

無線感測網路叢集頭評估機制節能最適化研究

陳榮靜

朝陽科技大學資訊科技研究所
暨資管系管理系教授
crching@cyut.edu.tw

簡志騰

朝陽科技大學
資訊管理系研究生
s9654602@cyut.edu.tw

摘要

本論文探討在無線感測網路的環境裡，如何在感測節點電量有限的情況下，將能源運用最佳化，減少無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSNs)能源的消耗，論文中提出具有省電機制的權重式叢集頭評估叢集法(Weight-Based Cluster Head Evaluate Clustering, WCHEC)，透過評估最佳叢集頭的方式，選舉出合適的叢集頭，平均每個感測區域的節點電量消耗。我們以 LEACH 的概念基礎，對於選舉叢集頭的部分進行改良，並加入權重的概念，利用不同評估項目所擁有的不同權重值加權運算後，排列出感測節點的優先等級順序，來評估出合適的叢集頭，我們的方法在收集每個感測區域資料時，能夠避免某一局部區域平均剩餘電量還很高，而某些區域的電量很低的情形發生。因此，在我們所要監測範圍裡，收集每個感測區域的資料，可以維持相當高度可用性，並且能夠提高無線感測網路的生命週期。

關鍵詞：無線感測網路、叢集頭評估、電量消耗、網路生命週期。

Abstract

In wireless sensor networks, how to reduce energy consumption and efficiently use energy is one of most important issues. In this paper, we propose a novel method, Weight-based Cluster Head Evaluation Clustering method (WCHEC) to save power consumes. Through the evaluation for optimal cluster heads, the regions are divided by the distribution of the energy loading evenly among the nodes in every sensor area. The traditional LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) method will be modified to selecting cluster heads. The system adds weight concepts and applies various assessment fields for different weight value measurements. The analysis is presented in

prioritized order for the evaluation process sensor nodes in selecting appropriate cluster heads. The method will gather data from every sensing area to avoid the average remainders powers high in a region but the remainders low in other areas. Thus we have to gather every sensing area's data to monitor different ranges. The method not only let the usability remain high but also increase the life cycle of wireless sensing networks.

Keywords: Wireless Sensor Networks、Cluster Head Evaluate、Energy Consumption、Network Lifetime.

1. 前言

微機電系統(Micro-Electro-Mechanical Systems, 簡稱 MEMS)[1]的技術發展，讓感測節點(Sensor Nodes)的設計上有著體積小、成本低、消耗功率低等特點，因為體積小所以在處理、運算和通訊頻寬上資源是有限的，但跟傳統的感測節點(Sensors)來比較，價格成本上低廉很多，感測節點體積小且價格成本低，能夠大量佈署來收集所在地區的環境資料，並且回傳到基地台(Base Station, BS)進而產生有用的資訊給管理者或使用者。由多個分散的無線感測節點所組成的這種網路架構稱為無線感測網路(Wireless Sensor Networks, 簡稱 WSNs)如圖 1。感測節點裡有四個基本的元件[2]，感測子系統(Sensing Subsystem)、處理子系統(Processing Subsystem)、通訊子系統(Communication Subsystem)、電力供應子系統(Power Supply Subsystem)，這些元件能夠讓感測範圍裡的感測節點，具有收集及處理感測資料、進行無線通訊的功能。在這些元件裡，通訊子系統是最耗電的元件，如果能夠來降低每個感測節點間通訊的成本就能夠達到省電，讓整體網路生命週期提高。

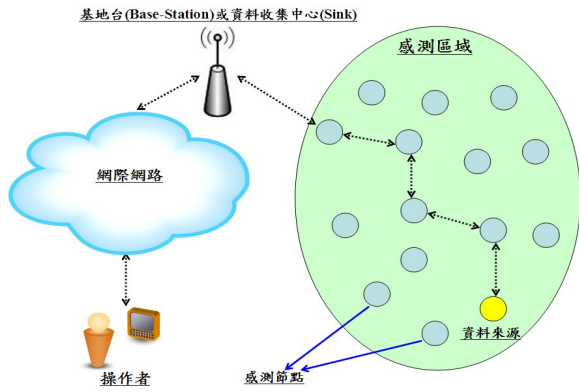


圖1. 無線感測網路架構示意圖

無線感測網路應用分為二大類分別為監控(Monitoring)和追蹤(Tracking)，無線感測網路大都應用在做環境數據上的監控，例如：溫度、濕度、光度、聲音、所在位置等，運用的範圍也很廣泛，如在醫療裡可以用來監控病人的生理狀況，並做出適當的處理和正確判斷，在軍事上感測節點體積小且成本低，佈署到戰場上時，可以用來做偵察追蹤敵軍的工作，能夠幫助做應變和決策，在居家環境和商業、農業裡也都有其相關發展的研究[3][4][5]。

