

# 具 QoS 之適應性磁滯垂直換手於異質網路之效能

黃永發

朝陽科技大學

資訊與通訊系

yfahuang@cyut.edu.tw

楊政穎

台北市立教育大學

資訊科學系

cyang@tmue.edu.tw

許晉維

朝陽科技大學

資訊工程系

s9427633@cyut.edu.tw

高富斌

朝陽科技大學

資訊與通訊系

s9730620@cyut.edu.tw

**摘要**—本論文探討在異質無線網路(Heterogeneous Networks)中，具各種行動服務(QoS)的環境下，垂直換手(Vertical Handoff)機制之效能研究，我們比較固定磁滯、適應性磁滯(Adaptive Hysteresis)垂直換手之換手率(Handoff rate)與傳輸率效能，由模擬結果知，適應性磁滯垂直換手可適度降低乒乓(Ping-Pong Effect)效應影響，並維持相當之傳輸率，此外，當用戶頻寬需求超過系統總頻寬時，適應性磁滯垂直換手更能提升上網用戶之系統效能。

**關鍵詞**—異質無線網路、垂直換手、適應性磁滯換手、乒乓效應

## 一、簡介

近年來，隨著無線通訊術及無線網路科技的迅速發展與進步，為了能夠滿足使用者不同需求行動服務多樣化及服務品質(Quality of Service QoS)要求，因此透過無線傳輸來提供應用與服務已成為熱門的研究課題。手持式行動式網路電話提供了使用者漫遊在異質性無線網路中仍然能夠維持通訊，但是異質網路是多種網路並存的情況，包括 WLAN 及 3G 等不同的網路系統，使用者在異質網路中，有換手(handoff)的議題[1]，在換手過程中將使得通訊產生短暫中斷，並導致大量封包遺失，進而嚴重影響通話服務品質。因此，如何提升換手過程中的通話品質，是一個重要課題。

在換手程序部分，可分為兩種換手，即為水平遞換(Horizontal Handoff)與垂直遞換(Vertical

Handoff)，水平遞換其形式指的是無線網路由原本的規格切換到另一個同樣規格的網路上[2]，例如：802.11a 切換到 802.11a 或者是 802.11b 切換到 802.11b，反的，垂直換手之形式，即是從原本規格的無線網路切換到另一個不同規格的無線網路上[3]，例如 802.11a 切換到 802.11b 或者是 802.11b 切換到 WiMAX 等。

行動台在換手後常降低通話品質，而乒乓效應(Ping-Pong Effect)是主要之原因，通常發生在基地台邊緣，會使得行動台在基地台與基地台產生多次來回的換手現象，這可能會增加整體網路的負擔，大部分文獻所提出的換手的解決方案是以接收到的訊號強度(Received Signal Strength, RSS)為導向，其中以臨界值之訊號強度(RSS with Threshold)(簡稱為 RSS-T)[4,5]與磁滯區間和臨界值之訊號強度(RSS with Hysteresis and Threshold)(簡稱為 RSS-HT)的方法較為廣泛使用[6,7]。但是 RSS-T 的方法在無線網路的邊緣會造成很多不必要的換手。雖然 RSS-HT 的機制能減少多餘的換手，但也會產生其他的缺點，例如較高的延遲換手，效能會下降等。

由於異質網路是由許多不同頻段、頻道頻寬與協定彼此之間無法相容與互連，且使用者需求也各自不同，使得訊號強弱不再是做為換手的依據，像是其他通訊成本、可提供的移動速率、使用者所需要的行動服務、使用者服務品質(QoS)以及可提供網路頻寬等等都需要列入考量，由於多媒體視訊對於服務品質要求較為嚴苛，所以頻

寬分配也較為重要[8,9]，然而不同無線網路所能提供資料各有差異，基於這個事實，再配合行動用戶進行垂直換手，就必須具有多樣化的服務品質來滿足使用者的需求，而在無線網路下進行多媒體視訊傳輸，必須避免在傳輸過程中產生中斷，所以在行動台目前基地台到另一個基地台之前，必須事先針對目標的基地台做好頻寬優先順序的分配，針對這個部份以往研究大部分都是以接收訊號強弱[10]做為判斷依據。為了能夠提供使用者進行多媒體、通話以及上網行動服務等等，並避免通訊中斷而影響服務品質，已經有許多文獻提供了相關研究[11,12]，主要目的希望能夠在有限的網路頻寬達到更有效率的資源分配。

