

# Local-Aware Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Network System

林俊宏 (Chun-Hung Richard Lin)

國立中山大學 資訊工程系

Email: [lin@cse.nsysu.edu.tw](mailto:lin@cse.nsysu.edu.tw)

林慶豐 (Cing-Fong Lin)

國立中山大學 資訊工程系

Email: [fong@wamis2.cse.nsysu.edu.tw](mailto:fong@wamis2.cse.nsysu.edu.tw)

## 摘要

當網際網路趨近於全面性普及的今日，無線網路 (Ad-Hoc、Bluetooth、Home network...) 也挾帶其 mobility、cable replace... 等優勢洶湧而來。除了 device 本身的限制，routing protocol 是決定整個網路傳輸上 performance 的主要因素。當兩個欲通訊的 source-destination pair 其相互的距離大於彼此最大的傳輸範圍時，為適應 wireless 的環境，網際網路上著名的 routing protocol (link-state、distance-vector)，也發展出使用 Source Routing 方式的 DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector Routing)[1]，和使用 Table driven 方式的 DSR (Dynamic Source Routing) [2]、AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) [3]、ABR (Associatively-Based Routing) [4]、SSR (Signal Stability Routing) [5] 等 Routing Protocol。然而，有別於有線網路。Wireless devices 之間不但要分享有限的頻寬；並且要將自己本身有限的電能分享出來擔任溝通、forwarding 的任務，以保持整個 wireless LAN 的 connect。

本論文嘗試加入 Optimal one-hop distance[9] 的特性來選擇最合適的 intermediary nodes 並維持 Optimal Network Lifetime、藉由參考點座標來選擇 Best Routing Path 且完成在 multi-channel 環境下 channel assignment，來實做在 wireless 下 Ad-Hoc 的 Routing Protocol。

**關鍵詞：**ad-hoc、routing protocol、power consume

## 一、Introduction

在無線網路上，Pure 的 Routing Protocol 主要分成 On-demand 及 Table Driven 兩類：

採用 Table Driven 方式的 Routing Protocol 中，每個 host 均儲存了一個 Routing Table。Routing Table 的內容記錄了 host 與 host 間路徑的資訊，因此 host 經由查詢自己的 Routing Table，可得知下一步該往哪一個 host 傳送。

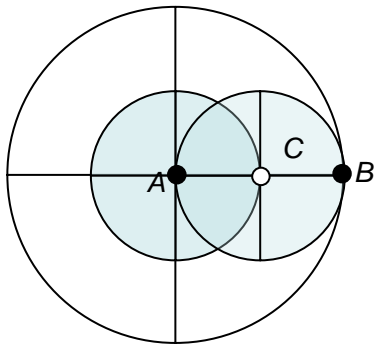
然而隨 Mobile host 的移動，Ad-hoc 無線網路環境的 topology 改變得非常頻繁，為了使 Routing Table 的資料和 topology 互相符合以維持 Link State 的正確性，host 必須定期的和周圍其它的 host 做 Routing Table 資訊的交換。因此，host 必須幫助其它 host 傳遞彼此的 Routing Table。如此才能讓每一個 host 的 Routing Table 和 Ad-Hoc 無線網路環境的 topology 互相符合。所以 host 在維護 Routing Table 的花費將會很大，但因 host 本身存有與 topology 相符合的 Routing Table，平時便知道自己與其他 host 之間的 Routing Path，因此能很快的利用 Routing Table 與 destination host 建立通訊。

採用 On-demand 的 Routing Protocol，host 在平時不去記錄 Routing Table，因此平時不需要做任何 Routing Table 的維護。唯有當某一 host 發起尋找另一 host 的要求時，才會開始建立 Routing Path。Source host 會發送 Search Packet，以 flooding 的傳播方式去尋找 Destination host，每個收到 Search Packet 的 host 都會繼續傳送此 Search Packet，在 Search Packet 中將會記錄傳播的路徑，當 Destination host 收到此 Search Packet 後，將選出較合適的 Routing Path，然後依此 Routing Path 回傳給 Source host (或是 Destination host 回傳所有路徑給 Source host，由 Source host 挑選及做備份用的 Routing Path)。由於是在有要求的情況下才去建立 Routing Path，host 本身沒有現存的 Routing Table 可利用，因此在建立 Routing Path 時將花費較久的時間；但卻省下了建立 Routing Table 的成本。

host 儲存資料的成本也由記錄整個 topology 的 Routing Table 減少為只記錄正在使用的 Routing Path。但 Search Packet 是以 flooding 的方式傳播。在 Ad-Hoc 無線網路中，這將產生大量 Search Packet flooding 的氾流，造成另一項非常耗費資源的花費。如何去減少 flooding 的花費亦成為一重要研究課題。

