

## MMP：有線電視網路上的多重優先權/多頻道協定 MMP：Multiple-Priority / Multichannel Protocol for CATV Network

朱國志、孔令洋  
Chu Kuo-Chi、Kung Ling-Yang

成功大學電機工程系  
Department of Electrical Engineering  
National Cheng Kung University,  
Tainan, Taiwan, R.O.C.  
ChuKC@sparc4.ee.ncku.edu.tw

李維聰  
Lee Wei-Tsong

南台技術學院電子技術系  
Department of Electronic Engineering  
NanTai Institute of Technology,  
Tainan, Taiwan, R.O.C.  
wtlee@sparc4.ee.ncku.edu.tw

### 摘要

本論文主要探討如何在現今有線電視網路上，可以提供數位雙向的即時性服務。我們將提出一個新的協定 MMP (Multiple-Priority / Multichannel Protocol)，它是一個多頻道的協定，能夠充分運用有線電視網路多頻道的特性，使得目前無法傳遞雙向數位資料的有線電視網路，能達到全雙工的資料傳輸，並支援 QoS。最後，我們將模擬 MMP 在有線電視網路上的運作情形，以評估它的整體效能。

關鍵字：存取協定、光纖用戶迴路、同軸電纜線、有線電視、寬頻網路、多媒體通訊、互動式系統、多重存取系統

### Abstract

The main objective of this paper is to discuss how to support the digital bi-directional real-time service on CATV networks. We will propose a new protocol - MMP (Multiple-Priority/Multichannel Protocol) which can use the characteristics of multichannel on CATV environments. It provides the full-duplex data transmission on CATV and also supports the QoS (Quality of Service). In the last, We will simulate the operation function of MMP on CATV networks in order to evaluate the performance of whole system.

Keywords: Access Protocols、Optical Fiber Subscriber Loops、Coaxial Cables、Cable Television、Broadband Networks、Multimedia Communication、Interactive System、Multi-Access System

### 1. 簡介

國際網路近年來的快速興起，除了上網人數年年上升外，網路也已逐漸進入到每一個人的家庭

\* 本論文為國科會計畫 NSC87-2213-E-006-008 之部分成果

中。未來，似乎沒有人能夠和網路脫離關係。目前，從家庭中連接上網的常見方法，有利用傳統電話網路及整合服務數位網路(ISDN)，但他們的頻寬多不足以應付今日網路上許多的應用。今日由家庭連接到對外網路的瓶頸，多是出在家庭用戶端到網路服務供給者(ISP)端之間的頻寬不足。要解決從家中連外網路速度不足的問題，最好的方法，就是加大家庭用戶端到網路服務供給者端之間的頻寬。

現今有線電視網路在台灣的普及率高達 80% 以上[1]。有線電視網路具有雙向高頻寬的特性，以目前的技術，可以將一個 6MHz 的有線電視類比頻道，轉換成一個上行 10Mbps，或下行 36Mbps 的數位資料頻道[2]。如果能夠善加運用有線電視網路，多頻道及高頻寬的特性來傳送資料，將可以有效解決，目前由家中上網頻寬不足的窘境。

有線電視網路在發展之初，完全是著眼於類比電視訊號的單向傳輸，我們在第二節，將說明在傳輸雙向的數位資料時，有線電視網路可能產生一些問題及現今的一些解決方法。第三節中，我們會對我們提出的解決方法 MMP 做一個詳細的說明，並說明它的優異之處。在第四節，我們將對 MMP 協定做一個模擬，並和其他的系統比較，以驗證它的效能。最後在第五節中，我們將對整個協定的特性，做一個總結。

### 2. 有線電視網路

有線電視網路挾著其高頻寬的特性，近年來成為解決家庭用戶頻寬不足的最佳解決方案之一，但由於有線電視網路，設計之初並非設計給雙向數位資料傳輸之用，所以要使有線電視網路能夠傳輸雙向數位資料，其間有些問題需要解決。以下我們分成兩個方面來做探討，並說明業界及學界在這個領域，所做的一些研究及解決方案。

#### 2.1 有線電視網路的結構

有線電視網路是呈現樹狀的分枝結構，以頭端(Headend)為樹根，一直延伸出去，用戶端則是整顆樹的樹葉。早期的有線電視網路，全部的線都採

類樹的樹葉。早期的有線電視網路，全部的線都採用同軸電纜線，來做為整個網路的傳輸媒介。因為同軸電纜線會受到外界的電波雜訊干擾，故使得其傳輸距離及品質大受影響，這對數位資料的傳輸影響格外嚴重。[3]

