

行動計算的層級式因果群播機制之研究(I)

計劃編號：NSC 88-2213-E009-081

主持人：曾建超 交通大學資訊工程系 教授

E-mail：cctseng@csie.nctu.edu.tw Fax：(03)5724176

一、中文摘要

因果群播(causal multicast)協定為分散式系統的一核心技術，它使群組的所有成員之間的訊息交換能依照一致的先後順序傳遞。然而在行動計算系統中，由於行動電腦的硬體限制、可移動性，使得傳統因果群播協定變得窒礙難行。為了改善這種情形，在去年度的計劃中，我們設計了一個適用於行動環境的因果群播通訊協定。為了能讓因果群播協定將來能在實際的行動環境中施行，我們更進一步地設計了一層級化(layered)的架構，利用現行TCP/IP 協定堆疊(protocol stack)作為建構的基本原件(building block)來支援這個因果群播協定。利用這種層次化的模組，我們也設計無接縫的換手(seamless handoff) 程序，使得新設計的因果群播協定可運作地更有效率。

關鍵詞：行動計算、群播、因果次序、行動式網際網路協定、效能分析

Abstract

Causal multicast protocols are central to distributed applications in the context of group communications, ensuring that all the participant processes observe consistent ordering of events affecting the group as a whole. Due to host mobility and resource constraints, traditional causal ordering protocols become inefficient and require restructuring in mobile environments. Last year, we designed a causal multicast protocol for mobile computing systems and an underlying layered hierarchy, using TCP/IP protocol suites as building blocks. With this architecture, we also developed a seamless handoff procedure to facilitate our causal multicast protocol.

Keywords : mobile computing, multicast, causal ordering, Mobile Internet Protocol, performance analysis

二、緣由與目的

由於無線區域網路的發展，電腦加上無線介面便可在任何時刻、地點連線上網際網路(Internet)，取得豐沛的網路資源，這種便利的行動計算(mobile computing)環境，隨著網際網路的Internet 日益普及，而正逐漸顯示它們的重要性。如何在現有的網路環境中提供有效率的行動計算服務與通訊協定，已成為當前極為重要的課題。

傳統的網路通訊協定並未考慮參與者的可移動性，因此常會造成資料遺失等嚴重問題。行動式的通訊協定須克服這個問題，並應進一步考慮各個元件的硬體限制(如：狹窄的無線頻寬、行動電腦依賴電池，須節省電力消耗等)，使整個通訊協定運作得有效率。

因果群播協定可確保群組成員之間所傳送的訊息能依循一致的先後次序進行，而且在分散式系統中運用極為廣泛。因果群播協定在發送訊息之前，須在訊息中加入因果資訊，通常此會佔用許多空間。群組成員在收到這樣的訊息後，自己須耗費運算電力來決定是否該收下此訊息，抑或須先暫保留、等待該到而未到的其它訊息。由於行動電腦的硬體限制，行動電腦並不適合直接執行因果群播演算法、親自收發冗長的因果訊息。另外，由於可移動性，行動電腦將難以依照因果次序來遞送訊息。

因果群播機制在行動式的網際網路環境中將格外複雜。若欲實現因果群播機制，光靠網際網路協定中某單一層級的支援並不符合實際。因此，本計劃將妥善運用網路協定的層次化架構、提出一層級化的因果群播機制。我們預計定義層級相鄰與對等(peer) 的網路協定之間的互動訊息、並規劃各層級協定的功能，來實現行動計算式的因果群播機制。有鑑於完善的網路層協定可大幅提昇上層網路協定的作業效率，同時也可簡

化行動電腦的執行程序，我們將深入研究行動電腦的可移動性對因果群播的影響，審慎地設計可支援因果群播的網路層協定，使其可以與行動式網際網路協定相互合作，得以更有效地支援行動電腦的移動。最後，我們擬將建立效能評估模型，透過系統化的效能分析，來驗證我們所提出之架構的效率與否。

三、結果與討論

我們設計了一個適用於行動環境的因果群播通訊協定。我們擬將原本在單一主機執行的傳統因果群播演算法，改良並分為二部分；一部分在 **Mobility Agent** 上執行，另一部份則在行動電腦上執行。此二部份經由無線介面，彼此僅須交換簡單訊息(而毋需傳送完整因果資訊)，故可使得行動電腦的電力消耗減至最低。**Mobility Agent** 為行動電腦的代理人，代替行動電腦執行因果群播演算法。行動電腦本身僅須負擔少量的工作。此協定於 **mobility agents** 之間交換群播訊息時，攜帶的因果資訊量僅需 $O(N_a)$ 個自然數(integers)，通訊複雜度(communication complexity)亦為 $O(N_a)$ ，其中 N_a 代表系統中 **mobility agents** 之個數。因此在此協定中，發送一個群播訊息至多需 $O(N_a^2)$ 個自然數，較現今之任何方法優。另外，我們也對此協定進行效能評估。依據分析模型(analytical model)所得之數據顯示，我們所新改良的群播協定大大地節省通訊時間。目前，我們已將這幾項研究成果整理並已投稿至國外期刊。

