

新世代細胞通信協定之資料鏈結層資源管理 (2/2)

A Datalink Layer Resource Management for Next Generation Cellular Communication Protocols

計劃編號：NSC 90-2213-E-009-045

執行期限：90 年 08 月 01 日至 91 年 07 月 31 日

主持人：曾建超 交通大學資訊工程系 教授

E-mail：cctseng@csie.nctu.edu.tw; Fax：(03)5724176

一. 中文摘要

UMTS 是數個第三代行動通訊的世界標準中最受矚目的一個通訊標準，它採用寬頻分碼多工存取 (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA) 模式來傳輸封包。針對變動位元速率 (Variable Bit Rate, VBR) 傳輸服務的需求，不同於採用分時多工存取 (TDMA) 模式的封包排程機制，只要考慮每一條連線的傳輸速率即可，WCDMA 的封包排程機制除了要考慮每一個連線的傳輸速率之外，必需同時考慮每一個連線的傳送信號強度，以避免交互干擾，進而達到每一個使用者的服務品質要求。在本年度的計畫中，我們設計了一個是適用於 WCDMA 架構下的動態排程機制，稱為“以信號強度作分類的封包排程機制” (Power-strength Classified Packet Scheduling Scheme, PCPS scheme)。此排程機制會根據每一個手機所需的不同發送信號強度作的分類 (Power-Strength Class, PS-class)，先依據不同 PS-class 的優先順序訂出通訊連結的排程順序，再依據每一通訊連結中封包的迫切程度作排程決定封包的傳輸順序，最後依照細胞台的所容忍的功率強度上限來決定作後的排程結果。藉由降低手機間的同頻交互干擾，達到高速率和節省能源的目的，同時也達成了每一通訊連結的服務品質要求。

Keywords: 封包排程, 寬頻分碼多工存取

二. Abstract

In Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), the packet scheduler of the variable bit rate (VBR) services must adjust both service rate and transmission power-strength of each connection at the same time in order to fulfill the QoS requirements of both delay bound and frame error rate (FER) for all VBR connections. In this project, we propose a QoS-aware power-strength classified packet scheduling (PCPS) mechanism that can dynamically adjust the downlink service rate of a connection while retaining the FER requirement of the connection. The underlying idea of the PCPS mechanism is to classify the transmissions of connections in accordance with the transmission power and transmit the frames from the connections with power strength as similar as possible in a time interval. As a consequence, the connections with low transmission powers will suffer less interference from other connections with high transmission powers, and thus can achieve higher service rates with less power consumption. In addition, the PCPS mechanism can also fulfill the QoS requirement of the connections.

Keywords: Packet-scheduling, WCDMA

三. 緣由與目的

CDMA 的傳輸原理簡單的說就是不

同頻道的發送端利用相互正交的碼(Orthogonal code)，將欲發送的資料加以展頻(Spreading Spectrum)到一個共用的頻帶中，展頻後的頻寬比每個頻道原資料傳輸所需的頻寬大很多倍，頻道間的資料是平行在共用頻帶中傳送的。然後，每個頻道接收端會以原 Orthogonal code 還原發送端的資料。由於上述傳輸特性，WCDMA 在封包排程和傳送上的需求全然不同於 TDMA 的 GPRS 系統，GPRS 系統的封包排程只要考慮每一條連線的傳輸速率，而 WCDMA 除了要考慮每一個連線的傳輸速率之外，必需同時考慮每一個連線的傳送信號強度，以避免交互干擾，進而達到服務品質的要求。在 WCDMA 的封包排程研究中，由於 Code Division Multiple Access (CDMA)的特性，基地台是根據不同的編碼來區分與不同的手機之間的連線，各連線的封包可同時平行傳送。因此，一個細胞(cell)的容量和頻寬與此細胞所受的干擾信號強度息息相關，干擾信號是來自於(1)細胞內的手機間的交互干擾、(2)細胞間的同頻干擾和(3)自然界的干擾波。

