

複合型隨意行動電腦網路之架構與研究議題

Architecture and Research Issues of a Hybrid Ad-Hoc Mobile Computer Network

連耀南(Yao-Nan Lien), 蔡子傑(Tzu-Chieh Tsai), 張宏慶(Hung-Chin Jang)

國立政治大學資訊科學系

陳文賢(Wen-Shyen Chen)

國立中興大學資訊科學研究所

摘要

行動能力已是未來資訊使用者所亟需之能力，由於頻寬、價格、與信號品質之物理限制，使得此種行動計算之能力無法普及於大部分的資訊使用者。我們提出一個複合型多階隨意架構，結合無線區域網路、行動數據通訊網路與衛星通訊網路之接取能力，以提供群體行動使用者一個無接縫且經濟有效的行動電腦網路。透過本架構，使用者可以在一定距離內獲得高頻寬的資訊服務、以及長距離的網際網路服務。

關鍵詞：行動計算、無線區域網路、行動數據網路

一、簡介

行動資訊服務環境的理想，是要提供一個無所不在的資訊環境，讓資訊使用者可以在任何地方，任何時間，利用各種有線或無線的傳輸網路，去運用網路上的資訊資源。行動通訊與行動計算的飛越發展使得行動資訊服務的理想指日可待。

現階段的行動通訊能力尚不足以提供行動使用者經濟有效的寬頻通訊能力以支援即時多媒體的資訊傳輸。主要的技術障礙是：通訊頻寬太低、通訊品質不佳、電池能量有限以及作業環境的複雜。這些物理的限制，無法在短期內克服。雖然無線通訊界已經在發展第三代行動通訊系統(IMT-2000)以提供較高的頻寬予行動使用者，但是頻寬是一項珍貴的資源，尤其是我國新預算法規定，所有有限公共資源之釋出，必須以拍賣方式為之，今後即使無線通訊的技術能提供高頻寬，其代價亦將極為高昂。

再者，網際網路的接取已經是所有資訊使用者極需之功能，一個在辦公室內的資訊使用者可輕易獲得固定式區域網路及廣域網路之支援，隨時接取網際網路，可是當使用者在外行動時，他必須藉由昂貴且低速的行動通訊網路上網。現今的廣域行動數據通訊網路不但頻寬有限，而且在 IPv6 尚未廣泛佈

建之前，IP 位址極度不足更是一個嚴重的問題。因為行動數據通訊網路是一種 packet switching 網路，不能像一般 dial-up ISP 一樣利用 PPP protocol，將 IP 動態的指配給上線的使用者，而必須指定永久固定的 IP 給每一位用戶。由於上述這些問題，行動數據通訊網路尚無法廣泛的提供接取網際網路之服務。

在此種嚴峻之物理條件下，我們設計了一種具網際網路接取能力之行動電腦網路，在本網路中的行動群體使用者可在低速行動中使用電腦網路，並可獲得相當程度的多媒體資訊服務。這個系統將結合衛星通訊、行動數據通訊及無線區域網路，以構成一個複合型隨意行動電腦網路。使用者將可透過寬頻的無線區域網路與群組內的使用者互相溝通，或使用 Mobile Gateway (to be explained) 內部所提供的多媒體資訊服務，並可透過 Mobile Gateway 接取網際網路。此種系統可支援的應用之例如下：

- 救難現場之行動電腦網路

戰場之行動電腦網路

行動警政資訊系統

本文將說明系統的網路架構以及相關的研究問題。

1.1. 無線區域網路

一般無線區域網路之通訊結構型態有兩種 [4,8,10,13]: 其一為有基地台(Access Point)之架構，其所屬之行動台(mobile host)可透過基地台相互通訊並透過基地台接取廣域網路(網際網路);另一種為隨意型(ad hoc)結構，所有同一區域內之行動台可不依賴基地台相互通訊。在 IEEE 802.11 定義之工業標準下，無線區域網路最高頻寬可達2Mbps，未來將可達10Mbps 以上。若基地台以高速專線連接廣域網路，則可構成一個理想的網路運算環境，但是由於 Access Point 必須以固接方式接取網際網路，無法滿足行動電腦網路之需求。

¹ 本文係國科會研究計畫成果：NSC 88-2213-E-004-002, NSC 88-2213-E-004-003, NSC 87-2213-E-005-009.