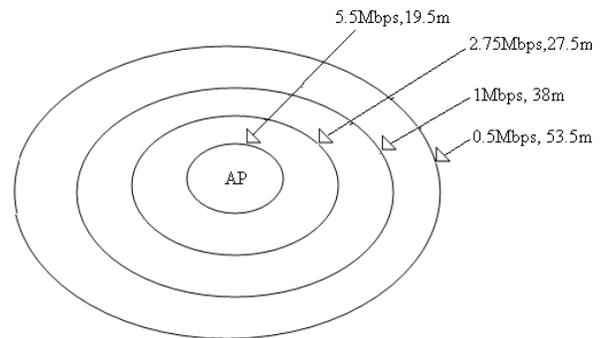
因此本文中，我們探討 WLAN 及 3G 異質性無線網路下，包含多媒體視訊、通話以及上網等行動服務，以頻寬分區配置的架構[13]，在該架構中包含了兩個主要目標：1.藉由從 WLAN 網路透過頻寬分區的方法，能夠使得行動用戶雖然在基地台邊緣還能夠分享到一定水準的頻寬，並且能夠減少受到乒乓效應的影響；2.配合行動用戶的服務需求以及可支援移動速率，提供更有效的頻寬分配。

## 二、垂直換手法

換手判斷機制方法可以分為：(1)基地台訊號強弱的判斷 [4,5]，但是這種方法會因為受到多重路徑影響或遮蔽效應的影響而變動使行動台會在兩個基地台重複換手而產生了乒乓效應。(2)使用臨界值來判斷換手，此方法主要目的是指當原來基地台的訊號強度仍然適用時，不須執行換手的動作[6]。(3)使用磁滯值來判斷換手[7]，但是這個機制主要缺點是如果基地台的訊號強度仍然是足夠強的時候，第一次的換手可能是不必要的。由於異質性無線網路可能同時存在 MN(Mobile node)，因此未來行動通訊設備設計成多重介面以便於不同性質網路的切換，因為

不同性質網路傳輸速率的不同造成 MN 資料傳輸將會改變勢必影響整體網路服務品質。

本文將 WLAN 網路中的 AP 區域做頻寬分區，如圖一所示，頻寬分區方法是依照 AP 通訊距離( $d$ )而定，我們將頻寬分為四區分別為：第一區： $d < 19.5m$ ，此區最大頻寬為 5.5Mbps，第二區： $19.5m < d < 27.5m$ ，此區最大頻寬為 2.75Mbps，第三區： $27.5m < d < 38m$ ，此區最大頻寬為 1Mbps，第四區： $38m < d < 53.5m$ ，此區最大頻寬為 0.5Mbps。



圖一 頻寬分區模型

接下來我們定義出每一個行動台在 WLAN 網路中所分配到的傳輸率為

$$B_i = BW_j + \frac{R_{i,j} - P_{i,j+1}}{P_{i,j} - P_{i,j+1}} \times (BW_{j-1} - BW_j) \quad (1)$$

其中  $BW_j$  為第  $j$  區中第  $i$  個行動台， $j=1,2,\dots,4$ ， $B_0=BW_0=5.5Mbps$ ，第  $i$  個行動台與第  $j$  個 AP 之間的距離為  $d_{i,j}$ ，第  $i$  個行動台由第  $j$  個 AP 所接收到訊號強度 (RSS) 為：

$$R_{i,j}(t) = P_t - 10\beta \log_{10} \left( \frac{d_{i,j}}{d_0} \right) + X_{dB}(t) \quad (2)$$

其中  $\beta$  為路徑減指數，通常會依不同環境而有改變， $d_0$  是指行動台離基地台最近的距離， $X_{dB}$  為平均值為 0 的高斯隨機變數，且  $\sigma = 4-10(dB)$ ， $P_t$  為

發射功率，單位為dBm， $P_{i,j}$ 為第*i*個行動台由第*j*個AP所接收到的功率，而 $P_{i,j}$ 定義為

$$P_{i,j} = P_i \times \frac{1}{\left(\frac{d_{i,j}}{d_0}\right)^\beta}, j = 1, 2, \dots, 4 \quad (3)$$

