

# 以備援管理者及負載偵測機制 維護分群無線感測網路之效能

嚴國慶  
朝陽科技大學  
企業管理系教授  
kqyan@cyut.edu.tw

王淑卿  
朝陽科技大學  
資訊科技研究所教授  
scwang@cyut.edu.tw

董育萍  
朝陽科技大學  
資訊管理系研究生  
s9514617@cyut.edu.tw

## 摘要

在無線感測網路(Wireless Sensor Network: WSN)的網路型態中，每一感測節點都具有動態活動的特性，因此感測節點間將會來回地群集和分解而影響網路拓撲的穩定度，並使網路群組不斷的重新配置，以致影響網路系統的整體效能。因此，透過群組管理者(Cluster Manager: CM)維持網路拓撲之穩定性，便是一項重要的議題。然而當群組管理者進行群組管理時，若群組管理者負載過重，將容易導致群組管理者發生錯誤或失效死亡，使得網路架構需不斷的重組，造成整體系統效能不彰。因此，在本研究中提出備援管理者選派機制，以期在群組管理者失效或負載過重時可接替原群組管理者的工作。除此之外，若負載過重的群組管理者或備援管理者仍持續在群組中運作時，亦將導致系統整體效能不彰，因此研究中亦提出偵測預防的機制以避免此種現象的產生。

**關鍵詞：**無線感測網路、群組管理者、備援管理者、穩定的網路拓撲

## Abstract

In wireless sensor network, every sensor node could active dynamically. Therefore, those sensor nodes will affect the stability of network topology because of clustering and de-clustering, and continuously make reconfiguration for the clusters of mobile sensor network, all that will influence the overall function of network. It is an important issue that how to choose a cluster manager to keep the stability of network topology. In this paper, a mechanism for maintaining the stability of cluster manager is given in wireless sensor network. The mechanism is a kind of processing mechanism under considering in backup cluster manager elected taking works of cluster manager when the cluster manager is fault.

However, an overhead monitoring mechanism is supported to monitor the overhead of cluster manager and backup cluster manager. By using this overhead monitoring mechanism can enhance the system performance.

**Keywords:** Wireless Sensor Network, Cluster Manager, Backup Cluster Manager, Stable Network.

## 1. 前言

由於感測器硬體技術的提昇進步，使得無線感測網路得以快速發展，更成為近年來相當熱門的研究主題。無線感測網路的應用範圍很廣，例如：1、環境觀察(Environmental Observation)：WSN 可用來偵測環境，如偵測化學工廠附近的水質是否受到汙染、森林火災的偵測與提出警報、空氣污染監測、生態環境中的溼度、壓力、與溫度等相關資料的取得、及追蹤動物的行蹤等。2、軍事監控(Military Monitoring)：對於戰場上任何交通工具的位置與敵蹤，皆可用 WSN 來持續監控觀察。3、建築物監控(Building Monitoring)：感測建築物結構上有無發生問題。4、健康監控(Healthcare Monitoring)：感測器可以植入人體用來掌握個人的身體狀況及變化[4,5,13]。

雖然無線感測網路能夠提供許多有價值的應用，但由於硬體的限制，使得電力消耗的控制成為各種無線感測網路的相關研究中，必須納入考量的首要因素[1,4,5,9,11,12]。同時，由於無線感測器的實體特性，在記憶體容量、處理能力及通訊能力等都受到限制[3,10]。即使硬體技術不斷提升，但電力限制卻仍是無線感測網路必須面臨的重大考驗。因此，如何提供一個有效節省電力的網路架構(拓撲)、降低其電力消耗，是設計無線感測網路時是一個重要的議題[2,4,9,11,12]。

除此之外，由於無線感測網路是一個分散式的架構且為無基礎建設(Non-infrastructure)，因此無線感測網路中每個感測節點都是一個獨立的個體，無需透過如AP(Access Point)等有基礎建設(Infrastructure)的機制來進行通訊[4,5,7]。並且，無線感測網路能自我組態(self-organization)成為網路，達到資料的傳輸與共享的目的[3,4,5,7,13]。

圖 1 所示為無線感測網路的示意圖[5]，感

測器部署於感測區域內，並自我組態成一無線感測網路。當感測節點 A 與資訊收集中心通訊時，透過多躍程無線連結(Multi-hop)從 A←E 或 A→E 的路徑傳送訊息。而資訊收集中心(Sink)或基地台(Base Station; BS)是與真實世界網路做一連結的橋樑，將感測到的資料融合(Data Aggregation)而成的資訊傳送給任務管理節點做各種分析應用。

