

# 3D 漂浮顯示 與凌空觸控技術

■ 黃乙白、周秉彥

在這資訊爆炸、技術躍進的世代，科技產品日新月異，一般市民大眾在生活及休閒娛樂時再也無法滿足於二維的平面影像，而且希望不但能夠看到立體畫面，還能更進一步「觸碰」到。現在，就讓我們一起進入 3D 的世界吧！

## 科技來自於人類無窮的欲望

時代在變遷，技術在進步，許多幾十年前被認為天方夜譚的科技幻想產品，今日都已一一化為現實，也隨著知識增長、技術精進而跨越了當初在技術上所遇到的高牆。然而，人類會滿足於現況而停止做夢嗎？不，人類的欲望是無窮的，對任何事物不只要從有到好，還要更好，藉由欲望來刺激創造，許多科技產品也就因應而出，造就出更美滿豐富的生活。

回首過往，在民國五、六十年代，全村厝邊男女老少相約在庭院空地，看著一台訊號不穩定的黑白電視，就只為能在第一時間看紅葉少棒隊贏球為國爭光。過了二十年，隨著經濟起飛，家家戶戶盯著畫面清晰但笨重的彩色 CRT 電視，爭睹巨星鄧麗君華麗的丰采。如今，隨著顯示科技革命，兼具輕、薄、畫面大、畫質好的液晶顯示器當道，取代了傳統笨拙厚重的電視，不僅讓觀賞時更加舒適，還大幅節省占用的空間。這世代，「電視」早已不只是家電，還是精美的藝術品。

對於傳統電視所具備的功能，不管在畫面、畫質還是外觀上似乎都已推展到了極致，然而，這就是顯示器這條道路上的盡頭嗎？不，科技產自人類的欲望，欲望無限，科技豈會停擺？近年來，科技發展開始著重在 3D 立體顯示技術，相關的研究與發明也層出不窮，不斷地探討、更新和整合。大至結合電影拍攝技術，讓 3D 影像能夠在電影院大螢幕播放；小到千家萬戶都能夠各自擁有 3D 液晶螢幕顯示器，隨時觀看立體影像。讓 3D 影像顯示在生活的周遭，看來已經是必然的趨勢。

**一項劃時代的重大發明，往往能夠引發一場浩瀚革命，大幅改變人類的生活習慣。**



隨著顯示技術不斷的進步，3D 立體影音系統已經成為生活中不可或缺的娛樂工具。（圖片來源：種子發）

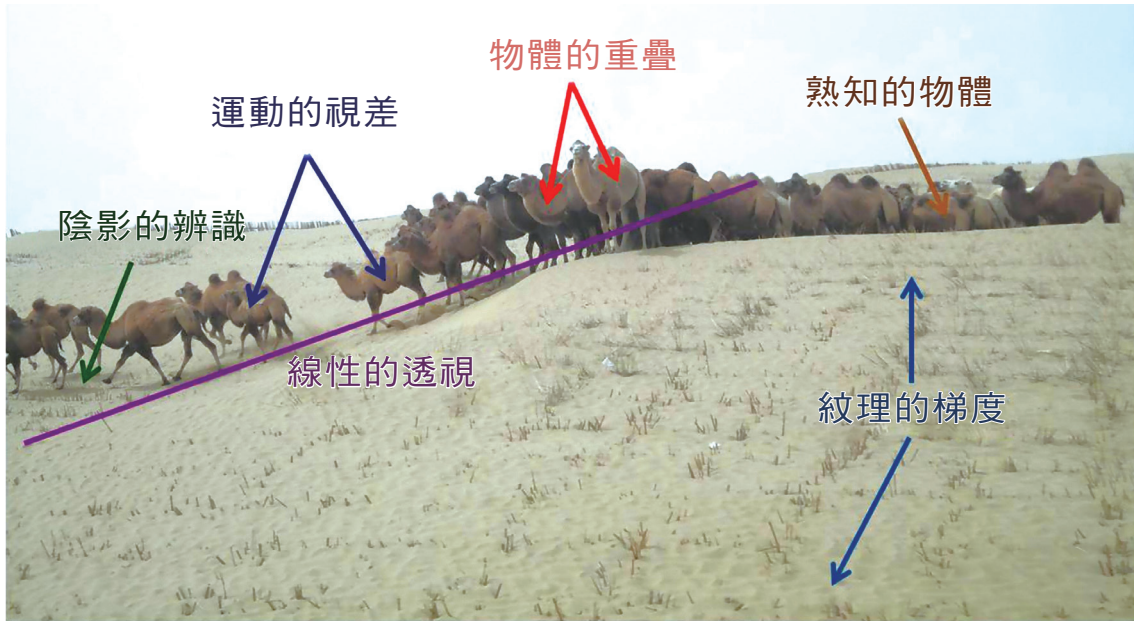
使不同科技整合是當前熱門的話題和走向。目前最成功的例子，就是那小小一台可以隨身攜帶的智慧型手機了。它不只具備傳統手機的功能，能夠熱線你和我；整合螢幕觸控系統使操作更便利；還有無線網路通訊系統，讓使用者能夠隨時獲取第一手資訊。

