

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

促進網狀結構傳輸均衡以提升效能之研究

Research on Balancing Traffic to Enhance Performance in Meshes

計畫編號：NSC 89-2213-E-032-039

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：莊博任 淡江大學電機系

計畫參與人員：陳瑞堂、蔣岳村、蕭永宗、姚立強、陳世元
淡江大學電機系

一、中文摘要

應用於二維網狀連接結構之適應性繞徑演算法，以增加更多可供選擇之傳輸通道來提升通道使用率，虛擬通道技術開始被使用後，適應性繞徑演算法的運用更為靈活，但是卻忽略了均衡使用所有通道對提升系統效能的影響。本研究針對二維網狀連接結構中通道使用率失衡，導致網路資源無法充分利用此一問題，提出設置管制區的改善方法。我們根據轉向模式和適應區域的觀念來分析每個繞徑演算法封包傳送時的行為模式(前進的方向或區域)，進一步找出壅塞的區域，此壅塞的區域即是設置管制區的範圍。我們提出的方法，首先決定管制區的範圍，並修改既有的繞徑演算法，將封包加上額外的標籤，以註記封包是否通過管制區，然後使用我們所提出的繞徑分類法，來疏導封包之繞徑行為，以有效管制所有封包之傳輸繞徑活動，亦即減少管制區內的繞徑頻繁情況，進而將交通疏導至其餘邊緣閒置區域，以管制負載及分散負載雙管齊下的方式來解決通道使用不均、傳輸延遲的問題，達到充分使用資源的目的，據以提升系統效能。

關鍵詞：網狀結構，傳輸均衡，蟲孔式繞徑，適應性繞徑，轉向模式，虛擬通道，適應區域，通道使用率，效能評估。

Abstract

To facilitate message transmission, adaptive routing and virtual channels have been proposed to increase routing adaptivity in two-dimensional meshes. However, increasing channel buffer utilization without considering even distribution of network traffic loads tends to cause congestion in the most adaptive routing area. To avoid such traffic congestion, we propose *the concept of the restricted area* to conduct message routing and balance buffer utilization. The proposed restricted area is defined to be a part of the network where message transmission concentrates. The location and size of a restricted area can be determined based on the region of adaptivity. By applying the restricted area concept, an appropriate routing channel will be selected from the set of allowed channels (derived from the existing routing algorithms) to prevent messages from entering the restricted area, or to guide messages through the area as quickly as possible when entering is inevitable. More balanced buffer utilization can be thus achieved. The performance of several routing algorithms with or without using the restricted area is simulated and evaluated under various situations (such as different traffic loads and distribution patterns). As the results indicate, algorithms employing the restricted areas to attain more balanced buffer utilization yield constantly larger throughput and smaller latency than those without employing the concept. Such performance gain manifests not only the

advantage of the restricted area concept but also the importance of balancing buffer utilization.

Keywords: Meshes, traffic balance, wormhole routing, adaptive routing, turn model, virtual channels, regions of adaptivity, channel buffer utilization, performance evaluation.

二、計劃緣由與目的

由於在 VLSI 的佈局中具方便性及簡單性，所以二維網狀連接之互連網路結構成為目前諸多平行計算機經常被採用的架構之一。由最近幾年所提出的文獻中可以發現，網狀結構之平行計算機所採用的開關技術，均傾向使用蟲孔式繞徑[1]的技術。蟲孔式繞徑技術所需要的緩衝器比較小，封包傳輸的延遲時間與所需傳輸之距離無關，所以傳輸延遲時間較短，為其優點，然而容易造成傳輸死結，所以必須安排適當的通道來供封包繞徑選擇，如轉向模式[2]等。

最早的繞徑演算法，在源節點和目標節點間僅存在一條唯一的傳輸路徑，其優點在於傳輸訊息時不需費時尋找更合適的路徑，但也因為僅有一條路徑，極易造成網路壅塞難行，網路通道無法充分利用，並且在唯一的路徑上發生元件錯誤時，傳輸即有停擺之虞。為了避免傳輸延滯或停頓，增加繞徑路徑是必然的趨勢。適應性繞徑演算法由於能夠具彈性地選擇合適的路徑進行繞徑傳輸，不僅可以減少延遲，縮短傳輸時間，系統的整體效能亦因此獲得強化。在相鄰兩節點間，如果能夠提供更多的路徑相連，則適應性繞徑演算法則能更具適應性，但是如果單單從硬體上下手，增加通道鏈結，所需的成本將非常昂貴，於是提出虛擬通道[3,4]的方法來解決這個問題。但是若使用過多的虛擬通道，通道使用率的控制將更為複雜，使用分配易產生嚴重失衡的問題。

