

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-86-2215-E-032-003

執行期限：85年8月1日至86年7月31日

主持人：李揚漢 私立淡江大學電機所

一、中文摘要

運用修正式質數碼(Modified Prime Code Sequence)作為解碼器時至多只能有 P^2 組的容量，在光學或電學領域的應用上均不足。而本發明所提供的方法是運用相異質數碼彼此間相結合的觀念，解決解碼容量的不足，進而提昇解碼容量。(以 P_3 與 P_7 相結合為例，可提昇解碼容量由 $P_L^2=7^2=49$ 組到 $26248 \div 535.7 \times P_L^2$ 組)。如此可以大幅度提高解碼的容量。

關鍵詞：修正式質數碼，

Abstract

In this patent we propose a novel structure using multi-hierarchical modified prime code sequence for synchronous code division multiple access (S/CDMA) network to increase the capacity of decoder dramatically. By setting the threshold and optimal decision position (ODP), together with delay line logic we can discriminate the input codes correctly. This architecture improve the capacity of modified prime code hierarchical decoder from P^2 to $535.7 \times P^2$ theoretically, with P being a prime number.

Keywords: multi-hierarchical modified prime code, CDMA,

二、緣由與目的

傳統光纖分碼多工系統中技術近來已被大

量討論[1]-[3]，採取由修正式質數碼 (Modified Prime Code) 作為解碼方式，在非同步分碼多工中 (Asynchronous Code Division Multiple Access)，只能有 P 組解碼容量[4]；而在同步分碼多工中 (Synchronous Code Division Multiple Access, S/CDMA) 則具有 P^2 組解碼容量[5]。雖然在數量上提昇了，在光通訊系統解碼器的運用上，均仍明顯的不足。

根據先前有關於修正式質數碼 (Modified Prime Code Sequence) 之研究，在 Reference [5] 已提出研究，在同步分碼多工中 (Synchronous Code Division Multiple Access, S/CDMA)，僅具備有 P^2 組解碼容量；即當使用修正式質數碼 $P=P_L$ 時，所能得到的解碼容量只能有 P_L^2 組，於運用上，仍覺得有成長空間。故我們提出了一種新式的編碼方法——多階層式質數碼——來提昇原本只能夠有 P^2 解碼容量，提昇數百倍 P^2 之容量，以補強解碼容量不足之問題。

傳統光纖分碼多工系統中，採取由修正式質數碼 (Modified Prime Code Sequence) 作為解碼方式，在非同步分碼多工中 (Asynchronous Code Division Multiple Access)，只能有 P 組解碼容量，而在同步分碼多工中 (Synchronous Code Division Multiple Access, S/CDMA)，具有 P^2 組解碼容量，雖然在數量上提昇了，在光通訊系統解碼器的運用上，均仍明顯的不足。

在此篇報告中我們提出了一種新式的編碼方法—多階層式質數碼—來提昇原本只能夠有 P^2 解碼容量，提昇數百倍 P^2 之容量。並經由程式來模擬印證去除無效碼。本結構利用振幅臨界值(Threshold)與最佳化時間取樣點(Optimal Decision Position, ODP)，配合多階層式質數碼之延遲差(Delay Line Logic, DLL)，來作為邏輯鑑別，以判斷出正確的輸入碼。

本發明運用了修正式質數碼(Modified Prime Code Sequence)中不同 P 值相結合，以 P_3 與 P_7 相結合為例，在適當的取樣點，設定了適當的臨界值，如此可以大幅提昇解碼器的容量。由 P^2 解碼容量至數百倍 P^2 之容量(包含無效碼)。多階層式質數碼具有多種之結合方式，如 P_3 與 P_7 相結合為例中至多有四層，如 P_3 與 P_{11} 相結合為例中，可以有滿載階層至十層。且在每層中 P_3 有九種組合與多種放置位置。故此種結構可以應用在設計超高容量結構系統中。