智慧型手機採用了隨身攜帶的小型液晶螢幕顯示技術，使得隨時觀看地圖和影音娛樂不再只是幻想；搭配了輕巧的小型相機鏡頭，隨時能記錄所見所聞的七彩世界。若再結合陀螺儀、定位感測系統和許多應用軟體，這種多合一的技術產品使人類生活更方便、更增添色彩。

一項劃時代的重大發明，往往能夠引發一場浩瀚革命，大幅改變人類的生活習慣。在這人手一機隨時滑動螢幕的世代，很難想像五、六年前智慧型手機還未問世時的情景。

這時，不禁會開始幻想：假使能夠使 3D 顯示技術和目前充斥在生活上的顯示型電子產品結合，比如說智慧型手機或平板螢幕，再搭配凌空感測觸控技術，如此一來，在生活中不管是通訊、開會或是休閒娛樂，都能有即時的 3D 畫面與互動系統，讓科技產品不僅拉近彼此間的距離，還可真實感地「身」入其境到對方的世界中。一想到這裡，就對未來有著無限憧憬，夢，總有一天會實現。





人類對於映入眼簾所接收到的影像，利用大腦感知系統（線性的透視、物體的重疊、陰影的辨識、紋理的梯度、熟知的物體、運動的視差等）來做影像處理，進而獲得 3D 影像，置身其境地體會到自己身處在現實立體環境中。

## 人眼對立體影像的判斷

眼睛是人類的靈魂視窗。藉由不斷演化，貴為萬物之靈的人類，雙眼分布在臉部同一平面上，雖然不像草食性動物的眼睛分布在兩側擁有接近 360 度的視野，但具備著一項絕對的優勢：對環境、物體能夠產生立體的影像，可以輕易分辨距離及凹凸。至於人類如何辨別環境、遠近、距離及立體影像呢？在進入 3D 世界之前，就先深入探討成像到視網膜上，分辨物體距離的人眼視覺系統吧！

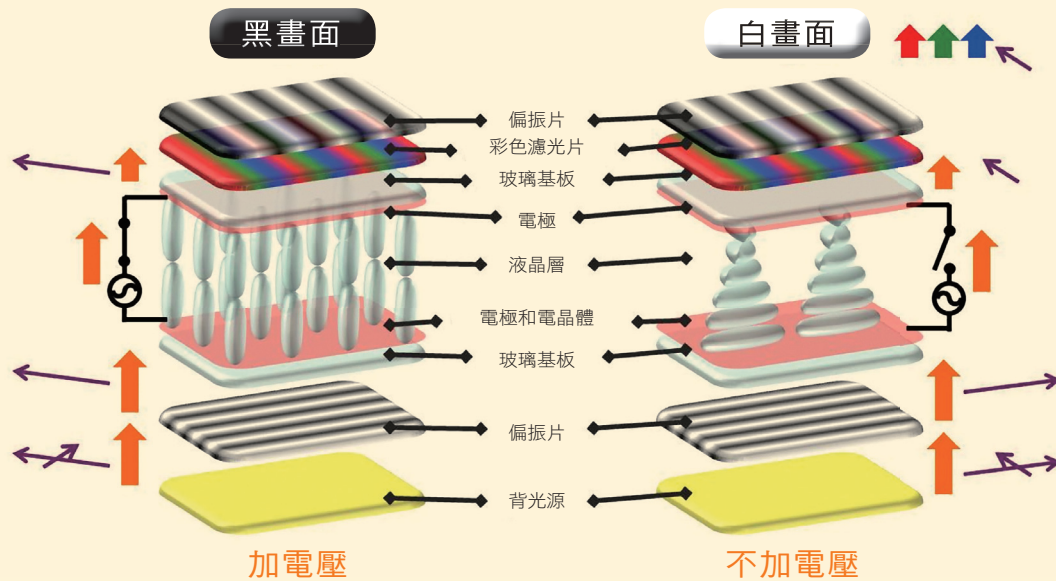
線性的透視—對於立體物體外觀的一種相對距離感覺。對於一望無際排列整齊的遼闊景色，在視網膜上的影像會產生線性的延伸，最終在無窮遠處匯聚成一點，藉此可判斷影像的距離。

