

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※

※

※ 複合型隨意行動電腦網路上MAC層協定與 ※

※ 支援服務品質研究(III) ※

※

※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2213-E-004-010-

執行期間：90年08月01日至91年07月31日

計畫主持人：蔡子傑

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

執行單位：國立政治大學資訊科學系

中華民國 91 年 10 月 8 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

複合型隨意行動電腦網路上MAC層協定與支援服務品質研究(III)

Research on Medium Access Control and QoS Support for Hybrid Ad Hoc Mobile Computer Networks

計畫編號：NSC 90-2213-E-004-010

執行期限：90年8月1日至91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：吳明儒、林誌彥、林政豪、吳鳳翔

國立政治大學資訊科學系

一、中文摘要

隨著行動電話系統與Notebook等通訊裝置的成長，能夠在外面的世界將電腦連接上網的需求也就隨之提高，這樣也就是意味著無線時代的來臨。無線網路最常見的形式是在辦公大樓附近放置數個基地台，將整個空間規劃如一個蜂巢式系統，則每個基地台功率涵蓋範圍便如同一個細胞，然後再將所有的基地台串接在一起，如此一來在這個蜂巢系統下的所有電腦就可以用無線的方式相互連結上網，擺脫以往有線的佈線困擾，而且每台電腦的行動性也大大的提升了。因此無線網路的前景可說是相當被看好的。

但是無線網路仍有許多問題有待解決。最大的問題之一就是傳輸速率方面。目前有線已經朝向100 Mb/s甚至1或10 Gb/s邁進，而無線仍在11 Mb/s的傳輸速率；所以如何增加頻寬及有效運用有限頻寬將是發展無線網路的重點之一。目前無線網路使用的協定為IEEE 802.11這個protocol，但是在行動電話系統方面MAC層使用的協定就有相當多種，諸如TDMA、CDMA等等，在傳輸層使用的不外乎TCP或UDP，這些協定如果使用在無線電腦網路環境下的表現會是如何呢？若最終目的，我們想要支援多媒體即時應用，那麼無線網路現有相關的協定其對服務品質又會如何？另外在線的backbone中如差別服務(DiffServ)，如何與我們無線應用來配合，以達到end-to-end的服務品質。這都將是我們所要研究的課題。此研究實驗結果，將可指引我們未來在無線多媒體應用系統上提供有價值的方向。

關鍵詞：無線區域網路、蜂巢系統、MAC、服務品質、差別服務

Abstract:

With the growing up of the cellular phone systems and notebooks, the requirement of connecting to Internet increases. It also means that the wireless world is coming. Setting up some base stations around an office building is the normal form of the wireless Internet. The area within the power coverage of a base station is then similar to a cell. And the combination of cells constitutes a cellular system. Every mobile host within some cell can connect to the Internet without the

annoyed wire. In this way, mobility of computers can be increased, and the future of the wireless Internet can be expected.

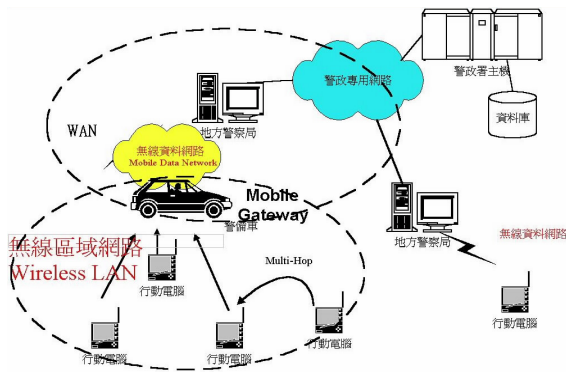
But many problems about wireless Internet need to be solved. The first is the transmission speed. The speed of the wired Internet is up to 100Mbps even the 1Gbps or 10Gbps, but that of the wireless LAN is still about 11Mbps. So it is important to increase and utilize the frequency. The standard protocol of the wireless LAN is IEEE802.11. But there are many different protocols of MAC layer in the cellular phone system such as TDMA、CDMA..., and the protocol of the transport layer is TCP or UDP. If we apply these protocols directly to the wireless LAN, what will the performance be? And if we want to support the multimedia and real-time applications, what will the performance under present protocols then be? In additions, for wired backbone, there are some mechanisms, e.g. DiffServ, to support QoS. How will they interact with our wireless application protocol in order to support end-to-end QoS. These are the subjects we want to study. The results will give us a valuable direction on wireless multimedia system.

