

行動收集點與代理節點改善無線感測網路中 次能量洞問題

Mobile Sink and Agent Nodes for Improving Sub-Energy Holes in Wireless Sensor Networks

趙書榮

S.-J. Chao

段裘慶

C.-C. Tuan

劉尚謙

S.-C. Liu

國立臺北科技大學 電腦與通訊研究所

s4419001@ntut.edu.tw

cctuan@ntut.edu.tw

t96418085@ntut.edu.tw

摘要

於無線感測網路 (Wireless Sensor Networks, WSN) 中，環繞在資料收集點之內環感測節點，因頻於轉送外環節點的資料，易使得電量快速耗盡，導致無法再轉遞外環節點所感測資料至收集點，形成能量洞問題。於 Sink 周圍部署代理節點後，雖可改善能量洞問題，但當感測區域更廣泛時，部分外環 SN 仍會頻於轉送資料而消耗過多電能，勢必在該外環區域形成次能量洞問題。為此，本文提出以行動收集點與行動代理節點機制，以有效改善感測網路中次能量洞問題，藉以降低至 Sink 的路由距離與特定感測節點的能量消耗，並延長 WSN 總體的存活時間。

關鍵字：無線感測網路、能量洞、行動收集點、行動代理節點、網路存活時間。

Abstract

The sensor nodes around the sink will consume more energy to forward data frequently. That is, the sensor nodes will run out of energy rapidly, then causes the energy hole problem. Deploying the agent nodes around the sink can improve the energy hole problem. However, the

outer sensor nodes still transmit data to the sink frequently, they consume excessive energy and lead to the sub-energy hole.

We proposed a mobile sink and agent nodes mechanism to solve the sub-energy hole problem. It can reduce the route distance to the sink and the power consumption of specific SNs; hence, extend the lifetime of WSN.

Keywords: Wireless sensor network, energy hole, mobile sink, mobile agent node, network lifetime.

1. 簡介

無線感測網路 (Wireless Sensor Networks, WSN) 是由許多無線感測節點 (Sensor Node, SN) 所構成的網路系統，SN 可以針對環境中特定的事物 (例如：溫度、濕度等) 做出偵測、感應的行為。為了達到大量佈建的目的，SN 的設計必須具備無線傳輸、低耗電、體積小、容易佈建，並具有感應環境裝置等特性。

WSN 依主要的傳輸類型不同，可分為二種：(1) 多對多 WSN、(2) 多對一 WSN。多對多 WSN 於其通訊範圍內，每一 SN 均可作為目的節點，接收處理各節點的資料交換。而多對一 WSN 中 SN 可傳送的目的節點只有一

個，稱其為資料收集點(Sink)，所有感測資料皆透過 SN 以逐點跳躍的方式轉送集中至 Sink。受限於 SN 電量有限，Sink 周圍的 SN 較常轉遞源自遠端之訊息，此現象易使得 Sink 附近的 SN 快速耗盡電量而處於失能無效的狀態，則易形成網路拓撲中所謂的網洞。而網洞對 WSN 所造成的影響有：(1) 路由搜尋與維護的困難度增加；(2) 資料傳遞的遺失率增加；(3) 傳輸資料所需的延遲時間增加等問題。

網洞的形成其原因可分為：(1) WSN 之部署，常由飛行載具拋灑下 SN 至待監測的區域，由於地形障壁等因素，易導致局部區域內的 SN 損壞或流失，以致在 WSN 區域內作傳輸和感測時更困難。(2) 失能的 SN 太多且過於群聚，而造成 WSN 的路由障礙(即資料傳遞時難以正常選擇路由，以致產生繞路之問題)。因此，網洞區域會逐步擴大，如果沒有替代的 SN 或是做電量的補充，此 WSN 會面臨網路分割進而導致整個 WSN 的感測功能不復存在。

