

在 WiMAX 網路下確保連線服務品質之研究

洪仕翔 李政宏 呂紹偉[†]

國立台灣海洋大學

電機工程學系

[†] b0119@mail.ntou.edu.tw

摘要

本論文針對 IEEE 802.16e 規格中沒有定義的允入控制 (Admission Control) 和排程 (Scheduling) 進行研究探討，提出一套能確保連線服務品質，並且在流量達上限值時，至少能滿足即時性資料連線需求的方法。我們所提出的允入控制機制，首先根據連線的資料型態定義服務優先順序，若流量超過總頻寬時，則先判斷目前欲連線類別的可用頻寬，再透過可用佇列的判斷，若有剩餘頻寬和可用佇列空間時，則允許建立連線，目的在於改善佇列擁塞所產生的問題。而排程主要是基於 DFPPQ (Deficit Fair Priority Queue)，並將其修改為動態計算 quantum 值，以降低延遲時間和避免頻寬的浪費。此外，在考慮網路流量負載過重而頻寬不足的情況下，我們也提出頻寬管理機制 (Bandwidth Management) 加以改善。

在驗證方面，我們以 NS2 搭配 WiMAX 模組進行網路模擬。結果顯示，我們所提出的方法，在一般情況下能滿足各連線的 QoS 需求，而在流量超過總頻寬時，至少能確保即時性連線服務品質，並減少低優先權連線產生飢餓的情況。

關鍵字：IEEE 802.16、QoS、Admission Control、WiMAX 封包排程器。

1. 前言

WiMAX (Worldwide Interoperability for Micro-wave Access) 是一種能夠在無線環境中高速傳輸資料的網路架構，屬於微波和毫米波頻段的無線都會型網路技術。利用高效率無線訊號傳輸與處理技術，它具有傳輸範圍廣、高傳輸速率、快速佈建、低成本等特性，能大幅改善 WLAN 的缺點，尤其是在有線網路無法架設的偏遠地區。

隨著無線寬頻網路的快速發展並結合多媒體應用，使用者除了瀏覽網頁，還有對語音和

影像方面的應用，例如 VoIP 和視訊。因此，具行動和無線特性的 WiMAX 技術與即時多媒體應用的結合，在未來有很大的發展空間，所以在無線的環境下，如何確保連線服務品質，是一個很重要的課題。

WiMAX 在 IEEE 協定上被定義為 802.16，它支援兩種傳輸方式：即網狀拓撲架構和點對點拓撲架構。在網狀架構下，SS (Subscriber Station) 可直接對其他 SS 連線，不須透過 BS (Base Station)。而在點對多點架構下，任何的傳輸動作都必須透過 BS，因此 BS 控管了所有的連線。

SS 和 BS 之間的傳輸流程如圖 1 所示，當 SS 向 BS 提出連線請求時，會透過允入控制 (Admission Control) 判斷是否能滿足連線需求並建立連線，若允許建立連線，接下來就將不同類型的封包分類到不同的佇列，並且透過排程機制 (Scheduling) 輸出。因此，本論文針對點對點架構，探討並修改 WiMAX 的傳輸架構，目的在於確保連線服務品質。

本論文主要是研究 802.16-2005 規格書中沒有定義的允入控制和排程，並提出合適的方法，以幫助確保各類連線的服務品質。經由可用頻寬和佇列的判斷，能有效的控制連線，減

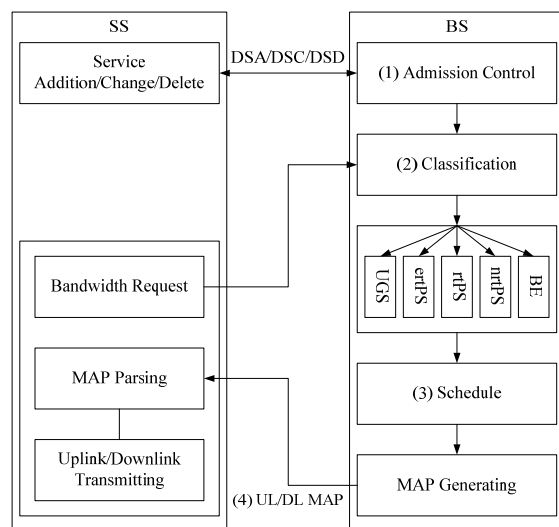


圖 1 WiMAX 傳輸架構

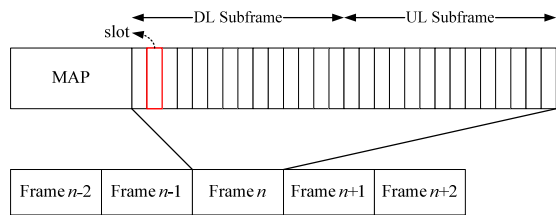


圖 2 訊框架構

少因連線過多，導致佇列擁塞所產生的封包遺失或等待時間過長的問題。而在 802.16-2005 規格書中分別定義五種 QoS 架構和優先權 (ertPS > UGS > rtPS > nrtPS > BE)，因此排程主要是採用具備優先權和公平性的 DFPQ，並修改 DFPQ 為動態計算 Quantum 值，改善延遲時間過高的問題。配合所提出頻寬管理機制，當網路流量負載過大而頻寬不足時，至少可以確保即時性(語音和影像)連線的 QoS。

2. 背景知識

2.1 WiMAX 概論

IEEE 802.16 任務群組在 1988 年成立，目的在於發展無線寬頻的空中介面標準，以點對點可視範圍的通訊為發展重點，使用 10 GHz-66 GHz 毫米波頻帶的無線寬頻系統，而在 2001 年 12 月制定了最原始的 802.16 標準。這標準是基於單載波的實體層和分時多工的 MAC 層。此標準的修訂版 802.16a 在稍後公佈，其中包括在 2 GHz-11 GHz 頻帶上的 NLOS 應用，實體層使用「正交分頻多工」(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 技術，以及在 MAC 層增加了「正交分頻多重存取」(Orthogonal Frequency Division Access, OFDMA) 技術。而更進一步的修訂版本是 2004 年的 IEEE 802.16-2004 [2]，是以定點的應用為發展目標，之後稱為「定點式 WiMAX」。

