

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫一：具低速率與高傳輸效能 IEEE 802.15.4 無線傳輸 媒體存取控制(MAC)之研製

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-032-022-

執行期間：93年08月01日至94年09月30日

執行單位：淡江大學電機工程學系

計畫主持人：許獻聰

計畫參與人員：許獻聰，莊岳儒，尹華強，詹東恩，許喬鈞，陳陸威，施雲嚴

報告類型：精簡報告

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 94 年 8 月 18 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

自主性分散式無線感測網路嵌入式系統研製

子計畫一：具低速率與高傳輸效能 IEEE 802.15.4 無線傳輸媒體存取控制  
(MAC)之研製

計畫類別：一般行研究計畫(整合型)

計畫編號：NSC 93-2213-E-032-022

執行期間：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人： 許獻聰 淡江大學電機工程學系

執行單位：淡江大學電機工程學系

中華民國 94 年 6 月 30 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

自主性分散式無線感測網路嵌入式系統研製

子計畫一：具低速率與高傳輸效能 IEEE 802.15.4 無線傳輸媒體存取控制(MAC)之研製  
計畫編號：NSC 93-2213-E-032-022

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：許獻聰 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系  
計畫參與人員：莊岳儒 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系  
尹華強 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系  
詹東恩 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系  
許喬鈞 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系  
陳陸威 執行機構及單位名稱：淡江大學電機工程學系

## 一、計畫中文摘要

目前無線通訊和電子技術的發展，已經有能力做出體積小、低成本、低耗電、可作短距離傳輸的多功能無線感測網路節點，且每個節點皆具有感測、運算和通訊的功能；有別於傳統無線網路之型態[1][2]，所以勢必要再加以研究開發出其適合的軟硬體架構、通訊協定、應用程式...等。

為了達成無線感測節點間共通的傳輸能力，我們勢必需設計一個無線傳輸通訊協定[3][4][5]。本計畫中的規劃與 MAC 控制器實作上，與時間較無關的函式將被實作於 8051 微處理器或其他低階的 8-bit 微處理器上；其他與時間有關 (time-critical) 的函式將實作於 FPGA 開發平臺。此 MAC 控制器是 Host CPU 與 Baseband 控制器之間橋樑。計畫中的另一項工作是改良標準通訊協定以及實作所改進的通訊協定於所研製的平台(MAC controller) 上進行驗證與評估。

## Abstract

Realization of wireless sensor networks needs to satisfy the constraints introduced by factors such as fault tolerance, scalability, cost, hardware, topology change, environment, and power consumption. Since above

constraints are highly stringent and specific, new wireless ad hoc networking techniques are required, e.g., the hardware and software architectures, communication protocols, application programs, etc.

For communication ability between wireless sensor nodes, we need to design a new wireless communication protocol. In the design of this project, functions with less time-critical will be implemented in 8051 microprocessor or other low-level 8-bit processor. Time-critical functions will be implemented in FPGA development platform. This MAC controller will be the bridge of between Host CPU and baseband controller. Another target of this project is to improve standard communication protocol and to implement the improved protocol in MAC controller in order to process evaluation.

## 二、計畫緣由與目的：

網路在近年內將會蓬勃發展，此領域在美國已發展多年，最近才被國人關注。他們不僅在省電機制上投入大量人力研究，且與廠商合作開發出感測節點之硬體原型。由於百家爭鳴的結果，現階段反而沒有一個共通的傳輸協定，也就是說 A 公司的感測節

點並無法與 B 公司的感測節點進行溝通傳輸。有鑑於此，我們希望能將國內甚至國外所研究之感測網路找到一個共通的傳輸協定。2003 年二月，國際電機電子工程師學會 (IEEE) 針對低速率個人區域網路制定了 802.15.4/D18 的規格，其針對媒體擷取層以及實體層訂定標準規格。於是我們將 IEEE 802.15.4 運用在本計畫中感測網路的實體層與媒體擷取層。

