

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

ATM 網路訊務管理及信號系統 子計畫三：ATM 網路 CBR 訊務控制法則之研發

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 009 - 106 -
執行期間： 88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳伯寧副教授 國立交通大學電信工程學系
共同主持人：蔡榮宗助理教授 國立師範大學資訊教育學系

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學電信工程學系

中 華 民 國 89 年 10 月 1 日

ATM 網路訊務管理及信號系統

子計畫三：ATM 網路 CBR 訊務控制法則之研發

Design of CBR Service Guarantee Disciplines in ATM Networks

計畫編號：NSC 89-2213-E-009-106

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：陳伯寧副教授 國立交通大學電信工程學系

共同主持人：蔡榮宗助理教授 國立師範大學資訊教育學系

計畫參與人員：李佳峰、吳佳龍、潘家蘄、翁昭源（以上交大電信所）、陳純美（以上師大資教所）

一、中文摘要

未來的高速(非同步傳輸模式)網路將運載並確保各種不同型態與服務品質要求的訊務，例如提供固定位元率(CBR)、即時可變位元速率(rt-VBR)、非即時可變位元速率(nrt-VBR)、可用位元速率(ABR)與未明確位元速率(UBR)等五類的訊務服務。隨著資料量調整(traffic shaping)、允入控制(admission control)、流量控制(flow control)與擁塞控制(congestion control)的研發技術的進步，建立可確保服務品質之高速網路的目標可望逐漸實現。一般說來，資料量調整和允入控制的結合運用，可避免發生網路瞬間湧入過量訊務之情況；在網路交換點上的資料量排程(scheduling)與調整(regulation)的流量控制，可確保離開交換點的每個訊務單元符合服務特性參數需求；擁塞控制則可引導網路交換點彼此之間的協同合作，降低網路內總和訊務在時間軸上的統計變異量。基本上，在發展這些技術之前，必需要先建立流量控制框架及可用的參數，以作為訊務特性描述及訊務管理的基礎。其中固定位元速率訊務模式多被應用於如語音、影像、電路仿效(circuit emulation)等有嚴格延遲與變異限制的應用，其服務品質保證與流程控制是目前非同步傳輸模式網路研發的重點之一。

本子計畫的目的，是研發且分析一個適用於整合具有不同服務品質要求的固定位元速率訊務應用的通用流程控制方案，以能有效率的預測與掌控不同性質訊務的服務品質。我們的全程研究重點在於：(1)研發流量控制機置，使得各連結達到相當

程度的確保訊務特徵之運作獨立性，而又能維持某種程度的統計複合(statistical multiplexing)；(2)設計整合服務準則與架構，以符合高速、具有服務品質保證的非同步傳輸模式網路之「簡單且具有彈性」的關鍵實作要件；(3)建立或使用明確式(deterministic)或隨機式(stochastic)流程控制數學架構，以驗證整體資料量排程機制下的端對端效能。而本年度著重於訊務統合(aggregation)的流量控制，以加強訊務管理架構的擴增性，並研究利用濾波器原理的基本概念，來分析可確保服務品質網路的效能。概括說來，以虛擬路徑(virtual path)為基礎的訊務統合，雖可簡化虛擬線路內交換點的資料量排程計算，但是必需要選用「能提供分配資源與延遲限制的分離性」的服務法則(service discipline)，而訊務流速(traffic rate)群組可減少虛擬線路上每個交換點資料量排程的計算複雜度，可是所使用的服務法則必需要有非常簡單或者可簡約實作的本質。我們的目標為研發一個足以融合以上兩種法則特色的方法。此外，使用(min, +)代數在網路運算是個新趨勢，濾波器原理成功的分析一些服務品質確保的網路，可是這趨勢的更大成就，或許在於能否於 QoS 控制上產生新解，本計畫在此方向亦有部份結論。

關鍵詞：非同步傳輸模式，流程控制，服務品質

Abstract

Future high-speed/ATM networks are

expected to carry diverse traffic types with different requirements of quality of service(QoS), supporting services for traffics with constant-bit-rate(CBR), real-time variable-bit rate(rt-VBR), none-real-time variable-bit-rate(nrt-VBR), available-bit-rate(ABR) and unspecified-bit-rate(UBR). The ultimate objective of providing guaranteed QoS networks is being approached by the development of advanced techniques in *traffic shaping, admission control, flow control* and *congestion control*. The use of *traffic shaping* and *admission control* prevents networks from being unexpectedly overwhelmed by excessive traffic. Flow control, which involves traffic *scheduling* and/or *regulation* at network switching nodes, aims to guarantee traffic characteristics of each serviced session. Congestion control directs the cooperation of network nodes to reduce temporal variance of aggregate traffic statistics over networks. Fundamentally, these require a framework of flow control with feasible parameters for traffic specifications and management. The CBR service is intended to support real-time applications that require tightly constrained delay variation, such as voice, video and circuit emulation. The mechanisms to guarantee QoS for CBR applications and flow control are currently one of the main research areas for ATM technologies.

The objective of this project is to develop and analyze flow control schemes to efficiently predict and control the QoS, demanded by heterogeneous applications in an integrated service network. Focused issues include: (1)development of effective flow control mechanisms that provide high degree of isolation between connections for performance guarantee, and at the same time, will not preclude statistical multiplexing; (2)design of flexible and simple integrated service disciplines that will impact the implementation of QoS guaranteed ATM networks at high-speed operation; (3)establishment of mathematical structures for examining the end-to-end performance of integrated traffic scheduling mechanisms deterministically and/or stochastically on a sample path basis. In particular, the project in

this year focuses more on the traffic aggregation for scalability, and the development of filtering approach in guaranteed service networks. Generally speaking, traffic aggregation policy based on virtual path connections can reduce the requirement on scheduling and computing at the intermediate nodes of a virtual circuit. However, its service discipline needs to exhibit highly isolation of allocated resources and delay bounds. On the other hand, those based on grouping traffic rates can reduce computation complexity at each switch scheduler on a virtual circuit. But this requires a service discipline that is inherently simple in implementation. We devote part of our efforts in this project in devising a scheme that compromises the above twos. Furthermore, the use of the (min, +) algebra for network calculus is a new trend. The filtering approach is of great success in analyzing networks of guaranteed service succinctly. It would be more significant that this approach is developed to yield new solutions for QoS control. We also try to research along this line.