其中 $d_0=1\text{m}$ ， $d_1=19.5\text{m}$ ， $d_2=27.5\text{m}$ ， $d_3=38\text{m}$ 以及 $d_4=53.5\text{m}$ ，因此在第*q*個AP中的行動台數為 $M_q$ ，第*q*個AP中每一區的最大頻寬我們分別定義為：

第一區： $BW_1 = \frac{5.5\text{Mbps}}{M_q}$ ，第二區： $BW_2 = \frac{2.75\text{Mbps}}{M_q}$ ，第三區： $BW_3 = \frac{1\text{Mbps}}{M_q}$ ，第四區： $BW_4 = \frac{0.5\text{Mbps}}{M_q}$ ，當行動台離第*j*個AP距離(*d*)大於53.5m，第*i*個行動台在時間(*t*)所分配到的傳輸率定義為

$$B_i = BW_4 \times \frac{R_i}{P_4} \quad (4)$$

## 2.1 固定磁滯垂直換手

換手機制分為兩種如下：

(1)行動台由 3G 網路換手到 WLAN 網路判斷條件：

$$B_i > TB_r + h \quad (5)$$

(2)行動台由WLAN網路換手到3G網路判斷條件：

$$B_i < TB_r - h \quad (6)$$

其中*h*為磁滯值， $B_i$ 為第*i*部行動台所分配到的頻寬， $TB_r$ 為該行動台下在3G網路時所可分配到的頻寬。

為探討垂直換手之QoS效能，我們定義3G網路最大頻寬容量為40Mbps，且行動台用戶依其

QoS分成三種用戶，視訊，通話及上網。此外，我們假設行動台用戶之速度有三種，靜止，10km/hr及60km/hr，在不同行動速度下，其QoS所需頻寬定義為

$$r = 1, \text{ for } V = 0(\text{km/hr}) \begin{cases} QB_{S,v} = 2\text{Mbps}(\text{視訊}) \\ QB_{S,t} = 144\text{kbps}(\text{通話}) \\ QB_{S,n} = 2\text{Mbps}(\text{上網}) \end{cases} \quad (7)$$

$$r = 2, \text{ for } V = 10(\text{km/hr}) \begin{cases} QB_{T,t} = 144\text{kbps}(\text{通話}) \\ QB_{T,n} = 384\text{kbps}(\text{上網}) \end{cases} \quad (8)$$

及

$$r = 3, \text{ for } V = 60(\text{km/hr}) \begin{cases} QB_{H,t} = 144\text{kbps}(\text{通話}) \\ QB_{H,n} = 144\text{kbps}(\text{上網}) \end{cases} \quad (9)$$

不同速度(*V*)之下每一個行動台在WLAN所分配到的頻寬分別為(1)當 $V=0\text{km/hr}$ ， $B_{S,v}=2\text{Mbps}$ (視訊)、 $B_{S,t}=144\text{kbps}$ (通話)、 $B_{S,n}=B_i$ (上網)。(2)當 $V=10\text{km/hr}$ ， $B_{T,t}=144\text{kbps}$ (通話)、 $B_{T,n}=B_i$ (上網)。(3)當 $V=60\text{km/hr}$ ， $B_{H,t}=144\text{kbps}$ (通話)、 $B_{H,n}=B_i$ (上網)。

在模擬環境中，不同速度(*V*)之下行動台數量分別為(1)當 $V=0\text{km/hr}$ ， $M_{S,v}=60 \times 0.1=6$ (視訊)、 $M_{S,t}=60 \times 0.2=12$ (通話)、 $M_{S,n}=60 \times 0.7=42$ (上網)。(2)當 $V=10\text{km/hr}$ ， $M_{T,t}=60 \times 0.5=30$ (通話)、 $M_{T,n}=60 \times 0.5=30$ (上網)。(3)當 $V=60\text{km/hr}$ ， $M_{H,t}=60 \times 0.7=42$ (通話)、 $M_{H,n}=60 \times 0.3=18$ (上網)。