另外，在以往 Ad-Hoc System Routing 的研究中，每一個 device 利用固定大小的 Power

level 來傳送資料[6]。在使用 full power 來傳輸的情況下，雖然可使此路徑總 hop 數維持最少以加快傳送資料的速度。但在這種做法下，沒有考慮到電源消耗的因素，將使得一些位於 critical point device 的電源消耗殆盡，縮減整個網路的 Life-Time。在 PARO[10]中，作者嚐試利用 Overhearing Nodes 來完成 Redirecting 以解決此一問題。同時在 Single-channel 的環境下，使用 full power 建立的路徑，將會大量降低 channel reuse 的機會。



圖(一) traffic space

如上圖(一)所示，若 A、B 之間的距離為  $2r$ ，當 A 一步傳輸至 B 他會 holding 住  $4r^2\pi$  的 space(這表示：同一時間在這  $4r^2\pi$  的空間內，不能使用同樣的 channel 進行傳輸)。若我們在 A、B 之間能找出一中間點 C，把 A 欲傳送給 B 的資料透過 C 點來傳輸。則在同一時間內只會 holding 住  $r^2\pi$  的空間。而且這 hold 的比率，將隨著傳送距離半徑的平方成長。

在 GPS 的幫助下，不管是 flooding 所造成的頻寬浪費，或是 device 本身 memory 佔用的限制能夠得到改善[7][8]。但，由於 GPS 必需位在能接收三個衛星之環境下，才有辦法運做。所以在 indoor，及訊號不明的環境下，他將無法運作。又，目前 GPS 使用的不普及且成本過高，想要利用 GPS 來完成傳輸，可能還必需等待一段時間。我們將利用 GPS 定位的特性，試圖來找出每一 device 的座標。並配合 optimum one-hop distance

$$d_{OPT1hop} = \sqrt{\frac{(E_{elec} + E_{Rx})(\eta_{amp})}{(\beta)(r-1)}} \quad [9] \text{ (only depends on}$$

the propagation environment and the device parameters), 來幫助我們 optimal routing 的建立。

在本章，我們比較了各種 Routing protocol 的特性及優缺點，並說明我們如何利用 GPS 定位的方法來取得每一 Node 的位置資訊。在下一章我們將完整的描述並以實例來說明我們路徑建立的方法。第三章討論在

Multi-Channel 的環境下，有了我們參考點座標即可簡易以現有的 Algorithm 來完成 channel 的 assignment。在最後一章中，說明我們的 routing protocol 所能提供的優點及將來的工作並做結論。

## 二、Local-aware Routing Protocol

### (一) 系統假設:

- (1). 假設網路環境中之每個欲通訊的 device 均在同一平面上(近似平面)。
- (2). 在系統中的 device 是處於靜止或緩慢移動的狀態。
- (3). 在網路上的每一點，在其通訊範圍內，均可利用其所能聽到 device 訊號之強度來判斷彼此間的距離 [6]。
- (4). 每個 device 均能透過 propagation environment 和本身無線裝置特性算出對自己而言，最恰當的傳輸距離 (Opt1hop[9])。

### (二) 初使化座標系

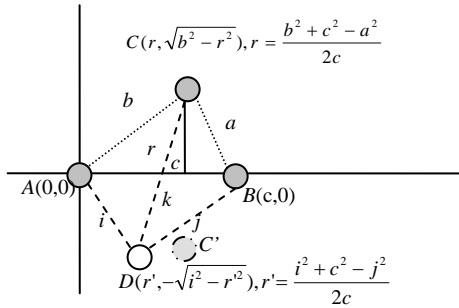
每個 device 在 initial 的時候，會先偵測空氣中的載波。故在 Network Topology 中，第一個 power on 的 device A，因為偵測不到空氣中有任何 signal。所以會將自己設定為第一個參考點座標，並將自己的座標定為(0,0)。

