以點對點為基礎之服務品質監測系統*

Design and Implementation of P2P-based QoS Monitoring Systems

周立德[1] 梁宏漢[1] 陳星光[1] 王詠世[1] 楊哲男[2] 陳敏[2]
[1]國立中央大學資訊工程學系 [2]國家高速網路與計算中心
E-mail: cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

網路服務日漸發達，各家網路服務業者也開始提供各種不同的網路服務。為了獲得正常的服務，這些服務都必須要達到需求的服務品質，因此網路使用者會與網路服務業者簽訂服務等級契約，以保證網路服務能達到網路使用者的需求。由於網路服務的使用不一定會在同一網路服務業者內，以單一網路管理人員的觀點，無法得知這些跨網域服務的服務狀況，而使使用者的權利被忽略。

本論文提出以點對點為基礎之網路連線服務監測系統，以網路使用者的觀點出發，利用分散在網路上的大量使用者，作全面性的網路連線服務監測，使一般的網路使用者能夠利用系統判斷其網路是否達到與網路服務業者訂立之服務等級契約，保證使用者之權利。本系統使用點對點之架構，使監測系統擁有彈性及強健度，使其他同一區域之使用者能代替離線使用者測量，維持監測資料之連續性，且利用點對點架構使用者分散之特性，增加監測的範圍，且不須經由網路服務業者更動網路設備的設定。每個監測目標使用頻寬約為 2696 bps(單向)，對目前主流網路接取服務的 ADSL 來說足以使用，亦可避免從單點監測時，若監測封包被阻擋就無法取得服務資訊。

關鍵詞：服務等級契約、服務品質、點對點，分散式系統，服務監測

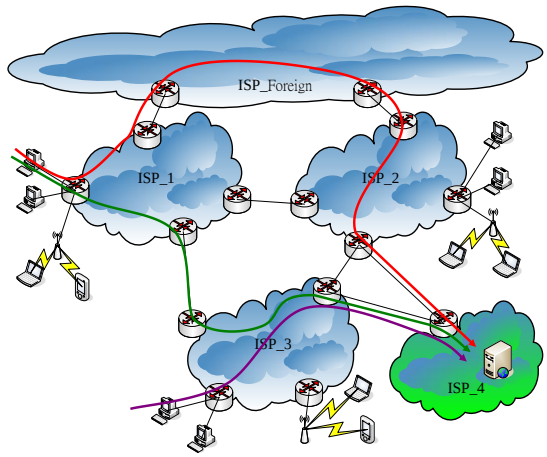
1.緒論

網路服務日漸發達，網路服務業者也開始提供各種不同的網路服務，網路服務業者提供網路接取服務給客戶，但網路服務業者有時無法達到客戶要求的服務品質(Quality of Service)[1]，客戶並不一定能正常地使用網路，而造成客戶權利的損失，所以越來越多的人希望他們的網路服務品質能夠獲得保證[2]，服務等級契約(Service Level Agreement)[3]的概念逐漸受到重視，客戶可以經由與網路服務業者簽訂服務等級契約使他們的權利獲得保障[4]，經由服務等級契約，當網路服務業者達到要求的契約時可獲得獎勵，相對的，如果達不到要求的服務品質則應該補償客戶，藉此來保障客戶的權利。然而，客戶並沒有方法去獲得服務品質相關的資訊，也無從得知網路服務業者是否有達到契約中規定的服務品質，而使得服務等級契約無法發揮規範的效果。另一方面，網路服務的連線通常是點對點的形式，但在任一網域下的網路管理人員並不能處理發生在另一網域下的網路錯誤，進而使網路服務業者及其客戶受到損失。此外，網路服務通常是跨越不同的網路服務業者，但會因為商業策略而產生以策略為基礎的管理策略，這也會影響網路服務的品質。

