

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計劃二:多階層隨意網路上具位置知覺的繞徑協定設計及 實作(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2219-E-032-006-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：淡江大學資訊工程研究所

計畫主持人：張志勇

共同主持人：陳裕賢

計畫參與人員：張志勇,陳裕賢,羅偉毓,賴盛維,許智勛,郭宗銘

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：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 8 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

子計畫二：多階層隨意網路上具位置知覺的繞徑協定設計及實作(I)

計畫編號：NSC 91-2219-E-032-006

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：張志勇 教授淡江大學資訊工程學系

共同主持人：陳裕賢 教授 中正大學資訊工程系

1. 中英文摘要

本整合型計畫之多階層行動隨意網路是由Bluetooth模組、符合Wi-Fi標準之無線網路設備、及Cellular Systems (如GSM、GPRS、WCDMA/Cdma2000等)多套通訊系統所整合而成，其主要之目的是要實現一個多階層之行動隨意網路(Multi-Tier Mobile Ad Hoc Network)，使用者可不受時空限制，在這多階網路中享有整合性的通訊服務。本計畫為一個三年期的子計畫，其主要目的在研發Network Layer的通訊協定，透過不同的通訊媒介，在多階無線網路的環境中自動進行無線網路資源管理、頻道安排、通訊路徑建立、群播、廣播、資料收集與特定地區廣播等多樣化的通訊服務，供使用者以最經濟且穩定的方式進行通訊。在第一年的計畫中，我們主要針對Bluetooth、802.11、GPRS所建構的多階隨建即連網路進行(1)網路資源的管理及(2)通訊路徑的建立，以提供行動中的使用者一穩定的通訊環境。除對網路資源作有效管理外，我們亦將研發頻道配置協定及繞徑協定，使欲通訊的雙方能建立其通訊路徑，並在適當的頻道上進行通訊。在實作部份，我們在Linux系統上改寫Bluetooth及802.11 drivers，嘗試建構並操控multi-tier網路結構，並撰寫封包產生器與監控器，以測試我們所研發的通訊協定。

關鍵字：Multi-tier Network、Bluetooth、802.11、GPRS、Protocol、Routing、Multicasting、Geocasting。

英文摘要

Recently, the application of Irda, Bluetooth, 802.11-based Wireless LAN, and GPRS cellular system have been widely used in communication network. The advances of computer technology and the population of wireless equipment have promoted the quality of our daily life. The trend of recent communication technology is how to make good use of wireless equipments for constructing an ubiquitous communication environment. This project is an integrated project. A Multi-Tier Ad Hoc Network that consists of Bluetooth, 802.11, GPRS radio systems is considered in this project. The goal of the integrated project is to develop wireless technologies for providing users with high-performance communication services

in the Multi-Tier wireless network. This sub-project is 3-year sub-project that mainly focuses on developing communication protocols for providing users with unicast, multicast, broadcast, information collection, and geocast services in Multi-Tier wireless network. In the first year, we develop network resource management protocols and communication protocols for multi-tier network consisting of Bluetooth, 802.11 and GPRS networks. Channel assignment protocols and routing protocols are designed to provide mobile stations with efficient communication. We also modify the Bluetooth and 802.11 drivers on Linux system and try to construct and control the multi-tier network. Packet generator and monitor modules are also developed to evaluate the performance of the developed protocols.

Keywords: Multi-tier Network、Bluetooth、802.11、GPRS、Protocol、Routing、Multicasting、Geocasting。

2. 緣由與目的

科技的進步，使得無線通訊蓬勃發展，也增進人類的生活品質。多種無線通訊技術的提出，讓人們可以依照不同環境、因素選擇適當的通訊技術，達到不同溝通的樂趣。然而，我們發現無線存取系統依其傳輸環境、行動率之不同，會有不同之最佳設計、傳輸速率與品質。因此，若能夠混合多種不同通訊技術，將可使人類的通訊世界更加人性化及便利。為達到多種不同性質混合成的通訊環境，我們提出一個多階隨建即連網路(Multi-tier Ad Hoc Network)架構。此架構乃集Bluetooth、IEEE 802.11、GPRS三種技術之優勢所建立而成。

