



國立勤益科技大學

電子工程系碩士班

碩士論文

電子白板影像定位設計研究  
**Study on Electronic Whiteboard  
Construction Using White Board and  
Image Locating Technique**

研究生： 林柏樑

指導教授： 陳文淵 博士

中華民國九十九年七月

國立勤益科技大學  
研究所碩士班  
論文口試委員會審定書

本校 電子工程系 碩士班 林柏樑 君

所提論文 電子白板影像定位設計研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

論文口試委員會：

召集人：王 志 文

委員：劉 正 忠

李 建 樹

王 志 文

指導教授：蔡 文 淵

所 長：

中 華 民 國 九 十 九 年 七 月

# 電子白板影像定位設計研究

研究生:林柏樑 指導教授:陳文淵博士

國立勤益科技大學電子工程系研究所碩士班

## 中文摘要

教育部與國科會於 2007 年起擴大推動並正式引進互動式電子白板。電子白板的易用特性，讓老師和學生充分發揮想像力和創造力。比起使用滑鼠來操作，使用手指或手寫筆直接在白板上執行軟體，對學生說使用上較簡單且具較佳的互動性。

本文研發一種區塊定位演算法(Blocked Locating Algorithm, BLA)，配合 CCD 擷取之影像，完成一部高精確度之電子白板。在原理上，本研究採用雙線性內插法(bi-linear interpolation)來增加大尺寸白板的精確度。並採用參數  $n$  做為補償因子，補償白板位置沒有位於正確的相對位置所產生的誤差。經模擬實驗後證明本方法是一種有效的電子白板定位演算法。

本文使用單一 CCD 影像擷取器完成白板定位，CCD 影像擷取器價格比紅外線感應式、壓力觸控感式、超音波感應式便宜。市面上光學掃描式的產品需要四個 CCD 影像擷取器來定位大面積的白板，而本研究在相同面積下，只使用了兩個 CCD 影像擷取器，達成降低成本之目的。

# Study on Electronic Whiteboard Construction

## Using White Board and Image Locating Technique

### Abstract

Since 2007, Ministry of Education and the National Science Council promote and expand the formal introduction of interactive whiteboard. The friendly features of electronic whiteboard let teachers and students use their imaginations and creativity. Comparing with using the mouse to operate, it is better for students using fingers or a stylus directly in the board to run the software, which is a more straightforward and better interaction for students.

This study develops a Blocked Locating Algorithm, BLA, combined with CCD to capture the images to complete a high accurate whiteboard. In theory, this study uses bi-linear interpolation to increase the accuracy of large-size whiteboard. And using parameter  $n$  as a compensation factor, it will compensate white board which is not in the correct position errors caused by the relative position. The simulation experiment proves that this method is an effective whiteboard localization algorithm.

This study uses a single CCD image capture device to complete whiteboard positioning since CCD image acquisition devices are cheaper than infrared sensing devices, pressure sense touch type, and ultrasonic induction. Optical scanning products on the market require four CCD image capture devices to locate a large area of whiteboard. However this for the same area of whiteboard in this study, only two CCD image capture devices are used to achieve cost reduction purposes.

## 誌謝

感謝陳文淵老師在柏樑就讀研究所期間給予許多的研究方向與指導讓柏樑不僅能夠精進專業更能廣泛的接觸不同的產業領域，並且也分享了待人處事上的應對進退讓我對於未來進入社會能更有信心。也感謝口試委員王敬文副教授、李建樹副教授和劉正忠副教授百忙抽空來參加柏樑的畢業口試，且校閱學生的論文，提供寶貴的建議。

感謝實驗室的邱奕禮學長和張智欽學長在研究所期間的幫助，以及相處兩年的同學昆暢、昇原和冠男生活及課業上的幫忙。感謝學弟証兆、秋宇、璿祐和智群帶給實驗室歡笑。最後感謝父母和家人的支持與支出，讓我能專心努力於課業上，謝謝。

僅將此文獻給曾經陪伴我的每一個人，願大家能平安順心。

林柏樑 謹致

于國立勤益科技大學電子工程系研究所

中華民國九十九年七月十二日

## 目錄

中文摘要.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
第 1 章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 研究背景.....	1
1.3 研究動機與目的.....	2
1.4 章節概要.....	3
第 2 章 電子白板的發展.....	4
2.1 電子白板感應技術.....	5
2.1.1 紅外線感應.....	5
2.1.2 壓力觸控感應.....	6
2.1.3 電磁追蹤感應.....	6
2.1.4 超音波感應.....	7
2.2 電子白板原理與架構.....	8
2.3 電子白板業界發展現況.....	10
第 3 章 相關影像處理技術.....	15
3.1 數位影像處理.....	15
3.1.1 色彩轉換(COLOR TRANSFER).....	16

3.1.2 灰階直方圖(HISTOGRAM).....	17
3.1.3 二值化(BINARIZATION).....	19
<b>3.2 型態學(MORPHOLOGY).....</b>	<b>20</b>
3.2.1 膨脹(DILATION)與侵蝕(EROSION) .....	20
3.2.2 斷開與閉合(OPENING AND CLOSING) .....	21
3.2.3 拓撲學(TOPOLOGY) .....	22
<b>3.3 內插法.....</b>	<b>23</b>
3.3.1 線性內插法(LINEAR INTERPOLATION).....	23
3.3.2 線性內插近似法 .....	24
3.3.3 雙線性內插法(BILINEAR INTERPOLATION) .....	27
<b>第 4 章 演算法.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 白板矯正點設置.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 定位演算法.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 電子白板系統流程.....</b>	<b>38</b>
4.3.1 矯正點 .....	40
4.3.2 矯正點參數資料庫 CALIBRATION POINTS DATA BASE .....	41
4.3.3 影像前處理 .....	42
4.3.4 區塊定位演算法.....	43
<b>第 5 章 實驗結果與環境.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 測試情形.....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 測量方法.....</b>	<b>50</b>
<b>第 6 章 結論.....</b>	<b>55</b>
<b>6.1 結論.....</b>	<b>55</b>
<b>參考文獻.....</b>	<b>58</b>
<b>作者簡介.....</b>	<b>59</b>

## 表目錄

表 1. 辨識區塊參數 .....	44
表 2. 調整值 .....	47
表 3. 結果誤差值 .....	53
表 4. 本研究方法與其他感應方式比較 .....	57



## 圖目錄

圖 1. 為單一影像擷取器輸出影像定位之電子白板架構圖 .....	1
圖 2. 市面上以CCD光學掃描式產品，CCD影像擷取器配置 .....	2
圖 3. 本研究在相同面積下，只使用了兩個CCD影像擷取器 .....	2
圖 4. 電子白板提供多元用途[1].....	1
圖 5. 紅色線格是示意圖，實際上使用者並不會看到紅外線 .....	5
圖 6. 電阻式觸控示意圖 .....	6
圖 7. 電磁追蹤感應示意圖 .....	7
圖 8. 表面聲波式觸控示意圖 .....	8
圖 9. 互動電子白板架構示意圖 .....	9
圖 10. 互動電子白板多媒體教材毛毛蟲、分數數字排列遊戲[1].....	9
圖 11. 互動電子白板多媒體教材記數器、食字蟲互動軟體[1].....	9
圖 12. 整合式白板 .....	11
圖 13. 大尺寸電子白板 .....	12
圖 14. 大尺寸電子白板 .....	13
圖 15. 共寫的電子白板 .....	14
圖 16. 明度分佈圖 .....	17

圖 17.	對比愈強，HISTOGRAM分佈愈往兩端集中，	18
圖 18.	HISTOGRAM 常被用來決定二值化的 THRESHOLD 值	18
圖 19.	影像二值化前後(A)原始影像，(B)為使用二值化結果	19
圖 20.	拓撲前後	22
圖 21.	最近相鄰內插法說明圖	25
圖 22.	紅色的數據點與待內插得到的綠色點	27
圖 23.	研究動作流程圖	30
圖 24.	白板矯正點	31
圖 25.	白板邊緣黃色點為定位點	32
圖 26.	二值化之定位點影像結果	32
圖 27.	CA影像擷取器所得到的扭曲影像	33
圖 28.	使用本實驗演算法將影像轉為非扭曲影像	34
圖 29.	補償說明圖	34
圖 30.	系統流程圖-初始化階段	38
圖 31.	系統流程圖-定位階段	39
圖 32.	矯正點位置圖	40
圖 33.	白板辨識區塊劃分圖	41

圖 34.	影像前處理流程圖 .....	42
圖 35.	影像區塊定位演算法 .....	43
圖 36.	電子白板實驗環境圖 .....	45
圖 37.	電子白板影像擷取器辨識範圍示意圖 .....	46
圖 38.	白板辨識區塊編號 .....	48
圖 39.	白板矯正點 .....	49
圖 40.	前處理後的白板矯正點 .....	49
圖 41.	矯正點為線性關係 .....	50
圖 42.	白板上畫測量線 .....	50
圖 43.	測試點與測試線 .....	51
圖 44.	測試點P.....	52
圖 45.	測試點P之輸出結果.....	52
圖 46.	測試點P之放大結果.....	54
圖 47.	測試手寫字串 .....	54
圖 48.	手寫字串輸出結果 .....	55

## 第1章 緒論

### 1.1 前言

本研究旨在發展以單一影像擷取器輸出影像定位之電子白板，也就是說以一個影像擷取器的輸出結果定位白板筆之位置。圖(1)為單一影像擷取器輸出影像定位之電子白板架構圖，將影像擷取器連接到 PC，透過影像擷取器取得白板筆與白板影像輸入於個人電腦，經由個人電腦執行影像處理與單一影像輸入之定位演算法後得到座標，並利用投影機將個人電腦運算的坐標與應用程式結合，達到互動式的教學環境。電腦定位演算法所得到的座標可以代替滑鼠座標在白板上進行操作，藉此可以執行任何應用程式，如 Microsoft Office PowerPoint 等。

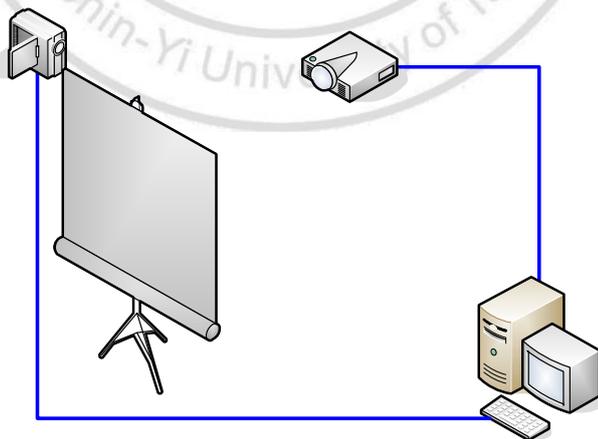


圖1. 為單一影像擷取器輸出影像定位之電子白板架構圖

本計畫使用單一影像擷取器完成範圍內定位，影像擷取器價格比起紅外線感應式需要的紅外線收發裝置、壓力觸控感應需要大面積的感應板、超音波感應需要超音波收發裝置等少了許多。與市面上相同以光學掃描式的產品相比，本計畫能減少影像擷取器使用個數，以達到降低成本之目的。圖(2)為市面上相同以光學掃描式的產品需要四個影像擷取器，而本研究在相同面積下，只使用了兩個影像擷取器，如圖(3)所示。



圖2. 市面上以 CCD 光學掃描式產品，CCD 影像擷取器配置



圖3. 本研究在相同面積下，只使用了兩個 CCD 影像擷取器

## 1.2 研究背景

互動式電子白板使白板的使用有關鍵性的改變。使白板能夠和電腦之間產生雙向的互動與操作，更使白板導入於 e 化系統中。互動電子白板的優點是能夠提升教學效率、執行各種應用軟體、提供多元的學習型態(如圖 4 所示)、有效改善教學環境等。



圖4. 電子白板提供多元用途[1]

教育部與國科會於 2007 年起擴大推動「資訊融入教學 I C T 計畫」，全面補助十五個縣市、上百所國中小，正式引進互動式電子白板。桃園縣龜山鄉大埔國小，成為全國第一個全校使用電子白板取代傳統黑板的學校。計畫主持人陳惠邦教授表示，互動式白板在全球相當普遍，超過二十五萬人有親身體驗，甚至與耶魯、哈佛等知名大學同步。互動白板是將電腦、單槍投影機、感應式白板結合的

整合系統，完全不同於過去授課時因操作不同介面，而須中斷教學的方式。不過價格也不便宜，光是一面互動白板加上應用軟體，就要八萬元。互動式電子白板是具有感應裝置的白板（硬體）與可配合白板使用的軟體所整合而成。利用電腦、微電子與電子通訊技術，成為一種新式的輸入/輸出設備，讓老師們以更直覺方式來操作方式，可與電腦直接溝通，操作軟硬體功能與教學資源，成為重要的人機智慧型平台。

