

Enhanced the Transmission Performance for QoS Guarantee in WiMAX

陳毓璋 賴泰安
樹德科技大學 資訊工程系

sclass@ms1.hinet.net, s94639109@mail.student.stu.edu.tw

摘要

在本篇論文中，我們根據 IEEE802.16e 的 QoS 模組來做修改，在 QoS 模組中，由於沒有定義 Admission Control，因此我們在 BS 中加入 High Efficiency Admission Control(HEAC)，且在 base station(BS)與 subscriber station (SS)之間的傳輸過程中，利用我們所提出的頻寬分配 Fair Priority Bandwidth Allocation(FPBA)來分配頻寬，並在 SS 中根據封包的優先權(UGS>rtPS>nrtPS>BE)來做封包的管理。在本篇論文中，我們針對 QoS (Quality of Service)來做改善，像是在通訊的過程中通話的品質、網路資料傳輸的正確性、速度等都是我們考慮的重要問題。本文中會詳細介紹 802.16e 的規格，並且針對 QoS 應用在 WiMAX 的架構。整個架構中，我們在 WiMAX 的基地臺中增加了 High Efficiency Admission Control(HEAC)的協定，經過 HEAC 的決策後，將封包送到 PFBA 來做頻寬的分配，當 SS 收到封包時再將封包作有效的分類管理，使的基地台將資料傳輸到使用者時降低封包的遺失以及延遲。

關鍵詞：WiMAX、QoS、HEAC、FPBA。

Abstract

In this paper, we will modify the QoS (Quality of Service) of IEEE802.16e. In QoS module, because the admission control has not been defined, so we increased the High Efficiency Admission Control (HEAC) in BS. For the transmission between base station (BS) and subscriber station (SS), we proposed the Fair Priority Bandwidth Allocation (FPBA) to allocate the bandwidth. And according to the packet of priority (UGS>rtPS>nrtPS>BE) in SS to management the packets. In this paper, will improve some problems for QoS, such as quality of communication, the correction of data transmission and data rate. We will introduce the specification of 802.16e, and apply the QoS into WiMAX architecture. In the whole architecture, we increase the High Efficiency Admission Control (HEAC) into BS of WiMAX. After the decision of HEAC, the packets will be sent to PFBA to allocate bandwidth. When the SS receives the packets, the packets will efficient to be classified. When the BS transmits the data to user, the packets loss and delay will be reduced.

Keywords: WiMAX、QoS、HEAC、FPBA.

1. 前言

本文所採用的架構為新一代的無線網路 "WiMAX"(Worldwide Interoperability for Microwave Access)[1][2][5]，此架構由 IEEE 在 2000 年時所提出的規格，其規格為 802.16，其頻率為 10~66GHz，傳輸方式被限定為點對點傳輸 (Point-to-Point)，其環境必須要在可視距(Line of Sight ; LOS)的環境中作傳輸，最遠的傳輸距離可達 5 公里，最大傳輸量為 134Mbps。直到 2003 年提出 802.16a，主要針對 802.16 的傳輸方式做改善，其傳輸方式修改為單點對多點(Point-to-Multipoint)的方式，環境也改善為非視距(Non Light of Sight ; NLOS)的傳輸環境，頻率為 2~11GHz 且最高傳輸量為 75Mbps。在目前正在制定的 802.16e 中，其頻率為 2~6GHz，主要增加了 QoS 以及換手(Handoff)的相關功能，以及支援移動式的傳輸，因此在傳輸距離較短，只有在 5 公里內，傳輸速率可達 15Mbps。在 802.16e 的標準中定義了 PHY、MAC protocol 以及 QoS 機制，但是卻沒有制定 Uplink(SS to BS)及 Downlink(BS to SS)的頻寬分配，在 QoS 的架構中也沒有定義 Admission Control 的法則，因此我們在本文中制定了 Admission Control Policy 來控制 Service flow 的數量，並且提出頻寬的分配將不同型態的資料依照優先權傳送到 SS 的佇列中。本文中將針對 QoS 的問題，討論以下三個主題：(1)Admission Control (2)Bandwidth Allocation (3)Queue management。

