



行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

光解碼器及光位元轉換器及其應用於高速光傳輸系統之研究 Study of optical decoder and optical bit translator and their application on high speed optical transmission system

計畫編號：NSC-88-2215-E-032-003

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：李揚漢 私立淡江大學電機所

Part A: 智慧型相異質數碼多工傳輸系統及類同步平行質數碼編碼器及解碼器設計

Part B: 光電碼域交換器

一 中文摘要

Part A

在此篇論文中，我們提出了一種新式的多工器設計、最佳化設計方法與實際系統應用，來提昇整合容量。本發明運用了修正式質數碼中不同種類的 P 值相結合，以 P_7 和 P_3 相結合為例，原本較大碼系統 (P_7) 之容量為 $P_7^2=49$ ，經使用相異碼系統區別多重擷取技術後，即可並存小質數碼系統 (P_3)，因此須由最佳化設計來找出最接近理論容量，最後提出光纖通訊中之異質碼多工器實際設計圖與系統整合應用。

在上述同步分碼多工 (Synchronous Codes System Division Multiple Access; S/CDMA) 中，因其光解碼器含有同步資料，所以能判別 P^2 種不同質數碼，故有 P^2 組解碼容量，即最多能有 P^2 個使用者同時使用一個傳輸通道，雖然提昇了整體的容量，然而卻需做到同步的工作，設計困難，硬體複雜度高。尤其在實際光通訊系統解碼器的設計上，同步的工作處理更是困難。為了改善這個問題，我們利用相異質數碼的結合，提出一種新式的編碼方法—類同步平行質數碼 (Quasi Synchronous Parallel Prime Code) 一來提昇原本非同步解碼容量 (P)，且可在非同步系統中使用，卻具有近似同步系統之解碼容量 (P^2)。

Part B

我們提出單波長光電碼域交換器的構想是以同時容納量質數碼與類同步平行質數碼的特性(在同時傳送彼此間不會干擾)配合轉碼器將資料編碼形成具彈性之單波長光電碼域交換符合不同容量網路之設計。光電碼域交換器輸出端的解碼函數比分波多工光電碼域交換器與分時多工光電碼域交換器少很多，因此在將來應用可依實際需要選擇單波長光電碼域交換器。從整體效能來看，光電碼域交換器以類同步平行質數碼為設計依據的光交換器為最好，不論內部元件與線段數目和碼使用率皆比以同時容納量質數碼為設計依據的光交換器少很多。

關鍵詞： 同步分碼多工，類同步平行質數碼，光電碼域交換器，

Abstract

Part A

In this paper, the combination of different prime code is proposed, because there is no interference between prime codes. The combined prime code can improve the system capacity and to support the multi-media communication. The conception of quasi synchronized code is proposed. It combines

two prime codes as a new spreading code. For combining Prime-7 code and Prime-3 code, for example, the capacity of the asynchronous system can be greatly increased from P_7 to $P_7^2 \times P_3$. This quasi synchronization technique can be used to improve the capacity of asynchronous system to that of synchronous system without using the synchronization. Therefore the new combined code is suitable for high speed and high capacity optical fiber communication system without using synchronous technique. For example, the quasi synchronization system capacity can be increased from 7 to 147 combining P7 and P3 code.

Part B

In many papers, we found the feature that the modified prime code is nearly orthogonal, thus we use this feature to make the data encode used in photonic code division switch (PCDS) in this paper. The PCDS can be modularized design and reduce the module in the equal port numbers. And the quasi-synchronous parallel prime code structure is combined the shorter code of asynchronous structure with the longer code of synchronous structure. The PCDS using quasi-synchronous parallel prime code has more efficiency than use of synchronous capacity prime code design of PCDS.

Keywords: Synchronous Codes System Division Multiple Access(S/CDMA), quasi-synchronous parallel prime code, Photonic code division switch

二 緣由與目的

CDMA(分碼多工)擷取技術由於抗干擾性強,以及傳送、接收架構簡單被廣泛應用於無線通訊系統與光纖通訊系統,在無線通訊系統使用Walsh、Gold Code作為資料的展頻碼,光纖通訊系統使用質數碼作為資料的展頻碼,光纖分碼多重擷取技術不同於傳統無線系統中的分碼多重擷取技術,在於光纖中只能傳送0和1兩種訊號,因此傳統碼系統(如Gold Code及Walsh Code)利用+1和-1來降低碼與碼之間關聯度的技術便不適用於光纖分碼多重擷取技術,因此許多不同類型的碼系統相繼的被提出,其中

