

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

個人通訊服務之應用

Study for PCS Applications

計畫編號：NSC 89-2213-E-009-203

執行期限：89年8月1日至90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

個人通訊服務包含了各式各樣的無線存取與個人行動服務。而這些服務則是透過小型終端機，希望能達成隨時隨地以任何形式通訊的目的。這類型的服務所帶來的商機是很大的。只要費用不高，任何人都可以擁有這樣的服務。這個計畫主要分為四個部分。在第一個部分，我們研究了一般封包式無線電服務（General Packet Radio Service - GPRS）的通道配置（Channel Allocation）。第二個部分我們則是研究蜂巢式數位封包數據（CDPD）服務的強迫跳躍（Forced Hop）機制。第三個部分我們針對無線私用交換機（Wireless PBX），探討其使用者的移動對整個系統的影響。最後，我們做了預付式行動電話服務的服務節點（Service Node）機制之探討。

GPRS 提供使用者資料傳輸的連結，其中這些連結可以是高頻寬，且其資料傳輸率可隨時變動。在 GPRS 的服務中，實體通道的配置是具有彈性的。也就是說，一個使用者可以同時擁有數個通道。在我們的研究中提出了四種演算法來探討 GPRS 無線電資源配置的效能，並發展了數學分析與電腦模擬模型，以 GPRS 封包數據與 GSM 語音通話的通接率，來評估這四個資源配置演算法的效能。

CDPD 網路提供行動使用者無線數據通訊的服務。CDPD 以 AMPS 網路為基礎，

在不干擾 AMPS 運作的前提下，利用 AMPS 網路的閒置通道來達成服務。為了避免干擾 AMPS 語音服務的運作，CDPD 提出了強迫跳躍的機制。這個機制是當有 AMPS 使用者要求語音服務時，原本佔據通道的 CDPD 使用者就必須跳離。而語音通道選擇的方式則會影響強迫跳躍的次數。因此，我們研究了各種語音通道選擇方式對 CDPD 通道佔據時間所造成的影響。

隨著無線技術的發展進步，無線產品和企業網路被整合在一起，以提供企業網路之無線終端產品的行動性使用。這方面的整合常常應用於部門性的無線私用交換機。但是，這些整合中通常不具有行動管理機制。我們修改了交換機的通話模式（call model），使之具備行動管理的功能，然後我們實作在一個商業性的交換機產品：JupiterTM。我們並提出一個數學分析模型（analytical model）來評估我們所設計的效能。

近年來，隨著行動電話用戶量的迅速成長，行動電話的預付服務已經成為一個重要的應用。當中，最常運用於預付服務的方法是服務結點機制：在通話中增減預付帳號。使用服務結點機制會產生大量的帳戶核對動作，這些動作會降低服務節點的效能。我們研究這些帳戶核對動作會如何影響服務節點的工作量，以及行動電話

服務業者所會遭遇到的呆帳問題。最後我們提出一個數學分析模型，推導節點服務的最佳帳戶核對更新頻率。

關鍵詞：一般封包式無線電服務、無線私人交換機、封巢式數位封包數據、服務節點

Abstract

Personal Communications Services (PCS) refers to a wide variety of wireless access and personal mobility services provided through a small terminal, with the goal of enabling communications at any time, at any place and in any form. Business opportunities for such services are tremendous, since every person (not just every home) could be equipped so long as the service is fairly inexpensive.

This project consists of four parts. The first part studies allocation of GPRS radio channels for voice traffic. The second part investigates the forced hop mechanism for CDPD services. The third part studies the mobility effect in wireless PBX system. The fourth part studies performance of the service node approach in mobile prepaid services. We describe these parts as follows.

General Packet Radio Service (GPRS) provides users data connections with variable data rates and high bandwidth efficiency. In GPRS service, allocation of physical channels is flexible, i.e., multiple channels can be allocated to a user. We propose four resource allocation algorithms and develop analytic and simulation models to evaluate the performance for these these resource allocation algorithms in terms of acceptance

rate of both GPRS packet data and GSM voice calls.

A Cellular Digital Packet Data (CDPD) network provides wireless data communication services to mobile users by sharing unused RF channels with an AMPS (Advanced Mobile Phone System) network on a non-interfering basis. To prevent interference on the voice activities, CDPD makes forced hop to a channel stream when a voice request is about to use the RF channel occupied by the channel stream. The number of forced hops is affected by the voice channel selection policy. We investigate the impact on CDPD channel holding time for various channel selection policies.

As the wireless technology advances, wireless products are integrated with enterprise networking to offer cordless terminal mobility. Most corporations have deployed wireless PBXs at the departmental level. However, the mobility management mechanism that integrates these facilities at corporation level may not be available. We show how to modify the call model of the private branch exchange (PBX) to accommodate mobility management for an enterprise network. Our design was implemented on a commercial PBX product called JupiterTM. An analytical model is proposed to evaluate the performance of the implemented system.