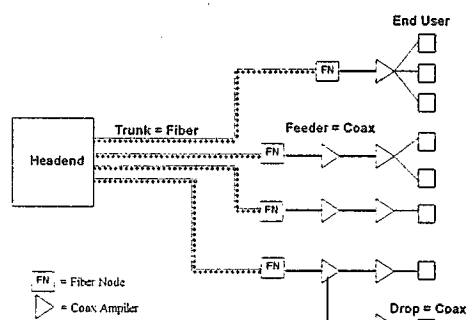


圖 2.1-1 HFC 網路架構

也因此近年來有線電視業者，均傾向於把同軸電纜線換成光纖，以改善雜訊干擾的問題。但是把現今同軸電纜線全部換成光纖線的成本過高，因此有了如圖 2.1-1 的混合式光纖同軸電纜(HFC, Hybrid Fiber Coaxial)網路，它是把原先主幹線的同軸電纜線換成光纖，其他部份則還是保持同軸電纜線的架構。在 HFC 的結構下，光纖集線器(Fiber Hub)到最遠端用戶的最大距離可達 80 公里，每個光纖節點(Fiber node)下所能連接最多用戶數目為：500 到 3000 戶。[3]

## 2.2 有線電視網路上的存取協定

有線電視網路由於它是屬於樹狀的結構。用戶端要送資料給在同一個有線電視網路中的其他用戶時，首先他要將資料藉由上行頻道送到頭端，經由頭端處理，再轉由下行頻道送到目的端。在有線電視網路中，下行頻道只有頭端能使用來傳送資料；用戶端如果要傳送資料，就得使用上行頻道，因此上行頻道是由所有用戶共享的(shared)。

下行的資料傳送時，它是由頭端採廣播的方式，廣播給每一個用戶端。上行資料的傳送方面，則有比較大的問題存在，因為上行頻道是共享的，因此勢必有資料碰撞(Collision)的現象發生，在有線電視網路所有的頻道都是單向的特性下，導致我們無法偵測目前網路上是否有資料在被傳送，如此傳統 CSMA/CD 將無法被使用在有線電視網路上來解決資料傳送的問題。所以如果要在有線電視網路上傳遞雙向數位資料，必須要有一個針對有線電視網路特性，所設計的一個媒體存取控制(MAC, Media Access Control)協定。

目前，專門為有線電視網路所設計的媒體存取控制協定，可分成兩大類。

### 1. 單一頻道(Single Channel)

單一頻道的媒體存取控制協定，設計的主要考量是假設有線電視網路，只使用單一個上行頻

道，做為資料的存取。但當同時有好幾個上行頻道，被分配做為資料傳送時，他們的應對做法則是在每個頻道上，都要執行一個這樣的協定。至於頻道間的負載平衡(Load Balance)，大多數此類的協定都未考慮到。目前這類的媒體存取協定有：AT&T 貝爾實驗室所提出的 ADAPT [4]、IBM 的 MLAP [5]、LANcity 的 UniLINK [6]、交通大學的 PCUP [7]、清華大學的 MCRR [8]、NEC 的 FPP [9]、喬治亞技術學院的 CPR [10]、Scientific-Atlanta 的 XDQRAP [11]及 Com21 的 UPSTREAMS Protocol[12]。

### 2. 多重頻道(Multichannel)

多重頻道的媒體存取控制協定，設計的考量點就是希望用一個協定，來掌控所有被分配到做為資料傳送的頻道，所以它是較全面性的考量，不同頻道間的互動也較單一頻道的協定來的頻繁及妥善。以往對於多頻道協定的研究多是在乙太網路(ethernet)上，均無涉及有線電視網路這個領域，而本論文所將要介紹的 MMP 則是專門為有線電視網路所設計的多頻道協定。

以下我們將對我們的 MMP 做一個介紹。

## 3. 多重優先權/多頻道協定：MMP

MMP 是一個多頻道的媒體存取層協定，它對有線電視網路的所有資料頻道做分配及控制，以確保資料的發送不會有碰撞發生。除此之外，MMP 提供了不同類型的傳輸模式，以支援不同的資料型態，如：CBR、VBR、ABR 及 UBR [13]，以下將介紹 MMP 的架構及運作過程。

