

無線感測網路中以重複感測為考量的感測節點挑選方法的研究

陳忠信
朝陽科技大學
資訊與通訊系
jschen26@cyut.edu.tw

蔡育男
朝陽科技大學
資訊與通訊系
s9630610@cyut.edu.tw

陳永隆
建國科技大學
電機系
ylchen@cc.ctu.edu.tw

摘要

無線感測網路中，以往的研究多注重由建構有效的架構並配合相對映的路由機制來延長整個生命週期。但是對於同一個區域會有重複感測的問題；即一個以上的感測節點同時感測同一個區域。以往的研究將會導致此區塊內的節點產生不必要的能源消耗。因此，本文中考量重複感測區塊的網路生命週期，對於重複感測區塊僅保留一個節點處於工作狀態而其餘的節點則處於休眠狀態。對於處於工作狀態的節點挑選，文中採用隨機選取和最大剩餘能源兩種。數據上顯示的結果也驗證了本研究可以大幅提升感測網路整體生命週期。

關鍵詞：無線感測網路、重複感測區塊、休眠、網路拓樸

Abstract

The conventional studies related to sensor networks focused on from the topology constructions with the corresponding routing protocols to enlarge the life time of networks. However, the sensing areas among sensors often are overlapped. In words, for an area, if there are more than one sensors can sense this area, the conventional methods will cause the unnecessary power consumptions among sensors of sensing this area. Therefore, this study discusses the network life time from the consideration of the overlapped sensing areas. For an overlapped area, our study reserves only one sensor to be in work mode and the others are in sleep mode. This study presents different considerations for the selection of the sensors of the work mode. The considerations include the random and the remaining-energy selection. Simulation results demonstrate our study can enlarge the life time of networks.

Keywords: WSN, overlapped area, sleep mode, and topology.

1. 前言

由於近來的微型製造技術、嵌入式計算技術、電池技術與通信技術的進步，促使微小的感測器(Sensor)可具有感應、無線通訊及處理資訊的能力。使得無線感測網路快速發展。無線感測網路基本架構是由多個感測器(節點)組成，而網路中的節點(Sensor Nodes)可藉由直接傳送(Direct Diffusion)或者多重跳躍(Multi-hop)等通訊方式將資料傳遞到目的端(Sink)。以往的研究都以建構有效的架構並配合有效的路由機制來延長整個生命週期。本論文中，我們由重複感測的觀點，避免一個感測區中節點的重複感測來提升感測網路整體生命週期。[1]、[4]

目前的研究當中，比較偏向將節點(node)組合不一樣的拓樸，然後依照此拓樸來訂定路由協定，藉此來平衡各個節點的能源耗損，以達成延長整個系統的生命週期。以LEACH[11]而言，將全部節點以分叢集(cluster)的方式來建構，每一叢集中，再以隨機方式挑選出一叢集頭(cluster head)。而資料繞送的方法是：每一個節點會將感測到的資料，傳遞給所歸屬之該叢集中的叢集頭，經資料聚集(Data Aggregation)後再由叢集頭將資料傳送到目的端，依照此架構延伸出的方法就非常的多，例如：[7]、[8]、[10]、[11]、[12]。此架構中，叢集頭所耗損的能量會比一般的節點來得多，所以挑選叢集頭的方法，就成了重要考量。其中常見的考量因素有：不重複選取，剩餘能源，或到目的端的距離等。在[9]中，節點會以串成一個鏈狀架構(chain)存在。而資料繞送依目的端位於鏈狀架構的哪一個方向，傳送即可。因此，如何構成這個鏈狀架構，就成了影響生命週期的重要因素。[2]、[3]、[5]、[6]。上述的討論，皆著重於如何將感測到資料有效的送到目的端。但若由節點感測範圍來考量，這些研究將產生大量重複感測問題。

現今無線感測網路中，感測節點於任意一

範圍散佈後，所要感測的區塊範圍內會產生一個節點重複感測問題，因在區塊內，同時也有其它的節點處於感測狀態，所以會造成感測節點能源產生不必要的耗損。對於整體無線感測網路整體系統的生命週期也會減少。若可以僅保留一個感測節點來監測該區塊內狀態，如此便不會發生感測節點區塊重複感測的問題，而整個感測網路的生命週期也可延長。

