

改善行動隨意網路中 AODV 效能的 p-persistent 允入控制研究

劉宏煥 魏丞彥 劉俊成
中原大學電子工程學系
hhliu@cycu.edu.tw

摘要

在行動隨意網路(MANET)中，路由協定是重要的議題之一。最近的研究顯示，節點移動速度與節點密度之間的關係對於網路效能有嚴重的影響。當節點密度與移動速度越來越高，路由協定產生的控制封包就會越來越多，使網路越來越擁塞，導致網路的效能降低。本論文提出 p-persistent 允入控制，這種機制可以簡單有效地減少 AODV 路由協定在找路過程中產生的控制封包。本文利用 NS-2 模擬軟體證明 p-persistent 允入控制的效能，模擬結果顯示，p-persistent 允入控制可以有效改善 AODV 的效能，降低控制封包的數量，提高網路的使用率。

關鍵詞: MANET、AODV、路由協定、允入控制

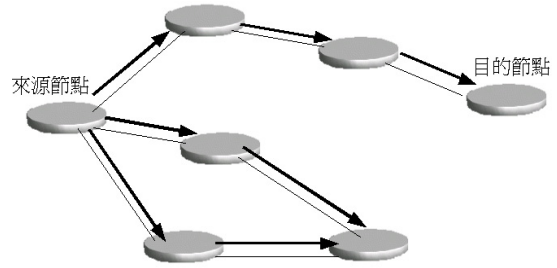
Abstract

The routing protocol is one of the important issues in the mobile ad hoc network (MANET). Recent researches show that the relation between the motion velocity and density of nodes affects the performance of the network significantly. The higher the motion velocity and density of nodes are, the more overhead that routing protocol generates. Therefore, the network is getting more and more congested, and the performance will be become deteriorated. In this paper, a p-persistent admission control is used in AODV, this method can easily and effectively reduce the overhead generated by AODV routing protocol during path discovery process. To show the efficiency of our method, we present simulations using NS-2. The results of our experiments show that p-persistent admission control can reduce the overhead and improve the performance of the network.

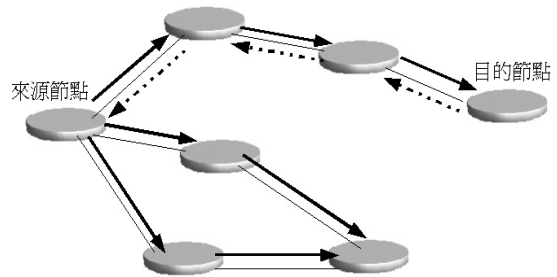
Keywords: MANET、AODV、Routing Protocol、Admission Control

I. 緒論

Mobile Ad hoc Network (MANET)是由許多可移動的節點所組成，不需基礎架構，每一個節點都具有移動的能力，可以任意組成網路。MANET 應用的地方相當廣，如軍事行動、偏遠地區醫療救援與臨時會議...等[1]。受限於傳輸半徑的限制，節點要傳輸資料到目的地，大部分都需要經過多重跳躍，加上 MAC 層的競爭以及節點移動的影響使得



(a)、來源節點廣播 RREQ 封包。



(b)、目的節點收到 RREQ 後，會回傳 RREP 封包給來源節點。

圖一、AODV 找路程序

拓撲劇烈地變化，所以設計 MANET 的路由協定存在許多挑戰。

在 MANET 中，路由協定依照尋找路徑的方式可分為 Table-driven 與 On-demand 兩種。使用 Table-driven 路由協定的節點會週期性地廣播自己的路由資訊給鄰近的節點，每個節點皆會維持與更新自己的路由表，節點之間週期性交換資訊就可以形成網路拓撲，當來源節點有資料要傳送時，會參考自己的路由表來決定傳送資料的路徑，透過 Table-driven 路由協定可以快速地找到目的節點，但週期性的資訊交換會造成網路頻寬嚴重的浪費。然而，使用 On-demand 路由協定的節點不會週期性地交換資訊，而是當節點有資料要傳送時才會啟動路由的功能，這種方法可以減少因週期性的資訊交換所造成的頻寬浪費。

Ad Hoc On-Demand Distance Vector protocol (AODV) [2]是目前最熱門的 On-demand 路由協定之一，Internet Engineering Task Force (IETF)已經制定 AODV 的 RFC 規格書，未來很有機會成為國際標準。但是，根據 Perkins 等人的研究[3]，AODV 在找路程序中產生的控制封包數量相當