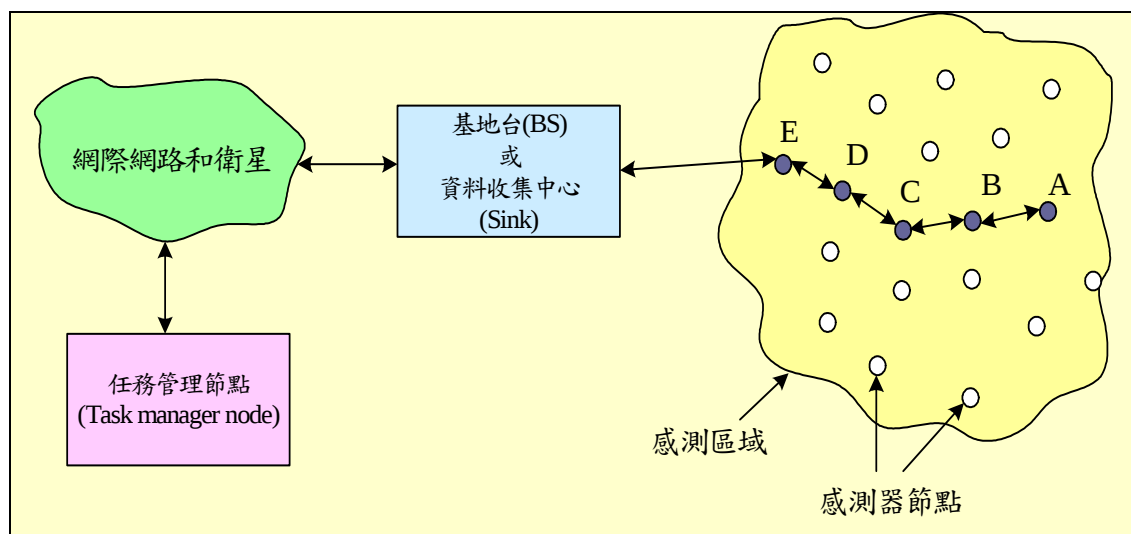


圖 1、無線感測網路的示意圖

但由於圖 1 中的平面式網路(Flat Network)拓撲架構，容易因感測節點為了尋找路徑而大量的散佈廣播封包，使得大量且重複性高的訊息在網路上傳送，此時將產生廣播風暴與資訊碰撞等問題，並浪費感測節點之電力，造成無線感測網路的不穩定[3,6,8,11,12]。

由過去學者的研究成果可知分群(Cluster)技術是用於無線感測網路減少電力消耗的關鍵技術之一，透過分群技術可以增加無線感測網路的延展性與生存時間[3,4,5,6,11]。因此，在本研究中將採用分群架構來降低整體網路訊息的交易量，藉此延長電力的使用時間與無線感測網路拓撲的生命週期。在分群架構中，群組管理者(Cluster Manager, CM)所負責的工作非常重要。群組管理者負責的工作包含了傳送或接受所有群組成員的資料、資料融合、傳送接收融合過後的資訊到資訊收集中心或基地台等[3,4,5,8]。由於群組管理者的工作較一般感測節點負擔大，因此考慮群組管理者的負載，適時的更替群組管理者，以避免因群組管理者的失效或死亡而造成群組內群組管理者

的重新選派或解構重整等，而使得無線感測網路拓撲呈現不穩定的狀態，這是本研究所要解決的問題。

總而言之，本研究將以分群無線感測網路為基礎，選出能力值較高的感測節點擔任群組管理者後，為了避免群組管理者因電力過低或負載過大而導致失效或死亡後重新分群與選派的負擔，因此亦提供備援管理者，當群組管理者無法管理群組時由其備援管理者接續群組管理者的工作。另外，本研究亦考慮當群組管理者與備援管理者發生工作負載過大時的處理機制。

本文的架構如下：第二節為文獻探討，整理目前在無線感測網路環境中，相關階層式分群協定的研究結果；第三節為本研究所提出之機制；第四節為結論與未來工作。

## 2. 文獻探討

不論是靜態或動態的無線感測網路，為了節省電力消耗，資料融合是無可避免的工作。

為能進行資料融合，一定數量的鄰近感測器會形成一個小組進行資料融合[4,5,11,12]。因此無線感測網路可看成一群一群感測器的組成，多個群組可能再組成更大的群組，整個網路形成階層式的架構。階層式的分群管理架構是一能有效降低電力負擔的架構[3,4,6,11]，除了可以降低整體網路的訊息傳輸量並可提升有效訊

息的傳輸量。

而依據群組管理者產生方式的不同，可以把群組管理者產生的演算法分為分散式與集中式兩種模式[4,5,6]。表 1 所示為無線感測網路分群演算法分類。

表 1、無線感測網路分群演算法分類

| 分群架構<br>運作模式 | 分散式分群                                                                                                                                       | 集中式分群                                                                                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 模式說明         | 分為兩種：<br><ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 由感測節點根據某個門檻值自主決定是否當選群組管理者，例如 LEACH。</li> <li>➤ 通過感測節點之間的資訊交互動態產生群組管理者，例如 HEED。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 以資訊收集中心基於整個網路資訊來挑選群組管理者。</li> </ul>                                    |
| 優勢           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 較符合無線感測網路現況。</li> <li>➤ 具有較好的擴展性、較快的收斂速度和電力的高效性。</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 形成的群組較均衡。</li> <li>➤ 群組較具健壯性。</li> </ul>                               |
| 缺點           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 網路負載整體不均勻，局部網路負載過重。</li> </ul>                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 成本較高。</li> <li>➤ 網路的擴展性有限。</li> <li>➤ 網路流量、時間延遲以及訊號干擾的機率增加。</li> </ul> |
| 代表協定         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ LEACH</li> <li>➤ HEED</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ LEACH-C</li> <li>➤ LEACH-F</li> <li>➤ CEFL</li> </ul>                  |

