

第五章

建構於資料比較器及振幅相位補償器之雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統

5.1 簡介

在小型的存取系統服務、住家及公司企業中，由於 WDM 傳輸系統的提出使得我們傳送的資料量可以大幅的提升，而這當中又以被動光纖網路是最有希望可以降低成本，透過 WDM-PON 傳輸系統的結合已經被相當多的人注意到了，並且也已經廣泛的被應用在一起，這樣的組合在光纖通訊傳輸系統中是最有希望的，因為它擁有大的容量、網路安全、容易管理及升級的能力[14], [15], [21]。

在高密度分波多工傳輸系統下，我們必須考慮兩個光源，一個為短波長光源，另一個為較長波長光源傳輸於相同的介質中。當短波長與長波長光源在光纖中傳輸時，短波長的光源受原子激發到較高的能階上時，因為非線性的因素將使得原子遭受其它光子的撞擊，此時將藉由釋放長波長光源的能量而使得受激原子被拉到居中的能階上。如果長波長光源與釋放的長波長激發光有相同的波長時，則這兩個波長的光會相互混合，因此在間接能階上的原子會掉落到低能階上，此即為受激拉曼散射(Stimulated Raman Scattering；SRS)。拉曼效應在單向式傳輸系統中所引起的失真會比較小，這是因為各個通道的功率是相等的。但是在雙向式傳輸系統中由於各個通道的功率不一定相等，所以很容易受拉曼效應所引起的非線性失真影響。因此若能於系統中使用資料比較器及振幅相位補償器，則能夠追蹤改變量並且補償在光纖傳輸路徑中的非線性失真問題[8]。

因此，在本章節中我們提出一個 40 公里標準單模光纖之雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統，主要建構於接收端使用資料比較器及振幅相位補償器。對於數位資料信號的部份，希望藉由資料比較器來降低整體系統的非線性失真現象，並且針對傳輸系統的 BER 值能有所提升。對於類比資料信號的部份，希望藉由振幅相位補償器來對系統所引起的非線性效應作失真補償，並且經由實驗結果驗證，可獲得良好的 CNR、CSO 及 CTB 等有線電視信號參數值之效果改善。

5.2 實驗架構

圖 5.1 為我們所提出的實驗架構，在光接收射端的部份我們利用資料比較器及振幅相位補償器作信號補償所建構出『雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統』。此一雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統的發射兩端，主要是由 4 顆 VCSEL 雷射、4 顆 DFB 雷射、2 台 EDFA 放大器、4 個 2.5 Gb/s 數位資料信號及 AM-VSB 多頻道類比電視資料信號所組合而成的。

其中 4 顆 VCSEL (VCSEL1-4)的波長分別是 λ_1 (1549.32 nm)、 λ_2 (1550.92 nm)、 λ_3 (1552.52 nm)、 λ_4 (1554.13 nm)，波長間距為 ~ 1.6 nm(~ 200 GHz)。對於 4 顆 VCSEL 雷射的信號調變我們採取直接調變的方式，使用直接調變 $2^{10}-1$ 的隨機二位元處理的方式載上 2.5 Gb/s 的數位資料信號。另外，4 顆 DFB (DFB LD1-4)的波長分別是 λ_5 (1555.75 nm)、 λ_6 (1557.36 nm)、 λ_7 (1558.98 nm)、 λ_8 (1560.61 nm)，波長間距為 ~ 1.6 nm (~ 200 GHz)。對於 4 顆 DFB 雷射的信號調變我們採取直接調變(Directly Modulated)的方式，使用 AM-VSB 多頻道類比電視資料信號產生器將頻道 2-40 直接調變至 DFB1 雷射及 DFB3 雷射中，頻道 41-78 直接調變至 DFB2 雷射及 DFB4 雷射中，並將光調變指數調整為 $\sim 3.5\%$ 。

