

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

GPRS 系統與 GSM 整合效能之研究

The Performance Study of GPRS on GSM System

計畫編號：NSC 90-2213-E-002 -148-

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：林 風 台灣大學資訊工程系

一、中文摘要

一般封包無線電服務 (GPRS) 藉由與電路交換服務共用無線電通道來提供行動使用者點對點封包交換服務。在這樣的系統中,如何分配無線電資源給電路交換服務與封包交換服務是一個重要的議題,因為它可能會對這兩種服務的 QoS 造成重大的影響。在本計畫中,我們針對電路交換式服務與封包交換式服務之無線電通道分配之議題提出兩個演算法:“使用語音和封包佇列之動態資源配置”(DRAVP) 與“使用封包和語音佇列之動態資源配置”(DRAPV)。我們提出分析和模擬模型來評估兩個演算法之效能(包括:語音通話未完成機率、封包遺失機率、平均語音通話等待時間和平均封包等待時間)。我們的研究指出 GPRS 封包之緩衝機制大幅增加了 GPRS 封包的接受比例(acceptance rate),而以輕微地降低語音通話之服務品質為代價。

關鍵詞：GPRS、GSM、緩衝機制、動態通道分配

Abstract

General Packet Radio Service (GPRS) provides mobile users end-to-end packet-switched services by sharing the radio channels with voice and circuit-switched services. In such a system, radio resource allocation for circuit-switched and packet-switched services is an important issue, which may affect the QoS for both services significantly. In this project, we propose two algorithms “Dynamic Resource Allocation with Voice and Packet queues” (DRAVP) and “Dynamic Resource Allocation with Packet and Voice queues” (DRAPV) for channel

allocation of the voice calls and packets. We propose analytic model and simulation experiments to investigate the performance of DRAVP and DRAPV in terms of voice call incompleteness probability, packet dropping probability, average voice call waiting time, and average packet waiting time. Our study indicates that the buffering mechanism for GPRS packets significantly increase the acceptance rate of GPRS packets at the cost of slightly degrading the performance of voice calls.

Keywords: GPRS, GSM, Buffering Mechanism, Dynamic Channel Allocation

二、緣由與目的

一般封包無線電服務 (GPRS) [5,6] 是一種點對點封包交換協定,以提供行動使用者如 World Wide Web (WWW) 的應用服務。在這類應用服務裡,使用者花費大部分的時間閱讀資訊,且只在必要時才經由連結傳送大量的資料。GPRS 的使用者受益於較短的存取時間和較高的資料傳輸速率。GPRS 被視為一種行動網路(如 GSM [12], IS-136 [7], 或 UMTS [1]) 之封包交換承載服務,大幅改進並簡化了對封包資料網路之無線存取(如 Internet 或 X.25)。大部分行動通訊業者重複利用現存的 GSM 基礎架構來提供 GPRS 服務。在本計畫中,我們將探討 GPRS 對 GSM 行動網路所造成之效能影響。

圖 1 說明 GPRS/GSM 的網路架構。在此架構中,基地台系統 (Base Station System; BSS) 由一個基地台控制器 (Base Station Controller; BSC) 和數個基地台傳輸站 (Base Transceiver Stations; BTSs) 所組成。BSC 分別和 GPRS 服務節點 (Serving

GPRS Support Node; SGSN) 與行動交換中心 (Mobile Switching Center; MSC) 連結以提供封包交換 (即 IP) 與電路交換 (即 PSTN) 服務。手機 (Mobile Station; MS) 經由無線電介面 Um [4] (以 TDMA 技術為基礎) 與 BTS 通訊；每個 BTS 的無線電涵蓋範圍稱為一個細胞 (cell)。SGSN 負責傳送封包給 MS，而 GPRS 支援節點閘道 (Gateway GPRS Support Node; GGSN) 充當 GPRS 網路和外部資料網路之間的閘門。現存的 GSM 網路節點 (包括 BSS、MSC/VLR 以及 HLR) 都需被升級以支援 GPRS 服務。

