

具服務品質保證的無線都會網路快速換手機制

張本杰 謝松儒

朝陽科技大學 資訊工程系
{changb,s9527629}@mail.cyut.edu.tw

摘要

WiMAX網路提供了單點輪詢(Unicast polling)、群播輪詢(Broadcast polling)與廣播輪詢(Broadcast polling)三種不同方式對行動節點(Mobile Station)的頻寬需求作配置,在本篇論文中我們要探討的為使用競爭機制的群播及廣播輪詢的部分,在這二種輪詢的方式中,競爭時槽(contention slot)數量的多寡影響網路利用率(Utilization)。IEEE 802.16標準中並未定義說明一個訊框(Frame)中競爭時槽數量,導致行動節點碰撞機率無法降低。因此,我們在IEEE 802.16e無線都會網路(WiMAX)中,提出一個以具品質(Quality of Service)保證的無線都會網路快速換手機制(WiMAX Fast Handoff, WiMAX_FH),達到增加換手節點連線(Handoff connection)比新節點連線(New connection)優先被基地台(Base Station)所服務,而降低換手的丟棄率(Dropping)與服務等級(GoS),同時增加網路效益。我們的研究中使用了二階段的方法來達到目的,包含了(1)動態調整競爭時槽數量及(2)成功傳輸後動態調整Backoff Stage。模擬結果顯示我們所提出的方法與IEEE 802.16標準方法比較,於碰撞機率、丟棄(Drop)機率或是服務等級(Grade of Service, GoS)的表現上都有明顯優異。

關鍵字 — 無線都會網路、服務品質、換手機制、行動節點、競爭時槽、Backoff Stage

1. 簡介

近年來無線行動通訊及服務品質需求愈來愈高,IEEE 802.11無線區域網路(Wireless Local Area Network, WLAN)的無線傳輸半徑、無線傳輸速率及節點移動性技術已無法滿足大眾的需求,因此IEEE技術工會於2004年提出IEEE 802.16d無線都會網路(Wireless Metropolitan Area Network, WiMAX)[1]滿足上述的需求。但是IEEE 802.16d只支援固定的無線傳輸服務,並未提供移動性無線傳輸的服務,因此於2005年底以IEEE 802.16d為基礎,制定了兼具IEEE 802.16d性能且具備移動性的無線網路協定 --- IEEE 802.16e協定[2]。IEEE 802.11、IEEE 802.16及IEEE 802.16e特性比較如表一所示。

IEEE 802.16是單點對多點(Point-to-Multipoint)的

表一、IEEE 802.11、IEEE 802.16及IEEE 802.16e特性比較表

	IEEE 802.11g	IEEE 802.16	IEEE 802.16e
傳輸半徑	100m~300m	8km	5km
傳輸速率	54Mbps	130Mbps	30Mbps
移動性	Low Mobility	Fixed	Medium Mobility

無線網路架構,由一個無線基地台(Base Station)及多個行動節點(Mobile Station)所構成,IEEE 802.16採用輪詢(Polling)方式服務網路中的節點,輪詢方式分為單點輪詢(Unicast Polling)、群播輪詢(Multicast Polling)與廣播輪詢(Broadcast Polling)三種。基地台所剩餘頻寬足夠服務網路中所有行動節點需求時,則基地台會使用單點輪詢機制,一旦基地台所剩餘不足以滿足網路中所有行動節點需求時,則會切換至群播輪詢或是廣播輪詢機制來服務網路中的行動節點。使用單點輪詢機制雖然得以解決IEEE 802.11中使用隨機存取機制而導致競爭的問題,但是從[7][14]得知當網路中的行動節點數呈線性成長,單點輪詢機制中所造成的時間延遲也會隨之上升,導致即時性需求的服務品質無法被保證。IEEE 802.16e提供了IEEE 802.16d所缺少的節點移動性,當執行換手程序的行動節點(Handoff Mobile Station, HMS)由原本服務基地台服務範圍執行換手程序時,需向目標基地台提出註冊程序需求。但是在目標基地台服務範圍中若同時有新產生的行動節點(New Mobile Station, NMS)向目標基地台執行註冊程序,則有機會與HMS發送的註冊要求訊息產生碰撞,使得存取延遲時間上升導致整體網路效益下降。因此,我們所要探討的問題在於廣播輪詢中,若基地台所剩餘頻寬足夠服務一個行動節點,但同時有HMS及NMS同時提出註冊要求,基地台必需先服務HMS來達到整體網路的最大效益。