三、結果與討論

1. 系統架構

圖 1 所示為多階層式非飽和結構方塊圖。舉例而言，改良式質數碼 P_7 ， $C_{6,0}$ 與 P_3 ， $C_{0,0}$ 相結合形成一組兩層架構碼。 P_7 ， $C_{6,0}$ 包含了七條延遲線(Delay line) 1L, 14L, 20L, 26L, 32L, 38L, 44L，而 P_3 ， $C_{0,0}$ 包含了三條延遲線: 3L, 6L, 9L。在接收端解碼器收集了來自不同延遲線之時移脈衝，若是訊號到達了正確之位置，則透過最佳化時間取樣點(Optimal Decision Position, ODP)，配合多階層式質數碼之延遲差(Delay Line Logic, DLL)，則在接收端解碼器將產生一峰值振幅，因此可以成功辨識出正確的訊號。圖 1 之 Sub. ODP 係針對 P_3 解

碼，而 Main ODP 係針對 P_7 解碼。經由 DLL 將 Sub. ODP 與 Main ODP 作時間上之延遲邏輯鑑別，而產生整個多階層解碼器之主要輸出(System ODP)。此架與構可提昇解碼容量由 $P_7^2=49$ 組到理論上 $535.7 \times P_7^2$ 組(非飽和多階層式架構，且包含無效群組在內)

在接收端若訊號抵達正確之位址，則可得到自相關函數(Autocorrelation function)，反之得到 Cross-correlation function。我們的目的是將 Autocorrelation function 值最大化，Cross-correlation function 值最小化以將系統的誤碼率降至最低[5]。此外我們結合不同 P 值之改良式質數碼以形成多階層式之架構。圖 2，圖 3 所示為相結合之關鍵步驟。最後利用振幅臨界值(Threshold)與最佳化時間取樣點(Optimal Decision Position, ODP)，配合多階層式質數碼之延遲差(Delay Line Logic, DLL)，來作為邏輯鑑別，以判斷出正確的輸入碼。

圖 4 所示為多階層飽和式結構方塊圖。舉例而言，改良式質數碼 $P_{11}C_{0,0}$ 與 $P_3C_{0,0}$ 相結合形成一組 10 層架構碼。 $P_{11}C_{0,0}$ 包含了十一條延遲線(Delay line) 1L, 12L, 23L, 34L, 45L, 56L, 67L, 78L, 89L, 100L, 111L，而 P_3 ， $C_{0,0}$ 包含了三條延遲線: 3L, 6L, 9L。同樣配合最佳化時間取樣點(Optimal Decision Position, ODP)，配合多階層式質數碼之延遲差(Delay Line Logic, DLL)，則在接收端解碼器將產生一峰值振幅，因此可以成功辨識出正確的訊號。

2. 系統設計流程

以 P 值等於 3 與 P 值等於 7 相結合為例，經由程式模擬來設計多階層解碼器，如 Table

I 所示之程式流程:

程式流程說明如下:

1. 找出 Modified Prime Code Sequence $P=P_L$ 中"1"的位置。
2. 找出 Modified Prime Code Sequence $P=P_L$ 中相鄰兩個"1"的位置。
3. 找出 Modified Prime Code Sequence $P=P_L$ 中相鄰兩個"1"之間間隔大於 P_S^2 的位置及個數。
4. 將 Modified Prime Code Sequence $P=P_S$, 共 P_S^2 組碼, 取代 P_L 相鄰兩個"1"之間間隔大於或等於 P_S^2 之位置目的碼, 一段連續"0"之個數等於 P_S^2 之部分, 形成一組全新的階層是質數碼。
5. 找出選定解碼器的 Auto-Correlation function。
6. 由比較 $P_7C_{??} - P_3C_{**}$ 與 $P_7C_{??}$ 找出一段有效改變的區間, 其中**與??分別代表選定結合碼與目的碼。
7. 由此一段有效改變的區間來找出 candidate ODPs。(會有失敗的群組)。
8. 找出最佳化的 ODP。
9. 由 Cross-Correlation 核對在選定的 ODP 下是否會有失效的群組。
10. 完成全部的設計。

程式流程技術與實施細節說明

- 第 1 ~ 4 項 — 透過撰寫用程式函式庫來完成我們所需知道的結合點位置, 並產生新的一組碼。
- 第 5 項 — 目的碼的 Auto-Correlation function 為, 輸入目的碼自己所對映的多階層式非飽和結構解碼器, 如圖一所示, 的輸出結果。而目的碼的 Cross-Correlation function 為, 目的碼輸入其他目的碼所對映的多階層式非飽和結構解碼器的輸出結果。在程式中是將目的碼函數根據 Delay Line 之設計, 進行延遲與相加(Delay - Sum)

