

國立暨南國際大學資訊工程學系

碩士論文

輔助大學課堂教學之互動式線上共享筆記系統

An Interactive Online Note-taking System to
Facilitate Teaching and Learning in Higher
Education

指導教授：吳坤熹博士

研究生：林嘉緯

中華民國 107 年 8 月

國立暨南國際大學碩士論文考試審定書

資訊工程學系(研究所)
研究生林嘉緯所提之論文

輔助大學課堂教學之互動式線上共享筆記系統

An Interactive Online Note-taking System to
Facilitate Teaching and Learning in Higher
Education

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

學位考試委員會

劉一宇 委員兼召集人

張瑛杰 委員

吳坤熹 委員

中華民國一〇七年七月二十一日

致謝詞

首先，最感謝的就是從大學做專題時就一路幫助、指導我成長至研究所畢業的 吳坤熹 老師，不管是課業、研究、人生規劃、對事物的看法、思考的邏輯甚至是運動方面，都從老師身上獲益良多。當中讓我改變很多的，是老師常常提到的一句話：「當別人都在問 Why 的時候，我們就要問自己 Why not」，利用批判性的思考，往往就能找到問題的癥結點，這適用於各式各樣的場景之中。當然，在相處的這三年裡，老師說過的名言佳句絕對不止這一句，其他的我也都謹記在心，與朋友聊天的時候還會不小心說出老師的話，由此可見老師影響之深刻！

再來，要感謝我的家人，成為我最堅強的後盾，不管我做什麼決定總是默默支持我，讓我無後顧之憂的完成我的學業。

最後，我想談談我自己。五年一貫，一直是我留在暨南大學就讀碩士班的目標，無時無刻都告訴自己絕對要在這一年之中畢業，沒有任何退路。過程中免不了內心的各種煎熬與不安，加上一些外在因素與內心交戰，曾經讓我多次萌生了就此放棄休學的念頭。我也要感謝過去的自己，在這些時刻都挺了過來，除了研究上的進展與系統開發經驗，也學會該如何面對與處理負面情緒。我的未來才正要開始，不管是面對職場、家庭還是人生的各種挑戰，希望我能繼續堅持下去，找到自己真正嚮往的生活。

論文名稱:輔助大學課堂教學之互動式線上共享筆記系統

校院系:國立暨南國際大學科技學院資訊工程學系

頁數: 45

畢業時間: 中華民國 107 年 8 月

學位別: 碩士

研究生: 林嘉緯

指導教授: 吳坤熹博士

摘要

目前網路上有許多的共同編輯系統,提供學生們上課聽講的同時,能夠多人一同寫下課程筆記。然而,使用這些現有的共同編輯系統時,常常會因為每個人使用環境的不同而造成資訊統整與分享上的困難;即使事先約定在某一套系統上作業,課程筆記的編輯過程中,由於使用同一份筆記,為避免資訊重複被記錄,往往只需要少數幾位學生動手記錄,其餘的學生由於缺乏實際輸入筆記的動作而減少學習上的效果。加上教師在現今的教學上,大多使用投影片的方式來輔助教學,但上述的共同編輯系統卻並未將投影片與教師的角色融進系統中,因此學生無法輕易參考投影片、教師也無法透過系統與每位學生互動來掌握學習情況。這些都是教學與學習上應予以改進的。

本文提出「輔助大學課堂教學之互動式線上共享筆記系統」,將大學課堂中的教師、學生、投影片及筆記等四項元素整合進同一套系統之中,學生間以「共享」筆記的方式來取代「共同」筆記,而教師能夠透過此系統即時觀察每位同學的筆記使用情況,並搭配筆記問答的方式與同學即時互動,提升學習以及教學上的成效。

關鍵字: 互動式學習、共同編輯、筆記系統、輔助教學

Title of thesis: An Interactive Online Note-taking System to Facilitate Teaching and Learning in Higher Education

Name of Institute: Department of Computer Science and Information Engineering,
College of Science and Technology, National Chi Nan University

Pages: 45

Graduation Time: 08/2018

Degree: Master

Student Name: Chia-Wei Lin

Advisor Name: Dr. Quincy Wu

Abstract

Nowadays, a lot of collaborative note-taking software tools can be found on the Internet, so many students take their notes with classmates by these tools. However, students often find it difficult to share or organize their notes with others when they are utilizing different tools. Even if all students use the same collaborative note-taking software to edit a document concurrently, usually one student must be designated as the main writer and other students only provide supplementary notes which the main writer does not write down. However, in this scenario, only one student is actively taking notes, while others are less involved. Therefore, retention of learning might be reduced. Meanwhile, if we consider presentation slides as a powerful tool which many teachers use to assist their teaching in class, current collaborative note-taking software did not provide a natural mechanism to incorporate slides. That is, current collaborative note-taking software could not support teaching and learning efficiently.

This thesis proposes an interactive online note-taking system to facilitate teaching and learning in higher education. It comprises four elements in classroom teaching including teacher, student, slide, note-taking. It also supports interaction, note sharing, and live broadcasting. Students can “share” notes instead of “collaborating” on notes. With this system, teachers can monitor students’ learning status by their notes. Furthermore, in this system students and teachers can interact with each other by questions and answers. These features will help students and teachers to facilitate teaching and learning.

Keywords : Collaborative editing, Facilitate learning, Interactivity, Note-taking

目次

致謝詞.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目次.....	iv
圖目次.....	vi
表目次.....	viii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 論文架構.....	4
第二章 背景知識.....	5
第一節 科技改變學習與教學方式.....	5
第二節 共同編輯.....	6
第三節 作筆記行為的學習成效.....	7
第三章 互動式線上共享筆記系統.....	8
第一節 系統架構.....	8
第二節 系統操作流程.....	11
第一小節 學生操作.....	12
第二小節 教師操作.....	16
第四章 系統實作.....	19
第一節 筆記功能.....	21
第一小節 筆記內容的讀寫操作.....	21
第二小節 富文字格式的儲存.....	22
第二節 課程中的互動問答.....	23

第三節 筆記的分享.....	27
第四節 教師監督學生筆記.....	29
第五節 投影片.....	30
第六節 課程廣播.....	32
第五章 實驗結果.....	34
第六章 結論與未來展望.....	35
參考資料.....	37
附錄.....	39
附錄一 架設 Interactive Note-taking System.....	39
附錄二 初次使用 Interactive Note-taking System.....	44

圖目次

圖 一、Google Docs 使用畫面.....	2
圖 二、系統架構圖.....	8
圖 三、Authentication Module 流程圖.....	9
圖 四、Interactivity Module 架構圖.....	10
圖 五、Broadcast Module 架構圖.....	10
圖 六、Database Schema.....	10
圖 七、學生操作流程圖.....	12
圖 八、Slide Module 學生操作流程圖.....	13
圖 九、Note Module 學生操作流程圖.....	14
圖 十、Broadcast Module 學生操作流程圖.....	15
圖 十一、Interactivity Module 學生操作流程圖.....	15
圖 十二、教師操作流程圖.....	16
圖 十三、Slide Module 教師操作流程圖.....	16
圖 十四、Note Module 教師操作流程圖.....	17
圖 十五、Broadcast Module 教師操作流程圖.....	18
圖 十六、Interactivity Module 教師操作流程圖.....	18
圖 十七、系統實作架構圖.....	19
圖 十八、Firebase Realtime Database 即時同步示意圖-步驟 1 及步驟 2... 20	20
圖 十九、Firebase Realtime Database 即時同步示意圖-步驟 3 及步驟 4... 21	21
圖 二十、Firepad 筆記記錄區.....	22
圖 二十一、課程討論區與斜線指令問答.....	24
圖 二十二、斜線指令-學生發問與教師回答.....	25
圖 二十三、教師新增互動式問答的問題.....	26
圖 二十四、學生操作即時互動問答功能.....	27

圖 二十五、教師操作互動式問答功能.....	27
圖 二十六、共享筆記功能.....	28
圖 二十七、共享筆記權限設定.....	29
圖 二十八、教師監督學生筆記.....	30
圖 二十九、選擇投影片內嵌.....	31
圖 三十、Microsoft PowerPoint 內嵌程式碼畫面.....	31
圖 三十一、新增投影片功能.....	31
圖 三十二、學生觀看投影片一邊做筆記.....	32
圖 三十三、Screen Capturing 擷取螢幕.....	33
圖 三十四、學生正在觀看教師的課程廣播，一邊作筆記.....	33
圖 三十五、課程廣播效能分析圖.....	34
圖 三十六、Google API Console 選取專案.....	39
圖 三十七、Google API Console 建立憑證.....	40
圖 三十八、建立 OAuth 用戶端 ID 操作.....	40
圖 三十九、OAuth client.....	41
圖 四十、Firebase Console 新增專案.....	41
圖 四十一、將 Firebase 加入網路應用程式.....	42
圖 四十二、Firebase 加入網路應用程式程式碼.....	42
圖 四十三、選擇 Google 登入.....	44
圖 四十四、使用者登入.....	44
圖 四十五、變更使用者身分畫面.....	45

表目次

表 一、Firepad 常用的文字屬性與符號對照表.....	23
表 二、斜線指令列表.....	25

第一章 緒論

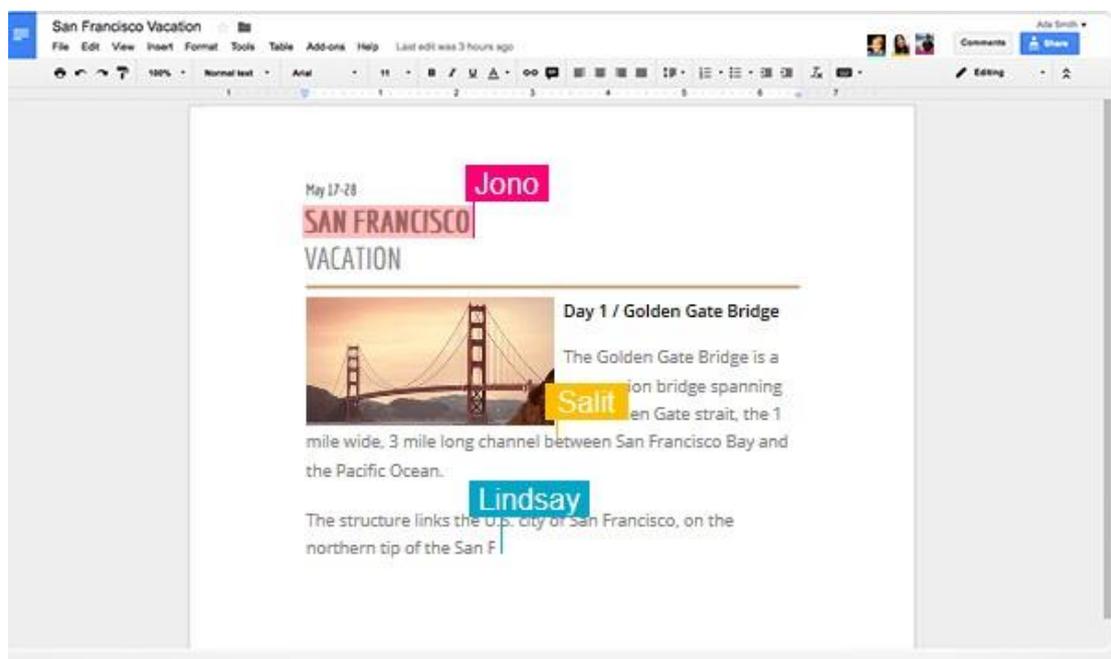
第一節 研究動機

目前世界的教學模式中，教師在講台上講解、學生坐在講台下聽講仍然是最主流的教學模式之一[1]。除了口頭講解課本或是課程內容之外，傳統的教師往往會利用黑板寫下課程中的重點內容，提供給學生作筆記後回家自行複習。然而，黑板的大小與空間是有限的，過程中常常會擦掉黑板內容數次並抄寫新的內容，加上教師的教學速度、板書字跡或是字體大小等等因素，常常會導致同學來不及抄寫、或是看不清楚黑板內容而造成筆記內容不齊全的情況，進而影響日後複習的成效。雖然現在許多教室配有電腦設備，讓教師能夠使用課前準備的投影片來上課，減少利用板書抄寫所造成的種種教學缺點，學生也能夠透過投影片電子檔得到教師該堂課的課程資料，成為未來複習的依據。然而，教師所使用的投影片往往只是為了輔助教學之用，投影片的內容多半是該堂課章節內容的標題或是少許的重點摘要，課程重點內容終究還是在教師課堂上的教學過程，因此，學生們還是必須專心上課、搭配自己的紙本筆記抄下教師所提到的課程重點摘要，才是最有效率的課堂學習方式[2]。

