

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫五：行動電子商務系統無線通訊協定關鍵技術之研發 與實作(3/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-002-013-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：廖婉君

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 9 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

## 行動電子商務系統無線通訊協定關鍵技術之研發 與實作

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

計畫主持人：廖婉君博士 國立台灣大學電機工程學系

共同主持人：

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

執行單位：國立台灣大學電機工程學系

中華民國九十三年八月一日

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

## 行動電子商務系統無線通訊協定關鍵技術之研發與實作 (III)

Wireless Network Protocols for Mobile Electronic Commerce Systems (III)

計劃編號：

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：廖婉君博士 國立台灣大學電機工程學系

計畫參與人員：

國立台灣大學電機工程學系

### 一、摘要

本計畫是總計劃「行動電子商務系統關鍵技術之研發與實作」下之子計畫五「行動電子商務系統無線通訊協定關鍵技術之研發與實作」之第三年計畫。

在本年度的計畫中，研究主要是藉由觀察在高密度的無線隨意網路(ad hoc network)下資料封包的傳輸行為，進而提出一數學模型來分析其封包傳送成功的機率分佈。我們發現在無線隨意網路中，當路徑選擇協定(routing protocol)為 flooding 時，其封包傳輸行為相當類似我們把一顆石頭丟入湖中所造成的連漪，而隨著連漪向外擴展，封包也隨之到達其目的地。

為了能夠有效地分析在無線隨意網路中行動電子商務系統資料的傳送，在考慮許多系統參數和節點移動模型(node mobility model)的情形下，我們提出了一個分析的數學模型來計算出其封包從出發點到達目的地所需的跳躍數(hop count)，藉由模擬我們驗證了此數學模型的正確性。並且也同時觀察了不同參數對於封包跳躍數所可能造成的影響，希望藉由此分析模型，能夠使我們在未來設計支援行動電子商務系統的無線隨意網路時，扮演更關鍵的角色。

**關鍵詞：**無線隨意網路

### Abstract

As a sub-project of the joint project entitled "A Mobile Electronic Commerce System," this project, named "Wireless Network Protocols for Mobile Electronic Commerce Systems," attempts to design wireless network protocols to enable mobile E-commerce. We will carry out this project in a three-year span.

In the third year, we studied the behavior of packet forwarding in ad hoc networks with high node density and proposed a mathematical model to analyze the probability distribution of the packet transmission hop counts. We found that in wireless ad hoc networks, when the routing protocol is flooding, the behavior of packet forwarding is analogous to the ripples radiating by dropping a stone into a lake. As ripples radiate, the packet reaches the destination.

To efficiently analyze the data packet transmission for mobile electronic commerce systems in wireless ad hoc networks, taking many system parameters and node mobility models, we proposed a mathematical model to calculate the hop count needed for the packet from the source to the destination and via numerical simulations, we verified the correctness of the mathematical model. Finally, based on the analytical results, we observe the impacts of different flooding schemes on the wireless ad hoc networks.

**Keywords：**Wireless ad hoc networks

## 二、研究動機與目的

隨著通訊技術不斷的進步，無線隨意網路逐漸地成為人們所重視的網路技術，對於如何在此隨意網路上整合電子行動商務技術，使其能夠在資料傳輸上更有效率，已成為目前重要的課題。

在本年度的計畫中，支援行動電子商務系統部份，主要是研究在無線隨意網路中，資料在不同的節點間傳輸的行為。在同時考慮不同的網路參數以及不同的節點移動模型的情形下，我們提出一數學分析模型，並以此來描述資料的傳輸行為，最後我們能夠以此分析模型得到資料封包所需的跳躍數(hop count)的機率分布，進而得到封包傳輸時所需的平均跳躍數，並分析在不同的路徑選擇協定下，傳送封包所需要的代價(cost)和時間延遲(time delay)。

相較於我們計畫的焦點，目前許多已存在的相關文獻討論的重點都在於無線隨意網路的基本特性上，包含節點密度、傳輸範圍和網路連結性的關係，或著是探討不同的節點移動模型所造成的節點分布情況，又或著是討論在某些特殊情況中的資料封包的傳輸行為。

