

國立交通大學

平面顯示技術碩士學位學程

碩 士 論 文

新型 2D-3D 整合式數位廣告看板應用設計



Design for 2D-3D Hybrid Digital Signage Application

研 究 生：林宏恩

指導教授：黃乙白 教授

中華民國九十九年十二月

新型 2D-3D 整合式數位廣告看板應用設計

Design for 2D-3D Hybrid Digital Signage Application

研 究 生：林宏恩

Student : **Hung-En Lin**

指 導 教 授：黃乙白

Advisor : **Dr. Yi-Pai Huang**

國 立 交 通 大 學

平面顯示技術碩士學位學程

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Flat Panel Display Technology

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

in

Flat Panel Display Technology

Dec 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 十二 月

新型 2D-3D 整合式數位廣告看板應用設計

碩士研究生：林宏恩 指導教授：黃乙白 副教授

國立交通大學

平面顯示學程碩士班

摘要

由於廣告不斷以不同傳播型式充斥每一個人的生活，使大眾已經習慣現行大多廣告傳播型式，對於大部分廣告都是興致缺缺，其主要的原因之一有現行廣告傳播方式主要由 2D 電子看板呈現，並無法讓人耳目一新，使人們有動機去觀賞廣告，而 3D 電子看板有設備成本高，並其畫素容易錯位等問題，包含解析度下降而無法呈現精緻的文字。但是隨著顯示器科技進步，有許多新的科技因素可以使用，因此本論文提出一個新型 2D-3D 整合式數位廣告看板，預期其中 3D 電子看板的立體圖形主要展示其重點商品來可以吸引大眾目光，進而瞭解到 2D 部分則是輔助敘述，但卻可以呈現文字及更精緻的廣告內容。。

本論文為了優化此系統之設計參數，利用人因實驗探討新型 2D-3D 整合式廣告看板的設計條件，主要分為六項實驗：

第一、3D 效果驗證：

首先必須驗證新型 2D-3D 整合式數位看板有 3D 效果，不然此新優勢型廣告看板就失去其優勢。

第二、最佳 3D / 2D 畫面面積比例：

利用不斷調整投影機 2D 畫面面積，找出其數位看板最佳 3D / 2D 畫面面積比例參數。

第三、反射鏡像物體以製造景深：

加入半穿反鏡在新型 2D-3D 整合式數位看板，利用半穿反鏡能反射環境物的特性，看是否能提升其 3D 立體效果。

第四、鏡像反射物最佳距離比例：

利用不斷調整反射物跑馬燈位置，找出最佳 3D 效果的反射物距離比例。

第五、鏡像反射物最佳亮度比例：

調整反射物的光源亮度，找出最佳 3D 效果的反射物最佳亮度比例。

第六、增加前方展示板以強化影像深度：

利用展示板放置在新型 2D-3D 整合式數位看板前方，看是否透過展示板的配置可以增加 3D 影像的深度感覺。

經過人因實驗結果是此新型 2D-3D 整合式數位廣告看板中是有 3D 立體效果，並且比原本單一 3D 電子看板的立體效果高出 16%，並得知半穿反鏡和展示板可以提升 3D 深度感知約為 16% -33%，並評估出加上半穿反鏡和展示板的最佳化參數，因此可以在不增加左右眼圖片的距離差距（disparity）下，卻可以提升人的深度感知，讓觀賞者更有身歷其境的感覺。



A New Application of 2D-3D Hybrid Outdoor Billboard

Abstract

Student: Hung-En Lin

Advisor: Dr. Yi-Pai Huang

Abstract

Student: Hung-En Lin

Advisor: Dr. Yi-Pai Huang

Advertisement constantly penetrates everyone's life through all kinds of media exposure. The general public becomes accustomed to most of the existing types of advertisement, but these existing types of advertisement did not arouse the interest of the public because it is shown by 2D electrical billboard and lacks of innovation and creativity. There is no motivation to watch the content of advertisement. The cost of the 3D digital signage equipment is high, and the pixels are easily misplaced, including failed to present delicacy of the words due to resolution downgrade. However, with the advance of display technology, there are many factors of new technology that can be applied into industry of advertisement. We combined a new application of 2D-3D hybrid outdoor advertising billboard. The 3D digital signage of the new application of 2D-3D hybrid outdoor billboard is expected firstly to draw attention of the public with product pictures presenting by 3D technology and moreover encourage the public to watch the 2D advertisement as assistant description. This combination presents an more exquisite advertisement with words

In order to better the design parameters of this system, this thesis explores the new application of 2D-3D hybrid outdoor billboard from six experiments based on human

behavior. The six experiments are as followed:

First, the 3D effect of the new application of 2D-3D hybrid outdoor advertising billboards: To verify the new 2D-3D hybrid outdoor billboards have 3D effect is the first step; otherwise, the advantage of this new type of advertising billboards will lose its advantage.

Secondly, the best 3D / 2D screen area ratio of the new 2D-3D hybrid outdoor billboards: Continuously adjust 2D screen space from the projector to find out the parameters for the best outdoor billboards 3D / 2D screen area ratio.

Thirdly, integrate Transferred-reflected Mirror into new 2D-3D hybrid outdoor billboards: see if the 3D stereo effect could be enhanced by integrated Transferred-reflected Mirror into the new 2D-3D hybrid outdoor billboards as a result of its characteristic that reflects the environment

Fourth, the best distance ratio of the reflector in the new 2D-3D hybrid outdoor billboards: constantly adjusting reflector location in the scrolling text to find the best 3D effect of the reflector distance ratio.

Fifth, to find the best brightness ratio of the reflector in the new 2D-3D outdoor billboards: Adjust the brightness of the reflector to find the brightness ratio of the best 3D effects reflector.

Sixth, increase display board into the new application of 2D-3D hybrid outdoor billboards: to place a display board in front of the new 2D-3D hybrid outdoor billboards to see if this action could the depth feeling of 3D image.

The result of this experiment is that the new application of 2D-3D hybrid outdoor advertising billboard actually has 3D stereo effect which is 16% higher than original single 3D digital signage. Through the experiment focused on human behavior, it is concluded that transferred-reflected mirror and the display board could enhance 3D stereo effect by 16% ~33% and when the best parameters for the transferred-reflected mirror and the display board are added into the new 2D-3D hybrid outdoor advertising billboard, it can enhance human's

feelings of depth under the circumstance without increasing the disparity from the pictures of left eye and right eye. The viewers could experience the situation more vividly.



誌 謝

首先誠摯的感謝指導老師黃乙白老師對於研究態度及方向的不斷指導和協助，以及提供豐富的實驗資源與完善研究環境，使我能在碩士生涯提升了專業能力，順利完成此論文。此外，也感謝各位口試委員所提供的寶貴意見，使本論文更加的完備。

在實驗室的日子裡，特別感謝許經益、丁志宏、李玄等同學們在研究上的幫助與分享。感謝參加各位人因實驗同學的協助，因為有他們的幫忙，才能讓實驗如此順利完成。

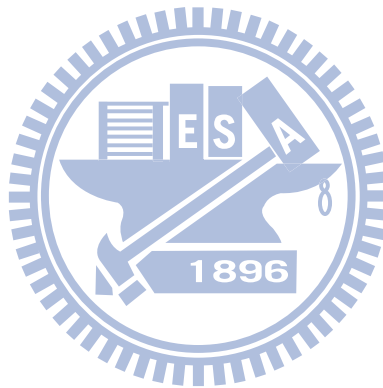
最後，我要感謝我的神-耶和華、妻子靜雯和家人朋友，感謝你們一路以來的支持，使我能無後顧之憂的研究與學習，並順利完成碩士學業。在此，我將這份喜悅與每位關心我的人分享。

目 錄

摘 要	iii
Abstract	v
誌 謝	viii
目 錄	ix
表目錄	x
圖目錄	xi
一、緒論	1
1.1 前言	1
1.2 廣告傳播媒介形式	4
1.3 研究背景與動機	17
二、2D-3D 整合式數位廣告看板設計和製作	19
2.1 2D-3D 整合式數位廣告看板設計	19
2.2 2D-3D 整合式數位廣告看板製作	19
三、實驗設計和人因實驗規劃	23
3.1 實驗的設計	23
3.2 人因實驗規劃	32
四、實驗結果與分析	35
4.1 3D 效果驗證	35
4.2 最佳 3D / 2D 畫面面積比例	36
4.3 反射鏡像物體以製造景深	37
4.4 鏡像反射物最佳距離比例	38
4.5 鏡像反射物最佳亮度比例	39
4.6 增加前方展示板以強化影像深度	40
五、結論與展望	42
參考文獻	44

表目錄

表 一. (a) 3D 柱狀透鏡的製造參數	(b) IBM 筆記型電腦規格.....	20
表 二. (a) 投影機規格	(b) 白色壓克力板尺寸	20
表 三. 半穿反鏡光學特性		29
表 四. 企鵝剪影亮度表		31
表 五. 3D cubic 不同灰階亮度		31
表 六. 受測者資料		33
表 八. 新型 2D-3D 整合式數位看板最佳化參數		42



圖目錄

圖 一. 廣告形式發展	1
圖 二. 二十世紀早期中國的俄式廣告柱	2
圖 三. 2004 - 2010 上半年台灣廣告金額	2
圖 四. 廣告傳播型的分類圖	4
圖 五. 中國最大霓虹燈廣告	6
圖 六. 地鐵燈箱廣告	7
圖 七. 公車車身廣告	8
圖 八. 台北小巨蛋 LED 數位廣告	9
圖 九. 賣場 TFT LCD 電子看板	10
圖 十. 3D 顯示技術的分類圖	10
圖 十一. 全平面式立體影像顯示器。	12
圖 十二. 體積式顯示器示意圖。	12
圖 十三. 多平面式 3D 顯示器示意圖。	13
圖 十五. 視差遮屏(Parallax barrier)示意圖	15
圖 十六. 時間多工式雙光源 3D 顯示器示意圖。	16
圖 十七. 電子看板優缺點比較圖。	18
圖 十八. 新型的 2D-3D 整合式數位看板的設計	19
圖 十九. 五張 3D 圖片 (a) cubic 1 (b) cubic 2 (c) color cubic (d) tree (e) color bar	21
圖 二十. 新型的 2D-3D 整合式數位看板的實體	22
圖 二十一. 新行 2D-3D 整合式數位看板實驗流程圖	23
圖 二十二. (a) 3D cubic 圖面 (b) 2D 古堡圖面	24
圖 二十三. 3D / 2D 畫面面積比例 1/9	25
圖 二十四. 人眼感受不同深度感知 (perceived depth)	25
圖 二十五. 視覺疲勞 (visual fatigue) 原因	26
圖 二十六. 深度感知 (perceived depth) 的心理因素	27
圖 二十七. 雙眼視差 (Binocular parallax) 成像	27
圖 二十八. 光角 (Convergence) 與對焦距離關係	28
圖 二十九. 光角 (Convergence) 與對焦距離關係	28
圖 三十. 人眼從半穿反鏡 (Transferred-reflected Mirror) 看到影像	29
圖 三十一. 測試反射物最佳距離	30
圖 三十二. 反射物的投影方式	31
圖 三十三. 新型 2D-3D 整合式數位看板系架構圖	32
圖 三十四. 2D 投影對 3D 立體效果的影響	35
圖 三十五. 不同 3D / 2D 畫面面積比例對 3D 立體效果的影響	36
圖 三十六. 半穿反鏡 (Transferred-reflected Mirror) 對 3D 立體效果的影響	37

圖 三十七.	半穿反鏡 (Transferred-reflected Mirror) 的距離比率對 3D 立體效果的影響	38
圖 三十八.	3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率對 3D 立體效果的影響	39
圖 三十九.	展示板長度對 3D 立體效果的影響	40
圖 四十.	(a) 新型 2D-3D 整合式數位看板實體圖 (b) 新型 2D-3D 整合式數位看板規格示意圖	41
圖 四十一.	新型 2D-3D 整合式數位看板完成圖	42



一、緒論

1.1 前言

廣告一直以來都充滿你我的生活，然而廣告[1]就是廣而告之的簡稱，可以泛指一切不針對特定對象的公告，包括公益廣告、旅遊廣告、商業廣告等等。然而，現在日常生活中所說的「廣告」往往特指商業廣告，即用於推廣貨品、服務、或理念的付費公告。廣告的目標在於勸說或告知大眾，以引發購買、增加品牌認知、或增進產品的區別性。每則廣告由訊息與傳遞訊息的媒介構成。廣告僅是全部行銷（即營銷，市場營銷）策略中的一環。

廣告一詞，據考証是一外來語。它首先源於拉丁文AdA verture，其意思是吸引注意力。中古英語時代（約公元1300—1475年），演變為Advertise，其含義衍化為“使某人注意到某件事”，或“通知別人某件事，以引起他人的注意”。

廣告是在西方國家中起源，如圖一所示，古代西方國家廣告傳播媒介的形式通常是口耳傳播。然而商業性質和政治競選的廣告已經在龐貝城的廢墟中有所發現，但卻還不是最早的。一般公認的最早的廣告應該是在古希臘（公元前800年 - 公元前146年）發現的《尋奴》。當印刷術在15世紀到16世紀的歐洲廣泛運用時，真正意義上的現代廣告出現了。英國出現了世界上第一個紙印刷廣告，當時是用來宣傳販賣教會圖書的[1]。17世紀，廣告開始出現在英國一些每周出版的報紙上，並且在接下來的一個世紀中，廣告日益流行起來，成為社會生活和商業經濟中不可缺少的一部分。19世紀末20世紀初，美國逐漸成為世界廣告大國。20世紀末隨著網際網路普及，網路廣告成為新式的廣告傳播媒介形式。



圖一. 廣告形式發展

在中國雖然不是現代廣告的發源地，但有廣告性質的宣傳方式很早就出現了。《詩經》的《周頌·有瞽》一章里已有「蕭管備舉」的詩句，據漢代鄭玄注說：「蕭，編小竹管， 如今賣錫者吹也。」，唐代孔穎達也疏解說：「其時賣錫之人， 吹蕭以自表也。」可見西周時，賣糖食的小販就已經懂得以吹蕭管之聲招徠生意。而春秋末期孔子的周遊列國也可以說就是一種個人廣告的形式。除了口頭廣告，中國古代最常出現的是懸掛式廣告。北宋時期的名畫《清明上河圖》中，描寫了北宋東京繁華的街市景象，裡面的懸掛式廣告隨處可見。到了清末民初，租界遍地的上海等地區成為中國現代廣告的發達地區，如圖二所示[1]。



圖 二. 二十世紀早期中國的俄式廣告柱

從尼爾森公司市調資料中[2]，在台灣廣告市場 2010 年上半年廣告量躍升至新台幣 222.7 億元，回復到 2006 年與 2007 年的水準，較去年同期成長高達 24%，如圖三所示 [2]，每半年台灣廣告市場金額大都超過兩百億元商機，都說明全世界廣告商機無限。

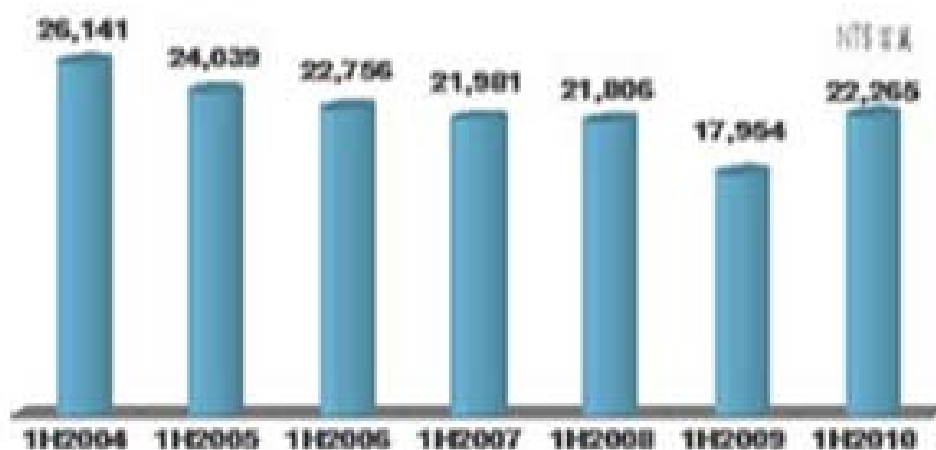


圖 三. 2004 - 2010 上半年台灣廣告金額

隨著科技時代進步，廣告傳播形式五花八門出現，例如廣告欄、印刷傳單、廣播、電影和電視廣告、網路橫幅、網頁彈出式廣告、空中廣告、公共汽車站台、雜誌、推銷員工、公共汽車側身、計程車車身、日常用品、商品標籤、音樂和視頻，以及某些票券背面.....等等。廣告傳播媒介形式不斷推陳出新，為的是吸引更多消費者的注意力，所以要如何推出新的吸引消費者注意力高的廣告傳播型式，使得廣告主願意付費以宣傳企業和商品達到其預期目的廣告方式，成為一個目前相當重要課題。



