

以SLA為基礎之異質無線網路服務品質監測系統*

SLA-based QoS Monitor System in Heterogeneous Wireless Networks

周立德 廖健榮 蔣雯玲
國立中央大學資訊工程學系
cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

現今網路應用從文字轉變成以影音多媒體為主，並隨著無線寬頻網路時代的來臨。在異質無線網路環境下，連線品質易受到天氣、距離及遮蔽物的影響而不穩定，且使用者的移動性會造成路徑變更，甚至無線網路系統改變，使得提供 QoS 相對困難。而一條網路連線可能經過多家業者的網路，因此若要維持端點至端點的 QoS，所經過的傳輸線路都必須提供一定程度的 QoS 才能達成。本論文將針對異質無線網路之特性，提出一以動態 SLA 為基礎的端點至端點 QoS 保證機制。在量測方面，將依據網路環境的變動情形，調整無線網路的量測頻率。在 QoS 方面，當量測到使用者在異質無線網路的環境中移動或者網路環境改變時，動態修改與骨幹網路服務提供者所簽訂的 SLA，使 SLA 契約可隨網路狀態或時段而改變，藉以達到端點至端點的 QoS 保證。

關鍵字：異質無線網路，QoS，SLA

1. 緒論

無線網路的發展使得人們的生活與網路更密不可分，但能夠提供無線網路的服務不只一種，使用者也可能同時使用一種以上的無線網路，多重無線網路同時提供網際網路的服務便稱為異質無線網路。異質無線網路並不會在短時間內整合成為單一一種無線網路，原因有許多，諸如成本的考量、用途上的考量，而使用者也會希望能使用多種無線網路，以享用更大範圍的服務、更高的機動性以及更划算的價格。因此異質無線網路環境在可預見的未來將備受矚目。

在異質無線網路中，由於使用者可能發生漫遊至其他網路，而且無線網路的訊號容易受到干擾，在這樣的環境下提供服務品質（Quality of Service）是非常困難的。網路服務的連線可能經過多個網路，這些網路必須提供一定程度上的服務品質才能達成需求，若其中一段網路無法滿足需求，則該連

線則無法滿足品質需求。

服務品質合約（Service Level Agreement）是由服務提供者及使用者共同擬定的一份合約，合約內容會申明服務提供者須滿足的服務品質保證以及如有違約的情況發生時，該如何對客戶進行賠償。服務品質合約又分為靜態與動態，兩者的差別在於契約在被簽訂之後是否允許修改契約內容。動態服務品質合約允許在契約存活的時間內任意修改，能因應使用者在不同時間上所需要的品質需求，而且當無線網路的環境受到干擾，無法保證端點對端點的服務品質，能夠透過修改契約內容適應網路的變化。服務使用者與外界連線時可能會跨經多個網路的服務範圍，各個網路可提供的資源等級與網路品質不同，然而一條服務連線的服務品質是端點至端點的，要提供服務品質保證則對於所經過的網路範圍，都必須提供一定程度以上的品質需求才能達到服務品質保證，而在異質無線網路中，服務使用者可能發生漫遊或者無線網路受到訊號干擾，這些都會造成服務品質保證的困難。

使用者對於服務品質需求並不是固定不變的，需求可能在不同的時段有不同的要求，而且針對使用網路應用程式的不同，使用者所能接受的服務品質程度也會改變，影響到使用者對於服務品質的需求，然而在這樣的情況下，靜態的服務品質合約在合約簽定過後即不能改變，固定的服務等級合約並不能適應現實情況的改變。本論文提出以動態服務品質合約為基礎的異質無線網路監測系統，透過偵測網路情況，隨著無線網路環境或時段，又或者使用者需求不同時，藉由重新協調使用者與骨幹網路提供者所簽訂之服務品質合約來達到滿足服務使用者對端點至端點的服務品質需求。

2. 背景知識與相關研究

在此章節對於相關研究與背景知識作介紹，首先第一節中探討網路監控、服務品質量測以及其測量方式，第二節則探討服務等級合約的維護以及管理架構。

* 本研究承蒙行政院國家科學委員會研究計畫 NSC 96-2628-E-008-004 與 NSC 96-2627-E-008-001，以及經濟部技術處學界科專計畫 96-EC-17-A-02-S1-029 經費贊助，特此感謝。



