

# 以 Web 為基的網路線上測驗系統之研究

陳金仁

國立中興大學資訊科學研究所研究生  
jrchem@cs.nchu.edu.tw

王宗銘

國立中興大學資訊科學研究所副教授  
cmwang@cs.nchu.edu.tw

## 摘要

利用網路線上測驗系統取代傳統之紙筆測驗，可提高試務工作之效率，以減少試務工作之人力需求，省卻試卷之印製及紙張之使用，進而為環保盡一份心力，自動化的測驗程序可快速地提供翔實的學習評估資訊。本文敘述設計、實現一個植基於全球資訊網的網路線上測驗系統。系統採用客戶端、伺服器式的架構，系統將測驗試題顯示於客戶端所屬之全球資訊網瀏覽器上，以供應試者作答。在製卷時，系統利用兩層式發題技術，將每位應試者之題目順序予以隨機變動，以防範可能之測驗弊端。基於測驗公平性之考量，本文提出同步發收卷的技術，使得系統具備同時發、收卷之功能。在應試開始時，同步發卷機制，可在極短的時間內將試題發送至各考生瀏覽器上，以利應試者作答；應試終了時，同步收卷機制，對尚未交卷之應試者進行自動強制收卷，以保證測驗之公平性。經電腦自動閱卷後，系統以統計方式分析應試者之成績，並以圖表方式展現，俾能提供施測者與應試者評估知識瞭解程度與學習所得。我們依照上述之模式提出系統架構，並以 Active Server Pages 實現了此網路線上測驗系統。我們並以「丙級技術士軟體應用人員檢定考試」題目資料庫為例，實際量測系統整體效能。經量測顯示：若 50 位應試者同時進行測驗且試題型態為 50 題是非、50 題選擇題型時，系統至遲可以在 9 秒內完成發卷之動作；此外，在應試終了後，系統最遲可以在 30 秒內計算並分析得出應試者之成績與相關之測驗統計資料。系統量測之結果驗證了我們植基於全球資訊網所發展的網路線上測

驗系統在實際進行測驗時可維持測驗的公平性、減少人工介入並提昇試務品質。

**關鍵字：**線上測驗系統、Web、WWW、ASP。

## A Study on WWW-Based On-line Testing Systems ABSTRACT

Computer-based on-line testing systems are capable of improving shortcomings of traditional pencil-and-paper testing in the aspect of administration efficiency and accurate study assessment. This paper presents a design and implementation of an on-line testing system based on WWW. A novel architecture for on-line testing system is proposed, and an experimental system was implemented using Active Server Pages.. This system adopts the common client-server architecture with two major parts, the client component and the application-oriented WWW server. The client component provides examinees an user interface shown on a WWW browser for answering. The application-oriented server component includes an administration subsystem for operating the system, and a testing subsystem for proceeding the test which includes question assemblage, question delivery, answer sheet collection, grading, and result analysis. Furthermore, the order of questions is randomly changed during the question assemblage to avoid cheating. Both synchronous question delivery at the beginning of the testing and answer sheet collection at the end of the testing are provided to maintain the fairness of the testing. The on-line testing for "Class C technician certificate" was employed to evaluate the feasibility of the experimental system where 50 examinees attend the testing, and the testing sheet comprises 50 true or false questions and 50 single-choice questions. Experimental results show that the question sheets can be delivered within 9 seconds at the beginning of the testing. Furthermore, the testing results with the proper analysis can be announced with 30 seconds after the examination. Experimental results demonstrate that the proposed architecture is feasible to support WWW-based on-line testing with justness and efficiency.

**Keywords:** on-line testing systems, Web, WWW, ASP.

## 1.緒論

測驗是學習過程的一個程序，也是評量學習成果的一種有效方法。傳統之測驗係將試題印在紙張，並於一定的時間、地點內進行測驗。其後，經由閱卷的程序後，公佈應試者之成績。傳統測驗涉及命題、製卷、應試及試場管理、閱卷、成績公佈等試務工作。若應試者眾多，則上述之事務工作相對的將更趨繁瑣。因此，部份之工作已採用電腦輔助來增進試務工作的效率。例如：將各種試題製成題庫，製卷時僅需由題庫中選取試題，而在測驗後，藉由電腦來閱卷、計算並公佈成績。雖然如此，傳統之測驗仍存在一些試務缺失。其一為製卷過程冗長費時：此乃肇因於需將試題製版、經再三的校對後印製在紙張上，並於測驗前送達試場以進行測驗。上述所有的過程均環環相扣，故過程曠費時日。其二為造成環保問題：測驗後所有的試題紙、答案紙在保存期限過後就成為廢紙。由於紙張為測驗必需的固定需求，故將造成一定的環保問題。其三為所費不貲：此乃由於製版、校對、印製試題與試卷在在均需要紙張、油墨原料等財力經費及無數的人力經費所致。有鑑於此，若能將應試及試場管理採用電腦輔助，例如使用網路線上測驗，將可改善上述傳統測驗試務部份之缺失，進一步提昇試務工作之效率。

就另一方面而言，不同的測驗有不同訴求的測驗目的。例如，某些測驗之目的只是希望能判斷受測者對某方面的知識是否已達一定之標準以上。類似此種目的的測驗，其試題大多僅使用最簡單的是非、選擇類型試題即可。國家技術士檢定考試、英語能力測驗、駕照考試等均屬於該類之測驗。此外，對於此類測驗，許多應試者為求能提高成績，一般均於試前進行多次的模擬練習。這類的測驗由於題庫製作方便有效，極為適合透過全球資訊網提

