

在分散式控制的多頻道權杖網路下之權杖持有策略

黃文祥

國立高雄科學技術學院電機系

Email: wshwang@mail.nsysu.edu.tw

Tel: (07)3814526 ext 503, Fax:(07)3921073

摘要：將一個單一頻道的權杖傳遞網路(Token Passing Network)擴充成為多個頻道的權杖傳遞網路，確實可以增加網路的頻寬而解決目前網路擁擠的現象。但也相對帶來多個權杖管理的問題，其中最為基本必須第一個解決的管理問題是關於權杖的持有(Holding)，這問題也將對整個網路效能造成很高的影響。本文即針對這個問題提出三個策略，並利用程式模擬分析獲得決定權杖持有的策略。

1. 簡介

由於電子計算機一日千里的技術進步及多媒體在網路上應用的日益普及，已造成現在各個網路的頻寬不足。相對這個課題的解決方案如雨後春筍般地被提出來，它們可分成為兩大類別：一為加快傳輸的速率；如ATM Switch可達六百餘Mbps，Ethernet Switch可達一Gbps等。它們的傳輸介質及交換設備，甚至網路協定均須調整或加強。另外一類是將現有的網路，以增加頻道方式來直接增加網路的可用頻寬。這類的網路可以保有與原使用網路的相容性之外，同時也提高了網路的容錯能力。目前這類網路大都使用了FDM(Frequency Division Multiplexing)、TDM(Time Division Multiplexing)、WDM(Wavelength Division Multiplexing)等技術。

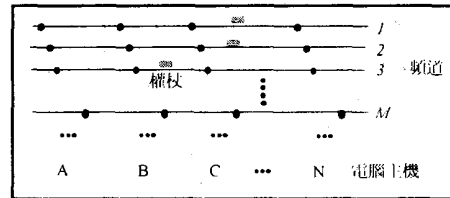
權杖匯流排網路(Token Bus Network)、權杖環網路(Token Ring Network)是兩個使用權杖傳遞作為網路存取的區域網路代表。它們有別於最流行的以太網路(Ethernet)是在當高網路負載時，仍能保有較低的資料傳輸延遲。這是因為它們的協定中沒有碰撞(Collision)現象。目前在國內外已發表的多篇多頻道權杖網路論文中[1-5]，尚未有針對如何管理多個權杖的討論，本文將針對這個課題深入分析並模擬。

後面第二節將先提出一個多頻道網路的分析及模擬模式，依這個模式於第三節中提出三個權杖持有的策略，並第四節對權杖的平均迴旋時間推導出公式，以及敘

述網路的模擬結果，最後於第五節做一個結論。

2. 網路的分析及模擬模式

本文所探討的多頻道權杖傳遞網路，其網路拓模圖如圖一所示。網路上連接的每台電腦主機均直接和網路所有的頻道相接，各個頻道上均存在一個獨立運行的權杖。任一電腦主機只有取得該頻道的權杖時，才能利用這個頻道來傳送資料。因為考慮公平性及避免獨佔權杖不放，所以電腦主機每次使用權杖的最長時間必須規範，這個時限被稱為權杖持有時間(Token Holding Time; THT)。由於權杖是獨立工作，且網路上沒有使用主控電腦，因此這是一個分散式控制的網路系統。

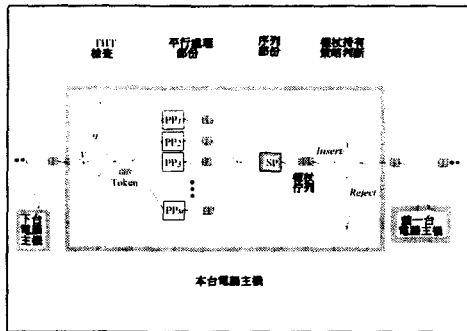


圖一、多頻道權杖傳遞網路拓模圖。

由於資料傳輸的延遲是與取得權杖的時間有關，因此本文將利用電腦主機平均多久可以取得一次權杖，來評斷網路的效能。換句話說；即是用權杖迴旋時間來衡量權杖持有策略的優劣。所謂權杖迴旋時間(Token Cycle Time; TCT)，是指自某一台電腦主機送出權杖開始，到該電腦主機下一次再送出權杖為止的時間。圖二是以權杖在電腦主機上的資料流所提出的分析模式，它也將被用來作為程式模擬的模式。

