

下一代行動網路的無線電資源配置效能分析

陳偉業¹ 張改興²

南台科技大學 資訊管理系

¹cwycwy@mail.stut.edu.tw

²m9590215@webmail.stut.edu.tw

摘要

由於無線網路資源有限，資源配置是重要議題之一。GPRS 是 GSM 系統中可以有效利用無線電資源的封包存取模型。在本篇論文中，我們利用卜松過程與 MMPP 來分析無線網路中資源配置效能。為了保證話務的服務品質不受允入數據封包服務的影響，話務具有先佔優先權來先佔網路數據封包。考慮三種無線電資源配置的情況：no-buffer、buffer-only-for-preempted-network-packets 和 buffer-for-network-packets。結果顯示出在語音優先的情況下使用 buffer-for-network-packets 可以大量降低封包阻塞率。針對即時資料應用，buffer-only-for-preempted-network-packets 適用在佇列延遲相對較小的情況下。針對網路數據封包之突發性，在數據封包流量負載較大時，顯示 MMPP 的流量對系統效能是有較大的影響。

關鍵詞：無線網路、資源配置、服務品質保證

1. 前言

GPRS(General Packet Radio Service)[1]是歐洲電信標準協會(ETSI)標準化的資料封包傳送方法，使用 GSM(Global System for Mobile Communication) 無線電存取網路。他提供有效地利用交換資料封包傳送給無線電資源。GSM 網路朝向 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)[2]下一代行動通訊的主要發展之路，且 GPRS 也已考慮在內了。

由國際電信聯盟(ITU)所制定的 IMT-2000 規格，目前市場主流的 3G(3rd-generation)規格就是最後發展的結果，標準大概有分為 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 這三種[3]。而在下一代的通訊系統 4G(4rd-generation)目前有 Intel 為首的 WiMAX 陣營和 Qualcomm 所提出的 IEEE 802.20 技術及 3GPP 的 3G 更新版本 LTE(Long Term Evolution)技術在競爭中[4]。

[5-6]提出搶佔式的優先權方法，先將通道分成三個獨立群組，再將流量分類成四種類型，並以多重維度馬可夫鏈做為系統模型，利用創新的遞迴演算法來決定各通道群組應有的最小通道數，以滿足服務品質保證(QoS, Quality of Service)需求。[7]提出一種

cut-off 優先權方法，提供高優先權服務較好的服務品質保證，並改進整體效能。[8]提出一種允入控制(admission control)與頻寬分配的方法，其支援多重類別流量，可以動態地調整各分類的優先權。

目前已經有提出好幾種 GSM/GPRS 網路效能研究的分析模型。*Lindemann et al.* 針對資料使用者在以連續時間的馬可夫鏈為基礎的細胞網路效能上調查預留資料通道與封包數目的影響[9]。*Ermel et al.* 在 GSM 和 GPRS 之間發展分配細胞容量的分割策略 [10]。結果顯示出完整分享策略可以達到最高系統的利用率。*Ni et al.* 利用分解一個二維馬可夫鏈進入兩個一維馬可夫鏈的技術[11]去分析 GPRS 的效能[12]。這個技術只有對流量類別大於其他類別的平均服務時間有效。*Lin et al.* 提出數種資源配置的演算法去調查 GSM 網路中 GPRS 服務之效能[13]。在他們的研究中，緩衝區是為延遲敏感的流量佇列而設計。

為研究數據封包突發性(burst)對系統效能的影響，利用馬可夫調整的卜松過程(MMPP, Markov modulated Poisson process)較具有突發性的特性，以兩個狀態來分析數據封包流量的部份。在本篇論文中，我們以二維馬可夫鏈的模型去評估無線網路資源配置的效能。依據是否讓數據封包使用緩衝的原則下考慮三種案例。為擔保語音流量的服務品質保證，假設話務到達是具有優先權的。

