

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計劃三:無線區域網路之服務品質(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2219-E-004-004-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立政治大學資訊科學系

計畫主持人：蔡子傑

計畫參與人員：蔡子傑、陳宗儀、連志峰、涂建明、林士發、周裕傑、吳明儒、
楊博丞、吳鳳翔、林政豪

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 9 月 17 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

A11-IP 網路上以預算為基礎之品質管理研究--

子計劃三:無線區域網路之服務品質(I)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2219 -E - 004 - 004 -

執行期間： 91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

計畫主持人：蔡子傑

共同主持人：

計畫參與人員： 陳宗儀、連志峰、涂建明、林士發、周裕傑、
吳明儒、

楊博丞、吳鳳翔、林政豪

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開

查詢

執行單位：國立政治大學資訊科學系

中 華 民 國 92 年 9 月 2 日。

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

All-IP 網路上以預算為基礎之品質管理研究-- 子計劃三:無線區域網路之服務品質(I) WLAN QoS

計畫編號：NSC 91-2219-E-004-004
執行期限：91年8月1日至92年7月31日
主持人：蔡子傑 國立政治大學資訊科學系 副教授
計畫參與人員：陳宗儀、連志峰、涂建明、林士發、周裕傑、
吳明儒、楊博丞、吳鳳翔、林政豪
國立政治大學資訊科學系

一、中文摘要

All-IP 網路的架構包含各種異質性的接取網路，並且以 IP-based 的核心網路相連結。其目的是漸近地整合以線路交換為主的電信網路與以封包交換為主的數據網路(當然也包括整合無線網路與固定網路)，也就是在整合的 All-IP 網路上，提供語音、數據等多媒體應用之服務。而不同的應用，對其 end-to-end 的服務品質各有不同需求，而整個路徑又可能跨越多種異質性的網路環境，其特性或對服務品質的管理與相關機制又不儘相同或相容。所以如何在如此 All-IP 異質網路之環境，以維持與有效管理一定程度的服務品質，就是本總計劃之目標。

而本子計劃的主要目的就是研究以無線區域網路為接取網路之無線應用的服務品質管理機制。這主要的關鍵研究主題，包括(i)無線區域網路內的服務品質，以及無線網路接取點至核心網路進入點之間的服務品質管理與參數對應 (ii)無線漫游機制，以及漫游前後之服務品質維持。

本子計劃將以 IEEE802.11 所形成的單跳接或多跳接之 wireless enabled MAN 環境為主。我們將無線的應用作類似 3GPP 方式的分級，並對骨幹網路所使用的差別服務(Differentiated Service)之等級作對應，並用數學模型分析以作允入控制與有效的資源管理，進而提出在各個通訊層之間該如何支援，以達此目的。另外以無線漫游(roaming)者而言，我們也將利用 IAPP(Inter-Access Point Protocol)設計如何達到 seamless roaming，並進而維持在 handoff 之前後有一定的服務品質。這些均會以程式模擬去分析，驗證所研發的協定和機制。

另一方面，系統整合與服務平台的離形開發系統，在時間與人力許可下是本計劃努力的目標之一。在第三年，將研發 QoS-Aware middleware 平台，整合我們在此子計畫所開發的主要功能。

關鍵詞：All-IP 網路、服務品質、IEEE802.11、HIPERLAN 2、差別服務、允入控制、資源管理、IAPP、漫游

Abstract:

All-IP network architecture includes heterogeneous access networks that are connected via an IP-based core network. Its goal is to integrate both circuit-switching telecomm networks and packet-switching data networks in order to support voice, data, and multimedia service on an integrated all-IP network. However, different applications require different end-to-end QoS (Quality of Service). Since the whole end-to-end path could traverse various heterogeneous networks, their QoS management and supporting mechanisms are not necessarily same or compatible. How to maintain and efficiently manage certain QoS in such an all-IP heterogeneous network environment is the goal of our overall project.

In this subproject, the main purpose is to develop QoS management mechanisms for wireless applications using wireless LAN (WLAN) as their access networks. The key research issues include: (i) QoS support inside WLAN, and QoS management and parameter mapping between Access Point and Ingress to core network. (ii) roaming and QoS maintenance during/after handoff.

