

計畫名稱: 寬頻網際網路服務品質保證(II)子計畫三: 支援寬頻網際網路「負載控制服務」以量測為基礎的允諾控制與擁塞避免機制

Measurement-based Admission Control and Congestion Avoidance Schemes for Controlled-Load Service in Broadband Internet

計畫編號: NSC89-2219-E-002-002

主持人: 孫雅麗 台灣大學資訊管理學系 副教授

E-mail: sunny@im.ntu.edu.tw Fax:02-3621327

中文摘要:(關鍵詞:無壅塞 封包遺失率、流量量測、量測窗、頻寬分配、緩衝區管理)

隨著網際網路的盛行,許多網路應用程式相繼出現,這些應用需要得到一定程度的傳輸服務品質保證,才能讓使用者感受到其實用性,但目前的網際網路只提供盡力服務,並不能給予這些應用程式有效的支援。目前已經發展出一些即時媒體應用能夠視封包遭遇到的延遲動態調整資料的傳送,他們並不需要絕對可靠的封包延遲上限,但必須盡可能避免封包在傳輸過程中被丟棄,本研究即針對這類應用程式提供『無壅塞服務』,我們將其定義為『保證聚合資料流的最大封包遺失率為』,希望將來可以應用於 IETF 整合服務架構下的負載控制服務。本研究首先對台大校園骨幹網路做實際流量的量測及趨勢分析,以瞭解網路資料流的特性。結果顯示網路負載具有近似常態分配的特性,可進一步用於網路流量的預測以及網路資源的規劃與控制。此外,我們針對『無壅塞服務』的提供,提出一個動態頻寬與緩衝區分配的方法。實驗結果顯示避免頻寬使用率太高及動態分配頻寬可以有效抑制壅塞的發生。當網路流量的自我相似性不是很顯著時,配置適量的緩衝區更有助於封包遺失率的降低。

英文摘要 : (Keyword: congestion-free,

packet loss rate, traffic measurement, measurement window, bandwidth allocation, buffer management)

High quality, absolute guaranteed service may not be required by all applications. Many real-time applications, such as *nv*, *ivs* and *vic*, recently developed for packet-switched networks are capable of adapting their transmission to actual packet delays. They can as well tolerate occasional delay bound violations in the presence of transient network congestion. For this type of applications, an absolutely reliable bound on packet delivery times is not required. Moreover, many non-real-time applications such as on-line transaction processing and distributed simulation would desire a congestion-free packet delivery service from the network. This new type of service is called “Congestion-Free Service” with the guarantee of a maximum packet loss rate.

This work considers resource allocation in the support of “Congestion-Free Service” in Broadband Internet. First, we studied traffic characterization under different measurement models via analyzing traffic traces collected from National Taiwan University campus network. The results show that traffic load can be approximated by the Normal distribution. In the second part of the work, we proposed a dynamic bandwidth and queue management scheme to support “Congestion-Free

Service.” Simulation results show that in order to maintain a maximum packet loss rate, it is important that the system avoids operating at heavy loads, i.e. high link utilization. In a link sharing system, dynamic bandwidth allocation based on input loads can effectively avoid congestion. Furthermore, when combined with active queue management, it can further accommodate transient traffic bursts for non-self-similar traffic.

## 一、研究動機與目的

為了因應即時媒體應用對傳輸服務品質(QoS, quality of service)的需求, IETF 制訂了兩個可提供傳輸服務品質的架構, 分別是整合服務(Integrated Service)[8] 以及差異化服務(Differentiated Service) [1]。傳統的即時媒體服務研究主張對每個封包提供絕對(absolute)的延遲上限(delay bound), 而且不允許有任何封包在排隊(queueing)時被丟棄, 這樣的服務被稱為保證服務(Guaranteed Service)[3] [7], 但並不是所有即時媒體應用都需要這麼高水準的服務品質, 目前已經發展出一些應用程式如 *vat*、*nv*、*vic* 等, 能夠視封包遭遇到的延遲動態調整資料的傳送, 對這些應用程式而言, 並不需要絕對可靠的封包延遲上限, 盡可能避免封包在傳輸過程中被丟棄而順利抵達目的地, 反而是較為必要的傳輸服務品質。

寬鬆的傳輸服務品質保證對於網路資源的管理提供了更大的彈性, 也為路由器在允諾控制(admission control)、封包排程(packet scheduling)及緩衝區管理(buffer management)等各項功能設計上提供了一個新的思考面向。我們認為提供低封包遺失率且有最小傳輸率保證的無壅塞服

務, 對現存以及將來可能出現的應用, 應會具有相當的實用性。而透過以量測為基礎的方法即時了網路流量特性, 以從事允諾控制及動態配置資源, 相信將非常有助於促成無壅塞服務的實現。

