

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

無線行動隨建即連網路上之拓樸結構控制

以易於行動計算進行之研究

The Study of Topology Control of Mobile Ad Hoc Networks for Mobile Computing

計畫編號：NSC 90-2213-E-032-020

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：石貴平 助理教授 淡江大學資訊工程系

一、中文摘要

此計畫為一年期個別型計畫,此研究報告提出一藍芽 scatternet 建構演算法 Group-Scatternet Formation Algorithm (GSFA), 所建構出的 scatternet 可大量降低在尋找路徑時所須發送的尋找封包在網路上汎流的量, 進而提昇網路的效能。此演算法將藍芽裝置區分成群組, 區分的依據是以 BD_Address 具有同餘特性的藍芽裝置為一群組。Group-Scatternet Formation Algorithm (GSFA)可分成兩大步驟進行:

- (1) 將藍芽裝置依 group 特性形成 piconets。
- (2) 相同群組的 piconet 間以 ring 的形式連結, 而相異群組的 piconet 間以 complete graph 的方式連結, 形成 Group-scatternet。

我們也藉由實驗分析此演算法的效能, 其實驗結果

- (1) 若不考量在網路形成的初期所必須耗費建構 scatternet 的時間, 建議採用 3 個群組的 Group-scatternet, 如此可以有效率建構 Group-Scatternet 及大幅的降低尋找路徑時汎流的尋找封包數量。
- (2) 若考量建構 scatternet 所需的時間與網路效能之間的平衡, 當環境中的藍芽裝置多於 50 個時, 建議改採用 2 個群組的 Group-scatternet, 如此可以迅速的建構 Group-scatternet 及降低尋找路徑時汎流的尋找封包數量。

經與其他相關研究比較後發現, 此演算法雖然會產生較多的 piconet 數 (相差不超過 3 個), 然而在 routing 時所傳送的 packet 量及 hop count 都較其他方法有大幅的改善。

[關鍵詞] 藍芽無線通訊系統、隨建即連網路、微網路、通訊協定、分散網路、無線個人區域網路、無線網路。

Abstract

This is a one-year project. The report proposes a Group-Scatternet Formation Algorithm (GSFA). The scatternet constructed can reduce a large amount of search packets flooding on it, and further improve the overall performance while a source is trying to find its destination.

The GSFA will divide all Bluetooth devices into groups. A group is formed by those devices whose BD_addresses are under the congruence relation. The GSFA has two steps. The first step is to connect Bluetooth devices to form piconets under congruence relation. The second step is an inter-piconet connection step. The piconets in a group are connected in the style of a ring, and the groups are connected in the fashion of a complete graph in order to form a Group-scatternet.

We have made a lot of experiments to verify the performance of the algorithm. The experiments reveal that forming 3 groups of scatternet will obtain better performance when we neglect the initial time starting to construct the Group-scatternet. Otherwise, we consider the balance between the network performance and the time for constructing the Group-scatternet. Forming 2 groups will promote network efficiency when more than 50 bluetooth devices exist in the environment.

In addition, we also compare GSFA with other related

work. From the experimental results, GSFA results in more piconets (but no more than 3). However, GSFA has much better improvement than others in terms of the number of packets transmitted and the number of hop counts.

Keywords: Bluetooth Radio System, Mobile Ad-hoc Networks (MANET), Piconets, Protocol, Routing, Scatternet, Wireless Personal Area Network (WPAN), Wireless Networks.

二、緣由與目的

藍芽無線技術[1][3][4][8][9][14]是一種短距離、低功率與低成本的無線傳輸技術，可預期將帶給生活許多的便利性，而其應用於個人周邊產品上也緊密地與生活融合，然而當我們的生活周遭存在許多藍芽裝置時，其所構成的網路拓撲將直接影響網路的繞送負擔 (routing cost) 與整體系統的效能 (performance)。儘管藍芽無線技術規範中已訂定基本的網路架構，但對於 scatternet 網路的形成與拓撲型態並無明確地說明。因此，Lakshmi Ramachandran 等人[10]提出 clustering 演算法以解決建構 Bluetooth scatternet 的問題。另外，Ching Law 等人[5][6]也提出新的方法改善 clustering 演算法，增進建構 scatternet 的效率。而在探討 scatternet 的 topology 方面有 Theodoros Salonidis 等人提出的 BTCP 演算法[16]，將 scatternet 建構為網狀 (mesh) topology，除此，在 scatternet 的 topology 方面的探討還有 Gergely V. Zaruba 等人所提的 Bluetree 方法[7]及林崇智先生等人所提的 Tree-Base 方法[18]，兩者都使用樹狀(tree)的網路 topology 建構 scatternet。綜合整理得知，一個有效率的 scatternet 建構演算法，應有以下特性：

- (1) 以分散式的做法，增加建構的效率。
- (2) 避免使用虛擬連線的方式進行資訊交換。
- (3) 建構有效率的網路 topology。
- (4) 符合 connected、piconet 最少、relay device 少，以 slave 為 relay device，routing path 最短...等特性。