而多工器/解多工器被使用來發射下行波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 及(λ_5 、 λ_6 、 λ_7 和 λ_8)光信號進入光纖路徑中，並且可同時接收上行波長 λ_5 、 λ_6 、 λ_7 和 λ_8 及(λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4)光信號。光纖的傳輸長度為 40 公里，經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，再經由多工器所結合的波長利用解多工器將波長解出來，並將信號分別送至數位光接收器及類比光接收器來偵測所接收到的信號，對於數位資料信號的部份，再經由資料比較器作快速錯誤資料補償，最後利用誤碼率分析儀量測其 BER 值。而類比資料信號的部份，再經由振幅相位補償器作資料信號補償，最後利用 HP-8591C 有線電視頻譜分析儀來量測其 CNR、CSO 及 CTB 值，並且最後對於我們所提出雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統的 BER、CNR、CSO 及 CTB 等參數值作一個效能的評估。



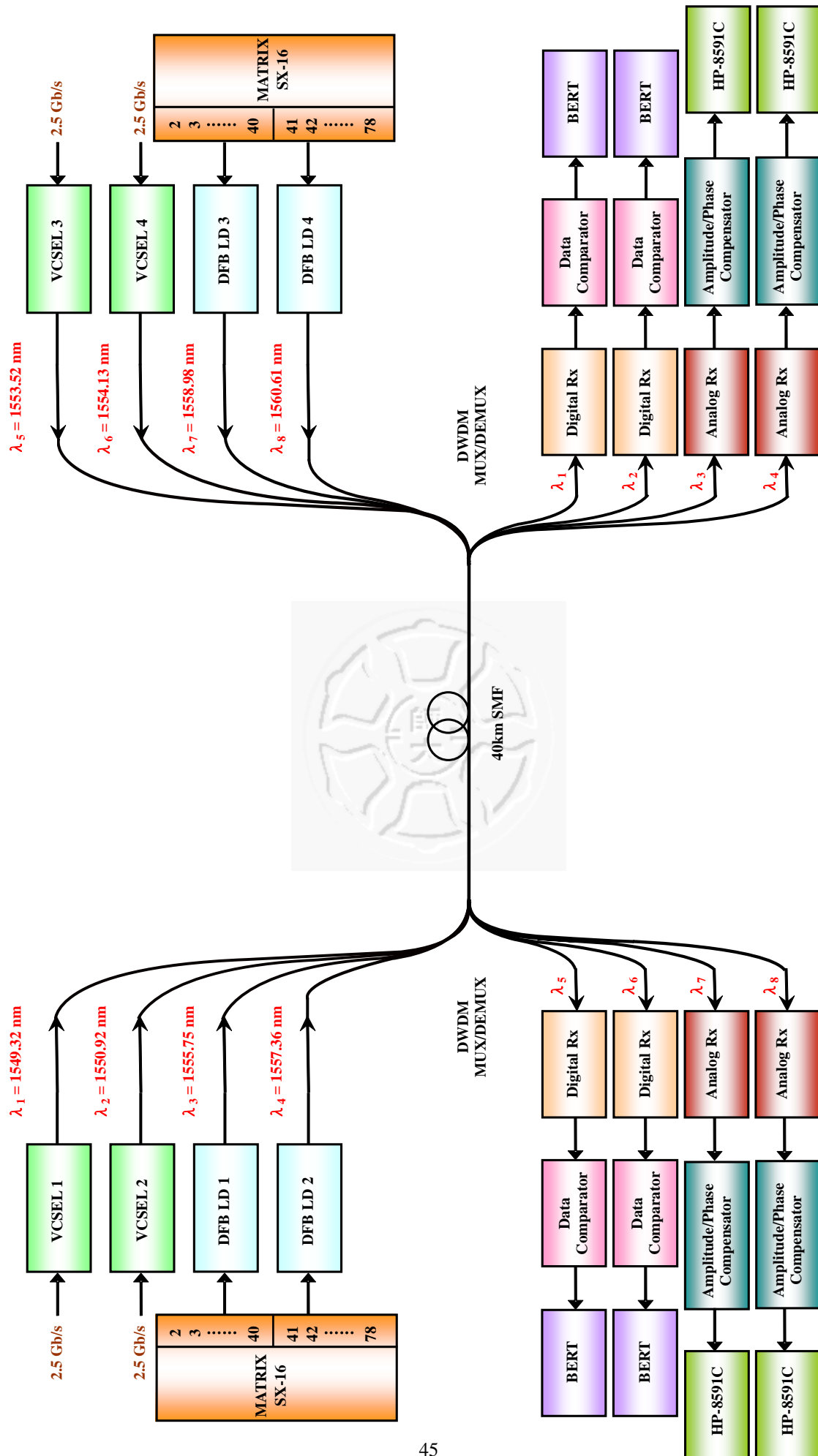


圖 5.1 使用資料比較器及振幅相位補償器所建構之『雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統』

5.3 實驗結果與討論

