

使用訊號強度群組化方法延長 WSN 生存期

周承緯

朝陽科技大學

資訊與通訊系

碩士班研究生

s10030604@cyut.edu.tw

廖俊鑑*

朝陽科技大學

資訊與通訊系

副教授

jjliaw@cyut.edu.tw

摘要

無線感測網路的感測節點具有體積小、容易部署與具有通訊能力等特點，但也因為體積小的特點，節點所攜帶能量有限。為了延長感測網路的生存期，減少能量消耗是重要研究主題。實作上，節點在實際運作時無法確定 Sink 端與節點之間的距離，而無法達到良好的傳輸能量控制。本研究考量節點訊號強度與節點剩餘能量，改良了先前研究所提出的群組化方法。經由模擬結果，可以看出，本研究提出的改良群組化方法能使節點在實際部署時比起未使用群組化的叢集方法存活久，而延長感測網路的生存期。

關鍵詞：無線感測網路、叢集式架構、節能。

Abstract

A WSN consists of a large number of sensor nodes, which have small volume, low-cost, limited computation and limited power capacity. It is important to develop the protocols for reducing energy consumption because the sensor nodes are constrained by limited energy. In this paper, we propose an improved grouping protocol which considers the distance between the sensor node and the sink node to generate the groups. The proposed method is simulated with previous works to show the performances.

Keywords: Wireless Sensor Network, cluster-based method, Energy Efficient.

1. 前言

無線感測網路 (WSN, Wireless Sensor Network) 是由許多的感測節點 (sensor nodes) 所組成。感測節點具有體積小、容易部署以及具有通訊能力等特性。利用感測節點的特性，WSN 可以用來監控目前環境中的狀況。例如：

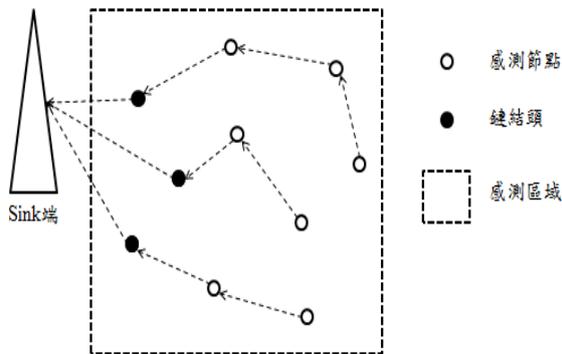
溫度及濕度監控、道路安全掌握、居家照護及一氧化碳洩漏警報等[1]。然而，在實際無線感測網路的應用中，感測節點因為具有體積小的特性，所能攜帶的能量並有限。再加上節點在部署之後，很少有機會能更換電池或是進行充電的工作。因此，為了延長整個感測網路的生存期，設計好的傳送機制，以減少節點傳送的能量消耗，成了 WSN 相關研究首要克服的主題[9]。

感測網路運作時，除了 Sink 之外，能量主要消耗在感測節點上。降低節點能量消耗的方法主要可以分為兩個部份：其中之一是將感測節點所攜帶的電池效能加強，包括增加電池容量或是供電效率等；另一種方式就是讓感測節點使用更有效率的路由 (routing) 技術，讓感測資料在網路的傳輸更有效率，進而降低能量消耗[2-3][5-9]。本論文的研究主題即是改良無線感測網路的路由方式，以達到減少能量損耗的目的。

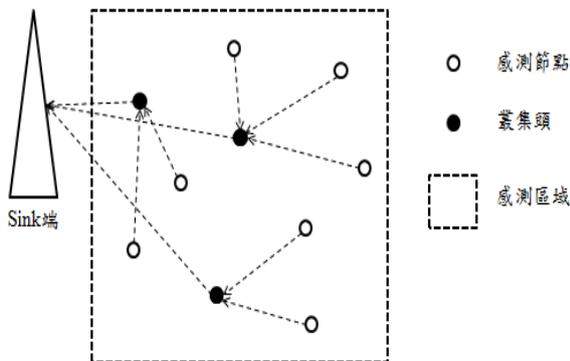
感測網路中的路由技術主要分為兩種。其中一種技術稱為鏈結式[2]。鏈結式的方法是將感測網路中的節點連接成鏈狀的結構，每一條鏈由一個節點擔任鏈結頭。當資料在傳輸時，資料會沿著鏈狀結構以多跳傳輸的方式傳輸至鏈結頭，鏈結頭再將資料傳送至 Sink 端 (如圖一所示)。另一種技術稱為叢集式[3]。叢集式方法是將感測區域中的節點分為若干個叢集，叢集內的節點會將資料傳輸至叢集頭，再由叢集頭將所有資料融合後，再一起把資料傳輸至 Sink 端 (如圖二所示)。