物體的重疊—對於不同物體遠近距離判斷的感覺。當映入眼簾的影像有不同的非透明物體時，若有前後互相重疊的情形，則距離較遠的物體會有一部分被距離較近的物體擋住而看不到，可藉由這得知物體間的相對距離。

陰影的辨識—對於立體物體形狀的空間關係線索。藉由物體的陰影位置，可以明確辨別物體的凹凸。對於實心的物體，陰影會在形狀邊緣的外側；反之，對於空心物體的陰影，則會在外緣輪廓的內側。

紋理的梯度—對於物體小尺度結構上的細微辨識能力。眼睛是個出色的感知器官，即使不刻意去觀察，仍然能夠對物體的細微紋理做自動辨識。由於感官上的清晰程度與距離遠近相關，可進而推斷物體的距離和方向。

## 液晶顯示器原理



**傳統液晶顯示器的成像原理** 透過外在施加電壓的大小來控制液晶的排列形態，利用液晶本身具備的雙折射係數特性，來旋轉背光源經過偏振片的光偏振方向，最後再利用彩色濾光片來控制顏色、第二片偏振片來控制光的穿透量，以顯示不同亮度色彩的影像畫面。

熟知的物體—大腦對於看到的影像和記憶畫面進行連結的經驗法則。當人眼看到一個熟知的物體，把影像傳遞到大腦時，會自動和記憶中的形狀大小連結，藉由兩者的比較可以判斷出物體的大小和距離。

運動的視差—捕捉移動物體影像畫面並辨識的視覺系統。當眼睛看向遠方，有一近一遠移動速度相同的兩物體，透過人眼的辨識並和外在環境的相對移動比較，會產生距離近的物體移動變化較大的感覺，藉此可感知不同物體的遠近。

根據上述的諸多原理，挑選合適的畫面，讓左眼與右眼看到具有橫向偏移量的影像，再藉由大腦對影像的認知、判斷與重新聚焦，就能夠順利營造出具有三維立體空間的環境，讓觀賞者有身歷其境的觀感。

