

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(I)

計畫類別：€個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 004 - 006 -
執行期間：88年08月01日至89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 89 年 10 月 25 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(1)¹

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

計畫編號：NSC 89-2213-E-004-006

執行期限：88年8月1日至89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：涂建明、楊博丞、彭光志、許鈺鼎、李明鴻 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？這將是我們所要研究的課題，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

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.

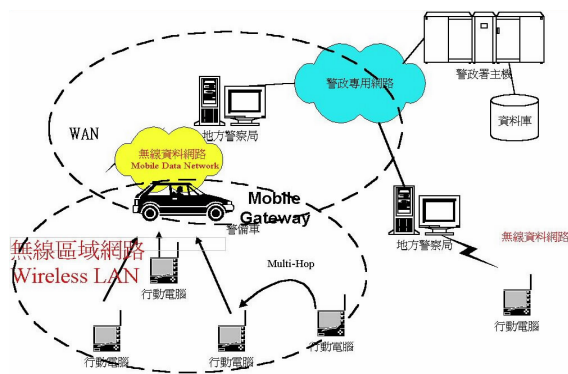
But many problems about wireless Internet need to be solved. The first is the transmission speed. The speed of the wired Internet is up to 100Mbps even the 1Gbps or 10Gbps, but that of the wireless LAN is still about 11Mbps. So it is important to increase and utilize the frequency. The standard protocol 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? 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

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[2]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：

¹ 本報告內容已發表在[1]



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

本文就我們先行實驗研究的一些現有的協定直接加在我們之複合型網路的架構，比較其效能，並製作出簡單離型測試。

以下本文就是我們在這方面目前所作的結果報告，共分為三部份：

(一) 比較 Aloha, 802.11 [2] 與 TDMA 的優劣—在這個實驗中，我們以程式模擬的方式來比較這三個協定。在單機上模擬整個網路的狀況，假設 node 數、packet mean (每個 node 所要送的 packet 數量) 與 idle time，再藉由測量 delay time 的方式去比較每一個協定的優劣。delay time 的測法是當一個 node 收到由 packet generator 送過來的 packet 後，到他實際把 packet 送到 channel 上傳給目的地的這段時間。也就是說我們假設每一個 packet 送到 channel 上都能正確的到達目的端，並忽略了 packet 在 channel 上所花費的時間與可能造成的 loss。這樣的作法主要就是著眼於每個協定對於 node 在取得 channel 所有權所必須等待的時間，用以研究這三個不同的協定對於 channel 利用的優劣性。

(二) 無線環境下 TCP 與 UDP 協定的比較—TCP 協定具有較高的資料穩定性與正確性，也就是比較不容易發生 packet loss 的現象，不過 TCP 協定本身也比較複雜，必須 server 端與 client 端建立好連結後才

能開始資料的傳輸；相對的，UDP 協定簡單方便，sender 只要把要送的封包指定 IP 位置後丟出去就可以了，但是 packet loss 也可想而知要比 TCP 協定來的高多了。所以我們第一個要研究的就是在無線 (wireless LAN) 的環境下，TCP 與 UDP 協定的 performance 如何。在這個實驗中，我們是以 Notebook 透過 Lucent 的無線網路卡來 Implement，經由不同的協定來觀察傳輸的結果。

(三) 在無線的環境下達到 mobile node 的管理與 multi-hop 的實作—這個部分是根據我們以前「行動警察資訊系統」的觀念延伸，首先有一個「Mobile Gateway (MG)」，在 MG 底下有許多 Mobile Nodes。在無線的環境中，MG 起初並不知道底下有哪些 nodes。所以它必須要送出類似「Hello」的訊息給下面的 nodes，並收集底下 nodes 回傳的訊息，以建立出一個相對的樹狀位置 (Tree)；而 nodes 也是一樣，收到了 MG 送下來的「Hello」便往上註冊，並將此訊息向下傳送，如此一層一層地下去。所以，MG 能知道它的下層有哪些 nodes，而每一個 node 也能知道它上層的 node 及下層的 nodes。然後，它們之間便可以直接通訊 (signal hop)；倘若兩者距離過遠，便希望能藉由中間的 node 來連接原來連接不到的第三個 node (multi-hop)。每一位警察帶著 mobile node，而 MG 配置在警車上，如此便可以機動地將資訊由警車傳給每一位警察，或是由每一位警察傳送給警車再到指揮中心；而在警車訊息傳不到的範圍可藉由警察之間互傳訊息而完成目的。

