

差別服務在支援行動應用上的研究

A Study on Differentiated Service for Mobile Application Support

蔡子傑

政治大學資訊科學系

ttsai@cs.nccu.edu.tw

黃世奇

政治大學資訊科學系

Abstract

Key Words: Differentiated Service, Mobile Application, QoS, Satisfaction

When the wired network technologies are getting matured, the whole network trends are to develop “broadband” and “mobile” network infrastructure, and to enable everyone access the Internet everywhere. Therefore, the wireless network technology is a hot topic in current network research. However, there are many problems in the wireless network, including mobility of mobile hosts, battery power, high packet loss rate, and lower bandwidth that never appear in the wired environment. In order to provide good Quality of Service(QoS) in wireless environments, there are still many problems needed to be solved.

This thesis proposed a method to integrate Differentiated Service(Diffserv) and wireless networks. To provide certain QoS for mobile applications, we define a “satisfaction” formula. By monitoring the packet loss in the wireless environment, the number of times of packet forwarding, we can base on the formula to raise the priority of wireless packets. By

doing this, we could improve the network quality of satisfaction for mobile users, and save the resource of the entire networks, which is wasted by dropping wireless packets. In the simulation, we tested the combinations of UDP and TCP data flows, and compared their performance in both single-hop and multi-hop wireless networks. The results gave us implications how to utilize the Diffserv for mobile applications under any circumstances

摘要

關鍵字: 差別服務, 行動應用, 服務品質, 滿意度

當有線網路已經發展成熟的同時, 整個網路的發展趨勢是走向寬頻、行動化, 以達到隨處可上網為目的。因此, 無線網路技術成為現在炙手可熱的熱門話題, 然而, 在目前的無線傳輸環境中, 許多問題是在有線架構上看不到的, 包含了無線平台的可移動性、電力、高封包遺失率及相較有線環境下的低頻寬, 所以要在無線環境中供良好的服務品質, 仍然有許多技術尚待克服。

這篇論文提出了一個整合 Diffserv 與無線網路的應用方法。在這個方法中, 我們觀察無線環境的封包遺失情況, 以及封包被轉送的次數, 在擷取點上根據我們提出的滿意度計算

公式，適當地提升封包的優先權值，使無線主機的封包在有線環境中，較不容易被丟棄。透過這個方法，可以提升無線主機上的使用者對網路品質的滿意度，並且對於整體的網路，可以節省下因為丟棄無線主機封包所浪費的資源。在模擬實驗中，我們測試了 UDP 及 TCP 資料流的不同組合，並且觀察比較單跳接網路和多跳接網路的差異，以找出在何種情況下，我們的方法會有最好的效果。

一、簡介

有線網路上的服務品質的研究已經行之有年，而在資訊行動化的同時，無線環境的服務品質也開始為人所注意。而由於無線網路的日益普及，許多在有線環境中發展的技術，被期望應用在無線環境中，這個過程或多或少將遭遇到一些困難，本論文將針對差別服務[3, 14, 24] (Differentiated Service)，指出其遭遇的難題，並提出解決方法，將差別服務應用於無線環境中，使其獲得較大的效益。

二、背景

網際網路的發展至今，已經成為人類日常生活中不可或缺的一部份，隨著網路使用人口的激增，以及網路上傳輸內容的改變，例如近年來全球資訊網(WWW)的蓬勃發展和多媒體影音資料的需求上升，傳統的網路早已不能滿足使用者的需求，而逐漸產生所謂『網路壅塞』的情形。

傳統的 TCP/IP 網路是以分封交換(Packet Switching)技術為主，無法提供使用者連線時的頻寬以及封包到達率的保證。以分封交換技術為主的架構，在先天上就很容易有壅塞的情形發生，傳輸的封包常因為實體線路頻寬的不足，或是網路上路由器本身的效能不夠高，造成等待傳輸的封包壅塞在各網域間邊界路由器中，甚至因為等待傳送的佇列過滿而被丟棄。這是有別於傳統電信網路之電路交換

(Circuit Switching)技術中，只要兩端點間的連線一但被建立，就不會有壅塞問題的情形。

因此，解決網路壅塞的情形，為使用者提供所謂品質服務[4, 5, 8, 9, 11, 12, 19, 21](Quality of Service, QoS)，也成為目前極熱門的研究方向。目前所提出的方向大致可以分為提出新的傳輸架構，例如非同步傳輸模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)，及對傳統 IP 進行效能改進。目前所提出的解決方案大致上可以分為優先權設定、以資料流(Data Flow)或封包為基礎等三類做法。以封包為基礎的做法則是較新提出的觀念，其中較具代表性的為差別服務(Differentiated Service, Diffserv)，此即為本論文所探討的重要主題。

另一方面，當有線網路已經發展成熟的同時，整個網路的發展趨勢是走向寬頻化、行動化的目標，以達到隨處可上網為目的。因此，無線網路技術成為現在炙手可熱的熱門話題，然而，在目前的無線傳輸環境中，許多問題是在有線的架構上看不到的，包含了無線平台的可移動性、電力、高封包遺失率及相較有線環境下的低頻寬，所以要在無線環境中提供良好的服務品質，仍然有許多技術尚待克服。

2.1 無線區域網路 (Wireless LAN)

許久以來我們對區域網路的印象，一直停留在連線式網路的印象，然而往往佈線問題讓工程人員絞盡腦汁，無線區域網路免除佈線困擾，克服環境上障礙，並提供漫遊使用者(roaming user)，隨時隨地的網路環境。