為因應教師教學方式從黑板逐漸轉向投影片，加上手機、平板電腦、個人電腦的普及，學生上課時往往會攜帶個人電子設備並開啟教師所提供的投影片來輔助學習。學生有了投影片電子檔之後就不必擔心板書抄寫的種種問題，獲得教學資訊的方式相較於以往獲得很大的進步。使用電子設備的同時，利用共同編輯軟體來一同抄寫筆記也逐漸被眾人使用[3]，例如 Google Docs[4] (如圖一)、Dropbox Paper[5]、HackMD[6] 等等，集結眾人的力量讓筆記變的更加完整。使用共同編輯軟體能夠以分工合作的方式讓筆記內容更加完善，但在使用過程中，會面臨以下兩點難處：第一，共同編輯軟體往往必須由一個人先擔任主要記錄者、其他人從旁

輔助，才能夠避免同樣的內容被重複記錄，所以每個人真正參與記錄的筆記部分其實相當片段與少數，因而減少對內容細節的記憶程度，降低學習成效。第二，傳統的筆記本教師可藉由觀察學生寫下的筆記內容詳細程度，初步估計學生對課程內容的瞭解狀況；現在大多的共同編輯軟體雖然都會記錄該段落文字的記錄者是誰，但這些資訊仍不足以代表每位學生的學習狀況，因此教師無法有效透過現有的共同編輯軟體提升教學上的效力。

為解決以上兩點難處，本研究將開發一套輔助教學與學習之互動式線上共享筆記教學系統，讓學生間以「共享」筆記的方式來取代「共同」筆記，也就是每位同學都必須動手作自己的筆記、同時也能夠透過此系統看到其他同學的筆記內容。教師的部分，則是可以藉由此系統即時觀看每位學生的筆記內容及分析結果，掌握每個人的學習情況。並且教師能夠在系統上新增課程投影片或是廣播教學內容，學生即可透過本系統看到教師的上課過程以及課程投影片，並在一旁作自己的筆記。



圖一、Google Docs 使用畫面，多位使用者可同時且即時編輯同一份文件[4]

第二節 研究目的

本研究的目的為提出一套輔助教學與學習的互動式系統，適用於所有使用電子設備與網路的教學環境之中，讓教師與學生使用一套共同的系統，教師可以透過此系統教學與掌握學生學習情況，學生也能夠在此系統觀看教師上課、翻閱課程投影片、記錄筆記與分享筆記，並在課堂中與教師互動，達到教學、學習、互動、共享筆記、提升教學與學習成效的目的。本系統預計達到之功能如下：

1. 學生在系統上記錄自己的筆記
2. 學生利用此系統分享筆記給其他學生
3. 教師使用此系統新增投影片，並於上課時即時廣播課程內容給每位學生
4. 學生可以透過此系統線上同步觀看教師的上課內容與進度，或以非同步模式自由切換投影片頁數
5. 教師即時觀看學生每字每句的筆記記錄過程
6. 教師可以在此系統中使用斜線指令或是互動式問答的方式發起問題，學生根據教師發問的方式，利用斜線指令或是介面操作來回答，教師便可以即時收到每位同學的回答或提問，以及回答狀況的統計資訊，達成教師與學生在課堂上的即時互動

此系統提供的功能，強調「筆記即互動」，教師可以透過筆記掌控學生學習的狀況，以即時在教學方式上進行調整，進而提升整體教學成效。學生可以在此系統上作筆記，並且分享筆記給其他同學。此外，在平時課堂中，搭配課程廣播、章節投影片、以及互動式問答功能，達到課堂教學與學習、課堂師生互動問答以及課後複習的效果，提升教學與學習效力。由於採用 Web App 的設計，以上的所有功能皆能夠在瀏覽器上完成，不必額外安裝或下載任何軟體支援，也沒有任何作業系統平台的限制，只要能夠上網與使用瀏覽器的設備皆可以使用此系統，線上網頁應用程式跨平台的效益由此可見一斑。

第三節 論文架構

第一章介紹研究動機與研究目的；第二章為相關背景知識與文獻探討；第三章為此系統的架構與操作流程細節；第四章為系統實作；第五章為實驗結果；最後為本篇論文的總結以及未來展望。

第二章 背景知識

第一節 科技改變學習與教學方式

隨著電子設備的普及以及網路的擴張，個人電腦、平板設備、手機等等能夠隨時上網的設備幾乎是每位現代人生活中不可或缺的存在，這樣的影響也改變了許多學生作筆記的方式。現在越來越多學生會使用電子設備作筆記，取代傳統上使用紙本作筆記的方式。

為了能夠方便記錄、整理和儲存自己的筆記，學生使用電子設備作筆記時，必須利用一些軟體來輔助，例如 Evernote[7]和 OneNote[8]都是經常被使用的筆記軟體，用來記錄和整理自己個人的筆記非常方便。有些學生會為了讓筆記更加完整而一起作同一份筆記，這時便會採用像是 Google Docs 或是 Dropbox Paper 這類的共同編輯軟體，能夠支援多人同時編輯同一份文件。上述的軟體都是學生用來記錄筆記時經常使用的工具，而這些工具的重點著重在「學生自行輸入課堂重點並記錄」，教師的角色尚未納入這些軟體之中。

科技的演進不僅帶動學生作筆記方式的轉變，教師的教學呈現媒體也有所變化。其中最顯著的改變之一，就是許多教師由以往的黑板轉為使用投影片。教師使用投影片上課，不僅方便事前準備、減少上課時板書抄寫時間，也能夠善用動畫、圖片或表格等等功能，用更高質量的表達方式呈現想要教授的內容。因為投影片的這些好處，在大學課堂上越來越多教師上課時會使用投影片的方式來教學。因此，有不少研究提出以投影片教學為基礎並搭配作筆記行為的系統，例如 Classroom Presenter[9] 以及 Livenotes[10]。

Classroom Presenter 是一套以平板電腦為基礎的系統。教師在上課時可以在此系統上展示的投影片中作畫記、書寫的動作，這些動作會同步到所有學生的平板電腦之中。而學生也可以透過自己手中的平板電腦在投影片上作筆記或回饋，

再將這些記錄回傳給教師。

Livenotes 則是一套以學生小組學習為重點的投影片筆記系統，除了能夠同步教師上課的投影片之外，學生能夠以小組為單位，共同在同一頁投影片上直接利用書寫或是文字輸入的方式記錄筆記，以小組的力量彼此分享與督促學習。根據文中的實驗結果，有 83% 的學生在使用 Livenotes 過後給予正面的評價，認為這樣的系統能夠有效幫助學習。

上述所提到的兩個系統，不僅僅只是將教學投影片與作筆記兩個因素納入考量，更要強調的是教師與學生間的互動性。好的教學必須時時觀察學生的理解程度，對教學內容作適當的調整，並且讓同學們積極參與課程學習之中 (Good teaching requires awareness of students' level of understanding, dynamic adjustment of delivery and content, and the active engagement of students in their learning.) [9]，也是至今眾多已開發的教學系統想要努力達成的目標。由此可見，在教學與學習方式改變的過程中，科技扮演一個非常重要的角色。

第二節 共同編輯

共同編輯(Collaborative editing, or Collaborative writing)，或稱作協同編輯，是指小組成員彼此合作、交流，共同完成一項成果的一種社會過程[11]。小組成員可以各自獨立撰寫作品後再討論內容並合併，或是先透過討論再撰寫作品的內容 [12]。共同編輯對於小組作業而言是有效率的一種分工合作模式，小組成員能夠以非同步(Asynchronous)的方式共同完成一項工作，不必侷限於在同一時間或地點一起完成。目前有許多軟體支援共同編輯的模式，如維基百科(Wikipedia)就是一個由全世界的使用者們共同編輯而成的著名例子[13]。其他相關的軟體像是前面提到的 Google Docs 以及 Dropbox Paper，讓多位成員在線上共同且即時編輯同一份文件，都是目前廣泛被使用的軟體。而多名學生使用共同編輯軟體作筆記的學習方式也是當下常見的潮流之一。

共同編輯軟體雖然有諸多的好處，卻也產生了許多傳統個人編輯文件時所沒有的複雜問題，像是內容輸入重複、各部分內容品質參差、版本控制困難等等，都是使用共同編輯軟體時需要考慮的問題。以作課堂筆記為例，若學生們以 Google Docs 共同編輯一份上課筆記，由於多位學生上同一門課、學習相同的教學內容，這時大家聽到一個重要的關鍵字想記錄在共同筆記中，共同筆記的內容就會是多人重複記錄同一個關鍵字，之後在觀看筆記時，徒顯冗餘。因此，現有的共同編輯軟體似乎不適合讓班上同學一起來作筆記之用。如何更有效率的使用現有科技，讓同學們上課時善用「作筆記」以提升學習成效，便成了許多研究探討的議題。

第三節 作筆記行為的學習成效

不管時代與科技如何演進，「作筆記」始終是學習上常見的行為，透過將學習到的內容摘要記錄下來，成為未來複習時的參考依據。每個人作筆記的方式與習慣都不同：有些人會將聽到的內容消化整理，再把其中的關鍵字記錄下來；而另外有些人則是喜歡參考教師上課的內容或是文章，並把裡面認為重要的內容記錄成自己的筆記。不同的作筆記行為對於學習成效有著不同影響，因此有研究為了探討作筆記行與學習成效的關係，將學生分成兩組：一部分的學生可以輕易地複製貼上其他文章的內容，而另一組的學生只能自己手動輸入筆記。這個研究結果最後指出，自己輸入筆記的學生對於教學內容的記憶與理解明顯較佳[14]，也代表著若能夠消化教學內容再作筆記，就能夠提升學習上的表現。

因此，在本論文所提出的互動式系統設計上，極力強調「每位學生都必須動手作自己的筆記」，以獲得較佳之學習成效。

第三章 互動式線上共享筆記系統

第一節 系統架構

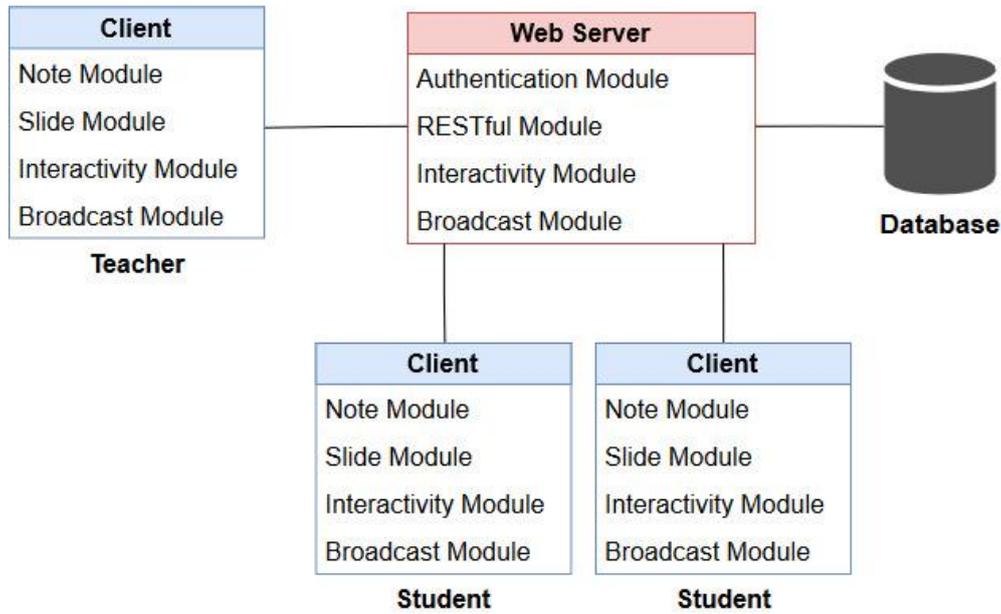
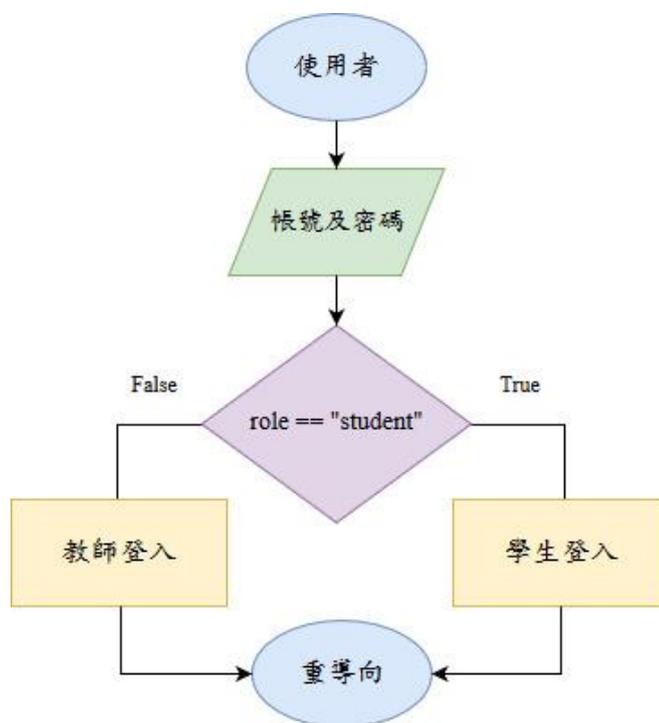