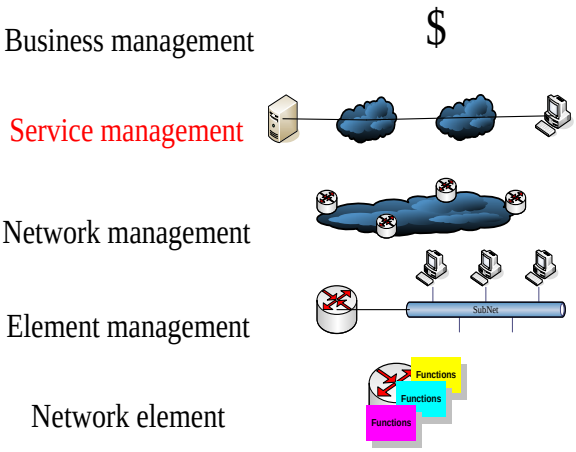
以圖一為例，ISP_1 有可能因為本身的網路設備設定、ISP_2 的網路設備設定或是 ISP_1 與 ISP_2 之間的線路發生故障，而導致連線發生額外的延遲甚至是斷線的問題，而達不到客戶所要求的服務品質，但使用者會缺乏判斷的資訊，而無法確定責任的問題。因此，若是能得知其他網域下使用者的連線情形，而察覺發生問題的位置，藉由這樣的方法，可以讓客戶更了解他們使用的網路服務是否符合客戶本身的要求。現今，網路服務業者提供完善的網路管理策略去管理網路設備，卻缺乏服務管理的策略，事實上，客戶在意的是他們獲得的服務，而非設備的狀況。電信網路管理[5]包含了五個層次，如圖二所示，有元件、元件管理、網路管理、服務管理以及商務管理五個層次，客戶在意的是他們所獲得的服務是否符合需求，而非網路設備，因此網路服務業者也應該著眼在服務管理的層次，實行監測及管理。

隨著網路應用的進步，點對點[6][7]的網路架構逐漸為大家所採用，點對點的網路架構有下列的好處 (1)不需要中央管理控制的伺服器，降低伺服器故障造成的影響 (2)擁有較佳的彈性，能夠允許更多的節點加入 (3)較為強健，能夠容忍系統內的節點離線或故障 (4)所有的節點提供計算、儲存空間以及網路頻寬，可同時平行處理大量的工作 (5)所有的節點皆分散在網路各個不同的網域，增加監測網路服務在網域層面的廣泛度。本論文將利用點對點網路架構的特性，設計一套以點對點為基礎的系統，用在監測各網路服務的監測，提供各網路服

*
This research was supported in part by National Center for High-Performance Computing



圖一 網路服務狀況示意圖



圖二 電信網路管理的五個階層

務業者的網路服務品質資訊，使網路服務的使用者能夠獲得更多的服務資訊，確保使用者的權利。

本論文將於第二節對以點對點為基礎之服務品質監測系統之系統設計及運作流程做介紹，第三節介紹系統實作，第四節為系統測試，第五節討論本系統之結論及未來展望。

2.以點對點為基礎之服務品質監測系統

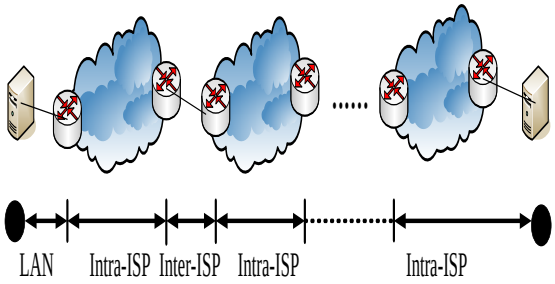
點對點為基礎之服務品質監測系統之系統架構，共分為兩個子系統 Monitor Agent(MA)及 Monitor Information Collector(MIC)