2. 無線電資源分配

通道預留的機制[14]普遍使用在以優先順序的 GSM 話務換手中，因為實行上具低複雜度和低成本，但也有通道利用率低的缺點。因此，暫時配置這些預留通道(guard channels)給資料使用者可以改善通道利用率。在話務換手到達上，服務中的網路封包會是優先的。因為傳送時間較短，本篇論文假設網路封包沒有換手的情形發生。另外，話務和網路數據封包完整分享無線電資源。換句話說，就是採用完整分享策略[10]。當沒有可用通道或被話務取得優先權時，依據是否提供緩衝給網路數據封包考慮三種案例。分別是 no-buffer(NB)、buffer-only- for-preempted-network-packet (BP)、buffer-for-network-packet(GP)三種案例。在這三種案例中，當找不到可用通道時話務可以優先取得網路封包。優先取得的封包可以進入緩衝或是丟棄。在進入緩衝時，優先取得的封包有較高的權限比新到數據封包獲得服務。優先取得的方法是利用擔保語音效能不被新進來的網路封包所影響。表 1 中列出三種案例在沒封包到達時的處理情況。

表 1 三種案例在是否有通道情況下的比較表

案例	封包	有通道時	無通道時
NB	任一種	先到先服務	阻塞掉
BP	被語音先佔的封包	先到先服務	進入緩衝
	資料封包		阻塞掉
GP	被語音先佔的封包	先到先服務	進入緩衝，但具較高優先權
	資料封包		進入緩衝

3. 分析模型

在這個段落中，我們以二維馬可夫鏈來描述分析的模型。分析著重在單一細胞且假設網路是對稱且流量相似。令狀態 (i, j) 表示在系統中有 i 個語音細胞和 j 個網路封包。 P_{ij} 表示系統在狀態 (i, j) 的機率。假設 C 是系統中的通道總數，預留给語音換手呼叫的預留通道數為 C_G ，緩衝區的容量為 B 。

為了研究無線電資源配置的效能，在分析模型中有幾個假設：新到達和換手話務的要求為卜松過程，到達率分別為 λ_n 和 λ_h ，且 $\lambda_v = \lambda_n + \lambda_h$ 。這裡為了簡單起見，假設 $\lambda_n = \lambda_h$ 。假設新加入及換手的話務服務時間為平均值 $1/m_v$ 的指數分配。數據封包的到達為卜松過程，到達率為 l_d ，封包的服務時間為平均值為 $1/m_d$ 的指數分配。

A. No-buffer (NB) 案例

在這個案例中，當沒有可用通道時，新到達的網路封包會被阻塞，被話務搶佔的封包也會被丟棄。圖 1 顯示 $C = 3$ 且 $C_G = 1$ 狀態轉換圖的例子。設 ψ 為可實行狀態(feasible state)的集合。為處理不可實行狀態，利用一個指標函數 $\varphi(i, j)$ 來說明狀態 (i, j) 是否可實行的狀態。如：如果 $(i, j) \in \psi$ ，則 $\varphi(i, j) = 1$ 。對所有 $(i, j) \in \psi$ ，平衡方程式可以表示為：

$$P_{ij} (\lambda_1 \varphi(i+1, j) + \lambda_d \varphi(i, j+1) + i \mu_v \varphi(i-1, j) + j \mu_d \varphi(i, j-1) + \lambda_2 \varphi(i+1, j-1)) \\ = \lambda_3 P_{i-1, j} \varphi(i-1, j) + \lambda_d P_{i, j-1} \varphi(i, j-1) + (i+1) \mu_v P_{i+1, j} \varphi(i+1, j) + (j+1) \mu_d P_{i, j+1} \varphi(i, j+1) + \\ \lambda_4 P_{i-1, j+1} \varphi(i-1, j+1) \quad (1)$$

$$\text{其中 } l_1 = \begin{cases} l_v, & \text{if } i < C - C_G \\ l_h, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$l_2 = \begin{cases} l_v, & \text{if } i + j = C \text{ and } i < C - C_G \\ l_h, & \text{if } i + j = C \text{ and } C - C_G \leq i < C \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$l_3 = \begin{cases} l_v, & \text{if } i \leq C - C_G \\ l_h, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$l_4 = \begin{cases} l_v, & \text{if } i + j = C \text{ and } i \leq C - C_G \\ l_h, & \text{if } i + j = C \text{ and } C - C_G < i < C \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