### 1.3 研究動機與目的

使用互動式電子白板能夠提升教學效率在白板上學生可以隨時選擇筆的顏色和粗細，或用不同顏色的螢光筆呈現數字、提供多元的學習型態，如觸覺型學習者可以直接接觸白板或在白板上標記；聽覺型學習者透過白板討論；視覺型學習者可以看到白板操作的變化、符合所有年齡層的學生使用。電子白板的易用特性，可以讓老師和學生充分發揮想像力和創造力、老師和學生都不必忍受隨處飄揚的粉筆灰、簡易機械操作技巧就可以參與學習，比起使用滑鼠來操作，使用手指或手寫筆直接在白板上執行軟體，對學生來說更為容易上手、互動教學的最佳教具，使用者可以在電腦端或白板端輸入資訊，提供更大的互動彈性，例如老師在電腦前，學生則在白板旁，在教學互動中，更能讓學生提出想法和進行教學活動、其他週邊設備的最佳介面，可顯示數位相機拍攝的照片或影片，並隨時標

記或點出重點，例如觀看運動影片時，教練可以隨時點出運動員在什麼時間點，表現如何以及該怎樣反應、是絕佳的記錄工具，無論會議或是上課，參與者可以獲得完整的紀錄內容檔案。但是目前傳統的電子白板系統包含電腦、單槍投影機、感應式白板，在市場平均價格頗高。本研究針對互動式電子白板感應方式提出改良方法，與市面上之電子白板的產品相比需要大量且高成本的感應裝置相比較，本計畫確實能夠以更低的成本達到相同之目的，且不需要安裝大面積的感應裝置。本研究針對市面上互動電子白板以四個 CCD cam 使用 CCD 光學掃描式定位之方法提出改良，以一個影像擷取器測量固定平方面積內之白板筆的相對位置。

#### **1.4 章節概要**

本論文分成六章，第二章部份介紹電子白板的發展。第三章介紹相關的影像處理技術。第四章是本論文所提出的電子白板定位的演算法。第五章是實驗結果。最第六章為結論。

## 第2章 電子白板的發展

隨著數位化時代來臨，很多教學方式利用數位資訊科技導入於各領域的教學之中。教學媒體專家 Kozma(1994)認為現代社會已是媒體化(Mediated)的社會，人們對於資訊的搜尋、吸收、檢索、比較、分析都透過媒體來完成。電子白板即是將媒體元素融入教學環境中，並透過白板與電腦之間雙向互動，使教學方法更多樣化與互動性。以充實教學內容及利於學生的學習。電子白板是應用於教室教學中的新科技，可以用來改善教學環境與方法。電子白板為數位資訊科技導入教育的先端科技，包含英、美、加、澳、日等國已經將互動式電子白板應用於教學上。

電子白板的發展在國際方面有英國政府於 2002 年一月宣布投入九百九十萬歐元提供電子白板設備（包括白板、PC 及單槍），並進行前導計畫。之後，從 2003 至 2004 提撥了 2500 萬歐元的經費用於支援中小學採購電子白板設備，同時成立了「National Whiteboard Network」，該計畫讓電子白板在教育討論及相關研究上成為眾所矚目的焦點。在國內方面，教育部與國科會從九十六學年度起擴大推動「資訊融入教學 ICT 計畫」，全面補助上百所國中小，正式引進電子白板。在 2009 年開始啟動的振興經濟方案中，教育部擴大辦理「建置中小學優質化均等數位教育環境計畫」，其中互動式電子白板的教學應用預期將迅速普及。

## 2.1 電子白板感應技術

依照白板感應技術的不同，目前互動式電子白板可以分為五大類，分別為紅外線感應、電磁感應式、壓力感應式、超音波感應式、CCD 光學掃描式。

### 2.1.1 紅外線感應

紅外線感應是在電子白板的四周密布多個紅外線感應器，構成足夠密度的掃描網(如圖)，以得到精準的定位，採用 XY 軸原理定位，隨著感應器數量增加，定位精準度也會跟著提升，根據物體阻擋住水平與垂直的紅外線，即可得到 XY 軸的座標而得到定位訊息。由於以紅外線阻斷來做為偵測依據，因此不需要使用專用筆，以手指即可書寫。[2][3]

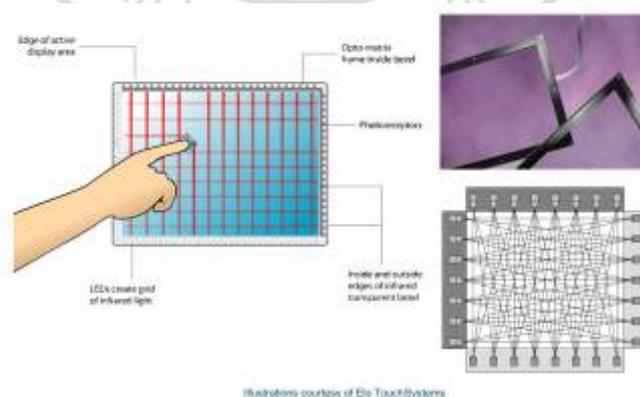


圖5. 紅色線格是示意圖，實際上使用者並不會看到紅外線

### 2.1.2 壓力觸控感應

由多層膜構成，主要包括負責偵測水平及垂直訊號的電阻薄膜與導電膜等，透過導電膜與電阻薄膜的接觸來定位，當任意一種筆筆尖或手指觸壓在白板上時，導電膜與電阻薄膜會接觸而產生電子訊號，訊號裡包含水平(X 軸)與垂直(Y 軸)的座標，再將訊號的相對位置回傳至電腦上。[4][5]

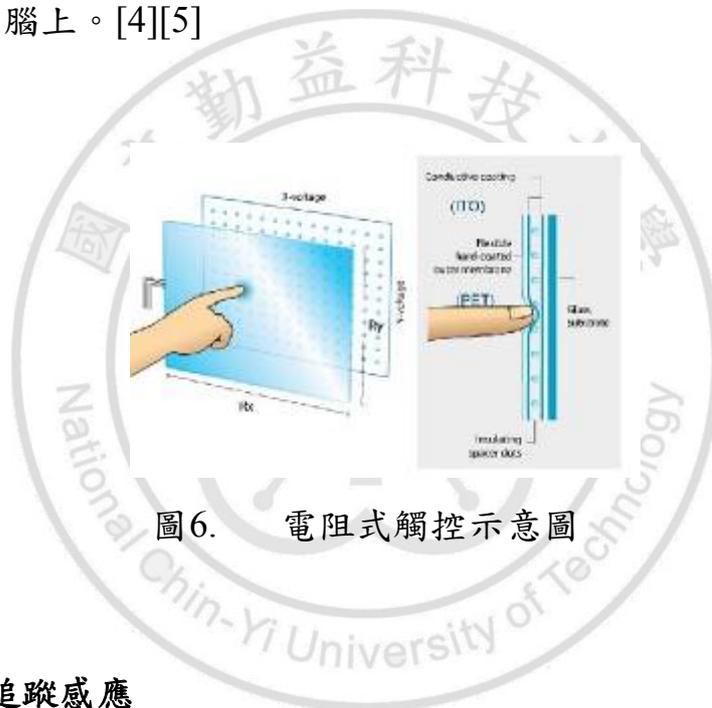


圖6. 電阻式觸控示意圖

### 2.1.3 電磁追蹤感應

白板裡嵌入感應線圈，各自偵測水平與垂直位置的訊號，因感應線圈為被動式，必須有一個裝置發送訊號。一般以筆的型態呈現，稱為感應筆或電子筆，根據感應線圈與感應筆彼此交換訊號來定位，使用時感應筆會發出訊號，當感應筆移動或書寫時，感應線圈接收到訊號之後就會定位，然後把相對位置回傳至電腦上，但此定

位方式需使用特定感應筆(如圖 7 所示)。[6]

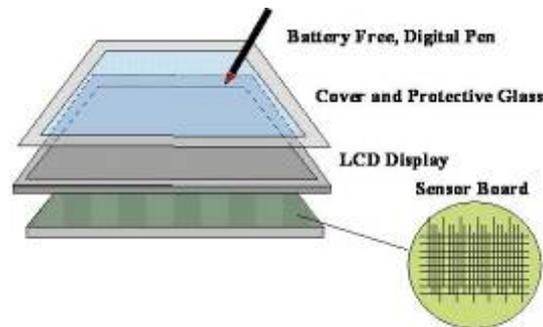


圖7. 電磁追蹤感應示意圖

#### 2.1.4 超音波感應

白板上緣左右兩邊各放一個超音波接收器，而訊號的發送則是透過專用的發射器，通常也會以筆的型態呈現，靠接收器與發射器之間的運作，以 3 點定位，而非 XY 軸的方式。運作方式為 1.當發射器在白板表面移動時，接收器收到訊號後會依收到的時間、距離與角度，定位出發射器在白板上位置、2.因不一定得與白板板面結合，所以書寫的介質不一定是電子白板，其接收器若採非固定式，則在任何一塊白板上均可使用，也可放在投影機旁，此定位方式也需使用特定感應筆(如圖 8 所示)。

其中電磁追蹤感應、超音波感應，這兩種技術需要搭配感應筆，在使用過程中感應筆遺失及無法繼續操作，另外超音波感應筆書寫

時會發出連續不斷的聲音，並且要搭配電池使用，因此這類的電子白板也慢慢的被淘汰。[7]

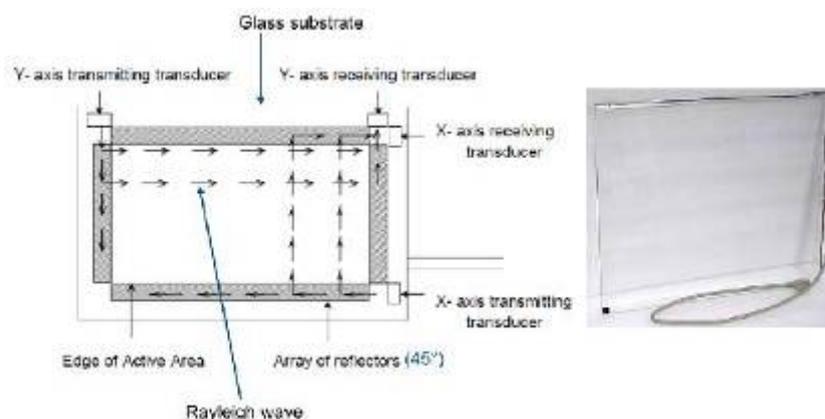


圖8. 表面聲波式觸控示意圖

## 2.2 電子白板原理與架構

電子白板主要由白板、感測裝置、白板筆以及電腦所組成，感測裝置與電腦連線，電腦負責運算白板筆的相對位置，不同的感測裝置所運算的內容也會有所不同，然後將白板筆操作動作模擬成電腦滑鼠，如此更可以如同使用一般電腦一樣操作大多數的軟體，最後使用單槍投影機投射於白板上，達到多媒體呈現有效果，通常電腦也會運行著豐富的多媒體教材，如圖 9 所示，常見的包含數字排列遊戲、分數運算等。[8]

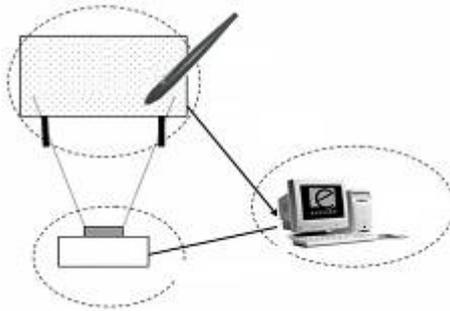


圖9. 互動電子白板架構示意圖

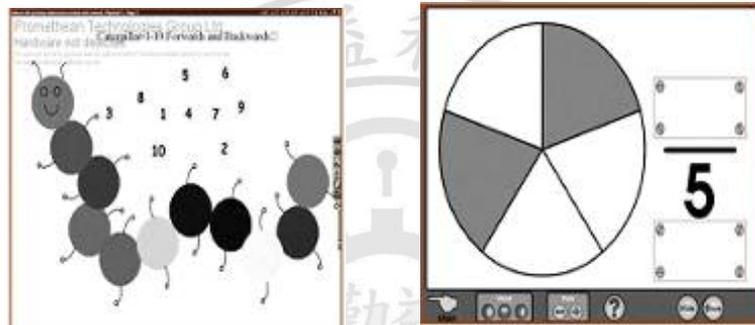


圖10. 互動電子白板多媒體教材毛毛蟲、分數數字排列遊戲[1]