圖 二、系統架構圖

本文提出一套互動式線上共享筆記的網頁應用程式，提供教師和學生一個整合教學、筆記、師生間互動及學生間共享筆記的系統。圖二為系統架構圖，圖中包含 Client、Web Server 以及 Database。Client 為使用者端，透過瀏覽器使用超文字傳輸安全協定（HyperText Transfer Protocol Secure，HTTPS）連線到此系統操作。Client 具備 Note Module 與 Slide Module 兩個功能模組：Note Module 為筆記內容相關的功能，除了從 Database 讀寫筆記內容之外，也包括對筆記的字句分析、共享與即時同步；Slide Module 處理投影片的新增、嵌入、顯示與頁數切換操作的功能。而 Interactivity Module 與 Broadcast Module 會與 Web Server 的部分一起介紹。Web Server 為此系統主要的網頁伺服器，提供 Client 連線後操作各項服務，其中包含了四個重要的模組，分別為 RESTful Module、Interactivity Module 以及 Broadcast Module。將系統內的功能建立在 RESTful

架構上，以 HTTP Request Methods(GET/POST/DELETE/...)對應各項功能，再透過 RESTful Module 來使用這些系統功能，善用了 HTTP 的設計原則，簡單化整個網頁服務的開發。Authentication Function 為認證使用者的功能，以使用者輸入的帳號及密碼作為認證使用者的依據，判斷該使用者身分為教師或是學生後，再重新導向至符合身分的功能頁面，如圖三所示。Interactivity Module 功能提供教師與學生在課堂上互動，如圖四。而圖四當中的 Signaling Function 提供教師與學生互動時訊號與資料的雙向傳送，作為不同 Process 之間溝通的橋樑，同時 Analysis Function 分析互動資料後的結果也由 Signaling Function 負責傳遞。Broadcast Module 為此系統即時傳播影像串流的功能，用來將教師的電腦畫面廣播給班上同學。圖五所示為此功能的架構圖，以 Screen-capturing Module 擷取即時的螢幕使用畫面，再利用 Streaming Function 將擷取的畫面以串流的方式送出給一位或多位使用者。



圖三、Authentication Module 流程圖

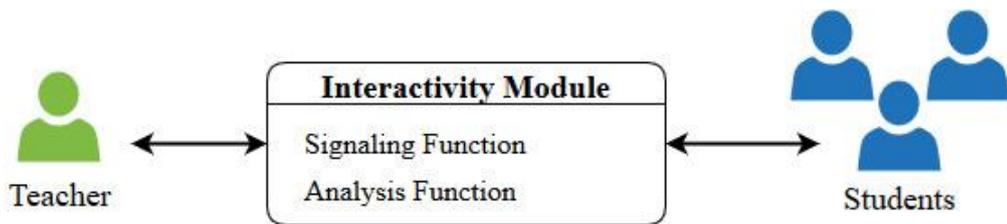


圖 四、Interactivity Module 架構圖

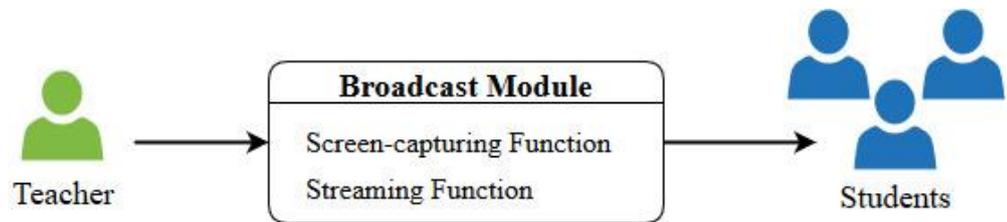


圖 五、Broadcast Module 架構圖

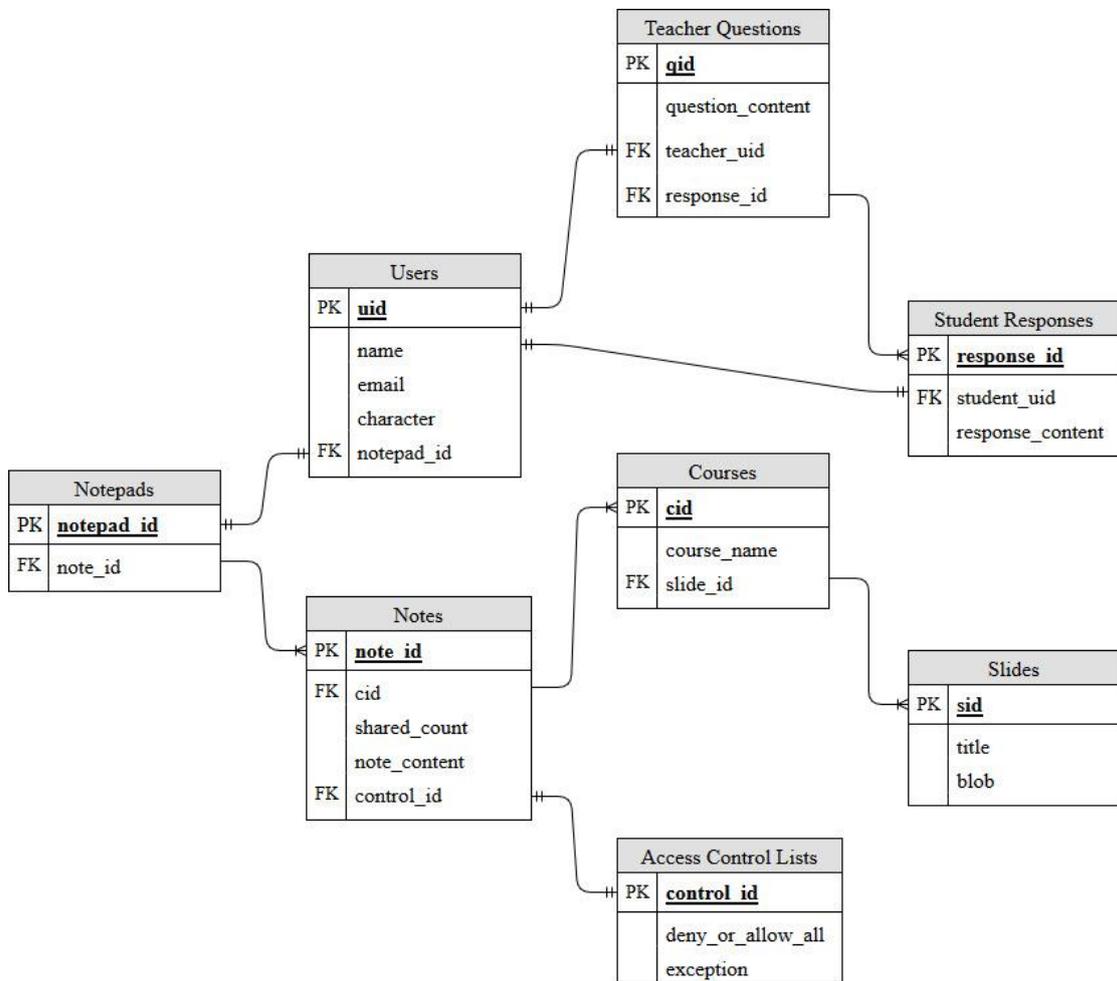


圖 六、Database Schema

資料庫架構設計如圖六所示。Users 表儲存使用者的相關資料以及該使用者的筆記本編號(notepad_id)，當成外鍵(Foreign Key)到 Notepads 之中做查詢。

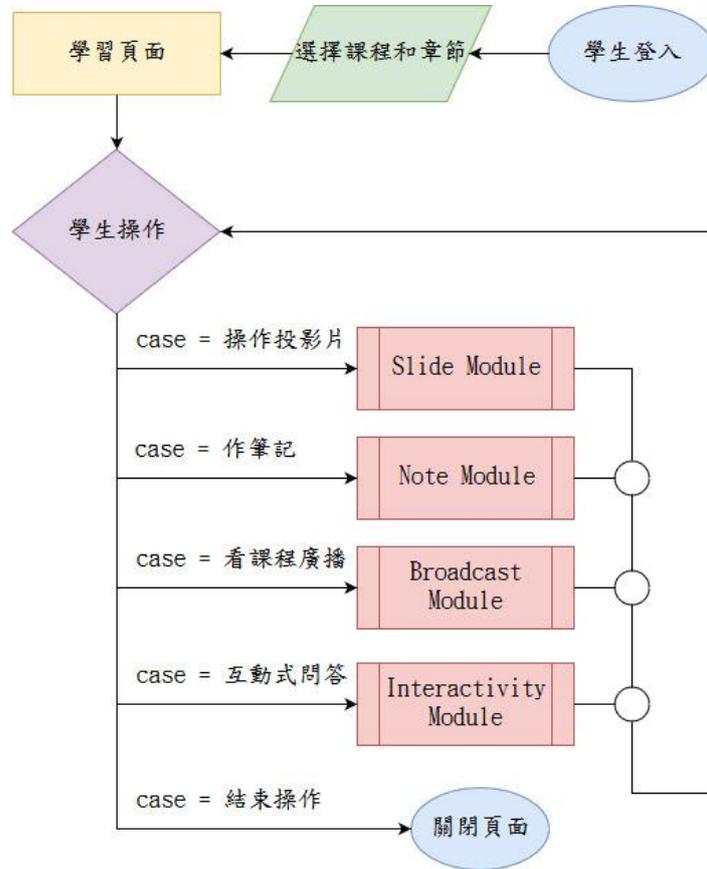
Notepads 表裡面包含了每篇筆記的編號(note_id)，對應到 Notes 表中取得每一堂課的筆記內容(note_content)。每一篇筆記都有其對應的權限控管，儲存在 Access Control Lists 表之中，記錄目前該筆記是允許或是禁止存取，以及例外清單資訊。Courses 表則儲存課程資料以及課程的投影片編號(slide_id)。投影片檔案的標題與檔案則存放在 Slides 表之中。Teacher Questions 表格儲存教師在課堂上發問的相關資料，包含發問者、問題內容、以及學生每則回答的編號(response_id)，利用 response_id 至 Student Responses 表格中查詢對應的回答。Student Responses 表格則是儲存學生的每次回答資訊，包含該學生的編號以及這則回答的內容資訊。

第二節 系統操作流程

基於第一節的操作架構，本節將說明此系統的操作流程。

使用者利用瀏覽器操作，透過 Authentication Module 認證登入並按照身分(教師/學生)重導向後便可開始使用本系統的各项功能，Authentication Module 流程如圖三所示。接下來將分別透過學生與教師的身分介紹此系統的操作流程。

第一小節 學生操作



圖七、學生操作流程圖

圖七為學生操作流程圖。使用者以學生身分成功登入後，畫面上會要求學生選擇一門課程與課程下的章節，選擇後將進入該課程章節專屬的學習頁面進行下一步的操作。學習頁面中包含了 Slide Module、Note Module、Broadcast Module、Interactivity Module 四項功能模組，供學生在此頁面中使用。

Slide Module 為學生操作投影片的功能，圖八為學生使用 Slide Module 的操作流程圖。投影片檔案皆儲存在 Database 之中，透過 Slide Module 從 Database 取得投影片的檔案資料並顯示在學習頁面上，讓學生透過此頁面來操作投影片。學生操作投影片主要有兩個主要動作：觀看投影片以及切換頁碼。學生可以自己選擇是否要將投影片顯示在頁面上，若不觀看則暫時隱藏投影片。另外，切換頁

碼是指學生在觀看投影片時，可以透過畫面上的上一頁、下一頁按鈕來切換閱讀每頁投影片，每次的換頁動作都會去資料庫中取得不同頁碼的投影片內容呈現在頁面上。

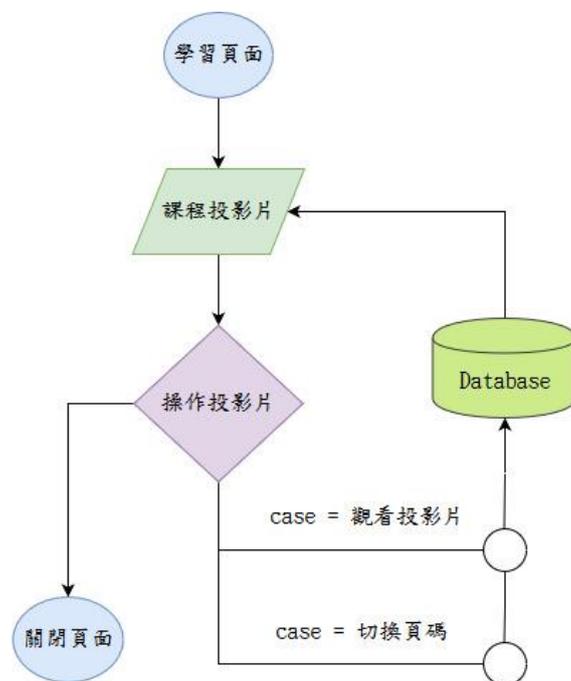
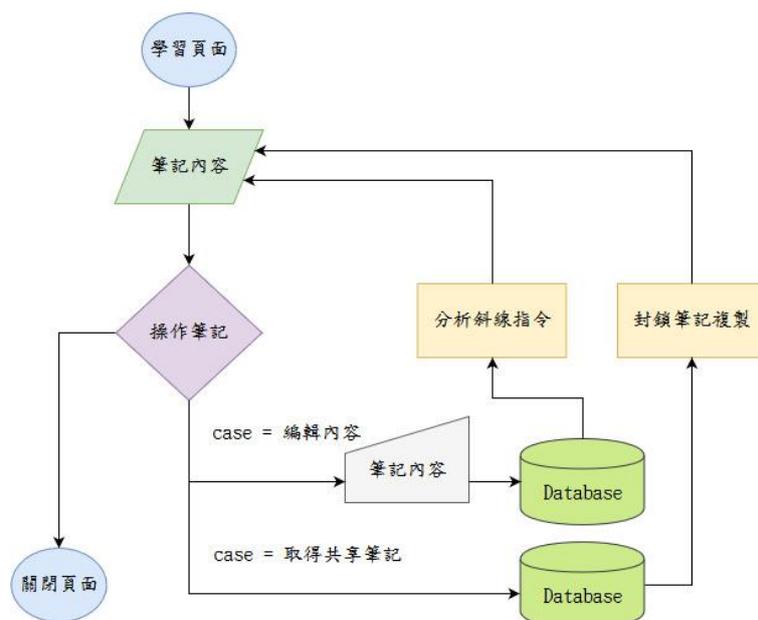