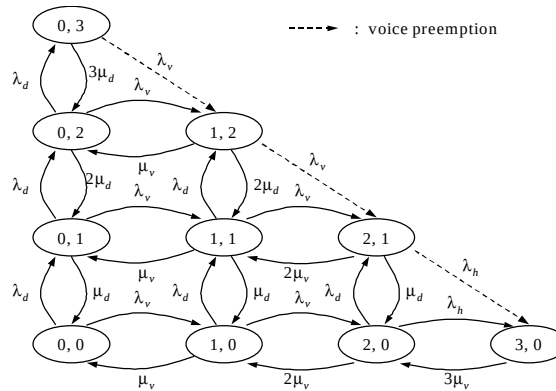


圖 1 $C=3$ and $C_G=1$ 的 NB 案例狀態圖

(1)式兩端的最後一項是由語音先佔所造成。將限制式 $\sum_v P_{ij} = 1$ 應用於平衡方程式，

我們可以得到穩定狀態的機率 P_{ij} 並估計系統的效能。新話務的阻塞率 P_{vb} 和換手丟棄率 P_{vd} 可以下列式子求得：

$$P_{vb} = \sum_{i=C-C_G}^C \sum_{j=0}^{C-i} P_{ij} \quad (2)$$

$$P_{vd} = P_{C0} \quad (3)$$

數據封包阻塞率 P_{gb} 是

$$P_{gb} = \sum_{i+j=C} P_{ij} \quad (4)$$

數據封包先佔的機率 P_{gp} 是

$$P_{gp} = \frac{1}{l_d(1-P_{gb})} \cdot \left[\sum_{\substack{i+j=C \\ \& i < C-C_G}} l_v \cdot P_{ij} + \sum_{\substack{i+j=C \\ \& C-C_G \leq i < C}} l_h \cdot P_{ij} \right] \quad (5)$$

上式中的第二項是由語音換手流量所造成的。

B. Buffer-only-for-preempted-network-packets (BP) 案例

在這個案例中，當數據封包到達而沒有可用通道，封包將會被阻塞，而被話務先佔的封包將會進入緩衝區。為避免被先佔數據封包因網路緩衝溢位而被丟棄，設定緩衝大小 B 與通道總數相同。圖 2 顯示 $C = B = 3$ 和 $C_G = 1$ 的狀態轉換圖的例子。

利用前一小節描述的分析方法來執行效能評估。新進來的話務阻塞率 P_{vb} 和換手呼叫丟棄機率 P_{vd} 分別為：

$$P_{vb} = \sum_{i=C-C_G}^C \sum_{j=0}^C P_{ij} \quad (6)$$

$$P_{vd} = \sum_{j=0}^C P_{Cj} \quad (7)$$

數據封包的阻塞率 P_{gb} 是

$$P_{gb} = \sum_{i+j \geq C} P_{ij} \quad (8)$$

而數據封包的先佔率 P_{gp} 是

$$P_{gp} = \frac{1}{l_d(1-P_{gb})} \cdot \left[\sum_{\substack{i+j \geq C \\ \& i < C-C_G}} l_v \cdot P_{ij} + \sum_{\substack{i+j \geq C \\ \& C-C_G \leq i < C}} l_h \cdot P_{ij} \right] \quad (9)$$

數據封包的平均佇列延遲 W 是可用下列式子求得

$$W = \frac{\sum_{i=0}^C \sum_{j=1}^C j \cdot P_{ij}}{l_d(1-P_{gb})} - \frac{1}{m_d} \quad (10)$$