在 CDMA 之通訊系統中，因在系統中干擾(Interference)對信號的影響比自然界雜訊對信號的影響要大，故在 CDMA 的通訊系統中是以信號干擾比(Signal-to-Interference Ratio; SIR)來作為通訊品質的依據之一，為了讓有限頻寬中提供較多通訊連結，最理想的狀況即是對每一條通訊連結的資料，其信號干擾比皆為最小信號干擾比(minSIR)為最理想，最小信號干擾比是保障通訊連接能夠達成最大容忍的位元錯誤率的依據。而依照行動通訊裝置的位置不同，通訊連結所需之功率亦有所不同，其最小信號干擾比皆不一樣，為達到使通訊能夠順暢，對有些通訊連結之資料則必須提高其功率強度，或是降低傳輸速率，來保證服務品質。然而，對通訊連結的功率強度增加，將會造成對其他

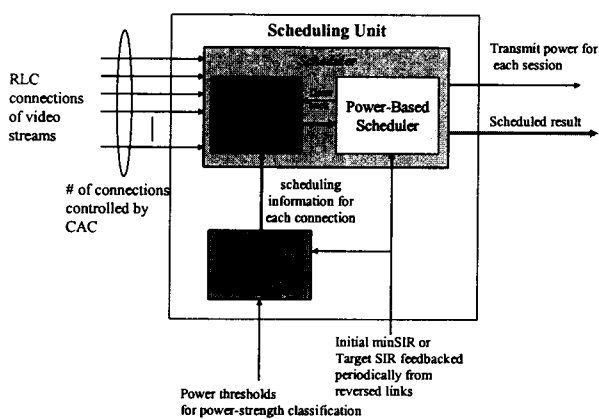
通訊連結額外的訊號干擾，對通訊連結的速率降低則會造成對此行動通訊裝置的造成連結的延遲。因此，在考量整個基地台所能負荷之功率強度極限，以及對於這些通訊連結中資料傳輸效率的調整，業界以往的作法是採用單獨以時間基礎作排程[11][13]或單獨以功率基礎作排程[1][8]來加以解決，以便安排這些通訊連結中協定資料單元(Protocol Data Unit, PDU)的進出順序及選擇傳送的程序。

在本年度的計畫中，我們設計了一個是適用於 WCDMA 架構下的動態排程機制，稱為“以信號強度作分類的封包排程機制”(Power-strength Classified Packet Scheduling Scheme, PCPS scheme)。PCPS 的封包排程機制會根據每一個手機所需的不同發送信號強度作的分類(Power-Strength Class, PS-class)，先依據不同 PS-class 的優先順序訂出通訊連結的排程順序，再依據每一通訊連結中封包的迫切程度作排程決定封包的傳輸順序，最後會依照細胞台的所容忍的功率強度上限來決定作後的排程結果，如果基地台的總發送功率超過功率強度上限，排程機制會在發送時間上區隔發送強度高的手機和發送強度級低的手機，以降低發送信號強度高之手機對發送信號強度低之手機的信號干擾的可能，藉由降低手機間的同頻交互干擾，降低總發送功率，達到高速率和節省能源的目的，進而提昇系統的效率(utilization)和容量(capacity)，同時也達成了每一通訊連結的服務品質要求。

四. 結果與討論

本計畫的主要目的為設計一種在 CDMA 之無線通訊系統中，基地台對所接收到通訊連結之協定資料單元，以功率強度分類封包排程方式，在下行鏈路中對通訊連結之協定資料單元加以排程及選擇傳送功率的系統與方法。

本計畫提出一個 PCPS 排程單元(如圖一)，其中包含一個頻寬調整器、一個時間基礎排程器，以及一個功率基礎排程器。頻寬調整器在無線通訊系統之通訊範圍內，依據每一個行動通訊裝置發送通訊連結之位置與基地台之間的鏈結功率大小，區分為複數個功率強度等級區(PS-class)，依據複數個功率強度等級與不同之服務品質，分配其相對應的頻寬(bandwidth)比重值。以便讓時間基礎排程器能依據該頻寬調整器所提供的資料，來排程處理該複數個協定資料單元 (Protocol Data Unit, PDU)。在每一段預定時間框架之內，時間基礎排程器會分別累積及暫存複數個協定資料單元，每一個協定資料單元會依據頻寬調整器提供有關其所屬通訊連結所須之服務品質與所屬的功率強度等級區的訊息，分別訂定每個協定資料單元的優先順序值。而後時間基礎排程器會根據協定資料單元所屬的通訊連結之優先順序值大小，在不同的通訊連結中循序將複數個協定資料單元排程後，傳送至功率基礎排程器。