當第二個 device B power on 並能偵測到第一個 device 所發的訊號時。他會藉由收到訊號的強度，來判斷他與參考點 A 之間的距離(c)，並將他自己的座標設為(c,0)

第三個 device C 出現在 A、B 點的通訊範圍內，且分別與他們之間的距離為{b、a}時。由於在平面坐標系中，存在另一點 C'，C'距 A、B 兩點的距離也為{b、a}。此時，我們令最早出現在 Zone 中的第三個 device C 之方向為正。如此，我們將可以計算出他的坐標  $C(r, \sqrt{b^2 - r^2})$ ,  $r = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}$ ，如下圖(二)所示。

有了這三個參考點，我們將可以建立一座標系。這三個參考點{A、B、C}會定期的在 common 的 channel 中 beacon 自己的訊息，所以只要是出現在這區域

內的 device，均可利用分別距三參考點作標的距離來求出自己的坐標(如 device D: 求出自己的坐標並利用 k 值來判斷是否與 C 點同方向)。並在固定的時間(t)內，利用收到 beacon 來偵測自己的坐標是否有改變，並 update 自己的坐標資訊以提供最正確的資訊給參考點。



圖(二) 坐標的計算

### (三) 坐標資訊的維護

#### [三個參考點座標]

定期 beacon 自己的資訊，並將在自已通訊範圍內之 member 所回傳的資訊，記錄於 member table 中。

Beacon info:

zone	id
------	----

Member table:

Id	Zone	X	y	Opt1hop
----	------	---	---	---------

#### [each device(非 RFP)]

在固定的時間間隔內，分別聽取每一參考點 beacon info。若計算出自己坐標變動，則 update 自己的坐標資訊給最近的參考點，以保證即時資料的正確性。

由於我們考慮的環境為 single-hop destination，三參考點的移動將影響到整個 topology 上的 device 的坐標資訊。所以除了利用三個參考點互相糾正彼此的坐標外，亦可考慮在欲通訊的環境中，事先安排靜止的參考點。這樣網路中的每個 device 就可以聽此三參考點定期 beacon 的訊息，來計算自己的位置是否改變，並隨時更新最正確的坐標資訊給參考點。

### (四) Intra-Zone Area

在這裏我們先考慮欲通訊建立路徑的每一對 devices，彼此之間均處於 max one hop 的距離內。我們先以虛擬程式來說明我們路徑建的方法及過程，再舉一實例來探討。下一小節當中，我們再將環境擴充到 Inter-Zone Area。在我們的 routing protocol 中，為了達成 power 最有效的利用以及維持整個網路的 Max Lifetime。對欲建立路徑之 each hop，加入下列兩種因素的考量：

1. optimal one hop distance
2. 每一步的有效距離

當一 device 欲建立路徑來傳輸資料時，他會先向距離他最接近的參考點發出一 route require packet 來提出請求。其所發出的路徑要求封包格式如下：

route require packet :

Source ID	Destination ID	reserve
-----------	----------------	---------

參考點收到此一路徑請求封包後，會利用 Member Table 的資訊配合 LAR routing protocol 來建立路徑。並在路徑安排完成後，參考點分別通知路徑上的每一 medium node 來完成路徑的建立。

#### 1. LAR Routing Protocol

Definition :

$vector(a,b) \{ (x_b - x_a, y_a - y_b) \};$

$len(a,b) \{ \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_a - y_b)^2} \};$

//distance of point a to point b

$proj(i) = \frac{vector(i,S) \times vector(S,D)}{|vector(S,D)|};$

//length of Vector(i,S) to project a shadow in Vector(S,D)

LAR{

S = source device;

D = destination device;

Route\_tbl = {S};

While(S ≠ D){

for i = 0 to EOF

if (len(i,S) < S.Opt1hop)

add i to Uset;

let j ∈ Uset;

k = Max{proj(j)};

if k = 0{

S.Opt1hop = S.Opt1hop + δ;

break;

