

預先分類IP封包完整傳送至WDM環狀網路

陳文平、黃文祥、宋相碩

高雄市三民區建工路415號 國立高雄應用科技大學電機系辦公室

07-3814526 ext 5553 fax : 07-3921073 mail : pen@mail.ee.kuas.edu.tw

摘要—本文提出一種將 IP 封包預先分類存放，使用媒介偵測多重擷取碰撞避免(CSMA/CA)協定機制，直接將 IP 封包完整地上傳至 WDM 環狀網路，並且避免封包發生碰撞，以提高封包傳送至全光大都會 MAN 環狀網路的傳輸率(throughput)。

Key work : CSMA/CA, WDM, Ring Network, Protocol, and Sub-carrier.

NSC project code : NSC 90-2213-E-151-014 。

一、介紹

由於網際網路(Internet)、電子商務(electronic commerce)、電腦網路(computer networks)、語音(voice)、資料(data)以及影像視訊(video)等蓬勃的發展，網路頻寬的需求是與日俱增。所幸近年來WDM的發展，在半導體及光電技術的不斷提升下，每一個頻道(Wavelength)的傳輸率40 Gb/s已被成功的發展完成[1]；另外，據研究報告資料顯示，總頻道數可到達1000個頻道，而且這數據還不是上限[2]。目前一條光纖的總頻寬紀錄達3.2 Tbps (80×40Gbit/s) [1]。由以上可知WDM的技術的確是解決頻寬需求的不二法門。

由於目前 IP 封包的傳送(transmit)、交換(switch)均使用許多程序的複雜協定層(Protocols Layer)，例如：IP/ATM/SONET/WDM、IP/ HDLC/SONET/WDM ..等等。因此，如何將各種協定合併及簡化，以減少傳輸層的費用、複雜以及過多不必要的 overhead 頻寬浪費，這種問題都將形成很重要的研究課題 [3]。此外，目前已有許多的廣域網路(WANs)使用 WDM 技術來解決頻寬及通訊上的問題，而通訊資料傳送上的瓶頸是發生在由區域網路至骨幹網路(backbone networks)的傳送擷取點(access point)上，即如何將 IP 封包完整的傳送至 WDM 網路上。因此，目前已有許多的研究針對以 WDM 技術為骨幹的大都會網路與區域網路間之 IP 封包直接傳送的研究報告提出，其中在美國史丹佛大學 Shrikhande 等人發展了一套 Hornet 網路測試平台，這種網路採取一個可調的傳送器及一個固定頻道的接收器，能直接提供 IP 封包傳送至 WDM 環狀網路[4]，並使用目的地節點(destination node)移除傳送端節點所傳送的 IP 封包，來防止 IP 封包在網路上無止盡的傳送浪費頻寬。其缺點是當擷取點發現區域網路上傳至 WDM 頻道的 IP 封包將與 WDM 頻道上的 IP 封包發生碰撞時，則放棄區域網路 IP 封包傳送，讓 WDM 上的 IP 封包先行通過，但這方式勢必造成頻寬的浪費。

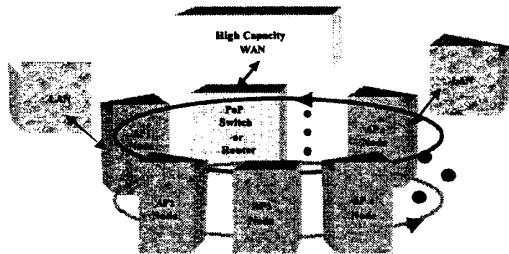
在本篇文章中，我們提出一種類似 Hornet 的網路架構，其優點是區域網路 IP 封包直接上傳至全光 WDM 環狀網路時，能直接將 IP 封包完整上傳，並避免 IP 封包產生碰撞，提高網路頻寬的利用率。

二、網路架構

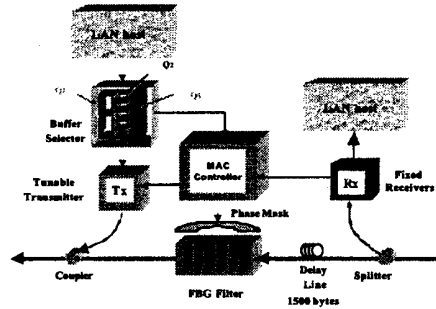
我們的網路架構是採用一條單一方向(unidirectional)傳送全光 WDM 環狀網路，連接在這網路的節點共有 N 個，而傳送資料用的頻道有 W 個，其網路示意圖如圖一所示：