2. 廣域行動數據通訊網路

目前可提供數據通訊服務的行動通訊網路分為兩大類[2,9]：第一種為一般傳統的行動電話通訊網路，使用者或利用數據機藉由網路的語音服務、或直接利用附屬的數據通訊能力，進行數據通訊，例如：GSM 或 DCS 都是數據式的行動通訊網路，都可提供直接的數據通訊能力，而 AMPS 則因是類比系統，必須使用前一種方式；第二種為專用的行動數據通訊網路，其架構類似一般大哥大電話系統，由分佈各地的基地台負責與行動台做無線數據通訊，基地台本身則以專線或分封交換網路連至所謂的 MSC (Mobile Switching Center)。由於獲分配的頻寬有限而且網路佈建之成本高昂，其速率通常不高，國內目前已經投入營運的行動數據網路之最高速只有19.2kbps。由於使用者尚不普及，其覆蓋率常遠低於第一種系統，但因其計費方式係以流量而非上線時間計算，且使用時不須撥號，因此在很多應用上仍適合採用此種系統。

、網路系統架構

如前所述，欲提供行動使用者寬頻網路之接取能力將極為昂貴，我們的所設計的複合型架構將在現有的限制條件下，提供群體行動使用者，經濟有效的即時多媒體通訊能力。

2.1. 系統元件及組成

本架構包含三種網路元件與兩種行動電腦：

- 隨意型無線區域網路(Ad Hoc Wireless LAN)

行動數據通訊網路接取設備

衛星通訊接取設備 例如：Direct PC

Mobile clients (MC)

Mobile gateways (MG)

其中，Mobile clients 即為一般使用者所使用之行動電腦，並配備無線區域網路能力，例如 notebook PC 或 PDA，對於無線區域網路而言，這些MC就是 mobile hosts。Mobile gateways 為高階之行動電腦，其作用類似基地台，除了能支援無線區域網路之外，並具有伺服器能力以及連接行動數據通訊網路與衛星通訊之能力。對於無線區域網路及行動數據通訊網路而言，Mobile gateways 都是他們的 mobile hosts。

在 MG 內可配備大容量儲存空間，儲存非即時性的多媒體資訊。各個 MC 可就近獲取 MG 中的多媒體資訊服務，若為擷取少量即時資訊，則可透過 MG 經由行動數據通訊網路為之，由於目前行動數據通訊網路頻寬較低，較適宜提供文字型之通訊。

若需擷取大量即時資訊(例如多媒體)，即可透過通訊衛星為之，衛星通訊可提供較寬的下行頻寬，上行通訊仍須藉助其他網路(在本架構中，上行通訊可藉行動數據通訊網路為之)，而且現階段其使用者並不能在行動中使用，故在本系統中僅作為輔助之通訊通道，只有當 MG 靜止時才能提供服務。綜上所述，本架構提供一個多模式多等級(Multi-Mode Multi-Tier) 的數據通訊通道以支援即時多媒體應用，請參考圖一。

2.2. 拓模特性

在所欲提供的應用例子中，無線區域網路扮演一個非常重要的角色。當配備有本系統的使用者散佈於災難區域或戰場上時，其實際位置之拓模型態(Physical Locational Topology) 是非常動態與隨意的。再者，由於實際物理位置的限制，並非每部 MC 均可直接連結上 MG。因而必須仰賴隨意型的網路結構，配合 multihop 的技術，予以克服。亦即，較遠的或被遮蓋的 MC 可透過鄰近的 MC 間接連結上 MG。請參考圖二。

2.3. 應用於行動警政資訊系統之例

每部警車配備一部 MG，每位員警配備一部 MC，將相關資料依據更新的頻率區分為即時與非即時資料，非即時的資料如罪犯影像或街道圖先行複製於所有警車的 MG 上。複製的方式可採用區域性資料分割的方式。當有警勤任務時，同一任務編組內的員警間可組成一個行動電腦網路。MG 在此網路扮演代理伺服器(proxy server)或網路通道(network gateway)。員警可透過兩種方式獲得所需的資訊服務：

