降至某種程度時，會重新搜尋無線基地台，再以最高 RSSI 的無線基地台進行重聯結 (Reassociation) 程序。

同一無線基地台只有使用單一頻道，所以越多的無線工作站聯結，代表越多的無線工作站共用同一通訊頻道，也就造成彼此間頻道的競爭問題。

增加多個無線基地台，可以增加通訊頻道，降低頻道的競爭程度。不過無線工作站只會選擇最高 RSSI 的無線基地台進行聯結。這樣的情況下，可能會造成大多數無線工作站僅與少數幾個訊號較強的無線基地台聯結，而眾多訊號強度仍在可接受

範圍內的無線基地台只有少數幾個無線工作站與之聯結。這種情形使得無線基地台之間的負載不平衡 [1, 2, 5, 7, 10]，無法提高整個網路的資料傳輸量。

現有文獻中，要達成無線基地台負載平衡的做法可以分成三類。第一類同時修改無線基地台與無線工作站的協定。第二類只修改無線基地台的協定。第三類做法只修改無線工作站的聯結方式。

許多方法 [5, 7, 10] 建議 AP 在某 WS 與之進行聯結的第一階段時，將負載資訊 (如已聯結 WS 的數量、已聯結 WS 的 RSSI 平均值 (Mean value) 與封包錯誤率等) 放在 Probe Response 與 Beacon 訊框裡送出，讓該 WS 據此可以選擇最佳的無線基地台進行聯結。這些方法要求修改 AP 的協定。此外，如果只根據已聯結 WS 的數量與 WS 的 RSSI 平均值來選擇 AP，將無法反應實際的頻道使用率，並非適當的做法。同時考慮封包錯誤率 [5] 是較佳的方式。

周智良 [1] 提出讓每個 AP 自行計算其無線通道的使用率，並在整個 ESS 裡所有 AP 週期性地交換通道使用率資訊，因此 AP 可以了解其他 AP 的通道使用情形。通道使用率高的 AP 會要求某些已聯結的 WS 移轉到通道使用率較低的其它 AP 上。

此種方式的缺點是，AP 無法得知 WS 可以收到那些 AP 的訊號。當 AP 要求某 WS 移轉到其他 AP 時，只能告知 WS 該 AP 的通訊通道。若 WS 收不到該 AP 的訊號，則等待一段時間後會選擇下一個 AP。因此 WS 花在等待的時間可能很長。

Aleo [2] 提出只需要修改 AP 的負載平衡方法。每個 AP 會統計無線網路的流量並互相通訊。若某 AP 的負載較重時，它會在已聯結的 WS 中，選擇某些 WS 進行解聯結通知 (Disassociation notification) 與降低 AP 的傳送功率 (Transmitted power)，讓該 WS 進行主動或被動掃描，重新尋找其他 AP。

此方法的問題在於 WS 無法直接了解 AP 的負載程度，當某無線工作站收到 Disassociation notification 時，需要重新尋找其他 AP，若所找到新的 AP 負載也不輕的情況下，有可能會再次收到 Disassociation notification，無法一次就選擇到負載較輕的 AP。

3. 應用層負載平衡協定

我們假設的網路環境是一個 ESS。此環境允許符合 IEEE 802.11 a/b/g 標準的 AP 與 WS 共存。所有 AP 都必須支援 SNMP 服務，且需事先設定好共同的 ESSID、非重疊 (Non-overlapping) 的頻道與適當的 IP 位址。此分散系統中須有一台伺服器執行我們的 ALBP 協定。ALBP 伺服器與所有 AP 透過有線網路連接。

表 1: AP 無線介面的相關 MIB 資料

物件名稱	物件描述與編號
sysUptime	為無線基地台從開機後的運作總時間 OID:1.3.6.1.2.1.1.3.0
ifInOctets	網路介面所記錄接收的總資料量，單位為Byte OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.10.x (.x為介面編號)
ifOutOctets	網路介面所記錄傳送的總資料量，單位為Byte OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.16.x
ifSpeed	介面速度(bps) OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.5.x
ifInErrors	網路介面所接收的錯誤封包總數 OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.14.x
ifInUcastPkts	網路介面所接收的unicast封包總數 OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.11.x
ifInNUcastPkts	網路介面所接收的廣播(Broadcast)與群播(multicast)封包總數 OID:1.3.6.1.2.1.2.2.1.12.x