In the recent years, mobile prepaid service has become an important mobile application with rapid growth of subscription rate. The most widely deployed prepaid solution today is the service node approach

that deducts and updates the prepaid credit during a phone call. Implementation of the service node approach may generate large number of credit checks that significantly degrades the performance of a service node. We investigate how the number of credit checks affects the workload of the service node and the bad debt that a service provider may bear. We propose an analytic model to derive the optimal credit checking/updating frequency for the service node approach.

Keywords: GPRS、Wireless PBX、CDPD、Service Node

二、緣由與目的

近年來，行動電話除了提供語音服務外，也希望能提供數據傳輸的服務。因此，各種類型的無線數據傳輸系統因應而生。最早發展的無線數據技術則為與 AMPS 結合之蜂巢式數位封包數據(CDPD)系統。CDPD 的設計目標在於提供使用者低價且無遠弗屆的無線數據服務。CDPD 能重疊於現有的 AMPS 類比式封巢式行動電話系統，並共用 AMPS 的硬體設備。CDPD 的運作不可影響到 AMPS。換言之，當 AMPS 要使用這些頻率時，CDPD 必須馬上歸還，也就是執行強迫跳躍的動作。而語音通道選擇的方式則會影響強迫跳躍的次數。因此，我們研究了各種語音通道選擇方式對 CDPD 通道佔據時間所造成的影響。

GSM Phase 2 支援兩種資料傳輸的服務：短訊息服務 (short message services) 和送遞訊息服務 (bearer services)。送遞訊息服務是一種類似 ISDN 服務，如數據電路雙向傳輸 (data circuit duplex) 與數據分封雙向傳輸 (data packet duplex) 等服務，但最高的傳輸速度只有 9.6Kbps。根據

目前既有的 GSM 網路架構，GSM Phase2+ 分別提出高速電路交換數據 (High Speed Circuit Switched Data 或 HSCSD) 以及一般封包式無線電服務 (General Packet Radio Service 或 GPRS) 這兩項因應的解決方案，以提供高速檔案傳輸、行動視訊 (mobile video) 與無線網際網路 (Wireless Internet)。因為 GPRS 具有市場性，我們針對 GPRS 的無線電通道資源分配與系統效能進行研究。

為了使企業型個人通訊服務系統具備行動能力，移動管理 (Mobility 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。許多的企業在部門層次上使用無線私用交換機，但無線私用交換機應用在公司層級的整合功能，則尚未有產品出現。

本計畫提出一個適用在企業型個人通訊服務系統的移動管理機制。這個機制利用網際網路傳遞不同無線私用交換機間的移動管理訊息。與其他公眾網路的移動管理機制 (例如：IS-41 和 SS7) 相較，我們的方式較易實作。目前我們的方式已實作在 JupiterTM CTI 伺服器上。

JupiterTM CTI 伺服器是一個電腦控制的交換機系統。該系統可透過一執行 JupiterTM 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。因此在 JupiterTM 中可輕易地加入數據服務及移動管理的功能程式，便可使 JupiterTM 提供企業內行動語音及數據整合服務。

在我們的系統中，網際網路訊息的延遲和繞徑錯誤率是很重要的因素。目前我們的系統包含兩個無線私用交換機，網際網路訊息的延遲不會引起繞徑錯誤率的問題。而對於兩個以上的無線私用交換機系

統，本計畫則提出一個數學分析模型，探討在擁塞的網際網路環境下系統的效能。

近幾年來行動電話的預付式服務 (Prepaid Service) 在全球各地正急速地成長。專家預估在 2001 年時全球 GSM 用戶將增至一億四千萬，而訂購預付式服務的顧客將成長至 40%。目前預付式服務有帳務系統 (Hot Billing)、個人識別模組 (SIM Card)、服務節點 (Service Node) 與智慧型網路 (Intelligent Network) 四種方式，其中以服務節點最為廣泛使用。服務節點架構乃是利用通訊業者提供的交換機和預付式服務伺服器，與既有的行動網路相連接。它的優點是能快速和彈性地提供預約式服務、及時的通話控制與計費。透過服務節點方式還可提供企業界許多新的服務，如：虛擬企業網路 (VPN)、個人服務號碼、GSM 短訊息服務等。

服務節點能在顧客通話期間，及時監督及控制顧客通話時間，避免顧客在信用額度額滿之後繼續通話。但因服務控制及電路交換均需服務節點處理，因此它的能力實際上有所限制。減少服務節點檢查顧客信用額度的間隔，可以降低呆帳，但也增加了服務節點的負擔及成本。本計畫提出數學分析模型，計算服務節點檢查顧客信用額度的次數及呆帳的期望值和變異數。業者可據此決定最佳的服務節點檢查顧客信用額度的間隔，使系統營運達到最低成本。

三、結果與討論

本計畫主要著重在的四大議題：GPRS 通道的資源分配、CDPD 的強迫跳躍機制、無線私用交換機之行動管理以及預付式行動電話服務的服務節點機制之探討。針對這四個議題的詳細研究方法及進行步驟，分別如下討論：