無線區域網路傳輸技術大約可分為三種：

微波 (Microwave)、展頻 (Spread Spectrum)、紅外線 (Infrared Ray)。其種類可分為：

- 隨意型區域網路
- 含擷取點的無線區域網路

1997年7月無線區域網路的標準化 IEEE 802.11 正式定案，確立了無線區域網路的規格。

2.2 品質服務 (Quality of Service)

一般而言，服務品質的特質是指網路元件(如應用程式、終端電腦、或路由器)所能夠提供當資料在網路傳遞時保障其相關特性的能力。對於不同的應用，所需的服務品質特性亦不相同，目前關於服務品質的實現方式有二種基本型態：

- 資源保留(Resource Reservation)：又稱為整合型服務(Integrated Services)，是依照應用程式的服務品質需求來劃分及規劃網路資源。
- 優先等級化(Prioritization)：又稱為分類型服務(Differentiated Services)，網路元件依據事先規劃好的分類規則將訊務封包分類，再依分類後的優先等級處理訊務封包。

2.3 差別服務

差別服務的目的是用來提供 QoS，而 QoS 中最基本的做法是僅僅將封包分為不同的等級，當網路發生壅塞的時候，擁有較高等級的封包將可以被優先傳送，所以在時間延遲以及封包流失的現象較為輕微，但是因為此機制並沒有對於封包的進入做任何的限制，因此假若有太多高等級的封包湧進路由器時，仍然會造成壅塞，我們只能夠確保高等級的封包相較於低等級的封包擁有較高的傳輸率而已。且若高等級封包過多的話，還可能會造成一般等級的封包永遠沒辦法被傳輸的情況發生。

要保證服務的品質，先決的條件應該是要有嚴謹的測量與計算的進入控制機制(Admission Control)，然後再搭配網路節點的 Policing 與 Scheduling 機制。以訊流或是封包為基礎的這兩種做法都是屬於此類。兩者的差別在於前者是對於每個資料流做個別的記錄與處理。而以封包為基礎的方法則是針對每個單獨的封包做處理和分類，在網域的進入點

(邊界路由器，Edge router) 便對封包加以分類成許多不同的等級，並加以標示。

對於以資料流做量測基礎的做法，有許多的缺點。因為以每個資料流作為量測的基準，則路由器必須將所有的狀況資訊記錄下來，而這個資料檔的大小是和路由器上所有資料流的數目成正比的，因此要執行以資料流為量制基礎的 QoS 服務，路由器需要有極大的儲存空間和程序處理的能力。由於以上的原因，因此要能夠執行以資料流為分類基礎的 QoS 服務之路由器都相當的昂貴，且所有路由器都必須支援 RSVP 協定，封包進入控制機制等等的能力，另外一點就是網域中，所有路由器都必須支援且設定執行才能達到最好的效果。

差別服務則是以單獨的封包為處理基礎，並且將封包處理的程序放在網域的邊界路由器以及分類標定等動作都在封包所經過的第一個路由器處理完成，則網路的骨幹(或稱核心)路由器可以完全不負擔任何繁雜的 QoS 機制，純粹依照簡單的機制(先進先出)快速的轉送經由它的的封包。因為骨幹路由器的負載通常也都十分的重，將繁雜的工作交給別的路由來做，亦有效的達成了負載平衡的功效，降低了骨幹路由器的負擔。

差別服務的 QoS 機制主要是利用對每個封包依照服務等級的不同，對於封包做特別的標定。在 IPv4 的環境中，我們使用封包標頭的 TOS(Type of Service)欄位來儲存標記的位置。TOS 欄位共有八個位元，在差別服務中，我們重新定義了這個欄位所代表的意義，在八個位元中，我們僅使用其中的前六個位元，最後的兩個位元不使用，這六個位元，稱做 DSCP(Differentiated Service Code Point)。

在 DSCP 中，總共有二的六次方共有六十四個可用之 DSCP，我們將之分為三組，其中第一組的最後一個 DSCP 位元均為“0”，作為共通的標準使用，共有 32 個 DSCP，後 32

個 DSCP 再分成為兩組，各有十六個 DSCP，第二組之 DSCP 後兩個位元均為“1”作為實驗與研究用途或是自行訂定，給單位網域內所使用，而第三組則除了研究用途外，也作為預留將來若是仍有新的 DSCP 標準時，將利用此組的 DSCP 範圍。

另一個在差別服務架構中很重要的單元稱之為 PHB(Per-Hop Behavior)，其為差別服務的封包分類核心運算機制。在差別服務的核心架構中，PHB 為實際決定封包傳送等級的依據，如同其名稱所表達的，在網域內的任一台路由器都可以執行不同的 PHB，而網路管理員除了標準的 PHB 外，可以利用第二組或是第三組的 DSCP 來規範自己的 PHB。每一種預定的服務種類都一定和一個 PHB 關聯，而 PHB 僅只注意和其他 PHB 間的優先權高低關係。