本研究章節安排如下：第一節簡介，第二節探討相關文獻，第三節說明行動收集點與代理節點移動方法與策略，第四節展現實驗的方法，第五節為結論與未來工作。

2. 文獻探討

因 SN 電量不足而產生的網洞中，其中一種稱為能量洞(Energy Hole)[9]。能量洞問題其成因係由於 SN 電能使用不平均所造成，在多對一傳輸的情況下，以 Sink 為中心，在 Sink 周圍部署代理節點(Agent Nodes, AN)[9]，其特性為通訊半徑是 SN 的 2 倍，各 AN 不作感測功能，而僅專職於轉遞送各 SN 所感測的資料至 Sink。AN 的部署方式，可達到取代 Sink 周圍的 SN 轉送資料的工作，且可減少 Ring-0 能

量洞形成。周圍的 SN 將感測到的物理量，以多點跳躍(multi-hop)的方式把資料傳遞給 Sink，如圖 1 所示。

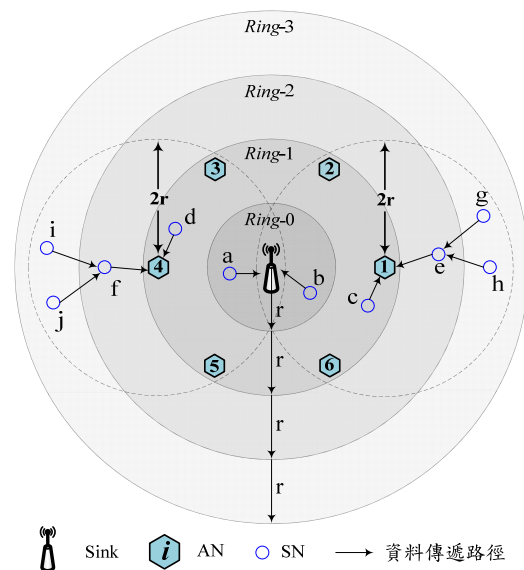


圖 1 能量洞示意圖

上圖中每一 Ring 是邏輯切割的環狀帶，以 Sink 為中心，SN 的無線通訊半徑 r 為一個 Ring 的寬度，最靠近 Sink 的 Ring 標為 Ring-0，在每個通訊半徑 r 的距離依序 Ring-1、Ring-2、Ring-3。在 WSN 中 SN 是均勻且隨機分佈，當事件發生於 WSN 中 SN 的通訊半徑內，SN 將感測到的資料以多點跳躍的方式傳送至 Sink，此動作為一事件驅動(Event-driven)。因為 AN 通訊範圍為 SN 的 2 倍，可與 Sink 作直接通訊，位在內環 Ring-0、Ring-1 之 SN 均可在一次跳躍後將感測資料傳送至 Sink 或 AN，故 Ring-1 環內之 SN 可直接透過 AN 轉送資料到 Sink，而外環層的 SN 則須經過逐點跳躍將資料轉傳送至 AN；假設 Ring-3 的 SN 要傳送資料時，因與 AN 相距超過一個跳躍範圍，故 SN_g 、 SN_h 須將資料轉送給 SN_e ，再由 SN_e 轉傳給 AN_1 。即距離 AN 較遠的 SN_g 、 SN_h 、 SN_i 與 SN_j 因無法單次跳躍至 AN，故皆須經由 Ring-2 的 SN_e 與 SN_f 分別轉傳資料至 AN_1 與 AN_4 。如此易使 Ring-2 的 SN

因頻於轉送資料而消耗過多電能，如果網路感測範圍更廣時(環數較多時)，勢必在該 Ring-2 會造成 SN 能量更快耗盡失效，形成次能量洞問題。

Olariu [1]，於節點均勻分佈 WSN 的感測網路中，假設 SN 電能和傳輸能力都是有限的情況下，找出以 Sink 為圓心之同心圓最佳半徑，而適當修改同心圓的半徑可避免傳輸路由上節點不規則的電能消耗。

