

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 無線私用交換機之資源分配 Resource Allocation for Wireless PBX

計畫編號：NSC 88-2213-E-009-079

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：林一平 交通大學 資訊工程系

### 一、中文摘要

近幾年來，由於行動通訊產業的蓬勃發展，通訊系統廠商開始將注意力延伸到企業型個人通訊服務系統上，期待企業通信系統也能具備行動能力。利用結合交換機與無線傳輸技術——無線私用交換機 (Wireless Private Branch Exchange)，讓使用者可以在公司內自由移動地收送電話。本計畫著重在分析無線私用交換機上資源分配問題、無線數據傳輸的參數設定與漫遊管理的設計，以提供企業型個人通訊服務系統設計之參考。

在設計無線私用交換機時，資源分配 (Resource Allocation) 是一個重要的課題。我們依據無線私用交換機中話務量的特性及系統各資源容量限制，建立一系統效能分析的模型，以協助系統管理者分配並善用無線私用交換機中有線及無線資源，達到最佳的系統效能。

為了擴展通話的服務範圍，我們期望企業型個人通訊服務系統也能提供數據服務。因此，本計畫探討蜂巢式數位封包數據 (Cellular Digital Packet Data，簡稱 CDPD) 技術及 CDPD 應用在企業型個人通訊服務系統上提供數據服務的效能。CDPD 乃架構在 AMPS 系統上，偵測並利用 AMPS 的空間頻道以傳遞資料。雖然 CDPD 是針

對 AMPS 而設計，但本身是一種層級架構，可與不同的語音傳輸技術結合運作。因此 CDPD 亦可應用在無線私用交換機的環境，提供使用者更滿意的數據服務。

若要量測企業型個人通訊服務系統對於無線電資源分配的效能 (針對語音及數據)，我們便需要電話/數據交換機來實地量測。但國內尚無此環境，因此本計劃利用電腦控制私用交換機運作的電腦與電話整合 (Computer Telephony Integration，簡稱 CTI) 技術，在私用交換機上新增程式並加入數據服務及漫遊管理的功能，使私用交換機可提供企業內行動語音及數據整合服務。此實作完成之系統可做為本研究計畫的模擬環境。

關鍵詞：無線私用交換機，CDPD，CTI 伺服器

### Abstract

Modern corporations consider information and information exchange as important assets that underlie the operation of an enterprise. To create company-wide information utility, i.e., an enterprise network, it is required to provide communications at the corporate and the departmental levels. In office buildings, the typical communication solution is the private branch

exchange (PBX) system, a switch that connects the telephone links from an office building to the PSTN (public switched telephone network). Furthermore, changes in the business environment are transforming people's mode of operation and work habits. Many corporate employees spend time away from their assigned wired phones but are still in their offices or other locations of the company. Companies are starting to be aware of the opportunities that mobility offers to increase productivity, provide better customer service, and lead to future cost savings. Thus companies are increasingly adding mobility solutions to their existing networks and continuously integrate them as seamlessly as possible. As the wireless technology advances, wireless products are gradually integrated with enterprise networking to provide employee mobility (or the so-called cordless terminal mobility) in the company and a bridge to the outside world.

Resource allocation is an important issue for WPBX planning. Based on the workload of call traffics and mobility of users, a performance study is required to provide guidelines of distributing the WPBX resource (switch circuits and radio channels). Such a study should include both voice traffic and data traffic.

This proposal consists of three parts. The first part studies allocation of wireline telephone circuits and radio channels for voice traffic. The second part investigates the CDPD mechanism and adapts this mechanism for WPBX data transmission. The

third part implements a wireless PBX experimental environment based on a commercial PBX product to support the study of the first two parts.

**Keywords:** Wireless PBX, Resource Allocation, CDPD

## 二、緣由與目的

近年來由於民眾的經濟能力大為改善，以及無線電技術的逐漸成熟，再加上行動電話的大為風行，使得行動通信系統廠商開始將注意力延伸到企業型個人通訊服務系統上，以期使企業通信系統能具備行動能力。目前企業型個人通訊服務系統正快速成長，其應用的對象包括：製造業、銀行、展覽場、醫療院所、流通業、財務服務業、旅遊業、一般辦公室、政府機關等。