到目前為止在 IETF 的差別服務工作小組已經提出了幾個關於轉送封包的機制 (PHB)，分別為

- EF-PHB[7]:原文為『Expedited Forwarding PHB』，此類的封包擁有最高的轉送優先權，保證傳輸頻寬，封包延遲時間等等，通常用來傳遞重要訊息，例如路由更新的封包等需要即時被傳送的封包。此服務等級只有一個 DSCP。
- AF-PHB[6]:原文為『Assured Forwarding PHB』，屬於本服務等級的封包，其轉送等級比 BE-PHB 優先權高，較 EF-PHB 為低。AF-PHB 又分成四個等級，每個等級又分再細分成三個不同的封包丟棄順序，依序為 High Drop、Medium Drop、Low Drop，若遇有網路壅塞的情形時，將依照優先權高低將封包丟棄。本組 PHB 共有十二個 DSCP。
- BE-PHB:為標準預設的 PHB，即為一般的 Best-effort 封包轉送機制，假若欲轉送封包不屬於任何預設的規則的話，則歸類為 BE-PHB。其保留了原本的 IP

Precedence 的設定，將封包分為八個等級，利用八個 DSCP 做分配。

三、系統架構及問題描述

3.1 含擷取點的無線環境架構

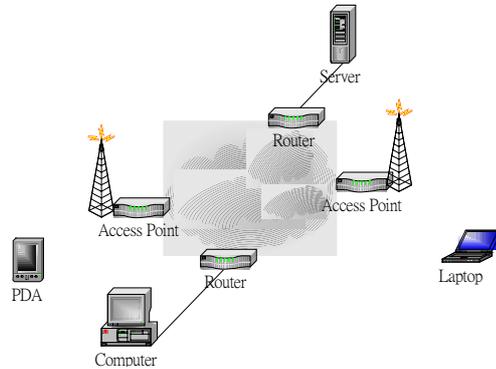


圖 1：含擷取點的無線網路架構。

這是最常見到的無線網路架構，舉凡無線區域網路、行動電話網路等，行動主機最基本的通訊方式便是透過擷取點或基地台與外部網路連通。在一個含擷取點的無線網路架構中，行動主機 (Mobile Host) 所送出的資料，將透過擷取點，將其轉送至 Internet。而由行動主機傳送出的封包，在 Internet 上，與有線主機中所送出的封包是一視同仁的，因此，當發生壅塞時，將以一樣的條件被丟棄。然而，由於無線環境的半雙工、移動、電力限制、高封包遺失率的特性，使得無線環境封包的傳送成本較有線環境大了許多，如果將這些封包照一般方式處理，則系統整體將會浪費許多的資源，因此有必要考量每個封包的轉送次數、成本耗費，在合理的範圍內，提高無線封包的流速，以降低整體的負荷。

3.2 含擷取點之多跳接無線網路架構

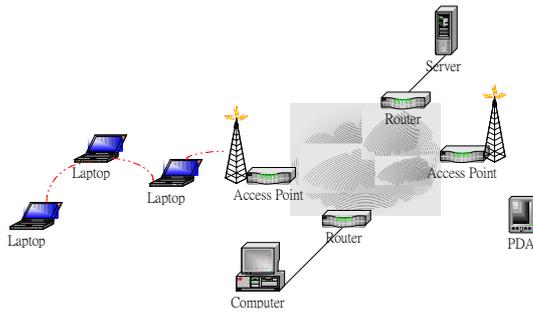


圖 2：含擷取點之多跳接無線網路架構。

在一個含擷取點的無線網路中，由於擷取點的佈置需要考量的因素很多，包括成本、設置地點等等，有時候並沒有辦法完整涵蓋到所有的區域。在辦公室環境內，過多擷取點的設置，不但成本高，同時也可能造成各擷取點間的相互干擾；在行動警察資訊系統（MPIS[18]）內，由於警車的無線通訊範圍有限，而警員的行動主機可能因任務需要超出與警車的通訊範圍，此時，就必須要透過轉送的方式來將封包傳送至擷取點。因此，無線區域網路不一定是單跳接（Single Hop）連接擷取點的架構，各個行動主機，在某些時候，有必要轉送其它離開擷取點通訊距離的封包（如圖 2 所示）。隨著封包被轉送次數的增加，不論是封包的延遲（Latency）、耗費的頻寬、遺失率，都會比單跳接環境提高許多，因此，當這一類的封包被成功傳送至 Internet 後，應該隨著其被轉送的次數，適當的提高優先權，以避免因為壅塞而被丟棄，造成資源浪費，或因逾時造成無線環境中額外的重送封包。

3.3 隨意型（Ad Hoc）無線區域網路架構

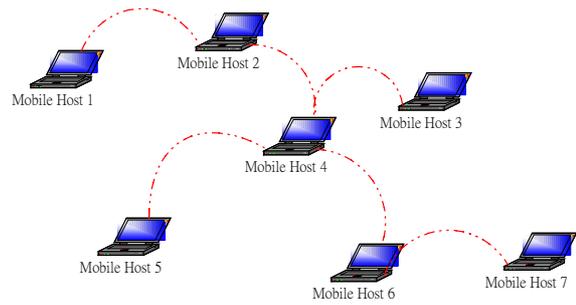


圖 3：隨意型無線區域網路示意圖。

無線網路的另一種型態為隨意型網路[15]（Ad Hoc Network），在這種網路架構下，每個行動主機不需透過擷取點，即可直接與其它的行動主機傳輸資料，不過，由於行動主機的通訊距離有限，因此，必需透過多跳接[22]

