

# ATM 網路訊務管理及信號系統總計畫： Traffic Management and Signaling System for ATM Networks

計畫編號：NSC 89-2213-E-009-104

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：張仲儒教授 國立交通大學電信工程學系暨研究所

共同主持人：陳耀宗教授、楊啟瑞教授（交大資訊工程學系）

陳伯寧教授（交大電信工程學系）

## 一、中文摘要

提供多媒體資訊服務的高速網路有許多得研究的課題，其中訊務控制管理及信號系統是 ATM 網路較為棘手仍待研究發展的問題。本計畫擬以三年來探各類訊務(CBR、VBR、ABR)的訊務控制與管理策略，並將其製作成晶片，以符合即時性的要求；同時也探討傳遞這些控制管理訊息的信號系統，將在 AAL5 SAAL(Signaling ATM Adaptation Layer)上發展 SSCOP (Service Specific Connection Oriented Protocol)、Q.2931 與 Q.2971。本計畫的第一子計畫旨在探討 VBR 的訊務控制，擬從時間軸及頻譜軸等不同的角度切入，來探討相關變動位元速率(VBR)訊務控制等問題，並利用類神經網路或模糊邏輯的方式來實現之，發展出各相對應的 VBR 訊務控制法則；第二子計畫旨在研發傳遞控制管理訊息之信號系統，其特性包括點對點呼叫、點對多點呼叫、虛擬路徑服務等，並採用物件導向方式進行設計；第三子計畫旨在研發且分析一個適用於整合具有不同服務品質要求(QoS)的固定位元速率(CBR)應用的通用流量控制(Flow Control)方案，以能有效率地預測與掌握不同性質訊務的服務品質；第四子計畫旨在提出一個可行的可用位元速率(ABR)訊務的流量控制技術，並且針對目前常見的一些訊務來源模式(MMBP、MMPP、MMFP、Self-similar traffic modeling)以及分析法進行探討和分析，找出其強點和弱點，而進一步為 ATM 網路之 ABR 訊務管理設計自己的分析。

**關鍵詞：**非同步傳輸模式、訊務控制、信號方式、允諾控制、流量控制、排程、QoS、CBR、VBR、ABR。

## 英文摘要

There are many research topics in high-speed networks providing multimedia information services. In ATM networks, traffic control and management and signaling system are two issues not being solved and still being studied and developed. This project takes three years to analyze and design the traffic control and management schemes for all kinds of CBR, VBR, and ABR services; and the schemes will finally be implemented into microcontroller chips to satisfy the real-

time requirement and fulfill the realization purpose. In the mean time, the study on signaling system, necessary for carrying these traffic control and management messages between customer premise equipment and node (or UNI), is also included. Thus, the first subproject will design and analyze the traffic control algorithm for VBR services, using neural-net and/or fuzzy logic techniques from time-domain or frequency-domain points of view. The second subproject will study and design the signaling system using object-oriented design, where the features of the signaling system include point-to-point cases, point-to-multipoint, virtual path services, etc. The third subproject is to develop and analyze universal flow control schemes to effectively predict and control QoS demanded by heterogeneous CBR applications. The fourth subproject is to propose a viable flow control algorithm for ABR services. Moreover, it will examine and analyze the strengths and weaknesses of current existing promising source traffic models (MMBP, MMPP, MMFP, Self-similar traffic modeling) and offer appropriate analysis based on the selected models for ABR traffic management.