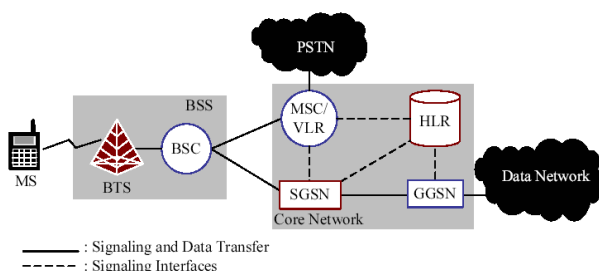


圖 1: GPRS/GSM 網路架構

在無線電介面上，GPRS 封包服務與 GSM 語音服務共用實體通道 (Physical Channel)。操作員可以動態地分配實體通道給語音通話和封包服務使用。專用於封包資料傳輸之實體通道被稱為 Packet Data Channel (PDCH)。GPRS 定義三種能佔用同一 PDCH 之封包資料邏輯通道：Packet Data Traffic Channel (PDTCH)，Packet Common Control Channel (PCCCH) 及 Packet Dedicated Control Channel (PDCCH)。PDTCH，PCCCH 和 PDCCH 分別用於使用者封包資料傳輸，GPRS 一般控制信號傳送，以及 MS 之專用控制信號傳送。通道分配給每個 GPRS 使用者是有彈性的 (即，一個使用者可能分配到一至八個頻道，或一個頻道由數個使用者共用)。

既然 GPRS 封包服務與 GSM 語音服務共用無線電通道，如何有效地分配無線電通道給 GSM 語音通話和 GPRS 封包需求是個重要的議題，可能對 GSM 語音及 GPRS 封包服務之 QoS 造成影響。在參考文件 [11] 裡，我們提出四個 GPRS 封包和 GSM 語音通話之頻道配置演算法，指出封包傳輸之動態分配與語音通話之等候佇列大幅增進網路的表現。然而，文件[11]並沒提及 GPRS

封包之緩衝機制。在本計畫中，我們提出兩個頻道配置演算法：“使用語音和封包佇列之動態資源配置” (DRAVP) 與“使用封包和語音佇列之動態資源配置” (DRAPV)，來安排 GPRS 封包和 GSM 語音通話之無線電頻道，其中語音佇列 (VQ) 及封包佇列 (PQ) 被用於緩衝沒有立即被處理之語音通話與封包需求。在 DRAVP 中，被緩衝之語音通話比封包擁有較高的優先次序；另一方面，在 DRAPV 中，被緩衝之封包比語音通話擁有較高之優先處理次序。

三、結果與討論

在本計畫，我們依照前述之議題作了完整之研究，並將研究成果投稿至國際期刊 [10]。以下就針對我們的研究成果做一詳述。

在本計畫中，我們提出兩個頻道配置演算法：在 DRAVP 和 DRAPV。在這兩個演算法中，BSS 會根據當時細胞 (cell) 中可用通道的數量來動態地配置通道給 GPRS 封包需求。在 BSS 中有兩個先進先出 (FIFO) 的佇列，一個是語音佇列 (Voice Queue; VQ)，另一個是封包佇列 (Packet Queue; PQ) 分別是用來暫存無法立即被服務到的語音電話和封包需求。如果有可使用的通道空了出來，暫存在 VQ 和 PQ 裡面的需求會根據優先權的大小來被服務。DRAVP 與 DRAPV 詳細的運作過程如下所述：假設目前在細胞 (cell) 中有 L 個可使用的通道。

DRAVP 演算法:若是一個需要 K 個通道的資料封包議程 (session)，BSS 會如下所述地動態的配置通道。如果 $L \geq K$ ，BSS 會配置 K 個通道給封包需求。如果 $0 < L < K$ ，則 BSS 將 L 個通道配置給這個需求。如果 $L=0$ 的話，則這個需求會被暫存在 PQ。若是一個語音電話，如果 $L > 0$ ，則 BSS 會配置一個通道給它。否則的話 (即 $L=0$)，這個語音電話會被暫存在 VQ 當中。當一旦有可使用的通道出現，暫存在 VQ 當中的語音電話就會立即被服務。在 VQ 當中沒有任何語音電話暫存之後，BSS 才會動態地配置頻道給暫存在 PQ 內的封包需求 (如果有的話)。

DRAPV 演算法:這個演算法和 DRAVP 演

算法很類似，但只有一個地方不一樣，就是暫存在 PQ 內的需求會比在 VQ 內的優先被處理。即是說，當有可使用的通道空出來時，BSS 會優先地把頻道配置給暫存的封包需求，當封包需求服務完了，才會去服務暫存的語音電話需求。

本計畫分別為 DRAVP 及 DRAPV 建製了模擬模型，為了驗證模擬實驗的正確性，我們也建置了演算法的分析模型。關於分析與模擬模型之細節，讀者可參考文獻[10]，我們在這裡不加以詳述。在模擬實驗中，我們欲測量及觀察的數值包括：

