

# 以電力能源為基礎的蜂巢式階層管理

王淑卿，朝陽科技大學資訊管理研究所

嚴國慶，朝陽科技大學企業管理研究所

周雨韻，朝陽科技大學資訊管理研究所

---

## 摘要

近年來，由於人類對無線網路服務的需求愈來愈多，希望在任何時間、任何地點都能隨時取得新的資訊。因此，造就隨意式無線網路(Mobile Ad-Hoc Network, MANET)的誕生。在 MANET 的環境下，如何善用有限的電力能源來建立以及穩定傳輸路徑是非常重要的課題。本研究以電力能源(power-based)為基礎來選派行動代理人(Mobile Agent, MA)，透過行動代理人來改善蜂巢式階層管理架構，協助管理範圍中的行動設備(Mobile Host, MH)，藉以期望減輕管理者負載並加強 MANET 的拓撲生命週期。

**關鍵字：**隨意式無線網路、無基礎建設的網路結構、蜂巢式階層管理架構、行動代理人、行動設備

---

## 1. 研究的背景與動機

由於無線網路的蓬勃發展，衝擊著人類的生活行為，為了滿足人類可在任何時間、任何地點取得最新資訊，故許多專家學者開始重視隨意的無線網路環境(Mobile Ad-Hoc Network, MANET)。在 MANET 環境中，因無任何固定的中繼站，導致行動設備(Mobile Host, MH)無法得知其他 MH 的位置，所以也無法進行溝通。因此，在本研究中，將假設所有的 MH 都具備 GPS 功能，可以透過 GPS 取得其他 MH 的位置，以利 routing path 的建立。

在 MANET 中有許多的 MH，由於 MH 具移動性，故若不做任何的管理，將造成路徑的不穩定，也無法確保訊息傳遞的正確性。為解決此類問題，許多專家學者提出了相關的研究，如 C.Y Chang 及 C.T Chang 兩位學者提出「蜂巢式階層

管理概念」[1]，在此概念中採用 manager 來管理特定範圍內的 MH。故本研究針對派選 manager 部份延續嚴國慶等學者所提的派選條件外[8]，同時也加入電量生命週期作為選派依據，以預防電力不足導致路徑中斷的可能性，為一個具有 power-aware 的 manager。此外，為了延長 manager 的生命週期，因此採用多個具備 power-aware 的行動代理人(Mobile Agent,MA)來協助 manager 進行管理。

由於 MA 具有分工處理的能力，為了協助 manager 的工作更有效率，故將 manager 的任務明確化，分為內部區域(Intra-Cell)的 MH 管理與溝通和外部區域(Inter-Cell)的轉送與接收，因此在同一個小區域內劃分成不同類型的 MA，又稱為多重代理人(Multi-MA)，分別為具備 power-aware 的 Intra-MA(PAIAMA)與具備 power-aware 的 Inter-MA(PAIEMA)，透過分工合作來減輕 manager 負擔為目標。

本研究將在 MANET 環境下，導入 GPS 設備、蜂巢式階層管理概念，更透過具有 power-aware 的 manager 和 mutli-MA 來達到管理最佳化和提升網路的穩定性以及節省能源來延長 MANET 的生命週期。本文第二節為文獻探討，整理目前在 MANET 環境中，相關研究的結果；第三節說明本研究之方法與架構；第四節為結論及未來研究的方向。

## 2. 文獻探討

傳統的 routing protocol 的方法大致可分成兩類，分別為繞送表導向(table-driven)法與需求導向(demand-driven)法[5]。所謂的 table-driven 法，是針對每個 MH 都透過 routing table 來紀錄最短路徑(routing path)，其優點在於每台 MH 都紀錄最新的 routing path，故來源端(source host)的 MH 向目的地端(destination host)的 MH 提出建立連線的要求時，可以在短時間內建立好連線；反之，當一個 MH 移動時，就必須牽一髮動全身，所有的 MH 必須更新它的 routing table，因此這種方法易造成網路壅塞和佔用記憶體的情況。

而 demand-driven 法，則是只有在需要建立連線時，才開始去尋找路徑，其優點在於 MH 平時無需紀錄 routing path 資訊，故不會佔用記憶體，也無需一直更新 routing table；反之，在 routing path 建立初期，會採用廣播方式來取得所有 MH 的資訊後，才能建立合適的路徑，因此大量封包的傳送也影響了網路頻寬的

效能。

由於 table-driven 與 demand-driven 方法都各有優缺點，如何透過擷取 table-driven 可以快速建立路徑的優點與 demand-driven 不佔用記憶體優勢是現今學者探討的重點，其相關的研究 Lia-Tseng 及 Sheu 三位學者所提的“GRID”[4] 以及 C.Y Chang 及 C.T Chang 兩位學者改良“GRID”方法所提出“Hierarchical Cellular-Based Management(HCBM)”即「蜂巢式階層管理」的概念[1]。所謂的 HCBM 是透過蜂巢式(Cellular)的區域切割成六角形，且每個小區域又緊緊相連，而這小區域可稱為 cell，在 cell 中選出一個 manager 來管理 cell 中的所有 MH。而為了減輕 manager 的負擔，嚴國慶等學者曾以三角形中心定理為每個 cell 中導入六個行動代理人來減輕工作量[8]。

