

GPRS 網路之高效率服務品質管理與適應式排程演算法

Efficient QoS Management and Adaptive Scheduling in GPRS

計劃編號: NSC89-2213-E-009-206

執行日期: 90/8/1 - 91/7/30

主持人: 王國禎

國立交通大學資訊科學系教授

一、中文摘要 (關鍵詞: GPRS、公平排程、服務品質、行動通訊系統、無線網路)

在本計畫中，我們著重於GPRS的無線介面部分，以提供適應式服務排程及公平分配的方式，來滿足不同的服務品質 (QoS) 要求。我們設計一個基於無線網路特性及服務品質的新排程演算法，並將其應用於GPRS網路。我們依照無線環境下常發生的位置相關以及突發性頻道錯誤特性，並配合GPRS的傳輸錯誤偵測與錯誤重傳特性，提出一個有效率的公平排程演算法(AW-FQ)，將系統的傳輸量最佳化並且可依每位使用者的需要，提供最小可容忍品質保證。為了確保每位 GPRS使用者傳輸資料時，不會受到其他使用者的影響，我們加入公平性的機制，讓每個使用者都能得到其應有的頻寬。此外，每個資料流都被分配一個可動態調整頻寬的虛擬資料流。此虛擬資料流可以對其他無錯誤發生的資料流提供額外服務，也能對它所對應的資料流進行補償。我們利用模擬的方式比較AW-FQ和SBFA。模擬結果顯示AW-FQ有較佳的佇列延遲界限，同時對發生頻道錯誤的資料流，能提供較好的服務品質。

英文摘要 (Keywords: GPRS, fair scheduling, QoS, mobile communication system, wireless network)

In this project, we focused on the GPRS radio interfaces to provide adaptive service scheduling and fairness to meet the various QoS requirements. We designed a new scheduling algorithm that took into account wireless characteristics and QoS, and applied it

to GPRS networks. Considering location-dependent and bursty channel errors, as well as detection of transmission errors and automatic repeat request schemes in GPRS, we present an efficient fair scheduling algorithm (AW-FQ) to enhance system throughput and provide guaranteed minimal tolerable quality of service for each user. To make sure that users will not affect each other when transmitting data packets, we add a fairness mechanism to guarantee that each user can have his predefined bandwidth. In addition, each flow is individually assigned a virtual flow which does not always occupy a fixed fraction of the bandwidth. The virtual flow can provide additional service for other error-free flows and compensate the flow which it is assigned to. We compared the proposed AW-FQ with SBFA. Simulation results show that AW-FQ has better queuing delay bound and provides better QoS for flows that experience channel errors than SBFA.

二、計劃緣由與目的

就行動通訊服務來說，藉由使用輕巧的無線通訊器材，使用者能夠隨時隨地享受行動通訊業者所提供的便利通訊服務。對於網際網路服務而言，高速網路建置及網路服務多樣化讓使用者能迅速取得所需的資訊。因此對於未來無線通訊與網際網路之數位整合服務 (integrated data services) 的高度需求是可以預見的。在此發展過程中，GPRS[1]是邁向第三代行動通訊系統的一個重要里程碑，也是目前實現無線數據服務的最佳解決方法。GPRS 與傳統 GSM 網路最大的不同點在於首度提供以封包交換的傳輸方式來取代線路交換，以提高系統容量，並且讓 GPRS 手機能以 IP 為傳輸基礎協定，以存取 Internet 上的廣大資源。

現存的行動電話服務雖然也包含了數據服務 (data services)，卻無法滿足使用者及服務提供者的需要，主要原因為：

1. 資料傳輸速率太低且必須花費大量時間在連接設定 (connection setup) 上。
2. 行動電話服務是以線路交換的方式傳送資料，也就是說無線電頻道及後端網路幹線必須保留給用戶使用。