Bluetooth是一種短距離、低成本的無線通訊技術，所建構的Piconet是以快速跳頻的方式在ISM2.4GHz頻帶的79個頻道中快速變換頻道，以避免來自共用頻帶中其它訊號的干擾，跳頻的序列主要以Master的48-bit BD_ADDR及其Clock來決定，同一Piconet中的成員均以Master的跳頻序列為標準，跟隨Master以每秒跳頻1600次的速度變換於79頻道中，其傳輸量可達1MB/秒，傳輸範圍可達10至100公尺。

IEEE 802.11是由美國電子電機工程協會(Institute of

Electrical and Electronics Engineers) 在1997年7月提出的無線區域網路之標準，主要是針對網路的實體層 (Physical Layer; PHY) 與媒體存取控制層 (Media Access Control Layer; MAC) 進行規定，使用於2.4 GHz ISM頻帶，在媒體存取控制層則改良 IEEE 802.3 所採用的 CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access/Collision Detection) 技術成 CSMA/CA (Carrier-Sense Multiple Access/Collision Avoidance)，以減少資料在傳輸碰撞的機會。在IEEE 802.11 標準的規範中，將無線區域網路的架構分為兩種 – 無基礎建設 (Ad Hoc) 及具基礎建設 (Infrastructure) 之無線區域網路。然而，隨著WLAN需求的增加與應用的擴大，IEEE 於1999年完成了兩種5.5、11Mbps傳輸速度的技術規格標準–IEEE 802.11b，其中實體層包括跳頻 (Frequency Hopping) 與直接序列 (Direct Sequence) 技術。繼802.11b推出之後，IEEE相關小組仍積極研發高速的WLAN標準，IEEE802.11a 即為其產物之一。其採用OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 的調頻技術，由於OFDM的運作需要消耗較大的頻寬，因此，不適用在擁擠且可用頻寬較小的2.4GHz頻帶，而改運作在5GHz頻帶上，傳輸速率可從6Mbps 達到54Mbps。

整合封包無線服務 (General Purpose Radio Service; GPRS)，GPRS的標準是由ETSI提出，網路架構是利用現有的GSM網路再增加GPRS模組，而模組中的數據交換節點 (SGSN、GGSN) 則具有封包處理的能力，使得資料能以成串的封包進行傳送，因此，可有效地利用有限頻寬連結國際網路分享國際網路上的資源。

3. 計畫理論研究成果

本子計畫第一年的設計主要針對Bluetooth、802.11、GPRS 所建構的多階隨建即連網路進行架構設計，其詳細內容將在下面敘述 (1)Bluetooth網路中的網路及頻道管理;(2) 802.11 Network下的網路管理、頻道管理及Routing Protocol。

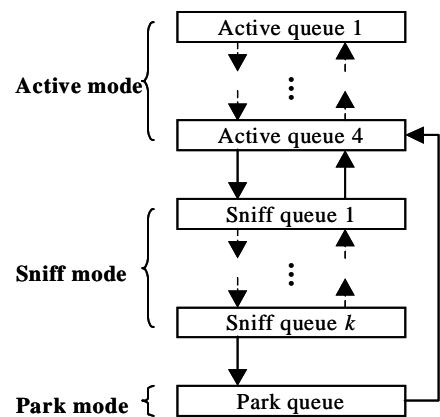
● Bluetooth網路中的網路及頻道管理

就網路管理而言，Bluetooth的Piconet是採自由對頻隨機方式所建立的，這並非是最好的網路結構，而各Bluetooth Device 所扮演的角色亦可能因其建構Piconet時未考慮位置資訊而使Device 間的通訊距離過長、浪費過多電力及增加Delay Time。因此，我們提出將Piconet中不適合扮演Master、Slave、Relay角色者撤換掉，重新安排Piconet中每一個Device的主從關係角色，並依據Piconet中Device間的互動關係動態地調整網路拓樸，以減少封包衝突、降低傳輸所需時間、減短繞徑的長度以及達到QoS 的要求。