感測節點的電力來源主要是依賴電池來運作，其次是從環境裡所取得的電力，如水力、風力、太陽光等等，這些都是可行的額外電力來源，也有其實際的應用[5][6]。在沒有外部電源支援下，電池沒有電該節點就失效。在一般險惡的地理環境中，有效節點的佈署屬不易，節點的能源耗盡時，便代表你失去了那個區域的監測數據，所以如何有效的來節約能源，在設計無線感測網路時是很重要的，因此我們在規劃無線感測網路時，就能夠導入最佳化的省電傳輸機制，讓每個節點能源消耗都能做有效率的運用，這對於整體的運作成本控制和網路生命週期增加是有幫助的，無線感測網路上探討每個節點資源使用最佳化，是許多無線感測網路研究者的研究目標[7][8]。

我們的研究裡著重在叢集式無線感測網路傳輸架構中，將 LEACH 進行改良，導入權重的觀念來評估叢集頭，讓叢集頭的分佈能夠較平均，對於偏遠區域的節點也能夠照顧到，且選舉出來的正式叢集頭，各別在所處的局部區域裡會是最佳的叢集頭。本研究裡的其他章節說明如下，第二章背景知識與相關研究的探討，說明現有的叢集式路由傳輸架構演算法，以及我們所採用的無線感測網路電量消耗模型，第三章研究方法和架構，說明我們所提出的叢集頭評估方法與演算流程，最後第四章為

結論和未來工作。

2. 背景知識與相關研究

2.1 LEACH

叢集式架構的路由協定裡，最具代表性的就是低能量適應性階層式叢集法 (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy, LEACH)[9][10][11]，LEACH 的這種網路路由架構，利用叢集來收集感測資料，各個感測節點不需要直接將資料回傳至基地台(Base-Station,BS)，可經由所處叢集群組的叢集頭(Cluster-Head,CH)，將所有收集到的叢集節點資料融合整理後再回傳到 BS，這樣感測節點可降低因資料遠距離的傳送所消耗的電量，且在這種架構下每個節點都有機會可以擔任 CH，藉此來平均擔任 CH 的電量消耗。

LEACH 在感測節點資料收集的方式上，是操作者發出訊息來收集感測範圍內的節點資料，當一次性的收集完成所有節點的資料稱為完成一個回合(round)，每個回合裡有二個階段，包括設定(Set-up)階段和穩定狀態(Steady-state)階段，而且是週期性的運作。其演算法流程圖如下圖 2。

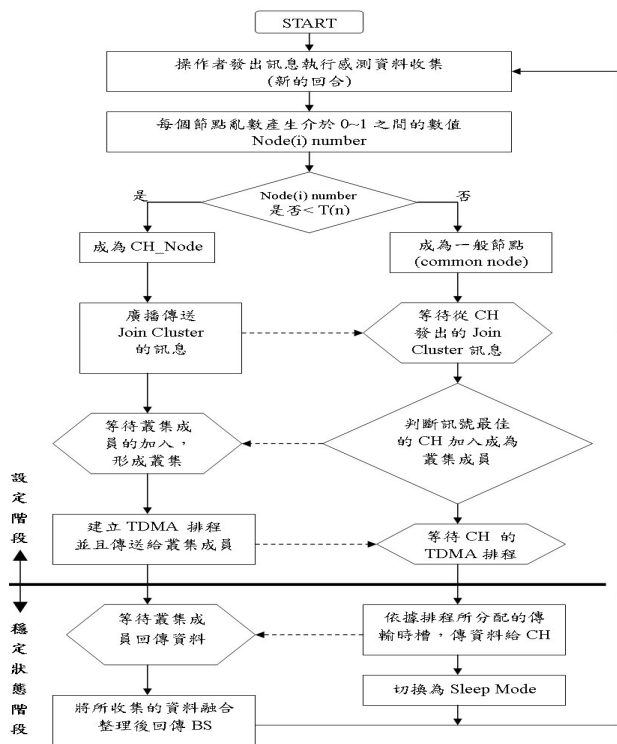


圖 2. LEACH 演算流程圖

2.1.1. 設定階段

此階段決定叢集頭和形成叢集群組，操作者發出訊息來收集感測資料時，對所有節點下達自行產生 0~1 之間的隨機亂數，只要該隨機亂數小於門檻值 $T(n)$ ，則該節點就擔任該回合的叢集頭， $T(n)$ 的運算方程式如下：

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p[r \bmod (\frac{1}{p})]} & , \text{if } n \in G \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$T(n)$ 是成為 CH 的門檻值(Threshold)，此門檻值會隨著回合數增加，因此沒有擔任過 CH 的節點，於次回合成為 CH 的機率就會相對提高， n 是沒被選為 CH 的節點(節點編號)， r 是表示目前為第幾個回合數， G 是在最近 r 回合內沒有擔任過 CH 的節點集合。 P 為希望所有感測節點中選出擔任 CH 的個數機率，假設全部節點有 100 個，如希望有 5 個 CH 那麼 p 就設為 0.05，但在每個回合裡產生的 CH 個數不一定就會跟我們所設定的個數機率一樣，有可能在當回合會沒有 CH。