**Keywords:** ATM, Traffic Control, Signaling, Admission Control, Flow Control, Scheduling, QoS, CBR, VBR, ABR

## 二、計畫緣由與目的

由於人們對於通訊服務多元化，多樣化，寬頻化的迫切需求以及近年來通訊軟硬體技術的發展，一個能提供各式各樣通訊服務的高速寬頻網路漸趨迫切。非同步傳輸模式 (ATM, Asynchronous Transfer Mode) 是實現設計此高速網路的選擇技術之一。ITU-T 已將 ATM 技術視為 B-ISDN 的基本傳輸模式。

ATM 網路，可以提供不同傳輸速率，不同的服務品質需求(QoS, Quality of Service)，以及不同頻寬需求等各式各樣訊務特性的高速多媒體服務。有別於現有高速乙太網路(Ethernet, 100Mbps) 或超高速乙太網路(Gigabit Ethernet)，ATM 網路必須是 QoS-controlled and QoS-provisioning 的，也就是說 ATM 網路要滿足多媒體服務的高速率性及變異性。要達成此目標，則

必須要有一套精緻且有效的訊務控制法則(Traffic Control)及其傳遞控制訊息的信號方式(Signaling)才能使非同步傳輸模式網路經濟地提供符合服務品質需求(QoS)的服務,並且維持網路有效率的輸出量。因此,訊務控制及傳達控制訊息的信號方式(signaling)是研究 ATM 網路非常重要的課題。根據 ITU-T 的建議,訊務控制包括了呼叫允諾控制(Call Admission Control)、使用參數控制(Usage Parameter Control)、擁塞控制(Congestion Control)和優先權控制(Priority Control)。ATM 網路設備必須做適當的訊務控制(Traffic Control)才可以確保 ATM 網路的服務品質。ATM 網路的訊務控制及信號方式目前仍在學術研究階段,標準目前雖已做初步的擬定,仍然有許多值得再投入研究的地方。本整合型研究計劃的目的,就是希望設計製作 ATM 網路所不可或缺的訊務管理及信號系統,提出適合的解決方案,以累積我國在這方面的實際設計以及實作的經驗,並培育國內相關產業系統設計之人才。

### 三、結果與討論

#### } 第一子計畫：ATM 網路 VBR 訊務控制系統之設計製作

本子計畫在本年度(第三年度)的研究目的,主要是針對前兩年所發展出來的時間軸或頻率軸之訊務控制法則做細部的調整和進一步的改進,以增進系統的功能和強健度(Robustness)而達到系統的最佳化,並擬多方面地來驗證所獲得研究成果的正確性。最後擬透過之晰邏輯控制器發展系統軟體,將所發展出來的時間軸或頻率軸控制法則燒錄到商用化的之晰邏輯控制晶片中,以完成硬體架構的實際設計。

在呼叫允諾控制方面(如圖一所示),更新原有的控制架構,在既有可保障封包遺失率(CLR)的呼叫允諾控制法設計中,進一步考慮確保其封包延遲變異(CDV)之服務品質;同時,為因應真實世界中訊務特性乃具有多樣性以及隨時間變異之特點,系統必須能快速地反應以維持最佳之效能表現。所以我們也採用學習速度較快之輻射基底函數類神經網路(Radial Basis Function Neural Network, RBFN)來實現智慧型計算,藉由其快速且簡易學習的優點,完成類神經網路即時線上學習之機制,以便在訊務特性有所變動的環境中仍能夠追蹤訊務特性,維持最佳水準的表現,增強系統之穩定與強健度(Robustness)。從模擬結果(圖二)顯示,具 CDV 保障之允諾控制機制(CDV CAC)雖較原有之機制(non-CDV CAC)有略低之系統頻寬使用率,但是其在封包延遲變異上的表現卻有大幅的提升。此外,實驗數據也顯示,具 CDV 保障之允諾控制機制本身即有較佳之強健度,可應付訊務特性之小幅變動。在增加線上即時學習功能之後(Online CDV CAC)則可以適應於更大幅度的訊務特性變動環境中,維持既有的服務品質與系統頻寬使用率。