由於感測網路的普及是可預期的，因此我們希望能優先掌握助其最精華的技術，其中包括媒體擷取層的傳輸協定與硬體實現、實體層的基頻調變技術以及射頻電路設計等...，以上為整合型計畫的總目標。因此身為麾下之子計畫，我們以其中媒體擷取層整個領域為目標，計畫將 802.15.4 規格以 FPGA 搭配 8051 晶片來實現，並且針對傳輸協定上之缺陷提出修改辦法。

本子計畫在硬體實現部分的目標是將 8051 單晶片作為媒體擷取層的處理器來控制底下不同功能的 FPGA 函式，並作為上層與下層一個傳輸的橋樑。另一目標則是希望改良 802.15.4 標準傳輸協定的缺陷，使其達到有效省電的目的。計畫中，我們更希望能製作出一個可程式化之人機界面的模擬程式，用來方便更多想要驗證改良之傳輸協定的學生。最後會做出一個讓上層以及下層所使用的函式介面，提高上下層溝通的可行性。

### 三、方法：

在 IEEE 802.15.4 通訊協定中其最關鍵的問題是對於處理即時(real-time)服務的能力，其中 beacon order(BO)和 superframe order(SO)這兩個參數是來控制在主動和非主動期間中超級訊框(superframe)的長度，然而光使用兩個參數很難使從每一個節點到協調者的資料流平順且固定。雖然標準中有分配一段 Guarantee Time Slots(GTS)給即時的服務，但是其訊框的存取間隔依然受到超級訊框長度的影響。所以在本子計畫中我們提出了一個 interleaving access scheme(IAS)的方法，IAS 的方法是增加一個新的參數

interleaving order(IO)來調整超級訊框的架構。根據 IO 的數值，每個超級訊框會被分割成  $2^{IO}$  數量的子區間(subperiod)，並且每個子區間的長度  $T_P$  等於  $48 * 2^{(BO-IO)}$  個 UBPs，如圖二所示。原先超級訊框的主動區間  $48 * 2^{SO}$  個 UBPs 同樣的延續  $2^{IO}$  子區間，並且每個子區間包含主動部分伴隨著非主動部分就樣規格制訂的一樣。在每個子區間中，主動的長度  $T_{PA}$  與非主動的長度  $T_{PI}$  分別等於  $48 * 2^{(SO-IO)}$  與  $T_P - T_{PA}$  個 UBPs。這樣的方法主要的優點在於資料傳輸可以被延續到整個超級訊框區間，因此當  $IO > 0$  時，每個節點可以有較高的資料傳送機率並且有更短的存取延遲和更小的延遲變化。如圖三、圖四、圖五，為 IAS 模擬後的結果，與標準協定 (BO2, SO1) 比較均能達到較佳的結果，其詳細方法請參閱文獻[6]。

### 四、結果與討論：

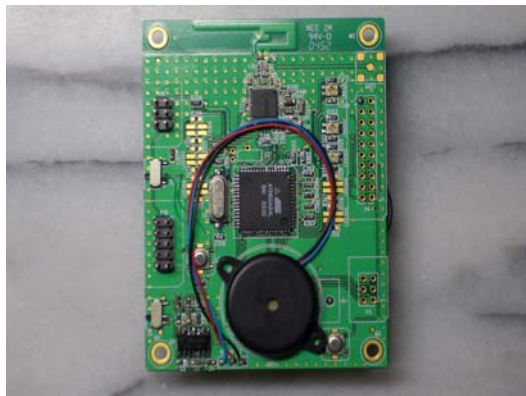
根據我們提出的 IAS 方法，我們已成功地改進 IEEE 802.15.4 通訊協定並已發表於相關之國際研討會與國際期刊。IAS 方法可以降低平均資料更新的間隔並且減少節點電力的消耗。降低平均資料更新的間隔能夠提供即時監測的應用，而減少節點電力消耗則可以延長電池的生命週期。