C. Buffer-for-GPRS-network-packets (BG) 案例

在這個案例中，當沒有可用通道時，到達的數據封包會進入緩衝區。被先佔的網路封包也會進入緩衝且給予比新到達的資料封包較高的優先權。圖 3 顯示 $C = 3$ 、 $C_G = 1$ 和 $B = 2$ 的狀態轉換圖的例子。利用在先前小節描述過的分析方法，可以評估 BG 案例的。新進來的話務阻塞率 P_{vb} 和換手丟棄機率 P_{vd} 分別為：

$$P_{vb} = \sum_{i=C-C_G}^C \sum_{j=0}^{C+B-i} P_{ij} \quad (11)$$

$$P_{vd} = \sum_{j=0}^B P_{Cj} \quad (12)$$

數據封包的阻塞率 P_{gb} 是

$$P_{gb} = \sum_{i+j=C+B} P_{ij} \quad (13)$$

數據封包的丟棄率 P_{gd} 是

$$P_{gd} = \frac{1}{l_d(1-P_{gb})} \cdot \left[\sum_{\substack{i+j=C+B \\ \& i < C-C_G}} l_v \cdot P_{ij} + \sum_{\substack{i+j=C+B \\ \& C-C_G \leq i < C}} l_h \cdot P_{ij} \right] \quad (14)$$

數據封包的先佔率 P_{gp} 是

$$P_{gp} = \frac{1}{l_d(1-P_{gb})} \cdot \left[\sum_{\substack{i+j \geq C \\ \& i < C-C_G}} l_v \cdot P_{ij} + \sum_{\substack{i+j \geq C \\ \& C-C_G \leq i < C}} l_h \cdot P_{ij} \right] \quad (15)$$

數據封包的平均佇列延遲 W 可由下列式子求得

$$W = \frac{\sum_{j=1}^B \sum_{i=0}^C j \cdot P_{ij} + \sum_{j=B+1}^{C+B} \sum_{i=0}^{C-(j-B)} j \cdot P_{ij}}{l_d(1-P_{gb})} - \frac{1}{m_d} \quad (16)$$