為了設法均勻分散封包傳送時所使用的通道，讓繞徑演算法在分配通道給封包使用時能夠達到均勻利用網路資源的目的，以避免系統效能因局部區域的提前飽和而惡化的現象，我們因此提出應用管制區的觀念，亦即在通道使用率過度集中的區域界定一個管制區，適當的規範此一區域內的繞徑活動以消滅傳輸路徑過度集中的滯塞情形，並設法將訊息傳輸疏導至通道使用率較低的周邊區域，以均勻分散的傳輸方式，減低封包傳送之延遲時間，更有效地運用網路資源，進而增進系統效能。

三、結果與討論

我們應用適應區域[5]的觀念來分析學者所提出的繞徑演算法[2,5-7]，由封包傳送時所使用的通道分布圖可以發現一個共同的現象：封包使用通道的分布會集中在某一個特定區域。我們根據此一發現，將這個傳輸集中的區域設為管制區。標示出管制區的範圍後，封包在網路上的行為模式也將分為兩種，並妥善安排這兩類封包在網路上行進的方向，以分散壅塞區的負載：

1. 當欲傳送之封包位在管制區外時：
 1. 當傳送封包的目標節點位在管制區內時：

封包傳送抵達終點前，在未進入管制區時，假設「封包在管制區內沿 x 軸方向抵達終點前所需的距離」大於「封包在管制區內沿 y 軸方向抵達終點前所需的距離」，則在管制區外優先讓封包完成 x 軸方向的傳送(反之亦然)。以減少封包在管制區內移動的時間。

2. 目標節點不在管制區，但封包前進時仍可能穿過管制區：

優先提供管制區外所有可用通道讓封包選擇，並限制管制區內通

道之使用。

3. 目標節點不在管制區內：

採用原來的繞徑法所提供的可用通道，讓封包不致於通過管制區。

II. 當欲傳送之封包位於管制區內時：

1. 目標節點位於管制區內：

封包可以選擇所有可供使用之通道，以儘速抵達終點。

2. 目標節點位於管制區外：

當「封包在管制區內沿 x 軸方向抵達管制區邊界所需的距離」大於「封包在管制區內沿 y 軸方向抵達管制區邊界所需的距離」時，優先讓封包完成管制區內 y 軸方向所需的移動，反之，則優先讓封包完成管制區內 x 軸方向所需的移動。

綜合言之，封包在傳輸前進時，應盡可能的不要進到管制區內，非進入管制區不可時，則停留在管制區內的時間愈短愈好。

四、計畫成果自評

根據我們針對各種不同適應區域之繞徑演算法，在加上管制區及未加管制區下所做的模擬結果顯示，在沒有使用虛擬通道的情況下，加上管制區後之完成率明顯獲得改善而提升，傳輸延遲量也都能比未加管制區之結果來得明顯降低，通道之使用率分布也因此顯得較均勻分散。在使用虛擬通道的繞徑演算法模擬結果顯示，加上管制區後的完成率確實獲得提升，傳輸延遲也明顯降低。這樣的結果顯示，再次驗證通道使用率的均衡對系統效能的提升能有明顯的助益。此一結果亦可以提供未來往這方面研究之學者一個重要的參考方向：設計一個

高效能之繞徑演算法或系統結構，必須慎重考慮其負載量的均衡以及封包傳送之行為規範，方能竟其全功。

本研究計畫所預計達成的目標都能如期圓滿的完成，成效相當不錯。此一研究成果並已整理成篇，投付 *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 審理當中。我們在此一領域的研究並不會隨此一研究計畫的結束而中止，我們已有更進一步探討的方向，將延續既有成果，繼續努力。

五、參考文獻

- [1] L. M. Ni and P. K. McKinley, "A survey of Wormhole Routing Techniques in Direct Network," *IEEE Computer*, Vol. 26, No. 2, pp. 62-76, Feb. 1993.
- [2] C. J. Glass and L. M. Ni, "The Turn Model for Adaptive Routing," *J. ACM*, Vol. 41, No. 5, pp. 874-902, Sept. 1994.
- [3] W. J. Dally, "Virtual Channel Flow Control," *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, Vol. 3, No. 3, pp.194-205, Mar. 1992.
- [4] W. J. Dally and H. Akoi, "Deadlock-Free Adaptive Routing in Multicomputer Networks Using Virtual Channels," *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, Vol. 4, No. 4, pp. 466-475, Apr. 1993.
- [5] J. Upadhyay, V. Varavithya and P. Mohapatra, "A Traffic-Balanced Adaptive Wormhole Routing Scheme for Two-Dimensional Meshes," *IEEE Trans. Computers*, Vol. 46, No. 2, pp. 190-197, Feb. 1997.

- [6] C.-C. Su and K. G. Shin, "Adaptive Deadlock-Free Routing in Multicomputers Using Only One Extra Virtual Channel," *Proc. 22nd Int'l Conf. on Parallel Processing*, Aug. 1993, Vol. I, pp. 227-231.
- [7] Y. M. Boura and C. R. Das, "Efficient Fully Adaptive Wormhole Routing in n -Dimensional Meshes," *Proc. 14th Int'l Conf. on Distributed Computing Systems*, May 1994, pp. 589-596.