由於 MH 是低功率且低容量的設備，無論是處理器的運算、待機狀態或傳送與接收資料等，都一定會消耗電力，而過去的繞徑設計未考量到電力消耗問題。因此許多學者認為以現有的環境下，有效節省電力進而提升 power 的持續力而發展了 power-aware 繞徑演算法，相關的學者包括 Shingh 及 Raghavendra 等人提出的“Minimum Total Transmission Power Routing(MTRP)”和“Minimum Battery Cost Routing(MBCR)”、Yu 和 Lee 所提出的“Min-Max Battery Cost Routing(MMBCR)”、Toh 學者提出的“Conditional Min-Max Battery Cost Routing(CMMBCR)”等[6]。為了加強嚴學者等人所提的 manager 和 MA 的生命週期以降低斷線的可能性，故本研究在派選 manager 方面，結合 power-aware 方式來加強 manager 的穩定性。並針對各 cell 狀態來適時導入具備 power-aware 的 multi-MA 來管理 MANET 中的 MH，以減輕 manager 的工作負擔，其建構的方法將於下節中說明。

### 3. 研究方法與架構

本節將說明如何導入具備 power-aware 的 multi-MA 機制以協助蜂巢式管理中 power-aware manager 的工作負擔。本研究基於七個假設，H1：所有的 MH 都有一個可辨識的 ID；H2：每個 MH 的訊號半徑都一樣；H3：每個 MH 所發射的訊號強度都一樣；H4：GPS 將區域切割成多個蜂巢狀，每個蜂巢區域稱為一個 cell；H5：MH 將定期透過 GPS 接收目前所處的經緯度以及速度；H6：每個 MH

分佈平均；H7：任何的 MH 都能保證資料傳送與接收的成功。

本研究將導入GPS設備、蜂巢式階層管理概念以及透過行動代理人達到最佳化，改進方法分成二個階段，分別為：管理者選擇階段(Power-Aware Manager，PAM)及代理者派選階段(Power-aware Multi-MA，PAM<sup>2</sup> A)。

### 3.1 第一階段：選擇具 power-aware 的管理者階段(PAM)

此階段包括 GPS 接收器、蜂巢式階層管理架構以及透過 GPS 來選擇每個 cell 中的管理者，其說明如下：

#### 3.1.1 GPS 接收器

針對 GPS 部份，本研究所採用的 GPS 接收器規格是採用美國國家海洋電子協會(National marine Electronics Association, NMEA)所制定的 NMEA-0183，而資料傳輸採用 GPRMC(Global Position Recommended Minimum Specific)格式，此格式是 GPS 最小的傳輸格式，輸出碼為 ASCII 碼，並且每秒提供新的定位資料。此規格提供了識別字元、接收時間、狀態、經緯度、方向速度以及接收日期等[7]，其中經緯度與方向速度為本研究著重的項目。

#### 3.1.2 蜂巢式階層管理(HCBM)

所謂的蜂巢式架構顧名思義就是透過 GPS 所提供的經緯度資料將 MANET 切割成六角形區域，在每個 cell 中選擇一個 manager 負責管理封包傳送與紀錄 MH 位置。採用蜂巢式架構的優點有三；其一，具備 Grid[4]的優點，亦即可減少 routing 成本。因為採用蜂巢式架構只需在有限的範圍內尋找合適的 MH，透過縮小範圍的搜尋，可讓 manager 在管理上更容易[1]。因此，與其他的 routing protocol 相較之下可以減少 routing 成本；其二在蜂巢式架構中，manager 之間的距離是相等的，而在 Grid 架構中，manger 之間的距離並非相等，故蜂巢式架構比 Grid 架構的訊號發射長度更一致；其三在蜂巢式的架構環境下傳送訊息過程所需的 hop 數與 Grid 的架構比較下會較少，透過階層式管理可提升網路服務品質(QoS)。這是因為訊號在同一半徑範圍之下，蜂巢式架構的範圍會比 Grid 架構的範圍還大，故切割次數也會比 Grid 架構來得少，因此在訊息傳送的過程中透過 manager 來做中繼站的數量也會減少許多[1]。