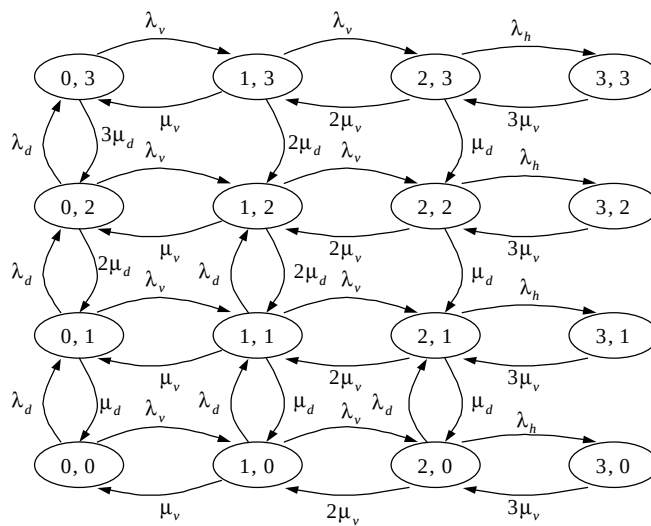


圖 2 $C=B=3$, and $C_G=1$ 的 BP 案例狀態圖

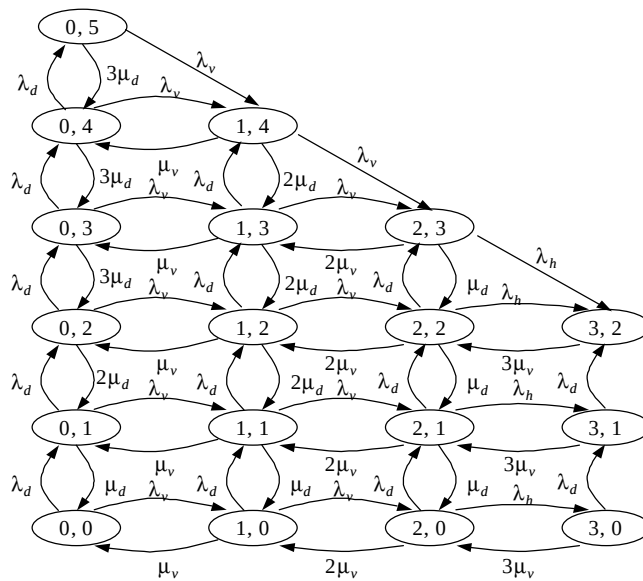


圖 3 $C=3, C_G=1$ and $B=2$ 的 BG 案例狀態圖

4. 數值和模擬結果

為了驗證分析的正確性，我們實施模擬實驗。細胞的通道總數設定為 32，預留通道的數目選擇為 1。話務新到或換手的平均到達率為 0.0612 calls/sec，平均服務時間是 180 秒，話務的等效負載為 22.3 Erlang，使話務的阻塞率在 2% 之下，而換手丟棄率 0.5% 之下。數據封包到達率是系統參數且設定負載的範圍在 1 到 14 Erlang 之間。數據封包平均服務時間為 2 秒，緩衝區大小設定為 32。以 MMPP 的兩個狀態來分析數據封包流量的部份，在 on 狀態(on period)與 off 狀態(off period)的時間是設定為 1 秒。 λ_p 是卜松過程的平均速率， λ_M 是 MMPP 之平均速率，卜松過程與 MMPP 速率間的關係是

$$l_p = l_M \times \frac{\text{on}}{\text{on} + \text{off}} \quad (17)$$

由於話務有先佔的優先權，不論數據封包的負載為多少，新呼叫阻塞率和換手丟棄率將維持一固定值，例如：在語音流量負載 22.03 Erlang 下，分別是 1.95% 和 0.498%。

圖 4 顯示數據封包在 BG 案例的阻塞率。由圖中可知數值分析結果與模擬結果非常接近。NB 和 BP 的案例結果與 BG 案例也有相似的結果。圖 5 顯示三種案例的阻塞率比較。在 NB 跟 BP 的案例中阻塞率是差不多的，因為在 BG 案例中緩衝只有用在先佔資料封包。當新到與先佔資料封包兩者都使用緩衝區，像是 BG 案例，數據封包阻塞率可以被降低的。例如：在高網路負載流量時，BG 案例比較其他的兩個案例會有將近 25% 的改善。

圖 6 顯示 BP 和 BG 案例網路數據封包平均佇列延遲。值得注意的是 BP 案例中在網路流量負載時，當流量增加，網路數據封包的先佔平均佇列延遲卻降低。原因是當網路負載非常低，一旦被語音先佔，在重新開始服務前它必需等待話務完成。當流量增加時，系統中會有一些正在被服務的網路數據封包，先佔封包在重新開始它的服務前會等待語音呼叫或數據封包完成。因為數據封包的平均服務時間比話務還要小，在 BG 案例中平均佇列延遲會較之前的小。隨著流量負載更進一步的增加，佇列開始增加，佇列延遲將隨著流量負載增加。

圖 7 顯示 BG 案例中隨著網路數據封包負載增加，網路阻塞率也隨之增加，例如：在 14 Erlang 的數據流量下，Poisson 與 MMPP 相較下有 13.32% 之差距的阻塞率。若流量像 MMPP 一樣具有突發性，在網路數據封包負載持續增加下，所增加的阻塞率也會快速成長，相對地對系統效能也有較大的影響。

5. 結論

在本篇論文中，我們分析無線網路的無線電資源配置效能。為了最大化系統的利用，無線網路流量完整地分享無線電資源。研究的重點在調查是否為網路數據封包提供緩衝。考慮三種案例：no-buffer、buffer-only-for-preempted-network-packets 和 buffer-for-network-packets。為了保證話務的服務品質不受允入數據封包服務的影響，話務具有先佔優先權的來先佔網路數據封包。結果顯示不論網路流量負載如何，在先佔優先權之下，新呼叫阻塞率和換手丟棄率能維持一固定值。當找不到可用通道時，藉由讓到達的封包暫時進入緩衝區，數據封包的阻塞率可以有效的降低。研究結果發現 BP 案例可滿足即時的資料應用，因為佇列延遲相當小。數值分析結果的正確性由模擬實驗來驗證。針對網路數據封包之突發性，在數據封包流量負載較大時，顯示 MMPP 的流量對系統效能是有較大的影響。