Wu [2]以 Sink 為圓心分割感測區域為數個同心圓，愈外層的 SN 所傳送的資料越少；反之，越靠近 Sink 的內層 SN，所轉送的資料量越高。當外層節點有資料待傳送時，可透過指定的路徑作傳送，以解決部分節點轉送數過多的耗能問題。即每一節點均依照剩餘電量的多寡來選擇並記錄它下一個可轉送的節點。從外層開始，各節點之傳遞路由都按此方式連結到 Sink。使電能消耗較均勻而可有效抑制能量洞並延長網路的存活時間。

DSR 路由協定[3]包含了兩個主要的階段，路由探知與路由維護階段。在路由探知階段，來源節點會產生一路由請求(Route Request, RREQ)封包，而此路由的資訊所需經過的中間節點順序將會被放在封包的頭端部分，當目的節點接收到 RREQ 封包時則會產生一路由回應(Route Reply, RREP)封包並回送至來源節點，其中包含了此 RREQ 封包中所收集的路由記錄，當來源節點收到此 RREP 封包時則會依此順序來傳遞至目的節點。

對一般節點而言，在傳輸距離縮小之下其電量消耗可以減輕，即當節點有資料待傳送時，就驅使 Sink 移近此感測點，如此可縮短路由以減低過度消耗電能於傳送資料上[4]。而適應性地在覆蓋區域內移動 Sink，也可降低事件資料多重路徑轉送所耗之總能量，並達成最小化總電能量消耗與降低特定 SN 之最大負載量等兩項指標實驗。證明藉由適應性地在覆蓋區域內移動 Sink 能有效節省電能並延長整

體網路的存活時間。

結合行動性與路由以延長無線感測網路的存活時間，[5]將 BS 視為可移動的，並結合 multi-hop 路由方式，來解決內層節點能量消耗過多的問題，達到延長網路存活時間的效果，經以 MATLAB 作模擬驗證，發現 WSN 的總體存活時間可大幅增加為原來的五倍長。

採用行動收集點 MobSink 收集感測資料可改善固定式 Sink 之缺點[6]，一般欲傳遞資料至收集點皆需依賴路由資訊，若待傳遞資料的 SN 離收集點越遠時，則路由複雜度越高。然而 MobSink 可主動行進至待傳遞資料的 SN 附近作有效接收，大幅地降低路由搜尋與維護的複雜度。因為路由複雜度降低，使得 SN 的電能消耗也下降，故可延長 WSN 的生命週期。針對非完全連結網路與稀疏網路，MobSink 可作主動路由的導引，並縮短與待傳遞資料的 SN 傳輸範圍。

為了降低與事件相關連資料作多重路徑傳輸所需的能量損耗，[7]提出一適應性的行動解法；令 Sink 於事件感測的範圍內移動，以減少資料經多重轉送所產生的能量消耗。在這種策略下，Sink 的移動性可確保網路能量有效的運用。

於[8]作者考慮了移動 Sink 的成本，及 Sink 移動距離和不同移動率的影響。作者提出一貪婪方式最大能量殘餘演算法(Greedy Maximum Residual Energy, GMRE)，用來決定 Sink 經過時間 t_{MIN} 後是否要移動至鄰近的節點或停留在原地之機制。

[9]提出在 Sink 附近部署代理節點(Agent Nodes, AN)，減少 Sink 附近 SN 因轉送大量資料而造成能量洞問題，以延長 WSN 的存活時間，另一方面也可減緩靠近 Sink 的 SN 電能消耗的速度，達到 SN 能量平均消耗的目標。

由上述相關文獻可知，欲解決 SN 逐點跳躍傳遞之能量洞問題，可採取佈署 AN 在 Sink 周圍，在準確判斷資料之流向後，令行動收集

點 (mobile Sink, mSink) 與行動代理節點 (mobile AN, mAN) 靠近至該區域以減少因資料多重轉送所消耗的能量，達成延長 WSN 之生命週期。