為了解決上述問題，有幾個無線數據服務的標準被提出來，其中 GPRS 是一種封包交換的數據協定，包含了下列特點：

1. 高 bit rate：GPRS 單一個 channel 所能提供的 bit rate 從 9.05 Kbps 到 21.4 Kbps，GPRS 可以同時使用 1 至 8 個 channels，故傳輸速率可以由原來的 9.6 kbps 躍升到 171.2 kbps。
2. 封包交換，適用於 bursty traffic：在傳統以線路交換方式所提供的數據服務中，使用者與使用者之間的線路必須保留以作為訊號及資料隨時傳遞之用，直到連線結束。而封包交換方式則是當使用者真正傳送資料時，系統才將資源指派給使用者，一旦使用完畢立即歸還。如此系統可容納更多的使用者，提高資源的利用率。
3. 快速的 call setup time：在開始傳送或接受資料之前，GPRS 能提供快速的 resource reservation 動作，當此動作完成後，即可傳送或接收資料。這項特性可提供使用者有類似 “always connected” 的功能，即 GPRS 可以在很短的時間內建立連線，這對一些 time critical 的應用是相當重要的。
4. 服務品質保證：藉由 QoS [2][3] 的機制，依使用者及應用程式對各類網路資源的需求，來滿足其對網路頻寬的需要。

由於無線網路環境的高錯誤率、低傳輸速度及行動主機可隨時移動的性質，GPRS 的使用者比傳統有線網路的使用者更需要服務品質的保證。在服務品質排程演算法方面，有些文獻提出利用預測無線頻道傳輸狀況的方式[7][8]，延遲頻道狀況不佳時之資料流傳輸，以避免在無線傳輸端發生封包錯誤，並且在頻道狀況恢復良好

時，補償此資料流。然而此類方法有一共通的缺點是會造成行動主機運算上的額外負擔，同時預測的結果也不一定準確。在提供補償的方法上，有文獻提出保留系統部分固定頻寬以提供補償給遇到錯誤的資料流，此會造成系統頻寬浪費，同時也會導致較高的延遲時間。

本計畫提出一個依 GPRS 無線傳輸端不同的服務品質要求，提供不同的最小服務品質保證之高效率公平排程演算法。我們著重於 GPRS 的無線介面部分，以提供適應性服務排程的方式，滿足使用者不同的服務品質 (QoS) [4][5][6] 要求。同時我們利用虛擬資料流的機制，可以有效降低各資料流的佇列延遲時間，而此一使用者之虛擬資料流並可做為網路供應商的收費依據。藉由本研究可提供高服務品質的無線通訊服務，讓使用者能夠使用高速度、高品質的資料傳輸與語音通訊，以做好邁向第三代無線通訊系統的準備與基礎。

三、研究方法及成果

為了解決無線環境下提供服務品質控制的問題，我們提出了一個適用於 GPRS 網路的公平排程演算法 (AW-FQ)，此演算法有以下特色：

- 不需要預測頻道的傳輸狀況。
- 可依據所遇到的封包錯誤率動態調整資料流的傳輸速度。
- 能讓使用者自行定義所需要的最小服務品質。
- 當資料流遇到頻道錯誤時，仍可保有最小服務品質保證，不會因頻道錯誤而致連線中斷，且資料流在提供補償時仍能保有最小服務保證。

如圖(一)所示，每個資料流都被分配一個可動態調整頻寬的虛擬資料流，因此可以有效降低佇列延遲時間。此虛擬資料流一開始並不會被排程器 (scheduler) 選取。當某個資料流遇到頻道錯誤時，其權重 (weight) 將會降低，以避免過多的頻寬被浪費。因此封包錯誤率越高，下降的權重會越多。然而此資料流的權重會被使用者所定義的值 (α) 限制住，以提供此資料流最小服務保證。需要注意的是，AW-FQ 演算法

並不會停止傳輸發生頻道錯誤的資料流，而會以有限度的系統頻寬去換取資料流的服務品質。

在 GPRS 環境中，若某資料流需要較好的服務品質，則其 α 值應設較高以便在發生頻道錯誤時獲得較多的頻寬。資料流遇到錯誤後，其相對應的虛擬資料流將會得到較低的權重並且被啟動(activate)。之後此虛擬資料流將可被排程器選取，同時可對其他沒有發生錯誤的資料流提供額外服務(additional service)，如圖(二)所示。我們可以利用 GPRS 的傳輸錯誤偵測與錯誤重傳來定義封包錯誤率。當偵測到連續數個重傳封包發生錯誤時，即表示此資料流遇到的錯誤率變高，而此資料流的權重也將因此被調降更多。