感測範圍內的叢集頭都選出來後，接下來每個 CH 會廣播訊息宣告自己是當回合的 CH，訊息裡頭包含了 CH 的識別碼(ID)，其餘節點收到後，會選擇距離最近且訊號最好的 CH，並且同樣會發出加入叢集訊息(訊息包含節點 ID 與要加入的 CH 的 ID)成為該 CH 的叢集成員，CH 並且建立分時多重存取(Time Division Multiple Access, TDMA)的傳輸排程，並將 TDMA 排程分配給其叢集成員，每個成員只會在屬於自己的時間中去傳送，這方法可避免封包碰撞所造成的多餘電量消耗。在當回合被選為 CH 的節點於次回合就不會再被選上，直到所有的節點都擔任過 CH，才會再有機會被選上。每個 TDMA 訊框分為二個階段控制階段(Control Phase)與資料階段(Data Phase)，控制階段包含時間同步[12]、電量管理、時槽保留等，資料階段是感測節點依每個分配的時槽來傳送資料，訊框架構如下圖 3。

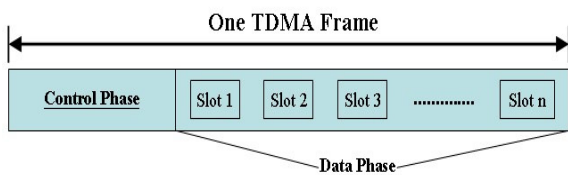


圖 3. TDMA 訊框架構圖

2.1.2. 穩定狀態階段

叢集成員節點依據所分配到的傳輸時間槽，上傳資料給 CH，如表 1，其餘在不需傳送的時間裡，則是進入休眠模式(Sleep Mode)，來節省電量消耗。CH 收集完所有叢集成員的資料後，進行資料融合(Data Aggregation) [10][11][13]再回傳至基地台，即完成一個回合資料收集工作，如圖 4。LEACH 的叢集架構圖。擔任 CH 的節點，電量的消耗會比一般節點的消耗要多，當基地台收到所有 CH 的回傳後便完成一個回合，每回合結束後，在新的回合開始時皆會再重新改選 CH，這動作可讓每個節點都有機會可以擔任 CH，可較能平均整體感測節點的電量消耗，但無法平衡每個區域的電量消耗，我們的方式也會針對這部分來進行改良。

表 1. 每個回合裡叢集成員所分配到的傳輸時間槽

設定階段	穩定狀態階段				
叢集 1	slot1	slot2	slot3	slot n
叢集 2					
叢集 3					
.....	每個叢集成員的 Time Slot				
叢集 n					

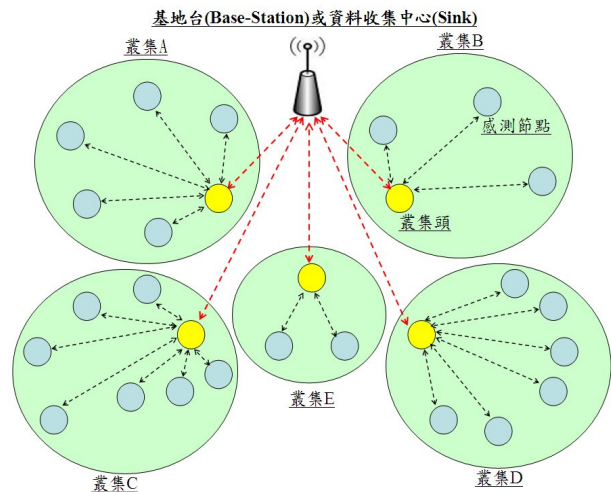


圖 4. LEACH 叢集架構圖

LEACH 可平均整體感測節點的電量消耗，但 CH 的選擇是以亂數的方式來產生，往往會選到不適合的節點來擔任叢集頭，如圖 5 所示的三種情況，因此如何來評估出合適的 CH，是我們研究最主要的目的。