如圖 5.2 所示，為我們所提出之資料比較器(Data Comparator)，主要是由快速比較器(Fast Comparator)及儲存原始資料所組成。在數位光接收機後加上快速比較器，其用意是將經過光電轉換後的數位信號與原先所儲存的數位信號作比較動作。由於信號調變的方式是藉由改變載波的振幅或相位來作傳送，因此可以將信號分成振幅和相位來描述，並分別針對其不同失真作補償；希望在最短時間內去除因系統傳輸後所引起的錯誤資料信號，藉以改善資料信號經由系統傳輸後的 BER 值。

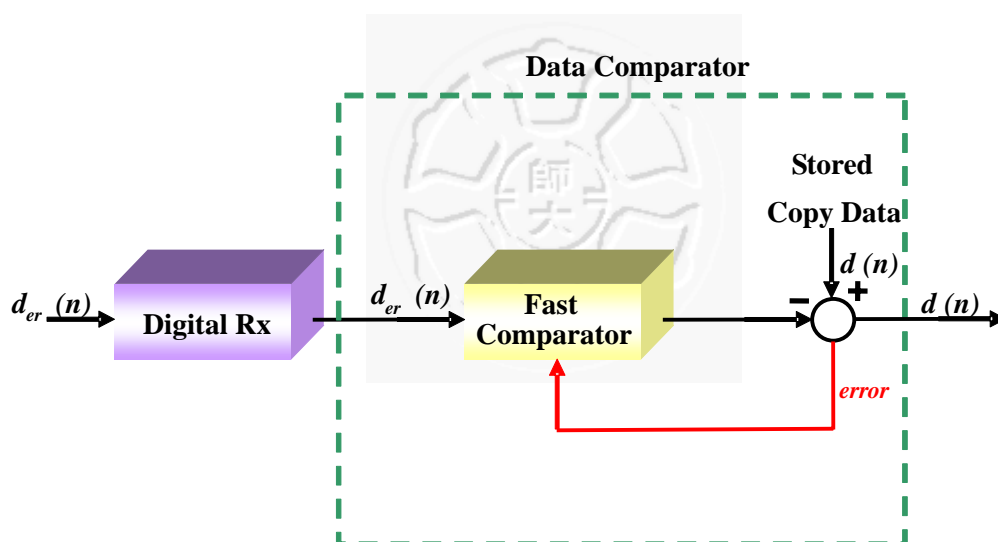


圖 5.2 資料比較器方塊圖

假設發射端沒有含原始失真數位信號為 $d(n)$ 其中含振幅 $a(n)$ 及相位 $\theta(n)$ 可表示為：

$$d(n) = a(n)e^{j\theta(n)} \quad (5.1)$$

而光信號經由光纖連結傳送後，在接收端所接收到含失真成分之信號為 $d_{er}(n)$ 其中含 $a_{er}(n)$ 及相位 $\theta_{er}(n)$ 可表示為：

$$d_{er}(n) = a_{er}(n)e^{j\theta_{er}(n)} \quad (5.2)$$

對於振幅比較而言，主要是將輸出的振幅信號與原始的振幅信號作比較；對於相位比較而言主要是將輸出的相位信號與原始的相位信號作比較。其中傳送出的符碼(symbol)為 $P(n)$ ，接收到的符碼(symbol)為 $P_r(n)$ ，又 $P(n)$ 與 $P_r(n)$ 可表示為：

