

產學合作案結案報告書

合約編號：華電機 104 產學字 003 號

計畫名稱：

具遠端遙控嵌入式人機介面之三維列
印系統之研究

委託單位：鴻聯發科技股份有限公司

受託單位：中華學校財團法人中華科技大學

執行單位：電機工程系

執行期限：104年03月16至104年12月31日

計劃主持人：李昆益 副教授

中華民國 105 年 1 月 31 日

【 目 錄 】

一、摘要	3
二、簡介	5
三、研究方法	7
四、研究成果	8
五、結論	18
六、參考文獻	18

一、摘要

本計畫揭露一種具無線人機介面之三維列印控制系統，其包括嵌入式控制器、無線訊號傳輸模組及無線人機介面。嵌入式控制器可依據三維圖形資料而控制三維模型列印機做多軸移動的列印，以列印出三維模型成品。無線人機介面透過無線訊號傳輸模組而對嵌入式控制器發出控制指令，藉以控制三維模型列印機做多軸的移動列印，並接收來自嵌入式控制器所傳輸的多軸列印狀態資訊，再由無線人機介面之觸控顯示幕顯示，俾能實現完整遠端遙控的三維列印功能。

二、簡介

3D 印表機是可以列印出真實物體的一種設備，只要電腦能設計出產品，或是對物體進行 360 度的掃描，印表機就能夠根據檔案製作出來。這種新的生產方式可對每件產品進行小批量加工，而不需要模具。根據資策會產業情報研究所統計，2012 年 3D 列印機市場規模約 21.5 億美元，預估 2016 年市場規模將可達到 44.5 億美元。

3D 列印是一種快速成形技術，3D Printer 是一種可以把 3D 檔案給「輸出」的機器，只要運用市面上通用的 AutoCAD、ProE、Sketch up 等軟體建立三維模型，經開源程式(如：Slic3r)轉檔，3D 印表機就能幫你印出設計的成品。

相對於傳統製造方式，3D 列印具有八大優勢：

- 1.製造複雜物品不增加成本。3D 印表機製造一個形狀複雜的物品並不比列印一個簡單的方塊消耗更多的成本。
- 2.無須組裝。3D 列印能使部件一體化成型，節省勞動力的花費。
- 3.零時間交付。3D 印表機可按需要列印，最大限度減少長途運輸的成本。
- 4.設計空間無限。3D 印表機能製作出目前可能存在於自然界的形狀。
- 5.零技能製造。3D 印表機能在遠程環境或極端情況下生產。
- 6.3D 印表機可自由移動，製造比自身還要大的物品。
- 7.減少廢棄副產品。3D 列印製造 金屬時浪費很少。
- 8.通過 3D 掃描技術和列印技術，可以精確掃描、複製實體。

2011 年 6 月，歐巴馬宣佈向 3D 列印產業投入 5 億美元，以提升美國在製造業上的領先地位。2012 年 7 月 17 日，美國《外交政策》網站發表題為《製造業的未來在美國，不在中國》的文章。文中說，3D 技術進步，

將使中國的製造業會像過去 20 年美國的製造業那樣迅速衰落。目前，中國的許多企業、高校已經開始透過各種途徑研發、應用 3D 技術。

科技部在行政院會報告「3D 列印科技的發展及推動」指出，目前行政院正推動跨部會創意與 3D 列印推動計畫，並訂出民國 107 年培養百萬名 3D 列印應用與文創人才、掌握世界 30% 的 3D 列印機產能等目標。工程技術研究發展司長馮展華指出，3D 列印將為第三次工業革命揭開序幕，包括美國、德國、日本及我國主要競爭對手韓國都在積極推動。並指出，台灣的中小企業與分散式群聚的製造業特色，正好適合「百家爭鳴」的第三次工業革命，直接進攻 3D 列印機的關鍵零組件、軟體及資料庫等，取得應用服務的領先地位。