從過去研究中可以知道，鏈結式無線感測網路架構的缺點為多跳傳輸，這將導致網路延遲[10]。除此之外，在執行鏈狀式架構傳輸時，資料在每經過一次節點傳送時，就需要資料整合一次，再轉傳給下一個感測節點。也就是說，下一個節點必須融合上一個節點的資料，再一起傳輸到下一個節點。如此會導致越接近 Sink 端的感測節點所傳送的資料量越大，也使得傳送時也會消耗越多的能量 (傳送的能量與

傳送的資料量有關)。因此本文中所提出的方法是將使用單跳傳輸的叢集式感測網路架構進行改良。



圖一、鏈結式架構感測網路示意圖

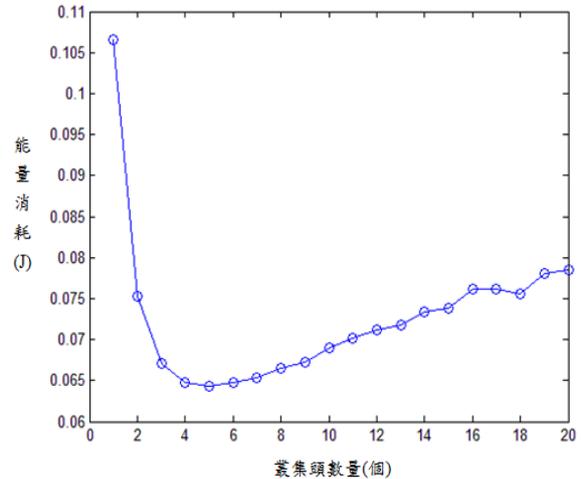


圖二、叢集式架構感測網路示意圖

依據過去研究，可以知道在叢集式感測網路架構中的方法是以 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 最具代表性 [4]。LEACH 運作方式，在感測網路中，所有感測節點依照期望的機率，隨機成為叢集頭。但是，以隨機選取的缺點，使得產生的叢集頭數量，並不一定最佳運作的叢集頭數量。如果是產生數量過多的叢集頭，則會使得能量消耗過多 (尤其是資料合併後的傳輸)。

叢集頭的數量會影響能量的消耗，過去的研究也得到， 100×100 公尺的矩形感測區域內，隨機佈署 100 個節點時，最佳的叢集數量為 5 個 [3, 11]。本研究也以模擬驗證。我們在 100×100 公尺的矩形感測區域內，隨機佈署 100 個感測節點。每個節點初始能量為 0.5 焦耳 (J)，每次傳送的資料封包為 4000bits、控制封包設為 100bits。我們以 LEACH 的方式模擬，記錄不同叢集數量時，平均每回合節點所消耗的總能量如圖三所示。由圖三可以看出，當叢集頭數量等於 5 時，所能量消耗最少。不論是叢集頭數量大於或小於 5 時，其能量消耗

都比較多。除此之外，在執行 LEACH 技術時，並沒有考慮到節點的剩餘能量。在這樣的情況下，會使得剩餘能量較低的感測節點當選叢集頭時，必須消耗能量，造成這些感測節點提早死亡。



圖三、叢集頭數量與能量消耗關係圖

考量節點剩餘的能量，可以進一步的改善 LEACH 的能量消耗，DEEC (Distributed Energy-Efficient Clustering) 就是一個代表 [5]。DEEC 是以 LEACH 為基礎作改良，考量每個節點在每一回合結束後的剩餘能量，做為選取下一回合叢集頭的考量。執行是讓剩餘能量較高的感測節點具有較高的機率成為叢集頭。無論如何，DEEC 的技術也是使用機率的方式來產生叢集頭，這樣仍然無法保證每回合產生的叢集數量會與所期望的最佳叢集頭數量相等。不論產生多餘的叢集頭或是產生較少的叢集頭，以能量消耗的角度來看，都不是最好的。