1.2 廣告傳播媒介形式

廣告傳播媒介形式主要可以分為室內廣告和戶外廣告，室內廣告發展時間較早，原本大都是印刷品形式呈現，隨著科技進步，後來增加廣播廣告、電視廣告和網路廣告三種型式。戶外廣告因科技時代不斷進步，廣告傳播型式漸漸多元化起來，從原本單純看板廣告不斷發展出霓虹燈廣告、燈箱廣告、車身廣告等等，為了增加廣告的曝光度及觀賞者吸引力，廣告業者不斷推陳出新。

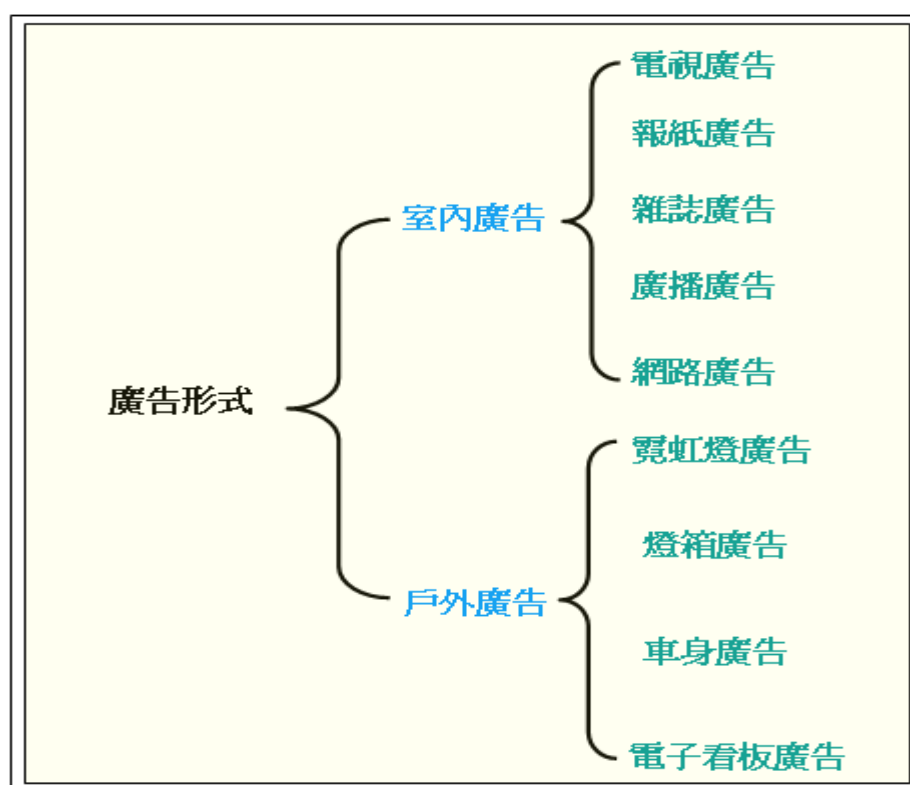


圖 四． 廣告傳播型的分類圖

(一) 室內廣告:

1. 電視廣告

人們通常把 1925 年 10 月 2 日蘇格蘭人約翰·洛吉·貝爾德（John Logie Baird）在倫敦的一次實驗中「掃描」出木偶的圖象看作是電視誕生的標誌，他被稱做「電視之父」。但是史上第一支電視廣告是在 1941 年 7 月 1 日晚間 2 點 29 分播出的[1]，由寶路華鐘錶公司（Bulova Watch Company）以 9 美元的價格，向紐約市的全國廣播公司（NBC）旗下的「WNBC」電視台購買棒球賽播出前的 10 秒鐘時段。當時的電視廣告內容十分簡

單，僅是一支寶路華的手錶顯示在一幅美國地圖前面，並搭配了公司的口號旁白：『美國以寶路華的時間運行！』

電視廣告發展至今天，其長度從數秒至數分鐘皆可。各式各樣的產品皆能經由電視廣告進行宣傳，從家用清潔劑、農產品、服務，甚至到政治活動都有。甚至在美國，電視廣告對社會大眾的影響力之大，候選人被認為若不能推出一支好的電視廣告，將難以在選舉中獲得勝利，但電視廣告缺點是製作成本高並且費時。

2. 報紙廣告

刊登在報紙上的廣告。報紙是一種印刷媒介（print-medium）。它的特點是發行頻率高、發行量大、信息傳遞快，因此報紙廣告可及時廣泛發佈。世界上最早報紙廣告的報紙是在英國的《倫敦報》被刊登[3]。報紙廣告以文字和圖畫為主要視覺刺激，不像其他廣告媒介，如電視、廣告等受到時間的限制。而且報紙可以反覆閱讀。鑒於報紙紙質及印製工藝上的原因，報紙廣告中的商品外觀形象和款式、色彩有時候不能理想地反映出來，並且報紙廣告存活率較低，因為報紙是每天都會出版更新。

3. 雜誌廣告

雜誌[3]形成於罷工、罷課或戰爭中的宣傳小冊子。這種類似於報紙注重時效的手冊，兼顧了更加詳盡的評論。所以一種新的媒體隨著這樣特殊的原因就產生了。其中最早出版的一本雜誌是於 1665 年 1 月在阿姆斯特丹由法國人薩羅（Denys de Sallo）出版的《學者雜誌》（Le Journal des Savants）。雜誌廣告較報紙廣告有優勢於讀者明確和廣告存活率高，缺點為通常雜誌的發行量都不是很大，因此相對的雜誌廣告效果也有限。

4. 廣播廣告

1906 年，美國科學家弗萊斯特發明能使電波產生放大作用的三極真空管，並能產生高頻率無線電波，並在 1910 年成功的通過電波將歌聲傳出，世人尊稱他為廣播之父[1]。聽眾透過收音機接收頻率，不同的電台廣播使用不同的頻率範圍，廣播廣告時間大都穿插於新聞報告、音樂點播、人物專訪、戲曲欣賞、體育旁述節目中。其缺點為聽眾注意力低，因為人們通常接觸廣播時常伴隨其他行為，如做家事、工作、開車等等。

5. 網路廣告

網路廣告崛起於 1994 年，最早是在美國 Hot Wired 雜誌為 AT&T 所推出的線上廣告[4]，隨人們使用網路習慣增加，演變至今，網路廣告的種類與表現手法令消費者目不暇接，網路廣告不單單是行銷的工具，也算是通路的一種。傳統廣告以建立觀賞者對商品的印象（Impression）為主，現行網路廣告不只是建立觀賞者的印象，更重視商品交易

的達成。透過網路廣告，更縮短了觀賞者購買決策的時間，提昇廣告業主的銷售量，所以這是網路廣告在不到二十年時間中，網路廣告量便蓬勃發展的原因，在 2008 年美國網路廣告量將超越報紙，成為僅次於電視的第二大媒體[5]。但是人們使用網路都是為了娛樂或獲取資訊，很少人會直接主動曝露於廣告，因此透過線性傳播行為(如電視)廣告強迫曝露，廣告可以在無形中創造需求，然而網路廣告的傳播行為不是線性的，而是跳躍式，網路使用人可以跳躍的點選自己所需的資訊，使得網路廣告不是強迫式的曝露，因此較難創造需求，可能不適合感性的，非必需品，以及新產品刊登。

(二)戶外廣告:

1. 霓虹燈廣告

霓虹燈[3]由法國物理學家喬爾朱·克羅德在 1910 年 2 月 3 日巴黎汽車展覽會上首次展出他的科技成果。並在 1912 年，法國蒙馬爾特 14 號大街的理髮店門口，裝置了最早的霓虹燈廣告，是用紅色的大字組成的“豪華理髮店”，世界上最早使用一個單詞的霓虹燈廣告，是在法國奧斯曼 72 號大街入口處裝置的“欽扎諾”(CINZANO)，這是一種義大利產的葡萄酒。霓虹燈廣告的普及運用是在西元 1920 年代末和 1930 年代初，之後，到西元 1950 年代霓虹燈廣告隨著新技術新材料的發明及使用，霓虹燈廣告種類變得五花八門。到西元 1990 年代之後，其形式更是繁華多彩。霓虹燈廣告成為了一個地區經濟繁榮與否的重要顯示，這現象也反應近年來中國經濟快速成長趨勢，圖五為中國最大霓虹燈廣告，位於廣州電視塔上霓虹燈廣告，廣告面積為 3200 平方米。

霓虹燈主要由玻璃管製成，並按照設計要求彎成各種文字和圖案，然後在玻璃管兩端配製銅電極，在管內灌註氖、氬等各種惰性氣體，接通高壓電源後發出各色光，是數位廣告的主要形式之一，還可以為夜幕增加色彩和動感。但霓虹燈廣告的主要缺點是：宣傳內容較簡單、無法描述圖形複雜的商品，並且製作費用大。



圖 五. 中國最大霓虹燈廣告

2. 燈箱廣告

燈箱廣告又名“燈箱海報”或“夜明宣傳畫”[3]。用於數位的燈箱廣告，其應用場所分佈於道路、街道兩旁，以及影院、展覽會、商業鬧市區、車站、機場、碼頭、公園……等等。國外稱之為“半永久”街頭藝術。現行的柔性燈箱一改傳統燈箱白天效果差，沒有圖像、文字字形單調的缺憾，而是以圖像顯示、豐富的字形、無論白天黑夜均以艷麗的色彩、強烈的質感顯示出特有的裝飾效果。如圖六，以柔性燈箱的製作技術及材料、工藝不僅可以製成覆蓋整個牆面的巨型燈箱與建築物溶於一體，還可做成實物模型，而且幾年不變色、易運輸、易安裝、不易磨損及阻燃。廣泛用於銀行、超級市場、快餐店、加油站、捷運等，已成為一種商店門面裝飾新形式。但燈箱廣告缺點為廣告內容畫面都固定，並都是 2D 平面為主，對大眾吸引度不高。

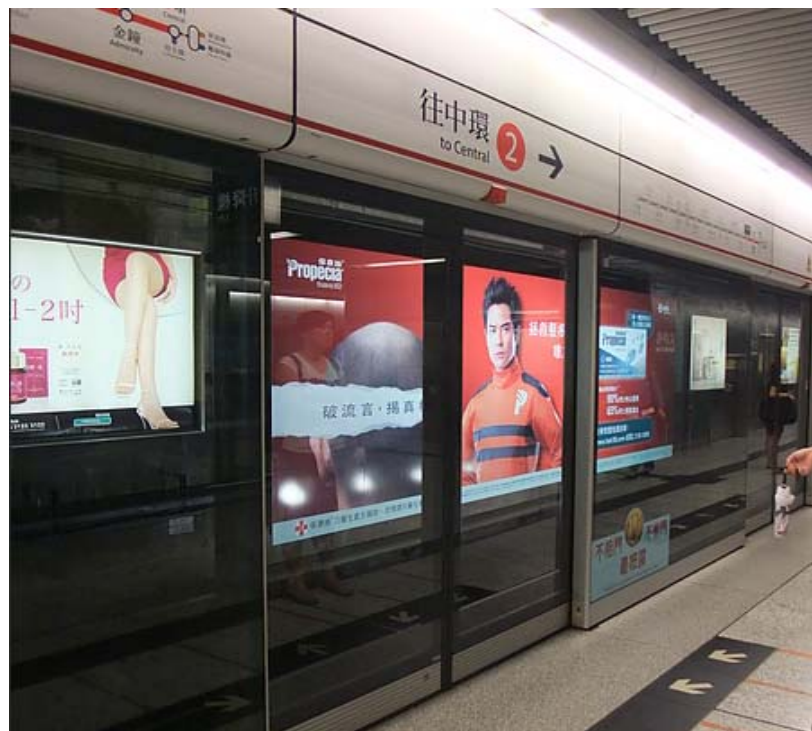


圖 六. 地鐵燈箱廣告

3. 車身廣告

公車和計程車是城市裡最重要的交通工具之一，又與人們日常生活息息相關，這就使公車車身和計程車車身，可以成為一種滲透力極強的數位廣告媒體，同時公車車身和計程車廣告又是固定數位廣告的延伸，它具有固定數位廣告的優點廣告畫面衝擊力大，廣告影響持續不斷，能有效地向特定地區特定階層進行廣告訴求的特點，如圖七所示。

同時，公車車身和計程車廣告流動性使車身廣告的受眾層面更為廣泛廣告到達率更高，憑藉自身的特點，車身媒體日益成為眾多品牌投放廣告的媒體形式之一。

相對於其他的數位媒體形式，車身廣告的傳播方式是主動出現在大眾的視野之中，在傳播方式上最為“積極、主動”。從人的注意力角度講，移動的物體總是比較能被注意到，實現高曝光率。

車身廣告的有效可視範圍大於 270 度，從根本上消除了視角盲區，並且面積的畫面展示是廣告信息有效傳播的前提條件，龐大的廣告畫面可以帶來強大的視覺衝擊效果[6]。公車單層車上畫面積大於 30 平方米，公車雙層車更超過 70 平方米，堪稱移動的巨型廣告牌。MPI（媒體伯樂）在實地測量中，使用了精確的激光測距儀，車身廣告最大有效可視距離達到 70-75 米，雙層車甚至達到 100 米，形成範圍廣闊的有效可視區域。但車身廣告的缺點為廣告表達方式皆為 2D 平面，並且在夜晚中，車身廣告會因環境光下降，而能見度會大幅下降，廣告效果便不如預期。



圖 七. 公身車身廣告

4. 電子看板廣告

近十年由於光學顯示科技不斷進度，許多廣告商使用新的科技應用在戶外廣告上，例如：LED 電子看板、TFT LCD 電子看板、3D 電子看板.....等等，使得戶外廣告變的更豐富、更清楚內容。

LED 電子看板：

LED 電子看板主要是由許多高亮度 LED 燈排列組成而成，可以利用不同顏色 LED 燈呈現出不同廣告畫面，所以 LED 電子看板可以隨時間不斷更新廣告畫面，並且 LED 電子看板也因 LED 燈排列組成而成，看板面積不會受到限制，可以達到客製化要求，也因 LED 高亮度特性，不管在白天或夜晚，LED 電子看板都可以清楚呈現出廣告內

容，較不會受到環境光的影響，現行 LED 電子看板可以隨整個牆面架設或和建築物溶於一體，大大增加 LED 電子廣告看板使用性，圖八為台北小巨蛋 LED 數位廣告，廣告看板面積長度 100m 乘上寬度 20m，又稱台北天幕[1]。

不過 LED 電子看板的缺點：造價費用較高，並且廣告表達方式還是 2D 平面，需要評估其廣告效益。



圖 八. 台北小巨蛋 LED 數位廣告

TFT LCD 電子看板：

由於 TFT LCD 產業迅速發展，使得 TFT LCD 顯示器售價已經達到價廉物美，許多的捷運、公車、大樓電梯間、大賣場、量販店或速食店，如圖九，不難發現 TFT LCD 看板已逐漸取代了傳統的跑馬燈，這樣的產品展現方式，讓消費者瀏覽產品時，更加賞心悅目，也可以將產品內容及特色做更靈活及多樣化的展現，National Association of Broadcasting Show 報導也指出，利用賣場 TFT LCD 電子看板能刺激所促銷之新產品銷售成長 30% 至 300%，也可讓營業額增加 30%，並使消費者減少約 15% 的等待時間，讓消費者能更快速找到所需商品[7]，增加賣場的方便性。

不過在 TFT LCD 電子看板缺點是顯示器亮度不高，在數位使用時，白天容易受到環境光的影響，並且 TFT LCD 電子看板面積容易受到限制 因為 TFT 產業大尺寸顯示器大都以家用電視為主要，大多的 TFT LCD 電子看板面積上限約在 65 吋以下作為使用。



圖 九. 賣場 TFT LCD 電子看板

3D 電子看板：

介紹到此，大眾接受到廣告內容傳播型式都以 2D 平面方式，缺少深度概念給觀賞者，就算 2D 廣告內容在逼真，但是沒有深度訊息，還是無法達到身歷其境感官，拜現在顯示器技術大幅進步，廣告看板業者已經利用不同技術，使廣告看板可以傳達深度訊息給觀賞者。

3D 立體顯示技術的發展的原始想法也就是來自左右眼分別接受不同的影像。早期的立體影像顯示器大部份是戴眼鏡的立體顯示器，然而，這些立體顯示器都需要佩帶特殊的儀器，常會阻礙人類自然的視覺，因此近幾年來，裸眼式的立體影像顯示器逐漸多元發展，其 3D 影像顯示技術的大致分類如圖十所示。

