

以動態配置的框架管線循環服務達成混合式資料無線網路的共享連結

The Framed Pipeline Cyclic Service with Dynamic Allocation for Mixed-Media Wireless Link Sharing

何日新 黃文祥* 謝錫 王俊堯
Jih-Hsin Ho Wen-Shyang Hwang* Ce-Kuen Shieh Jun -Yao Wang

國立成功大學電機工程研究所
Institute of Electrical Engineering
National Cheng Kung University
Email: hjsin@kungsrv.ee.ncku.edu.t

*國立高雄科學技術學院電機工程系
*Department of Electrical Engineering
National Kaohsiung Institute of Technolog
*Email: wshwang@mail.ee.nkit.edu.t

Analysis

摘要

目前混合式資料在無線網路傳輸中最受注目的課題是用戶端如何以共享連結來傳送不同型態的封包。本篇論文即針對這個課題，提出一個 MAC 層的協定；稱為「動態配置的框架管線循環服務」機制。它是利用時槽及沒有競爭的特性，來提供較佳的即時性傳輸效能。本文將針對這個機制做效能分析並與 PRMA 協定相比較。

關鍵字：混合式資料，無線網路，共享連結，MAC 協定，效能分析

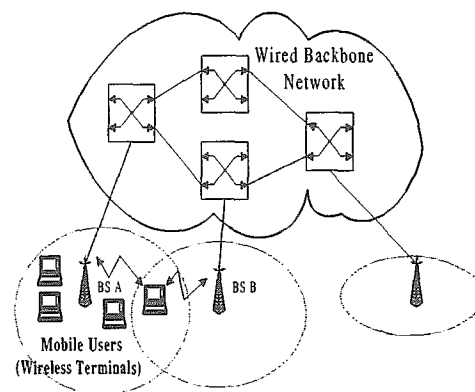
Abstract

A key problem in transporting mixed-media across wireless networks is a sharing of the wireless link by different data traffic sent by mobiles. This paper presents performance analysis on wireless MAC Protocol called framed pipeline cyclic service with dynamic allocation. Due to the contention-free in the available slot in this protocol which different from the contention-based access. Compared with PRMA protocol, this type of protocol has better performance for real-time data traffic.

Keywords : Mixed-Media, Wireless Network, Link Sharing, MAC Protocol, Performance

1、簡介

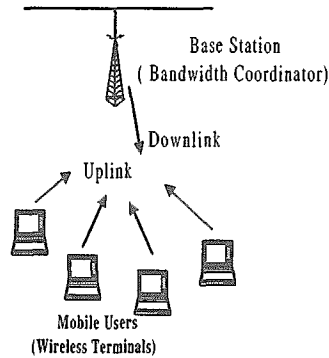
近幾年來；許多無線網路的研究課題已朝向如何提供行動用戶端 (Mobile Users) 傳送混合式資料 (Mixed-Media) 並達到服務品質 (QoS) 方面做深入的探究[1]。通常混合式的資料大致可分為(1)即時性 (Real-Time) 且非可靠性 (Unreliable) 的資料；例如以 CBR (Constant Bit Rate) 方式傳輸的語音資料，(2)非即時性且可靠性 (Reliable) 的資料；例如以 ABR (Available Bit Rate) 方式傳輸的資料。



圖一：Wireless/Wired Network

圖一是包含了有線與無線網路的系統架構圖，其中的骨幹網路 (Backbone) 是由高速的有線網路所組成，在每一個蜂巢區 (Cellular) 中，均存在一個基地台 (Base Station; BS) 與骨幹網路相連結，蜂巢區中的行動用戶端或無線終端 (Wireless Terminals) 則利用無線網路與隸

屬的基地台相連結。另外行動用戶端從一個蜂巢區到另一個蜂巢區時，將會有交換頻道的 Handoff 行為，這種有線與無線網路結合的架構可應用在 WirelessAT 或 Wireless LAN 等課題上。