本計畫關於一種具無線人機介面之三維列印控制系統，尤指一種可以實現完整遠端遙控功能的三維列印技術。

相較於傳統射出成型的製造方式，3D 列印機不僅具有隨機性、便利性而且更為快速，使得 3D 列印機已成眾人矚目的焦點。習知三維列印機的代表性專利如中華民國新型第 M476053 號『3D 列印機之結構』、新型第 M488400 號『三維多列印頭平台結構』以及新型第 M488699 號『胎兒影像 3D 模型製作系統』等專利所示。該等專利大致包括有供料機構及列印機構，列印機構上設有噴頭，噴頭可將供料機構所提供列印材料熱溶後噴出，而供料機構與列印機構在電腦驅動製造模組的驅動下，可以沿水平方向及垂直方向做多軸的位移；換言之，並以噴頭將預先加熱成熔融狀的列印材料噴出，被控制噴出的熔融態列印材料至定位時，經空氣的冷卻而凝固成層狀的平面結構，而在連續層疊之後，即可製成層疊成立體的三維加工產品。

上述習用三維列印機雖然可以依據工件之三維圖形檔案而列印出所需的三維模型工件；惟，該習用三維列印機並無完整之遠端遙控的機能設置，故無法於列印行程中進行遠端三維列印的遙控，因而造成列印監控與列印路徑修正上的不便與困擾；此外，述習用三維列印機具並無簡易觸控的機能設置，故僅能以操作複雜與難度較高的電腦進行指令的操縱與監控，因而造成列印操作與監控上的不便與困擾，因此，該習用三維列印機確實在功能上未臻完善，仍有再改善的必要性。

三、研究方法

本計畫第一目的，在於提供一種具無線人機介面之三維列印控制系統，主要是藉由完整遠端遙控的機能設置，故可於列印行程中進行遠端的三維列印遙控，因而具備遠端列印監控以及列印路徑顯示與修正等功效，以方便操作人員隨時監控與判斷列印行程路徑是否偏離或是故障。達成第一目的之技術手段，係包括嵌入式控制器、無線訊號傳輸模組及無線人機介面。嵌入式控制器可依據三維圖形資料而控制三維模型列印機做多軸移動的列印，以列印出三維模型成品。無線人機介面透過無線訊號傳輸模組而對嵌入式控制器發出控制指令，藉以控制三維模型列印機做多軸的移動列印，並接收來自嵌入式控制器所傳輸的多軸列印狀態資訊，再由無線人機介面之觸控顯示幕顯示。

本新型第二目的，在於提供一種具備簡易觸控與數據即時顯示之圖形化人機界面的三維列印控制系統。達成第二目的之技術手段，係包括嵌入式控制器、無線訊號傳輸模組及無線人機介面。嵌入式控制器可依據三維圖形資料而控制三維模型列印機做多軸移動的列印，以列印出三維模型成品。無線人機介面透過無線訊號傳輸模組而對嵌入式控制器發出控制指令，藉以控制三維模型列印機做多軸的移動列印，並接收來自嵌入式控制器所傳輸的多軸列印狀態資訊，再由無線人機介面之觸控顯示幕顯示。其中，該無線人機介面可於該觸控顯示幕顯示一軸控顯示界面，該軸控顯示界面可供使用者下達列印以及修正各軸進給量控制指令，並可將該多軸列印狀態資訊顯示為即時之二元數值控制訊號。

請參看圖1所示，為本新型三維列印控制系統之第一實施例，係包括嵌入式控制器10、無線訊號傳輸模組20及無線人機介面30等技術特徵。嵌入式控制器10，其與三維模型列印機40訊號連結，而可依據一加工件之三維圖形資料而控制三維模型列印機40做多軸移動的列印，藉以列印出與三維圖形資料相應的三維模型成品；無線人機介面30可透過無線訊號傳輸模組20而對嵌入式控制器10發出控制指令，藉以控制三維模型列印機40做多軸的移動列印，並接收來自嵌入式控制器10所傳輸的多軸列印狀態資訊(如即時之各軸列印位置資訊以及各軸列印行程路徑資訊)，再由無線人機介面30之一觸控顯示幕31予以顯示。具體來說，上述無線訊號傳輸模組20可以是WIFI-802.11G通訊介面、藍芽通訊介面以或是zigbee通訊介面；其中，本新型是採用藍芽通訊介面。