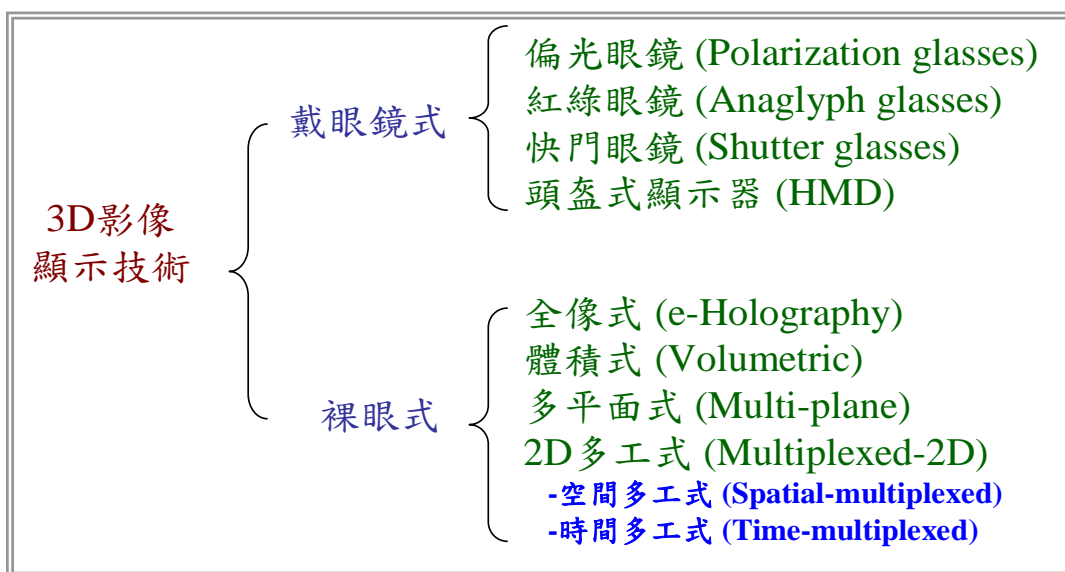


圖 十. 3D 顯示技術的分類圖

(一) 戴眼鏡式:

1. 偏光眼鏡(Polarizing glasses)

偏極式眼鏡的應用可說是現今大家較為熟悉的，現今的立體電影的放映方式便是利用此一方法。在所配戴的眼鏡上左右眼分別使用水平及垂直的偏光鏡片。使得一眼只能看見垂直偏振的光另一眼則是水平的。而投影設備則是同時使用兩台可以投影出偏振光的投影機。分別投射出水平及垂直的光，分別給左右眼觀賞。但缺點則是當頭部有微斜時，偏光眼鏡往往就會無法完全濾掉另一方向的光。使得眼睛會看到另一眼的影像，有些觀眾會因此而感到不適。

2. 紅藍(綠)眼鏡(Anaglyph)

早在 1850 年代 Joseph D'Almeida 就是用紅綠眼鏡來撥放立體電影造成轟動。這是把左右眼的影像用不同顏色畫在同一畫面中，當戴上紅藍眼鏡後，利用顏色過濾的原理，左右眼就看到有角度差異的影像了。但缺點是只能看灰階或單一色調的畫面，是因為顏色會被濾鏡濾掉所造成。

3. 快門眼鏡(Shutter glasses)

在影像撥放時，我們把影像分為奇數影像和偶數影像。其中若我們設定放奇數影像時是給右眼所接受，我們便利用眼鏡將左眼遮住讓右眼觀看。之後再放偶數影像利用相同的原理，如此左右交替便能看到立體影像。這種眼鏡本身是利用液晶做成，所以可以控制左右眼的開與關。但缺點是眼鏡成本較高。並且一般而言需要使用 CRT 螢幕。因為 LCD 螢幕的反應速度往往不夠快速。

4. 頭盔式顯示器(Head mounted display)

此一方式便是直接在眼鏡上分別做兩個螢幕直接分別給左右眼觀賞，所以只要分別給兩邊不同的訊號即可。但缺點便是只能單一觀眾觀賞，並且眼鏡不管是在造價和重量上都屬最貴重的。

(二)裸眼式:

1. 全像式(e-holographic)

主要是麻省理工學院所發展的，是利用紅、藍、綠三色雷射光源，各自經過聲光調變器晶體(Acoustic Optical Modulator, AOM)，產生相位型光柵，帶著光柵訊息的雷射光經過全像片合併之後，利用垂直掃描鏡(Vertical Scanning mirror)及多面鏡(Polygonal mirror)，進行垂直及水平的掃描，進而將立體影像呈現出來[8]，其優點為全像片的取得容易且技術成熟，然而，影像大小常受限於聲光調變器晶體的大小，且多面鏡的掃描速度必須與三色雷射光源在晶體傳播速度同步。

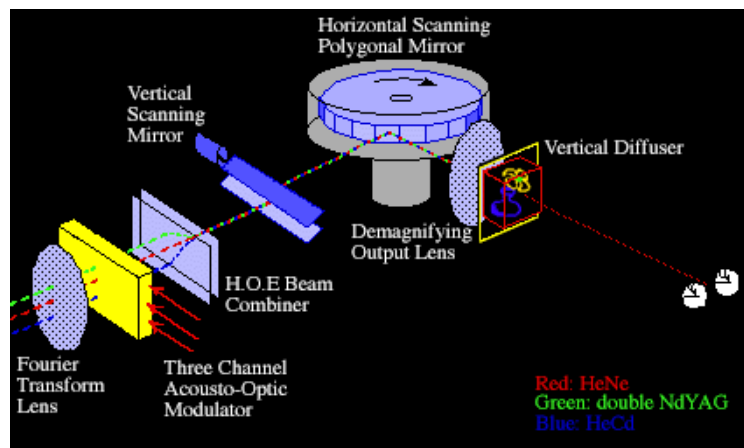


圖 十一. 全平面式立體影像顯示器。

2. 體積式(Volumetric)

德州儀器(Texas Instrument, TI)提出一種利用雷射掃描立體影像顯示器，又有人稱之為體積式顯示器。如圖五所示，主要是利用一個快速旋轉的圓盤，配合由底下投影的雷射光源，藉由雷射光源投射到快速旋轉的旋轉面時，會產生散射的效應，以掃描空間中的每一點[9]，其缺點是影像中央必須有一個旋轉軸，靠近軸心的影像旋轉速度較慢，立體影像較不清晰。

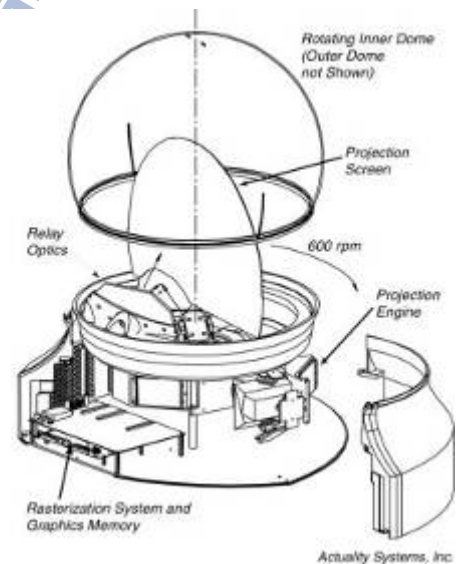


圖 十二. 體積式顯示器示意圖。

3. 多平面式(Multi-Planar)

日本 NTT 提出一種利用兩個重疊的液晶面板，在兩個面板顯示大小相同的影像，利用物體離觀賞者的遠近距離不同，會有陰暗及顏色上的差別，進而將前後物體影像重疊在一起，讓觀賞者產生立體感，其缺點是前後面板的對位困難，且因為是由兩個二維影像重疊的結果，所以只有在正視方向觀賞，立體效果較佳，其餘觀賞角度則不易顯出立體效果。

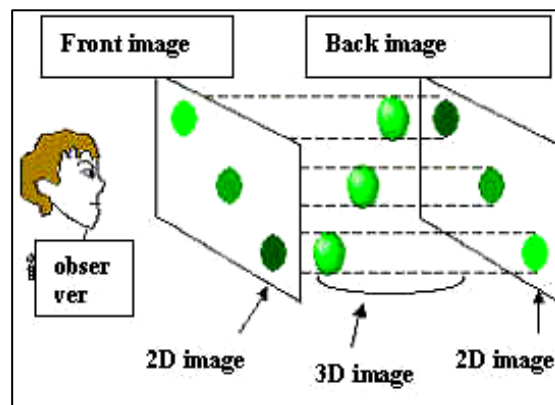


圖 十三. 多平面式 3D 顯示器示意圖。

4. 2D 多工式(Multiplexed 2D)

這一兩年來各家廠商所普遍採用的方式，是在同一個顯示系統上分別提供觀賞者左右眼各一個視角不同的平面影像，利用大腦可以將左右眼所看到的不同影像，融合在一起，以產生立體影像的感覺，這種便是所謂立體影像對 2D 多工的方式。而 2D 多工式又可再細分為空間與時間多工式。

在空間多工式方面，日本的三洋(SANYO)最先提出利用立體影像對的方式來產生立體影像顯示系統，是將液晶面板的畫素分成若干個奇數畫素及偶數畫素的影像對，奇數畫素影像對提供觀賞者一眼的影像，偶數畫素影像對則提供觀賞者另一眼的影像，而影像對的多寡，則決定了視域的多寡，並利用柱狀透鏡(Lenticular lens)將光線分光，進而將奇數畫素與偶數畫素的影像，分別投影至觀賞者的兩眼[10]，如圖十四(a)所示，因此產生立體的影像。而近年來飛利浦(Philips)公司則是最積極投入此一技術的公司，也是利用相同的方式製造立體影像對，但其柱狀透鏡內部有注入液晶，因此便可以利用電場控制其柱狀透鏡的聚焦特性(圖十四(b))，而便於 2D/3D 的切換[11]。所以但缺點在於柱狀透鏡與液晶面板的對位必須十分精準，才能使奇數畫素對及偶數畫素對的影像準確地投影至觀賞者的左右眼，但由於製作柱狀透鏡時的誤差，常會使透鏡表面不易平整，容易產生散射，此外，柱狀透鏡的間距(Pitch)在面板的中央及邊緣大小不一，都會造成部分模糊的立體影像。

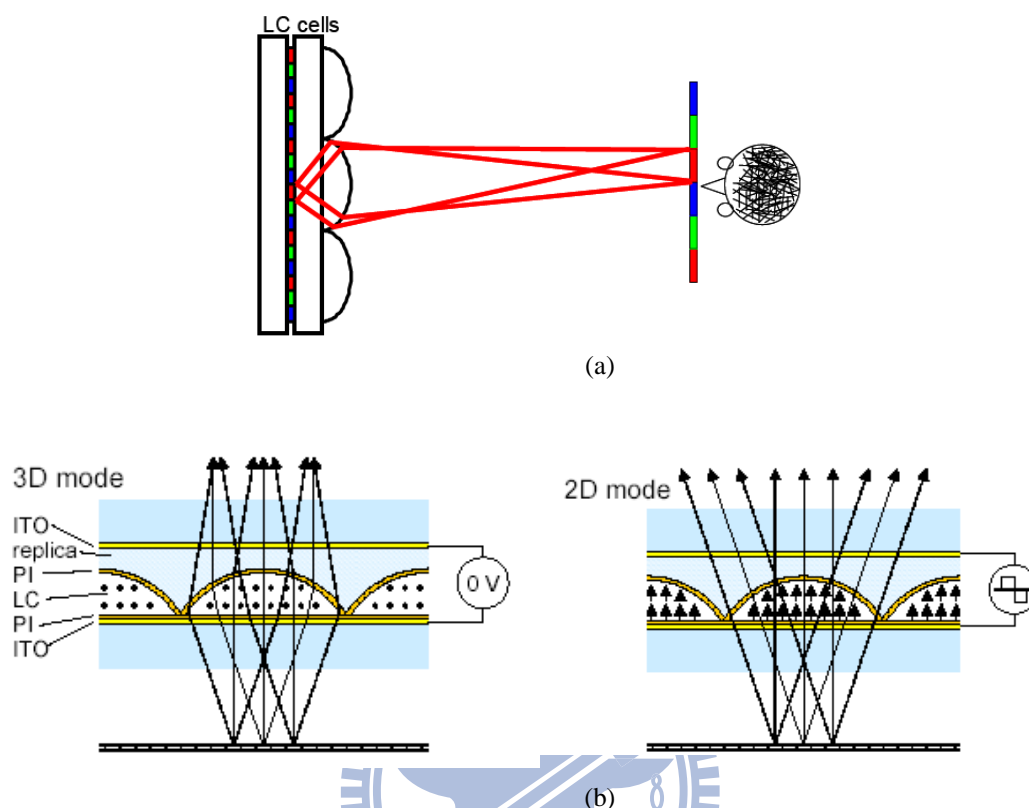


圖 十四. (a)利用柱狀透鏡產生立體影像對；(b)可切換式液晶柱狀透鏡。

除了柱狀透鏡，日本 Sharp 與韓國三星公司則皆是利用視差遮屏(Parallax barrier)來進行分光[12][13]，如圖十五所示。所謂的視差遮屏，是以黑色與透明相間的直線條紋，將其置於離液晶面板一小段距離，讓觀賞者的其中一眼只能看到液晶面板奇數畫素對，觀賞者另一眼則只能看到液晶面板偶數畫素對。通常為了能夠進行二維/三維(2D/3D)影像的切換，所以是利用另一片的液晶面板來當作視差遮屏，當要顯示二維影像時，第二片的液晶面板會呈現亮態(Bright State)，讓通過第一片液晶面板後的所有光線都可以通過，而要顯示三維影像時，則該片的液晶面板則呈現亮態與暗態(Dark State)相間的狀態，相當於黑色與透明相間的直線條紋。

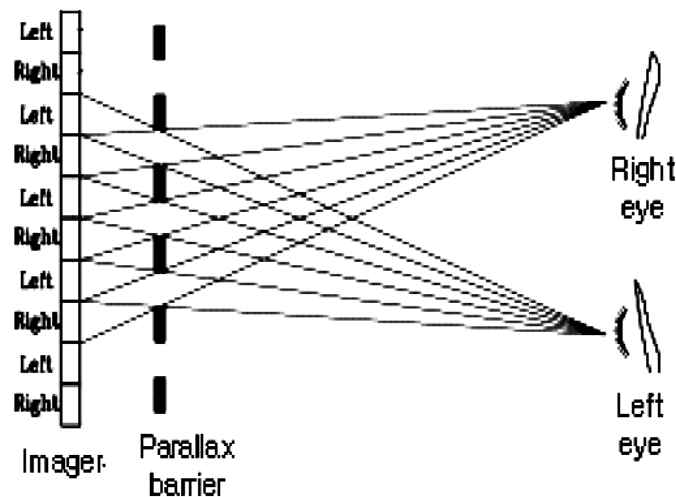


圖 十五. 視差遮屏(Parallax barrier)示意圖

但這種方式的缺點為當光線通過黑色的直線條紋區域時，由於光線被吸收，在二維影像切換成三維影像顯示時，亮度會減少一半以上，因此，有人利用鉻與鋁上下兩層接合的直線條紋來取代黑色的直線條紋，當光線打到原本黑色條紋的區域時，會因鋁層的作用，使得光線被反射回原本光源處，能夠再利用，而不會被吸收，因此，影像亮度便可以提升。除了製造過程中對位困難之外，這些方式仍然有一個共同的缺點，由於液晶面板的畫素被分成若干個奇數畫素及偶數畫素影像對，為了能夠讓立體影像可在更多角度被觀賞到，所以多個視域將使得三維影像的解析度(Resolution)變成二維影像的一半以下，甚至更少，端看所區分的視域多寡，而且，當觀賞者的雙眼，稍微錯位一個畫素的位置，原本投影至左眼的影像，便會投影至右眼，而原本投影至右眼的影像，會投影至左眼，進而使大腦無法融合影像產生立體感覺，此種現象稱為錯覺視域效應(Pseudo viewing zone effect)。所以也往往無法提供多人同時觀賞。

相較於空間多工的方式，時間多工具有解析度在進行二維/三維(2D/3D)影像的切換時，不會減少的優點，同時，也不需要嚴格的對位，因此，提供了另一種產生立體影像的顯示方法。所謂時間多工是指，在某一個時間點，立體影像顯示器將影像投影到觀賞者的左眼，在下一個時間點，則將影像投影到觀賞者的右眼，當左右眼的影像切換夠快時，大腦將不會感受到影像的切換，而形成左右眼的影像為視角稍不同的立體影像對。交通大學與友達光電共同開發了左右兩個光源快速切換的背光源系統[14][15]，配合快速切換的液晶層時，將可使成對的立體影像交替投影到左眼或右眼，以形成具有高解析度的立體影像。另一方面，如果兩個光源同時亮，又可以切換成二維影像顯示器。不過此以技術仍需要有快速反應的液晶顯示器搭配方可呈現最佳的顯示品質。