3. 行動收集點與代理節點移動方法

假設 Sink 與 SN 具備地理感知裝置，透過 GPS 服務得知本身位置資訊。網路中 SN 為均勻且隨機分佈，在 Sink 周圍部署代理節點 (Agent Nodes, AN)，其特性為通訊半徑是 SN 的 2 倍，各 AN 不作感測功能，而僅專職於轉遞送各 SN 所感測的資料至 Sink。網路採事件驅動 (Event-driven) 情境，事件隨機產生於感測區域內，當事件發生於 SN 通訊範圍內時，則開始以多點跳躍 (multi-hop) 的方式傳送資料至 Sink，所有參與傳遞路徑的 SN 會因為幫忙轉送資料而轉變為動作狀態 (active)，假設可依最短傳遞路徑遞送至 Sink。而當 SN 感測到事件並往 Sink 傳送資料之前，則必須遵循下列三個階段：

- 1.) **Step 1**：當網路於初始階段，各 SN 相互建立起連結且可與鄰居節點互相通訊，Sink 必須先廣播其目前所在地理位置訊息給所有 SN，讓所有 SN 得知 Sink 位置資訊。
- 2.) **Step 2**：SN 經 Step 1 接收到 Sink 位置資訊後，當 SN 感測到事件發生時，以 DSR 路由 [3] 為資料傳輸協定，如果 AN 在 SN 的通訊範圍內，SN 則以 AN 為下一個傳送節點代為轉送資料。在 DSR 路由協定中，每個控制封包可記錄資料遞送過程中所經過的節點順序，感測到的資料並以此順序遞送至 Sink；而資料封包可攜帶在遞送路徑中每個 SN 的剩餘電量資訊，這些資訊為幫助 Sink 決定移動位置。

3.) **Step 3**：Sink 依據封包資訊統計出 SN 的轉送次數與電量，並計算與最多出現次數之 SN 的距離，並在下一個週期開始之前移動到新位置。

3.1 行動收集點與代理節點移動方式

在 Sink 周圍部署代理節點 AN 可分擔 Ring-0 的傳遞工作量，使得 Ring-0 的 SN 只需把資料直接傳給 Sink 即可，不需額外負擔外環的轉送工作量。本研究進一步將 Sink 與 AN 視為可移動性的，且行動收集點 (mobile Sink, mSink) 與行動代理節點 (mobile AN, mAN) 之相對部署距離與位置不因移動而改變。如圖 2 所示，當 mSink 與 mAN 移動到新位置後，mAN 仍可分擔 mSink 周圍 SN 的轉送工作量，因此，藉由 mSink 與 mAN 的移動性，可降低 SN 因多重跳躍轉送所耗費的電能，有助於延緩外環能量洞的形成。