在使用參數控制方面,我們延續既有的訊務塑型器(TS)-使用參數控制器(UPC)對偶的架構,以及針對其中平均封包速率(SCR)控制方面,利用連線的長期平均封

包速率和短期平均封包速率輸入類神經之晰控制器來完成適應性使用參數控制法的設計(如圖三),但進一步針對所需的短期平均封包速率之量測,藉由之晰邏輯的智慧型控制系統,達到適應性動態量測區間(Dynamic Window)之平均封包速率(SCR)取樣法,以期能使透過量測取得的短期平均封包速率更能反應實際的狀況。從模擬的結果(圖四)顯示,我們所設計的增強型類神經之晰漏水桶法使用參數控制器(Enhanced Neural Fuzzy TS-UPC)儘管在準確性方面較傳統以及其他智慧型控制方式的漏水桶法改進幅度不大,但在反應性與平均佇列延遲方面都獲得很顯著的改善,對於違法的連線有更小的反應時間以及更短的佇列延遲。所以我們的增強型類神經之晰使用參數制器比起傳統以及其他智慧型控制的方式,對連線的訊務可以提供更精確、快速反應的監測控制,維持系統良好的運作。

#### } 第二子計畫：ATM 網路訊號系統之研發

在此子計畫研究中,我們設計一套模擬 SSCOP 之應用程式介面來,並利用多部電腦架設出一模擬平台來模擬 ATM 網路,進行 ATM 網路控制訊號協定之實作,也藉以了解及驗證所設計的應用程式介面;而且藉由事先的規劃,模擬平台可以直接升級成 ATM 網路而不需任何修改。此一程式與模擬平台目前已可正常運作,我們亦可以此平台開發新的控制方法。

當欲進行點對點的呼叫建立時,一台電腦(主叫端)想要建立到另一台電腦(被叫端)的連結時,首先會送一個 Setup 的訊息到連接的交換機(如圖五所示),Setup 的訊息包括被叫端的位址和其他的資訊;然後交換機根據所收到的資訊將 Setup 訊息轉送到下一個交換機,並且對主叫端送出 Call Proceeding 的訊息,表示交換機已經收到了足夠的資訊;當然在交換機接收到 Setup 訊息後,也會把 Call Proceeding 訊息傳給反向傳給來源的交換機。Setup 訊息最後會被傳送到被叫端電腦,此時被叫端會決定是否要接受呼叫,若接受了呼叫被叫端電腦會發出 Connect 訊息給主叫端電腦,等到主叫端電腦接收到 Connect 訊息後,即回送 Connect Acknowledge 訊息給主叫端,如此整個點對點的呼叫信號程序就建立完成了。

主叫端電腦所要使用的 VPI/VCI 可以由來自交換機端的 Call Proceeding 或是 Setup 訊息中得知,若交換機端無法提供虛擬通道會傳回 Release Complete 訊息告訴主叫端電腦 此外 Setup 訊息在網路中傳遞時會選擇適合的 VPI/VCI,所以被叫端可以知道傳往主叫端所要使用的 VPI/VCI。

當任何一端要解除連結時,就會發出 Release 訊息,並且以類似建立連結的方式傳送;收到 Release Complete 訊息時表示連結已完全解除,此時先前所要求的網路資源都會被釋放。

根據上述點對點呼叫建立與解除信號程序,可以將使用者端與交換機端的狀態以 State Machine 的方式加

以描述，這也是程式最主要的架構所在。交換機 (Switch) 端及使用者 (User) 端的 State Machine 分別如圖六、圖七所示。

### 第三子計畫：ATM 網路 CBR 訊務控制法則之研發

我們根據濾波理論[5, 6]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  $h(t)$ ，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  $h(t)$ ，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)與信用式流量控制機制(credit-based)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。

### 第四子計畫：ATM 網路 ABR 訊務管理及訊務源模型之研究

我們針對無線 ATM 網路提出了一個新的智慧型多重存取控制系統 (IMACS)，以支援不同於 CBR 和 VBR 訊務之 ABR 和 Signaling Control (SCR) 訊務。其最大的目地是有效地滿足多種的服務品質(QoS)需求並能保持最大的網路效能。IMACS 由三部份組成：Multiple Access Controller (MACER)、Traffic Estimator/Predictor

(TEP)、和 Intelligent Bandwidth Allocator (IBA)。計畫的重心是放在訊務源之評估與 ABR 訊務之預測，亦即 IMACS 之 TEP 部份。

TEP is responsible for the periodic estimation of the Hurst parameter (denoted as H), and the prediction of the short-term mean and variance of ABR traffic. Specifically, H is periodically estimated based on wavelet analysis [7]. The short-term mean and variance for the subsequent frame are predicted by means of an on-line neural-fuzzy approach (NFTP)[8].