$$P(n) = a^2(n)/2 \quad (5.3)$$

$$P_r(n) = a_r^2(n)/2 \quad (5.4)$$

而輸入向量(input vector) $U(n)$ 對於振幅與相位的比較後又可獲得為：

$$U(n) = [1, P_r(n), P_r^2(n), \dots, P_r^N(n)] \quad (5.5)$$

再經由權重向量(weight vector)獲得評估的輸出 $d_{est}(n)$ 可表示為：

$$d_{est}(n) = W(n) \cdot U(n) \quad (5.6)$$

$$W(n) = [w_0(n), w_1(n), \dots, w_N(n)] \quad (5.7)$$

最後 $d_{est}(n)$ 再與未失真之數位信號 $d(n)$ 比較，信號在經比較後所產生的錯誤信號，再利用不斷回授修正機制讓接收端失真信號 $d_{er}(n)$ 回復成 $d(n)$ 。

圖 5.3 所示為振幅相位補償函數方塊圖，在類比光接收機後加上振幅/相位補償器(Amplitude/Phase Compensator)，其用意是將經過光電轉換後的類比信號與原先所儲存的複製類比信號作比較及補償動作。由於信號調變的方式係藉由改變載波的振幅或相位來作傳送，因此可以將信號分成以振幅和相位來描述，並且分別針對不同失真作補償，其最主要是希望在最短時間內去除因系統傳輸所引起的振幅及相位偏差，藉以改善信號經由系統傳輸後所產生的非線性失真。

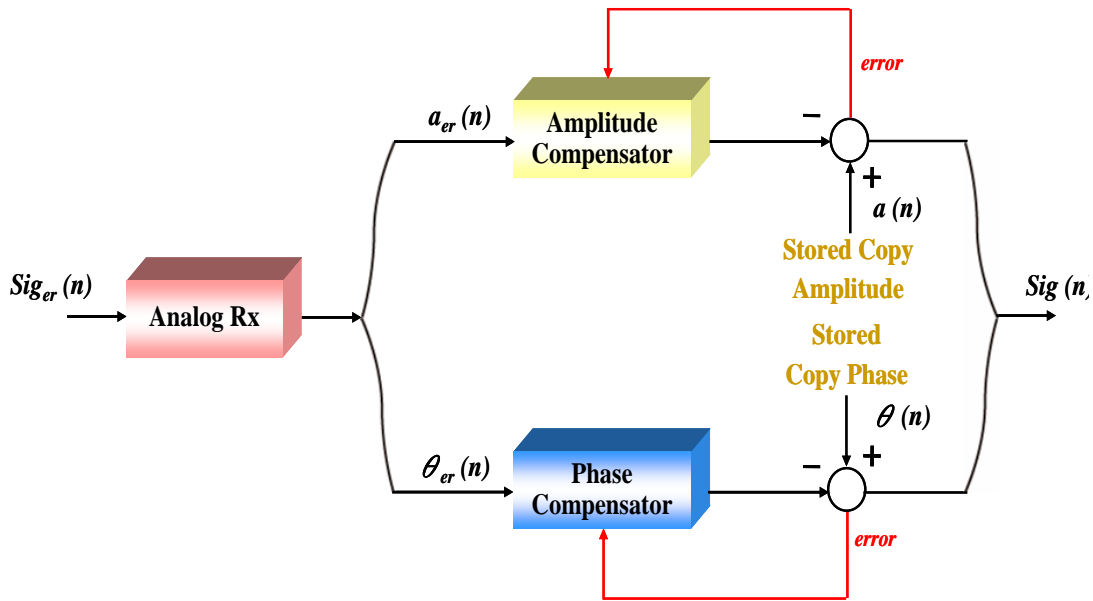


圖5.3 振幅相位補償函數方塊圖

假設發射端原始未含失真之類比信號 $Sig(n)$ 含振幅 $a(n)$ 及相位 $\theta(n)$ 可表示為：

$$Sig(n) = a(n)e^{j\theta(n)} \quad (6.1)$$

而光信號經由光纖連結傳送後，在接收端所接收到含失真成分之信號 $Sig_{er}(n)$ 具 $a_{er}(n)$ 及相位 $\theta_{er}(n)$ 可表示為：