2. IEEE802.16e MAC Protocol

在 IEEE802.16e 中主要由兩個元件所組成：Base Station(BS)及 Subscriber Station(SS)，其傳輸的方式為 Point-to-Multipoint(PMP)，也就是傳送任何資料都必須透過 BS，而在 SS 與 BS 之間 Communication path 有兩個主要的方向：Uplink Channel (SS to BS) 及 Downlink Channel (BS to SS)，當資料要從基地台做傳輸時使用了 Downlink Channel 來廣播給所有的 SS，而 SS 向 BS 提出要求時使用 Uplink Channel 向 BS 提出要求，如圖 1 所表示的 802.16 環境架構。

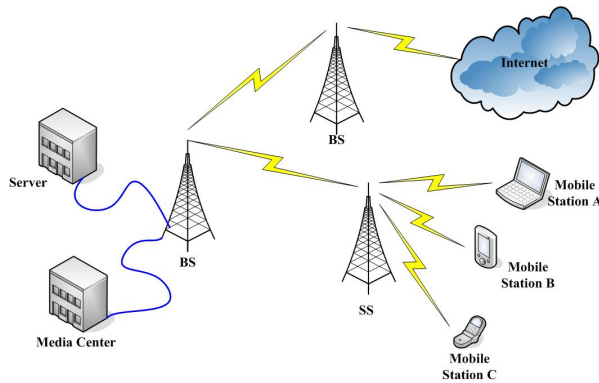


圖 1 802.16 環境架構

在傳輸過程中則是使用了 TDMA(Time Division Multiple Access)的方式，因此時槽的分配必須由 BS 來主動分配，每一個 Frame 均是由數個 time slots 所組成，且一個 frame 中會分配 upstream 以及 downstream 來供給 SS 及 BS 來使用，BS 及 SS 必須在每個 time slot 內同步的傳輸資料。圖 2 為 Frame 中 Upstream 及 Downstream 的分配[3][5]。在 802.16e 做傳輸之前，其 SS 中的應用程式必須先與 BS 建立連線，並且將使用者所要求的 Service Flow 型態一起傳送給 BS，當 BS 收到要求後開始作認證，認證結束隨即分配 CID 給每一個 Downlink 及 Uplink。

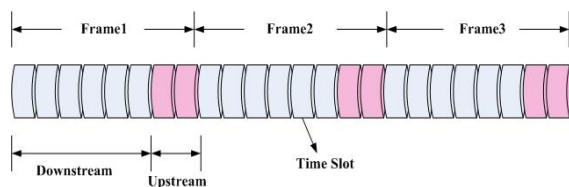


圖 2 Upstream and Downstream allocation in Frame

3. 802.16 的 QoS 架構

在 802.16e 的四個 QoS 架構中沒有詳細的提到如何的將封包做有效的排程，因此在本節中，我們根據 802.16e 的四個架構並在 BS 中加入了 HEAC 來有效的管理封包存取，並且根據資料的優先權來做有效的封包排程。以下為 802.16e 所制定的 QoS 架構[3][4][5][7]：

- (1) UGS (Unsolicited Grant Service)：被設計成即時的流量控制，要求固定的頻寬配置，BS 提供了固定大小的資料封包，並且禁止使用 contention requests，適用於 CBR(Constant bit rate)。例：VoIP(Voice over IP)。
- (2) rtPS (Real-Time Polling Service)：支援即時的流量控制來產生可變動大小的封包，頻寬的要求必須定義最大的延遲，適用於 VBR(Variable

bit rate)。例：MPEG video。

- (3) nrtPS (Non-Real-Time Polling Service)：被設計成非及時的流量控制來要求可變動大小的資料，在頻寬配置上只要求最小量，所以可以使用 contention requests。例：較高頻寬的 FTP。
- (4) BE (Best Effort)：允許使用 contention requests，沒有 QoS 的保證但是卻有較好的傳輸；像是 HTTP 的傳輸。