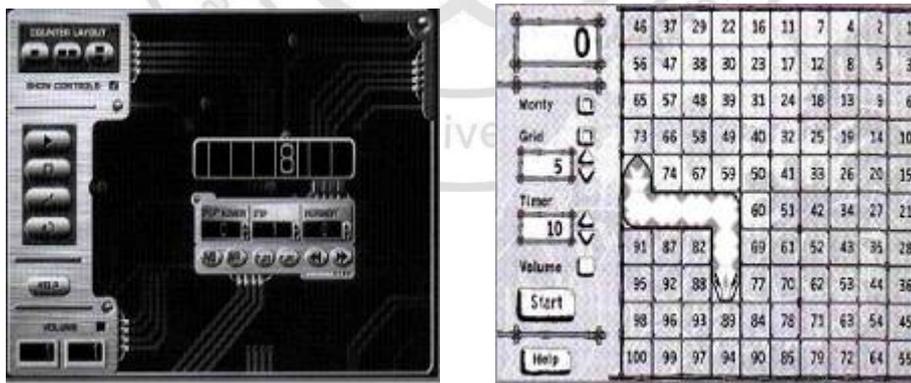


圖11. 互動電子白板多媒體教材記數器、食字蟲互動軟體[1]

如圖 10 所示，為適用於幼稚園兒童認識數字的互動遊戲，兒童將數字拖拉到毛毛蟲的適當的位置中，並且需要照著數字順序排列 [1]。

為五年級學生數學課程「記數器」互動軟體，可以讓學生清楚的看到數字排列順序，透過單槍投影機的投射畫面讓全班學生都能看到數字排列過程，教師提問：「誰知道下一個出現甚麼數字呢？」「為甚麼呢？」以引導學生對於數字概念的思考 [1]。

「食字蟲」的互動軟體也運用於數學課程，學生以分組的方式進行活動，當學生完成紙本作業後，便可以使用互動式軟體，來學習數字的順序，例如：「看食字蟲經過的路線，你知道數字怎樣逐漸的增加呢？」「當老師帶你們看數字增加的過程，你的答案還是沒有改變嗎？」教師不斷的運用「提問」技巧，重複的重要概念，讓學生能監控自我的概念學習 [1]。

感應裝置相當於觸控式螢幕，但也具有傳統白板的功能，電腦經由單槍投影機同步輸出白板筆書寫的內容，可以當成是一支滑鼠。

### 2.3 電子白板業界發展現況

電子白板發展已經有一段時間，感測技術方面是非常多元且成熟，在政府的計畫推動下，不少學校已經使用電子白板在實際的教學上。電子白板的初衷在於，讓老師可以更方便地操作電腦多媒體教學軟體，以提供更多元的教學方式。

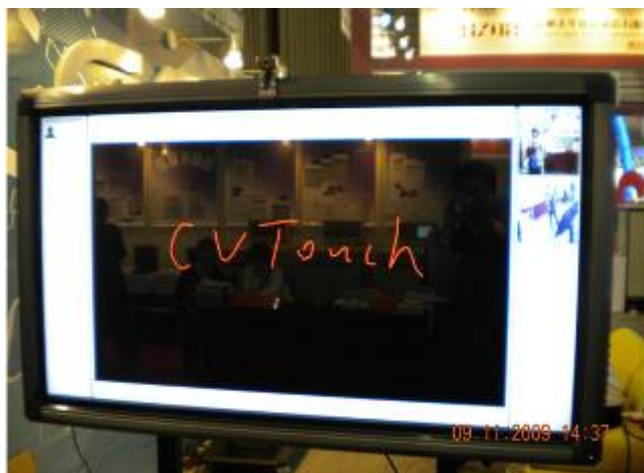


圖12. 整合式白板

整合式電子白板是將電腦系統、感測系統與白板整合在一起，如此可節省空間，又減少老師同時設定電子白板與電腦的負擔，如圖 12 所示。電子白板根據客戶需求可以做到 100 吋的大螢幕如圖 13 所示，較為符合教室環境需求，除此之外多點觸控亦是電子白板主要趨勢，該電子白板提供兩點同時觸控的功能，可以做圖片縮放。

國內目前整合式的概念主要用於家庭娛樂電腦，多點觸控的機型目前只有微星公司出產，在資策會的未來教室雛型中亦將整合式個人電腦納入規範，以做為學生端的學習載具，整合式的概念將成為主流趨勢之一。



圖13. 大尺寸電子白板

此外大陸還將手勢識別的技術應該於電子白板，教師可以用簡單的握拳代表橡皮擦的功能，在投影片播放時使用兩指上下移動即可自動切換投影片，類似這樣貼近使用者的功能，第一線使用教育設備的是教職人員，然而她們通常不具技術背景，所以像這樣以使用者為中心的軟硬體設計，可以減少使用過程的挫折，增加教學效率，在教育上的重要性可見一般。



圖14. 大尺寸電子白板

另外也有致力於大尺寸電子白板的開發的公司，該公司目前販售最大尺寸為 130 吋，如圖 14 所示，需要同時使用兩台投影機才能完整投影整個白板版面。投影機是採用短焦式投影機（前投式的電子白板最大的缺點之一就是使用者很容易被自己的陰影擋到，除使用背投式外，使用短焦式投影機是目前比較經濟可降低此問題的解決方案之一）。如圖 15 所示我們可以發現使用者的陰影完全在使用者下方，不會影響使用者操作，類似這樣的細節都會影響白板應用的有效性，強化使用者經驗。

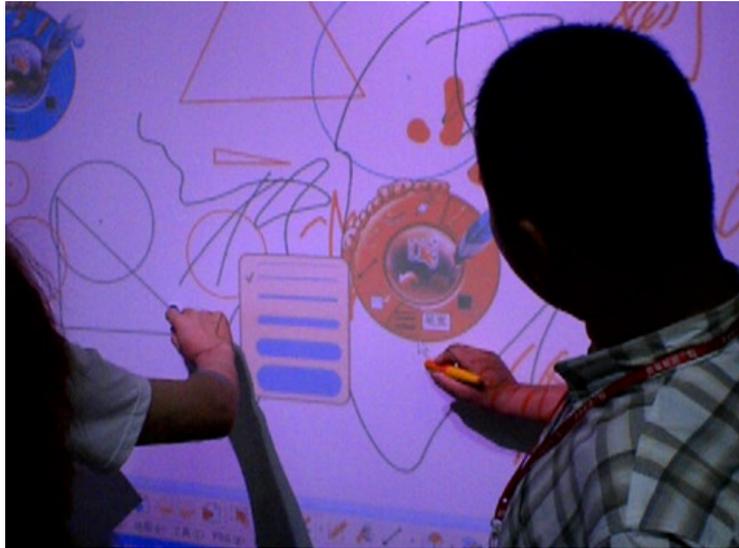


圖15. 共寫的電子白板

其它有比較特別的產品是兩筆共寫的電子白板，如圖 10 所示，在大陸電子白板的廠商中大部份都支援兩點的手勢操作，但是鮮少支援兩筆共寫的功能，因為兩筆共寫的功能在技術上較難。另外，也有提供多拼的大尺寸白板解決方案，可以由四片組成一片更大尺寸的白板，如圖 14 所示。

電子白板發展至今，在世界各國都有相當出色的產品，例如加拿大的 smartboard、美國的 mimio 與英國 Promethean 等，各自擁有不同的特色與功能，在未來電子白板也一定會結合其他技術、整合系統軟體，不斷地提供創新的教學應用模式。

## 第3章 相關影像處理技術

### 3.1 數位影像處理

所謂數位化影像處理 ( Digital image processing, 簡稱 DIP), 即是使用電腦來處理二維 (2D) 影像。類比影像在作處理前, 必須先將資料「數位化」, 也就是需要先把影像資料轉換成電腦能看得懂的「0」與「1」, 其作法是先將影像的全部位置「取樣」, 再分析並記錄其每一點的「亮度」、「顏色」與「位置」等。在影像中取樣的每一點稱為「像素」(Pixel)。影像的像素, 就如同把圖像分割成許多小方格後的單位方格一樣, 每個像素都有特定的位置、顏色、亮度等資料, 將此資料換成數據, 以陣列 (Array) 方式存入電腦中以便處理。這就是 DIP 的原理。

影像一旦數位化以後, 我們便可利用各種影像處理軟體, 來進行各種局部或全部的影像處理; 例如加色、減色或改色, 改變明度或彩度, 變形或放大等效果。事實上這是電腦對陣列中的每一元素做算術或邏輯運算, 而其結果用顏色顯示在螢幕上。

數位化影像的品質, 決定於像素量的多寡, 以及每個像素所含的資料多寡。所以在影像數位化的過程當中, 像素的數目 (每一英吋多少點, 點/英吋, 稱為 dpi) 愈多, 則所被紀錄的影像細節愈精細。而且若是每一像素所含的資料 (bit depth) 愈多, 則從一像素到臨

近的另一像素的變化將會更平順；這是因為每一個像素都能夠表現出更多的顏色與色調。

數位影像處理主要是利用電腦對數位影像做運算，大致上可分為三種處理階段，一是低階(Low-level)的影像處理，影像處理重於訊號處理方面的研究，比如影像對比的調節、影像編碼、去噪以及各種濾波的研究；二是中階(Mid-level)的影像分析，影像分析更側重點在於研究影像的內容，包括但不局限於使用影像處理的各種技術，它更傾向於對影像內容的分析、解釋、和識別；三是高階(High-level)的機器視覺，機器視覺是以機器模仿人類視覺的光學識別系統，它利用攝影機和電腦，來擷取，分析及解釋影像內容，進而下達某些決策。

### 3.1.1 色彩轉換(Color Transfer)

本文所採用的影像格式為 RGB 格式，RGB 格式彩色影像又稱為全彩影像，以三維空間的資料型態來記錄。每一個 R、G、B 像素值大小在 0~255 之間即 8 位元(bit)，加起來 24 位元影像資料，所以呈現 16,777,216 種顏色變化。

#### 1. YIQ 色彩空間

YIQ，是 NTSC (National Television Standards Committee) 電視系統標準。Y 是提供黑白電視及彩色電視的亮度信號 (Luminance)，即亮度 (Brightness)，I 代表 In-phase，色彩從橙色到青色，Q 代表

Quadrature-phase，色彩從紫色到黃綠色。其公式如下[9]

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & +1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

### 3.1.2 灰階直方圖(Histogram)

直方圖是用面積而非高度來表示數量。直方圖由一組塊形組成，每一個塊形的面積表示在相應的小組區間中事例的百分數。直方圖用於影像處理時，常用於明度分佈圖( Histogram) 曲線，在 Histogram 的 X 軸為「明度」，如圖 16 所示，通常，我們把它定義在 0 - 255 之間，而 Y 軸則是在個別明度的像素多寡或百分比。[10] [11] [12]

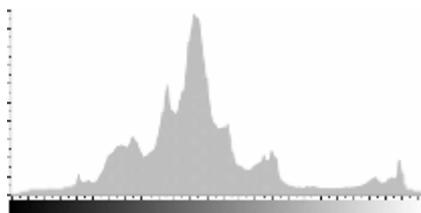
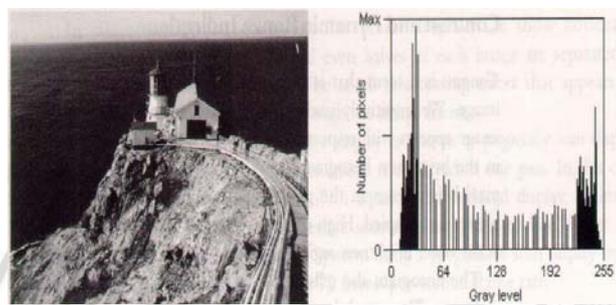


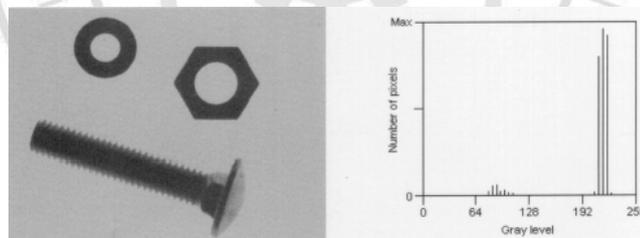
圖16. 明度分佈圖

在 X 軸上，左邊最暗，右邊最亮，因此，從上面的分佈圖我們可以得知，大部份的像素是集中在中間明亮度的位置。對比愈強，histogram 分佈愈往兩端集中，如圖 17 所示。Histogram 常被用來決定二值化的門檻值 threshold 值，如圖 18 所示。

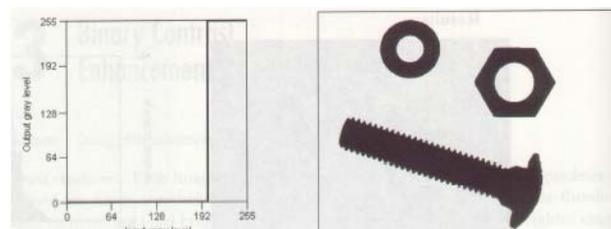


(a) (b)

圖17. 對比愈強，histogram 分佈愈往兩端集中，(a)為原始影像，(b)為圖(a)histogram 分佈



(a) (b)



(c) (d)

