

以有效的管理機制與演算法 建置一個穩健的網路選課架構 —以國立臺灣體育學院選課系統為例

國立臺灣體育學院

郭瑞庭*#

國立中正大學資訊管理研究所

鍾峰宜

摘 要

網路選課機制提供了不限區域、便捷與即時的選課處理服務，也是目前大學校院所普及提供的服務。然而，在課程資源有限的情況下，將造成資源搶奪的現象。資源搶奪過程中，可能因多人同時查詢相同資源導致資訊的誤判，因而違背了資源限制的規則，特別是在臨界值關鍵交易的處理上，造成交易的失誤。因此，如何以一個公平且有效的網路選課機制來解決上述問題，則成為重要的議題。在這個研究中，我們將提出一個簡單、彈性、易擴充且穩健的網路選課環境架構，並結合一個能有效地處理因資源限制臨界值以及因多人網路查詢而造成交易失誤的演算法，以發展出正確且符合資源限制條件的網路選課機制。

關鍵字：網路選課、盲抽號演算法、臨界值關鍵交易、校務資訊系統、校務行政電腦化

* 第一作者

通訊作者

A Robust Architecture for Online Course Selection with an Effective Mechanism and an Efficient Algorithm

Abstract

Online course selection system has been a popular service in the colleges because it provides convenient and timely course selection services but with no regional constraint. However, limited course resource causes the phenomenon of course grabbing. In the process of resource grabbing, queries from different users to the same resources at the same time may lead to information misjudgment that may violate the rules of resources usage constraint. Particularly, in the case of key transactions processing for critical values, they may result in the occurrence of transaction processing errors. Therefore, how to design a fair and effective online course selection mechanism to solve these problems would be an important issue. In this study, we will thus present a simple, flexible, easily extensible, and robust network environment architecture providing an effective mechanism as well as an efficient algorithm for online course selection.

Key words: Online course selection, Blind-draw algorithm, Critical threshold transaction, School information system, Computerization of school administration

壹、前言

近年來，由於網際網路普及化暨頻寬成本平民化的環境下，網路選課已然成爲我國大專院校所提供的普及服務，網路選課提供了不限區域、便捷、與即時的選課處理服務，相較於傳統以集中處理的方式，不但大幅地提高學校行政效率，並提供了學生更舒適及多樣的服務（戴建耘、林明正，2006）。在過去的十年中，建置網路選課服務，快速地成長於全國各大專院校，成爲各校所提供的基本服務。

然而，儘管在軟硬體技術快速演進暨頻寬大幅度提昇的環境之下，經調查（林震岩、陳滌瀨，2000），網路選課仍然存在以下問題，包括：(1)學生對於熱門科目的高度競爭預期因素下，造成大量會晤（session）及交易（transaction）過度集中於網路選課的開放「開始」時間後約 15 分鐘內（或稱之爲：熱門交易時間區段），造成應用伺服器在「選課時間-負載量」分佈不對稱性，並造成系統在熱門交易時間區段反應時間（response time）過長；(2)由於(1)所造成之網路選課系統反應時間過長，使學生會在網路擁塞的預期心理因素之下，以相同帳號在同一電腦開啓多個瀏覽器，或是在多台電腦以相同帳號重複登入選課系統，藉由多重服務請求處理，以最有利的方式去搶奪課程資源；(3)由於學生在(2)所描述的網路選課行爲之下，若網路選課系統無一個相關的管理機制，則常造成同一資源被相同帳號重複佔用，或是在臨界值的關鍵交易（例如：最後一個符合選課人數上限的網路交易）的誤判，而造成實際選課學生人數與資源限制的不一致現象。

目前大部分網路選課系統的精進，大致可以從二個觀點來改善上述問題，首先以硬體觀點改善，學校藉由擴充硬體設備規格，提供更強大的運算能力來縮短系統反應時間；其次以行政管理觀點改善，學校可藉由行政管理的手段（例如：提高課程選課人數上限、系所分時段選課、採用登記制、或是採用亂數或抽籤的方式處理等）來企圖降低在網路選課時發生過度競爭的現象。

無論是以硬體擴充的方式，或是採取行政管理手段，或是二者並進，對於全面性的網路選課觀點，並無法徹底同時解決上述的問題。在過去的網路選課相關研究中，大部分的學者大多著重在探討網路選課所帶來的效益分析（洪杏林，1999），開發彈性的

網路選課系統環境或架構（游本俊，1999；李慶霖、游坤明，2003），而對於本論文所提出的問題，都僅限於網路選課系統的開發團隊之間內部的技術會議探討，開發團隊再依據所在學校所存在的各式各樣缺失，逐一滿足或解決本論文所提之網路選課問題，並無一個解決的參考模式或架構來處理。

基於此，本研究提出一個簡單、低成本的網路選課管理參考解決架構，藉由這個架構，期望任何網路選課系統都能同時解決這些問題。因此，本研究預期目的有二：(1) 提出一個簡單、彈性、易擴充的網路選課環境架構，快速並有效地處理在網路選課的熱門交易時間區段所引起的伺服器過度負載現象。(2) 發展一個有效的演算法，來處理因學生以同組帳號，透過多種管道進入網路選課系統，並確保選課行為與資源限制的一致性，我們稱之為「盲抽號」演算法。