的動作。

- 第 6 ~ 9 項 — 透過撰寫用程式函式庫比較 Autocorrelation 與 Cross-Correlation, 選取 Autocorrelation 值大於 Cross-Correlation 值的點來作為我們的目標 ODP。

3. 模擬結果

圖 5 所示為 Auto-Correlation function 與 Cross-Correlation 之比較。圖 5(a) 為 Modified Prime Code Sequence 其中一組 Code: $P_7C_{6,0}$ 之 Auto-Correlation function 圖示。圖 5(b) 為 Modified Prime Code Sequence $P_7C_{6,0}$ 與 $P_3C_{0,0}$ 相結合後之 Auto-Correlation function 圖示。圖 5(c) 為 Modified Prime Code Sequence $P_7C_{6,0}-P_3C_{0,0}$ 與 $P_7C_{6,0}-P_3C_{0,1}$ 之 Cross-Correlation function 圖示。ODP 即是在圖 5(c) 中找出某些部分, 其振幅較圖 5(b) 中同位置振幅小之位置。

四、計畫成果自評

完成的成果及創見

利用多階層質數碼(例如：P3，P7)來提昇由原本 $P^2=49$ 解碼容量至理論上 26248 $\approx 535 \cdot 7 \times P^2$ 解碼容量。本結構利用振幅臨界值(Threshold)與最佳化時間取樣點(Optimal Decision Position, ODP)，配合階層間之延遲差(Delay Line Logic, DLL)，來作為邏輯鑑別。另外在 P3 與 P11 相結合之下將有飽和結構，而在此結合方式將提供超高容量解碼容量

是否有未完成的項目(說明未完成之項目)
()是 (·)否

是否具有申請專利之項目(說明可申請專利之項目)

(·)是 ()尚未成熟 ()否
高解碼容量的階層式質數碼之延遲邏輯架構解碼器及其最佳化設計方法

是否有創新或改進之技術推介至產業界，並請列出可推介之產業廠商

()可推介[請說明之]
()尚須繼續研究[請說明之]
(·)無

建議兩位您認為合適的評審人(以供參考)
高銘盛 教授 (交通大學電信工程學系)
曹恆偉 教授 (台灣大學電機工程學系)

五、參考文獻

[1] G. J. Foschini and G. Vannucci, "Using spread spectrum in high capacity fiber-optic local networks," *IEEE J. Lightwave Technol.*, vol. 6, pp. 370-379, 1988.