## 2.2 適應性磁滯垂直換手

適應性磁滯垂直換手是透過行動台與基地台遠近來調整磁滯值，在異質性網路中，適應性磁滯值根據行動台的不同位置來做適當的調整，此

方法判斷換手機制，且依據每一個使用者行動服務磁滯值( $h$ )也有所不同。(5)式與(6)式中的 $h$ 改為適應性磁滯值如下說明。

當行動台速度( $V$ )=0km/hr，且行動台服務內容為：

(A)視訊：

$$h_{S,v} = \max \left\{ 1000 \left( 1 - \left( \frac{QB_{S,v}}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (10)$$

其中  $QB_{i,PL} = BW_j + \frac{R_{i,PL} - P_{j+1}}{P_j - P_{j+1}} \times (BW_{j-1} - BW_j)$ ，

$R_{i,PL}$  為行動台受到路徑衰減影響，所接收到的訊號強度定義為：

$$R_{i,PL}(t) = P_i(t) - 10\beta \log_{10} \left( \frac{d_i}{d_0} \right) \quad (11)$$

其中 $\beta$ 為路徑衰減指數，通常會依不同環境而有改變， $d_i$ 為行動台與AP之間距離， $d_0$ 是指行動台離基地台最近的距離。

(B)通話：

$$h_{S,t} = \max \left\{ 100 \left( 1 - \left( \frac{QB_{S,t}}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (12)$$

(C)上網：

$$h_{S,n} = \max \left\{ 200 \left( 1 - \left( \frac{QB_{S,n}}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (13)$$

當行動台速度( $V$ )=10km/hr，且行動台服務內容為：

(A)通話：

$$h_{T,t} = \max \left\{ 100 \left( 1 - \left( \frac{B_i}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (14)$$

(B)上網：

$$h_{T,n} = \max \left\{ 200 \left( 1 - \left( \frac{B_i}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (15)$$

當行動台速度( $V$ )=60km/hr，且行動台服務內容為：

(A)通話：

$$h_{H,t} = \max \left\{ 100 \left( 1 - \left( \frac{B_i}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (16)$$

(B)上網：

$$h_{H,n} = \max \left\{ 200 \left( 1 - \left( \frac{B_i}{QB_{i,PL}} \right)^\gamma \right), 0 \right\} \quad (17)$$

### 2.3 基於總頻寬(Total-bandwidth based)之垂直換手

我們以整體無線網路總頻寬(Total-bandwidth based, TBB)做為判斷是否執行換手機制之考量，當第 $i$ 個行動台由3G移動至WLAN中的第 $q$ 個AP時，換手機制為

$$B_i + \sum_{m \in AP_q} B'_m > \sum_{m \in AP_q} B_m + TB_i \quad (18)$$

其中的 $B'_m$ 為換手之後行動台由WLAN中第 $q$ 個AP所分配到的頻寬， $TB_i$ 為行動台由3G中所分配到的頻寬， $B_m$ 換手之前第 $m$ 個行動台由WLAN中第 $q$ 個AP所分配到的頻寬， $q=1,2,\dots,Q$ ， $Q$ 為總共的AP數量。我們將 $B'_m$ 定義為

$$B'_m = B_m \times \frac{M_q}{M_q + 1} \quad (19)$$

當第 $i$ 個行動台由WLAN中的第 $q$ 個AP移動至3G時換手機制為：

$$\sum_{m \in AP_q} B_m < \sum_{m \in AP_q} B''_m + TB_i \quad (20)$$

其中的 $B''_m$ 為換手之後行動台由WLAN中第 $q$ 個AP所分配到的頻寬定義為：

$$B_m'' = B_m \times \frac{M_q}{M_q - 1} \quad (21)$$

其中  $M_q$  為在第  $q$  個 AP 中行動台的數量。

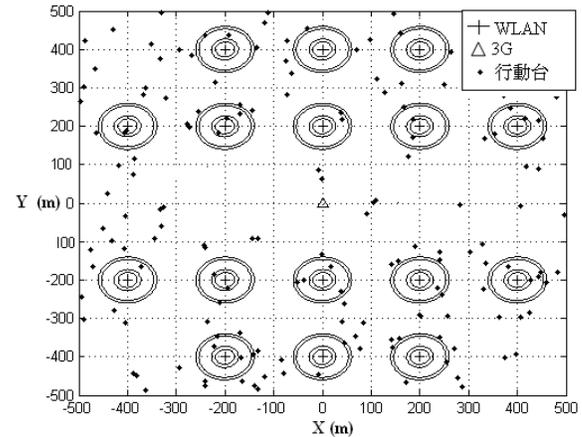
### 三、模擬結果

本文之模擬是以圖二中 WLAN 與 WCDMA 重疊之異質網路為模擬環境，包含了 16 個 AP 重疊 3G 無線網路系統，180 個行動台且每一個行動台移動為直線隨機移動方向，模擬參數如表一所列。