The reference network environment will be the wireless enabled MAN which are built up with IEEE802.11 or HIPERLAN 2. We will classify wireless

applications by their characteristics and performance requirements like in 3GPP. We assume core network is using Differentiated Service (DiffServ) mechanisms for supporting QoS. Therefore, we will develop mathematical QoS models to analyze delay and loss for choosing admission policies, resource management mechanisms and the mapping between application and network service classes. For roaming users, IAPP (Inter-Access Point Protocol) is utilized to support seamless roaming, and moreover is modified to maintain certain QoS during handoff transitions. This will be also justified and analyzed by simulations.

Finally, the prototype of integrated system and service platform will also be designed and developed under permission of time constraints. We will pay our focus on the QoS-Aware middleware platform with the key features in the third year of this project.

Keywords: All-IP Networks, QoS, IEEE802.11, HIPERLAN 2, Differentiated Service, admission control, resource Management, IAPP, roaming

二、緣由與目的

All-IP 網路的架構包含各種異質性的接取網路，並且以 IP-based 的核心網路相連結(如 Fig.1[1])。其目的是漸近地整合以線路交換為主的電信網路與以封包交換為主的數據網路(當然也包括整合無線網路與固定網路)，也就是在整合的 All-IP 網路上，提供語音、數據等多媒體應用之服務。而不同的應用，對其 end-to-end 的服務品質各有不同需求，而整個路徑又可能跨越多種異質性的網路環境，其特性或對服務品質的管理與相關機制又不儘相同或相容。所以如何在如此 All-IP 異質網路之環境，以維持與有效管理一定程度的服務品質，就是本總計劃之目標。

近年來在無線接取網路方面，不管是廣域(如 GPRS, 3G 等)或區域(如 IEEE 802.11b, 11a, HiperLan II, Bluetooth 等)，在數據的應用或服務與技術支援的成熟度，都有大幅度的發展。而在 3G 的執照核發與系統的建構後，勢必將帶領無線應用的開發邁向另一高峰。在另一方面，無線區域網路如 IEEE 802.11b 如雨後春筍般快速佔領無線上網的另一市場，尤其預估今年 802.11a 的產品將上市，其 data rate 高達 54Mbps，預計將掀起另一波殺戮戰場。在越來越多需寬頻服務的應用需求下，整合的具服務品質的無線應用開發平台，就顯得相當重要，整個系統核心技術的能否密切有效的配合，以使有限的資源達到最高的品質，可能就是整個市場興衰的關鍵。

本子計劃的主要目的，就是以無線區域網路為接取網路之無線應用的服務品質管理機制。

在研究以 IEEE802.11 或 HIPERLAN 2 為主的無線區域網路之服務品質的核心支援技術，並進而能與背後有線或無線的骨幹，在資源管理上做最有效的配合，以達此目的。另一方面，系統整合與服務平台的雛形開發系統，在時間與人力許可下也會是本計劃努力的目標之一。以下就(1)架構介紹(2)研究主題，分別說明本計劃的背景與研究目的。

(1) 架構介紹(Architecture Overview):

本計劃主要研究的網路架構就是，在 All-IP 異質性網路之間的 end-to-end QoS 管理與控制。如 Fig.1 [1]: 在 Access Networks 有 Wireless LAN, UMTS/GPRS, Internet Service Provider 等，彼此間由 IP-Based core network 連接而成。而 Wireless enabled MAN 可由 IEEE 802.11 組成或 BRAIN [2]。本計劃則是特別著重在 IEEE 802.11 的無線區域網路(WLAN)，而形成的 wireless enabled MAN 為主。

