

無線感測網路中等級式的資料聚集方法

朱鴻棋
朝陽科技大學
網路與通訊研究所
助理教授
hcchu@cyut.edu.tw

賴勇勳
朝陽科技大學
網路與通訊研究所
研究生
s9530616@cyut.edu.tw

摘要

在無線感測網路(WSNs)中，感測節點的能源是有限且珍貴的，因此為了要減少感測節點的能源消耗，所以資料聚集的採用是必要的，因為透過資料聚集不但可以減少不必要的傳輸而且又可以縮短資料量，達到節能的效果。在本文中，我們提出等級式的資料聚集方法和路由設計的概念來偵測特定區域的溫度變化，將感測節點所偵測到的溫度以等級的方法來表示，當感測節點收集到一定的數量時，就會將資料進行融合與壓縮後再傳送到匯集點或資料收集中心(sink)，以達到縮短資料量、減少傳送次數和節能的效果。若溫度異常的變化，感測節點會立刻將所偵測到的溫度值回傳到資料收集中心，讓使用者可以迅速的得到資訊。模擬實驗使用網路模擬器(NS2)，模擬結果顯示我們所提出的方法能有效的減少傳輸所消耗的能源和頻寬的使用。

關鍵字：無線感測網路、等級式的資料聚集、路由設計。

Abstract

In wireless sensor networks (WSNs), energy is a restricted and precious resource. Therefore, in order to reduce the energy consumption, it is essential to adopt the data aggregation technique. This is because that data aggregation technique can effectively reduce the unnecessary transmission and the size of transmission data. These effects cause the energy saving effect. In this paper, we proposed a level-based data aggregation method and a concept of routing design to detect the variety of temperature within a specific area. According to the temperature that sensed by sensor nodes, it can be expressed by the level degree. When sensor nodes collect a certain amount of data, they perform the data of aggregation and

compression process and then transmit it to sink node. This process can reduce the transmission data size and the number of communication with energy-saving. If the sensed data is exceptional, this emergent data will be transmitted to sink node immediately to notify the manager. By using network simulator version 2(NS-2) in our simulation, it shows that the proposed method can effective reduce the energy consumption of transmission and bandwidth utilization.

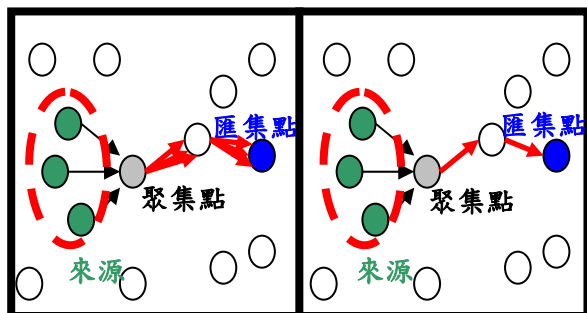
Keywords: wireless sensor network, level-based data aggregation method, routing design.

1. 前言

近年來，隨著微機電系統(Micro-electro-mechanical System, MEMS)和無線網路通訊技術的進步，使得無線感測網路的誕生，無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSNs)是由數百或成千上萬個感測節點(sensor nodes)所組成，每一個感測節點都具有計算、儲存、感測、傳輸等功能，並且無線感測網路具有建構快、成本低、適應性高等優點，目前已被廣泛的應用在動、植物的觀察、軍事戰場、環境偵測以及醫療保健等領域。但由於感測節點的電力、運算能力、記憶體容量、傳輸範圍和資料傳輸的頻寬等都受到限制，而且多被用於在險惡的環境中擔任偵測的角色，因此不易進行能源替換或補充。在這前提之下，如何將能源做有效的應用，已成為無線感測網路上相當重要的研究課題之一。一個簡單的節能概念，就是減少資料處理(計算、儲存、感測、傳輸等功能)所消耗的能量，如資料壓縮、增加資料關係度以及資料聚集等方法，不但可以減少傳輸的資料量又可以減少不必要的傳輸次數，以達到節能的效果。

資料聚集(data aggregation)[1, 2]是將感測節點所偵測到的資料，先傳送到聚集節點(aggregation node)去除重覆的資訊，再由聚集節點傳送到資料收集中心。換句話說，就是透