2005 年 12 月發表的 IEEE 802.16e 2005 [3]，可視為 IEEE 802.16-2004 的修訂版本，增加了行動性的支援和 ertPS 的 QoS 架構，主要著重於行動式的應用服務，通常被稱為「行動式 WiMAX」。而隨著 IEEE 802.16e-2005 標準的完成，其後的發展重心也往行動式 WiMAX 的系統應用。

2.2 WiMAX 的實體層

WiMAX 的實體層採用 OFDM 的技術，而

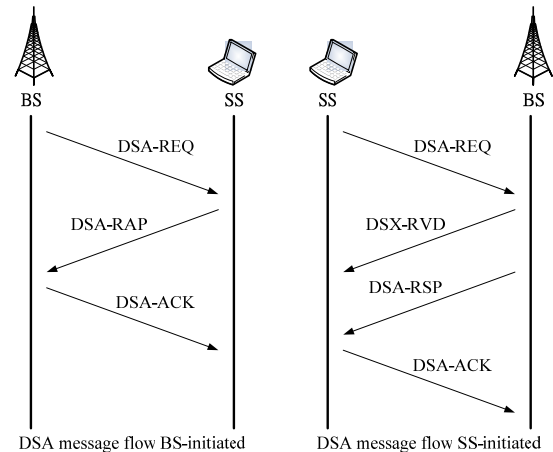


圖 3 建立服務流程

OFDM 是一種傳輸的選擇方法，在非直視或多重路徑無線電波的環境下，能達成高速傳輸，並能夠實現高速的數據運算、視訊和多媒體通訊。WiMAX 也支援分頻雙工(FDD)，其中訊框不變，但下行和上行經由不同的載波傳送。不過大多部分的 WiMAX 都採用 TDD，因為 TDD 優點較多並且較具彈性。

WiMAX 實體層也要負責槽(slot)的分配和訊框的組成，並以訊框為單位作為資源分配以及資料傳輸依據的技術。傳輸時間的單位稱為訊框，每個訊框包含多個 PS(Physical Slots)，而訊框又可分為上行訊框(UL Subframe)和下行訊框(DL Subframe)兩種次訊框，如圖 2 所示。一個下行的訊框緊跟著一個上行的訊框而其中有一小段保護距離，而下行對上行次訊框比例可以從 3:1 到 1:1 不等，以支援不同的訊務情況。

2.3 WiMAX 的 MAC 層

上一節介紹了 WiMAX 的實體層，而實體層並不會知道有 QoS (Quality of Service) 的需求，也不了解應用程式的特性，如 VoIP、HTTP 或 FTP，因此實體層可視為只是一個負責資訊交換的單一連線，是發送端和接收端之間的一條管線而已，「媒體存取控制」(Media Access Control, MAC) 是位在實體層之上，以多工的方式運作，負責控制和進行各種連線工作。

2.3.1 建立服務流程

初始的服務流程建立可由 SS 或 BS 所產生，執行上行或下行的動作。而連結過程包括有許多步驟，如掃描 DL 的 channel、得到

表 1 QoS 參數表

Type	Qos Parameters
1	Minimum Reserved Rate (bits/sec)
2	Maximum Sustained Rate (bits/sec)
3	Maximum Latency (ms)
4	SDU Size (in bytes, default = 49)
5	Tolerated Jitter (maximum delay variation in ms)
6	Traffic Priority (values 0-7, with 7 the highest)
7	Request/Transmission Policy (values 0-6)

UL 的參數和距離的量測，而 DSA、DSC 和 DSD，這三種訊息類型分別代表連線的建立、修改和刪除。連線的參數可以透過 DSA 或 DSC 兩種訊息通知 BS，因此 BS 能得知目前連線的資料型態、頻寬需求和 QoS 參數的要求，圖 3 表示由 BS 或 SS 需求建立連線的情況。

假如是由 SS 來建立一個服務流程，SS 會送出該服務流程所需 QoS 設定的 DSA-REQ 訊息，一接收到 DSA-REQ 訊息，BS 會先檢查資料的完整性，並送出 DSX-REQ 訊息來指明該新服務流程的請求是否保持其完整性，之後 BS 會檢查該請求的 QoS 設定是否能夠支援，並且建立一個新的 SFID 和送出一個許可的 QoS 設定的 DSA-RSP 訊息。而 SS 最後會送出一個 DSA-ACK 訊息來完成整個程序。若需要啟動一個服務流程，BS 首先檢查該 SS 是否有權使用該服務，還有是否滿足連線的 QoS 需求，如果該 SS 有權使用該服務，BS 便會建立一個新的 SFID，和送出一個 DSA-REQ 訊息，該訊息包含有許可的 QoS 設定和使用的 CID。

當 SS 收到 BS 的請求，則會送出 DSA-RSP 訊息來表示接受，而最後 BS 完成這個程序後，會送出 DSA-ACK 訊息給 SS，在建立該請求的服務流程之後，SS 和 BS 會透過特定的 CID，進行資料和管理訊息的交換。

2.3.2 服務品質

在 WiMAX MAC 層中一個主要的功能，就是在系統有相當程度的負載情況下確保不同服務流程的 MAC PDU 的 QoS。這個就意謂了各式各樣可協商的效能指標和整體 QoS 有

表 2 QoS 架構

Type	Application	Qos Parameters
UGS	VoIP	1, 3, 4, 5, 7
ertPS	VoIP	1, 2, 3, 5, 6, 7
rtPS	Video	1, 2, 3, 6, 7
nrtPS	FTP	1, 2, 6, 7
BE	HTTP	2, 6, 7

關的，例如延遲時間、抖動率、傳輸速率、封包錯誤率和系統可得性等參數(如表 1 所示)，必須能符合每個連線的需求。因為 QoS 的需求對不同數據服務可能會大不相同，而 WiMAX 也有各式各樣不同的處理和傳輸機制來符合這個變異性。