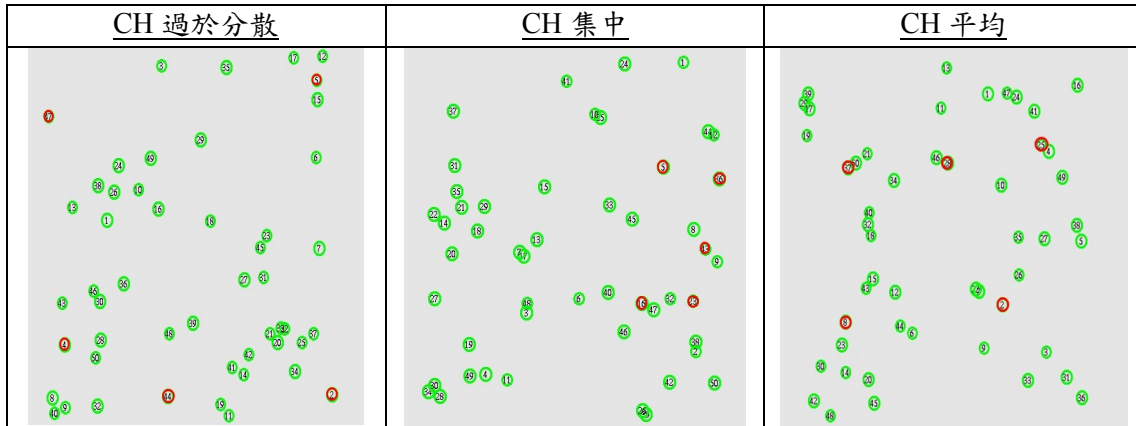


圖 5. LEACH 從 50 個感測節點中，隨機選取 5 個 CH 的三種情況，紅圈處的節點為 CH。

2.2 無線感測網路電量消耗模型

無線感測網路的研究裡[9][14]，感測節點最常使用到的無線電模組為一階無線電模型。來源節點與目的節點，這二個感測節點之間，相互傳輸資料的電量消耗，說明如下圖 6。

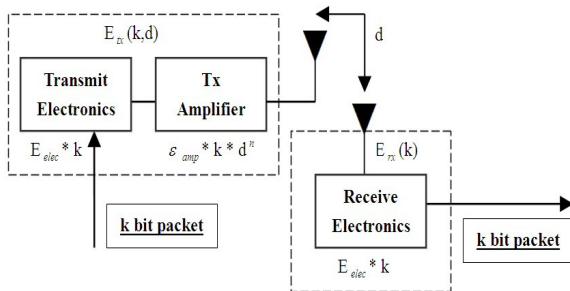


圖 6. 一階無線電電量消耗模型

無線電傳送和接收的能源消耗方程式如下：

傳送單元能量消耗：

$$E_{tx}(k,d) = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^2 \quad (2)$$

$$E_{tx}(k,d) = E_{Tx_elec} * k + E_{Tx_amp}(k,d) \quad (3)$$

接收單元能量消耗：

$$E_{rx}(k) = E_{elec} * k \quad (4)$$

$$E_{rx}(k) = E_{Rx_elec} * k \quad (5)$$

在上面的方程式裡，k 表傳送多少 bit 的資料，d 為要傳送至另一個感測器的距離(公尺)，能源消耗跟節點與節點間的傳送距離有

正相關性， $E_{tx}(k,d)$ 是傳送資料時所要消耗的電量， $E_{rx}(k)$ 是接收資料時所要消耗的電量， E_{elec} 是傳送和接收時，每單一位元的電量消耗，而 ϵ_{amp} 則是傳送時放大每單一傳送位元的電量消耗。

3. 研究方法和架構

無線感測節點間的通訊會比在做運算時更消耗能源，並且節點的狀態在傳送、接收時能源消耗是相同的[2]，所以感測範圍中節點分佈與 CH 選擇是有相關連性的，CH 位在節點密集或節點分散的地區皆各有其優缺點，在節點密集的地區一般節點與 CH 間的距離短，在做收集資料的通訊傳送時較不耗電，但 CH 容易變成該局部區域的熱點，CH 電量的消耗就會隨著叢集成員的數量呈倍數成長，相同的如果是在偏遠且分散的地區，CH 跟 BS 間的距離遠，就必須要耗費更多的電量才能將資料回傳，且跟一般節點間的距離較長，當一般節點要傳輸資料給 CH，所耗費電量也較大，因此如何衡量要由那些節點來擔任 CH，是我們要來解決的問題。

本研究以 LEACH 叢集式路由協定架構為基礎，加入權重的概念，提出一個新的路由傳輸演算法稱為權重式叢集頭評估叢集法 (Weight Based Cluster Head Evaluate Clustering, WCHEC)，WCHEC 是將 LEACH 做改良並在叢集頭的選取上，較能夠選舉出適合的叢集頭，叢集頭分佈也較平均，進而能夠讓感測網路生命週期延長的一個新方法，本研究假設是週期性(periodic)的將各節點的感測資料匯集到 CH，再由 CH 融合整理[11][14]

後，回傳至 BS 稱為完成一回合(round)，用實驗來分析比較我們的方法與現行的方法之間可執行的回合數，用回合數來證明我們的方法比現有的方法，更能降低感測節點能源的消耗。我們的研究裡著重在正式 CH 的選舉方式，無論是距離 BS 近且密集的感測區域或偏遠且分散的感測區域，在這二種區域上來產生正式 CH 的機會是均等的，藉此來平均各個感測區域資料收集的節點可用性。

