

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫一：適用於行動裝置之前瞻功率認知系統設計(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2220-E-009-024-

執行期間：92年11月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系

計畫主持人：陳健

共同主持人：溫瓊岸

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

適用於行動裝置之前瞻功率認知系統設計

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2220-E-009-024-

執行期間：92年11月01日至93年7月31日

計畫主持人：陳健

共同主持人：溫瓊岸

計畫參與人員：王獻綱，徐勤凱，林俊源，劉上群，陳諮翰

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學資訊科學系

中華民國 93年 5月 27日

1.摘要

由於無線網路的特性，行動裝置均受能源的限制，在電池技術發展遲緩的情況下，如何降低行動裝置的耗電量，使整個網路的存活期更長久，是決定一個網路是否存在的關鍵。其中隨意網路了因具備快速的佈署、允許行動裝置有行動性 (Mobility)及自我組織 (Self-Organization) 等特性，因此我們選擇以隨意網路為無線網路環境，模擬其省電效能。

就省電的角度而言，每一層均可有不同的改善方法。本報告針對媒體存取層及網路層提出省電的解決方案，媒體存取層的省電方案已有一些有效的方法提出，但仍然存在一些改進的空間，因此我們將目標放在改進現有協定。而網路層的路由協定由於無線的特性，大多遭遇到廣播風暴的問題，因此我們將目標放在降低此問題所產生的能源耗損問題。

我們已完成與媒體存取層及網路層相關的文獻探討，並建立了 ns2 的模擬環境，在下一個年度將針對省電的協定及演算法，分析其模擬結果。

Comparing the prosperity of wireless technology, the development of battery technology is far behind. In order to extent the life time of mobile devices, the problem of power management is a challenge. The emerging of a "mobile ad hoc network" (MANET) is an autonomous system of mobile routers connected by wireless links. In order to extent lifetime of MANET, it requires each mobile router be able to operate long enough with limit battery power. In this report, we have surveyed the power saving techniques for the mobile routers. We focus on power management for both the router Media Access Control (MAC) layer and router network layer. In MAC layer, there are already some effective methods have been proposed. However, there is still some room for improvement. We will target on improving existing protocols. Unlike wireline routing, the wireless routing protocols are mostly suffered broadcast storm problem. Therefore, in network layer we target on reducing energy consumption due to broadcast storm. We have finished the literature survey and build a NS-2 simulation environment as a foundation for the further power saving research.

關鍵詞：隨意網路，行動裝置，能源，省電，效能，網路層，媒體存取層。

2.研究目的

一個網路最基本的要求，就是要通。當一個無線網路有愈來愈多的點能源耗盡，就可能發生網路連結中斷的情況，而這是所有使用者最不樂見的情況。而就省電的角度而言，從實體層到應用層都有改進的空間，本論文的研究目的鎖定在媒體存取層(MAC Layer)與網路層(Network layer)，以相輔相成的方式達到省電的目的。

在媒體存取層許多有關於省電的協定已經被提出，我們將選擇常用的協定，並以”改進省電效能”為主要目的。在網路層方面。現存的無線網路路由協定大部分都遇到一個共同的問題--廣播風暴，在無線網路環境下傳輸是相當耗電的，因

此我們將針對”改善現存的問題”這個方向努力。

3.文獻探討

3.1 媒體存取層

在現行的乙太網路中，每個節點要一直監聽媒介層，以判斷是否能傳送資料或有無資料訊框(Data frame)傳送給自己；但在隨意網路中為了節省電源，使無線裝置周期性的進入休眠狀態，我們可以從圖 1 中清楚的看出電力使用的情況，很明顯地有超過 50%以上的電力用在監聽(channel monitoring)[14]。因此，最好的情況是，增加休眠的時間並相對減少監聽的時間，如此一來便可以節省相當數量的電力。



圖 1：能源比例圖

我們可以透過排程的方式，讓無線網路中的節點不用一直醒著，而是週期性的在監聽及休眠狀態中轉換，以節省電力。因為節點知道自己以及其他節點何時監聽、何時休眠，所以當節點想傳送資料的時候，便可以在目標節點醒著的時候將資料傳送過去。必須事先透過同步的動作才能排程，否則每個節點的時間不一致，時間的偏移將導致排程失去效果。要達成節點之間的同步，可以分為全域同步(Global Synchronization)以及區域同步(Partial Synchronization)兩種方法，不過要在隨意網路中達到同步其實是相當不容易的一件事情，因此也有非同步(None Synchronization)的方法被提出。