### 3.1.3 Power-aware 的管理者(Power-Aware Manager, PAM)

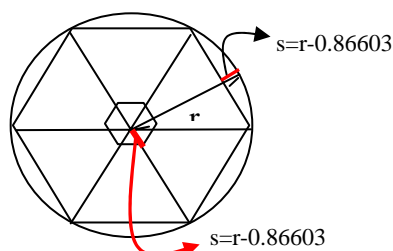
蜂巢式階層管理是透過叢集的概念衍生而來，Hsieh 和 Chang 兩位學者認為 manager 的選擇方法應是透過 GPS 所提供的地理資訊來推選出處於 cell 最中間的 MH 來擔任 manager，這是因為中間的 MH 移動空間較其他 MH 來得大[1]。本研究則延伸其理論，除了考慮到空間移動性外，也考量到電池能量的生命週期，這是因為推選最中間位置的 MH 來擔任 manager 雖移動性的空間較大，但是無法保證此 manager 有足夠電力讓路徑更加穩定。因為 manager 在離開 cell 或即將斷電時，必須進行繼承動作，故繼承動作太過頻繁也會影響到網路的傳輸品質，因此本研究透過 GPS 所提供的 MH 之位置和速度資訊與 MH 本身的所剩之電力來選出位於中間位置、移動速度最慢且電力足夠的 MH 來擔任具備 power-aware 的 manager，透過此方法更能保證網路的穩定性。因此針對 Manager 的選派方面，本研究提出下列兩個步驟。

➤ 步驟一、過濾：

在嚴國慶等人的研究中[8]，在選派 manager 時，將趨近 intra-cell 中間的所有 MH 進行演算動作，比較各個 MH 的平均移動速度，並選擇移動速度最慢者作為 manager。當 manager 愈處於中間位置時，其與 intra-cell 內任何的 MH 相連強度也愈一致，但趨近中心的範圍並未明確定義之，如此將造成整個 intra-cell 內所有的 MH 進行演算的機率相對較高，反而造成網路負載，故本研究將每個 intra-cell 切分三種等級。

首先，劃分方式以 intra-cell 的重心為基準，針對 intra-cell 外的六個點作對角線分割，可產生六個相等範圍的三角形，在各自的三角形中，透過重心點的連接形成小於 intra-cell 三分之二倍的六角形面積，此面積為等級 II，作為 multi-MA 選派時參考依據，將於下節說明。而針對 manager 過濾範圍設定為等級 I，其設定條件將依 intra-cell 的 MH 密集度而定，由於 manager 的位置較 multi-MA 靠近 intra-cell 中心點，故等級 I 的面積將小於等於等級 II，針對區域等級切割方式，本研究假設 count\_max 變數為 MH 最大數量，而令變數 s 為大於 count\_max 數量的倍數，故當 MH 數量大於預先設定於 MH 中的門檻值 MHcount\_max 的倍數(即 s 倍)時，等級 I 的面積等於等級 II 面積的  $1/s$  倍，換言之，等於 intra-cell 面

積的  $2/3s$  倍；反之，等級 I 所形成最小的六角形面積，其對角線長不得小於  $(r-0.86603)/2$  長度，如圖一所示。由於過濾面積隨 MH 密集度而變動，故當 intra-cell 初始選擇 manager 時，因 MH 總數量為一未知數，故等級 I 的面積將等於等級 II 面積。透過上述的切割方式，凡位於等級 I 的 MH，可參與篩選步驟，故透過此過濾方式可於此階段挑選等級 I 的合格者，以進行 manager 之參選。



圖一、等級 I 最小面積

➤ 步驟二、篩選：

因 MH 具移動性且為了在有限的電力下提升動態拓樸的穩定性，故叢集頭為影響拓樸生命週期的關鍵因素，過去 Chatterjee 等學者[2]以叢集為基礎，針對推選叢集頭提出權重叢集演算法(Weighted Clustering Algorithm, WCA)，選擇的方法則依公式(一)。

$$I_v = c_1 D_v + c_2 P_v + c_3 M_v + c_4 T_v \quad \text{公式(一)}$$

在 intra-cell 範圍內的每個 MH 稱為節點  $v$ ，變數  $D_v$  指每個節點  $v$  必須找到鄰近的節點，且與之相連的數量為  $d_v$ ，而  $D_v = |d_v - M|$ ， $M$  為一個可連結數的門檻值，預先設定於每個節點中，因此  $D_v$  代表一個 MH 目前與之相連的鄰居節點數與門檻值所設定的數量其之間的差異；變數  $P_v$  則為節點  $v$  與相鄰的 node 之間距離的加總； $M_v$  是移動的平均速度； $T_v$  為已被消耗的電力； $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ 、 $c_4$  則依網路狀況來設定上述條件所占的比重； $I_v$  為節點  $v$  之成本值。