直接獲得鄰近警車上高速但非即時的資訊服務

- 透過警車的通道功能獲得中央資訊系統的低速但即時的資訊服務

現場應用之例：假設一組警察接獲緊急任務，迅速到達某個案發現場，彼此之間可立即利用行動電腦組成無線區域網路，指揮官可透過位置的管理掌控警力的部署，並即時下達命令給警員。如果需要查詢或驗證某些資料時(如指紋或影像)，則利用無線區域網路與附近的警車溝通，(路檢之警察可將受檢人之指紋或數位影像送至 MG 進行辨認，可大幅增加偵防效率)。如果 MG 並未存有所需資料，則可透過行動數據通訊網路至中央資料庫取得。在白曉燕綁架案中，陳進興挾持南非武官與警察對峙時，有一組特勤人員已經潛入官邸中隨時可開槍射殺嫌犯，搶救人質，但可惜因為不能透過行動電話與行動指揮官聯絡，以致無法獲得進一步行動之指示，喪失很多行動機會，殊為可惜，若該組警員配備有本文所描述之行動電腦網路，其結局將大為不同[11]。

三、值得深入研究的問題

很多行動計算的問題在隨意型無線區域網路上均會面臨新的挑戰，以致於必須針對此種特殊環境另行研究設計解決方案，本節將逐一討論。

3.1. Multi-path與拓樸管理(Topology Management)問題

在隨意型無線區域網路中，每一個 MC 均可透過不同的鄰近 MC 連接到不同的 MG 上。如此，各種不同的連接方法，構成不同的網路拓樸結構，而不同的網路拓樸對不同的應用的支援能力或效益有所不同。換言之，某些應用可能對某些拓樸結構有特殊偏好。而拓樸管理即是要針對不同的應用，控制隨意型無線區域網路之拓樸結構，以提升網路對該應用的服務品質。例如：某一個應用非常重視通訊品質，希望有低雜訊的連結至 MG 上，而不計較其所能提供的頻寬，而另一個應用卻比較要求高頻寬，但能忍受較高的雜訊，拓樸管理功能即能針對這兩種不同的要求，提供各自的最佳拓樸結構。如何針對特定用途，選擇最佳的拓樸結構，以提升通訊效率，便成為一個值得研究的問題。

3.2. Hidden Terminal問題

若有兩部彼此無法通訊之 MC (假設 A,B) 同時與另一部 MC (假設C) 通訊時，其無線電波必定會互相干擾，但這兩部 MC (A,B) 並無法偵知所產生之干擾，因此無法順利進行通訊，此稱 Hidden Terminal 問題。現行的解決辦法是以 CDMA/CA 配上 RTS/CTS 之通訊協定以解決此問題。本問題在 multihop ad hoc 無線區域網路的情形下更形複雜，因此有必要針對本環境再深入探討。例如：假設 C 已經擔負中介的角色，幫助 A, C 兩個 MC 互相通訊，對現有的 802.11 解決 Hidden Terminal 的通訊協定，RTS/CTS，必定產生干擾，必須作適當的更動才能避免。

3.3. 負載與流量平衡問題

在 single-hop 的無線區域網路上，網路的總流量大約是所有個別行動台流量的總和，但在 multihop 的架構下，由於資料會被輾轉傳送，總流量會因拓樸結構之不同而不同，而且個別 MC 也可能因為需要提供轉送服務，以致負載大增。因此有必要在拓樸結構上加入適當的管理以平衡負載及流量。同時也須研究某些可以減低負載及流量的技術，例如 multicast 功能的改進。一般在 single-hop 網路上，multicast 可用廣播的方式輕易解決。但在 multihop 情形之下，廣播的方式會演變成 flooding 的 routing 方式，極為浪費頻寬，如能有更有效的方式執行 multicast 的任務，將可有效降低負載及流量。

