

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

整合多頻道選擇與動態電源控制機制於 IEEE 802.11 無線隨意網路

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-009-078-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系

計畫主持人：王國禎

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 10 月 12 日

整合多頻道選擇與動態電源控制機制於 IEEE 802.11 無線隨意網路

An Integrated Multichannel Selection and Dynamic Power Control Scheme for IEEE 802.11 Wireless Ad Hoc Networks

計劃編號：NSC92-2213-E-009-078

執行日期：August 1, 2003 - July 31, 2004

主持人：王國禎 國立交通大學資訊科學系教授

一、中文摘要 (關鍵詞：媒體存取層、無線區域網路、動態頻道選擇、傳送功率)

在本計畫中，我們就 IEEE 802.11 的媒體存取層部分，研究動態頻道選擇與傳送功率調整的方法，以提高網路效能並有效地節省電量。我們設計一個基於無線網路特性的整合機制，並將其應用於熱門的 IEEE 802.11 網路中。我們考慮無線環境下常發生的碰撞問題以及無線區域網路中頻道擁塞問題，並配合 IEEE 802.11 的省電模式架構與運作，提出一個有效率的整合方案 (E-MCPC)，將目前標準中所定義之多個頻道做有效的運用，並且可依各個行動主機的距離，動態調整傳送功率，以提升網路整體效能及節省電量。為了確保每個頻道都能做有效的利用，我們加入負載平衡的機制，讓周遭的每個行動主機用不同的頻道。此外，每個行動主機在調整過傳送功率後，會在每隔固定的時間使其傳送電量調到最大，也就是達到標準傳送功率，這樣可以有效地避免干擾。我們利用模擬的方式比較 E-MCPC，IEEE 802.11 和另一整合方法，MCPC。模擬結果顯示我們提出的整合方案，相較於 IEEE 802.11 和 MCPC，就網路效能而言，可以分別改善 1.2 倍及 30%，就電量節省而言，可以分別改善 2.5 倍及 2 倍。

英文摘要 (Keywords: MAC, wireless local area network, dynamic channel selection, transmit power level)

In this project, we focused on the IEEE MAC layer to support dynamic channel

selection and transmit power level adjustment to improve network throughput and provide efficient power saving. We designed a new integrated scheme that took into account wireless characteristics, and applied it to a popular wireless network standard, IEEE 802.11. Considering the collision problem in wireless environments and the channel congestion problem in the wireless local area network, and to co-operate with IEEE 802.11 power saving architecture, we present an efficient integrated multichannel selection and dynamic power control scheme (E-MCPC). E-MCPC is to efficiently utilize the multiple channels defined in the standard and to provide dynamic transmit power level adjustment based on the distance between mobile stations, to improve network throughput and enhance power saving. To make sure that each channel can be utilized efficiently, we add a load balancing mechanism to guarantee that each mobile station can use a different channel from its neighboring mobile stations. In addition, each mobile station will increase its transmit power level to a maximal transmit power level (default transmit power level) periodically. By doing so, mobile stations can prevent interference from each other. We have compared the E-MCPC, IEEE 802.11 and another integrated scheme, MCPC. Simulation results have shown that the proposed E-MCPC can achieve 1.2 times and 30% higher throughput, and 2.5 times and 2 times better power conservation compared to the IEEE 802.11 and MCPC, respectively.

二、計劃緣由與目的

就目前無線網路的發展趨勢來說，輕巧、小尺寸、高頻寬與低成本是市場不變

的法則，而且也是生存的法則。藉由使用輕巧的無線網路器材，使用者能夠隨時隨地享受網際網路業者所提供的各種服務。高速網路建置及網路服務多樣化讓使用者能迅速取得所需的資訊。因此對於未來無線通訊與網際網路之整合數位服務 (integrated data services) 的高度需求是可以預見的。目前無線網路的協定以 IEEE 802.11[1]為主流。

現存的無線網路通訊產品雖然其頻寬有逐漸增加的趨勢，卻無法滿足使用者及服務提供者的需要，其主要原因為：

1. 由於電池工業屬化學工業，其容量提升的速度遠落後於電子產業，因此其有限的電池使用容量將造成使用者的不方便。
2. 由於兩個無線行動節點要互相溝通的話，彼此必須使用相同的頻道，但若是在同一區域中存在數百個無線行動節點，則頻道擁擠的情形將相當的嚴重，使得平均使用效率大幅下降，更進而浪費電池效能。