Keywords: Wireless LAN, cellular system, MAC, QoS, DiffServ

二、緣由與目的

為了使無線行動網路的實用性及涵蓋率更大，我們設計了一個多跳接(Multihop)的行動網路，亦即擴大了無線區域網路上的進接點(Access Point)的功能，使其下所控管的行動電腦，能利用彼此間轉送的功能，多跳接模式與進接點連結進而能存取網際網路上的資料。另外，我們又利用現有的行動數據(Mobile Data)網路如CDPD(Cellular Digital Packet Data)以及未來的GPRS(General Packet Radio Service)等，架設在進接點上，以與網際網路連接連結，使進接點對無線區域網路來講，不再是固定，而是機動的，具有移動性。所以在此架構而言，更具彈性以及快速展開而成一獨立自主運作的行動網路，不再依賴固定網路的進接點的限制。除此之外，此無線行動網路特別適合於為特定目的地而架設的群組行動網路，如災區急難救助，警察資訊系統[3]等。在此，我們以一群警察為特定目的如搜尋、圍捕時

所架立的行動電腦網路為例做說明，如下圖：



各個警員攜帶簡單的PDA或行動電腦，只需有 Wireless LAN 通訊能力，與其附近的警車形成一 Multihop 無線區域網路，每部警車對其下控管的 Multihop WLAN 提供無線網際網路的連接能力，而形成一 Mobile WLAN 架構，警車變成 Mobile Access Point (在此我們特稱之為 Mobile Gateway (MG))。除此之外，警車上可架設較具儲存與計算能力的電腦，可暫存一些非即時性的資料，提供 proxy 功能，這種複合型 (Hybrid) 網路的好處就是，因為 Mobile Data Network 的資料傳輸速度 (目前只有 9.6Kbps GSM, 19.2Kbps CDPD, 未來有數百 Kbps 如 GPRS) 遠低於無線區域網路 (11Mbps)，而且費用也相對高於免費的 WLAN。更進一步如果警車上有完整的 Database 則即使 Mobile Data Network 通訊品質不佳或中斷，此行動網路仍能繼續運作，更提高了 Fault-Tolerance。

實際的系統應用，我們目標在能提供儘可能與有線網路上一樣的服務品質，如多媒體即時與非即時運用，互動式通訊模式與資料擷取等。我們希望能研究一套具可行性、可實作的簡單但 robust 的協定以達成上述目標。

三、結果與討論

這篇成果報告，主要是在系統實作方面。第一部份為 Multi-hop 部份與 MG 控制架構，這部份基本上是繼續去年的進度繼續開發完成的。所不同的是，我們將致力於 Linux 方面的實作 [6]，去除原本以 Windows 為 OS 開發版本而且需透過 SyGate 輔助的情形，並修改建立 Node 時的 bug 與錯誤的 Tree 產生情況，將 Multi-Hop 機制加入其中，並具備 Auto Switch 的功能，隨時可以根據環境切換中間會經過的節點。

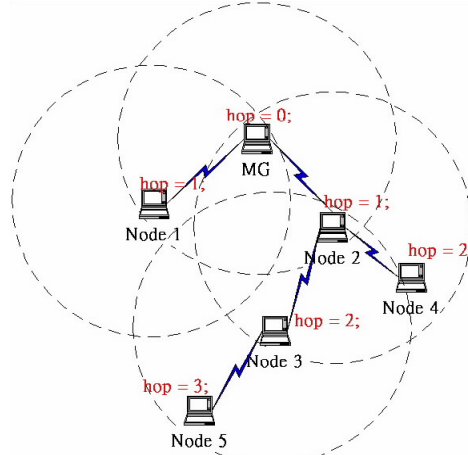
另一部份為 QoS 的程式，這部份我們利用 Linux 中提供的 CBQ (Class-Based Queueing) 機制，來達到頻寬的控管。