供應試前進行模擬練習之服務；此外，由於此類測驗之題目類型統一、簡單，也適合使用網路線上測驗來進行。

有鑑於此，本文研究將測驗予以電腦化、網路化：以全球資訊網的型式來提供服務，並以網路線上測驗方式進行實際的測驗。本文設計並實現的一個植基於全球資訊網的網路線上測驗系統。系統採用客戶端、伺服器式的架構，並提供實際應試與模擬練習兩種功能。本文後續之內容安排如下：第二節探討相關之研究；第三節敘述設計與實作我們所提出的網路線上測驗系統；第四節顯示系統介面與測試結果；第五節總結本文並提出未來工作。

## 2.相關研究

建立電腦題庫是網路線上測驗的一個先期工作。目前已有為數不少的研究專注於電腦題庫建立之研究[1,2,3,4,5]。這些研究除了部份所產生之試題可配合網路線上測驗系統外[2,6]，其餘研究的基本模式在於將常用的題目儲存起來，提供施測者從題庫選擇考題，以進行製卷之編輯工作，再將編輯完成之試卷印出，來進行傳統之紙筆測驗。雖然題庫系統可有效縮短出題及製卷的時間，然其終究僅是利用電腦輔助來儲存題庫、進行製卷工作，應試的型態基本上仍屬傳統之紙筆測驗型態。

目前網路線上測驗的研究並不多見，[6]是應用 [2] 的測驗題庫所設計出來的一個網路線上群體測驗系統，與目前散佈在網路上各角落的測驗網站 [7,8,9] 一樣只僅可以做為應試前之模擬練習之用，並無法擔負起實際之線上測驗工作負荷。

[14]探討了應用網頁技術來建構一個物理教育的測驗系統，雖然該論文探討了許多有關線上測驗的議題，如測驗之題型、考生之身份與系統安全及擴大測驗系統之應用於學生作業之指定及學生學習評量上，但該論文偏重於片段性的敘述，無法以系統性的方法解決問題，其另一個重大缺失是該論文並未完整地實

作或模擬文中所探討的系統，令人對其可行性產生了質疑。

最近相關的「網路線上測驗系統」係於1998年12月由Mcnichols所發表[15]。此系統係應用Microsoft的Active Server Pages語言所發展而成。系統包括了一個用來選擇測驗類型的測驗類型選擇器，產生考試試卷的試卷產生器、負責閱卷計分的閱卷器及相關的題庫。這套網路線上測驗系統是以網頁的技術所開發出來，因此客戶端電腦只需要有瀏覽器及連通網路即可執行測驗系統，所以對執行環境之建立相當簡單，使用者不必花費額外的時間裝設軟體以執行測驗系統。此系統的另外一個特色是它提供了是非、複選及配合題等多種不同類型的測驗型態。雖然這一系統在某些設計上的考慮尚稱週到，但仍有若干缺失。其一為考試公平性未臻齊全：該系統在電腦同時發、收卷的功能及伺服器對於考生之電腦識別的功能皆付之闕如，因此能否運用這個系統做公平的測驗不免令人質疑。其二為防弊措施未盡完善：該系統並未利用電腦科技的幫助以採取有效地防弊的措施，使得該系統的測驗結果無法令人信任。其三為測驗結果分析功能付之闕如：該文並未針對所發展之系統做一客觀的系統評估分析，令人對該系統的可行性及實用性大打折扣。其四為測驗效果未全盤顯現：該系統並沒有提供測驗成績的分析，使得試務人員必須額外再花時間做成績分析，電腦線上測驗的長處並未充分發揮，因此對於網路線上測驗系統的設計與發展，仍須再進一步的研究。

### 3.系統設計與發展

#### 3.1 系統架構

吾人所提出的「網路線上測驗系統」係採通用的客戶端、伺服器架構(Client-Server Architecture)。客戶端提供應試者與測驗系統間之服務。在應試時間終了或應試者先行繳卷時，客戶端負責將應試者之答案傳遞回伺服器端以便加總計算並分析成績。

至於伺服器端則為網路線上測驗系統之核心。伺服器端受系統管理者之控制，執行製卷、發卷、閱卷、分析等工作。為滿足上述之功能，網路線上測驗系統分為二個子系統，如圖一所示。其一為專責測驗用途的測驗子系統；其二為專責管理用途的管理子系統。

測驗子系統由4個模組所組成，包含：

1. 製卷模組：以隨機或管理者自訂之方式由題庫中選取考題，並製成電子試卷格式，以供應試之用。為了維持測驗之公平、公正性，與傳統之測驗相同，電腦提供『對號入座』的一個機制，此一機制自動將每一部電腦分配給一位固定之考生，測驗進行時，監考人員只要核對每一部電腦的應考考生是否為電腦所記載的人員，在此一機制的運作下便能防止不當之冒名頂替的情事發生。
2. 發卷、計時模組：此模組用來控制同步分發試卷，並計時用以控制考試時間；提供簡易之方法以控制同時發卷與收卷之功能；為了保證測驗之公正、公平性，系統必須有能力同步發卷與同步收卷，亦即在測驗時間未到，即使打開電腦也無法看到題目，而在測驗時間終了的時候即使未交卷，也要強迫收卷，並且不能再繼續作答。
3. 閱卷模組：負責核對應試者之答案與標準答案，將該試卷予以計分，並將每位應試者之成績加總以進行必要之分析。
4. 成績分析模組：以表格或圖型方式來分析應試者之成績，並接受應試者對成績查閱之用。成績分析之第一個目的乃是提供資訊給應試者，讓其瞭解成績的等第及分佈狀況；第二個目的乃是提供適切資訊給試務單位，以做為改進試務工作的參考依循。