而在頻道管理方面分三方面著手：一、減少不必要的Relay，以避免Relay 過多所帶來的效率不彰。為了以最少的Relay 達到Scatternet的Full Connection，我們提出的協定對於目前Scatternet的連線狀態，計算出不恰當扮演的Relay角色者，動態地轉換此Device的角色，以增進Scatternet網路的頻寬管理效率。然而，雖然網路上不必要的Relay已經刪除，但對於Piconet內Device對Master的溝通並沒有得到較好的幫助，因此，我們提出二、解決Intra-Piconet 間Master對所屬成員的Scheduling問題。在此我們研發出Intra-Piconet Scheduling Protocol，這個protocol是由Master執行的，Master Maintained 3種Queue，分別是Active Queue、Sniff Queue和Park Queue，Queue中乃存放Slave的ID，不同Queue中的Slave 具有不同的優先等級，如圖一所示。Master將依Slave在queue 中的順序來決定這些Slave的polling order，並依traffic量的需求來動態調整其在哪個Queue中，如此，將可大大提升一個

Piconet內Master管理Slave的效率。

另外，Scatternet內Relay的角色變少了，如果我們沒有有效管理Relay的Scheduling，也會影響整體網路的performance，所以制訂Relay的Scheduling是必要的，三、在Inter-Piconet 間考慮Relay Device的Scheduling。我們提出了一個Inter-Piconet Scheduling的協定，當Master在處理Inter-Piconet Scheduling時，主要分為2個Phase，第1個Phase為Local Scheduling Phase，其主要計算所管轄的Slave及Bridge，在 T_{cycle} 中的分配比例。第2個Phase為Negotiation Phase，其主要在與鄰近Master之規畫作協調，以達到避免排程衝撞的目的。根據以上的方法，配合Bluetooth Device均配有GPS的條件下，我們可利用Mobil Device所提供之Location資訊及Multi-Tier的概念，研發出一個快速且有效的Routing Protocol。

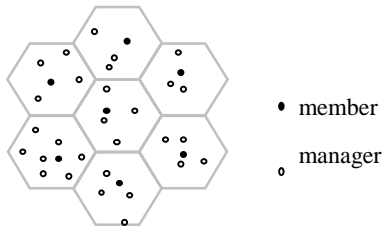


圖一、Master以Active、Sniff及Park三種queue來管理Slave 被polling的時機

● 802.11 Network下的網路管理、頻道管理及Routing Protocol

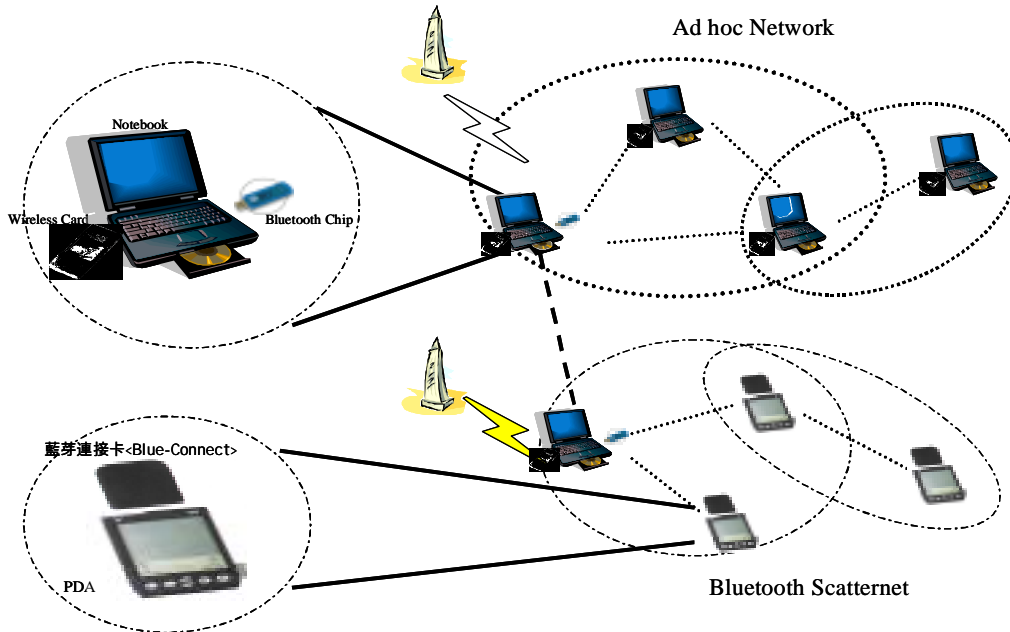
在 MANET 網路管理方面，為使日後執行 Flooding 時其 Control Packet 減少，我們採用類似 Cluster 為基礎的管理架構，再融入位置資訊，將 MANET 切割成許多六角行的 Cell，並做局部性的管理。如圖二所示，每個劃分出來的 Cell 均會票選出代傳人或管理者 (Gateway、Header、Manager)，代傳人的職責在管理同一 Cell 內的所有 Host，而 Cell 間的通訊均須透過代傳人。利用這樣的網路管理方式，每個 Cell 均由代傳人 (Manager) 作有效管理的特性，將能有效的減少 Flooding 的花費。