圖二：A Cellular Wireless Network

由於可利用的無線網路頻寬空間 (Bandwidth Capacity) 有限，所以如何設計一個 MAC 層的協定，讓多個行動用戶端共享連結以提供混合式資料傳送，是個值得探究的課題。單一個蜂巢區的無線網路 MAC 層設計已有許許多多的研究成果發表，它們的系統大致如圖二所示，整個無線區域網路的頻道被分為上頻道(Uplink)和下頻道(Downlink)。上頻道為行動用戶端傳送資料至所屬的基地台，下頻道則反之由基地台傳送資料到行動用戶端。綜觀這些研究，對於多個行動用戶端的共享連結都採用需求指派(Demand Assignment)，也就是當行動用戶端要傳送資料之前，先利用上頻道的競爭(Contention-Based)時槽爭奪傳送權，而基地台則扮演一個頻寬仲裁者(Bandwidth Coordinator)。競爭的結果和頻寬保留(Reservation-Based)的訊息將藉由下頻道傳送回來；當行動用戶端收到保留的成功訊息，便可以開始利用上頻道傳送資料。因為基地台是利用下頻道的廣播(Broadcast)方式傳送資料給各行動用戶端，所以對整個傳送架構的設計便集中在上頻道行動用戶端的傳送資料方面。這

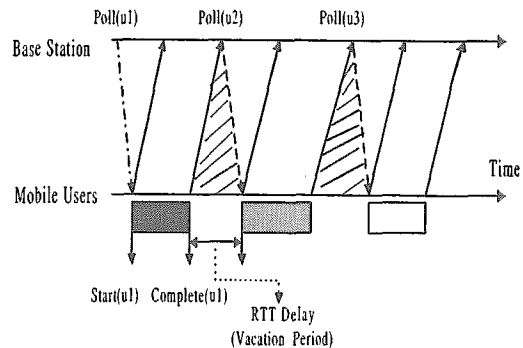
類 MAC 協定研究[2-5]的代表作品有 PRMA、DQRAMA、DTMA/TDD 等。

本篇論文將介紹一個新的 MAC 層無線連結共享的協定，稱為「動態配置的框架管線循環服務 (Framed pipeline cyclic service with dynamic allocation)」；在這協定中，行動用戶端可傳送混合式資料 (Mixed-Media) 並達到其要求的服務品質；所以在本文第二單元將介紹框架管線循環服務的機制，第三單元則探討如何利用上述的機制達成混合式資料的傳送並詳細敘述這協定，第四單元將建立一個效能模型並與 PRMA 做分析並比較，最後為結論。

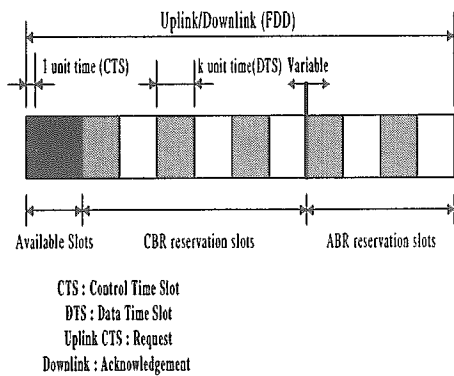
2、框架管線循環服務

2.1 傳統式循環服務

傳統式循環服務的時序圖如圖三所示。圖中以無線區域中的三個使用者 u_1, u_2, u_3 為例，當 BS 以下頻道查詢(Poll)第一個行動用戶端 u_1 時，則 u_1 便可以利用上頻道傳送它的資料，此時另外兩個用戶端不能傳送資料，直到 u_1 將資料全部傳完為止。 u_1 傳完後，BS 再詢問下一個用戶端，依此進行下去。圖中我們發現傳統式循環服務的缺點在於資料傳送時會有 RTT (Round-Trip-Time Delay)；即空閒時期 (Vacation Period) 的情形發生，此問題會造成整體效能 (Performance) 的遞減 (Degradation)，包括延遲 (Delay) 與產率 (Throughput) 都會受影響。