3.1 應用層負載平衡協定 (ALBP) 的運作

ALBP 伺服器使用 SNMP 協定定期向 AP 取得無線介面的相關資料。ALBP 伺服器使用 SNMP MIB-II [9] 標準所定義的網路介面物件資訊，表 1 所示為這些介面物件的名稱及其物件識別碼 (Object Identifier; OID)。

ALBP 伺服器取得這些介面資訊後，計算 AP 的負載資訊，包含利用率 (Utilization) 與錯誤率 (Error Rate)，讓無線工作站來查詢。無線工作站尋找 ALBP 伺服器的方式是使用名稱 (Fully-Qualified Domain Name; FQDN) 對應 IP Address 的關係。透過網域名稱伺服器 (Domain Name Service; DNS)，無線工作站即可得知 ALBP 伺服器的 IP 位址。因此 ALBP 伺服器可以建置在不同的 IP 網段、虛擬網段 (Virtual Local Area Networks; VLAN) 或者是受防火牆所保護的非戰區 (DeMilitarized Zone; DMZ) 網段。若無線區域網路中已有 Radius Server 設置時，亦可將此服務在 Radius Server 上啟動 ALBP 服務。

無線工作站經過掃描後會得知在可收訊範圍內有那些無線基地台的存在等資訊。無線工作站與某個無線基地台聯結成功，得知 ALBP 伺服器的 IP 位址後，即可以送出 AP_STATUS_REQUEST 訊息給 ALBP 伺服器。此訊息內含無線工作站可接收訊號之無線基地台的 BSSID。ALBP 伺服器收到後，會以 AP_STATUS_RESPONSE 訊息將無線基地台的負載情形傳回給工作站。無線工作站再根據自己收到訊號的 RSSI 值，選擇負載最輕且 RSSI 值可接受的無線基地台進行重聯結。整個過程如圖 2 所示。

若無線工作站重新聯結後已漫遊到不同的 ESS 區段，則需重新指定 ESSID，也可能需要更換 IP 位址。若要達到 IP 位址的漫遊，則需要搭配 Mobile IP 架構 [8] 的支援。

3.2 負載資訊的取得及計算

ALBP 伺服器取得 AP 目前的介面資訊後，依下列公式計算出利用率：

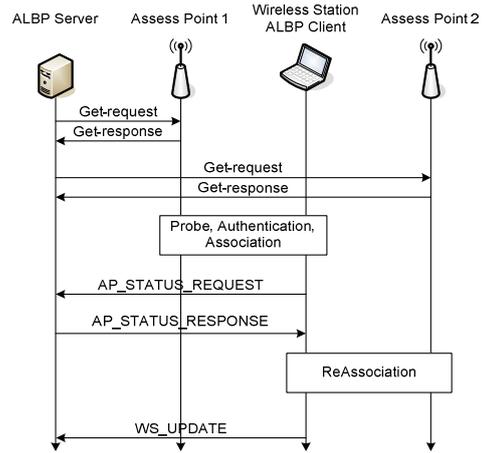


圖 2: ALBP 協定運作範例

$$Utilization\% = \frac{8 \times (\Delta ifInOctets + \Delta ifOutOctets) \times 100}{(\Delta sysUpime) \times ifSpeed}$$

這個式子是由 Cisco 公司 [4] 所提出，用來評斷網路設備的效能。其中 $\Delta ifInOctets$ 為任意兩次取得的 $ifInOctets$ 的差值； $\Delta ifOutOctets$ 為任意兩次取得的 $ifOutOctets$ 的差值； $\Delta sysUpime$ 為任意兩次取得 SNMP MIB-II 物件資訊的時間差。因為封包在網路中傳送時會有延遲 (Delay)，若以 ALPS 伺服器收到物件資訊的時間作為取得物件資訊的時間，會造成計算的誤差。所以使用兩次測量時 AP 的 $sysUptime$ 差值。

計算錯誤率的公式 [4] 如下：

$$Error\ Rate\ \% = \frac{\Delta ifInErrors \times 100}{\Delta ifInUcastPkts + \Delta ifInNUcastPkts}$$

式子中的 $\Delta ifInErrors$ 為任意兩次取得的 $ifInErrors$ 的差值； $\Delta ifInUcastPkts$ 為任意兩次取得的 $ifInUcastPkts$ 的差值， $\Delta ifInNUcastPkts$ 為任意兩次取得的 $ifInNUcastPkts$ 的差值。