3.4. 用戶定位與移動性管理問題

在許多應用中必須確實掌握 MC 的實際位置以及相對於網路的位置。例如，行動警政資訊系統的應用中，指揮中心必須掌握每個員警的實際位置(或者附屬於那一個 MG)，以利警力調配。其細部的研究問題如下[1,7]：

- 網路管理設備之分佈方式
 - 行動用戶移動時的註冊及註銷策略
- 有效取得動態拓樸架構圖形之策略
- 多重路徑(multi-path)的產生方法及行動用戶對其中最佳路徑之選擇策略
 - 行動用戶間彼此作動態連接的方式
- 行動用戶之行動能力的分析
- 對行動用戶之位置的定位及追蹤

3.5. 資源管理與通訊效率問題

在 multihop 的網路下，某些中介者必須提供資源協助臨近的 MC 進行通訊。其上行通道的資料流量必定因而大增，換言之，其通訊及運算容量為所支援的鄰近 MC 所瓜分。若中介的任務集中於某些 MC 時，整體的通訊效率必大受影響，因此妥善分派中介任務於所有 MC 以平衡運用所有中介者的資源也是值得研究的問題。

3.6. IP Availability問題

如前所述，由於不能採用如 PPP 般動態指配 IP 給用戶，現今的行動數據通訊網路，在 IPv6 尚未廣泛佈建之前，極度缺乏 IP 位址。目前解決方案都是利用網路內部私有 ID，讓所有用戶共用 IP 的方式，提供有限的網路服務，例如 telnet, email, 及 WWW 等，尚無法提供全功能的 TCP/IP 服務。此外，在本架構中，只有 MG 被視為行動數據通訊網路的一個行動台，而對外界而言，附屬於該 MG 的 MC 並未擁有可辨認之身份。在此種限制條件下，要提供一個無接縫高品質的 TCP/IP 服務，便成為一個極具挑戰性的問題。

3.7. Mobile IP問題

要支援 Mobile IP 時，行動台必須向 Foreign Agent 註冊，俾使 Foreign Agent 能提供必要之轉接服務。在我們的架構中，MG 很自然成為一個放置 Foreign Agent 的適當位置，但是一個 MC 可以選擇不同的 MG 作為它的 Foreign Agent。因此，如何選擇適當的 MG 以提升網路的效率，也是一個重要的問題。

此外，一般 Mobile IP 架構中，提供 Foreign Agent 服務的伺服器都是固定在網際網路上的某一點，但

在本系統中，MG 卻是移動的，如果直接引用現有的 Mobile IP 的架構，將引發太多的 MC 重新註冊程序，以致影響整體通訊效率，因此有必要更動現有 Mobile IP 之協定以適應移動式的 Foreign Agent。

再者，如前節所述，本架構中的行動電腦並不一定擁有真正的 IP 位址，但現行的 Mobile IP 架構要求每一個行動台均擁有一個真正的 IP 位址，我們也必須設法克服此種限制。

3.8. MAC層協定

MAC層協定研究之重點在研究網路架構之控制機制與頻道規劃，以提高有效系統容量，進而分析並發展最佳之頻道擷取控制模式[3,5,6]。幾個關鍵主題如下：

控制架構(architecture control)與頻道規劃

如前所述，本網路架構因具有多階(multihop)、隨意(ad hoc)、複合(hybrid)與動態之特性，而具高度的複雜性，為了有效運用網路容量並提升效益，其控制架構與頻道規劃將是極具挑戰性的研究主題。

頻道擷取方法(channel access)：

不同的架構及服務品質需求，就會有不同的頻道擷取協定以適用，因此有必要研究分析現有各種協定，如 TDMA、CDMA、IEEE 802.11、DCF、PCF、HIPERLAN 等[3,4,5,6,8,10,13]，在此特殊架構上之實際表現。必要時可針對本架構另行設計適當的協定，融合各種優點，以獲致最高的效能。

3.9.上層網路通訊協定

現有的資料通訊協定，如 TCP/IP 及相關的鏈結層(LLC)協定等，並未考慮在無線通訊中使用者移動及通訊管道不穩定等因素，因此效率不佳，甚至無法提供服務。例如在錯誤率極高的無線網路上，TCP/IP 協定中對流量與網路擁塞的控制會將錯誤傳輸所引起的問題誤認為網路擁塞，以致引發不必要的擁塞控制。在已發表的研究成果中，可以發現直接套用 TCP/IP 在無線通訊網路上時，會大幅降低其通訊效益 [12]。因此有必要研究相關的通訊協定，以提高整體服務之效能。