$$Sig_{er}(n) = a_{er}(n)e^{j\theta_{er}(n)} \quad (6.2)$$

振幅/相位補償器的作用是希望經由未失真之類比信號 $Sig(n)$ 與含失真成分之信號 $Sig_{er}(n)$ 相互比較。信號在經比較後所產生的錯誤信號，再利用不斷回授修正機制讓接收端失真信號 $Sig_{er}(n)$ 回復成 $Sig(n)$ 。

由圖 6.2 可知，對振幅補償而言，振幅補償器(Amplitude Compensator)的輸出與原先儲存複製的振幅 $a(n)$ 作比較，並將誤差值回授達到補償之效果。對相位補償而言，相位補償器(Phase Compensator)的輸出與原先儲存複製的相位 $\theta(n)$ 作比較，並將誤差值回授達到補償之效果。而振幅及相位補償作用對確保系統傳輸

品質則具相當之意義，因為它能將系統所產生之失真抑制到最低，進而有效提升系統 CNR、CSO 及 CTB 等參數值的改善。

圖 5.4 所示為 VCSEL1 雷射光信號 λ_1 經過 40 公里的標準單模光纖後於光接收端所量測到的 BER 與接收光功率的關係曲線圖。由圖可看出當傳輸信號經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，在 BER=10⁻⁹ 的條件下；當系統接收端沒有使用資料比較器時，其接收端所接收到的光功率約為 -22.3 dBm；而使用資料比較器時，最後接收端所接收到的光功率約為 -26.8 dBm。由實驗的結果可知，我們於系統接收端利用資料比較器，對於雙向混合式 DWDM-PON 傳輸信號其接收光功率在 BER=10⁻⁹ 時，可以大大的提升約 4.5 dB 的效能改善。

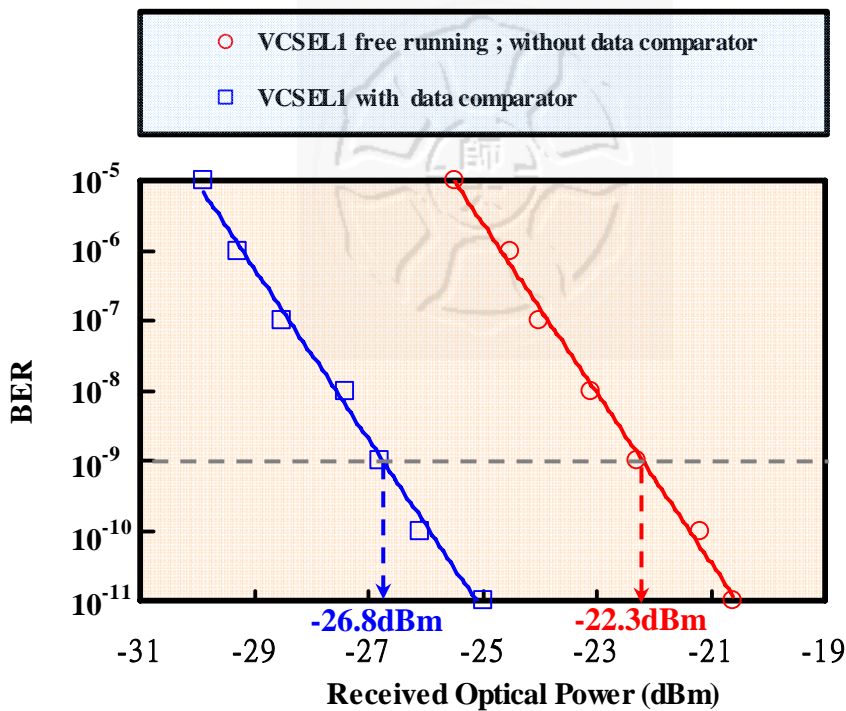


圖 5.4 VCSEL1 雷射之 BER 與接收光功率關係曲線圖

圖 5.5 所示為 VCSEL3 雷射光信號 λ_1 經過 40 公里的標準單模光纖後於光接收端所量測到的 BER 與接收光功率的關係曲線圖。由圖可看出當傳輸信號經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，在 BER=10⁻⁹ 的條件下；當系統接收端沒有