在無線都會網路中,影響整體網路效能的主要因素有三個,分別為競爭週期(Contention Period)大小、傳輸資料時槽(Data Slots)個數及網路中節點數量,而在競爭週期相關的文件分析中,[3][4]分別使用二維及三維馬可夫決策分析網路中碰撞機率,但是使用的馬可夫決策模型並未符合IEEE 802.16標準的精神。[11]依照網路中不同節點個數決定競爭週期大小,使得網路

效能不隨著網路中行動節點數上昇而崩潰，但是相對的使得當網路中行動節點數過多造成競爭週期過大，導致傳輸資料時槽太少而造成網路效能下降的缺點。[8]可以提升45%的網路效能，但是卻沒考量到在現實情況中無限個數的行動節點個數會產生高碰撞機率，導致節點被丟棄而使得網路效能下降。儘管[12]分析出競爭時槽與節點數的比例為二倍的節點數加一個競爭時槽為最佳值，但是依然沒考量到當節點數呈線性成長會造成傳輸資料時槽過少，導致網路效能降低的情況。

因此我們在這篇文章中提出了在無線都會網路中具品質保證的無線都會網路快速換手機制，進行二階段進行，包含動態調整競爭時槽及傳輸成功後依不同優先權節點動態調整backoff stage。來達到達到增加換手節點連線(Handoff connection)比新節點連線(New connection)優先被基地台(Base Station)所服務，而降低換手的丟棄率(Dropping)與服務等級(GoS)，同時增加網路效益的目標。

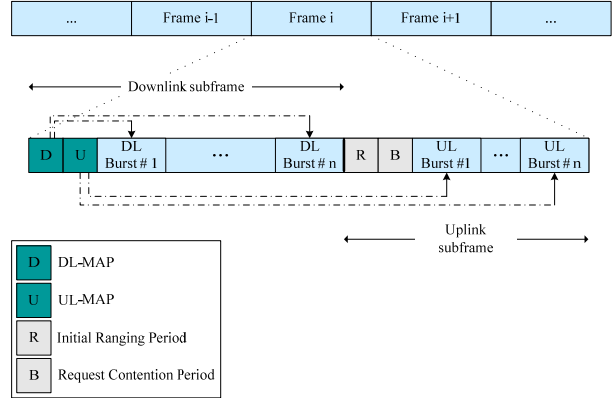
本篇文章其餘的架構如下列文字敘述。第二章節會詳細的介紹我們研究所提出的網路架構。在第三章節我們會詳細描述所提出的以服務品質保證為基礎的快速換手機制方法。我們提出的方法與IEEE 802.16標準的方法比較模擬結果於第四章節。結論及未來預期完成工作將於第五章節說明。

2. IEEE 802.16 標準

IEEE 802.16為單點對多點的無線網路架構，是由一個基地台及多個行動節點所構成，基地台與行動節點間使用訊框做資料傳送，其中訊框又由下行子訊框(Downlink Subframe)及上行子訊框(Uplink Subframe)所組成。基地台使用下行子訊框傳送資料給行動節點，而行動節點則使用上行子訊框傳送資料給基地台。下行子訊框是由下列排程、上列排程及下行資料傳輸時槽所構成，上行子訊框由競爭週期區間及資料傳輸區間，其中競爭週期區間又可分為註冊程序(Initial Ranging)競爭區間及頻寬要求(Bandwidth Request)競爭區間，行動節點會在競爭週期區間內進行註冊程序或頻寬要求，如圖一所示。

IEEE 802.16中基地台是採用輪詢的方式服務覆蓋範圍中的行動節點，輪詢的方式分為單點輪詢、群播輪詢及廣播輪詢三種，基地台會依照目前所剩餘的頻寬不同，而使用不同的輪詢方式，其說明如下：