為了解決上述問題，有幾個電源管理與頻道選擇的方法被提出來：

● 電源管理：

1. IEEE 802.11 省電模式[2][3]：在此標準中有兩種省電模式，一為由 Access Point 所控制與管理各個無線網路節點的 anfrasturcture mode，另一為由各個無線網路節點彼此互相協調後，以一共同的時間間距 (beacon interval) 來調整目前傳輸狀態的 ad hoc mode。
2. 電源控制傳輸[4][5]：利用兩個欲互相傳輸的無線網路節點的傳送信號強度，來調整其傳送功率，可有效降低電源的消耗。

● 頻道選擇：

1. 多頻道選擇傳輸[6]：透過一個全雙工的天線，所有位於相同傳輸空間的無線網路節點，在傳輸前監聽所有的頻道，而後選擇一個最佳的頻道，則所有的無線節點可使用不同的頻道同時傳輸，以大幅提高網路的傳輸量。在 IEEE 802.11 標準中所提出的省電

模式，雖可降低電源的消耗量，但由於其使用一共同的頻道，當一對無線網路節點在傳輸時，所有其他的節點都必須進入休眠模式 (sleep mode)，造成網路總體傳輸量下降。在電源控制傳輸方面，雖然可降低電量的消耗，但是由於其降低了傳送信號的強度，將造成其他無線節點無法偵測出其存在，使得干擾情形相當的嚴重，如此一來其電量的節省將沒有預期的有效。在多頻道選擇傳輸方面，由於其協定必須使用一全雙工的天線，將造成無線網路卡成本的大幅增加。再者由於其演算法的複雜度高，也需要其他硬體的支援，因此就其所提升的效能與耗費的成本相比，並不實用。

本計畫提出一個整合型的電量控制與多頻道選擇機制，採用一個半雙工天線，在無線網路的環境中可以大幅提昇電量的有效利用及網路的傳輸量，並且不會提高無線網路卡的成本，而我們此一演算法只修改了無線網路協定的媒體存取層 (MAC layer)，因此適用於目前所提出的各種 IEEE 802.11 協定，如 IEEE 802.11a 與 IEEE 802.11g。

三、研究方法及成果

為了提升無線網路環境的傳輸效能與降低電量的消耗，我們提出一個整合型的電量控制與多頻道選擇演算法，此演算法有以下特色：

- 不需要透過 Access Point 的管理與控制。
- 可減少因為降低傳送信號強度所造成的干擾。
- 透過公平的多頻道選擇，在一個壅塞的無線網路環境中，可以有最佳的平均傳輸量。

我們的演算法分為兩階段，第一階段為頻道協調，第二階段為電量控制，如圖 (一) 所示。在第一階段中，無線網路節點必須先通過一個用來選取頻道的 ATIM window。在 ATIM window 中，所有的無線網路節點必須使用一個共通的控制頻道 (control channel)，此一控制頻道與 IEEE 802.11 中的任一頻道一樣，亦可作為資料

的傳輸。無線網路節點在這控制頻道中透過 ATIM 與 ATIM-ACK 封包的交換，彼此可建立出目前無線網路中可使用的頻道表。當目的端選擇出最佳頻道後，透過 ATIM-ACK 封包告知傳送端，每個與目的端在相同無線網路區域中的節點都會收到此一 ATIM-ACK 封包，並更新其頻道表。而當傳送端接收到此一自目的端傳回之 ATIM-ACK，將回覆一個 ATM-RES 的確認訊息給目的端。此一 ATM-RES 封包是用來使位於與傳送端相同無線網路區域的節點可以同步更新頻道表，避免使用其所協調出的頻道而造成干擾，如圖（二）所示。透過這樣的模式，我們可以確認當傳輸雙方溝通出最佳的頻道後，位於相同無線網路區域的節點，將同步更新頻道表，因此可以確實避免干擾。

在第二階段中，傳送端與目的端之無線網路節點使用在第一階段所協調出之最佳頻道來傳輸資料，而其他位於相同無線網路區域之節點可以使用其他的頻道直接傳輸資料，不需要等待其他的節點傳送完畢，因此可以有效提升整體網路的傳輸量，以及網路傳輸品質。