ALBP 伺服器可先算出剩餘頻寬 (Residual Bandwidth; RB)，我們定義 U_i 為第 i 個無線基地台的 Utilization。將 $1 - U_i$ (未使用率) 乘上介面速度 $ifSpeed_i$ 可得 $(1 - U_i) \times ifSpeed_i$ ，此為第 i 個無線基地台的剩餘可用頻寬 (Residual Bandwidth)。若考量錯誤率 ER_i ，參考 Fukuda 等人 [5] 的計算方式，得 $RB_i = (1 - U_i - ER_i) \times ifSpeed_i$ ，此為第 i 個 AP 考量錯誤率時的剩餘頻寬。

ALBP 伺服器將第 i 個 AP 之剩餘頻寬 RB_i 及聯結工作站數量 N_i 送給無線工作站後，工作站會計算第 i 個 AP 之 Normalized Residual Bandwidth (NRB) 值，以選擇 NRB 值最高的 AP 進行重聯結。

我們以 NRB_i 表示第 i 個無線基地台的 NRB 值。 NRB_i 計算式如下：

$$NRB_i = \frac{RB_i}{N_i + 1}$$

NRB_i 有兩個性質：

- NRB_i 與剩餘頻寬成正比。
- NRB_i 與已聯結的無線工作站數量成反比。

以上機制只能讓 WS 在聯結初建立時進行重新選擇 AP 的動作。如果要讓工作中的 WS 動態選擇 AP，則 WS 本身的無線介面也必須提供 SNMP Agent 的服務，以供 WS 週期性地計算目前本身之頻道使用率 WU 。 WU 乘上 WS 的介面速度 $ifSpeed$ 得 $WB = WU \times ifSpeed_i$ 為該 WS 有效使用頻寬。由此可以計算出該 WS 聯結 AP 後所造成的負載程度。我們對每個 AP 計算當加入此 WS 後的 NRB 值。如果 WS 目前未聯結第 i 個 AP，則 WS 聯結此 AP 後之 NRB_i 值為

$$NRB_i = \frac{RB_i - WB}{N_i + 1}$$

WS 將選擇 NRB 最高且 RSSI 可接受的 AP 進行重聯結。

為了避免乒乓效應 (Ping-Pong Effect) [5]，我們定義延遲次數 DC (Delay Count)。當連續選擇同一 AP 的次數達到 DC 值時，WS 才允許切換到該 AP。切換 AP 後或者在未到 DC 值前又選擇了其他的 AP 時，該 WS 的 DC 值必須重新計算。 DC 值的計算方式為

$$DC = \left(1 - \frac{NRB_i - NRB}{NRB_{max}} \right) \times 10$$

我們定義 NRB_{max} 為 NRB 的最大值，無線工作站在選擇較好的 AP 後，計算目前已連接基地台 NRB 值與已選擇第 i 個 NRB_i 的差值除以 NRB_{max} 得 NRB 的增加率。1 減 NRB 的增加率乘 10 讓延遲次數範圍在 0~10 之間。

此延遲次數有一個特性：延遲次數與 NRB 的增加率成反比，即增加率越高時，延遲次數越小。無線工作站在選擇 AP 時，若 NRB 的增加率越高的 AP，延遲次數越小。

4. 實驗結果與分析

4.1 實作環境

我們在圖 3 所示的網路架構下實作並測試應用層負載平衡協定 (ALBP)。我們使用 Cisco AIR-SP1220A 無線基地台，此 AP 使用 IEEE 802.11a (54 Mbps) 標準，並支援 SNMP Agent 讓我們的 ALBP 伺服器可以取得介面資訊。兩個 AP 中間以一道辦公室的隔間牆隔開。

ALBP 伺服器使用個人電腦安裝 Linux 作業系統及 Perl 執行環境。使用 Perl 透過 SNMP Protocol 取得 Cisco AP 介面資訊，並建立 UDP Socket，讓 ALBP Client 可以透過此服務進行查詢 AP 的負載情形與更新 (Update) 目前所連接的無線基地台。