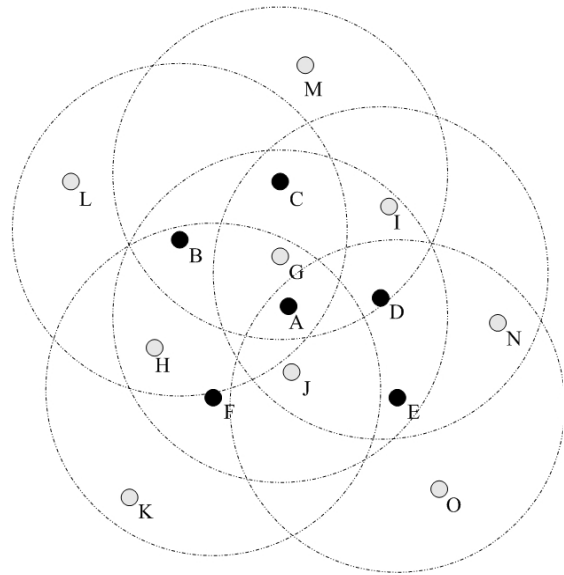
大,尤其是在高速移動與高負載的情況,這種情形使網路頻寬大部分被控制封包給佔用,導致網路效能降低。其中,Route Request(RREQ)封包佔所有控制封包的 90%,所以,該如何減少找路程序中 RREQ 的數量是我們研究的重點。本篇論文提出一種簡單有效的 p-persistent 允入控制來改善 AODV 的效能,這種方法可以降低 RREQ 封包的氾濫,提高網路使用率。

以下簡單地介紹 AODV 路由協定的程序:當來源節點有資料要傳送時,來源節點就會開始啟動 AODV 找路程序。如圖一(a),首先來源節點會廣播 Route Request (RREQ) 封包,接著收到 RREQ 封包的節點會先建立一條反向路徑指向來源節點,然後觀察自己的路由表,檢查是否有目的節點的資訊。如果有,則回傳一個 Route Reply (RREP) 封包給來源節點;如果沒有,則在 RREQ 封包的 Hop count 欄位加一,再將 RREQ 封包廣播出去。如圖一(b),當目的節點收到 RREQ 封包時,會透過反向路徑回傳一個 RREP 封包給來源節點。其中,收到 RREP 封包的節點會建立一條路徑指向目的地節點。最後,當來源節點收到 RREP 封包即完成找路的程序。每個來源節點會維持一個 Sequence number,在發出控制封包時會單調增加 Sequence number 的值,所以在找路的程序中,可以透過 RREQ 封包及 RREP 封包內的 Sequence number 來維持路徑的最新資訊。在路徑連結處於有效的情況下,AODV 會廣播 Hello message 維繫與鄰近節點的連通性,維持路徑的暢通。當路徑連結失效時,上游節點會發出 Route Errors (RRER) 到來源節點,告知路徑失效且無法修復,此時,來源節點如果還有資料要傳輸,它會重新進行找路程序。

接下來第二節說明 P-Persistent 的允入控制,第三與第四部份是系統模擬以及模擬結果與討論,最後是結論。

II. p-persistent 允入控制

根據 Royer 等人的研究[4],在低節點密度的情況下,由於路徑連結的成功率很低,來源節點無法找到目的節點,使網路效能無法提升。不過,隨著節點密度的增加,路徑連結成功的機率也提高,網路效能也會逐漸提升。但特別的是,網路效能會在某一個節點密度(臨界值)後開始下降,這是因為過高的節點密度使網路節點之間的競爭變得激烈,增加封包碰撞的機率,特別是找路時產生的 RREQ 控制封包,使網路容量達到飽和的關係。此外,隨著節點移動速度的增加,路徑斷裂的機率也會提高。路徑斷裂會造成封包的遺失,而重新找路產生的 RRER 與 RREQ 控制封包大量增加,使得網路容量輕易達到飽和,造成網路效能降低。所以,節點密度與節點移動速度對於有限的網路容量有非常大的影響,當節點密度超過臨界值,網路就已經達到飽和的狀態。所以,節點移動速度越快,臨界值就越小。針對此議題,本文提出一種簡單有



