

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路之研究--總計畫:
十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路之研究
(1/2)

期中進度報告(完整版)

計畫類別：整合型

計畫編號：NSC 96-2219-E-002-023-

執行期間：96年08月01日至97年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電信工程學研究所

計畫主持人：李學智

共同主持人：闕志達、蘇炫榮、謝宏昀

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年05月30日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☐ 成果報告
☐ 期中進度報告

總計畫:十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路之研究(1/2)

計畫類別：☐ 個別型計畫 ☒ 整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2219-E-002-023

執行期間：96 年 8 月 1 日 至 98 年 7 月 31 日

計畫主持人：李學智 教授

共同主持人：關志達、蘇炫榮、謝宏昀

計畫參與人員：劉家杰、劉慶昌、賴建伯

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 精簡報告 ☐ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☐ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年 ☐ 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學電信工程學研究所

中 華 民 國 97 年 5 月 29 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫

總計畫:十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路之研究(1/2)

計畫編號: NSC 96-2219-E-002-023

執行期限: 96 年 8 月 1 日 至 97 年 7 月 31 日

計畫主持人:李學智 教授 國立台灣大學電信工程學研究所

協同主持人:闕志達 教授 國立台灣大學電子工程學研究所

協同主持人:蘇炫榮 教授 國立台灣大學電信工程學研究所

協同主持人:謝宏昀 教授 國立台灣大學電信工程學研究所

一、中文摘要

近來無線通信技術的研究重心已由無線網路延伸至終端設備，一個能夠隨著通信環境改變，選擇合適通信協定的智慧型終端設備，實為發展未來的機動式及行動式寬頻連接之關鍵。本計畫之目的係為建立一個能夠經由偵測無線通道特性，並透過各通信端點間合作，以提高通信系統傳輸速率之感知無線電(cognitive radio)。本計畫研究範圍包括：無線寬頻通道特性、感知與合作網路 PHY 層以及 MAC 層之研究，以及硬體雛型之製作。換言之，本計畫不止將發展無線 Gigabit 網路之 PHY 層與 MAC 層技術，亦將建立硬體模擬測試平台以驗證相關理論研究。透過下列四個子計畫之密切合作，本計畫之研究範圍將包含許多突破性關鍵技術：

子計畫一：十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路之通道量測與傳輸品質分析(李學智教授主持)

子計畫二：十億位元級(Gigabit)無線網路基頻訊號處理之研發與實作(闕志達教授主持)

子計畫三：十億位元級(Gigabit)無線網路之感知式協同型多工存取(蘇炫榮教授主持)

子計畫四：十億位元級(Gigabit)無線網路媒體存取控制通信協定之研究(謝宏昀教授主持)

(關鍵字：感知無線電，協同無線電，十億位元級傳輸，多輸入-多輸出，跨層設計，通道量測，媒體存取控制。)

二、英文摘要

The wireless communication technology is moving from infrastructure toward terminals/devices. To realize the future nomadic and universal wireless network connection that allows seamless exchange of multimedia information among user terminals/devices, smart communication devices that can adapt to environment changes and flexible communication protocols are essential. This project aims to develop a cognitive gigabit wireless network that benefits from terminal cooperation to boost the aggregate transmission rate. The scope of the project covers understanding of wideband channel characteristics, cognitive and cooperative physical layer (PHY) and medium access control (MAC) protocol design, and hardware prototyping. In other words, this project will develop not only the gigabit wireless PHY and MAC technologies but also a hardware emulation platform for the gigabit wireless network. Thus, the project involves many technology breakthroughs that may help global and local research agencies as well as industry.

These technology breakthroughs will be developed through integration of the following four closely related sub-projects.

Sub-project I: Channel Understanding, Measurement and Transmission Performance Analysis for Cognitive and Cooperative Wireless Gigabit Networks

Sub-project II: Development and Implementation of Gigabit Wireless Network Baseband Signal Processing System

Sub-project III: Cognitive-Cooperative Multiple Access for Gigabit Wireless Networks

Sub-project IV: Design and Evaluation of the MAC Protocol for Cognitive Cooperative Gigabit Wireless Network

(Keywords : Cognitive Radio, Cooperative Radio, Gigabit Transmission, MIMO, Cross-layer Design, Channel Measurement, MAC protocol.)