本論文在第貳章探討網路選課架構的相關技術與研究，在第叁章討論本研究所提出的網路選課架構，並在第肆章以某國立學院於 97 學年度第一學期網路選課為實際實驗案例，提出結論及實驗數據，最後，在「結論及未來研究方向」中提出結論及未來可以再深入探討及應用的主題。

貳、研究背景

一個有效、易擴充的網路選課架構必須是滿足所有的網路選課限制條件下，有效地處理學生所選擇的課程，並可依據實際的網路選課現況，彈性地調整網路選課架構，以滿足課務相關單位的管理目的，最後，它必須要是可以提供學生在網路選課時之行為暨歷程，以供事後學生查詢或爭議之處理。

基於此，它所涉及的技術包含應用伺服器架構、資料庫架構、單一帳號登入管理、暨一個有效的演算法以處理臨界值的關鍵交易。

一、應用伺服器架構需求分析

大部分多階層（multi-tier）架構的應用中，都會將具複雜商業邏輯的運算包裝成元件後，部署於應用伺服器中，藉由應用伺服器的叢集架構及平行運算演算法達到高效能

的運算及失敗復原 (failover)。

然而，就網路選課的交易特性（輕量級交易處理）而言，並無所謂重量級交易而亟需採用平行或分散式運算。另外，網路選課作業於整個校務運作生命週期僅佔小部分，一學期大約二次選課作業（初預選暨加退選），每次時間約 1 至 2 週，而台灣大專院校每一學期標準週數平均為 18 週，選課作業最多佔整個校務運作生命週期的比例約 22%。所以，基於成本效益比，我們認為僅採用負載平衡 (load balancing) 策略效益，遠大於去架構一個叢集 (clustering) 運算架構，如表 1。而且，它必須依據實際的效能狀況需要，隨時快速地加入一台新的伺服器成員，因此，在組態上，應採用簡單、且具彈性的應用伺服器架構 (趙涵捷、陳偉銘、高台茜，2001)。

表 1 叢集架構與負載平衡比較表

比較項目 採用方案	建置成本	伺服器成員 組態設定	選課效能
採用叢集架構 解決方案	高	複雜	非常好
僅採用負載平衡 演算法	低	簡單	好

由於網路選課每一筆交易大小平均，且屬於輕量級的交易，所以，在我們所需求的負載平衡演算法並不需要採用太複雜的技術，只需將所有的交易平均分散於所參與工作的應用伺服器即可，例如採用循環工作排程 (Round-Robin) 演算法。所以，建置上，不管是採用硬體 (採用 L4 或 L7 交換器) 或是撰寫程式 (Java Servlet) 模擬循環工作排程演算法，均可輕易的達成初步負載平衡目的。

二、資料庫組態分析

在網路選課系統的運作中，將會有多台應用伺服器請求資料庫服務，而對於選課學生而言，請求服務的種類幾乎都是「查詢」與「對單一紀錄的交易」，因此，它對於資料庫的屬性組態，所關心主題包括：

(一) 記憶體配置 (Memory Allocation)

無論應用上是採取集中式資料庫或是分散式資料庫，在網路選課過程中（特別是在熱門交易時間區段內），會湧入大量的交易請求資料庫服務，所以，資料庫的連結人數上限及記憶體配置組態對於交易處理有正關連的影響。

而在網路選課系統所關心的記憶體配置議題，包括：

- (1) 資料庫允許最大連結數目，以及每一個連結會佔用多少記憶體；
- (2) 有多少資料表 (Table) 會佔用多少快取 (cache) 記憶體；以及
- (3) 資料庫需採用多大鎖定 (lock) 數目，而每一個鎖定會佔用多少記憶體。

因此，一個穩定的網路選課系統，它所搭配的資料庫管理系統，應必須具備以上議題的記憶體配置組態進行調整的設定功能。

(二) 紀錄隔離程度 (Isolation Level) 政策探討

資料庫在管理多個使用者對於相同紀錄資料進行交易時，會採取讓這些同時進行的交易做適度的隔離 (Isolation) 政策，以確保交易資料的一致性 (consistency)。在作法上，則以 SQL 標準 (ISO/IEC 9075, 2003) 所定義的 4 種隔離程度 (0-3) 標準為依據，分別為 READ UNCOMMITTED、READ COMMITTED、REPEATABLE READ、及 SERIALIZABLE。一般而言，隔離程度越高，則干擾程度則越小。

而就網路選課的交易特性而言，在些微差距的時間區間內，會發生多筆交易同時對某一筆特定紀錄（例如：某一門熱門課程）對資料庫請求讀／寫服務。為保證資料庫都可以將所有交易做出可序列化的交易處理（排隊進行交易），因此，必須將隔離層級 (Isolation Level) 政策設定為 3，也就是採取 SERIALIZABLE 政策 (Date, 2003)，而這同時也可以完全避免發生 Dirty Read、Nonrepeatable Read、與 Phantom 的狀況發生。

(三) 紀錄鎖定策略 (Lock Strategy) 探討

因為在熱門交易時間區段內，會出現大量的學生選課行為，為了在這個時間內讓資料庫可以安全的運作，不致發生交易死結 (dead lock) 現象。所以，策略上，

我們會在網路選課時間區間內，將資料庫的鎖住（lock）數目加大，並將異動頻率大的資料表（例如：課程主檔、課程明細檔、學生選課明細檔等）設定為以列為主的鎖住（row level lock）策略，並配置快取記憶體給這些資料表，以加速 I/O 的處理，降低會導致發生死結因素。