管理子系統為一權限制之作業，必須為試務管理者才可以執行管理子系統的功能。

能。因此，管理子系統需要一個很重要的功能－權限查核，利用使用者名稱與使用者密碼對的方式，做權限之查核。此外，管理子系統在架構上除了上述之權限查核者之外，尚須包含收發卷管制器、測驗題庫管理者以及基本資料管理者。收發卷管制器的工作為當測驗開始時，監考人員點選開始分發題目後題目分發器才開始動作，將考題分發至各考生的電腦上，而這樣的一個動作保證各考生會在相同的時間看到考題，避免造成某些考生先收到題目先行作答，而某些考生較晚收到考題，較晚開始作答，以致失去了測驗之公平性。由於本系統在設計上可執行各種不同類型測驗題庫之測驗，因此在測驗之前需利用題庫管理者設定此次測驗的測驗題庫種類。基本資料管理者用以管理考生之基本資料，如考生基本資料之新增、修改及刪除等基本資料管理功能。

### 3.2 系統實現與特殊機制

本系統實作上是採植基於全球資訊網主從式 (client-server) 架構的運作模式，實作之方式為使用 HTML 語言、ASP(Active Server Pages) 及 Javascript 來完成整個系統之設計。Web 伺服器透過 TCP/IP 網路與多部客戶端機器連接，客戶端機器負責使用者與伺服器間的人機介面的處理，客戶端機器都裝設有網頁瀏覽器，透過瀏覽器與伺服器合作互動，執行網頁所指定之指令。

針對本系統所使用的設備環境分成伺服器端與瀏覽器端二方面來說明。伺服器端之軟體配備如下：1. Pentium 586 以上之 CPU；2. NT 4.0 以上作業系統；IIS 3.0 以上之 Web 伺服器軟體；ODBC 資料庫連接功能；ODBC 驅動程式；ADO(ActiveX Data Objects) 資料庫存取物件。

客戶端的環境設備需求相當地簡單，只要安裝 Windows 95 等級以上之作業系統及支援 Javascript 的瀏覽器再加上一個 TCP/IP 的網路連線即可。

本系統應用 ASP 語言、Javascript 及 HTML 語言來實作前段所述之系統架構，由

於植基於全球資訊網的應用系統與傳統單機之應用系統，在作業模式與使用者介面之設計上會有很大的差別，因此在實作本系統時遭遇到一些全球資訊網實作上的挑戰，諸如：如何實作同步發卷機制；『對號入座』機制如何實作；Web 伺服器如何選取固定數目之考題，並以不同之次序分發至各考生電腦；如何實作同步收卷機制。針對上述實作上之挑戰，其實作方法分別說明如下：

#### 3.2.1 同步發卷機制

傳統的紙筆測驗方式，監考人員必須以口令來控制考場實際的開始測驗時間，以避免各考生作答的開始時間不一致，除了維持各考生之測驗時間相同以保證測驗的公平性之外，同時也便於考場之管理。而當測驗的型式不再是傳統的紙筆測驗，而是網路線上測驗的型式，若以監考人員的‘開始考試’的口令來控制考生開始作答的時間，將無法有效地控制考生的測驗時間，使得測驗之公平性受到質疑，因此我們提出一個網路線上測驗的同步發卷機制，用以取代監考人員的‘開始考試’口令，除了維持各考生之測驗時間相同以保證測驗的公平性之外，同時也便於考場之管理。

因為每部考生電腦的瀏覽器各自獨立，彼此間無法直接通訊，因此利用網頁實作前述之同步發卷機制時會遭遇到一個問題就是如何利用網頁的資源來實作一個分散式環境中的同步機能呢？對於這個問題我們解決方法如圖三所示。圖二為一個基本的同步機制圖，說明了同步機制實作上的一個概念，同步控制瀏覽器設定了伺服器上的同步旗標，而各考生的測驗瀏覽器透過網頁的連線持續地讀取伺服器的同步旗標，並判斷同步旗標的狀態，當同步旗標顯示尚未發卷時，則重覆地再從伺服器讀取同步旗標的狀態，直到同步旗標已轉變為可發卷的狀態，此時才執行發卷的網頁。

至於前段所述及之同步機制衍生出二個困難點：其一就是測驗瀏覽器如何透過伺服器

讀取為彼此無法互相通訊的設定瀏覽器所設定的同步旗標的內容，而另外一個問題是 HTML 語言並未提供像傳統程式語言的跳躍 (goto;branch)及迴圈(loop)的指令，那如何能使測驗瀏覽器持續地讀取同步旗標的內容呢？關於第一個困難點我們運用 ASP 語言所提供的一個共用記憶體的方法來解決。ASP 語言提供一個共用記憶體物件，這個共用記憶體物件可讓任何客端電腦設定資料在該物件上，並可讓任何客端電腦讀取該物件上所有的資料。透過 IIS 伺服器及共用記憶體的功能就能夠讓測驗瀏覽器讀取到設定瀏覽器所設定的同步旗標的內容。至於如何使測驗瀏覽器持續地讀取同步旗標內容的問題，可用圖三來加以說明，同步旗標測試網頁為電腦線上測驗的第一個網頁，這個網頁的內容如下所示：

```
if (同步旗標 = 可發卷) then 超連結到發卷網頁 //開始發卷
else Reload “ 同步旗標 測試 網頁 ”
//重新執行“同步旗標測試網頁”
```

上述內容指出當同步旗標尚未轉變為可發卷狀態時，則利用重新執行同步旗標測試網頁來達到持續讀取同步旗標的目的。

綜合前述之內容，雖然以網頁來設計同步發卷機制須解決許多網頁較不容易達成的功能，但透過運用上述問題的解決方法，我們可以設計出一個功能相當不錯的同步發卷機制，用以幫助線上測驗系統做為試卷之分發管制。