### 3.1 頻道分配及運作

圖 3.1-1 為 MMP 的頻道邏輯架構圖。我們在上行頻道中，挑選出一個頻道做為競爭/頻寬需求頻道，負責把所有使用者的需求送上頭端。此外，我們也在下行頻道中，挑選一個對應的控制頻道，專門傳送控制信號給用戶端。其他剩餘的上行頻道，則做為上行資料頻道；同理，剩餘的下行頻道，則做為下行資料頻道。

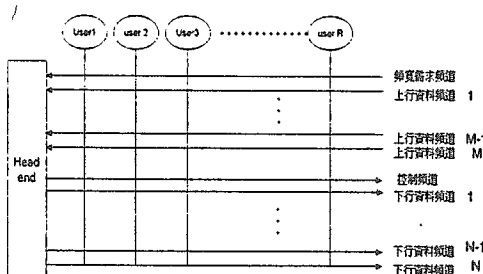


圖 3.1-1 為 MMP 的頻道邏輯架構圖

#### 3.1.1 競爭/頻寬需求頻道

競爭/頻寬需求頻道是一個分時多工的上行頻道，一段時間頻道是處於競爭週期，供用戶端註冊；另外一段時間頻道則變為頻寬需求週期，供用戶端

傳送頻寬需求封包，彼此交替互換。圖 3.1.1-1 為競爭/頻寬需求頻道及控制頻道運作圖。

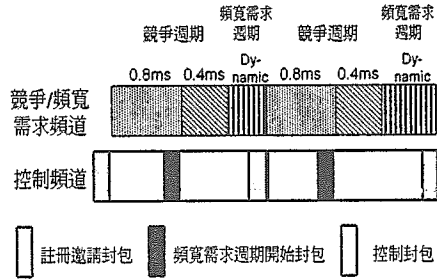


圖 3.1.1-1 競爭/頻寬需求頻道及控制頻道運作圖

### 3.1.1.1 競爭週期

用戶端第一次上線時，需要利用競爭週期發送註冊封包向頭端註冊。對於註冊封包在中途可能發生碰撞的情形，我們將用 SHIFT-n 演算法來解決。以下為 SHIFT-n 的演算法。

#### SHIFT-n Algorithm

```

if(collision)
{
    count c = random (0 .....n);
    wait (invitation_register packet);
    while ( c != 0)
    {
        c = c-1 ;
        wait (one slot time);
    }
    send (register packet);
}
    
```

此外，在有線電視網路中，每個用戶離頭端的距離有遠有近，用戶如何能把資料準確的放在時槽中呢？我們的作法是讓頭端先知道每一個用戶離頭端的距離，之後通知用戶，讓用戶依照其距離的遠近不同，加上不同的延遲時間，如此不同距離的用戶，都可以精確知道每個時槽的位置，這種方法則稱為調距(Ranging) [14]。MMP 調距是合併在註冊的時候一起做，以減少頻寬的浪費。

### 3.1.1.2 頻寬需求週期

頻寬需求週期則是動態可變時間長度，依照用戶的註冊數目，而保留了不同的時槽數目，如此可使競爭/頻寬需求頻道的頻寬，有一個極佳的使用效率。此外，如果有用戶很久沒有傳送資料，頭端將會把該用戶從頻寬需求時槽中移除，並送出移除封包通知該用戶，以確保競爭/頻寬需求頻道的頻寬能被有效使用。

### 3.1.1.3 週期時間分配

有線電視 HFC 網路中，單程 80KM 所能容許的最大延遲為 400  $\mu$ S [3]。我們在設計競爭週期時，把競爭週期分成兩個部份，一個為 800  $\mu$ S 的註冊