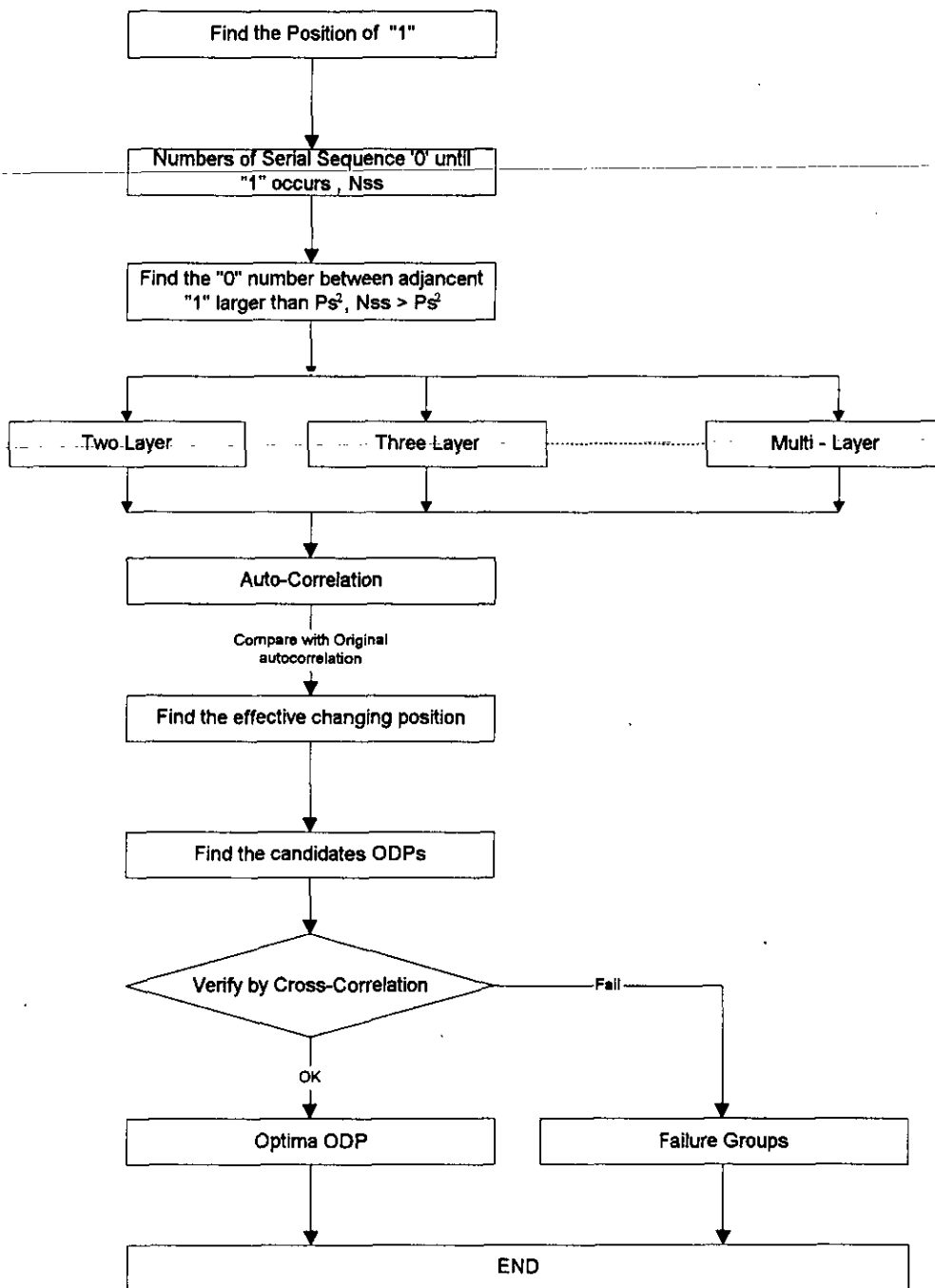
[2] J. A. Salehi and C. A. Brackett, "Code division multiple-user technique in optical

fiber network — Part II: System performance analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 1, pp. 834-842, 1989.

[3] J. A. Salehi and C. A. Brackett, "Code division multiple-user technique in optical fiber network — Part II: System performance analysis," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 1, pp. 834-842, 1989.

[4] 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, no. 1, pp. 1625-1634, 1991.

[5] Jyh-Horng Wu and Jingshown Wu, "Synchronous Fiber-Optical CDMA Using Hard-Limiter and BCH Codes," *IEEE J. Lightwave Technol.*, vol. 13, No. 6, pp. 1169-1176, 1995.