Monitor Agent

安裝於用戶端主機的應用軟體，負責監測由可與本機連線之點對點網路服務品質，並且回報監測結果給 MIC，作為提供使用者查詢之用。MA 之功能模組架構，由六個模組組合而成：(1)圖形使用者介面(Graphic User Interface)，提供圖形化的介面讓使用者操作及監測資訊的顯示；(2)分散式雜湊表模組(Distributed Hash Table Module)，提供 MA 子系統取得整個監測系統內各節點的資訊；(3)監測模組(Monitor Module)，協助 MA 子系統監測其他網路上的節點，取得網路服務品質之相關資訊；(4)節點管理模組(Node Management Module)，取得可監測節點之列表，經由計算來決定需要監測的節點，另一方面維持與 MIC 的通訊，當與 MA 子系統溝通的 MIC 故障時能夠搜尋新的 MIC 與之連線(5) 訊息處理模組(Message Handling Module)，負責將監測的結果傳遞給 MIC，及傳遞使用者查詢網路服務品質的要求(6)紀錄模組(Log Module)，負責記錄 MA 的運作，包含查詢分散式雜湊表資料，監測資料及查詢網路服務品質的操作。

Monitor Information Collector

可安裝於用戶端或網路服務業者主機的應用軟體，負責收集由 MA 監測取得之點對點網路服務品質資訊，提供使用者查詢之用，另外管理所屬之 MA 節點及可監測節點。MIC 之功能模組架構，由六個模組組合而成：(1)圖形使用者介面(Graphic User Interface)，提供圖形化的介面讓使用者操作及



圖三 網路服務監測路徑之劃分

監測資訊的顯示；(2)分散式雜湊表模組(Distributed Hash Table Module)，提供 MIC 子系統取得整個監測系統內各節點的資訊；(3)監測模組(Monitor Module)，協助 MIC 子系統測試所屬之 MA 子系統；(4)節點管理模組(Node Management Module)，管理可監測節點之列表，另一方面確認並更新所屬之 MA 子系統之存在，確保監測工作之分配(5) 要求處理模組(Request Handling Module)，負責接收由 MA 傳遞過來的服務品質資料，及接收查詢網路服務品質的要求(6)紀錄模組(Log Module)，負責記錄 MIC 的運作，包含查詢分散式雜湊表資料，節點管理資料及查詢網路服務品質的操作。

監測資訊的格式設計

一般的情形之下，封包的繞徑是由網域的出口路由器決定的，所有從同一個網域底下送出的封包都會經由相同的繞徑設定來傳送。本論文假設在同一時間之下，所有使用同一出口路由器的電腦將會有相同的繞徑模式，因此，我們可以將同一個出口路由器下的電腦視為同一個群組，以此假設可以利用同一群組下的電腦去排定監測工作，降低重覆重複路徑的監測。另外，使用者在意的是網路服務業者對使用者的服務狀況，而非單一設備對使用者的服務情形，因此本論文將同一網路服務業者下的所有機器視為一個節點，來將繞徑的過程切割成較易分辨各網路服務業者服務狀況的格式，如圖三所示，本論文將一繞徑過程分為三個不同的部份，包含區域網路、網路服務業者及網路業者之間之連

線，藉由這樣的劃分使使用者易於分辨問題所在。

選定存放監測資訊之 Monitor Information Collector 之演算法

本論文採用點對點分散式雜湊表系統 Chord[8][9]，此系統自動產生數個位元組之節點編號，這個編號在節點加入點對點系統時將自動取得，而這些編號使所有節點成為依環狀的排列方式，為了決定 MA 要將監測而得的資料傳送到數個 MIC，本論文利用 Chord 將節點排列成環狀的特徵，來尋找存放監測資訊的節點。當 MA 進入點對點系統時，將獲得出口路由器的雜湊值，利用出口路由器的雜湊值與節點編號做比對，MA 將選擇節點編號在出口路由器雜湊值的下一個 MIC 做為存放監測資訊的節點。