時間，另一段為 400  $\mu$ S 的加速解決碰撞時間，這是為了讓一些發生碰撞的用戶端，可利用這段多出來的單程時間來加速解決碰撞。

### 3.1.2 控制頻道

控制頻道是一個下行頻道，頭端的控制訊息經此頻道廣播給每一個用戶端。

### 3.1.3 上行資料頻道

所有被分配到傳送資料的上行頻道，被統稱為上行資料頻道，是用戶端傳送資料的頻道。

### 3.1.4 下行資料頻道

所有被分配到傳送資料的下行頻道，被統稱為下行資料頻道，是用戶端接收資料的頻道。上行資料頻道送到頭端的資料，經由此頻道廣播傳送到目的地。

## 3.2 頭端的資料庫

MMP 是採集中式的管理。頭端負責註冊、調距、排程及頻道的維護，這些功能的實現，頭端的資料庫佔有重要的地位。在頭端有三個資料庫，分別負責這些工作。

### 3.2.1 傳送資料表

用戶由分配到的頻寬需求時槽，傳送到頭端的頻寬需求，都會被記錄存放在這個表格內。

### 3.2.2 時槽使用表

每個時槽都有一個時槽使用表，上行頻道如被切割成有 n 個時槽，就有 n 個對應的時槽使用表。時槽使用表紀錄著該時槽所有頻道的使用狀況，以協助排程排程。

### 3.2.3 用戶資料庫

用戶資料庫記錄了已經註冊的用戶一些資料，以方便頭端對用戶管理。

## 3.3 系統的運作

在介紹完 MMP 的各個機制後，我們接下來看看整個系統的運作步驟為何？我們分成用戶端及頭端兩個部份來做說明。

### 3.3.1 用戶端

用戶端的運作主要分成兩個部份，一個是註冊，另一個則是傳送資料。

用戶端在一開始上線時需要向頭端註冊，圖 3.3.1-1 是用戶端註冊時的流程圖。頭端利用控制頻道發送不同形式的封包，以告訴用戶端何時開始註冊及註冊是否已經完成，當用戶端發現自己送出註冊封包後，但從頭端送回的註冊完成封包內並無自己，那就代表你所送的註冊封包和其他人送的註冊封包發生了碰撞，頭端並沒有收到。此時用戶端則將執行 SHIFT-n 演算法解決碰撞，直到順利完成註冊的過程為止。一旦只要用戶端註冊完成後，頭端

將會在頻寬需求週期中保留一個時槽，供用戶端專門傳送頻寬需求之用，未來用戶端傳送頻寬需求就不需要經過碰撞了。

用戶端要傳送資料時，先要藉由頻寬需求時槽把頻寬需求封包送到頭端，經排程後，由頭端送出排程結果封包通知用戶端，排程結果封包內記載著每個子時槽是給誰使用，用戶端則根據排程結果在指定的子時槽傳送資料。圖 3.3.1-2 是用戶端傳送資料的流程圖。

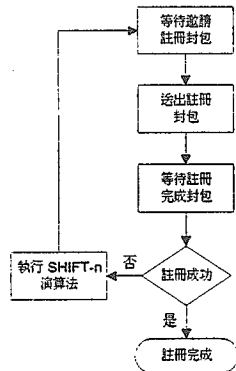


圖 3.3.1-1 用戶端註冊流程圖

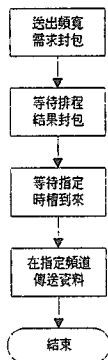


圖 3.3.1-2 用戶端傳送資料流程圖

### 3.3.2 頭端

圖 3.3.2-1 說明了頭端在接到競爭/頻寬需求頻道所送上來的資料運作情形。

當頭端由競爭/頻寬需求頻道，接收到用戶端所送的資料，頭端將依照封包類型的不同，做不同的處理。當收到的是註冊封包，頭端則將一些資料填入用戶資料庫後，發送註冊完成封包給用戶端；如為頻寬需求封包，頭端則先把資料填入傳送資料表，之後藉由時槽使用表排程後，把排程結果經由控制頻道廣播給所有用戶。

至於頭端接收到上行資料頻道的資料，則就經由頻率轉換器(Frequency Translator)，將資料轉換到對應的下行頻道廣播給所有用戶，各用戶端如發現該筆資料，是送給自己的，則就將該筆資料取出。