圖 1 服務品質合約生命週期

2.1 服務品質量測

量測網路服務品質與網路流量監測本質上非常相近，而一個理想的服務品質量測是建構在網路監測之上，兩者不同之處在於數據結果的分析。在服務品質分析上，不注重在網路流量本身，而是利用量測工具鏈路、網路以及系統分析像是封包延遲時間、最大處理能力的效能特徵。通訊網路的量測方式可分為探查 (probing)、追蹤 (tracing) 和監測 (monitoring)，分別有主動式及被動式。追蹤通常為主動式追蹤某條路徑的效能。監測通常為被動式，以節點的角度來觀察與收集資料。主動式探查負責測試資料流的效率量測，而被動式探查則用來收集當前網路流量的資料[1]。在文獻[2]中提出著重於及時的服務品質量測方法。文獻[3]中說明 SLAs 須主動地效能監測並重視契約狀態的追蹤。文獻[4]描述網路效能監測系統對於 SLA 的實作及分析結果。文獻[5]發展出利用格網而具彈性的監測系統。

2.2 服務等級合約

在不同網際網路業者之間的管理系統架構，可分為組織模式 (Organization model) 以及一般商業模式 (Generic business model)，其中組織模式描述從管理的角度來達到端點對端點的服務品質保證的目標，而一般商業模式則從商業行為的角度來訂定服務品質保證管理及協調機制中角色扮演的問題。在網管路連的架構中，由於牽涉到業者間使用對方網路資源之權利，因此須經由彼此之間的服務品質合約來加以規範。從生命週期來看服務品質合約可分為產品 / 服務發展 (Product/Service Development)、協商銷售 (Negotiation)、履行與設定 (Implementation)、執行 (Execution) 與評估 (Assessment) 五個階段，如圖 1 所示。而 SLA 系統應有的服務有量測服務 (Measurement Service)、違反偵測服務 (Violation Detection Service) 與管理服務 (Management Service)。量測服務主要量測服務品質參數，例如可用性、延遲、回應時間等。違反偵測服務從量測服務元件取得服務品質參數並測試是否在服務等級協議的保證內。如發現合約被違反時，管理服務將根據合約中執行相對應的事件。

目前資訊及通訊技術朝向以市場為主的企業需求，允許網路管理員與使用者之間無縫式互動來提供服務品質保證，因此勢必需要一套自動服務品質合約管理系統來動態產生、設置及遞交服務品質保證。CADENUS (Creation and Deployment of End-User Service) 計畫提出一星狀方式的自動服務

系統與 CADENUS Mediation Component Architecture (CMCA) 來解決此問題。而文獻[6]將系統功能切割成三個主要元件：接取中介者 (Access Mediator)、服務中介者 (Service mediator) 以及資源中介者 (Resource Mediator)，以便分類控管。文獻[7][8]延伸 CADENUS 提出的架構，將其應用於有線網路與無線網路上的端點對端點服務品質控制。

3. 系統分析與設計

本論文是以在異質無線網路中端點對端點服務品質保證為出發點，針對異質無線網路的不穩，以及服務使用者可能在不同的時段或應用程式，而使得原有的服務等級合約不能滿足品質需求，因此建立一套動態服務品質監測系統來達到端點對端點的服務品質保證，並針對額外管理流量的負載，探討利用網路編碼技術，來節省頻寬的可能性。

本論文假設在異質無線網路提供服務品質的環境如下：異質無線網路的總數為 N_{total} ， AN_i 為第 i 個無線接取網路， $1 \leq i \leq N_{total}$ 。發送端所連接的無線接取網路為 AN_s ，接收端所連接的無線接取網路為 AN_r 。 $N(AN_s)$ 為目前發送端無線接取網路的服務品質的量測資訊。 $REQ_{qos}(j)$ 為使用者 j 所需求的服務品質等級。 $N(AN_r)$ 為目前接收端無線接取網路的服務品質的量測資訊。 REQ_{sup} 為骨幹網路所能提供服務品質的等級。 REQ_{ref} 表示經由 REQ_{qos} 骨幹網路所必須提供的服務品質等級。 $Accept$ 為回傳此一 SLA 契約要求已被接受。 $Reject$ 為回傳此一 SLA 契約要求已被拒絕，並回報原因。 $Roaming(\rho, \sigma)$ 為偵測到使用者要從 ρ 無線網路漫遊至另一 σ 無線網路。