1. 單點輪詢：基地台所剩餘的頻寬足夠服務覆蓋範圍中所有行動節點需求時，基地台會採用單點輪詢的方式服務覆蓋範圍下的行動節點，使用單點輪詢的優點於可避免行動節點關於傳送資料時發生碰撞的情況，進而保證整體網路的效能，但是當網路中行動節點數量呈線性成長時，長時間的輪詢延遲問題也伴隨而來。
2. 群播輪詢、廣播輪詢：當基地台所剩餘的頻寬在同一時間點不足以服務覆蓋範圍中所有行動節點需求時，則基地台會改為群播輪詢或廣播輪詢機制。於此二種機制中，網路中的行動節點會形成數個群組(群播輪詢)或一個群組



圖一、IEEE 802.16訊框結構

(廣播輪詢)，群組中的行動節點會進行競爭程序決定被基地台服務的輪詢優先順序。

3. 網路模型

在此章節中，我們描述無線都會網路的環境、特性並且定義網路模組。首先我們定義了網路架構，接下來我們將會定義一些參數，最後我們會詳細的定義在無線都會網路中所提出衡量方法的效能參數。

我們先建立一個IEEE 802.16e無線網路系統模型，並以圖形 $G=(V, E)$ 描述此模型。圖二表示的是無線都會網路架構，其中 V 代表的是網路架構中的無線節點，而 E 代表的是無線網路連結。此模型中，節點 V 可分為IEEE 802.16e基地台及行動節點，其中基地台以 V_i^{BS} 表示而行動節點可分為高優先權的行動節點 $V_i^{MS_H}$ 及低優先權的行動節點 $V_i^{MS_N}$ ，其中 i 為節點索引，圖三代表的是行動節點的優先權判別。在此網路架構中，若行動節點與基地台都處於傳輸半徑之內，則每個基地台及行動節點可使用框訊互相交換訊息及感測對方的傳輸半徑。在群播輪詢及廣播輪詢機制中，行動節點會使用以競爭為基礎的註冊要求。當使用以競爭為基礎的註冊要求時，欲傳送註冊要求的行動節點需先亂數選取競爭傳送時機(Contention Transmission Opportunity)，降低行動節點間的碰撞機率，則競爭傳送時機的範圍為

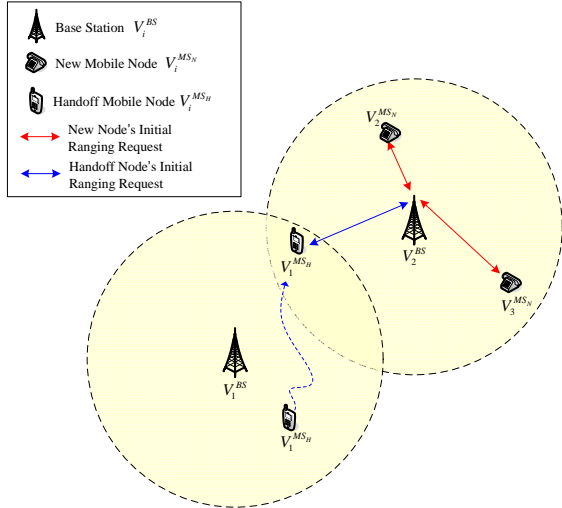
$$\begin{cases} CW_{\max} = 2^j CW_{\min} & , 0 \leq j \leq m \\ CW_{\max} = 2^m CW_{\min} & , m \leq j \leq m_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

其中 CW_{\max} 及 CW_{\min} 分別代表最大競爭傳送時機值及最小競爭傳送時機值， j 代表的是Backoff stage，而 m 所代表的是當行動節點傳送的要求經過 m 次碰撞後，則此行動節點亂數選取競爭傳送時機範圍的指數則停留在 m ，一旦行動節點的碰撞次數超過 m_{\max} 次，則此行動節點的註冊要求訊息將被基地台丟棄。接下來我們定義一些會使用的參數。