網路各節點的架構則如圖二所示，每個 node 均裝置一可調的傳送器及 1 個固定的接受器(接受一個相對應的資料頻道)。分離器(splitter)的功能是將環狀光纖網路一小部分的光能量分離到各個接收器中，並且利用載波偵測技術偵測頻道內 IP 封包的載波目的地地址，如目的地的地址就是自己，則接收器將 IP

封包傳送至 LAN host。其間，媒介存取控制器(MAC control)將會傳送一訊息至 FGB Filter 將所對應傳送給自己 node 的頻道資料隔離掉，讓封包不再繼續傳送，達到目的地節點移除的方式，如果目的地不是自己的 node，則讓頻道資料傳遞至下一個 node，接收器接收的資料屬於無效資料，將之丟棄，並繼續偵測下一個進來的封包。



圖一、WDM 網路架構



圖二、節點網路架構

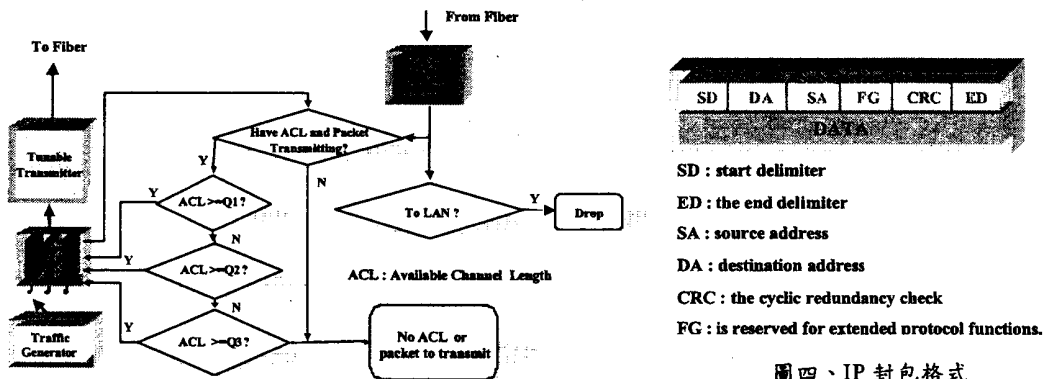
三、媒介偵測多重擷取碰撞避免媒介存取控制協定

在我們的網路架構中，詳細的協定執行處理過程如下：

- (1)區域網路的 IP 封包上傳至 WDM 環狀網路的擷取點時，會依其 IP 封包的目的地地址所對應的頻道及長度大小分別預先分類存放在三種不同大小的 Queue 內(每個 node 總共需要 $W \times 3$ 個 Queues)，這三種 Queue 所存放的 IP 封包長度範圍分別是 553 ~ 1500 bytes(根據 Shrikhande 對 OC-3 Ethernet 的封包大小量測結果發現，1500 bytes 是其 maximum transfer unit[4])、41 ~ 552 bytes 及 40 bytes 等三類 IP 封包，並將這三種 Queue 的 IP 封包存放長度大小情形告之 MAC controller。
- (2)接收器由 splitter 所分離出一小部份的光能量訊號中偵測 IP 封包目的地的 node 位址，並且利用載波偵測技術偵測光纖內所有頻道可供傳送 IP 封包的有效長度告之 MAC Controller。
- (3)MAC Controller 根據(1)、(2)所得之訊息，經判斷後，告之傳送器傳送何種 Queue 的封包。

為了能讓最長的 IP 封包 1500bytes 能完整的傳送至 WDM 環狀網路，延長線(delay line)的長度需等於 1500bytes，以避免 IP 封包傳送過程中與 WDM 環狀網路的 IP 封包發生碰撞。圖三顯示 MAC controller 模式流程圖。