- P_{b_p} : GPRS 封包遺失機率
- P_{nc_v} : GSM 語音電話未完成機率(即在建立新通話通道或是遞交 (handoff) 電話時因缺乏可使用的通道而無法通話的機率)
- W_p : GPRS 封包要求在 PQ 中平均等待時間
- W_v : GSM 語音電話要求在 VQ 中平均等待時間

設定的系統參數包括：

- $\dot{\epsilon}_p$: 一個細胞 (cell) 的 GPRS 封包請求之發生率
- $\dot{\epsilon}_v$: 一個細胞 (cell) 的 GSM 語音電話請求之發生率
- $\dot{i}_p (\dot{\lambda}_p)$: 一個 (k 個) 頻道傳遞一個 GPRS 封包要求的傳遞速率
- $1/\dot{\lambda}_v$: GSM 語音電話維持時間的平均值
- $1/\zeta_v$: GSM 語音電話使用者在一個細胞 (cell) 中停留時間的平均值
- ν_v : Gamma GSM 語音電話使用者 cell 停留時間的變異數
- C : 一個細胞內全部的通道數目
- K : 一個 GPRS 封包要求所需要的通道數目
- P : 能被暫存在 PQ 之封包要求的最大值
- Q : 能被暫存在 VQ 之 GSM 語音電話要求的最大值

根據我們所發展的分析模型以及模擬實驗，我們評估這兩個通道配置演算法 DRAVP 與 DRAPV 之效能。

封包佇列(PQ)之效果：在文獻[11]中，我們研究了演算法 DRAQ_NH (BSS 只維持

VQ 而沒有 PQ) 之效能，結果顯示 DRAQ_NH 有效地增加封包接受比例 (acceptance rate)，且語音通話之佇列機制大幅降低語音通話未完成機率。本計畫將 DRAVP 與 DRAQ_NH 加以比較以研究 DRAVP 之封包緩衝機制如何影響語音通話及封包要求之效能。注意 DRAVP 與 DRAQ_NH 相同，除了具有一用於封包之 PQ，以及在 VQ 中之要求比在 PQ 中之要求具有較高的優先次序。

PQ 對語音通話之效果：我們的研究中指出當 K 與 $\dot{\epsilon}_p$ 增加時，DRAVP 和 DRAQ_NH 之 P_{nc_v} 及 W_v 之值幾乎相同，其原因來自於這兩個演算法都賦予緩衝之語音通話較高的優先次序。因此 DRAVP 採用的 PQ 並沒有明顯地影響到語音通話之效能 (即 P_{nc_v} 和 W_v)。

PQ 對封包遺失機率(P_{b_p})之效果：我們觀察到 DRAVP 的封包遺失機率 P_{b_p} 低於 DRAQ_NH 的 P_{b_p} ，意謂著封包要求之緩衝機制大幅降低封包遺失機率。此外，我們觀察到在 DRAVP 中， P_{b_p} 並不受 K 值改變之影響。另一方面，在 DRAQ_NH 中， P_{b_p} 是 K 之上升函數。當 K 增加時，封包要求劇增 (bursty)，原因可能是這些封包要求找不到可用之通道因而被丟掉。在 DRAVP 中，未能立即處理之封包要求能暫存在 PQ 中，以得到第二次處理的機會。

比較 DRAVP 與 DRQPV 演算法：我們的研究顯示 DRAVP 在 P_{nc_v} 及 W_v 之表現方面勝過 DRAPV，而 DRAPV 在 P_{b_p} 及 W_p 之表現方面勝過 DRAVP (由於緩衝之封包與語音通話不同之優先次序)。當 $\dot{\epsilon}_p$ 很小時，DRAVP 勝過 DRAPV 之 P_{nc_v} 和 W_v 變得較不明顯。當 $\dot{\epsilon}_p$ 增加時， P_{nc_v} 和 W_v 的改進就開始變得重要，意謂著 $\dot{\epsilon}_p$ 很小時，DRAPV 較適合通道配置。當 $\dot{\epsilon}_p$ 變大時，為了維持語音和封包資料使用者之 QoS，DRAVP 是較好的選擇。

語音使用者細胞內停留時間之變異數之效果：我們假設細胞內停留時間是平均 $1/\zeta_v$ 和變異數 ν_v 之 Gamma 分佈。在許多研究中 [3,8,9] Gamma 分佈被採用來做為行

