

# 電信乙太接取網路技術與市場趨勢

劉萬鈞  
工研院電腦與通訊工業研究所  
傳輸系統部 經理

## 摘要

乙太網路傳輸技術進入接取網路是近年來電信界最令人矚目的發展之一。然而因為對此項技術的陌生，目前電信運營商大多將其定位在單純的數據接入解決方案。本文將介紹電信乙太接取網路技術的源起、演進的軌跡、市場現況以及關鍵技術分析。挾著龐大的使用人口、低廉的網路建置/維運成本，以及逐漸增加的電信等級(Carrier-Class)相關功能，電信乙太接取網路技術的未來值得期待，很可能成為全球新一波寬頻接取網路建置的主流。

## 關鍵詞

電信乙太接取網路(Etherent First Mile, EFM)；點對多點光纖網路架構(Passive Optical Network, PON)

## 電信乙太接取網路技術的源起

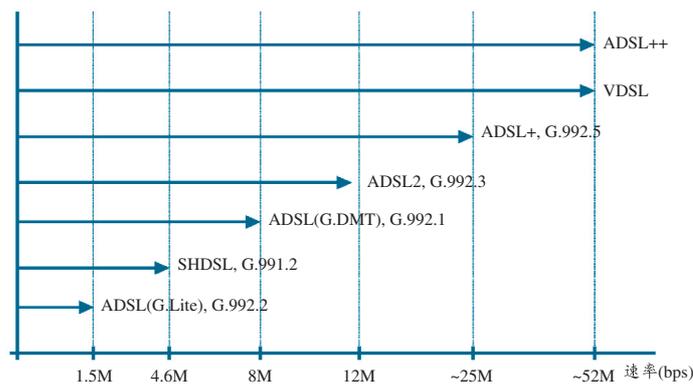
這幾年來，隨著光纖傳送技術的突飛猛進，以及將其大量應用在長程(Core Network)、都會(Metro Network)及用戶端(Residential & Business Customer Premises Network)網路，接取網路(Access Network)成了整體網路頻寬配置上的瓶頸。雖然多個先進的銅

線傳送技術如ADSL、SHDSL及VDSL陸續問世，將接取端的傳輸速率從數百Kbps提昇至數十Mbps的規模(圖一)，但相較於MAN及CPN動輒數個Gbps的傳輸能力，仍顯得微不足道。而銅線技術的演進，似已到了盡頭。由於傳送速率越高，傳送距離越短，為了解決CPN與MAN間橋接頻寬不足的問題，將光纖技術引進接取網路已不可避免。同時隨著乙太(Ethernet)封

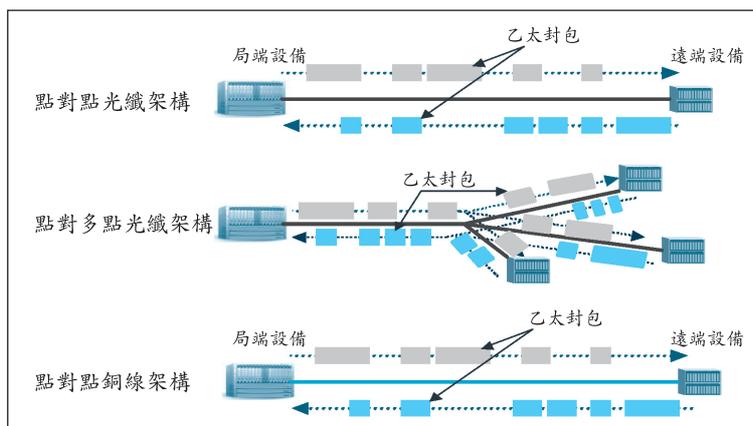
包漸漸成為最主要的用戶資料型態，接取網路的另一個發展趨勢即是其必須能夠有效率地傳送乙太封包。為了這個需求，許多傳統光纖傳輸技術進行演化(Evolution)，推出適合傳送乙太封包的新型版本，如NG-SONET/SDH、NG-DLC及GPON (G.984)等。