圖一、PCPS 排程單元

接著，由功率基礎排程器依據無線通訊系統之所能處理的功率強度上限，以及對協定資料單元所屬之通訊連結所需之功率大小，對來自時間基礎排程器之複數個協定資料單元加以排程，並依分配的功率排程傳送出去。其中，功率基礎排程器會將

超過基地台功率強度上限之協定資料單元，回傳至時間基礎排程器中，繼續加以排程。

我們以圖二為例說明時間基礎排程器的運作方式，時間基礎排程器中的控制模組會將排程暫存器中之複數個協定資料單元(P_a 、 P_b 、 P_c 、 P_d 、 P_e)中優先順序值(H_a 、 H_b)分別為 2 以及 1 之正值的協定資料單元(P_a 、 P_b)傳送至傳送暫存器中，以便後續傳送至功率基礎排程器。對於優先順序值(H_c 、 H_d 、 H_e)分別為 0、-1 以及 -2 之非正值的協定資料單元(P_c 、 P_d 、 P_e)，控制模組 215 會將其優先順序值(H_c 、 H_d 、 H_e)加上允許協定資料單元數，這裡每一個通訊連結的允許協定資料單元數會根據所在 PS-class 的指定傳輸速率來決定[13]。假設允許協定資料單元數之值為 j ，加上 j 成為更新的優先順序值(H_{c-1} 、 H_{d-1} 、 H_{e-1})分別為 $0+j$ 、 $-1+j$ 、 $-2+j$ ，並使其與下一段預定時間框架內所接收之複數個協定資料單元(P_f 、 P_g)一起進行排程。對於下一段預定時間框架內所接收之複數個協定資料單元(P_f 、 P_g)，控制模組 215 會將其優先順序值(H_g 、 H_f)接續該經過更新的優先順序值中最小者(H_{e-1})，而設為以 1 之差額依序遞減而分別為 $-2+j-1$ 、 $-2+j-2$ 。而此優先順序值(H_a 、 H_b)為正值的意義，為在允許之連線速率內可以傳送至該功率基礎排程器之協定資料單元(P_a 、 P_b)，而優先順序值(H_c 、 H_d 、 H_e)非正值者，為超越允許之連線速率而預先到達之協定資料單元(P_c 、 P_d 、 P_e)。

特別注意的是，時間基礎排程器會依據頻寬調整器所訂定出的功率強度等級區的排程優先順序，依序經由控制模組控制其相關之複數個待排程協定資料單元傳輸到傳送暫存器。控制模組在輸出待排程協定資料單元時，必須同時輸出一個功率強度等級區中所屬的複數條通訊連結的複數個待排程協定資料單元，控制模組會比對複數個排程暫存器位於領先位置的協定資料

單元(Pa)的優先順序值大小，依照由大到小的順序傳送至共用的傳送暫存器，假使兩個或兩個以上的排程暫存器其位於領先位置的協定資料單元(Pa)具有相同的優先順序值(Ha)，則利用輪替(round robin)的方式輸出。控制模組會重複以上的輸出動作，直到所有具有大於零優先順序值的待排程協定資料單元都被輸出到共用的傳送暫存器為止。接下來，當暫存於共用的傳送暫存器之每一個協定資料單元於傳送至功率基礎排程器之前，判斷模組會將待傳送之協定資料單元的老化時間值與該最長停留時間參數相比較，以判斷協定資料單元是否有效。如果協定資料單元之老化時間值尚未超過最長停留時間參數，則此協定資料單元仍判斷為有效，而將協定資料單元傳送至功率基礎排程器中。如果，其對應之老化時間值超過最長停留時間參數，依照對這些通訊連結事先定義的資料特性決定丟棄或是直接傳送至功率基礎排程器中，換句話說，就是需要事先定義這些資料重要與否，決定予以丟棄或是強迫傳送至功率基礎排程器之中。

接著，此功率基礎排程器依據無線通訊系統之所能處理的功率強度上限，對來自時間基礎排程器之複數個協定資料單元加以排程，並加以分配傳送出去，在圖一中的功率基礎排程器，需事先輸入最小訊號干擾比以及預期訊號干擾比給功率基礎排程器當作排程計算的依據，最小訊號干擾比為基地台與行動通訊裝置進行通訊連結時，每一個協定資料單元被傳輸所需要的最小功率資源，由基地台預先設定，預期訊號干擾比為行動通訊裝置根據所收到的資料錯誤率來決定。