（Multi-Hop）的方式，才能將封包送抵遠方的主機。在這種的網路環境中，要透過保證頻寬大小來提供品質服務，是不太可能的，因為考慮到無線主機的移動性及無線電訊號可能被遮蔽的問題，藉由區分封包等級來提供品質服務會比較好的作法。目前的差別服務技術主要的著眼點都是在有線網路上的特性，應用在無線環境中，有許多問題就必須加以考慮。以 AF 等級的封包來說，當需要丟棄封包時，對於高轉送次數的封包是否有必要提高其優先權，以節省無線資源；而對於 EF 的封包來說，因為頻道可能被佔用，要如何傳遞這些急需被處理的封包，是待解的問題。

四、研究步驟及解決方法

4.1 衡量指標

4.1.1 傳輸成本

由於封包的傳輸需要耗費電力及佔用頻寬，這種情況在無線環境中將更加的明顯。在無線環境中，因為封包的遺失率高，使得封包往往需要經過數次的傳輸，才能成功傳抵達目的地，而且由於 IEEE 802.11 半雙工的特性，使得當一行動主機在傳送或接收資料時，在同一傳輸

範圍內的其它主機將無法佔用同一個頻道傳輸資料。如此，會造成在昂貴的連線時間內，無法傳遞資料，使得傳送資料的成本提升許多；另一方面，當無線主機成功地將封包傳送到擷取點後，如果輕易地被丟棄，則之前為了傳送至擷取點所耗費的成本，就會因此而浪費掉，因此，若能夠對無線端的封包做適當處理，根據測量封包所耗費的成本分級，適度保障高成本的封包在有線網路裡的傳輸，則可以使得平均傳輸成本降低，減少資源的浪費。

4.1.2 滿意度

由於網路的頻寬是有限的，因此在頻寬不敷使用時，就必須要做一些取捨，適當的捨棄部份封包，讓其餘的封包能順利傳輸。我們認為，在選擇丟棄封包的策略上，必須要考慮到每個 session 滿意度的問題，而不是完全的偏向無線、或有線環境的封包。以無線環境的傳輸來說，目前的傳輸成本仍然是遠大於有線環境的封包傳輸，傳輸的成本包含了因為高遺失率造成的重覆傳送、ISP 連線費用等等，我們以 α 來代表這些成本的總合為有線網路傳輸成本的 α 倍。因此，在無線傳輸花費較高的情況下，我們認為有必要提升行動主機所傳輸的資訊，在有線網路上所配置的頻寬額度。我們以下圖來說明：

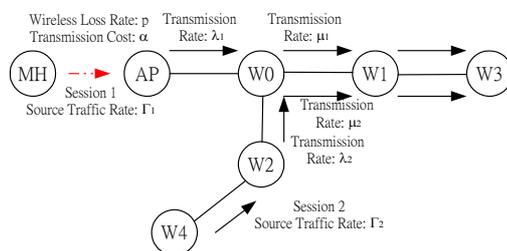


圖 4：滿意度示意圖。

Γ_1 、 Γ_2 分別代表行動主機和有線主機封包進入第一個路由器 (Router) 的速率； λ_1 、 λ_2

分別代表行動主機和有線主機封包進入 $W0$ 的速率； μ_1 、 μ_2 分別表示行動主機和有線主機封包通過 $W0$ 速率。

我們定義了用來衡量的指標需求達成率及滿意度如下：

$$\text{需求達成率} = \frac{\text{成功傳輸速率}}{\text{頻寬合理需求量}} = \begin{cases} \frac{\mu_1}{\min(\Gamma_1, \text{最大可傳輸速率})} \Rightarrow \text{無線主機} \\ \frac{\mu_2}{\min(\Gamma_2, \text{最大可傳輸速率})} \Rightarrow \text{有線主機} \end{cases} \dots(1)$$

成功傳輸速率代表接收端成功接收到封包的速率，假設有線環境中的封包遺失率為 0，在圖四中，這個值相當於 μ_1 、 μ_2 ；頻寬合理需求量代表這個 session 所需要的傳輸速率，但是因為不可能毫無限制的滿足頻寬需求，因此，我們將合理需求量的上限訂為封包允許進入網路的最大速率。以本例來說，Session 1 可進入網路的最大速率為 2Mbps (受限於 IEEE 802.11 的規格)，Session 2 可進入網路的最大速率為 $W4 \leftrightarrow W2$ 的頻寬。

另一個指標：滿意度的定義如下：

$$\text{滿意度}(S) = \frac{\text{需求達成率}}{\text{平均傳輸成本}} \dots(2)$$

除了滿意度外，因為有線環境和無線環境不同的特性，使得傳輸成本也必須列入考慮，因為丟棄一個行動主機封包的代價，可能較丟棄一個有線主機的代價多上許多，因此，必須要把平均的傳輸成本反應在需求達成率上，我們稱之為滿意度。

當 $W0$ 處發生壅塞時 (即 $\lambda_1 + \lambda_2 > \mu_1 + \mu_2$ 時)，Session 1、2 的需求達成率分別為 $\frac{\mu_1}{\Gamma_1}$ 、