然而接取環境與Metro/Core和CPN環境在網路的佈建上存在極大的差異。接取網路面對的是數量龐大分散在各地的用戶接口及頻寬需求/服務特

性各不相同的用戶行為，因而在建置接取網路時，建置成本、維護成本及頻寬資源的有效共用成了三個重要的考慮指標。上述的NG-SONET/SDH、NG-DLC及GPON等光纖傳輸技術雖有大頻寬的特性，但其昂貴的設備購置及維運成本，仍讓電信業者躊躇不前。隨著電信乙太接取網路EFM (Ethernet First Mile)技術的提出，低成本、高頻寬、適合未來用戶需求的接取網路似乎不再遙不可及。



▲圖一 各式DSL傳輸技術以及相對之傳輸速率



▲圖二 電信乙太接取網路封包傳送模式

## 技術定義與市場 預估

電信乙太接取網路 (Ethernet First Mile, EFM) 的目的在於直接將乙太網路傳輸協定引進接取網路，當成連線(Link Layer)技術，造就一個從端點到端點，支援用戶各式傳輸需求、單一傳輸技術的寬頻網路環境 (見圖二)。利用乙太傳輸技術作為接取技術，有下列優點：

- 乙太傳輸技術是傳送乙太封包最為直接、有效率的傳送方式
- 乙太傳輸技術是接受度最廣、最低成本及最成熟的傳輸技術
- 乙太傳輸技術的大

頻寬(100M/1G/10G)將最適合未來多媒體應用(包括Data、Video及Voice)傳輸

●伴隨著都會網路及用戶端網路大量使用乙太傳輸當成連線技術, 接收網路採用乙太傳輸將省去不必要的協定格式轉換及封裝, 有助於提昇整體網路效能

EFM因而成了近來全球電信與網路界最為矚目的發展之一。由於乙太網路技術的普遍, 多家廠商已率先推出相關EFM網路設備, 各地實測以及正式佈建也時有所聞, 乙太網路從用戶端跨入電信接收領域似乎一觸即發。於此同時, 多家市調公司不約而同對EFM產業作出樂觀的估計。MorganStanley於2002年9月預估日本Ethernet-based FTTH用戶數在2006年時將佔寬頻用戶數的36%; YRI根據2002年的實際佈建數, 估算出日本2005年時Ethernet-based FTTH的用戶數將達到580萬戶(見圖三)。In-Stat /MDR 2002年10月更預測2006年的EFM全球用戶數將達到3,600萬門以上(見圖四)。多個國家/電信公司的EFM推動計畫均將建立如圖五的接收網路。EFM的元件、設備及服務市場似將成為電信領域下一波的明星產業。

### 技術發展現況

電信網路市場不同於區域網路市場。乙太網路技術雖有前述之優點, 但電信公司並不相信乙太網路技術具

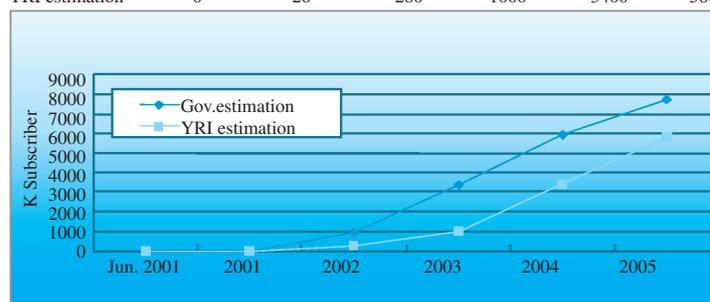
備易於鋪設、架構具可擴充性、網路安全可靠/易於管理、可支援過去、現在及未來服務等特性; 尤其在網路安全、網路管理及支援過去TDM服務的能力方面。

因此目前雖已有乙太技術佈建於接收網路, 但其基本上仍作為數據服務接入或非商業用途的應用。為求擴大乙太接收網路的用戶基礎, 如何改良傳統乙太傳輸技術, 使其滿足電信

