

利用混合式排程機制提升 WiMax 頻寬之使用率

王淑卿
朝陽科技大學
資管系
scwang@cyut.edu.tw

王順生
朝陽科技大學
工管系
sswang@cyut.edu.tw

嚴國慶*
朝陽科技大學
企管系(聯絡人)
kqyan@cyut.edu.tw

王朝宏
朝陽科技大學
資管系
s9614629@cyut.edu.tw

摘要

WiMax 是近來新興的「無線寬頻」技術之一，其擁有高頻寬與長距離的特性，可以用來解決都會網路「最後一哩」(Last Mile)的問題。因 WiMax 所具有的特性，所以可以廣泛應用在許多相關的領域中，包括：行動娛樂、行動服務、行動醫療、與行動學習等。然而，當大量的使用者使用行動裝置來收發資訊或是分享影音及數位學習時，極容易因大量的訊息廣播而造成訊號之間的互相干擾並導致通訊訊號不穩定及廣播風暴(Broadcast Storm)的情況發生。而造成這些問題發生的主要原因，就是爭奪 WiMax 最關鍵的資源---通訊頻寬。因此，本研究將使用 OFDMA 調變技術，將 WiMax 的頻道分割成數個子頻道，並分給不同使用者來使用，藉此提昇網路的傳輸穩定性。本研究中提出的機制，包含優先權機制、頻道分配機制與混合式排程機制，主要是有效利用優先權機制配合頻道分配與混合式排程兩種機制在同一個 Frame 下分配兩種不同連線模式的使用，達到空間有效的再利用，讓整體傳輸效能提升，並有效縮短排程長度。

關鍵詞：WiMax、OFDMA、網狀網路拓撲、集中式排程、分散式排程

Abstract

Along with information technology of flourishing, the popularization rate of the wireless communication equipment is higher and higher. However, WiMax is the one of new broadband wireless technologies. It can provide different application services. However, due to the limitation of communication channel, the OFDMA is used in this research to divide the channel into several sub-channels and those sub-channels can be provided for different users. In this research, three mechanisms are proposed which are priority, channel allocation, and hybrid scheduling mechanism. The priority

mechanism will assist channel allocation mechanism and hybrid scheduling mechanism to enhance the throughput of WiMax.

Keywords: WiMax, OFDMA, mesh, centralized scheduling, distributed scheduling

1. 前言

近年來由於無線網路技術的快速發展，使得傳輸速度與傳輸距離都有很大的改善。雖然仍無法達到傳統有線網路的傳輸速度，但由於無線網路具有可移動性與較低建置成本的特性，使得愈來愈多的應用在無線網路進行，帶來更多的便利性[2]。

WiMax(Worldwide Interoperability for Microwave Access)是近來新興的無線寬頻技術之一，架構在 802.16 的標準上。其傳輸速度最高可達 75Mbps，傳輸距離最遠可達 50 公里。與其它無線網路比較，WiMax 具有較佳的傳輸速度與較遠的傳輸距離；而與傳統有線網路比較，WiMax 擁有較高的延展性、較低的成本與解決某些地勢難以佈線的問題，所以可以利用 WiMax 來解決有線網路「最後一哩」的問題[9,13]。以便於提供偏遠地區或地勢難以佈線的用戶端，有較佳且方便網路服務。

因為 WiMax 所具有的特性，因此可以廣泛應用在許多相關的領域，包括：行動娛樂、行動服務、行動醫療、與行動學習等[14]。然而，這些相關的應用若處在一個人口密集度高的城市環境中進行，當每個人皆使用行動裝置來收發資訊或是分享影音及數位學習時，極容易因大量的訊息廣播而造成訊號之間的互相干擾並導致通訊訊號不穩定及廣播風暴(Broadcast Storm)的情況發生。而造成這些問題發生的主要原因，就是爭奪 WiMax 最關鍵的資源---通訊頻道。因此，在本研究中將透過頻道的分配機制與排程機制，將頻寬有效的利用而不造成浪費。

在 WiMax 頻道分割的調變技術，常見的有三種，分別為 TDMA(Time Division Multiple Access)、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiple) 與 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)[5]。其中 TDMA 是將時間切割成固定大小，分別提供給不同的使用者使用，而在同一個時間點內只能有一個使用者可以使用。然而，每一個使用者所需的頻寬可能不到整個頻道所提供的頻寬大小，因此將造成頻寬的浪費。而 OFDM/OFDMA 與 TDMA 最大的差別，在於 OFDM/OFDMA 將頻道 (Channel) 分割成許多子載波 (Subcarrier)，再分別提供給不同的使用者使用。而 OFDM 與 OFDMA 最大差別則在於，OFDM 在同一時間內只能有一個使用者使用，其它未用到的子載波就造成浪費。而 OFDMA 則在同一時間內，不同的子載波可以提供給不同使用者使用。因此，在本研究中將利用 OFDMA 調變技術，使頻道的分配可依不同時間、不同需求而做改變與調整，藉此讓頻道能更有彈性且有效的被使用。