當進入第二階段的電量控制時，傳送端與目的端之無線網路節點使用在 IEEE 802.11 中所定義的預設傳送電量，亦即最大電量，來傳送 RTS 與 CTS，如此一來可以使得位於所謂傳輸感測區域（carrier sensing area）之節點知道目前網路上有資料正在傳輸，因此為了避免干擾，會設定其網路配置向量表（network allocated vector）至最大值。當傳輸雙方收到對方所傳送之封包，可以依照所接收到之訊號強度來調整傳送電量，如圖（三）所示。

四、討論與結論

我們利用 *ns-2* 模擬我們所提出的多頻道選擇與電量控制演算法（E-MCPC），並與 MCPC[7]比較。在 E-MCPC 中，相同的傳輸量中，每單位電量的消耗能夠提供一個較高效能的傳輸，而 MCPC 與 IEEE 802.11 由於碰撞與重新傳輸的緣故，當傳輸量越高，其電量的利用率也越低，如圖（四）所

示。圖（五）是在不同傳輸量下，網路服務量總和的比較。在流量不高的情形下，各個協定的表現大致相同，但當流量增加時，E-MCPC 比 MCPC 有較佳的效能，這是因為 E-MCPC 的頻道選擇更為精準，並且經由電量控制的過程後，單一區域可以同時容納更多的傳輸。在圖（六）中，由於我們所提出之 E-MCPC 可以有效避免干擾與碰撞，當封包越大時，E-MCPC 比 MCPC 有更佳的整體網路服務量表現。綜合上述，我們所提出的多頻道選擇與電量控制演算法確實可以提供較佳的服務效能，以及有較高效率的電量利用。我們所提出的演算法應用於無線網路，確實可以保證使用者有較佳的服務品質，且不會浪費網路頻寬與電量於干擾與碰撞下所需的重新傳輸。如此，對無線網路的使用者以及網路服務供應商而言，皆能擁有最大的效益。

本研究成果已發表於 *International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pp. 207-216, Aug. 2004 (published by Springer as Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3207).

五、參考文獻

- [1] IEEE Standards Department, *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, Standard 802.11, 1999.
- [2] E. S. Jung and N. H. Vaidya, "An Energy Efficient MAC Protocol for Wireless LANs," in *Proc. IEEE INFOCOM*, June 2002, pp. 1756-1764.
- [3] Y. C. Tseng, C. S. Hsu, and T. Y. Hsieh, "Power-Saving Protocols for IEEE 802.11-based Multi-Hop Ad Hoc Networks," in *Proc. IEEE INFOCOM*, June 2002, pp. 200-209.
- [4] E. S. Jung and N. H. Vaidya, "Medium Access Control for Ad Hoc Networks: A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks," in *Proc. ACM MOBICOM*, Sep. 2002, pp. 26-47.
- [5] S. Narayanaswamy, V. Kawadia, R. S. Sreenivas, and P. R. Kumar, "Power Control in Ad-Hoc Networks: Theory, Architecture, Algorithm and

Implementation of the COMPOW Protocol,” In *Proc. European Wireless*, Feb. 2002, pp. 156-162.

[6] J. So, and N. H. Vaidya, “A Multi-channel MAC Protocol for Ad Hoc Wireless Networks,” *Technical Report*, Jan. 2003, [Online]. Available: <http://www.crhc.edu/~nhv/papers/jungmin-tech.ps>.

[7] Y. C. Tseng, S. L. Wu, C. Y. Lin, and J. P. Sheu, “A Multi-channel MAC Protocol with Power Control for Multi-hop Mobile Ad Hoc Networks,” in *Proc. International Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing*, 2001, pp. 419-424.