在這模式中，將所有不能對權杖做處理平行化的元件以SPi表示，可以對權杖做處理平行化的元件以PPi表示。依據Friedman在[6]中的方式，可以將這些所有的元件關係，化簡成為圖二的表示圖。當權杖由前一個電腦主機送到這台電腦主機後，先執行第三節所討論的權杖持有策略，如果經策略決定放棄(Reject)，則立即

將權杖轉送給下一台電腦主機使用，否則進入權杖佇列(Token Queue)中等候。在輪到這權杖時，再自權杖佇列中轉到 SP 執行，之後再依權杖所屬的頻道而轉送給其專屬的 PPi 工作。之後須檢查該權杖是否已超過THT的時限，如果是則立即將權杖轉送給下一台電腦主機，否則再回去執行權杖持有策略的判斷。



圖二、分析模擬模式。

3. 權杖持有策略

由於在多頻道權杖傳遞網路中，有多個權杖不斷獨立地運行在網路系統中，因此存在發生一個以上的權杖會在同一台電腦主機上，這種現象稱之為權杖重疊(Token Overlap)。又因為主機上的序列元件緣故(它一次只能處理一個權杖，譬如自資料佇列中取出並送給該權杖所屬的頻道上之傳送佇列)，將須把未被處理的權杖放入權杖佇列中，而造成權杖的閒置。

為了避免權杖因進入權杖佇列而閒置太久，必須控制存在電腦主機的權杖數量，而將超出這個數量的權杖先轉送給下一台電腦主機使用。但是如果這個數量訂定太低，可能會導致權杖的效率大多浪費在無謂的權杖傳遞上。由上面的考量；可以了解當序列的處理小得可以忽略時，則權杖的佇列是不會造成太大的影響，否則應限制留在電腦主機中的權杖數目。

在這裡出三種策略來決定權杖的持有數量，它們分別為

(1) 限制一個權杖策略(Limit-1)：只允許一個權杖在電腦主機上，且權杖佇列中不能有權杖存在。因此當電腦主機擁有一個權杖時，便會轉送其它晚到的權杖到下一台電腦主機去。

(2) 限制 η 個權杖策略(Limit- η)：只允許 η 個權杖在電腦主機上。因此當電腦主機擁有 η 個權杖後，便會轉送其它晚到的權杖到下一台電腦主機去。

(3) 無限制權杖策略(No-Limit)：它不限制權杖在電腦主機上的數目，因此當電腦主機收到權杖後，便直接放入權杖佇列中。

由於這些策略與電腦主機的平行化程度(即平行化元件處理一個資料單元所需的時間，與序列元件處理一個資料單元所需時間的比值 γ)有關，因此本文將探討不同的電腦主機平行化程度下，這三種策略的網路效能。

4. 權杖的平均迴旋時間

在即時系統中，權杖傳遞網路的反應時間(Response time)是直接受權杖迴旋時間的影響。接下來即是對多頻道權杖傳遞網路權杖迴旋時間的推導。

a. 假設

- 1) 網路上共有 M 條頻道，且其上均有一個獨立運行的權杖。
- 2) 所有頻道的特性均相同，並採用 IEEE 802.4 標準的協定。
- 3) 網路上共有 N 台相同的電腦主機與各頻道相連接，其工作模式如圖二所示。工作期間電腦主機的數量不會改變。
- 4) 所有電腦主機的資料抵達(產生)率均是個 independent Poisson Process 並具有相同的平均值。
- 5) 單位資料長度不盡相同，每一個單位資料的被服務時間為一個 exponentially distributed random variable。
- 6) 權杖被傳遞的時間為一個 exponentially distributed random variable。
- 7) 所有電腦主機上的 THT 設定及平行化比率 γ 均相同。
- 8) 網路系統工作沒有錯誤發生，協定中容錯部份未有動作。

b. 使用符號

λ \equiv 資料抵達網路系統的總速率。

\bar{c} \equiv 平均權杖迴旋時間 TCT。

\bar{q} \equiv 在電腦主機中的平均權杖數目。

\bar{w} \equiv 權杖傳遞的平均時間。

\bar{x}_p \equiv 單一資料在平行部份的平均被服務時間。

\bar{x}_s \equiv 單一資料在序列部份的平均被服務時間。

\bar{x} \equiv 單一資料在電腦主机的平均服務

時間 $\equiv \bar{x}_p + \bar{x}_s$ 。

ρ \equiv 各頻道的使用率 (Utilization factor)