3.1.1 全域同步

就像情報片中常做的對時一樣，如圖 2，先在無線網路中選擇一個節點 A，其它節點都以 A 為標準，進行對時的動作，之後網路中的所有節點便都擁有同樣的時間，安排監聽與休眠時間時不必擔心時間偏移的問題。但當網路中結點數量大時，對時的訊息數量會很大，且需要較長的時間。

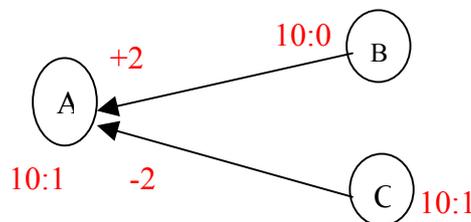


圖 2：對時

3.1.2 區域同步

基於隨意網路的特性，要達到全域同步並不容易，因此提出了區域同步的觀念。區域同步將節點分成數個區域，每個區域內選擇一個節點作為

協調者 C(Coordinator)，節點只要各自與區域內的協調者同步即可，此外每個區域中需有一些轉送節點 R(Relay node)，了解鄰近區域的時間，以解決跨區傳送封包的需求。如圖 3，每個虛線圈起來的範圍為一個區域，黑色節點為協調者，灰色節點為轉送節點。達成小範圍的同步比全域同步容易的多，且區域所需的時間也較短，因此可行性較高。

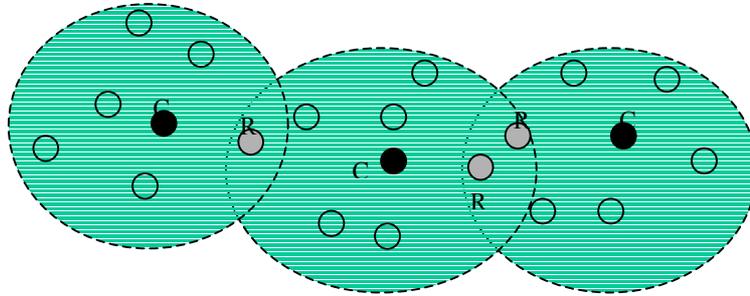


圖 3：區域同步示意圖

3.1.3 非同步

隨意網路中，達到同步是很困難的，在[15]中，提出了 DAI、PFAI、Quorum-Based 等三種協定。在這些協定中，節點之間並不需事先同步，而是透過數學的計算，讓每個節點有重疊的監聽時間，進而可以進行封包的交換，如圖 4 就是一個 Quorum-Based[16]的例子。將一個存取媒介週期分為 16 個時槽(time slot)，node1 與 node2 分別在著色的時槽醒來監聽或傳送資料訊框，由圖可見，兩個節點有同時都是醒來的時候，因此兩節點間可以順利的傳送接收資料訊框，而且當兩個節點有時間上的偏移時，在一個傳送週期內，仍會有同時醒來的時候。