使用資料比較器時，其接收端所接收到的光功率約為 -22.5 dBm；而使用資料比較器時，最後接收端所接收到的光功率約為 -27.2 dBm。由實驗的結果可知，我們於系統接收端利用資料比較器，對於雙向混合式 DWDM-PON 傳輸信號其接收光功率在 BER=10⁻⁹ 時，可以大大的提升約 4.7 dB 的效能改善。

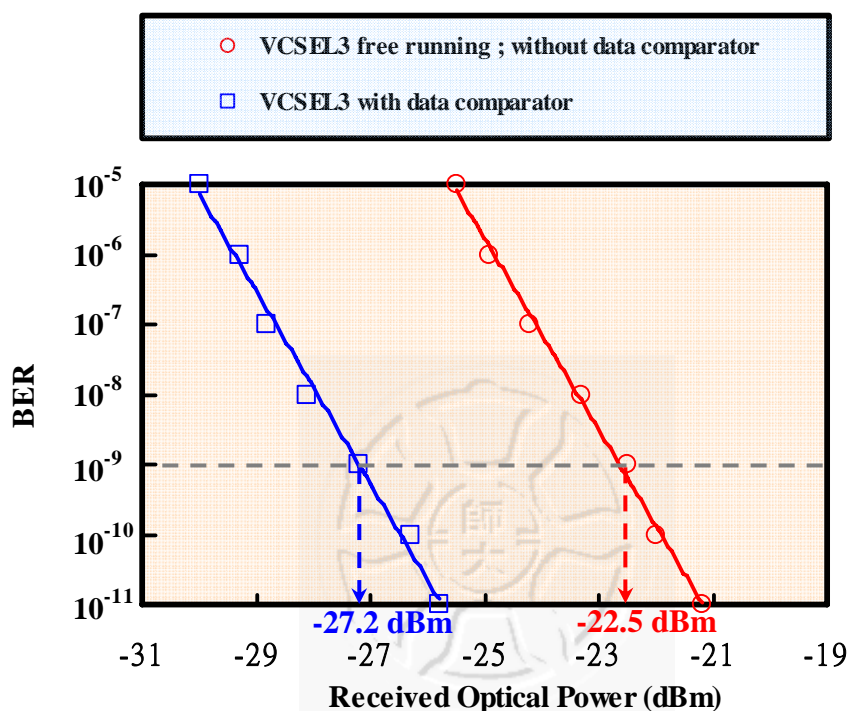
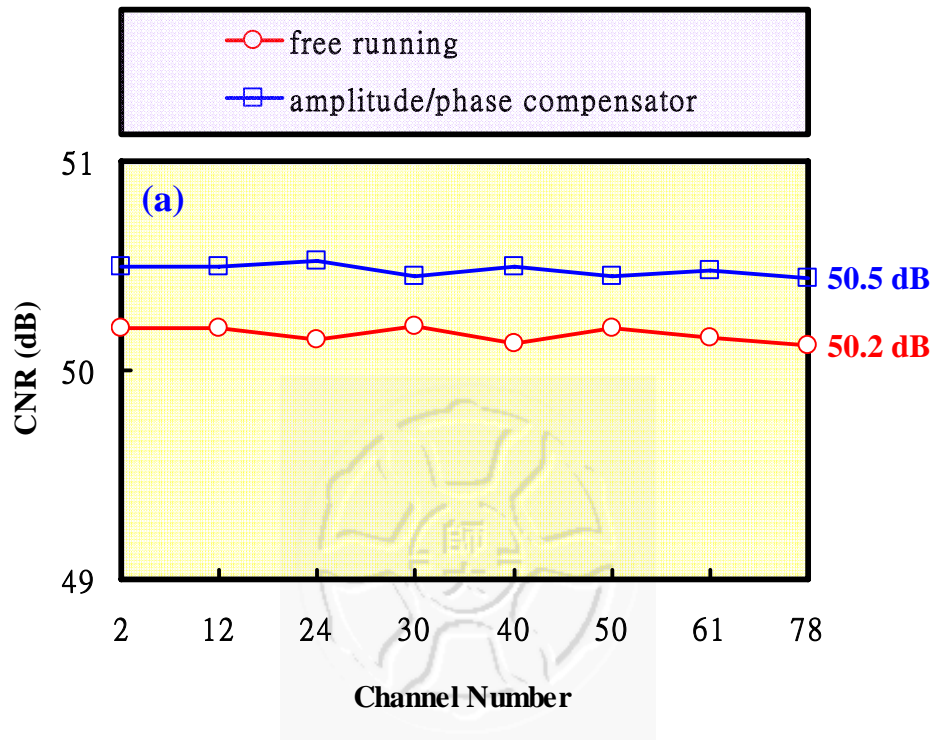


