

## 複合型隨意行動電腦網路上行動用戶之行動能力的管理 Client Mobility Management for Hybrid Ad Hoc Mobile Computer Network

張宏慶 (Hung-Chin Jang) 連耀南 (Yao-Nan Lien)  
國立政治大學資訊科學系

黃智賢 (Jyh-Shyan Huang)  
國立政治大學應用數學系

### 摘要

無線區域網路在本研究之應用範疇中所面臨的情況是：隨意型(Ad Hoc)結構、多跳接(Multi-Hop)的通訊模式及行動用戶位置的急速動態改變。本篇論文重點在於針對上述環境所衍生出之行動用戶之行動能力管理的問題，研究其具體的管理策略。所將探討的問題將涵蓋如下數點：行動用戶移動時的註冊及註銷策略、動態拓撲架構圖形之產生、行動用戶間彼此作動態連接的方式、對行動用戶之位置的定位及追蹤。

關鍵字：隨意型網路、多跳接通訊模式、用戶行動能力管理

### 1. 背景

行動通訊網路與行動計算在邁入二十一世紀時將扮演十分重要的角色。隨著無線通訊技術的突破與產品的相繼問世，語音方面有大哥大電話系統，數據方面有如 IEEE 802.11 標準的 Wireless LAN 無線區域網路卡、Mobile DATA 無線廣域數據通訊介面卡、以及 Direct-PC 衛星數據通訊等，使得個人無線通訊系統將有多種選擇，個人能隨時隨地不受限制地取得網路上即時的資訊。

本研究前瞻性地提出一個結合衛星通訊、無線行動資料通訊及無線區域網路，以構成一個複合型隨意行動數據通訊網路的架構，可支援具即時多媒體通訊能力之行動電腦網路。此種系統可支援的應用範例如下：

- 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

此通訊網路架構可擴大通訊涵蓋範圍並使 Ad Hoc 特性的發揮更廣、更具機動性。本篇論文研究重點在針對此複合型通訊網路所衍生出之行動用戶之行動能力管理的問題，研究其具體的管理策略[4-6]。

本篇論文的結構如下：第二節介紹本研究之複合型隨意行動電腦網路架構；第三節針對用戶行動能力的各種問題提出我們的管理策略；最後一節為結論。

### 2. 複合型隨意行動電腦網路之架構

一般無線區域網路之通訊結構型態有兩種：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及接取廣域網路(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，通常其頻寬可達2Mbps。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。因此必須另行設計其對外的廣域通訊能力。

無線數據網路的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(行動電腦)做無線數據傳輸，基地台本身則以專線連至所謂的行動交換機中心(Mobile Switch Center, MSC)。由於獲分配的頻寬有限及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。

欲提供一個相當於寬頻高速網路之行動電腦網路，其所耗費之資源將極為昂貴，我們提出一個複合型架構，期能提供經濟有效的即時多媒體通訊能力。本架構包含三種網路元件與兩種行動電腦。

- (1) 隨意型無線區域網路 (Ad Hoc Wireless LAN)
- (2) 行動數據通訊網路 (Mobile Data Communication Network)
- (3) 衛星通訊網路 (Satellite Communication Network)
- (4) 行動用戶 (Mobile Client)
- (5) 行動通道 (Mobile Gateway)

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。Mobile gateway 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。

各個 Mobile client 可就近獲取 mobile gateway 中的多媒體資訊服務，若為擷取少量即時資訊，則可透過 mobile gateway，經由 mobile data network 為之。若擷取大量即時資訊(例如多媒體)，則可透過通訊衛星為之。

Mobile Gateway 同時具備存取無線數據網路與多跳接 (multi-hop) 無線區域網路的能力，mobile client 的行動電腦則具備多跳接(multi-hop)無線區域網路的能力。Mobile client 間可組成多跳接無線區域網路以增加網路連線的機會，例如因為障礙物阻隔而無法直接連線的電腦，可透過鄰近的 mobile client 代為轉接至其他的 mobile client 或 mobile gateway。Mobile gateway 在此網路扮演代理伺服器 (proxy server) 或網路通道 (network gateway)。Mobile client 的資料存取可透過兩種方式：(a) 存取鄰近 mobile gateway 上非即時性的資料，或多媒體資訊服務。(b) 透過 mobile gateway 存取 back-end 的集中式資料庫。