過資料聚集減少資料的傳送量和傳送次數，降低感測節點的傳送次數，以達到節能的目的。除此之外，資料聚集的採用也可以降低資料碰撞的次數，避免網路的壅塞，不僅能節省能源及有效利用頻寬，更可以減少使用者分析訊息的時間。由於感測節點的感測範圍有互相重疊的情形，同一事件發生可能觸發多個感測節點進行資料回報，如果資料不先經過處理，則會造成資料重覆的傳送和不必要的能源消耗。所以為了提高來源資料的正確性和節省使用者的處理時間，將感測到的資料加以融合再回傳資料是必要的。由於資料聚集所帶來的節能效果，因此已經有許多無線感測網路的路由方法都加入了資料聚集的技術，例如以叢集為基礎(cluster-based)[3, 4]、以擴散為基礎(diffusion-based)[5, 6]、以網格為基礎(grid-based)[7, 8]等。如圖一所示，在無線感測網路中，感測節點沒有進行資料聚集處理與進行資料聚集處理的差別。沒資料聚集所消耗的能量是有資料聚集的三倍。



圖一(a)

圖二(b)

圖一、(a)未使用資料聚集技術和(b)使用資料聚集技術。(圖形中虛線的部份是代表事件發生時，觸發多個感測節點進行資料回報)

因此在本文中，我們利用現有的位置演算法來獲得地理資訊[9, 10]，並依此將所要偵測的區域劃分為八個叢集(clusters)並且提出一個基於位置中心的路由機制和等級式的資料聚集方法，達到減少傳輸資料量的效果並且能有效的減少傳輸所消耗的能源和頻寬的使用。我們佈署了許多固定式的感測節點，當資料收集中心發送一個觸發訊息給某些特定的感測節點時，它們會完成特定的任務(例如偵測溫度、溼度、氣壓等)並且將感測到的資料轉送到聚集節點進行資料的融合與壓縮後再傳送到資料收集中心。

本文其餘的內容組織架構如下，第二部份將描述無線路由和資料聚集的相關研究。第三部份提出一個在無線感測網路適合資料聚集

的路由機制及等級式的資料聚集方法。所提方法的模擬結果在第四部份。最後，第五部份為本文的結論。

2. 相關工作

無線感測網路的應用可以根據感測傳輸資料的時機概分成兩類：事件驅動(Event Driven)和時間驅動(Time Driven)。所謂的事件驅動就是當感測所得到的數值超過某個門檻值(threshold)才會進行回報所偵測的資訊；然而時間驅動就是透過感測節點以週期性的方式回報資訊。由於無線感測網路可以被視為隨意網路(Ad Hoc)的一種，其主要的路由機制是藉由多重跳躍(multi-hop)的方式將資料傳送到資料收集中心以達到節省能源的效果。

在這個部份，我們只論及一個大家都知道且經典的無線路由方法，無基礎式需求距離向量路由協定(Ad Hoc On-Demand Vector, AODV)[11,12]，在2003年的7月由網路工程任務編組(Internet Engineering Task Force, IETF)正式制定無基礎式需求距離向量路由協定為網路技術文件(Request for Comments, RFC)。在本文中其他的無線路由方法的細節都省略，例如循序的目的地距離向量路由協定(DSDV) [13]、動態來源路由協定(DSR) [14]以及區域式路由協定(ZRP) [15]。無基礎式需求距離向量路由協定是一種需求式路由協定。當需要一條路徑來傳送資料時，無基礎式需求距離向量路由協定利用路線請求(Route Requests)和路線回覆(Route Replies)控制封包去建立一條傳輸的路徑。這個方法能節省頻寬的容量但是會導致較高的延遲時間，無基礎式需求距離向量路由協定的運作和架構的細節都在[11]中作介紹。

另外，在資料聚集的研究議題中，資料聚集試著去合併有相關連的資料並且建立一條從來源端到資料收集中心的路徑，路徑的建立可能是為了要達成某種效果，例如節能、頻寬利用等。資料聚集一般可分為有兩種類型，一種是以資料為中心的路由機制(data-centric scheme) [5, 16]，另外一種是以位置為中心的路由機制(location-centric scheme) [4, 17]。

在文章[16]中，提出一個以資料為中心的路由機制，最靠近資料收集中心的聚集方法(Center at Nearest Source, CNS)，一開始會挑選離資料收集中心最近的來源節點當作聚集節點(CNS)，然後其他所有的來源節點將所偵測到的資料直接地傳送到聚集節點，再由聚集節