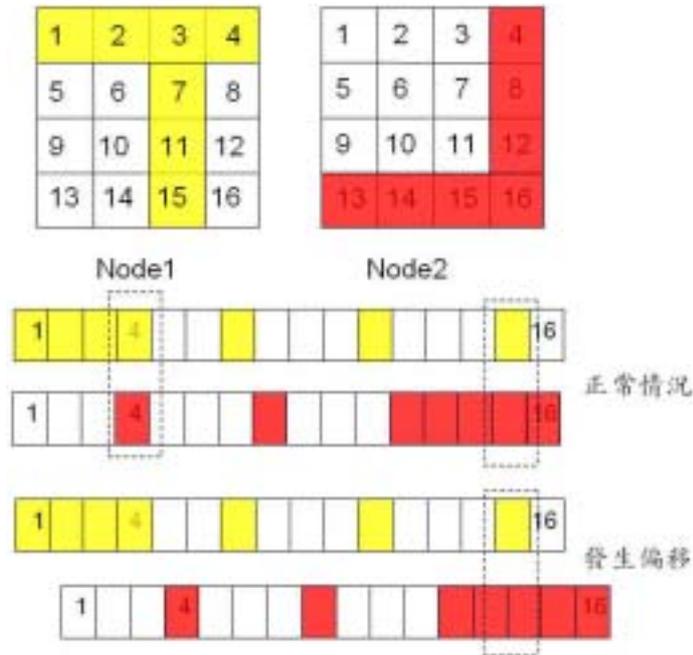


圖 4：Quorum-Based 示意圖

3.2 網路層

研讀了許多隨意網路路由協定的論文，可分為三大類—On-demand、Table-Driven 以及 Hybrid 模式。On-demand 又稱為 Reactive protocol，如：DSR、AODV、ABR、LMR 等等。有資料要傳送時才建立路由。在網路拓樸變動性大時，有較佳的傳輸效率，但每次都要重新建立路由，使得點對點延遲時間較長。Table-Driven 又稱為 Proactive protocol，這類的協定有 DSDV、WRP、OLSR 等等。顧名思義這類協定會先蒐集整個拓樸的資訊來建立路由表，接下來再週期性的交換彼此的路由資訊來更新路由表。Hybrid 綜合 On-demand 與 Table-Driven 協定的特點，將整個網路分為數個叢聚 (Cluster)，叢聚內的節點相互溝通用 Table-Driven 協定，叢聚與叢聚間溝通則用 On-demand。每個叢具有一個叢聚管理者(Cluster head)與數個負責對外溝通的閘道節點(Gateway node)。

早期發展隨意網路路由協定時，重點在於解決隨意網路拓樸的變動性、路由可靠度等等問題，而這些著名的路由協定並未考慮能源因素，因此有許多論文就以這些協定為基礎，加上低能源損耗的量測標準(Metrics)，以達到節省能源的功效。

隨意網路中，過多的廣播封包也是一個極大的問題，尤其當網路節點數量越大時越嚴重。每一次傳送接收都需耗費電能，因此如何避免造成廣播風暴(broadcast storm)也是一個極重要的課題。

[17]提出在網路中選出最弱控制群組(weakly connected dominating sets)來達到此一目標。在每個節點只知道自己 2-hop 鄰居情形下，找到能覆蓋整個網路的最少節點數，這些節點定義為叢聚管理者，只有叢聚管理者能傳送廣播封包，非叢聚管理者不可將收到的廣播封包再廣播出去，因此能減少廣播封包而達到節省電源的目的。

[8,TRANSFER]改善 Hybrid 傳輸方式—沒有固定的叢聚限制。這個方法使每個廣播封包只能被三個節點轉送，並且朝著最分散的方向送去，用最少量廣播封包覆蓋整個網路，以期能減少過多廣播封包造成的電源損耗。如圖 5 所示，A 節點欲傳送資料訊框，先選擇 R1 為其轉送點，再由 R1 與 A 找出 R2 與 R3，最後由 R1、R2、R3 轉廣播封包。



圖 5：TRANSFER (1)=1-hop (2)=1-hop

4. 研究方法

4.1 媒體存取層

由上述的論文研讀，我們知道電力主要耗費在 listen、retransmission、overhearing 以及 protocol overhead [9]。因此我們歸納出幾個低耗電 MAC 協定的準則，如果要設計省電的 MAC 協定至少必須包含下列規則的其中一項：

4.1.1 最少碰撞和重傳

在隨意網路中有很著名的 Hidden Node, Exposed Node[10]的問題，也有許多的協定是針對這樣的問題來解決的，例如 BROADEN[11]、AACA[12]、ICSMA[13]等。這些協定主要都是盡量避免封包的碰撞，因為碰撞會帶來封包的重傳，導致不必要的電力消耗以及增加傳輸的時間。

4.1.2 最少傾聽時間(Listen time)

有超過 50%以上的電力是浪費在傾聽上，因此減少傾聽的時間來節省電力是非常需要的。此外如果採用部分同步的方式，那麼如何選定協調者，避免某些節點電力過低，也是一項重要的考量。