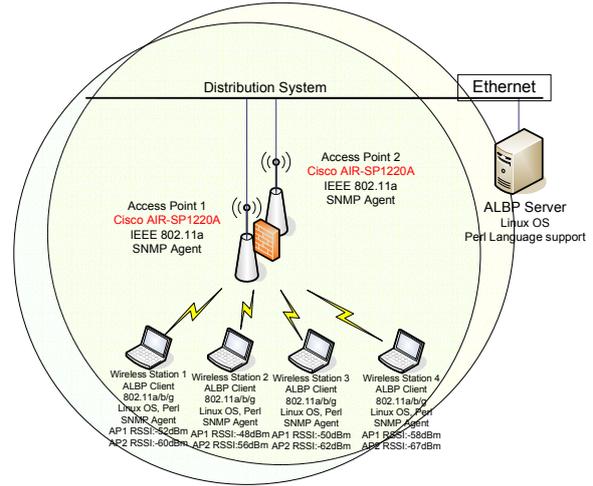


圖 3：ALBP 實作及測試環境

ALBP 客戶端 (Client) 使用 Notebook 安裝 Linux 作業系統及 Perl 執行環境。使用 D-Link DWL-AG660 支援 IEEE 802.11a/b/g 標準無線 PCMCIA 介面卡，在 Linux OS 需搭配 MADWifi¹ 的驅動程式。使用 Perl 與 MADWifi 搭配，程式化控制 ALBP 客戶端來連接 ALBP Server、尋找 AP、與選擇較好的 AP 進行重聯結。

4.2 結果與分析

我們實作 ALBP 前，先使用單一 AP (IEEE 802.11a 54 Mbps) 分析利用率與 WS 數量的關係。我們在 WS 使用 Iperf² 軟體來測試網路的效能。WS 為 Iperf 的客戶端，伺服器執行 Iperf 伺服器端。每台 WS 固定傳送 2Mbps, 4Mbps, 6Mbps, 8Mbps 的 UDP 封包至伺服器端。我們每 10 秒計算一次 AP 的利用率，並取 6 次的平均值。結果如圖 4 所示。

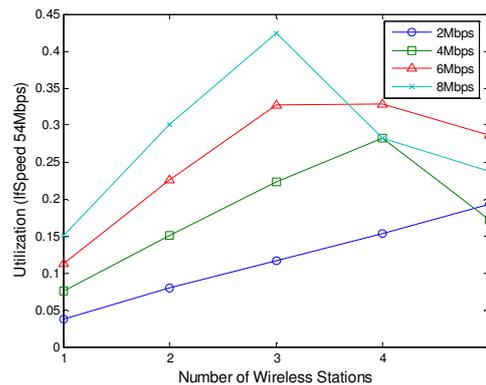


圖 4：無線基地台的使用率與無線工作站數量關係

我們發現當負載尚未超過 AP 的容量時，AP 的利用率與負載程度成正比。當負載程度超過 AP 的容量，利用率反而會隨負載程度增加而下降。我們也發現無線工作站在大量的封包無法傳出時，無線

¹ <http://sourceforge.net/projects/madwifi/>
² <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>

網卡的驅動程式會出現緩衝區滿載。網路壅塞時，無線基地台的使用率會大幅下降。

我們量測錯誤率 (Error Rate) 時，即使使用 5 台 WS 各自傳送 8Mbps 資料量，無線基地台的使用率已大幅下降時，錯誤率都還是接近 0。Cisco 指出 [4] 在硬體介面故障或軟體錯誤的情況較容易產生錯誤率。所以無線基地台正常工作的情況下錯誤率很低。但當無線基地台的介面有問題時，我們的方法讓無線工作站能考量錯誤率，避免聯結到錯誤率高的無線基地台。

我們也分析每秒封包傳送量 (Throughput) 與無線工作站的關係。我們使用兩台 Cisco 802.11a AP 與四台 WS。WS 執行 Iperf Client 傳送 2Mbps、4Mbps、6Mbps、8Mbps、10Mbps 和 12Mbps 至 Iperf Server 端。我們依序增加 WS 數量並透過 SNMP 取得 AP 的 MIB-II 物件資料來計算 Throughput。計算方式為 [4]

$$\text{Throughput} = \frac{8 \times (\Delta \text{ifInOctets} + \Delta \text{ifOutOctets})}{(\Delta \text{sysUptime}) / 100}$$