圖 5.5 VCSEL3 雷射之 BER 與接收光功率關係曲線圖

圖 5.6 (a)、(b)及(c)分別為有無使用振幅相位補償器情況下所量測到的 NTSC 頻道數 CNR、CSO 及 CTB 參數值。由圖可看出當傳輸信號經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，在 CNR 參數值 > 50 dB 的條件之下；當系統沒有使用振幅相位補償器時，其接收端所接收到的 CNR 參數值 > 50.2dB，當系統使用振幅相位補償器時，其接收端所接收到的 CNR 參數值 > 50.5dB，很明顯的是符合 CNR 的參數值規範並且對於傳輸品質也有提升。

另外，在 CSO 及 CTB 參數值的部分；當系統沒有使用振幅相位補償器時，其接收端所接收到的 CSO 及 CTB 參數值分別為 < -64 dBc 及 < -63 dBc；而當系

統使用振幅相位補償器時，最後接收端所接收到的 CSO 及 CTB 參數值分別為 < -68.5 dBc 及 < -67.5 dBc。由實驗的結果可知，我們於系統接收端使用振幅相位補償器時，對於雙向混合式 DWDM-PON 傳輸信號其 CSO 及 CTB 參數值可以大大的提升分別約 4.5 dB 及 4.5 dB 的效能改善。