因此，在 WiMAX 中一個服務流程是一種 MAC 的傳輸服務，每個傳輸架構與一個獨特的 QoS 參數組合有關。

2.3.3 排程服務

在 WiMAX 的 MAC 層使用一種「排程服務」來提供和處理不同 QoS 需求的 SDU 和 MAC 的 PDU。並依據服務特性的不同，定義了五種不同的 QoS 架構，根據每種不同的服務類型，也設計給予不同的 QoS 參數以保證該資料型態的傳輸品質。如表 2 所示，每個類別所包含的參數都不同，而表 2 的 QoS Parameter 欄位中的值，為表 1 QoS 參數表中的 Type 欄位。因此，每個連線被對應到不同類型的排程服務，而 BS 排程器會滿足每個連線的 QoS 需求，分配上傳或下傳頻寬。以下分別介紹這五種架構。

◆ Unsolicited Grant Service

UGS 是設計用來提供即時的資料流傳輸，會週期性地傳送固定大小的封包，支援 Constant Bit Rate (CBR) 的服務，例如：T1/E1，Voice over IP without silence suppression 和 Video conferencing。此類型的服務要求固定的頻寬分配，無須透過 SS 進行頻寬要求的方式新增頻寬，因此減少了由頻寬請求所產生的額延遲時間。

◆ Extended Real Time Polling Service

ertPS 為 802.16e 標準中新增的架構，結合 UGS 和 rtPS 的優點，用來提供即時的資料流傳輸，主要功能在於過濾即時音訊中無聲的情形，以節省頻寬。例如在對話時，

通常是一方發話，另一方接聽，所以有一半的頻寬浪費掉了。因此在閘道器進行做了話音偵測，對於靜音的部份並不傳送空白的話音資料，而是某種代表訊號告知遠端的閘道器目前傳送的資料代表靜音。而遠端閘道器只要產生出柔和的雜音效果給對方話機，如此既不會浪費頻寬，也不會讓對話者誤認為斷線。ertPS 和 UGS 一樣提供週期性的 unicast grants，可以節省送出頻寬要求所造成的延遲時間。而 SS 可以送出要求改變 UL 分配的頻寬大小，只有當 BS 收到由 SS 送出的頻寬改變請求才會更改頻寬大小。

◆ Real Time Polling Service

rtPS 是用來提供即時的資料流(data stream)傳輸，會週期性地傳送長度可變的封包，支援 Variable Bit Rate (VBR)的服務。rtPS 的特性是對 delay 的容忍度較 UGS 和 ertPS 高，但 max latency 則是小於 UGS、ertPS、nrtPS 和 BE，並且需要較高的 traffic rate。例如：網路上的 MPEG video 不僅要傳送影像還需要傳送聲音，除此之外，現今 live video 的品質也越來越高，因此對 rtPS 頻寬需求也就更高。

◆ Non Real Time Polling Service

被設計為支援非即時性資料並包含 VBR 類型的資料流，控制要求可變動的资料，在頻寬配置上只要求最小傳輸速率。雖然 nrtPS 是屬於 time-insensitive，但仍然有 max latency 的要求，而這參數值高於 UGS、rtPS 和 ertPS 還要來的高，例如：FTP 傳輸。

◆ Best Effort

此類型通常是透過競爭(contention request)去獲得頻寬，不需要最低傳輸速率的保證，被視為最低優先權的服務，而 max latency 為所有類別中最高，也不需要任何和 BS 有最小傳送速率的保證，因此該參數 Minimum Sustained Rate 被設定為 0，適用於 HTTP 應用。

2.4 WiMAX 模組

目前 NS-2 的 WiMAX 模組由幾個單位進行開發，而較具公信力的單位為長庚大學與資策會(CGU-III)及美國國家標準局(National Institute of Standards and Technology, NIST)兩個單位所合作開發的模組，不過 CGU-III [4]和

表 3 各單位模組比較表

項目	802.16 標準	換手機制	服務品質	實體層
NIST	16d 及部分 16e 模組	只提供硬式換手	Best Effort	OFDM
CGU-III	16d	N/A	16d 五種基本服務類別	OFDM
KAIST	16d	N/A	Best Effort	DSSS

NIST [10]所開發的模組架構完全不同。另外，韓國科技技術學院(Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST)電腦網路實驗室也在 2004 年發表 WiBro 模組[7]。從表 3 的比較結果中可發現，NIST、CGU-III 與 KAIST 皆支援 802.16d，而其中 NIST 提供部分的 802.16e 功能，在換手機制(handover)方面，提供 Soft Handover 機制。而在服務品質(QoS)部分，則只有 CGU-III 提供 802.16e 所定義之五種基本服務類型，其他兩者只有支援 Best Effort 服務。

而本論文期望確保五種資料的服務品質，因此在模擬的部分，主要是採用長庚大學所開發的 WiMAX 模組進行修改，目前只有該單位模組有提供五種 QoS 架構。修改此模組並新增論文所提出的演算法和架構，而修改的部分主要為模組 MAC 層中的 Call Admission Control 和 BsScheduler。而該模組在 Admission Control 和 Scheduler 有預設方法，在 Admission Control 是採用只要 BS 總頻寬不為零，就能允許提出需求的 SS 建立連線的方式，而在排程則是採用 WRR (Weighted Round Robin)排程。

3. 演算法介紹

本論文主要針對 BS 架構中沒有定義的允入控制和排程，提出適合的方法，並提出頻寬管理機制，使得在當流量負載過大的情況，能確保即時類別連線的 QoS。以下分別介紹本論文所提出的頻寬管理、允入控制和排程方法

3.1 頻寬管理(Bandwidth Management)