三、單一帳號登入管理議題探討

「...除非您可以保證（證明）學生無法登入網路選課系統是無關於系統層次的問題（例如：因超出負載拒絕服務...等），否則您不可以拒絕相同帳號的學生從另一有效的管道登入網路選課系統...很遺憾的是...我們無法保證與證明，因為我們人在遠端，而另一端來自於你無法管控的公用環境中的電腦終端機...」- 摘錄自逢甲大學開發團隊內部技術會議。

在選課熱門交易時間區段內，往往在開始選課的 15 分鐘之內就已經決定了 80% 的選課資料。所以，如何以「合理」的方式來處理單一帳號（或學號）登入網路選課系統，是一個重要的課題。

一般作法有二種：

- (1) 類似微軟 MSN 登入管理的方式，當系統確認學生在某一台終端機登入成功之後，則將這位學生先前所登記的登入資訊（包含：Client IP、Server IP、Session ID、Login ID...等）之所在位置剔除，並更新登入資訊。但是，這種作法在認定上常發生爭議，原因是除非系統有主動告知（Push）的機制，否則學生有可能在不知情的狀況之下持續操作無效的動作，而權益受損。
- (2) 第二種方式則是以管理政策（例如：設定 Session Timeout 時間、相同帳號最大登入數目...等），再加上一個有效處理學生以同組帳號進入網路選課系統，以及可確保選課資料在交易過程中一致性的演算法，以確保網路選課系統的穩定性（Robust）暨學生權益。

四、臨界值關鍵交易處理

所謂臨界值是指在某個限制條件之下可容忍度的邊界值，一般分為邊界最小值與

邊界最大值。一般而言，在網路選課系統中，最關心的臨界值是目前選課人數是否小於最大可選課人數。因此，我們將某個限制條件之下的臨界值表示為

$$Z = \text{UpperBound}(\text{Constraint})$$

而本研究所提之臨界值關鍵交易係指當多個查詢請求在數值為 $Z-1$ 時發生，由於這些查詢都認定 $Z-1 < Z$ ，所以各自都以合法的身份以送出一筆 $(Z-1)+1$ 的異動交易到資料庫，這個交易也稱之為「臨界值關鍵交易」。理論上，「臨界值關鍵交易」應該只會有一筆，但事實上，以剛剛的處理方式，已經造成了超出了這個限制的邊界最大值 Z ，成為：

$$Z' = Z + \left(\sum_{i=1}^n \text{Query}_i \right) - 1$$

而造成與資源限制最大邊界值的不一致 ($Z \neq Z'$) 的現象。

造成這個現象的主要原因是來自於無法確認到底有多少個查詢正在進行，以及正準備競爭這個資源的數目，而基於網路選課的特性，一定必須要先確定目前餘額之後，才能送出加選的交易到資料庫，也就是說，就算是採用資料庫隔離層級中的 READ COMMITTED 策略，依然無法解決在臨界值關鍵交易的問題。因此，根本的作法就是必須知道因加選目的而正在查詢動作的人有哪些，而這些人的查詢時間順序為何，才能正確的去處理臨界值關鍵交易。

基於此，我們的作法則採用一個類似「抽號碼機」的機制來處理臨界值關鍵交易，並確保這個交易的唯一性。這個機制的原理就好像是到銀行存款一樣，假設銀行的服務櫃檯一天只服務 100 個存款戶，當你到達銀行之後，看到櫃檯告示牌顯示目前正在處理第 99 個存款戶時，並不代表下一個就是輪到你，因為有可能號碼機的號碼已經抽到第 101 號了，因此，必須讓每一位需要服務的存款戶，先到號碼機抽號碼，而櫃檯則是以客戶實際所抽到的號碼來決定是否提供服務。

叁、穩健的網路選課參考架構

基於以上討論，一個穩健的（robust）網路選課系統，應該在建置時需要一個參考架構去評估、預測網路選課環境基本需求；並具備高度的易擴充性，讓管理者可依據實際網路選課狀況，快速地去擴充網路選課環境；以及透過一個有效、高可信度的管理機制去處理暨確保在整個網路選課過程中，選課資料以及交易與資源限制規則的一致性。因此，在我們的方法中，所強調的是以一個具有彈性、易擴充的網路選課環境，暨發展一個可以處理臨界值關鍵交易的演算法，提供一個穩健的網路選課參考架構。

一、網路選課系統參考架構

在網路選課系統參考架構規劃上，我們主要是建置在多階層架構環境下的應用，基於負載平衡機制與應用伺服器多工策略。因此，這個參考架構下的網頁服務伺服器與應用程式伺服器（application server）陣列成員，必須是二臺以上的實體機器與 IP，而整個參考架構圖，如圖 1 所示。

對於網頁伺服器的需求，必須考量在選課時間內預計學生可能數目及行為，藉以設定網頁伺服器的最大會晤數目及換算出記憶體與頻寬需求。基於大部分複雜的商業邏輯運算都會包裝成元件部署在應用伺服器上，所以，在計算記憶體需求時應採用存取靜態網頁的記憶體用量換算。