點將聚集過後的資料傳送到資料收集中心。這個方法能有效的節能但是會有較高的延遲時間。

在以位置為中心的路由機制中，由於感測節點的地理資訊建構了路由，低能源叢集的階層架構(The Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy, LEACH) [4]方法將感測網路劃分許多叢集，每一個叢集都選擇一個叢集頭(cluster head)並且它的責任就是聚集收集到的資料再傳送到資料收集中心，低能源叢集的階層架構利用叢集頭將資料做融合達到節能的效果，因此它是一個節能的路由協定。在[18]中，提出一個增強的低能源叢集的階層架構(Enhanced-LEACH)設計能減少更多的能源消耗。

在上述資料聚集的研究中，使用位置為中心路由機制是一個目前研究的趨勢，因此，我們提出一個在無線感測網路中以位置為中心路由機制的資料聚集方法。

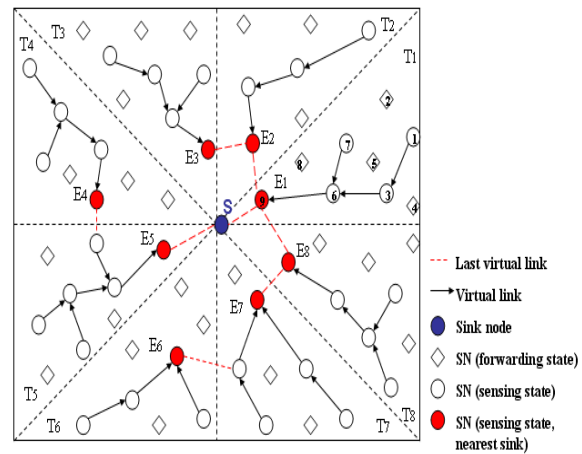
3. 資料聚集的路由機制

在這個部分，我們提出了一個位置為中心的無線路由機制和等級式的資料聚集方法，我們將一個所要偵測的環境，利用地理資訊將區域劃分成八個三角形區域($T_1 \cdots T_8$)，其中 T_i 表示為第 i 個叢集並且資料收集中心的位置在此區域的中心，假設有 n 個感測節點隨意地佈署在區域中，我們定義如下，如果 n_j 位於 T_i 中， $n_j \in T_i$ ，例如在圖二中， $n_1 \cdots n_9 \in T_1$ 。所有的感測節點都是靜止不移動的，因此有穩定的無線通訊通道並且所有感測節點將此偵測的區域完全覆蓋。

所有感測節點將有兩種狀態：轉送狀態(forwarding state)和感測狀態(sensing state)。所有感測節點狀態的轉換是由於接受到不同的控制訊息所造成的，由於資料收集中心所發送的控制訊息有觸發(trigger)和釋放(release)兩種，在轉送的狀態中，感測節點只會將接收到的資料做轉送的動作，如果有一個感測節點從資料收集中心接收到一個觸發訊息，這時感測的功能就被觸發了，那麼這一個感測節點的狀態就由轉送狀態轉變成感測狀態。然而在感測狀態時，感測節點將所收集到的資料透過它的鄰居節點將資料傳送到資料收集中心，如果感測節點在感測狀態時接收到要轉送的資料，那麼感測節點就會將所接收的資料和感測節點所感測的資料，經過資料聚集、壓縮後再將資

料傳送到資料收集中心。當完成感測任務之後，資料收集中心將發送一個釋放的控制訊息，將感測狀態再轉變回轉送狀態。

在路徑的建立上，是根據感測節點與感測節點之間的距離，感測節點會挑選離它最近的鄰居節點。在同個叢集之中，我們從離資料收集中心較遠的感測節點到離資料收集中心最近的感測節點之間建立了一條虛擬路徑(virtual path)，虛擬路徑是由多條的虛擬鏈結(virtual link)所組成的，虛擬路徑必須穿越叢集內所有的感測狀態之感測節點，因此多條虛擬鏈結的結合會形成鏈狀或是樹狀的架構。每一個感測狀態之感測節點將聚集本身所感測的資料和從鄰居節點所接收到的資料，再透過虛擬路徑將所聚集處理後的資料傳送到資料收集中心。