其它值得深入研究的議題及本網路之架構應用於行動警政資訊系統之例請參考[7-8]。

### 3. 用戶行動能力管理

在本節中，我們將討論用戶行動能力的諸多問題，諸如行動用戶移動時的註冊及註銷策略、動態拓撲架構圖形之產生、行動用戶間彼此作動態連接的方式、對行動用戶之位置的定位及追蹤等。

#### 3.1 Mobile Clients (MC) 向 Mobile Gateway (MG) 的註冊機制

Mobile clients 向 mobile gateway 註冊之流程如圖一所示。首先，mobile gateway 向 mobile clients 廣播「要求註冊」(或「確認註冊」) 的訊息。當 mobile clients 收到這訊息時，他將一方面向 mobile gateway 「回應 (acknowledge)」所收到的訊息；另一方面，考慮將所收到的訊息繼續傳遞給下一層的 mobile clients。在此，所考慮的重點為(1)下層是否有其他的 mobile clients 存在？(2)是否已達到多層跳接之有效門檻值？若下層的確存在有其他的 mobile clients 且尚未達到多層跳接的有效門檻值，mobile clients 將繼續傳遞訊息到下一層；否則，mobile clients 將通知 mobile gateway 「已達到多層跳接的端點」。至

此，mobile gateway 將依據 mobile clients 所傳回的回應訊息產生該 mobile gateway 內的網路拓撲 (topology) (圖二)。網路拓撲為一簡易圖 (simple graph)，顯示 mobile gateway 以下所屬之 mobile clients 的分佈狀況，在表示上以 mobile gateway 及 mobile client 為節點；mobile clients 之間的連結關係則以 edges 表示。從所產生的拓撲，mobile gateway 將能充分掌握所有與它直接或間接連結的 mobile client。接著，各 mobile gateway 將以 multicast 方式傳送此拓撲給所屬的 mobile clients。在此，「確認註冊與產生拓撲」的流程將以週期性的方式進行。Mobile gateway 也會彼此將所得到的拓撲以週期性或非週期性的方式複製到其它 mobile gateways 以產生整體的網路拓撲圖(圖三)。

#### 3.2 當一個新的 mobile client 加入某一 mobile gateway 時，他該如何註冊？

當一個新的 mobile client 來到一個 mobile gateway 的領域時，他會以廣播的方式向四周發佈訊息，倘若有某些 mobile clients 對其產生回應，則他將進一步向他們發出「要求連接」的訊息。當這些 mobile clients 循序地將連接的結果往上传送至 mobile gateway 時，便成功地完成註冊動作。此註冊結果也將在一定時間內複製到其他的 mobile gateways 上，方便以後的定位(圖四)。

#### 3.3 當一個 mobile client 移動超過一個 mobile gateway 時，他該如何註銷在 mobile gateway 上的註冊 (de-registration)？

當一個 mobile client 移動超過一個 mobile gateway 時，將使得原 mobile gateway 在產生新的拓撲時找不到此行動台，此時 mobile gateway 便將此 mobile client 註銷，而不須要 mobile client 作任何註銷的動作。

再者，mobile client 移動超過一個 mobile gateway 時，可能發生下列二種情況：

(1) Mobile client 已進入一新的 mobile gateway 範圍：此 mobile client 將可在另一 mobile gateway 之拓撲中被發現。經過一段時間的複製後，所有的 mobile gateways 都將察覺此 client 已更換其所聯結的 gateway。

(2) Mobile client 尚未進入一新的 mobile gateway 範圍：mobile gateways 將發現此 mobile client 已被孤立。此時需分派一個特定的 mobile gateway 負責透過衛星定位系統來找出該 mobile client 目前的位