第一部份: Multi-Hop 實作

(A) 程式分析

其在無線網路中轉送的 routing 規則是採用建一顆 tree 的方法，由 root 為對外的 gateway，樹之架構與建立方法如下

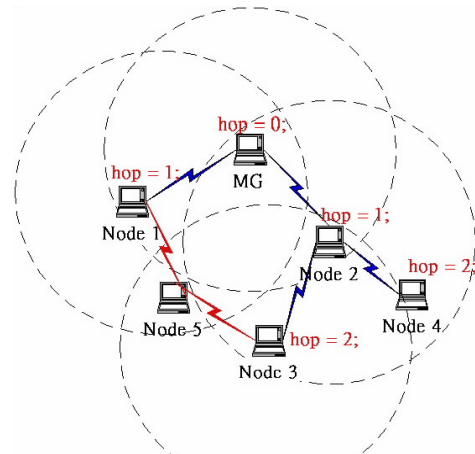
建樹：圖二所示，MG 先用廣播的方式通知在接收範圍內的 Nodes 註冊，Node1 和 Node2 在



圖二

收到 MG 的廣播後，會將自己的層數設為 1，接著向上註冊並且再廣播出去。同樣地，在他們的接收範圍內的 Nodes 也會收到這個訊息，並將自己的層數設為 2。如此下去，整個架構便建立起來了。除了 MG 之外，每個 Node 都有一個上層 (MG 以對外的 IP 為上層)，自己的 IP 為下層，向自己註冊的為更下層的樹，並且負責幫下層的註冊訊息傳往 MG。

不過在廣播的時候，一個 Node 可能收到多個訊息，也就是說，它還會有其他上層送出來的廣播訊息。



圖三

如圖三中的 Node 5，是該以 Node 1 為它的上一層呢？還是以 Node 3 為它的上一層？首先我們比較層數。在圖中，Node 1 和 Node 2 都是 MG 的下一層，也就是說它們都是層數 1 的 Node。而 Node 3 是 Node 2 的下一層，也就是說 Node 3 是層數 2 的 Node。於是我們的協定假設，「Hop 數較少的 Node 所須 Routed 的距離較短，所以傳輸較快」。所以我們選擇層數少的 Node 1 為 Node 5 的上一層。於是整個建 Tree 的架構便完成了。

新 Node 加入：有時候會出現一些新的 Node，我們必須把它們加到整個樹中。這部份之前版本並未實作，而是採用統一由 MG 採用如水

波向下擴散的廣播方式，新Node有收到才能註冊。

刪除 Node：可能會有新的 Node 跑進來，也可能會有舊的 Node 跑出去（或是 Unreachable），因為無線有移動性，所以刪除 Node 也是協定中重要的一環。對於刪除 Node，我們利用 Time Out 的機制。MG 會週期性地廣播，而 Node 收到了此廣播訊息後會向上註冊，並且再廣播出去，以找出它下層的 Nodes。當 MG 或上層的 Node 發現下層的 Node 在近幾次該回應的情況下都沒有回應，便把這個 Node 從自己的 Tree 中刪除（De-Register），同樣的若是過久未收到上層的註冊訊息，也視為TimeOut，會砍掉整棵Tree，並將自己視為未註冊，以重新註冊。

Multi-Hop程式流程：

(一)MG會定期向外廣播，並處理下層傳上來的註冊訊息(註冊過程詳見程式細部流程)。

(二)未註冊Node收到廣播訊息便會向送來訊息的Node(或MG)註冊。

(三)已註冊Node收到廣播訊息，便會決定是否向傳來訊息的Node(或MG)註冊，若不註冊，則檢查是否為自己parent送來之訊息，若是，則傳回確認訊息給自己的parent。丟棄收到的訊息不處理。(決定是否註冊詳見程式細節)。

(B) 程式實作

(一)判斷是否註冊方法：接收到的廣播訊息中，若符合下面幾個條件之一即註冊：

(a)傳送方的hop數少於自己上層Node的hop數。

(b)上層Node的hop數更改或上層Node對外的MG IP更改。

(二)向上層註冊細節：向上層的Node執行TCP的connect。Connect成功後，執行註冊函式，註冊函式包括了，更改自己的內部記錄資料，設定Routing table。之後再將自己已註冊的訊息廣播出去，視是否有Node要向自己註冊。