Market size for FTTH subscriber: Forecast for the fiscal year 2005

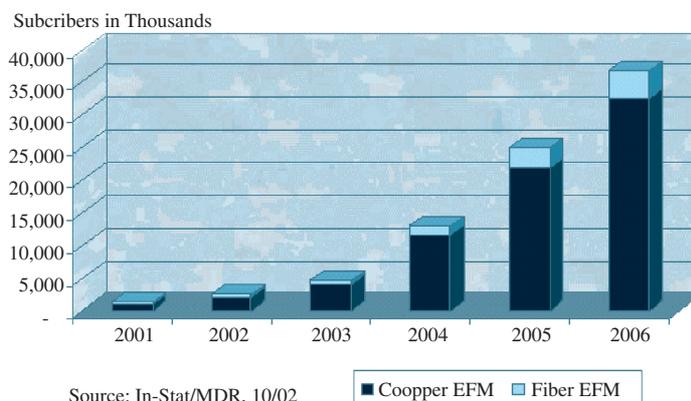
(Unit: thousand subscriber)

	Jun.2001	2001	2002	2003	2004	2005
Gov. estimation	0	26	970	3350	5930	7730
YRI estimation	0	26	280	1000	3400	5800



Source: Yano Research Institute

▲圖三 日本電信乙太接收網路用戶市場預測



Source: In-Stat/MDR, 10/02

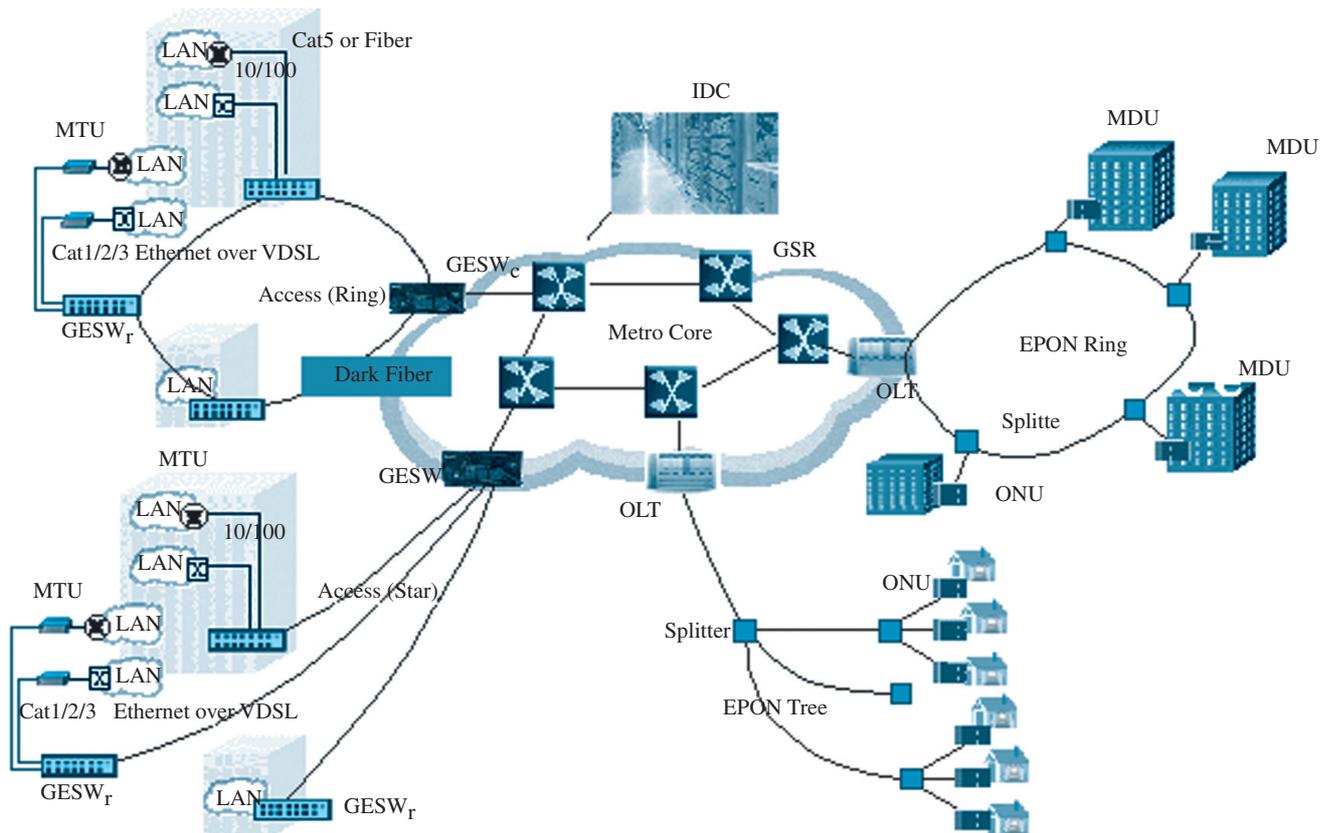
▲圖四 全球電信乙太接收網路用戶市場預測

網路的基本需求，成了現階段技術研發的重點。

## 一、相關標準

目前有兩個標準組織正致力於電信乙太接取網路標準的制定。一是ITU-T，一是IEEE。前者最近通過G.985，提出一個點對點的光纖乙太網路傳輸規範。這一個規範藉由在MAC與PHY層加入一個OAM層（見圖六），產生OAM封包來執行即時的連線狀況

查詢及回報機制，以補強傳統乙太網路技術的不足。OAM封包由OAM層產生，經由PHY層送出。到達遠端時，由PHY層收入，在OAM層處理。OAM封包的Preamble欄位值不同於傳統封包的Preamble欄位值，故OAM層可以很容易將OAM封包區分出來，傳統MAC層完全不需要變動。由於這個方法將OAM封包侷限在PHY層，不會上到MAC層，因而稱這種方式為PHY OAM。為了符合電信公司重視連線層監控的傳統，G.985內，OAM封包的優