3.1 SLA 為基礎之服務品質監測系統

由於網路服務的多樣化，需要保證服務品質就必須制定服務等級合約。服務等級合約是由網路服務提供者與客戶之間所訂定出來的，目的是在規範網路服務必須提供其所宣稱的服務品質，否則要受到處罰。在制定服務等級契約上，網路服務提供者制定出服務品質的參數描述，以作為服務品質測量的標準，這類標準可以參考 IETF、3GPP、IST Tequila、ETSI、Tiphon project 等。

服務等級合約為基礎之服務品質監測系統包括無線網路量測伺服器 (Wireless Measurement Server)、服務品質改進伺服器 (QoS Refinement

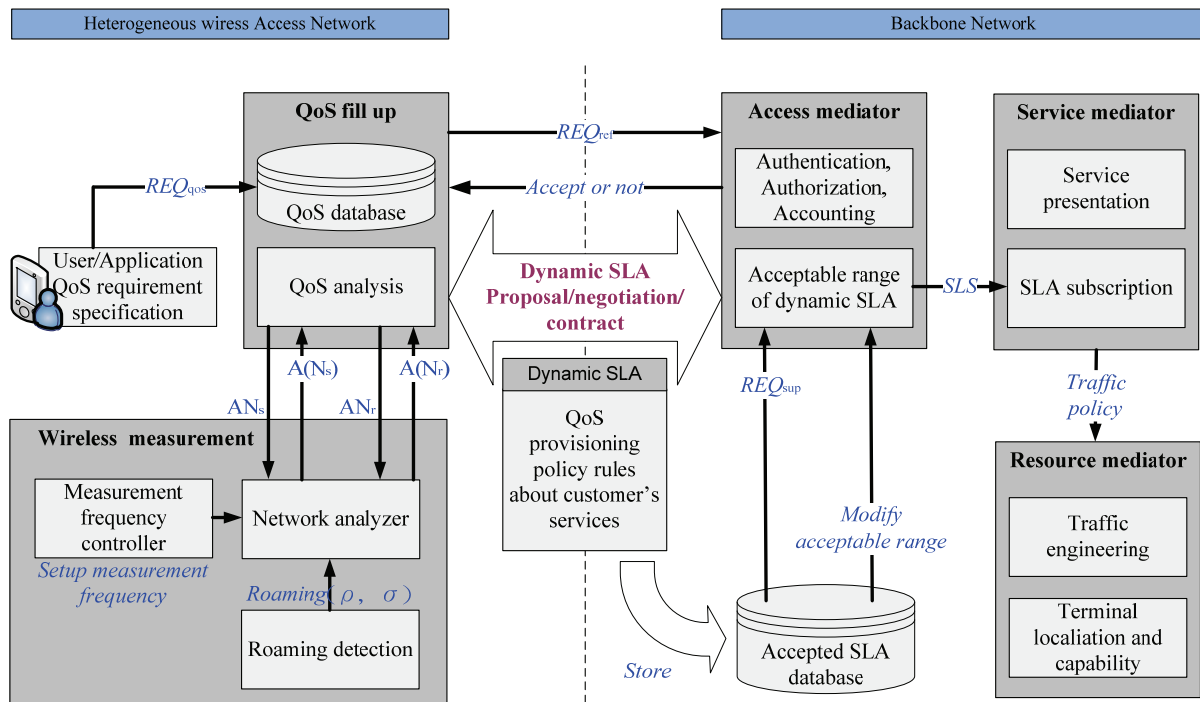


圖 2 端點對端點的服務品質保證架構圖

Server) 以及服務等級合約管理伺服器 (SLA Management Server)。無線網路量測伺服器測量並提供給服務品質改進伺服器網路狀態資料訂定骨幹網路所需滿足的服務品質參數。服務品質改進伺服器依據無線網路量測伺服器提供的參數，來決定中間骨幹網路所要求的服務品質參數，並與服務等級合約管理伺服器協調簽訂服務等級契約。服務等級合約管理伺服器管理及協調服務等級合約，對要求的服務等級合約與系統所能接受的服務品質參數做比較，決定能否滿足要求的服務等級合約。

本論文的端點對端點服務品質保證架構圖，如圖 2，當傳送端與接收端建立一網路服務時，會透過兩端的無線網路量測伺服器測量使用者所在的無線接取網路的服務品質參數，訂立與骨幹網路簽訂的服務等級合約，以保證端點至端點的服務品質。在此架構下，當一端無線接取網路的環境受到干擾產生變化時，可動態地調整服務等級合約內容以解決無線網路易受到干擾以及網路環境不穩定，而造成無法達到端點至端點的服務等級保證。另外，當網路使用者由 802.11 換手至另一 802.16 無線網路時，也可經由動態地調整服務等級合約，來解決服務品質保證中斷的問題。