WiMax 系統的架構主要由一個基地台 (Base Station: BS) 和多個行動設備 (或稱為節點, Subscribe Station, SS) 所組成，其提供兩種網路拓撲模式，包括 PMP(Point to MultiPoint) 和網狀網路 (Mesh) 兩種模式 [7,11]。在 PMP 網路拓撲模式下，無論是 SS 連接外部主機或是連接內部其它 SS，所有 SS 的連線都必須連到 BS，如圖 1 所示。

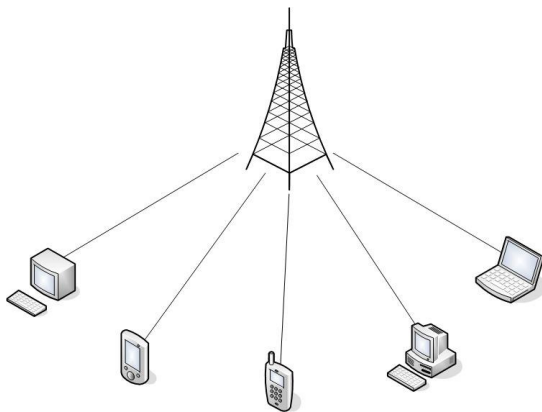


圖 1、PMP 網路拓撲模式

而在 Mesh 網路拓撲模式下，連接對外主機還是需經由 BS，但內部 SS 與 SS 之間可以不需藉由 BS 互相連線，並且可以透過鄰近節

點 (SS) 以 Hop-by-hop 方式傳送資料至目的端，如圖 2 所示。由於 Mesh 網路拓撲具有四個特點，包括：(1) 訊息傳送可發生在 SS 彼此之間；(2) 訊息可藉由其它節點接替傳送；(3) 拓撲架構更具有彈性、擴充性，成本也較低；及 (4) 傳輸範圍、系統的容量較高，因此本研究將在 Mesh 網路拓撲架構下進行探討。

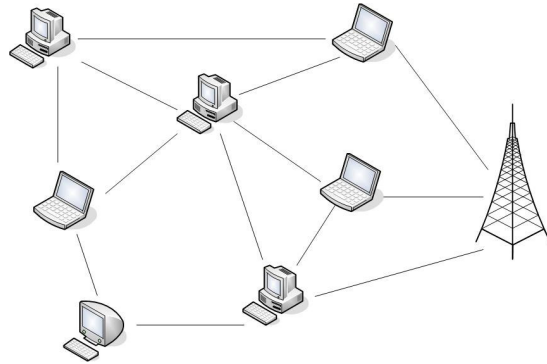


圖 2、Mesh 網路拓撲模式

Mesh 網路拓撲中節點之間資訊通訊流量傳輸的排程機制分為兩種：集中式排程機制 (Centralized Scheduling) 與分散式排程機制 (Distributed Scheduling)[3]。集中式排程機制適合於對外網路的資料傳輸，而分散式排程機制則適合於對內網路的資料傳輸[8]。由於 Mesh 網路拓撲包含對外網路與對內網路的資料傳輸，因此在本研究中將針對這兩種機制進行探討。

在本研究中提出優先權機制、頻道分配機制與混合式排程機制等三個機制，藉以明確與有效率的分配頻道，並整合成一個混合式排程的機制，讓集中與分散式排程能在同一個頻道中混合使用，期能使整體網路的效能更充份的被使用，提升網路的傳輸效能與降低資源浪費。

因此，本研究將在一個 WiMAX 網路的 Mesh 網路拓撲模式中，將使用 OFDMA 調變技術，將 WiMax 的頻道分割成數個子頻道，並分給不同使用者來使用，藉此提昇網路的傳輸穩定性。在本研究中的章節分別如下，第二節為文獻探討，將分別介紹 WiMax 的頻道調變技術、訊框的架構、與排程的基本架構與應用；第三節為本研究的研究方法與架構，將說明本研究所提出來的機制；第四節為本研究所提出的頻道分割與混合式排程之流程；第五節為本研究的結論與未來工作。