而在本年度的計畫中，我們提出了一個可廣泛應用在一般無線隨意網路的分析模型，並同時藉著模擬驗證了其正確性。我們相信經由此分析模型，我們能夠對於支援行動電子商務系統的無線隨意網路有更進一步的認識，進而提供更完整的服務環境。

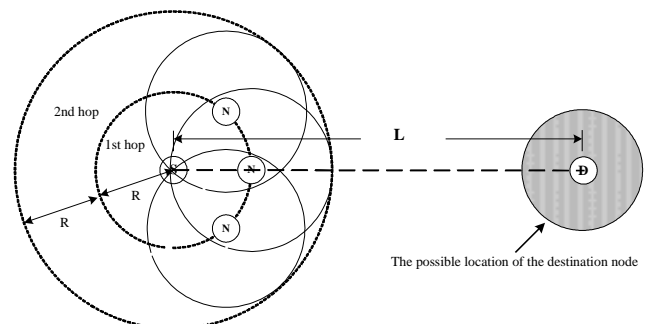
## 三、 結果及討論

在我們的討論中，我們考慮的是一個同質的(homogeneous)無線隨意網路，在其中所有的節點都具有相同的傳輸能力，並且所有的節點都不停地在移動。我們在討論時並不假設節點使用的是某特定移動模型，而是把其移動的行為視為一個圓。對於移動較快的節點，其所造成的圓就有可能越大，反之，其所造成的圓就越小。

$R$	節點的傳輸半徑
$P$	封包的大小(bits)
$C$	傳輸速度 (bps)
$t_x$	封包的傳輸時間, $t_x = \frac{P}{C}$
$t_i$	從來源算起的第 $i$ 個中間節點 (intermediate node) 所需的封包處理時間
$L$	用來代表來源和目的地之間距離的隨機變數, 其機率密度方程式為 $f_L(l)$ .
$D$	用來描述目的地節點的移動程度
$H$	用來代表封包到達目的地所需跳躍數的隨機變數
$F_H(h)$	$H$ 的累積機率方程式 (cumulative probability function)
$P_k$	$H$ 的機率密度方程式 (probability density function)

表一. 分析時所使用的符號

在我們的分析模型中，我們考慮一高密度的無線隨意網路，換句話說，不論下個跳躍點在哪一個方向，總是可以找到節點來替你傳送資料封包。如圖一所示，我們認為在在高密度的條件下，封包傳送的行為和我們把一顆石頭投入水中所造成的連漪是很相似的，隨著封包不停地向目的地前進，就好比連漪不斷地向外傳播。在此網路中，我們想知道的是資料封包需要多少個跳躍數才能夠到達其目的地，同時還要考慮節點移動的模型，這也增加了分析上的複雜度。表一列出所有在分析時所使用的符號。



圖一 封包在無線隨意網路中傳輸的情形

根據我們前面提到的觀察結果,我們推導出資料封包所需的跳躍數小於等於 N 的機率為

$$F_H(N) = \int_0^C P\left(\sum_{i=1}^{N-1} t_i \leq \frac{NRC - l_0 C - NDP}{DC} \mid L = l_0\right) P(L = l_0) dl_0.$$

其中我們假設  $\{t_i : i = 1, 2, \dots, N\}$  為獨立且具有相同分布的隨機變數,而其機率密度方程式為  $f(t)$ 。我們讓  $f_L(l_0)$  作為  $L$  的機率密度方程式。則上述方程式可進一步表示成  $F_H(N) =$

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\sigma-j\infty}^{\sigma+j\infty} \frac{[f^*(s)]^{N-1}}{s} \left[ e^{\frac{s(NRC-NDP)}{DC}} \int_0^C f_L(l_0) \cdot e^{-\frac{sl_0}{D}} dl_0 - \int_0^C f_L(l_0) dl_0 \right] ds$$

其中  $f^*(s)$  為  $f(t)$  的 Laplace 轉換。

最後我們可以得到資料封包於第  $k$  個跳躍數到達的機率  $P_k = \Pr(H = k)$

$$P_k = \begin{cases} F_H(k), & k = 1 \\ F_H(k) - F_H(k-1), & k \geq 2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

為了驗證此模型的正确性,我們讓  $f(t)$  和  $f_L(l)$  皆為 exponential 分布的隨機變數,我們令  $f(t) = \lambda_t e^{-\lambda_t t}$ ,  $f^*(s) = \frac{\lambda_t}{s + \lambda_t}$  和

$$f_L(l) = \lambda_l e^{-\lambda_l l}, f_L^*(s) = \frac{\lambda_l}{s + \lambda_l}$$