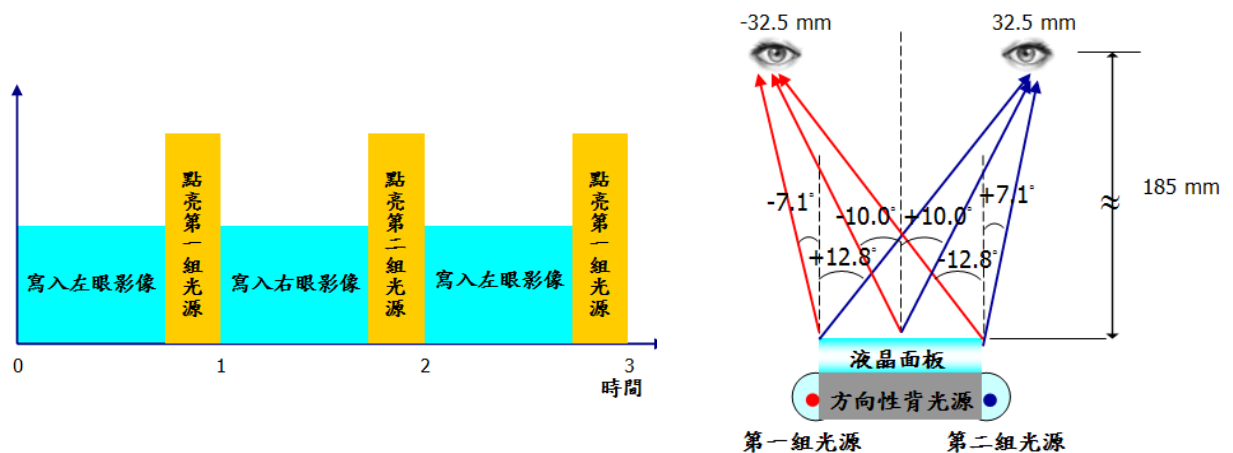


圖 十六. 時間多工式雙光源 3D 顯示器示意圖。

在推廣 3D 顯示器方面，日本以顯示器廠商為主，聯合硬體製造商、軟體發展商等 70 多家公司成立了“3D 聯盟”，共同研發 3D 顯示技術的產品和應用；韓國政府提出了“2010 年 3D 視覺”政策，計畫到 2010 年，實現大多數顯示產品和記錄設備與 3D 立體格式的轉換。目前，3D 顯示技術有著非常廣闊的市場前景。除了在醫療、科研、教學、軍事等專業領域外，在奢侈品以及文物藝術品展示、會展、大企業形象展示、新媒體等各領域都正在發揮其獨特的視覺作用。我們相信 3D 立體顯示最終仍會普及至每個家庭中，甚至能做到觀賞者與立體影像互動，使得大眾更能深刻體驗到身歷其境的感覺。

Provision Interactive 對曾採用 3D 電子看板進行測試，3D 廣告在過去 90 天時間內生成 30-40% 的銷售提升；近期一個在 Phoenix 的飯店品牌 TGIF 飯店使用該系統後就有 91% 的銷售提升[16]。被測試的消費者紛紛表示他們很願意在那些裝有 3D 廣告的飯店消費。除此之外，有 61% 的老顧客看過 3D 電子看板進上的 3D 廣告都會推薦別人觀看 TGIF 飯店的廣告。對 Fred Myer 公司在 Portland Oregon 地區的零售商店進行測試，結果發現銷售提升高達 43-47%。對 Unisys 日本公司進行測試，同樣也引起了巨大反響。Thornton 說：“測試結果與在 Portland 和 Phoenix 兩地持平甚至更好。通過上述在國外的試點應用測試的結果可知，3D 電子看板的表現效果具有相當強的視覺衝擊力，具有非常廣闊的市場潛力，並因此可以開發更多更新的應用。

但是現行 3D 電子看板除了有許多上述技術上受限，另外還有 3D 電子看板成本是 TFT LCD 電子看板 2-3 倍，並且 3D 電子看板顯示面積在 65 吋以下，所以市場現行普遍性低。

綜觀以上不同廣告傳播媒介型式都有其優缺點，如何找到一個觀眾吸引力高、廣告媒介型式成本低的傳播媒介型式成為一個重要課題，讓觀眾看到廣告時，有身在其境的感覺。

1.3 研究背景與動機

全球廣告業的商機不可限量，光在台灣一年的就有超過 500 億元廣告量，每天就有許許多多廣告透過不同廣告傳播媒介型式進入你和我生活，數位廣告的廣告量就佔30-40億元，數位廣告其中以電子看板廣告應用最為多元，當人看到不同電子看板廣告傳播型式主要可以區分為兩種：2D 電子看板廣告和 3D 電子看板廣告，這兩種電子看板都有其優缺點。

2D 電子看板廣告現行主流為 LED 電子看板、TFT LCD 電子看板等等呈現出來，其廣告優缺點如下：

優點：

1. 2D 電子看板成本低，現行 LED 和 TFT LCD 產業都已邁入成熟量產期，所以連帶 2D 電子看板也是物美價廉。
2. 2D 電子看板廣告範圍廣，因為 LED 電子看板和 TFT LCD 電子看板亮度高，受到白天環境光的影響小，所以 2D 電子看板使用範圍廣。
3. 2D 電子看板廣告顯示畫面清晰，2D 電子看板畫面在同一個時間點中，只需要傳達一個畫面進入人的左右眼，所以並不會有錯覺視域效應，所以 2D 電子看板廣告畫面清晰。

缺點：

1. 2D 電子看板廣告吸引力低，因為2D 電子看板廣告無提供物體深度訊息，並且人眼早已習慣 2D 廣告畫面，所以無法有效率達到廣告商的預期。

3D 電子看板廣告現行以柱狀透鏡或視差遮屏技術顯示器為主流技術，而 3D 電子看板廣告的優缺點如下[17]：

優點：

1. 3D 電子看板廣告畫面吸引高，因為 3D 廣告畫面可以提供觀眾正確深度的訊息，可以使觀眾有身歷其境感覺。

缺點：

1. 3D 電子看板成本高，3D 電子看板為 TFT LCD 電子看板 2-3 倍，使得其廣告看板有成本門檻。
2. 3D 廣告看板對位不易，不管是柱狀透鏡或視差遮屏技術顯示器都需要精密製造及對位，只要一個畫素誤差或是錯位，就會造成左右眼畫面錯誤，進而使大腦無法融合影像產生立體感覺。
3. 3D 廣告看板顯示面積容易受限，因為 3D 廣告看板對位不易，3D 廣告看板越大，廣告看板越容易發生畫素錯位。
4. 3D 廣告內容需要重新設計，因為 3D 廣告畫面需要將兩個不同畫面按奇偶畫素重新編排，才能顯示出畫面有 3D 的效果。

綜合上述 2D 和 3D 電子看板優缺點，為何在這個廣告市場並沒有結合這兩種電子看板的優勢的廣告傳播型式？讓廣告看板的制造成本低，可以大量的應用在數位廣告市場，又可以觀眾可以有身歷在廣告中的感覺，可以吸引觀眾目光。所以我們想到要結合 2D 和 3D 電子看板的優點，可以達到有更佳廣告傳播型式的目的。

我們可以設計一個新型的 2D-3D 整合式數位廣告看板，在中間部分使用 3D 電子看板，利用 3D 電子看板有吸引觀眾的優點，周圍部分使用 2D 電子看板，可以傳達更多廣告資訊，可達到 2D-3D 整合式數位廣告看板的製造成本低和觀眾吸引度高的優勢，讓廣告傳播型式有新的選擇。

電子看板種類	優點	缺點
2D電子看板	看板成本低 畫面清晰 適用範圍廣	廣告吸引力低
3D電子看板	可傳達深度訊息 廣告吸引力高	看板成本高 畫素對位不易 3D畫面需重新編排 觀賞範圍有限制
2D-3D整合式數位看板	看板成本低 適用範圍廣 可傳達深度訊息 廣告吸引力高 觀賞範圍較 3D 廣	畫素對位較 2D 不易 3D部分的畫面需重新編排

圖 十七. 電子看板優缺點比較圖。

二、 2D-3D 整合式數位廣告看板設計和製作

2.1 2D-3D 整合式數位廣告看板設計

在新型的 2D-3D 整合式數位廣告看板應用中，首先我們想要利用 3D 電子看板的優點，就是 3D 電子看板廣告對觀眾吸引力高，在公眾場所可以向不特定觀眾感受到 3D 效果，所以將一個 3D 電子看板放在新型的 2D-3D 數位廣告看板的中間部分，用來增加對人潮的吸引力，但是因為 3D 電子看板受限於廣告顯示面積問題，所以在 3D 電子看板周圍加上面積大的 2D 電子看板，加強並豐富整個廣告商品所要傳達商品內容，如圖十八所示，以達到廣告需要吸引人潮及完整傳達商品資訊的目的。

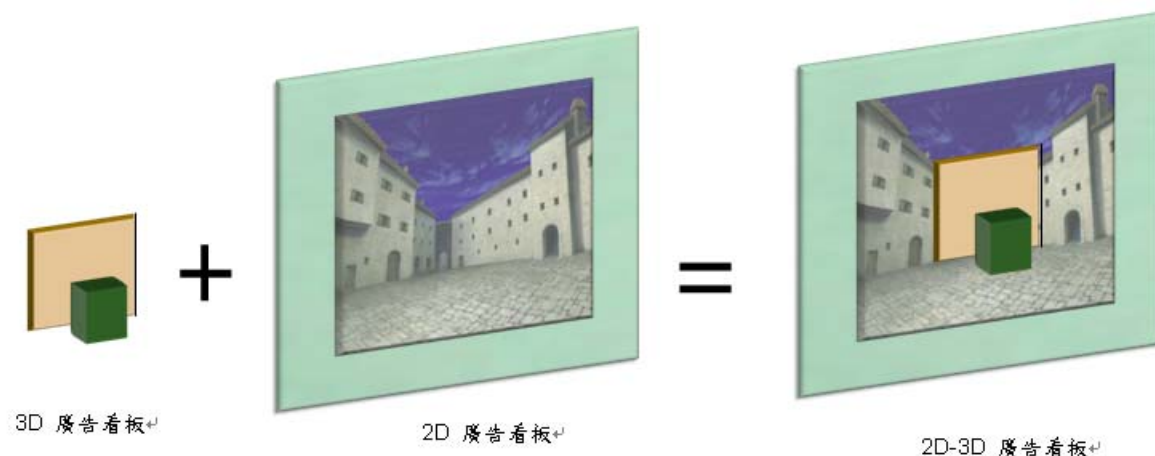


圖 十八. 新型的 2D-3D 整合式數位看板的設計

2.2 2D-3D 整合式數位廣告看板製作

2.2.1 3D 數位廣告看板製作

我們此次採用是 3D 柱狀透鏡的 3D 電子看板，此 3D 柱狀透鏡和飛利浦公司相似，液晶面板的畫素分成若干個奇數畫素及偶數畫素的影像對，讓某一奇數畫素影像對提供觀賞者一眼的影像，某一偶數畫素影像對則提供觀賞者另一眼的影像，較 3D 視差遮屏技術有顯示器亮度下降幅度小的優點，此 3D 電子看板是由一片 3D 柱狀透鏡加 TFT LCD 顯示器經過對位組合而成，3D 柱狀透鏡委託 Daxon Technology Inc. 製作，柱狀透鏡的製造參數如表一（a）所示，TFT LCD 顯示器使用 IBM 15.4“ 筆記型

電腦，筆記型電腦規格如表一（b）所示。人眼最佳觀賞距離設計在顯示器前 3 m 的位置。

表一. (a) 3D 柱狀透鏡的製造參數

Company	Daxon Technology Inc.
Views	24
Radius	1737 μ m
Pitch	457.19 μ m
Index (ie. dx/dy)	1.56



(b) IBM 筆記型電腦規格

Company	IBM Technology Inc.
Size	15.4 inch
Resolution	1920x1200
Pixel pitch	0.1725mm
Thickness	0.6mm



2.2.2 2D 數位廣告看板製作

2D 數位廣告看板部分，因為考量到 2D 數位廣告看板成本和實驗的方便性，我們並沒有使用 LED 電子看板和 TFT LCD 電子看板，而是使用一台 BenQ 投影機投射 2D 畫面在一塊反光白色壓克力板來模擬 2D 數位廣告看板，BenQ 投影機規格如表二（a）所示，白色壓克力板尺寸為表二（b），這樣就不需要在 LED 電子看板和 TFT LCD 電子看板中心裁切出 3D 電子看板空間，使用投影機來模擬 2D 數位廣告看板，在成本上也低，在實際使用上，還是可以使用 LED 電子看板和 TFT LCD 電子看板做為 2D 數位廣告看板。

表二. (a) 投影機規格

Specification	BenQ 7220
Resolution	800x600
Projection screen size	300 x 270cm(H x V)



(b) 白色壓克力板尺寸

White plastic board	
Size	1.8x1.5 m(H x V)
Thickness	1.5cm
Hole of center	43.6x32.7cm(H x V)



2.2.3 3D 畫面製作

因為 3D 廣告看板需要在同一時間點透過前方柱狀透鏡傳達不同張畫面進入人的左右眼，所以一張 3D 畫面需要將不同張角度 2D 畫面按照前方柱狀透鏡設計重新分割排列，以此實驗為例子：前方柱狀透鏡為 24 view，就需要將不同角度的 2D 畫面先拍攝，在把不同角度的 2D 畫面重新切割，按照拍攝角度順序排列組成一張 3D 畫面。

我們使用 3D MAX 的軟體，將一個物體從 0 到 90 度等角度拍攝 24 張 2D 畫面，再使用 MATLAB 軟體將 24 張 2D 畫面重新分割，按照拍攝角度順序重新排列，完成一張 3D 圖。

我們在此次實驗中使用 5 張不同 2D 圖片，利用上述方式合成 5 張的 3D 圖片。

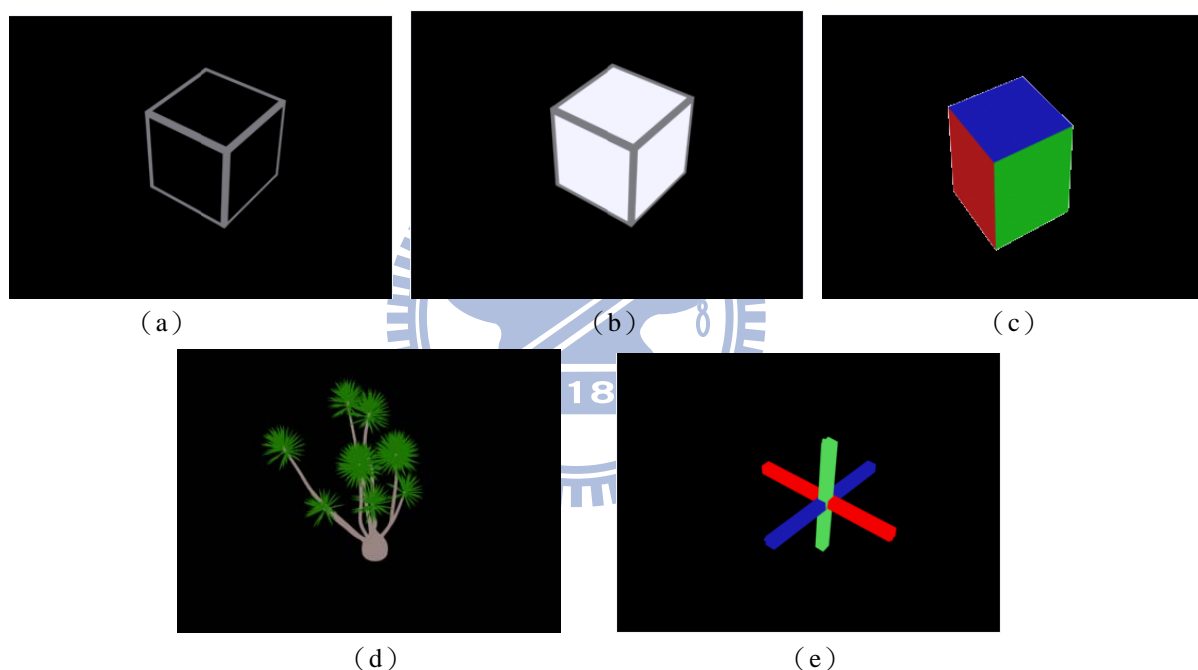


圖 十九. 五張 3D 圖片 (a) cubic 1 (b) cubic 2 (c) color cubic (d) tree (e) color bar

2.2.4 2D 畫面製作

在新型的 2D-3D 數位廣告看板中，3D 電子看板是放置在白色壓克力中心，2D 畫面是被投影機投影上去，為避免 2D 被投影畫面和 3D 畫面在 2D-3D 數位廣告看板相互干擾，將投影 2D 圖面做前做處理，在投影 2D 圖面中心放一塊黑塊，符合 15.4“ 顯示器大小，這樣 2D 投影畫面就不會干擾 3D 廣告看板的畫面。

將 3D 廣告看板裝設在白色反光壓克力板中心，使用投影機投影出 2D 畫面在白

色反光壓克力板前方，如圖十九所示，這樣就有一個新型的 2D-3D 數位廣告看板，在 2D-3D 數位廣告看板中心有一個 3D 畫面吸引觀眾，周圍有個面積大的 2D 廣告看板來呈現廣告內容。