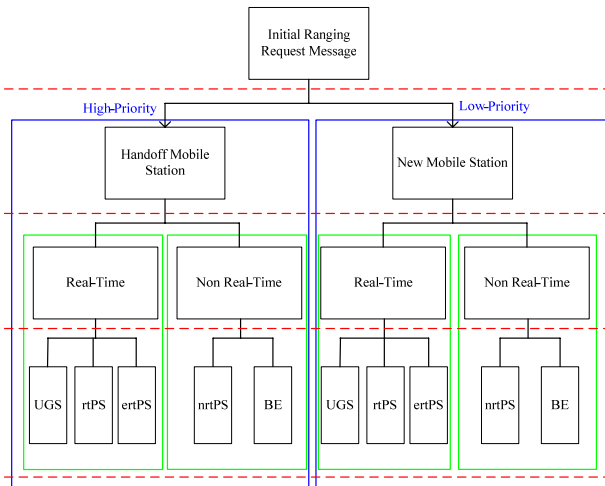
F_S ：一個訊框(Frame)中競爭時槽個數。

N_H ：網路中高優先權行動節點總個數。

N_N ：網路中低優先權行動節點總個數。



圖二、無線都會網路架構



圖三、行動節點優先權判定流程

N_T ：網路中節點總個數， $N_T = N_H + N_N$ 。

S_{\min} ：Backoff Stage的最小值。

S_r ：二種不同優先權行動節點backoff stage值。

最後在此網路架構中，我們進行了三種不同的效能分析，分別為碰撞機率分析、行動節點丟棄機率分析及服務等級(Grade of Service, GoS)分析。首先，網路架構中的平均碰撞機率 P_c 定義為 $P_c = T_c/T_i$ ，其中 T_i 代表的是行動節點發送註冊要求訊息總傳送次數而 T_c 為註冊要求訊息總碰撞次數。第二、節點丟棄機率 P_r 為 $P_r = T_r/T_m$ ，其中 T_r 代表的是註冊要求訊息總丟棄次數而 T_m 為總註冊要求訊息個數。第三，一個漫遊連線可能因為目標基地台無法提供足夠的頻寬而被迫中斷或中止連線導致連線被丟棄。而丟棄一個漫遊連線所損失的利益遠比丟棄一個新產生的連線來得多。為了達到整體網路中的最大效益，基地台必須能充分滿足網路中所有連線的需求，因此服務等級(Grade of Service, GoS)被提出來做為一個重要的效能分析參數，它是由高優先權行動節點的丟棄機率和低

優先權行動節點的丟棄機率所結合而成，計算服務等級方法如(2)式所示：

$$Grade\ of\ Service = W_B \frac{\sum_{k=1}^K B_k}{K} + W_D \frac{\sum_{k=1}^K D_k}{K}, \quad (2)$$

其中 D_k 及 B_k 分別代表的是二種不同優先權行動節點的丟棄機率， D_k 代表的是高優先權行動節點的丟棄機率而 B_k 代表的是低優先權行動節點的丟棄機率， W_B 及 W_D 分別代表不同優先權行動節點丟棄的權重。在本論文中 W_B 及 W_D 被定義在[15]。

4. 具服務品質保證的快速換手方法

為了保證不同優先權行動節點間存取時間延遲的差異性，我們提出了一個以服務品質保證為基礎的快速換手機制，這個機制中分為二個步驟執行，分別為動態調整時槽數量及成功傳輸註冊要求訊息後動態調整Backoff Stage。第一步驟，動態調整競爭時槽數量能保證高優先權行動節點能比低優先權行動節點較早進入基地台的服務週期。第二步驟，成功傳送註冊要求訊息後動態調整Backoff Stage，使不同優先權行動節點錯開選取競爭傳送時機的範圍。降低行動節點選取到相同競爭傳送時機值的機率，達到降低行動節點的碰撞機率，使得整體網路效能上昇並且可降低平均存取延遲時間。此二步驟的方法會於本節文章中詳細的敘述及說明。

