

GPON 網路之光層資訊量測

方毅	王志益	莊修榮
中華電信研究院 寬頻網路研究所 高級研究員 yf@cht.com.tw	中華電信研究院 寬頻網路研究所 高級研究員 halolo@cht.com.tw	中華電信研究院 寬頻網路研究所 主任級研究員 ch466@cht.com.tw

摘要

為使光通訊網路達到最佳的網路服務品質，所建設之光纖網路必須同步建置監測系統來進行網路之維運管理；而由於光纖到家 (FTTH) 之光纖網路的複雜化，因而在 FTTH 之網管系統的障礙查修也具備高的困難度。但在 FTTH 之 ODN 障礙診斷以及設備障礙診斷這兩項查測系統中，所有障礙定位技術之核心關鍵都在於系統之各項設備組成元件於運作時，其所掌握及判定的光層資訊必須均為正確值；本研究研發新的 GPON 系統的光層資訊量測技術，並應用於 GPON 的 ODN 之障礙量測以及精確的定位，而因其所建立的網路維運管理系統，不但已成功的在 GPON 系統中上線運作，並可進一步運用於其他的 PON 系統。

關鍵詞：光纖到家、網路。

Abstract

For the optical communication network to achieve the best service quality, the monitoring system must be established in optical network. Because the complicated network of Fiber to the Home (FTTH), the FTTH network management system will also have the high degree of difficulty. In the FTTH network, the key lies in the operation of the optical layer information are all correct values. In this study, the correct values of the optical layer are used to analyze the GPON system, and its established network management system, not only has been successful in the line work on GPON system, and also further applied to other PON system.

Keywords: Fiber to the Home, network.

1. 前言

光纖通信為現今最主要的有線通信方

式，而為了因應雲端、MOD 與企業專線等各種電信服務的多項及大量之需求，電信之接取網路必須朝向光纖化、IP 化、智能化、高寬頻化及數位匯流的方向發展，目前也正走向光世代接取網路必須要能提供出 100 Mbps 的高速電路；而以現行的傳輸技術來考量，積極的佈建光分配線網路，並以 xPON 來提供出 100 Mbp 高速電路將是最佳的解決方案，因此，電信公司已全面規劃及佈建光纖到家 (FTTH) 網路。

在 FTTH 之 PON 網路架構設計，其是一種點對多點 (Point to Multipoint) 的樹狀網路架構，為包含有各種不同的光通訊網路架構，其網路之佈建架構有別於傳統的點對點的拓撲架構 (Point to Point; P2P)，其所採用的則是點對多點型式拓撲，由局端設備之光線路終端 (Optical Line Terminal; OLT) 經由光分歧器 (Optical Splitter) 的分光而傳送給多個用戶端設備的光網路單元 (Optical Network Unit; ONU)，以此方式傳送雖可大量減少光纖的使用量，但此多分歧光纜的網路架構佈放方式，也造成實體層的光纖網路變成極端複雜化，而使 FTTH 之整體網管系統中的障礙查修成為具高困難度的問題。因此，電信及網路公司都積極的研發光配線網路 (Optical Distribution Network, ODN) 中的包括光纜障礙定位等新的網管技術，而其目標為維運系統能夠做到快速的判斷 ODN 之障礙以及精確的定位，以減少系統維運及維護的龐大費用。

在研發光纖到家之各項包括設備功能診斷等之網管維運系統，其在所有之障礙定位技術的應用上，如何取得 PON 系統中之各項組成元件於系統運作時之正確的光層資訊，則將是其核心關鍵，而在其中之用戶端之 ONU 則為 GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) 系統架構中之關鍵組成元件，ONU 之光介面可分別使用光網路終端 (Optical Network Terminal; ONT) 或家庭閘道器 (Home Gateway-Optical; HGW-O)，而目前的量測技