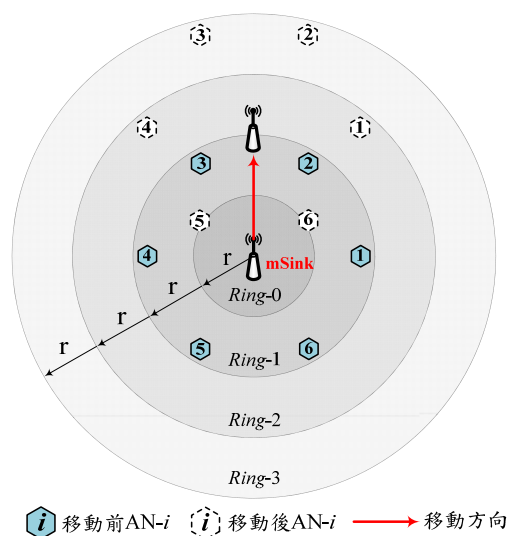


圖 2 mSink 與 mAN 移動示意圖

3.2 行動收集點最佳移動位置

因為 mAN 係圍繞在 mSink 周圍，故所有外層 SN 所感測的資料均透過 mAN 轉送到 mSink，當 mSink 持續收集到由某區域 SN 所

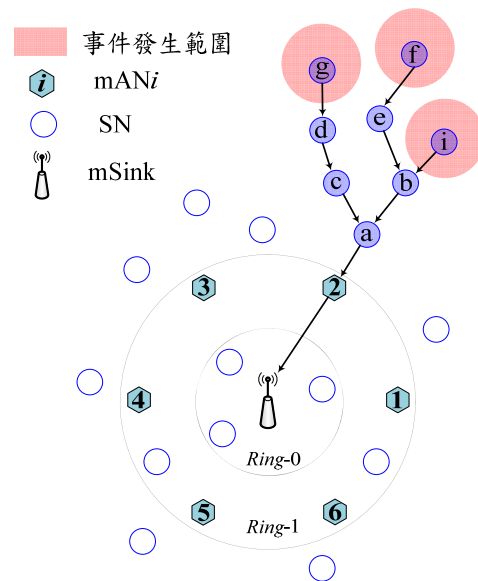
發送的資料時，代表此感測區域發生物理量的變化(如溫度、濕度)，因而 SN 持續回傳資料至 mSink。當事件發生處距離 mSink 太遠時，相對會增加路由的複雜度與幫忙轉送資料的 SN 個數，而靠近 mAN 之 SN 則會頻繁地轉遞外環節點的資料，而使電能快速消耗。本研究利用 DSR 路由協定，其控制封包可記錄資料封包在傳遞時所需經過中間節點之順序，當來源節點有資料要傳送時，則會依照此順序來傳遞至 mSink。因此，mSink 可統計出資料傳遞路徑中的 SN 出現總次數，再依此之分析資料直接移動到轉遞資料總次數最多的 SN 作資料收集，使該 SN 不必再負責轉送資料而浪費額外的電量；也因為 mAN 隨著 mSink 一起作移動，靠近 mSink 之 SN 亦不必再幫忙轉送資料，皆由 mAN 代為接收，如此可降低 SN 因多重跳躍轉送所耗費的電能與縮短路由距離。

如圖 3(a)所示，假設 SN_g 、 SN_h 與 SN_i 為事件發生處，透過 DSR 路由經 AN_2 轉傳送至 mSink，再由 mSink 統計出轉送最多次數為 SN_a 。因此，在每隔時間週期開始移動，如圖 3(b)所示，讓 mSink 移動至 SN_a 通訊範圍內，使得 SN_a 將不必再負擔轉傳資料而付出額外的電量，也因為 SN_a 周圍的 SN 都在 mAN 的覆蓋範圍內，皆不需要再負擔轉傳資料的工作，所以 SN_g 、 SN_h 與 SN_i 只需 1hop 即可藉由 mAN 來負責轉送資料。當感測範圍更廣大時，讓 mSink 移動至轉送最多次數之 SN 不僅可以縮短路由距離，也可使在 mSink 周圍之 SN 予以休息，不必再負擔轉傳資料，防止 mSink 周圍之能量洞形成。

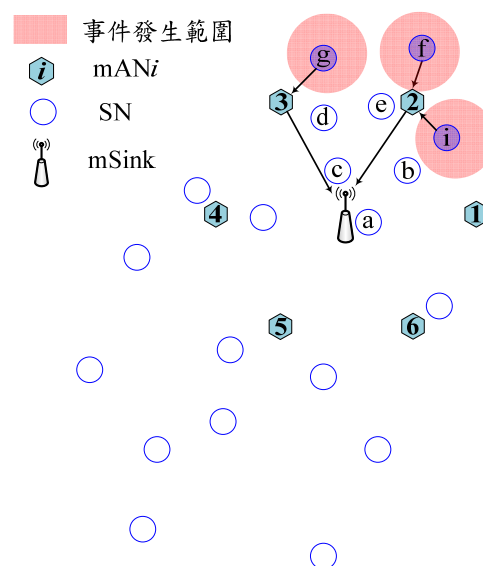
3.3 行動收集點決定移動位置順序

以 SN 轉送次數多寡作為 mSink 移動之依據，當 SN 被經過次數越多，代表該 SN 所部署之地理位置為不同資料傳遞路徑至 mSink 所必須經過之節點，其所需消耗的電能也越