$\frac{\mu_2}{\Gamma_2}$ 假設 Session 2 的 Transmission Cost 為 1，

則 Session 1 的 Transmission Cost 即為 α ，因

此，兩者的滿意度分別為 $\frac{\mu_1}{\alpha\Gamma_1}$ 、 $\frac{\mu_2}{\Gamma_2}$ ，我們的

目標是讓兩個 Sessions 的滿意度相等 (比值为 1)，不致於偏袒任何一方。即：

$$S = \frac{\mu_1}{\alpha\Gamma_1} = \frac{\mu_2}{\Gamma_2} \Rightarrow \mu_1 = \frac{\mu_2\alpha\Gamma_1}{\Gamma_2}$$

$$\Theta \Gamma_1 = \frac{\lambda_1}{(1-p)}, \Gamma_2 = \lambda_2 \therefore \mu_1 = \frac{\alpha\mu_2\frac{\lambda_1}{(1-p)}}{\lambda_2} = \frac{\alpha\mu_2\lambda_1}{(1-p)\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \mu_1 = \frac{\alpha}{(1-p)} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \times \mu_2$$

μ_1 應該調高至 μ_2 的 $\frac{\alpha}{(1-p)} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 倍，讓兩個

Session 的滿意度一致，達到我們的目標。

當無線環境為一個多跳接網路時，我們僅需稍微修正我們的需求達成率定義為：

$$\frac{\text{成功傳輸速率}}{\text{頻寬合理需求}} = \min \left(\frac{\mu_1}{\Gamma_1}, \frac{\text{無線網路頻寬}}{\text{無線網路頻寬}}, \frac{\text{無線網路頻寬}}{\text{基地台在無線網路下的連線數}} \right)$$

2. 如果為多跳接
1. 如果為單跳接

$$\frac{\mu_2}{\min(\Gamma_2, \text{最大可傳輸速率})} \Rightarrow \text{有線主機}$$

即可。

依照滿意度的定義：

$$S = \frac{\mu_1}{\alpha\Gamma_1} = \frac{\mu_2}{\Gamma_2} \Rightarrow \mu_1 = \frac{\mu_2\alpha\Gamma_1}{\Gamma_2}$$

$$\Theta \Gamma_1 = \frac{\lambda_1}{(1-p)^n}, \Gamma_2 = \lambda_2 \therefore \mu_1 = \frac{\alpha\mu_2\frac{\lambda_1}{(1-p)^n}}{\lambda_2} = \frac{\alpha\mu_2\lambda_1}{(1-p)^n\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \mu_1 = \frac{\alpha}{(1-p)^n} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \times \mu_2$$

亦即 μ_1 應該調高至 μ_2 的 $\frac{\alpha}{(1-p)^n} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

倍，才能讓兩個 Session 的滿意度一致，以達到我們的目標。

4.1.3 公正性

流量控制最困難的就是如何公正的分配頻寬給各個鏈結。公正性的定義可以有許多種，其中最簡單而且最直覺的，就是讓所有的 session 使用相同的頻寬。圖 5 清楚說明了這個概念某些抽象之處。一個 session 的資料流經過了所有串接的 link，而其它每個 session 僅流經一個

link。如果限定 session 0、1 和 2 最大的流量為 1/3，讓這些 session 的速率都相等，這看起來應該是合理的。然而，如果限定 session 3 的流速也是為 1/3 的話，就非常地沒有意義。Session 3 最好被限定在 2/3，因為任何較低的上限只會造成最右側的 link 浪費頻寬，而對 session 0、1 或 2 沒有任何的好處；而較高的上限會造成不公平的狀態，因為它將會限制到 session 0 的頻寬。

這個例子利用了 minimum allocation 的方式達到網路最大使用率的方法，稱作 Max-min Flow Control。當最壅擠的 session 先配置了最大可能的頻寬後，可能會剩於許多的頻寬給其它的 session 配置。自然而然的，我們依例也將其餘的頻寬依壅擠的 session 配置頻寬，直到所有的 session 配置完畢。另一種說法是，假設有 i 個 sessions，藉由逐漸加大每一個 session 所配置的頻寬，以不造成其它配置了等於或小於自己頻寬的 session 頻寬減少為原則，達到最大可能的頻寬時，則可稱頻寬已被公平的分配到各個 session。

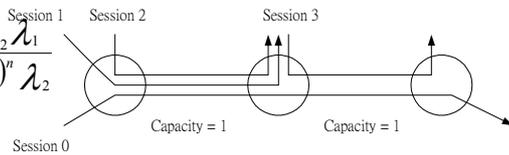


圖 5：Max-min Flow Control 示意圖。

因為我們的方法會更改封包優先權，進而變更各個 session 所配置的頻寬，所以可能會造成每個 session 之間的公正性有所改變。所以我們將藉由觀察公正性的變化，以找出對系統公正性影響最好的方案。

4.2 實作方法

實作系統在 Edge Router 和 Core Router 上時，我們可以在擷取點路由器處加上一個 meter，藉

由觀察封包序號的增加情況，可以計算出無線網路上封包遺失的情形；同時，在無線網路上的主機，每轉送一次封包，即會將封包ttl (Time to Live) 的值減一，透過這個ttl欄位，我們可以知道封包被轉送的次數；再加上可以由ISP設定無線環境封包的傳送成本，經由這些資訊，在Ingress router的地方，即可以根據我們的滿意度公式，計算出該配置給各個session頻寬的比例，再把每個session的封包中，DSCP欄位設成相對應，最接近該比例的等級以達到我們要求的目的。