A. 動態調整競爭時槽數量

IEEE 802.16網路中雖然提供了競爭週期給予行動節點於群播輪詢及廣播輪詢時進行競爭的動作，但是IEEE 802.16標準中並未詳細說明適當的競爭週期大小而導致行動節點容易產生碰撞的現象，造成整體網路效能降低而無法達到網路最大效益。因此我們在這提出了動態調整競爭時槽的方法支援二種不同優先權的行動節點錯開產生碰撞的機會。圖四所要表示的高優先權的行動節點可以使用競爭週期內所有競爭時槽，而低優先權的行動節點則只能使用競爭週期內一半的競爭時槽，若競爭週期內的競爭時槽個數為奇數，則低優先權的行動節點會將可使用的競爭時槽取下高斯運算後方為可使用的競爭時槽個數，如(3)式。例如，若假設競爭週期內的競爭時槽個數為三十一個，高優先權節點可使用的競爭時槽個數則為三十一個，但低優先權在經過運算後能使用的競爭時槽個數為十五點五個，則在經過下限值運算後，低優先權能使用的競爭時槽個數則為十五個。

$$\begin{cases} F_S^r = F_S & , r \in H \\ F_S^r = \left\lfloor F_S \cdot \frac{1}{2} \right\rfloor & , r \in N \end{cases} \quad (3)$$

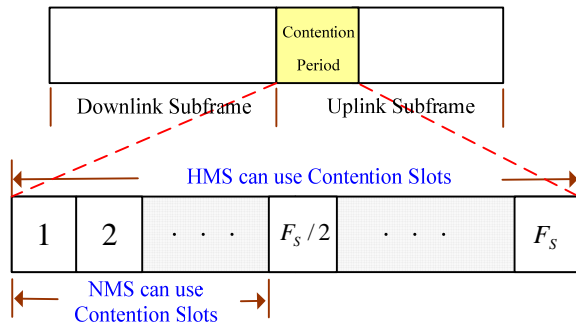
F_S^r 代表的是二種不同優先權的行動節點各自於一個訊框中可使用的競爭時槽個數，其中的 r 所代表的是行動節點的優先權。主要動機是為了使基地台能優先服務高優先權行動節點而達到整體網路最大效

益的目的，因此提出動態調整競爭時槽數量的方法來達到目的，當網路中行動節點數量增加，行動節點間碰撞機率相對上升使得行動節點選取競爭傳送時機的範圍大，所以帶來的優點為：當高優先權行動節點與低優先權行動節點同時亂數選取到相同競爭傳送時機值時，則高優先權行動節點會先進入基地台的服務週期。例如，若假設一個訊框中競爭時槽個數為三十二個，高優先權行動節點與低優先權行動節點選取到相同競爭傳送時機值為九十六，經過階段一方法後，高優先權行動節點會於第三個訊框進入基地台的服務週期，而低優先權行動節點會於第六個訊框才進入基地台的服務週期。因此，我們第一階段的方法能使高優先權的行動節點較快進入被基地台服務的競爭週期，進而達到降低存取時間延遲的目標。

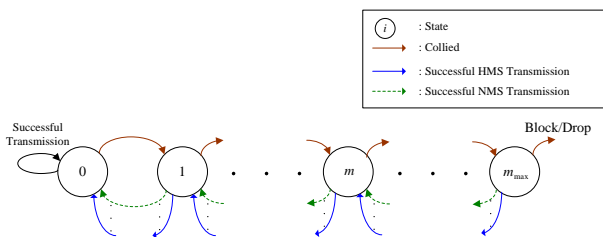
B. 成功傳送註冊要求訊息後動態調整Backoff Stage

IEEE 802.16標準詳細說明了行動節點成功傳送註冊要求訊息後，高優先權行動節點與低優先權行動節點各自所屬的backoff stage皆轉變至最小值 S_{\min} ，此方法會使高優先權行動節點與低優先權行動節點所選取的競爭傳送時機範圍相同，無法錯開競爭傳送時機範圍而無法降低碰撞機率。因此我們再此提出了成功傳送註冊要求訊息後動態調整Backoff Stage的方法，圖五說明了支援了二種不同優先權的行動節點得以錯開各自選取競爭傳送時機的範圍，來達到降低發生碰撞機率的目標。我們的方法會依照網路中二種不同行動節點型態調整成功傳送註冊要求訊息後轉變的backoff stage，如下(4)所示：

$$\begin{cases} S_r = S_r - \lfloor S_r \cdot [(N_N + \alpha)/N_T] \rfloor, & r \in H \\ S_r = S_r - \lfloor S_r \cdot [(N_H + \alpha)/N_T] \rfloor, & r \in N \end{cases} \quad (4)$$