多，所以讓 mSink 優先移往該區域以減輕該 SN 能量消耗。由圖 4 所示，當事件發生於感測區域內， SN_e 、 SN_f 與 SN_g 皆需要幫忙轉送 2 次，為資料傳送時被重複經過最多次之 SN，且分別由 mAN_1 、 mAN_2 與 mAN_4 接收資料並轉送到 mSink，當 mSink 統計出多個 SN 轉送次數相同時，則以下列兩個因素作移動考量：



(a) mSink 移動前資料轉送路徑



(b) mSink 移動後資料轉送路徑

圖 3 mSink 最佳移動位置

1.) SN 剩餘電能：

因 mSink 在每次移動到新位置時，則會刪除先前所記錄之統計資訊，再發出廣播封包，使所有 SN 得知 mSink 最新位置資訊，當來源節點有資料要傳送至 mSink 時，路由資訊則再重新建立，當 mSink 獲得新的路由資訊後，統計出最高出現次數的 SN 為數個時，因 SN 電量是持續性消耗，而 SN 轉送次數會因為 mSink 移動到新位置而有所改變。故 mSink 選擇剩餘電量較少、又為轉送次數最多的 SN 為選擇移動方向之依據。

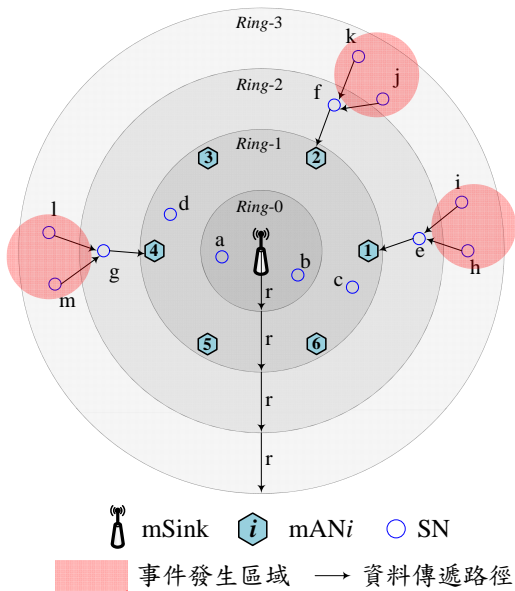


圖 4 三個事件中感測節點傳遞路徑

2.) 封包傳遞平均跳躍數：

當網路感測範圍更廣時，若來源節點距離 mSink 越遠時，必須幫忙轉送的 SN 也相對較多，如中間節點電量消耗殆盡時，則傳遞路徑必須選擇較遠的路徑傳送資料，勢必提高路由的複雜度。若 mSink 統計出數個 SN 之轉送次數與剩餘電量皆相同時，此時 mSink 再計算封包經過此最多轉送次數之 SN 到 mSink 所需平均跳躍

數，如圖 5 所示， SN_a 、 SN_h 與 SN_k 分別被經過 2 次，但經過 SN_a 之封包，其來源節點 SN_f 與 SN_g 平均需要 5hop 才能轉傳送資料至 mSink；相較於經過 SN_h 與 SN_k 之封包，其來源節點平均只需 3hop 即可轉傳送至 mSink。封包傳遞平均跳躍數越多代表來源節點距離 mSink 越遠，故讓 mSink 優先移往此方向至該 SN 處，降低路由距離，減少 SN 轉遞資料的數量，故平均跳躍數為 mSink 最後選擇移動方向之因素。