當功率基礎排程器對複數個協定資料單元進行排程之際，若所需之功率總和超過無線通訊系統所能處理的功率強度上限時，功率基礎排程器會將超過功率強度上限之單數個或複數個協定資料單元，依照

其相對應之優先順序值由小到大依序回傳至時間基礎排程器中，以使無線通訊系統能將符合該功率強度上限之剩餘複數個已排程協定資料單元一次加以傳送出去，其中時間基礎排程器對於自功率基礎排程器回傳之協定資料單元會提高其優先順序值，並與下一段預定時間框架所接收到的待排程協定資料單元一起進行排程。

藉由 PCPS 排程單元對通訊連結的排程處理，可以依照通訊連結的實際狀況，有效率的利用無線通訊系統有限的功率資源，並對每一條通訊連結的傳送做出最佳的安排，以提升通訊的服務品質，使得通訊平均傳輸速率得以提升、可以有較小的位元錯誤率，以及可以有較小的協定資料單元之延遲。

五. 計畫成果自評

在本計畫中，我們針對第一年的 GPRS 系統和第二年的 WCDMA 系統分別提出了一個多媒體服務的排程架構。從研究的過程之中，我們充份了解了 GPRS 和 WCDMA 等無線環境的封包傳送特性，這將對於往後在第三代行動通信的排程機制研究有莫大的幫助，也提供業界一個在系統設計上的參考依據，這個研究的經驗實屬寶貴。本計畫的研究成果已超越原提案內容，研究成果具參考價值。

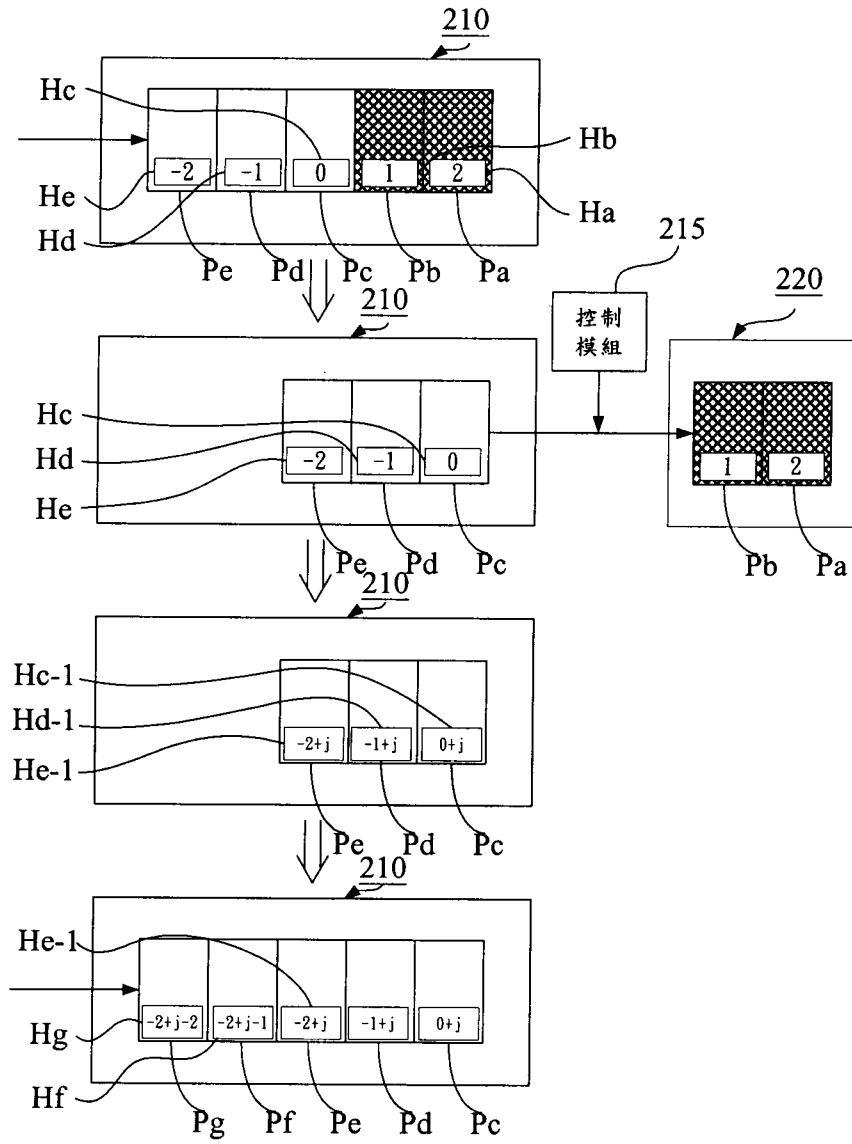
第一年計畫成果已經發表於國際性的會議和預備發表於國際知名期刊[18]，並且獲得中華民國專利，專利核准公告號：第 484283 號。