以質數碼(Prime Code)被認為最適合用於光纖分碼多重擷取技術。

在此論文中,我們提出了一種新式的異質碼多工器與其系統應用之最佳化設計改善傳統之解碼方式,來提昇整合容量。本發明利用相異碼系統區別多重擷取技術—使用原本較大碼系統(P_L)之容量內,共存放較小碼系統(P_S)來提昇整合系統之容量。

在許多文獻中發現質數碼在非同步情況下,有共存的特性,此共存的質數碼稱為同時容納量質數碼,因此可將資料展頻並耦合在一起,配合轉碼器,傳送到輸出端,然而質數碼所提供共存的數目實在很少,因此我們提出以碼長度較短的非同步質數碼鑑別碼長度較長的同步質數碼的時序的方法取代同時容納量質數碼,並且選取類同步平行質數碼可同時共存的數目作為設計光交換器的依據,其使用者容量比先前技術增加很多並且可減少內部元件與連線數目。

三 結果與討論

I 系統架構

智慧型相異質數碼多工器架構

在整個光纖通訊網路中的使用群原本是使用 P_L 作為傳輸的展頻碼,也就是在進行資料的傳送及接收時均會用到對應的 P_L 質數碼,而加入了多工器之後,整個系統如圖 1 所示,我們假設整個網路中有五個使用者,其中二個使用者(User2、User4)加裝了相異質數碼多工器,所以這二個使用者能利用多工器另外傳輸不同的資料,達到多媒體傳送的目的。

類同步平行質數碼概念

為簡化討論,在本篇專利申請書中將以 P7-Code 及 P3-Code 為代表設計整體系統,其設計概念將亦可括展至其他異值碼系統中,在非同步光纖系統中,是以單一類質數碼(如 P7-Cope)進行編碼;而我們將二種不同質數碼(如 P7-Cod 與 P3-Code)組合成一個新的展頻碼,稱類同步碼(Quasi Synchronous Prime Code),再由此去編碼,如圖 4 所示。

其中,每個位元資料都用類同步碼展頻成 58 個 Chip($P7+P3=49+9=58$),如圖 5 所示

2 系統設計分析

智慧型相異質數碼多工器概念圖

相異質數碼多工狀態中，如圖 2 所示，則加入次級傳送器/接收器 (Secondary Transmitter/Receiver)，也就是在原本的系統中加入智慧型相異質數碼多工器，多工器能自動隨時偵測傳輸通道中的使用情形，在使用者較少的時候就能進入多工狀態，允許不同種類資料同時傳送，使用者便能達到多媒體傳送的目標，例如在主系統傳遞聲音時，多工器可利用通道較不忙碌時，同時發傳真給別的使用者，圖示中之粗實線，細實線與虛線分別代表光訊號，電訊號與控制時脈。

類同步平行質數碼系統設計

首先我們說明如何實際以二種不同質數碼系統 (P7-Code 及 P3-Code) 產生類同步碼，並設計編碼系統如下：

- A. 將資料分別交由原非同步系統使用的編碼器，以延遲線技術 (如前所述) 進行編碼，如此可直接利用非同步系統中已成熟的編碼器技術，不須另外設計編碼器。
- B. 與非同步系統編碼器最大的差別在於，資料先經過一個延遲器 (Delay) 再送入 P-7 Code 編碼器，而延遲的時間長短則由 P-3 Code 的 Chip 長短決定為 $9L$ ($P3=9$)，在不同種類質數碼結合時，延遲的長短須另外決定。
- C. P7 及 P3 編碼器之輸出再由耦合器耦合在一起，形成一種新的編碼技術，稱類同步編碼。

最後，再送入光纖傳輸系統中傳送出去，即完成全部類同步編碼系統設計，如圖 6 所示。

解碼系統設計

接著在完成類同步碼編碼後，我們設計類同步解碼器，以期能正確的解出所傳送的資料，容量並能逼近同步系統：

- A. 假設組成類同步碼的二個相異質數碼，分別會在 Y 與 X 的位置發生臨界值，且因是由 P-7 Code 及 P-3 Code 組成，故其臨界值分別為 $Th=7$ 及 $Th=3$ 。