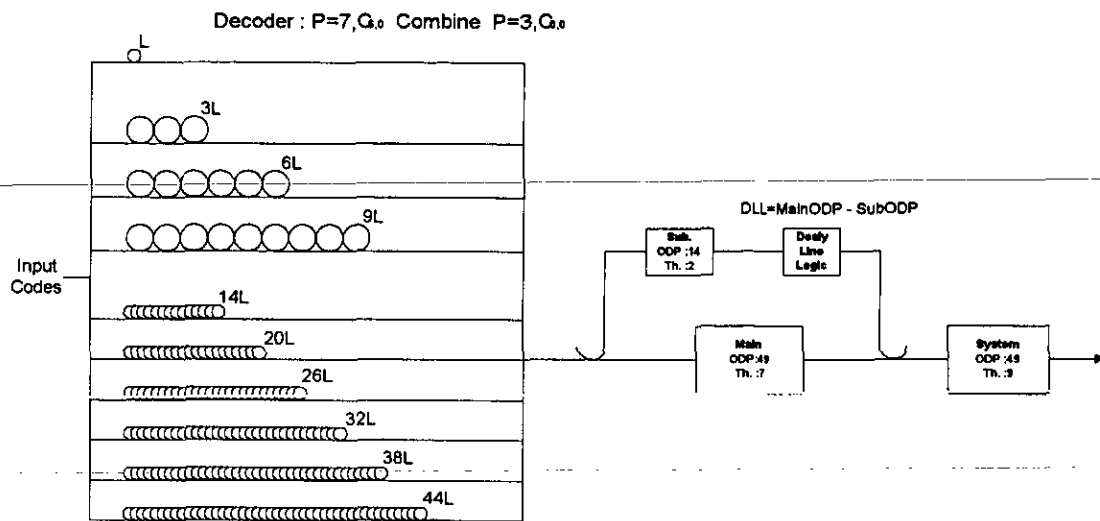


圖 1. 多階層式非飽和結構方塊圖

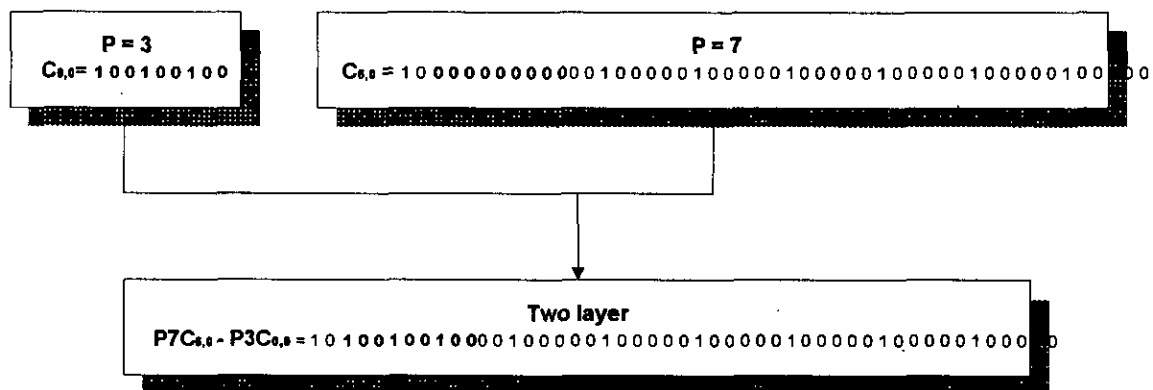


圖 2. 相結合之關鍵步驟

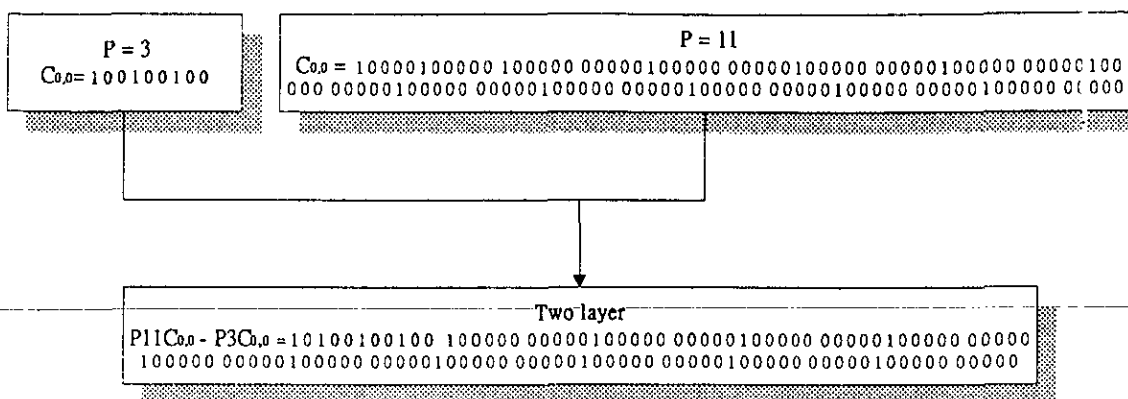