動使用者移動之模型。我們的研究指出：
 (1) P_{nc_v} 是 ν_v 之上升函數；(2) P_{b_p} 、 W_v 及 W_p 隨 ν_v 增加而遞減。這樣的結果反映出較大的 ν_v 可看出較短的語音使用者之細胞內停留時間。因此語音通話更有可能遞交 (handoff) 至另一個細胞，且語音 handoff 運輸劇增得更多 (bursty)。結果，語音通話變得較不可能完成。另一方面，在這種情形下封包被接受的機會較好。此外，較短的細胞內停留時間導致較短的語音通話通道佔用時間，且緩衝之語音通話要求和封包花費較少時間在佇列中等待。

柏拉圖 (Pareto) 封包抵達之間/傳輸時間之效果：柏拉圖分佈被廣泛地用於模擬 WWW 封包運輸量[2]，因此我們也研究它的效果。我們針對三種情況來加以分析比較：**(情形 I)** 封包抵達之間的時間與傳輸時間都是指數分佈；**(情形 II)** 封包抵達之間的時間是柏拉圖分佈，而封包傳輸時間是指數分佈；**(情形 III)** 封包抵達時間是指數分佈，而封包傳輸時間是柏拉圖分佈。我們的研究指出在大部分情形下，這三種情形顯示出類似的表現 (即 P_{nc_v} 、 P_{b_p} 、 W_v 及 W_p)。

四、成果自評

無線通信目前在國內是蓬勃發展之興新產業。隨著第三代行動通訊服務頻譜的釋出，預計日後將帶動數百億元的產值。就目前國內的行動通訊系統仍是以第二代的 GSM 系統為主。許多行動通訊網路通訊業者正積極的鋪設 2.5 代的 GPRS 服務，以期能在第二代行動通訊服務的頻譜上提供高傳輸率的封包交換式服務。

本計畫的研究成果，可轉移到相關的產業之上，並帶動相關領域的學術研究。本計畫的內容涵蓋了如何有效率的分配無線電資源給 GPRS 以及 GSM 之使用者，可提供公眾無線電話系統之學者與業者作為參考。以最少的成本，獲致最大的利益。

五、參考文獻

[1] 3GPP. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects; General Packet Radio Service

(GPRS); Service Description; Stage 2. Technical Report Technical Specification 3G TS 23.060 version 4.1.0 (2001-06), 2001.

[2] Cheng, M. and Chang, L.-F. Wireless Dynamic Channel Assignment Performance Under Packet Data Traffic. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 17(7):1257-1269, July 1999.

[3] Chlamtac, I., Fang, Y., and Zeng, H. Call Blocking Analysis for PCS Networks under General Cell Residence Time. *IEEE WCNC, New Orleans*, September 1999.

[4] ETSI/TC. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Overall description of the GPRS radio interface; Stage 2 (GSM 03.64 version 7.0.0 Release 1999). Technical Report Recommendation GSM 03.64, ETSI, 1999.

[5] ETSI/TC. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 1 (GSM 02.60 version 7.2.0 Release 1999). Technical Report Recommendation GSM 02.60, ETSI, 1999.

[6] ETSI/TC. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2 (GSM 03.60 version 7.0.0 Release 1999). Technical Report Recommendation GSM 03.60, ETSI, 1999.

[7] Faccin, S., Hsu, L., Koodli, R., Le, K., and Purnadi, R. GPRS and IS-136 Integration for Flexible Network and Services Evolution. *IEEE Personal Communications*, 6(3):48-54, 1999.

[8] Fang, Y., and Chlamtac, I. Teletraffic Analysis and Mobility Modeling for PCS Networks. *IEEE Transactions on Communications*, 47(7), July 1999.

[9] Fang, Y., Chlamtac, I., and Fei, H.-B. Analytical Results for Optimal Choice of Location Update Interval for Mobility Database Failure Restoration in PCS Networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 11(6), 2000.

[10] Lin, P. Channel Allocation for GPRS with Buffering Mechanisms. Submitted to *ACM/Baltzer Wireless Networks*.

[11] Lin, P. and Lin, Y.-B. Channel Allocation for GPRS. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 50(2):375-387, March 2001.

[12] Lin, Y.-B., and Chlamtac, I. *Mobile Network Protocols and Services*. John Wiley & Sons, 2000.

附件：封面格式

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

GPRS 系統與 GSM 整合效能之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2213-E-002 -148-

執行期間： 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：林風 (台灣大學資訊工程系)

共同主持人：

計畫參與人員：黃耀庭

塗冠驊

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

執行單位：台灣大學資訊工程系

中 華 民 國 91 年 7 月 25 日