### 3.2.2 同步（強制）收卷機制

同步發卷為電腦在同一時間點，將試卷分發到各考生的電腦上，以達到考生同時作答的目標。而同步收卷機制最主要的目的是當測驗時間終了時，利用電腦自動將考生的作答結果傳回伺服器，以利閱卷計分。保證各考生之測驗時間相同，以維護測驗之公平性及防止漏交試卷是網路線上測驗必須具備同步收卷功能的二個理由。惟有嚴格控制開始測驗時間及

結束測驗時間才能保證各考生之測驗時間相同，而其具體做法就是以同步發卷機制來控制每一考生之開始測驗時間是相同的，並以同步收卷機制來控制未自願交卷考生之結束測驗時間，以保證任一考生之測驗時間絕不超過所設定之測驗時間，達到維持測公平性的目的。另一方面，當考試結束時，若考生離場前並未按下交卷按鈕，這將造成漏交試卷，使得雖然考生已到場參加考試，但無法評量其成績，這將嚴重地影響試務工作之進行，為了不讓因考生漏交試卷而影響試務工作的正常進行，我們提出同步收卷機制，以保證即使考生沒有按下交卷鈕而離場，同步收卷機制亦會在到達設定的考試時間時自動將未交卷考生的考卷收回，以避免造考卷漏交的不良影響。

我們以分散式處理方式來實作同步收卷機制，亦即同步機制是由各客端瀏覽器自行控制，不再由伺服器統一發送收卷旗標，而同步收卷機制之所以能使各客端瀏覽器在同一時間收取試卷及答案主要之理念在於各客端瀏覽器從伺服器讀取到發卷的同步旗標後，如圖四所示，各客端瀏覽器即依照所測驗科目之測驗時間來設定計時器，當計時器到達先前設定之測驗時間時，測驗網頁利用網頁提供的送出 (submit)資料的功能將目前測驗網頁的試題及考生作答的答案送回伺服器，並結束測驗的過程。因各客端瀏覽器都是同時進行同一科目之測驗，因此各客端瀏覽器在收到試題的同時會設定長短相同的測驗時間，換句話說各客端瀏覽器，會在相同的開始時間，設定長短相同的收卷計時器，因此也就保證各客端瀏覽器會在同一時間收回未自願交卷考生的試題與所作答之答案，而這樣的機制就是我們所需要的同步收卷機制。

### 3.3.3 對號入座機制

傳統之測驗或考試在座位的安排上都是採取對號入座的方式，亦即試場中每一座位或每一份試卷是固定為某一特定考生所使用，試

務單位在測驗或考試之前必需先將各試卷及答案卷標示出該試卷所屬的考生准考證號碼，考生入場應試時必須按照試務單位所安排之座位來進行考試。對號入座的好處在於可防止不當的冒名頂替及便於試場之管理，所以網路線上測驗系統仍然需要對號入座的機制，除了具備前述之優點外，更可做為網路線上測驗系統用來識別考生身份的依據。

『對號入座』的機制對伺服器來講，就是要伺服器建立一份客戶端瀏覽器與使用該瀏覽器考生代號的對照表，以便伺服器在閱卷後計分時能將考生之成績記錄在正確考生的成績欄上。但在測驗進行時，所有客戶端之電腦與瀏覽器，在設定上與所執行之網頁程式，完全都一樣，所以當實作『對號入座』機制時會遭遇到一個挑戰－就是如何在一群具有相同設定值的客戶端電腦中，辨識出每一部應考考生電腦的代號，以便伺服器建立客戶端瀏覽器與使用該瀏覽器考生代號對照表，以保證後續計分作業的正確性。另外一個問題是時下之 http 通訊協定採用的是非持續性連接 (nonpersistent connection)[13] 方式，也就是說當瀏覽器欲擷取物件時才跟伺服器建立 TCP 連接，在物件傳放完畢後就關閉連接，這種連接方式的問題是伺服器並沒有保留任何有關於瀏覽器的資訊，因此對於如何將目前網頁的資訊傳遞至後續的網頁使用，也是值得我們研究的一個問題。

使用 cookies [10][11][12] 的功能可解決上述問題，其方法為在測驗之前試務單位必須執行設定電腦名稱的網頁程式，先行設定每一部電腦的代號，並且存放在各個瀏覽器的 cookies 中，以便閱卷計分器能夠利用 cookies 所儲存的電腦代號至客戶端瀏覽器與考生代號對照表中找出使用該部電腦的考生代號。接著，才能正確地將該試題的成績存在對照表所指的考生代號的資料庫位置上。

#### 3.3.4 Web 伺服器考題分發之機制

為了有效地防範作弊情事的發生，本系統在設計上亦積極地考慮到應用電腦的幫助，建立一個不適合作弊的測驗環境，因此在題目的選取及分發上，同一班之考生所測驗之題目內容每一位考生都完全一樣，但每一位考生之考題順序都不一樣，藉由重新安排各考生考題之順序，以消除可能的作弊誘因。因此我們提出一個兩層式發題技術 (two layers dispatching technique)，用以實作前述之考題分發功能。

如圖五所示，首先從題目資料庫以亂數方式選出足夠之測驗題數，並儲存在一稱為 Selecteds 的初層題庫陣列中，此一陣列記錄著此次測驗中考生之考題，而這一層次之選題我們把它稱為初層選題，其相關作法如下所示：

```
i=1;
while (i<=考題題數) {
    temp=int(random()*題庫總考題數)+1;
    if (temp 題號尚未選取) {
        Selecteds[i]=temp;
        i++;
    }
}
```