圖 3. 相結合之關鍵步驟

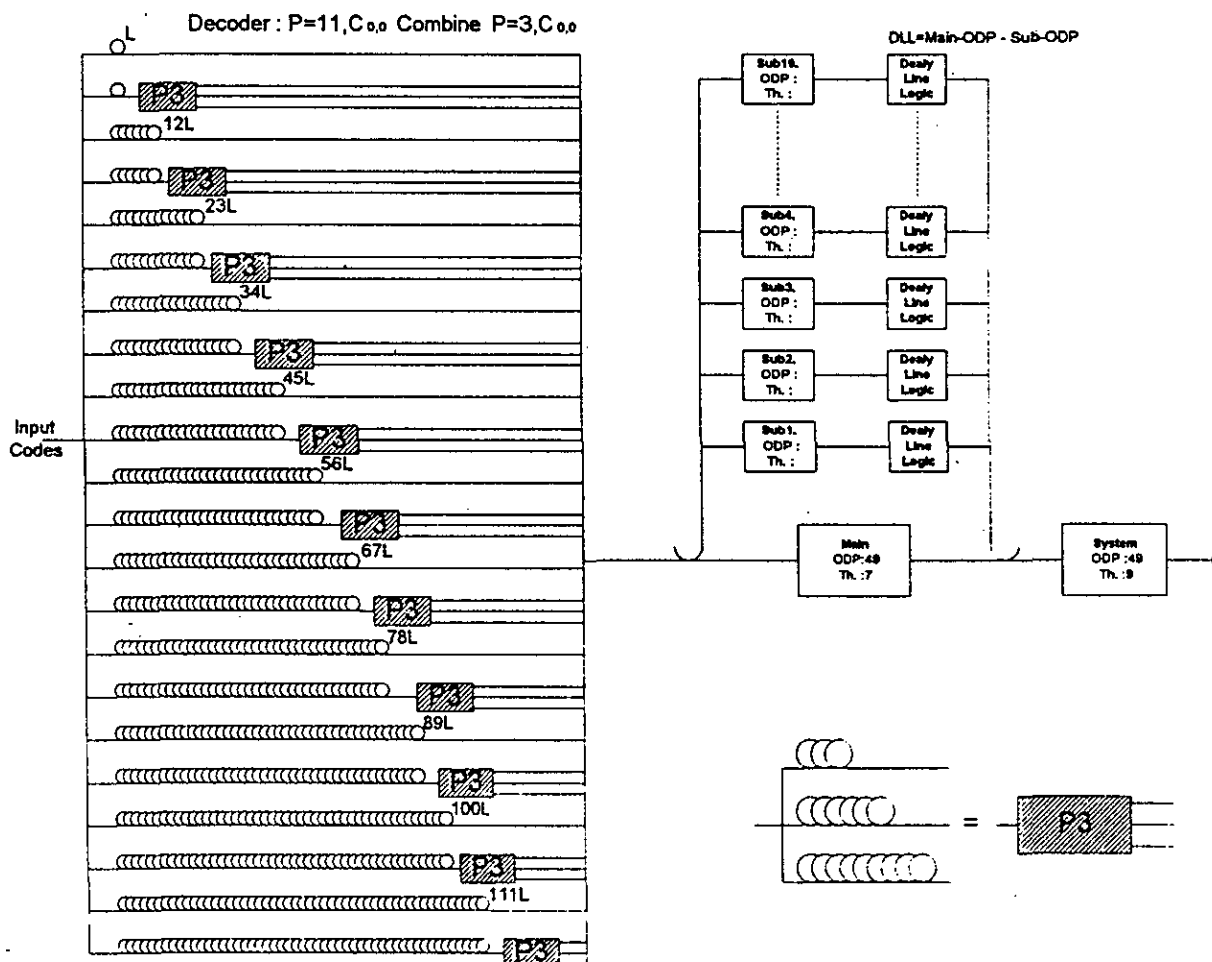
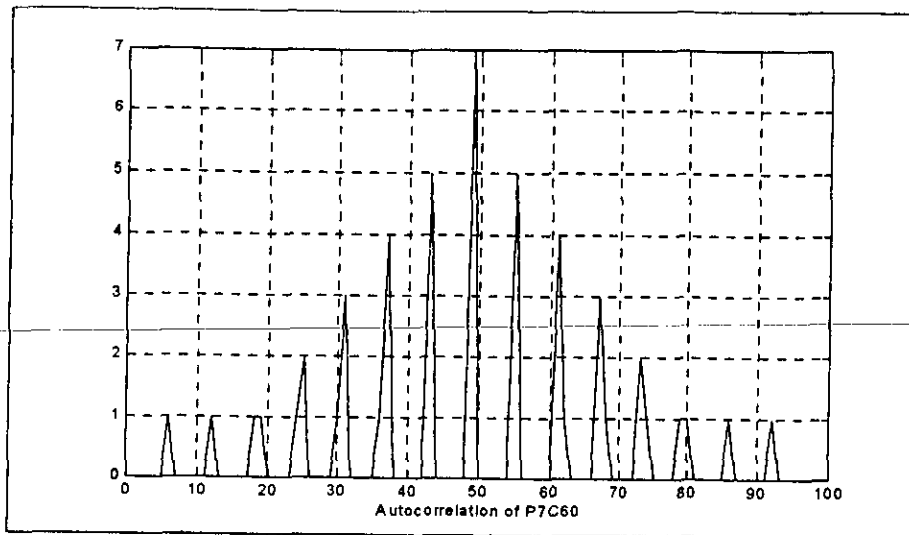
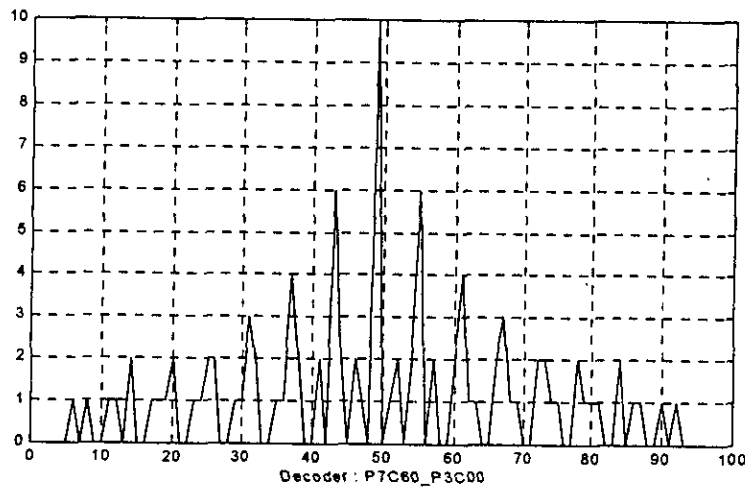