本研究中，以感測區塊來切割整個感測網路，同一個感測區中的感測節點皆可對該區塊進行感測。因此，整個區塊中僅有一個節點(協調者 Coordinator)負責感測。而其餘的節點處於休眠狀態。數個協調者節點會產生一個統籌者節點(Cluster Head)。路由的機制採 Two-Hop 方式。即協調者節點(Coordinator)到統籌者節點(Cluster Head)，然後統籌者節點(Cluster Head)到目的端(Sink)，本研究中，考量任意選取(Random)、最大能源方式選取(Max Energy)來挑選協調節點及統籌者節點，並探討這種架構對整個生命週期的影響。

2. 系統協定

2.1 系統架構

一個無線感測網路是由 n 個感測器部署在一個實際的地理區塊所組成。這個地理區塊會依照感測器的感測範圍被切割成數個子區塊，每個子區塊中的感測器皆可對這個區塊進行感測動作，幾個子區塊間會構成一個較大的區塊。以圖1為例，在一個地理區塊中分佈了30個感測器，感測器依照可以感測的範圍將整個地理區塊切割成11個區塊($A_{1,1}$ - $A_{1,4}$, $A_{2,1}$ - $A_{2,3}$, $A_{3,1}$ - $A_{3,4}$)，這11個區塊又分別組成 A_1 , A_2 和 A_3 等三個大區塊，其中 $A_1 = \{A_{1,1}, A_{1,2}, A_{1,3}, A_{1,4}\}$, $A_2 = \{A_{2,1}, A_{2,2}, A_{2,3}\}$, $A_3 = \{A_{3,1}, A_{3,2}, A_{3,3}, A_{3,4}\}$ 。為了方便表示本文中用 A_i 代表整個地理區塊的第 i 的區塊， $A_{i,j}$ 代表 A_i 中第 j 個子區塊。

在每個區塊 $A_{i,j}$ 中的感測器又會挑選一個協調者(Coordinator) $C_{i,j}$ ，在 $A_{i,j}$ 中由 $C_{i,j}$ 負責擔任感測任務而其餘的感測器則處於休眠狀態。在區塊 A_i 中的各個協調者間又會挑選一個統籌者 H_i ， H_i 的任務除了負責該子區塊 $A_{i,j}$ 中的感測動作，也負責區塊 A_i 中的統籌者所感測到資料的資料聚集，然後再將聚集到的資料傳送給目的端(Sink)。

整個感測網路的運作方式會分成數個回合，每一回合由各個區塊 $A_{i,j}$ 中挑選出一個協調者 $C_{i,j}$ ，再由 A_i 中全部的協調者挑選出一個 H_i 。

而資料繞送的方式 $C_{i,j}$ 會以一次跳躍(one-hop) 傳給 H_i ， H_i 再以一次跳躍的方式傳送給目的端。圖1範例中，每一回合區塊 A_1 中的 $A_{1,1}$, $A_{1,2}$, $A_{1,3}$, $A_{1,4}$ 會分別挑選出 $C_{1,1}$, $C_{1,2}$, $C_{1,3}$, $C_{1,4}$ ，再由 $C_{1,1}$, $C_{1,2}$, $C_{1,3}$, $C_{1,4}$ 挑選出 H_1 ，此範例中 H_1 為 $C_{1,4}$ 。 $C_{1,1}$, $C_{1,2}$, $C_{1,3}$, $C_{1,4}$ 會將感測到的資料分別聚集到 H_1 ， H_1 再統一傳給目的端。在此區塊中 A_2 和 A_3 的運作也與 A_1 非常類似。

2.2 能源模式

在任何的無線傳輸系統中，訊號強度的衰減與距離有關。路徑損失是由於訊號強度隨著傳輸距離增加而衰退。在能量消耗模式中主要是使用自由路徑衰減模型(d^2 power loss)與多路徑衰減模型(d^4 power loss)， d 代表的是傳送端與接收端之間的距離， α 是無線電波衰減指數(Attenuation exponent)， α 範圍為 2~6 之間。一般來說，自由空間(Free space)中， $\alpha = 2$ ，即接收訊號功率與 d^2 成反比關係。所謂自由空間的概念是假設無線傳輸的通道沒有阻礙，例如反射、散射與繞射。