過去我們曾經提出的群組化方法，稱為 SGCH (Steady Group Clustering Hierarchy) [6]。在產生叢集之前，先將所有的節點依所在區域分群。每一回合由群中的最高能量節點再去形成叢集。如此一來，當群組的數量等於最佳的叢集數量時，每一回合的叢集頭產生的數量會等於我們所期待的數量。除此之外，過去的研究同時考量感測節點剩餘能量，進而能延長感測網路的生存期，使叢集化架構的感測網路效能獲得改善，也以模擬的方式驗證了節效能 [7, 8]。

實作上，我們先前研究所提出的方法並未考慮到節點實際部署的問題。也就是說，實務上我們並不知道感測節點與 Sink 之間的實際距離，使得在實作在形成群組時，並不能正確完成群組化的作業。本論文，即是以 SGCH 為

基礎，利用節點回傳的訊號強度，將節點做大約的區域分類，進而組織群組。我們初步以模擬的方式驗證此方法與 LEACH 及 DEEC 的效能比較。

2. 群組化方法

感測節點於感測區域內隨機部署，當部署完成之後，我們將感測節點劃分為數個群組。群組數量等於我們所期望的叢集頭數量，接著選取各個群組中剩餘能量最高的節點作為叢集頭。如此一來，選出的叢集頭數量將等於我們所期望的數量，當叢集頭選出後，再由叢集頭發送廣播訊息給節點，當節點收到叢集頭所發出的訊息時，節點將發送加入訊息給收到訊號強度最大的叢集頭要求加入叢集，最後，叢集頭將收集叢集內節點發送的資料，再將資料發送給 Sink 端。

群組化方法分為兩個階段，分別為群組化階段和資料傳輸階段[6, 7]。在群組化階段時將部署好的感測節點劃分為數個群組，而在資料傳輸階段時，選取叢集頭、組織叢集和傳輸資料。

首先介紹群組化階段。將 x 設定為我們所期望產生的群組數量，群組化階段的運作流程敘述如下：

Sink 端廣播：一開始由 Sink 端廣播群組化訊息給感測區域中的節點，當感測節點接收到此一訊息時回傳 ACK 訊息（包含節點 ID 與節點目前的能量）給 Sink 端。

建立資料表：Sink 端將節點回傳的資料建立表單，其表單內容包含各節點的 ID、剩餘能量以及訊號強度。

選取第 1 個群組頭：Sink 端將選取訊號強度最小的感測節點作為第一個群組頭 (GH_1)，並發送組織 G_1 群組訊息給 GH_1 ，要求組織 G_1 群組，此一訊息內包含 G_1 群組的總能量。

群組頭發送加入群組訊息：當 GH_1 收到組織群組訊息時， GH_1 將廣播加入 G_1 群組訊息給周遭節點。

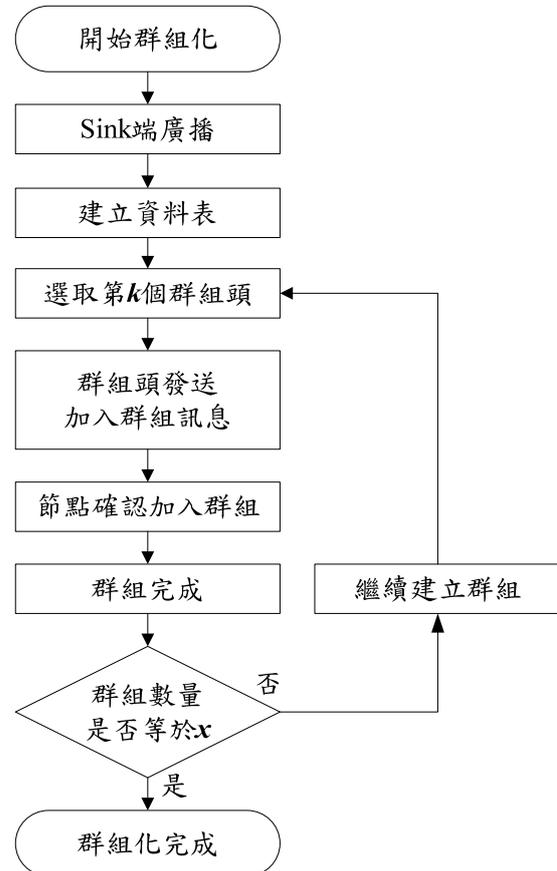
節點確認加入群組：當節點收到加入 G_1 群組訊息時，回傳 ACK 訊息給 GH_1 ，確認加入 G_1 群組，ACK 訊息中包含節點 ID 和目前節點的能量。

