

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 智慧型寬頻光纖通信網路研究(3/3) -

### 子計劃三：智慧型光 CDMA 網路

計畫編號：NSC-90-2215-E-032-003

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主 持 人：李揚漢 淡江大學電機系

#### 一、 中文摘要

光 CDMA 是利用特殊的光碼將傳輸資料加以編碼後再傳送，如此可容納大量的使用者在同一光纖上同時傳送，故可大量地提升光纖網路的頻寬。然而受限於使用者資料的互相干擾(multi-user interference, MUI)，當同時使用者的數量增加時，錯誤率將隨之增大。本計畫以曼徹斯特編碼的方式，將原本雙極性的 Walsh 碼轉成適合光纖傳送的單極性碼，我們稱之為曼徹斯特編碼式 Walsh 碼(Manchester Coded Walsh Code, MCWC) 該碼的定干擾量特性讓接收端得以估計出干擾量而加以消除，故可有效地降低錯誤率。此外，針對不同的網路型態，我們提出了三種接收架構：固定多工式、排序式及非排序式接收架構。分析結果顯示，三種接收架構均能大量地提昇網路頻寬，並維持良好的通信品質。尤其是前二種架構，當傳輸量越大時，其通信品質反而越好。

關鍵詞：光纖通信，光分碼多工處理

(OCDMA)。

#### Abstract

Optical code-division multiple access (OCDMA) is one of the techniques to effectively use the large bandwidth of optic fiber. In such systems, the data is encoded by a specific code in the transmitter, and the received signal is decoded by the same code in the receiver. The OCDMA systems allow multiple users to transmit data simultaneously. However, as the number of simultaneous users increased, the bit error rate is increased due to the increased multi-user interference (MUI). In this proposal, a new spreading code called the Manchester coded Walsh code (MCWC) is proposed. In the OCDMA systems using MCWC, the interference contributed by any other user is always a constant and the MUI can be easily estimated and cancelled in the receiver. Moreover, three kinds of MCWC decoders are proposed for the fixed

channel networks, scheduled networks, and non-scheduled networks, respectively. The performance analysis shows that the proposed systems can afford large number of simultaneous users with low bit error rate, especially in the fixed channel networks and scheduled networks.

**Keywords:** fiber-optic communication, optical CDMA.

## 二、緣由與目的

由於光纖的頻寬遠大於目前電子系統所能達到的頻寬，所以如何充分利用光纖的頻寬乃是建立高速光纖網路的一大重要課題。目前除了分波多工 (Wavelength-division multiplexing, WDM) 技術之外，光分碼多工處理 (Optical code-division multiple access, OCDMA) 技術亦是漸獲重視的一個領域[1-9][13]。OCDMA 系統大致可分為同步與非同步兩種系統，其中同步系統雖然需要較為複雜的同步技術，但是它能提供較大的網路規模以及較佳的品質[3]，因此是極具研究價值的一個主題。雖然文獻上已有多種光碼以及相關的架構被提出，但在性能上仍有不小的空間有待提升。因此，本計畫嘗試將傳統的 Walsh code 修改成適合光纖傳輸的 Manchester coded Walsh code(MCWC)以做為新的光碼並提出其對應的架構，期望透過數學分析的方式能證實其具有更優越的性能。

## 三、結果與討論

### 1. MCWC 之特性

基本的 MCWC 乃是將 Walsh code 以 Manchester code 的方式呈現，亦即以 '01' 取代原 Walsh code 的 chip '0'，以 '10' 取代原 Walsh code 的 chip '1'。若將基本的 MCWC 中的每個 chip 重複  $2^L$  次，還可得到新的 MCWC，其中長度為  $2K$  的 MCWC 共有  $(2K - 1)$  個，它們的特性如下：

- (1) 每個碼的權重(weight)為  $K$ 。
- (2) 相同碼的內積等於  $K$ ，反相碼的內積等於 0。
- (3) 不同碼的內積等於  $K/2$ 。
- (4) 由於 MCWC 採互補式編碼，亦即 bit '0' 和 bit '1' 使用的是反相碼，所以  $N$  個同時使用者的總權重等於  $NK$ ，每個使用者受到其餘  $(N - 1)$  個使用者的總干擾量為  $K(N - 1)/2$ ，因此很容易由接收信號中預測出干擾量。

### 2. 系統架構

#### 2.1 MCWC 編碼器

MCWC 編碼器的架構如圖 1 所示，採互補式編碼，當 data bit  $b=1$  時，由下路編出 MCWC 碼，當 data bit  $b=0$  時，由上路編出反相 MCWC 碼。