(一) Channel Access 之研究

這個實驗主要是在同一臺電腦上模擬實際網路運輸時，使用不同協定時，依據實驗所得封包 delay，或是封包遺失的數據來判斷其中的差異，因此實驗環境是在同一臺電腦上。

在這個實驗中使用了三種協定做比較，分別是 ALOHA, TDMA, 還有 802.11，使用 C 分別各寫了一個程式，每個程式各有三個可變參數：

node: 表示模擬的電腦數量

Pkt_Mean: 用來控制傳送封包的長度

Idle_Mean: 用來控制 packet generator 每傳送一次之間隔時間

ALOHA

NODE	2	5	7	10	12	15	18	20
Total number	412	1006	1632	2387	2868	3742	4487	5077
Success number	250	294	400	435	372	378	373	387
Failed number	162	712	1232	1952	2496	3364	4114	4690
Failed/total*%	39.32	70.78	75.49	81.78	87.03	89.9	91.69	92.38
packet delay	0	0	0	0	0	0	0	0

TDMA

NODE	2	5	7	10	12	14	16
Failed number	0	0	0	0	0	0	0
Packet delay	52	287	492	536	576	611	645

NODE	2	5	7	10	12	14	16
Failed number	0	0	0	0	0	0	0
packet delay	67	130	217	146	190	120	188

(二) Voice傳輸之QoS研究

無線通訊正在行動電話、衛星通訊及無線區域網路市場上掀起爆炸性地成長。在一個小範圍卻又難以佈線的區域，人們可以藉由無線區域網路來獲得快速的傳輸。不過，雖然無線區域網路使用起來更為方便，但它仍然遭遇到許多的瓶頸需要大家一起克服。其中最明顯的部分，就是它的頻寬低及封包遺失率高。雖然現今Lucent的無線網路卡已經可以提供11 Mbps的傳輸速度，但是仍遠低於 Ethernet。

為了可以改善performance上的問題及增進對WLAN的瞭解，我們決定設計一些實驗以測試transmission performance。這些實驗包括測量package delay time (round trip time), jitter, TDMA implement 及 multi-hop。

目的：

我們很難真正去歸咎影響WLAN network performance的主因，因為它的performance會被network and host processing hardware (P-200 P-75), interface device(100Mbps/10Mbps), network protocol(TCP/UDP)等所影響。所以我們的工作便是研究在不同的影響因素下，network performance的差異。

首先，我們設計了一個用來測試一個封包經由無線網路傳輸的Round Trip Time的程式。然後對TCP及UDP做Jitter measurement並證明Jitter的存在。之後，再撰寫一個C program來比較在TCP及UDP下，一個server傳送給兩個clients時，有使用TDMA與沒有TDMA之間，平均Round Trip Time的差異。最後，我們撰寫了一個可以在WLAN上傳送聲音的程式，以瞭解TCP與UDP的優缺點。(我們同時也在當中做了multi-hop) 以上便是這個實驗的目的。

Scenario1: Delay Time of TCP/UDP

有線的環境下，Round Trip Time為6千多microsecond；無線的環境下，Round Trip Time為1萬九千多microsecond。平均來說，無線的delay為有線的兩倍多。但是這樣的比較是有點不公平的，因為在當時有線的環境下可能有好幾十人在跟你搶頻寬，而我們在做無線的時候並沒有多大的干擾，所以在這樣的條件下有線還能比無線快上兩倍左右，可見得無線網路的速度實在還有待加強。而在相同的無線環境下，TCP比UDP的平均delay時間長一點，差距約為1千多個microsecond，看起來差距並不會太多，不過目前我們的實驗是只送一個來回的封包，一個封包的差距到達1千多microsecond，那如果連續送幾百

個甚至幾千個封包的話，可能在速度上的差異就會很明顯的表現出來了，而關於這部份我們在下一個scenario中的Jitter將有介紹到。

Scenario2: Jitter Measurement

在Jitter方面，使用TCP協定所測出來的時間較UDP長，因為TCP牽涉到error check與re-transmission的部分，所以時間才會比UDP長，但是相對的也比UDP穩定，使用UDP協定雖然時間較短，但是也比較不穩，而且容易發生封包loss的情況。比如說在使用TCP協定時，一定要雙方建立好連線後，聲音才可以開始傳輸，但在UDP協定下，有可能client端已經開始丟聲音的封包到網路上，但是server端卻還沒開啟，所以這些聲音的封包就會在累積在無線網路卡這一端，最後被丟棄掉。因此我們可以確定的就是使用TCP是資料正確性及穩定性高，而使用UDP則是資料的傳輸速度快。因此在Real-time的環境下(例如我們所做的多媒體部份)，我們覺得使用UDP協定是較理想的。

Scenario3 TDMA

從以上的數據我們可以很明顯看出來有無使用TDMA協定的差異，在沒有使用TDMA協定下的Variance比有使用TDMA的Variance大出許多，且使用TDMA協定的Jitter Mean也比較小。使用TDMA可以對頻道做一公平的分配，與以往隨機去搶頻寬的方法有相當大的不同。沒有使用TDMA時，送一百個1024 bytes的封包的結果為：兩個process的結束時間差距5個封包左右。使用TDMA的效果則為：兩個process先後結束差距剛好一個封包，同樣收一百個封包花的時間非常相近。而且十次的實驗中，server1甚至穩定到variance只有5.3E-9！可見TDMA確實可以作到公平分配的效果。