4.1.3 最少控制負擔

由於隨意網路採用了很多控制用的封包，因此有一大部分的電力也是浪費在處理控制封包。如果能降低控制封包的傳送數量，那麼便可以節省電力。又或者是可以將控制封包壓縮，減少封包的長度以減少封包傳送與接收的時間，進而達到省電的效果。

目前有關於省電的協定已經被提出很多了，所以我們初步的想法是，選定幾個“引用機率很高的協定”以及“最近一年才被提出的協定”來做為改進的目標，希望能從中找出可以改進的地方。

4.2 網路層

以 DSR 為例，在做路徑選擇時，首先要以泛濫(Flooding)的方式將路由需求(Route Request)發送出去，如下圖 6 所示。以泛濫的方式傳送此路由需求勢比耗費相當的電力，最壞的情況，會變成整個網路只是這些控制訊息在傳送，而無法傳送資料。因此如果能針對這種現象來改進，使得只要用少量的控制訊息來達成路由的建立，也是可以省下可觀的能源。目前提出減少控制訊息最常見的方法為部分轉送。

部分轉送為了減少整個網路上廣播封包的數量，節點收到廣播封包後不一定會轉送這個封包，最簡單的做法是定義轉送機率，每個節點收到廣播封包後有 p 機率再轉送出去， $1-p$ 的機率拒絕轉送，但若往目的方向的封包正好都拒絕轉送，可能會無法找到目的節點而增加失敗率，因而有許多改進的方法提出。

如何能減少轉送封包又能涵蓋最多節點呢？許多文章提出解決的方

案，一部分假設事先知道每個節點的相對位置，再根據這些資訊將封包轉送往正確的方向，但在可變拓撲環境下便不適用，而且要如何知道每個位置的相對位置也是一個問題；在[6]提出假設每個節點上裝置有 GPS 定位系統，因此可以知道對方位置，再用這些資訊算出該傳送出去的角度，達成減到封包數量的目標，但每個節點上都裝有 GPS 的成本太高。在[8]預設每個節點知道所有距其 n 個跳躍的所有節點，要傳送封包時源節點隨機傳送給一個距離 n 個跳躍的節點，這個被選中的節點再聯集離自己 n 個跳躍的節點與離來源節點 n 個跳躍的節點，可以使封包以較大角度擴散出去，且送出去的角度 overlap 不會太大，在大部分情況下 n 值設為 3 有較好的表現。

綜觀以上的做法，我們相信在解決泛濫問題上仍有改善的空間。我們希望能找出一個演算法，能靠著最少預先資料，如拓撲資訊、移動資訊 (Mobility pattern)，甚至不需要任何出使資料下，仍能減少封包轉送量並有效率地找到正確的路由。可能的方法為：以來源節點為圓心，將其廣播範圍分成 n 個圓錐形，每個圓錐形內只選擇一個節點為轉送點，每個被選擇的轉送節點再作一次上述動作，找到下一個轉送節點，最終將會找到目的地。因此在這個模型下，我們希望能將努力的目標放在如何將整個區域分割，並找出適合的傳送點。需要克服的問題有：每個節點如何知道自己廣播範圍內的節點、如何找到最有效率的角度、如何減少 overlap... 等等。