分散式與集中式分群演算法最大的區別在於一個以局部資訊來選出群組管理者，另一個則透過資訊收集中心選取整體網路中最適合的感測節點當群組管理者[4,5,6]。從表 1 的分析可以得知集中式形成群組的成本較高，這是因為在網路初始階段時，它必須透過感測節點所回傳的資訊，例如電力、位置等，進而選出適合的群組管理者，因此除了成本高外，擴展性也十分的有限，較適合中小型的無線感測網路環境。且由於感測節點必須週期性的向資訊收集中心報告感測節點上的資訊，因此不管在網路流量、時間延遲以及訊號上的干擾碰撞的機率都較大。

反之，分散式分群演算法則不需要大量的資訊來選出群組管理者，只需透過局部性的資訊來挑選出此範圍中適合的管理者，可避免高

成本缺點。但，透過局部性資訊選出的群組管理者有可能會因為無線感測網路隨機佈署的特性，感測節點分佈並不均勻而造成部分群組管理者的負載過重。

在本節中將分別說明分散式與集中式分群演算法的代表協定。

## 2.1 分散式分群演算法的代表協定

在本節中將說明分散式分群演算法的代表協定，包括 LEACH 與 HEED。

### 2.1.1 LEACH

LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[4,6,7]屬於分散式分群演算法，每個感測節點會先行產生一個機率值，如果這個機率值小於門檻值，則代表該感測節點被選為群

組管理者，於是廣播自己是群組管理者的公告訊息，讓鄰近感測節點依據接收到的訊號強弱

來決定加入那個群組。圖 2 為 LEACH 分群的示意圖。

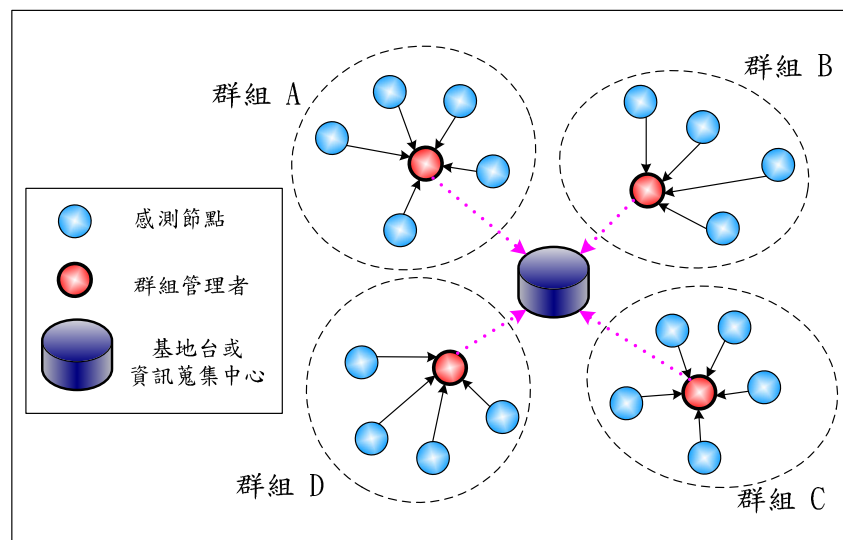


圖 2、LEACH 分群的示意圖

### 2.1.2 HEED

分散式分群演算法的另一種方式是通過感測節點之間的資訊交互動態產生群組管理者，以 HEED (Hybrid Energy - Efficient Distributed clustering approach) [4,12] 為例。HEED 是一個完全分散式的群組管理者產生方法，能最小化在初始階段控制訊息的花費成本，使分群的收斂速度更快且透過剩餘電力的參數控制來挑選群組管理者，使群組分佈得更為均勻，來形成更為省電與合理的網路拓撲。本研究中所提出的機制類似於 HEED，也是透過局部性感測節點的溝通交換資訊來動態產生群組管理者。

## 2.2 集中式分群演算法的代表協定

在本節中將說明集中式分群演算法的代表協定，包括 LEACH-C、LEACH-F 與 CEFL。

### 2.2.1 LEACH-C

LEACH-C(LEACH-centralized) 分群演算法，將 LEACH 分散式分群演算法改善成集中式的演算法[6]。LEACH-C 根據網路整體訊息的收集傳給資訊收集中心以挑選群組管理者，這種方法可以有效解決 LEACH 在每一回合中所產生的群組管理者無法確定數量與位置的問題。LEACH-C 的主要運作，是每個感

測節點把自己的位置和目前電力值回傳給資訊收集中心，而資訊收集中心將根據所有感測節點的報告來計算整體網路的平均電力。當一感測節點目前剩餘的電力若低於整體網路的平均電力，則該感測節點不能成為候選群組管理者。接著，再從剩下的候選感測節點中選出合適的數量和最佳的地理位置的群組管理者集合。最後，資訊收集中心將所有群組管理者的集合和群組的結構廣播給整體網路，即能建構出無線感測網路。

### 2.2.2 LEACH-F

使用 LEACH-F(LEACH-fixed)演算法，群組的形成與 LEACH-C 演算法類似[6]。但，資訊收集中心為每個群組產生一個群組管理者列表，指示群組內的感測節點輪流擔任群組管理者的順序。一旦群組形成之後，群組的結構就不再改變，群組內感測節點根據群組管理者列表順序成為群組管理者。雖然這可以減少每個回合重新選擇群組管理者的成本，但是卻無法處理動態感測節點的新增、離開、與失效的狀況。