一個叢集頭的選擇方式必須滿足  $\text{mix}\{I_v, 1 \leq v \leq n, v \in n \text{ 個節點}\}$ ，即選擇最小  $I_v$  值的節點做為叢集頭，由於本研究透過過濾動作選出符合條件的 MH，因此 intra-cell 中的每個節點並不需要參與 manager 選拔的動作。此外，為了便於管理，所有 intra-cell 中的 MH 都必須與 manager 相連。因此在本研究中修改由 Chatterjee 等學者[2]所提出之 WCA 公式，令節點  $u$  代表可參選的節點，故本研究的 manager 選派採公式(二)。

$$I_u = c_1 M_u + c_2 T_u + c_3 D_u \quad \text{公式(二)}$$

在 Chatterjee 所提的公式中[2]， $D_v$  每個節點必須計算與相鄰節點的個數是否超過門檻值  $M$ ，並從所有的節點中選出連結數超過門檻值最少的節點，本研究針對 manager 的選派動作係根據 C.Y Chang[1]所提定理，以取離中心位置最近者，故將公式(二)的  $D_v$  變數調整為  $D_u$ ， $D_u$  代表離中心位置之距離，即  $|L_0 - L_u|$ ， $L_0$  為中心點座標， $L_u$  為節點  $u$  所在座標， $D_u$  值愈小代表離中心座標愈近，因此無須計算連結節點數與各節點的連結距離。除此之外，本研究針對 manager 選派時同時考量可參選的節點之平均移動速度和電池壽命生命週期，因此  $I_u$  為節點  $u$  的平均移動速度、電池壽命與中心距離之成本值，其中電池壽命的生命週期是重要的考量因素，Shingh 及 Raghavendra 兩位學者[7]針對電池壽命提出電池能量痛苦指數公式，見公式(三)。

$$f_i(c_t^i) = 1/c_t^i \quad \text{公式(三)}$$

其中  $i$  代表某一 MH 的編號、 $t$  代表時間點、而令  $c_t^i$  為 MH  $i$  第  $t$  個時間點電池能量，其區間為 0 至 100，因此  $f_i(c_t^i)$  代表 MH  $i$  的電池能量痛苦指數公式， $c_t^i$  值愈低時，傳送與接收封包的痛苦指數就愈高，因此  $f_i(c_t^i)$  的值就愈高。結合 MH 的平均移動速度和電池壽命的生命週期，本研究提出的 power-aware manager 選派方式所使用的封包如下：

- MANAGER(self\_id,seq\_time,cell\_id,loc)：主要發送者為 manager，接收者為所有 MH，觸發時機則在於定期和產生新的 manager 時發生，其封包內容 self\_id 代表 manager 或 MH 自身的識別編號；seq\_time 為發送的日期時間；cell\_id 是 Cell 的編號；loc 為 manager 或 MH 目前所在位置，透過 loc 可換算出 MH 處於 intra-cell 中的區域等級，此外可讓 manager 進行封包傳輸過程時取得來源端與目的地端的所在處。
- BID(self\_id,seq\_time,manager\_id,level,remain\_battery\_power,loc,speed)：主要發送者為 manager，接收者為所有 MH，觸發時機則在於定期和產生新的 manager 時發生，其封包內容 self\_id、seq\_time 定義同 MANAGER()封包，manager\_id 為目前所處的 Cell 中，所屬的 manager；level，為 MH 的等級，manager 為 0、PAIAMA 為 1、PAIEMA 為 2、一般的 MH 為 3；remain\_battery\_power 為自己所剩的電池量；loc 定義同上；speed 為 MH 平均移動速度。
- SELECT\_MAG(self\_id,seq\_time,cell\_id,remain\_battery\_power,loc,speed)：主要

發送者為處於等級 I 的 MH，接收者為所有處於等級 I 的 MH，觸發時機則在推選新的 manager 時，其封包內容 self\_id、seq\_time、cell\_id 定義同 MANAGER()封包；remain\_battery\_power、loc、speed 定義同 BID()封包，此三項參數做為選擇 manager 參考使用。

- IS\_MANAGER(self\_id,seq\_time,manager\_id,select\_table):主要發送者為位於等級 I 的暫時性 manager，接收者新誕生的 manager，觸發時機則在於暫時性的 manager 選出新的 power-aware manager 時，其封包內容 self\_id、seq\_time 定義同 MANAGER()封包，manager\_id 為新誕生的 manager 識別編號；select\_table 為進行選派 manager 階段時在 intra-cell 中所蒐集到的所有 MH 資料，內容包括 MH 的識別編號、所在位置、速度、電池能量...等訊息。