單位為 bps。

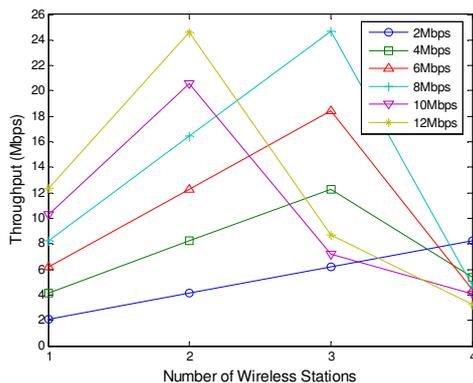


圖 5：未使用 ALBP 協定時網路 Throughput 與無線工作站數量關係

我們讓所有的 WS 聯結到最高 RSSI 的 AP，結果由於我們 AP 放置位置的關係，所有 WS 都連結到同一個 AP。未使用 ALBP 協定時的 Throughput 結果如圖 5 所示。可以看出 Throughput 隨無線工作站的數目線性成長到某一程度時，即會隨著無線工作站的數目的增加而下降。Throughput 的最大值即為網路的容量 (Capacity)。在這個實驗中只有一台 AP 有負載，網路容量約在 24 Mbps 左右。

我們的測試中，整體無線網路的 Throughput 大幅下降時，整個無線網路已經是擁塞狀態，所有無線工作站都會發生緩衝區滿載訊息，讓統計 Throughput 變得很困難。

我們測試使用 ALBP 協定的效能時，依序增加 WS 數量，統計整體網路 (兩個 AP 合計) 的 Throughput。我們等待 ALBP Client 動態選好 AP 後，才進行測量整體無線網路的 Throughput。結果如圖 6 所示。

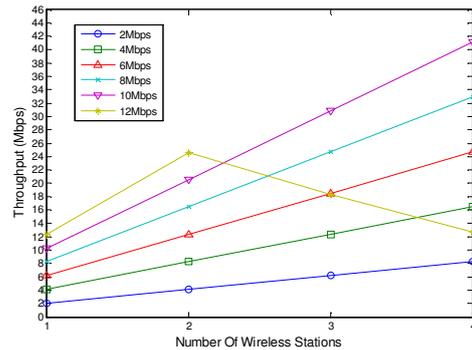


圖 6：使用 ALBP 協定時網路 Throughput 與無線工作站數量關係

ALBP 協定使得兩台 AP 同時都有負載，因此除了 12 Mbps 的試驗外，整體網路的 Throughput 均能隨工作站數目增加而增加，網路容量約在 40 Mbps 左右。

為比較以上使用與未使用 ALBP 協定的結果，我們定義效能改善率 (Improvement Ratio) 為

$$\text{Improvement Ratio} \% = \frac{\text{已使用ALBP的Throughput} - \text{未使用ALBP的Throughput}}{\text{未使用ALBP的Throughput}}$$

效能改善率如圖 7 所示。我們可以看到，當網路負載並未超過一個 AP 的容量時，使用 ALBP 協定對效能改善並沒有幫助。當網路負載超過一個 AP 的容量但未超過兩個 AP 的容量加總時，使用 ALBP 協定可將負載分擔至兩個 AP，故有很高的效能改善值。在 4 台工作站各傳送 10 Mbps 的狀況下，效能改善幅度可到達九倍之多。當網路負載超過兩個 AP 的容量加總時，效能改善幅度即開始下降。

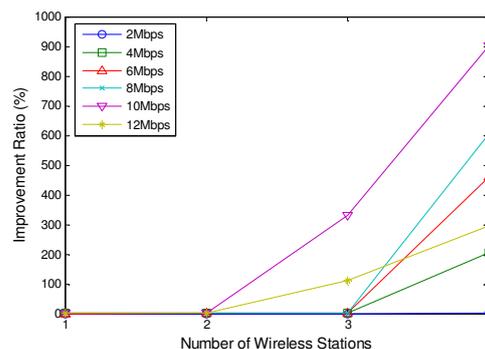


圖 7：使用 ALBP 協定的效能改善率

我們也測試了乒乓效應的影響。我們同時啟動 4 台 WS，每台 WS 固定傳送 2 Mbps 的 UDP 封包。我們將 ALBP 協定中的 DC 值設為 1。結果如圖 8 所示。我們可以看到所有 WS 一開始皆選擇聯結到 Access Point 1。經 ALBP 協定動態選擇後，所有的 WS 又同時選擇 Access Point 2。這種狀況反覆出現，造成 Access Point 1 與 2 的 Throughput 高低震盪，並未達到負載分散的目的。此為乒乓效應。

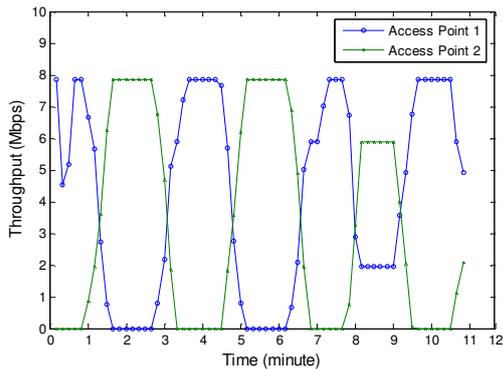


圖 8：乒乓效應的實驗 (DC 值為 1)