Routing table設定如下：

(a)clean_route

(b)route add default gw 上層Node(或MG)的IP

(c)route -host上層Node(或MG)的IP gw上層Node(或MG)的IP

Routing table意義解釋：

(a)去除所有在系統中的Routing table

(b)default gateway設為上層Node(或MG)的IP

(c)指向上層Node(或MG)的IP的gateway設為上層Node(或MG)的IP

(三)處理下層註冊細節：MG或Node接到下層的TCP訊息後，設定相對應的Routing table與ipchains table。若收到的該註冊訊息的是Node，處理完，便須多一動作，此動作為向上層傳送相對應修改後的註冊訊息。

Routing table 設定如下：

(a)route add -host 要註冊的Node的IP gw 傳送此訊息過來的IP

ipchains table設定如下：

(a)ipchains -A forward -j MASQ -s要註冊的Node的IP -d 0.0.0.0/0

(b)ipchains -A forward -j MASQ -s要註冊的Node的IP -d 0.0.0.0/0

ipchains table意義解釋：

(a)於ipchains table中加入一條法則，若有要註冊的Node的IP由送到任何IP的任何port，此台Notebook若有聽到，皆以IP封裝(MASQ)的方式幫其轉送(forward)。

(b)於ipchains table中加入一條法則，若有要由任何IP的任何port送到要註冊的Node的IP，此台Notebook若有聽到，皆以IP封裝(MASQ)的方式幫其轉送(forward)。

(四)TimeOut機制：每隔一段時間，系統會喚起確認Tree的thread，執行Tree中每一個Node的確認，若是超過TimeOut的時間範圍未更新該點的話，則刪除此Node，並連此Node下的所有children，也全都刪除，以免留下錯誤的Tree。

對每一刪除的Node的Routing table設定如下：

(a)route del -host 要刪除的Node的IP

route table意義解釋：

(a)去除指向要刪除的Node的IP的gateway

對每一刪除的Node的ipchains table 設定如下：

(a)ipchains -D forward -j MASQ -s要刪除的Node的IP -d 0.0.0.0/0

(b)ipchains -D forward -j MASQ -s要刪除的Node的IP -d 0.0.0.0/0

ipchains table意義解釋：

(a)於ipchains table中若有下列法則刪除之。若有要刪除的Node的IP由送到任何IP的任何port，此台Notebook若有聽到，皆以IP封裝(MASQ)的方式幫其轉送(forward)。

(b)於ipchains table中若有下列法則刪除之。若有要由任何IP的任何port送到要刪除的Node的IP，此台Notebook若有聽到，皆以IP封裝(MASQ)的方式幫其轉送(forward)。

第二部份: QoS實作

這一部份我們在MG內採用CBQ(Class-based Queueing)機制去實現分級服務品質的控制。

(A) CBQ與QoS簡介

Linux從kernel 2.1.105開始支持QOS，不過，需要重新編譯kernel。運行 'make config'時將EXPERIMENTAL _OPTIONS 設置成'y'，並且將 Class Based Queueing (CBQ), Token Bucket Flow, Traffic Shapers 設置為'y'，運行 'make dep; make clean; make bzilo'，生成新的kernel。在Linux操作系統中流量控制器(TC)主要是在輸出端口處建立一個隊列進行流量控制，控制的方式是路由，亦即目的IP地址或目的子網路的流量控制。流量控制器TC，其基本的功能模組為隊列、類別和過濾器。Linux kernel中support的隊列有，Class Based

Queue, Token Bucket Flow, CSZ, First In First Out, Priority, TEQL, SFQ, ATM, RED。這裡我們討論的隊列與類別都是CBQ(Class Based Queue)的，而過濾器是路由(Route)的。

(B) CBQ建立方式與規則

1. 建立隊列：

一般情況下，針對一個網卡只需建立一個隊列。將一個cbq隊列綁在網路界面eth0上，其編號為1:0；網路界面eth0的實際頻寬為10 Mbit，packets平均大小為1000 cell；packets間隔發送單元的大小為8 cells最小傳輸packets大小為64 cells。

```
. tc qdisc add dev eth0 root handle 1: cbq
bandwidth 10Mbit avpkt 1000 cell 8 mpu 64
```

2. 建立類別：

類別建立在隊列之上。一般情況下，針對一個隊列需建立一個根類別，然再在其上建立子類別。對類別，按其類別的編號順序起作用，編號小的優先；一旦符合某個類別匹配規則，通過該類別發送數據packets，則其的類別不再起作用。