當 BS 網路流量到達上限值時，會出現頻寬不足於分配給予所有連線的情況，而導致連線服務品質降低。因此採用頻寬管理機制來輔

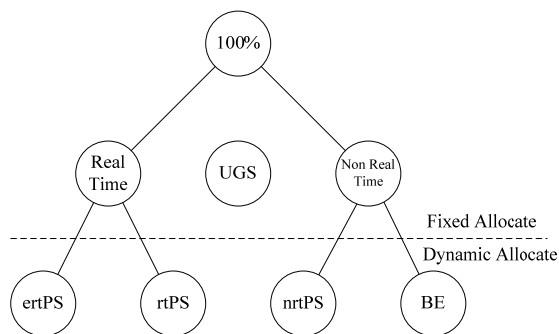


圖 4 頻寬管理架構圖

助允入控制和排程，目的在於限制各資料型態的可用頻寬，使得每種資料型態類別至少能分配到頻寬，以滿足即時性連線的需求，並減少低優先權連線產生的飢餓情況 (Starvation Problem)。

如圖 4 頻寬管理架構所示，首先將 100% 可用頻寬固定分配給予即時類 (Real Time)、非即時類 (Non Real Time) 和 UGS，之後再依連線的流量動態分配給各子類別。接下來說明如何執行固定分配 (Fixed Allocate) 和動態分配 (Dynamic Allocate) 可用頻寬的兩步驟。

3.1.1 固定分配

固定分配頻寬的作用在於限制頻寬，當流量達到總頻寬 100% 以上時，就判定為達上限值，並執行分配固定頻寬而分配方式是將 100% 的總頻寬，分配給予 UGS 10%、即時類 68% 和非即時類 22%。相關參數定義和運算方式就如下 (3.1)、(3.2) 和 (3.3) 所示。

BS_{total} : 總頻寬

RT : 即時類可用總頻寬

NRT : 非即時類可用總頻寬

UGS : UGS 可用總頻寬

$$RT = BS_{total} \times 68\% \quad (1)$$

$$NRT = BS_{total} \times 22\% \quad (2)$$

$$UGS = BS_{total} \times 10\% \quad (3)$$

3.1.2 動態分配

依據不同型態連線流量多寡，動態分配可用總頻寬。因此，流量較大的資料型態連線，相對能分配到較多的頻寬而相關運算式如下所示，首先計算 Real-Time 類別的 ertPS 和 rtPS 的流量比例，接下來計算 Nor-Real-Time 類別

的 nrtPS 和 BE 流量比例。依據各類別的流量比例和固定分配的值，分別計算各資料型態連線所分配到的可用頻寬。計算方式如下所示。

$BW_Allocate_{datatype}$: 各資料型態可分配到的總頻寬

$TP_{datatype}$: 各資料型態的流量比例

$$datatype = [ertPS, UGS, rtPS, nrtPS, BE]$$

RT :

$$BW_Allocated_{ertPS} = TP_{ertPS} \times RT \quad (4)$$

$$BW_Allocated_{rtPS} = TP_{rtPS} \times RT \quad (5)$$

NRT :

$$BW_Allocated_{nrtPS} = TP_{nrtPS} \times NRT \quad (6)$$

$$BW_Allocated_{BE} = TP_{BE} \times NRT \quad (7)$$

UGS :

$$BW_Allocated_{UGS} = BS_{total} \times 0.1 \quad (8)$$

3.2 允入控制 (Admission Control)

允入控制的功能是在於判斷是否允許 SS 建立連線，而判斷的條件可以依據連線的需求或 BS 的目前的狀態。本論文定義 Admission Control 的重點是在於改善網路流量過大所產生的問題，並且讓即時性連線有較高優先權允許建立連線。

首先透過 DSA 訊息所包含的資訊，定義了資料型態的判斷，判斷欲連線 SS 的資料型態，並且依據優先權大小，給予不同服務順序，而各資料型態的優先權定義為 $ertPS > UGS > rtPS > nrtPS > BE$ ，這樣就能確保即時性資料的使用者能優先獲得服務。

再來為了改善網路流量過大而佇列擁塞的問題，主要是定義了可用佇列和可用頻寬判斷。透過計算各佇列內封包數量，來判斷該佇列是否已滿，如運算式 (3.9) 所示，若欲建立連線 SS 的佇列已滿 ($Queue_Capacity < 0$)，則拒絕連線，這樣就能減少因佇列擁塞所導致封包遺失的情況。而當 BS 流量達上限值時，則先判斷欲連線的資料型態可用頻寬，是否還有剩餘，如運算式 (3.10) 所示，若該資料型態可用頻寬有剩餘 ($BW_Capacity > 0$)，則執行下一步驟的佇列判斷。

$$Queue_Capacity_{datatype} = Queue_Full_{datatype} - Queue_USED_{datatype} \quad (9)$$

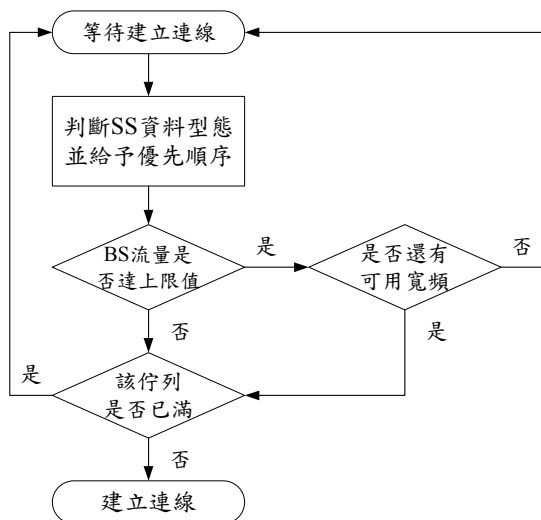


圖 5 Admission Control 架構圖

$$BW_Capacity_{datatype} = BW_Allocated_{datatype} - BW_USED_{datatype} \quad (10)$$

$$datatype = [ertPS, UGS, rtPS, nrtPS, BE]$$

因此，本論文所提出的允入控制架構和執行流程，就如圖 5 所示，當有新連線提出連線需求時，允入控制會依序執行以下四步驟，並判斷是否允許建立連線。

Step1：判斷連線資料型態並給服務優先順序

Step2：判斷 BS 目前流量是否達到上限值，若達上

限值則執行 Step3，反之執行 Step4

Step3：判斷各資料型態是否有可用頻寬，若有可用頻寬則執行 Step4，反之則拒絕連線。

Step4：判斷該佇列是否已滿，若已滿則拒絕連線，

反之則建立連線。

3.3 排程(Scheduling)