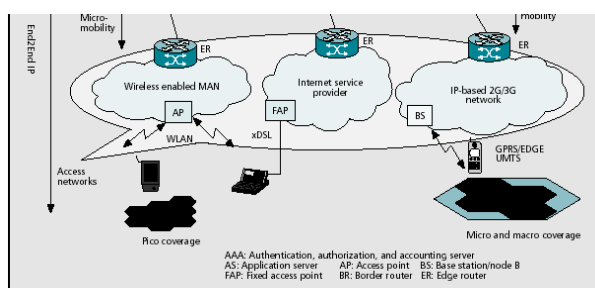


Fig. 1: The reference model for QoS support in an IP-based heterogeneous network

以 IEEE 802.11 為主的無線區域網路產品，去年的主力 802.11b 之 data rate 高達 11Mbps，在無線區域網路市場上可謂佔有率急速上昇，國內多家大學如台大、中山、東海、逢甲等陸陸續續地建置校園無線網路，而 Barista coffee 及國際機場等，也與廣域網際網路提供者合作，相繼建構無線上網環境。預計即將上市的 IEEE 802.11g(22Mbps)與 802.11a(54Mbps or higher)，將更刺激高速無線應用的開發，與使用者的愛好。但這一切成功的背後，除了高速和廣大的無線應用外，更需要有高服務品質的支援，才能抓住使用者的喜好而愛不釋手。以免重蹈先前 WAP 不成功之覆轍，相信其失敗的主因包含速度慢、應用少、服務品質相對於價錢不合理等。

目前 WLAN 的發展趨勢之一(或者說是更上一層樓的發展)，將是提供 Public Access。也就是推到更廣的區域如 MAN。預計這將是除 3G 外，無線上網的另一模式，它的優勢將鎖定在更高速以及移動性不高的應用上，提供幾個定點以及 PDA 以上的 device 之服務。例如歐洲的 ETSI BRAN [3](以 HiperLAN II 為主)和 Nokia 的 WLAN Access Network[4](如 Fig.2)，以及 Ericsson 的 Integration of WLAN and Wide Area Mobile Networks[5](其 usage scenarios 請看 Fig.3)。這些都是以 WLAN 為 public access 之主要 access network。

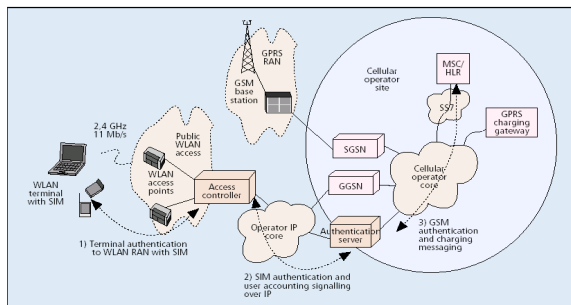


Fig. 2: Nokia's operator WLAN system architecture

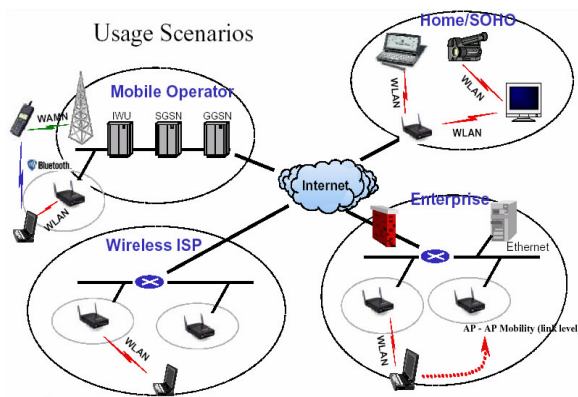


Fig. 3: Usage Scenario for integration of WLAN and Wide Area Mobile Networks

另一方面，在達到 wireless enabled MAN 的功能上，還必須要有 wireless roaming 的功能才行，進而維持使用的方便性。IETF 的 working group ROAMOPS 的 roaming architecture 之定義與標準有 RFC 2194, 2477, 2486, 2607 等。這個目的就是讓無線的使用者可以在很多無線的 ISP 之間 roaming 而維持一定的連線環境[6]。

由上述的國際知名大廠的研究活動，可以看出在無線上網環境建構的努力。未來的 WLAN 與 3G 的無線接取網路，將是相輔相成的無線上網環境。使用量大但移動性不大的無線使用者，可選擇無線區域網上網，而使用量小但移動性較大的即時應用使用者，則可選擇用 3G 手機上網。所以如何建構如此環境，使無線上網技術達到有效且經濟使用有限的無線資源，並進而維持使用者一定滿意度或服務品質，將是這個產業的一大重要挑戰，這應該也是蓬勃發展的大關鍵之一。