術所量測出的光層資訊會在部份 PON 系統設備中產生大的誤差，因此造成網路管理系統上大的混亂，本研究因而研發新的 PON 系統的光層資訊量測技術，並應用於 FTTH 之 GPON 系統中的 ONT 及 HGW-O 的光層資訊量測，並經由眼圖(Eye Pattern)的光介面參數量測，判斷 ONU 之不同光電模組和晶片的效應，因而此正確的光層資訊也成功的應用於建立一個精準及完善的 FTTH 網路維運管理系統，並也成功的在 GPON 網路中上線運作；而經由 GPON 之整體運作之資訊，此技術也可進一步運用於其他的 PON 系統。

2. 實驗

2.1 實驗樣品

- (1) 16 km 長之 G652C 光纖。

2.2 實驗設備

- (1) 一種 GPON 系統(圖 1)，其之 ONU 包括 5 個 HGW-O 和 5 個 ONT。
- (2) JDSU 之 PON Power Meter。
- (3) EXFO 之 FOT-930 Multifunction Loss Tester。
- (4) Acterna 之 Optical Level Controller。
- (5) Agilent 之 B6100A Wide-Bandwidth Oscilloscope。

2.3 實驗步驟

研究以 16 km 長之 G652C 光纖，連接 GPON 系統之各個 OLT Port、Splitter 以及各別 ONU，並進行量測及校正，ONU 以 Oscilloscope 做眼圖量測。

3. 結果與討論

3.1 網管光層資訊的量測與應用

開始運作之 FTTH 的 GPON 系統，其網管系統必須先能掌握住整體實體層之各項組成元件之正確的光資訊，才能進一步的建立網路運作的各種智能診斷能力；而在 GPON 系統中，設備之 OLT 端及 ONU 端，其在不同的 OLT 卡板中的不同 Port，發送及接收光功率值均不同，而在各不同的 ONU 端之發送及接收光功率值也不同，而此 PON 系統之在兩端點的光功率值均為 GPON 網管系統中最重要之

資訊；然而在實際的 GPON 系統運作時，其在 GPON 之網管系統中所顯示出的光功率值，和實際為正確的光功率值間具有差異，因此在 GPON 的標準中有規定出量測誤差值 [1]：在 OLT 端的標準規定量測誤差值為 $\leq \pm 2$ dB；而在 ONU 端的標準規定量測誤差值為 $\leq \pm 3$ dB，因此在 GPON 網管系統中，光層資訊都必須經過校正的程序來降低其量測的誤差值，才能進一步應用於建立網路的各項障礙的診斷功能，但在 GPON 之網路實體層中進行光功率測試，其在 OLT 端及 ONU 端之正確的光功率值之資訊取得，必須使用正確的量測方式 [2] 以及大量的隨機樣品的測試及統計，才能得到相對應之為正確的光功率參數值，並實際應用於 GPON 的網管系統。研究測試分析在 GPON 系統之光層資訊，其在下行、1490 nm 波長的 ONU 端(包含 HGW-O 和 ONT)的量測結果顯示：圖 2 及圖 5 顯示出 GPON 網管系統所顯示出之光功率值和實際光功率值之間為具有差異，由於下行、1490 nm 雷射波長為連續(Continue)雷射，其量測中之單一點的光功率數值變化很小，而在量測出正確的光功率後，圖 3 及圖 6 顯示出正確的網管值和光功率之關係圖，而經由圖 4 及圖 7 的精準度和光功率之變化圖顯示：兩種 ONU 之正確的量測誤差值為在 GPON 標準的 ± 3 dB 範圍，而 HGW-O 和 ONT 雖然分別使用不同的光電模組和晶片，但並未造成光層資訊大的不同。而在上行、1310 nm 的 OLT Port (圖 8) 之量測結果則顯示：在 OLT Port 端，其之正確的量測誤差值為在 GPON 標準的 ± 2 dB 範圍，而量測結果顯示部份 OLT Port 之光功率會接近標準規定之門檻，其原因為在 1310 nm 波長使用脈衝(Pulse)雷射，在進行光功率的量測時，1310 nm 波長之量測中的單一點的光功率數值變化很大，因此在判定及校正光功率時，必須特別仔細；這證明在 GPON 的網管系統，有時在 OLT 及 ONU 端之網管會有誤判，其原因為在網管系統得到的光層資訊並不正確，而現有的量測方式也並不正確，而如果 OLT 端及 ONU 端之光功率偏差很大，往往就是產生系統誤判的區段，而如果不做正確的光功率校正量測，系統之量測誤差值將會影響到網管之各子系統之建立。