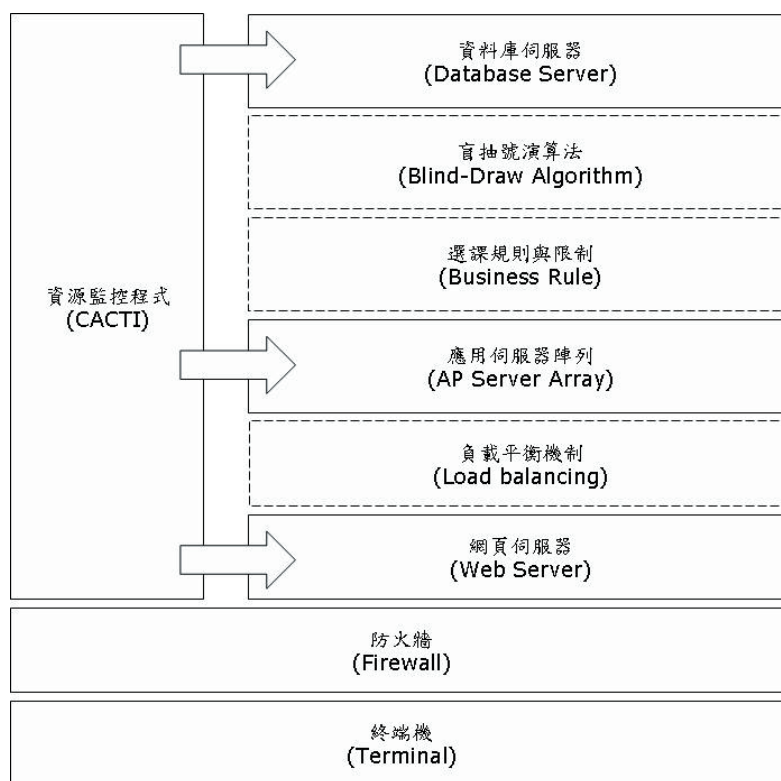


圖 1、網路選課系統參考架構圖

在規劃網路選課系統資料庫伺服器記憶體需求量時，在以純（Pure）資料庫伺服器中，除了作業系統與資料庫軟體所需配置的記憶體之外，可以採用以下量測公式（公式 1）來預測選課系統的記憶體使用量：

$$TRM = TCM + TCMT + TLM + EXM \quad \text{--- (公式 1)}$$

$$TCM = \sum_{i=1}^n Connector_i \times CB$$

where CB is a base memory size for each connector need

$$TCMT = \sum_{j=1}^n TableCatchAllocation_j$$

$$TLM = \sum_{k=1}^n Lock_k \times LB$$

where LB is a base memory size for each lock need

$$EXM = Constant$$

其中，TRM 是指網路選課系統所需記憶體最低需求量，它是最大可連結資料庫數目記憶體總需求 (Total Connectors Memory Need, TCM)、表格快取記憶體總需求 (Total Cache Memory of Table Need, TCMT)、鎖定數目記憶體總需求 (Total Lock Memory Need, TLM)、以及額外記憶體需求 (Extra Memory Need, EXM) 的加總。依據這一量測公式，我們可以近似推估的預測選課系統在資料庫所需的記憶體需求，以做為網路選課系統規劃參考。

二、定義限制規則

選課作業的二個最主要實體為「學生」與「課程」，所以，任何的限制與規則大都來自這二個實體的限制規則。在課程部分，我們可以將每一門課的規則（例如：最多選課人數、性別限制、年級限制等）用以下的形式表示： $SC = \bigcap_{i=1}^n R_i$ ，其中 SC 是指開課課程的限制 (subject constraint) 條件， R 是指科目限制條件的規則 (business rule)。在學生部分，可將每一位選課學生的屬性（例如：可修課學分數上下限、是否有申請學程...等）用以下的形式表示 $SA = \{S_{a1}, S_{a2}, \dots, S_{an}\}$ ，其中 SA 是指學生屬性 (student attributes)，而 S_{ai} 是指學生的第 i 個屬性值。

因此，如果 j 學生想要加選 i 課程，那麼 j 學生的屬性值一定完全符合 i 課程的限制規則，才可以被視為是一筆合法的選課交易資料，這個敘述，則用以下的形式來表示：

$$\mu_{SC_i}(SA_j) = \bigcap_{i=1}^n \mu_{R_i}(SA_j(S_{ak})), k = [S_{a1}, S_{a2}, \dots, S_{an}]^T,$$

其中 $\mu_{SC_i}(SA_j)$ 係指 j 學生屬性值符合 i 課程中所有規則的合法條件式。

三、盲抽號演算法設計

有了形式 (Formalism) 的表示方法去描述什麼情況才算是一筆合法的選課交易資料之後，我們就可以明確的方式去觸發進行這個課程的選課動作。因此，我們可以將「觸發」盲抽號演算法的強度，用 $FiringStrength = \mu_{SC}(SA)$ 的形式來表示。

所謂「盲抽號」演算法，它是一個專門處理臨界值關鍵交易的演算法，它的設計方式就如 2.4 章節所提之原理一樣。但這個演算法有一個特別之處，就是並不需要學生

先下查詢的命令去查詢號碼機最大號碼之後，再抽號碼；而是直接將號碼機最大號加 1 之後，直接將號碼取回，而這種在抽號碼的過程中不去查詢號碼機最新號碼，就好像蒙著眼睛去抽號碼的情形一樣，所以我們將這個演算法稱之為「盲抽號演算法」。