圖 八、Slide Module 學生操作流程圖

Note Module 為筆記內容相關的功能，圖九為學生使用 Note Module 的操作流程圖。筆記的內容會儲存在 Database 之中，Note Module 負責讀取筆記資料以及處理使用者對筆記內容的操作。學生除了可以透過 Note Module 編輯內容之外，還能透過這項功能取得同學的筆記內容。由於在設計中，系統封鎖了學生對於內容的複製功能，因此這項功能只能讓學生觀看同學的筆記但無法直接複製貼上，強調每位學生親自作筆記、增加學習效果的重要性。



圖九、Note Module 學生操作流程圖

Broadcast Module 為課程廣播功能，圖十為 Broadcast Module 學生使用流程圖。若學生要開始觀看課程廣播，需要透過 Broadcast Module 詢問教師目前是否正在使用課程廣播的功能。若教師正在使用課程廣播功能上課，Broadcast Module 會取得教師螢幕的影像內容，並且顯示在學習頁面之中讓學生觀看，直到教師取消課程廣播為止。

Interactivity Module 為學生與教師互動問答的功能，圖十一為學生使用此功能的操作流程圖。此功能會接收教師使用 Interactivity Module 新增的互動式問題並顯示在學習頁面上，讓學生根據問題輸入答案後回傳給教師，這樣就完成了一次的即時互動問答。學生回答問題之後，此功能會接收這項問題的答題統計資訊並顯示在頁面上，以此了解其他同學的回答情況。

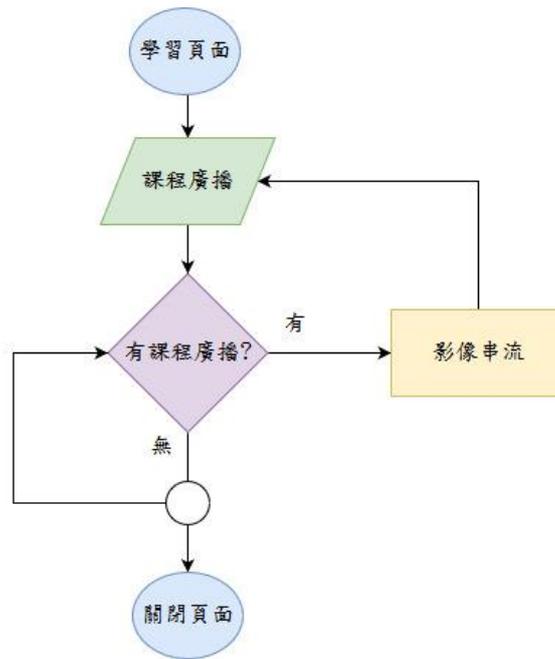


圖 十、Broadcast Module 學生操作流程圖

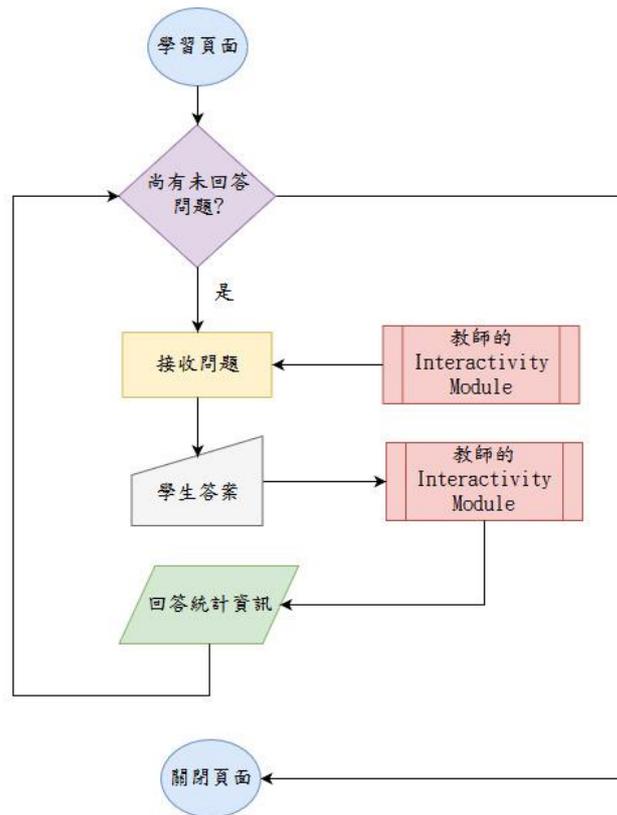


圖 十一、Interactivity Module 學生操作流程圖

第二小節 教師操作

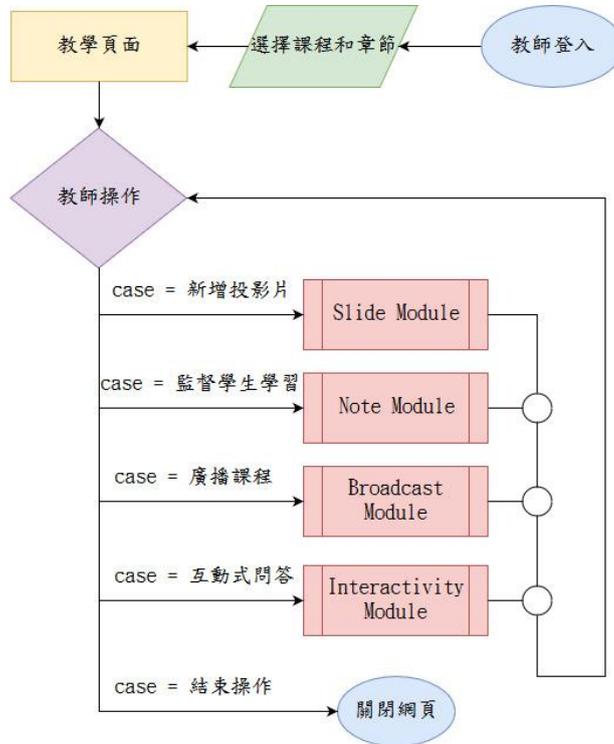


圖 十二、教師操作流程圖

圖十二為教師操作流程圖。使用者以教師身分成功登入後，畫面上會要求教師選擇一門課程與課程下的章節，選擇後將進入該課程章節的教學頁面進行下一步的操作。教學頁面與前一章節的學習頁面相同，包含了 Slide Module、Note Module、Broadcast Module、Interactivity Module 四項功能模組，但功能使用上與學生有所區別。

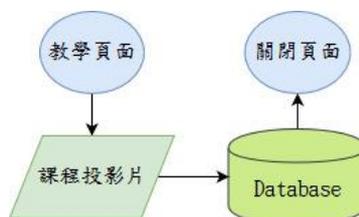


圖 十三、Slide Module 教師操作流程圖

Slide Module 提供教師將準備好的投影片上傳至 Database 中供學生存取投影片操作，教師操作流程如圖十三所示。

Note Module 為教師監督學生做筆記狀況的功能，如圖十三所示。教師可以透過此功能選擇一位學生並且觀看他作筆記的情況。同時，教師也可以在學生正在做筆記或是任何時候，透過此功能編輯學生的筆記，編輯的內容會存到 Database 之中，學生也能從 Database 讀取被教師編輯後的筆記內容。另外，教師也可以透過 Note Module 取得筆記相關的統計資訊，例如該位學生被其他學生觀看筆記的次數等等，再將這些統計資訊做整理並顯示於螢幕上，讓教師透過這些訊息做為調整教學與觀看學生筆記的參考依據。

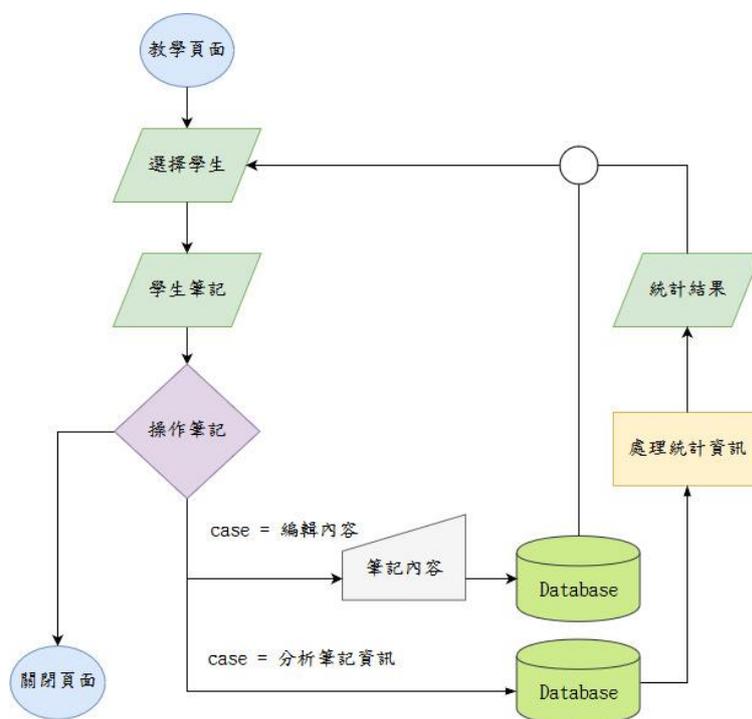


圖 十四、Note Module 教師操作流程圖

Broadcast Module 為教師進行課程廣播的功能，圖十五為此功能操作流程圖。教師啟動廣播後，Broadcast Module 便會擷取教師電腦上的螢幕影像，當接收到來自學生的要求課程廣播影像訊號時，教師端的 Broadcast Module 便會以串流的方式傳送螢幕擷取影像至學生端的 Broadcast Module 進行播放，教師即可利用此功能傳送教學影像來上課。

Interactivity Module 為提供教師與學生互動式問答的功能，圖十六為教師操作流程圖。教師先透過輸入的方式新增一個問題，再傳送這個問題給所有參與

課程的學生。當學生回答完問題後，此功能會接收來自每位學生回傳的答案並進行統計分析，再以圖表的方式顯示在教師的螢幕上，最後將統計資訊傳給每位學生，便完成一次的互動式問答。透過此功能，教師可以在課堂上與每位學生即時互動問答，而且立刻就能公布答題統計結果，掌握學習狀況，也讓學生可以互相討論學習，提升教學效果。