當我們在 ALBP 協定中啟動延遲次數的機制後，結果如圖 9 所示。所有 WS 一開始仍皆選擇聯結到 Access Point 1。之後某些延遲次數較少的 WS 先轉而聯結 Access Point 2，延遲次數較多的無線工作站次數未達前暫不切換基地台，在週期性選擇一段時間後基地台的 Throughput 已達成平衡狀態。

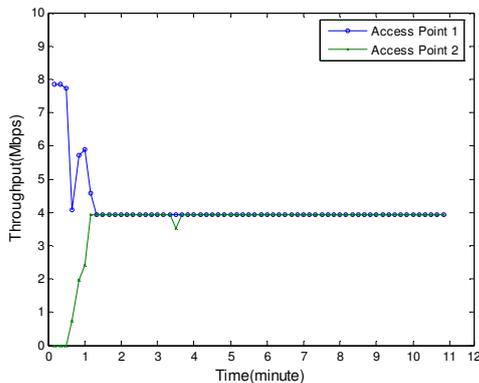


圖 9：ALBP 協定使用 DC 值的 Throughput

5. 結論及未來展望

我們提出了應用層負載平衡協定 ALBP，只要無線基地台支援 SNMP Agent，就可以使用 ALBP 來分散負載，提升整體網路的 Throughput。

我們的方法並不修改任何 IEEE 802.11 訊框格式，所以也無需修改 AP 與無線工作站的軟硬體。當網路負載過重時，無需汰換原有的 AP，只要加入新的 AP，即使新舊 AP 使用不同的無線網路標準，也能共同分擔網路的負載。

未來個人通訊裝置越來越普及的情況下，無線工作站的密度也會越來越高，必須增加無線基地台的數量以服務更多的無線工作站。ALBP 協定可以

用來分散無線基地台間的負載，降低無線區域網路時的壅塞情形，讓使用者充分享受使用無線區域網路的便利。

我們的實驗測試中，均使用 Constant Bit Rate (CBR) 的交通流量。未來我們計畫在其他的交通流量模型的環境下，探討 ALBP 協定的效能。此外，無線網路的安全性已逐漸受到重視。現有許多無線工作站的使用者在認證後，切換至其他 AP 時仍需要重新進行認證動作。ALBP 協定若能搭配 IEEE 802.11f IAPP (Inter-Access Point Protocol) 漫遊協定 [6]，使用者在切換無線基地台時即不需重新進行認證動作。

參考文獻

- [1] 周智良, “IEEE 802.11 無線網路動態平衡頻寬分配,” 國立交通大學碩士論文, 民 91 年六月.
- [2] V. Aleo, “Load distribution in IEEE 802.11 cells,” M. S. Thesis, KTH, Royal Institute of Technology, Mar. 2003.
- [3] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall and J. Davin, “Simple Network Management Protocol (SNMP),” RFC 1157, May 1990.
- [4] Cisco Systems Inc. “Performance Management: Best Practices White Paper,” December 2003, <http://www.cisco.com/warp/public/126/perfmgmt.pdf>
- [5] Y. Fukuda, T. Abe, and Y. OIE, “Decentralized Access Point for Wireless LANs,” In *Proc. of WTS 2004*, SA3, May 2004.
- [6] IEEE Std 802.11f. “IEEE Recommended Practice for Multi-Vendor AccessPoint Interoperability via an Inter-Access Point Protocol Across Distribution Systems Supporting IEEE 802.11 Operation.” *Technical report, IEEE*, Jul. 2003.
- [7] I. Papanikos and M. Logothetis. “A Study on Dynamic Load Balance for IEEE 802.11b Wireless LAN,” In *Proc. COMCON*, 2001.
- [8] C. Perkins, “IP Mobility Support,” IETF RFC 2002, Oct. 1996.
- [9] M.T. Rose, “Management Information Base for network management of TCP/IP-based internets: MIB-II,” RFC 1158, May 1990.
- [10] S.-T. Sheu and C.-C. Wu “Dynamic Load Balance Algorithm (DLBA) for IEEE 802.11 Wireless LAN,” *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol. 2, No. 1, pp. 45-52, Jun. 1999.