所以上述網路架構獲得肯定外，在核心技術上面更需大幅投入人力去研究，才能為日後廣大的無線應用帶來有效肯定的商機(而不致泡沫化)，本計劃主持人在 IEEE 802.11 的研究和雛形系統製作已具相當規模，深切體認無線網路在 data rate 提高後，接下來的需求(或說是挑戰)就是如何支援服務品質以及如何支援 wireless roaming 等大目標。在 IEEE 802 的標準活動中，802.11e 就是要改進 MAC 去支援服務品質[10]，802.11f 是研究 Inter-Access Point Protocol 以支援 roaming。這兩個標準目前均還在草擬階段，外人還無法獲得其 spec。不過相當多的研究已在進行中，本計劃的研究目標，就是密切注意此兩標準的發展，以“無線資源管理”的角度切入，研究如何有效地與 core network 間達到有效資源管理機制之整合，進而保證或維持一定的 end-to-end QoS；在另一方面，核心技術的研發，必須能與系統整合為主，因此本計劃預計將提出具 QoS 以及 roaming 功能的無線應用開發平台雛形研製，並以數學分析、程式模擬以及實驗來分析各個主要技術的效能等。

(2) 研究主題(Research Issues Overview):

本計劃的研究主題，有二大主題：(a) WLAN QoS and end-to-end QoS; (b) Mobility Management (Roaming) vs. QoS

茲將詳述如下：

(a) WLAN QoS and end-to-end QoS

目前在 IETF 支援 QoS 的標準有 Integrated Service (IntServ) [7, 8] 與 Differentiated Service (DiffServ) [9] 兩種。而本計劃擬將以 DiffServ 為主要骨幹網路所用的 QoS 機制為研究的假設。其原因是我們認為以 RSVP 為主的 IntServ，對於 per-flow QoS 的資源管理方法，恐造成太大的管理負擔，其複雜度與管理之效率不成正比，所以我們鎖定以 DiffServ 為我們的 Backbone 對於支援 QoS 所採用的主要的機制。

對於 DiffServ 的標準，在此先簡述如下：

在 DiffServ 網路架構中，複雜的分類與調節功能被放在網路的進入點(Ingress)執行，進入點的 Node 將封包表頭(title)的區分服務欄位(TOS-Type of Service)做出不同的標記，網路核心再依照此 TOS 欄位值去採取適當之單位跳躍行為(PHB-Per Hop Behavior)，如此一來便不必像 RSVP 一樣對每一個訊流保留一份流訊狀態，大大減少網路核心中每一個 router 的負荷。而 PHB 在針對不同的服務集合體，也就是在對封包做不同的 priority 分類，進而採取不同的轉送行為，以達到不同的網路資源分配，和服務品質。目前已定義的 PHB 有 EF(Expedited Forwarding)、AF(Assured Forwarding)與 default PHB(BE: Best Effort)三種。

而在無線方面，3GPP 對無線應用也分別定義了幾個不同的 class，即 conversation, stream, interactive 與 background classes。主要以不同的應用之需求，如 delay, jitter, loss, data rate 來區分。而各個 class 的 traffic source 又有各自的 characteristics，所以怎樣以最經濟的資源，達到最大的系統(或個別)的要求滿足程度，是相當複雜且重要的議題。

簡而言之，3GPP 對服務品質是以無線應用為出發點，定義了不同應用之間

的需求分別，而 core network 則是以資源為考量去定義不同 flow 間之 forwarding 機制，進而盡量達到不同服務品質分級。兩者之間是有差別的。如何最有效的管理網路資源，以達到無線應用的服務品質需求之最大滿足度，是很重要的課題。