圖三顯示視訊服務之行動台之平均傳輸率效能比較，行動台速度(V)為 0km/hr，當磁滯值越大時使得行動台換手的時間點延後，因此會造成行動台平均傳輸率下降，而且我們從圖中可以看到適應性垂直換手傳輸率可以達到 1978kbps。

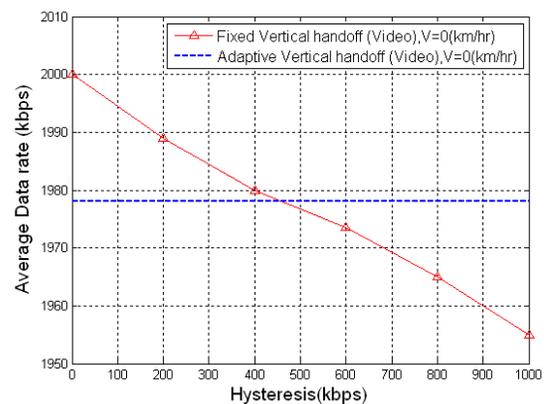
表一 模擬參數

模擬參數	數值
Mobile Station Speed(V)	0,10,60(km/hr)
Closed-in Distance( $d_o$ )	1 (meter)
Path Loss Exponent ( $\beta$ )	2
Shadow Fading Standard Deviation ( $\sigma$ )	3
Maximum Bandwidth of 3G	40(Mbps)
Number of Mobiles	180
Transmit Power	0 (dBm)
Number of WLAN APs	16
$\gamma$	8
模擬時間	180(s)



圖二 異質網路之模擬環境

圖四中，我們比較通話服務之行動台之平均傳輸率效能，行動台速度為 0km/hr、10km/hr、60km/hr，當磁滯值越大時使得行動台換手時間點延後，所以會造成行動台平均傳輸率下降，因此在圖四中我們也可以發現，由於此模擬中三種速度所設定換手磁滯值都設為 144kbps，而且由於每一個行動台都是獨立並不會互相影響，當速度越快時並不會影響傳輸率，所以此三種速度傳輸率衰減程度都是一樣的，而且從圖四中可以看到適應性垂直換手傳輸達到 136kbps。

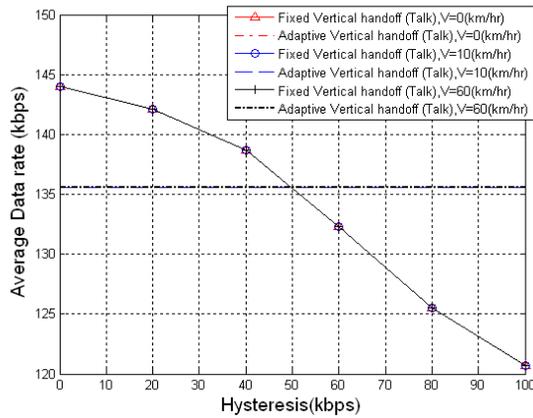


圖三 行動服務為視訊之平均傳輸率比較

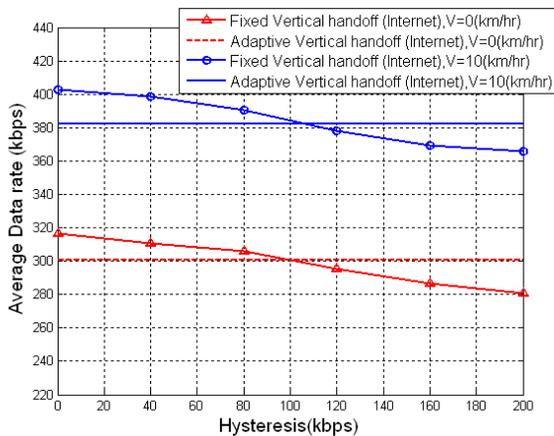
我們比較上網服務之行動台之平均傳輸率效能如圖五所示，行動台速度分別為 0km/hr、10km/hr 做比較，當磁滯值越大時使得行動台換