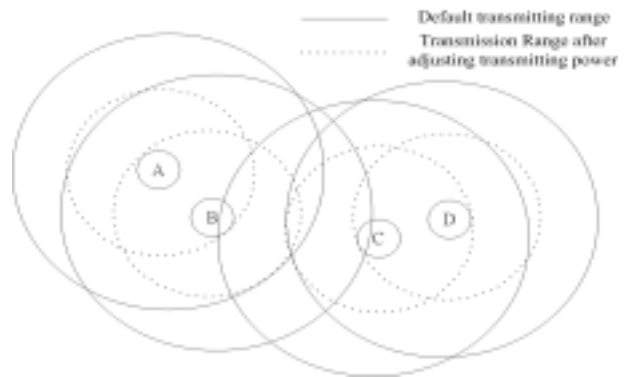


圖 (三) 電量控制。

六、圖表

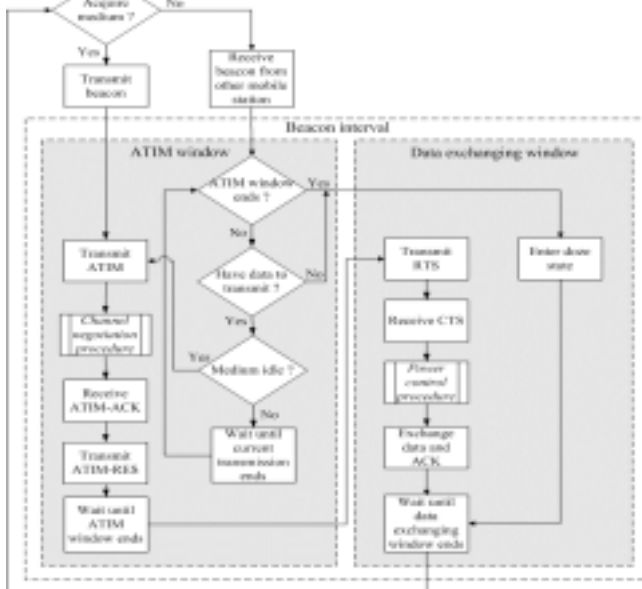


圖 (一) 頻道選擇與電量控制流程圖。

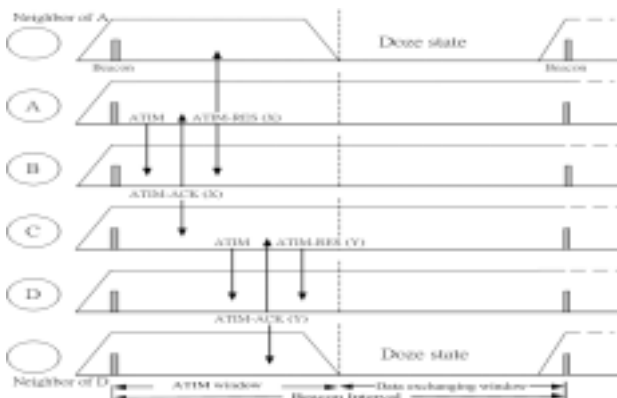


圖 (二) 頻道選擇流程圖。

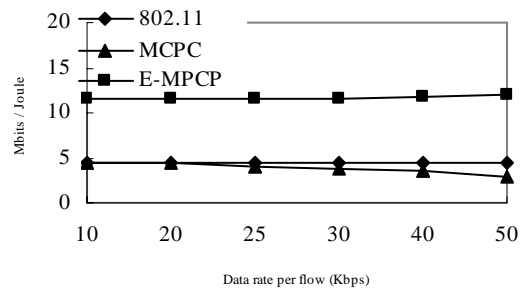


圖 (四) 每單位電量之服務量比較。

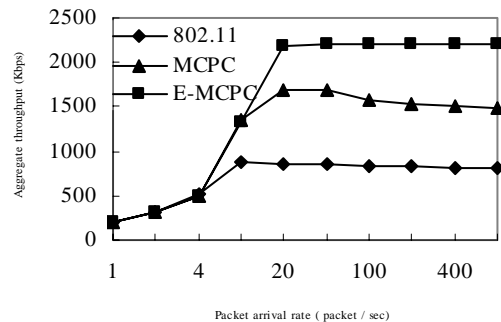


圖 (五) 不同傳輸量下整體網路服務量比較。

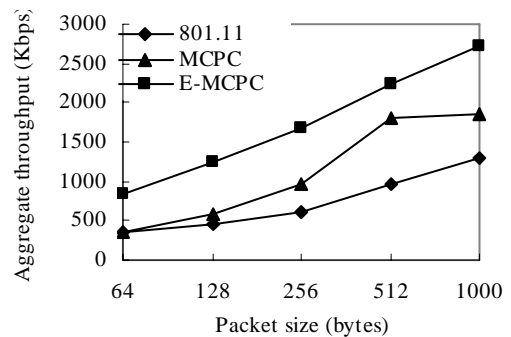


圖 (六) 不同封包大小下之整體網路服務量比較。