圖二、當 $T=6$, $D=10$, 來源節點 A 將 RREQ 的轉送機率設為 C 鄰近節點會根據轉送機率 P 來轉送此 RREQ 封包。

表一、模擬參數

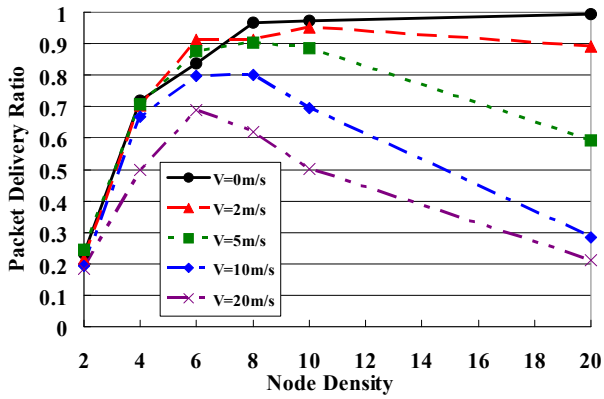
傳輸半徑 (公尺)	250	模擬範圍 (平方公尺)	2500X 2500
傳輸頻寬 (Mb/s)	2	資料類型	CBR
模擬時間 (秒)	300	來源節點每秒產生封包量	4
節點密度	2, 4, 6, 8, 10, 20	封包尺寸 (位元組)	64
來源節點數	20	路由協定	AODV

效的 p-persistent 允入控制來限制找路時產生的控制封包,提高網路的效能。

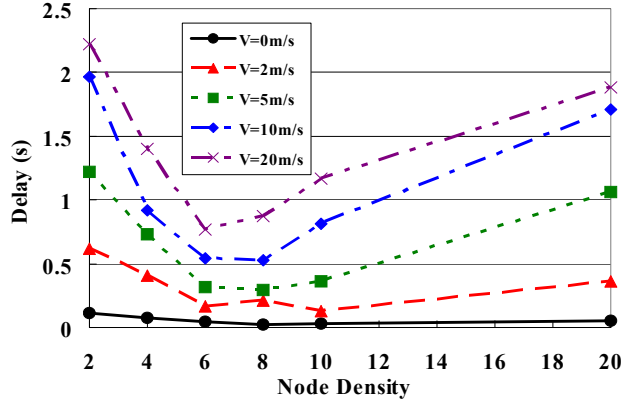
在[3]中提到,在網路傳送的封包,只有少數的資料封包,其餘大部分都是控制封包,尤其是路由協定產生的控制封包,而這些控制封包,RREQ 封包就佔了 90%。另外,路徑連結的成功率會隨著節點密度的增加而提高,然而,節點密度高過臨界點後,路徑已經不缺乏時,多餘的控制封包的氾濫,讓網路容量輕易達到飽和,而且網路容量飽和時,網路中幾乎都充斥著 RREQ 封包。我們提出的允入控制主要的概念就是根據網路的節點密度來限制 RREQ 封包的氾濫,提高網路的效能。下一節將說明允入控制的運作方式與系統模擬。

III. 系統模擬

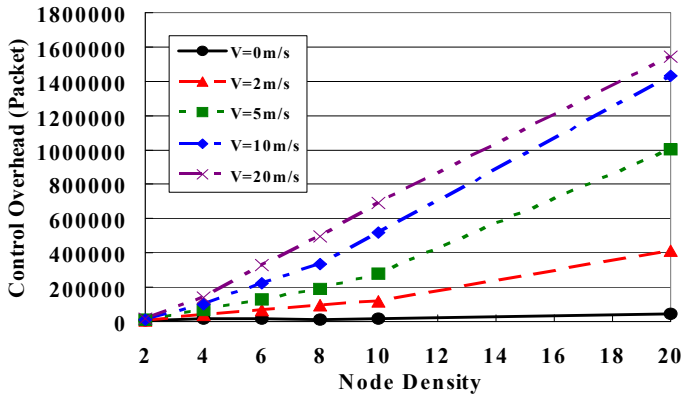
在本文中,模擬軟體使用 NS-2。首先,我們利用模擬找出節點密度的臨界值,在模擬中,假設所有的節點平均散佈在網路中,然後逐漸提高節點的密度,最後找出臨界值 T 。當來源節點有資料要傳送時,會根據路由表的鄰居節點數目加上 1 (來源節點自己),當作目前的網路節點密度 D ,然後根據 D 調整 RREQ 封包的轉送機率 P ,使 $T=D \times P$ 。最後將 P 置於 RREQ 封包預留的欄位中,然後廣播 RREQ 封包。當中間節點收到 RREQ 封包後,