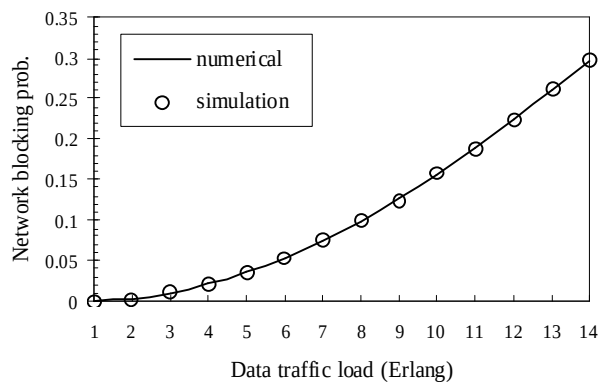


圖 4 BG 案例的網路阻塞率

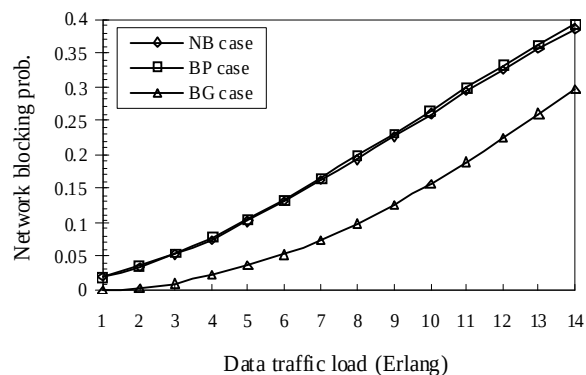
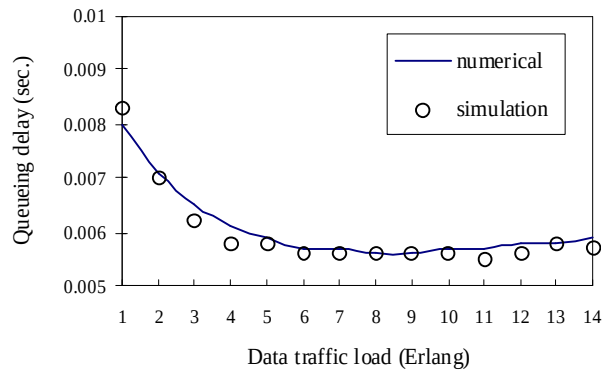
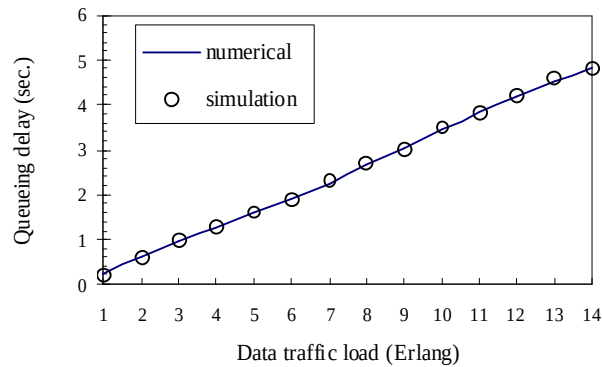