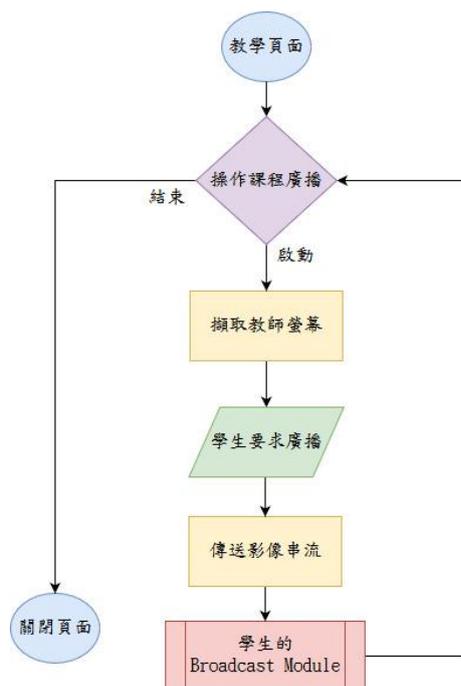


圖 十五、Broadcast Module 教師操作流程圖

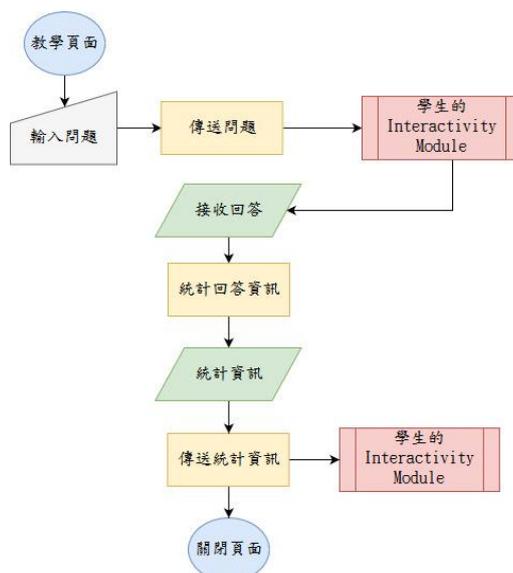


圖 十六、Interactivity Module 教師操作流程圖

第四章 系統實作

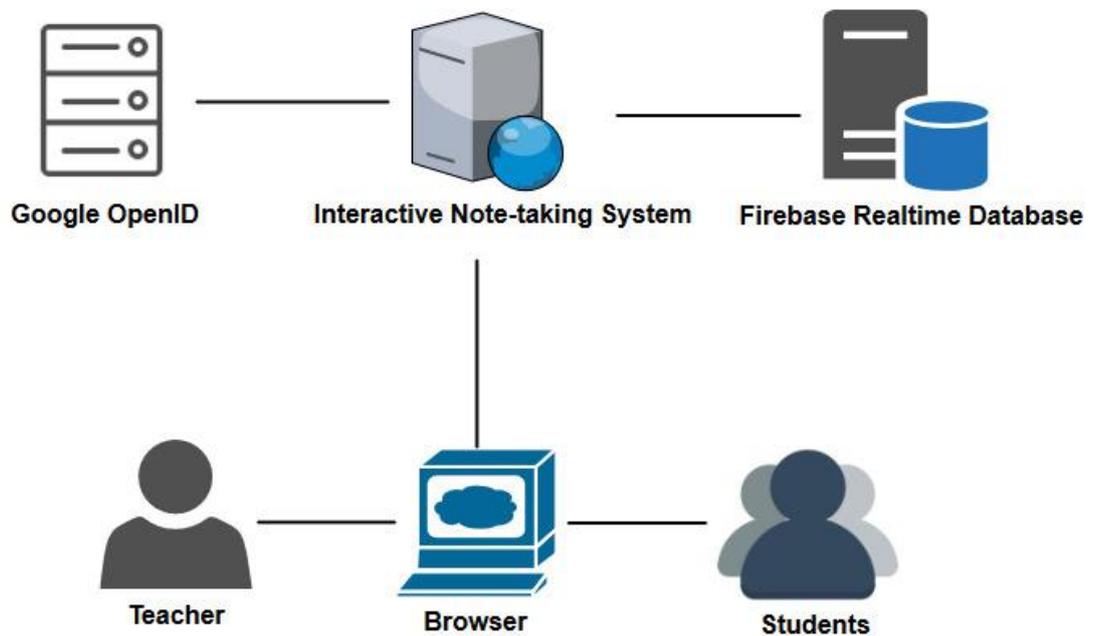


圖 十七、系統實作架構圖

基於第三章的系統架構，接下來將開始介紹系統實作的細節。圖十七為系統實作架構圖，由於本系統為網頁應用程式，使用者需要利用瀏覽器登入系統，並且透過系統提供的使用者介面來操作本系統。Interactive Note-taking System 為本系統主要的網頁伺服器，以 Express.js 為開發框架(Framework)、使用 Node.js 運行。Express.js 是一套 Node.js 的程式框架，以 Model-View-Controller(MVC)為軟體架構，程式間分工明確，還能夠使用大量使用公用的中介軟體(Middleware)來協助開發，提高開發效率。而 Express.js 中設計了路由機制，以 URI(Uniform Resource Identifier)搭配 HTTP Request Method 的方式存取應用程式的各端點，提供一個 RESTful 風格的架構，直觀、簡潔也便於操作。也因為 Express.js 的這些特點，因此選擇以這個框架來開發。Authentication Module 在實作上採用 Google OpenID 來當作登入認證之用，使用者登入時會被重導向至 Google OpenID Server 認證，認證成功後再重導向回 Interactive Note-taking System。使用 Google OpenID 的方式具備單一登入

(Single Sign-on)的好處，不必再額外註冊一組新的帳號密碼來使用本系統，減少使用上以及管理上的困擾。Firebase Realtime Database[19] 為系統使用的資料庫，資料以 JSON 的形式儲存，是一種 NoSQL Database。本系統提供筆記編輯的相關功能，為了實現富文字格式(Rich Text Format, RTF)，在儲存文字的同時，還必需一併儲存字型樣式、大小、顏色、甚至是排版等等，資料量較為龐大且複雜，因此選擇資料儲存彈性較佳的 NoSQL Database 作為儲存的方式。另外，Firebase Realtime Database 有一個非常大的優勢，就是非常容易實現資料的即時同步，為了讓教師達到監督學生筆記每字每句的編輯過程，以及能夠即時同步修改學生的筆記，並且讓學生在使用共享筆記功能時也能收到同學最新的筆記資料，Firebase Realtime Database 都是能夠提供並且充分滿足以上功能需求的開發工具，也是此工具被採用的主要原因。圖十八與圖十九為 Firebase Realtime Database 資料同步示意圖，當其中一名使用者修改資料時，透過 Firebase Realtime Database 將資料即時同步到其他索取該資料的使用者端。

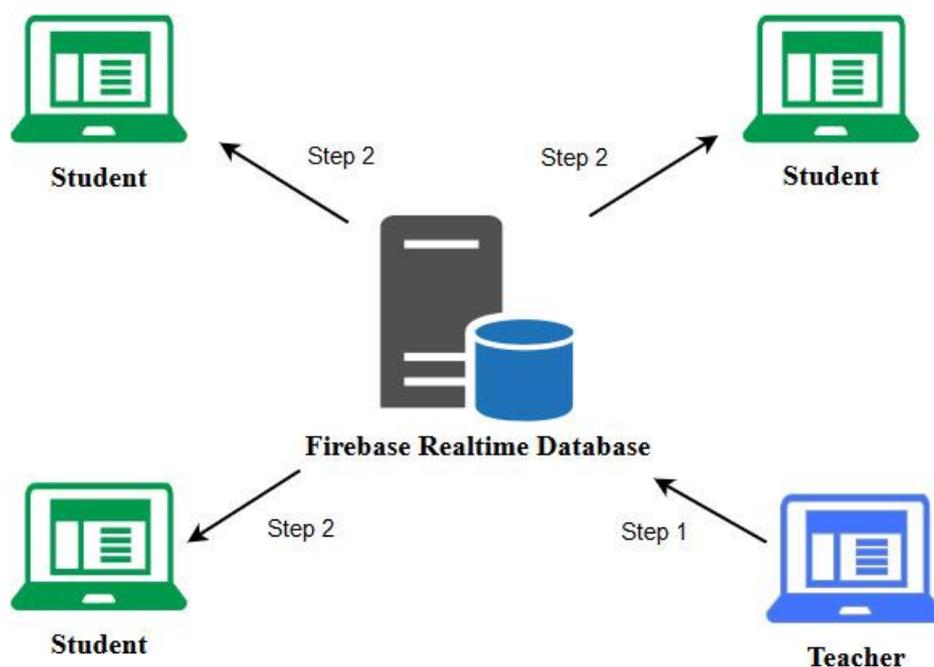


圖 十八、Firebase Realtime Database 即時同步示意圖 - 步驟 1 及步驟 2

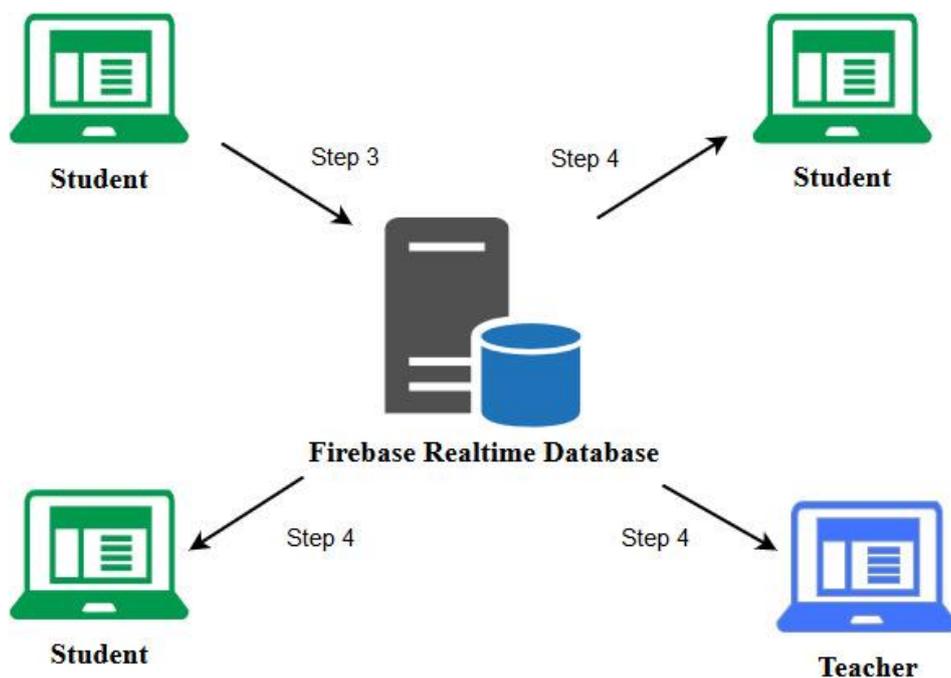


圖 十九、Firebase Realtime Database 即時同步示意圖 - 步驟 3 及步驟 4

接下來將介紹 Interactive Note-taking System 功能的各項實作細節，以下五節分別說明：筆記功能、課程中的互動問答、筆記的分享、教師監督學生筆記、投影片以及課程廣播。

第一節 筆記功能

第一小節 筆記內容的讀寫操作

本系統提供學生在網頁上記錄新的筆記與閱讀舊有的筆記。筆記記錄區的功能是使用 Firepad[18]來實作，如圖二十所示。Firepad 為一個開源程式碼的共同程式及文字編輯器，提供在網頁上即時同步輸入 RTF 的功能。本系統在學習頁面中嵌入 Firepad，提供學生有一個像是 Microsoft Word 即時編輯筆記的使用者體驗，能夠任意的變換字型、顏色、格式、條列清單、甚至是縮排等等，可以按自己的習慣自由整理筆記，最後將筆記內容存入 Firebase Realtime Database

之中。Firebase Realtime Database 提供即時同步的功能，讓輸入 Firepad 的筆記內容達到即時儲存與更新的效果。

也因為輸入 Firepad 的內容具有即時儲存與更新內容的效果，教師也能透過 Firepad 來觀看學生在 Firepad 筆記記錄區中記錄筆記的整個記錄過程，幫助教師在課堂中就可以透過觀察每位學生的筆記情況來了解學生的學習狀況。

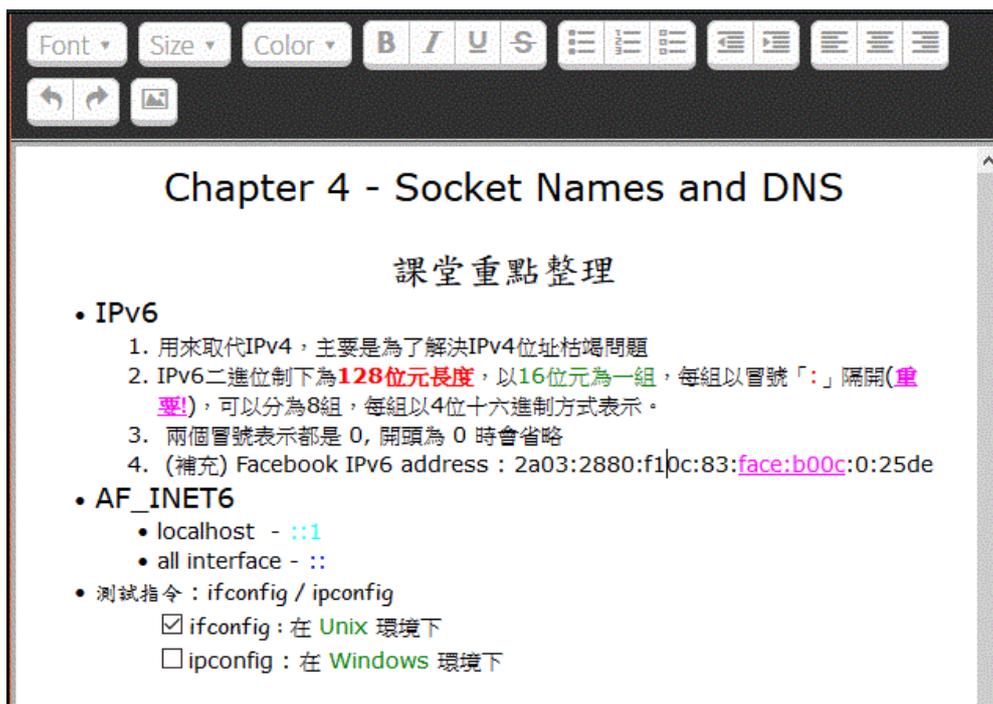


圖 二十、Firepad 筆記記錄區

第二小節 富文字格式的儲存

在第一小節中有提到 Firepad 可以顯示與儲存 RTF 的文字，接下來將介紹 Firepad 如何儲存 RTF 文字。首先，Firepad 在儲存使用者輸入的筆記內容時，每一筆資料稱作為一個 Revision，每個 Revision 會固定儲存兩個項目：a 與 o，分別代表使用者與動作陣列。假設使用者 Bob 在鍵盤上敲下了「A」這個字母，並且修改字母的字體大小為 24，這時 Firepad 會儲存兩個 Revision 在 Firebase Realtime Database 之中。第一個 Revision 儲存的 JSON 資料為 `{ "a": "Bob", "o": [1, "A"] }`，表示 Bob 在 Firepad 中的位置 1 的地方輸入了「A」；第二個 Revision