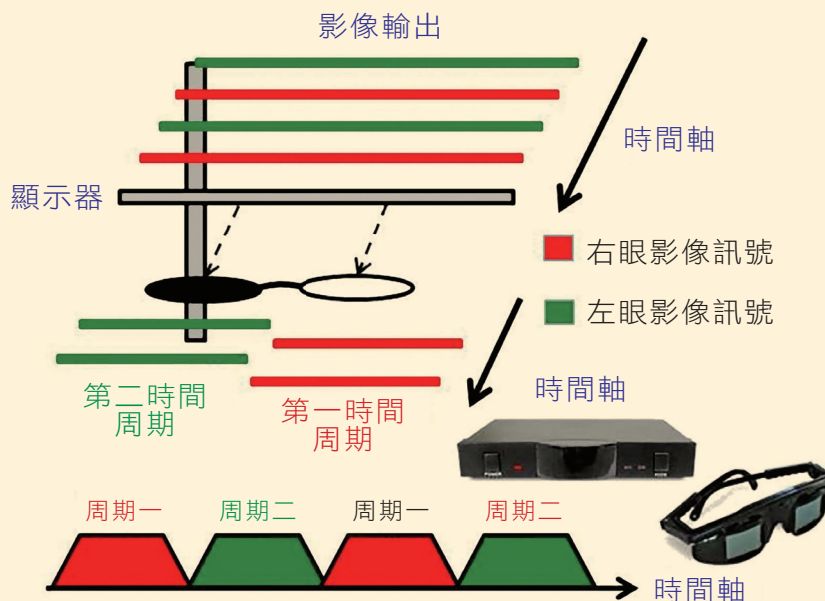
## 顯示器的成像原理

在探討 3D 立體顯示技術之前，先介紹當前大宗的液晶螢幕顯示器的結構和原理。

簡單來說，可以把顯示器看成是由許多各司其職的平面光學元件所組成的。首先，均勻的白色面光源從背光源射出，當光經過偏振片時，過濾吸收特定偏振態的光，使穿透光具有偏振特性。接著光傳遞到液晶層後，由於液晶本身具有雙折射和導電特性，可藉由施加不同電壓來控制液晶的排列形態，並進一步掌握旋光特性來旋轉光的偏振方向。

當光穿過彩色濾光片後，在不同的位置上會分別產生紅綠藍三種不同顏色的子像素，來控制顏色並構成一個完整的像素。

## 快門式眼鏡 3D 平面顯示系統



**快門式眼鏡 3D 平面顯示系統** 主要是利用時序上的切割，使左右眼訊號不斷交錯輸出，搭配頻率對位好的眼鏡，在不同時間周期上分別讓訊號穿透至相對應的眼鏡鏡片，使左右眼能夠觀看到正確且不同的影像。

最後，光再經過偏振方向與先前互相垂直的第二偏振片，藉由光的偏振方向在液晶層的旋轉程度來控制畫面的亮度。

### 3D 立體顯示技術

3D 立體顯示技術的發展已有段時間，目前趨近成熟。2009 年電影〈阿凡達〉使用嶄新的拍攝技術和炫麗的呈現手法，一舉創下許多得獎紀錄，並把 3D 顯示技術發揚光大。它震撼的畫面和讓觀眾身歷其境的立體影像，讓世人看到顯示時代的進步。在這之後，3D 影像和電影緊密結合成為每家電影院不可或缺的技术。

在家用電視方面，民眾不但要求尺寸更大更薄，選擇能夠搭載 3D 顯示切換系統的電視也逐漸成為必然。目前的 3D 電視都配備把 2D 原始訊號直接藉由內部計算轉

換成 3D 訊號的功能，去除了必須另外加購 3D 藍光播放器和訊號片源不易獲得的麻煩，使民眾在使用上能更加便利地觀看 3D 立體影像。

既然 3D 影像技術如此熱門和普遍，那麼，立體影像究竟是如何呈現的呢？就讓我們來一窺其中奧秘！

**戴眼鏡式 3D 成像系統** 目前市面上主要採用的 3D 立體顯示技術，根據欣賞者的觀看方式，簡單分成需要和不需要戴眼鏡兩大類別。一般來說，需要戴眼鏡的 3D 顯示技術能夠獲得較佳的立體影像品質，已廣泛運用在電影院中。若深入探討細節，又可依原理的不同而分成兩種：

快門式眼鏡 3D 立體顯示器一人眼對於連續移動影像的辨識能力，大約是每秒 27 張畫面，只需要使訊號更新頻率大於人眼辨



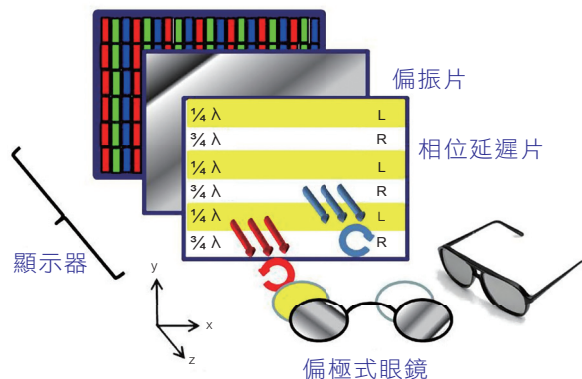
識能力，就能夠看到連續影片。根據相似的原理，利用時序上的切割，把影片分成左眼和右眼的訊號源。在第一時間點顯示一隻眼睛的訊號，隨後切換到顯示另一眼的訊號，不斷重複交替輸出不同眼的訊號，搭配眼鏡上設計的特殊開關系統，在不同時間點分別開起單一眼的開關，並與訊號源同步。如此一來，就可使雙眼在相互交錯的時間點上，觀看到各自所需要的影像。