圖 2 左側所示為接取網路端之動態服務等級合約系統模型，在異質無線接取網路中，使用者訂定一端點至端點的服務品質需求，網路服務提供者經由此資料與目前使用者所接取之無線網路狀態，來決定中間骨幹網路所需提供服務品質等級。

其端點對端點的服務品質保證流程如下：

1. 訂定端點對端點的服務品質參數。
2. 無線網路量測伺服器量測傳送端無線接

取網路的服務品質參數。

3. 無線網路量測伺服器量測接收端無線接取網路的服務品質參數。
4. 服務品質改進伺服器詢問資料庫得到兩端無線接取網路的服務品質參數。
5. 依服務品質參數所屬的複合規則，求得兩端無線接取網路的服務品質參數的總和。
6. 利用複合的服務品質參數，來決定骨幹網路所需簽訂的服務等級合約參數。
7. 與接取中介者簽訂服務等級合約，如果骨幹網路能滿足此合約，則接受並量測此服務品質對系統的負擔，更新可接受的服務等級範圍進行至步驟 8，如回報錯誤，回到步驟 1。
8. 接取中介者將服務等級合約傳送給服務中介者，中介者依據此服務等級合約將其轉為 SLS (Service Level Specification) 通知給底下的資源中介者。
9. 資源中介者對底下相關網路設備下達流量控制策略。

其端點對端點的服務品質維護流程如下：

1. 週期性地量測傳送端及接收端的服務品質參數。
2. 衡量兩端的服務品質是否影響服務品質保證，如果會就重新訂立服務等級參數，進入到步驟 5，反之則進入步驟 3。
3. 偵測使用者是否換手至另一無線網路，如果有就重新訂立服務等級參數，進入到步驟 5，反之則進入步驟 4。
4. 是否有違反服務等級合約的情形，如果有則重新協調合約，沒有則回到步驟 1。

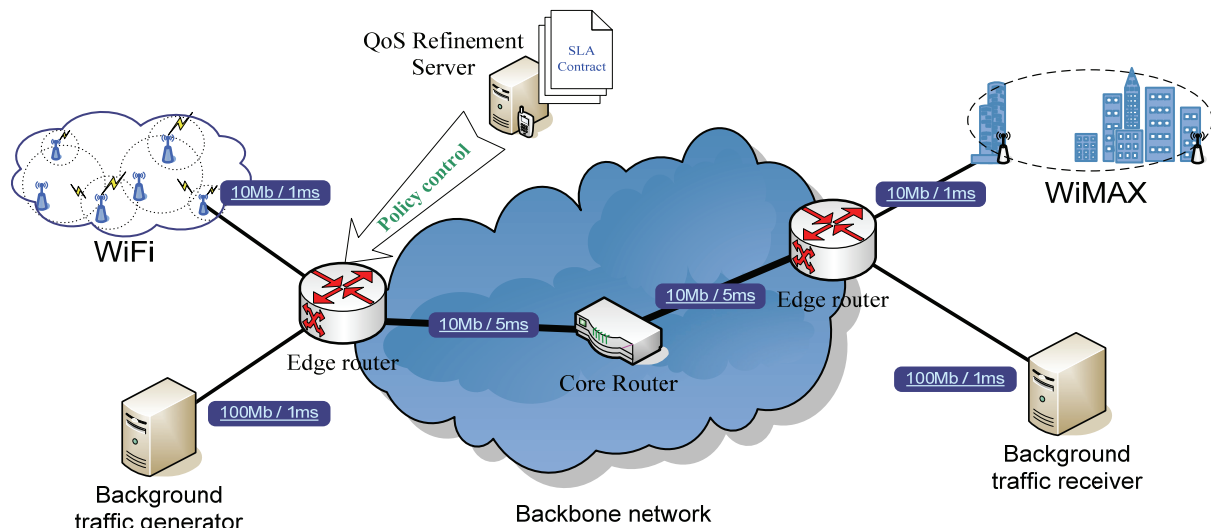


圖 3 NS2 模擬環境

5. 與接取中介者簽訂服務等級合約，如果骨幹網路能滿足此合約則接受，並量測此服務品質對系統的負擔，更新可接受的服務等級範圍。
6. 接取中介者將服務等級合約傳送給服務中介者，中介者依據此服務等級合約將其轉為 SLS (Service Level Specification) 通知給底下的資源中介者。
7. 資源中介者對底下相關網路設備下達流量控制策略，回到步驟 1。