#### 2.2 MCWC 解碼器

本計畫針對不同的網路應用，提出了下列三種 MCWC 解碼器架構。

第一型：固定多工式

固定多工式解碼器架構如圖 2.所示，其發射接收配對為固定，因此可使用固定式的光解碼器及光限制器[4-5][7][9-10]，而且最後之電子決策電路(threshold circuit)的臨界值亦可固定，是三種 MCWC 解碼器中最簡單的一種架構。

### 第二型：排序網路式

排序網路[11]式解碼器架構如圖 3.所示，在資料傳輸前已由排序程序獲得所欲接收的碼及同時使用量  $N$ ，所以其光解碼器及光限制器以及電子決策電路必須是可調式，而且必須在每一資料接收時段之前由控制器調整好。

### 第三型：非排序網路式

非排序網路式解碼器架構如圖 4.所示，該接收器必須自行估測同時使用量  $N$ ，所以它比排序網路式解碼器多了一條路徑以估測同時使用量  $N$ ，用以告知控制器調整光限制器以及電子決策電路。

## 3. 分析結果

在分析上述的 MCWC 光 CDMA 系統時，我們除了考慮 MCWC 的 MUI 之外，還將 APD 雜訊及熱雜訊一併列入考慮[12-13]，分析結果分述如下。

### 3.1 第一/二型接收器

本型系統之性能如圖 5.所示，圖中並畫出了不含光限制器的修正式質數碼(Modified prime code)系統、雙光限制器的修正式質數碼系統[5]、以及完全差距碼(Perfect difference code, PDC)

系統[8]的性能做為比較。不同於其他的光 CDMA 系統，當同時使用量  $N$  越大時，MCWC 系統的錯誤率反而越低。圖中之數值顯示，當  $N$  夠大時，MCWC 系統只需較低的接收功率即能達到遠低於其它系統的錯誤率。

### 3.2 第三型接收器

本型系統之性能如圖 6.所示，圖中仍與以使用類似於圖 4.結構的修正式質數碼系統[6]、以及 PDC 系統做比較。由於第三型接收器在估計同時使用量  $N$  時可能出現誤差，造成錯誤率不如第一/二型那樣低。雖然原始的第三型 MCWC 系統性能略差於 PDC 系統，但若在圖 4.的控制器中加入一個簡單的自移式平均器 (moving average)，將連續  $W$  位元所估測得的  $N$  值加以平均，如此可顯著地降低估測  $N$  值的錯誤方差。圖中顯示，只需要  $W=2$ ，MCWC 系統的性能即可超過 PDC 系統。

## 四、 已完成之具體成果：

1.S. T. Sheu, Y.H.Lee, "A Smart Photonic ATM Switch Architecture with Compression Strategy", IEEE J. Lightwave Technology, vol.19, no.1,pp.1-10, Jan. 2001.

2. LL.Jau, YH.Lee, "Synchronous Optical CDMA system using Manchester Coded" Revised and Resubmitted to IEEE J. Lightwave Technology.

3.RH.Wu, YH.Lee, "Study of Optical Multiplexing Techniques with Different Codes System in Optical Multimedia

CDMA Network ” ,Accepted by J. Opt. Comm,

4. RH.Wu, YH.Lee ”Performance Analysis of Serial Attachment Modified Prime Sequence Code with Multi-layer /Parallel Decoder Architecture,” J. Opt. Comm., vol.22, pp.184-190, Dec. 2001.

5. YH.Lee, et. al,“Optical Code-Division Switching Network Based on Simultaneous Capacity Prime Code,” Microwave and Optical Technology Letters, vol.31, No.5, pp.336-340, Dec. 5, 2001.

6.RH. Wu, YH.Lee, “Design of a Photonic Code Division Switch Based on Simultaneous Capacity Prime Code,” Microwave and Optical Technology Letters, March 2001.

## 專利

1.發明人：牛崇翰,李揚漢,陳孟宏,王智源,魏國純 發明創作名稱：“智慧型相異質數碼多工傳輸系統”(發明第 136989 號：中華民國)

2.發明人：李揚漢,王智源. 發明創作名稱：“光電碼域交換器”. (發明第 138641 號：中華民國).

## 五、 參考文獻

[1] P. R. Prucnal, M. A. Santoro, and T. R. Fan, “Spread spectrum fiber-optic local area network using optical processing,” *J. Lightwave Technol.*, vol. LT-4, pp. 547-554, May 1986.

[2] J.A. Salehi, “Code division multiple-access techniques in optical fiber networks—Part I:

Fundamental principles,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 37, pp. 824-833, Aug. 1989.

[3] W. C. Kwong, P. A. Perrier, and P. R. Prucnal, “Performance comparison of asynchronous and synchronous code-division multiple-access techniques for fiber-optic local area networks,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, pp. 1625-1634, Nov. 1991.