這方法主要是利用時序上的切割，畫面解析度不會下降，也不容易在其中一隻眼睛上觀看到另一隻眼的錯位訊號，因此畫面的品質和立體效果都比較好。不過，畫面切換的更新速率要求較高，一般需要 240 Hz 以上的頻率。此外，這類顯示器有項缺點，就是眼鏡因為要加裝電池，所以較重且須定期更換電池。

偏極式眼鏡 3D 立體顯示器—另一項技術是利用光的不同偏振型態來控制影像，是目前電影院中使用最廣的一項技術。架構上需要擺放兩台相鄰的投影機，分別輸出偏振態互相正交的影像訊號，利用訊號光源打到屏幕後再反射給觀賞者。這時偏振眼鏡扮演著過濾的角色，利用左右眼鏡上互相正交的偏振片分別吸收不需要的光源，僅讓正確的訊號穿透，讓雙眼都能獲得正確的訊號且不受其他雜訊干擾。這項技術具備眼鏡較輕、不需電池、空間和時間解析度都不會下降的優點，但需要另外架設一台投影機。

但在家用電視上，由於無法另外加裝一台投影機，因此需要利用空間切割的概念降低解析度：在相鄰兩排的畫素中，輸出偏振方向正交的訊號分別給左右眼接收。利用這種方法也可得到相同的結果，但除了解析度折半外，眼睛獲取到的訊號光強度減弱，看到的畫面會比較暗淡。

### 偏極式眼鏡 3D 平面顯示系統



偏極式眼鏡 3D 平面顯示系統 在家用電視上，主要是利用空間上的切割，藉由偏振片和相位延遲片的設計，讓不同眼睛的訊號能夠同時輸出，且偏振型態正交（人眼對於圓偏振光源的敏感度較線偏振低，因此通常是採用左右旋圓偏振訊號來輸出），再藉由偏極式眼鏡過濾不要的雜訊來獲得立體影像。

不需戴眼鏡式 3D 成像系統 這種類別的技術最大優勢是觀賞者可直接觀看 3D 影像，不需要戴附加的眼鏡，免去一大麻煩。但天下無白吃的午餐，在享受好處的同時，也必須付出代價。這類技術設計的概念，主要是利用附加光學元件來控制光場的方向，讓左右眼各別觀看該有的畫面來結成立體影像。因此，空間解析度通常會往下掉，且有特定觀賞位置的限制。由於難以完美地控制光場，常發生左右眼看到一部分另一隻眼的訊號，而造成 3D 影像中產生鬼影。

目前市面上販售的電視或筆記型電腦，也有為數不少的產品採用這類空間多工光場控制系統，來達到能夠裸視觀看 3D 立體影像的目的。若探討更細節的架構，可進一步分成兩大類：視差屏障系統和柱狀透鏡系統，主要都是藉由外加不同的光學元件，來控制光場方向達到所想要的位置。

有朝一日，像電影情節中的 3D 懸浮影像顯示技術，不會只是一個夢想，而是能夠真實存在於現實社會中。

### 3D 懸浮顯示技術

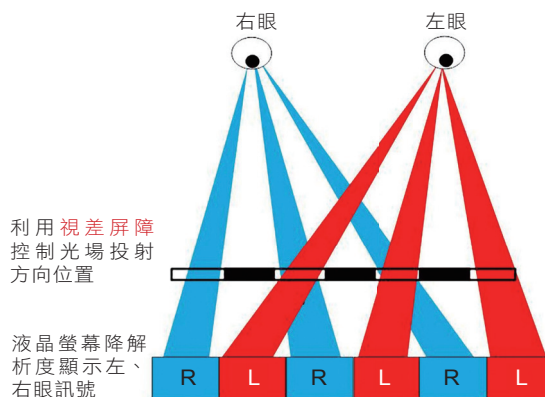
透過平面顯示器展現出水平視野的 3D 立體影像，目前技術已成熟且廣泛運用在產品上，不過，這樣的成果就令人滿足了嗎？這就是 3D 成像技術的極限了嗎？我們不禁會繼續幻想，是否能夠在一張水平擺設的桌子上，投影出懸浮在桌面上真正騰空的 3D 物體影像？夾帶著這一個想法，3D 懸浮顯示技術因應而生，開始受到關注與研發。