選派的步驟如下所示：

- 步驟一：在 intra-cell 中的 MH 會定期監督 manager 是否正常運作，manager 也會定期送 MANAGER()封包來告知 MH 它的狀況。
- 步驟二：若 MH 在一段期間內都未收到 MANAGER()封包時，就必須傳送 BID()給 manager，以判斷 manager 是否存活著。無法收到 manager 的回應，則代表此 cell 中無 manager，故必須進行推選 manager 的動作，故進行下列步驟；反之有收到 manager 的 MANAGER()則回到步驟一。
- 步驟三：在 intra-cell 中，MH 開始廣播 SELECT\_MAG()，若廣播的 MH 非等級 I 時，則跳到步驟八，否則進行步驟四。
- 步驟四：廣播的 MH 為等級 I，並且在合理的時間內收到其他等級 I 的 MH 的 SELECT\_MAG()封包。比較自己和其他 MH 的 seq\_time 時間，若自己的 seq\_time 小於其他 MH 的時間時，則代表是由你先發出 SELECT\_MAG 封包，故必須成為暫時性的 manager(稱為 temp\_manager)，否則跳到步驟六。
- 步驟五：temp\_manager 必須比較所接收到 SELECT\_MAG 封包內容，透過公式二來找出 Iu 值最小者做為新任的 manager。選擇 manager 的情況分為下列二種，其一是 temp\_manager 為 Iu 值最小者，由 temp\_manager 擔任新的 manager，跳到步驟七；另外 temp\_manager 不符合 Iu 值最小的條件時至步驟六。
- 步驟六：temp\_manager 傳送 IS\_MANAGER()給指定的 MH。
- 步驟七：具備 power-aware 的新 manager 廣播 MANAGER()封包給 cell 中的成員，推選結束。
- 步驟八：等待並接收到新的 manager 所傳來的 MANAGER()封包，推選結束。
- 步驟九：收到 MANAGER()封包的 intra-cell 所有的 MH，必須定期送 BID()



封包給 manager，告知所在位置、速度和電池能量之訊息。

manager 主要的任務有四，分別說明如下：

- manager 必須透過 Member table 來管理 intra-cell 中所有的 MH 位置、移動速度及頻寬狀況。
- 負責 intra-cell MH 的連線與訊息交換，包括 routing path 建立及封包傳送。
- 負責 inter-cell 外封包的轉送與接收。
- 離開 intra-cell 或 manager 即將退休時，必須重新計算等級 I 的面積，以縮小過濾範圍，並透過新的等級 I 面積中選擇適當的後繼者來繼承此 manager 的工作。

單個 manager 除了管理 intra-cell 的 MH 外，同時也必須處理 intra-cell 與 inter-cell 的路徑的建立與資料的傳送，因此 manager 的記憶體中必須存放兩類的表格，一為 Member Table，紀錄 intra-cell 內 MH 的位置、所在等級、身份等級、速度和電池能量；另一則為 Routing Table，紀錄來源端和目的端所經的路徑。因此 manager 將同時增加運算的處理成本和頻寬分配問題，導致電力的痛苦指數上升，進而影響 manager 的執行效能。由於 multi-MA 可依工作性質來劃分任務並完成共同的目標，因此本研究當 manager 的頻寬和電力的痛苦指數達到預先設定的最大頻寬門檻值時，將採用 multi-MA 來協助 manager 的管理和改善 manager 的流量分配問題，其選派方式與相關的工作任務將於 3.2 節說明。

### 3.2 第二階段：派選power-aware多重代理人階段(PAM<sup>2</sup> A)

multi-MA的工作主要是要減輕manager的工作，multi-MA主要協助管理和分擔manager的流量，故當manager的頻寬與電力的痛苦指數達到預先設定的最大頻寬門檻值時，manager才開始進入選派PAM<sup>2</sup> A階段，manager的頻寬與電力的痛苦指數的變數設定如下：

- 變數一：Bmax，頻寬的門檻值，此參數為實驗參數，依據 Ruston Hutchens 實驗結果顯示預留頻寬於 30%~40%時有較低的連線中斷機率[3]。
- 變數二：Cmax，電力的痛苦指數上限，此參數為實驗變數，即公式三所得的痛苦指數不得超過 Cmax。

本研究提出兩類的 MA，分別為具 power-aware 的 intra-MA(power-aware

intra-MA,PAIAMA) 與 具 power-aware 的 inter-MA(power-aware inter-MA,PAIEMA), multi-MA 的工作內容如下：

- PAIAMA：進入該階段的情況分為二，其一為manager的頻寬達到Bmax時，manager必須檢測佔用頻寬的來源，當intra-cell內的MH佔用manager一半頻寬時，manager必須進入派選PAM<sup>2</sup> A階段，選擇PAIEMA來協助manager針對intra-cell的管理，包括MH的識別管理、路徑建立與資料的傳送；其二是當manager的電力痛苦指數達到Cmax時，為了節省manager的電力來延長manager的生命週期，故manager也必須進入派選PAM<sup>2</sup> A階段，選擇PAIEMA來協助manager。當intra-MA挑選出來後，manager只需負責inter-cell之間的路徑建立與封包傳送。
- PAIEMA：當 manager 的頻寬達到 Bmax 時，manager 也必須檢測佔用頻寬的來源，若 inter-cell 的 MH 佔用 manager 一半頻寬，manager 必須為 inter-cell 的 MH 派選自己 intra-cell 內的 MH 做為 PAIAMA，以便進行流量分擔，而 manager 所派出的 inter-MA 其負責指定區域的資料轉送和接收，以減輕 manager 的負擔。