而頻道管理方面，有鑑於 MANET 的頻寬資源有限，頻道的資源將可能因通訊中的使用者過多而耗盡，因此，當通訊中的使用者增多時，我們採用頻道重複使用 (Channel Reuse) 的技術以因應大量使用者通訊的需求，當有使用者發出通訊要求時，依據頻道安排協定提供通訊中的使用者能盡量共用頻道，並使其不發生干擾，而當共用頻道的使用者其因移動性而互將接近時，我們亦研發了一套頻道重新分配的協定，以最小的成本來解決頻道衝突的問題。



圖二、Cellular 內只有一個 manager 及多數的 members

最後，在 Routing Protocol 方面，我們研發了一個善用地理位置資訊且減少 Control Packet 傳送的繞徑協定(Routing Protocol)。其運作在一系統以位置資訊將地理位置作切割的網路中，結合 DSR 有關歷史路徑的記錄，若 Source 欲建立一通訊路徑，透過 Manager 與 Manager 間的傳遞，可以將 Packet 轉送給鄰近的 Cell，收到 Route Search Packet 的 Manager 將檢查其歷史資料，若發現有路徑曾到達 Destination Device，則可快速回應給 Source Device 並建立一條 Routing Path。



圖五、本計劃實作部份所欲建構的 Multi-tier Network 環境

4. 計畫系統架構

在第一年的實作部份，我們已建立一個初步的 Multi-tier Ad hoc Network 結構。我們在 Notebook 上加上具備 802.11 標準的無線網路卡、配置一 Bluetooth Chip 並透過 GPRS 手機連上 GPRS 網路，即由 Notebook、802.11 及 Bluetooth 形成一 Mobile Device 如圖三所示，而此一 Device 將具備有 Ad hoc Network 中 Access Point 的特性及 Bluetooth Device 的身分。

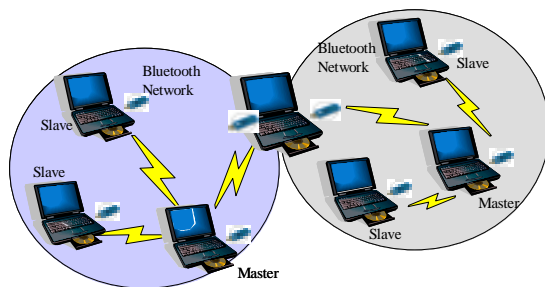


圖三、以 Notebook 所建構的 Ad hoc Mobile Device

為了分析 Multi-tier 角色切換的問題，我們也分別以 PDA 及 Notebook 加上 Bluetooth Chip 來建構一單獨的 Bluetooth Scatternet，如圖四所示，在以 802.11 為主的 Ad Hoc 網路方面，我們也以符合 WiFi 802.11 標準

的 Device 來建構一 Ad Hoc 網路。

目前，我們以八個 Devices 來建構出 2 個 Ad hoc Network 中的 Cluster 及一個包含 2 個 Piconets 所組成的 Scatternet 結構。其中由 4 台 Notebook 加上 Wireless Card 建置出 Ad hoc Network，由 3 台 PDA 及 1 台 Notebook 分別都加上 Bluetooth Chip 建立成 Scatternet，具備 Access Point 身分的 Device 必須連上 GPRS Network 而一個初步的 Multi-tier 隨建即連網路便建置完成，如圖五所示。