技術的研發需要與產品的實用性結合，因此在架構設計上，以不需要配戴外加眼鏡的形式為主。至於技術的內容細節，也是五花八門、百家爭鳴，但基本設計概念都一樣，就是設法讓觀賞者的左右眼能夠看到各自需要的不同影像。在諸多不同技術中，控制光場方向的技術脫穎而出成為大宗。

利用投影機做為光源，把經過特殊設計和對位的原始訊號射出，再利用不同的光學元件（例如透鏡、針孔、特殊屏幕等）控制光場方向，使不同位置的光線都能夠有效地控制到所需角度的方向上，進而產生在特定位置的漂浮影像。若要讓觀賞者在欣賞時處在環場觀賞位置，則可以利用多台環繞的投影機來達成目標。

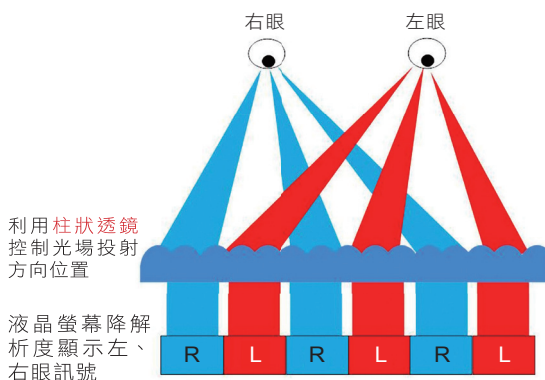
有朝一日，像〈鋼鐵人〉電影情節中的 3D 懸浮影像顯示技術，不會只是一個夢想，而是能夠真實存在於現實社會中。目前，已經有許多大型演唱會採用相關的顯示技術，讓現場場面看起來更加奇幻與絢麗。

#### 視差屏障式 3D 平面顯示系統



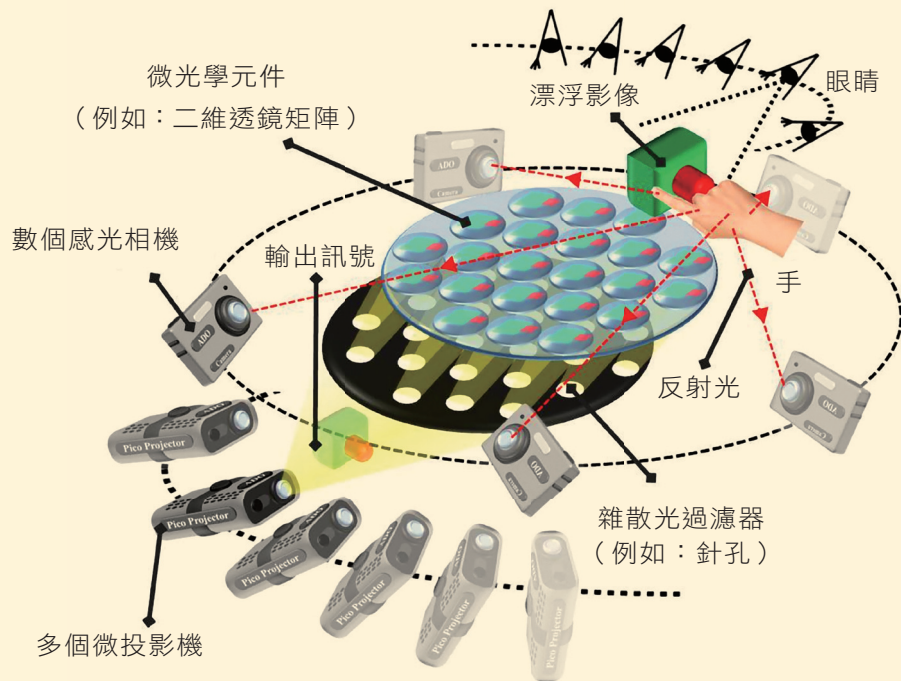
視差屏障式 3D 平面顯示系統 主要是利用外加一個經過設計好的光柵光學元件來控制光場方向，搭配好訊號輸出的位置，就可在特定位置上觀看到 3D 立體影像。