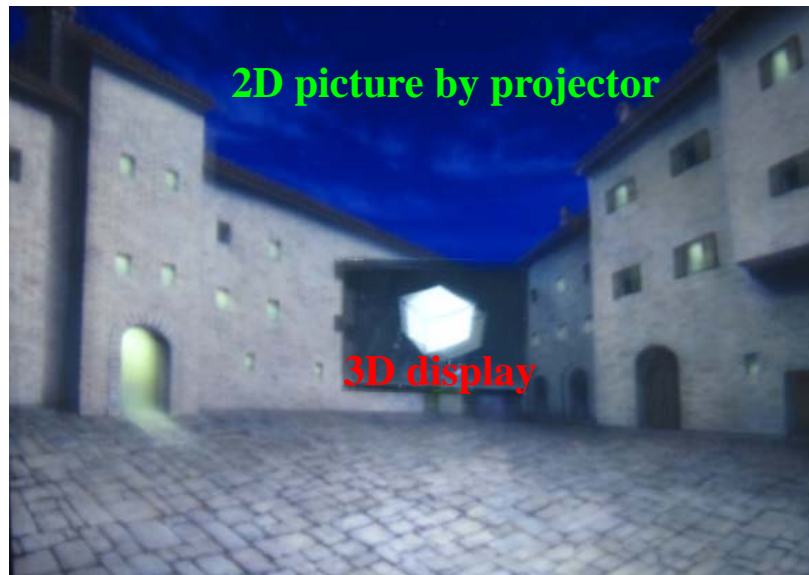


圖 二十. 新型的 2D-3D 整合式數位看板的實體

我們期待利用上述設計，製作出一種全新 2D-3D 整合式數位廣告看板，可以有同時擁有 2D 電子看板和 3D 電子看板的優點，能使廣告的傳播方式有一個與眾不同選擇性。

三、實驗設計和人因實驗規劃

新型的 2D-3D 整合式數位看板可以從上述方式製作出來，但是此種 2D-3D 整合式數位看板是全新設計出來，主要是由於 3D 電子看板和 2D 電子看板組合而成，而其中以 3D 電子看板的 3D 效果為此種 2D-3D 數位看板的主要重點，因為 3D 廣告畫面效果是用來吸引觀眾的目光，但我們尚未確定此種 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 效果是如我們所預期，所以需要下列實驗步驟來驗證此種 2D-3D 整合式數位看板的 3D 效果，並找出此種 2D-3D 整合式數位看板中最佳化的參數，優化此系統 3D 效果。

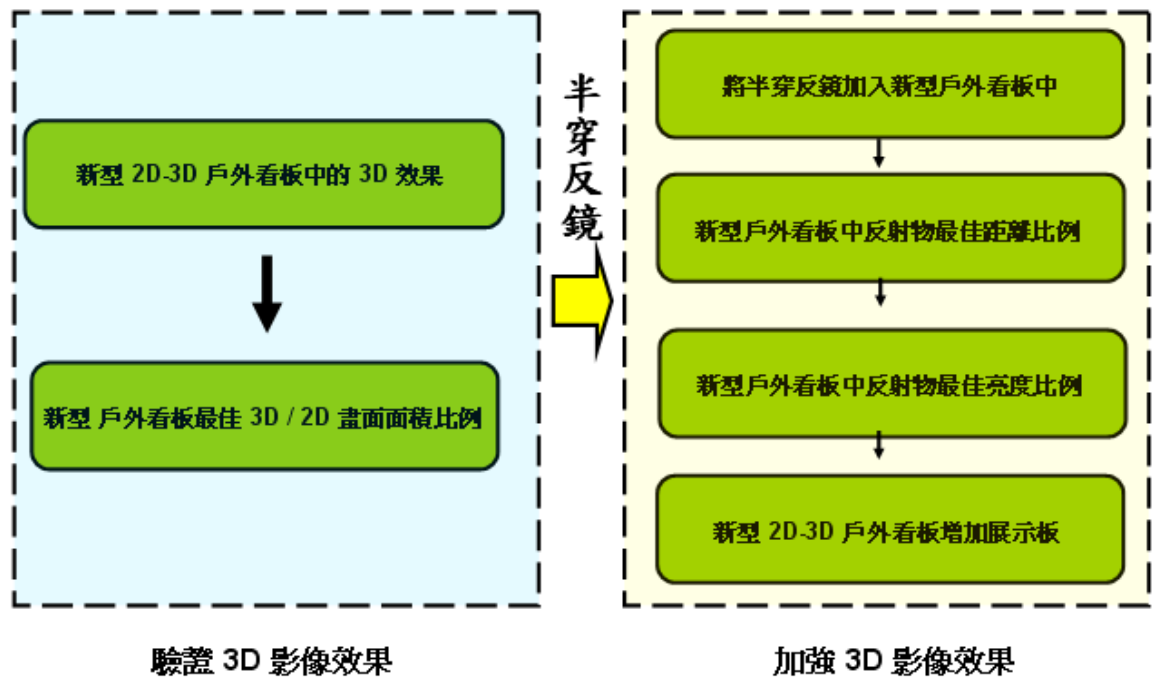


圖 二十一. 新行 2D-3D 整合式數位看板實驗流程圖

3.1 實驗的設計

3.1.1 驗證 3D 影像效果

首先，我們並不確定將 3D 電子看板安裝在新型 2D-3D 整合式數位看板中，整個新型看板系統對 3D 電子看板中的 3D 影像是加分還是減分效果？所以必須驗證這部分問題，因為 2D 畫面是用投影機投影，所以整個實驗中需要在暗房中進行，避免環境光會影響到 2D 投影畫面。

第一實驗階段：3D 效果驗證

為驗證新型 2D-3D 數位看板中的 3D 效果，我們設計在暗房下，用一張 3D cubic 圖面（如圖二十一）和一張 2D 古堡圖面（如圖二十二），請受測者來做人因實驗評估，看在放置單純只有 3D 畫面和有 2D-3D 畫面混合兩種不同情況下，來驗證新型 2D-3D 整合式數位看板中 3D 效果是否有被影響，而詳細人因實驗方法會在 3.2 人因實驗規劃部分做說明。

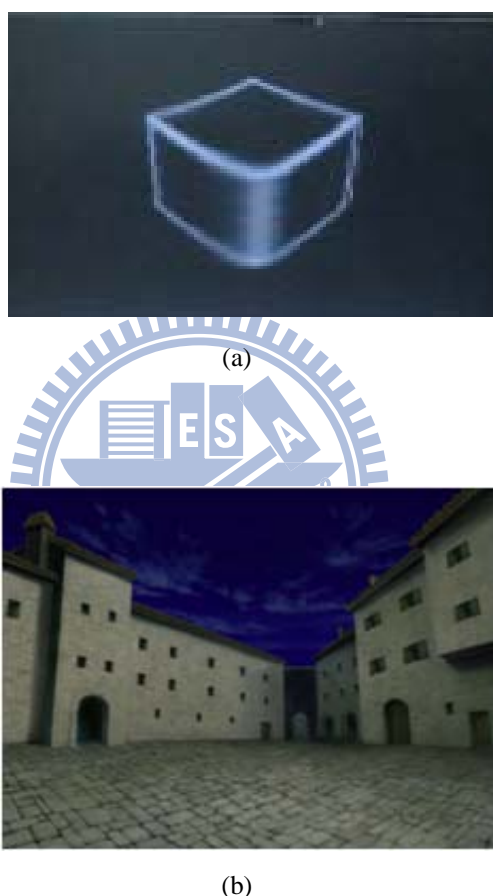


圖 二十二. (a) 3D cubic 圖面 (b) 2D 古堡圖面

第二階段實驗：最佳 3D / 2D 畫面面積比例

如果在第一階段能驗證出新型 2D-3D 整合式數位看板中 3D 畫面效果，是不會被影響情況下，我們需要找出在新型 2D-3D 整合式數位看板中，最佳 3D / 2D 畫面面積比例，我們利用不斷調整投影機投射在白色反光壓克利板的距離，來放大或縮小投影機 2D 畫面面積，我們紀錄 3D / 2D 畫面面積比例在 $1/4$ 、 $1/9$ 、 $1/25$ 、 $1/36$ 、 $1/49$ 、 $1/64$ 時候，如圖二十三所示，投影機所需要不同投影距離，接著我們請受測者來做人因實驗，

來評估何種 3D / 2D 畫面面積比例是 3D 效果最佳化參數。



圖 二十三. 3D / 2D 畫面面積比例 1/9

從上述第一、二階段實驗便可釐清新型 2D-3D 整合式數位看板中，3D 畫面是否有效果和找出最佳 3D / 2D 畫面面積比例。

但是新型2D-3D 整合式數位看板僅有和原本單一 3D 電子看板一樣 3D 立體效果，這樣並無法凸顯新型2D-3D 整合式數位看板的優勢，所以我們需要利用其他方式，來再加強新型2D-3D 整合式數位看板中的 3D 影像立體效果。

3.1.2 加強 3D 影像效果

新型 2D-3D 整合式數位看板最大優勢就是 3D 畫面可以傳達深度感知（perceived depth），如果說 3D 電子看板要表現出更多深度感知時，就必須搭大進入人左右眼兩張 2D 圖的距離差距（disparity）[18] [19] [20]，如圖二十四所示，就會使人感受到更多深度感知。但是如果人眼觀賞 3D 電子看板時，人眼一直處在高深度感知中人會很容易產生視覺疲勞（visual fatigue）不適現象中[21]。

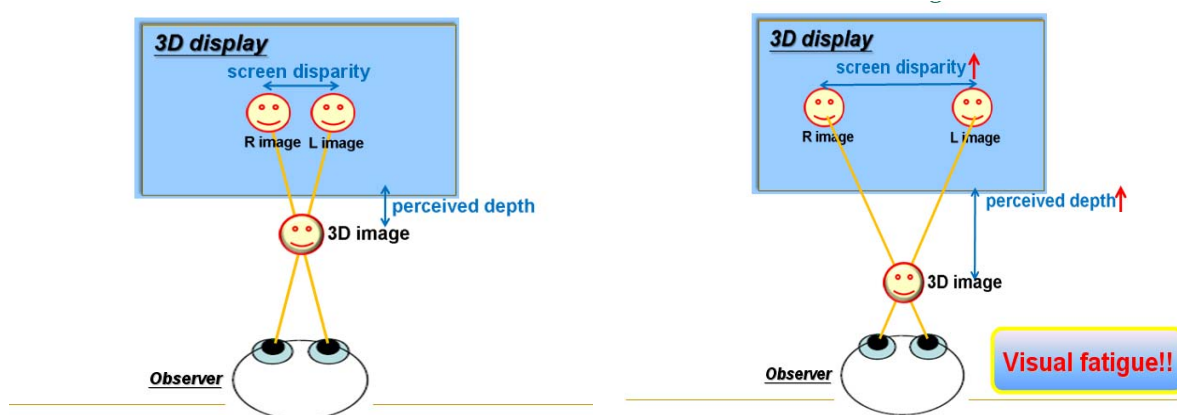


圖 二十四. 人眼感受不同深度感知（perceived depth）

視覺疲勞 (visual fatigue) 引起的因素，是因為人眼在看 3D 電子看板時，人眼焦聚聚焦在電子看板的位置，但是人的腦袋卻感受到 3D 物體的位置和焦聚位置有一個深度感知的落差，久而久之，人的大腦會產生混亂，無法理解為何 3D 物體的位置和焦聚位置會有一段落差人體，所以人體會產生一些生理上的反應，其生理反應如：頭暈或是嘔吐等現象，這就是視覺疲勞現象，所以人無法一直處在高深度感知情況中。

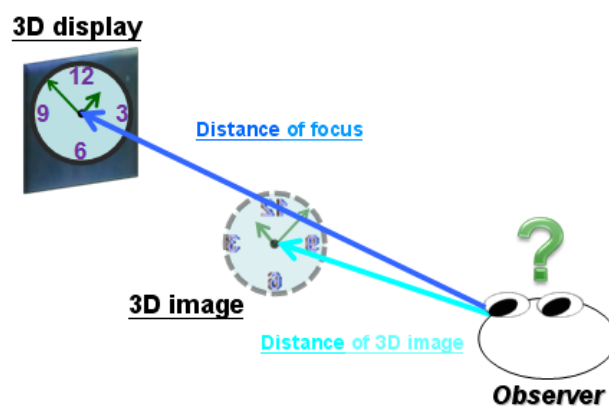


圖 二十五. 視覺疲勞 (visual fatigue) 原因

如果人需要感受到高深度感知，才會明顯感受到 3D 影像效果，但是 3D 電子看板又無法時時維持高深度感知的優點，因為觀眾可能會產生視覺疲勞問題，這樣 3D 看板就無法凸顯其優勢，所以我們接下來實驗針對 3D 電子看板的如何增加 3D 立體影像效果問題為主。

所以我們從人類對自然界度空間的感知建立來觀察，期待能找出在不增加深度感知情況下，卻能加強到 3D 影像效果方式，人類對自然界三度空間的感知主要依據視覺與認知系統的相互作用，也就是包含心理與生理層面，分述如下[22]。

心理因素

1.運動視差 (Motion parallax)：

當觀測者和對象物相對移動時，因近景和遠景的移動所產生的視差，我們稱此為單眼運動視差。單眼運動視差也能夠提供觀測者對於物體深度遠近的感覺。

2.大小 (Size)：

藉著在視網膜上成像大小的不同，即使是相同的物體也能分別出距離之遠近。

3.線性透視 (Perspective)：

從物體在三度空間的排列配置可以組合出其深度和立體的感覺。

4.光與影 (light and shadow)：

光線的反射與陰影變化可以感受到物體的立體感。

5.遮蔽 (Interposition)：

在視界內，兩物體的遮蔽關係，也能分別出距離之遠近。

6.細節 (Texture Gradient)：

近景的物體較遠方的物體可以觀察到更多細節。

7.天際遠景（Aerial perspective）：

由於雲霧的影響與折射作用，遠方通常較為模糊且偏藍。

8.顏色（Color）：

由於眼球內的折射現象，即使在同一距離的物體，顏色較鮮艷的物體感受較近。

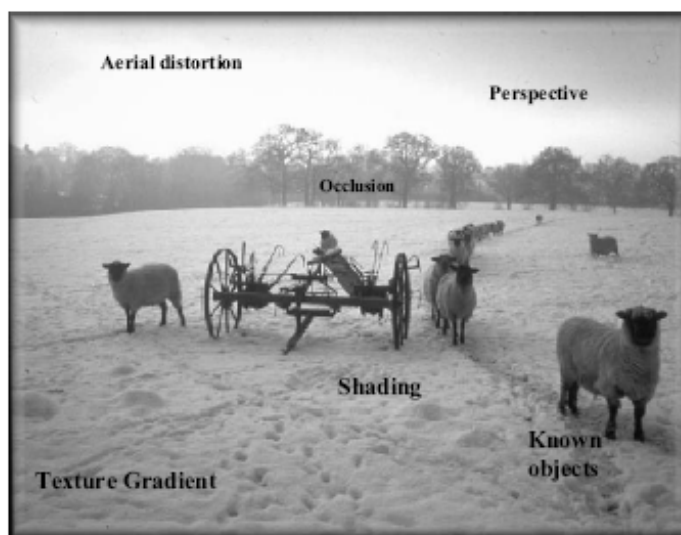


圖 二十六. 深度感知（perceived depth）的心理因素

生理因素

1. 雙眼視差（Binocular parallax）：人類兩眼相距大約六公分左右，就是因為兩眼在水平上的差距，使得物體間在兩眼視網膜內的相對成像位置略有差異，並藉由此差異感知和判斷物體間的縱深,如圖二十七所示。

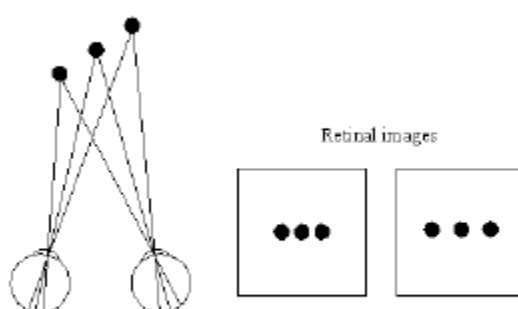


圖 二十七. 雙眼視差（Binocular parallax）成像

2. 光角（Convergence）：即兩眼視線對一物體之交叉角，從觀測者到對象物之間的距離依遠近的不同，兩眼視線的交叉角也跟著改變。彼此距離較靠近的話交叉角(光角)很大，反之，距離很遠則交叉角變小，如圖二十八[23]所示。依照觀測物的距離遠近，兩眼眼

球的角度也不得不跟著作調整，於是便可以感覺出物體遠近深度的距離大小。因此，在近距離時，視角的變化對於深度感的貢獻是相當大的（尤其是它與眼調節能力一起作用時），但是當距離超過十公尺，由於視角的變化很小，而無法感知物體的深度。