4. NS2 上的模擬環境架構

在 NS2 中系統模擬的架構如圖 3 所表示，骨幹網路為差異性服務 (Differentiated Services) 網路，由兩個邊緣路由器與一個核心路由器所組成，其邊緣路由器及核心路由器之間鏈路的頻寬大小為 10MB，傳送延遲時間為 5ms。與中間骨幹網路相接的有 802.11 無線網路、802.16 無線網路以及用於產生背景流量的兩個網路節點。802.11 與 802.16 無線網路的頻寬大小為 10MB，傳送延遲時間為 1ms，而產生背景流量的網路節點頻寬大小為 100MB，傳送延遲時間 1ms。當有動態服務等級合約發生改變時，服務品質改善伺服器會對差異性服務中的邊緣路由器下達網路流量控制的指令。

4.1 骨幹網路

差異性服務 (DiffServ) 解決了整合性服務中的種種缺點，其目標在於提供一個簡單、延展性佳 (scalable) 且具備彈性 (flexible) 的服務品質機制。差異性服務採用階層式 (hierarchical) 的網路架構，分成 Expedited Forwarding、Assured Forwarding 與 Best Effort 三種服務等級，不同的等級以不同的 DSCP (DiffServ Code Point) 表示。當封包進入差

異性服務範圍時，首先邊緣路由器會對封包作分類與標記，並將 DSCP 紀錄在該封包標頭的 DS 欄位 (即 IPv4 中的 TOS 欄位與 IPv6 中的 TC 欄位)，接著核心路由器會依據不同的服務等級採取不同的傳送方式以確保服務品質，使得差異性服務的延展性增加，也更加適用於骨幹網路的應用。差異性服務的優點在於簡化了核心路由器的複雜度。但由於差異性服務只對各個封包作服務品質的分級服務，因此在差異性服務範圍下對於不同的資料流無法作有效的管理。在本模擬中，針對差異型服務的骨幹網路設至如表 1。

4.2 網路流量設置

在模擬環境中，產生的網路流量分為三種：Telnet、FTP 以及 CBR (Constant Bit Rate)，為了顯現差異性服務各實作類別的差異，產生 50 個分類為 No Class 的 CBR 流量，其頻寬大小為 0.1MB 的，總共為 5MB。對於 Class B 則產生 0.1MB 頻寬大小，24 個 Telnet 流量，而對於 Class C 則產生 24 條 FTP 連線，佔用 0.1MB 頻寬大小。Class A 則不產生任何背景流量，需進行服務品質保證的流量則為 0.5MB 的 CBR 流量。

表 1 差異性服務網路參數設置

Service	bandwidth	DSCP	Metering	Drooping
Class A	0.5 MB	46	Token Bucket	Out-profile
Class B	2 MB	10	Dumb	RIO-C
Class C	3.5 MB	12	TSW2 CM	RIO-C
No Class	4 MB	0	Token Bucket	Out-profile

5. 實驗結果與效能分析

在骨幹網路上提供服務品質保證，必須事先量測差異性服務底下各類別的服務品質參數，以及服務品質改善伺服器作網路流量管理策略，在本模擬中，實作了四個類別：Class A、Class B、Class C 以及 No Class (Best effort)。測量時間為 300ms，delay 及 jitter 測試區間為每秒 2 次，packet loss 測試區間為每秒 1 次，各類別的平均服務品質參數，如表 2 所示。動態服務品質合約允許在契約存活的時間內任意修改，以因應使用者在不同時間上所需要的服務品質需求，在此模擬實驗中，將在不同時間點變動服務等級合約的服務品質參數內容 (dealy、jitter、packet loss)，服務等級合約將於每 50 秒的時間變動一次，而在 0~50 秒的時間之中，服務使用者並無與網路提供者簽訂任何服務品質合約，而在第 50 秒之後，每 50 秒變動一次服務等級合約，其動態服務等級合約詳細資訊如表 3 所示。