2. 文獻探討

在本節中將分別介紹 WiMax 的頻道調變技術、訊框的架構、與排程的基本架構與應用。

2.1 頻道的調變技術

在網路的實體層中，本研究採用 OFDMA 調變技術[1]，來進行頻道的調變，將 WiMax 的頻道分割成數個子頻道。OFDMA 是一種支援非直視性與多路徑選擇的技術，將整個頻道切割成許多的子載波，這些子載波之間彼此保持正交性且各自獨立，因此子載波在資料傳輸時並不會互相干擾。在 WiMax 標準下可以將數個子載波結合成一個子頻道 (Subchannel)，而且一個子頻道可以由多個非連續的子載波所組合而成。換言之，子頻道可以由任意分佈在頻道中符合提供需求的子載波組合而成。而在進行頻道分配時，則可以在不同時間依照各種服務需求調整子頻道給不同的使用者使用，讓使用者得到合適的分配。圖 3 所示為 OFDMA 的示意圖，其中橫軸為時間，縱軸為頻道，在同一時間內，不同的頻道可以提供給不同使用者使用。

2.2 訊框架構

WiMax 可支援兩種訊框(Frame)分割的多工模式，分別為分頻多工模式：(Frequency Division Duplexing, FDD)與分時多工模式 (Time Division Duplexing, TDD)[4,6]。在分頻

多工模式中，將上、下行傳輸分別在不同頻道上進行，在 FDD 模式下可以在同時間點進行上、下行的資料傳輸。而在分時多工模式下，訊框將被分割成兩部份，分別提供給上行與下行的資料傳輸使用，管理者可以依照使用者的不同傳輸需求，調整上、下行時間分配的比重。由於分時多工模式可對上、下行資料的傳輸進行有彈性的調度，所以許多廠商或研究都以支援分時多工模式為主要探討的主題。

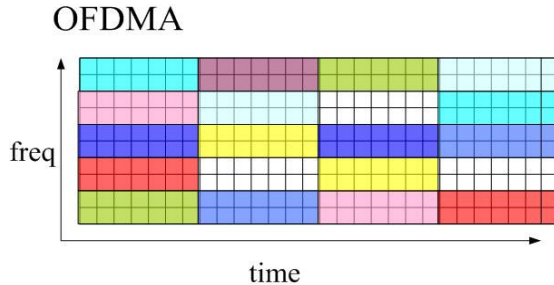


圖 3、OFDMA 調變技術

由於在 Mesh 網路拓撲下，僅支援分時多工的模式，其利用分時多工技術將訊框分割。一個訊框可以分割成兩大部份，分別為控制子訊框 (Control Subframe) 與資料子訊框 (Data Subframe)。資料子訊框又被分割成多個 Minislot，Minislot 會依照控制子訊框的控制訊息，決定傳輸鏈結(Link)是否可進行資料的傳輸[10]。WiMax 訊框的架構如圖 4 所示。

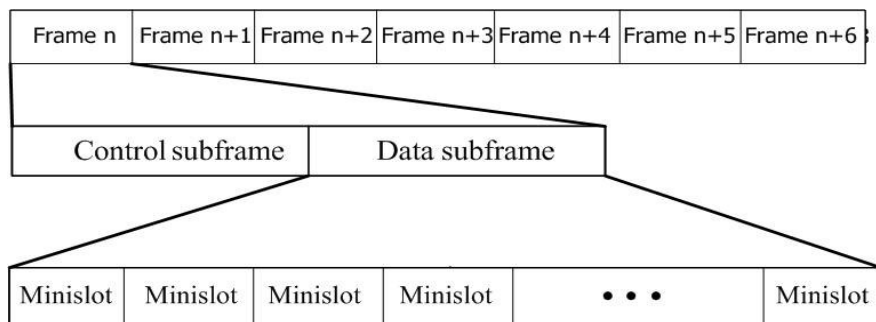


圖 4、WiMax 訊框的架構

2.3 排程機制

在 WiMax 下如何有效分配 Frame 裡的 Minislot 給 WiMAX 網路中的各節點使用，需

仰賴排程機制的協助，而在 WiMax 標準下 Mesh 拓撲有兩種排程機制，分別為集中式排程機制與分散式排程機制[3,8]，以下分別說明之。

2.3.1 集中式排程

集中式排程機制是由 BS 統一集中控制，利用 Mesh 網路中的 BS 做為集中排程器。首先 BS 要收集整個網路下所有節點(包含 BS 自己與所有 SS)所提出的傳輸需求，經由 BS 集中排程器運算過後，分別依據各節點所提出的需求分配 Minislot 給合適的節點。BS 並將運算出來的結果，廣播給該 Mesh 網路中所有的 SS。由於對外的資料傳輸都需經由 BS 連至外部網路，所以集中式排程適合用在對外的資料傳輸。