4. Enhanced the QoS for IEEE 802.16

在 802.16e 的標準中沒有明確定義不同的資料形態該如何有效的傳輸及管理，也沒有定義 Admission Control，因此我們根據上述的缺點在 BS 中加入了 High Efficiency Admission Control(HEAC)，並且在 SS 中的佇列作有效的管理不同型態的封包，我們根據以下三個主題做討論：(1)Admission Control (2)Bandwidth Allocation (3)Queue management。

4.1. Admission Control

在 IEEE802.16 的規格中，當使用者向基地台要求資料之前，SS 必須先與 BS 建立連線，將要求的資料種類傳送給 BS，BS 就開始分配 CID 給 SS，讓 SS 來做資料接收的辨識，並且由 BS 來掌管 Uplink 及 Downlink 的頻寬分配。在 SS 與 BS 的連線之間並未定義 Admission Control，所有的封包在 SS 中根據 CID 來做分類，並且轉送到適當的 Queue 中，因此我們在本篇論文中將修改 IEEE802.16e 中的 QoS 架構，並在 BS 中加入 Admission Control 來管理整個 Queue 的傳輸。加入 Admission Control 的目的為的是要決策是否讓新的連線要求被建立，BS 必須根據我們所定義的法則來偵測其頻寬是否夠用，以及 SS 中的 Queue 是否壅塞，但是我們必須遵守一個原則，那就是原有的 QoS 連線不會被降低等級，除非使用者的要求超出 QoS 連線而必須被降低等級，以下是我們所提出的法則。

4.1.1. 種類標籤(Category Label)

由於在 IEEE802.16e 的傳輸過程中，BS 均是以廣播的方式來做傳輸，將資料傳送給所有的使用者，在開始傳輸前，SS 都會被分配到唯一的 CID，使用者就會依照 CID 來辨識其所收到的封包是否為自己所要的封包，若不是自己所想要的封包，則會將收到的封包丟棄，若是自己需要的封包則會接收，為了避免透過 CID 來辨識封包，我們提出了種類標籤(CLab)來取代 CID，並根據 IEEE802.16e 所定義的四個 QoS 架構來做分類。假設 $\theta(x) \in$ 資料種類，因此我們分類以下的標籤。

$$\theta(x) \begin{cases} \theta(1): \text{UGS} \\ \theta(2): \text{rtPS} \\ \theta(3): \text{nrtPS} \\ \theta(4): \text{BE} \end{cases}$$

4.1.2. High Efficiency Admission Control (HEAC)步驟

根據以上的種類標籤，我們開始介紹我們所提出的 High Efficiency Admission Control[6]的步驟。
 步驟一：SS 利用 Uplink Channel(SS to BS)向 BS 提出與 BS 建立連線，建立連線之後，SS 就發送 DSA/DSC message 給 BS，其 message 中包含了我們所提出的 CLab 以及使用者的資料要求，讓 BS 知道使用者將提出什麼樣的資料種類，並且將使用者的資訊記錄下來，以方便將資料根據原路徑直接傳送給使用者而不需要廣播。

步驟二：BS 開始偵測其頻寬是否夠用，若是夠用的話，則向後端 Server 請求資料來傳輸，若是頻寬不足，則發送 Message 給使用者，是否等待一段時間後再做要求，或是要求使用者降低頻寬。

步驟三：SS 定期的將 Queue 的使用狀態透過 Uplink Channel 傳送給 BS，並且由 BS 來產生 UL-MAP 及 DL-MAP，讓 BS 來決策是否讓新的連線被建立，若 BS 允許建立新連線，則立即建立，若不允許，則發送訊息給 SS 做等待的動作。

步驟四：BS 根據 CLab，將資料直接傳送給 SS 做排程而不需要做廣播的動作。

而使用者所要求的頻寬中，必須小於 SS 與 BS 基地台之間的可用頻寬，否則 BS 將會送出 Response Message 給使用者要求使用者降低要求頻寬，並且低於可用頻寬。以下是我們的 Admission Control Policy，假設 β 為總頻寬，則 $\beta_r[\theta(x)]$ 為使用者要求某一種資料的單位頻寬， $\theta(x)$ 為不同的資料種類，因此可以得到此關係式， $\beta_r[\theta(x)] \leq \beta$ ，若是該使用者連續要求某一種資料，則使用者所要求的