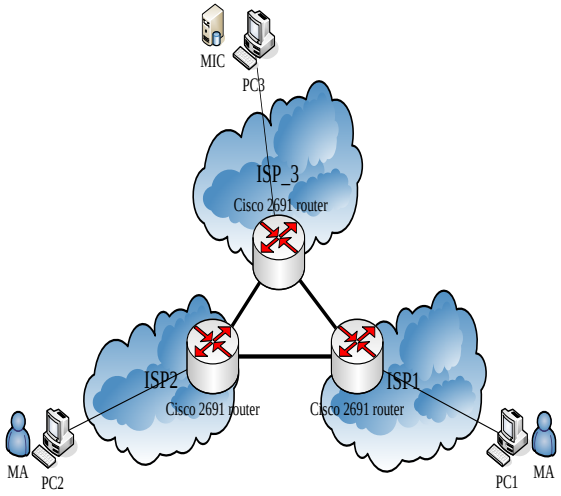
分配監測工作之演算法

相同的，每一個 MA 必須提供計算能力、網路頻寬以及所在之網路區域位置，執行監測網路服務品質之功能，如同上面選定存放監測資訊節點之演算法，分配監測工作之演算法也是利用 Chord 之環狀節點編號來分配工作，當 MA 要執行網路服務品質監測工作時，會與 MIC 取得兩張資料表，一為所有需要監測的節點編號表，另一為在同一出口路由器下，有安裝並執行本監測系統之節點資料表，接著比對兩張資料表的節點編號，當有需要監測的節點編號落在此 MA 與在此 MA 之下一個節點中間時，這些節點將被此 MA 節點所監測。

3 系統實作

本系統實作於國立中央大學，目前仍在持續發展與實驗階段。實驗的網路架構如同圖四所示，中間以三台路由器互相以最大頻寬為 2.048M bps 之序列埠連接，以模擬三個分屬不同網域之網路服務業者；以高速乙太網路連接埠連接電腦主機，用以模擬安裝 MIC 及 MA 之網路使用者。

使用者可以使用系統所提供的圖型使用者介面，將系統初始化，之後系統將依照程式中的設定



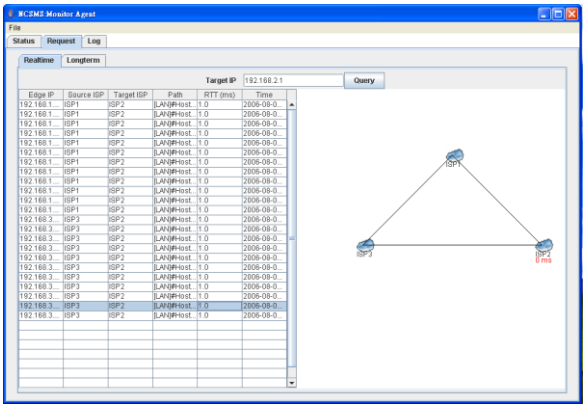
圖四 實驗網路系統架構圖

自動加入點對點系統，並取得節點編號，利用該節點編號選擇存放監測資訊的 MIC，並將本機的節點資訊傳送至所有的 MIC，以提供必要資訊給其他 MA 作為監測之用，經過以上步驟之後，即完成系統初始化的動作。