而 IEEE 802.11 無線上網環境的服務品質，是否也應該朝類似 3GPP 一樣有不同分級的 class 想法去發展。這個答案應該是肯定的，如果它要成為 public access 的話。要成為 public access 這個可能性絕對是肯定的，可以從上面 Ericsson, Nokia, Microsoft 的例子[3,4,5,6]得到答案。而是否要有 QoS? 這個答案也是肯定的，因為一但使用者多了之後，無線上網的應用將會非常多元化且大量化，如果不加以有效管理，其網路效能將如同目前有線網路所遭遇的服務品質問題是一樣的。這也可從 IEEE 802.11e 的活動中看出端倪。IEEE 802.11e 就是要從 MAC 層的 channel access 方法改進，提出有支援 QoS 的機制，進而能提供有支援 QoS 的應用或服務。

IEEE 802.11e 目前仍在草擬階段，並未公佈其 spec。不過從其中所討論的文獻得知，其仍舊是侷限在改良之前 802.11 的 DCF 與 PCF 機制[10]，並未有針對向 3GPP 一樣有不同分級的 class 想法去探討，不過倒是有初步的對 traffic 的分類，在相關的 MAC service data units(MSDU)制定了它的規格，方便上層協定填入 QoS 參數用，以作介面之控制與溝通。所以本計劃擬將特別針對目前所可蒐集到的相關討論 802.11 網路之 QoS 機制，作詳細地分析與討論比較，與建立屬於 802.11 無線上網環境之無線應用特有之特性與需求。

其次，由於為使無線的使用者達到一定的滿意度，end-to-end 的 QoS 才是使用者最終的需求，因此 802.11 無線網路與背後骨幹網路界接的服務品質，如何相容與對應也是本計劃研究課題內。

(b) Mobility Management (Roaming) vs. QoS

無線上網環境的涵蓋範圍提昇，就是要有 seamless roaming 能力以及跨系統 roaming。所以在 802.11 標準活動之 802.11f 就是定義 access point 間之有關管理封包交換之機制，也就是所謂的 IAPP (Inter-Access Point Protocol)。它除了定義交換封包的內容與格式外，也針對網路安全與認證作一些規範。另外，前述之 Wireless ISP[6]也需在降低 cost 和提高市場銷售的考量下，建構具有 roaming 能力的上網環境才具相當競爭力。

如何讓系統能有 seamless roaming 能力，在 802.11f 未制定完成前，Cisco 的 Aironet 已將它 proprietary IAPP 實現在 802.11b 產品上。但其效能如何尚不得而知。至於跨系統的 roaming(所謂的 macro-mobility)，則有 IETF ROAMOPS WG 在努力，如何讓 802.11 的 deployment 有 wireless roaming 能力。

不過本計劃，除密切注意上述之市場產品發展趨勢，與國際標準活動外，將專注研究在 wireless enabled MAN 之 micro-mobility 議題上。也就是在同一個系統之 wireless enabled MAN 範圍內，如何建構無線上網環境使之能有 roaming 能力。有關之文獻可參考 TIMIF，以及 WINE Project 的 SIMPLE (Scalable Intradomain Mobility Protocol Using Local Encapsulation)等。除此之外，更重要的是，在 roaming 過程中，如何維持 roaming 之間與之後的服務品質，也是本計劃研究重點。

三、結果與討論

主要成果共有五部份，分述如下：

1. 在 IEEE 802.11 多跳接無線網路中提供服務品質保證[11][14]

隨著 IEEE 802.11 無線傳輸頻率的快速發展，而傳輸距離卻隨著縮短，使得我們考慮多跳接的傳輸方式來擴展通訊的範圍。但是在 IEEE 802.11 的多跳接無線網路中並沒有服務品質的保證，而且在傳輸上的效能不高，因此我們希望在 IEEE 802.11 多跳接的無線網路中改善傳輸效能且提供服務品質保證。在這部份研究中，我們提出了一個安排 MAC 存取的方法，來達到服務品質保證。我們使用一個樹狀架構來建構這個無線網路並且運作訊標繞樹的動作來建立我們的分離集合，而分離集合提供我們安排無衝突傳輸。當訊務流在這個網路中產生，我們的方法能夠有效的安排 MAC 存取並且保證不同類型訊務之品質。我們同時也提供一種適應性安排機制，來有效利用整個網路的效能，並且避免重新安排整個網路的 MAC 存取規畫，來維持網路品質在適當的滿意度。實驗結果顯示我們在多跳接的無線網路中有效的達到服務品質保證。