圖18. Histogram 常被用來決定二值化的 threshold 值，(a)原始影

像，(b) 為圖(a)histogram 分佈，(c)為設定二值化門檻值，(d)為使用二值化門檻值結果

### 3.1.3 二值化(Binarization)

所謂影像二值化，就是將原本影像各像素的灰階值轉換為 0 或 1 組成圖形資料，1 代表白色，0 代表黑色。在圖形辨識中，二值化有時會被用來作為 segmentation (分離物件) 的工具。譬如，在圖(19-b)中，飛機和背景就相當程度地被區隔開來了，所以影像二值化在圖形識別裡佔了很重要的地位。

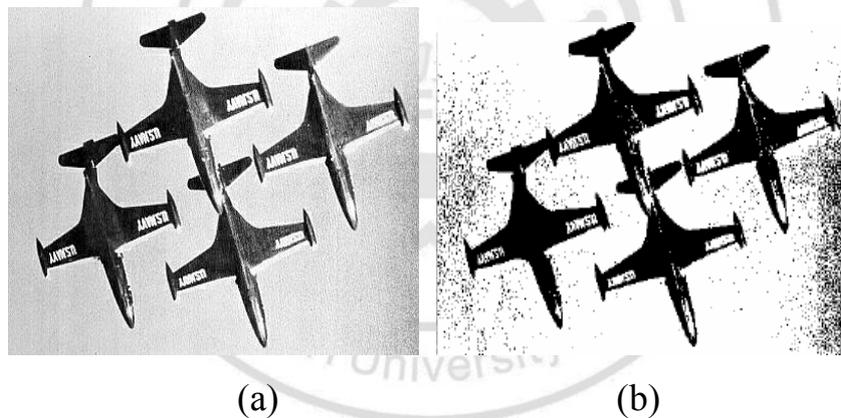


圖19. 影像二值化前後(a)原始影像，(b)為使用二值化結果

假定二值化的過程用的 threshold 為  $T$ ，且二值化以後的影像為  $b(i, j)$ 。則實際的二值化運算公式為: [13] [14]

$$b(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(i, j) \leq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-3)$$

## 3.2 型態學(Morphology)

此節主要描述在二值影像後所過濾出來的影像物件所做的後續處理增強二值化影像提更好的判斷結果。

### 3.2.1 膨脹(Dilation)與侵蝕(Erosion)

在影像處理上型態學上是把它當作抽取影像成皆的工具，而這些成分在區域形狀此節主要描述在二值影像後所過濾出來的影像物件所做的後續處理增強二值化影像提更好的判斷結果。

膨脹作用主要是利用 OR 邏輯運算，當我們考慮到空間中的兩個集合 A 和 B，若 A 被 B 膨脹時，可表示如下：[15][16][17]

$$A \oplus B = \left\{ z \mid \left( \hat{B} \right)_z \cap A \neq \Phi \right\} \quad (3-4)$$

其中的 B 為結構元素(structuring element)，整個式子是表示我們將 B 這集合不斷的位移 Z 單位元，只要 B 集合和 A 集合有重疊至少一個元素，這樣所形成的新集合即為 A 被 B 所膨脹的集合。而膨脹運算的目的，就是希望將物體的邊緣結構往外擴張，使目標物輪廓較為平滑。

相異於膨脹運算的便是侵蝕運算，主要是利用 XOR 邏輯運算，當我們考慮空間中的兩個集合 A 和 B，當 A 被 B 侵蝕時，可表示如下：[15][16][17]

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subset A\} \quad (3-5)$$

整個式子是表示我們將 B 這集合不斷的位移 Z 單位，但是 B 位移 Z 後仍然包含在 A 集合中，符合這情形得所有 Z 點的集合。而侵蝕運算的目的，是希望將物體的邊緣結構往內收縮，使細長狹窄的部分被截斷。[18][19]

### 3.2.2 斷開與閉合(Opening and Closing)

斷開(opening)和閉合(closing)是兩種型態運算常會使用到的方法，可以在使影像失真較小的情況下消除雜訊。斷開通常用來消除圖形邊緣之菱角，其方程式可表示成(公式)。其中 A 代表目標影像，B 代表用來斷開之樣板。[15][16][17]

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3-6)$$

閉合的功用也會使影像邊緣趨於平滑，但其運作方式則和斷開相

反。閉合會將細的缺口連接起來，消除平滑面中出現的小型缺口，或將輪廓上的缺口補齊。其方程式可表示成公式，其中 A 代表目標影像，B 代表用來補齊之樣板。[15][16][17]

$$\begin{aligned}
 A \circ B &= (A \ominus B) \oplus B \\
 &= \cup \{ (B)_z \mid (B)_z \subseteq A \}
 \end{aligned}
 \tag{3-7}$$

### 3.2.3 拓撲學(Topology)

在二值化影像裡，所有的元素皆以 0 和 1 組成，拓撲是指對二值影像中互相連通的所有像素(連接成份)賦予相同的標籤號，而對於不同的連接成份則給予不同的標籤的處理過程。經由拓撲後就能把各個連接成份進行分離，在影像上形成不同的個體，從而可以研究它們的特徵，達到擷取影像上所需特徵最簡單有效的方法。[20][21][22]

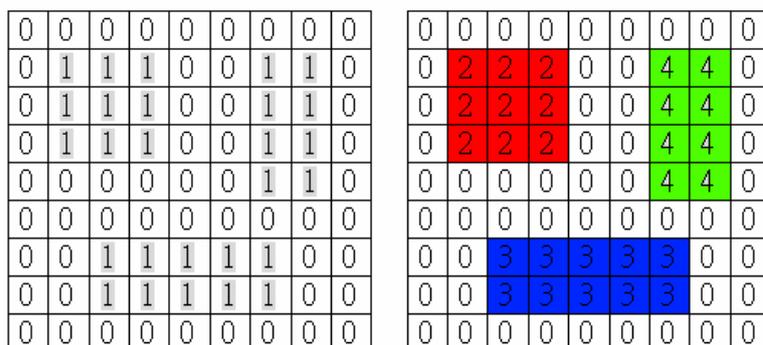


圖20. 拓撲前後

### 3.3 內插法

工程科學是一種對經驗及資料依賴性相當高的科學，工程師或研究人員時常需面對大量的圖、表，讀取資料，以便進行設計計算。例如蒸汽表、黏度與溫度關係表、熱傳導係數與溫度關係表、溫溼度表等，都是以類似的方法表現。但在實際使用時，列出的並不一定是我們所要讀取的數值，因此須借助於適當的近似方法。這種在表列數據範圍內求出近似值的方法稱為內插法 (Interpolation)。若需藉表列數據求出表列數據範圍以外的近似函數值，則使用外推 (Extrapolation) 近似法。

#### 3.3.1 線性內插法(Linear interpolation)

假設我們已知坐標  $(x_0, y_0)$  與  $(x_1, y_1)$ ，要得到  $[x_0, x_1]$  區間內某一位置  $x$  在直線上的值。根據圖中所示，我們得到

$$\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}. \quad (3-8)$$

假設方程兩邊的值為  $\alpha$ ，那麼這個值就是內插係數——從  $x_0$  到  $x$  的距離與從  $x_0$  到  $x_1$  距離的比值。由於  $x$  值已知，所以可以從公式得到  $\alpha$  的值

$$\alpha = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}. \quad (3-9)$$

同樣，

$$\alpha = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0} \quad (3-10)$$

這樣，在代數上就可以表示成為：

$$y = (1 - \alpha)y_0 + \alpha y_1 \quad (3-11)$$

或者，

$$y = y_0 + \alpha(y_1 - y_0) \quad (3-12)$$

這樣通過  $\alpha$  就可以直接得到  $y$ 。

### 3.3.2 線性內插近似法

從目的影像推回至原始影像時，有可能產生像素(pixel)在非整數位置的情況，因而導致影像中有些像素沒有值的情況產生，所以須要藉由四個相鄰近的像素點的值來做內插求出新的數值，這是所有

內插法中最簡單的內插法，稱為最近相鄰內插法(nearest-neighbor interpolation)，又稱為單點重複內插法(pixel repetition interpolation)，如圖 21 所示。

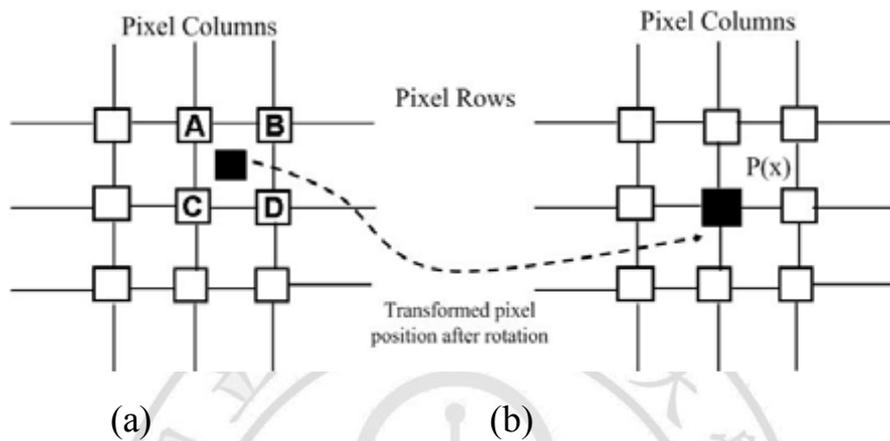


圖21. 最近相鄰內插法說明圖

由圖 21 中我們可以清楚得知，在目的影像中的像素，推回至原始影像，並不會落在整數值的像素上，而是落在像素 A、B、C、D 之間非整數倍率像素的位置上，最近相鄰內插法的作法就是將(a)中的分數位置選擇一個最接近距離的整數位置的像素。以圖(21)(b)的例子來說的話，假如 C 點為最近的距離，就將 C 點的像素值複製給目的影像這個像素。

線性內插經常用於已知函數  $f$  在兩點的值要近似獲得其它點數值的方法，這種近似方法的誤差定義為

$$R_T = f(x) - p(x) \quad (3-13)$$

其中  $p$  表示上面定義的線性內插多項式

$$p(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}(x - x_0). \quad (3-14)$$

根據羅爾定理，我們可以證明：如果  $f$  有兩個連續導數，那麼誤差範圍是

$$|R_T| \leq \frac{(x_1 - x_0)^2}{8} \max_{x_0 \leq x \leq x_1} |f''(x)|. \quad (3-15)$$

正如所看到的，函數上兩點之間的近似隨著所近似的函數的二階導數的增大而逐漸變差。從直觀上來看也是這樣：函數的曲率越大，簡單線性內插近似的誤差也越大。

### 3.3.3 雙線性內插法(Bilinear interpolation)

雙線性內插法(bilinear interpolation)與最近相鄰內插法同樣都是利用相近的四個整數像素值，來求得新的像素值。雙線性內插，又稱為雙線性內插。在數學上，雙線性內插為兩個變數的內插函數的線性內插擴展，其作法是在兩個方向分別進行一次線性內插。

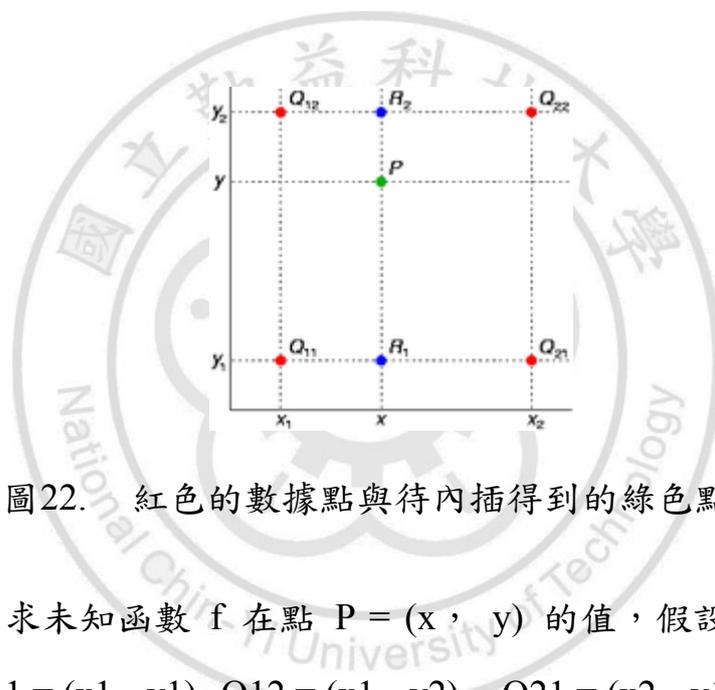


圖22. 紅色的數據點與待內插得到的綠色點

假如我們想求未知函數  $f$  在點  $P = (x, y)$  的值，假設我們已知函數  $f$  在  $Q11 = (x1, y1)$ 、 $Q12 = (x1, y2)$ 、 $Q21 = (x2, y1)$  以及  $Q22 = (x2, y2)$  四個點的值，則：

首先在  $x$  方向進行線性內插，得到

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}) \quad \text{where } R_1 = (x, y_1), \quad (3-16)$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22}) \quad \text{where } R_2 = (x, y_2). \quad (3-17)$$