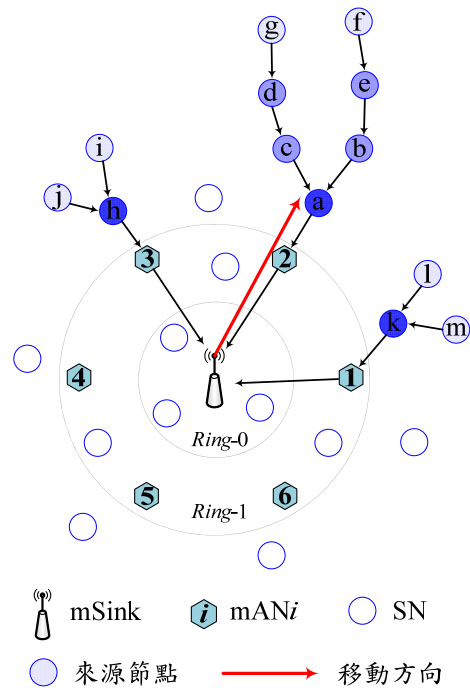


圖 5 mSink 依來源節點遠近決定移動方向

4. 實驗方式與評量因子

相關實驗將使用 C++ 撰寫模擬程式，並參考文獻[4,9]，定義 SN 傳送封包之消耗電能為 1.075 J、SN 接收封包之消耗電能為 0.0512 J，AN 電能消耗則先行不考慮。模擬範圍為一圓型區域，半徑為 $R = 700\text{ m}$ ，SN 之通訊距離為 100 m、初始電能為 50 J，AN 之通訊距離為

200 m。在模擬環境中，每隔 30 秒隨機產生 0~3 個事件數，Sink 判斷其資料流並移往負載最重之 SN，減輕該 SN 能量快速消耗，延緩次能量洞的形成。模擬參數如表 1 所示。

表 1 模擬參數

模擬環境範圍(A)	半徑 $R = 700$ m
網路環境	事件驅動(Event-driven)
事件數	100 (個)
mSink 移動週期	30 (s)
SN 數目 (N_{SN})	1000 (個)
AN 數目 (N_{AN})	6 (個)
SN 初始電能 (E_{SNi})	50 (J)
SN 傳輸耗能 (E_{SNt})	1.075 (mJ/packet)
SN 接收耗能 (E_{SNr})	0.0512 (mJ/packet)
SN 通訊距離 (R_{SN})	100 (m)
AN 通訊距離 (R_{AN})	200 (m)
感測範圍 (d_s)	50 (m)
SN 部署方式	隨機且均勻

4.1 平均剩餘電能

事件隨機產生於感測範圍內，依 SN 轉送次數、電量與封包傳遞平均跳躍數，測試 Sink 與 AN 的移動性來降低 SN 轉送資料的負擔。如果各環電能消耗都很接近，代表 Sink 與 AN 移動可有效改善特定 SN 的負載量。定義各環內 SN 之平均殘餘電能， E_{rem}^i 如下：

$$E_{rem}^i = \frac{\sum_{j=1}^n E_{SNj}^i}{n} \quad (1)$$

E_{SNj}^i 為 Ring- i 的各 SN 之殘餘電量， n 為 Ring- i 的 SN 總數量。各環之能量消耗越均勻表示透過 Sink 與 AN 移動可延長 WSN 之存活時間。

4.2 封包傳遞平均跳躍數

透過 Sink 與 AN 移動後可降低封包傳遞時所需之平均跳躍數(Average Hop Count of Packet, $AHCP$)。平均跳躍數越少代表路由的複雜度越低與減少負擔轉傳資料 SN 的個數。如公式(2)：

$$AHCP = \frac{\sum_{i=1}^K N_{packet(i)}^{hop}}{K} \quad (2)$$

$C_{packet(i)}^{hop}$ ：第 i 個封包傳遞至 sink 所需跳躍數。
 K ：總封包數。

4.3 SN 剩餘電能比率

在模擬結束後，各 SN 的剩餘電能比率，如公式(3)所示：

$$R_{rem}^{SNi} = \frac{E_{SNi}}{E_{SN}} \times 100\% \quad (3)$$

E_{SNi} ：第 i 個 SN 所剩電能。

E_{SN} ：SN 初始電能。

將所得到 SN 的剩餘電能比率 R_{rem}^{SNi} 計算出來後，依各級距分類，若大部分數據集中在某一級距，表示各節點剩餘電量越平均，則 Sink 與 AN 為有效率的移動，使得 WSN 延長其生命週期。

