



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 國科會專題研究計畫成果報告撰寫格式說明

### Preparation of NSC Project Reports

計畫編號：NSC 94-2115-M-009-006

執行期限：94年8月1日至95年7月31日（另延長3個月）

主持人：陳秋媛 國立交通大學應用數學系

cychen@mail.nctu.edu.tw

計畫參與人員：藍國元、劉維展、羅經凱、胡世謙、

陳柏澍、林威雄、邱鈺傑

以上均為國立交通大學應用數學所研究生

## 一、中文摘要

本計畫之目的在於研究「雙環式網路」、「三環式網路」、以及「連接網路」。本計畫為兩年期計畫，現為第二年，在這一年中，我們的研究重點放在「超立方體網路」、「多級式連接網路」、以及「混合的弦環式網路」上。

本計畫在第一年裡，已經完成三篇論文：其中一篇是關於「雙環式網路」、兩篇是關於「多級式連接網路」；這些研究成果已於期中報告時敘述。

本計畫在第二年裡，又完成四篇論文：分別是關於「雙環式網路」、「超立方體網路」、「多級式連接網路」、以及「混合的弦環式網路」。以下敘述第二年裡的研究結果。

在「雙環式網路」方面，我們提出了一個只花  $O(\log N)$  時間、完全不需用到矩陣運算的找出雙環式網路的 steps 的演算法。在「超立方體網路」方面，我們提出了一個有系統的方法，證明下列「超立方體網路」的變形：cross cubes, Mobius, and locally twisted cubes, 都具有 edge-pancyclicity, node-pancyclicity, 以及 pancyclicity 的性質。在「多級式連接網路」方面，我們推

廣前人的結果，提出了一個 optimal all-to-all personalized exchange 的演算法。在「混合的弦環式網路」方面，我們提出了一個演算法來求出給定的混合的弦環式連接網路的直徑。

**關鍵詞：**雙環式網路、超立方體網路、連接網路、混合的弦環式網路、直徑

## Abstract

The purpose of this project is to study loop networks and interconnection networks. This project is a two-year project and now it is in its second year. In this year, we focus on the study of double-loop networks, hypercube networks, interconnection networks, and mixed chordal ring networks.

**Keywords:** double-loop network, hypercube, interconnection network, mixed chordal ring, diameter

## 二、緣由與目的

本人因旁聽黃光明教授之課程而對「環式網路」產生很大之興趣，在過去幾年中，所做的研究也以「環式網路」為主。然而，由於「連接網路」在現今的研究及實際應用中，都佔有極重要的地位，故想藉由此計畫，對「環式網路」中的一些問題再做研究，同時，也開始「連接網路」方面之研究。

### 三、結果與討論

本計劃在第一年裡，已經完成三篇論文，均已被國際期刊接受（請參見參考文獻[6, 9, 14]）。本計劃在第二年裡（本年度），又完成四篇論文：其中三篇論文已被國際期刊接受，另一篇論文已經投稿。總之，這兩年是豐收的兩年。以下略述本計劃在第二年裡（本年度）已完成的、已被國際期刊接受的那三篇論文的結果。

#### 論文一：

An efficient algorithm to find a double-loop network that realizes a given L-shape. [18]

「雙環式網路」最常被討論到的兩個問題是：

問題 1. 給一「雙環式網路」 $DL(N;a,b)$ ，求其 L-shape 的參數 $(l, h, p, n)$ 。

一「雙環式網路」的直徑可以很快的由其 L-shape 的參數 $(l, h, p, n)$ 求出。在這裡， $N$  為網路的節點數， $a$  和  $b$  為網路的 steps。

問題 2. 給一參數為 $(l, h, p, n)$ 的 L-shape，求與此 L-shape 對應的「雙環式網路」 $DL(N;a,b)$ 的 steps  $a$  和  $b$ 。

過去曾有許多學者探討過問題 1。問題 1也已在 1988 年（請參見文獻[10]），被證明可用  $O(\log N)$  time 的演算法解出。

長久以來，問題 2能否在  $O(\log N)$  time 解出，一直被許多學者探討。在文獻[4]中，我們提出非常簡單的、完全不需用到矩陣運算的求「雙環式網路」的 steps 的方法。在文獻[18]中，我們改進文獻[4]的演算法，而提出了一個只花  $O(\log N)$ 時間、也是完全不需用到矩陣運算的找出「雙環式網路」的 steps 的演算法。由於這個結果，雙環式網路最常被討論到的兩個問題都被解決了。

#### 論文二：

Node-pancyclicity and edge-pancyclicity of hypercube variants. [19]

Twisted cubes, crossed cubes, Mobius cubes, 以及 locally twisted cubes 是最常被探討的

「超立方體網路」的變形。「超立方體網路」被指出並未達到以其硬體花費所應達到之最佳直徑，以上所列之「超立方體網路」的變形，均具有直徑約為「超立方體網路」的  $1/2$ 、但是硬體花費相同、連通度也相同的特性。

在 2005 年（請參見文獻[11]），Fan 等人推廣 pancyclicity 的定義，提出了 node-pancyclicity 以及 edge-pancyclicity 的觀念，並證明 cross cubes 具有 node-pancyclicity 以及 edge-pancyclicity 的性質。