本研究感測器與感測器間的傳送方式採 [11]，在傳送 (E_{Tx}) l -bit 資料的距離 (d) 能量消耗可以被表示如(1)：

$$E_{Tx}(l, d) = E_{Tx_elec}(l) + E_{Tx_amp}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2, & d < d_0 \\ lE_{elec} + l\epsilon_{mp}d^4, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (1)$$

其中，傳送 l -bit 資料所需要消耗的能量設定為 $E_{Tx_elec}(l)$ ，每 l -bit 資料擴大訊號所需要消耗的能量與距離設為 $E_{Tx_amp}(l, d)$ ，若低於所設定的門檻值 d_0 依計算結果 d_0 約為 87 公尺，即採用自由路徑衰減模型(Free space, fs)；反之，若傳輸距離大於門檻值，改採多重路徑衰減模型(Multi-path, mp)

在接收 (E_{Rx}) l -bit 訊息的能量消耗可以被表示如(2)：

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx_elec}(l) \quad (2)$$

其中，接收 l -bit 資料所需要消耗的能量設定為 $E_{Rx_elec}(l)$

而門檻值 d_0 可以表示為：

$$d_0 = \sqrt{\epsilon_{fs} / \epsilon_{mp}}$$

(3)

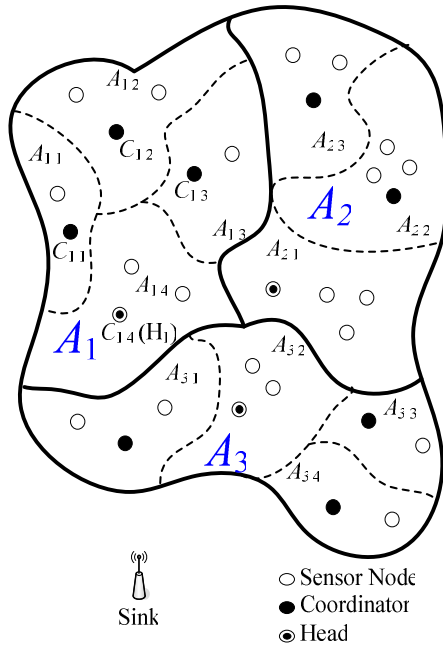


圖 1 感測網路

2.3 協調者與統籌者挑選

本架構中會先由子區塊 $A_{i,j}$ 中 ($A_{i,j}$ 位於大區塊 A_i 中) 找出一個協調者節點 $C_{i,j}$, A_i 中的協調節點 $C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,m}$, 其中 m 為 A_i 中子區塊的數目。本研究訂定了二種挑選方式來針對協調者與統籌者, 分別為: Random、Max Energy。

Random 方法中, 由各個區塊 $A_{i,j}$ 中的全部感測節點隨機挑選出一個協調者 $C_{i,j}$, 其中 $j=1, 2, 3, \dots, m$ 。接著由 $\{C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,m}\}$ 隨機挑選出一個協調者 $C_{i,j}$ 當成 A_i 中的統籌者 H_i 。

Max Energy 方法中, 由各個區塊 $A_{i,j}$ 中的全部感測節點依剩餘能量的高低挑選出一個剩餘能量最高的節點當成 $C_{i,j}$, 其中 $j=1, 2, 3, \dots, m$ 。接著由 $\{C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,m}\}$ 挑選出一個剩餘能量最高的節點協調者 $C_{i,j}$ 當成 A_i 中的統籌者 H_i 。

3. 模擬數據

模擬環境在 MATLAB 下完成, 在 $100m \times 100m$ 範圍內隨機產生 n 個感測點, 其中 $n=100, 200, 400$ 。目的端的位置設定於 (x,y) , 其中 $(x,y)=(50,50)$ 和 $(50,175)$ 兩種。整個感測區塊劃分為 3×3 大區塊 (分別為 A_1-A_9), 每個區塊 A_i 劃分為 2×2 子區塊 (分別為 $A_{i,1}-A_{i,4}$)。能源模組如 2.2 節所示, 初始每