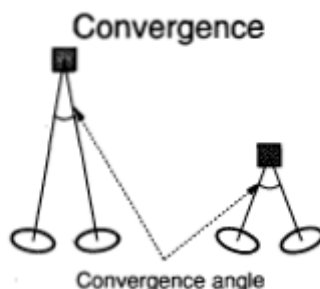


圖 二十八. 光角（Convergence）與對焦距離關係

3. 調節（Accommodation）：人類眼睛構造中水晶體相當於相機的對焦透鏡，能夠將影像投影在視網膜表面。依照水晶體的調整也可以感覺出對象物的深度遠近。一般當對象物距離超過二公尺以上的時候，要藉此來感知對象物的實際深度將有困難。

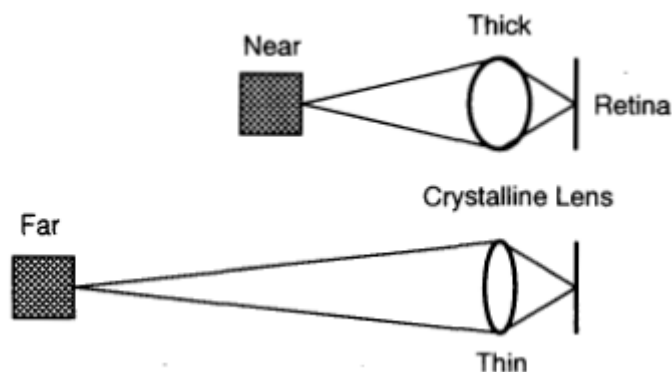


圖 二十九. 光角（Convergence）與對焦距離關係

從人類心理因素的線性透視（Perspective）去觀察，如果我們可以三度空間內營造出類似線性透視的效果，就能加強 3D 影像的效果。

當我們在照鏡子時候，我們可以從鏡子看到整個環境的影像，不管是在人的前方或是後方影像，並且人可以分辨鏡子影像中物體前後距離，所以我們可以利用一面半穿反鏡將此原理加入新型 2D-3D 整合式數位看板之中。

另外如果我們將一個展示板放在 3D 數位看板前方位置，期待透過可以展示板的配置可以增加 3D 影像的深度的感覺。

第三實驗階段：反射鏡像物體以製造景深

我們將半穿反鏡（Transferring-reflecting Mirror）裝設在 3D 電子看板前，利用半穿反鏡的光學特性如表三所示，就是一邊可以穿透 3D 電子看板的 cubic 的影像，一邊可以反射出環境中物體，使受測者可以同時看到 3D cubic 的立體影像及反射物，如圖三十所示，我們請受測者在五張不同 3D 的立體影像（參考附件一）來做評估，評估有無半穿反鏡對五張 3D 的立體影像立體效果的影響。

表 三. 半穿反鏡光學特性

TR-mirror	
Transition ratio	70%
Reflection ratio	27%
Size	300 x 300mm(H x V)

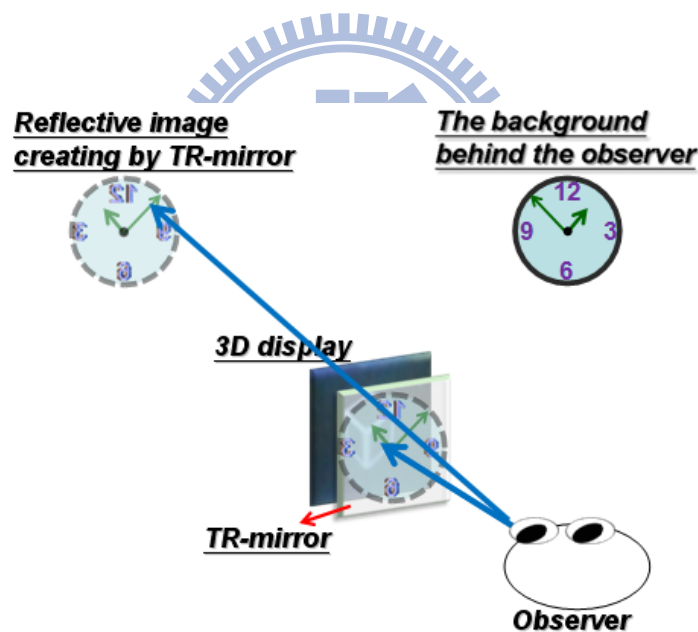


圖 三十. 人眼從半穿反鏡（Transferring-reflecting Mirror）看到影像

如果在 3D 電子看板前裝設半穿反鏡是有增加 3D 立體影像效果的話，那我們需要找出半穿反鏡中反射物的最佳參數，像是反射物的最佳距離比例和最佳亮度光源比例，這樣我們就可以得知在這樣新型 2D-3D 整合式數位看板中，反射物要放在何種距離和何種亮度，可以使受測者更明顯同時看到 3D 立體影像及反射物，以增加 3D 效果。

第四實驗階段：鏡像反射物最佳距離比例

我們使用一個紅色跑馬燈不斷跑動文字為反射物，在新型 2D-3D 整合式數位看板加上半穿反鏡系統前不斷更新跑馬燈距離，我們請受測者位於 3D 數位看板最佳觀賞距離 3 m 的位置做人因實驗，跑馬燈在 3D 數位看板前 0.5、1、1.5、2、2.5、3、3.5 m 位置不斷閃爍，評估跑馬燈在哪一距離最能凸顯 3D cubic 圖片的 3D 效果。

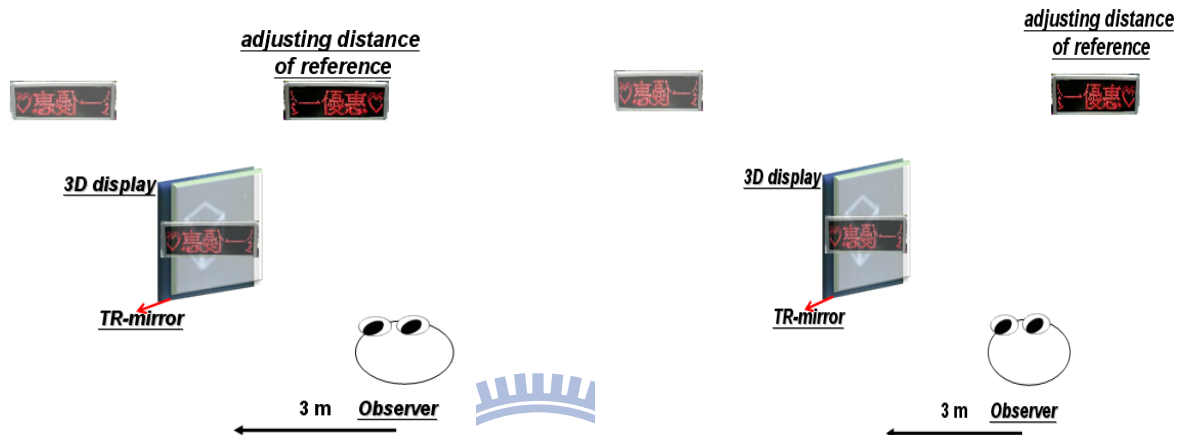


圖 三十一. 測試反射物最佳距離

第五實驗階段：鏡像反射物最佳亮度比例

為找出一個可以調整光源的反射物，我們使用一個 LED 白色平面光源點亮，放置在一個不透光紙箱內，在紙箱前方挖出一個企鵝的簍空圖案，使紙箱可以投射出一個企鵝剪影在 3D 數位看板上，如圖三十二所示，可是要如何調整光源亮度？我們在企鵝的簍空圖案前方加上不同張數的白紙，從 1 到 6 張不同厚度來降低企鵝剪影的亮度，這樣我們就可以得到一個可以調整亮度的反射物。

我們在 3D 圖片為 cubic 的 50、200、255 三種灰階下，搭配六種不同亮度企鵝剪影反射物，來找出在新型 2D-3D 數位看板中找出反射物最佳亮度比例，我們請受測者先在 3D 圖片 cubic 50 灰階下，來評估九種不同亮度企鵝剪影反射物，是哪一種亮度是最有 3D 效果，依同樣方式來評估 3D 圖片在 cubic 200、255 灰階下，看是否會不同灰階得到同樣反射物亮度比例。

我們為清楚反應反射物亮度對 3D 立體效果影響，所以定義反射物亮度比率 = 3D cubic 圖面亮度 / 反射物亮度。

表 四. 企鵝剪影亮度表

Number of paper	1	2	3	4	5	6
Luminance(lm)	381	169	60.5	39.4	21.8	9.2

表 五. 3D cubic 不同灰階亮度

Gray of cubic	50	200	255
Luminance(lm)	6.1	42.2	62.1

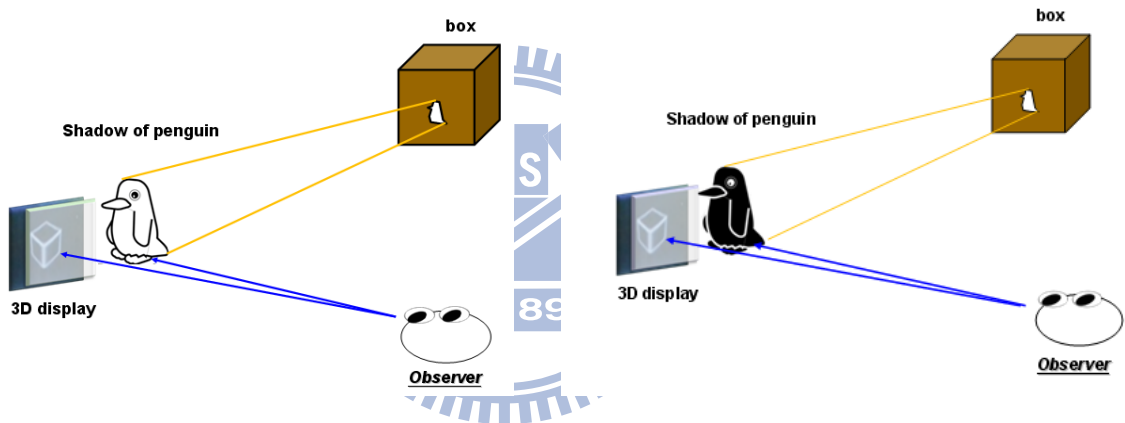


圖 三十二. 反射物的投影方式

第六實驗階段：增加前方展示板以強化影像深度

我們想利用展示板放置在新型 2D-3D 整合式數位看板前方，看是否透過展示板的配置可以增加 3D 影像的深度感覺。

首先我們準備不同長度 5、10、15、20、25、30 cm 的壓克力展示板，當 3D 數位看板播放 3D cubic 畫面時，我們請受測者來做人因實驗，評估不同長度展示板對 3D 立體影像的效果。

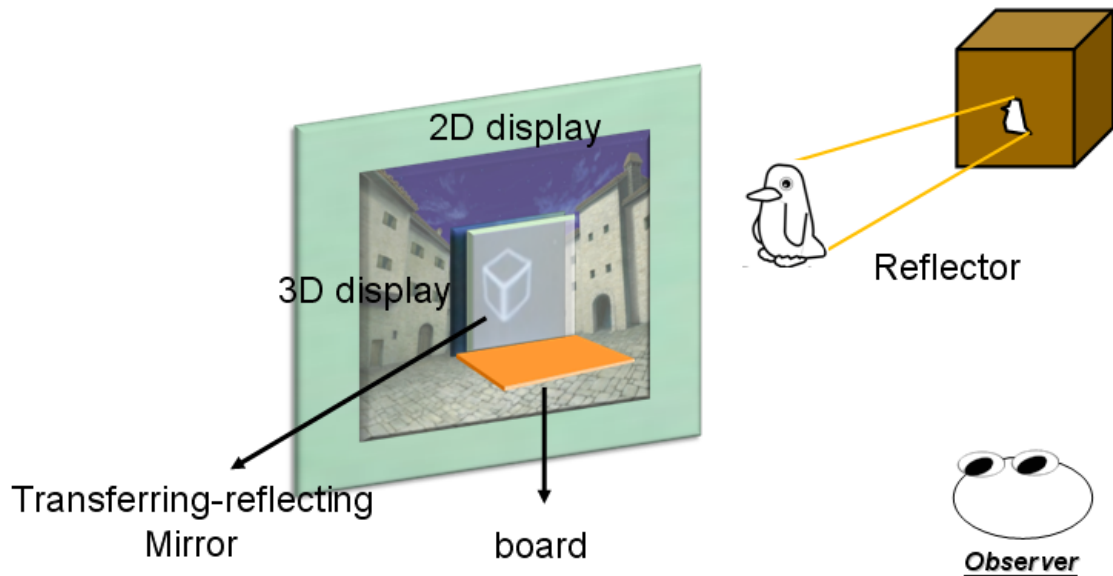


圖 三十三. 新型 2D-3D 整合式數位看板系架構圖

3.2 人因實驗規劃

由於新型 2D-3D 整合式數位看板主要是設計用來 3D 看板的 3D 立體影像吸引觀眾目光，來傳達廣告訊息，所以我們需要請許多受測者來做人因實驗，評估每一個實驗因素是否有增加 3D 立體效果。

在上述 3.1 實驗設計中，我們所邀請受測者基本資料，如表六所示，當受測者做人因實驗時，將原本新型 2D-3D 數位看板的 3D 電子看板的立體效果做為 3 分為基準，評分標準從 1 - 5 分[24]，如表七所示，當受測者認為實驗變因有使 3D 立體效果更好，就可評分比 3 分高的分數，若受測者認為實驗變因有使 3D 立體效果更差，就可評分比 3 分低的分數，為使受測者可以更細微評估 3D 立體效果，分數評估可以至小數點下一位數，當受測者評分每一個實驗變因後，將實驗環境回復至原本 3D 電子看板的 3D 立體效果，讓受測者可以清楚知道 3 分的基準，再請受測者評估下一個實驗變因，直到不同實驗變因評估完後，在請下一位受測者重複上述步驟。

舉列說明，在第二階段實驗：驗證新型 2D-3D 整合式數位看板最佳 3D / 2D 畫面面積比例舉例說明，安排受測者先熟悉只有 3D 數位看板的畫面，將此 cubic 的 3D 效果當為基準 3 分，之後，在加入第一個實驗變因(4 倍 2D 古堡畫面)，請受測者評估新的變因(4 倍 2D 古堡畫面)對 cubic 的 3D 效果是增加或是減少，將實驗環境還原到只有 3D 數位看板的畫面，使受測者在熟悉基準 3 分實驗環境，再加入第二個實驗變因(9 倍 2D 古堡畫面)，請受測者評估新的變因(9 倍 2D 古堡畫面)對 cubic 的 3D 效果是增加或是減少，在重複上述實驗步驟，直到受測者評估所有實驗變因對 cubic 的 3D 效果是增加或是減少為止，再請下一位受測者進行人因實驗。

表 六. 受測者資料

observer data	
Number	108
Men	66
Woman	42
Average Year	22.5

表 七. 人因評分標準

Grade	Effect of 3D image
5	Good
4	well
3	Standard
2	Worse
1	Bad





四、實驗結果與分析

現行 2D 電子看板和 3D 電子看板都有其優缺點，所以我們設計出一個新型 2D-3D 整合式數位看板，希望能結合其兩種的優點，使廣告傳播方式有新的選擇，我們透過人因實驗方式，來驗證新型 2D-3D 整合式數位看板有 3D 立體效果，並且期待利用半穿反鏡和展示板方式，來提升新型 2D-3D 整合式數位看板有 3D 立體效果，優化新型 2D-3D 整合式數位看板。

4.1 3D 效果驗證

在此新型 2D-3D 整合式數位看板設計主要是由一個 3D 電子看板和一個 2D 投射畫面所組成，但是因此新型 2D-3D 整合式數位看板是新的，我們並不確定新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 立體效果是否依然有效果，經過人因實驗測試，實驗結果如圖二十六所示，明顯從數據看來，新型 2D-3D 整合式數位看板中加入 2D 投影畫面比原本只有一個 3D 數位看板的 3D 立體效果佳，效果提升 16.6 % 左右，受測者表示有 2D 投影畫面存在時候，3D 立體影像和 2D 投影畫面更有距離前後層次感覺，所以 3D 數位看板的 3D 立體效果更佳。

所以從實驗驗證此出來新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 立體效果是依然存在，並且藉由 2D 投射畫面的加入，使得 3D 數位看板的 3D 立體效果提升，所以從此實驗中驗證新型 2D-3D 整合式數位看板是有效果，並且比傳統單一 3D 數位看板是更有 3D 立體效果。