這個演算法會透過一個儲存機制來做為學生正在發生（Concurrent）的狀態及資訊（ID、學生所在終端機 IP、登入伺服器的 IP、交易時間...等）的監控，我們將這個儲存機制稱之為：狀態表（State Table）。為確實掌握學生在網路的選課行為，我們在這個狀態表中設定交易異動（Insert, Update, 與 Delete）的觸發程序。當發生異動時，觸發程序則將學生的上一個行為狀態紀錄，同步寫入狀態資訊記錄檔（State Log Table）中，以備將來學生質疑網路選課過程公平性時，可做為佐證的依據資料來源。

演算法的運作流程如圖 2 活動圖所示，由於抽號碼機是一個自動機的機制，所以當學生抽完號碼之後，會有二個結果，一個是小於邊界值，恭喜他，直接寫入該學生的選課明細檔，並以這個學生所抽到號碼去更新該課程已經有多少人選上了；另一種結果，則直接告知人數已滿。

- 以有效的管理機制與演算法建置一個穩健的網路選課架構—以國立臺灣體育學院選課系統為例

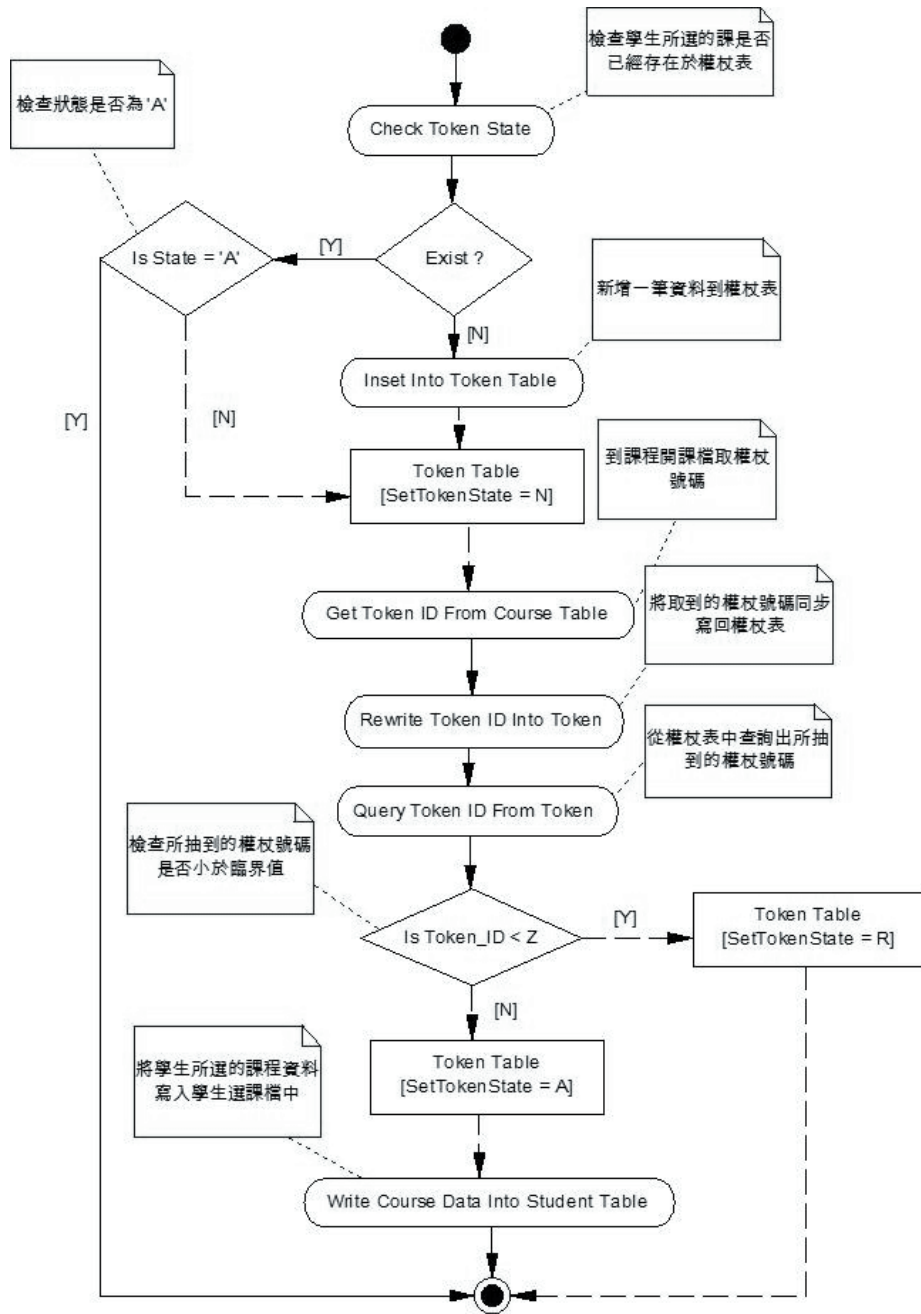


圖 2、盲抽號演算法運作活動圖 (Activity Diagram)

由於學生可能會以同一組帳號，在多臺電腦或開啓多個瀏覽器同時登入，因此這個演算法依據學生的行為，進行狀態轉移監控，如圖 3 所示，經由這個狀態的控制，來確保選課資料的一致性。