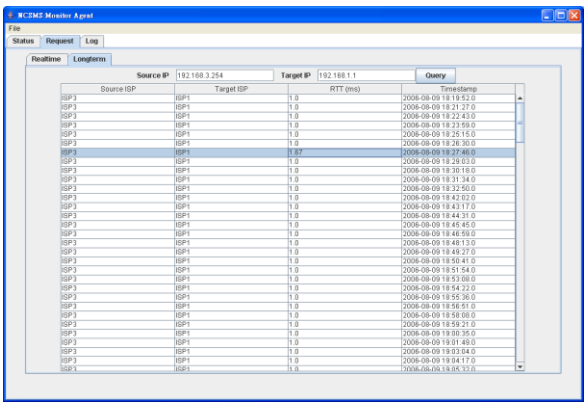
每次監測的循環週期，MA 將會固定執行以下之步驟：

1. 檢查所選擇的 MIC 是否在線，如果 MIC 已經離線，則重新選擇 MIC 傳送資料。
2. 向 MIC 要求可監測的節點編號以及屬於同一個出口路由器下的節點編號。
3. 利用上面所取得的兩張資料表做計算，決定此節點需要監測的目標。
4. 送出監測的封包，以取得服務品質之資料，並依照規定的路徑劃分方式處理資料。
5. 將處理完的網路服務品質資訊傳送至所選擇之 MIC，以提供所有使用者查詢網路服務品質之資訊。
6. 將紀錄以上之動作。

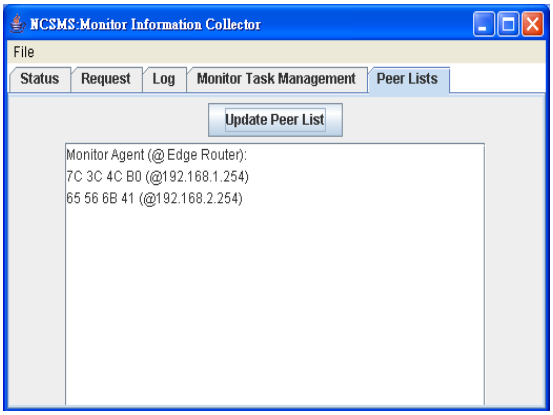
圖五所表示為即時查詢之功能，使用者在畫面上面之文字列輸入欲查詢目標的網路位址，MA 將向 MIC 發出查詢訊息，MIC 則會將所有連線至該目標的連線資訊提供給使用者做參考。這些資訊包含各監測節點之出口路由器網路位址、監測端所屬



圖五 即時查詢功能之畫面



圖六 長期追蹤功能之畫面



圖七 節點管理功能之畫面

之網路服務業者、目標端所屬之網路服務業者、其中所經過之路徑、整體路徑之延遲時間以及監測執行之時間等資訊，並且將封包所經過之路徑經由上一節所提之劃分方式，將連線路徑及路徑中各部份之延遲時間以圖形表現在畫面左側。圖六為長期追蹤網路服務品質功能，使用者可以在畫面上方之文字列輸入來源出口路由器之網路位址以及欲追蹤目標之網路位址，MA 向 MIC 發出查詢的訊息，MIC 會將所有連線至該目標的連線資訊提供給使用者做參考，這些資訊包含監測端所屬之網路服務業者、目標端所屬之網路服務業者、整體路徑之延遲時間以及監測執行之時間等資訊提供給使用者，使用者可以驗證網路服務業者所提供之服務是否有達到服務等級契約所規定之標準。圖七為記錄功能，本功能會將系統所執行的任何事件也列表的方式提供給使用者查詢，讓使用者了解本系統各功能是否在運作，紀錄的事件包含 Monitor Information Collector 之測試與更換、執行監測以及查詢網路服務資訊。