}//表在 Opt1hop 中沒有 device 或投影量為負

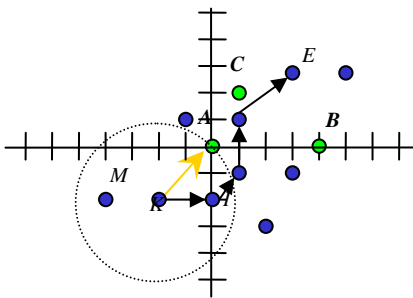
add j to Route\_tbl;  
S = j;

}  
}

## 2. Example

下面我們舉一個例子來說明我們路徑的建立過程。表(一)為參考點 A 所記錄的 member table。圖(三)為 intra-zone 上所有 member 的 topology。我們假設 device K 欲跟 device E 建立一條通訊路徑。device K 會向最接近的參考點 A 送出一 route require packet :

Source ID	Destination ID
K	E



圖(三). Intra-Zone Routing

ID	X	Y	Opt1hop
D	5	3	3.2
E	3	3	2.9
F	1	1	3.3
G	1	-1	2.9
H	3	-1	3.4
I	0	-2	3.4
J	2	-3	3.8
K	-2	-2	3.0
L	-1	-1	3.1
M	-4	-2	3.9

表(一) member table

參考點 A 執行 LAR routing protocol :

S = K, D = E;

S.Opt1hop = 3.0;

Uset = {I,M};

$$proj(I) = \frac{(2,0) \times (5,5)}{|(5,5)|} = 1.414$$

$$proj(M) = \frac{(-2,0) \times (5,5)}{|(5,5)|} = -1.414$$

$$\therefore \text{Max}\{proj(I), proj(M)\} = proj(I);$$

此時我們將 device I 加入 Route\_tbl 中，Route\_tbl = {K,I};並將 S 設為 I，重覆上述步驟直到 S = D。

最後我們將可以得到：

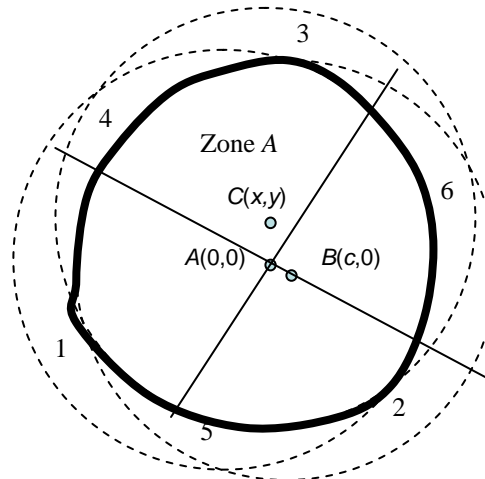
Route\_tbl = {K, I, G, F, E}

當路徑安排完成後，參考點 A 再分別通知此 route 上的 member，以完成此路徑的建立。

## (五) Inter-Zone Area

擴展 intra-zone 坐標系建立的方式及 routing 的方法。在本節中，我們將延伸到 inter-zone 以完成在更大區域中坐標系及路徑的建立。

如下圖(四)所示，若 device 均出現在 Zone A 之中，則 Intra-Zone Routing 即可完成。否則，我們以下列三種 case 分別討論 Inter-Zone 坐標的建立。



圖(四)Zone area

Case 1:

若 initial 的 device 不在 Zone {A,1,2,3,4,5,6} 中，表此一 device 在目前的情況下為一孤立點，是無法完成任何的通訊動作。此時，對此 device 我們會

以上述 intra-zone 的方式處理，另成立新的一個坐標系。

Case 2:

若 initial 的 device  $Q$  出現在 Zone{4,5,6}時。在這個時後（我們以出現在 Zone 5 來說明）， $Q$  可以聽到兩個參考點坐標{A,B} beacon 的訊息。由 2.2 中我們知道在兩個坐標點配合上距離資訊，可以求出兩個坐標點。因為  $Q$  聽不到  $C$  beacon 的訊息，所以分別計算這兩個坐標點距  $C$  參考點的距離，較遠的即為該點坐標。如此，我們可以得到{A、B、 $Q$ }這三點所形成的另一區域（坐標資訊與 Zone A 相同），即可擴大原本只能在 Zone A 中的 Routing。

當參考點所安排的 route 是跨區域時（找不到往前的一步）。由於我們各區的參考點是彼此互相連結的，所以當參考點安排到該區域邊界時，可將路徑安排的工作交由其相連的參考點繼續完成。