群組完成： GH_1 累加節點所回傳的能量，直到其值大於或等於 G_1 群組的總能量後，停止繼續加入節點，並回傳群組完成訊息給 Sink 端。

繼續建立群組：Sink 再從表單中選取目前

訊號強度最小的感測節點作為下一個群組頭。不斷重複 Step 3.~ Step 7.直到群組數量等於 x 為止。

節點群組化完成：當最後一個群組 G_x 群組化完成後 GH_x 將回傳最後群組訊息給 Sink 端，當 Sink 端收到最後群組訊息後，群組化階段結束，進入資料傳輸階段。



圖五、群組化流程圖

在資料傳輸階段時採用回合制的方式運作，每個回合又分為設定階段與穩定階段，設定階段為選取叢集頭、組織叢集，穩定階段為感測節點將其感測到的資料傳送到叢集頭，再由叢集頭將資料彙整後，傳送至 Sink 端。

3. 模擬實驗

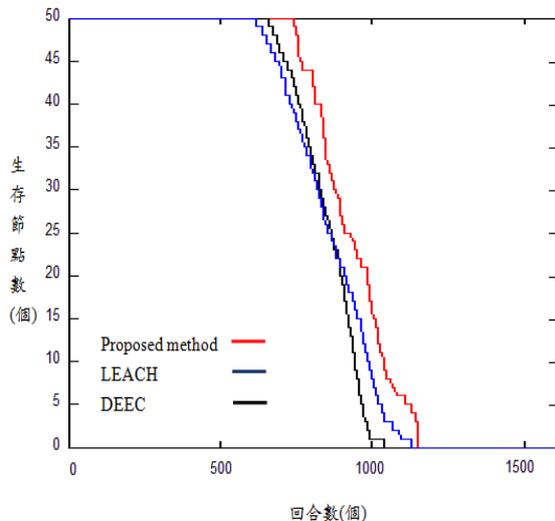
在模擬實驗中我們改變節點的數量以觀察 LEACH、DEEC 與提出方法能量消耗的變化。模擬實驗的感測範圍為 100×100 公尺，每個節點初始能量為 0.5 焦耳 (J)，資料封包為 4000bits，控制封包為 100bits。叢集數量為 5 個，基地台位置為 (50,150)。

圖六為當節點數量為 50 個時能量消耗的變化，我們可以看出提出的方法，其第一個節

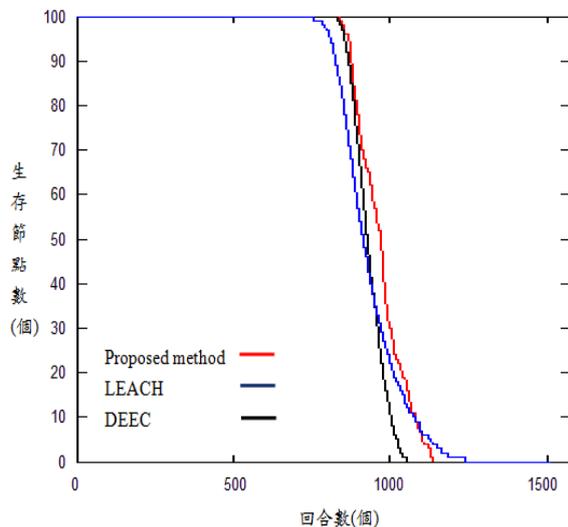
點的死亡回合大約在 750 回合左右，LEACH 在 600 回合，而 DEEC 則是在 650 回合。我們所提出的方法比起 LEACH 第一個節點死亡的時間延長了 10%，而比起 DEEC 第一個節點死亡的時間也延長了 6%。