NFTP performs on-line traffic prediction based on a self-constructing neural-fuzzy inference network [8]. It is involved in two phases of learning: structure and parameter learning. The structure-learning phase determines the structure of fuzzy if-then rules, and the parameter-learning phase tunes the coefficients of the rules adapting to the input traffic dynamics. Unlike existing neural-fuzzy models using sequential learning, NFTP performs the structure and parameter learning in parallel. This makes NFTP advantageous for fast on-line prediction.

Figure 8 illustrates an NFTP network with three inputs. This network predicts the future CNF (Common Notification Field) value ( $\hat{N}_4$ ), which corresponds to *the mean number of active MT's in the subsequent frame*, based on three input values taken from three most-recent CNF values (denoted as  $N_i, i=1$  to 3). At the end of each frame, in addition to predicting the CNF value of the next frame, NFTP also performs the learning operation described above. The simulation results reveal that IMACS could support various QoSs and adapt to the variation of traffic sources to improve system utilization by adopting TEP.

## 四、計畫成果自評

本計畫中，我們已發展出針對 ATM 網路上之 CBR、VBR、ABR 等不同服務訊務特性的訊務控制與管理策略，以及傳遞這些控制管理訊息的信號系統方式；同時也透過系統模擬方式加以校調改進，並驗證研究成果的正確性。在 VBR 訊務控制上，我們從時間軸及頻譜軸等不同的角度切入、探討，並成功地設計出允諾控制、使用參數控制與壅塞控制法，並利用類神經網路或乏晰邏輯的方式實現之，發展出各相對應的 VBR 訊務控制法則。最後也進行硬體方面的實做，成功地將所設計發展的最佳類神經乏晰允諾控制法則下載至一含有商用控制晶片之硬體平台中，成為一類神經乏晰呼叫允諾控制引擎。在 CBR 訊務控制方面，我們根據濾波理論，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

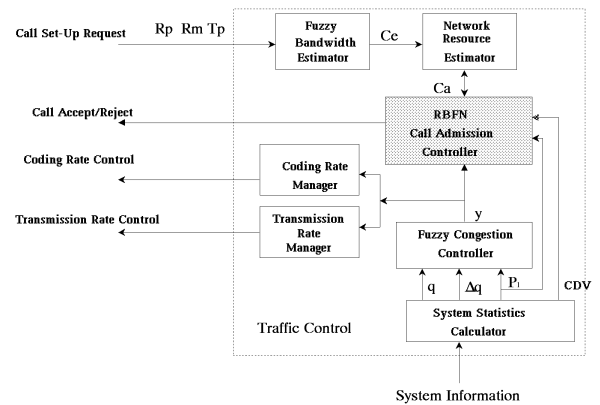
遺掉率，都跟傳統的流量控制機制有幾乎相當的效能，但是在輸出量的變異上確遠較傳統機制小。在 ABR 訊務控制方面，提出了一個新的智慧型多重存取控制系統 (IMACS)，並針對其中訊務源之評估與 ABR 訊務之預測 (亦即 IMACS 之 TEP) 部分進行設計，採用一可線上即時自我學習的類神經之控制系統來達到自動調整適應網路訊務特性，以獲得更精確預測的結果。實驗結果證實採用 TEP 之設計，IMACS 可提供不同之 QoS 保證，且可隨訊務源之變化得到最大之網路效能。而在 ATM 信號系統的設計方面，我們實作出一模擬 SSCOP 的完整環境。以實際的 PC 架設出一模擬平台，並且藉由事先的規劃，模擬平台可以直接升級成 ATM 網路而不需任何修改。此一程式目前已可正常運作，我們亦可以此平台開發新的控制方法。