五、實驗結果

我們採用柏克萊大學的Network Simulator 2來模擬我們的環境，藉由比較原始網路及我們提出的架構，指出改進的部份。

5.1 單跳接無線網路

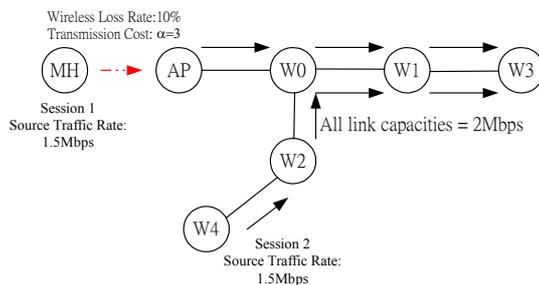


圖 6：實驗架構圖。

如圖 6，MH 代表無線環境中的行動主機，AP 為擷取點 (Access Point)，W0~W4 為有線環境中的主機或路由器，有線環境中線路的頻寬為 2Mbps，無線環境為 IEEE 802.11 Wireless LAN；無線環境中傳送 1 位元組的平均成本為有線環境中的 α 倍，我們暫定 $\alpha=3$ ，而有線環境中的平均傳輸成本為 1。假設 MH 及 W4 同時對 W3 發送封包，藉由調整 MH 及 W4 上不同的類型的資料流及流速，使其在 W0 處發生壅塞，藉以觀察封包被處理的情形。

當 MH 傳送 UDP 封包，W4 傳送 UDP 封包時傳輸成本

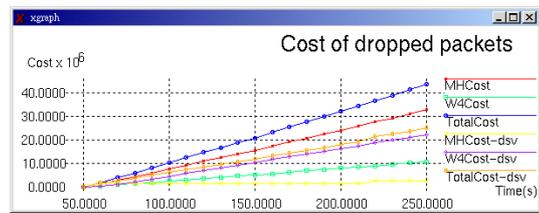


圖 7：封包丟棄資源浪費量累計圖。

MHCost、W4Cost、TotalCost 分別代表因為丟棄 MH 封包、W4 封包的資源浪費情況，以及總和。MHCost-dsv、W4Cost-dsv、TotalCost-dsv 則代表調整封包優先權後的結果。

由圖中可以發現，由於無線環境中的封包遺失，使得進入 W0 的封包速率降低，使得 W4 的封包較 MH 封包在 W0↔W1 Link 上分配到較高的頻寬。透過調整封包的優先權後，可以有效得減低資源浪費的情況。

滿意度

	原始網路(S ₀)	修改後(S _M)
滿意度(無線 S ₁)	0.21	0.31
滿意度(有線 S ₂)	0.71	0.41
比值(S ₁ /S ₂)	0.3	0.76

表 1：滿意度比較表。

由上表中可以看出，經過我們的調整後，兩個 session 的滿意度有接近的趨勢。

公正性

	理論值(F_i)	原始網路(F_0)	修改後(F_m)
公正性	(0.95, 1.05)	(0.93, 1.07)	(1.39, 0.61)
與理論值 差距(d)	0	0.028	0.622

表 2：公正性比較表。

本節探討的是在不同的資料流中，原始網路公正性 (F_0) 及修改後的公正 (F_m) 的變化情形；在下表中，我們的公正性以（無線的頻寬，有線的頻寬）的座標方式來表示，與理論值差距則為 $d=|F_m-F_0|$ ，代表兩個座標的差距， d 的值愈接近 0，表示這個網路越公正，我們可以從其中，觀察到公正性的變化情況。變化程度以 F_m/F_0 表示，超過 1 者，表示公正性惡化，介於 0 與 1 之間者，修改後網路的公正性較原始網路為佳。

5.2 多跳接無線網路

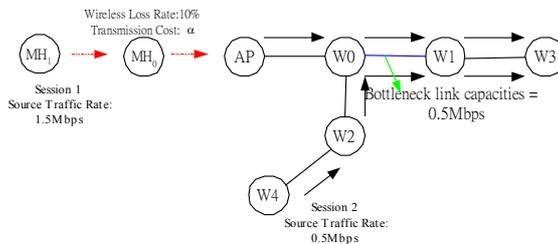


圖 8：實驗架構圖。

如圖 8 中，MH0、MH1 代表無線環境中的行動主機，AP 為擷取點 (Access Point)，W0~W4 為有線環境中的主機或路由器，有線環境中線路的頻寬為 2Mbps，無線環境為 IEEE 802.11 Wireless LAN；無線環境中傳送 1 位元組的平均成本為有線環境中的 α 倍，我們暫定 $\alpha=3$ ，而有線環境中的平均傳輸成本為 1。假設 MH1 在 AP 的可通訊範圍以外，因此 MH1 必須透過 MH0 轉送封包到 AP，當 MH1 及 W4 同時

對 W3 發送封包，藉由調整 MH1 及 W4 上不同的類型的資料流及流速，使其在 W0 處發生壅塞，藉以觀察封包被處理的情形。

當 MH 傳送 UDP 封包，W4 傳送 UDP 封包時 傳輸成本

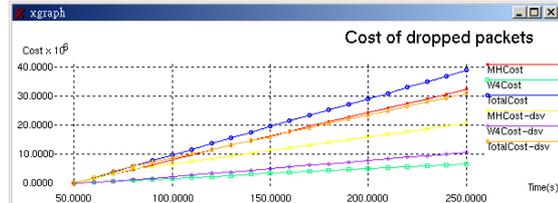


圖 9：封包丟棄資源浪費量累計圖。

在上圖中，因為 MH 需要較大的頻寬，因此，經由我們調整封包的優先權後，可以減少 MH 封包被丟棄的情況，因而可以降低整個網路資源的浪費。

滿意度

	原始網路(S_0)	修改後(S_m)
滿意度 (無線 S_1)	0.09	0.14
滿意度 (有線 S_2)	0.47	0.16
滿意度比值(S_1/S_2)	0.19	0.88