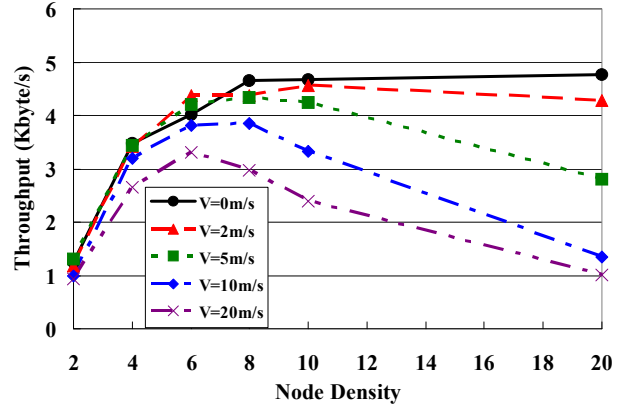
圖三、在不同移動速度下，封包交遞率與網路節點密度的關係。



圖四、在不同移動速度下，封包延遲時間與網路節點密度的關係。



圖五、在不同移動速度下，控制封包數量與節點密度的關係。



圖六、在不同移動速度下，處理量與節點密度的關係。

會根據轉送機率 P 來轉送此 RREQ 封包。如圖二，假設 $T=6$ ，當來源節點 A 有資料要傳送時，會觀察路由表，發現目前的網路節點密度 D 為 10，然後將 RREQ 的轉送機率 P 設定為 0.6，再廣播 RREQ 封包。當鄰近節點收到 RREQ 封包後，會根據轉送機率 P 來轉送此 RREQ 封包，此時，鄰近節點 B、C、D、E、F 會轉送 RREQ 封包，而鄰近節點 G、H、I、J 則會丟棄 RREQ 封包。

MAC 層的協定使用 802.11b DCF 模式，移動節點的傳輸半徑為 250 公尺，模擬範圍為邊長 2500 公尺的正方形區域，網路頻寬為每秒 2M 位元，移動節點傳輸的資料類型為 CBR，來源節點有 20 個，每個來源節點每分鐘會傳送 20 個資料封包，每個封包長度固定為 64 位元組，模擬時間為 300 秒，節點密度分別為 2、4、6、8、10 與 20，移動速度為 0.1、2、5、10 與 20，使用的路由協定為 AODV，每次模擬都會執行 10 次再求其平均。模擬參數可以參考表一。移動模型使用 Random Waypoint，其暫停時間設為 10 秒。效能評比的標準使用封包交遞率、封包延遲時間、路由控制封包量與處理量。這四個評比標準定義如下：

- 封包交遞率(Packet Delivery Ratio):目的節點接收的資料封包與來源節點傳送的資料封包的比率。
- 封包延遲時間(Delay):成功傳送的資料封包從

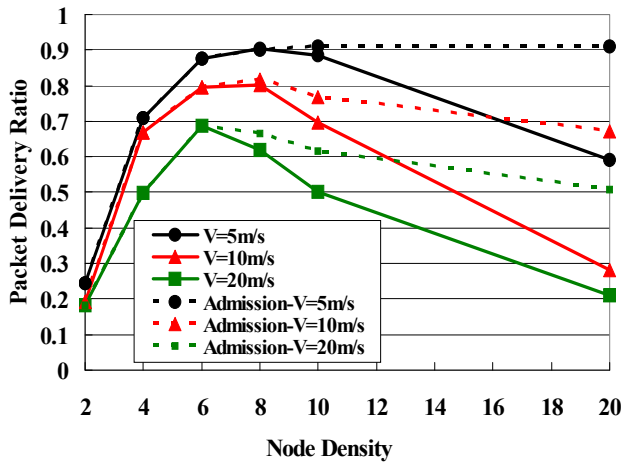
來源節點到目的節點所耗費之時間的平均。

- 路由控制封包量(Control Overhead):AODV 產生的 RREQ 封包與 RREP 封包的數量。
- 處理量(Throughput):所有目的地節點平均每秒鐘接收到的位元組。