- B. 在接收端收到類同步碼後，將資料分別交由原非同步系統使用的解碼器，以延遲線技術 (如前所述) 進行解碼，並判斷其是否超過臨界值，如此可直接利用非同步系統中已成熟的解碼器技術，不須另外設計解碼器。
- C. 與非同步系統解碼器最大的差別在於，資料先經 P-3 Decoder 後，再送入一個延遲器 (Delay)，而延遲的時間長短 ($Delay=Y-X$) 則由 P-7 Code 臨界值 ($Th=7$) 出現的位置 (Y) 與 P-3 Code 臨界值 ($Th=3$) 出現的位置 (X) 之相差決定。
- D. 之後兩者輸出再由耦合器 (Coupler) 耦合在一起，送入另一個臨界值判斷器，其臨界值則由組成類同步碼的二個質數碼系統決定 ($Th=P3+P7=3+7=10$)。
- E. 因前面 P-3 Decoder 經過延遲器 ($Delay=Y-X$) 的延遲，已把 P-7 Code 與 P-3 Code 系統的臨界值平移到同一個位置上，故只有我們所設計過的類同步碼，其臨界值會達到最高值，其餘組合的 P-7 Code 與 P-3 Code，均因未將臨界值平移到同一位置而解碼失敗。

最後，把接收到的類同步碼轉換成原本送出的資料，即完成全部設計，如圖 7 所示

光電碼域交換器程式流程說明如下：

- (1) 第一步產生質數碼群。
找出質數碼群相同行為 1 的質數碼，並且這一組質數碼順序編號儲存於矩陣 A。
- (2) 分別第一階層同時容納量質數碼和其他階層同時容納量質數碼的不同。
給予一個順序計數起始的矩陣 B1。
給予一個順序計數終止的矩陣 B2。
給予一個儲存已執行列印的順序計數矩陣 A 的矩陣 D 並且設定起始值為 50。
- (3) 比較矩陣 D 和矩陣 B1 是否相同。
檢查是以 B1 取出 A file 的每一組同時容納量質數碼是否為前每一組取一個同時容納量質數碼所組成。
檢查矩陣 D 設定值是否為 50。

列印根據D矩陣的N-2項索引A 矩陣的編號。D矩陣N項設定50。

(4) 完成程式設計。

3 模擬結果

多工器執行結果如表 3 所示

類同步平行質數碼編碼、解碼器

在本篇專利申請書中我們以質數碼 3 及質數碼 7 為例，並以程式語言(Turbo C)模擬，以驗證由 Prime Code 3 及 Prime Code 7 所組合成的新式類同步質數碼並不會互相干擾。

利用兩個相異的質數碼構成類同步平行質數碼 (Quasi Synchronous Prime Code)，使用在非同系統中，可省去同步的步驟，卻可達到近似同步系統的容量，類同步平行質數碼是利用碼長度較短的非同步質數碼來判別碼長度較長同步碼的時序。

碼的使用率

碼的使用率是只指定的固定碼長度之下所能同時容納的碼數目，此為表示是否能有效使用質數碼，減少碼資源的浪費。

由表1可知，類同步架構的碼的使用率比非同步架構好很多，如非同步P5架構的碼使用率為1/5，而類同步P3+P5架構的碼使用率為 $(2 \times (5-1))/(3^2+5^2)=0.24$ (3^2+5^2 :類同步碼長度)類同步平行質數碼的架構比同時容納量質數碼的架構好很多。

波長的使用率

波長的使用率是只指定的波長之下所能同時容納的碼數目，此為表示是否能有效使用波長，減少波長資源的浪費。

由表4可知，類同步架構的波長的使用率比非同步架構好很多，如非同步P7架構的波長使用率為7，而類同步P3+P5架構的波長使用率為 $(2 \times (5-1))$ 。

四 已完成之具體成果

研討會論文

(1) "Multi-Layer Prime Code decoder for Ultra High Capacity Optical CDMA Network" IASTED International Conference on Signaling and

Communications, Gran Granaria, Spain, February 11-14, 1998.

(2) "High Capacity Prime Code Hierarchical Decoder with Delay Line Logic" MODSIM 97, International Conf. On Modelling and Simulation, Tasmania, Australia, December 8-11, 1997.

(3) "Design of Optical Decoder and Optical Address Translator for High Speed Optical Switching Network", SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference, Natal, Brazil, August 11-14, 1997.

(4) "High Speed Optical ATM Network Using Code Division Multiple Access Techniques", IASTED INFORMATICS, Innsbruck, Austria, Feb. 18-20, 1997.

(5) "Performance Analysis of Synchronous Different Codes System Division Multiple Access (S/CDMA) Techniques with Prime Code in Optical Spread Spectrum communication", Proceedings of the Third IFIP ONDM Conference on Optical Network Design and Modeling, France, Paris, Feb. 8-9, 1999.

(6) Yang-Han Lee, Rinfield Y. Yen, Kuo-Ting Lin, Rong-Hou Wu, and Chung-Shuo Yang, "Design of Optical Multi-layer Prime Code using Optimal Design Algorithm", Accepted by Journal of Optical Communications, 1999. (EI, Engineering).