2. 無線網路接取點至核心網路進入點之間的服务品質管理[16]

隨著無線網路的快速成長，商業上的考量也驅向於提供不同等級的服務。因此有關"服務品質"的概念已被廣泛的討論與實行。在第三代行動通訊的架構中，UMTS 根據不同的應用程式與需求而定義出了四種不同的服務品質。同樣地，為了在 IP 骨幹網路上也能提供服務品質，我們假設它採用了差別性服務架構做為它的骨幹。在這篇論文中，我們提出了一個有效的對映方式可以將第三代行動通訊系統內的服務等級對映到差別性服務品質架構中的服務形態。我們根據等候理論的原理去估計資料流所產生的延遲與移失機率。藉由這樣的估計，我們進而提出一同質性的對映政策。這個對映政策雖然些許的降低產量，但是對於整體的服務品質與頻寬的利用都可以有效的提升。除此之外，我們也提出了一調整政策。這個政策可以根據資料流型態動態地調整系統適應於當前環境。因此，我們藉由對 RED 的評估而達成服務品質的管理。此管理機制主要是包含了服務品質的對映與動態調整的政策。而我們所提出的模組在未來也可做為其它對映方式的評量標準，如以利潤為主的對映。

3. 多跳接 IEEE 802.11 無線網路中考慮大干擾範圍之可調媒介存取控制協定 [12]

在無線區域網路的範疇，IEEE 802.11 是一個主要的媒介存取控制協定。但因為其主要設計運用在具有基礎架構的網路中，所以在隨意式多跳接的網路中並不適用。因為在這種隨意式多跳接網路裡，IEEE 802.11 面臨嚴重的 hidden terminal 和 exposed terminal problems，而這些問題主因都來自於訊號干擾範圍大過訊號感應範圍。在這篇論文裡，我們提出一個可調式的媒介存取控制協定，讓 IEEE 802.11 可以依據週遭的傳收狀態去動態調整自身的傳送和接收行為。實驗結果顯示我們的方法使原來的 802.11 減少了互相干擾的情形而且提升了系統的效能。

4. 在 IEEE 802.11 無線區域網路下支援服務品質的負載平衡與無接縫漫遊服務之研究[15]

此部份在研究探討了在 IEEE 802.11 無線區域網路下支援服務品質的負載控制方法。我們所提出的 ELB (Enhanced Load Balance) 方法用動態的調整 AP 之間的網路負載分佈以達到負載平衡的目標。我們根據每個客戶端的統計特性進行負載平衡，並以允入控制來避免流量擁塞的情況發生。透過將使用者區分為三個等級，並控制每個使用者的使用頻寬來達到維持服務品質的目的。而進行漫遊的使用者，在我們的機制下，經由在新的 AP 上的頻寬預先保留，也可以維持一定的服務品質。除此之外，我們的 ELB 不需要修改任何的硬體機制，就可以運作在現存的 802.11b 無線區域網路中。最後，我們也對我們的機制做了模擬與實作，並量測、比較了我們的機制的表現。結果指出我們的結果可以有效的平衡 AP 間的負載，讓頻寬達到更大的使用效率，也能維持令人滿意的服務品質。

5. 無線網路的頻寬控管[13]

在無線網路的盛行下，由於Linux作業系統本身的開放性，及其擴充性，使其成為許多學術研究的實驗平台，而在無線網路中提供QoS(Quality of Service)保證更是一項新興的課題。在本研究中是使用Linux Kernel所提供的QoS機制—CBQ，在NAT的架構下，來實作一個程式於對外的Server上，提供一個user friendly 的界面，來讓管理者方便控制在Server下的Client其上傳頻寬與下載頻寬，進而達到無線頻寬的控管。各個Client必需向Linux Server註冊後，經過認證，才能連上網際網路，此時，管理者可以藉由我們的程式，來依照使用者的消費金額，來配予相對應的頻寬，以達到方便的收費功能與管理機制。