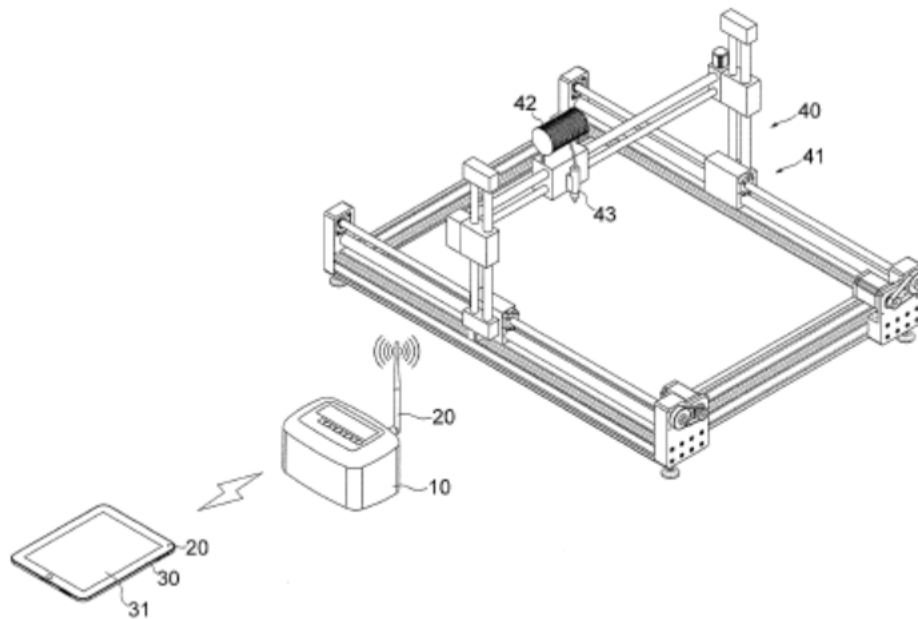


圖1為本新型之系統架構實施示意圖

請參看圖1~3所示，為本新型三維列印控制系統之第二實施例，係包括嵌入式控制器10、無線訊號傳輸模組20及無線人機介面30等技術特徵。嵌入式控制器10，其與三維模型列印機40訊號連結，而可依據一加工件之三維圖形資料而控制三維模型列印機40做多軸移動的列印，藉以列印出與三維圖形資料相應的三維模型成品；無線人機介面30可透過無線訊號傳輸模組20而對嵌入式控制器10發出控制指令，藉以控制三維模型列印機40做多軸的移動列印，並接收來自嵌入式控制器10所傳輸的多軸列印狀態資訊(如即時之各軸列印位置資訊以及各軸列印行程路徑資訊)，再由無線人機介面30之一觸控顯示幕31予以顯示。其中，無線人機介面30可於觸控顯示幕31顯示一軸控顯示界面310，軸控顯示界面310可供使用者下達列印以及修正各軸進給量之控制指令，並可將多軸列印狀態資訊顯示為即時之二元數值控制訊號。此外，軸控顯示界面310包含一圖形化觸控界面311，該圖形化觸控界面311包含X軸進給量微增／微減按鈕，以及Y軸進給量微增／微減按鈕。