當額外服務進行時，此虛擬資料流以及收到額外服務的資料流會記錄所提供與接收之額外服務的流量(compensation count 與 leading count)。收到額外服務的資料流此時被稱為領先資料流(leading flow)。若剛才遇到頻道錯誤的資料流頻道恢復正常，其權重將會回復成原本的值，而其相對應的虛擬資料流將會開始對此資料流提供補償服務(compensation service)。此虛擬資料流將由其服務過的領先資料流獲得權重。這些被虛擬資料流服務過的領先資料流其權重將會被調降到 α 值所限制住的最小權重，以便將額外服務歸還給虛擬資料流。虛擬資料流由服務過的領先資料流獲得權重之後，便開始服務其對應的資料流。等到此虛擬資料流拿回其所提供的額外服務之後，補償服務將會結束。同時此虛擬資料流也將會被關閉(deactivate)。即此虛擬資料流將不會再被排程器選取，並且回復到初始狀態。

四、討論與結論

我們利用 ns-2 模擬我們所提出的排程演算法(AW-FQ)，接著再與 SBFA[9]做比較。在 AW-FQ 中，如圖(三)所示，flow 2 與 flow 3 在 12 到 16 秒之間遇到位置相關頻道錯誤時，皆仍可保有其最小服務品質。圖(四)是各資料流的服務量總和。Flow 3 因為

有較高之 α 值所以在頻道錯誤期間收到較多之服務量。等到頻道錯誤結束後，因為 flow 2 曾提供較多之額外服務，flow 2 會收到較多的補償服務。在 GPRS 中，若 flow 2 與 flow 3 採用較佳的編碼方式，其收到的服務量將會越接近其原有之服務量。圖(五)與圖(六)是 AW-FQ 與 SBFA 佇列延遲的比較結果。圖(五)是遇到錯誤的資料流，而圖(六)則是沒有遇到錯誤的資料流。此兩種情況，AW-FQ 都有比較好的表現。綜合上述，我們的排程演算法確實可以提供服務品質保證，以及有較好的佇列延遲。我們所提出的公平排程演算法應用於 GPRS 無線網路，確實可以保證使用者有較佳的服務品質(QoS)，且不會浪費網路頻寬於發生頻道錯誤之資料流上，而可將其頻寬做最有效的分配。如此，對於 GPRS 的使用者以及網路供應商而言，皆能擁有最大的效益。

五、參考文獻

- [1] General Packet Radio Service (GPRS) specification, 3GPP TS 03.64 V8.10.0, Feb. 2002.
- [2] O. Yu, and S. Khanvilkar, "QoS Provisioning over GPRS Wireless Mobile Links" in *Proc. IEEE WCNC*, pp. 322 - 326, 2002.
- [3] F. Tataranni, S. Porcarelli, F. Di Giandomenico, and A. Bondavalli, "Analysis of the Effects of Outages on the Quality of Service of GPRS Network Systems" in *Proc. Dependable Systems and Networks*, pp. 235 -244, 2001.
- [4] M. Bilgic, K. Essigmann, T. Holmstrom, M. Lord, and M. Renschler, "Quality of Service in General Packet Radio Service," *Mobile Multimedia Communications*, pp. 226-231, 1999.
- [5] Q. Pang, A. Bigloo, C.M. Leung, and C. Scholefield, "Service Scheduling for General Packet Radio Service Classes," in *Proc. IEEE WCNC*, pp. 1229-1233, 1999.
- [6] J. Sau and C. Scholefield, "Scheduling and Quality of Service in the General Packet Radio Service," in *Proc. Universal Personal Communications*, vol. 2, 1998.

- [7] S. Lu, V. Bharghavan, and R. Srikant, "Fair Scheduling in Wireless Packet Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 7, no. 4, pp. 473-489, Aug. 1999.
- [8] T.S.E. Ng, I. Stoica, and H. Zhang, "Packet Fair Queuing Algorithms for Wireless Networks with Location-Dependent Errors," in *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 1103-1111, 1998.
- [9] P. Ramanathan and P. Agrawal, "Adapting Packet Fair Queuing Algorithms to Wireless Networks," in *Proc. ACM/IEEE MOBICOM*, pp. 1-9, Oct. 1998.