Case 3:

若 initial 的 device  $Q$  出現在 Zone {1,2,3}時（我們以出現在 Zone 1 來說明）。這時，若他只能聽到參考點  $A$ ，則參考點  $A$  會請求在 Zone A 中非參考點的其他 device 來協助  $Q$  點坐標的建立。若無 device 可聽到  $Q$  點，則要求到  $Q$  路徑必為  $A \rightarrow Q$ ；若有 device 能聽到  $Q$  點，則我們可以利用前段的方式來為  $Q$  點定坐標，以完成{A、B、 $Q$ }這三點所形成的另一區域（坐標資訊與 Zone A 相同）。

最後，若是 case 1.的狀況。當擁有兩群以上具不同坐標的 Zones，因為一 device power on 或 device 移動而相遇。這時後，我們可以比較在這兩群中，誰的 zone 個數比較多（可以在 zone beacon info 中加一 field 來 count 參考點的個數），來決定以那一群的參考坐標為準（轉換為統一的坐標）。

### 三、Channel assign

在 multi-channel 的環境下，以往在 Ad-Hoc 中，常見的作法是當衝撞發生時，再使用調整的機制以完成 optimal channel reuse。

在本論文中，因為我們有了坐標的資訊，這可以在 topology 中簡單的完成 channel assign 的工作。由於我們路徑安排是由參考點去規劃的，所以在參考點安排每一 hop 時，可以同時指定 channel（以中央管理的 algorithm 來完成）。

### 四、Conclusion

有別於先前學者所討論的 Routing Protocol。在我們的 Routing Protocol 中，我們為每一個 node 加入了它們在網路中的絕對坐標。有了這絕對坐標，將可使我們在 routing 上的 each hop 更容易完成：

#### 1. optimal one-hop distance :

有效的控制每個 device 所耗損的能量，以使整個 network lifetime 能達到最佳化。並同時藉由 signal-hop 傳輸半徑的降低，以避免 channel 碰撞的產生，有效的 reuse channel 完成最大的同步傳輸。

#### 2. 最有效向量的傳輸：

藉由坐標，將使得我們每一步傳送的有效向量都是最有利的（局部最佳化）。

更因為我們路徑建立的方式，是採用分散式的集中管理。這使我們能更快速完成路徑的建立，並大量減少因維護路徑資訊及在路徑建立期間，所必需 flooding packet 的量，提高網路的 throughput。

### 參考文獻

- [1] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly dynamic destination-sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers". *Proceedings of ACM SIGCOMM'94*, (1994), 234-244.
- [2] David B. Johnson, and David A. Maltz, "Dynamic Source Routing", *Mobile Computing*, 1996
- [3] Elizabeth M. Royer, Charles E. Perkins, "Multicast operation of the Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol," *Mobicom '99 Seattle Washington USA*.
- [4] C-K Toh, "A novel distributed routing protocol to support ad-hoc mobile computing", *Proceedings of 15th IEEE Annual International Phoenix Conference on Computers and Communications*, (1996), 480-486.
- [5] R. Dube, C. D. Rais, K. -Y. Wang, and S. K. Tripathi, "Signal Stability Based adaptive routing (SSA) for AD-Hoc mobile networks", *IEEE Personal Communications* (1997), 36-45.
- [6] Jeffrey P. Monks, "A Power Controlled Multiple Access Protocol for Wireless Packet Network", *IEEE INFOCOM 2001*, pp.219-228.
- [7] Young-Bae Ko, and Nitin H. Vaidya, "Loca-

tion-Aided Routing(LAR) in Mobile Ad Hoc Networks”, *MobiCom’98*, 1998. (Full paper).

- [8] Wen-Hwa Liao, Yu-Chee Tseng, and Jang-Ping Sheu, ”GRID:A Fully Location-Aware Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks”.
- [9] Priscilla Chen, Bob O’Dea, Ed Callaway,

“Energy Efficient System Design with Optimum Transmission Range for Wireless Ad Hoc Network”, *IEEE* 2002, pp.945-952.

- [10] J. Gomez-Castellanos, A. T. Campbell, M. Naghshineh, C. Bisdikian "PARO: Suporting Transmission Power Control for Routing in Wireless Ad Hoc Networks," *ACM journal*, under review.