4 系統測試

在本章節，以三個實驗來證明 MIC 及 MA 的數量對於系統初始化時間和頻寬消耗的影響，以及在有背景流量的情形之下，背景流量的比例對系統的影響。

實驗一： Monitor Information Collector 的數量對系統初始化時間的影響

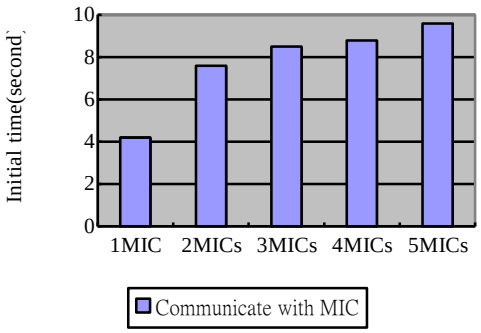
本實驗的目的為觀察 MIC 的數量對系統初始化時間的影響，由於 MA 進入點對點網路服務品質皆測系統時，必須選擇傳送資料的 MIC 以及將本身的資訊傳送至所有的 MIC ，作為其他 MA 監測時的資訊，所以 MIC 的數量將會影響系統初始化的時間。實驗時，分別開啟從一到五個 MIC，且全部已經加入同一個點對點系統之後，開啟一個 MA，接下來利用 MA 子系統提供的紀錄功能，去觀察並紀錄從 MA 子系統加入監測系統至選擇 MIC 及將監測資訊傳送給所有 MIC 的時間，並比較其結果。

實驗結果如圖八，藍色直條為選擇 MIC 的延遲時間，由圖表可以發現，由於是使用計算的方式來選擇 MIC，所以選擇時只需要得到節點列表即可，所以選擇 MIC 的時間差都在一秒之內，而只有一個 MIC 時的選擇時間特別短，則是因為只在本地節點取得節點列表，省去傳遞資訊的時間；如圖九所示，紫色直條為傳送監測資訊給所有 MIC 的時間。因為必須將資訊傳送完成，所以會因為 MIC 數量的關係造成延遲，延遲時間大約與數量成正比。

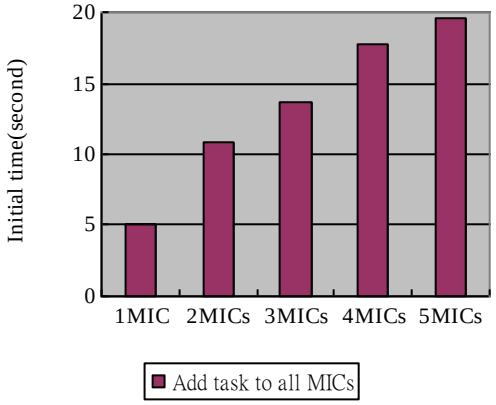
實驗二： Monitor Information Collector 與 Monitor Agent 的數量對頻寬消耗的影響

本實驗的目的為觀察 MIC 與 MA 的數量對於在監測期間頻寬消耗的影響，MA 於監測時，必須發送測試封包以及取得回應，並且將監測所得的網路服務品質資訊傳送回 MIC 儲存，方便供系統使用者查詢，因此本實驗假設 MIC 與 MA 的數量可能與頻寬的消耗有關。實驗時，分別開啟一至二個 MIC 及二到三個 MA 做組合來測試，等待系統開始執行監測功能後，使用 Ethereal[10]於負責監測網路服務品質的 MA 端測量固定時間並記錄網路頻寬的使用量，最後比較其結果。

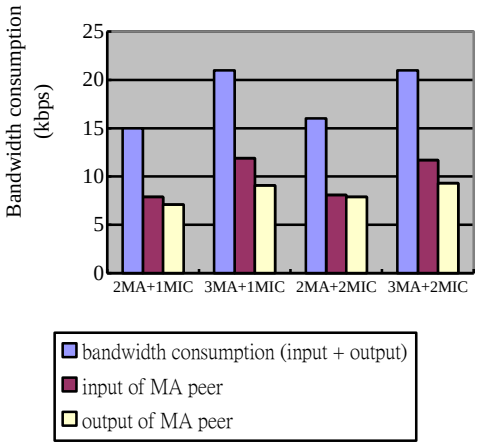
實驗結果如圖十所示，取兩組 MIC 數量不同而 MA 數量相同的數據來比較，可以發現頻寬的消耗相差小於 1k bps，表現出頻寬的消耗與 MIC 之數