儲存的 JSON 資料為 `{ "a" : "Bob", "o" : [1, { "fs" : "24px" }] }`，表示 Bob 在位置 1 的地方將字體大小(Font Size)改成了 24px，fs 代表 Font Size 的意思，表一為文字屬性與符號對照表，表內僅列出幾個常用的文字屬性作為範例說明。由以上範例可以得知，當 Firepad 要顯示內容時，只需要解析這些 Revision，再轉換成對應的 HTML tag 與 style，就可以在網頁上呈現 RTF 的效果。

表一、Firepad 常用的文字屬性與符號對照表

文字屬性	代表符號
Bold	b
Italic	i
Underline	u
Font	f
Font Size	fs
Color	c

第二節 課程中的互動問答

如第一節所描述，學生可以使用本系統作自己的筆記。除了記錄上課內容之外，學生可以在本系統所提供的課程討論區與其他學生及教師透過即時文字傳輸作交流與溝通。除了輸入一般的文字訊息之外，也可以輸入斜線指令(Slash Commands)來使用特定的系統功能，表二為斜線指令列表。圖二十一為課程討論與斜線指令問答展示圖，圖片的左半邊為課程討論區，黑色的文字皆為學生及教師輸入的一般文字訊息，當使用斜線指令時，系統會在課程討論區中以不同顏色的文字來通知使用者。例如教師想在課堂中利用斜線指令發起一個「請問 IPv4 位址的長度是多少個 Bytes?」的問題，可以在對話框中輸入「/Q 請問 IPv4 位址的長度是多少個 Bytes?」，完成後系統便會提示教師已完成提問，並且將問題顯示在畫面右邊的斜線指令問答區之中，學生就可以在斜線指令問答區中看到這個問題。假設學生想回答第一題，回答內容為「4 bytes」，此時可以輸入「/A 4 bytes」，教師的畫面上即可看到該學生以及其他學生的回答狀況。圖二十一右半部分的斜

線指令問答記錄區即為教師操作此系統發問並且觀看每位學生回答狀況的使用畫面。另外，學生也可以利用「/Q」來向教師發問問題。例如學生想問教師「為什麼需要 IPv6?」，可以輸入「/Q 為什麼需要 IPv6?」在輸入視窗中並送出，教師以及所有學生都能看到這個問題。此時教師可以利用「/A 因為 IPv4 有位址枯竭的問題」來回答，如圖二十二中的學生發問與教師回答。由上述例子可以發現，教師在使用「/A」回答問題時並不需要如同學生使用「/A」搭配題號來回答問題，這樣的設計是為了保留教師在課程討論區中回答問題的彈性。由於學生數量較多，不只一位學生對同樣的問題發問是常見的情況。為了應對這樣的情況，因此在設計上取消學生發問與教師回答的編號，並以特別的顏色註記這些問題與回答，讓教師可以透過課程討論區統一回答或統一講解多位學生發問的觀念，也方便每位學生觀看。另外，為了方便斜線指令的使用，教師及學生也可以輸入「/?」來查看各指令的詳細用法，圖二十二中的幫助說明即為「/?」教導教師如何使用斜線指令的操作範例。

The screenshot displays two side-by-side panels. The left panel, titled '課程討論區' (Course Discussion Area), contains a chat log with the following text: '林嘉緯: 請問剛剛老師提到的關鍵字是什麼?' (Lin Chia-wei: What are the keywords mentioned by the teacher just now?), '[教師]Chia-Wei Lin: 請有聽到的同學回答一下' ([Teacher] Chia-Wei Lin: Please answer if you have heard), 'Alvin Lin: 是 TCP 和 UDP' (Alvin Lin: It's TCP and UDP), '林嘉緯: 我知道了, 謝謝!' (Lin Chia-wei: I know, thank you!), and '[教師]Chia-Wei Lin: 請專心上課!' ([Teacher] Chia-Wei Lin: Please focus on class!). Below this are system messages: '【系統】已新增一則問題' (System: A new question has been added), '【系統】學生 林嘉緯 回答了問題 1' (System: Student Lin Chia-wei answered question 1), and '【系統】學生 Alvin Lin 回答了問題 1' (System: Student Alvin Lin answered question 1). At the bottom of the panel is a blue '送出' (Send) button. The right panel, titled '斜線指令問答記錄' (Slash Command Q&A Record), shows a list of questions and answers: '1. 請問 IPv4 位址的長度是多少個 Bytes?' (1. What is the length of IPv4 address in Bytes?), '- 林嘉緯: 4 bytes' (Lin Chia-wei: 4 bytes), '- Alvin Lin: 32 bits = 4 bytes' (Alvin Lin: 32 bits = 4 bytes), and '2. 請問 IPv4 與 IPv6 的位址誰比較長?' (2. Which address is longer, IPv4 or IPv6?).

圖 二十一、課程討論區與斜線指令問答

表 二、斜線指令列表

指令	功能描述
/Q	發起一個問題。若由教師使用，該問題會被記錄在斜線指令問答記錄區之中，供學生回答。若由學生使用，該問題會顯示於課程討論區中，讓所有人觀看。
/A	用來回答問題。若由學生使用，可以根據斜線指令問答區的題號，輸入題號來回答問題。若由教師使用，該回答只會顯示於課程討論區，並特別作標記，讓學生能清楚看到。
/?	各指令使用方法說明



圖 二十二、斜線指令-學生發問與教師回答

除了利用斜線指令之外，本系統還有互動選項問答與統計功能，教師可以透過此功能新增一個問題與對應選項，圖二十三為新增問題的輸入表單，例如題目為「IPv6 位址長度是幾個 Bytes?」，並且提供四個選項讓學生選擇，按下「新增」後，學生的即時互動問答頁面就會出現該問題與選項。圖二十四為學生的互動式

問答介面，此時學生選擇了 A 選項「16 Bytes」，送出後便會顯示其他同學的答題情況，由圖二十四畫面右半邊的圖表可以看出，有 75% 的學生選擇了 A 選項。而在教師的互動式問答頁面中，如圖二十四表示，畫面左半邊會列出每個選項共有多少人選擇，像是選項 A 有 3 個人選擇，選項 D 則有 1 個人選擇，畫面右半邊則列出統計圖表。

透過斜線指令與互動選項問答功能，教師可以很快速的在課堂上新增一個問題與全部學生進行互動，即時檢視學生學習上的理解程度，而且所有的問答功能皆沒有特地公布標準答案為何，教師可以在上課時口頭說明答案，或是讓學生們自己透過線上討論區或是彼此面對面討論，看著他人的回答以及統計圖表，想想為何自己的答案與他人不同，藉由這樣的互動方式提升教學與學習成效。



互動選項問答 - 新增問題

問題描述 (必填):
IPv6 位址長度是幾個 Bytes?

選項 A (必填):
16 Bytes

選項 B (必填):
32 Bytes

選項 C:
64 Bytes

選項 D:
128 Bytes

取消 新增

圖二十三、教師新增互動式問答的問題

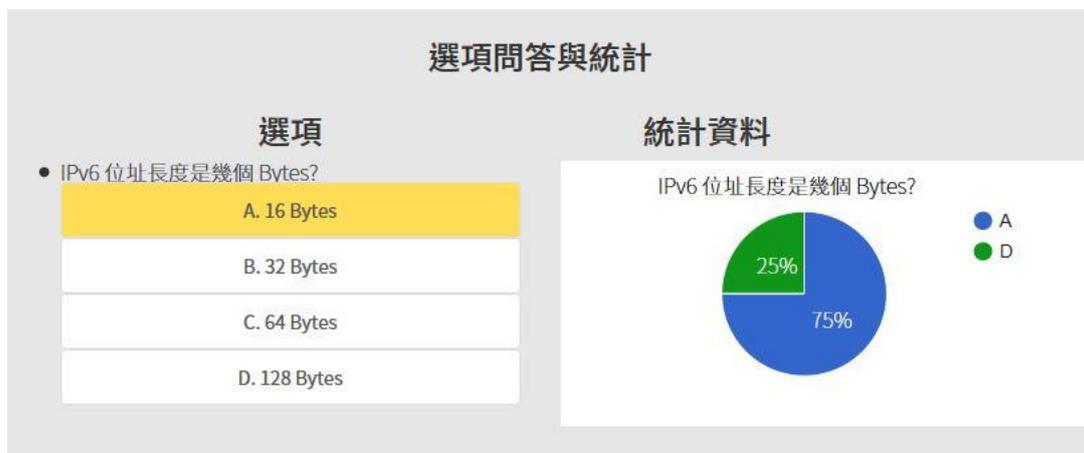


圖 二十四、學生操作即時互動問答功能



圖 二十五、教師操作互動式問答功能

第三節 筆記的分享

如第一節所描述，使用者可以使用本系統作自己的筆記。在筆記分享的功能上，本系統以「共享」筆記的方式來取代市面上眾多的「共同」筆記。而共享筆記的核心概念，是每位使用者都能確實作自己筆記的前提之下，再去參考他人的筆記內容。為了達到確實自己作筆記的目的，本系統在筆記的分享功能上，特別禁止筆記分享視窗內的文字選取功能，使得使用者只能暫時透過視窗參考他人的筆記，看看是否有什麼自己遺漏的重點，無法直接複製貼上。自己動手作筆記的學習效果會比只是簡單地複製貼上內容在筆記中的學習效果好，而且對於學習的內容比較能夠長期記憶[14]。圖二十六為學生利用共享筆記功能取得某位同學筆

記後的共享筆記視窗，在這個視窗中可以清楚看到筆記的內容與重點劃記，以及這份筆記總共被觀看了幾次，但是正在使用共享筆記功能的學生沒辦法複製這個視窗內看到的任何內容，必須關掉視窗後才能繼續作自己的筆記。

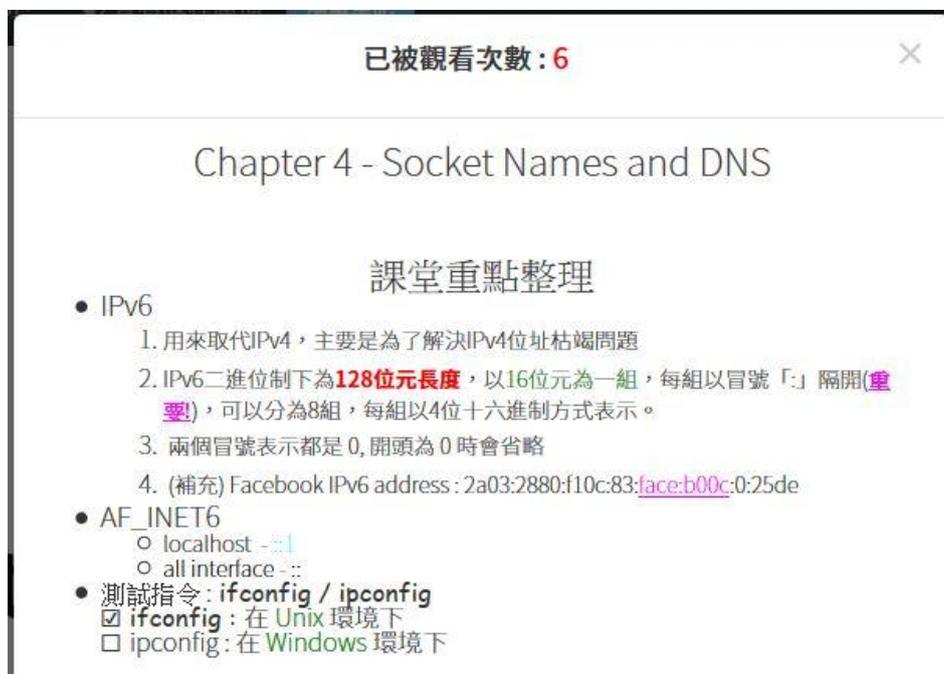


圖 二十六、共享筆記功能

在共享筆記的部分，本系統也納入權限控管的功能，學生可以個別設定每篇筆記是否要讓其他同學觀看，或是針對特定的幾位同學設定觀看權限。圖二十七為共享權限設定視窗，畫面上有一個變更權限的滑動按鈕，以此來選擇要允許或是禁止其他所有同學觀看自己的筆記。變更權限按鈕是針對所有人的權限，當學生想要針對特定的同學開放不同的權限時，可以在圖二十七下方的輸入區輸入該同學的電子郵件，即可特別開放或禁止共享筆記權限給特定的同學。透過共享筆記的權限設定，讓每位學生的筆記可以擁有最基本的隱私。