圖四、Bluetooth Scatternet 網路通訊的概念圖

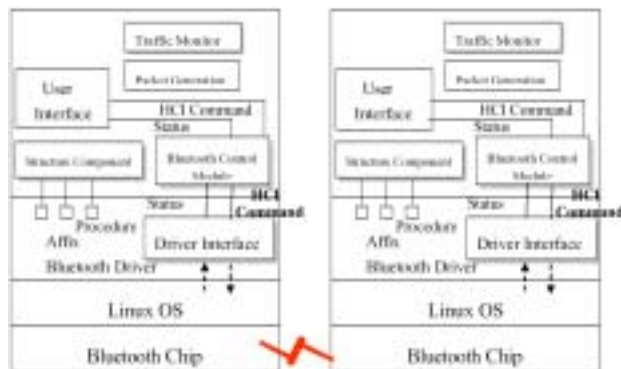
5. 計畫成果

在建構出一 Multi-tier Ad hoc Network 環境的實作中，以下將說明我們目前已完成的工作項目及工作進度：

- 一、我們已採用 PDA 及 Notebook 加上 Bluetooth 來實作一 Bluetooth Device。其中包含了已內建 Bluetooth Chip 及 Driver 的 PDA 以及在 Notebook 上安裝 Linux 作業系統及 Affix Bluetooth Driver、在 Windows XP 上安裝 Bluetooth Driver。
- 二、我們已採用安裝完成之 Bluetooth PDA 及 Notebook(包括 Linux 版及 Window XP 版的 Bluetooth Driver) 建構出 Bluetooth Scatternet，並進行 Scatternet 的連結及通訊控制。
- 三、我們已採用 802.11 為主的 Notebook 來建構出 Ad hoc Network Topology。
- 四、我們目前已在 Bluetooth Scatternet 中的每一 Device 設計一 Packet Generator，由系統自動產生封包及目的主機，嘗試控制 Piconet 及 Scatternet 的通訊量以便作更進一步的觀察。
- 五、我們目前已使 Bluetooth Scatternet 中所研發的 Packet Generator，使其更具一般性而適用於 802.11 為主 Ad Hoc Network。
- 六、Window 版及 Linux 版 GPS 位置資訊的截取程式已撰寫、安裝。
- 七、資料庫的規畫已經完成。
- 八、我們目前正著手撰寫一可控制並分析封包的軟體及其 Interface。
- 九、我們目前正利用 HCI 指令在 Linux 作業系統下的 Affix Driver 中修改其 Driver 程式。以下描述幾個主要完成的部分：

- HCI Command :
 - i. 我們操控 Affix Driver 並以 HCI 的指令對 User Interface 或是 Driver Interface 做 Bluetooth Device 的基本偵測。
 - ii. 利用 HCI 的指令及 Klike 寫的 Function code 來增加我們的操控 Bluetooth 的通訊能力。
 - iii. 輸入 HCI 的指令操作 Bluetooth Chip 做 Inquiry/Inquiry Scan 及 Page/Page Scan 的功能，這對我們建構 Bluetooth 的 Piconet/Scatternet 網路環境有很大助益。
 - iv. 而 User Interface 或 Driver Interface 會在 Bluetooth Control Module 顯示出我們所下的 HCI 指令，使我們知道目前所處的狀況及方便我們其他的偵測。
 - v. BT Driver Interface：透過 Bluetooth Chip 傳送訊息至 Linux OS 系統下，我們可以經由設計完成的 Driver Interface 來幫助我們解讀 Packet 的資料訊息。這對於我們之後研發的 Routing Protocol 是有很大的助益。
 - vi. User Interface：這裡我們設計了一系列的高階程式，方便讓 User 使用 Bluetooth 系統。讓 User 透過簡單的輸入介面完成 Bluetooth Connection 的過程並且可以看到 Packet 輸出/輸入量。

這裡我們設計了一系列的高階程式，方便讓 User 使用 Bluetooth 系統。讓 User 透過簡單的輸入介面完成 Bluetooth Connection 的過程並且可以看到 Packet 輸出/輸入量。



圖六、Bluetooth 之軟體元件

我們所完成的軟體元件如圖六所示，其流程為：User 透過一些高階程式的輸入，經由 User Interface 轉譯成 Linux 的語法，透過我們設計的 Affix Procedure 來觸發 Bluetooth Driver，同時這些動作仍在顯示器中有一些訊息讓 User 了解執行的過程，然後，這些 Procedure 透過 Driver Interface 轉譯成 Linux OS 所執行的語法，進而讓 Bluetooth Chip 能夠彼此互相通訊。我們目前正利用 Bluetooth Driver : Affix 中一些常用的 HCI 指令，其測試的部份如下：

