

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

無線多重進接規約引擎

Wireless Multiple Access Protocol Engine

計畫編號：NSC 87-2218-E-009-058

執行期限：86年08月01日至87年07月31日

主持人：單智君 國立交通大學資訊工程系

一、中文摘要

本計畫的目標，是設計一個可以用在無線多媒體多蜂巢網路中的無線多重進接規約控制器之規約引擎。在交大先期整合型計畫「無線個人通訊系統之研發」中，已提出一個可以支援無線多媒體傳輸之多重進接規約，並以摩托羅拉公司出品之通用型微控制器系統驗證其可行性。本計畫檢討該系統架構缺陷，並針對該規約之特性進行規約引擎之設計，以提升端點對端點的傳輸速度與效能。

關鍵詞：無線多重進接，規約，控制器

Abstract

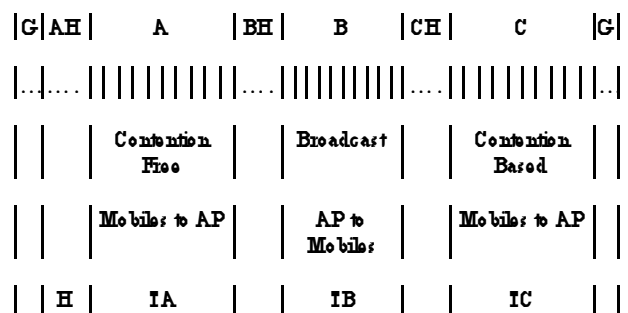
The goal of this project is to design and implement a wireless multiple access (MAC) protocol engine that can be used in the controller for wireless multimedia cellular networks. In the previous NCTU integrated project, a wireless MAC protocol that can support wireless multimedia communications has been proposed. A MAC controller for this protocol has also been implemented using Motorola's general-purpose controller 68302 for verification purpose. In this project, we will re-examine the system architecture of this MAC controller and design a MAC protocol engine to promote the end to end transmission speed.

Keywords: Wireless Multiple Access,

Protocol Controller

二、緣由與目的

一個無線個人通訊系統的建立，不仅需要無線數據機之連線，更需要控制整個通訊系統運作之控制卡軟硬體以及有效率的多人使用規約 (Protocol)。截至目前為止，時域分割多重進接 (Time Division Multiple Access, TDMA) [1][2][4][5] 及封包預約多重進接 (Packet Reservation Multiple Access, PRMA) [3][6][7][8] 是兩個最常被使用於慢跳頻式個人通訊系統中之多人使用方式。這兩種方式皆是交大先期整合型計畫「無線個人通訊系統之研發」中的 Frame-based Multiple Access Protocol 之特殊形式。圖一顯示此規約之時框結構 (Frame Structure)。在此規約運作下，數據傳收時間之分配皆由基地台所傳送之 Header 來控制。此一多人使用規約兼具隨機進接 (Random Access) 及預約進接 (Reservation Based Access) 的優點。語音及數據資訊皆可利用此規約傳送，很適合未來多媒體無線通訊之使用。



AH - Header for Period A
 BH - Header for Period B
 CH - Header for Period C

AP - Access Point

圖一：多人使用規約之時框結構

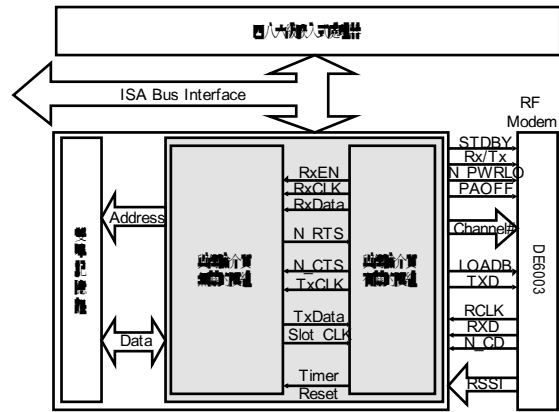
在交大先期整合型計劃中，已以摩托羅拉公司出品之通用型微控制器系統驗證此規約之可行性。然而，在該計劃中，規約控制器大部分的功能都是用軟體製作，部分功能的執行效率比用特別的硬體製作差上許多。因此，本計劃將針對該規約之特性進行規約引擎設計，以增加規約控制器的效能，使其能支援更高傳輸速率的實體層，增加無線網路系統的容量。

本計劃所設計的規約引擎採用軟、硬體混合設計，以特殊的硬體來支援規約的軟體運作。以軟體執行規約可使規約保有相當的彈性，而其執行效率也將隨著 CPU 的演進而迅速提昇。

三、結果與討論

在本計畫中，我們定義出此規約引擎的外部界面及內部架構，如圖二所示。由一 486 級嵌入式處理器、FPGA（圖中陰影部份，即為規約引擎主體）以及記憶體元件所構成。

為了使本規約引擎能因應將來之修改，並符合模組化之設計，我們將規約引擎主體分為與傳輸介質有關（Medium Dependent Module，圖三）及與傳輸介質無關（Medium Independent Module，圖四）兩個模組，以增加設計之重用性。以下簡介此二模組的功能及其工作單元：