在選派 multi-MA 時，同 manager 選派方式一樣，必須計算平均速度與所剩電力做為考量因素，接下來將分別於 3.2.1 節和 3.2.2 節說明 PAIEMA 與 PAIAMA 的選派流程。

### 3.2.1 Power-Aware 的 Intra-MA 選派(PAIAMA)

在 PAM 的過濾階段時，曾經對 intra-cell 面積進行等級分割，位於等級 I 的 MH 成為 manager 的機率較高；位於等級 II 的 MH 與 manager 的距離和位於等級 III 的 MH 之間的距離趨近相等，故在進行 PAIAMA 選派時，將挑選等級 II 的 MH 們進行篩選動作，所使用的封包如下：

- SEL\_PAIAAMA(self\_id,paiama\_id)：主要發送者為 manager，接收者為推選出的 PAIAMA，觸發時機則在 manager 選派出新的 PAIAMA 代理者告知 PAIAMA，其封包內容 self\_id 定義同 MANAGER()封包；paiama\_id 為指定的 PAIAMA 代理者。
- PAIAMA(self\_id,seq\_time,loc)：主要發送者為 PAIAMA，接收者為在 intra-cell

內的所有 MH，觸發時機則在於定期和產生新的 manager 時發生，其封包內容 self\_id、seq\_time 定義同 MANAGER()封包；loc 為 PAIAMA 實際所在位置。

- PAIAMA\_COL(self\_id,seq\_time,TMH)：主要發送者為 PAIAMA，接收者為 manager，觸發時機則在 PAIAMA 定期蒐集所有 intra-Cell 內的 MH 後便回傳給 manager 管理，其封包內容 self\_id、seq\_time 定義同 MANAGER()封包，TMH 為所蒐集 MH 資料，包括 MH 的 ID、等級、所剩的電池量、目前所在位置、平均移動速度。
- PAIAMA\_REPLY(self\_id,seq\_time,paiama\_id,TMH)：主要發送者為 manager，接收者為 PAIAMA，觸發時機則在 manager 定期蒐集所有 PAIAMA 回傳之資料後，必須發送給其他 PAIAMA，使所有的 PAIAMA 的 routing table 同步，其封包內容 self\_id、seq\_time 定義同 MANAGER()封包；paiama\_id 為接收的 PAIAMA；TMA 為目前在 intra-Cell 中所擁有的 PAIAMA 資料，TMH 定義同 PAIAMA\_COL()。

其步驟如下所示。

- 步驟一：manager 針對占用頻寬來源處推選出 PAIAMA，故於等級 II 處透過公式二來找出 Iu 值最小者做為新任的 intra-MA，稱為 PAIAMA，同時送出 SEL\_PAIAAMA()封包。
- 步驟二：當 PAIAMA 收到 SEL\_PAIAAMA()封包後，將廣播 PAIAAMA()封包給 Intra-Cell 範圍內每個 MH，告知 MH 目前在 intra-cell 內 PAIAAMA 所在位置的資訊，以便 MH 在未來需提出服務時，可以找到適當的 PAIAAMA 協助。
- 步驟三：MH 收到 PAIAAMA()封包時，得知有新的 PAIAAMA 誕生，MH 將定期監督 manager 的任務交由 PAIAAMA 來監督，爾後便回傳 BID()封包，其中包括 MH 的位置、速度和電池能量之訊息。
- 步驟四：PAIAAMA 蒐集完成後便將 PAIAAMA\_COL()訊息傳給 manager，同時告知 manager 所蒐集到的 MH 狀態。
- 步驟五：manager 持續收到各 PAIAAMA 的訊息封包後，必須再回傳”已收到”的 PAIAAMA\_REPLY()封包給所有的 PAIAAMA，其中 PAIAAMA\_REPLY()內容裡包括其它 PAIAAMA 資訊與 Intra-cell 內所有的 MH 資訊。

當 PAIAAMA 選出後，manager 的 Member Table 內容必須包含相鄰的 manager 資訊、PAIAAMA、和所有 MH 的資訊；而 PAIAAMA 的 Member Table 則紀錄了

manager、PAIAMA 和所有 MH 的資訊；MH 的 Member Table 內容較單純，只需記錄 PAIAMA 的資料。而 manager 必須將屬於 intra-cell 所佔用的頻寬釋放出來，在釋放前同時必須將正在服務的封包資料傳遞給 PAIAMA，由 PAIAMA 分擔 manager 工作。整體而言 PAIAMA 具備下列六個特性：自動偵測、監督、傳送封包的特性、複製性、移動性、自動釋放的特性。針對不同特性也將有不同的工作任務，其說明如下。