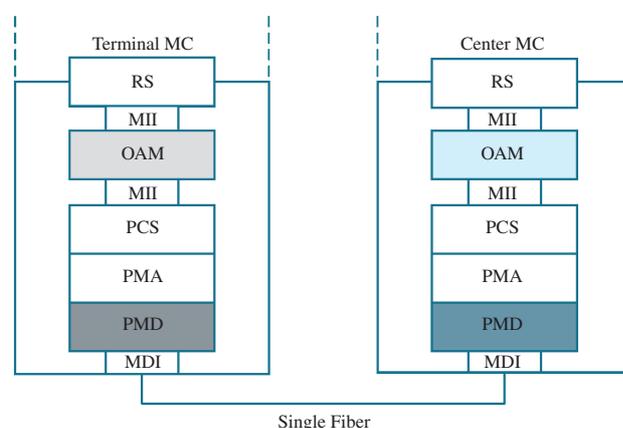
▲圖五 電信乙太接取網路架構圖

先權將大於一般由MAC層產生的封包。當OAM層要送出OAM封包時，若此時有一般封包在傳送，OAM層將會中斷該封包而優先將OAM封包送出（見圖七）。G.985所規範的電信乙太接取網路標準，補強了傳統乙太網路在連線層監控功能的不足，使得傳統的乙太網路技術可以在更改最小的情形下，為電信公司接受。日本現階段FTTH所採行的傳輸技術，正是符合ITU-T G.985的電信乙太接取網路標準。

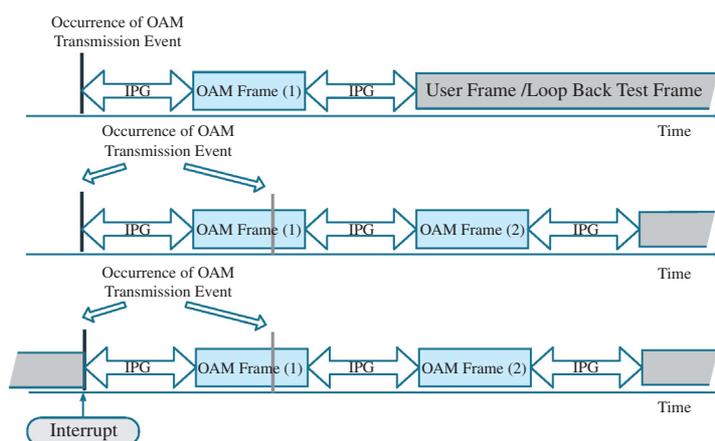
IEEE在2001年9月成立802.3ah工作小組，制定新一代的乙太接取網路標準。在這個工作小組下共有4個Working Group，分別探討點對點光纖網路架構下、點對多點光纖網路架構下及點對點銅線網路架構下，傳送乙太網路封包時，MAC層及PHY層所必須解決的問題。點對點光纖網路架構是區域乙太網路傳統的架構；點對多點光纖網路架構（即Passive Optical Network, PON）則是未來在接取網路最具成本競爭力的網路架構；至於點對點銅線網路架構則是目前鋪設最廣的接取網路架構。研究乙太網路傳輸技術如何應用在這三種網路架構上，將有助於未來接取網路採用乙太傳輸技術。另外，一個共通的連線層OAM監控機制也是研究的重點。這個標準的制定已接近尾聲，四個Working Group所負責探討的問題也大多獲得結論：