圖二、資料聚集的路由排程設計。

路徑建立完成之後，如圖二所示，為資料聚集的路由排程設計。我們在每一個叢集中找出離資料收集中心最近的感測狀態之感測節點 E_i ，例如 $E_1 = n_9$ 。在 E_i 到資料收集中心建立一條虛擬鏈結並且把它加入到虛擬路徑中(VP_i)，而且 E_i 到資料收集中心的虛擬鏈結是挑選最短路徑，換句話說，就是每一個 E_i 會挑選最接近它的鄰居節點，以增加資料聚集的程度，例如 E_7 到 E_8 的虛擬鏈結將取代了 E_7 到資料收集中心的虛擬鏈結。我們採用無基礎式需求距離向量路由協定來達成虛擬鏈結的建立，為了保持系統的彈性，亦可以使用其他的路由機制去取代無基礎式需求距離向量路由協定，像動態來源路由協定、循序的目的距離向量路由協定或者是新穎的路由機制。以下為我們所提出的路由機制的演算法：

演算法：資料聚集路由方法

(1) $m_i = 0$, for $i = 1, 2, \dots, n$

//所有感測節點的狀態都設為轉送狀態。

(2) $C_i = \{n_j | n_j \in T_i, \forall j = 1, \dots, n\}$, for $i = 1, \dots, 8$

//分群(clusters)。

(3) $M : \{m_k = 1 | k = 1, \dots, n \wedge n_k \in \eta\}$

// η 為有感測功能的感測節點之集合，資料收集中心傳送控制訊息 M 通知某些特定的感測節點並且觸發它們的感測功能。

(4) $VP_i = \{L_{n_j n_k} | \forall d_{n_j n_k} < d_{n_j n_l} \wedge n_j, n_k, n_l \in T_i \wedge (m_j = m_k = m_l = 1)\}$

//根據感測節點與感測節點之間的距離(最短路徑)建立虛擬路徑， $d_{n_j n_k}$ 為感測節點 j 到感測節點 k 的距離。

(5) $E_i = \{n_j | \forall d_{n_j n_s} < d_{n_k n_s} \wedge n_j, n_k \in T_i \wedge (m_j = m_k = 1) \wedge n_s \in S\}$

// n_s 為資料收集中心，在每一個叢集中挑選離資料收集中心最近的感測節點 E_i 。

(6) $VP_i = \{VP_i \cup L_{E_i n_s} | \forall i = 1, \dots, 8\}$

//合併 $L_{E_i n_s}$ 和 VP_i 。

(7) 合併所有的 $VP = \{\cup VP_i, \forall i = 1, \dots, 8\}$

3.1 等級式的資料聚集

由於感測節點的主要電力為電池供電，所以沒有任何的充電能力，因此感測節點的能源會隨著啟動時間的增加而減少，這是因為感測節點進行感測、運算、接收和傳送資料所造成的能源消耗。其中，感測節點最主要的能源消耗就是資料的傳輸。因此當感測節點在特定的區域偵測到資料時，會先將資料傳送到聚集節點去除相同的資料，再由聚集節點傳送資料到資料收集中心。換句話說，就是透過等級式的資料聚集減少傳輸的資料量和傳送的次數，達到節能的效果。本文所使用的電力消耗模型[4]如下：

一個感測節點(n_i)接收 k 位元訊息所消耗的能源是

$$R_x = \varepsilon_{elec} * k \quad (1)$$

一個感測節點(n_i)傳送 k 位元訊息到另一個感測節點(n_j)所消耗的能源是

$$T_{x_{i,j}} = R_x + \varepsilon_{amp} * k * d_{i,j}^2 \quad (2)$$

其中， ε_{elec} 是接收器和發射器電路所需要的能源， ε_{amp} 是放大器傳送單位元所需要的能源， $d_{i,j}$ 是感測節點 n_i 到感測節點 n_j 的距離。