然後在  $y$  方向進行線性內插，得到

$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2). \quad (3-18)$$

這樣就得到所要的結果  $f(x, y)$ ，

$$\begin{aligned} f(x, y) \approx & \frac{f(Q_{11})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{21})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x - x_1)(y_2 - y) \\ & + \frac{f(Q_{12})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x_2 - x)(y - y_1) + \frac{f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x - x_1)(y - y_1). \end{aligned} \quad (3-19)$$

如果選擇一個坐標系統使得  $f$  的四個已知點坐標分別為  $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$  和  $(1, 1)$ ，那麼內插公式就可以化簡為

$$\begin{aligned} f(x, y) \approx & f(0, 0) (1 - x)(1 - y) + f(1, 0) x(1 - y) + \\ & f(0, 1) (1 - x)y + f(1, 1)xy. \end{aligned} \quad (3-18)$$

或者用矩陣運算表示為

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} 1-x & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-y \\ y \end{bmatrix} \quad (3-20)$$

與這種內插方法名稱不同的是，這種內插方法並不是線性的，它的形式是

$$(a_1x + a_2)(a_3y + a_4), \quad (3-21)$$

它是兩個線性函數的乘積。另外，內插也可以表示為

$$b_1 + b_2x + b_3y + b_4xy. \quad (3-22)$$

在這兩種情況下，常數的數目都對應給定的  $f$  的數據點數目。

線性內插的結果與內插的順序無關。首先進行  $y$  方向的內插，然後進行  $x$  方向的內插，所得到的結果是一樣的。

## 第4章 演算法

圖(23)為操作流程圖，本研究操作流程第一步安裝白板後，將白板以等間距設置三十五個定位點，作為初始化白板定位矯正之使用，經由影像擷取器取得影像後，將原始影像前處理，以提初始化白板定位矯正與定位演算法之準確度，當完成以上前置作業後移除白板定位點，因為在初始化白板定位矯正的動作時，已將參數記錄，所以不需要白板定位點，最後為定位演算法，此研究之核心成果技術，經由定位演算法後即可輸出白板筆座標取代滑鼠執行電子白板相關應用軟體。

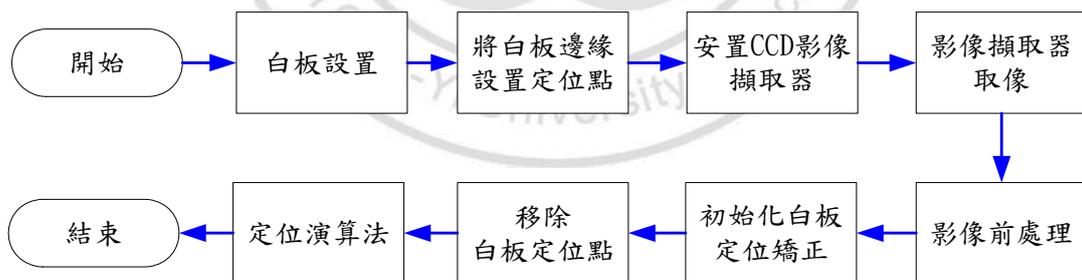


圖23. 研究動作流程圖

#### 4.1 白板矯正點設置

本實驗使用白板面積為 176 乘 88 平方公分，我們以兩台影像擷取器涵蓋白板面積，單一台影像擷取器辨識區域為 88 乘 88 平方公分，測量工具精準度為 0.1 公分，橫向以等間距設置五個定位點劃分四個工作區域，縱向以等間距設置七個定位點劃分六個工作區域，共有三十五個矯正點，二十四個工作區域，如圖 24 所示，辨識座標結果會與矯正點做相對距離比較，以計算辨識精準度。

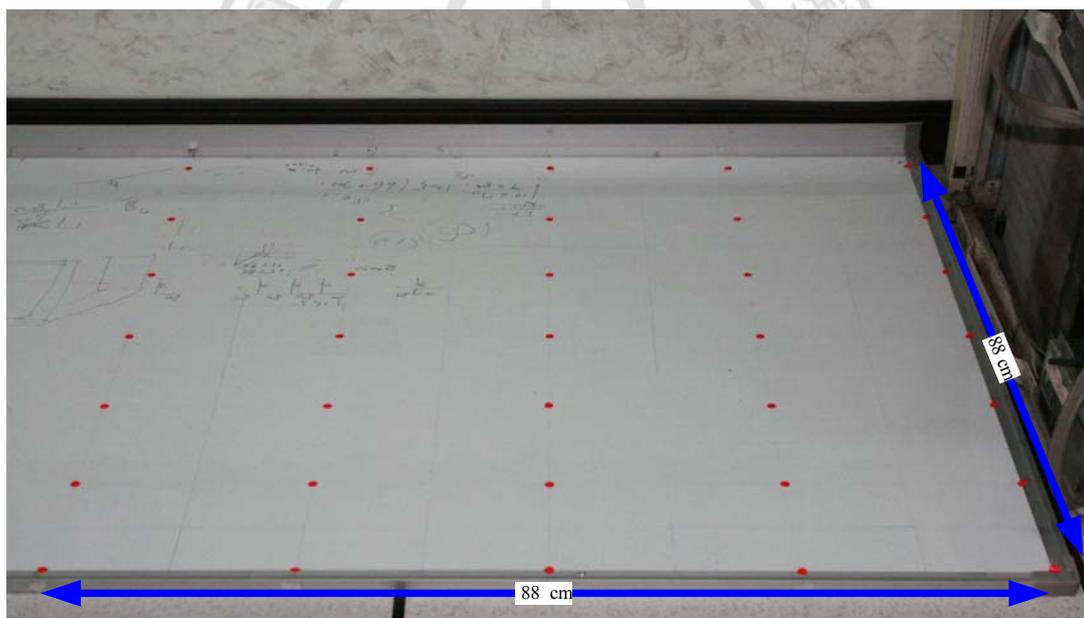


圖24. 白板矯正點

因為 CCD 影像擷取器是人為安裝，所以 CCD 影像擷取器與白板的位置皆為變數，因此需要進行初始化白板定位矯正，如圖 25 所示，

白板邊緣黃色點為矯正點，矯正點將會把白板可使用範圍標出來，將 CCD 影像擷取器與白板的相對位置定位，能夠使得之後的演算法之結果更能正確。



圖25. 白板邊緣黃色點為定位點

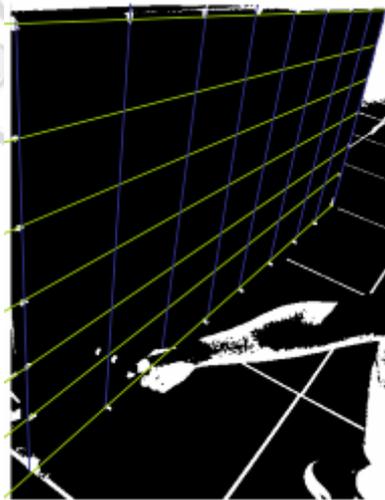


圖26. 二值化之定位點影像結果

## 4.2 定位演算法

本研究發展了一個用於電子白板的快速影像定位演算法，這個演算法將影像從一個扭曲的白板影像轉換成一個正確無失真的白板筆定位點座標。

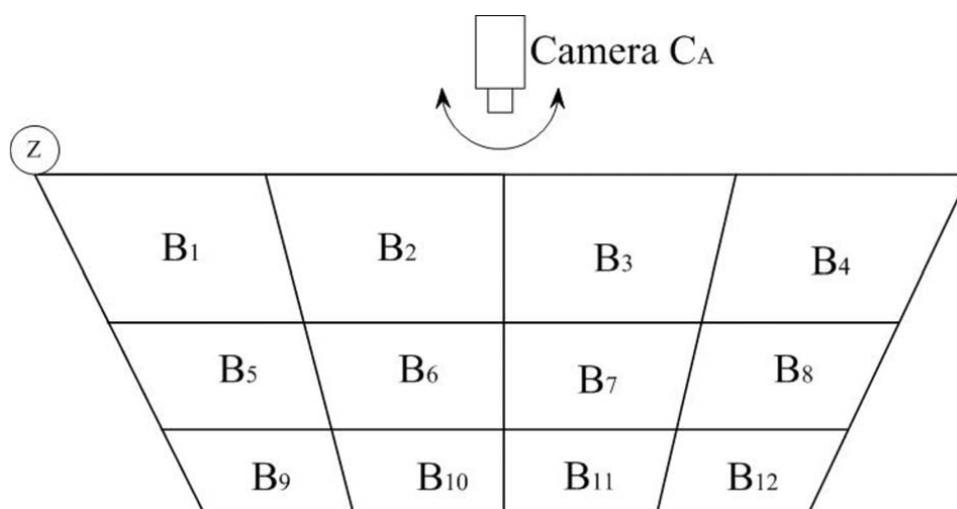


圖27. Ca 影像擷取器所得到的扭曲影像

圖 27 為影像擷取器所得到的原始扭曲影像，圖 28 為原始扭曲影像經本研究演算法轉換為正確非扭曲影像。本研究使用兩個影像擷取器 Ca 與 Cb 負責擷取大面積的白板範圍，面積為 176 乘 88 平方公分，每一個影像擷取器負責一半的白板面積，面積為 88 乘 88 平方公分。

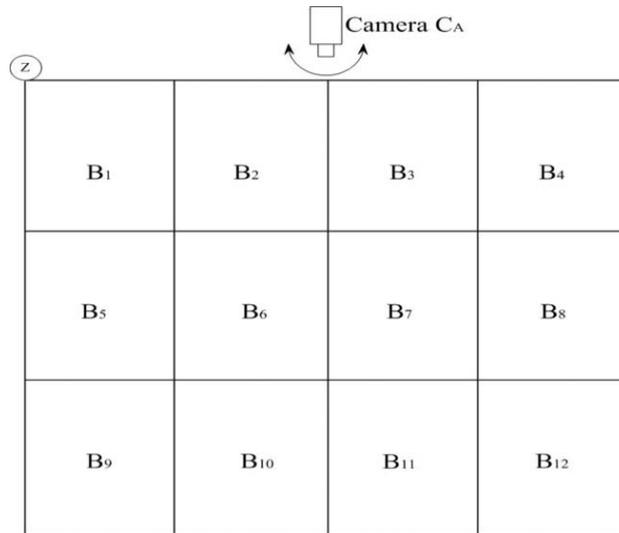


圖28. 使用本實驗演算法將影像轉為非扭曲影像

為了提高輸出結果的準確度，將白板原始影像區分為多個小辨識區塊，然後分別計算辨識區塊內的白板筆定位點。如圖28所示，我們將一半的白板影像區分為十二辨識區塊，再以圖29所示之定位法分別定位。

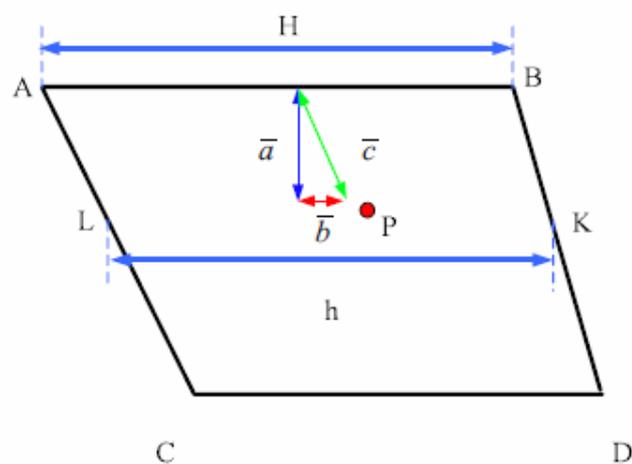


圖29. 補償說明圖

我們以影像擷取器Ca所得到的扭曲影像如圖 28的B1 辨識區塊，圖 29為補償說明圖，其中P點為白板筆定位點，已知A、B、C與D定位點，利用四個矯正點計算白板筆定位點P的相對座標。參數H為定位點A與定位點B之間的距離，因為定位點A與定位點B是處於平行位置，所以距離為定位點B點x值與矯正點A點x值相減。參數h為內插點K與內插點L之間的距離，其中設定內插點K與內插點L平行於白板筆定位點P。

我們設定影像擷取器位於白板四分之一與四分之三的位置，但因為白板設置是人為操作，因此當白板位置沒有位於正確的相對位置時會產生些微的誤差，所以我們使用調整值 n 做為補償，其中調整值 n 是做為比例法使用之參數，所以沒有單位。

設定調整值n的操作步驟是先將白板筆定位點放置於白板中央，並設定調整值n為零，然後執行演算法後確認白板筆定位點計算結果位於中間位置，如果白板筆定位點位於正中央的位置，我們會將調整值n保持為零，反之如果白板筆定位點位於沒有位於正中間位置，我們會設定調整值n使結果接近中間點。以圖 29為參考說明演算法如下：