為了能符合網路載波擷取的協定機制，其封包的格式如圖四所示：



圖三、節點網路架構

圖四、IP 封包格式

載波訊號的機制在光纖中是使用 sub-carrier signaling 做為傳送或接收的監控使用[5]，每一個頻道都有一個相對應的 sub-carrier frequency，當每一個 node 欲傳送 IP 封包時，其多工器(multiplexes)會響應其對

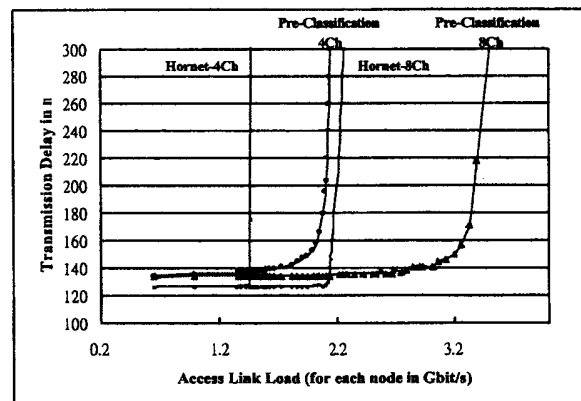
應的sub-carrier frequency，這種sub-carrier技巧是應用射頻領域(RF domain)與資料並行傳送，因此，不致造成資料頻道的overhead。此外，由於接收器能接收其相對應的資料頻道，偵測各個頻道內資料狀態，故接收器的組合就如同具有監視全光環狀網路狀態之輔助功能一般。

四、網路模擬

圖五為各節點平均IP封包的接收率V.S網路傳送延遲時間關係圖，由圖中可發現當網路傳輸率為10Gbit/s時，各節點的平均封包接收率無論4 channel 或8 channel 均比Hornet高，雖然每個節點均裝置長度為1500bytes的延遲線，IP封包傳送時間大約是134ns只比Hornet略高10ns左右，故延遲時間是短暫可接受的。

表一、網路模擬參數

| | |
|--------|-------------------|
| 網路節點數 | 16 (相距 5 km) |
| 頻道數 | 8,4 |
| 環狀網路長度 | 50km |
| 頻道速率 | 10 Gbps (OC-192) |
| 延長線長度 | 1500 bytes |
| IP封包大小 | 40bytes~1500bytes |
| 平均封包長度 | 80 bytes |



圖五、平均負載接收率 V.S 傳輸延遲時間

五、結論

我們提出一種新的媒介存取控制協定應用於全光WDM環狀網路，這種協定能支援區域網路的IP封包直接上傳至WDM環狀網路，在不需對IP封包做任何的切割下，讓長度不一的IP封包直接傳送至WDM環狀網路上，並且能避免IP封包發生碰撞，達到有效的利用WDM網路頻寬。另外，由於本文的協定採用預先將IP封包分類選擇傳送的方式，因此，此方法亦可應用於具有優先等級或QoS傳送的機制使用。

Reference

1. Bissessur, H.; Charlet, G.; Idler, W.; Simonneau, C.; Borne, S.; Pierre, L.; Dischler, R.; De Barros, C.; Tran, P. "3.2 Tbit/s (80 /spl times/ 40 Gbit/s) phase-shaped binary transmission over 3 /spl times/ 100 km with 0.8 bit/s/Hz efficiency", *Electronics Letters*, vol. 38 Issue: 8, pp 377-379 11 April 2002.
2. Kartalopoulos, S.V. "Elastic bandwidth [optical-fiber communication]", *IEEE Circuits and Devices Magazine*, vol. 18, pp 8-1, Issue: 1, Jan. 2002.
3. N. Ghani, S. Dixit, T.S. Wang, "On IP-over-WDM Integration", *IEEE Comm. Magazine*, vol.38, no.3, pp. 72-84, Mar. 2000.
4. K.V. Shrikhande, et al., "HORNET: a packet-over-WDM multiple access metropolitan area ring network", *IEEE Journal on Selected Areas in Comm.*, vol.18, no.10, pp. 2004-2016, Oct. 2000.
5. Rongqing Hui; Benyuan Zhu; Renxiang Huang; Allen, C.T.; Demarest, K.R.; Richards, D. "Subcarrier multiplexing for high-speed optical transmission", *IEEE Lightwave Technology, Journal*, vol 20 Issue: 3, March 2002, pp.417-427