表 3：滿意度比較表。

由上表中可以看出，經過我們的調整後，兩個 session 的滿意度有接近的趨勢。

公正性

	理論值(F_i)	原始網路(F_0)	修改後(F_m)
公正性	(0.31, 0.19)	(0.26, 0.24)	(0.42, 0.08)
與理論值差 距(d)	0	0.07	0.15

表 4：公正性比較表。

5.3 混合式無線網路

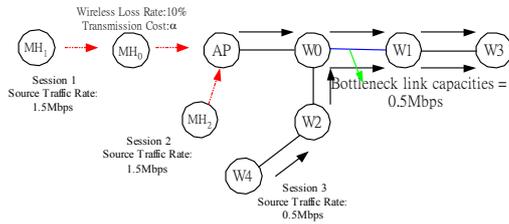


圖 10：實驗架構圖。

如圖 10 中，MH0、MH1、MH2 代表無線環境中的行動主機，AP 為擷取點 (Access Point)，W0~W4 為有線環境中的主機或路由器，有線環境中線路的頻寬為 2Mbps，W0↔W1 Link 的頻寬為 0.5Mbps，無線環境為 IEEE 802.11 Wireless LAN；無線環境中傳送 1 位元組的平均成本為有線環境中的 α 倍，我們暫定 $\alpha=3$ ，而有線環境中的平均傳輸成本為 1。假設 MH1 在 AP 的可通訊範圍以外，因此 MH1 必須透過 MH0 轉送封包到 AP，當 MH1、MH2 及 W4 同時對 W3 發送 UDP 封包，會在 W0 處發生壅塞，我們透過這個實驗觀察封包被處理的情形。

傳輸成本

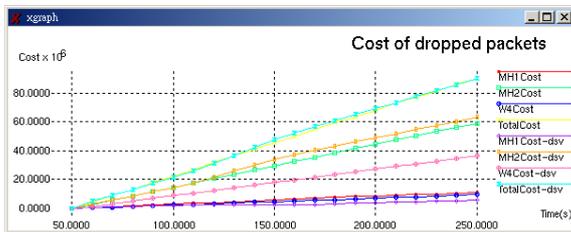


圖 11：封包丟棄資源浪費量累計圖。

由圖 11 中，我們發現到整體的資源節省情況並不是很明顯，這是由於 MH1 和 MH2 分享相同的頻寬，為了提升 MH1 的滿意度，就必須要適當的調整 MH1 的優先權，因此，會造成 MH2 封包被丟棄，而浪費掉資源。

滿意度

	原始網路(S_0)	修改後(S_M)
滿意度 (S_1)	0.023	0.032
滿意度 (S_2)	0.106	0.12
滿意度 (S_3)	0.226	0.08

表 5：滿意度比較表。

從表 5 可以發現滿意度的情況，在經過我們的調整後，有較為集中的趨勢。

公正性

	理論值(F_i)	原始網路(F_0)	修改後(F_M)
公正性	(0.19, 0.19, 0.12)	(0.07, 0.32, 0.11)	(0.1, 0.36, 0.04)
與理論值差距(d)	0	0.17	0.21

表 6：公正性比較表。

表 6 為公正性比較表，分別代表 Session 1、Session 2、Session 3 的流速分佈情形，我們可以透過與理論值的差距，來了解其對公正性的影響。

5.4 總結

由以上的實驗，我們可以發現，如果對於 UDP 一類沒有 Flow Control 的封包，加以管制，可以大幅減低資源的浪費，並且可以使得滿意度趨近我們的目標。不過，在多跳接環境中，因為在無線環境中的封包遺失得太過嚴重，即使依照我們的方式來調整封包的優先權，讓成功傳送至擷取點的封包，儘可能被轉送出去，也沒辦法有效的提升行動主機資料流的流量，這個部份，就得靠無線區域網路中，WTCP[13]、SNOOP、I-TCP[1, 2]一類的技術來加強，而不

是 Diffserv 範圍內可以做到的。

六、結論及未來展望

6.1 結論

透過我們的實驗結果，可以看出無線網路中，由於封包的遺失率高，會造成整個網路效率的低落，這種情況在多跳接下，更加地明顯，若是將耗費許多資源才成功傳送到有線網路上的封包輕易丟棄，無異是更加使得該 session 的效能惡化，也讓該封包所佔用的資源白白浪費掉，所以，適度保障無線主機的封包在有線網路中傳輸的優先權，從 ISP 角度來看，對整個網路系統來說，可以使得網路的效率提升；從使用者的眼光來看，可以讓付費及服務，取得一個較佳的平衡點。

6.2 未來展望

在我們的實驗中，著重在因為封包遺失所造成效能低落的補償，對於其它在電力、主機移動、以及訊號遮蔽所影響的成本，採用一個概括的 α 值來替代。在無線環境中，行動主機的電池電力，是一項非常重要的資源，只要傳送封包，就會消耗電池存量，因此，如果能對封包傳遞的過程中，對消耗的電力做計量，或整個路徑上所有主機的電力存量總和，記錄在封包的欄位中，就可以在 ingress router 上，根據這些資訊調整封包的優先權，對行動主機上的電力，做一個較為妥善的安排。這是將來可以再深入研究的地方，相信，對整個網路資源的管理，可以因此而更有效率。