單一 Service Flow 之總頻寬為 $\beta_r[\bigcup_{i=1}^N \theta(x)_i]$ ，則與

總頻寬的關係必須為 $\beta_r[\bigcup_{i=1}^N \theta(x)_i] \leq \beta$ ，我們可以將已經使用的頻寬表示成關係式(1)。

$$\beta_{used} = \sum_{\theta(1)}^{\theta(4)} \sum_{k=1}^K \beta_r^k[\bigcup_{i=1}^N \theta(x)_i] \quad (1)$$

其中 k 為使用者數量， $k = \{1, 2, 3, \dots, K\}$ ， $\theta(x)$ 為不同的資料種類，共有四種(UGS, rtPS, nrtPS, BE)， $\theta(x) = \{\theta(1), \theta(2), \theta(3), \theta(4)\}$ ，因此剩下可用的頻寬公式我們以關係式(2)表示。

$$\beta_{available} = \beta - \sum_{\theta(1)}^{\theta(4)} \sum_{k=1}^K \beta_r^k[\bigcup_{i=1}^N \theta(x)_i] \quad (2)$$

當 BS 在執行 Admission Control 做決策時，必須遵守使用者要求的頻寬必須小於剩下可用的頻寬，其關係式以(3)表示。

$$\sum_{\theta(1)}^{\theta(4)} \sum_{k=1}^K \beta_r^k[\bigcup_{i=1}^N \theta(x)_i] \leq \beta_{available} \quad (3)$$

根據以上的 Admission Control Policy 來做決策，讓使用者在做傳輸過程中可以享有傳輸品質，以下圖 3 是執行 Admission Control 的流程圖。

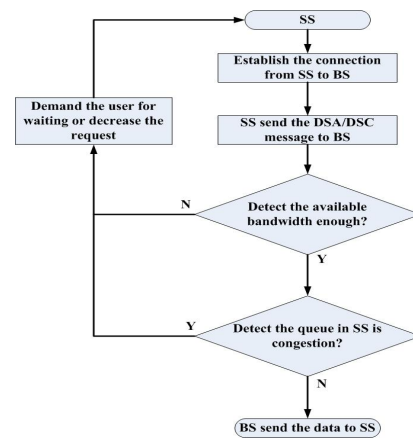


圖 3 HEAC 流程圖

Admission Control Algorithm for IEEE802.16

Establish the connection between SS and BS;
 SS uses the uplink channel for sending the DSA/DSC message to BS for requesting;

BS detects the bandwidth between SS and BS whether is enough;

If (the bandwidth is enough){

BS detects the queue in SS is whether congestion;

If (the queue is congestion){

Demand the user for waiting or decrease the request;

Else

BS send the data to SS;

}

Else

Demand the user for waiting or decrease the request;

}
 END

在[6]中只有將 UGS 納入 Admission Control，而 rtPS、nrtPS 及 BE 並沒有被執行 Admission

Control，所以 rtPS、nrtPS 及 BE 並沒有做到 QoS 的保證，根據這樣的缺點，我們使用上述的 HPAC 將四種不同種類的封包全部納入 Admission Control，讓四種不同型態的封包都可以做到 QoS 的保證。