步驟一：使用線性內插法公式(4-1)和(4-2)去計算平行於白板筆定位點 P 的內插點 L 點與內插點 K 點。

$$L_x = A_x + [(C_x - A_x) / (C_y - A_y)] \times (P_y - A_y) \quad (4-1)$$

$$K_x = B_x + [(D_x - A_x)/(D_y - A_y)] \times (P_y - B_y) \quad (4-2)$$

步驟二：因為內插點 L 點與內插點 K 點平行於白板筆定位點 P 所以，如公式 4-3 所示，設定內插點 L 點與內插點 K 點的 y 值與白板筆縱座標值 y 相同。

$$L_y = K_y = P_y \quad (4-3)$$

步驟三：計算內插點 L 點與內插點 K 點之間的橫座標距離，如公式 4-4 所示，並定義為 h。

$$h = K_x - L_x \quad (4-4)$$

步驟四：因為原始白板影像扭曲的關係，如圖 29 所示，白板筆 P 點與定位點 A 和定位點 B 的線段距離並不是距離 a，而是距離  $\bar{c}$ ，所以必需利用距離  $\bar{a}$  與距離  $\bar{b}$  計算出正確的 P 點之 y 值，首先利用白板筆定位點 P 的 y 值與定位點 A 的 y 值計算縱距離  $\bar{a}$ ，如公式(4-5)所示，然後使用內插點 K 與白板筆定位點 P 之間的橫距離和內插點 K 與內插點 L 之間的橫距離做比例法，求出距離  $\bar{b}$  如公式(4-6)所示。

$$\bar{a} = p_y - A_y \quad (4-5)$$

$$\bar{b} = P_x - (B_x - A_x)[(K_x - P_x)/(K_x - L_x)] \quad (4-6)$$

透過上述公式得到了距離 $\bar{a}$ 與 $\bar{b}$ ，使用歐基里德距離方程式可以得到距離 $\bar{c}$ 如公式 4-7 所示，最後矯正過後的白板筆定位點與定位點 ABx 線段的真實距離即是 $\bar{c}$ ，此時 A 為小區塊內的相對零點座標。

$$\bar{c} = (\bar{a}^2 + \bar{b}^2)^{1/2} \quad (4-7)$$

步驟五：最後代入步驟一到四所計算的參數，並使用比例法如公式 4-8 所示計算橫座標 x，使用公式 4-9 計算縱座標 y。

$$P_{\tilde{x}} = (P_x - L_x)(H / h) \quad (4-8)$$

$$P_{\tilde{y}} = (P_y - \bar{c})(H / h)n. \quad (4-9)$$

### 4.3 電子白板系統流程

我們使用影像辨識定位技術與傳統白板結合做為電子白板的基礎。在影像辨識定位演算法中分為兩個主要的處理階段，第一個是初始化階段，第二階段是白板筆定位。在初始化階段中計算出必需的參數輸入於資料庫中，作為第二階段白板筆定位所需，並且可以縮短辨識所需的時間。



圖30. 系統流程圖-初始化階段

在初始化階段，我們先設置白板矯正點做為轉換座標的參考點，之後將擷取影像前處理，以得到清晰無雜訊的影像以達到更精確的計算結果，所以影像前處理是有必要的。在前處理之後，計算矯正點座標階段主要是將扭曲影像中的矯正點轉換為非扭曲的正確位置。為了提高精度，我們把電子白板區分為多個且不重疊的辨識區

塊，然後我們設定每一個辨識區塊的四個角點為定位點。

為了提高精度與運算速度，我們建立了一個矯正點參數資料庫去記錄矯正點的座標與調整值。最後我們移除白板上的矯正點，以完成初始化階段。

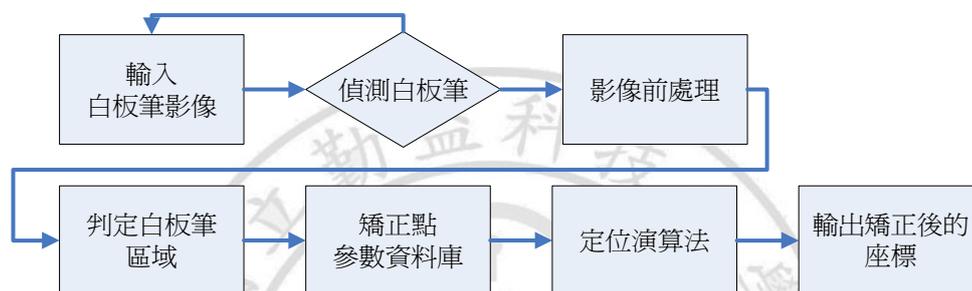


圖31. 系統流程圖-定位階段

在定位階段，首先讀取白板影像然後偵測白板筆定位點是否於白板辨識範圍內，如果沒有發現白板筆定位點的話，就再次讀取白板影像直到發現白板筆定位點，若發現了白板筆定位點進入辨識範圍內，則進行影像前處理動作，影像前處理之後，便偵測白板筆定位點位於那一個辨識區塊，得知位於那一個辨識區塊後，便向矯正點參數資料庫提取參數資料，為了完成以上動作我們將白板劃分了多個且不重疊的辨識區塊，必需先知道白板筆定位點位於那一個辨識區塊，才得以向矯正點參數資料庫提取正確參數。最後，利用本研究的定位演算法將辨識塊區內的相對位置輸出，並將相對位置經過座標位移程序以輸出正確的白板筆定位點，以完成電子白板定位的

完整功能。

### 4.3.1 矯正點

在任何需要自動定位的方法中，初始化中加入參考點(校準點)是必要的，因此我們設定了數個白板矯正點，如圖32所示，做用使用影像辨識定位技術去計算矯正點位置。之後對照定位點A的相對位置與實際位置得以計算出白板筆定位點的正確座標，並且我們也記錄調整值 $n$ 於資料庫。矯正點參數資料庫記錄了每一個辨識區塊的矯正點編號與和四個角定位點的座標，以及調整值 $n$ ，如表一所示。



圖32. 矯正點位置圖

### 4.3.2 矯正點參數資料庫 Calibration points data base

我們可以很輕易的使用雙線性內插法計算出一個大面積且線性內插內的任何一個數值。但為了提高精確度，較小的辨識區塊會比較大的辨識區塊可以得到較小的誤差。基於這個觀念，我們將白板劃分為數個且不重疊的不規則辨識區塊，以提高精度。如圖33所示。

為了加速運算時間和記錄數個辨識區塊的參數，我們在初始化的階段使用矯正點參數資料庫來記錄。如圖33(a)一個原始扭曲影像劃分為多個不規則的辨識區塊，每一個分散區塊都由定位點A、B、C和D所組成如圖33(b)所示，定位點如圖29所示是定位演算法所需要的必要參數。

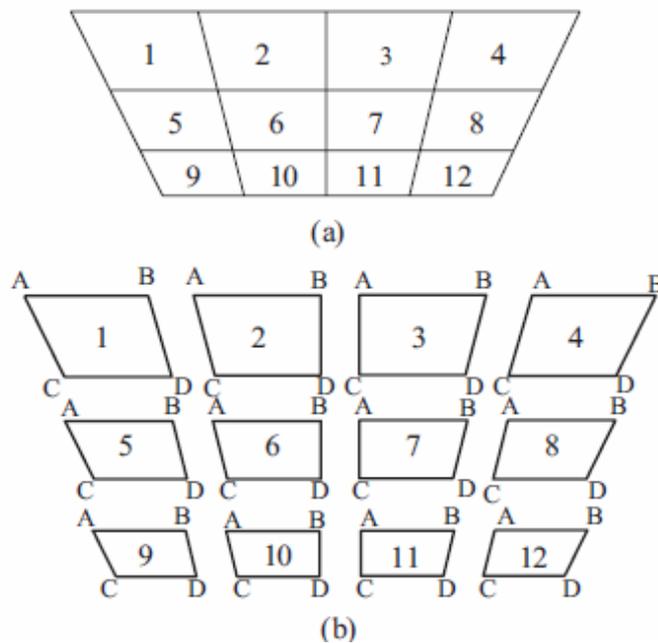


圖33. 白板辨識區塊劃分圖.

### 4.3.3 影像前處理

一般攝影機所獲取的影像屬於類比式視訊信號，是數位電腦所無法接受的，因此在輸入電腦進行分析之前，必需透過影像卡將類比信號轉換成數位信號，並將數位影像資料儲存在影像卡或電腦系統的記憶體內，等待進一步的處理。在 CCD 獲取影像時，或是在影像傳輸過程中，影像都有可能受到雜訊干擾，影響其品質，影像前處理的目得，是將擷取所得的影像，在未進行影像分割、物件標號、影像辨識、...等之前，將雜訊除掉，以利後續的處理工作。



圖34. 影像前處理流程圖

影像前處理分為五個步驟，如圖 34所示。第一步我們先把原來的RGB色彩空間轉換為YIQ色彩空間，在YIQ色彩空間有較高的抗光源變化的能力，以得到較完整的定位點影像，然後將I平面影像透過閾值將影像轉換為二值化影像。在二值化影像中我們使用小範圍的濾波器

去除細小的雜訊。然後我們利用重心法去得到白板筆定位點與矯正點的中心。

#### 4.3.4 區塊定位演算法

在影像前處理後，我們已經得到一個於扭曲空間中的矯正點座標，並將矯正點座標排序。我們提出一個區塊定位演算法將扭曲的座標點轉換成非扭曲的座標位置。圖 35 是我們的區塊定位演算法流程圖。在區塊定位演算法之前，我們必需辨識出白板筆定位點位於那一個辨識區塊內。我們根據區塊號碼向區塊參數資料庫讀取參數，如表 1 所示。區塊參數包含四個角定位點 A、B、C 和 D，在將參數輸入於定位演算法去計算座標，最後輸出正確未扭曲的精確座標，電子白板系統也可以使用了。

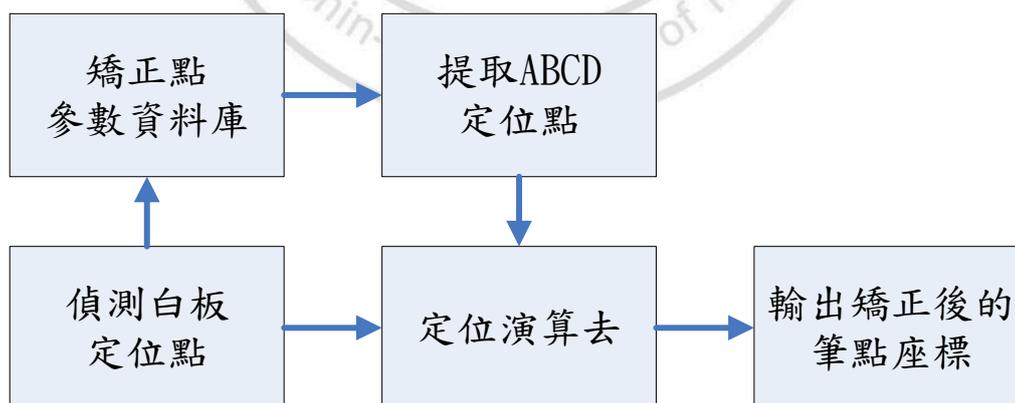


圖35. 影像區塊定位演算法

表1.辨識區塊參數

NO.	組成點	點座標 1	點座標 2	點座標 3	點座標 4
A	1, 2, 6, 7	227, 274	221, 556	379, 323	376, 578
B	2, 3, 7, 8	221, 556	217, 843	376, 578	374, 842
C	3, 4, 8, 9	217, 843	215, 1129	374, 842	373, 1102
D	4, 5, 9, 10	215, 1129	221, 1413	373, 1102	374, 1364
E	6, 7, 11, 12	379, 323	376, 578	512, 363	509, 600
F	7, 8, 12, 13	376, 578	374, 842	509, 600	509, 840
G	8, 9, 13, 14	374, 842	373, 1102	509, 840	507, 1081
H	9, 10, 14, 16	373, 1102	374, 1364	507, 1081	509, 1321
I	11, 12, 16, 17	512, 363	509, 600	624, 397	624, 617
J	12, 13, 17, 18	509, 600	509, 840	624, 617	623, 839
K	13, 14, 18, 19	509, 840	507, 1081	623, 839	621, 1062
L	14, 15, 19, 20	507, 1081	509, 1321	621, 1062	622, 1287
M	16, 17, 21, 22	624, 397	624, 617	721, 426	719, 630
N	17, 18, 22, 23	624, 617	623, 839	719, 630	719, 839
O	18, 19, 23, 24	623, 839	621, 1062	719, 839	719, 1045
P	19, 20, 24, 25	621, 1062	622, 1287	719, 1045	721, 1254
Q	21, 22, 26, 27	721, 426	719, 630	805, 453	804, 646
R	22, 23, 27, 28	719, 630	719, 839	804, 646	804, 838
S	23, 24, 28, 29	719, 839	719, 1045	804, 838	805, 1033
T	24, 25, 29, 30	719, 1045	721, 1254	805, 1033	807, 1226
U	26, 27, 31, 32	805, 453	804, 646	881, 476	880, 656
V	27, 28, 32, 33	804, 646	804, 838	880, 656	880, 836
W	28, 29, 33, 34	804, 838	805, 1033	880, 836	880, 1020
X	29, 30, 34, 35	805, 1033	807, 1226	880, 1020	883, 1024