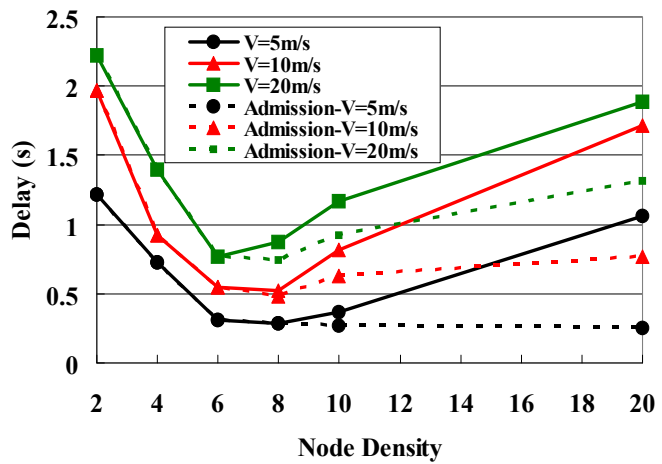
IV. 模擬結果與討論

圖三顯示使用 AODV 協定時，封包交遞率與網路節點密度的關係。很明顯的，移動速度越快，封包交遞率越低，這是因為節點的移動會使路徑斷裂的機率增加，造成資料封包遺失，降低封包交遞率。當節點靜止時，即圖中深藍色曲線在節點密度 8 之前上升的很快，在節點密度 8 之後會趨於平緩，這是因為節點密度提高使得連結成功率增加，所以封包交遞率自然會上升。而節點密度到達 8 時，連結成功率已經接近 100%，而且節點密度到 20 時，網路容量尚未飽和，所以封包交遞率都是接近 100%。圖中可以看出節點移動速度在 2m/s、5m/s、10m/s 與 20m/s 時，臨界點分別為 10、8、8 與 6。因為路徑斷裂的機率提高，重新找路產生的控制封包大量充斥在網路中，使網路容量飽和，到達臨界點，所以移動速度越快，臨界點越小。

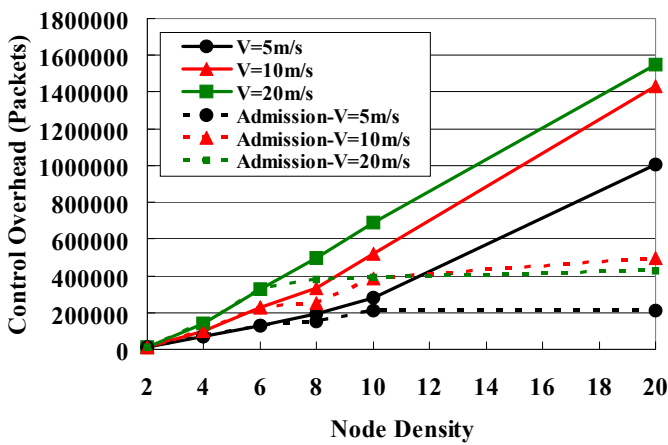
圖四表示封包延遲時間與網路節點密度的關係。很明顯的，節點在靜止時，封包延遲時間比較



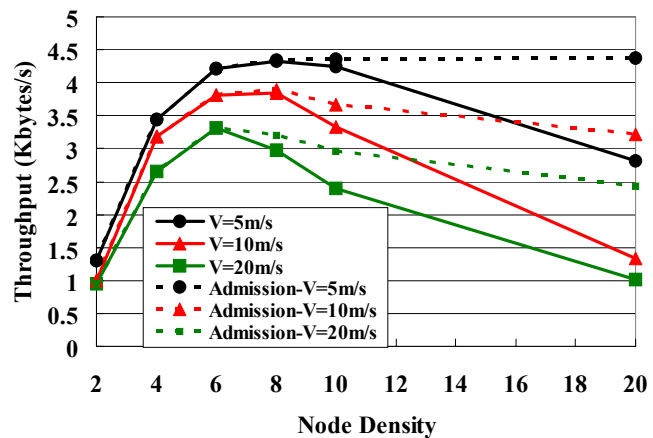
圖七、原始 AODV 與加上 p-persistent 允入控制的 AODV 的封包交遞率的比較。



圖八、原始 AODV 與加上 p-persistent 允入控制的 AODV 的封包延遲時間的比較。



圖九、原始 AODV 與加上 p-persistent 允入控制的 AODV 的控制封包量的比較。



圖十、原始 AODV 與加上 p-persistent 允入控制的 AODV 的處理量的比較。

短，而移動速度越快，封包延遲時間越長。這是因為路徑斷裂造成封包無法傳送，而封包被暫存在節點的緩衝器中，使延遲時間變長。圖中顯示，當節點移動的情況下，曲線呈現 V 型，由於節點密度低於臨界點時，提高移動速度可以增加來源節點找到目的節點的機率，但路徑斷裂頻繁，成功到達目的節點的封包需要花費很多時間在重新找路程序。當節點密度在臨界點時，節點密度增加減少重新找路花費的時間，所以延遲時間最短。當節點密度超過臨界點時，網路容量飽和，增加封包競爭時間，使延遲時間增加。