第二年計畫成果其國際性的會議論文、期刊論文和專利正在審查中。

六. 參考文獻

- [1] Harri Holma and Antti Toskala, *WCDMA For UMTS: Radio Access For Third Generation Mobile Communications*, JOHN WILLWY and SONS, INC., 2000.

- [2] EIA/TIA/IS-95 mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system, July 1993.
- [3] A. K. Parekh and R.G. Gallager, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Network – The Single Node Case," *ACM/IEEE Trans. Networking*, vol. 1, no. 3, June 1993, pp.334-357.
- [4] 3G TS 25.321, 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group Radio Access Network; MAC protocol specification, Dec. 1999.
- [5] 3G TS 25.211, 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group Radio Access Network; Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD), March 2000.
- [6] 3G TS 25.331, 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group Radio Access Network; RRC Protocol Specification, Jan. 2000.
- [7] 3G TS 25.302, 3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group Radio Access Network; Services provided by the Physical Layer, March 2000.
- [8] Ashwin Sampath, Narayan B. Mandayam and Jack M. Holtzman, "Erlang Capacity of a Power Controlled Integrated Voice and Data CDMA System," *Vehicular Technology Conference, 1997, IEEE 47th*, vol. 3, 1997, pp. 1557 -1561.
- [9] E. Dahlman, P.Beming, J. Knutsson, F. Ovesjo, M. Persson and C. Roobol, "WCDMA-The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communication," *IEEE Tran. On Vehicular Technology*, vol. 47, No. 4, Nov. 1998.
- [10] Ashwin Sampath, P. Sarath Kumar and Jack M. Holtzman, "Power Control and Resource Management for a Multimedia CDMA Wireless System," *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications '95*, vol. 1, 1995, pp.21-25.
- [11] Ö. Gürbüz and H. Owen, "Dynamic Resource Scheduling for Variable QoS Traffic in W-CDMA," *Proc. IEEE ICC'99*, vol. 2, June 1999, pp.703-7.
- [12] Kari Sipila, Zhi-Chun Honkasalo, Jaana Laiho-Steffens, Achim Wacker, "Estimation of Capacity and Required Transmission Power of WCDMA Downlink Based on a Downlink Pole Equation," *Vehicular Technology Conference Proceedings, 2000. VTC 2000-Spring Tokyo. 2000 IEEE 51st*, vol. 2, 2000, pp. 1002 -1005.
- [13] C. C. Tseng, J. S. Yang and R. G. Cheng, "Performance Analysis of Power-Strength Classified Packet Scheduling in WCDMA," *Technique Report*, <ftp://ftp.jsyanghost.d2g.com/PCPS-analysis.doc>
- [14] Muhammad Kazmi, Philippe Godlewski, Christophe Cordier, "Admission Control Strategy and Scheduling Algorithm for Downlink Packet Transmission in WCDMA," *Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE VTS Fall VTC 2000. 52nd*, vol. 2, 2000, pp. 674 –680.
- [15] Saunders, S. R., *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*, John Wiley & Sons, 1999.
- [16] Jakes, W. C., Jun. (Ed.), "Microwave mobile communications," John Wiley & Sons, New York, 1974.
- [17] K. Siram and W. Whitt, "Characterizing Superposition Arrival Process in Packet Multiplexers for Voice and Data," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. SAC-4, no. 6, September 1986, pp.833-846.
- [18] Jen-Shun Yang, Chien-Chao Tseng, Ray-Guang Cheng, "Dynamic Scheduling Framework on RLC/MAC layer for General Packet Radio Service," to be published in *IEEE Transactions on Wireless Communications*.



圖二、時間基礎排程器排程範例