Affix 指令中，最常用的指令便是 btctl, btcl 控制了 General commands、Security commands、HCI commands、UART commands、RFCOMM commands、AUDIO commands、SDP commands、OBEX commands 及 PAN

commands。以下針對常用的指令來說明：

- 週圍新 Bluetooth Device 的加入及偵測的動作

簡略的訊息：`btctl inquiry <length>`

完整的訊息：`btctl discovery <length>`

<length> = 搜尋的秒數

- 顯示本地端的 Bluetooth Device Address

`btctl bdaddr`

- 顯示（更改）本地端 Bluetooth Device 的名稱

`btctl name [<name>]`

- 顯示遠端 Bluetooth Device 的名稱

`btctl remotename <bda>`

<bda>= Bluetooth Device Address

- 設定可被 discovery 或 connect

`btctl scan [+|-] [disc|conn]`

- 設定本地端 Bluetooth Device 的角色

`btctl role <allow|deny> <master|slave>`

- 連接遠端 Bluetooth Device

`btctl connect <address> [<channel>] [service_type]`

- 切斷遠端 Bluetooth Device 連線

`btctl disconnect [line]`

- 顯示已連線的 Bluetooth Device

`btctl status`

- 傳送檔案到遠端的 Bluetooth Device

`btctl push <address> [<channel>] <file name>`

- 使用 OBEX ftp

`btctl ftp`

- ◆ 建立連線

`open <address> [<channel>]`

- ◆ 結束連線

`close`

- ◆ 檢視遠端目錄結構

`ls [<address> [<channel>]]`

- ◆ 傳送檔案至遠端連線

`put [<address> [<channel>]] <file name>`

- ◆ 從遠端取得檔案

`get [<address> [<channel>]] <file name>`

◆ 傳送檔案至遠端連線

```
push <address> [<channel>] <file name>
```

◆ 刪除遠端檔案

```
rm [<address> [<channel>]] <file name>
```

◆ 進入遠端目錄

```
cd <dir name>
```

■ 創建遠端目錄

```
mkdir <dir name>
```

6. 文獻參考:

- [1] C. Y. Chang, J. Y. Tzeng, and J. P. Sheu, "Design and Implementation of a Fortran Assistant Tool for Vector Compilers," International Journal of High Speed Computing, Vol. 8, No. 1, pp. 13-45, 1996
- [2] J. P. Sheu and C. Y. Chang, "Synthesizing Nested Loop Algorithm Using Nonlinear Transformation Method," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 2, No. 3, pp. 304-317, July 1991.
- [3] C. K. Toh, "Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks," IEEE IPCCC'96
- [4] C. C. Chiang, M. Gerla and L. Zhang, "Forwarding Group Multicast Protocol(FGMP) for Multihop, Mobile Wireless Networks," Cluster Computing, 1998.
- [5] C. E. Perkins, Mobile IP: Design Principles and Practices. Reading, MA: Addison Wesley, 1997.
- [6] T. S. Chen, C. Y. Chang, and J. P. Sheu, "A Fault-Tolerant Model for Replication in Distributed-File Systems," Proceeding of the National Science Council, Part A: Physical Science and Engineering, Vol. 23, No. 3, May. Pp. 402-410, 1999.
- [7] Y. B. Ko and N. H. Vaidya, "Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks," Proc. ACM/IEEE MOBICOM '98, Oct. 1998.
- [8] Manish Kalia, Sumit Garg and Rajeev Shorey, "Efficient Policies for Increasing Capacity in Bluetooth: An Indoor Pico-Cellular Wireless System", IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), May 15-18, 2000, Tokyo, Japan.
- [9] Capone, Gerla, and Kapoor, "Efficient Polling Schemes for Bluetooth Picocells." to appear in the Proceedings of ICC 2001, Helsinki, FD, June 2001
- [10] Bhagwat, P.; Segall, A., "A routing vector method (RVM) for routing in bluetooth scatternets" in Mobile Multimedia Communications, 1999. (MoMuC '99). 1999 IEEE International Workshop on , 1999 , Page(s): 375 -379