在叢集頭評估過程裡，我們制定了一些比較的標準，可用以評估叢集頭適用性的優先順序：

3.1 定義評估參數項目

首先定義在做權重計算時會用到的評估項目：

3.1.1. CH 電量權重門檻值(Threshold) $T(E_t)$ ：

設立此門檻值是用來避免在每一回合要重新改選 CH，所造成重新形成叢集的額外能源消耗成本，門檻值的制定是所有感測節點剩餘電量平均值，產生的方式為：

$$T(E_t) = \left(\sum_{i=1}^n E_i \right) / n \quad (6)$$

n 為所有感測節點的個數， E_i 為第 i 個節點的剩餘電量，利用此門檻值來產生候選 CH(SCH)，採用平均值的方式，可以讓所有感測節點，只要剩餘的電量大於 $T(E_t)$ 的節點，皆有機會能夠成為正式 CH，這方式可讓我們要選舉正式 CH 時，可較容易選舉到，位於感測範圍內較中間區域的節點來成為 CH，相對而言較能平衡每個區域的感測節點電量消耗，[15]研究指出無線網路的拓撲改變太快速，會造成拓撲狀態資訊大量增加，為了降低過多拓撲變動資訊，來設立擔任 CH 電量的門檻值，可有效降低多餘的電量消耗，利用總體感測節點剩餘電量平均值的概念來設立門檻值，可來解決 LEACH 每回合都需改選 CH 的缺點，而在每回合感測節點資料回傳到 BS 時，也會包含剩餘電量的資料。我們的方法是只要高於全部剩餘電量的平均值就一定產生 CH，除非整體剩餘電量平均值無法讓 CH 能夠正常將資料回傳 BS。

3.1.2. 候選 CH 所在地一階鄰點數量 $S_n(L)$ ：

每個候選 CH，各自發出 Hello 的封包給所在地其他鄰近節點，用以統計所在地 $hop_count=1$ 的一階鄰點數量，鄰點數多的候選 CH，表處於局部區域面積相較於其他候選節點，有著比較位於中心和節點較密集的位置，並且在執行收集節點資料並傳輸給 BS 的回合數裡，會較其他候選節點還多，在成為正式 CH 的挑選順序上優先等級就高，若一階鄰點數量少的候選 CH，表處於局部區域面積相較於其他候選節點所處的地區，節點間會比較分散，較不利於擔任正式 CH。

3.1.3. 候選 CH 所在地一階鄰點平均回應時間值 $T(R_t)$ ：

每個候選 CH，各自發出 Hello 的封包給所在地其他鄰近節點用以統計 $hop_count=1$ 的節點回應的平均時間，回應時間短則表處於節點較密集的區域，反之，回應時間長則是處於節點較分散的區域，且二者間的距離較遠，節點電量的消耗，相對於節點密度高的地區，單一節點電量消耗會較高， $T(R_t)$ 的產生方式如下：

$$T(R_t) = \left(\sum_{i=1}^{S_n} R_i \right) / S_n \quad (7)$$

R 為一階節點回應時間， S_n 為候選 CH 一階鄰點的個數。

3.1.4. 候選 CH 跟 BS 間的距離

BS 在做第一次廣播，各節點回傳資料時，BS 可得知各個候選 CH 與它之間的訊號大小，用訊號的大小來推論各節點與它的距離。距離 BS 遠，在利用無線電傳輸資料時，就需要放大更高的功率，所以在電量消耗的成本就會呈正比例提高，在我們的研究裡，為求照顧到偏遠地區的節點，在距離近或距離遠的候選 CH 裡，評估正式 CH 的優先順序上並不列入考慮，只有在二個候選 CH 間，所取得的加權權重值相同的情況下，才利用候選 CH 跟 BS 間的距離來做為衡量順序的標準。

3.2 叢集頭的評估方法

我們挑選 CH 的方法裡，導入權重的概念，在 CH 挑選上所需要考慮的評估項目裡，依重要性和影響程度，進行優先等級的排序，並給予不同的專家經驗權重值(設定 1-4 的權重值)。由於我們的研究著重在 CH 的選擇上，為了要平均 CH 的分佈，剩餘電量的平均值是最重要的，其次是一階節點數量，最後才是回應時間，見圖 7。

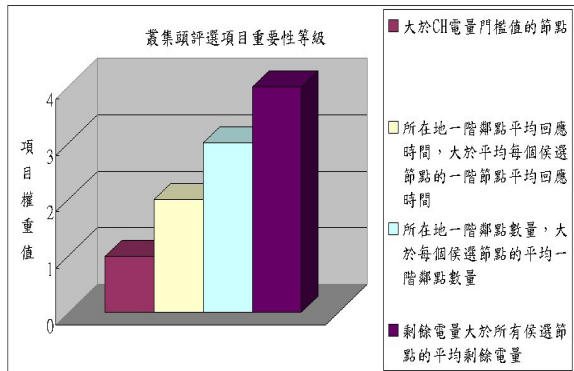


圖 7. 叢集頭評估項目重要性等級和權重值。

叢集頭的評估步驟如下：

- (1) 將高於 CH 電量門檻值的一般節點(CN)為候選 CH(SCH)。

$$CN(E_i) > [T(Et) = (\sum_{i=1}^n E_i) / n] \quad (8)$$

- (2) 每個成為候選節點的節點，初始權重均設定為 1。
- (3) 候選節點所在地一階鄰點平均回應時間，大於平均每個候選節點的一階節點平均回應時間，則可取得權重為 2 的值。平均回應時間長，表示所處區域為較分散，且候選節點與一般節點間的距離遠，為求照顧到偏遠節點，因此也讓該候選節點取得權重。