### 2.2.3 CEFL

CEFL(Cluster-head Election using Fuzzy Logic)採用 Mamdani 模糊邏輯方法，以進行群組管理者之選擇[8]。CEFL 演算法輸入的參數

包括感測節點的電力、感測節點的密集度和感測節點的重心程度。感測節點密集度是指感測節點所在位置周圍感測節點的數量，感測節點重心程度是指感測節點靠近群的中心之程度，這三種參數皆有三種等級的隸屬程度。CEFL 採用重心法(Center of Gravity)進行解模糊判斷，從模糊輸出隸屬函數中找出一個最能代表模糊集合的精確量。而該模糊引擎的運算皆是設定在資訊收集中心端做完運算後將群組管理者的集合與群組的結構廣播至整體網路。

由集中式分群演算法的分析可以得知，在網路的初始階段，都必須收集整體網路的大量訊息給資訊收集中心，待資訊收集中心運算後需將群組管理者集合和群組結構傳回給整體網路。這個過程的執行，極容易造成網路上大量成本的消耗，包括無線感測網路中為寶貴的電力資源[4,5,6]。因此，即使集中式分群演算法所形成的群組負載較為平衡與健壯，但目前實際的應用仍以分散式分群演算法較為接近無線感測網路的環境。

除此之外，由於過往的研究，並未考慮到當群組管理者發生失效時如何處理[4,6,7,8,12]。因此，本研究提出一個在分散式分群環境中的備援管理者機制，藉以防止群組管理者發生錯誤時，將導致整個網路的不穩定甚至群組解構。除此之外，由於分散式分群環境中，利用局部資訊所產生的分群群組可能造成部分群組管理者產生負載過大的情形，因此在本研究中亦針對此一問題，提出群組管理者與備援管理者的負載判斷機制。

### 3. 研究方法

本研究在初始階段時，首先計算各感測節點之能力值，接著選出能力值最高的感測節點擔任群組管理者[2]，而為了避免群組管理者因電力過低或負載過大而導致失效或死亡後，需重新分群與選派群組管理者，造成無線感測網路的負擔。因此，在研究中除了選派群組管理者外，亦選派備援群組管理者，來避免群組管理者在失效時群組產生不穩定的狀態。另外，本研究亦提出避免負載過重機制，在群組管理者可能失效前，就先進行負載判斷，讓群組管理者尚未完全失效之前，即可主動啟動備援管理者。

### 3.1 研究假設

本研究中，假設在一個無線感測網路環境中，包含各種處理能力、電力及通訊範圍不同之異質性感測節點。除此之外，各個感測節點將因扮演的角色不同，將之區分為一般感測節點、群組管理者及備援群組管理者(Backup Cluster Manager)等三種角色。

一般感測節點，為無線感測網路分群中受群組管理者所管理的感測節點。而群組管理者節點為在無線感測網路分群動作初始時，藉由互相比較能力值後，選出的最為優勢之感測節點。

群組管理者主要負責分群網路中感測節點的管理，必須維護目前其所管理的所有感測節點的相關資訊，當群組管理者發生轉移時能通知其所管理的一般感測節點進行群組管理者的更換。在分群無線感測網路的環境裡，同一群組的感測節點可以直接進行通訊，但當感測節點所需進行的通訊為跨群組時，就需要透過群組管理這橋接。

當群組管理者產生後，便會在其所管理的一般感測節點中挑選出條件最佳的感測節點作為備援群組管理者。備援群組管理者剛產生時僅為身份的註記而無需負責任何工作，當群組管理者節點因故無法繼續服務分群無線感測網路時，藉由群組管理者更換的動作，備援群組管理者便會接替工作並成為群組管理者。藉由備援群組管理者接替的機制，將可避免群組的解構與網路不穩定的現象。爾後，再由新的群組管理者選派新的備援群組管理者。

除此之外，每個感測節點會有兩種狀態，一為初始狀態，即感測節點未被分配到任何群組之中；另一為一般狀態，即感測節點已屬於某一個群組時，則會由初始狀態進入到一般狀態階段。

### 3.2 群組管理者選派與計算負載機制

本研究中將以多種因子考量感測節點的能力值(P)是否適合適任群組管理者，能力值的計算考量感測節點本身的剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)、通訊能力(c)和與該群組的重心距離(D)等相關因子。能力值計算公式，如(1)所示[1,2]：

$$P = (e) * w_1 + (1/b) * w_2 + (c) * w_3 + (1/D) * w_4 \quad \dots (1)$$

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

其中電力、忙碌程度(即感測器上的處理器的忙碌程度)以及通訊能力(感測器可使用的傳輸頻寬),這三者與個別感測器上所能負擔的工作負載量息息相關。而重心程度須由該群組中透過相互溝通來得知感測節點目前距離與群組重心是否接近。愈接近重心的感測節點,其涵蓋網路的範圍就較佳。而公式(1)依四個因子在不同環境中的重要程度,會安排不同的權重值轉換出每個感測節點上的能力值(P),能力值最大者為群組管理者,因此權重值相加後為1[1,2]。