### 1. 自動偵測

PAIAMA 的管理方式分為主動加入(active join)與被動加入(passive join)兩種，active join 是新的 MH 進入新的 intra-cell 時，發現自己並非位於原先的 intra-cell 時，將主動送出 JOIN()的封包，在一個 intra-cell 內有 PAIAMA 時，PAIAMA 會主動回覆它，並告知目前在 intra-cell 內已有的 PAIAMA 資訊，此時成功的完成加入動作；passive join 指 PAIAMA 必須主動定期送出信號(beacon)偵測管轄範圍內 MH 們的狀況，當有新的 MH 加入時，主動通知新加入的 MH，告知自己的身份，並告知目前在 intra-cell 內已有的 PAIAMA 資訊，故此時的 MH 是被動加入至 PAIAMA 的管理。

此外當 PAIAMA 收到新的 Member 資訊後，將新資訊主動傳送給相鄰的 PAIAMA 與 manager，使每個 PAIAMA 與 manager 的 Member Table 同步。

因此 PAIAMA 可透過 active join 和 passive join 方式來偵測管理 Intra-Cell 範圍內所有之 MH，並定期傳送給 manager，故可減輕 manager 自行管理的負擔。

### 2. 監督特性

當 manager 選出合適的 PAIAMA 後，manager 將定期送出 MANAGER()封包給所有 PAIAMA，而 PAIAMA 也必須定期送出 MONITOR()封包監督 Intra-Cell 內 manager 是否存活著，以便未來進行 Inter-Cell 之間封包傳送時，可以透過 manager 的協助。若 PAIAMA 發現 Intra-Cell 內的 manager 已不存在時，則必須廣播 SELECT\_MAG()封包給所有等級 II 的 MH，重新進行 PAM 階段，以挑選出合適的 manager。

### 3. 傳輸封包的特性

由於每個 MH 都取得 PAIAMA 資訊，當 MH 需要進行服務時，必須向最近的 PAIAMA 提出需求，而整體傳送方式分為兩種情況，一為來源端與目的地處於 Intra-Cell 內，二為來源端與目的地處於不同的 Intra-Cell。當 PAIAMA 要進行服務時必須先搜尋自己的 Member Table 判斷目的地是否在 Intra-Cell 內，若有，

則可直接將來源端的資料封包傳送到目的地端；反之，則傳送給 manager，由 manager 傳送該封包到目的地端。

#### 4.複製性

PAIAMA 具有複製性，當 Intra-Cell 區域的 MH 數量在 manager 選出 PAIAMA 後仍隨之增加並超過每個 PAIAMA 可負載的 MHcount\_max 門檻值時，為了有效平衡負載，PAIAMA 將驅動複製功能，由目前 Iu 值最小的 PAIAMA 負責複製，並透過公式二找出 Iu 值最低者的 MH 升格為 PAIAMA，找到後則開始進行複製動作，使新的 PAIAMA 來分擔 Iu 值最大的 PAIAMA，當新的 PAIAMA 誕生後，進行複製的 PAIAMA 將更新 Member Table，並且廣播新的 Member Table 給所有的 PAIAMA 和 manager，以告知新的 PAIAMA 誕生。新的 PAIAMA 誕生將主動告知 Iu 值最大的 PAIAMA，請分擔工作任務，而此 Iu 值最大的 PAIAMA 資料遞送方式同 manager 以無縫式將封包傳送給新的 PAIAMA，並釋放其頻寬。

#### 5.移動性

由於行動代理人是具有移動性，故它的另一項工作是繼承，繼承分為兩種情況，一為在 Intra-Cell 的 PAIAMA 們因頻寬與電力不足或頻寬狀態達到額滿時，無多餘能力來分擔將離開的 PAIAMA 的工作任務時，離開的 PAIAMA 必須找到離它最近且訊號最強的 MH 為繼承者；其二為在 Intra-Cell 內其中有一個 PAIAMA 擁有足夠的能力來分擔 manager 的負擔，離開的 PAIAMA 必須找到離它最近且訊號最強的 PAIAMA 為繼承者。

#### 6.自動釋放的特性

PAIAMA 即具有可複製增加特性同時也具有自動釋放減少的特性，當 Intra-Cell 區域的 MH 數量仍隨之減少並讓 PAIAMA 呈現 Idle 狀態一段期間後，為了避免過多的 PAIAMA 造成浪費，因此 PAIAMA 將具有自動釋放的特性，此外，此特性亦可以避免 PAIAMA 無限繁殖的情況。因此當 PAIAMA 呈現 Idle 狀態一段期間後將自動釋放 PAIAMA 的資格，將視為一般的 MH，此時必須通知 Intra-Cell 內的所有成員。

當一個 Intra-Cell 內，最後一個 PAIAMA 也即將釋放其資格而成為一般的 MH 時，必須告知所有的 MH，其監督 manager 的工作，將由 MH 來進行，而 Intra-Cell 內的封包傳送也由 manager 服務。