#### 柱狀透鏡式 3D 平面顯示系統



柱狀透鏡式 3D 平面顯示系統是在顯示器外部特定距離加上一層柱狀透鏡的元件，讓訊號光源經過時能夠改變行進方向，使左右眼在適當位置上可以獲得正確的訊號而產生立體影像。

## 3D 漂浮影像顯示系統



3D 漂浮影像顯示系統主要是利用投影機投射出訊號光源，藉由在成像面上外加光學元件的設計，精確控制各位置、方向的光路軌跡，讓觀眾能夠不需戴眼鏡就有環場的欣賞範圍。看到的畫面是經過實際成像的影像，猶如是有 3D 物體在水平桌面上漂浮出來般。若外加光學接收器抓取手部訊號，藉由影像處理判讀動作就可設計成為互動系統。

此外，這項技術不僅能夠用在娛樂上，還可有效結合不同產業。例如在醫療方面，透過即時的 3D 立體影像，讓外科醫生能夠精準掌握操刀位置和進行術前模擬手術，對於實習醫生來說，平常就能夠練習開刀的細節並大幅減少大體的需求量。夾帶著諸多優勢，可以大膽地預言，未來生活環境中充斥著 3D 顯示影像是必然的趨勢。

### 不只看得到還要「摸」得到

3D 影像顯示技術或許能夠展現出震撼的立體影像，卻只能單方面傳播而缺乏互



實際拍攝 3D 漂浮影像顯示系統所產生的立體影像，和外加的實物比較，影像猶如漂浮在空中般。



**3D 顯示系統與凌空觸控裝置分別具備展示與互動功能，把兩者結合可以廣泛運用在許多方面。**

動，就好比是到北投不泡溫泉、到彰化不吃肉圓一樣，總感覺有那麼點美中不足，實為一大憾事。於是凌空觸控技術也在 3D 顯示技術發展的同時拿來探討和研究，讓 3D 技術不僅是單向的影像輸出，還能夠判讀使用者的動作反應來做出相對應的回饋，結合成為雙向互動的系統，讓運用範圍更加廣泛。就技術層面來看，凌空觸控技術主要可以分成三大類別：

第一類是使用外加的元件來感測，觀賞者需要另外配戴頭盔、眼鏡、手套等器具。由於可把各司其職的不同元件和顯示系統有效整合為一體，因此有精

確感測雙手在立體空間的位置、手勢、移動方向等優勢。但也有一個最根本的先天性缺陷，就是需要配戴龐大繁重的儀器，這項致命的弱點是導致這技術無法廣泛運用的原因。

第二類技術是在顯示系統之外再添加光學接受器，例如照相機、CCD、CMOS 等。當觀賞者對於 3D 影像做出手部動作反應時，感光系統就能抓取各時間點的影像，再利用相關演算法計算，判讀肢體動作並做出對應的回饋系統反應。這種類型的技術直覺、直觀且精確，缺點是可操作區域有所局限，只能在特定受限範圍內使用。



3D 互動系統可以簡單分成 3 大類：相機擷取式、機器感應式和感光微元件式。根據不同系統的優缺點，透過適當的設計，可有效且合理地使用在合適的電子產品上，讓人類的生活更多采多姿。



3D 影像顯示技術能夠展現出震撼的立體影像（圖片來源：種子發）

第三類系統則採用光學感光微元件來執行。由於元件輕薄短小，通常可把感光元件隱藏置入光學顯示系統中，使產品既美觀又自成一體不需分開擺設。這項技術的缺點在於工作範圍僅能在距離螢幕不遠處，並無法遠距離操作；而且當許多人同時操作時，影像訊號處理系統仍有一些困難待克服。

3D 顯示系統與凌空觸控裝置分別具備展示與互動功能，把兩者結合可以廣泛運用在許多方面。採用原理的部分，除本文介紹的幾項分類之外，還有其他各種形形色色具不同創意的技術仍在發展中。在這

科技日益進步的世代中，如何使各種固有技術整合，得到多功能且具創意的產品，是很重要的一環。以人類敏銳智慧的頭腦，一定能夠讓這個世界更加美好。想著那充滿任何可能性的未來，就著實令人期待。

---

黃乙白、周秉彥  
交通大學光電系

---