- 在點對點光纖網路架構下，傳統802.3z PMD層的規格作了更動，以達到傳輸更遠的距離（ $\geq 10$ 公里）。另外PMD的操作溫度範圍及BER( $\leq 10^{-12}$ )要求也作了調整。

- 在點對多點光纖網路架構下，一個將實現在MAC層的MPCP (MultiPoint Control Protocol)控制演算法解決了上傳資訊相互衝突的問題。



▲圖六 Protocol Stack in G.985



▲圖七 在G.985規範內，OAM封包具有比一般封包的傳送優先權

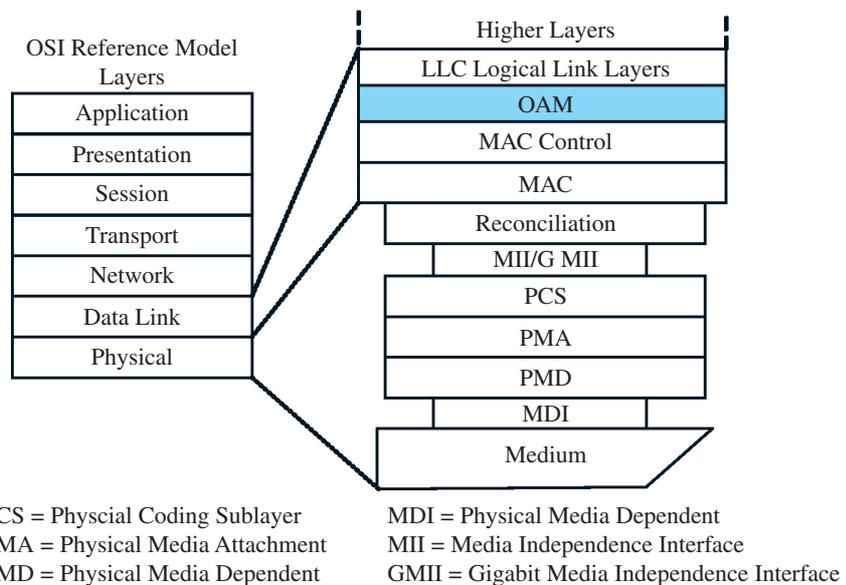
MPCP控制演算法使得局端設備隨時掌控所有遠端設備的連線情形、時間同步情形、實際距離狀況及頻寬需求情形，並進而進行有效率的頻寬分配工作。在PCS層，Frame-based Reed-Solomon FEC機制將被實現，以減低設備對昂貴雷射的需求。在PMD層，兩個距離標準被制定出來。Type A收發器的收送距離必須到達10公里；Type B收發器的收送距離必須到達20公里。

●在點對點銅線網路架構下，兩個距離/效能標準被制定出來。短距離的距離/效能標準為：距離 $\geq 750\text{m}$ /效能 $\geq 10\text{Mbps}$ (Full Duplex)；長距離的距離/效能標準為：距離 $\geq 2,700\text{m}$ /效能 $\geq 2\text{Mbps}$ (Full Duplex)。目前VDSL及SHDSL已被選為短距離及長距離的銅線傳輸技術標準。另外，為解決銅線

傳送速率與乙太網路傳送速率不匹配的問題，Loop Aggregation及Rate Matching的機制也已在標準中訂定。

●在連線層的OAM監控機制上，802.3ah採行的是所謂的MAC OAM方式，即將OAM層建立在MAC Control層之上（如圖八），透過正式的MAC Control Message來傳送OAM封包。MAC層按傳統的程序處理輸入的封包，若輸入封包是一般資訊封包，MAC層會將封包轉至MAC Client層；若輸入封包是OAM封包，則封包會轉至OAM層，由OAM層處理。目前標準中所規範的OAM功能包括Far-End Loopback、Far-End Fault Indication及Link Status Monitoring。