(1) 建立根類別1:1；分配頻寬為10Mbit，優先級別為8。

```
. tc class add dev eth0 parent 1:0 classid
1:1 cbq bandwidth 10Mbit rate 10Mbit
maxburst 20 allot 1514 prio 8 avpkt 1000
cell 8 weight 1Mbit
```

該隊列的最大可用頻寬為10Mbit，實際分配的頻寬為10Mbit，可接收衝突的發送最長packets數目為20cells；最大傳輸單元加MAC header的大小為1514cells，優先級別為8，packets的平均大小為1000cells，packets間隔發送單元的大小為8cells，相對的實際頻寬的加權速率為1Mbit。

(2) 建立類別1:2，其父類別為1:1，分配頻寬為8Mbit，優先級別為2。

```
. tc class add dev eth0 parent 1:1 classid
1:2 cbq bandwidth 10Mbit rate 8Mbit
maxburst 20 allot 1514 prio 2 avpkt 1000
cell 8 weight 800Kbit split 1:0 bounded
```

該隊列的最大可用頻寬為10Mbit，實際分配的頻寬為8Mbit，可接收衝突的發送最長packets數目為20cells；最大傳輸單元加MAC header的大小為1514cells，優先級別為1，packets的平均大小為1000cells，packets間隔發送單元的大小為8cells，相對的實際頻寬的加權速率為800Kbit，類別的分離點為1:0，且不可借用未使用頻寬。

3. 建立過濾器：

過濾器主要服務類別。一般只需針對根類別提供一個過濾器，然為每個子類別提供路由映射。

(1) 應用路由類別器到cbq隊列的根，父類別編號為1:0；過濾協定為ip，優先級別為100，過濾器為路由表。

```
. tc filter add dev eth0 parent 1:0
protocol ip prio 100 route
```

(2) 建立路由映射類別1:2, 1:3, 1:4

```
. tc filter add dev eth0 parent 1:0
protocol ip prio 100 route to 2 flowid 1:2
. tc filter add dev eth0 parent 1:0
protocol ip prio 100 route to 3 flowid 1:3
. tc filter add dev eth0 parent 1:0
protocol ip prio 100 route to 4 flowid 1:4
```

(c)實驗結果:[無線網路觀看VCD]

一般VCD網路收看需要頻寬: 164~197kbps

	IP Address	IP Address
Download(KB/sec)	192.168.0.2	192.168.0.3
尚未執行CBQ	440 (KB/sec)	440 (KB/sec)
CBQ設定值(理想值)	80Kbits	800Kbits
執行CBQ的實際值	10~12 Kbps	106~110 Kbps
Delay	有	有
CBQ設定值(理想值)	400Kbits	1600Kbits
執行CBQ的實際值	50 (KB/sec)	200 (KB/sec)
Delay	有	無

四、計劃成果自評

利用multi-hop建樹的動作，可以達到控制此複合型網路架構，以及routing的法則實作。我們的雛型系統已在[6]中發表實驗結果。另外，簡單的QoS的頻寬管控也透過Linux CBQ的整合實作，達到對下層client的服務分級與控制。未來我們將整合各種功能，進而提供一個使用者介面，並作大量field trials。

五、參考文獻

- [1] 蔡子傑、黃世奇，“差別服務在支援行動應用上的研究”，submitted to NCS 2001.
- [2] 蔡子傑等，“複合型行動網路之服務品質傳輸實驗與雛型製作”，6th Mobile Computing Workshop, 2000.
- [3] "Network Issues and Implementation for a Mobile Police Information System (MPIS)", T.-C. Tsai et al, in 5th Mobile Computing Workshop, 1999
- [3] B. P. Crow et al, "Investigation of IEEE 802.11 MAC Sublayer Functions", INFOCOM 1997
- [4] Yu-Ching Hsu, Tzu-Chieh Tsai and Ying-Dar Lin, "QoS Routing in Multihop Packet Radio Environment", 3rd IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'98), June 1998
- [5] 黃俊堯, 黃耀文, 許景華, 陳孝忠, "Winsock 網路程式設計之鑰", 初版, 資訊人文化, 1996。
- [6] Tzu-Chieh Tsai, M. R. Wu, and T. Y. Lin, "Hybrid Network Implementation: Integration of Wireless LAN Multihop and Ethernet", in Proceedings of 2002 Symposium on Digital and Internet Technologies, 2002.