為了達到每一位考生之考題順序都不一樣的效果，須再經過一次稱為終層發題的隨機順序重排，順序重排的目的主要是使各考生之考題出現的順序各不相同，然後將終層考題儲存在分別為每一考生建立之稱為 Problems 的終層考題陣列中，這個終層考題陣列就是考生實際上所看到的考題，而每一考生之終層考題陣列其考題安排的順序都不一樣，其發題的程序如下所示：

```
i=1;
while (i<=考題題數) {
    temp=int(random()*考題題數)+1;
    if (temp 題號尚未選取) {
        Problems[i]=Selecteds[temp];
    }
}
```

```

    i++;
}
}

```

由於初層選題陣列是每一位考生所測驗的題目，因此每一位考生所使用的初層考題陣列必需是同一份初層考題陣列，以保證每一位考生所測驗的題目內容是完全一樣的，所以初層選題的作業不可像終層發題一樣每一位考生都重新發題，而是必須控制初層選題作業只在開始測驗前執行，因此在實作上，我們把初層選題作業安排在管理者模式的開始發卷的功能項目中，以正確地只經過一次初層發題，以保證每一考生的測驗內容都一樣，但是題目順序都不一樣，藉以消弭作弊的情事，進而保證測驗的公平性。

#### 4.系統結果與測試

對於架構在網路上之客戶端／伺服器端 (Client/Server) 系統，系統的反應時間 (Response Time) 夙為研究學者所關注。此時間係泛指伺服器在接受客戶端之需求訊息後，回應給客戶端的時間間隔。此時間與伺服器端與客戶端之電腦設備等級、網路傳輸速率、系統設計之良莠等因素有關。吾人所發展的網路線上測驗系統亦與系統反應時間息息相關。此乃因就同步發卷觀點視之，系統的反應時間涉及每一位考生接收到考題並進行作答的時間，故系統反應時間將影響到測驗的公平性。因此，有必要對網路線上測驗系統之系統反應時間作量測。

我們以所實現的網路線上測驗系統為標的，實際測量系統之反應時間。測量環境茲說明如下：

1. 伺服器配備：Intel Pentium II 350 CPU \* 2、128 MB RAM、Windows NT 4.0 中文版、IIS 4.0 版。
2. 網路傳輸速率：封閉不對外共享的 100 Mbps Fast Ethernet。
3. 客戶端配備：Intel Pentium II 300 CPU、64

MB RAM、Windows 98 中文版、IE 4.0 瀏覽器。

我們以 1 部伺服器、1 部監考管理用個人電腦、總數 50 部客戶端個人電腦進行測試。在測試時，吾人分別以 50 部、40 部、30 部、20 部、10 部、5 部、4 部、3 部、2 部、1 部等方式同時連上伺服器，模擬相對的考生人數，以量測系統之回應時間。在測試時，分別在不同之時間內重覆量測 3 次，並取其平均值，以力求精確。實際量測的結果如表一所示，其各資料列之計算方式如下：

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{stn} T1_{ij}}{n \times stn},$$

$$B = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - A)^2}}{n}, A_i = \frac{\sum_{j=1}^{stn} T1_{ij}}{stn},$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{stn} T2_{ij}}{n \times stn},$$

$$D = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - C)^2}}{n}, C_i = \frac{\sum_{j=1}^{stn} T2_{ij}}{stn},$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n}$$

$$F = \frac{E \times stn}{C} \times 1000,$$

表一之橫座標代表同時連線的電腦台數；最多為 50 台，最少為 1 台。表一縱座標的第一列代表系統的平均最早回應時間，此時間係指考生瀏覽器向伺服器端要求發卷後，伺服器端加以回應，並將試卷的第一個字元或物件顯示於考生螢幕上所需的時間。由數值可知：在 50 部電腦同時連線時，平均需至少 3263 毫秒 (millisecond) 方能顯示第一個字元或物件資料；然若同時連線的電腦台數在 20 部以內時，僅需 268~288 毫秒即可顯示，其義意在於若 50 部工作站同時做線上測驗則平均只要

$$i=1 \setminus j=1 \setminus \dots \setminus j=1 \setminus \dots \setminus \dots$$

$\text{Max}_{k=s}^e d_k$  represents the maximum value of

array  $d$  from item  $s$  to item  $e$ ,

$\text{Min}_{k=s}^e d_k$  represents the minimum value of

array  $d$  from item  $s$  to item  $e$ ,

$n$ : 重覆量測的次數

$stm$ : 同時參與量測之工作站數

$A$ :  $n$ 次測得之最早回應時間平均數

$B$ :  $n$ 次測得之最早回應時間標準差

$C$ :  $n$ 次測得之回應時間平均數

$D$ :  $n$ 次測得之回應時間標準差

$E$ :  $n$ 次測得之每一工作站平均接收資料量

$F$ : 平均產出量

$G$ : 最大發卷時間差

$T1_{ij}$ : 第  $i$  次測得之第  $j$  部工作站的最早回應時間

$T2_{ij}$ : 第  $i$  次測得之第  $j$  部工作站的回應時間

$DS_i$ : 第  $i$  次量測之每一工作站傳輸資料量

3263 毫秒就能夠看到試題，若同時連線的工作站數在 20 部以內時，則平均可在 268~288 毫秒就可看到試題。

回應時間是指由考生瀏覽器向伺服器端要求發卷後，伺服器端加以回應，並將試卷的所有試題完全顯示在螢幕上所需的時間，由表一可看出，當 50 部工作站同時要求做線上測驗時其平均回應時間為 5851 毫秒，亦即考生平均等待發卷的時間不超過 6 秒，顯現出同步發卷機制有效地控制了平均等待發卷的時間，以避免長時間的等待發卷。