進而推導出

$$F_H(1) = 1 - e^{-\lambda_l R}$$

$$F_H(2) = 1 + \frac{\lambda_l \cdot e^{-2R\lambda_l}}{-(\lambda_l - \lambda_l D)} + \frac{(\lambda_l D) \cdot e^{-\frac{2R\lambda_l}{D}}}{-(\lambda_l D - \lambda_l)}$$

$$F_H(3) =$$

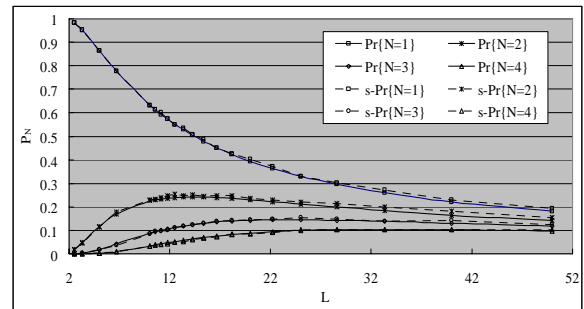
$$1 + \frac{(\lambda_l)^2 \cdot e^{-3R\lambda_l}}{-(\lambda_l - \lambda_l D)^2} + \frac{\lambda_l \lambda_l D \cdot 3 \cdot e^{-\frac{3R\lambda_l}{D}}}{-(\lambda_l D - \lambda_l) \left(\frac{D}{R}\right)} + \frac{(\lambda_l D)(2\lambda_l - \lambda_l D) \cdot e^{-\frac{3R\lambda_l}{D}}}{(\lambda_l D - \lambda_l)^2}$$

$$F_H(4)$$

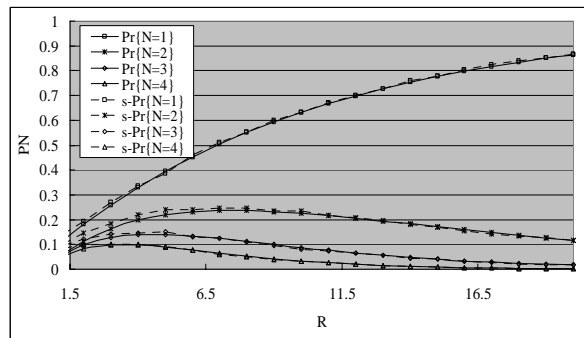
$$= 1 + \frac{\lambda_l^3 e^{-4R\lambda_l}}{-(\lambda_l - \lambda_l D)^3} + \frac{8\lambda_l^2 (\lambda_l D) \cdot e^{-\frac{4R\lambda_l}{D}}}{-(\lambda_l D - \lambda_l) \left(\frac{D}{R}\right)^2} + \frac{4\lambda_l \lambda_l D (2\lambda_l - \lambda_l D) \cdot e^{-\frac{4R\lambda_l}{D}}}{(\lambda_l D - \lambda_l)^2 \left(\frac{D}{R}\right)} + \frac{(\lambda_l D)(6\lambda_l^3 - 12\lambda_l D \lambda_l^2 + 8\lambda_l^2 D^2 \lambda_l - 2\lambda_l^3 D^3) \cdot e^{-\frac{4R\lambda_l}{D}}}{(\lambda_l D - \lambda_l)^4}$$

