

# 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(II)

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫  
計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 004 - 014 -  
執行期間：89年08月01日至90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 90 年 10 月 31 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(II)

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

計畫編號：NSC 89-2213-E-004-014

執行期限：89年8月1日至90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：黃世奇、劉姿吟、涂建明、周易成

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.

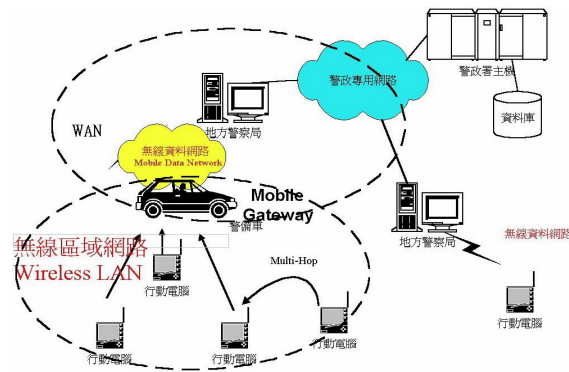
But many problems about wireless Internet need to be solved. The first is the transmission speed. The speed of the wired Internet is up to 100Mbps even the 1Gbps or 10Gbps, but that of the wireless LAN is still about 11Mbps. So it is important to increase and utilize the frequency. The standard protocol 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連接點(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，多跳接模式與連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，架設在連接點上，以與網際網路連接連結，使連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連接點的限制。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

如上的架構，在無線區域網路內，有 peer-to-peer 或行動電腦至 MG 之通訊需求，為了確保 QoS，我們可針對在新的 flow 進入此無線區域網路之前，先在入口處的 node 以當時網路流量狀況等考量先計算是否有足夠的 bandwidth 滿足 request，這個步驟便是很重要的 bandwidth calculation，完成後，若符合 request 就 allow，否則便直接 reject，換句話說，我們在入口處做 admission control。

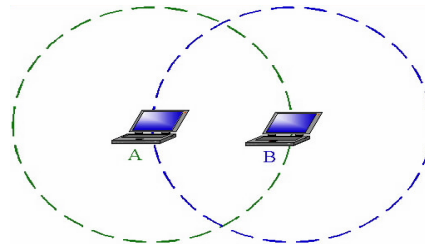
首先提到的是最重要的 bandwidth calculation 的部分，由於我們假設的網路架構是 multi-hop，所以我們先由最單純的 one-hop 開始，再推論至 2-hops，而超過兩個 hop 我們就運用 K-hop cluster-based dynamic source routing 的觀念假設此時  $k=2$ ，推演下去。而每個 node 在做 bandwidth calculation 時，必須先聽自己傳輸範圍內的 node，判斷自己 idle 的時間，再各自去看附近的 link 的 signal strength 去對之前判斷出來 idle 的時間打折扣，最後需要考慮進去的就

mobility 的因素。

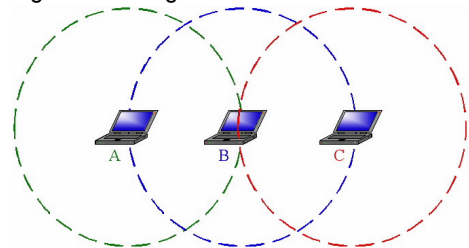
在 bandwidth calculation 的方面，我們將一段時間訂成一個 frame，將它分成許多 timeslot，計算每個 node 的 idle slot 來代表每個 node bandwidth 的使用情形。而首先我們在計算 idle slot 時假設在硬體方面是有辦法知道某一 slot 是否 idle 的。

以下針對幾個情況分別詳加說明：

1. 1-hop: 如圖所示，若該 slot 為 busy，表示當時自己正在收或送 packet，A idle 的時候表示 B 不送，但是 B 可能在收。在只有一個 hop 的情況下，A、B 共同 idle 的 slot 就直接取 A、B idle slot 的交集就好了。A、B 便可透過這些 slot 來送、收 packet。

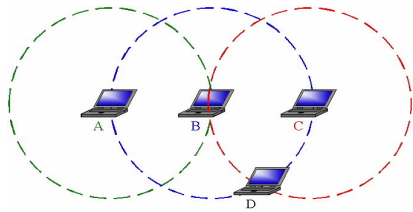


2. 2-hop: 如圖所示，在兩個 hop 的情況下，任兩點 bandwidth 的計算是介於 (兩點 slot 取交集/2) (兩點 slot 取交集) 之間。因此，我們可算出 A、B 間 slot 交集 bandwidth、slot 交集/2 bandwidth，也可算出 B、C 之間 bandwidth 的範圍。A、C 之間 bandwidth 的計算最保守估計便是取 A、B 及 B、C slot 交集/2 的交集；另外，我們還可分別計算取 slot 交集和 slot 交集/2 的交集的兩種情況下所得的 A、C bandwidth [4]。而之後還可以針對 hop、mobility 及 signal strength 作修正部分的計算。