2.3.2 分散式排程

分散式排程機制是由網域內所有的節點，以互相協調與競爭的方式取得資料傳輸的權力。首先，SS 要建立傳輸時將先廣播訊息給鄰近的節點，而鄰近節點在接收到這一回合

的資料傳輸需求後，經由運算得知那個節點獲得傳輸權力，並傳給獲得傳輸權力的節點，允許其建立連線的訊息。待節點收到允許建立連線的訊息後再回傳確認訊息，接著就可以開始進行資料的傳輸。由於，分散式排程可以在節點提出傳輸需求時，馬上以競爭的方式搶奪資源，所以分散式排程含有即時特性，並且資料傳輸可以發生在網域內任意兩個節點之間，不需經由 BS 轉送。總而言之，因分散式排程的特徵，可知分散式排程適合用於 Mesh 網路拓撲對內的資料傳輸。

由上述排程機制的說明，可以得知集中式與分散式排程各有其優缺點與連線方式(詳如表 1 的比較)。而對於一個 WiMax 標準下的 Mesh 網路拓撲而言，使用者所提出的傳輸需求包含對內與對外的資料傳輸，所以需要一個混合集中式與分散式排程的機制來控制，讓網路的傳輸更有效率。

表 1、集中式與分散式排程比較表

	運作方式	優點	缺點
集中式排程	由 BS 統一控制，收集所有節點的需求後，經由演算法計算後分配資源	1、適合對外網路傳輸 2、資源分配的計算與更新速度較佳	1、BS 負載重 2、所有的傳輸路徑都需經過 BS
分散式排程	每個節點各自互相溝通，以競爭方式搶得資源	1、適合內部網路傳輸 2、資料傳輸延遲時間較小 3、發生在任意兩 SS 之間 4、即時性佳	1、建立連線需額外耗費控制訊息 2、整體網路負載較重

由上述的頻道調變技術的說明可知，WiMax 的頻道分為許多的子頻道，為善用這些頻道以提升網路的效能，本研究將提出一套頻道的分割機制，把頻道分割成兩部份，分別提供給集中式與分散式排程使用。而在訊框的排程方面，本研究將利用混合式排程機制，有效減少 Minislot 的浪費。最後，將設計優先權排程機制，利用 SS 所計算獲得的優先等級，來幫助頻道分配與混合式排程機制的運作。本研究提出的三個機制，將在下一節中詳細的說明。

3. 研究方法與架構

根據上一節的說明，本研究將著重於設計有效率的頻道分配與混合式排程機制。主要的目的是在 WiMax 標準下的 Mesh 網路拓撲中，利用這三個機制來提升網路整體頻道的空間使用率，藉以增加網路傳輸效能。

3.1 基本環境假設

本研究的網路拓撲建構在 Mesh 拓撲基礎上，最上層為 BS，底下包含數個 SS 節點。而每個 SS 節點都以最短路徑做為其傳輸的路

由，圖 5 所示為 Mesh 網路拓撲圖。而 Mesh 網路拓撲可依路由的通訊方式轉換成以樹狀圖來表示[11]，圖 6 所示即為圖 5 之 Mesh 網路拓撲依其路由通訊方式轉換成的路由樹狀圖。

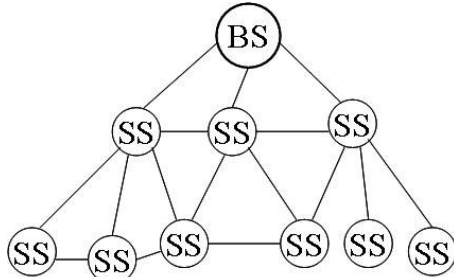


圖 5、Mesh 網路拓撲

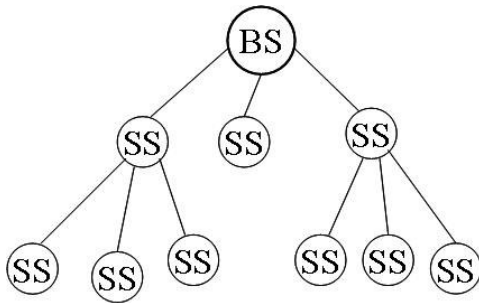


圖 6、路由樹狀圖

針對本研究所使用的 Mesh 網路拓撲環境，有下列的基本假設：

1. 每一個節點所提出的需求執行時間與剩餘等待時間是可以預知的。
2. BS 會記錄 Agent 所收集的資訊。
3. 父節點 BS 可以協助各節點 SS 進行資料的傳輸。