後續探討同時間事件發生數，以驗證前述討論是否正確。針對多事件選擇移動方向的不同，比較其差異性；再適當改變 Sink 決策因素之順序，可否達到 SN 能量消耗得更平均。最後以行動收集點與行動代理節點跟單一行動收集點作比較，探討節能的效率與網路存活時間。

5. 結論與未來研究

WSN 受限於 SN 電池電能的因素，節能的議題仍備受矚目。能量洞問題是無法避免的，如何改善、延遲此現象乃為本研究的重點。本研究提出 mSink 與 mAN，可有效降低外環 SN 頻於轉送資料而使電能快速消耗，達到能量平均消耗的目的，進而延長 WSN 的存活時間。

後續將推導此策略能否確實改善次能量洞問題並且討論事件的可移動性，在事件可移動的情況下，mSink 可追蹤事件的位置，避免過多 SN 感測到相同事件，使 mSink 得到過舊的訊息，且 mSink 可預測事件下一步移動位置，以建立一套 mSink 移動機制，讓此套移動機制應用的更加廣泛。

致謝

本研究獲「臺北科技大學 97 年教學卓越計畫—伯樂計劃」贊助，特此致謝。

參考文獻

- [1] S. Olariu and I. Stojmenovic, "Design Guidelines for Maximizing Lifetime and Avoiding Energy Holes in Sensor Networks with Uniform Distribution and Uniform Reporting," in *Proc. IEEE INFOCOM*, Apr. 2006, pp. 1-12.
- [2] X. Wu, G. Chen, and S. K. Das, "On the Energy Hole Problem of Nonuniform Node Distribution in Wireless Sensor Networks," in *Proc. IEEE Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS)*, Vancouver, Canada, Oct. 2006, pp. 180-187.
- [3] Imad Jawhar, Zouheir Trabelsi, and Jameela Al-Jaroodi, "Towards More Reliable Source Routing in Wireless Networks," in *proc. of Int'l Conference on Networking, Architecture, and Storage (NAS '08)*, Jun. 12-14, 2008, pp.167-168.
- [4] Z. Vincze, D. Vass, R. Vida, A. Vidacs and A. Telcs, "Adaptive Sink Mobility in Event-driven Multi-hop Wireless Sensor Networks," in *Proc. of the first ACM Int'l conference on Integrated internet ad hoc and sensor networks*, May 2006.
- [5] J. Luo and J. P. Hubaux, "Joint Mobility and Routing for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks," in *Proc. IEEE INFOCOM*, vol. 3, Mar. 2005, pp. 1735-1746.
- [6] I. Chatzigiannakis, A. Kinalis, and S. Nikolettseas, "Sink Mobility Protocols for Data Collection in Wireless Sensor Networks," in *Proc. of the 4th ACM Int'l Workshop on Mobility Management and Wireless Access*, Oct. 2006, pp. 52-59.
- [7] Z. Vincze and R. Vida, "Multi-Hop Wireless Sensor Networks with Mobile Sink," in *Proc. of the 2005 ACM Conference on Emerging Network Experiment and Technology (CoNEXT)*, Oct. 2005, pp. 302-303.
- [8] S. Basagni, A. Carosi, E. Melachrinoudis, C. Petrioli, and Z. M. Wang, "Protocols and Model for Sink Mobility in Wireless Sensor Networks," in *Proc. of ACM Mobile Computing and Communications*, vol. 10, Oct. 2006, pp. 28-30.
- [9] S.-J. Chao, C.-C. Tuan, Z.-W. Liu, "Agent Nodes Improve the Energy Hole Problem in Wireless Sensor Networks," *National Computer Symposium (NCS)*, Taipei, Taiwan, Dec. 2007.