四、計劃成果自評

在無線區域接取網路方面，本計畫從MAC層著手，研究IEEE 802.11e有關QoS部份，並提出針對multihop環境與ad hoc網路環境作改進；另一方面基本的RTS/CTS在大範圍干擾無線電波方面，也分別針對hidden terminal與exposed terminal作改良。這使得接取網路方面有一定的QoS。

更進一步地，我們將應用分級服務，讓不同等級的無線封包進入核心網路時，在DiffServ domain之ingress的對應法則與允入控制，更能確保在wireless MAN這個domain內的QoS。

最後在實作方面，我們的雛型系統利用透過Linux CBQ的整合實作，以管控頻寬，達到對下層client的服務分級與控制；同時我們也針對在hot spot內，若有擁塞情況而架有多台擷取點(AP)之間的負載平衡系統實作，以紓解網路交通過於集中同一部擷取點，而造成更嚴重的hidden terminal或access collision狀況發生。

綜合以上成果，本計畫在網路方面含蓋接取網路WLAN的multihop與ad hoc架構，以及骨幹網路MAN的QoS研究。在protocol方面含蓋layer 2, layer 3, layer 4的網路協定，再加上網路應用與網路管理層次的模組。所以內容相當充實且完整。

五、參考文獻

- [1] M. Alam, R. Prasad, and J. Farserotu, "Quality of Service Among IP-Based Heterogeneous Networks", in IEEE Personal Communications, Dec 2001, pp.18-24.
- [2] T. Robles, et al., "QoS Support for an All-IP Systems Beyond 3G", in IEEE Communications Magazine, Aug 2001, pp.64-72.
- [3] R. Hancock, S. McCann, "WLANs for Public Access: Activities in ETSI BRAN", doc.: IEEE 802.11 02/107r0, Jan 2002.
- [4] J. Ala-Laurila, J. Mikkonen, J. Rinnemaa, "Wireless LAN Access Network Architecture for Mobile Operators", in IEEE Communications Magazine, Nov 2001, pp.82-89.
- [5] J. Khun-Jush, "Integration of WLAN and Wide Area Mobile Networks", doc. : IEEE 802.11 02/106, Jan 2002.
- [6] W. Barkley, T. Moore, B. Aboba, "802.11 Roaming and Shared Use Access Points", doc. : IEEE 802.11-01/658r0. (Microsoft)
- [7] "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633, July 1994.
- [8] "The Use of RSVP with IETF Integrated Services", RFC 2210, Sep 1997.
- [9] "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, Dec 1998.
- [10] "IEEE 802.11 Wireless LANs: EDCF Proposed Draft Text", IEEE 802.11-01/131r1, Mar 2001.
- [11] Tzu-Chieh Tsai and Tzung-Yi Chen, "A MAC Access Scheduling Scheme for supporting QoS in IEEE 802.11 Multihop Wireless Networks", *submitted to First International Working Conference on Wireless On-demand Network Systems (WONS)*, 2004.
- [12] Tzu-Chieh Tsai and Chien-Ming Tu, "An Adaptive IEEE 802.11 MAC in

Multihop Wireless Ad Hoc Networks Considering Large Interference Range", *submitted to First International Working On-demand Network Systems (WONS)*, 2004.

[13] C-H Lin, F-H Wu and Tzu-Chieh Tsai, "Wireless Network Bandwidth Control", *submitted to TANET 2003*.

[14] Tzu-Chieh Tsai and Tzung-Yi Chen, "Providing QoS in IEEE 802.11 Multihop Wireless Networks", *submitted to IEEE INFOCOM 2004*.

[15] Tzu-Chieh Tsai and Chih-Feng Lien, "Load Balance and Seamless Roaming with QoS Support in IEEE 802.11 WLAN", *submitted to IEEE INFOCOM 2004*.

[16] Po-Cheng Yang and Tzu-Chieh Tsai, "DiffServ RED Evaluation with QoS Management for 3G Internet Applications", *Proceedings of 2002 International Computer Symposium (ICS 2002)*.