置。定位後，該 mobile gateway 將通知離此 mobile client 最近之 mobile gateway 更新其拓樸。若此 mobile client 之後出現於此拓樸中，則問題解決。否則，此 mobile client 將與衛星建立聯結，直到它能與任一 mobile gateway 建立聯結為止(圖五)。

若連衛星都無法與其建立聯結時，可能情況有二：

(1) 暫時性地失去聯結：mobile clients 因某些因素(如處於通訊死角或受雜訊干擾等)而與整個網路失去連線，在一段時間後藉著移動，該可恢復與系統間的連線。在此期間，某一特定的 mobile gateway 將被差派去負責盡量與此 client 恢復連線。

(2) 永久性地失去聯結：mobile clients 因某些因素(如故障)而與整個網路永久性地失去連線，系統將無法自行解決此問題以恢復連線，該 clients 的註策資料並不會被註銷，某一特定的 mobile gateway 將被差派去通知相關人員協助之。

在此，衛星定位的方式並不是一種常態性的考量，因為兩個 clients 間是否可以直接進行通訊，往往不是藉著簡單的定位便可決定。例如，即便由衛星偵測出兩個 clients 的距離十分接近，但是其中可能存在著一些天然的屏障，使得他們不能直接進行通訊。

**3.4 當一個 mobile client 加入一個新的 mobile gateway 時，該如何選擇與鄰近的 mobile clients 作動態連接 (connections)？**

在多重跳接 (multi-hop) 的環境下，下層 clients 的資料將經由跳接方式傳送至 mobile gateway。當跳接的站 (hop) 越多，將越加重中介 mobile clients 傳輸資料的負荷及嚴重影響末端 mobile clients 的收訊品質。所以我們將控制端點到端點 (end to end) 之 clients 的跳接數不超過有效的門檻值 (threshold)。乃因 mobile client 跳接至 mobile gateway 的路徑是依照拓樸來決定，因此在產生拓樸時，我們將盡可能減低拓樸上每個分枝的階層數。

為了加強通訊效果，一個 mobile client 可能連接上隸屬於相同或不同 mobile gateway 的多個 mobile clients，而形成多重路徑。在選擇最佳路徑時，跳接之 hops 的個數與網路傳輸效率將是主要的考量。

**3.5 如何防止一個 mobile client 與所有的 mobile gateway 失去連接 (被孤立)？**

Mobile client 會因下列的情況與 mobile gateway 失去連接：

(a) 末端 mobile client (MC5) 移動時，離開了 MG1 後被孤立，此時，MC5 到達新地點後試圖與 MG3 連接。之後，MC5 透過 MC8，完成與 MG3 的連接(圖六、七)。

(b) 中間層的 mobile client (MC6) 離開 MG1 後被孤立，此時，間接造成 MC5、MC7 與 MG1 失去連接。此時，MC5、MC7 試圖恢復與 MG1 的連接，MC6 試圖透過 MC8 與 MG3 產生新的連接(圖八、九、十)。

(c) Mobile gateway (MG1) 移動時，造成其下所屬之 mobile clients (MC5、MC6、MC7) 的被孤立。當 mobile gateway (MG1) 移動到新位置後，MC5、MC6、MC7 也陸續與 mobile gateway 恢復新連接(圖十一、十二)。

Mobile client 可透過 mobile gateway 以及衛星連上網路，當一 mobile client 被孤立時，即無法跳接至任一 mobile gateway 上，衛星將是最好的選擇。

**3.6 在多重跳接的環境下作廣播 (broadcast) 時，如何應付 flooding routing 的問題？**

當 mobile gateway 廣播一訊息時，因並非所有的 mobile clients 都與其直接連接。因此接收到此訊息的 mobile clients 必須將此訊息再次廣播至其他的 mobile clients。若每一 mobile client 皆盲目地廣播其所接收到訊息，則此一訊息在網路上可能被一再地重複廣播，這就是所謂的 flooding routing 的問題。解決之道，