圖五表示控制封包數量與節點密度的關係。圖中顯示，移動速度越快，控制封包數量越多，因為路徑斷裂增加重新找路的機會，使控制封包大量增加。節點密度提高使得 RREQ 控制封包轉送的數量增加，當節點密度超過臨界點時，控制封包持續的增加，使資料封包無法傳送。圖六表示處理量與節點密度的關係。圖六與圖三比較可以發現封包交遞率會影響處理量，所以要提高處理量，必須先增加封包交遞率。

從圖七到圖十，實線代表使用原始 AODV 的效能，虛線代表使用原始 AODV 加上 p-persistent 允入控制的效能。圖七表示封包交遞率與網路節點

密度的關係，很明顯的，不管在哪種移動速度下，當節點密度超過臨界點後，虛線都可以維持在臨界點時的封包交遞率，因為 p-persistent 允入控制可以根據目前的網路密度動態地改變 RREQ 封包的轉送機率，減少控制封包的數量，預防網路容量飽和。所以使用 p-persistent 允入控制可以明顯地提高在高節點密度時的封包交遞率，使其維持在臨界點時的表現。

圖八表示封包延遲時間與網路節點密度的關係。同樣的，不管節點在哪種移動速度下，當節點密度超過臨界點後，虛線都可以維持在臨界點時的封包延遲時間。這是因為 p-persistent 允入控制降低 RREQ 封包的氾濫，減少資料封包競爭通道的時間。

圖九表示控制封包數量與節點密度的關係。不管節點在任何移動速度下，當網路的節點密度超過臨界點後，控制封包被維持在一定的數量下。圖十表示處理量與節點密度的關係。很明顯的，隨著封包交遞率上升，封包延遲時間減少，處理量也會跟著提高。模擬顯示，p-persistent 允入控制可以限制 RREQ 封包的氾濫，提高網路效能。

V. 結論

最近的研究顯示，節點移動速度與節點密度之間的關係對於網路效能有嚴重的影響。當節點密度與移動速度越來越高，路由協定產生的控制封包就會越來越多，使網路越來越擁塞，導致網路的效能降低。為了改善 AODV 的效能，必須降低找路過程所產生的 RREQ 控制封包，舒緩網路擁塞的程度。本論文提出 p-persistent 允入控制，這種機制可以簡單有效地減少 AODV 路由協定在找路過程中產生的控制封包。本文的模擬結果顯示，p-persistent 允入控制可以有效改善 AODV 的效能，降低控制封包的數量，增加封包交遞率，減少封包延遲時間，提高網路的使用率。

參考資料

- [1]. R. Ramanathan and J. Redi, "A Brief Overview of Ad Hoc Networks: Challenges and Directions," *IEEE Commun. Mag.*, vol.40, no.5, May. 2002, pp. 20-22.
- [2]. C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing," in *Proc. 2nd IEEE Wksp. Mobile Comp. Sys. and Apps.*, Feb. 1999, pp. 90-100.
- [3]. C. E. Perkins, E. M. Royer, S. R. Das, and M. K. Marina, "Performance comparison of Two On-Demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks," *IEEE Personal Communications*, Feb. 2001, pp.16-28.
- [4]. E. M. Poyer, P. M. Melliar-Smith, and L. E. Moser, "An Analysis of the Optimum Node Density for Ad hoc Mobile Networks," in *Proc.IEEE International Conference on Communications (ICC)*, June 2001, pp. 857-861.
- [5]. G. Ravikiran and S. Singh, "Influence of Mobility Models on the Performance of Routing Protocols in Ad-Hoc Wireless Networks," in *Proc. IEEE VTC-spring 2004*, vol.4, May 2004, pp.2185-2189.
- [6]. T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," *Wireless Communication and Mobile Computing (WCMC): Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications*, vol.2, no.5, 2002, pp.483-502.
- [7]. J. Le Boudec and M. Vojnovic "Perfect Simulation and stationarity of a class of mobility models," in *Proc. IEEE Infocom 2005*, vol. 4, March 2005, pp. 2743-2754.