3. 3-hop 或以上：我們預計用 K-hop cluster-based dynamic source routing 的方式，因為之前討論到 2-hop 的情形，所以我們將 k 之值訂為 2，自己選定 border node，在該 cluster 內便可用到 2-hop 的情況下去決定該 cluster 的 bandwidth。

利用以上的頻寬計算方法，除了用來作允入控制外，也支援到相關服務品質的提昇，例如可用來作 bandwidth routing。以 Bellman-ford routing 為例：在每個 node 在廣播 routing table 時，可順便交換彼此間 idle slot 的訊息。如圖所示，



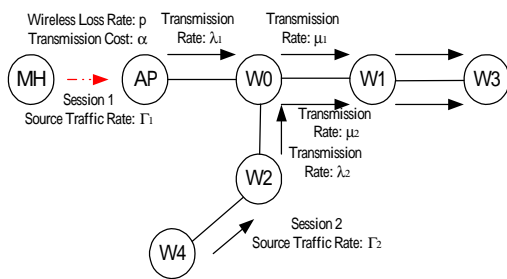
B告訴A它周圍可到達的點，如下：

	1 hop bandwidth
D	1 hop bandwidth
A	1 hop bandwidth(參考用，因A能自己算)

A便能根據此訊息更新它的routing table, A的routing table如下：

	幾個hop	1-hop bandwidth	Next hop
B	1 hop	Bandwidth	B
C	2 hops	Bandwidth	B
D	2 hops	Bandwidth	B

除了在無線區域網路部份支援QoS外，若要提供end-to-end的QoS就必須考慮在Wireless WAN或backbone部份也必須有適用無線應用相關的服務品質機制。在此我們假設此Wireless WAN及backbone部份採用DiffServ。而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 $\alpha$ 來代表這些成本的總合為有線網路傳輸成本的 $\alpha$ 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，以達到每個session的滿意度差不多[1]。我們以下圖來說明：



$\Gamma_1$ 、 $\Gamma_2$ 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； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 分別代表行動主機和有線主機封包進入W0的速率； $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 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：

$$\text{需求達成率} = \frac{\text{成功傳輸速率}}{\text{頻寬合理需求量}} = \frac{\min(\tilde{\Gamma}_1, \text{最大可傳輸速率})}{\min(\tilde{\Gamma}_2, \text{最大可傳輸速率})} \Rightarrow \text{無線主機} \dots (1)$$

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 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ ；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 $W_4 - W_2$ 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 $\frac{\tilde{\Gamma}_1}{\Gamma_1}$ 、 $\frac{\tilde{\Gamma}_2}{\Gamma_2}$  假設Session 2的Transmission Cost為1，則Session 1的Transmission Cost即為 $\alpha$ ，因此，兩者的滿意度分別為 $\frac{\tilde{\Gamma}_1}{\alpha \Gamma_1}$ 、 $\frac{\tilde{\Gamma}_2}{\Gamma_2}$ ，我們的目標是讓兩個Sessions的滿意度相等 (比值為1)，不致於偏袒任何一方。即：

$$S = \frac{\tilde{\Gamma}_1}{\alpha \Gamma_1} = \frac{\tilde{\Gamma}_2}{\Gamma_2} \Rightarrow \tilde{\Gamma}_1 = \frac{\tilde{\Gamma}_2 \alpha \Gamma_1}{\Gamma_2}$$

$$\text{由 } \Gamma_1 = \frac{\lambda_1}{(1-p)}, \Gamma_2 = \lambda_2 \therefore \tilde{\Gamma}_1 = \frac{\tilde{\Gamma}_2 \alpha \lambda_1}{(1-p) \lambda_2} = \frac{\tilde{\Gamma}_2 \alpha \lambda_1}{(1-p) \lambda_2}$$

$$\Rightarrow \tilde{\Gamma}_1 = \frac{\alpha}{(1-p)} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \times \tilde{\Gamma}_2$$

$\mu_1$ 應該調高至 $\mu_2$ 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：

$$\text{成功傳輸速率} = \min \left( \frac{\text{無線網路頻寬}}{\Gamma_1}, \frac{\text{無線網路頻寬}}{\Gamma_2} \right) \Rightarrow \text{無線主機}$$