在 GPON 之網管系統的整體光層資料之中，必須包括有 OLT 端之發送光功率、OLT 端之接收光功率、ONU 端之發送光功率與 ONU 端之接收光功率等相關之正確光功率數據，因此，經過正確的量測後做修正偏差，再

計算出實體層之每一光路由的光功率預算，而光功率預算則必須滿足合理的範圍；在 GPON 系統之端對端合理光損失之計算式為：

$$\text{Loss} = \sum(\text{光纖長度光損失}) + \sum(\text{光纖熔接光損失}) + \sum(\text{光纖連接器光損失}) + \sum(\text{光分歧器光損失}) \pm \text{誤差範圍}$$

在計算式中

- (a) 光纖衰減(1310 nm), $\alpha = 0.359 \text{ dB/km}$
- (b) 光纖衰減(1490 nm), $\alpha = 0.285 \text{ dB/km}$
- (c) 光纖的熔接點數量： $4 + (L/1.5)$, L 為光纖長度(km)
- (d) 光分歧器每埠的平均光損失： $(1:32 = 16 \text{ dB})$
- (e) 光纖連接器 SC/PC 平均光損失： (0.15 dB)
- (f) 光纖連接器 SC/APC 平均光損失： (0.2 dB)
- (g) 光纖之熔接損失： 0.1 dB
- (h) 誤差範圍： 2.0 dB , 為光功率測試的最大誤差

如果在 GPON 系統之端對端的兩個端點之間，計算出在 1310 nm 及 1490 nm 這兩個波長的光損失值為都落在合理的範圍的以內，則網管系統就可診斷並判定出 ODN 網路為在正常的狀態；但若在 1310 nm 或 1490 nm 這兩個波長，有一工作波長之光損失超過合理的光損失範圍，則網管系統之診斷就判定出 ODN 網路為發生障礙。

3.2 ONU 的眼圖光介面參數量測

在 GPON 之整體網路架構中，ONU 為其中的關鍵組成部分；而在 ONU 中引入閘道器(Gateway)做不同網路間資料移動及不同協定間移動轉換的閘門，GPON 系統就可更進一步的提供包括語音、視頻和高速上網等服務於家庭用戶，這就是 HGW-O；由於 HGW-O 和 ONT 之介面管控不同，其之光收發模組、晶片及結構組成也不同於 ONT，因此其在整體 GPON 系統中之光層資訊是否存有大的差異？由於在基頻方波的調變系統中，可以使用眼圖的量測來評估出通道雜訊及符碼間的干擾，並分析出傳輸系統的性能；研究量測 ONT 及 HGW-O 在 1244 Mbit/s 上行方向之眼圖(圖 9 及圖 10)，HGW-O 之消光比為 13.97 dB，ONT 之消光比則為 13.82 dB，均符合 ITU-T G.984.2

中之規定的 ONU 光發送器之消光比必須大於 10 dB 的要求 [1]；而從眼圖的判斷理論，如果眼圖的「眼睛」區域範圍越大，就表示信號失真的幅度會越小，而量測 ONT 及 HGW-O 之眼圖的「眼睛」區域範圍為幾乎一樣，這顯示 HGW-O 並未因晶片之變換及加入 Wi-Fi 天線而產生眼圖區域範圍變小的狀況，因而 HGW-O 在有雜訊或是符碼間之干擾時，並不容易造成信號之失真。

4. 結論

本研究成功建立 GPON 系統之新的光層資訊量測技術，量測出之正確光層資訊則實際應用於 GPON 系統的光配線網路之障礙量測及精準定位；而配合 ONU 之光介面參數之量測，則使 GPON 網路維運管理系統趨向更完善及更精準；此量測技術將可進一步運用於其他的 PON 系統，因而將可大幅提升 FTTH 之各項服務品質及施工效率。