3.10. 服務品質(QoS)之保證

愈來愈多的資訊應用需要即時性(time-bound)的資訊服務，本架構如被要求提供此種 time-bound 的服務，在各層通訊協定、拓撲管理及 routing 上均需針對QoS特別加以考慮。

四、結語

行動能力已是未來資訊使用者所亟需之能力，由於頻寬、價格、與信號品質之物理限制，使得此種行動計算之能力無法普及於大部分的資訊使用者。我們提出的複合型多階隨意架構，可提供群體行動使用者一個無接縫且經濟有效的行動電腦網路。透過本架構，使用者可以在一定距離內獲得高頻寬的資訊服務、以及長距離的網際網路服務。本文介紹了我們設計的架構與相關的研究議題，與大家分享。由於今日電腦系統之通訊軟體極為複雜，欲將本架構之理想全部付諸實現實是一大挑戰。

參考文件

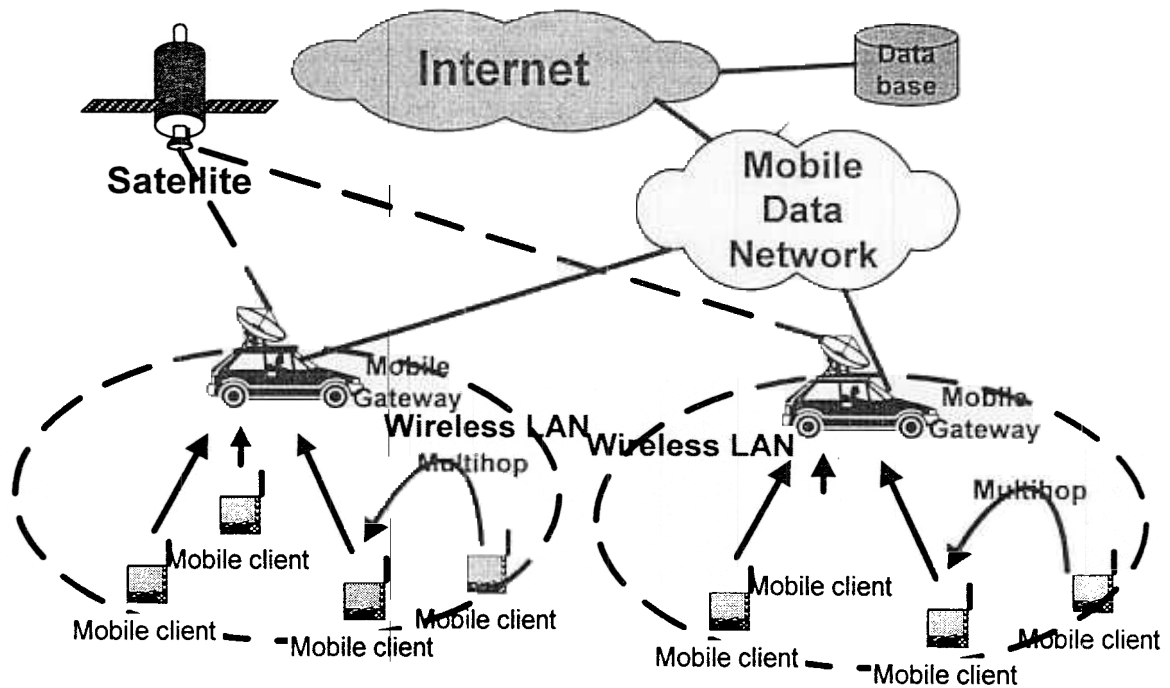
1. Ian F. Akyildiz, Janise McNair, et. al, "Mobility Management in Current and Future Communications Networks", *IEEE Network*, July/August, 1998.
2. Leonard J. Cimini, Jr., Justin C.-I. Chuang and Nelson R. Sollenberger, "Advanced Cellular Internet Service (ACIS)", *IEEE Communications*, Oct. 1998, pp. 150-159.
3. B. P. Crow, I. Widjaja, J. G. Kim, and P. Sakai, "Investigation of the IEEE 802.11 Medium Access Control (MAC) Sublayer Functions", *Proceedings of INFOCOM 1997*.
4. Mario Gerla and Tzu-Chieh Tsai, "Multicluster, Mobile, Multimedia Radio Network", *Journal of Wireless Networks*, Vol. 1, No. 3, pp.255-65, 1995.
5. D. J. Goodman and S. X. Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", *IEEE Trans. On Vehicular Technology*, Vol.40, Feb. 1991.
6. IEEE 802.11D3, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", *IEEE Standards Dept*, Jan. 1996.
7. Hung-Chin Jang, Yao-Nan Lien, and Jyh-Shyan Huang, "Client Location Tracking in Ubiquitous Information Service Network," 1997 International Conference on Parallel and Distributed Systems, Seoul, Korea, Dec. 11-13, 1997.
8. David B. Johnson and David A. Maltz, "Protocols for Adaptive Wireless and Mobile Networking", *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 1, pp.34-42, Feb. 1996.
9. Douglas N. Knisely, Sarath Kumar, Subhasis Laha and Sanjiv Nanda, "Evolution of Wireless Data Service: IS-95 to cdma2000",