## 二、相關研究

目前文獻上以量測為基礎(measurement-based)的流量控制主要應用在允諾控制(admission control)上。傳統的允諾控制以參數為基礎(parameter-based), 如[5]的 equivalent capacity 及[2]的 effective bandwidth, 亦即必須事先(a priori)明確描述出既有流量及新進資料流的行為才能發揮作用, 但目前在網路上的應用程式日益多元, 很難精確而完整地得到允諾控制所需的相關參數。以量測為基礎的允諾控制以實際量測的方式了解網路流量目前的狀況, 如此一來就可以破除需要事先知道流量參數的限制, 使允諾控制在應用上有更大的彈性。

在諸多以量測為基礎的允諾控制演算法中, [6]所提出的方法是使用量測窗(measurement window)估計並預測網路流量, 並將此資訊應用於允諾控制的判斷, 以提供一個具有寬鬆延遲上限保證的預測服務(predictive service)[3]。

[4]則是利用 equivalent capacity[5]的原理來描述流量, 它以量測值來估計目前流量的平均到達率(average arrival rate), 利用 Hoeffding bound 計算出 equivalent capacity 用於判斷目前流量所需使用的頻寬, 希望提供的是一種讓封包遺失率維持某一水準以下的服務。此法雖然亦著眼於提供無壅塞服務, 但卻未考慮到緩衝區對減輕封包遺失的效益。

## 三、流量量測

為了以較精確的方式描述流量變化，我們希望找出流量負載(traffic load)是否遵循某種統計分配。經實際量測台大校園網路一段 oc3 link 的流量，發現在不同時段、不同取樣區間(sampling interval)下，當取樣數量夠多時，聚合(aggregate)流量負載均相當近似於常態分配(以量測到的流量負載之平均數及標準差為參數)，如圖 1 的機率密度函數(pdf, probability density function)所示。

需要注意的是，取樣區間的不同會影響量測結果。如圖 2 所示，同一時段，採用較小的取樣區間，由於可以捕捉到更多流量暴衝(burst)現象，也就是更能反應出流量的瞬間變化，因此流量負載的變異程度也較大，從 pdf 圖來看就形成略為扁平而兩端分佈較廣的鐘形(bell shape)；反之，當取樣區間較大時，就不容易看出流量的變異。

從這樣的結果可以發現，在量測流量負載時，必須謹慎選擇取樣區間，以免低估或高估流量的瞬間變化，對流量產生誤判，進而影響網路資源的配置。

#### 四、無壅塞傳輸服務模型

利用流量負載具有常態分配的特性及希望善用緩衝區的理念下，本研究設計了一個動態頻寬分配與緩衝區配置模型，如圖 3 所示。基本原理是將時間軸切割成數個量測窗(大小為  $T$ )，以  $S$  為取樣區間在一個量測窗內取樣  $T/S$  個流量負載，給定一個比例  $u$  ( $0 < u < 1$ )，依據常態分配的特性，以該量測窗內流量負載的平均值  $AvgLoad$  及標準差  $StdLoad$  等式(1)計算出一個對應的頻寬使用量  $EC$ ，使得流量負載有  $u$  的機會大於  $EC$ ，並以  $EC$  作為該量測窗的頻寬保留量，其中等式(1)的  $z$  值是使累積機率等於  $1-u$  所對應的標準

常態變數值。由於流量負載具常態分配的特性，因此應該有  $(T/S) \times u$  筆流量負載值會超過  $EC$ ，由於已保留了  $EC$  的頻寬，因此配置緩衝區時，只要考慮這  $(T/S) \times u$  筆流量負載值超過  $EC$  的部份就可以控制封包遺失率，令量測窗內的最大流量負載值為  $MaxLoad$ ，若對每個高過  $EC$  的流量負載都保留  $(MaxLoad-EC) \times S$  的緩衝區容量，理論上就不應有任何封包被丟棄(drop)，綜合上述說明，該量測窗所需配置的緩衝區即如等式(2)所示。

$$EC = AvgLoad + z \times StdevLoad \quad (1)$$

$$\begin{aligned} BufferSize &= \frac{T}{S} \times u \times [(MaxLoad - EC) \times S] \\ &= T \times u \times (MaxLoad - EC) \end{aligned} \quad (2)$$

模擬結果顯示，當  $u$ 、取樣區間及量測窗大小搭配得宜時，不管流量是否具有自我相似(self-similar)的特性，封包遺失率都可以控制在相當低的水準，甚至能夠讓封包遺失率維持在 0。但此法尚未找到  $u$ 、取樣區間、量測窗大小及目標封包遺失率之間的關係，亦即還無法預知在某種上述參數組合下所能達成的封包遺失比例，如何更精準地控制封包遺失率，有待更進一步的研究。