4.2. Bandwidth Allocation

在經過 BS 的 HEAC 決策後，BS 就會將資料開始傳送給 SS，在此必須討論的是頻寬分配的問題，因此我們提出了 Fair Priority Bandwidth Allocation(FPBA)[6]來分配頻寬，而傳輸方法及過程中，由於我們的環境是 WiMAX 的無線網路，因此傳輸的方式我們使用了 TDMA(Time Division Multiple Access)，在使用 TDMA 的架構下，為了達到公平性的傳輸，我們選擇使用了 DRR(Deficit Round Robin)[8]的排程方式以及 CBQ(Class Based Queuing)[10]的分類方式作為參考，並且保證高優先權傳輸，其優先權的順序為 UGS>rtPS>nrtPS>BE，我們根據 Deficit Round Robin[8]的缺點提出了些微的修改及條件，必須遵守這樣的條件其傳輸才不會發生飢餓及壅塞。假設一個單位 Time Slot 內所執行的封包大小(Quantum Size)表示成 $TS(\tau)$ ， $\tau = \{1, 2, 3, \dots, k\}$ ，且有 k 個 Slots，表示成 $TS(\tau) = \{TS(1), TS(2), TS(3) \dots TS(k)\}$ ，而 $Pi[\theta(x)]$ 為單一個封包大小，共有 n 的封包，表示成 $Pi[\theta(x)] = \{P_1[\theta(x)], P_2[\theta(x)], P_3[\theta(x)], \dots, P_n[\theta(x)]\}$ ，因此我們必須遵守下列的關係式(4)(5)。

$$TS(\tau) \geq Pi[\theta(x)] \quad (4)$$

$$\sum_{\tau=1}^K TS(\tau) \geq \sum_{i=1}^N Pi[\theta(x)] \quad (5)$$

$\sum_{\tau=1}^K TS(\tau)$ 為一個 Queue 中所有的 Time Slot 中

Quantum Size 的總容量， $\sum_{i=1}^N Pi[\theta(x)]$ 為要求封包

的總數，並包含要求封包的種類及優先權，遵守以上條件，其封包在無線網路上使用 DRR 就不會造成高優先權佇列傳輸的延遲及遺失。而在 Uplink 及 Downlink 的兩種傳輸路徑中，其頻寬的分配是由 BS 所決定，BS 根據使用者提出的要求以及 CLab 的資訊，並依照不同的優先權來分配時槽，因此我們使用下列 FPBA 公式(6)來計算頻寬的分配。

$$FPBA[\theta(x)] = \beta * \left[\frac{\sum_{i=1}^N Pi[\theta(x)]}{\sum_{\tau=1}^K TS(\tau)} \right] \quad (6)$$

其中 $FPBA[\theta(x)]$ 為某一資料種類所分配的頻寬， β 為總頻寬 15Mbps， $\sum_{i=1}^N Pi[\theta(x)]$ 為要求封

包的總數，並包含要求封包的種類及優先權， $\sum_{\tau=1}^K TS(\tau)$ 為一個 Queue 中所有的 Time Slot 中

Quantum Size 的總容量。在 FPBA 中，UGS 為保留固定頻寬，因此我們會在 FPBA 中保留固定的頻寬給 UGS，而 rtPS、nrtPS 及 BE 均是使用 FPBA 來計算頻寬，而這些頻寬分配後的結果均會儲存到 UL-MAP 及 DL-MAP 且傳送到 SS，讓 SS 知道使用者分配到多少的頻寬。

4.3. Queue management

在封包送到 SS 內的 Queue 之前已經將 CLab 貼在封包表頭上，為了改善 DRR 中高優先權會發生壅塞，以及 CBQ 在同一佇列中同一等級的資料發生壅塞而造成嚴重的延遲等缺點，在 IEEE802.16e 的四種 QoS 架構中均有優先權，我們使用了下列的條件來有效的管理 Queue 中的排程。

假設 $Q \in \text{Queue}$ ； φ 為 Queue 的種類， $\varphi = \{\text{UGS}, \text{rtPS}, \text{nrtPS}, \text{BE}\}$ ，M 為容量； $Q_\varphi(M)$ 為該 Queue 的總容量。我們使用下列的關係式(7)表示已經進入 Queue 的封包總數，也就是說一個 Queue 中已使用的空間。

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N Pi^k[\theta(x)] \quad (7)$$