[4] J. H. Wu and J. Wu, “Synchronous fiber-optic CDMA using hard-limiter and BCH codes,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 13, pp. 1169-1176, June 1995.

[5] T. Ohtsuki, K. Sato, I. Sasase, and S. Mori, “Direct-detection optical synchronous CDMA systems with double optical hard-limiters using modified prime sequence codes,” *J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, pp. 1879-1887, Dec. 1996.

[6] H. M. H. Shalaby, “Synchronous fiber-optical CDMA systems with interference estimators,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 17, pp. 2268-2275, Nov. 1999.

[7] C. L. Lin and J. Wu, “A synchronous fiber-optic CDMA system using adaptive optical hardlimiter,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 16, pp. 1393-1403, Aug. 1998.

[8] C. S. Weng and J. Wu, “Perfect difference codes for synchronous fiber-optic CDMA communication systems,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 19, pp. 186-194, Feb. 2001.

[9] J. J. Chen and G. C. Yang, “CDMA

- fiber-optic systems with optical hard limiters,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 19, pp. 950-958, July 2001.
- [10] L. Brzozowski and E. H. Sargent, “All-optical analog-to-digital converters, hardlimiters, and logic gates,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 19, pp. 114-119, Jan. 2001.
- [11] E. Modiano and R. Barry, “A novel medium access control protocol for WDM-based LAN’s and access networks using a master/slave scheduler,” *J. Lightwave Technol.*, vol. 18, pp. 461-468, Apr. 2000.
- [12] J. B. Abshire, “Performance of OOK and lower-order PPM modulations in optical communications when using APD-based receivers,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 32, pp. 1140-1143, Oct. 1984.
- [13] H. M. Kwon, “Optical orthogonal code-division multiple-access system—part I: APD noise and thermal noise,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 42, pp. 2470-2479, July. 1994.