手時間點延後，因此會造成行動台平均傳輸率下降，由於此模擬中頻寬分配順序為 60km/hr、10km/hr、0km/hr，因此，從圖五中可知  $V=0\text{km/hr}$  之平均傳輸率比  $V=10\text{km/hr}$  速度來得低，而且我們從圖中可以看到適應性垂直換手傳輸率分別可以達到 300kbps 以及 381kbps。

圖六顯示上網服務之行動台之平均傳輸率效能比較，行動台速度為 60km/hr，當磁滯值越大時使得行動台換手的時間點延後，因此會造成行動台平均傳輸率下降，而且我們從圖六中可以看到適應性垂直換手傳輸率可以達到 181kbps。



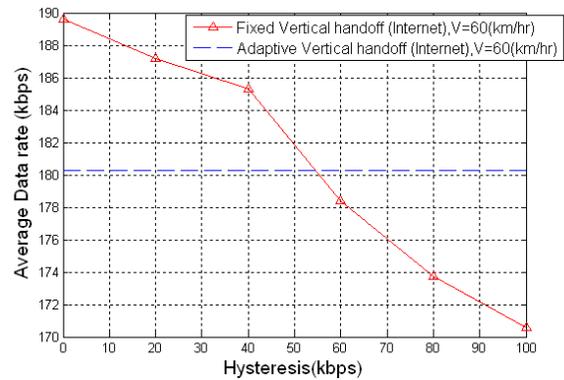
圖四 行動服務為通話之平均傳輸率比較



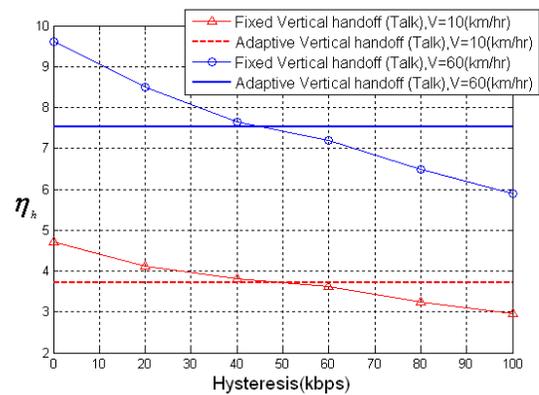
圖五 行動服務為上網之平均傳輸率比較

圖七顯示通話服務之行動台之換手率效能比較，行動台速度為 10km/hr、60km/hr，當  $h$  越大時，會造成行動台換手時間越延遲，因此會造成行動台換手率下降，由於速度越快時行動台所經過基地台次數越多，因此在  $V=60\text{km/hr}$  換手率較高，在圖七中，我們也可以發現到適應性垂直換手之換手率分別降低至 3.8 以及 7.5。

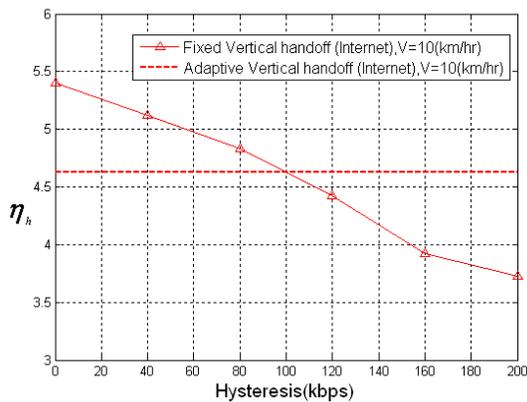
圖八顯示上網服務之行動台之換手率效能，當  $h$  越大時，會造成行動台換手時間越延遲，因此會造成行動台換手率下降，在圖中我們也可以發現到適應性垂直換手之換手率降低至 4.53。圖九顯示上網服務之行動台之換手率效能，行動台速度為 60km/hr 時之比較，當  $h$  越大時，會造成行動台換手時間越延遲，因此會造成行動台換手率下降，在圖中我們也可以發現到適應性垂直換手方法之換手率降低至 9.3。