綜合上述各子計畫之結果，可以顯示本研究計畫的研究成果已達計畫預期，並有具體成果。而各項研究成果，我們亦已整理並投稿發表於相關國際期刊論文中，同時也將陸續在數個國際會議中進行發表，成果應屬豐碩。而計畫執行中所累積的寶貴經驗與各項(技術)成果，未來亦可以與相同領域之研究人員進行交流，同時也可以奠定未來在 IP 網路上發展具服務品質保證之訊務控制法則的基礎，以期能快速地發展出 IP 網路上相關的關鍵技術，而本計畫執行所累積的知識和經驗亦可以繼續傳承、延續下去。

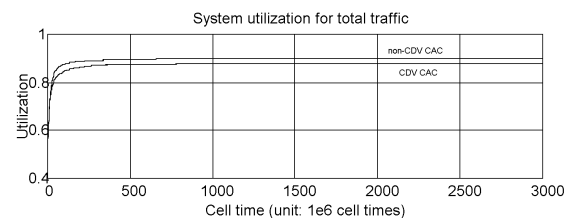
## 五、參考文獻

- [1] S. Q. Li and C. L. Hwang, "Queue response to input correlation function: continuous spectral analysis," *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol.1, no. 6, pp. 678-692, Dec. 1993.
- [2] Erwin P. Rathgeb, "Modeling and performance comparison of policing mechanisms for ATM network," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 9, no. 3, pp. 325-334, April 1991.
- [3] R. G. Cheng, C. J. Chang, and L. F. Lin, "A QoS-Provisioning Neural Fuzzy Connection Admission Control for Multimedia High-Speed Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 7, No. 1, pp. 111-121, Feb. 1999.
- [3] ITU-T Recommendation Q.2931, "B-ISDN-ATM adaptation layer - service specific connection oriented protocol (SSCOP)," 1994.
- [4] ITU-T Recommendation Q.2130, "B-ISDN signaling ATM adaptation layer - service specific coordination function (SSCF) for support of signal at the user-to-network interface (SSCF at UNI)," 1994.
- [5] 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.
- [6] Cheng-Shang Chang, *Performance Guarantees in Communication Network*, draft, August 1998.
- [7] P. Abry, and D. Veitch, "Wavelet Analysis of Long-Range Dependent Traffic," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 44, no. 1, Jan. 1998, pp. 2-15.
- [8] C. Jung, and C. Lin, "An On-line Self-Constructing Neural Fuzzy Inference Network and Its Applications," *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, vol. 6, no. 1, Feb. 1998, pp. 12-32.

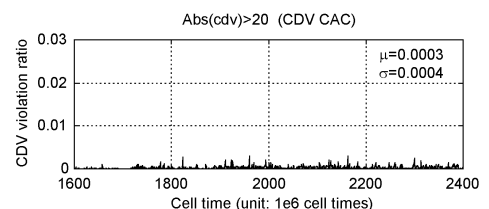
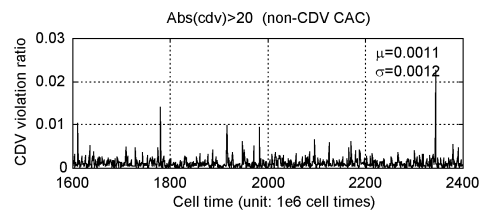
## 六、附圖