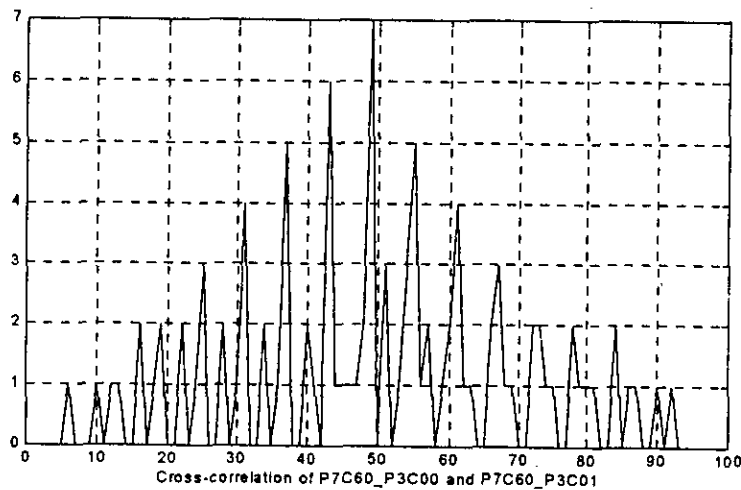
圖 4. 多階層飽和式結構方塊圖



(a) Modified Prime Code Sequence : $P_7C_{6,0}$ 之 Auto-Correlation function



(b) Modified Prime Code Sequence $P_7C_{6,0}$ 與 $P_3C_{0,0}$ 相結合後之 Auto-Correlation function 圖



(c) Modified Prime Code Sequence $P_7C_{6,0}-P_3C_{0,0}$ 與 $P_7C_{6,0}-P_3C_{0,1}$ 之 Cross-Correlation function

圖 5. Auto-Correlation function 與 Cross-Correlation 之比較