$$T(Rt)_i > [(\sum_{i=1}^{scn} T(Rt)_i) / scn] \quad (9)$$

其中 scn 為候選節點的數量。

- (4) 候選節點所在地一階鄰點數量，大於每個候選節點平均一階鄰點數量，則該候選節點可取得權重 3 的值。因一階鄰點數目較

多，表該候選節點相對於其他候選節點較適合成為 CH，目的是要能夠在節點密度較高的地區，能夠產生較多的正式 CH，來平衡正式 CH 的負載。

$$SCN_i(L) > [(\sum_{i=1}^{scn} SN_i(L) / scn)] \quad (10)$$

其中 L 為候選節點所在地一階鄰點數量。

- (5) 候選節點剩餘電量大於所有候選節點的平均剩餘電量則可取得權重為 4 的值。

$$SCH(E_i) > [(\sum_{i=1}^{scn} E_i) / scn] \quad (11)$$

- (6) 成為正式 CH 的優先等級順序為候選節點中所擁有加權權重大小，擁有的加權權重大就有較高的優先權，反之就屬較低優先權，如二個候選節點的權重皆相同時，則先比較彼此間的剩餘電量，用剩餘電量來判斷何者的優先權較高。
- (7) 若還是相同，則用候選節點與 BS 間的距離長度來判斷，距離近優先權高，較遠的優先權低。
- (8) 將所有權重參數值加總起來，產出一個正式 CH 挑選值，加權權重值愈高的候選 CH，愈適合被選取來擔任我們研究裡的 CH。
- (9) 利用所產生的優先等級順序，依我們要求的正式 CH 數量來做選擇。

假設感測環境中，高於正式 CH 電量門檻值的節點有 10 個(候選節點)，用 A~J 來表示這 10 個 SCH，用圖 8 的節點範例來說明評估項目中的權重值與優先等級順序，表 2 為各候選節點模擬參數值，表 3 為權重項目值和叢集頭評估分析表，用這二個表來表示我們評估叢集頭的方式。

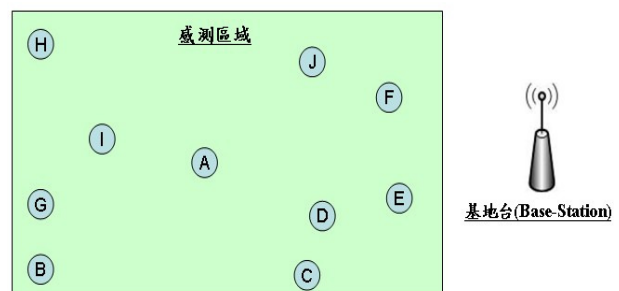


圖 8. 叢集頭評估範例圖

依照先前所定義的評估項目權重值(w=1~4)去進行加權和排序，得到如下表 2. 的結果：

表 2. 各候選節點參數值

項目 \ S-CH	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
一階鄰點平均回應時間(ms)	2.7	3.6	3.3	2.7	2.2	3.5	3	4	2.6	3	3.06
一階鄰點數量	9	5	6	7	5	6	6	5	6	6	6.1
節點剩餘電量(J)	0.35	0.2	0.38	0.4	0.5	0.45	0.25	0.2	0.3	0.4	0.34
訊號強度	0.6	0.3	0.8	0.85	0.95	0.9	0.4	0.32	0.5	0.8	0.64

表 3. 權重項目值權重項目值和叢集頭評估分析表

權重項目 \ S-CH	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
初始權重值	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
所在地一階鄰點平均回應時間，大於平均每個候選節點的一階節點平均回應時間	0	2	2	0	0	2	0	2	0	0
所在地一階鄰點數量，大於每個候選節點的平均一階鄰點數量	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
剩餘電量大於所有候選節點的平均剩餘電量	4	0	4	4	4	4	0	0	0	4
所有權重值加總	8	3	7	8	5	7	1	3	1	5
正式 CH 挑選優先順序	2	8	4	1	5	3	10	7	9	6

在上表 3 中 SCH(A),SCH(D)因加權權重值相同，根據先前定義的判別原則，用 SCH 的剩餘電量大小來定出正式 CH 挑選優先順序，而 SCH(B),SCH(H)加權權重值相同，節點剩餘電量也相同，那麼就再比較跟 BS 間的距離(訊號強度)。優先順序定好後，即可按照我們想要的 CH 數量來挑選，如果要挑選 2 個 CH，那麼就選優先順序為 1~2 的節點(SCH(A),SCH(D))做為該回合的正式 CH。