由於 802.16 的規格書中 [2,3]，並未定義何種排程最適用於 WiMAX，所以本論文主要是根據五種 QoS 架構的特性，提出適合的排程機制。

由於 UGS 架構是應用於 VoIP，傳送的封包是屬於固定大小，也固定分配頻寬給該類連線，因此採用 FIFO (First In First Out)的排程來服務該資料型態。而其餘四種都屬於變動的封包大小，頻寬也是變動性的分配，所以根據兩個重點來選擇排程並作修改，首先是要具有

表 4 定義 Active List

Queue	ertPS	rtPS	nrtPS	BE
Priority	1	2	3	4

「優先權」的特性，高優先權的資料型態能先獲得服務，而優先權就如之前所定義(ertPS > UGS > rtPS > rtPS > BE)，再來要具有「公平性」，目的在於減少低優先權連線出現飢餓情況。

因此，主要是參考 [5]所提出的 DFPQ (Deficit Fair Priority Queue)排程架構，而 DFPQ 的優點是結合 PQ (Priority Queue)和 DRR (Deficit Round Robin) [8]的特性，根據優先權的高低，依序服務各不同的佇列。而為了避免高優先權的連線可能會佔用所有頻寬，所以在每個佇列定義輸出額度(Deficit Counter)，控制每一回合輸出的量，這樣就能使得每個佇列在每回合都能被服務到。

而本論文針對 DFPQ 運用於 WiMAX 上，可能會產生的問題，提出方法加以改善。首先，在 DFPQ 演算法中，新增可用頻寬判斷，由 3.1 節頻寬管理所提到，當頻寬不足於服務所有連線時，透過固定和動態分配可用頻寬，以確保即時連線服務品質。

除此之外，DFPQ 演算中的 Quantum 值過大或過小，可能會造成頻寬分配不均，或是封包在佇列內等待太久，而導致傳輸延遲時間過高，因此，採用動態計算 Quantum 值的方式來改善。

3.3.1 DFPQ 演算法介紹

DFPQ 排程是依據佇列優先權高低，由高而低作回合制的排程，因此定義了 Active List 來判斷下一個該服務的佇列。首先將優先權由高到低的佇列定義 1~4 的編號，如表 4 所示。

假使佇列不為空，就將該佇列編號加入 Active List 中，反之，則將該佇列編號從 Active List 中移除。而在 Active List 中的佇列編號排序是由低到高。如圖 3.5 為例，假設佇列 1、2 和 4 有封包在等待，因此將編號 1、2、4 依序加入 Active List，若下回合佇列 1 為空就將編號 1 從 Active List 中移除，而 Service Pointer 為目前服務的佇列，依序服務優先權由高到低的佇列。

因此，DFPQ 排程主要是依 Active List 來判斷每一回該服務的佇列，較高優先權的佇列會優先服務，演算法主要根據以下三大步驟。

Step1 : 更新 Active List

- a. 當連線的佇列為空時，則將該佇列編號從 Active List 移除
- b. 當連線佇列由空佇列轉變不為空時，則將該佇列編號加入 Active List

Step2 : 更新每個佇列的參數

- a. 更新每回合剩餘的總頻寬和可用頻寬

(1) 初始值為總頻寬

$$BS_{total} = 5\text{Mbps}$$

(2) 剩餘總頻寬=總頻寬-已用頻寬

$$BS_{Capacity} = BS_{total} - BS_{used}$$

(3) 各資料型態可用總頻寬

$$BW_{Capacity}_{datatype} =$$

$$BW_{Allocated}_{datatype} - BW_{USED}_{datatype}$$

$$datatype = [ertPS, rtPS, nrtPS, BE]$$

- b. 更新每回合的 Deficit Counter 參數值

(1) Deficit Counter 的初始值

$$DeficitCounter_{datatype} = Quantum$$

$$datatype = [ertPS, rtPS, nrtPS, BE]$$

(2) Deficit Counter 計算方式

$$DeficitCounter_{i+1} =$$

$$DeficitCounter_i + Quantum$$

$$i = [1, 2, \dots, n] // \text{回合數}$$

Step3 : 依序服務優先權由高到低的每個佇列，直到滿足以下條件時

Cond.(1) Deficit Counter 值小於或等於 0

Cond.(2) 目前服務的佇列為空時

Cond.(3) BS 可用總頻寬小於 0

$$BS_{capacity} \leq 0$$

Cond.(4) 各資料型態可用頻寬小於 0

$$BW_{Capacity}_{datatype} \leq 0$$

Cond.(5) 到達該傳送 MAP 訊息的時間

- ◆ 若滿足以上條件之一時，則執行下列步驟:

I. Condition (1) or (2) or (4)

a. 將該佇列編號從 Active List 移除

b. 服務其他較低優先權的佇列

c. 假如沒有更低優先權佇列可以服務時，則執行下一回合，並執行 Step2，更新相關參數

II. Condition(3) or (5)

傳送 MAP message，並回到 Step1 執行下一個 TDD Frame

3.3.2 動態計算 Quantum 值

由於 Quantum 值能影響每一回合的封包輸出量，因此較合適的 Quantum 值能有效的分配頻寬。所以根據連線數的多寡來動態計算各佇列的 Quantum 值，連線數越多，相對的 Quantum 值越大。

而計算方式是採用 QoS 參數中的最大傳輸速率(Maximum Sustained Rate, MSR)和最小傳輸速率(Minimum Reserved Rate, MRR)來作計算。為了能確保連線至少達最低傳輸速率，所以首先計算每個連線的平均速率(Average Rate)，如運算式(3.11)所示。再將各類別連線的平均速率加總，該值就為 Quantum 值，如運算式(3.12)所示。