而本研究針對藍芽 scatternet 網路 topology 與建構方法進行研究，並在同時考量藍芽無線技術的基本網路特性及網路繞送效能的前提下提出 Group-Scatternet Formation Algorithm (GSFA)方法以建構區分群組的

Group-scatternet，使得在尋找繞送路徑時不需要對整體網路進行 flooding，而僅須對目的裝置所在的群組進行 flooding，如此將可大量減少尋找繞送路徑時所 flooding 尋找封包的數量，增進網路繞送的效能並減輕整體網路的負擔。

三、研究報告

本研究提出之 GSFA 方法，除了依據上節說明中，一個有效率的 scatternet 建構演算法應有的藍芽網路基礎架構特性外，另外，本研究更發現利用下列特性及作法，可以有效減少 flooding 尋找封包的數量，大幅提昇整體網路效能。

1. 依據 BD_ADDR 區分群組，可有效減少 flooding 尋找封包的數量及提昇整體網路效能。

BD_ADDR 是尋找路徑到目的裝置的重要依據，若能在建構 Bluetooth scatternet 時，先依據 BD_ADDR 區分出群組，如此在進行網路繞送時，僅須要對目的裝置所屬的群組進行 flooding，將可有效減少 flooding 尋找封包的數量，大幅提昇整體網路效能。

2. 群組間彼此建立連結。

由於任何兩個藍芽裝置必須有 path 連結，因此所有群組間都必須建立連結，才不至於因缺少某些群組而造成部份藍芽裝置不連結而成為孤立點。

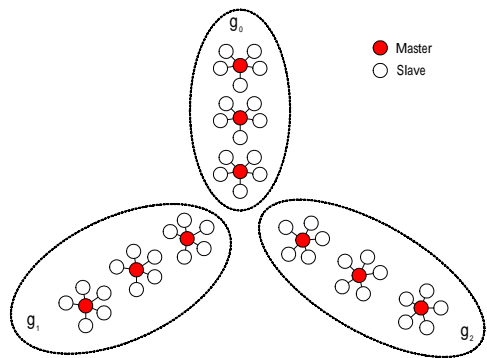
本研究即是依照上述特性設計 Group-Scatternet Formation Algorithm (GSFA) 建立區分群組的 Group-scatternet。

因此，本研究將建構可以有效降低 routing cost 的 scatternet。此 scatternet 是依據 $BD_ADDR \bmod N_g$ 同餘的藍芽裝置形成群組的方式，以建構 Group-scatternet。

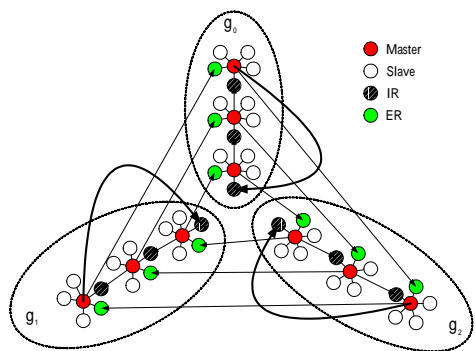
我們將演算法分成兩個階段。

1. 第一階段，將尋找 BD_ADDR 具有同餘性質的藍芽裝置建構區分群組的 piconet。如圖一。
2. 第二階段，建構 Group-scatternet topology，分成兩部分程序。
 - (1)同群組 piconet 與 piconet 間的連結
同群組內以環狀(ring)topology 的方式建立 scatternet，可減少 routing path 的 hop count。
 - (2)不同群組 piconet 與 piconet 間的連結
不同群組以完全圖的方式(complete graph)

方式建立 scatternet，以避免缺少部分群組而造成網路不連結的情況。如圖二。



圖一、範例.三個群組完成第一階段的建構情形



圖二、範例.三個群組的 Group-scatterne

當建構完成 Group-scatternet，可使用 Group-scatternet 繞送法則進行跨 piconet 間的資料傳送。當藍芽裝置有資料需要跨 piconet 傳送時，必須先尋找繞送路徑。一般網路常使用 flooding 的方式，對整個網路廣播尋找封包，而本研究提出的 GSFA 演算法建構 Group-scatternet 已考量藍芽網路繞送的特性，因此在尋找繞送路徑時，不須對整體網路 flooding 尋找封包，有效地提高繞送的效能及減少整體網路的負擔。

Group-scatternet 繞送法則如下說明：

1. 將尋找封包送往目的裝置的群組。
 - (1) 若傳送尋找封包的藍芽裝置其 piconet 與目的裝置的群組有連結，則停止 flooding 尋找封包直接將尋找封包傳送至目的裝置的群組。
 - (2) 若傳送尋找封包的藍芽裝置其 piconet 與目的裝置的群組無連結，則對同群組內 flooding 尋找封包。
2. 在目的裝置的群組內進行 flooding 以尋找目的裝置。

若目的裝置為 piconet 的成員，則停止 flooding 尋找封包直接傳送尋找封包給目的裝置。

四、結論與建議

本研究中提出的 GSFA 演算法採用 BD_ADDR 區分群族的方式建構 Group-scatternet，並以模擬的方式進行實驗與數據分析。我們從實驗結果知道 GSFA 演算法具有以下優點。