個感測節點能源為 $0.25J$, 電路能量 $E_{elec}=50$ nJ/bit, 資料聚集能量 $E_{DA}=5$ nJ/bit/signal, 自由路徑衰減模型 $\epsilon_{fs}=10$ pJ/bit/m², 多重路徑衰減模型 $\epsilon_{mp}=0.0013$ pJ/bit/m⁴, 在每回合中傳送的封包大小為 2000 bytes。

就模擬的比較上, 我們比較 LEACH 與 Random 以及 Random 與 Max Energy 二種, LEACH 叢集數目為隨機產生, 其結果如圖 2 至圖 9 所示。

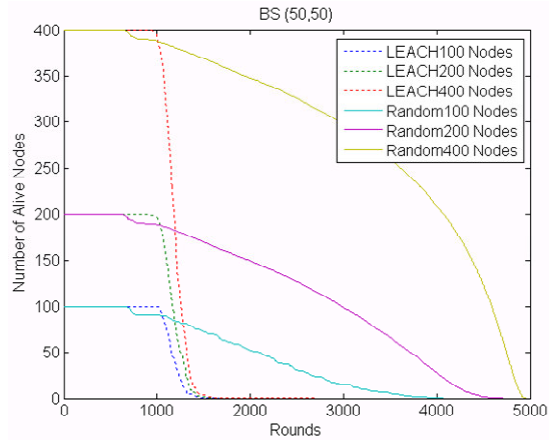


圖 2 目的端(50,50)LEACH 與 Random 比較

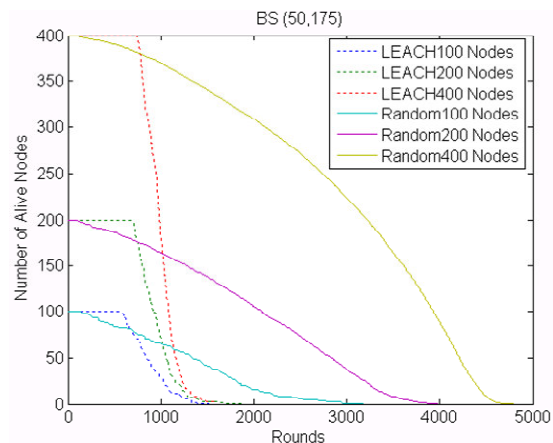


圖 3 目的端(50,175)LEACH 與 Random 比較

圖 2、圖 3 節點數量分別為 $n=100, 200, 400$, 目的端為 $(50,50)$, $(50,175)$ 。在 $(50,50)$ 案例中, 協調者至統籌者及統籌者至目的端的資料傳遞能源消耗差距不大, 在 $(50,175)$ 案例中, 統籌者至目的端距離可達到 100 多公尺, 而協調者至統籌者的距離只有數 10 公尺, 因此大部份的能量耗損都在於被挑選為統籌者傳送到目的端的能量耗損。在兩個案例中, Random 的方法優於 LEACH。而且在

Random 方法中，並沒有任何剩餘能源考量來決定協調者及統籌者，所以一個協調者(或統籌者)重複再當協調者(或統籌者)的機率非常高，因此就某些節點快速耗盡能量的機率非常大，即使如此，Random 的方法還是遠優於 LEACH，原因為在 Random 的方法中，協調者(或統籌者)有其他的節點可以輪替，而 LEACH 方法並沒有此考量。