Keywords: ATM, Flow control, Quality of Service

二、計畫緣由與目的

本子計畫的目的，是研發且分析一個適用於整合具有不同服務品質要求的固定位元速率應用的通用流程控制方案，以能有效率的預測與掌控不同性質訊務的服務品質。這對於開發實際上有效率且有經濟價值的具有服務保證能力之非同步傳輸模式網路或高速網路是相當重要的技術[1]。我們的研究重點請參酌第一節摘要。

三、結果與討論

我們根據濾波的理论 [2, 3, 4] 提出一個新的流量控制的方法，且使用 (min, +) 代數運算元來取代傳統的 (+, ×) 代數運算元。在這個理論中，最重要的部份是依據量測到的輸入量和輸出量，使用“迴旋積”的方法來判別網路的擁塞與否。

首先我們發現在某些特殊的情況下，「頻譜轉換」的技巧並不能在給定輸入量與輸出量時，找到濾波器的對應解。其次，以時間軸的分析技巧發現，在某些的情況下，其濾波器解也不一定存在。我們因此提出使用「絕對誤差」的估計方法，目的在找一個可靠的估測濾波函式 $\hat{h}(t)$ ，使得其與輸入量的「迴旋積」的值，和輸出量的絕對誤差為最小。為了方便起見，我們採用一階的 $\hat{h}(t)$ ，其時軸表示式為 $ct+d$ 。

根據濾波器的理論，濾波函式 $h(t)$ 就像是輸出的上界，所以理論上我們應可用每個網路節點的輸入量 $x(t)$ 減去 $h(t)$ ，來估量網路節點擁塞的程度。為了有更好的估量，我們亦提出同時考量「向前」和「向後」的回饋調節機制；所謂的「向後」調節機制，是讓前一級的節點，根據雙方的擁塞狀態，來決定目前的節點的輸出速度；而「向前」調節的機制，是讓這個節點決定前一級節點的輸出速度調節。此外，我們也提出參考過去整體網路擁塞資訊的輔助機制，也就是將後面所有節點的擁塞係數（ c, d ）週期性的向前傳遞，並運用「迴旋積」整合，以做為後續所有節點的整體擁塞情形的判斷依據。

在實驗中，我們將新提出來的濾波式流量控制機制，與傳統的速率式流量控制機制(rate-based) [5, 6, 7]與信用式流量控制機制(credit-based) [8, 9]作比較。在四個節點的網路架構假設下，可以發現濾波式流量控制機制無論在輸出量(throughput)和封包遺掉率(packet loss rate)，都跟傳統的流量控制機制有幾乎相當的效能，但是在輸出量的變異性上，卻是明顯的較其他兩者為優，所以濾波式流量控制機制對於流量變化較大的網路表現較為強健。但當網路的節點超過四個以上，在各種效能表現上，就可以看出濾波式流量控制機制，比傳統的機制流量控制要好。

四、計畫成果自評

我們根據濾波器理論，提出一個新的流量控制機制。實驗顯示在四個節點的網路系統中，我們所提出的「濾波式流量控制」與傳統的「速率式流量控制機制」與

「信用式流量控制機制」相比，無論在輸出量和封包遺掉率，都跟傳統的流量控制機制有幾乎相當的效能，但是在輸出量的變異上確遠較傳統機制小。因此研究成果已達計畫預期，並有具體成果，且亦間接說明了濾波理論有其實質意義。

五、參考文獻

- [1] Cambyse Guy Omidyar and Guy Pujolle, "Introduction to flow and congestion control," *IEEE Comm. Magazine*, pp. 30-32, November 1996.
- [2] Cheng-Chang Chang, "On deterministic traffic regulation and service guarantees: A systematic approach by filtering," *IEEE Trans. Info. Theory*, vol. IT-44, pp. 1097-1110, May 1998.
- [3] Cheng-Shang Chang, "A filtering theory for deterministic traffic regulation," *IEEE INFOCOM'97*, vol. 2, pp. 436-443, 1997.
- [4] Cheng-Shang Chang, *Performance Guarantees in Communication Network*, draft, August 1998.
- [5] Hiroyuki Ohsaki and Masayuki Murata, "Analysis of rate-based congestion control algorithms for ATM networks-Part I: Steady state analysis," *IEEE INFOCOM'95*, vol. 1, pp. 296-303, 1995.
- [6] Nanying Yi, "Analysis of a rate-based traffic management mechanism for ABR service," *IEEE GLOBECOM 1995*, vol. 2, pp. 1076-1082, 1995.
- [7] Nanying Yin, G. Michael, and Hluchhyj, "On close-loop rate control for ATM cell relay networks," *IEEE INFOCOM'94*, vol. 1, pp. 99-108, 1994.
- [8] R. Schoenen, G. Post and A. Muller, "Analysis and dimensioning of credit-based flow control for the ABR service in ATM networks," *IEEE GLOBECOM'98*, vol. 4, pp. 2399-2404, 1998.
- [9] Xi Zhang, K. G. shin and Qin Zheng, "Integrated rate and credit feedback control for ABR service in ATM networks," *INFOCOM'97*, vol. 3, pp. 1295-1303, 1997.