### 五、參考文獻

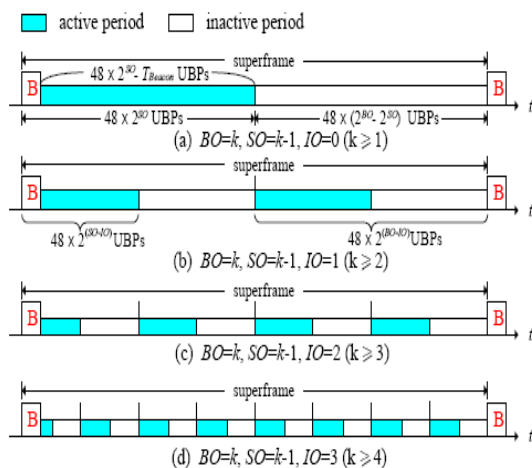
- [1] Amit Sinha, Anantha Chandrakasan, "Dynamic power management in wireless sensor networks," Design & Test of Computers, IEEE, Vol. 18, Issue 2, Mar. 2001, pp. 62 -74.
- [2] Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," INFOCOM 2002, Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, Vol. 3, 23-27 Jun. 2002, pp. 1567 -1576.
- [3] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, "Standard for Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) - D18," Feb. 2003.

- [4] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on sensor networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 91, Issue 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [5] Hanada E, Hoshino Y, Kudou T., "Safe Introduction of In-hospital Wireless LAN", in Proceedings of International Medical Informatics 2004 (Medinfo. 2004), pp. 1426-1429, Sep. 2004.
- [6] Shiann-Tsong Sheu, Yun-Yen Shih, and Lu-Wei Chen, "An Adaptive Interleaving Access Scheme (IAS) for IEEE 802.15.4 WPANs," in Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, VTC spring 2005, May 2005.

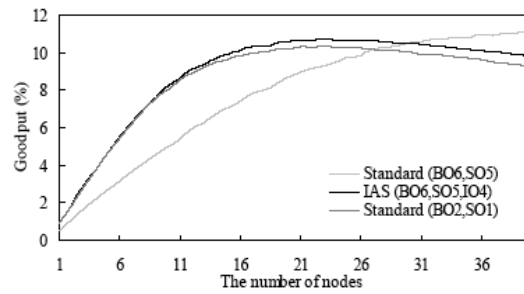
## 六、圖表



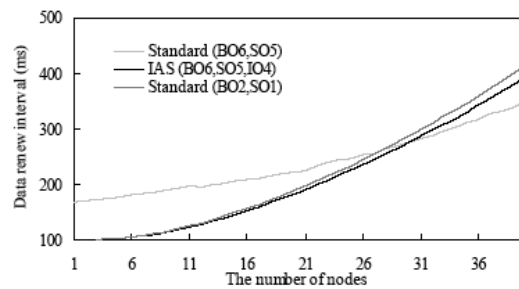
圖一、計畫開發硬體平台



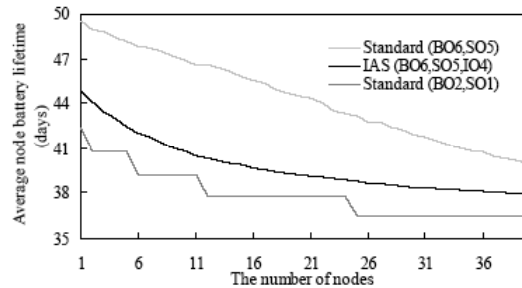
圖二、Illustrating superframe structure adjusted by proposed IAS with interleaving order (IO)



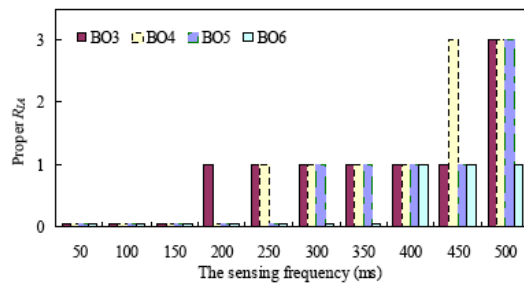
圖二、Comparisons of derived goodputs from standard protocol and IAS under different parameter settings



圖三、Comparisons of derived average data renew interval from standard protocol and IAS under different parameter settings



圖四、Comparisons of derived average battery lifetimes of nodes from standard protocol and IAS under different parameter settings



圖五、The most proper proportions of inactive period to active period for different sensing frequency and different values of BO