然而當無線感測網路中的群組管理者因感測器的電力不足或因群組管理者目前工作負載量大而讓通訊能力或處理能力皆處於忙碌狀態時,容易使得群組管理者因負載過大而發生錯誤、失效或死亡等。因此,本研究將剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)及通訊能力(c)等三個參數,設定為監控群組管理者目前工作負載的判斷參數。因此,公式(1)的能力計算公式可延伸為公式(2),其中 L(公式 3)即為群組管理者的監控門檻函數。

透過群組管理者的監控門檻函數的監控,可以隨時掌握群組管理者的工作負載,在群組管理者已發生負載過重時即進行相關維護工作,使無線感測網路的拓撲可以持續保持

在一個較穩定的狀態。

$$P=L + (1/D)*w4 \quad \dots(2)$$

$$L=(e)*w1+(1/b)*w2+(c)*w3 \quad \dots(3)$$

當群組管理者若工作量負載過大,導致剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)及通訊能力(c)等三個參數的能力表現過低時,必須進行負載流程判斷,避免負載過重的機制將在 3.4 節說明。

### 3.3 管理者失效與備援管理者的接替

當一新的群組管理者產生時,其將會紀錄該群組內各感測節點之相關資訊,如感測節點的編號及計算後的能力值等,此時其便會由這些感測節點中挑選能力值最高之感測節點作為其備援之群組管理者。而備援群組管理者挑選後將進行身份的註記,並由群組管理者自動發送訊息告知其所管理的感測節點,以作為將來當群組管理者失效時,備援群組管理者進行接替之依據。如圖 3 所示,為群組內群組管理者、備援管理者與一般節點的關係。

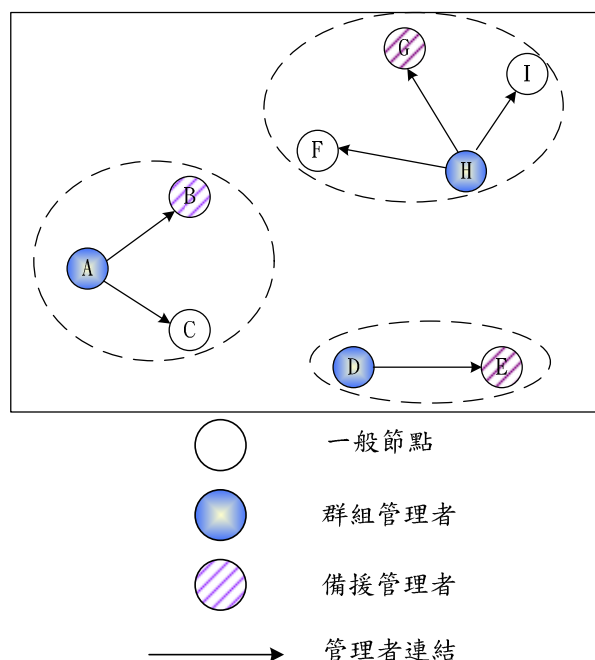


圖 3、群組內群組管理者、備援管理者與一般節點的關係

因此，當群組管理者因為電力不足、移出通訊範圍、損壞、錯誤失效、或是其他因素使得感測節點無法與之進行溝通時，這時群組內的感測節點會互相溝通訊息並與備援管理者建立通訊管道。如圖 4(a)所示，此時感測節點 I 無法與群組管理者 H 溝通，發現群組管理者 H 服務失效，此時感測節點 I 啟動感測節點溝通機制，使感測節點間互相溝通並與備援管理者 G 建立通訊關係，如圖 4(b)所示。當備援管

理者 G 成為新的群組管理者後，新的群組管理者 G 再依原本群組管理者所傳遞的感測節點資訊，從中挑選能力值最佳的感測節點 I 擔任備援管理者，如圖 4(c)所示。反之，若無法順利與備援管理者建立通訊關係，則經過一定次數的錯誤嘗試(Try and Error)後，該群組即自動解構，每個感測節點再度回到初始階段的狀態，重新建立群組關係及選擇群組管理者。圖 5 所示為管理者失效的分群調整流程。