根據上述的方程式(1)和(2)，我們的方法不僅只是試著縮短傳輸的距離而且也要減少所要傳送的資料量。

在無線感測網路中，資料融合或聚集是一個不可缺少的資料處理，基本概念就是融合來自不同的感測節點所收集到的資料，消除多餘的資料。在本文中，我們提出了等級式的資料聚集，以溫度的監測為例，一旦在特定區域中的感測節點收到資料收集中心所送出的觸發訊息時，那時候感測節點就會進行溫度的偵測並且傳送一個溫度通知的封包到其它鄰近的感測節點，這個溫度通知封包的格式為 $\{Type, ID, Function, Value\}$ 。 $Type$ 顯示感測節點的狀態，如果感測節點是轉送狀態，那麼值就設為 0；如果是感測狀態，那麼值就設為 1。 ID 就是傳送這個封包的感測節點之編號。 $Function$ 就是當資料收集中心傳送觸發訊息給某些特定的感測節點，這些特定的感測節點要執行什麼種類的任務，我們假設要偵測溫度值設為 1、偵測氣壓值就設為 2、偵測濕度值就設為 3、若要同時偵測溫度值跟氣壓值就設為 4 等。因此， $Function$ 的值可以依照使用者的需求做設定。 $Value$ 就是感測到資訊的等級。例如， $Function$ 值為 1 且 $Value$ 值為 3，表示感測節點所偵測到的溫度是介於 30°C 到 40°C。

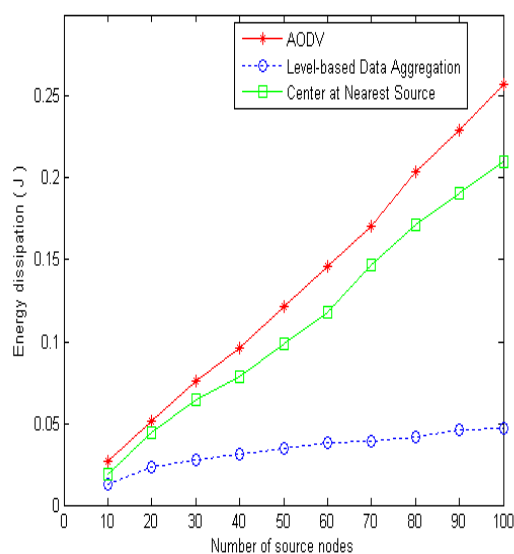
在等級式的資料聚集設計中，以溫度監測為例，我們將感測節點所偵測到的溫度分為五個等級，0°C 以下為等級 0，0°C 到 20°C 為等級 1，20°C 到 30°C 為等級 2，30°C 到 40°C 為等級 3，40°C 以上為等級 4。偵測區域中的感測節點會以週期性的方式收集感測的資料(溫度的數值)並且將資料暫存到緩衝區(buffer)中，等到感測節點收集到一定數量時，就會將資料經由融合與壓縮後，再回傳到資料收集中心，達到減少傳輸資料量的效果並且能有效的減少傳輸所消耗的能源和頻寬的使用。此外，當有緊急的情況發生(例如，火災)，溫度突然上升到等級 4 時，感測節點會將目前已收集到的資料，不管是否有收集到一定的數量，它都會立刻將已經收集到的資料和發生緊急狀況時所偵測到的真正值(例如偵測到的溫度是 100°C)一起傳送到資料收集中心，讓使用者可以迅速的知道有火災的發生。

4. 模擬結果

在這個部份，我們隨意佈署了 100 個感測節點在 100 公尺*100 公尺的區域中，每一個感測節點都有 10 公尺的傳輸範圍，首先，資料收

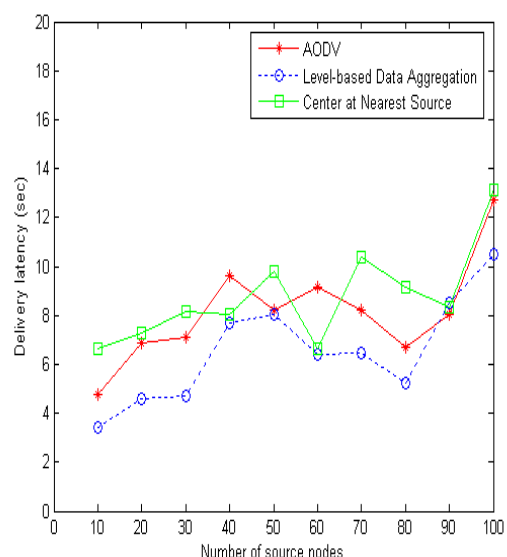
集中心一開始會觸發10個感測節點擔任感測溫度的來源節點，以此遞增至100個感測節點並且將資料收集中心放置在座標為(50,50)的位置上，為了要驗證我們所提出的方法，我們使用網路模擬器(NS-2) [19]來分析效能，對於我們模擬結果包含以下三個部份：(1)運作時所消耗的能源、(2)延遲的時間與(3)所需的通訊鏈結數，其中能源消耗是包括了所有感測節點所接收和傳送資料所消耗的能源，而延遲時間是在所偵測的區域內所有感測節點將感測到的資料傳送至資料收集中心所花費的時間，通訊的鏈結數是在運作中所花費的鏈結數，也就是所謂的傳送次數。來源節點會以週期性的方式獲得感測的資料，所以我們假設使用固定位元速率(Constant Bit Rate, CBR)為512位元(bits)。我們設定每一個感測節點一開始的能源為10焦耳(J)並且傳送和接收感測資料所消耗的電力分別為0.66毫瓦特(mW)和0.395毫瓦特，模擬實驗的時間為100秒。