$\equiv (\lambda \bar{x}) / M$ 。

$\gamma \equiv$ 平行部份與序列部份服務時間的比值
 $\equiv \bar{x}_p / \bar{x}_s$

$\eta \equiv$ 電腦主機中允許持有權杖的最大數目

$l \equiv$ 在一個權杖迴旋時間內，資料自某一頻道抵達一特定電腦主机的平均速率。

c. 分析

當多頻道權杖傳遞網路的負載到達飽和時；即 $THT \leq l \cdot (\bar{x} + \bar{q} \cdot \bar{x}_s)$ ，網路上所有頻道的權杖迴旋時間均相同。依據協定，如果THT的時限到達而傳送中的該個單位資料尚未傳送完，則該電腦主機應繼續傳完該單位資料後，再將權杖傳給下一台電腦主機，因此飽和時的權杖迴旋時間可以表示如下

$$\bar{c} = N\bar{w} + N(THT + \bar{x}) \quad (1)$$

$$\text{其中 } THT \geq l \cdot (\bar{x} + \bar{q} \cdot \bar{x}_s)$$

當網路的負載尚未到達飽和時，權杖迴旋時間是由三個時間元素所構成；即所有的平均權杖傳遞時間、平均服務時間及權杖佇列的等候時間，如(2)式表示

$$\begin{aligned} \bar{c} &= \sum_{i=1}^N \bar{w} + \sum_{i=1}^N (l \cdot \bar{x}) + \sum_{i=1}^N (l \cdot \bar{q} \cdot \bar{x}_s) \\ &= N\bar{w} + N(l \cdot \bar{x}) + N \cdot (l \cdot \bar{q} \cdot \bar{x}_s). \end{aligned} \quad (2)$$

因為 $\bar{x} = \bar{x}_p + \bar{x}_s$ ， $\gamma = \bar{x}_p / \bar{x}_s$ ，

$$\text{所以 } \bar{x}_s = \bar{x} / (1 + \gamma). \quad (3)$$

將(3)式代入(2)式可得

$$\bar{c} = N\bar{w} + N(l \cdot \bar{x}) \left(1 + \frac{\bar{q}}{1 + \gamma} \right). \quad (4)$$

因為對某一頻道而言，資料抵達電腦主机的速率為 λ / MN ，所以可以求得在一個權杖傳遞時間內資料抵達一個電腦主机的平均個數為

$$l = \frac{\lambda \bar{c}}{MN} \quad (5)$$

將這結果代入(2)式，可以得到

$$\begin{aligned} \bar{c} &= N\bar{w} + N \left(\frac{\lambda \bar{c}}{MN} \cdot \bar{x} \right) \left(1 + \frac{\bar{q}}{1 + \gamma} \right) \\ &= N\bar{w} + \left(\frac{\lambda \bar{c}}{M} \cdot \bar{x} \right) \left(1 + \frac{\bar{q}}{1 + \gamma} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

又因為 $\rho = (\lambda \bar{x}) / M$ ，平均權杖迴旋時間可以表示成下式

$$\begin{aligned} \bar{c} &= N\bar{w} + \rho \cdot \bar{c} \cdot \left(1 + \frac{\bar{q}}{1 + \gamma} \right) \\ &= \frac{N\bar{w}}{1 - \rho \cdot \left(1 + \frac{\bar{q}}{1 + \gamma} \right)}. \end{aligned} \quad (7)$$

由(7)式，可以知道 \bar{q} 的減少或是 γ 的增加，將降低 \bar{c} 的值。其中 γ 的增加也就是指處理權杖事務的元件平行化的比率增高，當然成本也就相對的提高。至於 \bar{q} 的減少意味著在佇列中的權杖是愈少愈好。

d. 模擬

為進一步了解系統在不同策略及電腦主機在不同程度的平行化下的表現，同時也為了求證上面公式推導的結果，本節將依第二節的模式，以CACI SIMSCRIPT II.5程式來模擬系統運作。其所使用的參數值為