- ◆ 計算每個 SS 的 Average Rate

$$AverageRate_{SSi} = \frac{MSR + MRR}{2} \quad (11)$$

$$i = [1, 2, \dots, n]$$

- ◆ 計算每個佇列的 Quantum 值

$$Quantum_{datatype} = \sum_{i=1}^n AverageRate_{SSi} \quad (12)$$

$$datatype = [ertPS, rtPS, nrtPS, BE]$$

4. 效能評估**4.1 模擬工具介紹**

本論文模擬工具是採用 NS2 (Network Simulator, ver. 2)[1,9]，並將 WiMAX 模組[4]套用到 NS2 模組中進行修改，之後再透過使用者利用 OTCL 語言撰寫腳本並進行模擬，基本的模擬過程如圖 6 所示。模擬結果會產生兩種不同類型的檔案，主要是以輸出追蹤檔(Trace File)為主，追蹤檔裡面有一堆紀錄(Log)，透過 AWK 程式語言解析這份原始資料，以計算延遲時間、網路吞吐量和封包遺失率。

4.2 相關參數設定

MAC 層和 PHY 層的環境參數，主要是採用模組預設的值，可參考[4]中的 Simulation Parameters。

設定 QoS 參數值用來評估連線是否有達最低需求。因此主要是在模組中根據不同的資料型態的特性，分別設定最大傳輸速率(Max

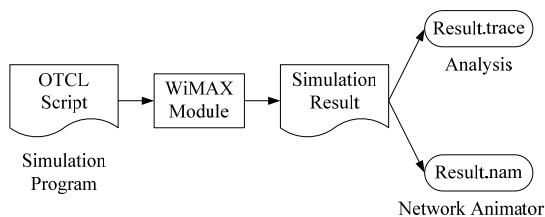


圖 6 模擬流程

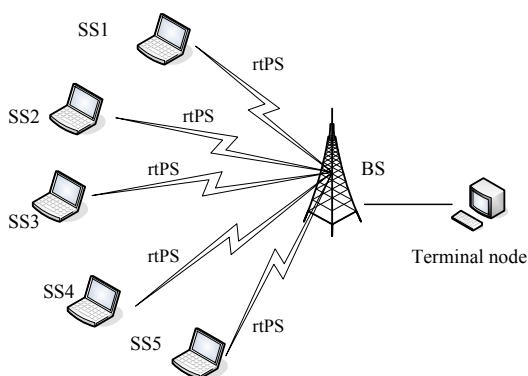


圖 7 Simulation Scenario1 Network Topology

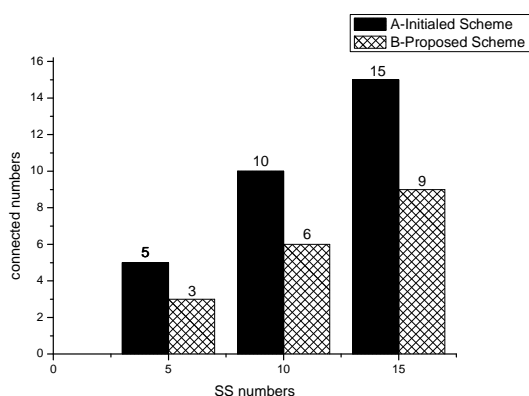


圖 8 Simulation Scenario1 比較連線數

Traffic Rate)、最小傳輸速率(Min Traffic Rate)和最大延遲時間(Max Latency)這三個參數值。各資料型態的參數值，設定如表 5 所示。

4.3 模擬結果分析

以 Simulation Scenario 1 和 Simulation Scenario 2 分別模擬流量小於總頻寬時單一資料型態連線和多資料型態連線的情形，而以 Simulation Scenario3 模擬流量大於總頻寬時進行多資料型態連線傳輸的情形。接下來就分別說明和評估這三種情況。

表 5 QoS 參數值

	Traffic type	Max rate	Min rate	Max Latency
UGS	UDP/CBR	80	80	20
ertPS	UDP/VBR	60	15	10
rtPS	UDP/VBR	900	500	30
nrtPS	TCp/FTP	600	300	100
BE	UDP/CBR	300	0	200

註 1：Max rate 與 Min rate 的單位為 Kbps

註 2：Max Latency 的單位為 ms

表 6 Simulation Scenario1 各組連線參數

Number of SS	5	10	15
Traffic type	rtPS	rtPS	rtPS
Frame length	10 ms	10 ms	10 ms
Simulation time	10 sec	10 sec	10 sec
Total bandwidth	5 Mbps	10 Mbps	10 Mbps

◆ Simulation Scenario 1

在 Scenario 1 的模擬，主要是比較 WiMAX 模組和論文所提的 Admission Control，而 WiMAX 模組預設的方法，就是只要 BS 可用總頻寬不為零，就能允許建立連線。因此以單一資料型態過大的情況來進行模擬，而網路拓僕架構和連線參數分別如圖 7 和表 6 所示，設定由 5 個傳送端(SS)向 BS 逐一提出連線請求並建立連線，並傳輸 rtPS 資料流，而模擬時間為 10 秒，每個 SS 連線的間隔時間為 2 秒。並在相同的環境下，將 SS 增加到 10 個和 15 個分別作測試，總頻寬也分別提高為 10 Mbps 和 15 Mbps，SS 提出連線需求時間間隔也分別縮短為 1 秒和 0.5 秒。

從模擬結果分析兩組的連線數，如圖 8 所示。以 A 和 B 分別表示模組預設的方法和論文提的方法。可以明顯的看出 A 組的連線數高於 B 組，A 組能允許所有連線，而 B 組則會拒絕部分連線。為了評估連線數的差別是否影響連線的服務品質，所以接下來是分析兩組封包遺失率和延遲時間。