能源消耗包括所有感測節點接收和傳送資料所消耗的電力，如圖三所示。可看出我們所提出的方法比無基礎式需求距離向量路由協定和最靠近資料收集中心的聚集方法更有效地減少能源的消耗，隨著來源節點數目的增加，節省的能量就越多，這是因為資料聚集的效果。雖然最靠近資料收集中心的聚集方法也有資料聚集的功用，但是由於資料聚集的感測節點較少，所以節能的能源就較少。根據模擬的結果，我們的方法在所有的實驗中能源消耗都低於 0.05 焦耳，這表示我們的方法是低能源的消耗。



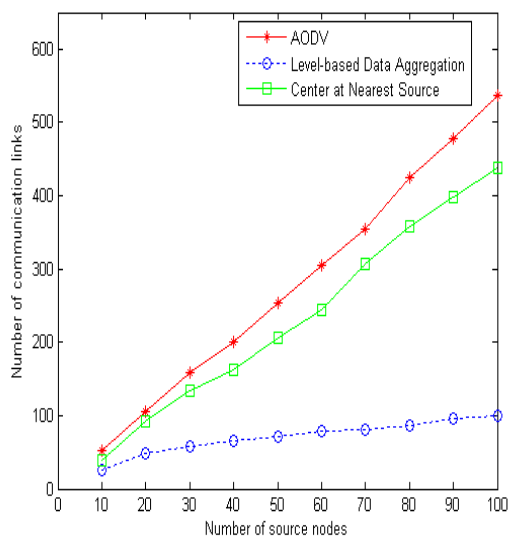
圖三、能源的消耗

延遲時間就是在所偵測的區域內所有感測節點將感測到的資料傳送至資料收集中心所花費的時間，換句話說也就是所有來源節點的回應時間。如圖四所示，在所有實驗中我們的方法有較短的延遲時間，當來源節點數目增加時，我們的方法都比最靠近資料收集中心的聚集方法(CNS)有較短的延遲時間，在來源節點 30, 70 和 80 中，我們的方法能減少延遲時間分別為 3.47, 3.90 和 3.89。並且在來源節點 20, 30 和 60 中，我們的方法比無基礎式需求距離向量路由協定減少延遲時間分別為 2.32, 2.40 和 2.78 秒，但是在來源節點為 80 個時，我們的方法卻增加了 0.5 秒，這是因為所有的感測節點被觸發為來源節點，每一個來源節點都會找一條最短的虛擬鏈結傳送資料到資料收集中心，由於來源節點沒有等待的機制，因此會增加資料的傳送次數進而導致較高的能源消耗，在往後的工作我們將解決這個缺點。



圖四、傳送的延遲時間

由於隱藏節點的問題會造成資料碰撞，導致傳送的失敗，雖然利用請求傳送封包(Request To Send, RTS)和允許傳送封包(Clear To Send, CTS)解決了隱藏節點的問題，兩個感測節點的傳輸成功率將會影響傳送的次數。如圖五所示，在所有的實驗中我們的方法都比無基礎式需求距離向量路由協定和最靠近資料收集中心的聚集方法有較少的傳輸次數，在來源節點 10, 50 和 100 中，我們的方法能減少傳送的次數，分別由 52, 254 和 537(AODV)以及 39, 206 和 438(CNS)減為 26, 72 和 100。模擬結果顯示我們的方法能有效的節省能源和頻寬的使用。