其中 Pi 為封包，由 P_1 加到 P_N ， $\{P_1+P_2+\dots+P_N\}$ ，並且標示要求的封包種類， $\theta(x) = \{\theta(1), \theta(2), \theta(3), \theta(4)\}$ ，k 為使用者數量， $k = \{1, 2, 3, \dots, K\}$ ，而 Queue 中未使用的空間，我們表示成 $Q_\varphi(\text{available})$ ，並以下列關係式(8)來表示。

$$Q_\varphi(\text{available}) = Q_\varphi(M) - \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N Pi^k[\theta(x)] \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N Pi^k[\theta(x)] \leq Q_\varphi(\text{unused}) \quad (9)$$

因此我們必須遵守關係式(9)的規則，並配合 High Efficiency Admission Control 才能夠提高 QoS 效能，並讓使用者在傳輸過程中不會有延遲及遺失的狀況。

5. 模擬結果

在本研究的模擬中，我們使用了 NS-2[9]來模擬出整個傳輸過程中 Throughput 以及 Delay 的狀況。

況，並比較出我們所提出的方法與初始傳輸狀況，可以很明顯的看出很大的差異，在 Throughput 的比較中另外將 UGS、rtPS、nrtPS、BE 的 Throughput 畫出來，圖 4 為使用 NS2 繪製出來的拓撲圖。

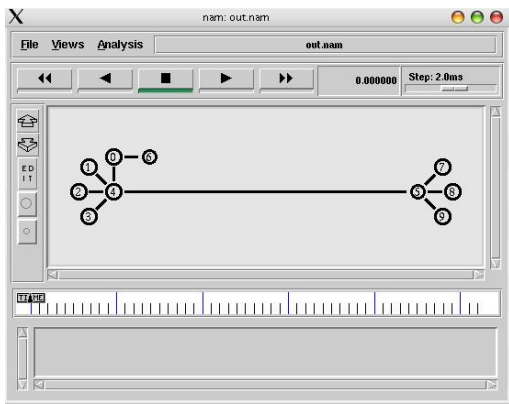


圖 4 Proposed Topology for IEEE 802.16e

在本實驗中，由於 IEEE802.16e 的頻寬為 15Mbps，因此我們將瓶頸頻寬(節點 4~節點 5)設定為 15Mbps，在圖 4 中，節點 4 及節點 0 均為 BS，節點 5 為 SS，本次模擬的使用者數量有三個，也就是節點 7、節點 8 及節點 9，在 QoS 的四個 Service Flow 方面，UGS 所服務的固定頻寬且固定大小封包的語音資料由節點 6 透過節點 0 與節點 4 作溝通，並將語音資料轉送給節點 5(SS)範圍中的使用者，頻寬分配的上限我們設定為 1.5Mbps，rtPS 所服務的即時性且可變動大小的資料，像是影音串流資料由節點 1 的 Media Center 傳送給節點 4(BS)，並轉送給節點 5(SS)，為了使的串流在傳輸過程中有更好的品質，並降低 Delay，頻寬分配的上限我們設定為 6.75Mbps，nrtPS 所服務的非即時性且可變動大小封包的資料，像是 FTP 由節點 2 的 Server 傳送給節點 4(BS)，並轉送給節點 5(SS)，頻寬分配的上限我們設定為 3Mbps，BE 的服務沒有 QoS 的保證但是卻有較好的傳輸，由節點 3 傳送給節點 4(BS)，並轉送給節點 5(SS)，頻寬分配的上限我們設定為 3.75Mbps。根據圖 4 的拓撲圖，我們加入 HEAC 及 FPBA 來模擬其 Throughput、Delay 的效能，並與未加入 Admission Control 及有效的 Queue Management 之狀態來做比較。

本次實驗中，我們的模擬時間為五分鐘，圖 5 為我們所提出的方法之 Throughput 及初始之 Throughput 比較，以 Initial_Throughput 來看，從圖中可以看出一開始時有資料的傳輸，並在第 0.5 分鐘開始傳輸串流資料，曲線開始快速的爬升，在 1 分鐘後開始，其他三種型態的 Service Flow 均有資料開始作傳輸，並且到頻寬的最上限時發生封包遺失，其吞吐量開始快速下降，由於沒有妥善的管理，因此到模擬結束，吞吐量則一直持續下降，若是有使用我們所提出的方法加入 HEAC 及 FPBA 做