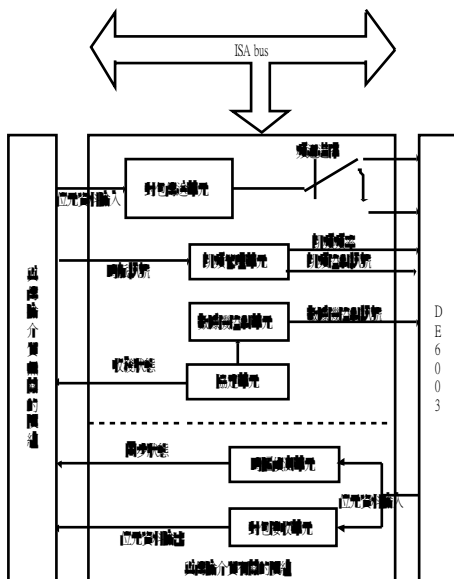


圖二 規約引擎架構

(1) 與傳輸介質有關的模組：

此模組之設計可依傳輸介質之不同而做調整。其功能是負責偵測訊框與傳輸時脈，並確保資料收送的穩定。目前是針對無線數據機的傳輸界面 (RF Modem interface) 作設計。若要支援不同的介質，例如紅外線的傳輸，只需針對此模組修改即可。根據無線電波傳輸的特性，我們在此模組中定義了五個主要的工作單元，包括：

- I. 跳頻管理單元：負責記錄多組跳頻頻率，並每隔一個訊框送出下一個跳頻頻率給 RF Modem。如果使用快跳頻或是沒有跳頻的通訊協定，可以針對此部分修改或省略。
- II. 數據機控制單元：其作用為送出數據機控制訊號，以切換數據機狀態。數據機包括傳送、接收、睡眠、以及跳頻四種狀態，藉由 RTS (Ready To Send) 與 CTS (Clear To Send) 訊號控制規約引擎資料的傳送。



圖三 與傳輸介質有關的模組

III. 時框偵測單元：定時偵測檔頭

(Frame Header)，以確保訊框已達穩定的同步狀態。

IV. 封包收發單元：負責判定所接收的封包是否為有效之封包，以及在封包送出時加上供辨識用的檔頭。當支援不同的通訊協定時，此部分必須作適當的修改以符合不同的封包格式 (Packet Format)。

V. 協定單元：此單元內的暫存器記錄傳送與接收時段的分配狀態。與數據機控制單元合作，可控制規約引擎與天線的收發狀態。此單元可藉著初始時之設定以支援不同的分時協定。

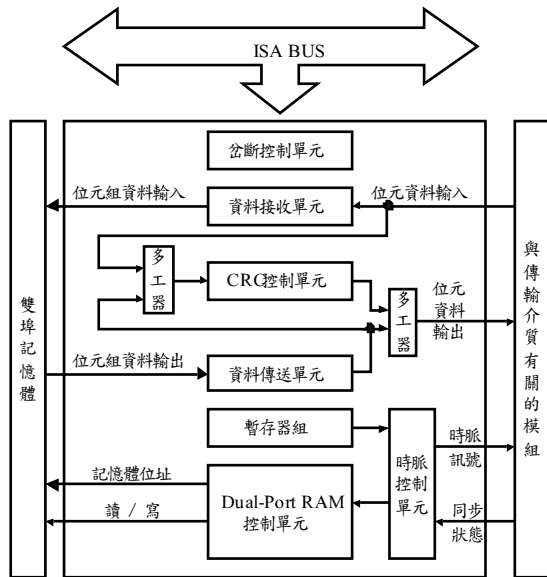
(2) 與傳輸介質無關的模組：

此模組不須隨傳輸介質的改變而作更動。其功能包括 CRC 的產生與檢查、資料讀出/寫入的時脈控制、與雙埠記憶體 (Dual-Port RAM) 間的資料傳輸控制、以及處理器控制訊號處理及岔斷要求控制等部份。我們在此模組中定義了六個主要的工作單元：

I. 資料接收單元：由於 RF Modem 每個時脈只接收一位元 (1 Bit) 的資料，此單元負責將位元資料組合成位元組 (1 Byte) 再送到 Dual-Port RAM。

II. 資料傳送單元：由於 RF Modem 每個時脈只傳送一位元的資料，此單元負責將 Dual-Port RAM 送來的位元組的資料分八個時脈送出，每次送出一位元。

III. CRC 控制單元：負責在送出的資料結尾加上 CRC，以及檢查收到的資料之 CRC 是否正確。並由此觀察接受資料之品質。



圖四 與傳輸介質無關的模組

IV. Dual-Port RAM 控制單元：採 Ring-Buffer 的形式管理 Dual-Port RAM，並負責以 DMA 方式將 Dual-Port RAM 中之資料讀至資料傳送單元、將資料接收單元送來的資料寫入 Dual-Port RAM。