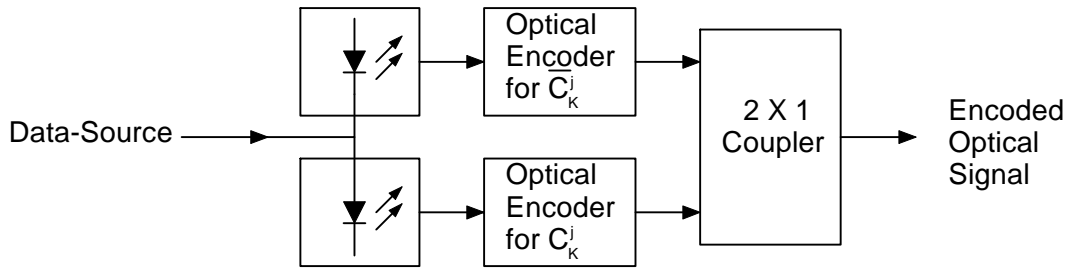


圖 1. MCWC 編碼器架構

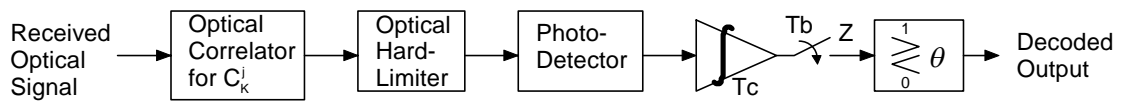


圖 2. 固定多工式解碼器架構

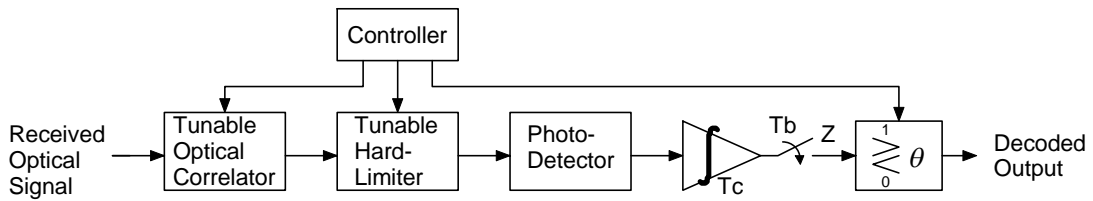


圖 3. 排序網路式解碼器架構

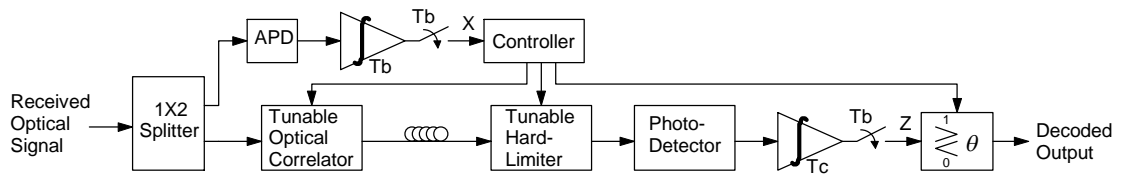


圖 4. 非排序網路式解碼器架構

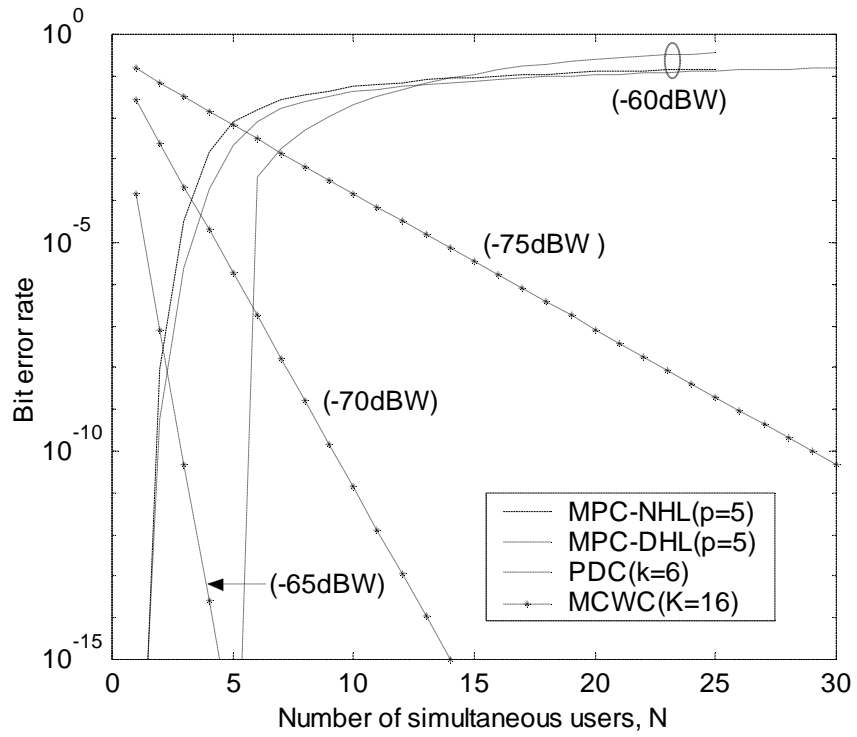


圖 5. 第一/二型接收器之性能

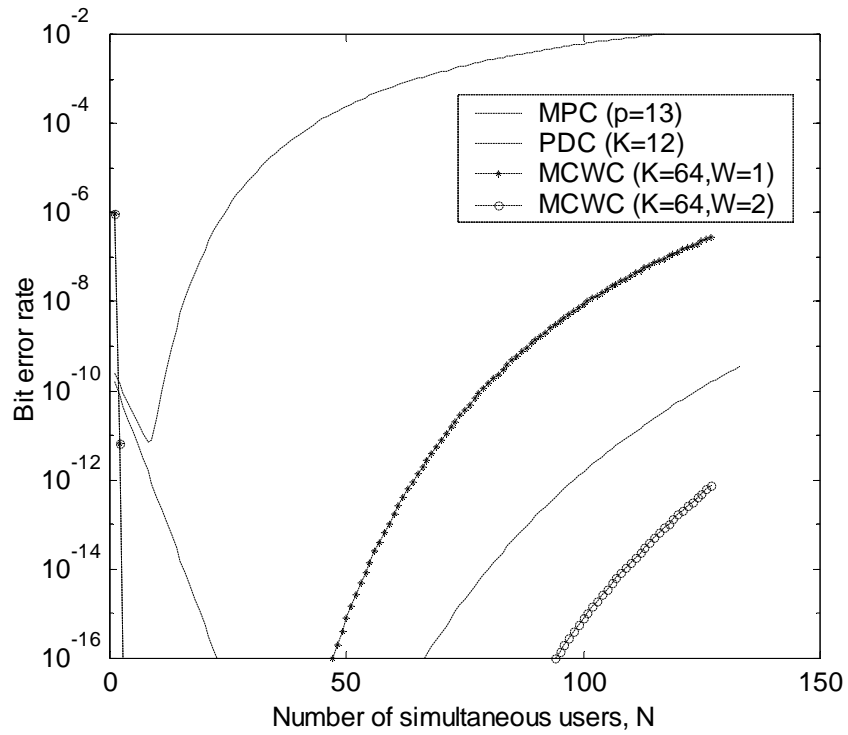


圖 6. 第三型接收器之性能