而封包遺失率的分析如圖 9 所示，A 組封包遺失率整體高於 B 組。因此可說明，封包

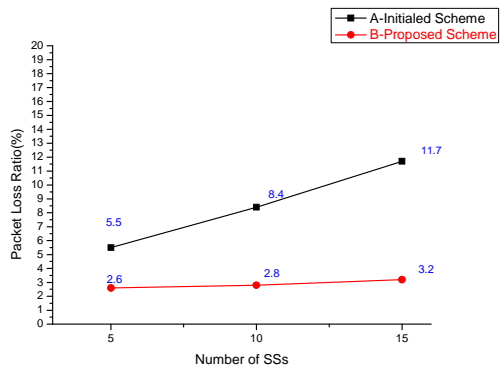


圖 9 Simulation Scenario1 比較封包遺失率

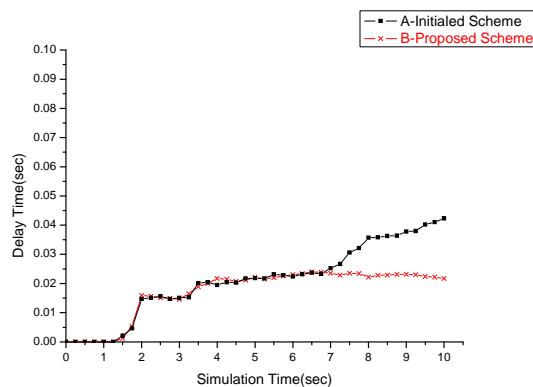


圖 10 Simulation Scenario1 比較 Delay Time

遺失率和連線數多寡成正比。當連線數分別為 5、10 和 15 時，兩組封包遺失率差距分別為 2.9%、5.6% 和 8.5%。由於連線數的不同，所以接下來主要是以分析兩組的延遲時間，來判斷連線是否滿足 QoS 需求。

以 5 個傳送端的模擬結果作說明，分析兩組資料在模擬時間 10 秒內 Delay Time 的變化，結果如圖 10 所示。在時間 7 秒前，兩組的 Delay Time 是差不多的，而在 7 秒過後，A 組會允許 SS4 和 SS5 建立連線，因此 Delay Time 也相對提高，並超過可允許的範圍(30 ms)。而 B 組在 10 秒內只允許 3 個連線數，當第 3 個連線建立後，Delay Time 也呈現一個較穩定的情況，並沒超過可允許的範圍。因此，使用論文所提的方法雖然減少了連線數，但是能夠確保已經連線的服務品質，不會因為加入更多連線，而導致整體服務品質降低。

◆ Simulation Scenario 2

而 Scenario 2 是要模擬多資料型態進行傳輸的情況，目的在於分析流量未達上限值的

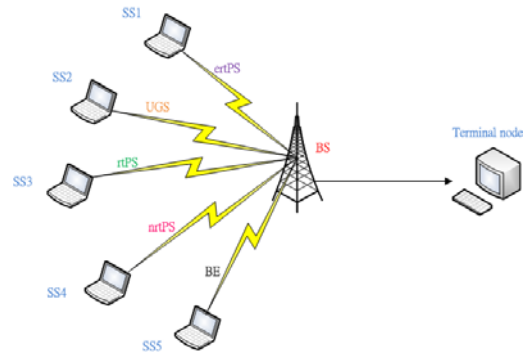


圖 11 Simulation Scenario2 Network Topology

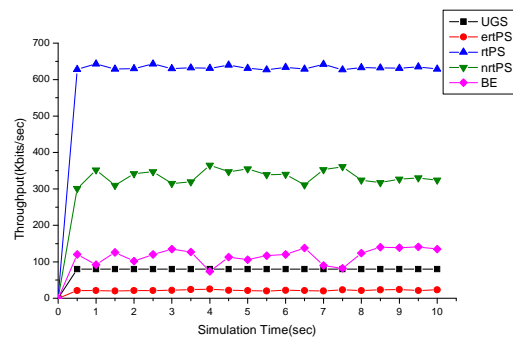


圖 12 Simulation Scenario2 分析連線 Throughput

時，是否能確保各資料型態連線的服務品質。設定總頻寬為 5 Mbps，模擬時間為 10 秒，其他相關參數和 Scenario 1 相同，傳送端為五個節點(SS1~SS5)，從模擬時間一開始就同步向 BS 提出連線請求並建立不同資料型態的連線，每個 SS 傳送的資料型態和網路拓撲架構就如圖 11 所示。

之後分別計算各資料型態連線的 Throughput，評估是否達 QoS 參數的最低傳輸需求。結果如圖 12 所示，由於 UGS 連線在 QoS 參數設定上，最低傳輸率和最高傳輸速率是相同的，並以 FIFO 排程方式作輸出，因此整體是呈現水平的情況。而其他資料型態連線的平均速率(Average Throughput)都滿足各連線的最低需求，如表 7 所示。

接下來評估各連線的 Delay Time，由於 BE 不需要最低傳輸速率的保證，因此就省略該資料型態的 Delay Time。結果如圖 13 所示，UGS 連線的 Delay Time 為 0，ertPS 連線整體的 Delay Time 是趨近於 0，而 rtPS 連線大約 20 ms~25 ms 之間，nrtPS 則大約 35 ms~60 ms 之間，各連線的 Delay Time 都落於可允許的範圍內，如表