另外，包括網路安全、身份認證、動態頻寬分配方式等問題也在工



▲圖八 OAM Layer在IEEE 802.3ah標準內的位置

作小組中討論過，目前是將這些問題視為標準制定範圍之外的問題，由廠商自行設計解決方式。隨著VDSL銅線傳輸技術在ANSI標準組織中選定DMT作為唯一的Line Coding方式，IEEE 802.3ah工作小組也在2003年9月宣佈其EFM over Copper的短距離標準為VDSL DMT。這項發展將加速整個IEEE 802.3ah標準的確定，預計在2004年6月之前，更符合電信公司要求的電信乙太接取技術網路技術規範將出爐。

## 二、關鍵技術

因應電信乙太接取網路技術的興起，所帶動產業的涵蓋面非常廣大。這產業內可能的產品包括局端系統、遠端系統、系統內關鍵零組件、EFM MAC 控制器及EFM收發器等。這個產業因為還在萌發期，所有產品的規格均還在摸索階段。但各個產品所需的關鍵技術是確定的。

所需的關鍵技術可概述如下：

### ●EFM系統：

1. 高速背板技術
2. EoVDSL卡板技術
3. EFM WAN Port卡板技術

### ●EFM控制器

1. 動態頻寬分派技術
2. L2 Protocol over EPON 技術
3. MPCP 控制協定技術
4. Gigabit 網路安全技術

5. Gigabit 頻寬控制技術
6. MAC OAM 技術
7. Forward Error Correction 技術

### ●EFM 光收發器

1. Gigabit SERDES 技術
2. Burst-Mode Receiver CDR技術
3. Receiver Threshold Level Adjustment技術
4. Burst-Mode Transmitter Power Level Control技術

為求避免重蹈過去我國接取網路產業關鍵技術受制於國外的覆轍，我國廠商應立即進行結盟，從事關鍵技術及垂直整合技術之開發，及早建立上中下游供應鏈，以集體的力量，拉開與國外競爭對手的距離。從產業的追隨者轉型成產業的開創者，以利競逐未來廣大的 EFM市場。

## 三、國內外技術現況

目前的寬頻接取設備主要仍是以銅線和纜線技術為主。國內接取設備廠商的發展主要從DLC、DSLAM到IP DSLAM。國內雖然在SOHO、SMB及企業網路的乙太交換設備上，掌握市場優勢，但在電信領域的接取設備市場，基礎並不穩固。過去所累積的經驗也大多是ATM-based的系統技術及用戶端的系統需求。對於局端設備的功能需求及乙太網路應用在電信領域特別強調的可靠度、安全性、靈活性及多媒體應用等技術能量均有待建

立。

近年來，日本大力推廣Ethernet-Based FTTH接取網路建置，符合ITU-T G.985規格的局端和遠端接取設備，市場需求殷切。多家與日本設備廠商有OEM/ODM關係的國內廠商因此在日方提供確切系統規格及關鍵零組件後，開始生產相關的接取設備，供應日本市場的需求。由於此系統及相關零組件技術門檻不高，許多國內系統廠商都已具備替日本客戶代工的能力。國內自製的FTTH Gateway SoC ChipSet、G.985-Compatible MAC Controller及G.985-Compatible光纖收發器，均已在今年底出現。

以IEEE 802.3ah為規範的相關技術則進入門檻較高。配合IEEE 802.3ah標準制定，另有近30家系統、IC及Transceiver廠商組成Ethernet First Mile Alliance (EFMA)，從事技術實際開發時衍生問題之討論、市場開拓及互通測試規劃等活動。重要的技術發展如下：

### 1. 光纖傳輸收發器

IEEE 802.3 ah PMD(Physical Media Dependent)工作小組根據實際的需要，制定二種點對多點光纖網路架構（即EPON）的光纖傳輸收發器規格：Type A及Type B。Type A支援的距離 $\geq 10\text{km}$ ，Type B支援的距離 $\geq 20\text{km}$ 。根據這種需要，PMD工作小組在Baseline Proposal內界定局端與遠端收發器所必須滿足的功能規格。國際上