圖三：Conventional Cyclic Service



圖四：Pipeline Cyclic Service Frame Format

2.2 框架管線循環服務

為了改良上述傳統循環式的缺點以及提供混合式資料的服務，我們採用以動態配置的框架管線循環服務[6]，其中框架格式(Frame Format)如圖四所示。我們採用將上頻道(Uplink 與下頻道(Downlink)分開的方法；即 Frequency Duplex Division(FDD)，且使用上下兩頻道相同的框架格式。上頻道框架中的可用時槽(Available Slots 是用來存放行動用戶端的傳送要求(Request)，而下頻道的可用時槽則用來存放基地台的回應(Acknowledgement)。可用時槽是由多個控制時間時槽(Control Time Slot, CTS)所構成，每個 CTS 長度為 1 unit time，有關於 CTS 之封包則於下一單元再做介紹。此外為了提供混合式資料的傳送，框架在可用時槽後接續著 CBR 保留時槽(Reservation Slot)和 ABR 保留時槽，以分別傳送即時非可靠性的資料和非即時可靠性的資料。為了不浪費頻寬，我們採用動態配置(Dynamic Allocation)的方式，也就是讓兩個保留時槽的邊界可以隨需要變動(Variable)。保留時槽是由許多資料時槽(Data Time Slot, DTS)所構成，每個 DTS 的長度為 k unit times，而一個 DTS 長度亦相當於一個資料封包(Packet)的長度。

3、如何達成混合式資料傳送服務

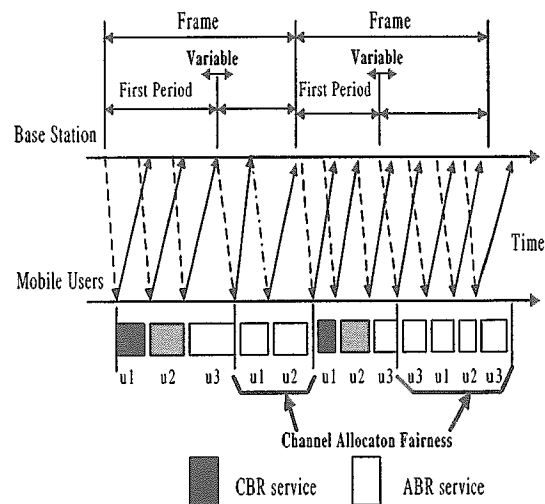
3.1 協定敘述

在上單元我們已經介紹了管線循環服務

的框架(Frame)，這單元將敘述如何利用此框架來達成混合式資料傳送服務。這 MAC 層協定也是使用需求指派(Demand Assignment)的方法。

行動用戶端若欲傳送混合式資料，也就是包括即時性不可靠性的資料；即 CBR 的資料流如 Audio、Real-Time Video Messages，以及非即時性可靠性的資；即 ABR 資料流如 Data Messages。首先利用上頻道每個框架的可用時槽提出要求，在可用時槽中的每個 CTS 可以指派使用權(Assign Poll)給一個用戶端，若提出要求的用戶端超過系統所提供的 CTS 數目時，基地台會仲裁那個用戶端將被拒絕(Reject)，並且計算出用戶端 Polling 的順序以及指派封包(Assignment Packet 的資訊，即 CB 或 VBR 可傳送多少個 DTS，利用下頻道的可用時槽告知已被接受的用戶端。