1. 全連結之網路(connected)。
2. 有效率且迅速地建構 Group-scatternet。
3. 擁有兩條以上的 routing path。
4. routing path 較短。
5. 使用 slave 作為 relay device，提高網路效率。
6. 有效的減少尋找 routing path 所 flooding 的封包數量，大幅的提高尋找 routing path 的效率，降低整體網路的負擔。

而使用 GSFA 演算法在區分群組的過程中，隨著區分群組個數增多所必須付出的 cost 也越多，相對的 routing 效率也會越好，因此必須有所平衡地選擇群組的個數。依據實驗結果，我們有以下兩點建議。

1. 若不考量在網路形成的初期所必須耗費建構 scatternet 的時間，建議採用 3 個群組的 Group-scatternet，如此可以有效率建構 Group-Scatternet 及大幅的降低尋找路徑時汎流的尋找封包數量。
2. 若考量建構 scatternet 所需的時間與網路效能之間的平衡，當環境中的藍芽裝置多於 50 個時，建議改採用 2 個群組的 Group-scatternet，如此可以迅速的建構 Group-scatternet 及降低尋找路徑時汎流的尋找封包數量。

未來我們將使用 SDP (Service Discovery Protocol) 中服務管理的相關性質及結合本研究的概念與方法，進行研究依照藍芽裝置提供的服務(service)性質為區分群組的依據，建構服務性質導向的藍芽 scatternet 網路 topology，有效率的運用頻寬及資源。由於藍芽無線通訊協定在應用上已經越來越成熟，在不久的將來可以預期生活上充斥著藍芽產品。藍芽產品也會提供更具多元化的服務(service)，因此服務性質導向的藍芽 scatternet 具有實際應用與研究的價值。

參考文獻

1. Bluetooth Special Interest Group, "Bluetooth Specification version 1.1," <http://www.bluetooth.com/>
2. Charles Perkins. *Ad Hoc Networking*, Editor, 2000.
3. Chatschik Bisdikian, "An overview of the Bluetooth wireless technology," *IEEE Communications Magazine*, p86-94, 2001.
4. Brent A. Miller and Chatschik Bisdikian. *Bluetooth revealed*, Prentice Hall, 2001.
5. Ching Law and Kai-Yeung Siu, "A Bluetooth Scatternet Formation Algorithm," *IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*, vol. 5, p2864-2869, 2001.
6. Ching Law, Amar K. Mehta, and Kai-Yeung Siu, "Performance of a new Bluetooth Scatternet Formation Protocol," *ACM Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)*, p183-189, 2001.
7. Gergely V. Zaruba, Stefano Basagni, and Imrich Chlamtac, "Bluetrees Scatternet Formation to Enable Bluetooth-Based Ad Hoc Networks," *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, p273-277, 2001.
8. Haartsen J.C., "The Bluetooth Radio System," *IEEE Personal Communications*, vol. 71, p28-39, 2000.
9. Jennifer Bray and Charles F. Sturman. *Bluetooth: Connect Without Cables*, Prentice Hall, 2001.
10. Lakshmi Ramachandran, Manika Kapoor, Abhinanda Sarkar, and Alok Aggarwal, "Clustering Algorithm for Wireless Ad Hoc Networks," *ACM Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications*, 2000.
11. Miklos G., Racz A. Turanyi Z., Valko A., and Johansson P., "Performance aspects of Bluetooth scatternet formation," *ACM Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)*, p147-148, 2000.
12. Manish Kalia, Sumit Garg, and Rajeev Shorey, "Scatternet Structure and Inter-Piconet Communication in the Bluetooth System," *IEEE National Conference on Communications (ICC)*, 2000.
13. Pravin Bhagwat, Adrian Segall, "A Routing Vector Method (RVM) for Routing in Bluetooth Scatternets," *IEEE Mobile Multimedia Communications (MoMuC)*, p375-379, 1999.
14. Pravin Bhagwat, "Bluetooth: technology for short-range wireless apps," *IEEE Internet Computing*, vol.5, p96-103, 2001.
15. Theodoros Salonidis, Pravin Bhagwat, and Leandros Tassiulas, "Proximity awareness and fast connection establishment in Bluetooth," *Mobile and Ad Hoc Networking and Computing (MobiHOC)*, p141-142, 2000.
16. Theodoros Salonidis, Pravin Bhagwat, Leandros Tassiulas, and Richard LaMaire, "Distributed Topology Construction of Bluetooth Personal Area Networks," *Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies IEEE INFOCOM 2001*, p1577-1586, 2001.
17. Sartaj Sahni. *Fundamentals of Data Structure in C*, W. H. Freeman, 1993.
18. 林崇智 張志勇 許健平, "A Tree-Based Scatternet Construction Protocol for Improving Performance of Inter-Piconet Communication Service Over Bluetooth Radio Systems," *National Computer Symposium*, 2001.