圖一(Fig.1)、ATM 訊務控制器

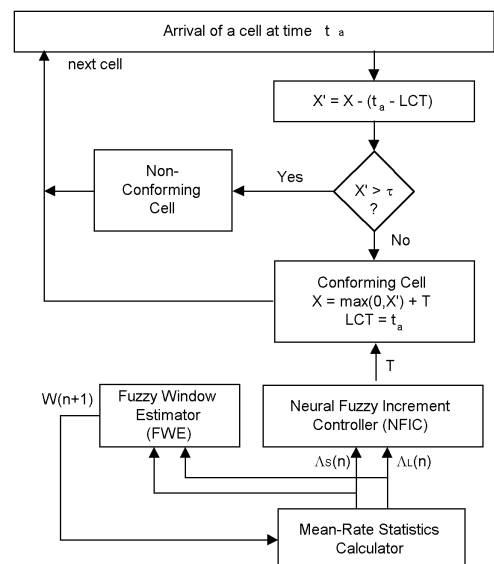


(a)

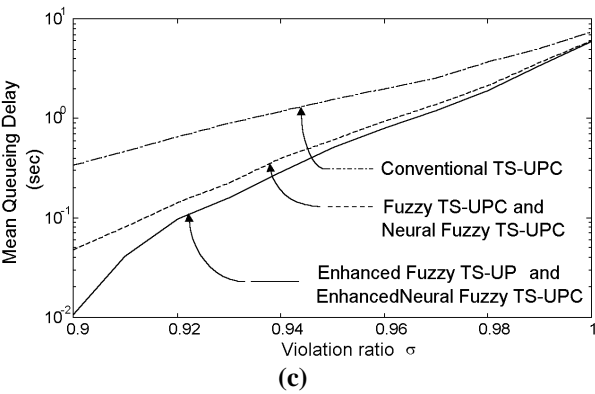
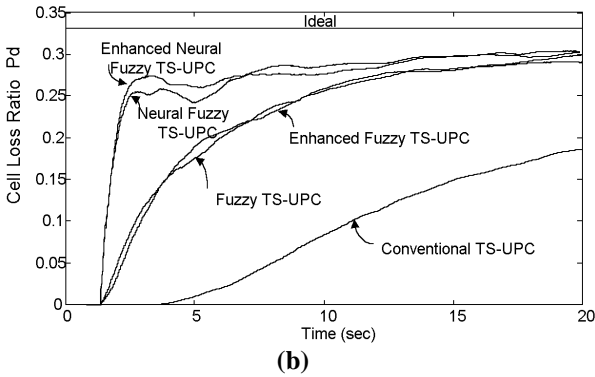
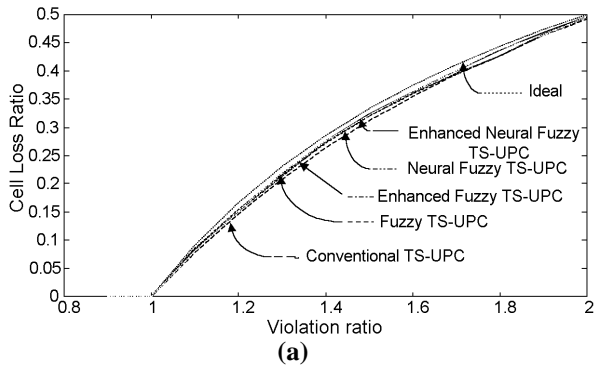


(b)