3.2 Agent 機制

由於在整個 Mesh 網路拓撲下，各個節點所提出的連線需求包括對外及對內兩類，因此在本研究中使用 Agent 機制來協助收集各個節點的需求資訊。

研究中由 BS 派遣 Agent 來收集整體網路的連線資訊，包括對內與對外網路連線，資訊包含需求量的大小、需要的執行時間、離需求到期所剩的時間、需求的種類與排程表單等，並且將所收集到的資訊彙整給 BS，讓 BS 可以利用這些資訊，並將運算後的資訊通知給整個網路中的所有節點。

3.3 優先權機制

為了讓每一個節點的連線需求都有一個相對應的優先等級，所以當節點提出連線需求時，不管是對內或對外的通訊，都要經過優先權機制計算出其優先等級，再依照其等級排入佇列中，等待頻道的分配。而在頻道分配機制與混合式排程機制都將以優先權機制所算出的值來進行分配或排程。

本研究所提出的優先權機制，將依據各個不同的應用通訊需求，選擇相對應的考量評估因子。在本研究中，設定三個因子來評估優先權，分別為需求大小、急迫性和需求種類，分別以 $f_1(x_1)$ 、 $f_2(x_2)$ 和 $f_3(x_3)$ 代表三個評估因子的函數式，不同的因子則視所強調的條件給予不同的權重值 w_i ，而所有因子的權重值總合為 1。本研究所提出的優先權演算法如(1)所示：

$$V = \sum_{i=1}^3 w_i f_i(x_i)$$

$$\sum_{i=1}^3 w_i f_i(x_i) = w_1 f_1(x_1) + w_2 f_2(x_2) + w_3 f_3(x_3) \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^3 w_i = 1$$

經由優先權機制所算出來的 V 值愈大者，則有較高的優先權。首先說明 $f_1(x_1)$ 的函數式，如公式(2)所表示。

$$f_1(x_1) = 1 - \frac{REQ}{MREQ} \quad (2)$$

$f_1(x_1)$ 主要算出需求量的比值，其中 REQ 代表節點所提出的需求量大小， $MREQ$ 代表節點所提出的最大需求量。 $f_1(x_1)$ 所算出來的值為 0 到 1 之間，需求量愈小則所算出來的值愈大。

$f_2(x_2)$ 主要是計算這個連線需求的急迫性，如公式(3)所表示，其中 RT 代表距離需求到期所剩餘可容忍的等待時間， EXT 代表連線需求所需要的執行時間。 $f_2(x_2)$ 所算出來的值為 0 到 1 之間，而數值愈大代表它的急迫性愈高，其值也愈高。

$$f_2(x_2) = \frac{1}{1 + e^{RT-EXT}} \quad (3)$$

最後， $f_3(x_3)$ 所代表的是需求種類的服務等級(SL)，如(4)所示：

$$f_3(x_3) = SL \quad (4)$$

本研究將需求種類依照 WiMax 標準分為四種訊務的類別[12]，分別為 UGS (Unsolicited Grant Service)、rtPS (Real-Time Polling Service)、nrtPS (Non-Real-Time Polling Service) 與 BE (Best Effort service)，本研究依序給予這四種訊務 1、0.75、0.5 與 0.25 不同服務等級的值。

3.4 頻道分配機制

由於在 OFDMA 架構下，由子載波所組成的子頻道可選擇提供給不同的使用者使用。因此，本研究所提出的頻道分配機制，將使用 Agent 所收集的歷史資訊，依集中式與分散式佇列中優先等級較高的個數比例來調整分配的頻道。BS 首先分別算出集中式佇列與分散式佇列中優先等級的平均值，再計算優先權大於平均值的個數。依照公式(5)所示，本研究將頻道依比例分別分配給集中式排程與分散式排程。

$$CSC = TSC * (\frac{CS}{CS + DS} * 100\%) \quad (5)$$

$$DSC = RSC - CSC$$

其中 CS 代表在集中式佇列中優先等級較高的個數；DS 代表在分散式佇列中優先等級較高的個數；TSC 為頻道內子頻道的總個數；CSC 代表分配給集中式優先排程的子頻道個數；DSC 代表分配給分散式優先排程的子頻道個數。

3.5 混合式排程機制

由第 2 節排程機制的說明中，可以得知集中式與分散式排程分別適合於對外與對內的網路通訊連線。而由於在整個網域內，使用者所提出的連線包括對內與對外的通訊需求。因此，在 WiMax 的 Mesh 網路拓撲下，可透過分割機制把資料子訊框分成集中式排程與分