## 第5章 實驗結果與環境

本實驗使用電子白板之大小為88乘176平方公分為實驗目標，影像擷取之白板數位影像為1280乘1024像素點，我們使用模擬測試，矯正點參數經由多次初始化步驟得到並輸入於矯正點參數資料庫內，參數會應用於兩個處理階段中，包含已知的矯正點，以及隨機的白板筆定位點。詳細說明如下：

白板長度為176公分，寬度88公分，影像擷取器距離白板上緣88公分，與白板左方平行距離44公分，距離牆面凸起50公分

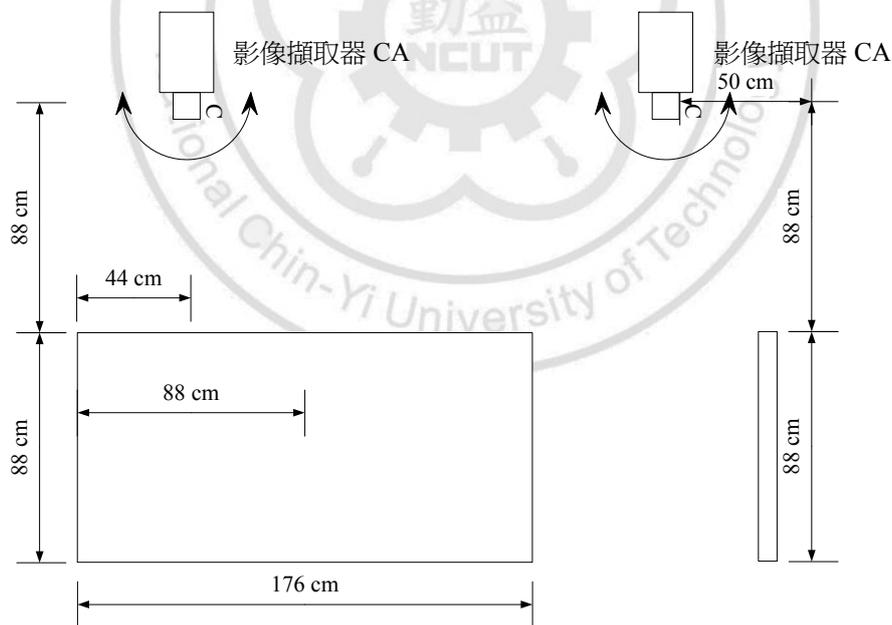


圖36. 電子白板實驗環境圖

## 5.1 測試情形

在初始化步驟中，實際架設白板後，並初始化參數是必要的流程。如圖36顯示白板與影像擷取器的相對位置，圖36(a)與圖36(b)分別是電子白板環境平面圖與側面圖。以我們的實驗環境為例，影像擷取器設置在距離白板高度88公分，距離白板邊緣寬度44公分，距離牆面高度50公分。

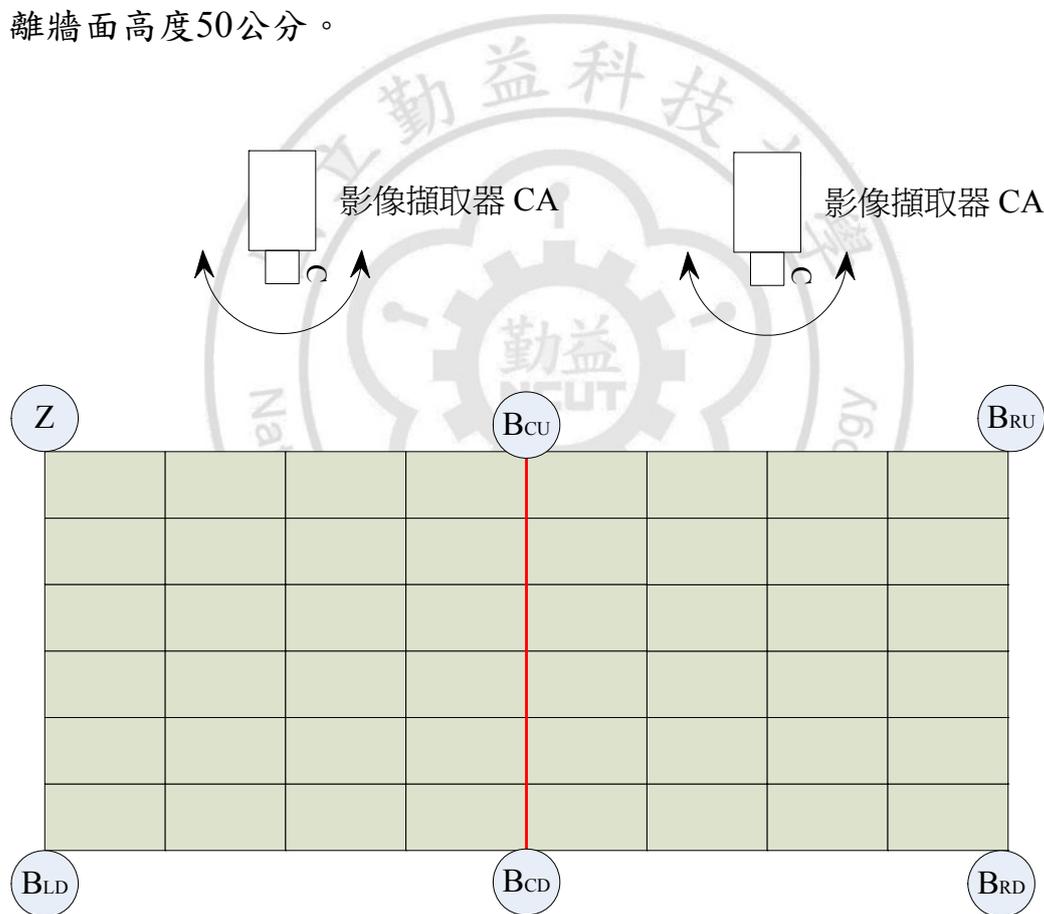


圖37. 電子白板影像擷取器辨識範圍示意圖

如圖37所示有兩個影像擷取器的設置CA與CB，分別擷取兩邊的白板影像。我們設定矯正點為半徑0.5公分、白板筆定位點半徑0.2公分。點的重心點即是座標位置。

另外，我們使用YIQ色彩空間，然後使用平面影像透過閾值將影像轉換為二值化影像，我們經過統計測試後設定二值化閾值為0.1。

表2.調整值

區塊	A	B	C	D	E	F	G	H
調整值	1.09	1.09	1.09	1.09	1.12	1.12	1.12	1.12
區塊	I	J	M	N	O	P	Q	R
調整值	1.23	1.23	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.43
區塊	S	T	U	V	K	L	W	X
調整值	1.43	1.43	1.53	1.53	1.23	1.23	1.53	1.53

在初始化步驟，我們設定了數個矯正點並計算出辨識區塊的定位點參數，並且記錄他們的座標值於資料庫，還有如表2所示，記錄每一個區塊的調整值。如圖37所示，影像擷取器CA負責白板左半邊，另一邊由CB影像擷取器負責。為了提高精準度，我們把一半的白板分為24個區塊如圖38所示，但事實上只有產生35個矯正點如圖39所示。

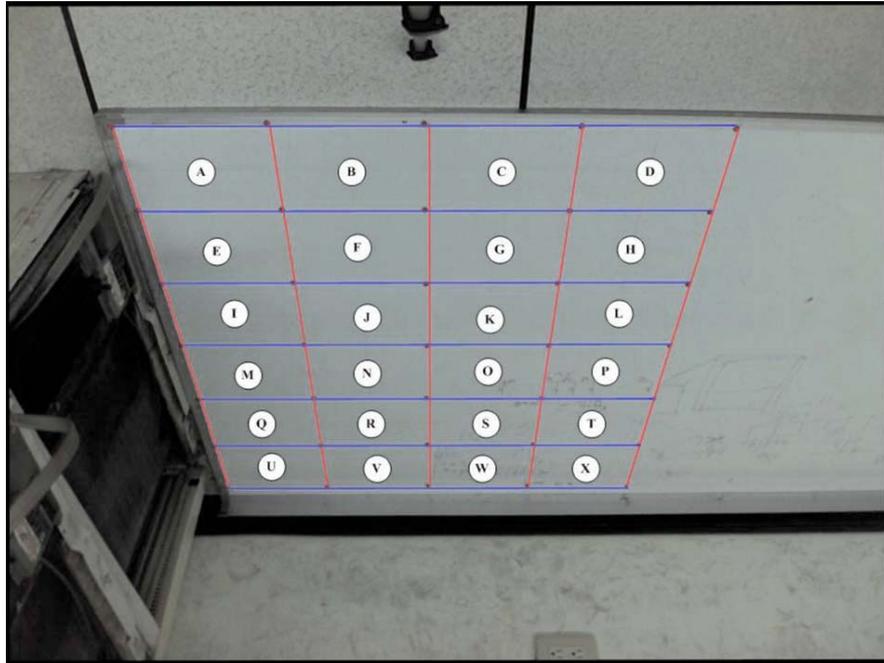


圖38. 白板辨識區塊編號

經由數個步驟產生參數，首先我們設置橫向以等間距設置五個定位點劃分四個工作區域，縱向以等間距設置七個定位點劃分六個工作區域，共有三十五個矯正點、二十四個工作區域，然後我們把原來的RGB色彩空間轉換為YIQ色彩空間，在YIQ色彩空間有較高的抗光源變化的能力，以得到較完整的定位點影像，然後使用I平面影像使用閾值0.1將影像轉換為二值化影像。在二值化影像中我們使用小範圍的濾波器去除細小的雜訊，如圖40所示。我們可後很明顯的看到圖41之間的線性關係。我們應用定位演算法，去得到並記錄35個

矯正點座標於資料庫內。最後我們計算每一個區塊的調整n值並列出於表2。



圖39. 白板矯正點

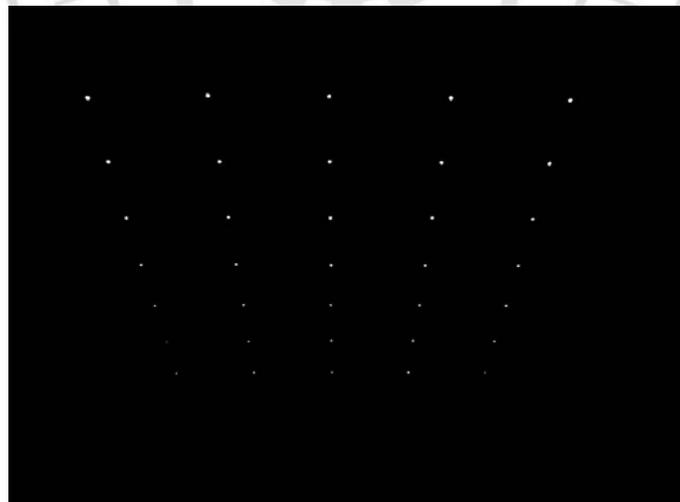


圖40. 前處理後的白板矯正點

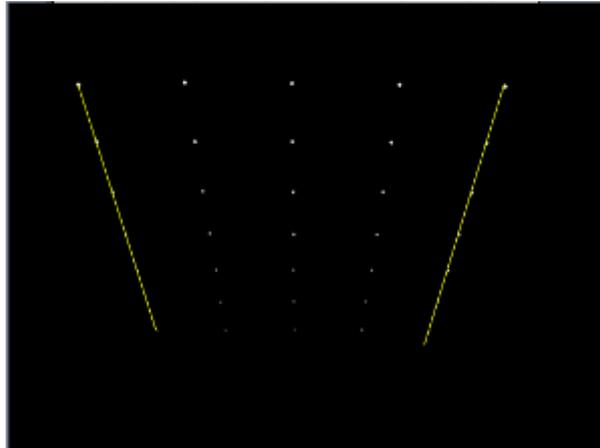


圖41. 矯正點為線性關係

## 5.2測量方法

為了證明我們的定位演算法是可行的，我們使用精密度0.1公分之測量工具，在白板上以等間距的方式畫了7條橫線與11條縱線相互交叉，如圖42所示。



圖42. 白板上畫測量線

然後針對24條交叉點做為測試點，如圖43。如圖44設定P點做為測試，圖45為P點之輸出的二值化結果。以P點為例顯示放大如圖46，結果測得面積為15個像素點。



圖43. 測試點與測試線

我們根據24個做測試結果如表3所示，可以看到我們針對電子白板輸入影像1288乘1936像素點時誤差值於低於3個像素點之內。另外我們手寫了一段字串，如圖47所示，我們輸出的結果如圖48所示，很明顯的我們的方法是可以正確的輸出。