如果為多跳接 地台在無線網路 連線數  
如果為單跳接

$$\frac{\text{成功傳輸速率}}{\text{頻寬合理需求量}} = \frac{\min(\tilde{\Gamma}_1, \text{最大可傳輸速率})}{\min(\tilde{\Gamma}_2, \text{最大可傳輸速率})} \Rightarrow \text{有線主機}$$

即可。

依照滿意度的定義：

$$S = \frac{\tilde{\mu}_1}{\Gamma_1} = \frac{\tilde{\mu}_2}{\Gamma_2} \Rightarrow \tilde{\mu}_1 = \frac{\tilde{\mu}_2 \Gamma_1}{\Gamma_2}$$

$$\text{b } \Gamma_1 = \frac{\lambda_1}{(1-p)^n}, \Gamma_2 = \lambda_2 \therefore \tilde{\mu}_1 = \frac{r \tilde{\mu}_2 \lambda_1}{\lambda_2 (1-p)^n} = \frac{r \tilde{\mu}_2}{(1-p)^n}$$

$$\Rightarrow \tilde{\mu}_1 = \frac{r}{(1-p)^n} \times \lambda_1 \times \tilde{\mu}_2$$

亦即 $\mu_1$ 應該調高至 $\mu_2$ 的 $\frac{r}{(1-p)^n} \times \lambda_1$ 倍，才

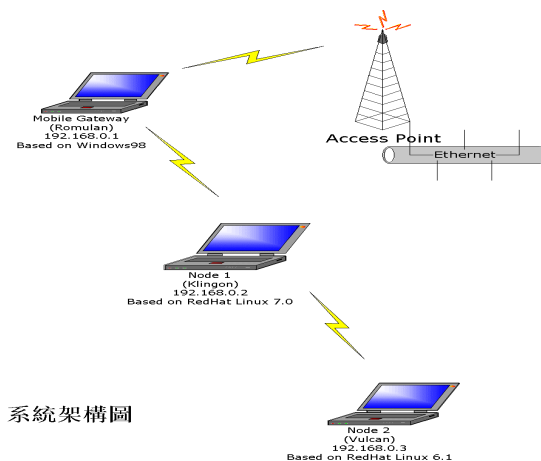
能讓兩個Session的滿意度一致，以達到我們的目標。

實驗結果，由下表中可以看出，經過我們的調整後，兩個session的滿意度有接近的趨勢。

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

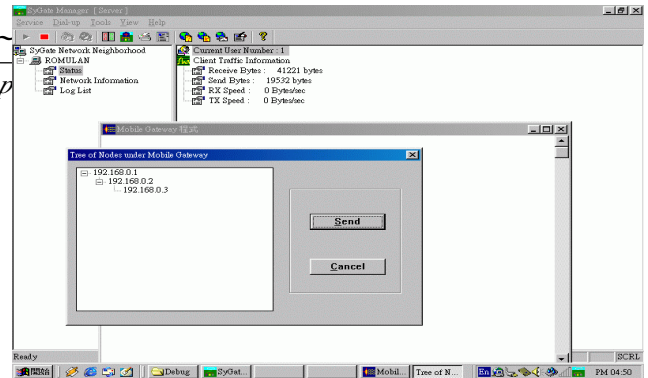
表1：滿意度比較表。

最後再簡述我們如何實作這個架構，礙於篇幅，僅略敘如下[2]。為了方便區分每一台Notebook，我們將安裝MG的Notebook稱為Romulan (192.168.0.1)，將RedHat v7.0的Notebook稱為Klinton (192.168.0.2)，安裝RedHat v6.1的Notebook則稱為Vulcan (192.168.0.3)。下圖為某次實驗的系統架構模擬圖：



我們開發了建構此架構的控制協定，包括MG，行動電腦註冊及轉送 multihop等功能，另外也包括支援 mobility

以及roaming。下圖及實驗過程中MG透過我們寫的GUI可以清楚知道目前的 topology情形。



#### 四、計劃成果自評

未來我們將繼續將QoS相關之協定與routing的法則實作我們的離型系統中且實驗其效果，相信很快地，我們能整合各種功能，達成上述目標，進而提供一個使用者介面，並製作應用系統展示。

#### 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離型製作”，6<sup>th</sup> Mobile Computing Workshop, 2000.
- [3] "Network Issues and Implementation for a Mobile Police Information System (MPIS)", T.-C. Tsai et al, in 5<sup>th</sup> 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", 3<sup>rd</sup> 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.