三、計畫緣由與目的

近年來，行動通訊與無線網路系統為因應行動能力的需求及多媒體的大量存取，不斷朝向低耗能且高速、廣泛的傳輸方向前進，為滿足此高速率且可靠的傳輸品質，勢必需發展一套具有突破性的無線網路架構及無線傳輸技術，Gigabit 無線傳輸正是無線通訊領域前瞻性研究的主題。

為達到多樣化的無線高速存取系統，需要能結合現有無線網路架構，達成以下設計目標：

- (1) 低成本、低耗電但高品質的傳輸。
- (2) 整合密度高的模組化產品。
- (3) 能和現有無線傳輸架構共存及相容。
- (4) 高自由度的頻譜利用及規劃。

欲達到高頻譜使用效率，我們首先會面臨到通道資源分配的問題，為整合無線資源達到有效率的傳輸模式，無線通訊系統的設計觀念必須由單層的獨立研究拓展到跨層(cross layer)的最佳化設計問題上面。而為因應無線通道干擾及頻寬資源的嚴重不足，具有感知能力(cognitive)及可以互相合作(cooperation)的多重傳輸模式可達到高頻譜效率及可靠度以提昇系統效能，而建構於此種傳輸模式下，首要課題便是如何針對其傳輸架構去做實際通道的量測，建立出偵測、分析干擾源的系統，進而完成 Gigabit 通道的模型及驗證。

無線通訊調變技術中，正交分頻多工系統(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)利用傅利葉轉換將頻帶分成許多次載波(sub-carrier)後平行傳輸資料，大幅提高傳輸速率，已被許多通信標準採用。然而如欲進一步提升傳輸速率，多輸入多輸出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)則是最佳之選擇。多天線系統可平行傳輸(spatial multiplexing)經由通道增益混合的接收信號具有空間多樣性(spatial diversity)，以增加傳輸率(throughput)。因此之故高天線數的多輸入多輸出系統將會成為未來無線通訊發展必然且十分重要的研究方向。

本計畫旨在開發十億位元級(Gigabit)無線感知式協同型網路，並完成其發收機的雛形，以便與（硬體）即時通道模擬器、網路模擬軟體整合成十億位元級無線感知式協同型網路的模擬驗證平台。由此可知，本計畫將涵蓋十億位元級無線網路的端點至端點研究開發與硬體實現。為了達成這個目標，總計畫必須整合子計畫的研究成果，詳列如下：

1. 子計畫二將利用子計畫一所建立的室內寬頻無線向量通道模型來完成即時向量通道模擬器的硬體雛形。
2. 子計畫二將利用子計畫一研究所得的天線設計參數來進行 MIMO OFDM 偵測與解碼演算法的驗證與評估。

3. 子計畫三將開發中繼及協同型傳輸的編碼解碼方式，並由子計畫二實現其硬體架構。
4. 子計畫四將整合子計畫三所研發的感知式無線資源分配機制於感知式無線網路模擬軟體中。
5. 上述的感知式無線網路模擬軟體將進一步整合子計畫一所研發的感知式協同型通道測量機制與模型於其中。
6. 子計畫一、二所研發的發收機雛形與即時通道模擬器將與子計畫三、四所研發的感知式無線網路模擬軟體結合成一完整模擬平台以便評估十億位元級無線感知式協同型網路的效能。
7. 在上述模擬平台中加入路由及子計畫三的網路編碼、協同傳輸機制，以及子計畫四的 MAC 匯流機制，並用於測試不同的服務項目，包含多媒體服務等。