圖 二十七、共享筆記權限設定

第四節 教師監督學生筆記

在互動方面，除了第二節所提到的互動式問答之外，本系統特別強調「筆記即互動」的概念。學生間可以透過第三節所提到的共享筆記來互動。而教師方面，則可以即時觀察每位學生每字每句抄寫筆記的過程。圖二十八為教師監督學生筆記的畫面，畫面右半部顯示了所有參與該課程的學生列表，教師可以在此列表選擇該學生的筆記來觀看。當教師選擇一位學生後，畫面上便會顯示該學生的筆記內容，圖二十八左半部即為學生的筆記內容。顯示學生筆記的部分，是採用 Firepad 搭配 Firebase Realtime Database 來實作，根據教師選取的學生至資料庫中存取對應的學生筆記資料並顯示。也因為 Firebase Realtime Database 即時同步更新的特性，當學生在自己的 Firepad 中作筆記時，筆記內容也會同步更新到教師的 Firepad 之中，讓教師可以達到即時監督學生作筆記的效果，觀察學生的學習狀況來調整自己的教學步調。除了觀看筆記之外，教師也可以即時修改學生的筆記內容，透過筆記提供師生間的互動。

圖二十八的學生列表，除了提供教師選取學生觀看筆記功能之外，同時也記

錄了每位學生的共享筆記總觀看次數，讓教師可以輕易地看到哪位學生的筆記是學生間較為熱門的，作為觀察筆記與教學時的一個參考依據。

另外，第三節中所提到的共享筆記權限功能，為了讓教師能夠確實掌握每位學生的學習狀況，因此教師的觀看權限並無法被學生所排除。每位教師皆能夠監督學生的筆記內容



共享次數	學生列表
6	林嘉緯 <s102321003@mail1.ncnu.edu.tw >
1	Alice <alice@test.email.com >
1	Bob <bob@test.email.com >
0	Chris <chris@test.email.com >
0	David <david@test.email.com >
0	Eva <Eva@test.email.com >
0	Frank <frank@test.email.com >
0	Gary <gary@test.email.com >

圖 二十八、教師監督學生筆記

第五節 投影片

使用者可以在此系統的網頁介面上直接閱讀與操作投影片，而教師可以新增自己準備好的投影片檔案到系統中。投影片的操作是以 Microsoft PowerPoint 內嵌程式碼[15]為基礎來實作。打開投影片檔案後，選擇「內嵌」功能(圖二十九)，之後便會取得該投影片檔案的專屬內嵌程式碼(圖三十的下方)，並貼到系統新增投影片的功能中(圖三十一)。系統便會解析、擷取這段程式碼，轉換成系統需要的格式與樣式並且嵌入到對應頁面的 HTML IFRAME Tag 中，使用者就可以在該課程章節的頁面中透過網頁介面直接操作該投影片。圖三十二為學生正在觀看教師新增的投影片一邊做筆記的示意圖。

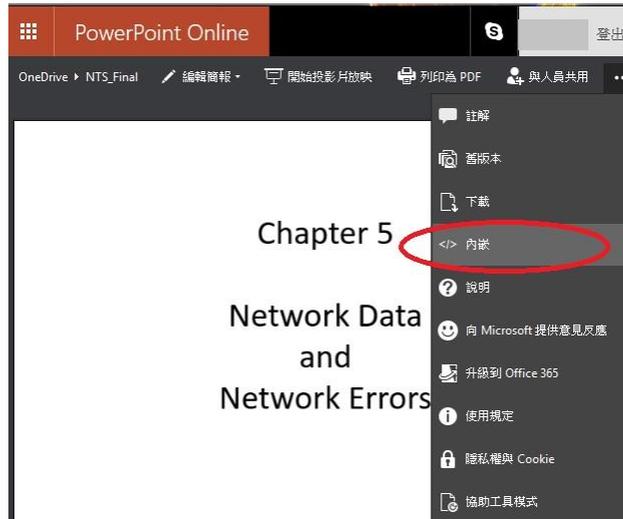


圖 二十九、選擇投影片內嵌



圖 三十、Microsoft PowerPoint 內嵌程式碼畫面[15]



圖 三十一、新增投影片功能

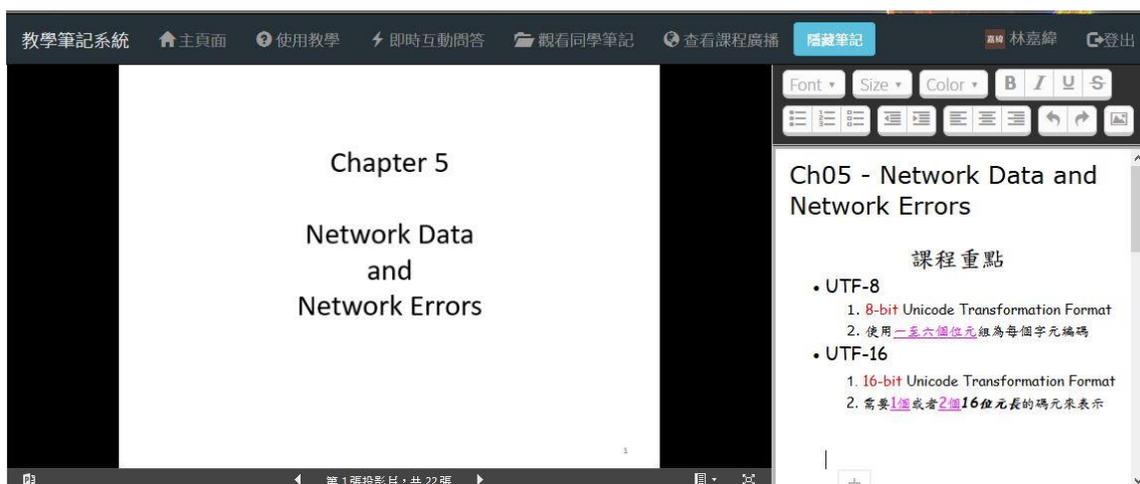


圖 三十二、學生觀看投影片一邊做筆記

第六節 課程廣播

課程廣播功能，是利用 WebRTC (Web Real-Time Communication) [16] 搭配螢幕擷取的 Screen Capturing 瀏覽器插件[17]來完成廣播。系統以 Socket.io 作為 Signaling Server，當作每位使用者間的溝通橋樑，藉此詢問目前的課程是否有廣播正在進行。當廣播正在進行中，系統便會與正在廣播的設備以 Peer-to-Peer Connection 的方式作連接，取得螢幕擷取畫面後將影像串流傳給每位觀看課程廣播的使用者[17]。圖三十三為教師啟動課程廣播時的詢問畫面，可以選擇要分享整個畫面或是應用程式視窗，按下分享後學生便可以收到畫面，看著課程廣播來上課，如圖三十四。

當學生正在觀看課程廣播時，若想回去參考原本的投影片檔案內容時，可以點擊圖三十四上方工具列的「顯示離線投影片」紅色按鈕，隨時在課程廣播以及離線投影片做切換，讓跟不上教師教學步調或是想回去參考某頁投影片的學生能夠同時利用課程廣播以及投影片來學習以及作筆記，增加學習的效率。



圖 三十三、Screen Capturing 擷取螢幕

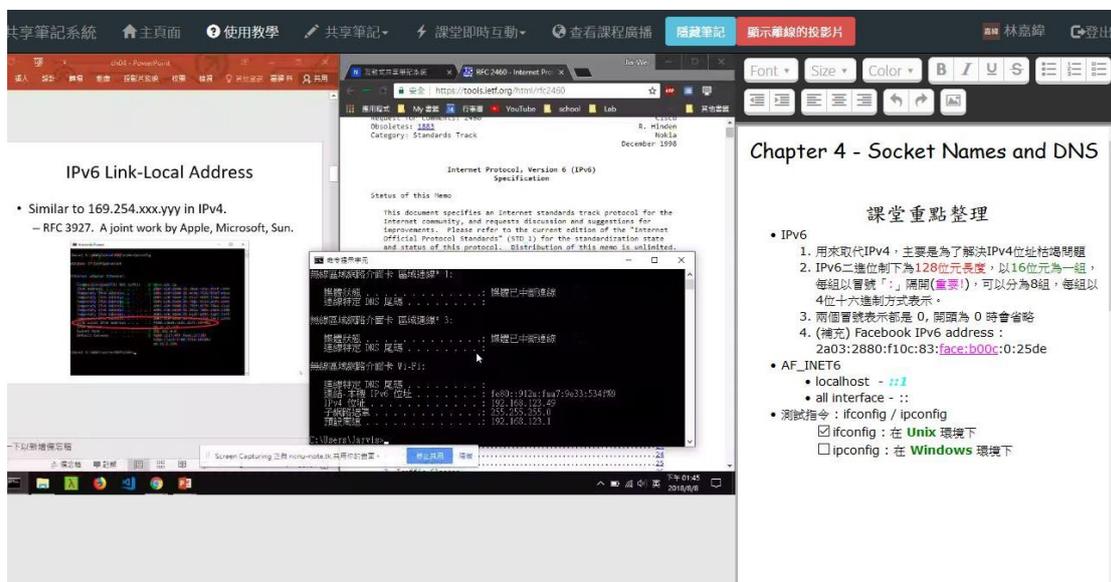


圖 三十四、學生正在觀看教師的課程廣播，一邊作筆記

第五章 實驗結果

本研究提出互動式線上教學與學習系統，經過實際部署，已能夠在大學部約 20 位學生的程式設計課堂過程中讓教師與學生實際操作。學生可以在教師上課時，透過教室的電腦或是自己的智慧手機或平板電腦操作此系統，觀看教師上課的投影片並作筆記，以及共享其他學生的筆記；教師則可以透過教師專用的電腦使用此系統觀看學生的筆記，並與學生利用互動式問答與斜線指令進行課堂即時互動，達到輔助教學的目的。

在課程廣播的部分，本系統使用 WebRTC 搭配螢幕擷取的瀏覽器插件來完成，讓教師得以廣播電腦中的螢幕擷取影像來教學。每位學生會與教師的電腦建立端對端連線(Peer-to-Peer Connection)來取得課程影像。但是實驗發現，當學生人數增加時，教師電腦所要維持這些連線數所消耗的 CPU 資源也會隨著增加，進而影響連線的品質，圖三十五為學生連線人數與 CPU 使用率的分析圖。目前在作業系統為 Windows 10、CPU 為 Intel® Core™ i5-4590、RAM 為 4GB 的 64 位元教師電腦上，使用課程廣播擷取教師的螢幕做測試，僅能支援約 4 位學生同時連線至一位教師電腦並流暢地觀看課程廣播。未來可以針對 WebRTC 模組就課程廣播的效能作進一步改善，或改採 multicast 方式進行。

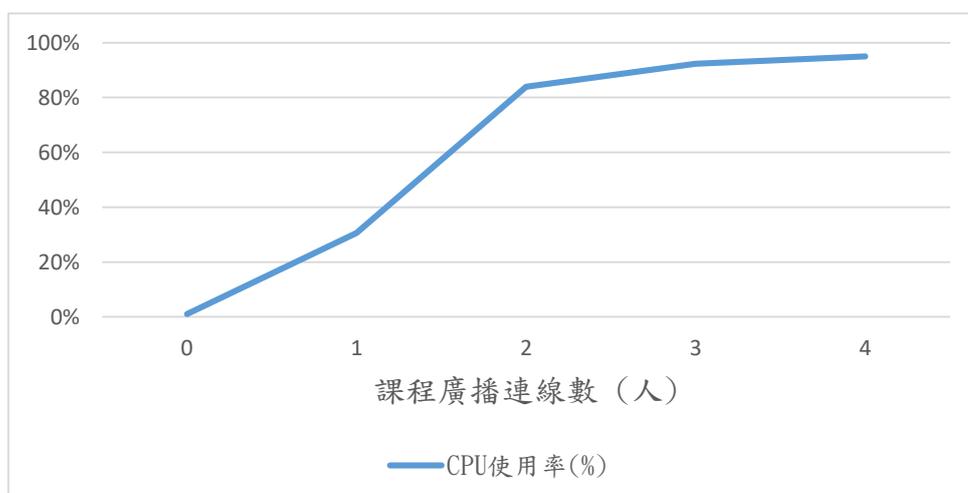


圖 三十五、課程廣播效能分析圖

第六章 結論與未來展望

本研究提出互動式線上教學與學習系統，以輔助大學課堂教學，達到提升教學與學習的目的。此系統可以在任何具備瀏覽器的電子設備上運行，不必額外安裝軟體。教師可以透過此系統提供課程廣播與離線教學投影片，並且即時觀察學生的學習狀況；學生則是可以在課堂或是下課後，透過此系統一邊觀看投影片一邊作筆記，還能夠彼此分享筆記的內容。