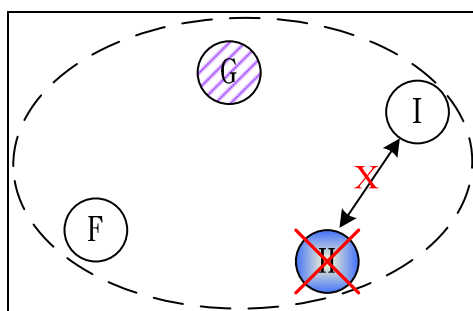


圖 4(a)、感測節點 I 無法與群組管理者 H 溝通，發現群組管理者 H 服務失效

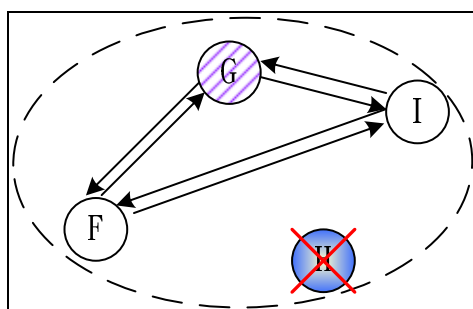


圖 4(b)、感測節點間互相溝通並與備援管理者建立通訊

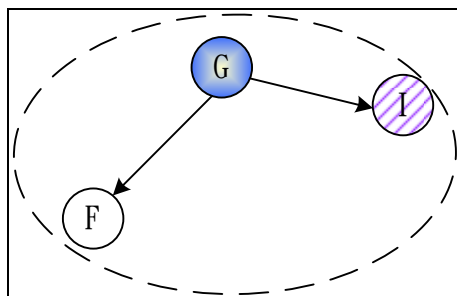


圖 4(c)、備援管理者 G 啟動為新的群組管理者並選出新的備援管理者 I

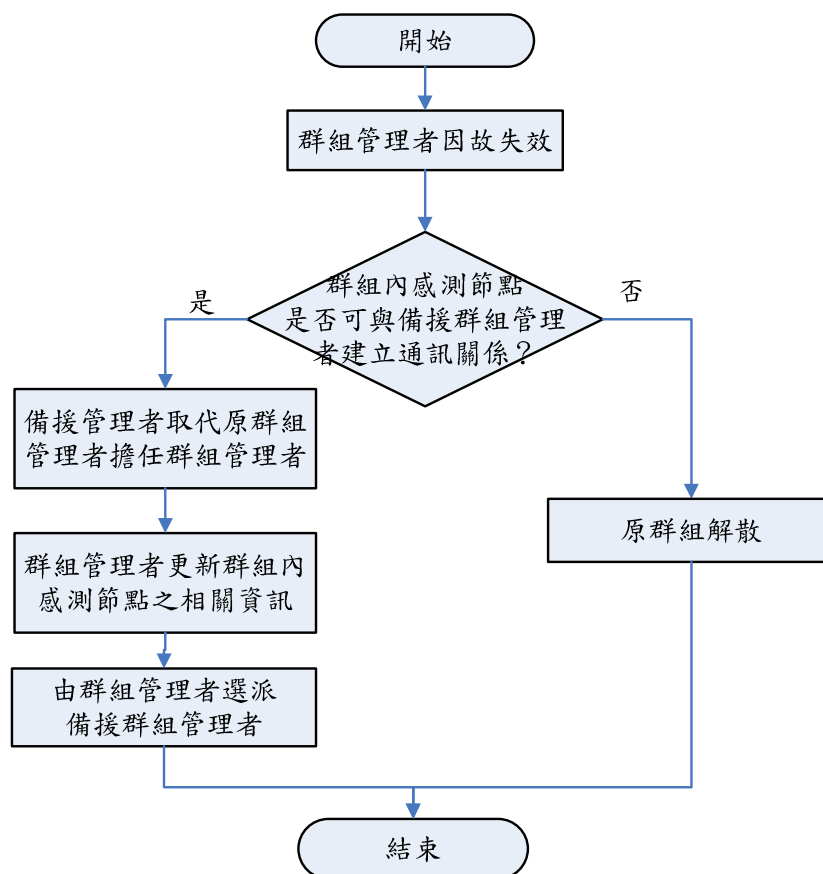


圖 5、群組管理者失效時分群調整流程圖

### 3.4 避免負載過重機制

在無線感測網路中，本研究雖然以使用多種參數因子搭配權重方式選派出能力值較佳的群組管理者來管理群組。但由於感測器資源有限，而群組管理者的工作負載比一般感測節點大，例如傳送與接收跨群組通訊的資料，進行資料融合，並傳送接收融合後的資訊到資訊收集中心端等。因此群組管理者容易因過於忙碌，而產生錯誤甚至失效死亡，而造成群組需時常更換群組管理者而呈現不穩定的情形。

本研究以感測節點上的剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)及通訊能力(c)等三個參數，做為監控門檻函數(L, 公式 2)，藉以監控群組管理者是否因電力不足或通訊品質不佳、處理器過於忙碌而應付不暇，或僅僅只是短暫性的工作忙碌，而無法進行服務。

而為監控群組管理者之負載程度，首先需依據應用程式的需求設定一個基本的門檻值。若群組管理者發現自身負載能力值低於此門檻值時，則進行負載判斷。

在門檻值設定時，可以分為異質性感測節

點及同質性感測節點的設定。若為異質性感測節點，則直接針對剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)及通訊能力(c)等三個參數分別給定門檻值，例如電力最低下限為 20 焦耳(Joule)(假設初始電力為 100 焦耳)、處理器 80%的使用程度等。

若為同質性感測節點，則依據門檻值公式進行計算，如(3)所示。

$$L_t = (e) * t_1 + (1/b) * t_2 + (c) * t_3 \quad \dots\dots(3)$$

$L_t$  即為負載能力的門檻值，公式(3)中的  $t_1$ 、 $t_2$  及  $t_3$  分別代表剩餘電力百分比(e)、忙碌程度(b)及通訊能力(c)等三個參數的底限分配，例如設定同質性感測節點電力初始皆為 100 單位，若該初始電力的百分之五為最低限度，即  $100 * 5\%$  為 20 焦耳所能負載工作的最低處理電力值。

監控門檻函數與負載能力門檻值的計算，除了可提供群組管理者負載的監控外，亦可協助判斷備援管理者是否有能力擔負群組管理者的工作，以下分別說明之。

### 3.4.1 群組管理者負載判斷機制

群組管理者負載判斷機制如圖 6 所示，當群組管理者發現自身的負載值( $L$ )小於或等於門檻值( $L_t$ )時，即進入負載是否過大的判斷程序。

當群組管理者發現自身的負載能力函數值  $L$  已達到門檻值標準( $L_t$ )時，為避免是短暫的現象，因此給予其一容忍時間。這是因為在無線感測網路環境中，各感測節點有可能因執行特定的應用程式，而產生暫時性的工作忙碌，或因網路短暫時間的壅塞所造成的短暫性負載能力過低。此時若直接判定群組管理者負載過重，並啟動群組管理者失效時分群調整流程，