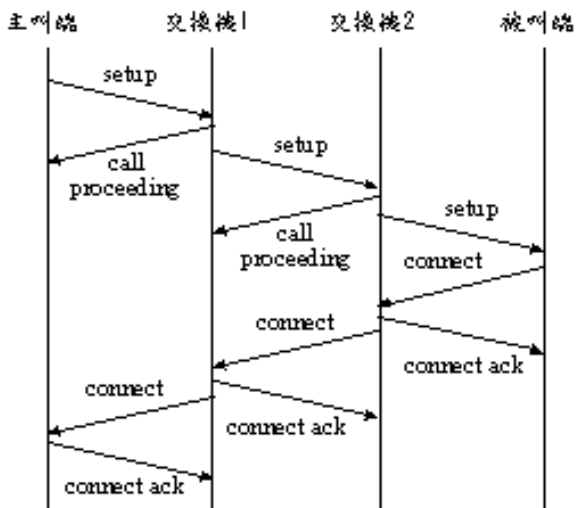
圖二(Fig.2)、呼叫允諾控制法之比較：(a)系統效能、(b) 封包延遲變異



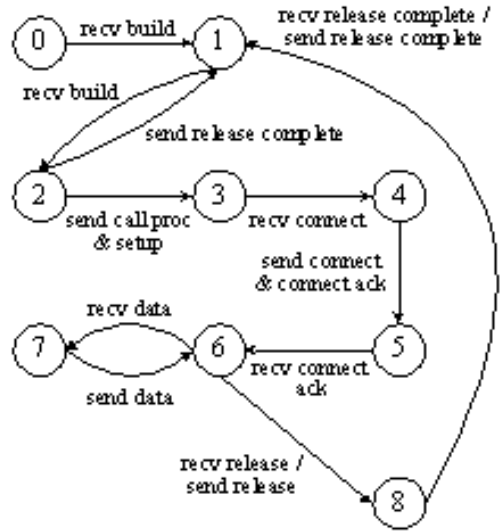
圖三(Fig.3)、增強型類神經之使用參數控制器



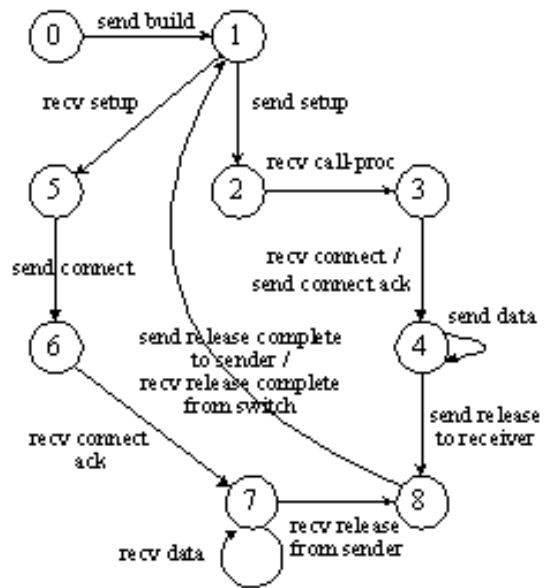
圖四(Fig.4) 增強型類神經模糊使用參數控制器與傳統及其他智慧型漏水桶法使用參數控制器之比較：(a) Selectivity (Accuracy). (b) Responsiveness. (c) Mean queuing delay.



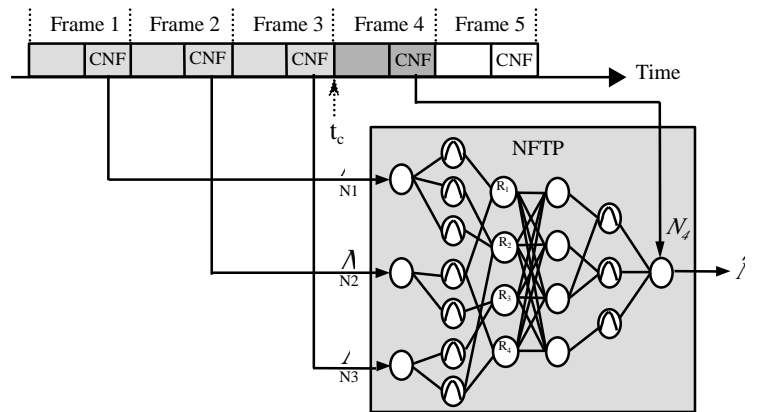
圖五(Fig.5)、呼叫建立程序



圖六(Fig.6)、State machine (交換機端)



圖七(Fig.7)、State machine (用戶端)



圖八(Fig.8)、State machine (用戶端)