為了能讓因果群播協定將來能在實際的行動環境中施行，我們更進一步地設計了一層級化的架構，利用現行 TCP/IP 協定堆疊(protocol stack)作為建構的基本原件(building block)來支援這個因果群播協定。(如圖示一)。另外，我們亦利用所規劃的協定堆疊，發展一無接縫的換手 (seamless handoff) 程序，使得新設計的行動因果群播協定可運作地更有效率。當資料鍊路層(即 radio link)發現行動電腦已移至另一個網路時，便會立即通知上一層的網路層、傳輸層乃至應用層的協定模組換手程序應該啟動、開始進行狀態資訊移動(或重新設定)。透過這樣的互動過程，因果群播協定將可適

時地暫時終止往下的傳送資料，至下層的換手程序完成後再恢復資料送出的動作。這樣改良的作業方式可減少資料片(datagram)被丟棄的可能性，並積極地節省無線頻寬的耗費。

四、計畫成果自評

在本計畫中，我們對於行動計算環境的研究，舉凡：分散式系統演算法於此環境之運行效率與限制、行動計算通訊協定的設計及分析、應用層(application layer)、傳輸層(transport layer)、網路層(network layer)、資料連結層(data link layer)等之間互動關係都有相當的知識獲益。我們將以目前的研究成果作為基礎，並在下年度計畫作更深入討論。

五、參考文獻

- [1] A. Acharya and B.R. Badrinath, "A Framework for Delivering Multicast Messages in Networks with Mobile Hosts," *ACM/Baltzer Mobile Networks & Applications*, vol.1, no.2, pp.199-219, 1996.
- [2] S. Alagar and S. Venkatesan, "Causal Ordering in Mobile Distributed Systems," *IEEE Trans. Comp.*, vol.46, no.4, pp.353-361, 1997.
- [3] K.P. Birman, *Building Secure and Reliable Network Applications*, Manning Publications Co., 1996.
- [4] B. Charron-Bost, G. Tel, and F. Mattern, "Synchronous, Asynchronous, and Causally Ordered Communication," *Distributed Comp.*, vol.9, no.4, pp.173-191, 1996.
- [5] V. Chikarmane et al. "Multicast Support for Mobile Hosts Using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture," *ACM/Baltzer Mobile Networking & Applications*, vol.3, no.4, pp.365-379, Jan 1999.
- [6] G. Cho and L.F. Marshall "An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environment," *IEEE Journal on Selected Areas in Commun.*, vol.13, no.5, pp.868-879, 1995.
- [7] D. Dolev and M. Malki, "The Transis Approach to High Availability Cluster Communication," *Commun. ACM*, vol.39, no.4, pp.64-70, Apr 1996.
- [8] V. Hadzilacos and S. Toueg, "Fault-Tolerant Broadcasts and Related Problems," *Distributed Systems*, 2nd Ed. (S. Mullender, ed.) ACM Press, pp.97-145, 1993.
- [9] A.D. Kshemkalyani and M. Singhal, "Necessary and Sufficient Conditions on Information for Causal

- Message Ordering and Their Optimal Implementation,” *Distributed Computing*, vol.11, no.2, pp.91-111, 1998.
- [10] L. Lamport, “Time, Clocks, and the Ordering of Events in a Distributed System,” *Commun. ACM*, vol.21, no.7, pp.538-565, 1978.
- [11] C.P. Li and T.L. Huang, “A Mobile-Support-Station-Based Causal Multicast Algorithm in Mobile Computing Environment,” *Proc. 11th Int’l Conf. Info. Networking*, vol. 2, pp.9C-1.1-9C-1.10, Taipei, Taiwan, Jan 1997.
- [12] K. Obraczka, “Multicast Transport Protocols: A Survey and Taxonomy,” *IEEE Commun. Magazine*, vol.36, no.1, pp.94-102, 1998.
- [13] C. Perkins, *Mobile IP: Design Principles and Practices*, Addison-Wesley, 1998.
- [14] R. Prakash, M. Raynal, and M. Singhal, “An Adaptive Causal Ordering Algorithm Suited to Mobile Computing Environments,” *Journal of Parallel & Distributed Computing*, vol.41, no.2, pp.190-204, Mar 1997.
- [15] M. Raynal, A. Schiper, and S. Toueg, “Causal Ordering Abstraction and a Simple Way to Implement It,” *Inform. Process. Lett.*, vol.39, no.6, pp.343-350, 1991.
- [16] L.H. Yen and T.L. Huang, “Resetting Vector Clocks in Distributed Systems,” *Journal of Parallel & Distributed Computing*, vol.43, pp.15-20, 1997.
- [17] L.H. Yen, T.L. Huang, and S.Y. Hwang, “A Protocol for Causally Ordered Message Delivery in Mobile Computing Systems,” *ACM/Baltzer Mobile Networks & Applications*, vol.2, no.4, pp.365-372, 1997.