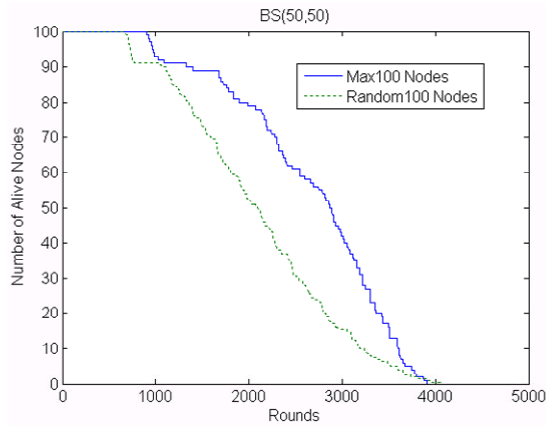


圖 4 目的端(50,50) 且 $n=100$ 的比較

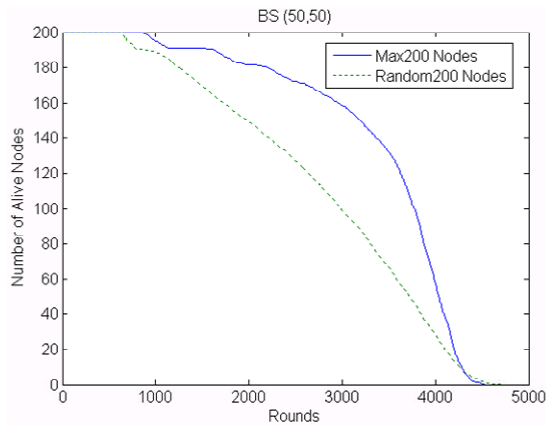


圖 5 目的端(50,50) 且 $n=200$ 的比較

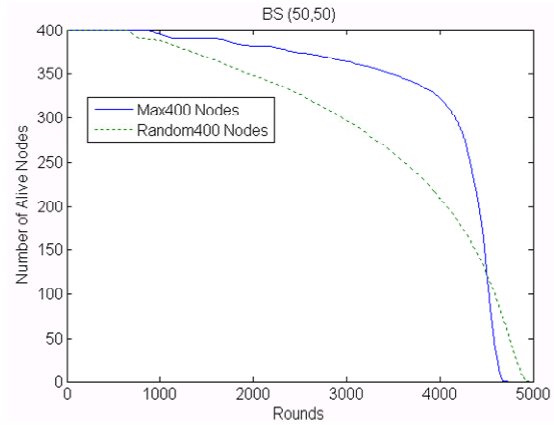


圖 6 目的端(50,50) 且 $n=400$ 的比較

圖 4 至圖 6 節點數量分別為 $n=100$ 、 200 、 400 ，目的端為 $(50,50)$ 。此案例中，協調者至統籌者及統籌者至目的端的資料傳遞能源消耗差距不大，協調者至統籌者及統籌者至目的端的距離只有數 10 公尺，因此大部份的能量耗損都在於被挑選為統籌者傳送至目的端的能量耗損，因整個感測區塊劃分為 $3*3$ 大區塊，每個大區塊又劃分為 $2*2$ 子區塊，當節點數目較少時，協調者(或統籌者)只有較子的機率可以輪替；反之，當節點數目較多時，協調者(或統籌者)可以輪替的機率較大，對於感測網路整體生命週期也較為延長。