在文獻[19]中，我們指出文獻[11]中關於 node-pancyclicity 的證明其實是多餘的，因為 edge-pancyclicity implies node-pancyclicity，node-pancyclicity implies pancyclicity。我們同時也提出了一個有系統的方法，證明許多「超立方體網路」的變形都具有 edge-pancyclicity, node-pancyclicity, 以及 pancyclicity 的性質，包括：cross cubes、Mobius cubes、以及 locally twisted cubes 在內。

#### 論文三：

Optimal all-to-all personalized exchange in  $d$ -nary banyan multistage interconnection networks. [20]

網路中的訊息傳送有下面四種常見的型態：one-to-one, one-to-many, one-to-all (i.e., broadcast), and all-to-all (每個節點都有訊息要傳送訊息給所有節點)。其中 all-to-all 的訊息傳送又可分為 all-to-all broadcast 和 all-to-all personalized 兩種；前者每個節點要傳送給所有節點的訊息都是相同的，後者每個節點要傳送給所有節點的訊息未必相同。

已有一些學者提出 all-to-all personalized 的訊息傳送演算法，這其中有的 depend on the topologies of the networks，有的則不受限於 the topologies of the networks，Massini 的演算法即為一例，但它只能處理 switching elements of size  $2 \times 2$ 。

在文獻[20]中，我們指出 Massini 的演算法其實有錯，我們並重新提出一個演算法，適用於 switching elements of size  $k \times k$ ，而且不受限於 the topologies of the networks。

#### 四、計劃成果自評

本計劃之執行成果與預期成果相符，總共完成了七篇論文。

#### 五、參考文獻

為清楚起見，參考文獻 [18, 19, 20, 21] 未依字母序排入。

- [1] B. W. Arden and H. Lee, Analysis of chordal ring network, IEEE Trans. Computer. 30 (1981) 291-295.
- [2] L. Barriere, J. F'abrega, E. Simo and M. Zaragora, Fault-tolerant routing in chordal ring networks, Networks 36 (2000) 180-190
- [3] J.-C. Bermond, F. Comellas and D. F. Hsu, Distributed loop computer networks: a survey, J. Para. Cist. Comput. 24 (1995) 2-10.
- [4] R. C. Chan, C. Y. Chen, and Z. X. Hong, A simple algorithm to find the steps of double-loop networks, Discrete Applied Mathematics, 121 (2002) 61-72.
- [5] C. Y. Chen and F. K. Hwang, Equivalent L-shapes of double-loop networks for the degenerate case, Journal of Interconnection Networks 1 (2000) 47-60.
- [6] C. Y. Chen, F. K. Hwang and J. K. Lan, Equivalence of buddy networks with arbitrary number of stages, Networks 46 (2005) 171-176.
- [7] S. K. Chen, F. K. Hwang and Y. C. Liu, Some combinatorial properties of mixed chordal rings," J. Inter. Networks 4 (2003) 3-16.
- [8] Z. Chen, Z. Liu, and Z. Qiu, Bidirectional shuffle-exchange network and tag-based routing algorithm, IEEE Communication Letters 7 (2003) 121-123.
- [9] C. Y. Chen and J. K. Luo, An efficient tag-based routing algorithm for the backward network of a bidirectional general shuffle-exchange network, IEEE Communications Letters 10 (4) (2006) 296-298
- [10] Y. Cheng and F. K. Hwang, Diameters of weighted double loop networks, J. Algorithms 9 (1988), 401-410.
- [11] J. Fan, X. Lin, and X. Jia, Node-pancyclic and edge-pancyclic of crossed cubes, Inform. Process. Lett. 93 (2005) 133-138.
- [12] F. K. Hwang, A complementary survey on double-loop networks, Theoret. Comput. Sci. 263 (2001) 211-229.
- [13] W. Kabacinski and G. Danilewicz, Wide-sense and strict-sense nonblocking operation of multicast multi- $\log_2 N$  switching networks, IEEE Trans. Commu. 50 (2002) 1025-1036.
- [14] J. S. Lee, J. K. Lan, and C. Y. Chen, On degenerate double-loop L-shapes, J. Inter. Networks 7 (2) (2006) 195-215.
- [15] K. Padmanabham, Design and analysis of even-sized binary shuffle-exchange networks for multiprocessors, IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems 2 (1991) 385-397.
- [16] C. S. Raghavendra and J. A. Sylvester, A survey of multi-connected loop topologies for local computer networks, Comput. Netw. ISDN Syst. 11 (1986) 29-42.
- [17] Y. Tscha and K. H. Lee, Yet another result on multi- $\log N$  networks, IEEE Trans. Commu. 47 (1999) 1425-1431.
- [18] C. Y. Chen, J. K. Lan, and W. S. Tang (2006), "An efficient algorithm to find a double-loop network that realizes a given L-shape," Theoretical Computer Science, Vol. 359, pp. 69-76.
- [19] K. S. Hu, S. S. Yeoh, C. Y. Chen, and L. H. Hsu (2006), "Node-pancyclicity and edge-pancyclicity of hypercube variants," to appear in Inform. Process. Lett.
- [20] V. W. Liu, C. Y. Chen, and R. B. Chen (2006), Optimal all-to-all personalized exchange in  $d$ -nary banyan multistage interconnection networks, to appear in Journal of Combinatorial Optimization.
- [21] C. Y. Chen, J. K. Lan, and V. W. Liu, An efficient algorithm for computing the diameter of a given mixed chordal ring, submitted for possible publication.