其動態服務等級合約量測結果為圖 4 至 6 所示。圖 4 為在不同時間點上受合約保護服務的單向延遲，在 0~50 秒的時間之中，由於並無簽訂任何服務品質合約，單向延遲超過 800ms，而在第 50 秒時，第一份服務等級合約的封包延遲時間保持在 20ms 上下起伏，在第 100 秒至 200 秒之前，對於封包單向延遲並未改變，但可在第 150 秒至 200 秒，發覺封包延遲的起伏頻率趨於穩定，推測會造成延遲的封包均被丟棄。在第 200 秒，使用者對封包延遲時間的要求提高為小於 20ms，此時封包延遲時間

表 2 服務平均服務品質參數

Service	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet loss (%)
Class A	18.1370	0.3971	0.4669
Class B	21.7160	2.0601	0.0
Class C	22.1434	2.2947	14.3141
No Class	262.1310	57.8974	56.6183

表 3 動態服務等級合約

	time	delay	jitter	packet loss	Class
SLA 1	50s	< 50ms	No request	No request	Class C
SLA 2	100s	< 50ms	< 10ms	0	Class B
SLA 3	150s	< 20ms	< 0.5ms	< 1 %	Class A
SLA 4	200s	< 50ms	< 10ms	No request	Class C
SLA 5	250s	No request	No request	No request	No Class

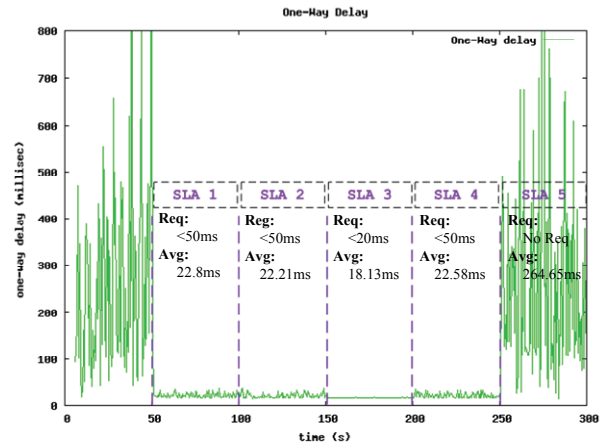


圖 4 One-Way Delay for SLA service

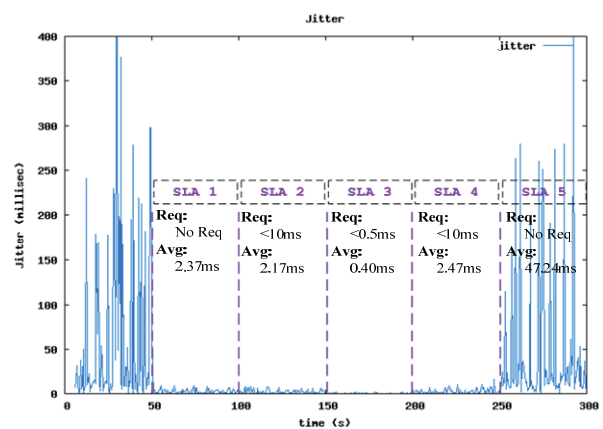


圖 5 Jitter for SLA service

保持約在 5ms~18ms 之間，而在 250 秒後，無任何需求，單向延遲超過 800ms。

圖 5 為在不同時間點上服務的信號抖動，在 0~50 秒的時間之中，由於並無簽訂任何服務品質合約，信號抖動超過 400ms，而第 50 秒時，第一份服務等級合約的信號抖動在 20ms 上下起伏，在第 100 秒至 200 秒之前，對於封包單向延遲並未改變，而在第 150 秒至 200 秒，此時信號抖動時間保持約在 0ms~5ms 之間起伏。在第 200 秒，信號抖動在 20ms 上下起伏，而在 250 秒後，無任何需求，最大單向延遲超過 400ms。

圖 6 所示，在 0~50 秒的時間之中，由於並無簽訂任何服務品質合約，丟棄的封包數目呈線性成長，在第 100 秒時，雖然並未對封包丟棄進行任何要求，但受到其他服務品質參數的影響，丟失的封包數目不像 0~50 秒之間嚴重，第 150 秒及第 200 秒，對於封包遺失要求分別為 0% 及 1%，由圖可看出在第 150 秒至 200 秒幾乎沒有封包被丟棄，而在 250 秒後，丟棄的封包數目又持續攀升。由上述結果綜合得知，本論文提出的服務品質監測系統可隨動態服務等級合約而改變骨幹網路的服務品質，並且符合該時間點下的服務等級合約。