Scenario4 Multi-hop

就TCP協定來說，中間是notebook轉送與cherry轉送的結果，用cherry轉送的variance比用notebook轉送大，這應該是因為在有線的線路上有許多人在一起搶頻寬，而無線的環境下卻是沒有干擾的，所以反而是使用cherry轉送比較不穩；但是送完一百個封包的平均時間就是使用notebook轉送花比較長的時間。而在UDP協定下，情況就相反了，因為用UDP不用去作check等多餘動作，所以transmitter只要單純地送完一百個封包就可以了，並不用去考慮有線環境load重不重；而在Jitter mean方面，不論是TCP或UDP協定，用cherry轉送均比用notebook轉送小多了。可見用notebook轉送造成的平均delay會比較長。

(三) Local Management的實作

1. 簡介：

此實作平台主要是以notebook在Windows 9x下，以 Win32 SDK，並根據Winsock1.1的介面規格來設計一個協定，以達到mobile nodes位置的管理，進而實現Multi-Hop²的功能，並希望最後能加上TDMA的機制，試驗傳送語音或是影像資料。

Hybrid Ad Hoc Networks 有「Mobile Gateway

² 藉由中間的 node 來連接原來連接不到的第三個 node。

(MG)³，在MG底下有許多Mobile Nodes。在無線的環境中，MG起初並不知道底下有哪些nodes。所以它必須要送出類似「Hello」的訊息給下面的nodes，並收集底下nodes回傳的訊息，以建立出一個相對的樹狀位置 (Tree)；而nodes也是一樣，收到了MG送下來的「Hello」便往上註冊，並將此訊息向下傳送，如此一層一層地下去。所以，MG能知道它的下層有哪一些nodes，而每一個node也能知道它上層的node及下層的nodes。然後，它們之間便可以直接通訊 (signal-hop)；倘若兩者距離過遠，便希望能藉由中間的node來連接原來連接不到的第三個node (multi-hop)。每一位警察帶著mobile node，而MG配置在警車上，如此便可以機動地將資訊由警車傳給每一位警察，或是由每一位警察傳送給警車再到指揮中心；而在警車訊息傳不到的範圍可藉由警察之間互傳訊息而完成目的。

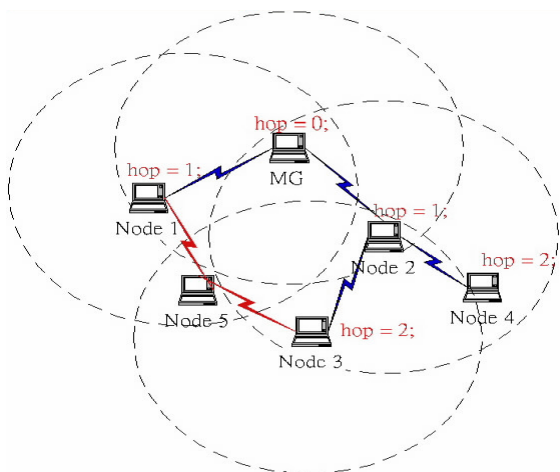
經過試驗的結果，在Windows下無法實作出multi-hop (packets的MAC address會被更改，使它無法再被傳送出去。)，所以我們必須要與Linux結合 (修改Linux kernel)，藉由安裝Linux作業系統，執行我們Linux版的node程式，來幫其他的nodes轉送。

2. 詳述：

§ 2.1 建樹：

如下圖所示，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(up node)，並且負責幫下層的訊息傳往MG，及把MG的訊息向下傳。

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。



如上圖中的Node5，是該以Node1為它的上一層呢？還是以Node3為它的上一層？首先我們比較層數。在圖中，Node1和Node2都是MG的下一層，也就是說它們都是層數1的node。而Node3是Node2的下一層，也就是說它是層數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 Node1 為 Node5 的上一層。於是整個建 tree的架構便完成了。

§ 2.2 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。首先，新node發出廣播，在他廣播範圍內的nodes會接收到這個訊息。在一開始的建樹過程中，每一個node都知道自己的層數是多少，所以在收到廣播之後，每一個node都向這新node送出一段訊息，其中包含了自己的層數。這時，新node就可以依據這些資料，找出層數最少的node做為它的上一層；如果層數相同則由新node決定。

§ 2.3 刪除node：

可能有新的node跑進來，也可能會有舊的node跑出去，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發現有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)。

四、計劃成果自評

未來我們將繼續研究提出QoS之MAC協定與WLAN routing的法則，分析其效能，並繼續加強QoS能力在我們的雜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] 蔡子傑等, “複合型行動網路之服務品質傳輸實驗與雜型製作”, 6th Mobile Computing Workshop, 2000.
- [2] “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.

³ Notebook or PC, 裝有兩張無線網路卡，一張是對外的CDPD，另一是對內的無線網路卡。