將可能造成誤判，而使無線感測網路產生不穩定。因此，透過一容忍時間的緩衝，再進行評估。

而容忍時間的設定，將依特定的應用而不同，針對較為緊急的感測網路偵測，例如火災，則容忍時間較短，需要即時做出判斷；針對較為靜態的生態觀察應用，則容忍時間則可較長。

若到達容忍時間時，群組管理者自身的負載能力函數值  $L$  仍低於門檻值標準( $L_t$ )，則群組管理者便主動啟用備援管理者，將管理群組的工作交給備援管理者，並由新產生的群組管理者選派新的備援管理者。

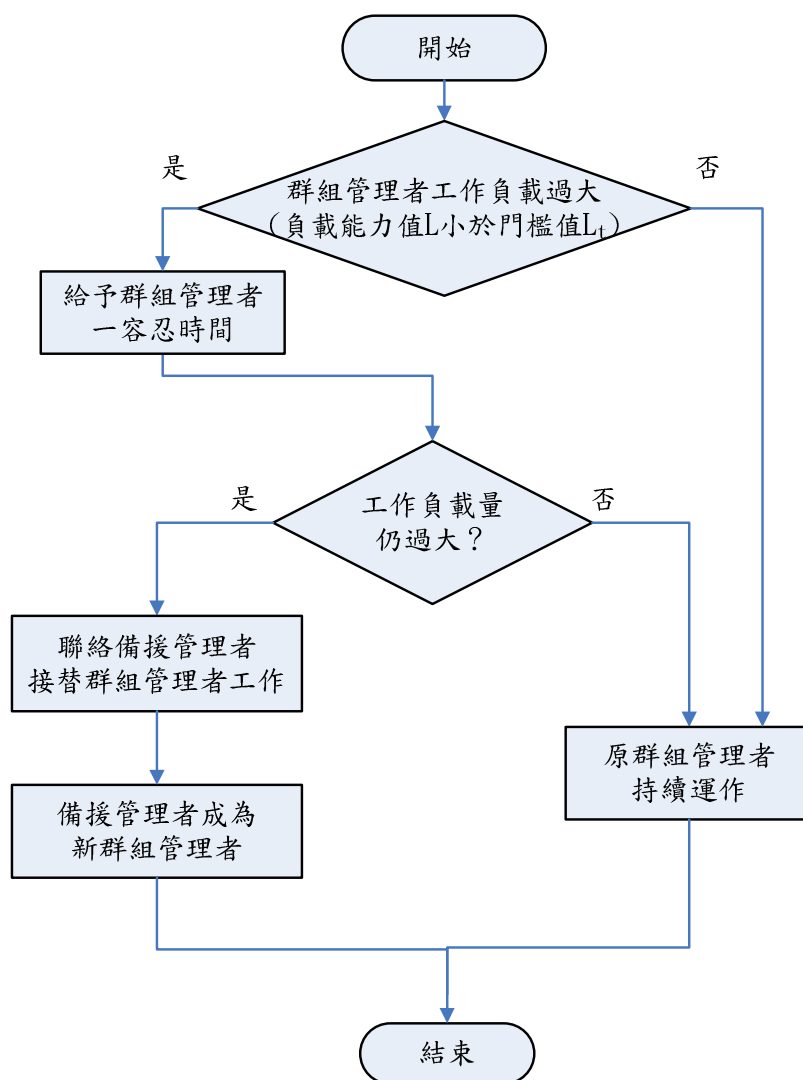


圖 6、群組管理者負載判斷流程

### 3.4.2 備援管理者負載判斷機制

當群組管理者因自身的負載過大，擬將管理的工作交由備援管理者負責，此時若備援管理者的負載已呈滿載，亦不適合擔任群組管理者。因此針對備援管理者亦需透過負載判斷機制，判斷是否適合擔任群組管理者，或原群組須解散重組，以期達到穩定之無線感測網路環境。

圖 7 所示為備援管理者負載判斷流程，若備援管理者的負載能力在容忍時間過後仍呈

現較低的情況，則表示該群組的負載可能過大。

因備援管理者此時仍屬一般感測節點，且是該群組感測節點中能力值較佳的。若備援管理者的負載已呈現過大，表示整體群組效能已不佳。因此，在群組管理者失效後，亦無較好的管理者可掌管運作。此時解散群組將可避免因負載過重的群組持續運作，導致整體網路效能降低。其中，容忍時間的設定，亦將依特定的應用而改變。