圖 5 三種案例的網路封包阻塞率



(a) BP 案例



(b) BG 案例

圖 6 網路封包的平均佇列延遲

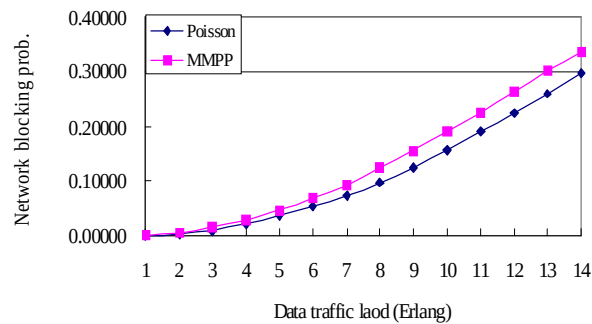


圖 7 BG 案例的網路封包阻塞率

5. 參考文獻

1. ETSI, GSM 03.60 General packet radio service (GPRS) : Service description, Stage 2, v. 5.2.0, Jan. 1998.
2. E. Dahlmann, P. Beming, J. Knutson, F. Ovesjo, M. Person, and C. Roobol, WCDMA-the radio interface for future mobile multimedia communications, *IEEE Trans. on Vehicular Techno.*, vol. 47, no. 4, pp. 1105-1118, Nov. 1998.
3. <http://tech.digitimes.com.tw/ShowNews.aspx?zCatId=A1L&zNotesDocId=836EAE33506C2DC2482571FD005521E4>, Oct. 2006.
4. <http://www.zdnet.com.tw/news/comm/0,2000085675,20125491,00.htm>, Oct. 2007.

5. H. Chen, Q-A. Zeng, and D. P. Agrawal, A Novel Optimal Channel Partitioning Algorithm for Integrate Wireless and Mobile Networks, Journal of Mobile Communication, Computation and Information. October 2004, pp.507-517.
6. H. Chen, Q-A. Zeng, and D. P. Agrawal, A Novel Analytical Modeling for Optimal Channel Partitioning in the Next Generation Integrated Wireless and Mobile Networks, Proceedings of MSWiM Workshop 2002, in conjunction with Mobicom 2002, September 28, 2002.
7. H. Chen, Q-A. Zeng, and D. P. Agrawal, A Novel Channel Allocation Scheme in Integrated Wireless and Mobile Networks, Proceedings of 2003 Workshop on Mobile and Wireless Networks, May 19-22, 2003.
8. H. Chen, Q-A. Zeng, and D. P. Agrawal, An Adaptive Call Admission and Bandwidth Allocation Scheme for Future Wireless and Mobile Network, IEEE VTC Fall 2003, Orlando, October 2003.
9. C. Lindemann and A. Thummler, Performance analysis of the general packet radio service, *21st International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 673-680, Mesa, AZ, USA, April 2001
10. M. Ermel, K. Begain, T. Muller, J. Schuler, and M. Schweigel, Analytical comparison of different GPRS introduction strategies, *Proc. 3rd ACM Int. Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems*, pp. 3-10, Boston, USA, Aug. 2000.
11. S. Ghani and M. Schwartz, A decomposition approximation for the analysis of voice/data integration, *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 42, no. 7, pp. 2441-2451, July 1994.
12. S. Ni and S. G. Haggman, GPRS performance estimation in GSM circuit switched services and GPRS shared resource systems, *Proceedings of IEEE WCNC'99*, vol. 3, pp. 1417-1421, New Orleans, USA, Sep. 1999.
13. P. Lin and Y. B. Lin, Channel allocation for GPRS, *IEEE Trans. on Vehicular Techno.*, vol. 50, no. 2, pp. 375-387, March 2001.
14. D. Hong and S. S. Rappaport, Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and no-protection handoff procedure, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 35, no. 3, pp. 77-92, Aug. 1998.

Performance Analysis of Radio Resource Allocation in the Next Generation Mobile Networks

Wei-Yeh Chen¹ and Gai-Sing Zhang²

Department of Information Management, Southern Taiwan University

¹cwycwy@mail.stut.edu.tw

²m9590215@webmail.stut.edu.tw

Abstract

Due to the **scarce** radio resources **in the wireless networks**, the resource allocation is an important topic. General Packet Radio Service (GPRS) is a packet switched access mode for GSM system to efficiently utilize the radio resources. In this paper, the performance of radio resource allocation was analyzed based on the Poisson process and MMPP. To guarantee the QoS of voice service not being affected by the introduction of data packets, preemptive priority is applied for voice calls to preempt network data packets. Three cases of radio resource allocation are considered: no-buffer; buffer-only-for-preempted-network-packets; and buffer-for-network-packets. The results show that employing buffer for network packets can greatly reduce its blocking probability even under the condition of voice preemption. For real-time data applications, the mechanism of buffer-only-for-preempted-network-packets will be suitable since the queueing delay is relatively small. The results also showed that the bursty nature of MMPP traffic has negative impact on system performance.