可從以下兩種方法著手

(1) 最少連接點：從給定的拓樸，可利用圖論的 Minimal Coverage Vertices 定理，找出數目最少之「決定性的 mobile clients」，這些 clients 可連接上拓樸中的所有 clients。因此，當利用這些決定性的 clients 廣播訊息時，將可大幅減低 flooding 的訊息(圖十三)。

(2) Mobile client 對每一個由 mobile gateway 傳送來的廣播訊息(由 ID 辨識)只作一次的廣播，且端點的 mobile clients 不傳遞訊息。

**3.7 Mobile clients 彼此間的定位方式**

(1) 當兩個 mobile clients 位於相同的 mobile gateway 內，如圖十四所示為 MC2 對 MC6 的定

位:MC2 透過 MC1 連上 MG1 並進而查出 MC6 所在位置以進行定位。

(2) 當兩個 mobile clients 位於不同的 mobile gateways 內, 如圖十五所示為 MC2 對 MC9 的定位:MC2 透過 MC1 連上 MG1 並進而查出 MC6 所在位置為 MG2 所屬範疇, MC1 接著連上 MG2 並進而查出 MC6 所在位置以進行定位。

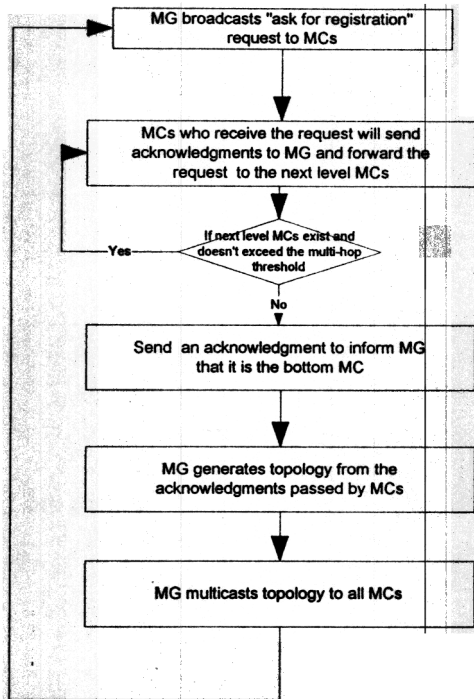
#### 4. 結論

本篇論文針對複合型隨意行動電腦網路上之行動用戶之行動能力管理的問題, 研究其具體的管理策略, 我們探討的問題涵蓋如下數點: 行動用戶移動時的註冊及註銷策略、動態拓樸架構圖形之產生、行動用戶間彼此作動態連接的方式、對行動用戶之位置的定位及追蹤。

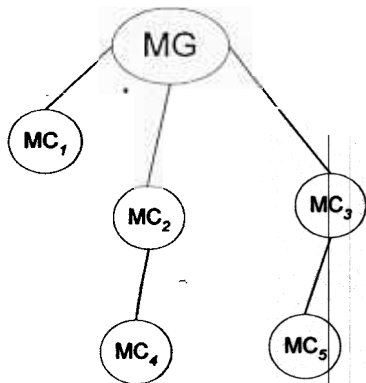
當 mobile clients 的位置急速動態改變時, 系統產生拓樸的頻率也要增加, 如此對系統的負擔也會增加。減低此負擔最直間的方法為減低產生新拓樸的頻率, 但如此又將造成拓樸與實際情況不符。未來, 我們將進一步分析「呼叫與行動力之比例」(Call-Mobility Ratio)來決定拓樸的更新頻率。