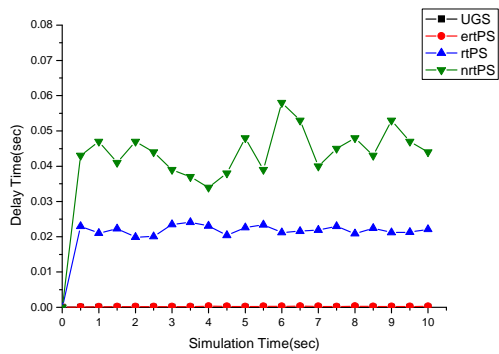


圖 13 Simulation Scenario2 分析連線 Delay Time

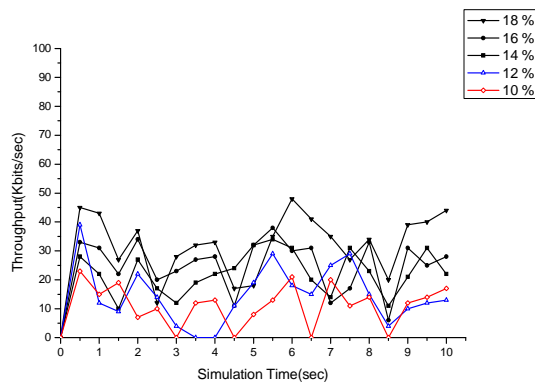


圖 14 分析 BE 連線

8 所示。

◆ Simulation Scenario 3

當流量大於總頻寬的時後，會產生頻寬不足於滿足所有連線的問題，因此本論文提出了頻寬管理機制，期望在該情況下至少能確保即時性連線的 QoS。在這部分的模擬主要是探討在該情況下，當 RT 和 NRT 參數值落於哪個範圍內時，能確保即時連線的服務品質。所以是將 RT 和 NRT 的參數值遞增或遞減作測試，直到滿足所定義上下限值的條件。而下限值的標準為滿足 rtPS 連線的最低傳輸速率需求。而上限值的標準定義為，當最低優先權 BE 連線出現飢餓的情況時。首先設定每個資料型態建立 3 個連線，共 15 個傳送端，而總頻寬為 5 Mbps，模擬時間為 10 秒。理論上，在開始作傳輸動作時，就能滿足流量大於總頻寬的情形。接下來就分別說明下限值的評估。

評估下限值的標準主要是以 RT 參數為主，分析 rtPS 的 Average Throughput 是否能滿

表 7 Simulation Scenario2 Throughput 分析

	Average throughput	Minimum traffic rate
UGS	80	80
ertPS	21.8	15
rtPS	632.8	500
nrtPS	333.9	300
BE	117.1	0

註：單位 Kbps

表 8 Simulation Scenario2 Delay Time 分析

	Delay time	Maximum latency
UGS	0	20
ertPS	0.11~0.32	10
rtPS	20.1~24.3	30
nrtPS	373.~58.7	100

註：單位 ms

表 9 評估下限值

RT	NRT	rtPS Average throughput
60%	30%	476.6 Kbps
62%	28%	486.4 Kbps
64%	26%	492.8 Kbps
66%	24%	505.3 Kbps
68%	22%	513.8 Kbps

足最低傳輸速率。而 rtPS 連線所須最低傳輸速率需求為 500 Kbps。模擬結果如表 9 所示，當 RT 參數為 66 % 時，rtPS 的 Average Throughput 約 505.3 Kbps，剛好滿足最低需求，因此可以將 RT = 66 % 和 NRT = 24 % 這組參數定義為下限值。

評估上限值的標準則是以 NRT 參數為主，分析 BE 連線是否會出現飢餓(Throughput = 0)的情況，以 NRT 參數為 10 %~18 % 的結果作說明，如表 10 所示。而圖 14 為其中一個 BE 連線的結果，從圖中可以明顯的觀察出，當 NRT 參數為 12 % 時，在模擬時間 3~4 秒間出現 Throughput 為 0 的情形，而 NRT 參數為 10 % 時，出現飢餓的次數更為頻繁，所以將 NRT = 12 % 和 RT = 78 % 這組參數定義為上限值。

表 10 評估上限值

RT	NRT	BE Average throughput
72%	18%	32.8 Kbps
74%	16%	25.6 Kbps
76%	14%	22.6 Kbps
78%	12%	15.2 Kbps
80%	10%	14.5 Kbps

5. 結論

結合行動裝置和多媒體應用是 WiMAX 未來的發展方向之一。因此，如何加強傳輸的服務品質以讓廣泛的使用者能接受是一個重要的議題。所以本論文以確保連線的服務品質為研究重心，在 IEEE 802.16 的規格中，提出了沒有定義的允入控制和排程。而論文所提的允入控制，主要是透過可用頻寬和佇列的使用率來判斷是否允許建立連線，根據 Simulation Scenario 1 的結果顯示，採用論文的方法雖然會減少連線數量，但是能確保已經連線的服務品質。而論文採用的排程是基於 DFPQ 演算法並加以修改，從 Simulation Scenario 2 的結果可說明，在一般情況下能確保多資料型態連線的服務品質。除此之外，也提出頻寬管理機制來限制和管理可用頻寬，目的在於當連線流量超過總頻寬時至少能確保即時性連線的服務品質，而在 Simulation Scenario 3 的結果說明，將值 RT 參數值設定於 66 %~78 %，能滿足即時性連線的最低傳輸需求並且減少低優先權連線產生飢餓的情形。

參考文獻

- [1] 柯志亨, 計算機網路實驗 — 以 NS2 模擬工作實作, 學貫行銷股份有限公司, 2005.
- [2] IEEE 802.16 Standard-Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE 802.16-2004.
- [3] IEEE 802.16e Standard-Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, IEEE 802.16e-2005.
- [4] J. Chen, C.-C. Wang, F. C.-D. Tsai, C.-W. Chang, S.-S. Liu, J. Guo, W.-J. Lien, J.-H. Sum, and C.-H. Hung, "The Design and Implementation of WiMAX Module for NS-2 Simulator," *2006 Workshop on NS-2*, October

- 2006.
- [5] J. Chen, W. Jiao, and H. Wang, "A Service Flow Management Strategy for IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Systems in TDD Mode," *Proceeding of the IEEE International Conference on Communications 2005*, pp. 3422-3426, May 2005,
- [6] J. G. Andrews, A. Ghosh, and R. Muhamed, *Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking*, Prentice Hall, 2007.
- [7] Korean Telecommunication Technology Association, TTAS.KO-06.0064R1, "Specifications for 2.3GHz Band Portable Internet Service- Physical Layer," December 2004
- [8] M. Shreedhar, G. Varghese, "Efficient fair queuing using deficit round-robin," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 4, issue 3, pp.375-385, June 1996.
- [9] NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [10] R. Rouil. The Network Simulator ns-2 NIST add-on-IEEE 802.16 model(MAC+PHY) Available at www.antd.nist.gov, 2007.