最大發卷時間差是每次測得之回應時間中，最長回應時間與最短回應時間之差，三次比較後之最大者。從最大發卷時間差我們可看出整個測驗系統在不同的負荷之下其同步發卷機制的表現。由表一中我們可看出在 50 部工作站同時做網路線上測驗時，其最大發卷時間差 7.69 秒為最大，這就表示了 50 部工作站同時做網路線上測驗時，最晚收到試題者比最早收到試題者至多晚不到 8 秒的時間就可收到試題並開始作答。8 秒的時間對一個測驗的時間來說是相當微小的，顯示本文所設計的同步發卷機制，已經發揮了它應有的功能。

每一工作站平均接收資料量是以瀏覽器所收到之試題資料之大小三次平均後所得到的，根據這項資料我們可進而計算出平均產出

量(throughput)，由表中資料顯示在 10 部工作站左右的情形下其產出量較高。其可能之原因在於以前述之軟硬體配備，配合本測驗系統之運作，以同時接受 10 部左右的工作站連接其效率最高。一般而言，測驗時一個班級的考生人數大都在 50 人左右。經由分析在此人數下的最早回應時間、回應時間與最大發卷時間差等因素後得知：雖然系統在 10 部工作站的情形有較高的產出量，但在 50 位考生同時做測驗時，整個網路線上測驗系統各方面的表現，仍是足敷使用達到可以接受的程度。

圖六畫出了同時請求連線之工作站數與平均回應時間之關係圖，從上列之測量數據得知，最早回應時間在低於 20 人同時應試時，其數值在 1 秒以內，且增加的幅度有限。其後，隨著應試人數的增加最早回應時間也漸趨遞增；在 50 人同時進行線上測驗，最早回應時間約為 3 秒左右。同樣的，平均回應時間也呈現類似的現象，惟其漸增的趨勢在應試人數為 10 人以後就漸趨明顯；在 50 人同時應試時，其平均回應時間仍不超過 6 秒。平均回應時間與最早回應時間之時間差即為網路線上測驗系統傳輸試卷所需的時間。在 50 人同時應試時，此時間差在 3 秒以內。上述這些分析顯示：在 50 人同時應試時，吾人所發展的網路線上測驗系統無論是最早回應時間、回應時間或試卷傳輸時間均在合理可接受的範圍內。

表二列出了分別以 50 部、40 部、30 部、20 部、10 部、5 部、4 部、3 部、2 部、1 部電腦做線上測驗並同時繳卷經重覆測量三次所測得之閱卷時間的平均值與變異數，而圖七是以表二中平均回應時間所繪出的關係圖，由圖中可看出當 50 部電腦同時要求繳卷時，其平均閱卷時間為 7.139 秒，在最糟的情形下，其閱卷時間亦不超過 30 秒，顯示電腦可在短暫的時間內完成電腦閱卷的工作，發揮了即時提供測驗成績的功能。

## 5.結論



本文敘述設計與發展一個植基於全球資訊網上的網路線上測驗系統。此系統除了提供一般之模擬測驗之外，透過本文所提出的對號入座、題序隨機化及同步發、收卷等功能的運用，兼顧了試務自動化的便利性與考試的公平、公正性，營造出一個適合嚴謹考試的測驗環境。我們並以本文所提出的系統架構，實作了一個網路線上測驗系統，經實際之測試顯示 50 位考生為一班的測驗中，系統最遲在 9 秒內就將 50 位考生之試題發送完畢，在 50 位考生同時交卷的情形下，系統最遲在 30 秒內就可完成所有考生之閱卷工作，並公佈成績。透過上述數據的說明，驗證了本文所提出的系統架構是可行的。

再考慮到更前瞻性的發展，仍然存在著可再加以研究的地方，其一為發展一套可測驗填充題的線上測驗系統，而填充題型式的測驗系統其主要關鍵點在於如何設計出一個以語意為基的閱卷器，使得閱卷器能夠辨識出不同文字但語意相同的答案。另外一點是如何做多媒體題型的測驗，雖然網頁技術可傳送及播放多媒體的資訊，但由於多媒體資料量龐大的特性，對於應用於植基網頁技術的網路線上測驗時如何設計其人機介面使得測驗能順利進行，也是值得我們再深入研究的問題。最後，我們知道一個網路測驗系統不能缺少網路題庫，因此提供一個操作簡單、具人性化、視覺化 (visualization) 的題庫編修系統，將是網路測驗系統普及化的一個重要因素。