#### 參考文獻

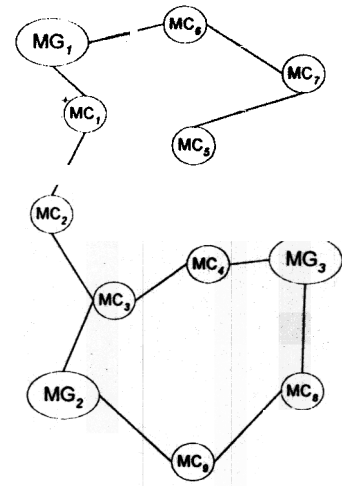
- [1] I.F. Akyildiz and J.S.M. Ho, "Dynamic mobile user location update for wireless PCS networks," *Wireless Networks*, Vol. 1, 1995, pp. 187-196.
- [2] B. Awerbuch and D. Peled, "Concurrent On-Line Tracking on Mobile Users," *Proc. ACM SIGCOMM*, 1991, pp.221-33.
- [3] A. Bar-Noy and I.Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communication Networks," *IEEE Trans. on Info. Theory*, Jan. 1994, pp.45-65.
- [4] 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.
- [5] Hung-Chin Jang, Yao-Nan Lien, and Jyh-Shyan Huang, "Client Location Tracking with K-Step Prediction and Cache Policy in Ubiquitous Information Service Network," *Asia Pacific Software Engineering Conference and International Computer Science Conference*, Hong Kong, Dec. 2-5, pp. 181-190, 1997.
- [6] Hung-Chin Jang, Yao-Nan Lien, and Jyh-Shyan Huang, "Multiple Network Management Centers for Managing Client Mobility", *Computer Software and Application Conference*, Vienna, Austria, Aug. 19-21, 1998.
- [7] Yao-Nan Lien, Hung-Chin Jang, Tzu-Chieh Tsai, Wen-Shyen E. Chen, "Network Architecture for a Mobile Police Information System", 1998 Workshop on Distributed System Technology and Applications, May 14-15, 1998.
- [8] Yao-Nan Lien, Tzu-Chieh Tsai, Hung-Chin Jang, and Wen-Shyen E. Chen, "Architecture and Research Issues of a Hybrid Ad-Hoc Mobile Computer Network ", the 5th Mobile Computing Workshop, Taiwan, R.O.C., March 24-25, 1999.
- [9] Y.-B. Lin, "Location Tracking with Distributed HLRs and Pointer Forwarding," *Proc. 1995 International Symposium on Communications*, 1995, pp. 31-37.
- [10] K.L. Sue, C.C. Tseng, and Y.S. Lai, "Reducing Call-Setup Time for Location Tracking with Distributed HLR and Pointer Forwarding," *Joint Conf. of 1996 International Computer Symposium*, Dec. 19-21, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C., pp. 113-120.



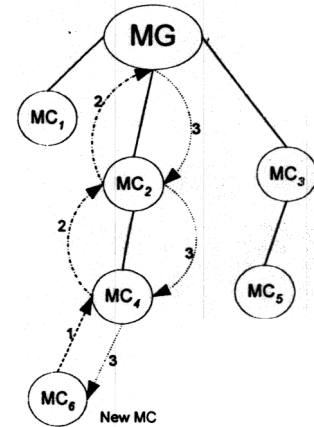
圖一：Mobile Client (MC) 向 Mobile Gateway (MG) 註冊之流程圖