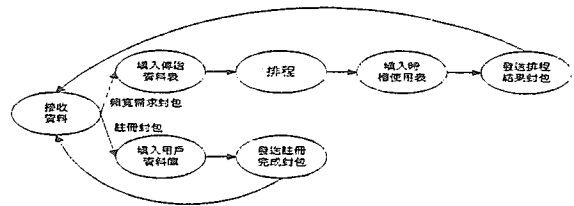


圖 3.3.2-1 頭端運作狀態圖

### 3.4 多重優先權的傳送方式

MMP 是依照資料的優先權，來決定資料的傳送順序；此外，他還會根據不同的資料特性，採用不同的排程方式，來滿足不同資料格式的要求。

#### 3.4.1 排程方式

MMP 是根據傳送資料表及時槽使用表來做為排程的依據。排程時，以每一個時槽中每一個頻道所對應的子時槽為排程的單位。假設排程程式目前是在處理第  $i$  個時槽內子時槽的排程，系統會把傳送資料表內的資料，依照優先權的高低把資料填入對應第  $i$  個時槽的時槽分配表中，之後便將該時槽的排程結果，經由控制頻道通知用戶端。接下來，排程程式將繼續做第  $i+1$  個時槽的排程，如此反覆循環排程下去。

#### 3.4.2 特殊排程機制

MMP 提供一些排程的機制，以便支援不同的資料型態，以及提高排程的效率。

##### 3.4.2.1 保留子時槽

這是為了針對有些具有最低頻寬需求的資料型態所設計的機制。假設用戶現在的資料是利用  $i$  號時槽中的第  $j$  號子時槽，那下一次輪到  $i$  號時槽時，如果用戶資料還未傳輸完成，系統將會繼續保留第  $j$  號子時槽給該筆資料使用。

##### 3.4.2.2 競爭未使用的時槽

這是為了要能充分利用頻寬，所設計的一個機制。假設目前傳送資料表內的資料筆數少於頻道總數  $M$ ，那就代表有的頻道目前是空閒的。此時，系統就會從傳送資料表內，按照優先權的高低，挑出優先權高的資料傳送，以填滿這些空的子時槽，以提高頻寬的使用率。只是這些額外得到子時槽傳送的資料，下次傳送時並不能保留該子時槽。

##### 3.4.2.3 維持原有頻道

在多頻道的網路中，排程程式如能安排用戶端一直使用同一頻道來傳送資料，將會減低用戶端因切換頻道，而產生的負荷。所以排程程式要將排程結果填入時槽使用表前，會先查詢前一個時槽的時槽使用表，是否有同一個用戶傳送資料，如有的話我們會盡力將這筆資料填入用戶在前一個時槽所使用的相同頻道，以減少頻道的跳動。

#### 4. 系統模擬結果

在這個章節裡，我們將利用程式模擬整個 MMP 的運作，之後在和其他的現存協定做一個比較。

##### 4.1 系統的環境

首先我們先對整個系統做下列的假設：

1. 每一個頻道均是以 6MHz 為單位的頻譜切割，上行頻道經過 QPSK 技術的調變後，可轉為 10Mbps 的頻寬；下行頻道在經 QAM64 的調變後，轉換為 36Mbps 的頻寬。模擬中我們使用了 22 個頻道，分別為一個競爭/頻寬需求頻道、一個控制頻道及各十個的上、下行資料頻道。
2. 纜線數據機實體位址為 6 個位元組。頻寬需求時槽及註冊封包長度均為 13 個位元組。
3. 每個資料封包長為 63 個位元組，其中資料長為 53 個位元組，其他位元則為標頭。
4. 頭端的傳送資料表，我們假設他一次最多能容納 100000 筆資料。
5. 資料的優先權順序依次為：CBR、VBR、ABR 及 UBR。

##### 4.2 資料模型

我們設計了兩個模型，以評估整個系統的效能。

###### 1. 模型 A：ABR 的服務

這個模型是在有線電視網路上，傳遞全部為 ABR 資料型態的資料，如：Email、FTP 這些都是 ABR 的資料型態。我們可以藉由這個模型，瞭解 MMP 對於目前在一般網路上服務的支援情形。在這邊 ABR 的 MCR ( Minimum Cell Rate)我們設為 64Kbps。

###### 2. 模型 B：ABR、CBR 及 VBR 的服務

我們假設在有線電視網路上傳遞的資料，ABR 佔 50%、CBR 佔 20%、VBR 佔 30%。這個模型是為評估未來在有線電視網路上提供一些即時性服務時，對傳統網路服務(如：Email、FTP)的影響有多大。這邊我們預設 CBR 傳輸速率及 VBR 和 ABR 的最低傳輸速率均為 64Kbps。