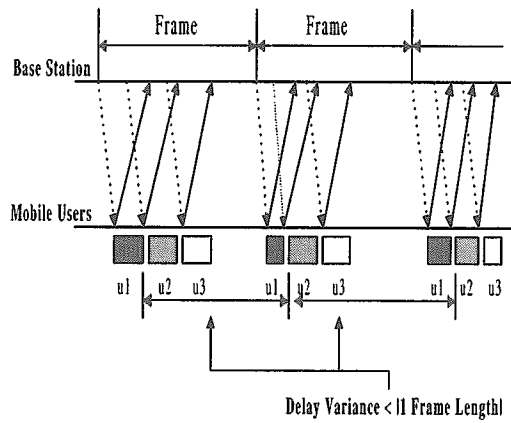
基地台與行動用戶端利用可用時槽來交換彼此的控制訊息，而達到管線循環服務的方式，定時的發出使用權給行動用戶端。框架之保留時槽傳送時序圖如圖五所示。



圖五：Framed Pipeline Cyclic Service for Mixed-Media

我們再以三個行動用戶端來做說明，圖中每個框架的第一保留時期(First Period)是供給對延遲變異(Delay Variance 需在某特定範圍內的 CBR 資料流使用。由於框架是週期性

(Periodic)產生的，所以每個用戶端可以在每個框架的第一個保留時期來傳送 CBR 的資料流，並可確保延遲變異的範圍在一個框架長度內，如圖六所示。延遲變異可用一個緩衝器(Buffer)來存放，故可達到即時性傳送的效果。由於 CBR 保留時槽頻寬配置的優先權(Priority)大於 ABR 保留時槽頻寬配置，所以基地台會先配置 CBR 保留時槽，若還有剩餘(Residual)的頻寬空間再配置給 ABR 保留時槽，而 CBR 與 ABR 保留時槽空間採用動態配置(Dynamic Allocation)的方式。由於 CTS 個數為有限個，對於 CBR 資料流由於其具即時的特性，基地台會終止(Block)被拒絕的行動用戶端之 CBR Traffic；而對於 ABR 的資料由於其不具即時的特性，因採用公平頻寬配置(Channel Allocation Fairness)的方式，故可以分別配置在不同的 Frame 來傳送 ABR 資料，沒有被基地台終止的問題。



圖六: Delay Variance of CBR Traffic

3.2 參數

關於以動態配置的框架管線循環服務協定，我們假設下列幾個參數(Parameters)：

- 1、 整個 Frame Length 為 F (unit times).
- 2、 CTS Length : DTS Length = $1 : k$
- 3、 Available Slot 中所含 CTS 的數目為 c .
- 4、 平均每個 Mobile Use request 之 CBR Packet 數為 ω_{CBR} (個).

5、 Arrival Rate of the message request = λ (個 / unit time)

6、 平均每個 Mobile Use request 之 ABR Packet 數為 ω_{ABR} (個).

對於每個框架時間內的最大產率，我們以符號 TH_{max} 來表示，

$$TH_{max} = \frac{(F-1 \cdot c)}{F} = 1 - \frac{c}{F} \quad (1)$$

平均 CB 封包之 Arrival Rat 與平均 ABR 封包之 Arrival Rat 分別以符號 δ_{CB} 與 δ_{ABR} 來表示，

$$\delta_{CBR} = c \cdot \lambda \cdot \omega_{CBR}, \quad \delta_{ABR} = c \cdot \lambda \cdot \omega_{ABR} \quad (2)$$

由於 CBR 資料流可優先配置頻寬，假設符號 F_{CB} 代表平均 CBR reservation slot 的長度，

$$F_{CBR} = c \cdot \lambda \cdot \omega_{CBR} \cdot k \quad (3)$$

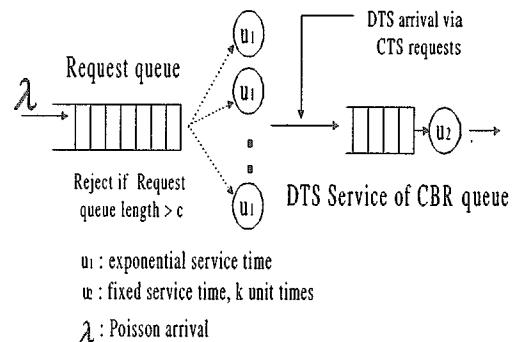
所以經由動態配置的平均 ABR reservation slots 的長度，以符號 F_{ABR} 表示，

$$F_{ABR} = F - c \cdot 1 - c \cdot \lambda \cdot \omega_{CBR} \cdot k \quad (4)$$