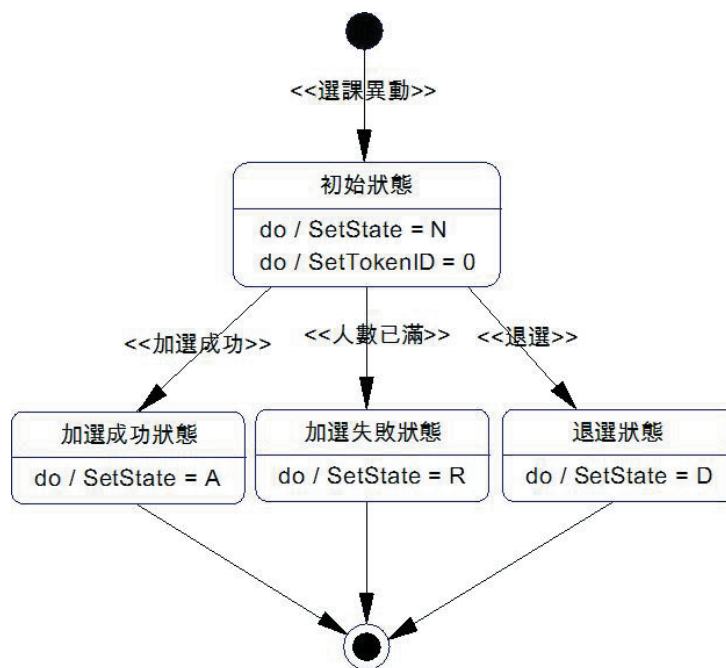


圖 3、權杖表選課狀態圖 (State Chart Diagram)

肆、實驗結果

本研究之實驗設計則是配合建置國立臺灣體育學院學生網路選課系統，並以 97 學年度第一學期學生實際上網選課為本實驗的數據來源。國立臺灣體育學院是位於臺中市一所全校學生人數約 3 千人，具有優良傳統，體育專門的精緻學院。因此，在系統架構規劃上，我們採用一臺獨立於該校入口網頁的實體網頁服務伺服器 (Web Server)，三臺實體應用伺服器 (AP Server)，及一臺實體資料庫伺服器 (Database Server)，並採用

- 以有效的管理機制與演算法建置一個穩健的網路選課架構—以國立臺灣體育學院選課系統為例

CACTI (<http://www.cacti.net/>) 來做為硬體資源（例如：交通流量、記憶體使用狀況、CPU 使用狀況...等）使用狀況的監控工具，架構如圖 4 所示。

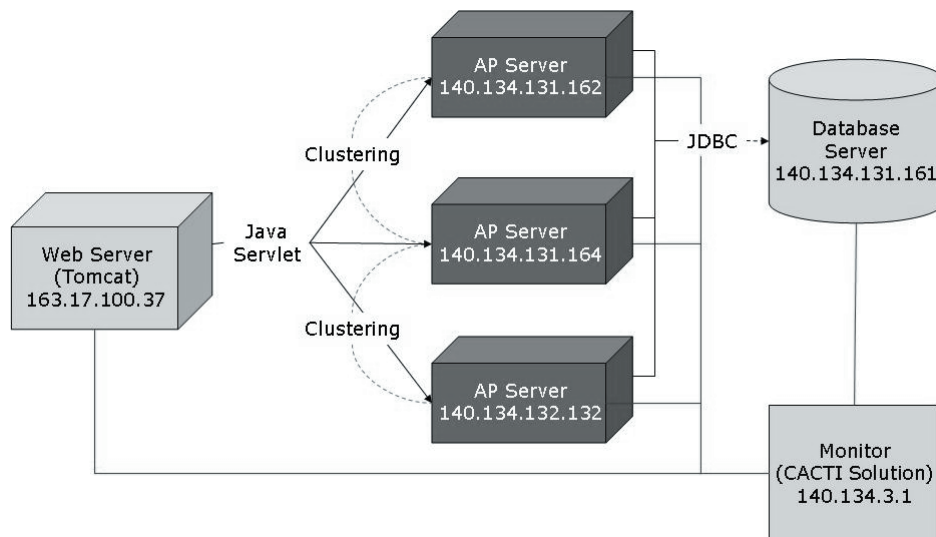


圖 4、國立臺灣體育學院網路選課架構圖

在網頁服務伺服器部分，我們採用可支援 Java 的 Tomcat 來做為網頁服務伺服器服務建置，而撰寫 Java Servlet 程式去模擬 Round-Robin 演算法，並在服務啟動時，動態去讀取我們所設計好的 XML 檔案中所記載的應用伺服器所有成員的 IP 位址，以利 Java Servlet 使用。因此，當需要加入一臺新的應用伺服器時，組態設定非常簡單，只需修改 XML 檔中應用伺服器成員的 IP 資訊，而這臺機器則可以是任何一個可用資源的地方。

臺灣體育學院基於行政管理政策，訂定 97 學年度第一學期第一次選課時間為 97 年 8 月 5 日至 97 年 8 月 6 日，而其中選課人數最多的是在 97 年 8 月 6 日，這天符合選課的人數約 850 人。透過這個架構運作，在當天選課過程中，系統反應時間平均在 6 秒以內；資料庫服務並無死結與負載異常現象，如圖 5 所示；應用伺服器交通量、記憶體、CPU 使用量，也無異常現象，如圖 6、圖 7 所示；而發生選課人數與限制條件人數不符狀況為 0；應用伺服器軟體並無出現拒絕服務之情形，而且各項指標的使用量都不高。