3.3 演算法流程

本研究參考LEACH叢集式路由傳輸架構方法，在資料收集上分為幾個回合，在每回合裡頭分了四個運作階段。其演算法流程圖如圖9。

- 階段一：設定階段。
- 階段二：評估階段。
- 階段三：叢集建立階段。
- 階段四：轉傳階段。

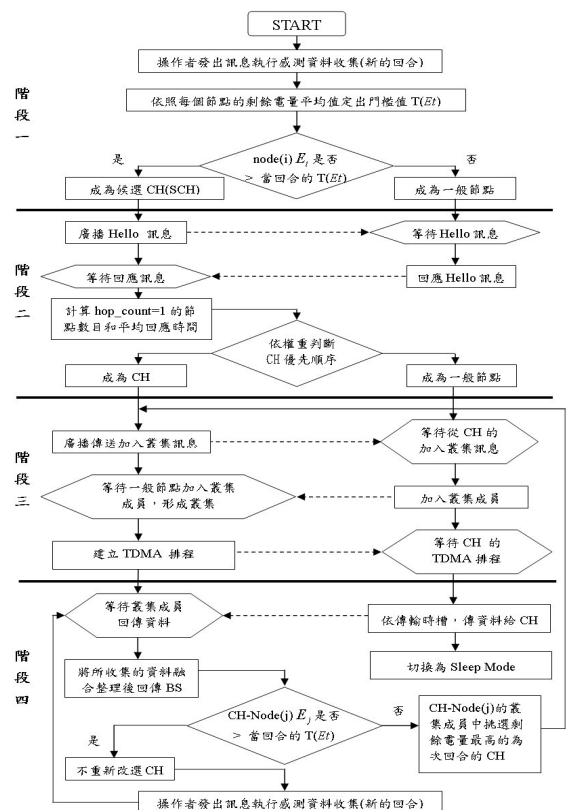


圖 9. WCEC 演算法流程圖

階段一至階段二，只有在初始第一個回合才執行，這二個階段目的只在評估出合適的叢集頭，並且利用叢集頭來產生叢集成員，叢集形成後，除非叢集裡的叢集頭剩餘電量低於擔任正式 CH 的電量門檻值，才會從叢集成員裡選出剩餘電量最高的節點擔任次回合的叢集頭，在其他的回合裡只會一直執行階段三和階段四的工作。

3.3.1 設定階段

- (1) 此階段只有在初始的第一個回合才運作。
- (2) BS 利用 flooding 的方式送出查詢訊息，訊息裡頭包含了查詢節點剩餘電量的訊息，每個感測節點收到後會回傳資料，BS 收到後進行運算工作。
- (3) BS 將各個節點回傳的剩餘電量，運算後產出 CH 電量的門檻值 $T(Et)$ 。
- (4) 剩餘電量高於 $T(Et)$ 的節點，就成為候選節點。

3.3.2 評估階段

每個候選節點各自送出 Hello 廣播訊息，來統計所處區域所有的一階鄰點(hop_count=1)的平均回應時間值和節點數量。

- (1) 依每個候選 CH 至所在地所有一階節點，平均回應時間值和節點數量，進行挑選為正式 CH 的優先等級位階排序。
- (2) 按照 CH 的優先等級位階順序，依所訂立的正式 CH 數量做選擇，如要選擇 5 個 CH，那麼就取優先等級位階順序較高的前五個做為 CH。

3.3.3 叢集建立階段

- (1) 所有正式 CH 發出 Hello Join Cluster 的訊息，距離正式 CH 愈近的鄰近節點，會愈快收到訊息，一般節點則選擇訊號最好、距離最近的 CH 來加入叢集，形成叢集。
- (2) 形成叢集後就不再變動，直到該回合的 CH 剩餘電量已低於該回合所產生的 $T(Et)$ 。
- (3) 如該回合的 CH 剩餘電量已低於該回合所產生的 $T(Et)$ ，則從叢集成員裡選出剩餘電量最高的節點做為次回合的正式 CH。

3.3.4 轉傳階段

- (1) 正式 CH 發佈 TDMA (Time-Division Multiple Access) 的排程機制給叢集集合裡每個成員。
- (2) 每個節點依據分配到的時間槽裡才去傳送資料，傳送的資料把包含剩餘電量，其餘時間都會進入休眠(Sleep)的模式，這動作可以避免封包傳送時的碰撞，並且能夠來節省電量耗損。
- (3) 當全部節點的資料都上傳到 CH，進行融合整理[10][13]後，CH 再連同本身的資料上傳到 BS 去。
- (4) 當 BS 收到資料後，就結束了一個回合，並啟動新回合來收集資料。
- (5) 新回合開始前先判斷所有正式 CH 的剩餘電量是否有低於 $T(Et)$ 的情況，如果有則從各自的叢集集合裡選出剩餘電量最高的節點，來擔任該回合的正式 CH，如果沒有則依然延用前回合的 CH 節點。