##### 4.3 模擬結果及與其他協定的比較

###### 1. 傳輸量

圖 4.3-1 及 4.3-2 為系統在 A、B 不同模型中系統的傳輸量(throughput)。其中圖 4.3-1 還和 M-CSMA/CD-IC [15]這個多頻道協定，在使用同一頻道數時的傳輸量做一個比較，看看 MMP 和其他多頻道協定之間，在傳輸量方面表現的差異為何。我們可以發現，M-CSMA/CD-IC 在系統負載量(load)超過一定點時，傳輸量便會開始快速下降；反觀 MMP 因為傳輸資料時是採取保留頻寬的形式，所以在系統負載量超過 100%後，不論系統負載量如

何再上升，傳輸量仍能維持在一定點，不會下降。

在和一般有線電視網路的協定比較上。MMP 在傳遞 ABR 資料時是採取保留頻寬的形式，所以不會有像採用競爭頻寬傳遞 ABR 資料的協定，如：UniLINK 及 ADAPt，在系統負荷量高的時候，就會因為碰撞增加，使得傳輸量急速下降的現象發生。

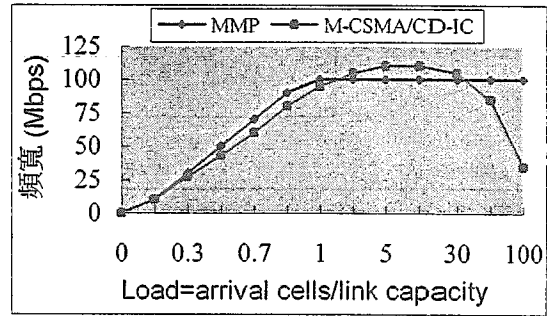


圖 4.3-1 MMP 在模型 A 的傳輸量及 M-CSMA/CD-IC 的傳輸量比較

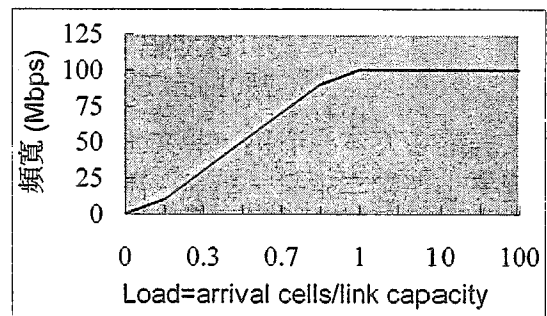


圖 4.3-2 系統在模型 B 的傳輸量比較

###### 2. 延遲時間

延遲時間的變異大小對於傳遞即時性的資料，具有關鍵性的影響。MMP 因採用保留時槽方式來傳遞資料，所以每次的傳遞延遲時間都是固定不變的，所以可以保證不論系統的負載有多大，延遲時間均可在一定的範圍內。

###### 3. 公平性

在有線電視網路中較近距離的用戶發送信號，頭端會比較早收到。如果採 FCFS 的排程方法，如：CPR、ADAPt、XDQRAP 及 UniLINK 等協定，將會使得後段的用戶，無法和前段的用戶公平的分配頻寬。MMP 是採用將所有要求都集中，再由優先權來決定存取先後，所以並沒有這種公平性問題的困擾。

###### 4. 不同資料格式的傳輸表現

圖 4.3-3 中，我們可以看出 ABR 的資料在兩個模型中，不論系統負載量為何，均具有很好的傳輸效果。模型 B 中因為 ABR 的資料優先權比其他兩類資料優先權低，在負載 80%傳遞資料時，空餘的頻寬都被 VBR 資料分配到，此時系統則維持提

供最低傳輸頻寬給該筆 ABR 資料，所以他的傳遞時間和便會和系統負載到達 100%時的傳遞時間相同。

MMP 在支援不同格式資料的傳輸上，比起其他協定可說完善許多，如：MLAP、XDQRAP 及 CPR 均無專門支援 CBR 的資料格式。

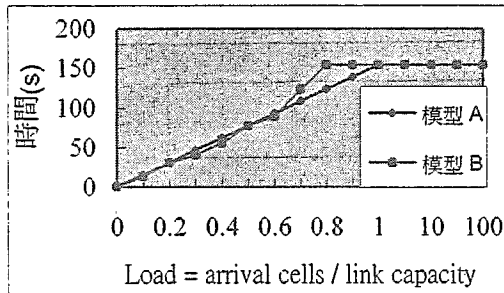


圖 4.3-3 系統在不同模型、不同負載量下，傳遞 1 MB 的資料

### 5. 競爭次數

MMP 是採用保留時槽的方式，來傳送頻寬需求資料，所以用戶只有在註冊時需要競爭。現存的其他協定，用戶除了在註冊時需要競爭外，此後每要傳送一筆資料時，都要利用競爭的方式向頭端要求頻寬，在很多用戶同時要送資料的時候，通常要花上很久的時間，才能夠將需求傳送到頭端。