(7) Yang-Han Lee, Jyh-Yuan Wang and Shyh-Lin Tsao "Design of Packet Switched Network Using Optical Signal Processing Techniques", Accepted by Microwave and Optical Technology Letters, vol.23, no.1, 1999. (EI, SCI, Engineering).

(8) Yang-Han Lee, "Optical Multimedia CDMA System with Novel Multiplexing Techniques", Microwave and Optical Technology Letters, vol.22, no.6, pp.424-426, 1999. (EI, SCI, Engineering). (計畫編號: NSC-88-2215-E-0320-03)

(9) Yang-Han Lee, "Simulation Study of Different Codes Systems Division Multiple Access (DCSDMA) for Optical Communication", Microwave and Optical Technology Letters, vol.21, no.4, pp.291-295, 1999. (EI, SCI, Engineering) (計畫編號: NSC-88-2215-E-0320-03)

專利申請

- (1) “高解碼容量的階層式質數碼之解碼器之延遲邏輯架構解碼器”(完成申請)
- (2) “光電碼域交換器”(申請中)
- (3) “智慧型相異質數碼多工傳輸系統及類同步平行質數碼編碼器及解碼器設計”(申請中)

五 參考文獻

- [1] E.S.Shivaleela, Kumar N. Sivarajan, “Design of a New Family of Two-Dimensional Codes for Fiber-Optic CDMA Networks,” *JLT*, Vol.16, No.4, April 1998
- [2] Chung-Shuo Yang, “Study of Encoder/Decoder for All Optical Switched Network”, Master’s Program in Electrical Engineering, Tamkang University, June 1998.
- [3] A. J. Viterbi, “Performance Limits of Error-Correcting Coding in Multicellular CDMA system with and without Interference Cancellation,” in S. G. Glisic and P. A. Leppanen (eds.), *Code Division Multiple Access Communications*, Kluwer Academic Publishers, 1995, pp. 47-52.
- [4] Y. E. Lu and W. C. Y. Lee, “Ambient Noise in Cellular and PCS Bands and Its Impact on the CDMA System Capacity and Coverage,” 1995 ICC Conference record, Seattle, Washington, June 18-22, 1995, pp. 708-712.
- [5] Shenping Li, Kam Tai Chan, and Caiyun Lou, “Wavelength Switching of Picosecond Pulses in a Self-Seeded Fabry-Perot Semiconductor Laser with External Fiber Bragg Grating Cavities by Optical Injection”, *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 10, No.8., August 1998, pp. 1094-1096.
- [6] Yong-gyu Park, “High speed variable length code decoder apparatus,” *United State Patent*, Patent Number : 5561690, Oct. 1, 1996
- [7] Warren H. Lewis, Blacksburg, Va. “Digital wavelength division multiplex optical transducer having an improved decoder”, *United State Patent*, Patent Number : 5281811, Jan. 25, 1994
- [8] Shi Zan, Li Qing, Ye Peida “Header for Optical Time Division Multiplexing Data Stream” *J. Opt. Commum.* 19(1998) 4, 122-125
- [9] M. Kavehrad, et. al., “Optical Code-Division-Multiplexed System based on Spectral Encoding on Noncoherent Sources,” *J. lightwave Technol.*, vol. 13, pp.534-545, 1995.
- [10] L. Nguyne, et. al., “All-Optical CDMA with bipolar codes,” *Electron Lett.*, vol. 31, pp.469-470, 1995.
- [11] C.-C. Chang, et. Al., “Code-Division Multiple Access Encoding and Decoding of Femtosecond Optical Pulses over a 2.5Km Fiber link,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 10, pp.171-173, 1998.
- [12] R. Gaudino, et. al., “MOSAIC : A Multiwavelength Optical Subcarrier Multiplexed Controlled Network,” *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol. 16, No. 7, pp.1270-1285, 1998.