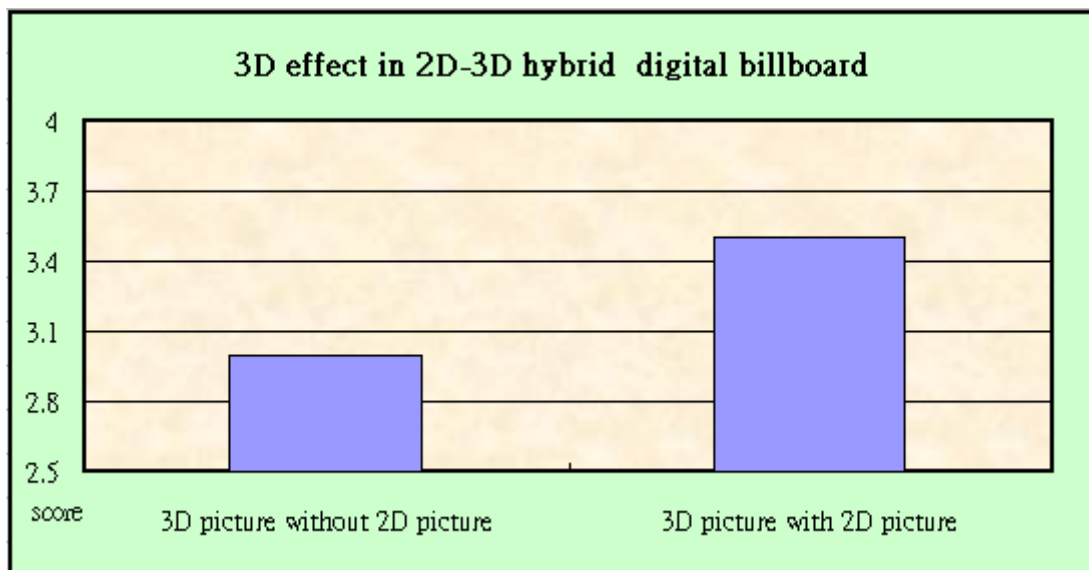


圖 三十四. 2D 投影對 3D 立體效果的影響

4.2 最佳 3D / 2D 畫面面積比例

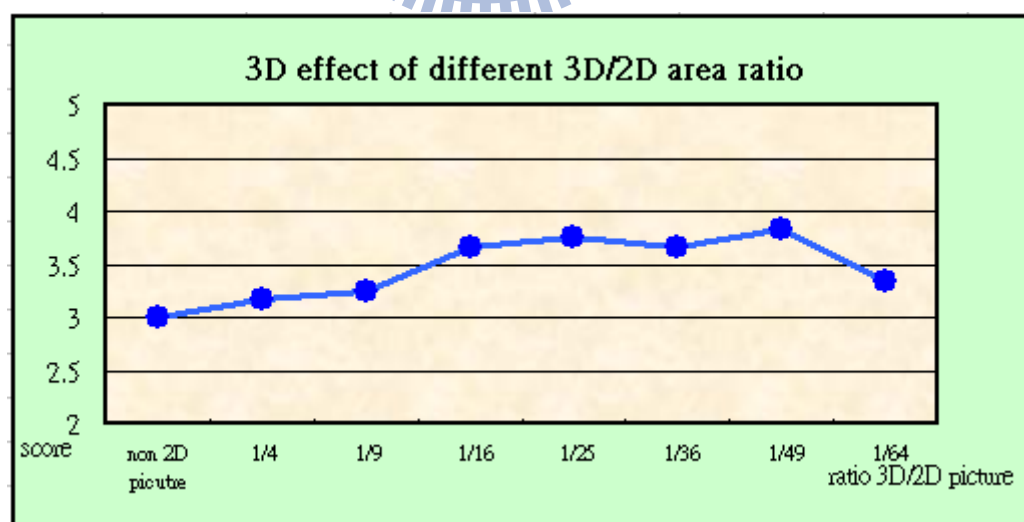
從上述的 4.1 實驗中驗證新型 2D- 3D 整合式數位看板是更有 3D 立體效果，我們需要找出此新型 2D- 3D 整合式數位看板中最佳化的設定。

所以我們利用不同 2D 畫面面積投影在新型 2D- 3D 整合式數位看板上，請受測者做人因實驗，期待能找出新型 2D-3D 整合式數位看板中最佳 3D / 2D 畫面面積比例，實驗結果如圖三十五所示。

從人因實驗結果來看，3D / 2D 畫面面積比例的分數可以分為三個部分，第一部分是從 3D / 2D 畫面面積比例 1/4 到 1/16 之間，當 2D 畫面面積愈大時，受測者表示越可以感受 3D 立體效果，在這部分 2D 畫面面積和 3D 立體效果成正比。第二部份是從 3D / 2D 畫面面積比例 1/16 到 1/49 之間，2D 畫面面積改變並沒有對 3D 立體效果有明顯增加，受測者表示在這 2D 畫面面積區間對 3D 立體效果並無太大差異。

第三部份是從 3D / 2D 畫面面積比例 1/49 到 1/64 之間，2D 畫面面積愈大時，受測者表示越無法感受 3D 立體效果，在這部分 2D 畫面面積和 3D 立體效果成反比，受測者表示在 3D / 2D 畫面面積比例 1/64 時，2D 畫面面積過大，超過受測者清楚分辨認知 2D 畫面內容的能力，所以造成 3D 立體效果下降，我們推測 3D / 2D 畫面面積超過 1/64 以上，2D 畫面越大，3D 立體效果越差。

從此實驗中得知：新型 2D- 3D 整合式數位看板中，受測者觀賞距離在 3m，3D 顯示器為 15.4 inch 條件下，3D / 2D 畫面面積比例最有 3D 立體效果是介於 1/16 到 1/49 之間，這樣新型 2D- 3D 整合式數位看板的 3D / 2D 畫面面積比例可以讓人眼感受到最佳 3D 圖面立體效果。



圖三十五. 不同 3D / 2D 畫面面積比例對 3D 立體效果的影響

4.3 反射鏡像物體以製造景深

在此新型 2D-3D 整合式數位看板設計中主要是用 3D 數位看板吸引觀眾的目光，進而觀賞新型 2D-3D 整合式數位看板中的廣告資訊。所以 3D 數位看板的 3D 立體效果佔新型 2D-3D 整合式數位看板絕大因素，所以我們針對新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 立體效果做人因實驗的評估，希望加入不同實驗因素，在不增加 3D 視覺疲勞不適問題下，來提升新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 立體效果。

我們利用半穿反鏡的特性，讓受測者可以一邊看到穿透 3D 電子看板的 cubic 的影像，一邊看到可以反射出環境中物體，使受測者可以同時看到 3D cubic 的立體影像及反射物，營造出 3D 電子看板有類似線性透視的效果。

受測者人因實驗結果如圖三十六所示，受測者在不同五張 3D 立體影像情況下，3D 電子看板加上半穿反鏡的 3D 立體效果都較單純 3D 電子看板高，每一張 3D 效果上升效果 16% 至 33% 之間，尤其以“樹”這張 3D 立體效果提升最高。受測者表示當 3D 數位看板加上半穿反鏡時，人眼可以同時看到 3D 立體影像及反射物影像，會有 3D 立體影像及反射物影像前後距離層次感覺，所以每一張 3D 立體影像的立體效果都會較只有單純 3D 數位看板的立體效果佳，從這個實驗驗證出半穿反鏡對 3D 電子看板的立體效果是有正面提升，並提升 3D 立體效果 16% 至 33% 之間，可以在不增加 3D 數位看板的距離差距（disparity）下，提升 3D 立體效果。

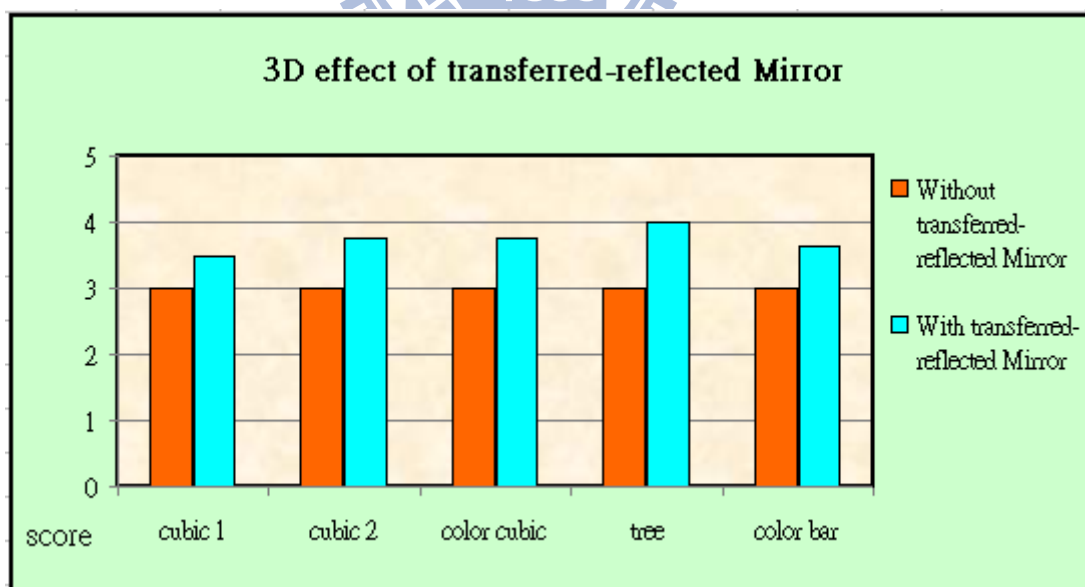


圖 三十六. 半穿反鏡（Transferred-reflected Mirror）對 3D 立體效果的影響

4.4 鏡像反射物最佳距離比例

我們雖然驗證出半穿反鏡對 3D 電子看板的立體效果是有 16% 至 33% 正面提，但是我們需要將半穿反鏡的反射物條件最佳化，所以我們在 3D 數位看板加上半穿反鏡情況下，利用一個紅色跑馬燈在不同距離下不斷閃爍，請受測者做人因實驗，評估其 3D 立體效果。

受測者的人因實驗結果如圖三十七所示，在此系統內受測者最佳觀賞距離為 3 m，我們利用 3D 看板前跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比率為評估距離標準，使此實驗系統數據可以套用在其他類似 3D 數位看板上，所以跑馬燈距離比率為 0.17 (0.5m)、0.33 (1 m)、0.5 (1.5 m)、0.67 (2 m)、0.83 (2.5 m)、1 (3 m)、1.17 (3.5 m) 的數字。

反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比例對 3D 立體效果可分為兩個部份，第一部份是反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比率 0.17 至 0.83 之間，當反射物跑馬燈距離和 3D 電子看板越遠時，受測者表示 3D 立體效果會隨著距離增加越佳，第二部份是反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比率 0.83 至 1.17 之間，當反射物跑馬燈距離和 3D 電子看板越遠時，受測者表示並無感受到 3D 立體效果會隨著距離增加越佳，推測是反射物跑馬燈的距離過遠，人眼已經無法感受到反射物跑馬燈距離移動變化，我們推測反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比例超過 1.17 以上，3D 立體效果應該並無變化，所以在新型 2D-3D 數位看板中，受測者觀賞距離若在 3m，3D 顯示器為 15.4 inch 條件下，最佳的反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離 3 m 的距離比例應該在 0.83 左右。推測最佳觀賞距離情況變大時，最佳的反射物跑馬燈距離/最佳觀賞距離比例值應該會縮小，因為反射物距離對人眼應該不會受到最佳觀賞距離變大的影響。

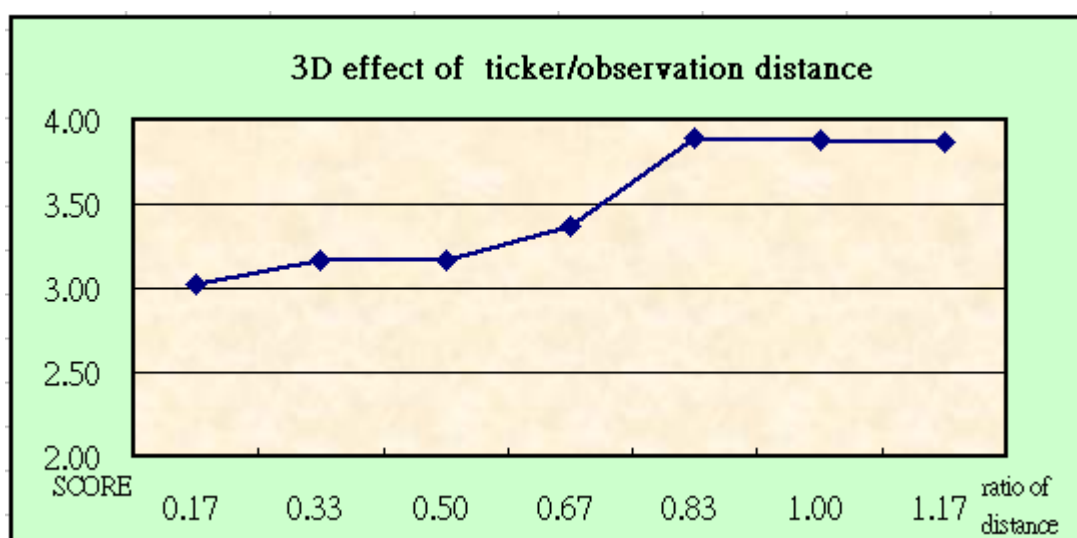


圖 三十七. 半穿反鏡 (Transferred-reflected Mirror) 的距離比率對 3D 立體效果的影響

4.5 鏡像反射物最佳亮度比例

我們需要將半穿反鏡的反射物條件最佳化，除了反射物的距離最佳化以外，我們研究反射物最佳亮度介於多少為最佳化條件，因為 3D 數位看板真實使用時，是會更新不同畫面，所以我們利用 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率做為亮度評估標準，以便可以套用在不同 3D 立體圖面。我們使用調整不同企鵝剪影亮度，做為變化反射物亮度方式，在不同亮度的 3D cubic 圖面下，請受測者做人因實驗評估 3D 立體效果。

3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率的人因實驗可以分為兩個部分討論，第一部份是 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率 0.1 至 3，3D 立體效果會隨著反射物亮度下降而提升，在 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率 0.1 時，反射物企鵝剪影反射亮度高達 381 lm，因為其反射亮度過高，在半穿反鏡上產生 wash out 的現象，造成受測者無法清楚看到 3D cubic 圖面，所以隨著反射物亮度下降，3D cubic 圖面立體效果而提升，第二部份是 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率 3 至 6.7，3D 立體效果會隨著反射物亮度下降而漸漸下降，受測者表示在第二部分，因為反射物的亮度已經下降到人眼不易辨識到反射物存在，反射物亮度下降，3D cubic 圖面立體效果而提升下降。

三種不同 3D cubic 灰階，來看雖然三張 3D cubic 圖面亮度是有差異，但是三條 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率人因數據的結果趨勢都是相同，所以驗證 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率最佳化最好介於 2-3 左右。

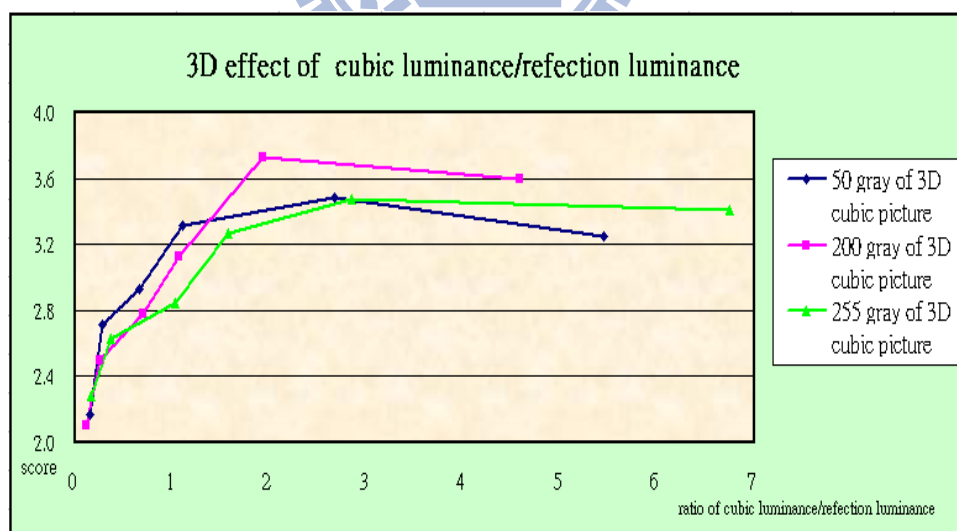


圖 三十八. 3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率對 3D 立體效果的影響

4.6 增加前方展示板以強化影像深度

我們在 3D 電子看板前加入一個展示板變因，利用不同長度 5、10、15、20、25、30 cm 的壓克力展示板，讓 3D 數位看板在播放 3D cubic 畫面時，我們請受測者來做人因實驗，評估不同長度展示板對 3D 立體影像的效果影響。

展示板的人因實驗結果如圖三十九所示，展示板人因實驗數據可以分為三個部分來分析，第一部份為展示板長度為 5 - 10 cm，3D cubic 立體效果和展示板長度變化並無相關，受測者表示因為展示板長度較小，3D cubic 圖面的立體效果並無改變。第二部份為展示板長度為 10 - 25 cm，3D cubic 立體效果隨著展示板長度而提升，受測者表示在這個參數下，3D cubic 好像漂浮在展示板上，其中的 3D 效果較無展示板強烈許多，應該是適當長度展示板可以提供 3D cubic 圖面一個空間參考點，所以 3D cubic 圖面立體效果提升。第三部分為展示板長度為 25 - 30 cm，3D cubic 立體效果和展示板長度變化並無相關，受測者表示當展示板長度在加長時，3D cubic 圖面立體效果就不在明顯提升。