單一個頻道傳輸速率 = 10 Mbps

網路上電腦主機數目 = 10

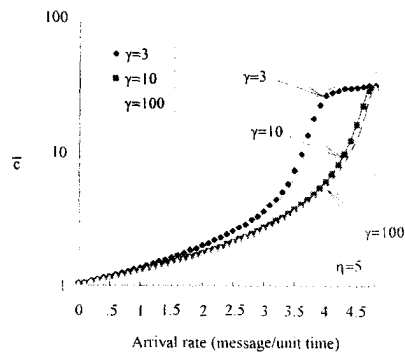
網路上的頻道數目 = 5

權杖持有時限 THT = 200 μ s

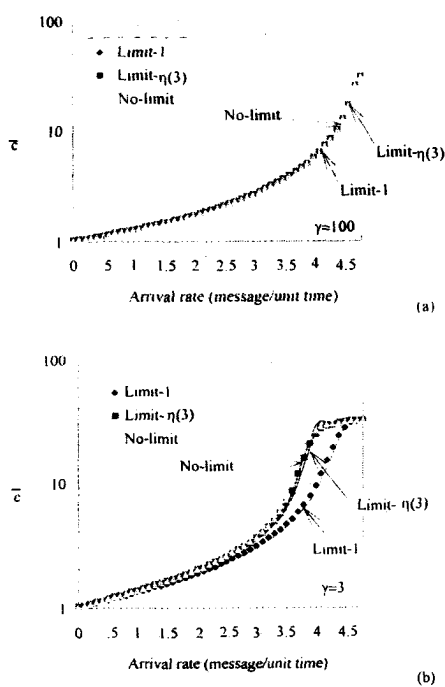
電腦主机的平均服務時間 = 0.1 ms

平均權杖傳遞時間 = 10 μ s

為確定模擬結果的正確，首先將頻道數設定成一，獲得的數據再與Yue的[7]論文內的模擬數據作比較，結果非常吻合。接著便正式以五個頻道來模擬，對不同的 η 及 γ 值執行。為去除不準確的暫態資料，統計資料均自第20000個抵達資料後開始擷取，最後的統計結果已達95% confidence interval內。這些結果以圖表示如下



圖三、以不同 γ 值模擬的平均權杖迴旋時間



圖四、以不同權杖持有策略所模擬的平均權杖迴旋時間

5. 結論

將單一頻道網路擴充成多頻道網路確實是一個解決現今頻寬不足的實用方法，但是多頻道權杖傳遞網路的權杖持有策略卻尚未被解決。本文即針對這一課題提出一些策略，並經由模式的建立、公式的推導及程式的模擬，獲得平均權杖迴旋時間(即系統反應時限)公式。同時也得知 Limit-1 策略是該網路最佳的的權杖持有策略，這對多權杖管理的研究奠下重要的基石。

參考資料

- [1] A. E. Kamal, "On the Use of Multiple Tokens on Ring Networks," IEEE INFOCOM, pp.15-22, 1990.
- [2] Wong and Benny C. Y., "Performance evaluation of a multichannel token bus local area network architecture," IEEE Pacific RIM conf. commun., compu., signal processing, pp. 226-229, 1989.
- [3] H. H. Sung and L. Y. Kung, "Multichannel Manufacturing Automation Protocol Network," Joint Tech. Conf. circuit/system, comput. and commun., pp.493-498, 1989.
- [4] M. A. Marsan and D. Roffinella, "Multichannel Local Area Network Protocols," IEEE J. Select. Area.

- Commun., Vol. SAC-1, NO. 5, PP. 885-897, Nov. 1983.
- [5] W. S. Hwang and L. Y. Kung, "Distributed Multichannel Manufacturing Automation Protocol Network," IEEE Singapore ICCS/ISITA conf. proc., pp. 507-511, vol. 2, 1992.
- [6] H. D. Friedman, "Reduction Methods for Tandem Queuing System," Oper. Res. 13(1), pp. 121-131, 1965.
- [7] O. C. Yue and C. A. Brooks, "Performance of the Timed Token Scheme in MAP," IEEE Trans. Commun., vol. 38, no. 7, pp. 1006-1012, Jul. 1990.
- [8] S. R. Sachs, K. Kan and J. A. Silvester, "Token-Bus Protocol Performance Analysis and Comparison with other LAN protocols," Proc. IEEE GLOBECOM, pp. 1492-1498, Nov. 1985.
- [9] W. S. Hwang and L. Y. Kung, "Analyze Gain of Distributed Multichannel Manufacturing Automation Protocol Network," IEEE Singapore ICCS/ISITA conf. proc., pp. 512-516, vol. 2, 1992.