4、效能模型

4.1 佇列模型(Queuing Model)

我們將訊息延遲(Message Delay, MD)定義為平均每個行動用戶端提出 message request 成功到資料送至保留時槽準備傳送的等待時間(Waiting Time)。我們用管線框架循環服務的方法，建立即時性 CBR 資料傳送的佇列模型，如圖七所示。



圖七 : The queuing Model using Framed Pipeline Cyclic Service for CBR Traffic

從圖七可看出，我們建立兩個佇列

(Queue), 前一個為放置使用者 message request 的 Request Queue, 此佇列用 M/M/c/c 來建立模型[7], 假設每個 message request 是以 Poisson Arriva 進來, 平均 arrival rate 為 λ ; 又在 CBR 時槽中, 我們採取 Polling 的方式, 平均 service rate = $1/u_1 = \lambda_c \approx 1$; 其中 λ_c 與 CBS 時槽內使用的需求策略有關, 例如使用競爭策略, 如 Slotted ALOHA, $\lambda_c \approx 0.386$; 使用 Polling 策略, $\lambda_c \approx 1$ 。共有 c 個 CBR 時槽可以保留 c 個行動用戶端, 亦即若在可用時槽內提出需求的使用者超過 c 個, 則會有使用者被基地台拒絕, 我們用 Erlang's Loss Formula, 可得到平均在一框架時間內每個行動用戶端被拒絕而不能傳送 CBR 資料的機率 (Block Probability), 以符號 BP 來表示,

$$BP = \frac{\rho^c / c!}{\sum_{i=0}^c (\rho^i / i!)} , \quad \rho = \frac{\lambda}{\lambda_c} \approx \lambda \quad (5)$$

經過 Request Queue 之後則進入第二個佇列準備傳送 CBR 的封包, 稱為 DTS Service of CBR Queue, 此佇列用 M/D/1 來建立模型[8], 其中此佇列也是以 Poisson Arriva 進來, 平均 arrival rate 為 $c \cdot \lambda \cdot \omega_{CBR}$; 又每個 DTS 時槽是以 k unit times 固定 (Deterministic) 時間來服務。

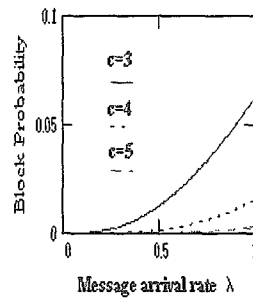
針對每個行動用戶端用此協定傳送即時性資料平均延遲時間即此兩個佇列總共的排隊時間, 亦即 $M/M/c/c + M/D/1$; 所以,

$$MD = \frac{P_0 (c\rho)^c}{c!(1-\rho)^2} + \frac{\delta_{CBR} k^2}{2(1-\delta_{CBR} k)}; P_0 = \left[\sum_{n=0}^c (\rho)^n / n! \right]^{-1} \quad (6)$$

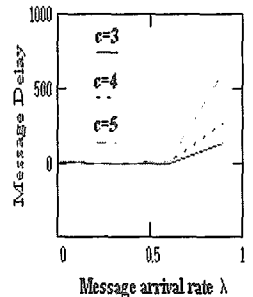
4.2 結果分析

在框架管線循環服務的協定中, 我們調整協定中的參數, 來觀察行動用戶端被拒絕的機率 BP 以及傳送 CBR 資料的延遲時間 MS 之效能; 圖八為 Message arrival rate, λ 與 Block probability, BP 的關係圖, 在可用時槽中假設 CTS 個數分別為 $c=3, 4, 5$, 我們觀察出 CTS