因此，這個實驗完全符合我們所預期的目標。

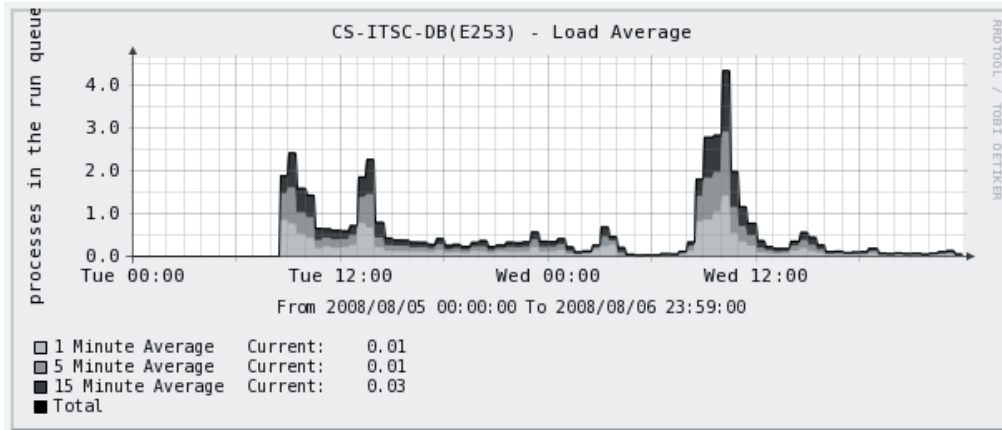


圖 5、資料庫平均負載區域圖

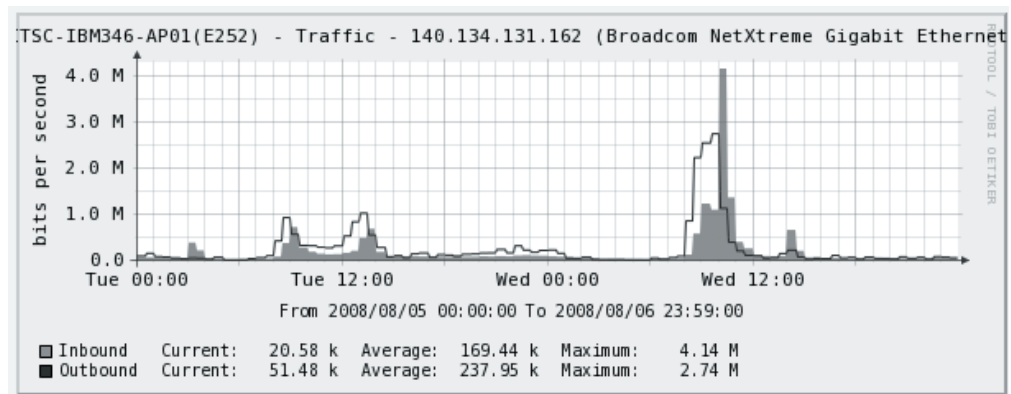


圖 6、應用伺服器交通流量區域圖

- 以有效的管理機制與演算法建置一個穩健的網路選課架構—以國立臺灣體育學院選課系統為例

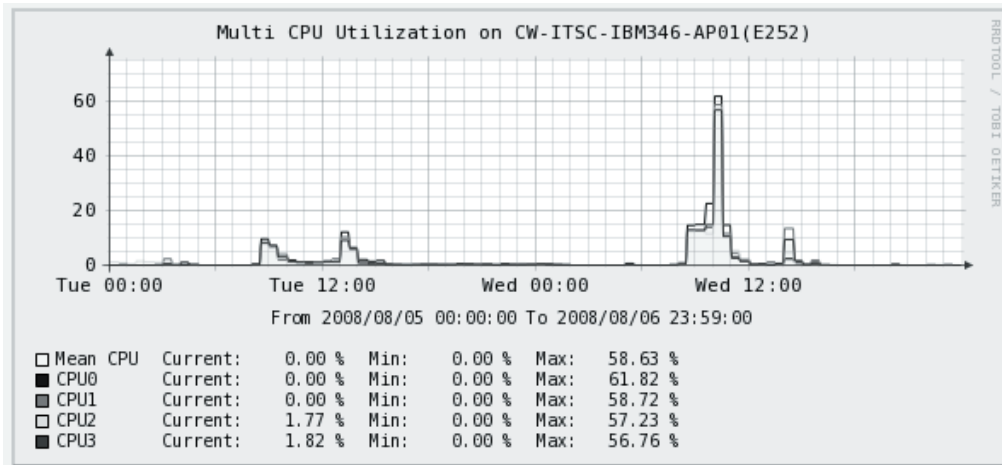


圖 7、應用伺服器 CPU 用量區域圖

而在學生選課狀況部分，當天成功交易約 2500 筆選課資料，如圖 8 所示，在選課前一小時（大約早上 8 點），學生就開始嘗試登入網路選課系統，而在網路選課的開始時間之後約 15 分鐘就完成了約 2200 筆選課交易，這大約是當天總交易量的 80%，如圖 9 所示，這也顯示學生預期搶奪資源的心理因素非常強烈，也驗證了我們對於學生在網路選課行為的假設。