圖五、鏈結的個數

5. 結論

因為感測節點一般都受到能源的限制，所以每一個感測節點很少會直接傳送資料到遙遠的資料收集中心，因此，在真實的環境中以單一跳躍(single-hop)的感測網路是不可行的，必須傾向於多重跳躍(multi-hop)的感測網路，因此我們在無線感測網路下提出等級式的資料聚集的路由機制。利用地理資訊將區域劃分為八個叢集，使用虛擬鏈結和最短路徑的觀念，提供一條等級式的資料聚集的虛擬路徑，將收集到的資料經融合、壓縮後再傳送到資料收集中心，減少傳輸量和傳輸次數，達到節省能源的效果和頻寬的使用進而改善網路的生存時間。模擬結果也顯示我們所提出的方法是低能源消耗和低頻寬使用。

參考文獻

- [1] M. Sekine and K. Sezaki, "Hierarchical Aggregation of Distributed Data for Sensor Networks," *IEEE Region 10 Conference (TENCON 2004)*, vol. 2, pp. 545-548, Nov. 2004.
- [2] C. Intanagonwiwat, D. Estrin, R. Govindan and J. Heidemann, "Impact of Network Density on Data Aggregation in Wireless Sensor Networks," *22nd International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 457-458, Jul. 2002.
- [3] C. Li, M. Ye, G. Chen and J. Wu, "An Energy-efficient Unequal Clustering Mechanism for Wireless Sensor Networks," *International Conference on Mobile Adhoc and Sensor System*, pp. 1-8, Nov. 2005.
- [4] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 2, pp. 1-10, Jan. 2000.
- [5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann and F. Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 11, no. 1, pp. 2-16, Feb. 2003.
- [6] M. Ditzel and K. Langendoen, "D3: Data-Centric Data Dissemination in Wireless Sensor Network," *The European Conference on Wireless Technology*, pp. 185-188, Oct. 2005.
- [7] H. Luo, F. Ye, J. Cheng and S. Lu, "TTDD: Two-tier Data Dissemination in Large-scale Wireless Sensor Networks," *In ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 161-175, Apr. 2002.
- [8] J. Homsberger and G. C. Shojha, "Geographic Grid Routing for Wireless Sensor Networks," *International Conference on Networking, Sensing and Control*, pp. 484-489, Mar. 2005.
- [9] D. Niculescu and B. Nath, "Ad hoc Positioning System," *IEEE Global Telecommunication Conference*, vol. 5, pp. 2926-2931, Nov. 2001.
- [10] H. C. Chu and R. H. Jan, "A GPS-less, Outdoor, Self-positioning Method for Wireless Sensor Networks," *Journal of Ad Hoc Networks*, vol. 5, no. 5, pp. 547-557, Jul. 2007.
- [11] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," *2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 90-100, Feb. 1999.
- [12] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer and S. R. Das, "Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing," *IETF Mobile Ad Hoc Networks Working Group*, RFC 3561, Jul. 2003.
- [13] U. Lee, S. F. Midkiff and J. S. Park, "A Proactive Routing Protocol for Multi-Channel Wireless Ad-Hoc Networks," *International Conference on Information Technology: Coding and Computing*, vol. 2,

- pp. 710-715, Apr. 2005.
- [14] F. Zhao, X. Zhan, Y. Yao and B. Yi, "An Enhanced Reactive Dynamic Source Routing Algorithm Applied to Mobile Ad Hoc Networks," **International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, vol. 2, pp. 771-775, Sept. 2005.
- [15] X. Zhang and L. Jacob, "Multicast Zone Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Wireless Networks," **28th Annual International Conference on Local Computer Networks**, pp. 150-159, Oct. 2003.
- [16] L. Krishnamachari, D. Estrin and S. Wicker, "The Impact of Data Aggregation in Wireless Sensor Networks," **22nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops**, pp. 575-578, Jul. 2002.
- [17] S. Lindsey and C. S. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems," **Aerospace Conference**, vol. 3, pp. 1125-1130, Mar. 2002.
- [18] H. Sabbineni and K. Chakrabarty, "Location-aided Flooding: An Energy-efficient Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks," **Journal of Computers**, vol. 54, no. 1, pp. 36-46, Jan. 2005.
- [19] The Network Simulator – ns-2,
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>