我們從上面的  $F_H(N)$ ,  $N=1, 2, 3, 4$ , 便能夠推導出  $P_k$ ,  $k=1, 2, 3, 4$ 。

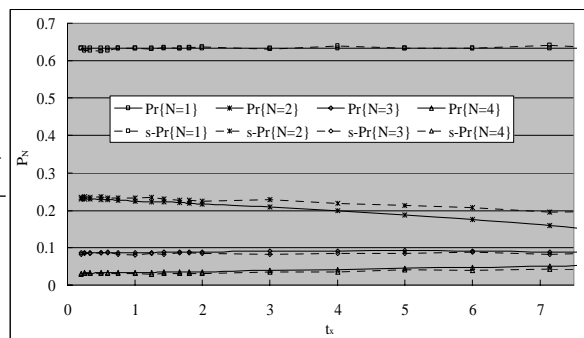
如圖二到圖圖五所示,藉著比較分析和模擬的結果,我們驗證了我們所提出的數學模型。



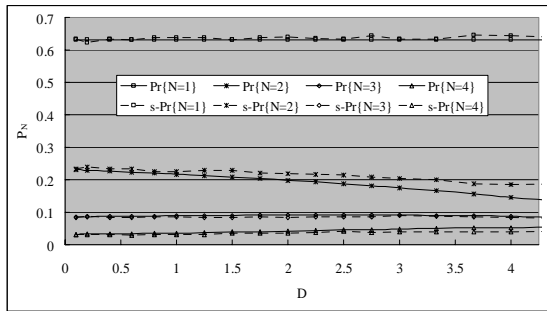
圖二.  $L$  vs.  $P_N$



圖三.  $R$  vs.  $P_N$



圖四.  $t_x$  vs.  $P_N$



圖五.  $D$  vs.  $P_N$

以圖二為例,我們觀察  $L$  對於機率  $P_N$  的影響。我們把參數設為  $t_x=1$  ms,  $R=10$  units, and  $D=0.5$  units per sec。從結果我們發現除了  $H=1$  曲線會隨著  $L$  增加而不斷地變小以外,其它  $H>1$  的曲線起初皆會隨著  $L$  變大而達到一最大值,然後再逐漸變小。我們認為這是很合理的,因為當  $L$  增加時,其來源和目的地的距離會慢慢增加到剛好符合某特定跳躍數的距離,而在此達到一最大值,在此之後,由於超過了特定跳躍數的距離,因此其到達機率又會慢慢變低。我們也在圖三的結果中觀察到類似的現象。

圖四和圖五分別說明了傳輸延遲 (transmission delay) 和節點移動速度  $D$  對於跳躍數機率分布的影響。而我們觀察到此兩個因素對於跳躍數分布的影響是很輕微的。由圖二到圖五我們可知,我們提出的分析模型和模擬的結果是非常符合的,這正說明了此模型的正確性。

藉由我們所提出的分析模型,我們不但能夠清楚地描述封包在多重跳躍數的無線隨意網路中傳送的行為,同時我們還考慮了節點會移動的情形,以及其它參數所可能的影響。由最後模擬的結果,我們驗證了所提出模型的正確性和合理性。

#### 四、 計劃結果自評

本年度子計劃「行動電子商務系統無線通訊協定關鍵技術之研發與實作」是著重在如何有效率地在無線隨意網路上支援行動電子商務系統的資料封包傳送。本計畫中提出了一個可廣泛應用在一般無線隨意網路的數學分析模型,藉此來分析封包傳

輸時所需的跳躍數的分布情形,希望藉由此分析模型提供更多未來行動電子商務系統在無線隨意網路設計上的關鍵參數,以提供更好更完整的服務。

#### 五、 參考文獻

- [1] T.Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," *Wireless Comm. and Mobile Computing (WCMC)*, vol. 2, no. 5, pp.483-502, 2002.
- [2] C. Bettstetter, "Mobility Modeling in Wireless Networks: Categorization, Smooth Movement, and Border Effects," *ACM Mobile Comp and Comm. Review*, vol. 5, no. 3, July 2001.
- [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 Comm.*, Vol.8, Issue 1, pp.16-28, Feb. 2001.
- [4] C. Bettstetter, "On the Minimum Node Degree and Connectivity of a Wireless Multihop Network," *Proc. ACM MobiHoc*, June, 2002.
- [5] C. Bettstetter, H. Hartenstein, and Xavier Perez-Costa, "Stochastic Properties of the Random Waypoint Mobility Model: Epoch Length, Direction Distribution, and Cell Change Rate," *Proc. ACM MSWiM*, Sep. 2002
- [6] C. Bettstetter, G. Resta, and P. Santi, "The Node Distribution of the Random Waypoint Mobility Model for Wireless Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. on Mobile Computing*, vol. 2, no. 3, Jul-Sep, 2003.
- [7] M. Zorzi and R. R. Rao, "Geographic Random Forwarding (GeRaF) for Ad Hoc and Sensor Networks: Multihop Performance," *IEEE Trans. on Mobile Computing*, vol. 2, no. 4, Oct-Dec, 2003.