管理，其 Proposed_Throughput 非常平穩的上升，並且在模擬結束之前趨近於穩定狀態，大約在 14Mbps~15Mbps。

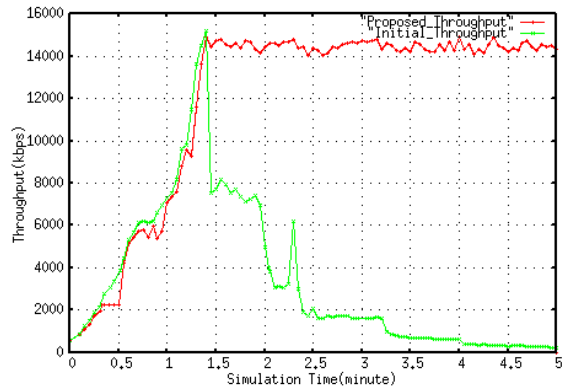


圖 5 提出的方法與初始之 Throughput 比較

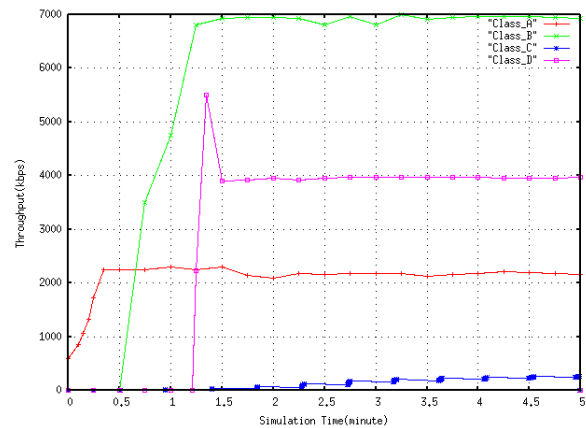


圖 6 四種 Service Flow 的 Throughput

我們將 Proposed_Throughput 另外劃出來，圖 6 為四種不同 Service Flow 的 Throughput，當 IEEE802.16e 加入 HEAC 及 FPBA 後，其 Throughput 均有依照我們的設定，也就是頻寬上限來傳送封包，紅色線條為 UGS 的服務，在一開始時開始傳送語音資料，其吞吐量為 2.25Mbps，綠色線條為 rtPS，負責用來傳送影音串流資料，從第 0.5 分時開始送出資料，吞吐量保持在 6.75Mbps，藍色線條為 nrtPS，用來傳送 FTP 的資料，雖傳輸量非常的低，大約在 500k 以下，但是傳輸過程中非常穩定，並在第 1.4 分鐘時開始傳送，粉紅色線條為 BE，在第一分鐘開始傳送 BE 的資料，由於 BE 沒有 QoS 的保證，在第 1.3 分鐘時開始發生壅塞，因此吞吐量會提升到 5.5Mbps，但是透過我們所提出的方法，Throughput 開始降低到 3.75Mbps，經過 Queue Management 的管理後，在傳輸的過程不會造成封包的遺失，以及降低傳送的延遲，即使在 Throughput 突然提高並發生壅塞，也可以有效的管理其他

Service Flow 以及新建立的 Service Flow，使的其他高優先權的資料，像是 UGS 及 rtPS 不會發生遺失及降低延遲。

圖 7 為 Initial_Delay 及 Proposed_Delay 的比較圖，以 Proposed_Delay 來說，在第 0.5 分時開始傳輸串流資料，延遲震盪開始變大，範圍大約在 0.221ms~0.224ms 之間，直到 1 分鐘開始後，所有的佇列都有資料作傳輸，因此延遲的範圍增加到 0.231ms~0.221ms，最高延遲為 0.234ms，當我們加入 HEAC 及 Queue Management 的管理後，延遲都非常穩定，平均都保持在 0.227ms。在 Initial_Delay 中沒有加入 HEAC 及 Queue Management 的管理，從第 0.5 分到第 1 分鐘時延遲均非常低，範圍大約在 0.221ms~0.225ms，直到 1 分鐘開始所有的 Service Flow 均開始傳輸，由於沒有加入 HEAC，也沒有作有效的管理，因此延遲提升到 0.271ms，直到傳輸結束，其延遲一直保持在 0.272ms~0.278ms 的範圍中。