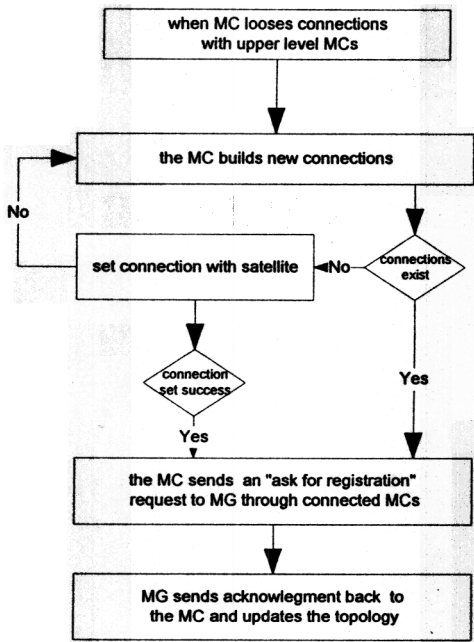
圖二：Mobile Gateway (MG) 內的網路拓模



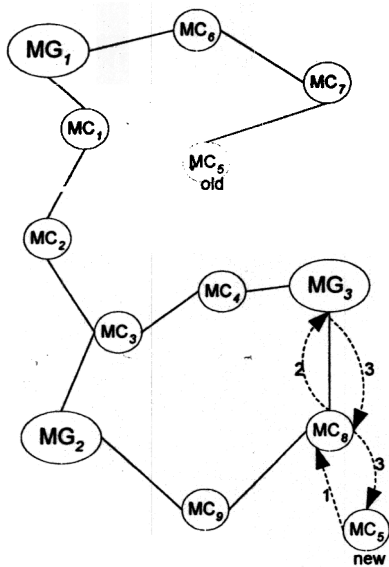
圖三：Mobile Gateways 彼此相互複製拓模後所產生的整體網路拓模圖



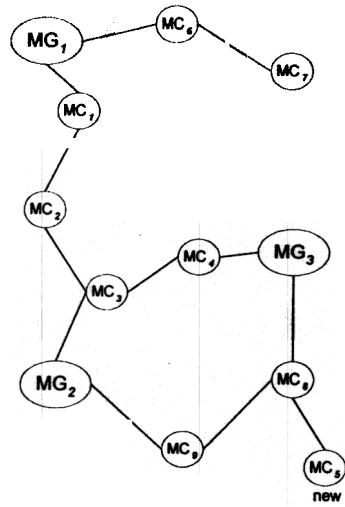
圖四：新的 Mobile Client 加入某一 Mobile Gateway 時的註冊



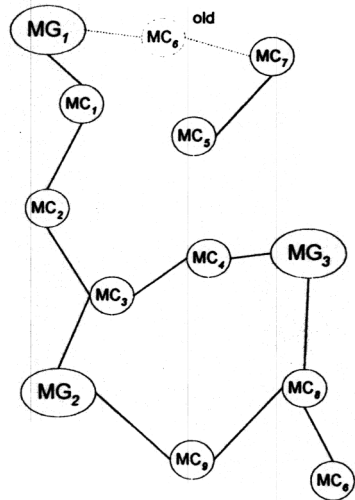
圖五：當某個 Mobile Client 與上層 Mobile Clients 失去連結時所該採取的步驟



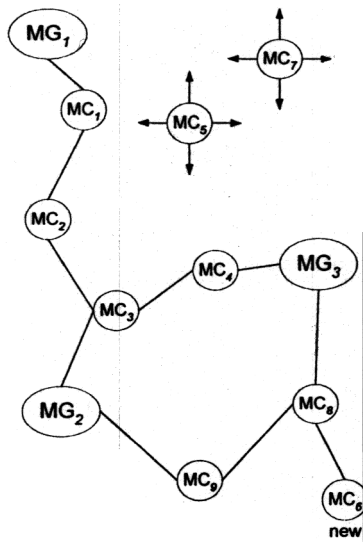
圖六：末端 Mobile Client (MC5) 離開 MG1 後被孤立，試圖與 MG3 連接



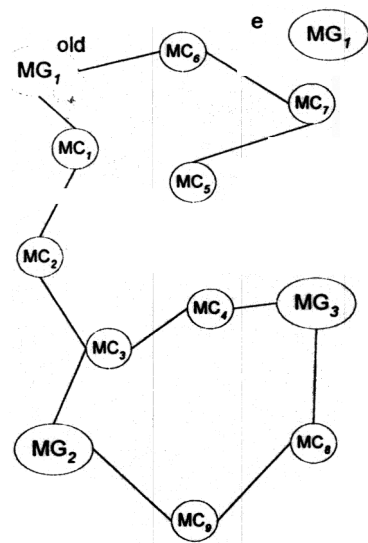
圖七：末端 Mobile Client (MC5) 完成與 MG3 的連接



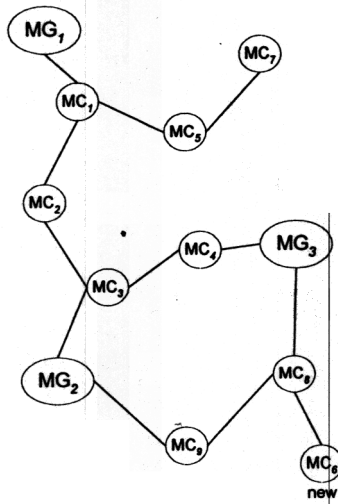
圖八：中間層的 Mobile Client (MC6) 離開 MG1 後被孤立，試圖與 MG3 連接