目前，企業型個人通訊服務系統的發展趨勢，便是在現有的企業通訊系統上加入漫遊能力，允許使用者能在公司內自由移動地接聽電話，不為固定的電話位置所侷限。其中最常見的一種實作技術，便是採用無線私用交換機 (Wireless Private Branch Exchange, 簡稱 WPBX)。由於目前私用交換機已是非常普遍的公司設備，且現有的無線電技術已相當成熟 (如 DECT [1,2]、PHS [3,4] 和 CT2 [5] 等)，因此無線私用交換機功能可容易地與無線電技術結合，以提供企業內個人通訊服務。

在無線私用交換機的設計上，資源分配是一個重要的課題。私用交換機須向電話公司租用外線以向外連接，而內部無線電配備也需要重大的投資。現有無線私用交換機資源分配問題的研究，多是著重在無線電資源的部份 [9,10]，或是針對特

定的無線電話系統來作討論。但本計畫認為若能針對不特定系統，而做普遍性的探討，更能夠真正評估資源的分配對無線私用交換機效能的影響。因此，我們依據無線私用交換機中話務量的特性及系統各資源容量限制，建立一系統效能的數學分析模型與電腦模擬系統，用以協助系統管理者分配並善用無線私用交換機中所有有線及無線資源，以達到最佳的系統效能。

為了擴展通話的服務範圍，我們期望企業型個人通訊服務系統也能提供數據服務。蜂巢式數位封包數據(CDPD) [6,7,8] 是一種無線電數據傳輸技術，架構在現存的公眾行動通訊系統上（例如蜂巢式行動電話系統 AMPS），偵測並使用行動通訊系統的空間頻道進行資料傳輸。其特點在於完全不影響語音通訊的容量與品質，充分利用行動通訊系統語音傳輸空檔來傳遞數據封包。此外，由於CDPD的層級關係，可彈性架構於多種傳輸技術之上，使得目前的TDMA與CDMA傳輸技術能協同與CDPD運作。因此，我們探討CDPD技術在企業型個人通訊服務系統上提供數據服務的可行性。

CDPD 的優點在於：第一，可使用 AMPS 現有的基地台設備，節省系統開發的成本和時間。第二，可使用 AMPS 現有的頻道，省略了頻道申請的煩瑣手續和過程。第三，使用封包傳遞資料，節省連線建立與中止(Session Establishment and Termination)的時間，資料的傳輸以封包為單位，因此收費低廉。第四，CDPD 網路通訊協定採用 TCP/IP，方便與網際網路(Internet)接通。第五，CDPD 提供使用者雙向均高達 19.2 kbps 的傳輸速率，不像 GSM 有資料長度的限制。第六，由於語音

與資料傳輸的途徑並不相同，語音與資料傳輸可同時進行而不會相互影響。

當 CDPD 協定應用在企業型個人通訊服務系統上時，可能會面臨以下的問題。例如 CDPD 系統在運作時，會運用到許多計數器(Counter)與計時器(Timer)。而這些計數器與計時器的設定，往往會影響到整個系統的效能。雖然在參考文獻[6]中提供了不少系統參數的設定值，但也有不少系統參數是開放系統供應者視實際狀況自行決定。因此對於系統效能與參數間的互動，本計畫將深入評估。

為了使企業型個人通訊服務系統具備行動能力，漫遊管理 (Roaming Management) 是一個重要的研究課題，亦即系統必須知道每一個使用者的位置。對一些大企業有數個不相鄰的子公司而言，漫遊管理必須對各子公司的無線私用交換機進行整合，以使使用者不論在企業內任何地方得到通訊服務。

傳統交換機的軟體難以修改，無法有效的設計新的服務，因此“電腦與電話整合”(Computer Telephony Integration, 簡稱 CTI) 的平臺應運而生。CTI 藉由電腦的技術加強了傳統電話網路交換機或是終端設備的功能及彈性。

Jupiter<sup>TM</sup> CTI 伺服器[9]是一個電腦控制的交換機系統。該系統可透過一執行 Jupiter<sup>TM</sup> 程式的個人電腦來控制交換機的運作。當使用者要求一新服務時，我們可撰寫新 C++ 程式來新增功能，以達到服務需求。因此在 Jupiter<sup>TM</sup> 中加入數據服務及漫遊管理的功能程式，便可使 Jupiter<sup>TM</sup> 提供企業內行動語音及數據整合服務。

際期刊論文，分述如下：

如上述，一個完整的企業型個人通訊服務系統包含三個部份：無線私用交換機的語音服務功能、數據服務功能以及漫遊管理功能。當我們研究在私用交換機加入數據服務以及漫遊管理功能時，由於交換機是非常複雜精細的產物，往往在添加一項新的功能(如漫遊管理)時，造成其他功能的異常。因此設計漫遊管理的功能時，必須使用企業型個人通訊試驗環境(例如 Jupiter<sup>TM</sup> 模擬器)，以測試各功能是否能正常運作外，也同時偵測系統的效能。