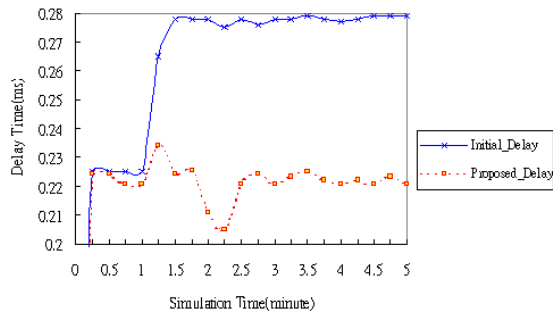


圖 7 Initial_Delay 及 Proposed_Delay 之比較

由此可以看出在沒有透過我們所提出的方法，其延遲範圍會比 Proposed_Delay 還要高，因此透過我們的方法會大大的提升了傳輸的效率及降低延遲。

6. 結論

在本篇研究中，我們以 QoS 為主要重心，並在 IEEE802.16e 的規格中加入 HEAC，將 QoS 的四種不同型態的 Service Flow 根據頻寬的使用率以及 SS 中 Queue 的使用狀況作有效的控制，在傳輸之前透過我們提出的 FPBA，根據 Service Flow 的優先權來分配頻寬，由於 UGS 要求保留固定頻寬且固定大小封包，因此我們會在 FPBA 中保留固定的頻寬給 UGS，最後將資料傳送給 SS 時會透過我們提出的 Queue Management，並根據 Queue Management 內的管理法則來管理四種不同的 Service Flow。經由以上不同的管理及傳輸方式，讓 BS 與 SS 在傳輸的過程中，使的 Throughput 提高及降低 Delay，進而增加傳輸的效能及大大的提高 QoS 保證，讓我們

在無線網路的傳輸中不會造成封包的遺失，且可以有效地管理 SS 中的 Queue，讓傳輸過程中不會造成壅塞。

參考文獻

- [1] 柯維華。“WLAN 的下一步—WiMAX 的現況與趨勢”。拓璞產業研究所報告。Taipei, Taiwan, 2004
- [2] Bryan Larish, “The MAC Layer in Broadband Wireless Access Networks”, 2001.
- [3] Dong-Hoon Cho, Jung-Hoon Song, Min-Su Kim, Ki-Jun Han, “Performance Analysis of the IEEE 802.16 Wireless Metropolitan Area Network”, First International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications, 2005.
- [4] GuoSong Chu, Deng Wang, Shunliang Mei, “A QoS Architecture for the MAC Protocol of IEEE 802.16 BWA System”, IEEE 2002 International Conference on Communications, 2002.
- [5] IEEE Std 802.16, “IEEE Standard for Local and Metropolitan area networks: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System”, LAN/MAN Standards committee of the IEEE Computer Society, 2004.
- [6] Jianfeng Chen, Wenhua Jiao, Hongxi Wang, “A service flow management strategy for IEEE 802.16 broadband wireless access systems in TDD mode”, IEEE International Conference on Communications, 2005.
- [7] Mohammed Hawa and David W. Petr, “Quality of Service Scheduling in Cable and Broadband Wireless Access System”, Tenth IEEE International Workshop on Quality of Service, 2002.
- [8] M. Shreedhar, George Varghese, “Efficient fair queuing using deficit round-robin”, IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume:4, Issue:3, pp.375-385, June 1996.
- [9] NS2, <http://140.116.72.80/~smallko/ns2/ns2.htm>
- [10] S. Floyd, “Notes on Class Based Queuing: Setting Parameters, Information notes”, September 1995.