圖四、動態調整競爭時槽。



圖五、動態調整Backoff Stage

$$\begin{cases} \alpha = 0 & , |V^{MS_H}| \leq |V^{MS_N}| \\ \alpha = -N_T & , |V^{MS_H}| > |V^{MS_N}| \end{cases} \quad (5)$$

參數 α 的設定是為了保證高優先權行動節點所能選取的競爭傳送時機範圍經過計算後必定小於低優先權的行動節點，使得高優先權的行動節點較快進入被基地台服務的競爭週期，進而達到降低存取時間延遲與降低碰撞機率的目標。例如，假設高優先權行動節點數為十個，低優先權行動節點數為九十個，高優先權行動節點於第十五次重傳時成功，而低優先權節點於第四次傳送時成功，在經過階段二方法處理後，高優先權行動節點的Backoff Stage則會回到三，但低優先權行動節點的Backoff Stage則會停留在四。因此階段二的方法可保證高優先權後動節點在註冊要求訊息傳輸成功後，可回到較小競爭傳輸時機範圍的區段。

5. 模擬數據

這個章節會詳細的說明及評估我們提出的動態調整競爭時槽數量及成功註冊要求訊息後動態調整backoff stage藉由不同的效能分析，包括：(1)碰撞機率分析、(2)行動節點丟棄機率分析及(3)服務等級分析，於無線都會網路中能有效降低行動節點的碰撞機率。我們的模擬環境如圖一所示，包含了基地台及數個行動節點。行動節點又分為高優先權行動節點及低優先權行動節點二種。在模擬結果我們比較的方法包括：我們所提的方法(WiMAX_FH)、IEEE 802.16標準所提的方法(IEEE 802.16e)及[7]所提出的H-EDCA方法(H-EDCA)。我們的模擬參數如表二所示，模擬時間為五萬個單位時間，其中時間以訊框為單位，網路中行動節點的數量範圍為20~1000個節點，傳送一個訊框所需的時間為10毫秒(ms)，訊息到達率範圍為0.1至1，模擬中每一Frame中競爭時槽數量分別為8個、16個及32個，其中最大重傳要求訊息次數、最大競爭傳送時機範圍及最大Backoff Stage均遵循IEEE 802.16標準所設定。

表二、模擬參數

Simulation parameter	Value
Simulation time (frame)	50000
Number of nodes (NDS)	20~1000
Frame period	10ms
Node priority	$V_i^{MS_H}, V_i^{MS_N}$
Arrival rate of registration	0.1~1
Number of contention slots for initial ranging or bandwidth request per frame	8, 16, 32
Maximum number of retransmissions	15
Maximum contention slot	1024
Maximum backoff stage	10

圖六所要表示的意思為在網路中不同數量的行動節點範圍的情況下分析不同方法的碰撞機率，行動節點數量範圍由20點至1000點。圖六顯示，我們所提出的方法與IEEE 802.16標準及H-EDCA方法[13]比較後能達到較佳的碰撞機率。最主要的原因在於IEEE 802.16標準的方法與H-EDCA的方法中並沒有類似我們方法中第一階段，錯開進入基地台服務的競爭週期。

圖七為在網路中不同數量的行動節點範圍的情況下分析不同方法的行動節點丟棄機率，行動節點數量範圍由20點至1000點。圖七顯示，我們的方法與IEEE 802.16標準及H-EDCA比較可得知，我們的方法不僅降低了高優先權行動節點的碰撞機率，同時在於低優先權行動節點的碰撞機率也比IEEE 802.16標準及H-EDCA來得好，比較後我們的方法可以達到較佳的行動節點丟棄機率。

圖八所要表示的意思為在網路中不同數量的行動節點範圍的情況下分析不同方法的服務等級，服務等級愈高表示系統效能愈差，行動節點數量範圍由20點至1000點。圖八顯示，我們所提出的方法與IEEE 802.16標準及H-EDCA比較後能有效的降低服務等級。