Different Optical Code Division Multiple Access System (DOCDMAS)

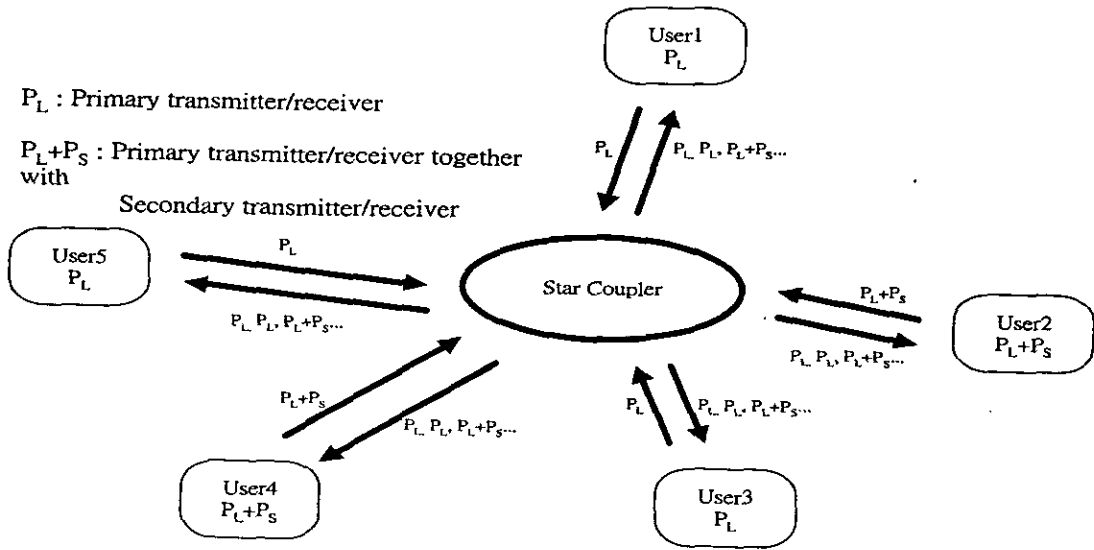


圖 1 多工系統設計圖

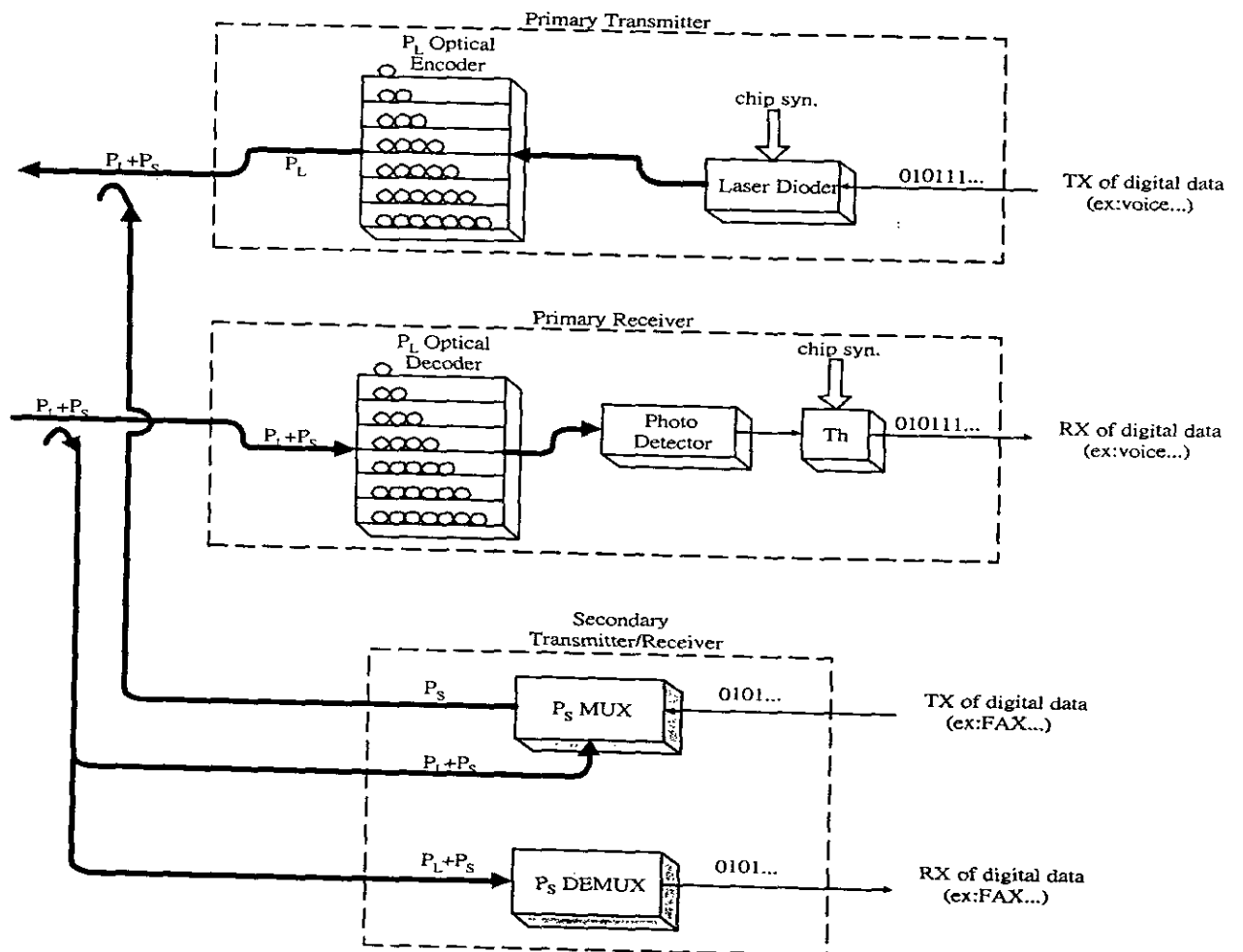


圖 2 智慧型相異質數碼多工器概念圖

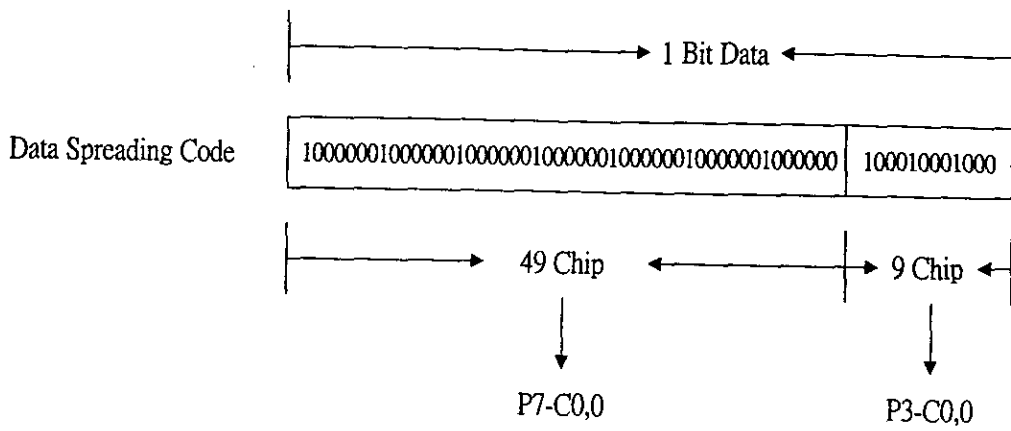


圖 3 類同步碼展頻

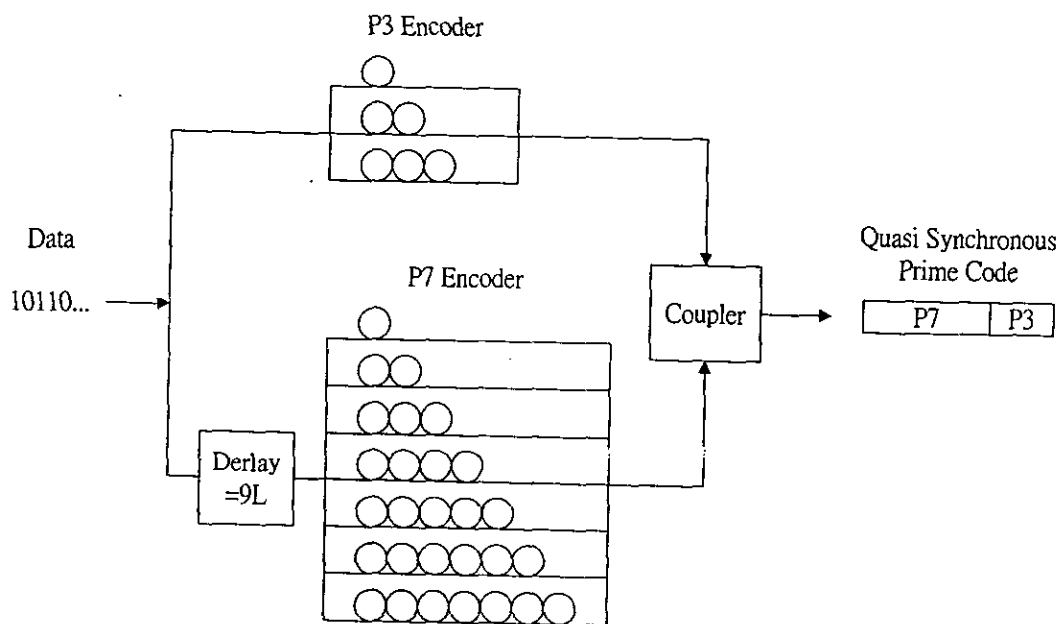


圖 4 類同步編碼系統

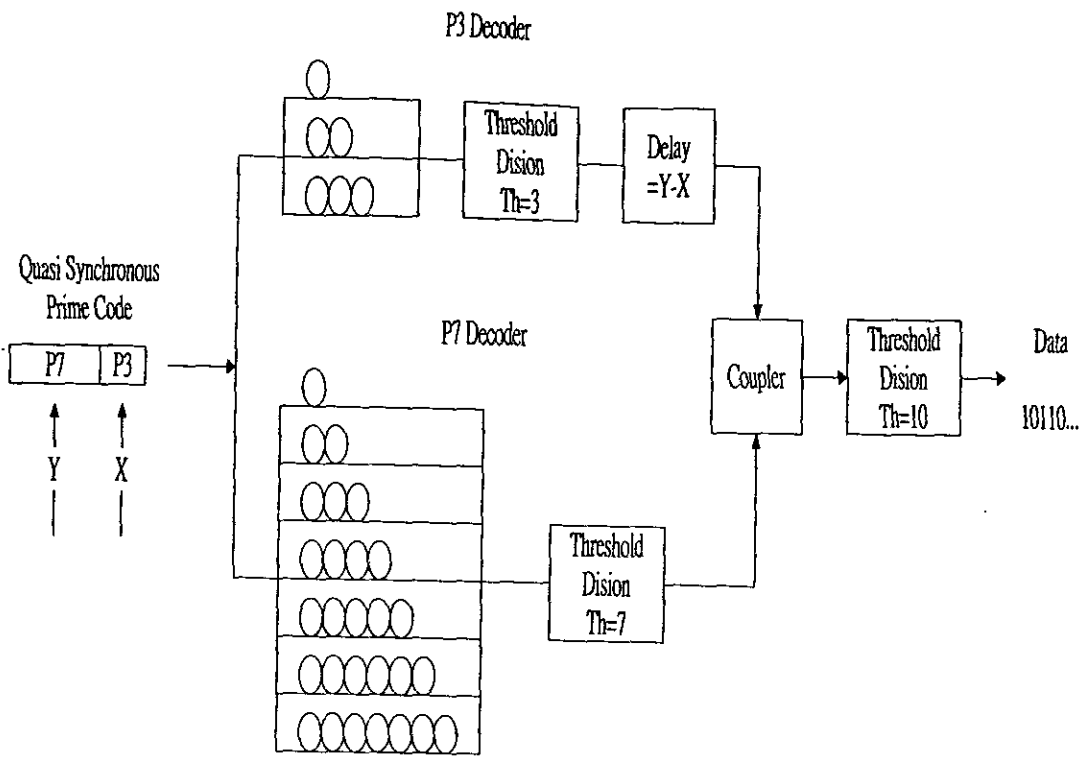


圖 5 類同步解碼系統

P7 主使用群		P3 次使用群									
a	$C_{7,1,1}, C_{7,2,2}, C_{7,3,3}$	異質碼	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,1,0}$	