圖六 行動服務為上網之平均傳輸率比較

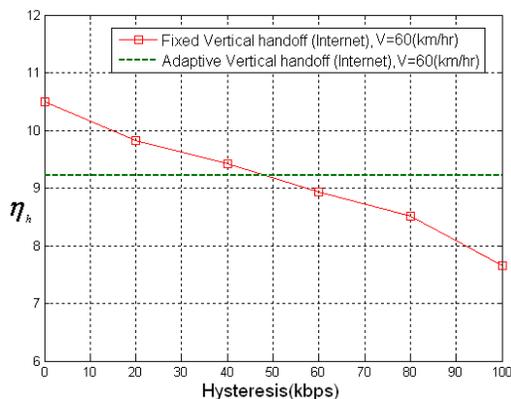


圖七 行動服務為通話之換手率比較



圖八 行動服務為上網之換手率比較

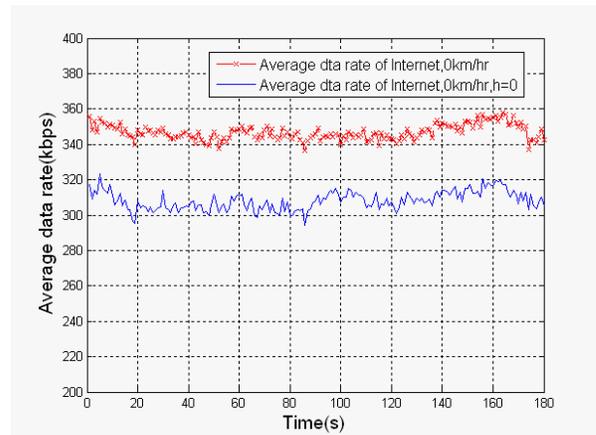
由圖九中是以固定磁滯垂直換手與適應性磁滯值垂直換手之效能比較，這兩種垂直換手是透過磁滯值來延後行動台換手位置，雖然能夠改善乒乓效應的問題，但是卻降低了行動台傳輸率影響行動台服務品質，因此我們基於總頻寬之垂直換手改善傳輸率，並且與固定磁滯垂直換手，對視訊、通話以及上網之傳輸率做比較，由於行動台之行動服務為視訊以及通話在3G或者是WLAN之傳輸率都設為2Mbps以及144kbps，由模擬結果可知傳輸率均相同。



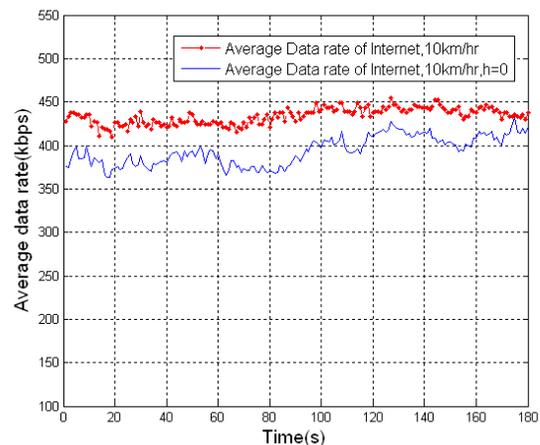
圖九 行動服務為上網之換手率比較

當行動台速度為10km/hr時，基於總頻寬之垂直換手與固定式磁滯值垂直換手之上網服務之平均傳輸率效能比較如圖十一顯示，由圖十一可知基於總頻寬限制時，適應性磁滯垂直換手，

能大幅提升行動台傳輸率。在圖十中，我們探討基於總頻寬之垂直換手與固定式磁滯值垂直換手之上網服務效能，行動台速度為0km/hr，由圖十可知基於總頻寬限制時，適應性磁滯垂直換手，能大幅提升行動台傳輸率。