六、圖表

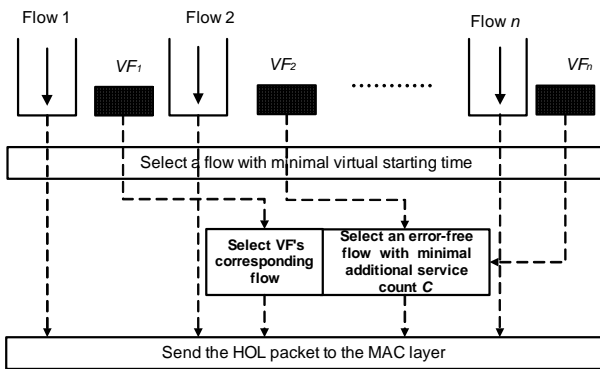


圖 (一) AW-FQ系統架構圖。

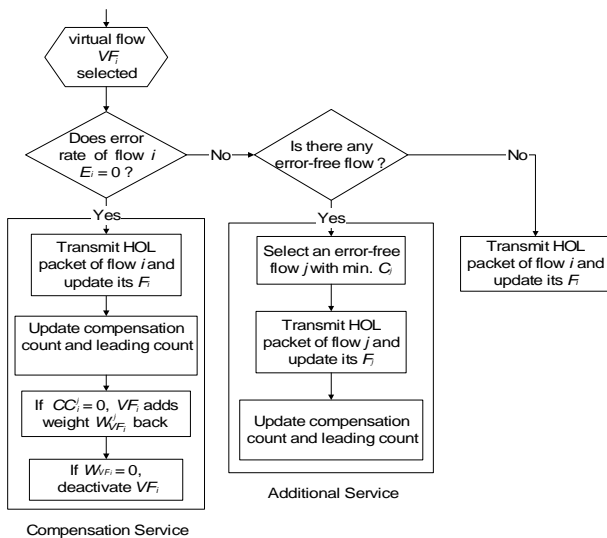


圖 (二) 虛擬資料流之服務流程圖。

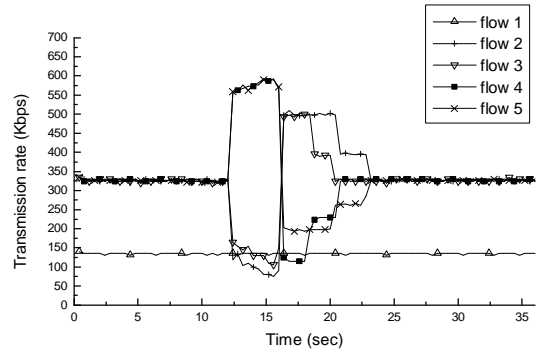


圖 (三) AW-FQ遇到錯誤時的傳輸率變化。

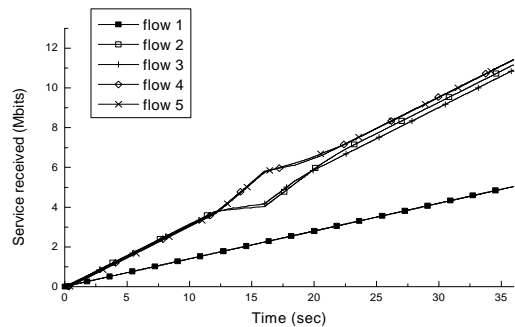


圖 (四) AW-FQ遇到錯誤時的服務量變化。

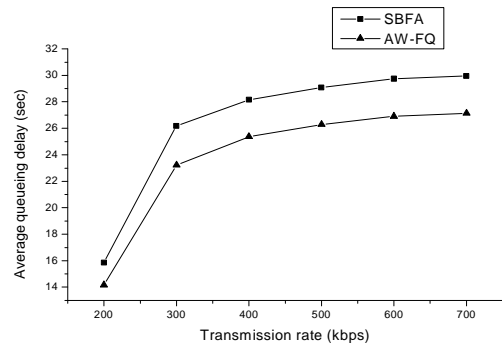
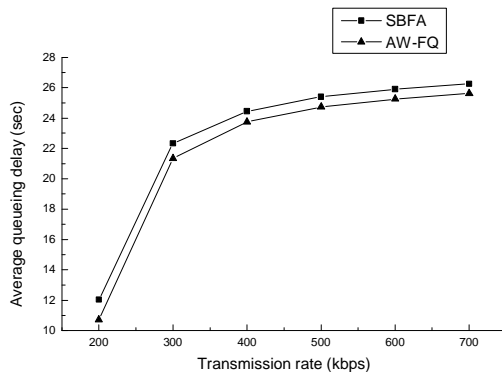


圖 (五) 遇到錯誤之資料流的平均佇列延遲。



圖（六）無錯誤發生之資料流的平均佇列延遲。