$C_{7,1,0}$	$C_{7,1,2}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	---
	$C_{7,4,4}, C_{7,5,5}, C_{7,6,6}$	位置	0	5	10	18	19	27	37	39	---
b	$C_{7,2,2}, C_{7,3,3}, C_{7,4,4}$	異質碼	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,2,1}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$	$C_{7,0,0}$
	$C_{7,5,5}, C_{7,6,6}$	位置	0	5	16	23	24	32	33	35	<u>37</u>
c	$C_{7,0,0}, C_{7,1,1}, C_{7,2,2}$	忙碌狀態									
	$C_{7,3,3}, C_{7,4,4}, C_{7,5,5}$										
	$C_{7,6,6}$										

表 1 P7-P3 智慧型相異質數碼多工器執行結果

光交換器	輸出/入埠數目	光交換器內所需線數	碼使用率 (η)	波長使用率 ($\mu = \frac{c}{\lambda}$)
PCDS	N^2	$N^2 \times (N+3)$	$\frac{1}{N}$	
MPCDS	N^3	$N^3(2N+7)$	$\frac{1}{N}$	
QPCDS	$2 \times (N_L-1) \times N_s$	$(N_L-1) \times N_s \times (8+2 \times (N_s-1))$	$\frac{2(N_L-1)}{N_L^2 + N_s^2}$	
WPCDS	N^2	$3 \times N^2$	$\frac{1}{N}$	N
WQPCDS	$2 \times (N_L-1) \times N_s$	$3 \times 2 \times (N_L-1) \times N_s$	$\frac{2(N_L-1)}{N_L^2 + N_s^2}$	$2(N_L-1) \times N_s$