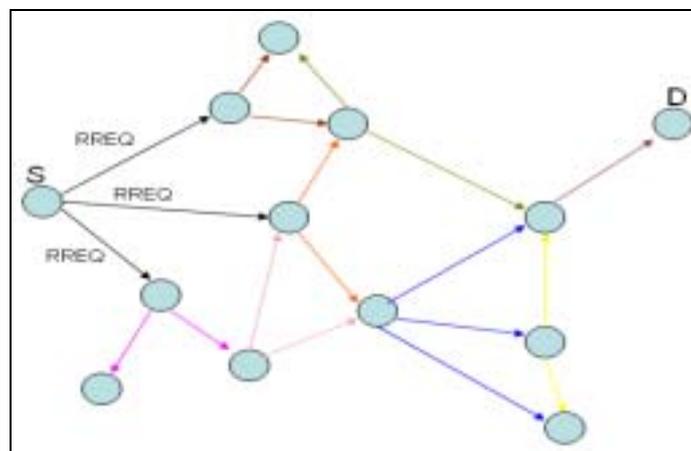


圖 6、DSR Flood problem

5. ns2 模擬環境建置

版本 ns-allinone-2.27.tar.gz

測試平台：

1. Windows XP+CygWin
2. Linux Red Hat 9

ns2 是由 VINT project 開發出來的一套網路模擬軟體，利用這套軟體，我們可以比以前更容易去模擬一個演算法，簡單的先建立起自己的情境模擬、需

要的可能網路狀況，然後設定好相關的參數、通訊協定等組態後，交給 ns2 去執行，得出一個輸出檔，再透過一些軟體如 Nam、Xgraph 的輔助，做進一步的分析，比起傳統的做法容易得多，也省了不少經費和時間，這就是為什麼我們要用 ns2 Simulator 來做模擬的原因。針對隨意網路的部分也已經將 DSR, AODV, DSDV 等著名的演算法實做完成，因此很適合用來驗證新的路由協定。

我們測試了 Windows 及 Linux 兩種平台，都可以成功建立 ns2 模擬環境，目前 ns2 最新版本為 version 2.27。下圖 7 為其中 DSR 的模擬情況，來源點 S 要跟目的點 D 通訊，因此 S 發出 Route request，以建立到 D 的路由。此圖模擬了 50 個節點，使用 802.11 的 MAC，最後用 NAM 將結果以圖形化呈現。

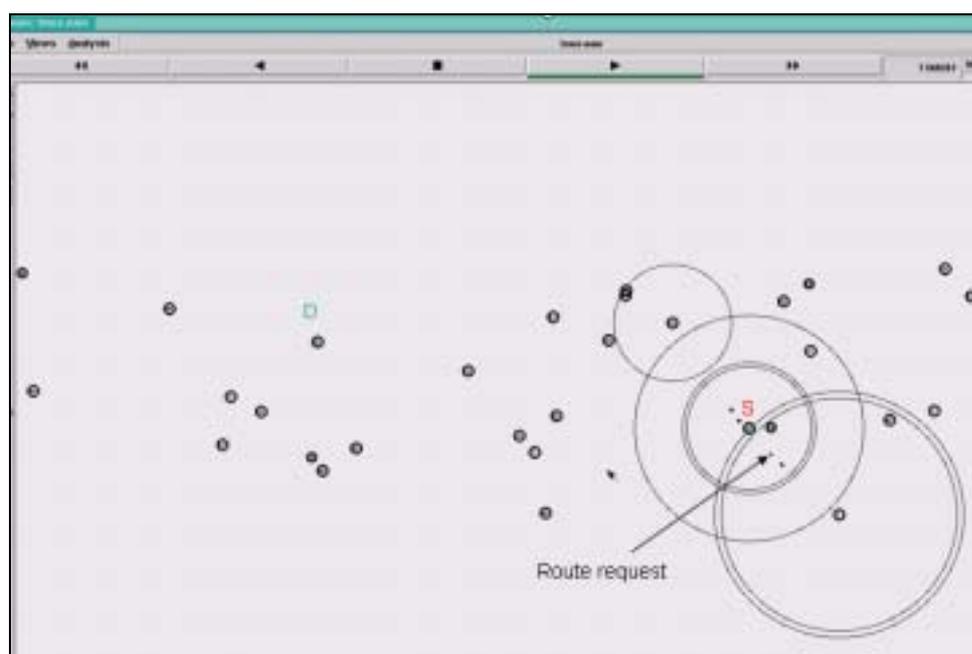


圖 7：用 ns2 模擬 DSR

6.計畫成果自評

在研讀許多已被提出的省電方法後，在網路層方面，我們把改進現存問題做為短期目標；在媒體層方面，將著重於如何減少監聽時間但仍能維持高傳輸效率。完成了相關的文獻探討及 ns2 模擬環境的建置後，在下一個年度我們將利用這個年度所得到的結果和經驗，針對“在著名的協定增加新的量測標準”及“修改已提出之協定”這兩個方向繼續努力。

執行本計畫的過程中我們也會將媒體存取層及網路層的省電特性一併考慮，希望能在彼此相輔相成的情況下，找出其最適合的搭配方式，達到更高的省電效能，甚至能提供更多的服務(如 QoS)。