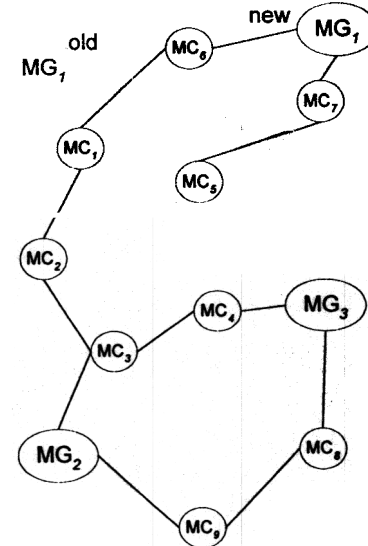
圖九：中間層的 Mobile Client (MC6) 離開 MG1 後造成 MC5 與 MC7 的被孤立



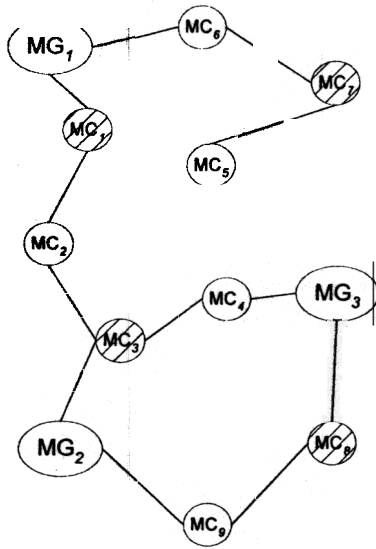
圖十一：Mobile Gateway (MG1) 移動時，造成其下所屬之 Mobile Clients 的被孤立



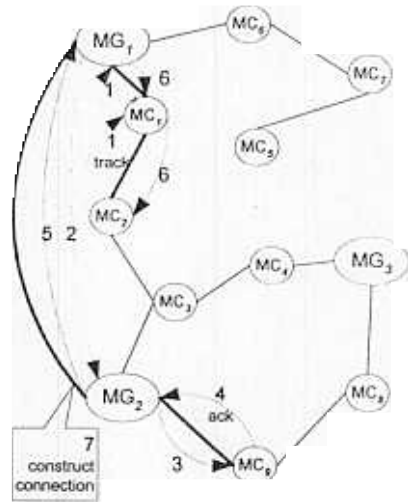
圖十：MC5 和 MC7 與 MG1 完成連接，MC6 與 MG3 完成連接



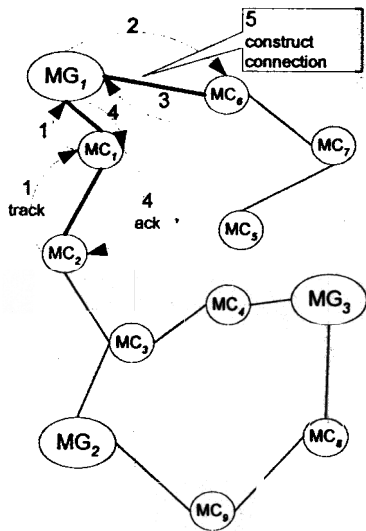
圖十二：Mobile Gateway (MG1) 移動到新位置後其下所屬之 Mobile Clients 也陸續恢復新連接



圖十三：MC1, MC3, MC7 及 MC8 為整個拓模的 Minimal Coverage Vertices



圖十五：MC2 對 MC9 的定位 (當二者位於不同的 Mobile Gateways 內)



圖十四：MC2 對 MC6 的定位 (當二者位於相同的 Mobile Gateway 內)