為了避免學生只是消極地複製剪貼他人的筆記內容，本系統在分享筆記的設計上封鎖了複製的功能，讓學生觀看他人筆記後必須自行消化內容再記錄於自己的筆記之中。

本系統利用斜線指令提供教師與學生課堂間的互動，教師可以利用斜線指令發布一個問題讓學生回答，而學生可以將自己不懂的觀念透過斜線指令記錄在課程討論區之中，教師就可以立刻了解每位學生的回答狀況以及疑問，掌握學生學習狀況並且給予回覆，達到課堂互動的效果。除了斜線指令外，本系統還有即時互動式選項問答的功能，教師可以利用這個功能在課堂上發起一個包含選項的問題，讓學生在課堂中回答。當學生回答後，教師與學生可以馬上透過統計圖表觀看這個問題的回答狀況，有助於學生檢視自己的學習狀況，教師也可以透過學生的回答調整教學，達到提升教學與學習的效果。

目前，本系統僅實驗於資訊工程學系的程式設計課程，對於其他仍使用紙本課本以及黑板書寫的課堂或是科系來說，本系統的幫助仍然有限。未來若能夠將教室內的攝影機畫面納入本研究的系統之中，利用影像辨識或是聲音辨識來解析教師講課的內容並呈現在畫面上供學生作筆記，本研究所提供的系統將會對大學課堂教學有更加全面性的幫助。

另外，本系統未來還可以搭配人工智慧(Artificial Intelligence)，對每堂課學生的提問與教師回答作長期的收集與解析，打造出能夠協助回答問題的即時

問答機器人程式，讓教師能夠善用課堂時間針對較為困難或複雜的觀念進行講解，而較為簡單的問題交給即時問答機器人程式處理即可。同時，教師也能夠透過人工智慧所分析的資料來了解學生容易產生誤解的觀念，並據以改進教學方式，提升教學品質。

共享筆記部分，目前系統會記錄每篇筆記被共享筆記功能觀看的次數，提供學生以及教師一個參考的依據。未來可以加入星號評分或是像 Facebook 按讚 (Like) 的功能，以及他人留言評論的功能，讓每份筆記都擁有自己的評價資訊，提供在共享筆記以及監督筆記時有更多的參考依據，同時也藉此激勵學生努力學習作一份好的筆記，提升學習效力。

最後，本研究著重於提供一套系統實作的方式與成果並實驗於大學課堂教學之中，對於教學與學習成效上實質提升的數據，未來還必須繼續作下一步研究和分析。

參考資料

- [1] Scott Schrage, “Lesson learned? Massive study finds lectures still dominate STEM education” , [Nebraska Today](#), March 29, 2018.
- [2] R. Wormeli, 教學生做摘要, 心理出版社, 2006.
- [3] Shep McAllister, “Use Google Docs to Collaborate on Class Note Taking” , HuffPost, April 3, 2011.
- [4] Google, “ Google Docs – create and edit documents online, for free” .[Online]. Available:
https://www.google.com/intl/zh-TW_tw/docs/about/
- [5] Dropbox, “Dropbox Paper” . [Online]. Available:
<https://paper.dropbox.com/>
- [6] HackMD, “HackMD – Collaborative markdown notes” . [Online]. Available: <https://hackmd.io/>
- [7] Evernote Corporation, “Evernote” . [Online]. Available:
<https://evernote.com/>
- [8] Microsoft, “Microsoft OneNote | The digital note-taking app for your devices” . [Online]. Available: <https://www.onenote.com>
- [9] R. Anderson, R. Anderson, P. Davis, N. Linnell, C. Prince, V. Razmov and F. Videon, “Classroom Presenter: Enhancing Interactive Education with Digital Ink,” *IEEE Computer Society*, pp. 56-61, September 17, 2017.
- [10] M. Kam, J. Wang, A. Iles, E. Tse, J. Chiu, D. Glaser, O. Tarshish and J. Canny, “Livenotes: a system for cooperative and augmented note-taking in lectures” in *Proc. ACM Conf. Human Factors in Computing*

- Systems, CHI '05*, pp. 531–540, 2005.
- [11] P. B. Lowry, A. M. Curtis and M. R. Lowry, "A Taxonomy of Collaborative Writing to Improve Empirical Research, Writing Practice, and Tool Development," *Journal of Business Communication* (JBC), vol. 41, no. 1, pp. 66–99, 2004.
- [12] A. Dillon, "Chapter 5: How Collaborative is Collaborative Writing? An Analysis of the Production of Two Technical Reports" in *Computer Supported Collaborative Writing*, Springer, London, 1993.
- [13] 維基媒體基金會, "維基百科". [Online]. Available:
<https://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>
- [14] A. Bauer and K. Koedinger, "Evaluating the Effect of Technology on Note-Taking and Learning" in *Proc. ACM Conf. Human Factors in Computing Systems. CHI EA' 06*, Montréal, Québec, Canada, April 2006, pp. 520–525.
- [15] Microsoft, "Embed a PowerPoint presentation on a web page". [Online]. Available:
<https://support.office.com/en-us/article/embed-a-powerpoint-presentation-on-a-web-page-b2073264-7707-46d2-84d1-b68a42825bcf>
- [16] WebRTC, "WebRTC". [Online]. Available: <https://webrtc.org/>
- [17] Muaz Khan, "WebRTC Experiments". [Online]. Available:
<https://www.webrtc-experiment.com/>
- [18] Firepad, "Firepad". [Online]. Available: <https://firepad.io/>
- [19] Google, "Firebase Realtime Database". [Online]. Available:
<https://firebase.google.com/docs/database/>

附錄

附錄一 架設 Interactive Note-taking System

本篇論文實作系統的安裝方式如下：

1. 需要環境：

I. Ubuntu 16.04

II. Node.js >= v8.11.2

i. 使用指令安裝 npm 以及 node：

```
$ sudo apt install npm nodejs-legacy
```

III. Google OAuth API

IV. Firebase Realtime Database

2. 建立 Google OAuth API

I. 在 **Google API Console** 中的 **APIs 和服務** 選取一個專案。若沒有專案，新增一個專案，如圖三十六。

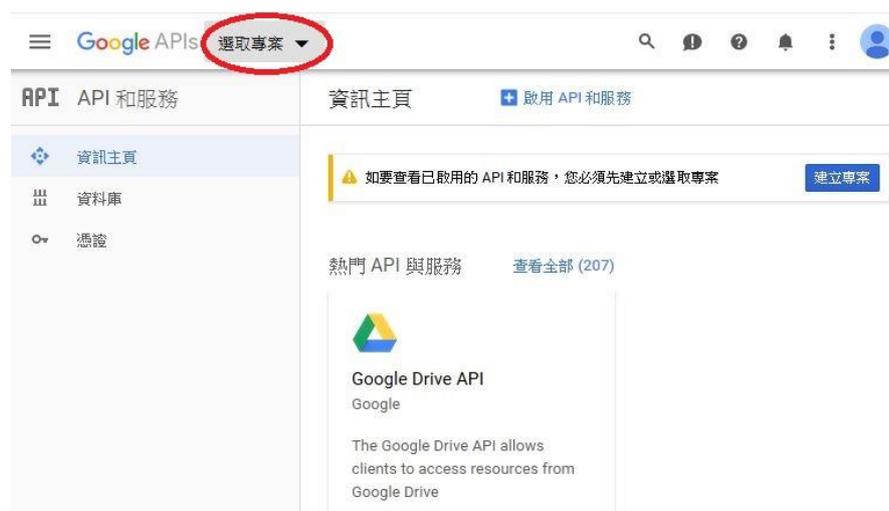


圖 三十六、Google API Console 選取專案

II. 在專案頁面中，點擊憑證->建立憑證->OAuth 用戶端 ID.



圖 三十七、Google API Console 建立憑證

III. 在建立 OAuth 用戶端 ID 頁面中，選擇網路應用程式，在已授權的 JavaScript 來源新增 `http://localhost:8080` 或是 `https://<your_domain>`，然後在已授權的重新導向 URI 之中新增 `http://localhost:8080/auth/google/callback` 和 `https://<your_domain>/auth/google/callback`，最後按下建立按鈕，如圖三十八。



圖 三十八、建立 OAuth 用戶端 ID 操作

IV. 按下新增之後，畫面上會顯示一個 OAuth ID 的視窗，複製視窗中的 clientID 以及 clientSecret，然後取代 config 資料夾底下的 auth.json 檔案之中的 clientID 以及 clientSecret，如圖三十九。

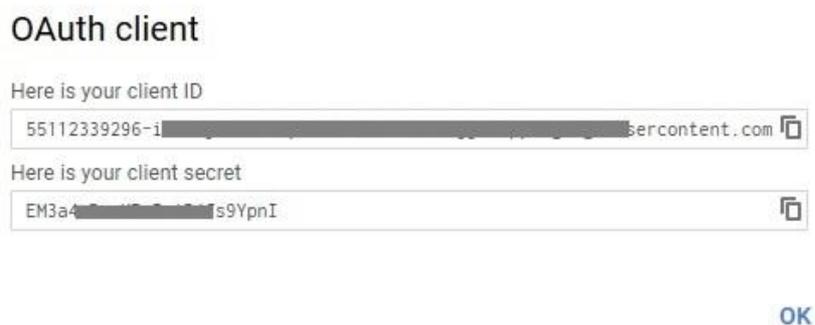


圖 三十九、OAuth client

3. 建立 Firebase Realtime Database

I. 在 Firebase Console 新增一個 Firebase 專案，如圖四十。



圖 四十、Firebase Console 新增專案

II. 在專案頁面中，點擊將 Firebase 加入您的網路應用程式，如圖四十一。



圖 四十一、將 Firebase 加入網路應用程式

III. 畫面上會出現一個程式碼視窗，如圖四十二。複製畫面上顯示的程式碼，請勿修改任意內容。



圖 四十二、Firebase 加入網路應用程式程式碼

III. 儲存上述程式碼，並取代 firebase-init.js 內 function initFirebase() 所包含的 var config = {...} 部分。

4. 從 Github 取得原始碼，並且安裝相關套件

```
$ git clone https://github.com/alvin9453/NTS_Final.git
```

```
$ cd ./NTS_Final/
```

```
$ npm install
```

5. 在 bin 資料夾底下新增一個名為 ssl 的資料夾。如果要使用 https 的登入系統，就必須把自己伺服器內的 public key 命名為 *certificate.crt*、private key 命名為

private.key 並放到 ssl 資料夾下。若只是在 localhost 下做測試，直接用以下指令新增兩個空檔案即可：

```
$ touch certificate.crt
$ touch private.key
```

6. 修改 bin/www 檔案，如果系統在 localhost 上測試:

```
var isUseHTTPs = false;
....
// var port = 443; // comment this line
var port = normalizePort(process.env.PORT || '8080');
```

如果在 https 的 domain name 上測試：

```
var isUseHTTPs = true;
....
var port = 443;
// var port = normalizePort(process.env.PORT || '8080'); // comment this line
```

7. 將 firebase-init.js 放到 public/javascripts 資料夾中，取代舊有的檔案。接下來複製 firebase-init.js 內容中 var config{...} 的部分，取代 app.js 之中裡面已被註解的 var config = {...} 的內容(第 20 行到第 28 行)，並且取消註解。

8. 根據你的測試環境，修改 config/auth.json 內的 callbackURL

```
"callbackURL": "http://localhost:8080/auth/google/callback"
```

9. 啟動系統

```
$ npm start
```

10. 打開瀏覽器，在網址輸入 localhost:8080 或是 https://<your_server_domain>

開啟系統介面，就可以使用 Google 帳號登入使用系統。

附錄二 初次使用 Interactive Note-taking System

依照附錄一的步驟架設本系統，由於剛建立新的 Firebase Realtime Database 資料庫，尚無資料可供選取。在此系統中，教師的身分需要透過管理員指派，才能夠操作教師的功能。並且需要透過管理員新增一堂課程，教師才可以在這個課程下新增投影片讓學生觀看與作筆記。第一次使用這個系統，請依以下步驟來。

1. 在登入頁面，請使用教師的 Google 帳號登入此系統，如圖四十三。



圖 四十三、選擇 Google 登入

2. 登入後，資料庫中便會記錄一筆該帳號的資料，但預設角色為學生。
3. 在登入頁面，使用管理員登入，如圖四十四。輸入預設帳號/密碼 (admin/admin)，進入到管理員頁面。



圖 四十四、使用者登入

4. 管理員可以在管理員頁面中按照介面指示新增課程，並且指派曾經登入過此系統的使用者身份為教師或是學生，如圖四十五。

2. 變更使用者身分

所有使用者 (綠色: 教師)

林嘉緯
Chia-Wei Lin
Alice
Bob
Cherry
David

使用者名稱:

變更身分為:

教師 學生

圖 四十五、變更使用者身分畫面

- 指派為教師後，請教師重新登入系統，便可成為教師的身分操作此系統。