所以我們在此實驗驗證出當 3D 電子看板前放一個展示板是能提升 3D 立體效果，在新型 2D-3D 數位看板中，受測者觀賞距離若在 3m，3D 顯示器為 15.4 inch 條件下，展示板最佳長度約為 25 cm。

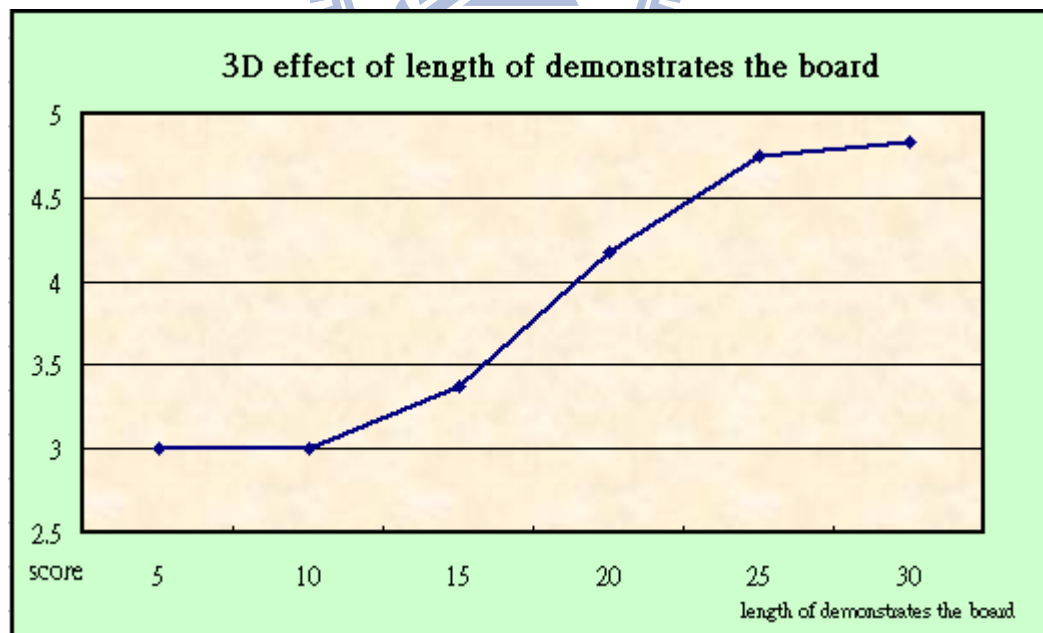


圖 三十九. 展示板長度對 3D 立體效果的影響

透過以上的實驗結果，我們可以整理出結論如下：

1. 新型 2D-3D 整合式數位看板是有 3D 立體效果，並且比傳統單一3D 數位看板是更有 3D 立體效果，新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 立體效果是依然存在，並且藉由 2D 投射畫面的加入，使得 3D 電子看板的 3D 立體效果提升。
2. 新型 2D-3D 整合式數位看板最有 3D 立體效果，是介於其中 3D / 2D 畫面面積比例從 1/16 到 1/49 之間，這樣新型 2D-3D 整合式數位看板中 3D / 2D 畫面面積比例可以讓人眼感受到最佳 3D 圖面立體效果。
3. 新型 2D-3D 整合式數位看板加入一個半穿反鏡，對 3D 電子看板的立體效果是有正面提升幫助，並提升新型 2D-3D 整合式數位看板的 3D 立體效果 16% 至 33% 之間，可以在不增加 3D 電子看板的距離差距下，提升 3D 立體效果。
4. 新型 2D-3D 整合式數位看板加入半穿反鏡中，最佳的反射物跑馬燈距離/人眼最佳觀賞距離 3 m 的距離比率最佳化應該在 0.83 左右，新型 2D-3D 整合式數位看板可以讓人眼感受到最佳 3D圖面立體效果。
5. 新型 2D-3D 整合式數位看板加入半穿反鏡中，3D cubic 圖面亮度/反射物亮度比率最佳化最好介於 2-3 左右，並且三張 3D cubic 不同圖面亮度下的人因數據的結果趨勢都是相同。
6. 新型 2D-3D 整合式數位看板中，當 3D 電子看板前放一個展示板是能提升 3D 立體效果，並且展示板最佳長度是 25 cm。

所以新型 2D-3D 整合式數位看板是有其 3D 立體效果，比原本單一 3D 電子看板立體效果高，驗證利用半穿反鏡和展示板可以加強 3D 立體效果，並且我們找出其最佳化實驗參數，將其最佳實驗參數加入實驗，可以大大提升 3D 立體效果。

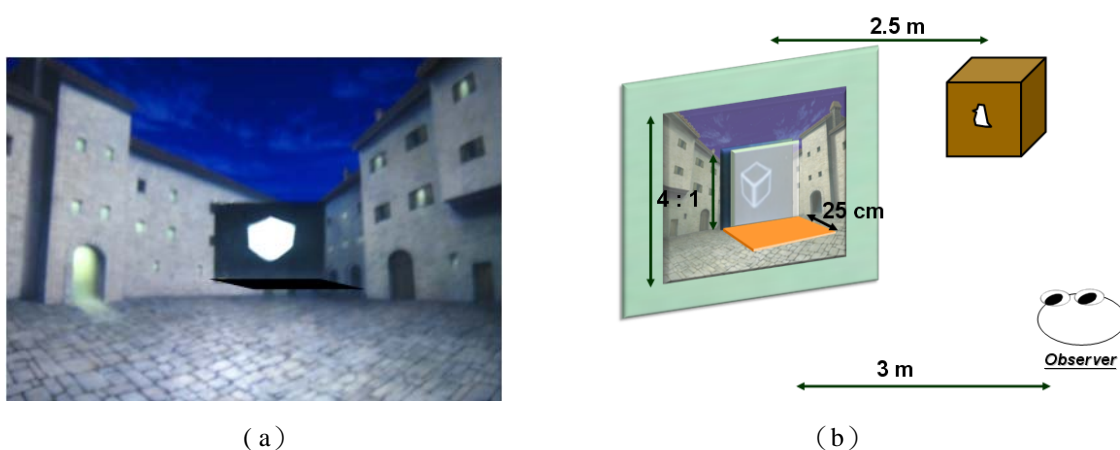


圖 四十. (a) 新型 2D-3D 整合式數位看板實體圖 (b) 新型 2D-3D 整合式數位看板規格示意圖

五、 結論與展望

本篇論文針對一個新型 2D-3D 整合式數位看板的應用，作一系列的探討，驗證新型 2D-3D 整合式數位看板是有 3D 圖形立體的功能，並系統其中 3D 圖形立體效果提升，可以達到新型 2D-3D 整合式數位看板中的 3D 電子看板吸引觀眾的注意，連帶觀察到 2D 文字及更精致的廣告內容目的。

並且我們利用加入半穿反鏡和展示板可以加強其中 3D 立體效果，我們透過人因實驗方式，找出半穿反鏡和展示板最佳化實驗參數，提供在新型 2D-3D 整合式數位看板設計上的參考資料。

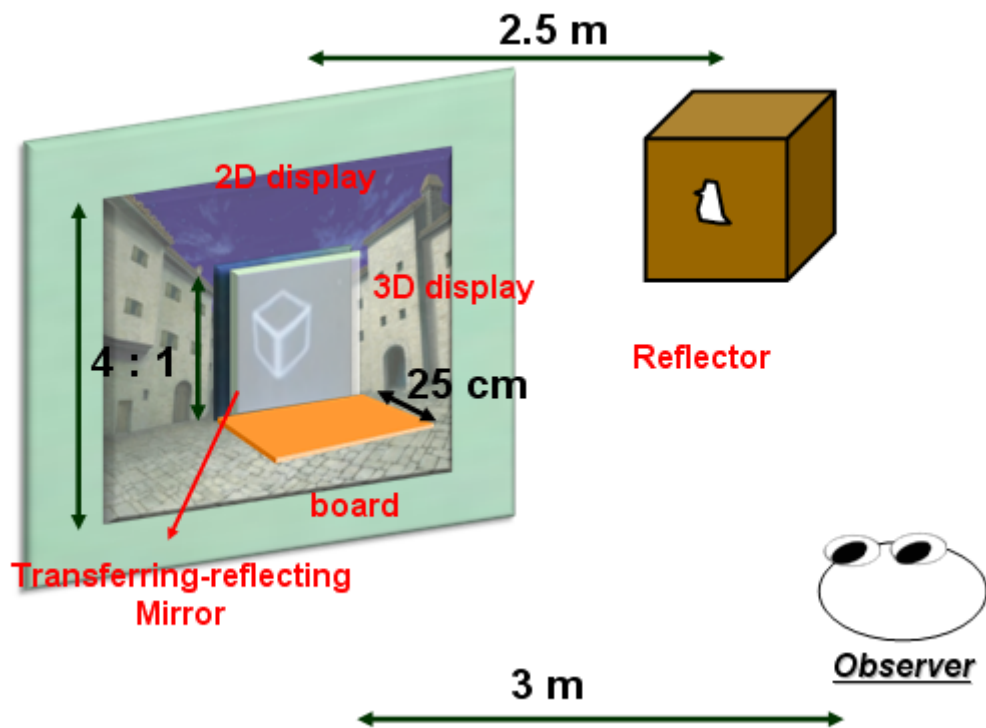


圖 四十一. 新型 2D-3D 整合式數位看板完成圖

表 八. 新型 2D-3D 整合式數位看板最佳化參數

新型 2D- 3D 戶外看板實驗項目	最佳化參數
最佳 3D / 2D 畫面面積比例	1/16 - 1/49
最佳反射物距離/人眼最佳觀賞距離	0.83
最佳 3D 圖面亮度/反射物亮度比率	2 - 3
最佳展示板長度	25cm

因為在廣告傳播型式中，2D- 3D 整合式數位看板方式還是新穎，如果要應用在商業廣告上使用的話，需要更多研究和探討，因此未來我們努力方向朝將 2D- 3D 數位看板中的廣告內容豐富化，使的有更多 2D- 3D 數位看板之間相互配合，並找出其中參考因子的最佳化，以增加 2D- 3D 數位看板的應用空間。



參考文獻

- [1] <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>
- [2] <http://tw.cn.acnielsen.com/news20100722.shtml>
- [3] <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/>
- [4] <http://www.nownews.com/2006/09/10/91-1988371.htm>
- [5] <http://akaanita.spaces.live.com/Blog>
- [6] <http://big.hi138.com/>
- [7] http://invatelabs.com/Invate%20Labs_Digital%20Signage_news1.html
- [8] J. S. Kollin, S. A. Benton, M. L. Jepsen, "Real-Time Display of 3-D Computed Holograms by Scanning the Image of an Acoustic-Optic Modulator," SPIE Proceedings, Vol. 1212, P.174 (1990)
- [9] "Laser Based 3D Volumetric Display System," US Patent No. 5,854,613 (1998)
- [10] C. Berkel, "Image Preparation for 3D LCD," SPIE Proceeding, Vol. 3639, p.84 (1999)
- [11] W. L. IJzerman, S. T. de Zwart, T. Dekker, "Design of 2D/3D Switchable Displays", SID'2005 Digest, P.98
- [12] I. Sexton, "Parallax Barrier 3-D TV", SPIE Proceeding, Vol. 1083, P. 84 (1989)
- [13] H. Nam, J. Lee, H. Jang, M. Song, B. kim, "Auto-Stereoscopic Swing 3D Display," SID 05 Digest, P.94
- [14] H. Shieh, Y. Huang and K. Chien, "Micro-Optics for Liquid Crystal Displays Applications", IEEE/OSA J. Display Technology, 1(1), 62 (2005).
- [15] K. Chien and H. Shieh, "Time-multiplexed three-dimensional displays based on directional backlights with fast-witching liquid-crystal displays", Applied Optics, Vol. 45, No. 13, 3106(2006).
- [16] <http://blog.sharp-i.net/big5/articles/company/87.htm>
- [17] <http://tw.18dao.info/>
- [18] W. A. IJsselsteijn, H. de Ridder, R. Hamberg, D. Bouwhuis, J. Freeman, "Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV," Displays, Vol. 18, P. 207 (1998).
- [19] N. Holliman, "3D Display Systems, Department of Computer Science, "University of Durham, 3, Feb.(2005).
- [20] N.A. Dodgson, "Autostereoscopic 3D displays," Computer 38, No. 8, P. 31 (2005)
- [21] L. B. Stelmach, W. J. Tam, R. Renaud, T. Martin, "Improving the visual comfort of stereoscopic images," Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems X, Vol.5006, P.269 (2003).
- [22] N. Holliman, "3D Display Systems", Department of Computer Science, University of Durham, 3, Feb. (2005).
- [23] H. Kakeya, K. Oyama and Y. Arakawa, "3D Display System for Reality-Enhanced Teleoperation",

IEEE(1999)

- [24] Li Chen, et al., "Investigation of Cross-talk in a 2-View 3D Display", SID2008, P.1138
- [25] F. Kooi and A. Toet, "Visual comfort of binocular and 3D displays", Displays, Vol. 25. (2004)
- [26] L. Chen, Y. Tu, W. Liu and Q. Li, "Investigation of Crosstalk in a 2-View 3D Display," SID Symposium Digest 77. 4 , P538–541, (2008).
- [27] W. Mphepo, Y. Huang, P. Rudquist, H. Shieh " An Autostereoscopic 3D Display System Based on Prism Patterned Projection Screen" IEEE/OSA Jol. of Display Tech.,Vol. 6 Issue 3, P.94 (2010)
- [28] W. Mphepo, Y. Huang, P. Rudquist, H. Shieh, "Enhancing The Brightness Of Parallax Barrier Based 3D Flat Panel Mobile Displays Without Compromising Power Consumption", IEEE/OSA Jol. Display Tech.,Vol. 6 Issue 2, P.60-64 (2010)
- [29] Y. Huang, C. Chen, T. Shen , J. Huang, "Autostereoscopic 3D Display with Scanning Multi-electrode Driven Liquid Crystal(MeD-LC) Lens",Journal of 3D Research, Vol.1 Issue 1, P. 39-42(2010)
- [30] C. Chen, Y. Huang, S. Chuang, C. Wu, H. Shieh, W. Mphepo, C. Hsieh., "Liquid crystal panel for high efficiency barrier type autostereoscopic displays". Appl. Opt., Vol. 48, No. 18, P. 3446-3454.(2009).
- [30] Pai, T.W., "3D Interactive Display with Embedded Optical Sensors"(2008).
- [31] C. Wu, "High Transmittance LC Pixel Design for Multi-View 3D Mobile Display"(2007).
- [32] Chen, Kuo-Tsung, "Human Factor Assessment on Cross-talk In Moving Stereoscopic picture"(2008)
- [33] Shen, To-Chiang, "Autostereoscopic 2D-3D Switching Display With Multi-Electrically Driven Cylindrical Liquid Crystal Lens"(2008)
- [34] J. Mansson, "Stereovision: A model of human stereopsis," Lund Univ. Cognitive Science, Tech. Rep.,(1998)
- [35] E. Edirisinghe, J.Jiang, "Stereo image, an emerging technology". SSGRR, L'Aquila,Italy, (2000)
- [36] L. Hill, A. Jacobs "Invited paper: 3-D Liquid Crystal Displays and Their Applications" IEEE Vol. 94, No. 3, March (2006)
- [37] K. Toyooka, T. Miyashita, T. Uchida. Uchida, Proc. SID'01,P.174 (2001).
- [38] T. Sasagawa, A. Yuuki, S. Tahata, O. Murakami, K. Oda, "Dual Directional Backlight for Stereoscopic LCD", Proc. SID'03, P.399 (2003).
- [39] Y. M. Chu, K. W. Chien, H. P. D. Shieh, J. M. Chang, A. Hu, Y. C. Shiu, and V. Yang, J. Soc. Inf. Display, No.13, P.875 (2005).
- [40] L. Lipton et al., Proc. SPIE, No.4660, P.229 (2002).
- [41] G. Woodgate, J.Harrold, A. Jacobs, etc., "Flat panel autostereoscopic displays-characterization and enhancement", Proc. SPIE, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VII, vol. 3957, P.153-164, Apr. (2000).
- [42] D. Takemori, K. Kanatami, S. Kishimoto, S. Yoshi, and H. Kanayama, Proc. SID'95, pp.55 (1995).
- [43] H. Morishima, H. Nose, etc., "Rear cross lenticular 3D display without eyeglasses", Proc. SPIE,

- Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VII, vol.3295, P.193, Apr. (1998).
- [44] C. Berkel and J. Clarke. "Characterisation and optimization of 3D-LCD module design", Proc. SPIE, Vol.3012,P.179-187 (1997)
- [45] J. Young, B. Javidi, "Three-dimensional image methods based on multiview images", J. Display. Tech., Vol. 1, P.125-140, (2005).
- [46] H. Isono et al. Japanese Pat. Appln.JP03-119889, (1991)