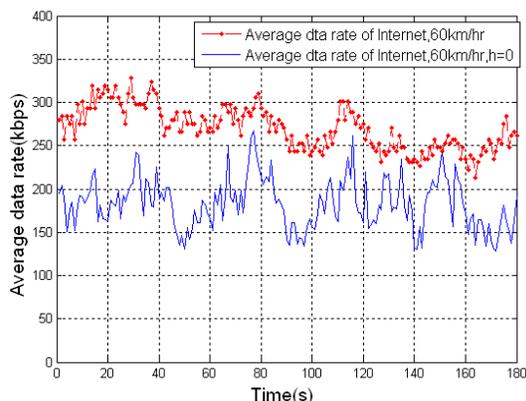


圖十 基於總頻寬(TBB)與固定磁滯垂直換手之靜止行動台之上網服務平均傳輸率比較



圖十一 速度為10km/hr之行動台，基於總頻寬與固定磁滯垂直換手之上網服務平均傳輸率比較

圖十二顯示行動台速度為60km/hr時，基於總頻寬之垂直換手與固定式磁滯值垂直換手之上網服務之平均傳輸率效能比較，由圖十二可知基於總頻寬限制時，適應性磁滯垂直換手，能大幅提升行動台傳輸率。



圖十二 速度為 60km/hr 之行動台，基於總頻寬與固定磁滯換手之上網服務平均傳輸率比較

#### 四、結論

本論文提出的頻寬分配的方法，能更有效率依據各個行動台行動服務的不同依序將頻寬分給行動台，且由模擬結果可以觀察到，固定磁滯與適應性磁滯垂直換手雖然能夠改善乒乓效應的問題，但是卻降低了行動台傳輸率影響行動台服務品質，而基於總頻寬限制時，適應性磁滯垂直換手，能大幅提升行動台傳輸率。

#### 五、致謝

感謝行政院經濟部的經費補助，計畫編號：98-EC-17-A-02-S1-126。

#### 六、參考文獻

- [1] T.S. Rappaport, "Wireless Communication: Principles and Practice," *Prentice Hall*, 1996.
- [2] Q-A. Zeng and D. P. Agrawal, "Modeling and Efficient Handling of Handoffs in Integrated Wireless Mobile Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 51, pp. 1469-1478, Nov. 2002.
- [3] K.S. Jang, J.S. Kim, D.R. Shin, "A Novel Vertical Handoff Strategy for Integrated IEEE 802.11 WLAN/CDMA Networks," *Proceedings of the Fourth Annual ACIS*, pp. 616-621, 2005.
- [4] K.-I. Itoh, S. Watanabe, J.-S. Shih and T. Sato, "Performance of Handoff Algorithm Based on Distance and RSSI Measurements," *IEEE*

*Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 51, pp. 1460-1468, Nov. 2002.

- [5] Z. Huamin and K.-S. Kwak, "Adaptive Handoff Using Distance Information," *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, Vol. 2, pp. 932-936, May 2006.
- [6] D. K. Panwar and L. Shyam, "Coverage Analysis of Handoff Algorithm with Adaptive Hysteresis Margin," *Proceedings of 10th International Conference on Information Technology Conference*, pp. 133-138, Dec. 2007.
- [7] A. H. Zahran, B. Liang and A. Saleh, "Signal Thresholds Adaptation for Vertical Handoff in Heterogeneous Wireless Networks," *Mobile Networks and Applications*, Springer Netherlands, Vol. 11, No. 4, pp. 625-640, August 2006.
- [8] N. Nasser, and H. Hassanein, "Bandwidth Reservation Policy for Multimedia Wireless Cellular Networks and Its Analysis," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 5, pp. 3030-3034, June 2004.
- [9] L. Hsu, R. Purnadi and S.S.P, "Maintaining quality of Service (QoS) During Handoff in Cellular System with Movement Prediction Schemes," *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, Vol. 4, pp. 2153-2157, 1999.
- [10] I.Nomay and J. Dunham, "AVL Based Virtual Destination Handoff Algorithm," *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, Vol. 2, pp. 1599-1603, Jul. 1999.
- [11] L. Dongyeon, H. Youngnam and H. Jinyup, "QoS-Based Vertical Handoff Decision Algorithm in Heterogeneous Systems," *Proceedings of IEEE International Symposium on Personal, indoor and Mobile Radio Communications*, pp. 1-5, Sept. 2006.
- [12] R. Tawil, G. Pujolle and O. Salazar, "A Vertical Handoff Decision Scheme in Heterogeneous Wireless Systems," *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 2626-2630, May 2008.
- [13] 鄭同伯，WLAN 無線網路系統剖析與應用，博碩文化，2003，台北。