七、參考文獻

- [1] Bakre, A. and Badrinath, B. R. (1995). I-TCP: indirect TCP for mobile hosts, Distributed Computing Systems, 1995, Proceedings of the 15th International Conference on, 1995, Page(s): 136-143
- [2] Bakre, A. V. and Badrinath, B. R. (1997). Implementation and performance evaluation of Indirect TCP, IEEE Transactions on Computers, Volume: 46 Issue: 3, March 1997, Page(s): 260-278
- [3] Blake, S., Black, D., Carlson, M., Davies, E., Wang, Z. and Weiss, W. (1998). An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475
- [4] Bo Li, Hamdi, M., Dongyi Iang, Xi-Ren Cao and Hou, Y.T. (2000), QoS enabled voice support in the next generation Internet: issues, existing approaches and challenges , IEEE Communications Magazine, Volume: 38 Issue: 4, April 2000, Page(s): 54-61
- [5] Fulu Li, Seddigh, N., Nandy, B. and Matute, D. (2000). An empirical study of today's Internet traffic for differentiated services IP QoS, Computers and Communications, 2000. Proceedings. ISCC 2000. Fifth IEEE Symposium on, 2000, Page(s): 207-213
- [6] Heinanen J., Baker F., Weiss W., and Wroclawski J. (1999). Assured Forwarding PHB Group, RFC 2597
- [7] Jacobson V. and Nichols K, Poduri K. (1999). An Expedited Forwarding PHB, RFC 2598
- [8] Jarrett, W., Michalareas, T. and Sacks, L. (1999). Operational support issues for IP QoS based networks, Services Over the Internet - What Does Quality Cost?, IEE Colloquium on, 1999, Page(s): 6/1 -6/5
- [9] Jia, D., Dutkiewicz, E. and Chicharo, J. F. (2000). Performance analysis of QoS mechanisms in IP networks , Computers and Communications, 2000. Proceedings.

- ISCC 2000. Fifth IEEE Symposium on, 2000, Page(s): 359-363
- [10] Mahadevan, I. and Sivalingam, K.M. (1999). Quality of Service architectures for wireless networks: IntServ and DiffServ models, Parallel Architectures, Algorithms, and Networks, 1999. (I-SPAN '99) Proceedings. Fourth International Symposium on, 1999, Page(s):420-425
- [11] Mahadevan, I. and Sivalingam, K. M. (1999). Quality of service in wireless networks based on differentiated services architecture, Computer Communications and Networks, 1999. Proceedings. Eight International Conference on, 1999 Page(s): 548-553
- [12] Metz, C. (1999). IP QOS: traveling in first class on the Internet, IEEE Internet Computing , Volume: 3 Issue: 2 , March-April 1999 , Page(s): 84-88
- [13] Ratnam, K. and Matta, I. (1998). WTCP: an efficient mechanism for improving TCP performance over wireless links , Computers and Communications, 1998. ISCC '98. Proceedings. Third IEEE Symposium on, 1998, Page(s):74-78
- [14] Seddigh, N., Nandy, B., and Piedad, P. (1999). Bandwidth assurance issues for TCP flows in a differentiated services network, Global Telecommunications Conference, 1999. GLOBECOM '99 , Volume: 3 , 1999 Page(s): 1792-1798 vol.3
- [15] Seoung-Bum Lee, Gahng-Seop Ahn and Campbell A. T. (2001). Improving UDP and TCP Performance in Mobile Ad Hoc Networks with INSIGNIA, IEEE Communications Magazine, June 2001, Page(s): 156-165
- [16] Stevens, W. R. 原著, 資訊工業策進會中文化部門譯, TCP/IP Illustrated, Volume 1 中譯本
- [17] Tanenbaum, A. S. 原著, 蔡明志譯, 電腦網路, 東華書局出版
- [18] Tzu-Chieh Tsai, Yao-Nan Lien, Hong Chang Chiu, Shi-Chi Huang, Kenex Huang, Hung-Kai Ting and Jia-Xin Yang, (1999). Network Issues and Implementation for a Mobile Police Information System (MPIS), Proc. of the 5th Workshop on Mobile Computing
- [19] Wan, D. C. (2000). QoS in next generation Internet, High Performance Computing in the Asia-Pacific Region, 2000. Proceedings. The Fourth International Conference/Exhibition on , Volume: 1 , 2000 Page(s): 65-70 vol. 1
- [20] White, P.P. (1997). RSVP and integrated services in the Internet: a tutorial, IEEE Communications Magazine, Volume: 35 Issue: 5, May 1997, Page(s): 100-106
- [21] Xipeng Xiao; Ni, L. M. (1999). Internet QoS: a big picture, IEEE Network , Volume: 13 Issue: 2, March-April 1999, Page(s): 8-18
- [22] Xu, S. and Saadawi, T. (2001). Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop wireless ad hoc networks? , IEEE Communications Magazine , Volume: 39 Issue: 6 , June 2001, Page(s): 130-137
- [23] Xylomenos, G., Polyzos, G. C., Mahonen, P. and Saaranen, M. (2001) TCP performance issues over wireless links, IEEE Communications Magazine , Volume: 39 Issue: 4, April 2001, Page(s): 52-58