IEEE Communications, Oct. 1998, pp. 140-149.

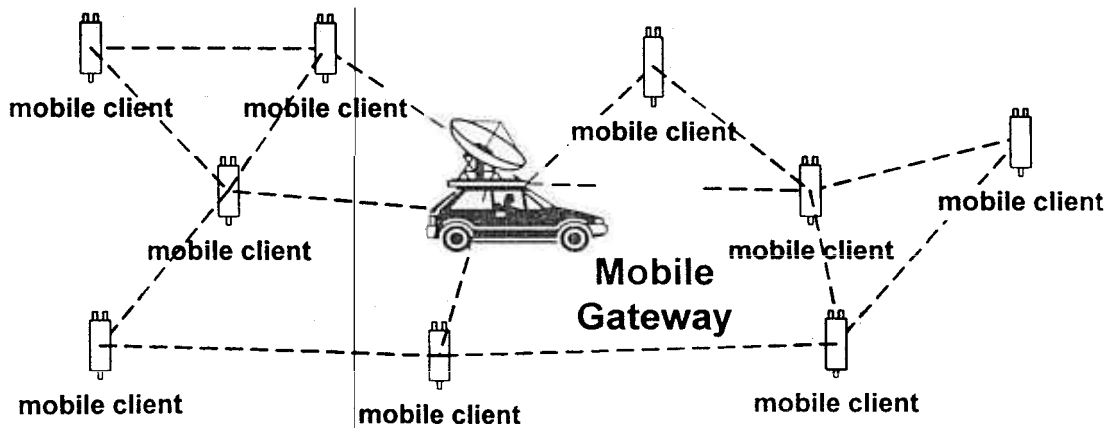
10. Barry M. Leiner, Donald L. Nielson, and Fouad A. Tobagi, "Issues in Packet Radio Network Design", *Proceedings of IEEE*, Vol. 75, No. 1, pp.6-20, Jan 1987.
11. Yao-Nan Lien, Hung-Chin Jang, Tzu-Chieh Tsai and Wen-Shyen Chen, 1998, "Network Architecture for a Mobile Police Information System (MPIS)", Proc. of the 1998 Workshop

on Distributed System Technology and Applications, May 1998, pp. 511-516.

12. Y. T. Liu and W.-S. E. Chen, "Protocols for Wireless Links to Enhance Transport Throughput," submitted to ICC'99.
13. T. Wilkison, T. G. C. Phipps, S. K. Barton, "A Report on HIPERLAN Standardization", *International Journal of Wireless Information Networks*, Vol. 2, No. 2, pp.99-120, 1995.



圖一、複合型隨意行動電腦網路架構



圖二、行動電腦網路上通訊連結之拓樸結構