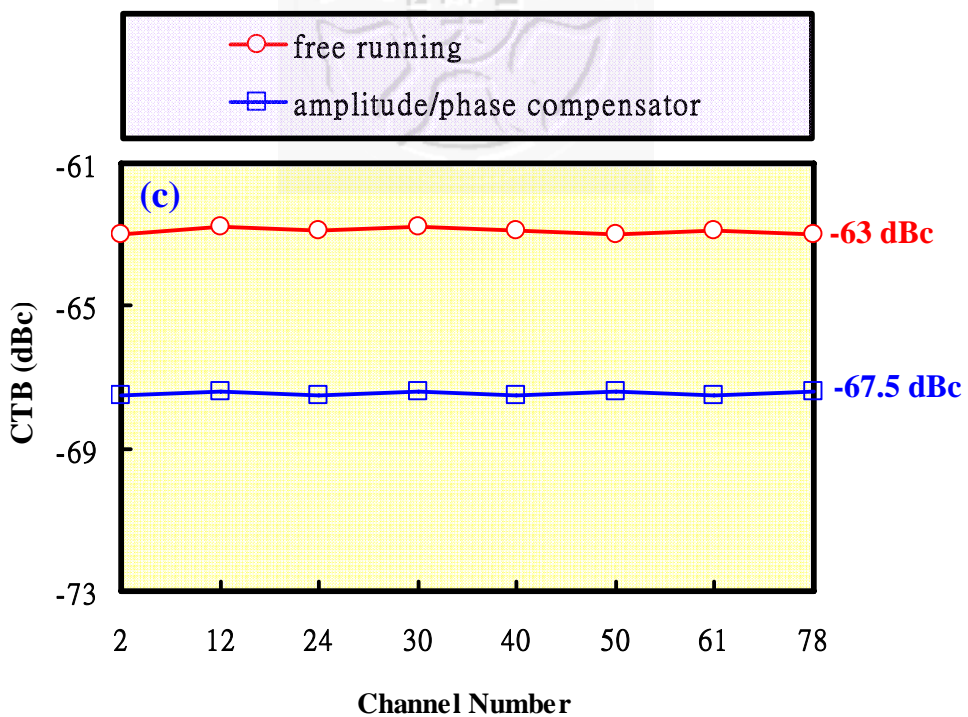
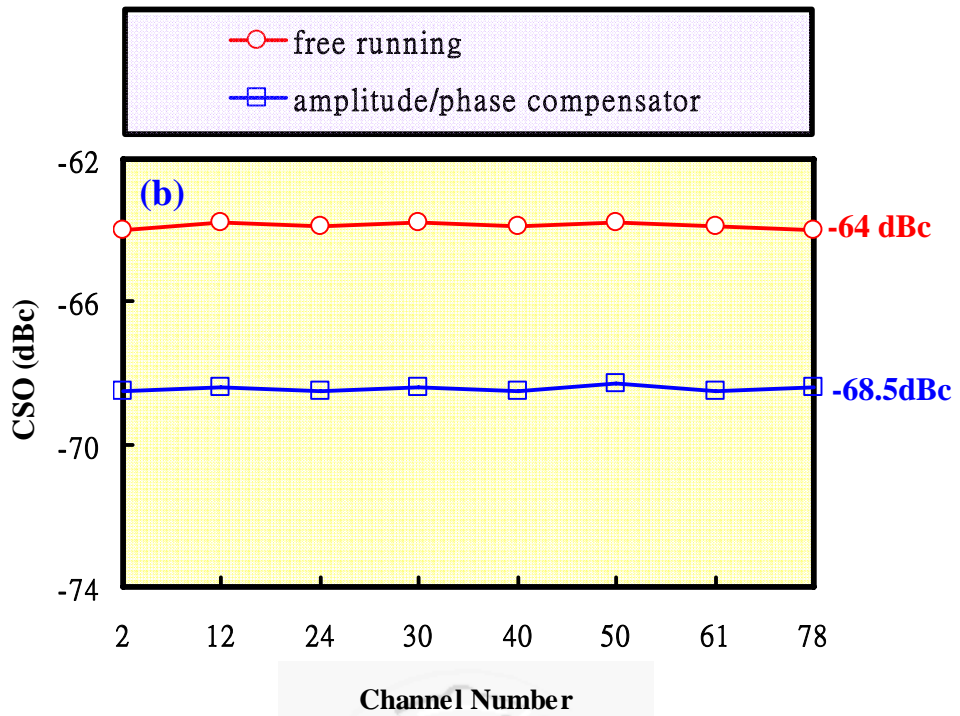


圖 5.6 (a)、(b)及(c)分別為有無使用振幅相位補償器情況下所量測到的 NTSC 頻道數 CNR、CSO 及 CTB 參數值

5.4 本章結論

本章節中我們提出於系統接收端使用資料比較器及振幅相位補償器所建構出雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統，此系統最主要使用到的核心技術為資料比較器及振幅相位補償器。對於數位資料信號的部份，我們成功地藉由資料比較器來降低整體系統的非線性失真現象，並且經由量測結果驗證，光信號經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，在 $BER=10^{-9}$ 之條件規範下，對於系統之 BER 值有明顯的提升。而在類比資料信號的部份，我們也成功地藉由振幅相位補償器來對系統所引起的非線性效應作失真補償，並且經由量測結果驗證，光信號經過 40 公里的標準單模光纖傳輸後，對於系統也可獲得良好的 CNR、CSO 及 CTB 等有線電視信號參數值之效果改善。最後也說明了利用資料比較器及振幅相位補償器將有利於我們所提出之雙向混合式 DWDM-PON 傳輸系統。