V. 時脈控制單元：由於規約引擎採同步機制，因此時脈的控制極為重要。此單元包含計時器，負責接收、傳送以及時框分割的時脈控制；以控制整個規約引擎的收發狀態。

VI. 插斷控制單元：根據內部送出的插斷要求 (Interrupt Request) 及插斷遮罩 (Interrupt Mask) 的內容，向 CPU 發出插斷要求。

根據以上所定義出的外部界面及內部架構，我們還完成了界面控制部份的功能定義。此部份最主要的是暫存器組的定義，包括命令(Command)、收發狀態 (Transmit and Receive Status)、收發組態 (Transmit and Receive Configuration) 以及用來控制跳頻用的跳頻頻道 (Channel No.) 等暫存器，以控制規約引擎之運作。

此外，我們並撰寫 Functional Level 的硬體描述語言，針對定義出的功能進行設

計。我們使用的工作平台是 Altera 公司出品的 MAX+PlusII 8.1 PC 版軟體，並以此軟體所提供的 AHDL 硬體描述語言來完成我們的設計。由於本規約引擎採用同步的機制，任何時序間的誤差皆會影響本規約引擎之正常運作，所以各訊號間時序關係的描述便顯得格外重要。由於我們採用的工作平台本身便提供極佳的 Waveform Editor 及 Simulator，因此很容易針對我們的設計做時序的模擬及驗證功能的正確性。

總括而言，在本年度中，我們完成了下列幾項成果：

- (1) 定義出無線多重進接規約引擎的外部界面及內部架構的功能。
- (2) 完成界面控制部份的功能定義。
- (3) 設計出無線多重進接規約引擎的外部界面及內部架構的功能，並撰寫 Functional Level 的硬體描述語言，以驗證功能的正確性。

四、計畫成果自評

在這一年度中，我們完成了無線多重進接規約引擎硬體部份之設計，亦即圖二中陰影 (FPGA) 的部份，並就此設計完成了硬體描述語言的撰寫。接著，我們利用輔助軟體將硬體描述語言轉譯成可燒錄於 FPGA 的電路，並完成了功能上的測試及其時序的模擬。在效能上，我們模擬時採用的傳送及接收時序週期為 500ns，也就是將硬體上的傳輸速率定為 2MHz，為 IEEE 802.11 的傳輸上限。

我們所設計的規約引擎為一般用途的 TDMA 規約引擎，具有模組化及可程式化的特性，因此對於一般的分時協定，只須稍作調整即可適用，相當具有彈性。目前無線區域網路規約的標準為 IEEE802.11，其硬體上的架構和我們的設計相差不大，只要做少許修改即可。此外，最近 HomeRF Working Group 提出了一個整合現有無線電話 (DECT) 與無線區域網路 (IEEE

802.11)的規約 — SWAP (Shared Wireless Access Protocol) [9][10], 是極具市場潛力的標準, 也可以套用於本規約引擎 [11]。

除了上述成果外, 參與本計畫的人員, 也獲得了各種 TDMA 類型的無線多重進階規約引擎的設計經驗, 以及如何實作的技巧, 並增加了硬體描述語言撰寫的經驗, 這對往後我們進行此一類型的計畫有相當大的助益。

五、參考文獻

- [1] Chia-Chi Huang and David Bantz and Bob Cato, "BROADCAST-Initiated Bipartite Frame Multi-Access Protocol," U.S. Patent, No.5123029, 1992.
- [2] Chia-Chi Huang and K. S. Natarajan, "Battery Efficient Operation of Scheduled Access Protocol," U.S. Patent, No.5241542, 1993.
- [3] D.J. Goodman, etl, "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communication," IEEE Trans. Commun., COM-37, pp.885 -889, 1989.
- [4] R.Prasad, "Performance Analysis of Mobile Packet Radio Networks in Real Channels with ISMA," IEE Proc.I, Vol.138, No5 pp.458-464, Oct, 1991.
- [5] Dunlop, J; Irvine, J.; Robertson D.; Cosimini, "Performance of a Statistically Multiplexed Access Mechanism for a TDMA Radio Interface," IEEE Personal Communications, Vol.2, ISS.3 ,PP.56-64, June 1995.
- [6] S. Nanda, D. J. Goodman, and U. Timor, "Performance of PRMA: A packet voice protocol for cellular systems," IEEE Trans Veh. Technol., Vol.40, No3 pp.584-598, Aug. 1991.
- [7] L.M.A. Jalloul, S. Nanda, and D. J. Goodman, "Packet Reservation Multiple Access Over Slow and Fast Fading Channels," in Proc.40th IEEE Veh. Technol. Conf., Orlando, FL, pp.354-359, May 1990.
- [8] D.J. Goodman and S.X. Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.40, No1, pp.170-176, Aug.1991.
- [9] " Home RF Working Group Technical Representation," <http://www.homerf.org/tech/techpres.pdf>
- [10] " Home Radio Frequency Working Group Delivers SWAP Specification Version 0.5," <http://www.homerf.org/press/momentum>

0798.html

- [11] 張廷謙, 李弘民, 朱鍵林, 單智君, "使用 SWAP 技術建立 Home RF 整合環境之硬體設計," 第四屆即時與媒體系統研討會 (Fourth International Symposium on Real-Time and Media Systems, RAM'S 98), pp.319-325