本計畫主要著重在分析無線私用交換機上資源分配的問題、無線數據傳輸的參數設定與漫遊管理的設計。並深入探索私用交換機的運作模式，瞭解加入無線數據傳輸與漫遊管理，對系統的影響。目的是針對企業型個人通訊服務的整合與行動通訊智慧型網管，提供參考的依據，以利有意投入此領域者做出正確的決定。國內業者在有線電話系統如私用交換機與顧客私有設備(Customer Private Equipment)等已建立起不錯的基礎，未來必然是朝向無線私用交換機與智慧型網管的結合，生產高附加價值的商用系統。此計畫探討企業型個人通訊服務系統所獲得之研究經驗，可提供國內相關產業進入系統整合發展的技術。

### 三、結果與討論

本計畫主要著重在的三大議題：無線私用交換機的資源分配、CDPD 的數據服務提供、以及漫遊管理的設計與探討。針對這三個議題的詳細研究方法及進行步驟，分別如下討論：

#### 一、無線私用交換機的資源分配

針對此一議題，我們已達成初步成果，並將之發表[14] [15] [16]及[17]四篇國

1. 論文"Effects of Erlang Call Holding Times on PCS Call Completion"[14]發表於 IEEE Transactions on Vehicular Technology，研究 Erlang 分佈通話時間對無線私用交換機或個人通訊服務系統基地台之無線資源分配之影響。
2. 論文"Channel Occupancy Times and Handoff Rate for Mobile Computing and PCS Networks"[15]發表於 IEEE Transactions on Computers，研究當無線私用交換機或個人通訊服務系統基地台的各頻道交通流量經設計固定後，一般分佈的通話時間對無線資源分配之影響。
3. 論文 "Wireless Local Loop: Architecture, Technologies and Services"[16]發表於 IEEE Personal Communications Magazine，研究無線區域迴路 (Wireless Local Loop 或 WLL) 之技術，並提出如何利用無線私用交換機來提供無線區域迴路之漫遊能力，以及對無線資源分配之影響。
4. 論文"Resource Planning for Wireless PBX Systems"[17]發表於 International Journal of Wireless Information Networks，研究當無線私用交換機之外線線路有限的狀況下，如何安排外線及無線電資源分配，達到最佳的系統效能。

#### 二、CDPD 的數據服務提供

針對此一議題，我們已達成初步成果，並將之發表[18] [19] [20]三篇國際期刊論文，分述如下：

1. 論文 "Modeling Sleep Mode for

Cellular Digital Packet Data”[18]發表於 IEEE Communications Letters, 研究如何選擇 CDPD 手機進入睡眠狀況之最佳頻率以達到省電的目的。

2. 論文 "Trading CDPD Availability and Voice Blocking Probability in Cellular Networks"[19]發表於 IEEE Networks, 研究 CDPD dwell timer 以及 layoff timer 之選擇以達到語音及資料傳輸之最佳效能。
3. 論文 "Performance Modeling of Location Tracking Systems"[20]發表於 ACM Mobile Computing and Communications Review Magazine, 研究如何選擇發射註冊訊號的頻率, 達到省電及精確追尋無線數據用戶之目的。

### 三、漫遊管理的設計與探討

針對此一議題, 我們完成了部份的私用交換機模擬環境, 以及相關資料的撰寫。並針對漫遊管理發表了[21]及[22]兩篇國際期刊論文, 分述如下:

1. 論文 "The Wireless Segment for Enterprise Networking"[21]發表於 IEEE Network, 研究如何在企業網路中提供全套無線服務, 尤其在不同的網路架構中提供漫遊管理之架構。
2. 論文 "Mobile Computing: When 'MC' Met 'DC'"[22]發表於 Encyclopedia of Microcomputers, 研究行動計算之架構以及如何以無線私用交換機支援漫遊管理。

### 四、成果自評

在分析無線私用交換機上資源分配與無線數據傳輸的參數設定的兩個部份, 我

們均須對系統有所了解後, 才能進行系統的分析模擬。數學分析模式的建立後其演算的過程、為證明演算法正確性而建立的電腦模擬系統與漫遊管理的設計和探討, 發現均需進行大量及長時間的電腦計算。