一、GPRS 通道的資源分配

針對此一議題，我們的研究成果已獲得國際期刊所接受[2]。本論文“Channel Allocation for GPRS”提出了四種演算法來探討 GPRS 無線電資源配置的效能：固定資源配置方法 (Fixed Resource Allocation - FRA)、動態資源配置方法 (Dynamic Resource Allocation - DRA)、佇列式的固定資源配置方法 (Fixed Resource Allocation with Queue Capability - FRAQ)、佇列式的動態資源配置 (Dynamic Resource Allocation with Queue Capability - DRAQ)。我們發展了數學分析與電腦模擬模型，以 GPRS 封包數據與 GSM 語音通話的通接率，來評估這四個資源配置演算法的效能。我們觀察到以下結果：

1. 動態配置的機制有效率地增加了 GPRS 封包的接通率。
2. 佇列的機制則明顯地降地了語音服務的通話未完成率。

因此佇列式的固定資源配置方法將是最佳的機制。

二、CDPD 的強迫跳躍機制

針對此一議題，我們的研究成果已獲得國際期刊所接受[4]。在論文“Modeling CDPD Channel Holding Times”中，我們針對“最少閒置” (Least-Idle) 與“隨機” (Random) 這兩個語音通道的選擇方式，提出了數學分析模型，以研究 CDPD 的通道佔據時間。在各種系統參數調整下，我們提出了降低強迫跳躍次數的準則，以供系統設計者參考。

三、無線私用交換機之行動管理

針對此一議題，我們的研究成果已獲得國際期刊所接受[3]。針對無線私用交換機之行動管理，我們以 JupiterTM 為例，敘述如何修改無線私用交換機之通話模型，使位置更新訊息透過網際網路傳送。本計畫並提出數學分析模型，探討系統效能。我們觀察到以下結果：

1. 在交通流量較小的網際網路中，繞徑錯誤率可以被忽略（約 0.1%）。在交通流量較大的網際網路環境中，擁塞率仍在合理範圍（約 0.1%）。
2. 在所有情形下，多通電話繞徑錯誤率可以被忽略（小於 0.001%）。
3. 加入額外無線私用交換機後，造成的系統效能減低情形可以忽略（小於 0.012%）。
4. 當打到手機的通話數增多變大時，網際網路信息傳遞延遲的標準變異數對繞徑錯誤率有很大的影響。

四、預付式行動電話服務

針對此一議題，我們的研究成果已獲得國際期刊所接受[1]。針對以行動節點方式的預付式行動電話服務，本計畫提出數學分析模型，分析系統在固定信用額度和可補充信用額度兩種情形下的效能。我們觀察到以下結果：

1. 若顧客的通話行為不規律，則服務節點檢查信用額度的次數將會增多。
2. 直覺上呆帳的大小約是服務節點檢查信用額度之一半，但結果顯示只有在顧客通話費用變異數較低及服務節點檢查信用額度較小時才成立。

3. 我們提出一個成本函數（Cost Function）計算服務節點方式的成本，業者可以根據服務節點的能力，調整服務節點檢查信用額度的量，以達到最低成本。

四、成果自評

本研究計畫針對四項議題，探討個人通訊服務應用，並個別提出數學分析模型及電腦模擬模型，來分析系統效能，且提出設計準則來改善系統瓶頸。

本研究計畫成果共發表四篇國際期刊論文[1,2,3,4]，其中三篇為 IEEE Transaction 級的期刊所接受。以下是我們歸納本研究之重要貢獻：

1. 針對 GPRS 無線電資源配置的議題，佇列式的動態資源配置機制可具有最佳的封包與語音接通率。
2. “最少閒置”的語音通道選擇方式會比“隨機”的語音通道選擇方式降低強迫跳躍的次數。
3. 在無線私用交換機移動管理的部份，我們並未更改現有 PSTN 的信令能力，因此我們的系統在實作和維護上，只需較低的成本。
4. 在預付式行動電話服務方面，我們提出的數學分析模型相當複雜，未來可以繼續研究簡化表示式。另外未來亦可繼續研究智慧型網路方法，分析其系統效能。本計畫研究經驗與成果，可供國內相關產業發展技術之參考。

五、參考文獻

- (1) M.-F. Chang, W.-Z. Yang and Y.-B. Lin,

“Performance of Service-Node Based Mobile Prepaid Service”. Accepted and to appear in IEEE Transactions on Vehicular Technology.

- (2) P. Lin and Y.-B. Lin, “Channel Allocation for GPRS”. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 50(2):375-387, 2001.
- (3) P. Lin and Y.-B. Lin, “Implementation and Performance Evaluation for Mobility Management of a Wireless PBX Network”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 19(6):1138-1146, 2001.
- (4) Y.-B. Lin, P. Lin and Y.-M. Chuang, “Modeling CDPD Channel Holding Times”. IEICE Transactions on Communications, E83-B(9):2051-2055, 2000.