## 6.致謝

本網路線上測驗系統之圖表分析及發卷模組分別由中興大學資訊所蔡昌航研究生及王仁傑研究生所發展，承蒙允諾使用，在此一併致謝。

### 參考文獻

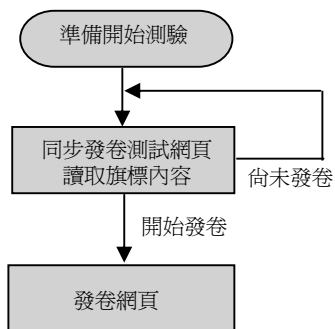
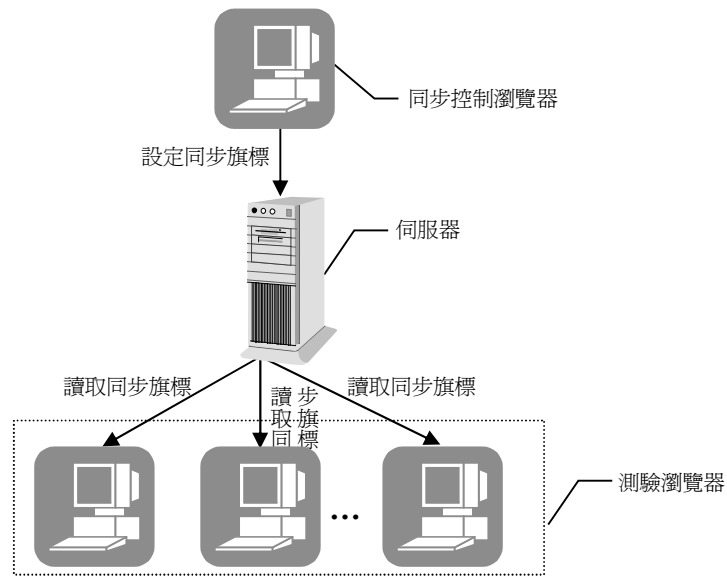
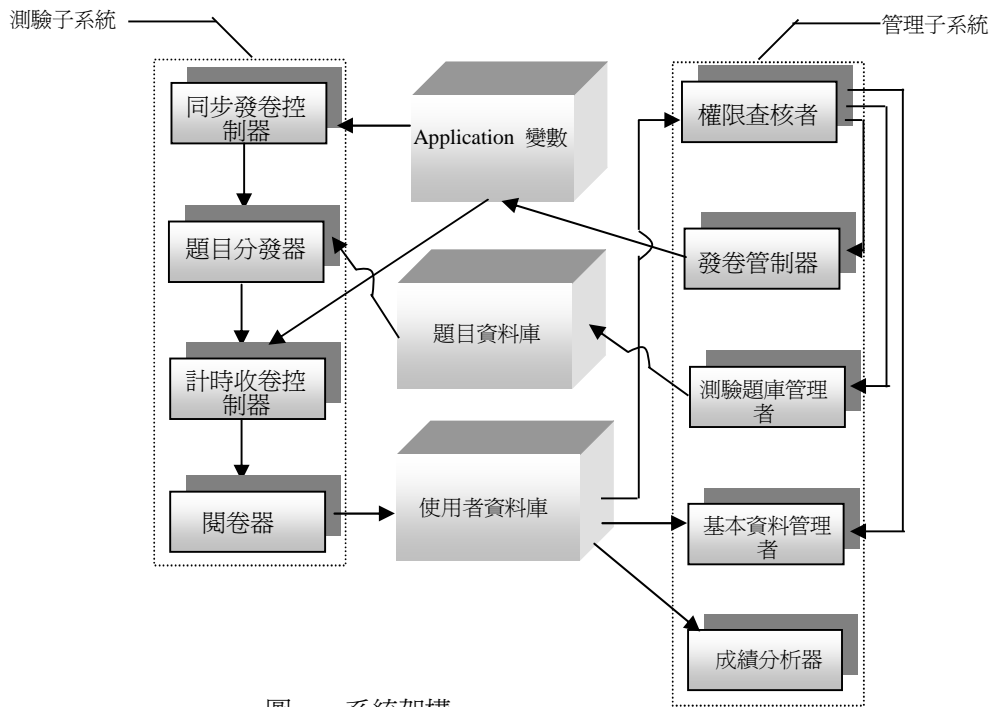
[1] Vogel J., and George C., "A microcomputer-based system for filing test questions and assembling examinations", *Journal of Chemical Education*, Vol. 62, pp.

1024-1026, November (1985).

- [2] 吳信義，"電腦化題庫系統"，*資訊與教育雜誌*，第 42 期，頁 43-50，民國 83 年。
- [3] 陳麗如，"從 CAI 中的題目到 Internet 上的題庫"，*測驗與輔導*，頁 2990-2993，民國 86 年。
- [4] 蔡松齡，"電腦在題庫命題作業之運用(上)"，*師友月刊*，第 298 期，頁 34-38，民國 81 年。
- [5] 蔡松齡，"電腦在題庫命題作業之運用(下)"，*師友月刊*，第 299 期，頁 55-58，民國 81 年。
- [6] 吳信義，"網路線上測驗系統"，*資訊與教育雜誌*，第 51 期，頁 43-54，民國 85 年。
- [7] 電腦軟體應用丙級學術題庫線上測驗系統，網站位址：<http://adm.kfsh.hc.edu.tw/cspcai/selecting.asp>.
- [8] 國文二技考題線上查詢、測驗系統，網站位址：<http://mis.nkjc.edu.tw/19991a01/index.htm>.
- [9] 光榮國中網路教學系統，網站位址：<http://www.krjh.tcc.edu.tw/首頁/教學軟體/教學軟體.asp>.
- [10] 王國榮，*Active Server Page & 資料庫*，旗標出版，民國 87 年 8 月出版。
- [11] 李世傑，*Active Server Page (ASP) 2.0*，網頁設計手冊，碁峰資訊出版，民國 87 年 7 月出版。
- [12] 胡昭民，*輕輕鬆鬆學會 Java Script and HTML*，松崗電腦圖書出版，民國 86 年 1 月出版。
- [13] Tanenbaum, A.S. *Computer Networks*, 3rd edition, New Jersey, Prentice-Hall, 1996.
- [14] Aaron P. Titus, L.W.Martin, and Robert J. Beichner, "Web-Based Testing in Physics Education: Methods and Opportunities",