具有Burst Mode光纖收發器能力的公司並不多，多數號稱正在研發。像是日本的OKI、NEC、Fujitsu，美國的JDS、Corning、Aware等。其中以色列的Broadlight、Passave可謂是該領域的領先者。Broadlight先前已具備APON Burst Mode Transceiver的能力。現正全力發展滿足EPON需求的Burst Mode收發器。

國內這幾年光收發器的技術進展十分快速，但仍是以Continuous Mode點對點的收發器為主，對於技術層次更高的Burst Mode收發器尚未開始研發，有鑑於Burst Mode收發器未來將是接取網路重要的關鍵零組件，國內業者投入這項技術的開發應是刻不容緩。

### 2. 對多點光纖網路架構(即EPON) MAC控制模組

EPON MAC控制模組的功能類似目前Ethernet的MAC Controller。但因應EPON點對多點的架構及電信設備的事實需要，EPON MAC必須實現IEEE 802.3ah所規範的MPCP協定，MAC OAM功能及Security功能，目前國外傳統晶片大廠像Intel、Broadcom、TI、NS、OKI、NEC等均已開始EPON MAC技術的開發，新興公司像Passave、Teknovus等也積極投入。在這個領域，國內因已掌握10/100/1000 Mbps Ethernet MAC的技術及市場，具備相對競爭利基。為將此優勢從CPN網路延續至接取網路市場，

廠商應立即開始EPON MAC的研發。

### 3. Giga-Port and Above 交換模組

24個10/100 Mbps Port加4個GE Port 的交換模組是目前國內廠商最重要的交換模組規格。用在遠端接取設備可能可以，但用在局端產品則交換頻寬不夠大。為了進入利潤高的局端產品市場及避免關鍵模組受制於國外廠商，我國廠商應勇敢踏進局端產品關鍵零組件技術研發，以期建立全面性EFM產業，提供 Total Solution。

### 4. EFM系統技術

EFM雖然是最被看好的Fiber-in-the-Loop接取技術，但因電信產業的不景氣及標準尚未制定完成，大規模的建置尚未開始。然而美國、日本、韓國等地的Field Trial卻已陸續展開。最積極的廠商包括Alloptic、World-Wide-Packet、Harmonics、NEC、Fujicolor、Quantum Bridge、BMATH等。Cisco、Alcatel及Nortel等也均成立獨立的團隊加速EFM系統的開發和策略聯盟。預計在2004年6月EFM標準定案後，完全符合規格的EFM系統將立即在市場上出現。目前我國廠商所研發的接取設備仍以DSL DSLAM/IP DSLAM為主，即便是最近替日本代工的 FTTH Gateway，所使用的Fiber-in-the-Loop技術也僅符合ITU-T G.985，而非IEEE802.3ah Compliant的產品。為求及早建立技術能量，為未來廣大市場預作準備，廠商應立即開始研發符合IEEE 規範之系統技術。

## 未來發展趨勢

電信乙太接取網路技術已成為不可忽視的技術趨勢，雖然目前其市場發展侷限在亞太、西北歐及中國大陸，產品也被定位為數據服務接入，但隨著電信等級標準規範的完成，以及全業務(Multi-Service)實測結果的出現，電信乙太接取網路技術有可能成為新一波寬頻接取網路建置的主要方案。過去幾年我國一直是全球寬頻接取設備的最大供應國。不論是DSL Modem、Cable Modem或是Access Gateway的產量均名列前茅。然而因未能掌握關鍵技術，系統廠商不但難以踏入局端電信設備市場，用戶端接取設備的獲利也受制於國外關鍵技術提供者。隨著EFM技術的興起，這個局面有了改變的可能。在乙太網路相關的產業裡，我國廠商掌握了上中下游全面的技術，面對著這新興的市場，我們有著最佳的競爭優勢。若能集合上中下游廠商，早日投入相關研發，我國將有絕佳機會擺脫過去技術追隨者的角色，而成為該產業的技術領導者，奠定未來爭取全球廣大EFM市場的基礎。