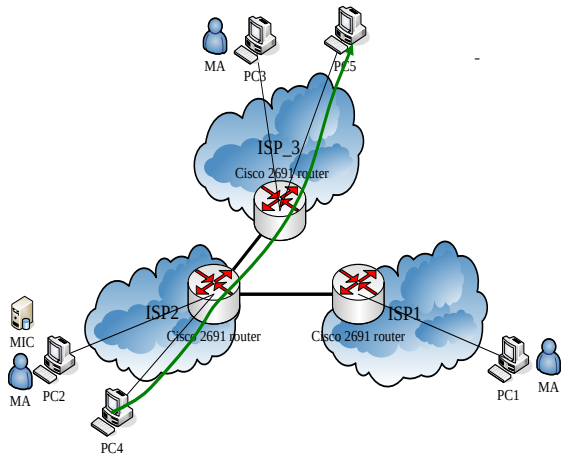
圖八 Monitor Information Collector 的數量對於選擇節點時間的影響



圖九 Monitor Information Collector 的數量對傳送監測資訊時間的影響



圖十 Monitor Information Collector 與 Monitor Agent 的數量對頻寬消耗的影響



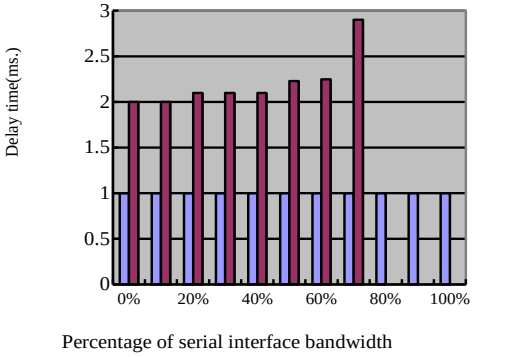
圖十一 實驗三之環境架構圖

量並無明顯之關係；若取兩組 MA 數量不同而 MIC 的數據來比較，可以明顯的看出差距，代表監測時，大部分的頻寬的消耗都使用在監測的用途上面，經由 Ethereal 擷取並分析監測的所使用的流量之後，可以計算出每一條監測的連線造成的頻寬消耗為 2696.536 bps。

實驗三： 背景流量對系統運作的影響

本實驗的目的要觀察背景流量的比例對於監測出的網路服務品質有何影響，並驗證有背景流量時系統對於流量負荷的強健度。當有背景流量時，由於封包會在佇列中等待處理，因此可能會造成網路服務品質的降低，且當背景流量高於一定比例時，會因為等待處理的時間延長及重送的問題，造成服務中斷的問題。實驗環境如圖十一，依 0、10%、20%、…、90%至 100%分為 11 個比例，以路由器之最大頻寬為依據，由 Router2 及 Router3 之間傳送各種比例之流量，觀察 PC1 至 PC2 以及 PC1 至 PC3 兩條連線之延遲情形，每個比例利用本系統監測 10 次網路服務品質之後，平均求其結果並比較數據。

實驗結果如圖十二所示，PC1 至 PC2 的連線之間無背景流量，因此延遲時間並沒有變化，而 PC1



圖十二 背景流量比例對於延遲時間的影響

至 PC3 的連線之間有背景流量，因此在背景流量達到 20%之後，連線的延遲時間開始增加，而當背景流量超過 70%之候，系統會無法偵測到 PC3 的存在，而判定 PC3 已經離開系統，因此無法得到監測所得之網路服務品質資訊，判斷應該是因為當背景流量超過 70%，網路開始產生嚴重的封包遺失，進而造成 MIC 無法與 MA 傳遞訊息，而被判斷為離線，故背景流量超過 70%時，無法獲得 PC1 至 PC3 的網路服務品質資訊，所以 MIC 應設置於頻寬較大的網路位址，以免因為頻寬不夠造成 MIC 被判斷為斷線，進而使之前的監測資訊遺失。