散式排程兩部份。集中式排程與分散式排程兩部份所分割的資料子訊框大小，將依照這回合網路結構訊息大小設定。當資料子訊框大小已被固定後，若有新需求產生，則需等到下一回合再重新分配大小。由於，在此分割機制下，未被使用的 Minislot 將無法再被分配給其它排程使用，以致造成資源浪費。

因此，本研究透過 Agent 機制來改善資源浪費的問題。由於，利用 Agent 所收集的資料可以得知整體網路的連線需求，包含集中式與分散式的排程。BS 可以由所收集到的資料得知在分散式排程的排程表與排程中未被使用的 Minislot，而 SS 經由 BS 所廣播的允許傳輸訊息中可以得知在集中式排程的排程表與排程中未被使用到 Minislot。BS 與 SS 再利用集中式排程與分散式排程來分配這些未被使用的 Minislot，以達到有效的資源再利用。

4. 建立頻道分割與混合式排程之流程

在本節中將說明本研究所提出的整體系統架構之流程，並說明每個流程中各機制的使用時間。本研究所提出的建立頻道分割與混合式排程之整體流程如圖 7 所示。

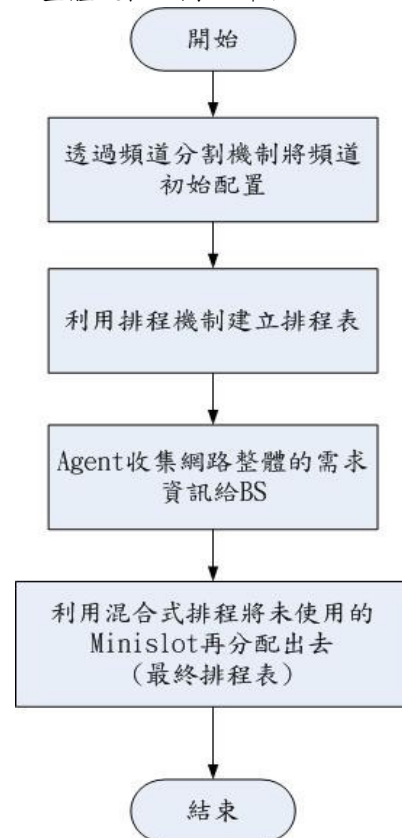


圖 7、整體系統流程圖

本研究中 BS 派遣 Agent 去收集整個網路拓撲底下的資料，藉由所收集的資料來幫助頻道分配與混合式的排程。其步驟如下：

【步驟一】 BS 利用頻道分配機制計算 Agent 所收集的歷史資料，再依照頻道分割機制所計算出來的值，分配集中式與分散式排程各自擁有的頻道數目。頻道分割機制的流程如圖 8 所示。

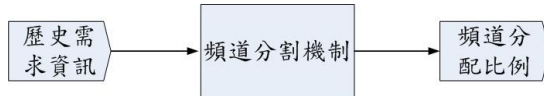


圖 8、頻道分割機制

【步驟二】 網路內的節點各自提出連線需求，包含對內與對外的網路連線。對內的網路連線由節點間各自執行分散式排程機制來分配，對外的網路連線則由 BS 統一收集後再利用集中式排程來分配。而集中式與分散式排程將依照其所重視條件的不同，調整優先權機制的因子或權重值的來進行排程。排程機制的流程如圖 9 所示。

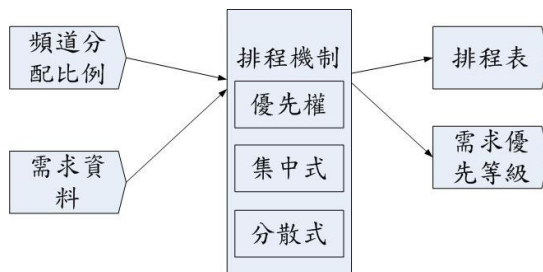


圖 9、排程機制流程圖

【步驟三】 Agent 將收集這些連線需求的資料(包含已分配與未分配的連線需求)傳回給 BS，讓 BS 能夠利用這些資料來進行混合式排程。Agent 機制流程如圖 10 所示。