個數愈多, BP 就愈低, 而且三條曲線的 BP 都隨著 λ 的增加而增大; 圖九為 Message arrival rate, λ 與 Message Delay, MD 的關係圖, 這裡我們假設 $k=12, \omega_{CBR}=3$, 分別用 $c=3, 4, 5$ 分別模擬, 我們觀察出 CTS 個數愈多, MD 就愈高, 三條曲線的 MD 也隨著 λ 的增加而增大。

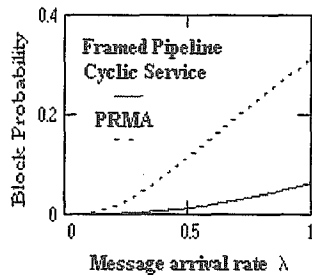


圖八: Message arrival rate V.S Block Probability

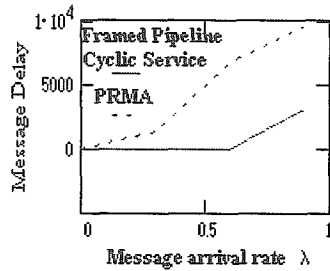


圖九: Message arrival rate V.S Message Delay

另外我們將本協定與 PRMA 協定做模擬比較, 兩個無線網路 MAC 層的協定都是用需求指派 (Demand Assignment), 但不同點在於可用時槽中, PRMA 是用競爭 (Contention-Based) 的方式, 例如 Slotted ALOHA; 而本協定是用循環服務 (Poll-Based) 的方式, 從圖十與圖十一可以觀察到本協定於傳輸即時性資料, 在 BP 與 MD 之效能都比 PRMA 協定為佳。



圖十: Comparison BP with two MAC protocol



圖十一: Comparison MD with two MAC protocol

5、結論

本篇論文提出一個無線網路 MAC 層的協定，稱為「動態配置的框架管線循環服務」，用管線循環服務來代替傳統循環服務改善了 RTT 延遲的缺點；另外採用框架的觀念，使得行動用戶端可以傳送即時或非即時性的混合式資料。本協定是以需求指派 (Demand Assignment) 為基礎，這裡介紹了框架與協定的內容，並且分析行動用戶端之即時性資料傳送效能，包括 Block Probability 與 Message Delay，並做結果的分析探討；另外我們用競爭為基礎的 PRMA 協定與本協定做比較，其效能結果皆比 PRMA 協定為佳。本篇論文並未討論交換頻道的 Handoff 行為對效能所造成的影響，但就單一區域 (Single Cellular)，此協定是非常適合在無線網路環境中來傳送混合式的資料。

6、參考資料

[1] E. Ayanoglu, K. Y. Eng, and M. J. Karol, "Wireless AT : Limits, Challenges, and

Proposals", IEEE Personal Communication, pp.18-33, Aug.1996.

- [2] O. Kubbar and H. T. Mouftah, "Multiple Access Control Protocols for Wireless ATM : Problems Definition and Design Objectives", IEEE Communication Magazine, pp.93-99, Nov.1997.
- [3] J. Sanchez, R. Martinez, and M. W. Marcellin, "A Survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM", IEEE Network, pp.52-62, Nov/Dec, 1997.
- [4] H. Wang, G. Bi and T. P. Yum, "Performance Analysis of Integrated Services PRMA Scheme for Wireless ATM", VTC'97, pp. 1341-1345, 1997.
- [5] T. H. Le, B. Jafarian, and A. H. Aghvami, "Performance Comparison of New Centralized PRMA and TDMA Systems for Wireless ATM Networks", VTC'98, pp.1466-1470, 1998.
- [6] M. Momona and T. Ohsawa, "Pipeline Polling Based Combined Voice and Packet Access Protocol for PON", IEICEJ National Convention, B-170, p.4-103, 1992.
- [7] D. Bertsekas and R. Gallager, "Data Networks", second edition, Prentice -Hall Inc., 1992.
- [8] Kleinrock. L, "Queuing Systems", vol. I , Wiley. New York, 1975.