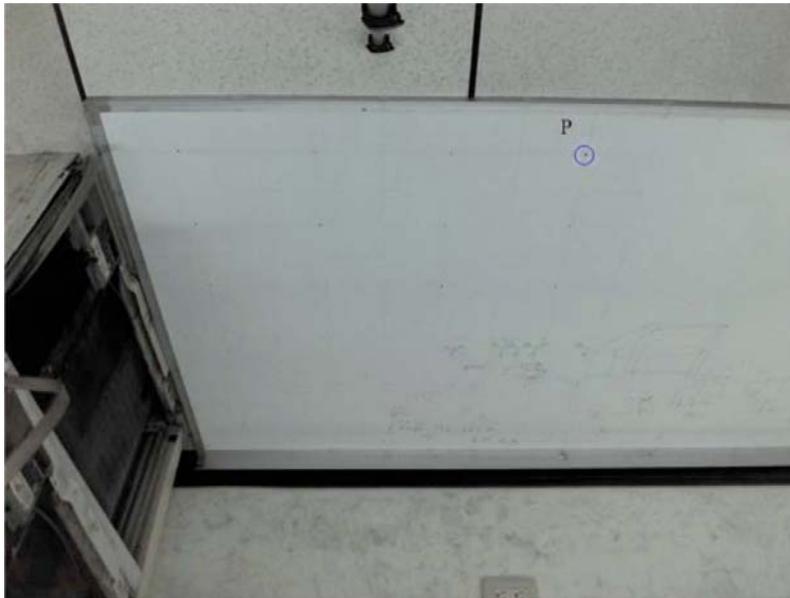


圖44. 測試點 P

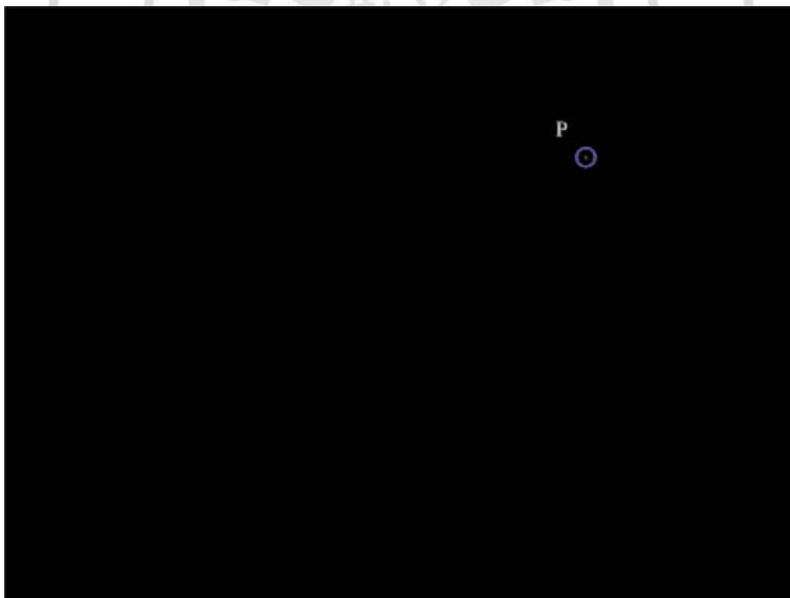


圖45. 測試點 P 之輸出結果

表3.結果誤差值

點編號	真實點	測量結果	X誤差	Y誤差
1	136, 95	136, 97	+0	+2
2	136, 285	136, 287	+0	+2
3	136, 475	136, 477	+0	+2
4	136, 664	136, 665	+0	+1
5	136, 854	136, 857	+0	+3
6	136, 1044	136, 1045	+0	+1
7	480, 95	481, 96	+1	+1
8	480, 285	480, 286	+0	+1
9	480, 475	482, 476	+2	+1
10	480, 664	481, 663	+1	-1
11	480, 854	480, 857	+0	+3
12	480, 1044	481, 1046	+1	+2
13	679, 95	680, 98	+1	+3
14	679, 285	680, 286	+1	+1
15	679, 475	680, 476	+1	+1
16	679, 664	680, 667	+1	+3
17	679, 854	681, 853	+2	-1
18	679, 1044	679, 1046	+0	+2
19	951, 95	952, 98	+1	+3
20	951, 285	951, 288	+0	+3
21	951, 475	951, 478	+0	+3
22	951, 664	951, 667	+0	+3
23	951, 854	951, 857	+0	+3
24	951, 1044	953, 1047	+2	+3



圖46. 測試點 P 之放大結果



圖47. 測試手寫字串

## 第6章 結論

### 6.1 結論

我們使用影像定位技術、普通的白板以及兩個影像擷取器來架構一個電子白板系統，實驗中普通白板面積為178 x 88平方公分，影像擷取出1288 x 1936的解析度。



圖48. 手寫字串輸出結果

我們的方法分兩個階段來達到電子白板的功能。在初始化階段，我們將白板切割為多個且不重疊的辨識區塊，並設置數個矯正點。因為需要記錄矯正點與其他參數，我們創建了一個矯正點參數資料庫，並依據矯正點進行參數調整。在定位階段，我們發展了一套利

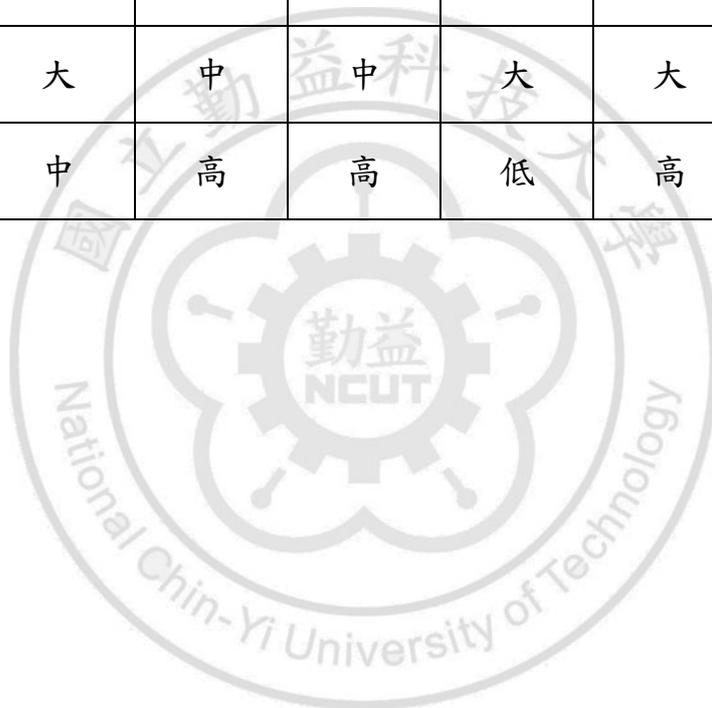
用線性與比例特性之定位法，它可以矯正並更快速的定位。由於矯正點參數資料庫記錄了矯正點位置以及調整值，所以經由補償後可以消除累積誤差，提高定位的準確性。

為了驗證我們的定位方法的效果，我們分為兩次實驗來證明我們的方法是有效的，第一次我們將白板直接使用線性與比例特性的定位演算法實驗，以及第二次我們將白板區分為數辨識區塊再進行定位演算法。實驗結果證明有區分辨識區塊比較沒有區分辨識區塊的結果精度提高，沒有區分辨識區塊的最大誤差為六到三像素點。另外我們在運行白板定位系統上寫了一段字串，測試結果顯示我們的方法是有效和低成本的電子白板系統。

如表 4 所示，實驗結果與現有的產品做比較，最明顯的差異是每一個建置成本都會比本研究設備成本還高，例如紅外線感應方式與超音波需要在白板邊緣分佈數個紅外線感測裝置或是超音波設備，若希望解析度更高時，需要設置更為密集成本也會跟著提高，電阻式與電容式則是需要在白後方所有使用面積上安置大量的感測板與感測電路造成成本更為可觀。在反應速度來說紅外線的是最成也是最為成熟，電阻式、電容式則是其次，因為超音波需要等待聲波回授所以最慢，以本研究來說，我們有使用矯正點參數資料庫作初使化的參數設定，所以在實際使用時，只需要短時間內運算白板筆定位點座標，所以反應時間是快的。

表4.本研究方法與其他感應方式比較

感應方式	紅外線	電阻式	電容式	光學式	超音波	本研究
反應速度	快	慢	中	快	慢	快
準確度	高	中	中	高	低	高
解析度	低	中	中	高	低	高
尺寸	大	中	中	大	大	大
建置成本	中	高	高	低	高	低



## 參考文獻

- [1] Kent P. , *Using Interactive Whiteboards to Enhance Mathematics Teaching*. Australian Primary Mathematics Classroom , 11(2) , 23-26 .
- [2] 翔基國際有限公司 , 觸控技術比較 , (2008) , <http://blog.xi-ji.com/?p=77> .
- [3] 網奕資訊 , 紅外線技術互動電子白板 , (2004) , <http://www.habook.com.tw/>
- [4] 中國投影網 , 光電觸摸技術或將成為電子白板觸控技術的新趨勢 , (1010) .  
<http://122.11.55.148/gate/big5/www.hqew.com/info/?action-viewnews-itemid-165433>
- [5] 州瀚瑞微電子 , 電容式觸摸屏市場潛力大加強產業鏈建設是關鍵 ,  
<http://www.cena.com.cn> .
- [6] 陽太科技 , 互動式電子白板 , (2009) , <http://www.cynotec.com.tw> .
- [7] 毅帆科技 , 觸控面板技術的應用發展趨勢 , (2001) , <http://efan.jsi.tw/index.asp> .
- [8] 藍貝思特科技 , 關於交互式電子白板 , <http://www.lanbeisite.com/> .
- [9] Buchsbaum and H. Walter , *Color TV Servicing* , Third. Edition , Englewood Cliffs , NJ: Prentice-Hall , (1975).
- [10] Ed Sutton , *Histograms and the Zone System* , Illustrated Photography.()
- [11] Michael Freeman , *The Digital SLR Handbook*. (2005).
- [12] Martin Evening , *Adobe Photoshop CS3 for Photographers: A Professional Image Editor's Guide.... Focal Press* , (2007).
- [13] Gonzalez , Rafael C. & Woods , Richard E , *Thresholding. In Digital Image Processing* , pp. 595–611. Pearson Education , (2002) .
- [14] *Conversion of a Color Image to a Binary Image*. (2008) .
- [15] Jean Serra , *Image Analysis and Mathematical Morphology* , (1982) .
- [16] Jean Serra , *Image Analysis and Mathematical Morphology* , (1988) .
- [17] Edward R. Dougherty , *An Introduction to Morphological Image Processing* , (1992) .
- [18] Pierre Soille , *Morphological Image Analysis; Principles and Applications* , (1999) .
- [19] R. C. Gonzalez , *Digital image processing* , (2002) .
- [20] T. Avery , *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation* , Maxwell Macmillan International , (1985) .
- [21] D. Ballard , *Computer Vision* , Prentice-Hall , (1982) .
- [22] E. Davies , *Machine Vision: Theory , Algorithms and Practicalities* , Academic Press , (1990) .

## 作者簡介

中文姓名	林柏樑	
英文姓名	Bor-Liang Lin	
出生日期	民國 74 年 6 月 5 日	
籍貫	臺灣 高雄市	

### 論文發表:

1. Chin-Ho Chung, Wen-Yuan Chen, **Bor-Liang Lin**, “Image Identification Scheme for Dice Game”, 2009 International Conference on Advanced Information Technologies (AIT) 2009, pp. 144 - 150, 24 -25 April, 2009.
2. Wen-Yuan Chen, **Bor-Liang Lin**, and Chin-Ho Chung, “Automatic Pencil Drawing Scheme for Images”, the 14<sup>th</sup> Conference on Artificial Intelligence and Applications, pp. 1-6, 30-31 Oct. , 2009.
3. 陳文淵, **林柏樑**, “使用影像處理技術之自行車運動辨識設計”, 第五屆智生活科技研討會(ILT2010), 2010年5月。
4. Chiou-Kou Tung, Wen-Yuan Chen, **Bor-Liang Lin**, “The Control Interface Design of 3D Balance-ball Game Using Paper Incline Identification”, 4th International Conference on New Trends in Information Science and Service, June, 2010.
5. Wen-Yuan Chen, **Bor-Liang Lin**, Cheng-Chao Ku, and Chiou-Kou Tung, “Mahjong Image Identification Techniques”, The 2010 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence TAAI 2010, Nov. 18-20, 2010, submitted.
6. Wen-Yuan Chen, **Bor-Liang Lin**, Sheng-Yuan Hsieh, and Chiu-Yu Yen, “The Speed and Orientation Detection Techniques of the Bicycle Image”, International Conference on High-Speed Circuits Design (HSCD2010), NCUT, Taichung, Taiwan, Aug., 2010, submitted.