6. 結論與未來研究

無線都會網路中，若行動節點所發送的訊息或封包發生碰撞的情況，會造成網路效能降低導致無法達到最大的網路效益。為了在無線都會網路中降低行動節點的碰撞機率及達到整體網路的最大效益，我們提出了以服務品質為保證的快速換手機制。我們的方法在無線都會網路中，首先可以錯開不同優先權的行動節點進入被基地台的服務週期時間，降低了不同優先權的行動節點於基地台服務週期時間內發生碰撞的機率，能夠優先服務效益較高的高優先權行動節點。第二階段的方法能使得不同優先權的行動節點在不同的競爭傳送時機範圍內選取不同的競爭傳送時機，減少不同優先權的行動節點選取到相同競爭傳送時機的機率。我們所提出的方法不僅降低了行動節點的碰撞機率，並且降低了整體網路行動節點所發送的註冊要求訊息被基地台丟棄的機率，進而達到整體網路的最大效益而達到我們的目的。最後模擬數據證明了我們的方法在碰撞機率、行動節點丟棄機率及服務等級的數據表現上，皆明顯的勝過於IEEE 802.16標準的方法。

相關研究中我們已經完成在無線都會網路中降低行動節點間發生碰撞機率的實驗，往後我們的研究會以馬可夫鏈決策更精準的以數學角度分析每種狀態中不同的碰撞機率及存取延遲時間。

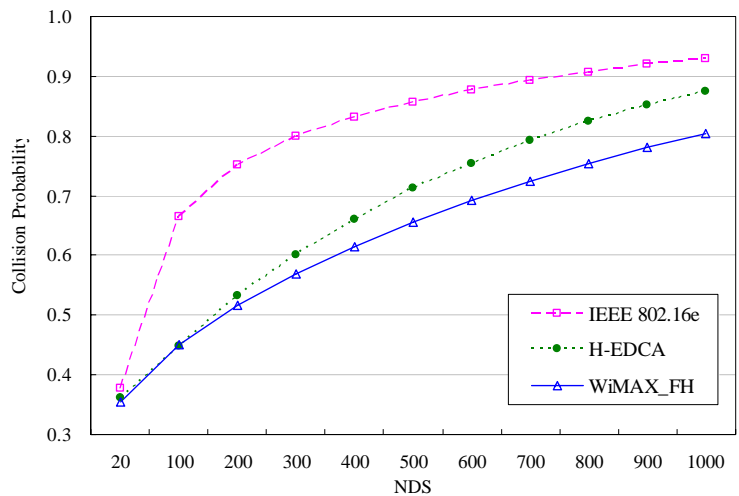
7. 參考文獻

- [1] "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," *IEEE Std 802.16*, pp.1-857, Oct. 2004.
- [2] "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed

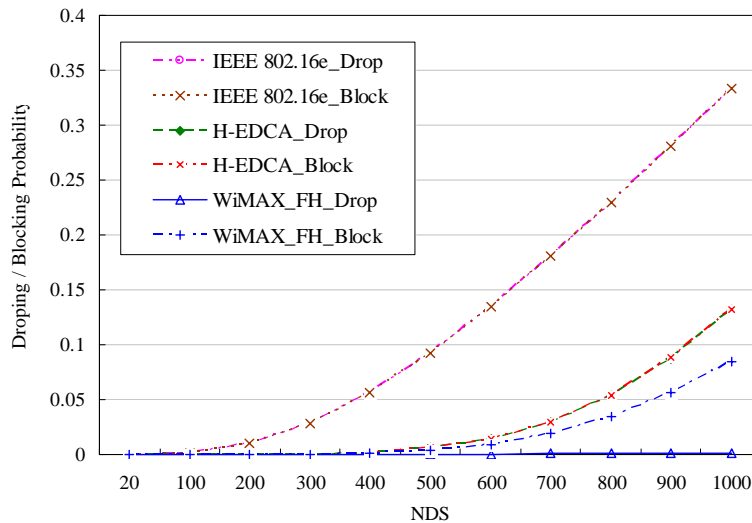
- Broadband Wireless Access Systems," *IEEE 802.16e Standard*, Feb. 2006.
- [3] L. Lin, B. Han and W. Jia, "Modeling and Performance Analysis of Initial Connection in IEEE 802.16 PMP Networks," *IEEE 63rd International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 609 - 612, Jul. 2006.
- [4] W. Jia, W. Lu and L. Lin, "Performance Analysis of IEEE 802.16 Multicast and Broadcast Polling based Bandwidth Request," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 1854-1859, Mar. 2007.
- [5] L. Lin, W. Jia, B.o Han and L. Zhang, "Performance Improvement using Dynamic Contention Window Adjustment for Initial Ranging in IEEE 802.16 P2MP Networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 6, Mar. 2007.
- [6] B.J. Chang, Y.L. Chen and C.M. Chou, "Adaptive Hierarchical Polling and Cost-based Call Admission Control in IEEE 802.16 WiMAX Networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 5, Mar. 2007.
- [7] B.J. Chang and C.M. Chou, "Adaptive Polling Algorithm for Reducing Polling Delay and Increasing Utilization for High Density Subscribers in WiMAX Wireless Networks," *IEEE International Conference on Communication Systems*, pp.1-5, Oct. 2006.
- [8] P.X. Zheng, Y.J. Zhang and L.S. Chang, "Analysis of Exponential Backoff with Multipacket Reception in Wireless Networks," *Proceedings 31st IEEE Conference on Local Computer Networks*, pp. 855-862, Nov. 2006.
- [9] D.H. Lee, K. Kyamakya and J.P. Umondi, "Fast Handover Algorithm for IEEE 802.16e Broadband Wireless Access System," *Wireless Pervasive Computing*, Jan. 2006.
- [10] L. Wang, F. Liu, Y. Ji and R. Nararat, "Admission Control for Non-preprovisioned Service Flow in Wireless Metropolitan Area Networks," *Fourth European Conference on Universal Multiservice Networks*, pp. 243 - 249, Feb. 2007.
- [11] S.M. Oh and J.H. Kim, "The Optimization of the Collision Resolution Algorithm for Broadband Wireless Access Network," *The 8th International Conference Advanced Communication Technology*, pp. 1944-1948, Vol. 3, Feb. 2006.
- [12] S.M. Oh and J.H. Kim, "The Analysis of the Optimal Contention Period for Broadband Wireless Access Network," *IEEE 3rd Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, pp. 215-219, Mar. 2005.
- [13] B.J. Chang and J.W. Chu, "H-EDCA: QoS-based High Performance Media Access Control for IEEE 802.11e WLANs," *IEEE Global Telecommunications Conference*, pp. 1 - 5, Nov. 2006.
- [14] C. Cicconetti, L. Lenzini, E. Mingozzi and C. Eklund, "Quality of service support in IEEE 802.16 networks," *IEEE Network*, Vol. 20, pp. 50 - 55, Mar. 2006.

[15] S. Boumerdassi and A.-L. Beylot, "AdaptiveChannel Allocation for Wireless PCN,"

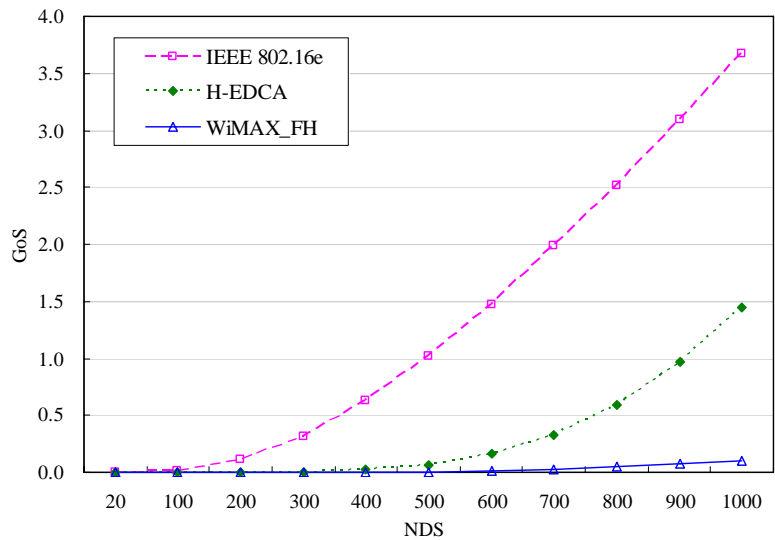
Mobile Networks and Applications, Vol. 4, No. 2, pp. 111–116, Jun. 1999.



圖六、不同節點數的碰撞機率



圖七、不同節點數的丟棄機率



圖八、不同節點數的服務等級(Grade of Service)