### 3.2.2 Power-Aware 的 Inter-MA 選派(PAIEMA)

當 manager 的  $B_{max}$  達到上限時且判斷其流量頻寬由 Inter-Cell 之間傳遞所造成時，manager 必須選派 PAIEMA 來分擔其工作，故 PAIEMA 的任務是分擔 manager 針對 inter-cell 的流量分擔，因此在選擇 inter-MA 時，其傳輸的距離必須趨近 manager 到其他相鄰的 cell 之間 manager 的距離。PAIEMA 的選派方式必須於等級 I 的範圍內推派，此外所選擇的 PAIEMA 不得同時為 PAIAMA，以避免此一 MH 的工作負擔。PAIEMA 推派步驟較 PAIAMA 簡單，manager 將透過公式二選出等級 I 中  $I_u$  值較小的 MH，並送出 SEL\_PAIEMA() 封包給新的 PAIEMA，而針對 manager 正在服務的封包資料其交遞方式也以無縫式遞交給 PAIEMA。PAIEMA 屬於揮發性質，只在 manager 或原先的 PAIEMA 頻寬不足時才會發揮作用，當完成任務後，將恢復一般 MH 身份，而 PAIEMA 有三項工作特性，分別為(1)傳送封包的特性；(2)複製性，針對不同特性也將有不同的工作任務，其說明如下。

#### 1. 傳送封包的特性

PAIEMA 與 PAIAMA 最大的不同在於 PAIEMA 為揮發性質，所謂揮發性即當協助管理者傳送封包的任務結束後，便恢復為一般 MH 等級。當 manager 頻寬即將達到上線時，manager 才會進入選派 PAIEMA 的階段，當 PAIEMA 選出後，manager 將向 PAIEMA 借頻寬，將過多的封包轉交給 PAIEMA 負責。在一個 Intra-Cell 裡 manager 可依情況來推選多個 PAIEMA 來協助封包傳送，由於 PAIEMA 為揮發性質，故任務結束後，即轉換為一般的 MH。

#### 2. 複製性

當 PAIEMA 移動到新的 Cell 時，或 PAIEMA 的電力痛苦指數達到上限時，必須自行選派新的繼承者，其選派方式同 manager 選擇 PAIEMA 一樣，在等級 I 的區域裡選出最小的  $I_u$  值且目前不為 PAIEMA 或 PAIAMA 的 MH 做為 PAIEMA，舊的 PAIEMA 傳送目前服務的目的端 MH(可能為 manager 或 PAIEMA) 地理位置與封包資料給新的繼承者，繼承結束。

## 4. 結論

本研究使用 GPS 接收器來監控行動設備位置，並透過具有 power-aware 的 MA

來減輕蜂巢式階層管理中具 power-aware 的 manager 工作負擔，當管理者的頻寬達到  $B_{max}$  時，必須檢查造成頻寬負擔的來源，若為 Intra-Cell 所造成，則透過 PAIAMA 來分擔 manager 內部的管理，並且針對 Intra-Cell 也將交由 PAIAMA 傳送；反之，頻寬負擔的來源為 Inter-Cell 之間封包傳送所造成時，manager 將選出 PAIEMA 並借其頻寬來完成服務。透過 PAIAMA 與 PAIEMA 可減輕 manager 的負擔，增加整體網路環境的生命週期。

## 5. 參考文獻

1. Chang C.Y. and Chang C.T.,“Hierarchical cellular-based management for mobile hosts in ad-hoc wireless networks” Computer Communications, Jan 2001, pp. 1554-1567.
2. Chatterjee M., Das S.K. and Turgut D.,” An on-demand weighted clustering algorithm (WCA) for ad hoc networks”,IEEE Global Telecommunications Conference,Dec 2000,pp.1697-1701
3. Hutchens R.,” Bandwidth Reservation strategies for mobility support of wireless connections with QoS guarantees”,Australian Computer Science Communications,Proceedings of the twenty-fifth Australasian conference on Computer science,Vol(4),Jan 2002
4. Liao W.H., Tseng Y.C., Sheu J.P., “Grid: a fully location-aware routing protocol for mobile ad hoc networks,” Telecommunication Systems, 2001, pp. 37-60.
5. Royer E. and Toh C.K.,“A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks,” IEEE Personal Communications Magazine, Apr 1999, pp. 46-55.
6. Toh,C.K,”Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in MANET”, Public:IEEE Communications Magazine,Jun 2001,pp.138-147
7. “GIS Tutorials:Global Positioning System”, <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman004.htm>, Jan 2004.
8. 嚴國慶、王淑卿、周雨韻， “以行動代理人機制分散蜂巢式階層管理單一管理者工作量，”第五屆電子化企業經營管理理論暨實務研討會，大葉大學， May 2004.