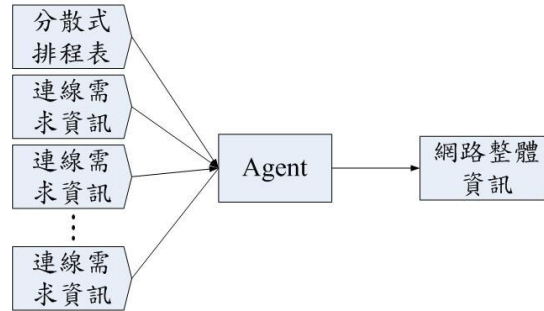


圖 10、Agent 機制流程圖

【步驟四】 最後，BS 收集到全部的網路需求資訊後，可以得知在分散式排程中未使用的 Minislot，而 SS 在 BS 所廣播的允許傳輸訊息中可以得知集中式排程中未使用的 Minislot。最後，再讓 BS 與 SS 分別利用混合式排程機制去分配這些未使用的 Minislot。混合式排程機制的流程如圖 11 所示。

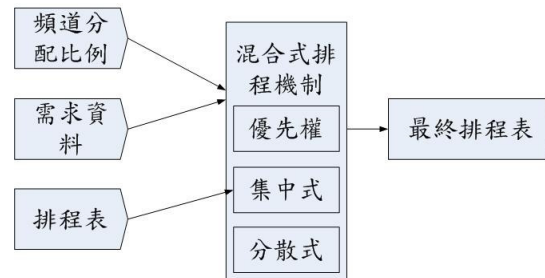


圖 11、混合式排程機制

以圖 6 路由樹狀圖的父節點來當實例說明，並給各個 SS 一個唯一的編號，其中 SS₁ 為 SS₂、SS₃ 與 SS₄ 的父節點，而 BS 則為 SS₁ 的父節點，如圖 12 所示。

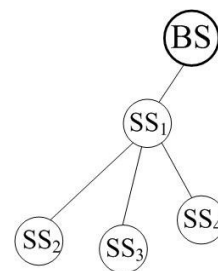


圖 12、路由樹狀圖實例

表 2 為實例的基本環境參數假設，假設將 WiMax 訊框中的每個子頻道切割成 10 個 Minislot，而整個 Frame 則有 100 個 Minislot 可使用。

假設子頻道平均分配給集中式與分散式兩個排程使用，每個子節點都產生二筆連線需求，假設表 3 為 SS_1 至 SS_4 所產生的連線需求，而節點-需求編號為 1-1 代表的是 SS_1 的第一筆連線需求，而編號為 1-2 代表的是 SS_1 的第二筆連線需求，以下類推。

表 2、環境參數設定

調變方式	OFDMA
多工技術	TDD
頻寬大小	10Mb/s
訊框時間長度	10ms
子頻道數目	10

表 3、連線需求表

節點-需求編號	需求量子	可容忍等待時間	需執行時間	需求種類	提出時間	排程種類
1-1	6	0	1	UGS	4	分散式
1-2	1	2	1	nrtPS	1	分散式
2-1	9	4	2	nrtPS	1	集中式
2-2	8	0	2	UGS	6	分散式
3-1	4	2	1	RtPS	2	集中式
3-2	10	4	2	BE	5	分散式
4-1	1	5	1	BE	6	分散式
4-2	6	2	2	rtPS	3	集中式

在進行排程時，BS 首先利用優先權機制計算出每個連線需求的優先權順序，再分別使用集中與分散式排程安排連需求。接著，將比較未使用混合式排程機制與使用本研究提出的混合式排程機制的效益。

如圖 13 所示，在未使用混合式排程機制時，可以發現排程長度到了第 8 秒時才結束，而且在第 8 秒以前，集中式與分散式排程中有

許多未使用的 Minislot。

如圖 14 所示，在使用混合式排程機制時，排程長度縮短至 6 秒就結束。圖 14 中的灰底方格代表利用混合式排程，將未使用的 Minislot 安排給另一種排程機制使用。除此之外，第 6 秒以後的 Minislot 還可分配給其它的 SS，以供再提出連線的需求使用。

1	2-1	3-1	2-1	4-2						
2	2-1	3-1	2-1	4-2						
3	2-1	3-1	2-1	4-2						
4	2-1	3-1	4-2	4-2						
5	2-1	2-1	4-2							
6	1-2			1-1	1-1	2-2	2-2	3-2		
7				1-1	3-2	2-2	2-2	3-2		
8				1-1	3-2	2-2	2-2	3-2		
9				1-1	3-2	2-2	3-2	3-2		
10				1-1	3-2	2-2	3-2	4-1		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Frame length

圖 13、未使用混合式排程機制的排程表

1	2-1	3-1	4-2	1-1	3-2	2-2				
2	2-1	3-1	4-2		3-2	2-2				
3	2-1	3-1	4-2		3-2	2-2				
4	2-1	3-1	4-2		3-2	4-1				
5	2-1		4-2		3-2					
6	1-2		4-2	1-1	3-2	2-2				
7	2-1			1-1	3-2	2-2				
8	2-1			1-1	3-2	2-2				
9	2-1			1-1	3-2	2-2				
10	2-1			1-1	3-2	2-2				