### 6. 有效使用頻道

有線電視網路為多頻道的一個架構，目前大多數的協定都是針對單一頻道所設計，這些協定都只能盡力在單一頻道上求取最好的效能，卻無法兼顧多頻道的整體效能。MMP 為針對多頻道所設計的協定，它考慮的是整個網路全部頻道的使用狀況，故不會像其他單一頻道的協定，發生頻道之間的負載量不平衡，造成用戶真正能使用的頻寬減少許多。

由上述幾點和其他協定的比較，我們可以看出 MMP 在目前有線電視網路上，是極具競爭力的協定。

### 5. 結論

在有線電視網路上，目前所推出的媒體存取協定多為單一頻道所設計的，並無法滿足現今真實有線電視網路多頻道的狀況。

MMP 是專門針對多頻道有線電視網路所設計的協定。他能夠經由有效的排程法則，來充分運用網路的頻寬，並可以提供即時性的服務和 QoS。

經過模擬，我們可以發現 MMP 確實具有很好的特性，可以滿足未來在有線電視網路上各種不同的運用。

### 參考資料

- [1] "Telecommunications and Advanced Services Provided by the Cable Television Industry", National Cable Television Association, April 1996.
- [2] <http://www.cox.com/modemfaq.html>
- [3] IEEE 802.14, "Cable TV MAC/PHY Protocol Working Group Functional Requirements", OCT 19, 1994.
- [4] James E. Dail, Miguel A. Dajer, Chia-Chang Li, Peter D. Magill, Curtis A. Siller, Jr., Kotikalapudi Sriram, and Norman A. Whitaker, "Adaptive Digital Access Protocol: A MAC Protocol for Multiservice Broadband Access Networks", IEEE Communication Magazine, pp.104-113, March 1996.
- [5] Chatschik Bisdikian, Bill McNeil, Rob Norman and Ray Zeisz, "MLAP: A MAC Level Access Protocol for the HFC 802.14 Network", IEEE Communication Magazine, pp. 114-121, March 1996.
- [6] John M. Ulm, LANcity Corp. "A Mac proposal for 802.14", IEEE 802.14-95/134, draft proposal.
- [7] Ying-Dar Lin, Chia-Jen Wu, Wei-Ming Yin, "PCUP: Pinned Cyclic Upstream Protocol over Hybrid Fiber Coax", IEEE Network Magazine, pp. 24-34, January/February 1997.
- [8] Dsun-Chie Twu, Kwang-Cheng Chen, "General Multi-layer Collision Resolution with Reservation: A MAC Protocol for Broadband Communication Network", IEEE 802.14-95/167 proposal.
- [9] Morihisa momona, Shuntaro yamazaki, "Framed Pipeline Polling for Cable TV Networks", March 1995, IEEE 802.14-96/076, draft proposal.
- [10] Dolores Sala, John O. Limb, "A Protocol for Efficient Transfer of Data over Fiber/Cable Systems", pp. 904-911, IEEE INFOCOM'96.
- [11] Frank Koperda, Beaching Lin, "First Phase Simulation for XDQRAP". IEEE 802.14-96/062, draft proposal.
- [12] Mark Laubach, "The UPSTREAMS Protocol for HFC Networks Revision 2", IEEE 802.14-95/152R2, draft proposal.
- [13] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Verion 4.0", NOV 1995.
- [14] Yih-Guang Yu, Hong-Yue Yang, "Data Transmmission on CATV", CCL Technical Journal, pp.24-37, NOV 1996.
- [15] M. Ajmone Marsan and D. Roffinella, "Multichannel local area network protocols", IEEE Journal On Selected Areas In Communications, November 1983, pp. 885-897.
- [16] Jia-Wei Liao, "Design of Multiple-priority CSMA-type Multichannel Local Area Network", Master thesis, Department of Electrical Engineering National Cheng Kung University, 1996.