圖七為當節點數量為 100 個時能量消耗的變化，我們所提出的方法，其第一個節點的死亡回合數也大於 LEACH，但與 DEEC 非常接近，但最後一個節點死亡回合數小於 LEACH。

然而我們認為有部分的節點死亡時已無法完整收集感測區域內的資訊。因此我們假設



圖六、50 個節點時能量消耗變化圖



圖七、100 個節點時能量消耗變化圖

感測節點 50% 存活時能完整收集感測區域內的資訊，我們的方法在還有 50 個節點存活時約在 1000 回合，LEACH 約在 900 回合，而 DEEC 約在 930 回合，由圖六與圖七皆可以看出當節點存活率在 50% 時，我們提出的方法能使節點工作較多回合。

4. 結論

無線感測網路所要面對主要的問題是在運作中降低感測節點的能量消耗，達到延長感測網路生存期。叢集式的技術能有效的降低無線感測網路運作的能量消耗。過去我們的研究也提出的群組化方法，改善了在叢集式架構感測網路的效能，使叢集產生數量與我們所期望叢集數量相等，並且考量了節點的初始能量與距離的，延長感測網路的生存期。

實作上，我們並不知道感測節點與 Sink 之間的實際距離，使得在實作在形成群組時，並不能正確完成群組化的作業。本論文，即是以 SGCH 為基礎，利用節點回傳的訊號強度，將節點做大約的區域分類，進而組織群組。我們初步以模擬的方式驗證此方法與 LEACH 及 DEEC 的效能比較，結果顯示本研究所提的方法具有較佳的節能效能。

我們目前所提出的方法皆是使用模擬的方式，且並未考量到實務上所面臨的問題，包括能量控制與訊號強度的誤差。我們未來的研究，將持續針對實務的問題進行研究。

參考文獻

- [1] Fernando, L., Antonio-Javier, G. S., Felipe, G. S., Joan, G. H. and Zygmunt, J. H., "A Comprehensive Approach to WSN-Based ITS Applications: A Survey," *Sensors*, 11, 2011.
- [2] Lohan, P., Chauhan, R., Electrical, "Geography-Informed Sleep Scheduled and Chaining Based Energy Efficient Data Routing in WSN," *Electronics and Computer Science (SCEECS) Conference on*, pp.1-4, 1-2 March 2012
- [3] W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *Proceedings of IEEE 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, pp. 3005-3014, Hawaii, USA, Jan. 2000.
- [4] W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *Journal on IEEE Transactions on Wireless Communications*, pp. 660-670, Vol. 1, Issue. 4, Oct. 2002.
- [5] L. Qing, Q. X. Zhu, and M. W. Wang, "Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks", *Journal on ELSEVIER on*

- Computer Communications*, pp. 2230-2237, Vol. 29, Issue 12, Aug. 2006.
- [6] Wang, Y. J., Liaw, J. J., "The group clustering algorithm for LEACH," *Proceedings of 2008 National Symposium on System Science and Engineering Conference*, I-Lan, Taiwan, 2008.
- [7] Liaw, J. J., Dai, C. Y., Wang, Y. J., "The steady clustering scheme for heterogeneous wireless sensor," *Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC-09)*, Brisbane, Australia, 2009.
- [8] Liaw, J. J., Wu, Y. L., "The distance-based adaptive grouping protocol for heterogeneous wireless sensor networks," *The 15th Mobile Computing Workshop (MC2010)*, Taichung, Taiwan, May 28, 2010.
- [9] Lindsey, S., Raghavendra, C., Sivalingam, K. M., "Data gathering algorithms in sensor networks using energy metrics," *Journal on IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 13, Issue 9, Sept. 2002, pp. 924-935
- [10] Lee, B. S., Lin, H. W., Tarn, W., "A Cluster Allocation and Routing Algorithm based on Node Density for Extending the Lifetime of Wireless Sensor Networks," *International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, pp.496-501, 26-29 , March 2012.
- [11] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, and D. Ganesan, "Building Efficient Wireless Sensor Networks with Low-Level Naming," *Proceedings of 18th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP)*, pp. 146-159, Oct. 2001, New York, USA.