圖 14、使用混合式機制的排程表

5. 結論及未來工作

由於 WiMax 提供了高傳輸頻寬與較遠的傳輸能力，使得 WiMax 成為近年來相當熱門的無線寬頻技術之一。而如何有效分配頻寬給不同使用者是一項重要的研究議題。在本研究中提出三種機制，優先權機制、頻道分配機制與混合式排程機制。優先權機制可以依照所執行的相關應用重視的評估條件來調整因子或權重比例，透過優先權機制來決定連線需求的優先順序。接著，配合頻道分配機制將頻道切割成數個子頻道分別提供給集中式與分散式排程，進行通訊需求的配置。而混合式排程機制則是將初步排程後，而未使用到的 Minislot，再分配給其它排程機制使用。在本研究中，利用三種機制的配合可以有效的縮短排程長度並增加空間的再利用性。

因為 WiMax 所具有的特性，因此可以廣泛應用在許多相關的行動服務領域，但這些相關的應用若處在一個人口密集度高的城市環境中進行，當每個人皆使用行動裝置來收發資訊或是分享影音及數位學習時，極容易因大量的訊息廣播而造成訊號之間的互相干擾並導致通訊訊號不穩定及廣播風暴(Broadcast Storm)的情況發生。因此，在未來的研究中將探討碰撞問題。由於目前在訊框中每一個 Minislot 都只能允許一個連線需求來運作，然而當某一節點正在傳輸資料時，如何得知其它節點能在不受干擾的情況下能夠同時進行資料的傳輸，進而增加空間的再利用率，提升整體網路傳輸效能，將是本研究未來目標之一。

參考文獻

- [1] 邱瑞益, “正交分頻多工網路中考量服務等級協議之適性化資源分配演算法,” *中原大學資訊管理系碩士論文*, 桃園, 2006.
- [2] 許喬鈞, “IEEE 802.16 無線大都會區域網路中高效率頻寬分配機制之設計與實作,” *淡江大學電機工程系碩士論文*, 台北, 2006.
- [3] 陳子宏, “IEEE 802.16 Mesh networks 排程控制訊息成本之效能分析,” *暨南大學資訊工程系碩士論文*, 南投, 2007.
- [4] 蔡志祥, “結合排程與錯誤控制應用於 IEEE 802.16 寬頻無線網路之分析,” *暨南大學電機工程系碩士論文*, 南投, 2005.
- [5] 蔡侑廷, “綠色無線通訊模式在 IEEE 802.16e 網路環境之建立,” *雲林科技大學資訊工程系碩士論文*, 雲林, 2007.
- [6] 謝銘嘉, “WiMAX 系統中上下行頻寬動態配置及封包排程之研究,” *臺北科技大學資訊工程系碩士論文*, 台北, 2006.
- [7] Chen, J., Chi, C., and Guo, Q., “An Odd-Even Alternation Mechanism for Centralized Scheduling in WiMAX Mesh Network,” *Global Telecommunications Conference*, pp. 1-6, 2006.
- [8] Cheng, S.M., Lin, P., D. Huang, W., and Yang, S.R., “A study on distributed/centralized scheduling for wireless mesh

- network,” *Proceedings of the 2006 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing*, pp. 599-604, 2006.
- [9] Han, B., Jia, W., and Lin, L., “Performance evaluation of scheduling in IEEE 802.16 based wireless mesh networks,” *Computer Communications*, Vol. 30, Issue: 4, pp. 782-792, Feb. 2007.
- [10] Kim, D. and Ganz, A., “Fair and efficient multihop scheduling algorithm for IEEE 802.16 BWA systems,” *2nd International Conference on Broadband Networks*, Vol. 2, pp. 895-901, 2005.
- [11] Makarevitch, B., “Distributed scheduling for WIMAX Mesh network,” *2006 IEEE 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, pp.1-5, 2006.
- [12] Sun, J., Yao, Y., and Zhu, H., “Quality of service scheduling for 802.16 broadband wireless access systems,” *Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd*, Vol. 3, pp. 1221-1228, 1994.
- [13] Vinay, K., Sreenivasulu, N., Jayaram, D., and Das, D., “Performance evaluation of end-to-end delay by hybrid scheduling algorithm for QoS in IEEE 802.16 network,” *2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks*, pp.1-5, April 2006.
- [14] <http://www.hope.com.tw/Art/Show2.asp?O=200711200000009355>.