4. 結論與未來工作

本研究考量感測節點剩餘電量、候選節點所在地一階相鄰節點的數目、與一階相鄰節點的回應時間等評估權重參數，用以評估在感測範圍內的最佳叢集頭，這種方式在隨機佈署感測節點時，不論感測節點如何分佈，在叢集頭的選取會較位於感測範圍的中間，不會讓叢集頭過度集中於某些區域，造成感測節點能量消耗過度不均的情況發生。初始時叢集頭數目選取出來後，每個叢集頭建立自己的叢集集合，當叢集集合建立後，往後的每個回合叢集集合成員不再異動，只有在該叢集集合的叢集頭剩餘電量不足以擔任次回合的正式叢集頭時，才會從所處的叢集集合中，選取剩餘電量最高的叢集成員節點，做為次回合時該叢集集合的正式叢集頭，這種方式可讓無線感測網路的網路拓撲相對會較穩定，網路拓撲資訊異動較少可較省電，也因為設立擔任正式叢集頭的電量門檻值，只要當回合的叢集頭剩餘電量高於此門檻值，就不重新選舉叢集頭，這方式也會達到省電的效用。

我們所提出的方法在未來的工作裡，會利用 NS2 網路模擬軟體來進行驗證和建立模擬實驗環境，在我們的實驗裡，感測節點是採用隨機且均勻的方式來佈署，每個感測節點不具有移動性，所佈署的節點數量和位置、作業模

擬環境皆相同的情況下，根據我們所設定的模擬參數，與其他無線網路傳輸架構，比較個別所能執行節點資料收集的回合數和節點存活數，藉以判別其能源消耗的情形，用來驗證我們所提出的方法(WCHEC)能夠比其他的路由傳輸架構較能夠延長網路的生命週期。

參考文獻

- [1] Jennifer, Y., Biswanath, M., Dipak, G., "Wireless sensor network survey," *Computer Networks*, vol. 52, Issue 12, pp. 2292-2330, 2008.
- [2] Giuseppe, A., Marco, C., Mario, D. F., Andrea, P., "Energy conservation in wireless sensor networks: A survey," *Ad Hoc Networks*, Vol. 7, Issue 3, pp. 537-568, 2008.
- [3] Song, G., Wei, Z., Zhang, W. Song, A., "A Hybrid Sensor Network System for Home Monitoring Applications," *Transactions on Consumer Electronics*, vol. 53, Issue 4, pp. 1724-1730, 2007.
- [4] Jin, M. H., Yu, C. H., Lai, H. R. and Feng, M. W., "Zigbee Positioning System for Smart Home Application" *ISPA 2007 Workshops*, LNCS 4743, pp. 183-192, 2007.
- [5] Raul, M., Miguel, A. F., Samuel G. M., Carlos, S., Ferreira, P. J. S. G., Reis, M. J. C. S., "A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture, viticulture," *Computer and Electronics in Agriculture*, Vol. 62, Issue 2, pp. 94-106, 2008.
- [6] Norman, B.C., "Power options for wireless sensor networks," *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol. 22, Issue 4, pp. 14-17, 2007.
- [7] Jurdak, R., Baldi, P., Lopes, C.V., "Adaptive Low Power Listening for Wireless Sensor Networks," *Mobile Computing*, vol. 6, pp. 988-1004, 2007.
- [8] Prasan, K. S., Jang, P. S., Kun, Y. H., "Power control based topology construction for the distributed wireless sensor networks," *Computer Communications*, vol. 30, Issue 14-15, pp. 2774-2785, 2007.
- [9] Pantazis, N.A., Vergados, D.D., "A survey on power control issues in wireless sensor networks," *Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 9, Issue 4, pp. 86-107, 2007.
- [10] Fasolo, E., Rossi, M., Widmer, J., Zorzi, M., "In-network aggregation techniques for wireless sensor networks: a survey," *Wireless Communications*, Vol. 14, Issue 2, pp. 70-87, 2007.
- [11] Akyildiz, I.F., Weilian Su, Cayirci, E., Sankarasubramaniam, Y., "A Survey on Sensor Networks," *Communications Magazine*, Vol. 40, Issue 8, pp. 102-114, 2002.
- [12] Sivrikaya, F., Yener, B., "Time synchronization in sensor networks: a survey," *IEEE Network*, Vol. 18, Issue 4, pp. 45-50, 2004.
- [13] Muruganathan, S. D., Ma, D. C. F., Bhasin, R. I., Fapojuwo, A. O., "A centralized energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 43, Issue 3, pp. S8-13, 2005.
- [14] Zhao, C., Perillo, M., Heinzelman, W.B., "General Network Lifetime and Cost Models for Evaluating Sensor Network Deployment Strategies," *Transactions ON Mobile Computing*, Vol. 7, Issue 4, pp. 484-497, 2008.
- [15] Lei, C., Heinzelman W. B., "A Survey of Routing Protocols that Support QoS in Mobile Ad Hoc Networks," *Networks*, Vol. 21, Issue 6, pp. 30-38, 2007.