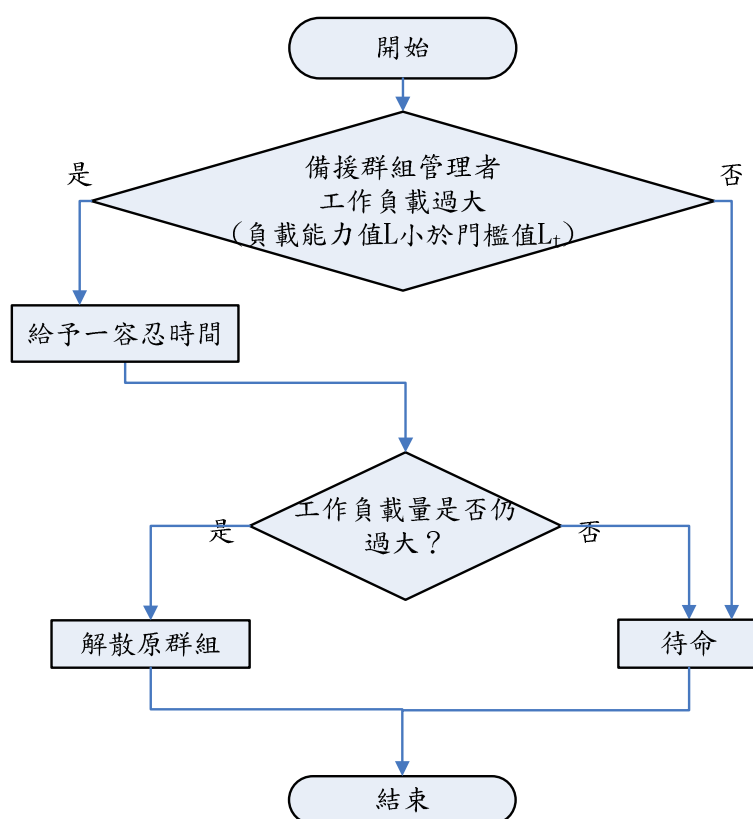


圖 7、備援管理者負載判斷流程

## 4. 結論與未來工作

過去有關無線感測網路的分群研究中[4,6,7,8,12]，鮮少考量當群組管理者失效時之因應之道。因此，在本研究在中，除了提出以能力值選派群組管理者，建立分群無線感測網

路環境外，亦提出備援管理者的機制來避免群組管理者在失效時產生網路拓撲的不穩定。

除此之外，本研究亦提出避免負載過重的機制。群組管理者與備援管理者能透過此機制自我查覺是否負載工作的能力過小，進而考量是否適任管理群組的工作，亦或是發現該群

組整體的效能已不彰，需要進行解散群組並進行重新分群。

因此，本研究所提出的方法，除了有效避免群組管理者在失效時的網路不穩定，也減少群組中負載不均而讓部分群組管理者負載過重的問題，進而提高網路的生存時間與效能。

在未來的研究中，擬以 Agent 機制將群組管理者的工作適度分派給目前閒置的感測節點，期能獲致負載更為平衡的無線感測網路。

## 參考文獻

- [1] 王淑卿，嚴國慶，董育萍，“無線感測網路中群組管理者選派及分群機制之建立，” **2007 電子商務與數位生活 (ECDL2007) 研討會**，實踐大學，March 17, 2007.
- [2] 王淑卿，嚴國慶，董育萍，“階層式無線感測網路中群組管理者選派及分群機制之建立，” **2007 國際學術研討會**，銘傳大學，March 23, 2007.
- [3] 林易瑤，蘇奕宇，黃秀芬，竇其仁，“無線感測網路中以覆蓋為考量的叢集排程機制，” **Workshop on Wireless, Ad Hoc, and Sensor Networks(WASN 2005)**，中央大學，August 1-2, 2005.
- [4] K. Akkaya and M. Youngish, “A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks,” **Ad Hoc Network**, Jan. 2004.
- [5] I. F. Akyildiz, S. Weilian, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “A Survey on Sensor Networks,” **IEEE Communications Magazine**, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114., 2002.
- [6] B. Shen, S.Y. Zhang, Y.P. Zhong, “Cluster-Based Routing Protocols for Wireless Sensor Networks,” **Journal of Software**, Vol.17, No.7, pp.1588-1600, July 2006.
- [7] W.B. Heinzelman, A.P. Chandrakasan and H. Balakrishnan, “An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks,” **IEEE Transactions on Wireless Communications**, Vol. 1, Issue 4, pp. 660-670, 2002.
- [8] G. Indranil, D. Riordan, S. Srinivas, “Cluster-head Election using Fuzzy Logic for Wireless Sensor Networks,” **Proceedings of the 3rd Annual Conference on Communication Networks and Services Research**, pp. 255-260, 2005.
- [9] S. Lindsey and C.S. Raghavenda, “PEGASIS: Power Efficient Gathering in Sensor Information Systems,” **Proceedings of the IEEE Aerospace Conference**, Big Sky, Montana, March 2002.
- [10] V. Mhatre, C. Rosenberg, D. Kofman, R. Mazumdar, and N. Shroff, “Design of Surveillance Sensor Grids with a Lifetime Constraint,” **The First European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN)**, Berlin, 2004.
- [11] L. Qing, Q.X. Zhu and M.W. Wang, “Design of a Distributed Energy-efficient Clustering Algorithm for Heterogeneous Wireless Sensor Networks,” **Computer Communications**, Vol. 29, Issue 12, pp. 2230-2237, August 4, 2006.
- [12] O. Younis and S. Fahmy, “HEED: A Hybrid, Energy-efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks,” **IEEE Transactions on Mobile Computing**, Vol.3, Issue 4, pp 660-669, 2004.
- [13] <http://www.cqinc.com.tw/grandsoft/cm/116/atr-1.htm>