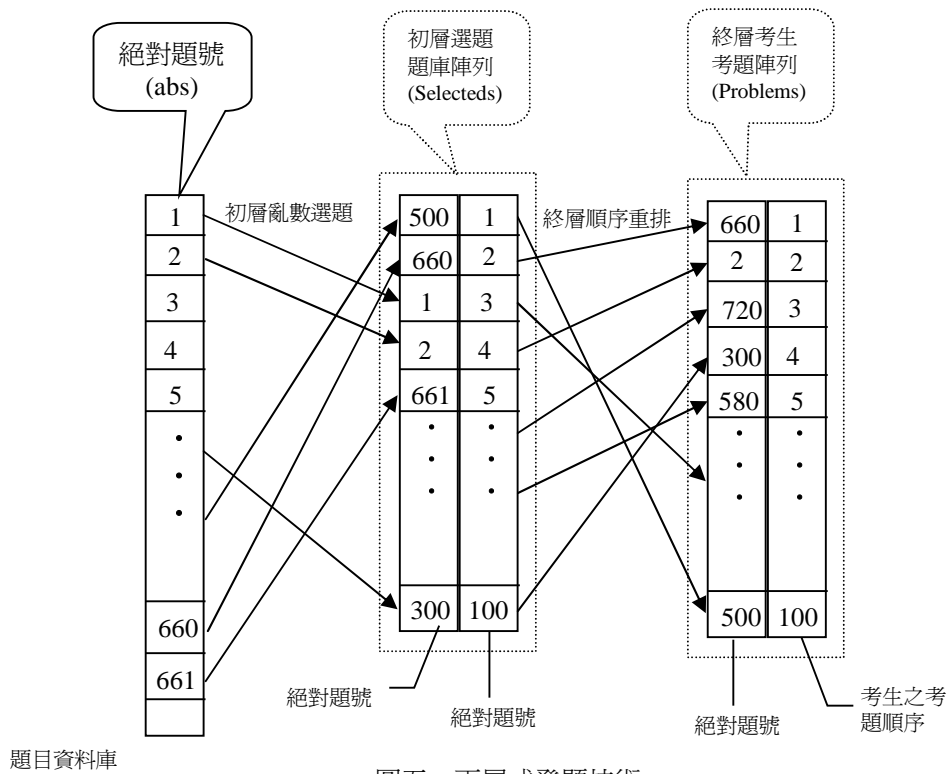
*Computers in Physics*, Vol. 12, No. 2, pp.  
117-123, March/April (1998).

[15] McNichols, C. "Web-Based Testing with  
Active Server Pages", *WEB Techniques*, Vol.  
3, No. 12, pp. 69-79, December (1998).

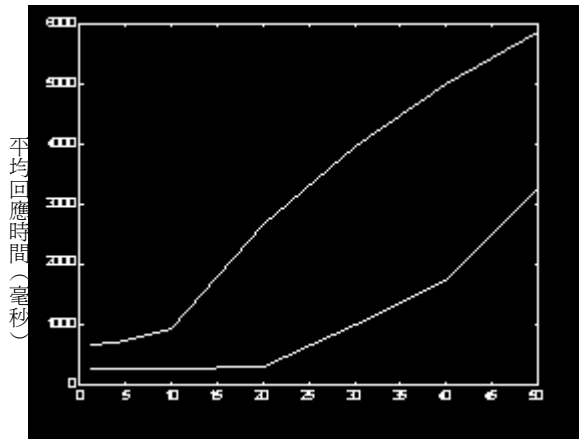




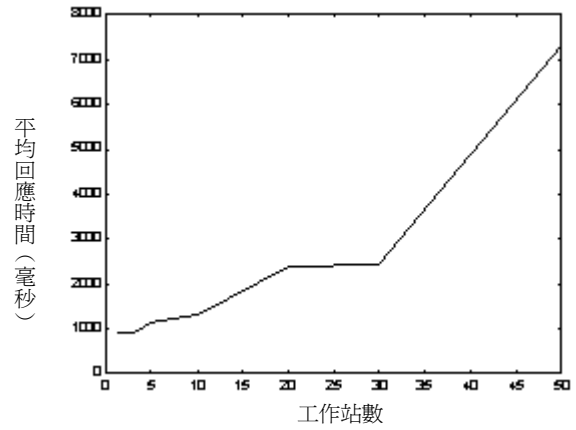
圖四、各客端瀏覽器之同步收卷機制之實作



圖五、兩層式發題技術



圖六、同步發卷機制發卷延遲與工作站數關係圖



圖七、平均閱卷時間與工作站數關係圖

表一、同步發卷機制實測之數據

工作站數 項目	50	40	30	20	10	5	4	3	2	1
(A).三次測得之最早回應時間平均數(毫秒)	3263	1725	991	288	272	268	272	270	270	268
(B).三次測得之最早回應時間標準差	192.16	70.23	15.3	6.32	7.35	2.83	3.32	13.71	1.73	1.41
(C).三次測得之回應時間平均數(毫秒)	5851	4999	3980	2682	925	743	712	683	666	665
(D).三次測得之回應時間標準差	52.38	78.39	25.85	55.17	32.89	8	7.35	6.16	4.47	4.12
(E).每一工作站平均接收資料量(bytes)	26854	27230	27347	27487	27446	26343	27199	27216	27340	26965
(F).平均產出量(Bytes/秒)	229501	217937	205952	205056	297188	177216	152762	119494	82147	40550
(G).最大發卷時間差(毫秒)	7690	4180	3080	2580	220	100	60	280	35	—

表二、閱卷計分器實測之數據

工作站數 項目	50	40	30	20	10	5	4	3	2	1
三次測得之閱卷計分回應時間平均數(秒)	7328	4890	2438	2388	1310	1121	986	903	897	886
三次測得之閱卷計分回應時間標準差	159.47	102.22	108.82	19.6	37.54	49.8	18.44	12.49	4.12	4.47