表 4.1 各類型光電碼域交換器在線數、碼使用率與波長使用率的比較

PCDS: 光電碼域交換器, QPCDS: 類同步光電碼域交換器, WPCDS: WDM+PCDS, WQPCDS: WDM+QPCDS, MPCDS: 模組化光電碼域交換器

N : 從修正式質數碼中所選取的最大容納量數目

N_s : 類同步平行質數碼中碼長度較短修正式質數碼中所選取的最大容納量數目

N_L : 類同步平行質數碼中碼長度較長修正式質數碼中所選取的最大容納量數目

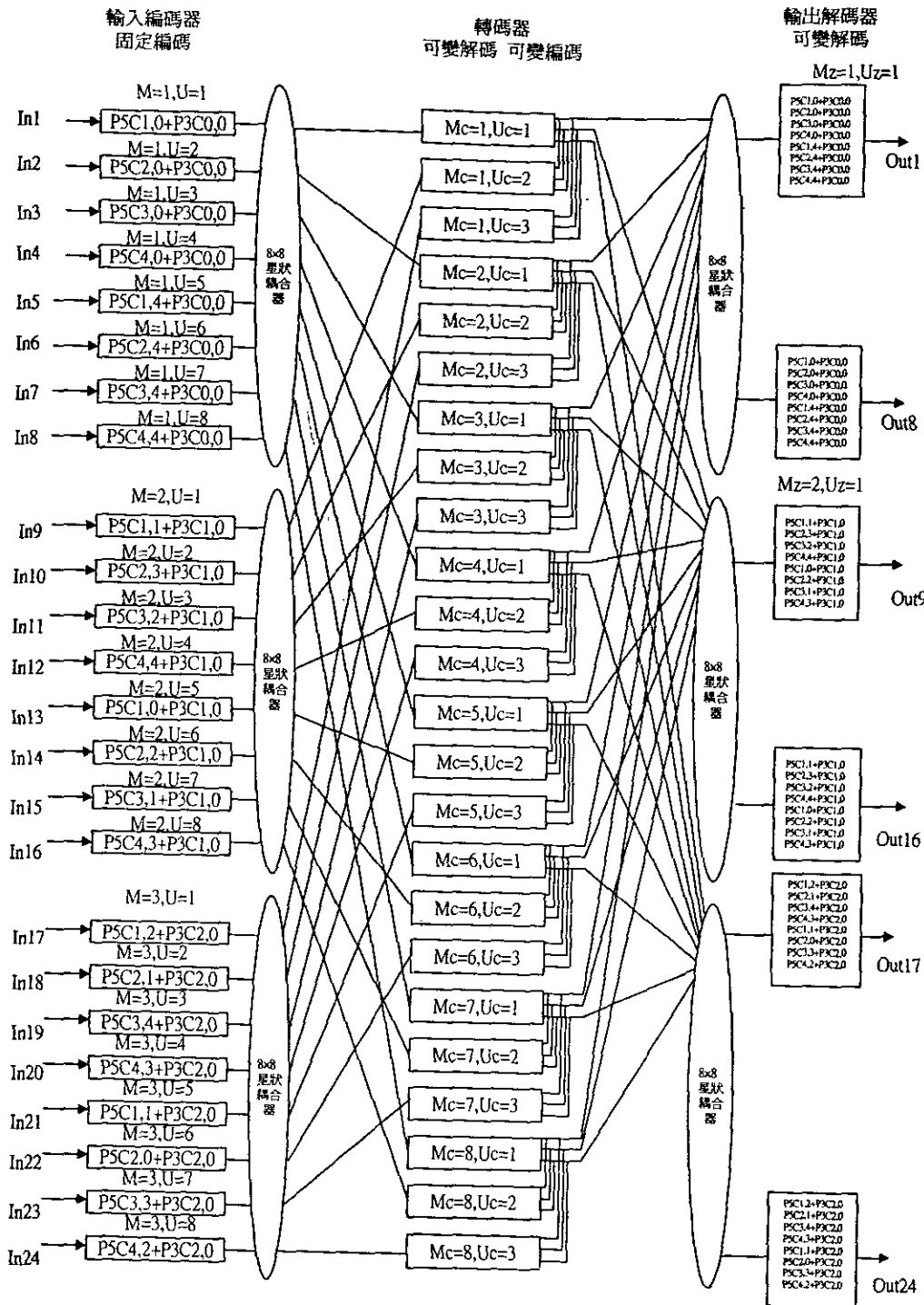


圖 6 類同步光電碼域交換器