5. 結論與展望

近年來網路服務快速的增加，網路接取服務的使用者也逐漸重視服務品質，應該讓使用者能夠了解自己所獲得的服務品質，才能進而讓使用者去維護自己應有的權益。首先應當針對使用者實際感受到的情況，從使用者的觀點出發，而由於要以使用者的觀點出發作為監測的參考，且服務通常是跨越不同網域的點對點服務，因此，監測系統除了要以使用者的觀點出發，還要能夠分散在不同的網域之下，才能達到廣範圍的監測，取得更多網域的服務資料來提供使用者判斷。

本論文提出本了點對點為基礎之分散式架構來設計監測系統，一方面集合各個使用者提供的計算能力、網路頻寬及儲存空間，另一方面更利用點對點系統使用者分佈在網路上各個不同網域的特性，來增加監測區域的廣泛性。本論文設計了兩個子系統 Monitor Information Collector(MIC) 以及 Monitor Agent(MA) 網路服務品質監測的工作，其中 MIC 負責網路服務品質資訊之收集以及本系統節點管理之工作，以維持系統的穩定性，並且分散資料儲存，避免一個 MIC 故障時造成監測資訊的遺失，並分散收集資訊時之頻寬消耗，降低機器負擔；MA 則提供網路使用者作為監測網路服務品質之用途，並且提供服務品質資訊查詢之功能，讓使用者能夠了解網路服務品質，且點對點使用者可分

佈於各個不同的網域之下，可增進網路監測之範圍。

本系統目前實作的部份，主要為實驗以點對點架構來設計網路服務品質監測系統之可行性，而尚有許多可以改進的部份，例如監測的服務品質參數，除了原有的延遲時間之外，使用者關心的參數還有可用率、封包遺失率以及延遲時間變化等，這些都是服務等級契約中有可能被規範的，因此未來可以針對這些功能作開發；另一方面，有些網路服務業者會利用網路設定或防火牆針對 ICMP 封包做阻擋的動作，這樣的情形將會導致監測無法正常執行，因此，需要利用研究其他可以不利用 ICMP 且不需要更動網路設備設定的方法，來加強系統的運作。

最後，由於本系統利用點對點系統作為架構，因此，監測的廣泛性是依靠使用者的分布以及數量決定，因此，吸引使用者安裝本系統也是需要努力的目標，如果可以結合其他網路服務作為使用者的誘因，例如網路服務業者可以將服務費用折價，或其他網路服務如 Blog、相簿或網路儲存空間等，可藉此來吸引使用者使用。

參考文獻

[1] C. Partridge, S. Shenker, R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service", *RFC 2212*, September 1997.

[2] Hari Balakrishnan, Ion Stoica,, Lakshminarayanan Subramanian, and Randy Katz, "OverQoS: An Overlay Based Architecture for Enhancing Internet QoS", *Proc. 1st Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI)*, San Francisco, CA, March 2004.

[3] K White, "Definitions of Managed Objects for Service Level Agreement Performance Monitoring", *RFC 2758*, February 2000

[4] Lakshminarayanan Subramanian, Ion Stoica, Hari Balakrishnan, and Randy Katz, "OverQoS: An Overlay Based Architecture for Enhancing Internet QoS", *Proc. 1st Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI)*, San Francisco, CA, March 2004.

[5] ITU-T, "Principles for a Telecommunications Management Network (TMN)", *Rec. M.3010*, 1996.

[6] Diomidis Spinellis and Stephanos Androutsellis-Theotokis. "A survey of peer-to-peer content distribution technologies", *ACM Computing Surveys*, 36(4):335–371, December 2004

[7] Peer-to-Peer, http//en.wikidepia.org/wiki/Peer-to-Peer

[8] The Chord Project, *http://pdos.csail.mit.edu/chord/*

[9] David Karger, Hari Balakrishnan, Ion Stoica, M. Frans Kaashoek, and Robert Morris, "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications", *Proceedings of ACM SIGCOMM 2001*, San Deigo, CA, August 2001

[10] Ethereal, http://www.ethereal.com