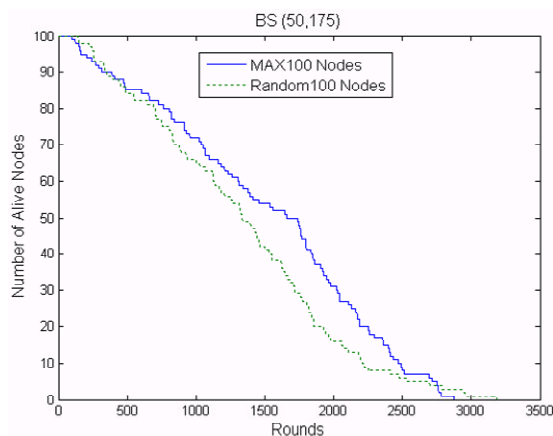


圖 7 目的端 $(50,175)$ 且 $n=100$ 的比較

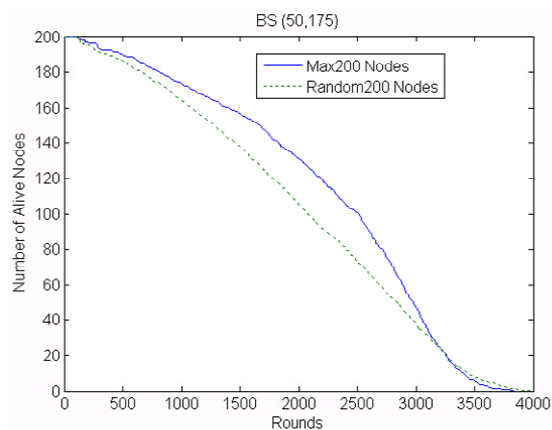


圖 8 目的端 $(50,175)$ 且 $n=200$ 的比較

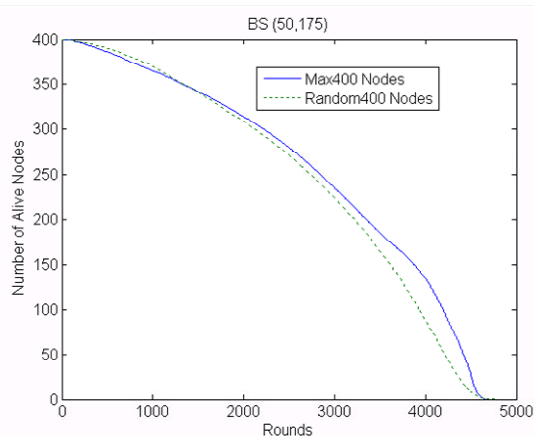


圖 9 目的端 $(50,175)$ 且 $n=400$ 的比較

圖 7 至圖 9 節點數量分別為 $n=100$ 、 200 、 400 ，目的端為 $(50,175)$ 。此案例中，協調者至統籌者的距離只有數 10 公尺，但統籌者至目的端的距離可達到 100 多公尺。距離短傳輸耗費能源並不大；反之，距離長傳輸耗費能源相對的也大，因此大部份的能量耗損都在於統籌者傳送到目的端的能量耗損，尤其是與目的端距離較遠的統籌者，當區塊中已無其它的協調者(或統籌者)可進行輪替，加速節點能源的耗損是必然的。

4. 結論

相較於以往的研究，感測節點於任意一範圍散佈後，所要感測的區塊範圍內會產生一個節點重複感測問題，因在區塊內，同時也有其它的節點處於感測狀態，所以會造成感測節點能源產生不必要的能源消耗。本研究以感測區塊來切割整個感測網路，同一個感測區中的感測節點皆可對該區塊進行感測。因此，整個區塊中僅有一個節點負責感測。而其餘的節點處於休眠狀態，因此，並無感測節點重覆感測之問題，也大幅的提升了無線感測網路整體生命週期，對於感測節點能源的使用上也是較有效率的。

參考文獻

- [1] A. Abbasi and M. Younis, "A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks," *Computer Communications*, pp. 2826-2841, June 2007.
- [2] D.Mandalat, F. Dait and X. D. C. Yout, "Load Balance and Energy Efficient Data Gathering in Wireless Sensor Networks," *IEEE International Conference on Mobile*

- Ad-hoc and Sensor Systems*, pp. 586-591, Oct. 2006.
- [3] H. Kang, X.L. Li and P.J. Moran, "Power-Aware Markov Chain Based Tracking Approach for Wireless Sensor Networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*," pp. 4209-4214, March 2007.
- [4] J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 1 , Issue 6, pp. 1536-1284, Dec 2004
- [5] L. Evers, P.J.M. Havinga, J. Kuper, M.E.M. Lijding and N. Meratnia, "SensorScheme: Supply Chain Management Automation using Wireless Sensor Networks," *IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation* pp. 448-455, Sept. 2007.
- [6] L.H Yen, M.Z Cai, Y.M. Cheng and P.Y Yang, "Minimizing energy expense for chain-based data gathering in wireless sensor networks," *Proceedings of the Second European Workshop on Wireless Sensor Networks*. pp. 312-320 Jan.-Feb. 2005.
- [7] 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. 366-379, Dec. 2004.
- [8] S.D. Muruganathan, D.C.F. Ma, R.I. Bhasin and A.O. Fapojuwo, "A centralized energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 43, Issue 3, pp. 8-13, March 2005
- [9] S. Lindsey and C.S. Raghavendra, "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems," *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, Vol. 3, pp. 3-1125-3-1130, 2002.
- [10] R.S Chang and C.J Kuo, "An energy efficient routing mechanism for wireless sensor networks," *International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Vol. 2, pp. 5, April 2006.
- [11] 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, pp. 660-670, Oct. 2002.
- [12] Y.C Chang, Z.S Lin and J.L Chen, "Cluster based self-organization management protocols for wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 52, Issue 1, pp. 75-80, Feb. 2006.