四、第一年成果摘要

第一年度各子計畫的成果摘要分述如下：
子計畫一：本計畫的主要目的是探討及瞭解具有認知及合作能力的 Gigabit 無線傳輸網路的通道特性，建立認知式無線電及協同合作型無線電通道特性的量測系統，進行室內 MIMO 通道特性的量測與 Gigabit 的傳輸模擬，建立協同合作型通道及認知式無線電通道的模型，進行通道特性及系統架構對可傳輸速率的影響，探討協同合作技術在 OFDM 系統及波束形成上的應用，探討虛擬天線陣列與 MIMO 的關係，及對合作型無線電通道容量的影響。本計畫通道量測的結果，將提供子計畫二以驗證其所提的基頻信號處理法則及通道傳播模式，提供子計畫三以進行跨層設計，提供子計畫四進行 MAC 層規約的研究。

子計畫二：本計畫之之主要目的是以十億位元無線傳輸應用為目標，進行 5GHz 之無線網路系

統中的相關前瞻基頻處理技術。本計畫在此整合型計畫中之任務為基頻訊號處理、低功率基頻接收電路設計、即時硬體模擬等等。本年度中本計劃完成之研究成果主要包含可適性 OFDM 調變技術與軟性解調輸出之新式多輸入多輸出複數球面解碼器。其中球面解碼器已完成所有電路設計並已通過 CIC 審查，目前正由 TSMC 0.13 微米 CMOS 製程製作中。

子計畫三：下一代的無線網路勢必會整合多樣服務項目與應用方式。為適應此需求，以及維持完全覆蓋的無線上網，用戶的通訊裝置將會變得無比聰明，具有感測周遭環境，並且在需要的時候取得可用的無線網路資源。本計畫嘗試利用動態資源分配及用戶協同合作來達到此目標、並創造一個新的十億位元級的無線網路。動態資源分配利用避免用戶互相干擾的方式來將網路的總傳輸速率提昇至最大，用戶協同合作則是能在不需多天線裝備的情況下提供空間多重增益來改善傳輸品質。在計畫的第一年裡，我們探討了自主式多用戶動態資源分配。我們採用小波封包 (Wavelet Packet) 及自主式特徵波型設計來達到最佳的頻譜塑型、干擾規避、及功率分配。我們進一步提出可調式基礎波型選擇演算法在任何網路及通道狀況下均可達到最大的系統總傳輸率。

子計畫四：

1. 使用手持式頻譜分析儀，進行一系列之實驗，包括實際測量 IEEE 802.11a 5GHz 頻帶與 IEEE 802.11b/g 2.4GHz 頻帶之頻帶使用率 (spectrum utilization) 及頻帶空洞 (spectrum hole) 之平均時間，作為第二年設計並最佳化 MAC 通信協定之依據；此外並以實驗觀察當使用非協同式能量偵測 (non-cooperative energy detector) 方式來偵測網路之主要使用者 (primary user) 時，受到屏蔽及其他非主要使用者之干擾而影響偵

測成功率之問題。

2. 以網路最佳化(network optimization)工具，建立感知網路下主要傳送端(primary transmitter)及主要接收端(primary receiver)偵測問題之 MINLP (mixed integer non-linear programming)網路模型，並使用所建立之網路模型，以電腦模擬分析當感知網路節點欲於網路中偵測主要使用者存在時，使用能量偵測器(energy detector)、特徵偵測器(feature detector)及匹配濾波器(matched filter detector)等各種偵測器之優缺點及其限制；此外並分析比較使用協同式偵測方式進行主要使用者偵測之根本效能增益，模擬結果將作為第二年 MAC 通信協定設計之依據及效能評估之標準。
3. 參考國內外相關研究之成果，以 ns-2 網路模擬器為核心，擴充其模擬能力，建立感知網路電腦網路模擬平台，使之能正確模擬網路干擾之疊加效應與實體層之封包捕捉能力(capture effect)等，有助於模擬感知無線電節點與 IEEE 802.11 節點間之共存及干擾關係。此電腦網路模擬平台將作為於第二年 MAC 通信協定之實作與效能模擬平台。

本計畫第一年之部分研究成果已發表至 IEEE 國際會議，並有期刊版本審查中。