#### 五、結論

近來許多網路上的即時媒體應用對於傳輸服務品質的要求較為寬鬆，針對不需嚴格封包延遲、但需避免封包遺失的應用，我們認為有必要提供可保障封包遺失率的無壅塞傳輸服務。本研究首先實地量測台大校園網路的流量，確認流量負載具有常態分配的特性，利用此特性及量測窗方式，我們設計了一套動態頻寬分配與緩衝區管理模型，可有效降低封包遺失率，但若更精確地控制封包遺失率，則需要

進一步的研究。

## 參考文獻

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", IETF RFC 2475, Dec. 1998
- [2] C.S. Chang and J.A. Thomas, "Effective Bandwidth in High-Speed Digital Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, No. 6, pp. 1091-1100, August, 1995
- [3] D. D. Clark, S. Shenker, L. Zhang, "Supporting Real-Time Applications in an Integrated Services Packet Network: Architecture and Mechanism", SIGCOMM'92, 1992
- [4] S. Floyd, "Comments on Measurement-Based Admissions Control for Controlled-Load Services", Technical Report, 1996 <http://www.aciri.org/floyd/admit.html>
- [5] R. Guerin, H. Ahmadi, M. Naghshineh, "Equivalent Capacity and Its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 9, No. 7, pp.968-981, Sep. 1991
- [6] S. Jamin, P. B. Danzig, S. J. Shenker, L. Zhang, "A Measurement- Based Admission Control Algorithm for Integrated Service Packet Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 5, No. 1, pp.56-70, Feb. 1997
- [7] S. Shenker, C. Partridge, R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service", IETF RFC2212, Sep. 1997
- [8] J. Wroclawski, "The Use of RSVP with IETF Integrated Services", IETF RFC 2210, Sep. 1997

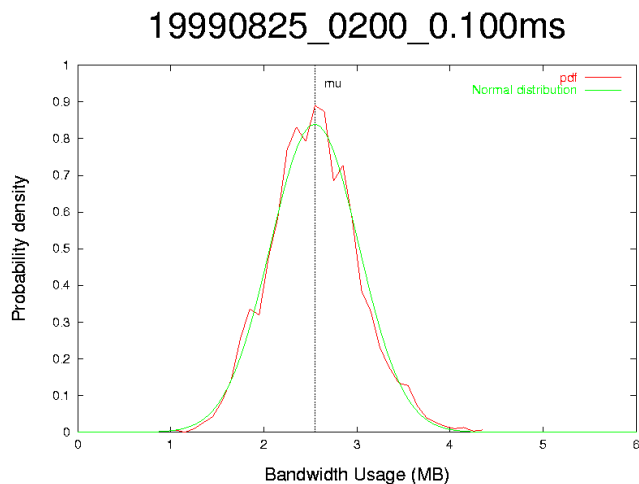


圖 1. 1999/8/25 凌晨 2:00、取樣時間為 100ms 的流量負載分配圖

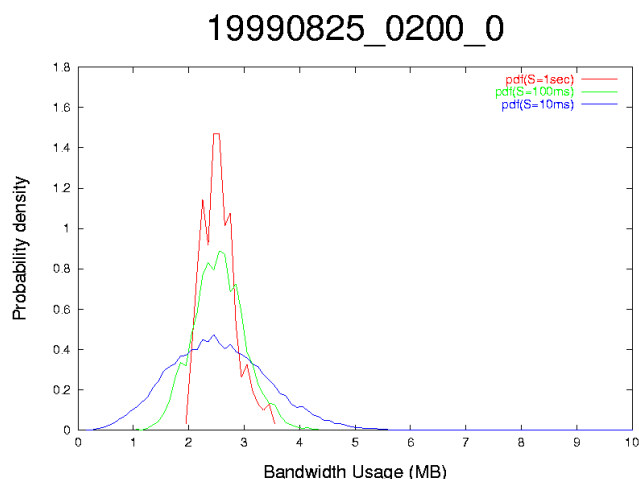


圖 2. 1999/8/25 凌晨 2:00、不同取樣區間 (1sec, 100ms, 20ms) 的流量負載分配圖

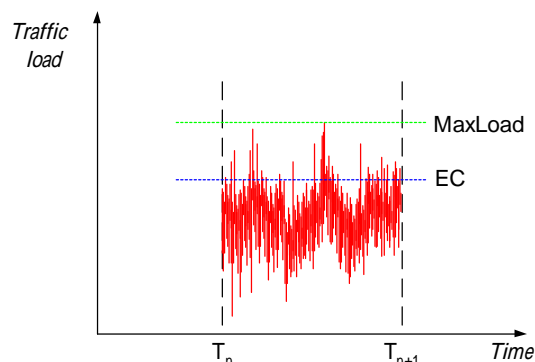


圖 3. 動態頻寬分配與緩衝區管理模型示意圖