對於漫遊管理的設計與探討的部份, 我們了解交換機的運作後, 提出一優良的漫遊管理功能, 測試並驗證其性能。雖然市面上已有關於交換機與電腦與電話整合方面的書籍, 但往往流於理論的探討, 難以從中獲得實作上的經驗。因此我們認為本計劃所獲得之寶貴研究經驗與成果, 可供國內相關產業發展技術之參考。

### 五、參考文獻

- (1) ETSI. "Digital European Cordless Telecommunications Services and Facilities Requirements Specification". Technical Report ETSI DI/RES 3002, European Telecommunications Standards Institute, 1991.
- (2) Gerbrands, D. "DECT: On the Road with the PBX". Telecom Asia, 8(7): 38-41, July 1997.
- (3) Kobayashi, T. "Development of Personal Handy-Phone System". ITS '94, 1994.
- (4) Padgett, J.E., Gunther, C.G., and Hattori, T. "Overview of Wireless Personal Communications". IEEE Communication Magazine, pages 28-41, January 1995.
- (5) Steedman, R. The Common Air Interface MPT 1375. "Cordless Telecommunications in Europe", 1990. Tuttlebee, W.H.W. ed., (springer Verlag).
- (6) CDPD Forum, "Cellular Digital Packet Data system Specification: Release 1.1", Tech. Rep., CDPD Forum, Inc., January 1995.
- (7) Sreetharan, M., and Kumar, R., "Cellular Digital Packet Data", Artech House,

- 1996.
- (8) Yi-Bing Lin. "Cellular Digital Packet Data: A Tutorial", Vol. 16, No.3, pages 11-13, IEEE Potentials, PCS-NCTU-96-10.
- (9) M. Constantini, T. A. Wilkinson and S. Pupolin. "Handover Issue in DECT Systems", Electronics Letters, Feb. 1996, Vol. 32, No. 3.
- (10) John Zhonghe Wang, "Simulation and Performance Analysis of Dynamic Channel allocation Algorithms in DECT", IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 42, No. 4, Nov. 1993.
- (11) Lin, Y.-B., Mohan S., and Nerpel, A. R. "Analyzing Queuing Priority Channel Assignment Strategies for a PCS Network", IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. 43, No.3 ,pages 704-712, 1994.
- (12) Lin, Y.-B. "Performance Modeling for Mobile Telephony Networks", To appear in IEEE Network.
- (13) Jeng, J.-Y. and Lin, Y.-B. "Equal Resource Sharing Scheduling for PCS Data Service", to appear in ACM Wireless Networks.
- (14) Lin, Y.-B., and Chlamtac, I. Effects of Erlang Call Holding Times on PCS Call Completion. Accepted and to appear in IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1998. (NSC88-2213-E009-079)
- (15) Fang, M., Chlamtac, I., and Lin, Y.-B. Channel Occupancy Times and Handoff Rate for Mobile Computing and PCS Networks. IEEE Transactions on Computers, 47(6): 679-692,1998. (NSC87-2213-E009-014)
- (16) Anthony R. Noerpel and Yi-Bing Lin. Wireless Local Loop: Architecture, Technologies and Services. IEEE Personal Communications Magazine, 5(3): 74-80, 1998. (NSC87-2213-E009-014)
- (17) Lai, W.-R. and Lin, Y.-B. Resource Planning for Wireless PBX Systems. Accepted and to appear in International Journal Wireless Information Networks, 1998.
- (18) Lin, Y.-B. and Chuang, Y.-M. Modeling Sleep Mode for Cellular Digital Packet Data. Accepted and to appear in IEEE Communications Letters.
- (19) Chuang, Y.-M., Lee, T.-Y., and Lin, Y.-B. Trading CDPD Availability and Voice Blocking Probability in Cellular Networks, IEEE Network, (12)2: pp. 48-54, 1998. (NSC88-2213-E009-079)
- (20) Lin, Y.-B. and Lin, P. Performance Modeling of Location Tracking Systems. ACM Mobile Computing and Communications Review Magazine, 2(3): 24-27 (July-Aug 1998).
- (21) Chlamtac, I., Khasnabish, B., and Lin, Y.-B. The Wireless Segment for Enterprise Networking. IEEE Network, 12(4): 50-55, 1998. (NSC88-2213-E009-079)
- (22) Chlamtac, I., Lin, Y.-B., and Redi, J. Mobile Computing: When 'MC' Met 'DC'. Encyclopedia of Microcomputers, (22): 287-314, 1999 (Marcel Dekker, Inc.)