參考文獻

- [1]“Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON):Physical Media Dependent(PMD) layer specification”, in *ITU-T G.984.2* . 03, 2003. .
- [2]方毅、莊修榮、王志益、林勝福，“PON 網路的障礙量測新技術之研發”，*2013 全國電信研討會*，P38，2013。

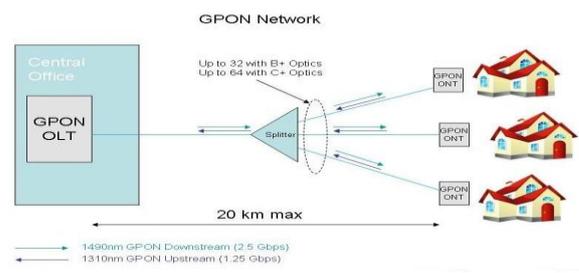


圖.1 GPON 系統架構圖

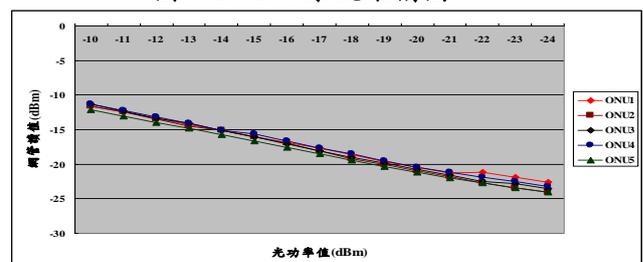


圖. 2 1490 nm 波長,在 ONT 端，網管顯示之網管值和光功率值之關係圖

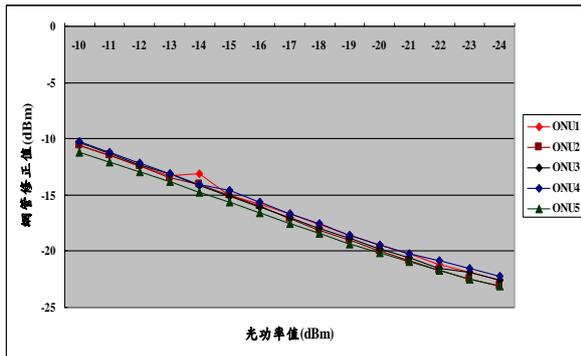


圖.3 1490 nm 波長,在 ONT 端,正確的網管值和光功率值之關係圖

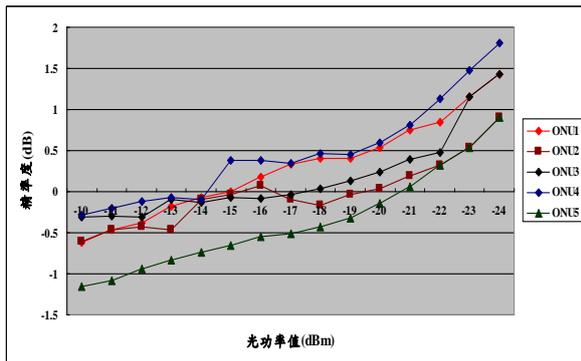