隨意網路的省電路由尚是新興的一塊領域，目前所被提出的演算法我們相信都還有可改進的地方，最終目標是希望能提出一個全新的路由協定，不儘解決我們所觀察到的問題，也能省下可觀的能源。

7. 參考文獻：

- [1] Y. Xue, B. Li, "A location-aided power-aware routing protocol in mobile ad hoc networks," *IEEE GLOBECOM*, Volume 5, pp. 25-29, Nov. 2001.
- [2] C. Jones, K. Sivalingam, P. Agrawak, J.-C.Chen, "A survey of energy efficient network protocols for wireless network," *Wireless Networks*, Volume 7, Issue 4 pp. 343 - 358, Sep. 2001.
- [3] M. Maleki, K. Dantu, and M. Pedram, "Power-aware source routing protocol for mobile ad hoc networks," *Proceedings of the 2002 international symposium on Low power electronics and design Pages*, pp. 72-75, 2002.
- [4] C.-K. Toh, "Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in wireless ad hoc networks," *IEEE Communications Magazine*, Volume 39, Issue 6, pp. 138-147, Jun. 2001.
- [5] M. Domingo, D. Remondo and O. León, "A simple routing scheme for improving ad hoc network survivability," *IEEE GLOBECOM*, Volume 2, pp. 718-723, Dec. 2003.
- [6] R. Ramanathan, R. Rosales-Hain, "Topology control of multihop wireless networks using transmit power adjustment," *IEEE INFOCOM*, Volume 2, pp. 26-30, Mar. 2000.
- [7] J. Li, P. Mohapatra, "A novel mechanism for flooding based route discovery in ad hoc networks," *IEEE GLOBECOM*, Volume 2, pp. 692-696, Dec. 2003.
- [8] A. Helmy, "TRANSFER: Transaction routing for ad hoc networks with efficient energy," *IEEE GLOBECOM*, Volume 1, pp. 398-404, Dec. 2003.
- [9] W. Ye, J. Heidemann, D. Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," *IEEE INFOCOM*, Volume 3, pp. 23-27 Jun. 2002.
- [10] A. Chandra, V. Gummalla, J. Limb, "Wireless medium access control protocols," *In IEEE Surveys and Tutorials*, volume 3, 2000.
- [11] T.-T. You, C.-H. Yeh, H. Hassanein, "A new class of collision-prevention MAC protocols for ad hoc wireless networks," *IEEE ICC*, Volume 2, pp. 1135-1140, May. 2003.
- [12] K. Liu, T. Wong, J. Li, L. Bu, J. Han, "A reservation-based multiple access protocol with collision avoidance for wireless multihop ad hoc networks," *IEEE ICC*, Volume 2, pp. 1119-1123, May. 2003.
- [13] S. Jagadeesan, B. Manoj, C. Murthy, "Interleaved carrier sense multiple access: An efficient MAC protocol for ad hoc wireless networks," *IEEE ICC*, Volume 2, pp. 1124-1128, May. 2003.
- [14] W. Ye, J. Heidemann and D. Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," *IEEE International Conference on Computer Networks*, Volume 2, pp. 3-12, Jun. 2002.

- [15] Y.-C. Tseng, C.-S. Hsu, T.-Y. Hsieh, "Power-saving protocols for IEEE 802.11-based multi-hop ad hoc networks," *IEEE INFOCOM*, Volume 1, pp. 200-209, Jun. 2002.
- [16] J.-R. Jiang, Y.-C. Tseng, C.-S. Hsu, T.-H. Lai, "Quorum-based asynchronous power-saving protocols for IEEE 802.11 ad hoc networks," *IEEE International Conference on Parallel Processing*, pp. 257-264, Oct. 2003.
- [17] Y.-Z. Chen, A. Liestman, "Approximating minimum size weakly connected dominating sets for clustering mobile ad hoc networks," *International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 165-172, Jun. 2002.
- [18] W. Lou, J. Wu, "A reliable broadcast algorithm with selected acknowledgements in mobile ad hoc networks," *IEEE GLOBECOM*, Volume 6, pp. 3536-3541, Dec. 2003.