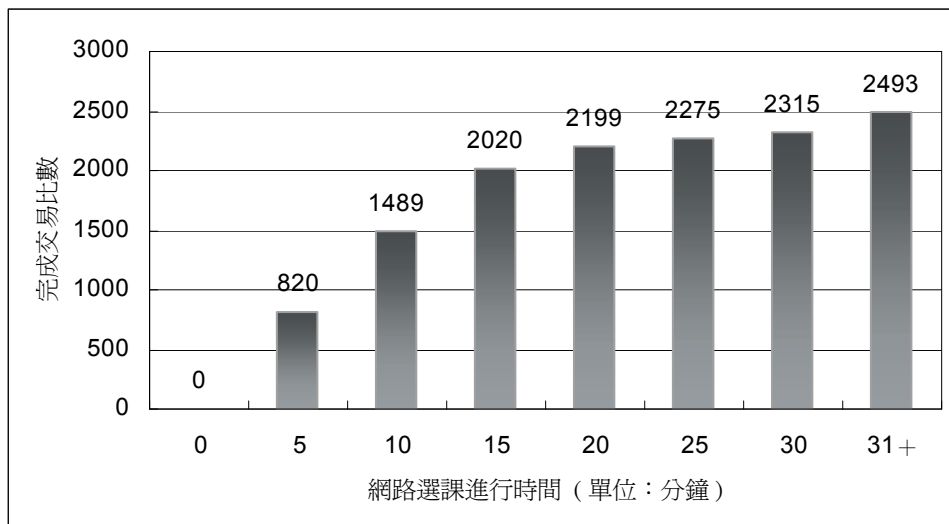


圖 8、時間-交易長條圖

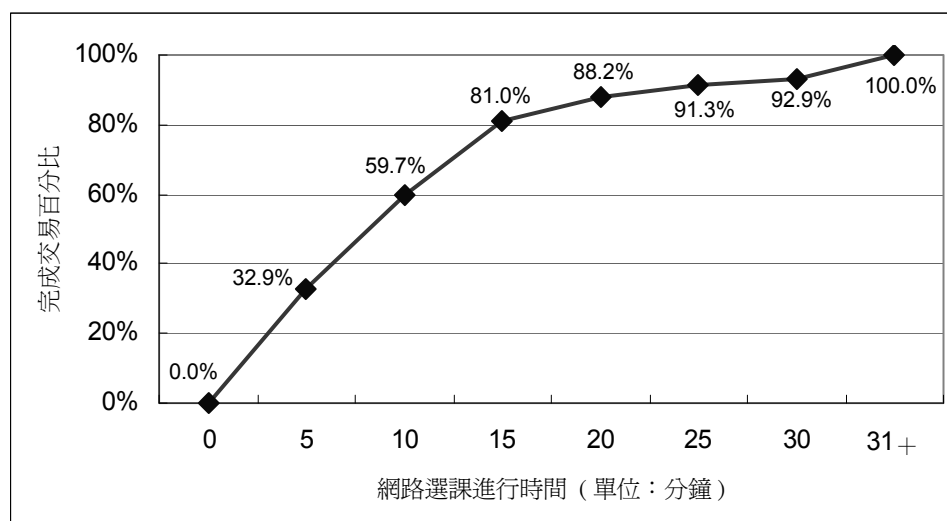


圖 9、時間-交易百分比破折圖

伍、結論及未來研究方向

本研究提供了一個有效、易擴充的網路選課參考架構，並透過我們所研發的盲抽號演算法，有效的處理學生網路選課在臨界值關鍵交易的運作，並提供學生在網路的選課行為及歷程，以供事後學生查詢或爭議處理之依據。我們希望，讓所有的網路選課作業，都可以透過這個參考架構，去建置一個穩健的網路選課系統。

在實驗的數據中，除了證明這個參考架構的穩健與可用性之外，我們亦察覺到在各項資源指標的使用度其實都很低(多項指標都顯示硬體利用率都不到 10%)，這表示依據國立臺灣體育學院現今這個架構下，應該可以再服務更多的學生在同一天選課，降低行政成本，及提升學生的服務品質。

只要是資源有限，就一定會發生搶奪，發生資源搶奪就一定要去處理臨界值關鍵交易的現象，例如：特定節日的火車票預售、熱門活動的預售票、限量商品網路搶購等。因此，我們將考慮將盲抽號演算法適用到以上領域的應用，讓它成為這類型問題的典型解決參考模型之一。

- 以有效的管理機制與演算法建置一個穩健的網路選課架構—以國立臺灣體育學院選課系統為例
-

未來研究上，我們將繼續研發這個演算法使能適用到服務導向架構(SOA)的應用，以提供該架構在這類型問題的典型解決參考模型之一。

參考文獻

- 戴建耘、林明正 (2006)。校務行政電腦化資訊系統發展現況與問題探討。2006 臺灣商管與資訊研討會論文集，臺北。
- 林震岩、陳滌瀨 (2000)。臺灣大學生對網路選課系統使用態度之研究-以中原大學為例。第十五屆全國資訊管理年會，大連。
- 洪杏林 (1999)。網際網路在教務選課系統之應用。《資訊與教育》，第 71 期，40-51。
- 游本俊 (1999)。網路選課系統設計經驗談。《資訊與教育》，第 70 期，47-52。
- 李慶霖、游坤明 (2003)。整合性網路選課系統設計與實作。第四屆產業資訊管理學術暨新興科技實務研討會，臺北。
- 趙涵捷、陳偉銘、高台茜 (2001) 高效率低成本易擴充的網路選課系統。《資訊與教育》，第 84 期，71-79。
- International Organization for Standardization (2003). *Database Language - SQL*. ISO/IEC 9075.
- Date, C.J. (2003). *An Introduction to Database Systems*. Addison Wesley.
- CACTI, <http://www.cacti.net/>