圖. 4 1490 nm 波長,在 ONT 端,精準度和光功率值之關係圖

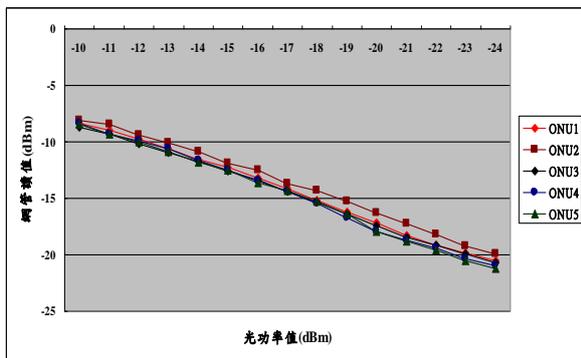


圖. 5 1490 nm 波長,在 HGW-O 端,網管顯示之網管值和光功率值之關係圖

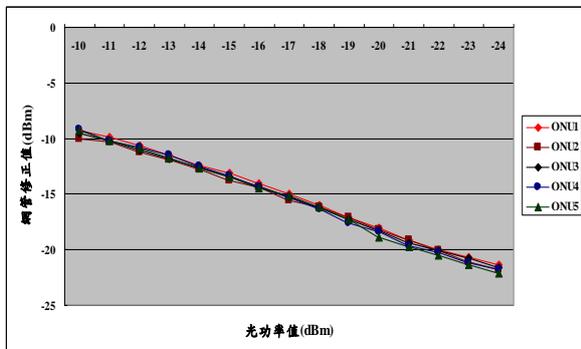


圖. 6 1490 nm 波長,在 HGW-O 端,正確的網管值和光功率值之關係圖

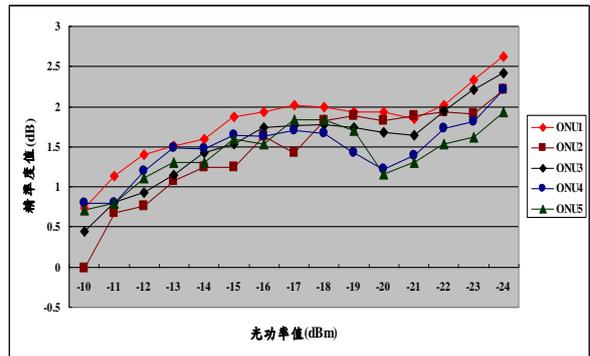


圖. 7 1490 nm 波長,在 HGW-O 端,精準度和光功率值之關係圖

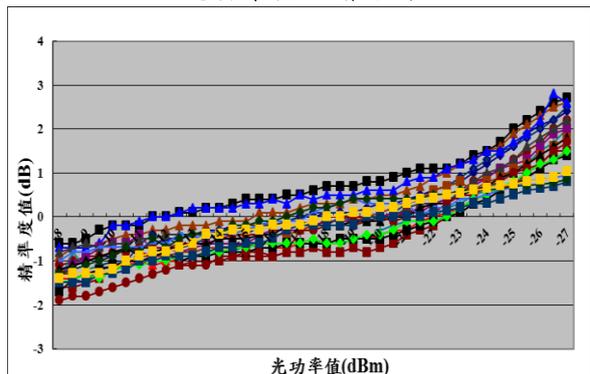


圖. 8 1310 nm 波長,在 OLT 端,精準度和光功率值之關係圖

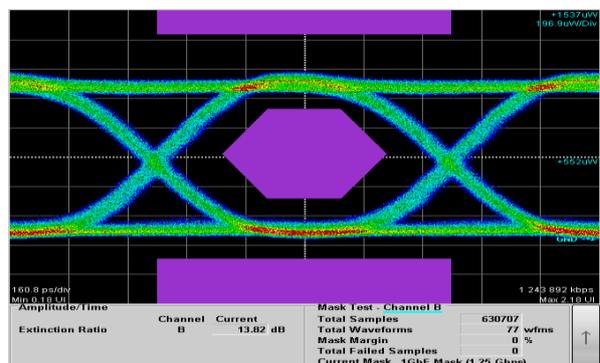


圖. 9 ONT 之眼圖

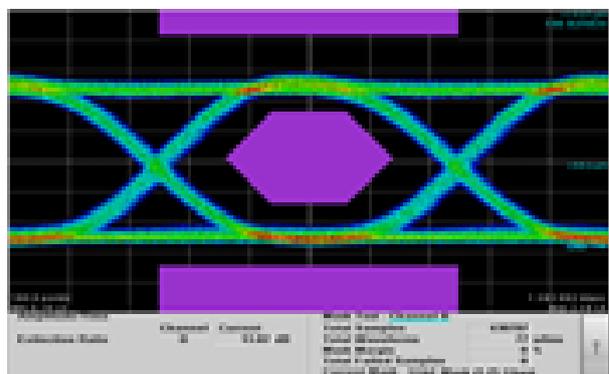


圖. 10 HGW-O 之眼圖