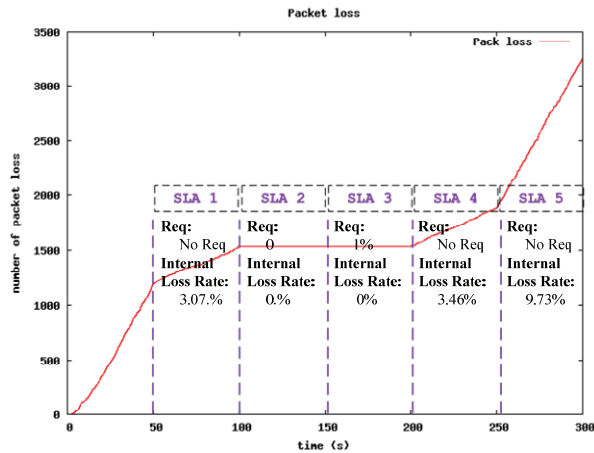


圖 6 Packet loss for SLA service

6. 結論與未來展望

在本論文中，提出以動態服務品質合約為基礎的異質無線網路監測系統，藉由量測接取無線網路服務品質參數，根據使用者目前接取的無線網路狀況來與骨幹網路提供者簽訂所需的服務品質合約，解決當服務連線跨多個網路區域時，網路區域需提供一定程度上的服務品質需求的問題，達到滿足服務使用者對端點至端點的服務品質需求。而本系統並非以資源保留的方式來提供服務品質保證，利用不同的級別分類來提供保證，能有效的利用網路資源，另外，當使用者發生漫遊、品質需求改變，又或者無線網路受到干擾，造成服務品質無法保證時，透過動態的修改服務等級合約的內容，來調整骨幹網路提供的服務品質保證，以因應現實環境的改變。

在未來發展方面，在異質無線網路監測系統中，對於無線網路發生違反服務品質保證的偵測，其監測的頻率直接的影響到反應時間的長短，如果監測的頻率太慢，雖然系統對服務品質有保障，但在變動情況頻繁的無線網路環境中，不能即時的反應，修改簽訂的服務品質合約，會造成服務品質等級低落，而如果監測的頻率過快，不但造成管理系統上的多餘負擔，也造成不必要的網路資源浪費。因此，在未來希望能加入監測頻率控制模組，透過對於網路變動情形歷史資料的分析，來評估在未來可能的無線網路變動頻率，藉以動態調整無線網路監測系統的偵測頻率，來達到即時的反應，而不會造成管理上網路資源的浪費。

參考文獻

- [1] M. Peuhuri, "Internet traffic measurements, aims, methodology and discoveries", Licentiate Thesis, Helsinki University of Technology, Department of Electrical and Communications Engineering, May 2002.
- [2] C.K. Tham, C.C Ko and Y. Jiang, "Providing Quality of Service Monitoring: Challenges and Approaches", IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium 2000, pp. 115-128, April 2000.
- [3] A. Christodoulou, A.D.H. Farrell, C. Bartolini, D. Trastour, M. Salle and M.J. Sergot, "Performance Monitoring of Service-Level Agreements for Utility Computing Using the Event Calculus," Proceedings of First IEEE International Workshop on Electronic Contracting, pp.17-24, July 2004.
- [4] A.B. Filonenko, A.V. Usina, O.D. Anohina, V.A. Usin and V.I. Markov, "Computer Simulation in Design of Built-in Performance Monitoring and Alignment System for Phased-Array Antenna," Proceedings of 15th International Conference on Radar and Wireless Communications, Microwaves, vol. 2, pp. 481-484, May 2004.
- [5] W. Junfeng, Z. Mingtian, "Providing Network Monitoring Service for Grid Computing," Proceedings of 10th IEEE FTDCS- International Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, pp. 52-58, May 2004.
- [6] IST's CADENUS Project, <http://www.cadenus.org>
- [7] I. Pratt, J. Crowcroft, M. D'Arienzo and R. Chakravorty, "Dynamic SLA-based QoS Control for Third Generation Wireless Networks: The CADENUS Extension," Proceedings of IEEE International Conference on Communications, Volume 2, pp. 938-943, May 2003.
- [8] I. Pratt, J. Crowcroft, M. Drienzo and R. Chakravorty, "A Framework for Dynamic SLA-based QoS Control for UMTS," In IEEE Wireless Communications, Volume 10, Issue 5, pp. 30-37, Oct. 2003.