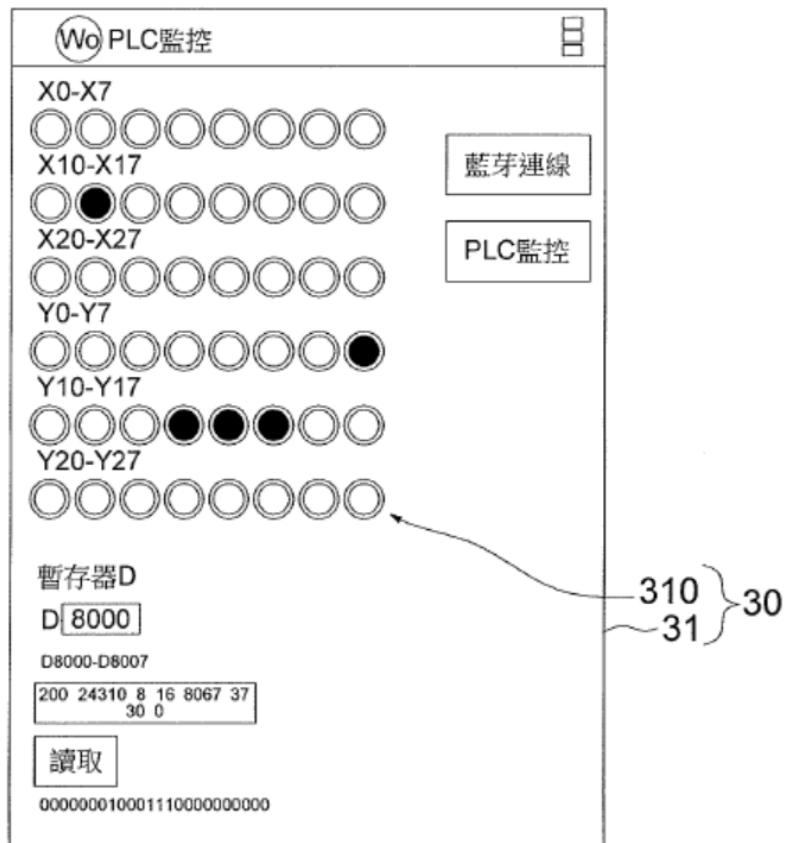


圖2為本新型多軸列印狀態資訊顯示的實施示意圖

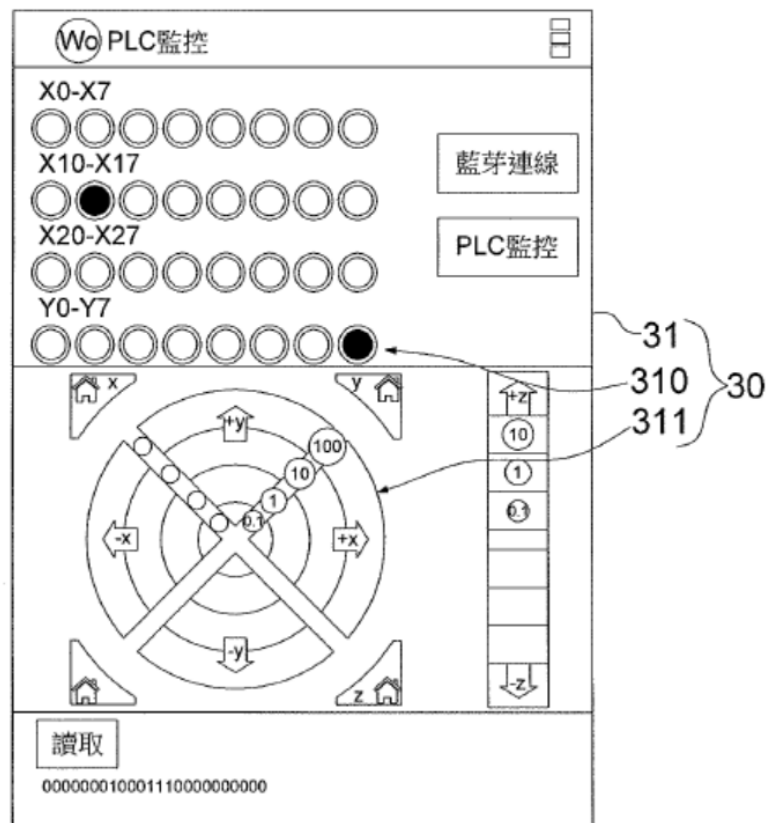


圖3為本新型圖形化觸控界面的顯示操作實施示意圖

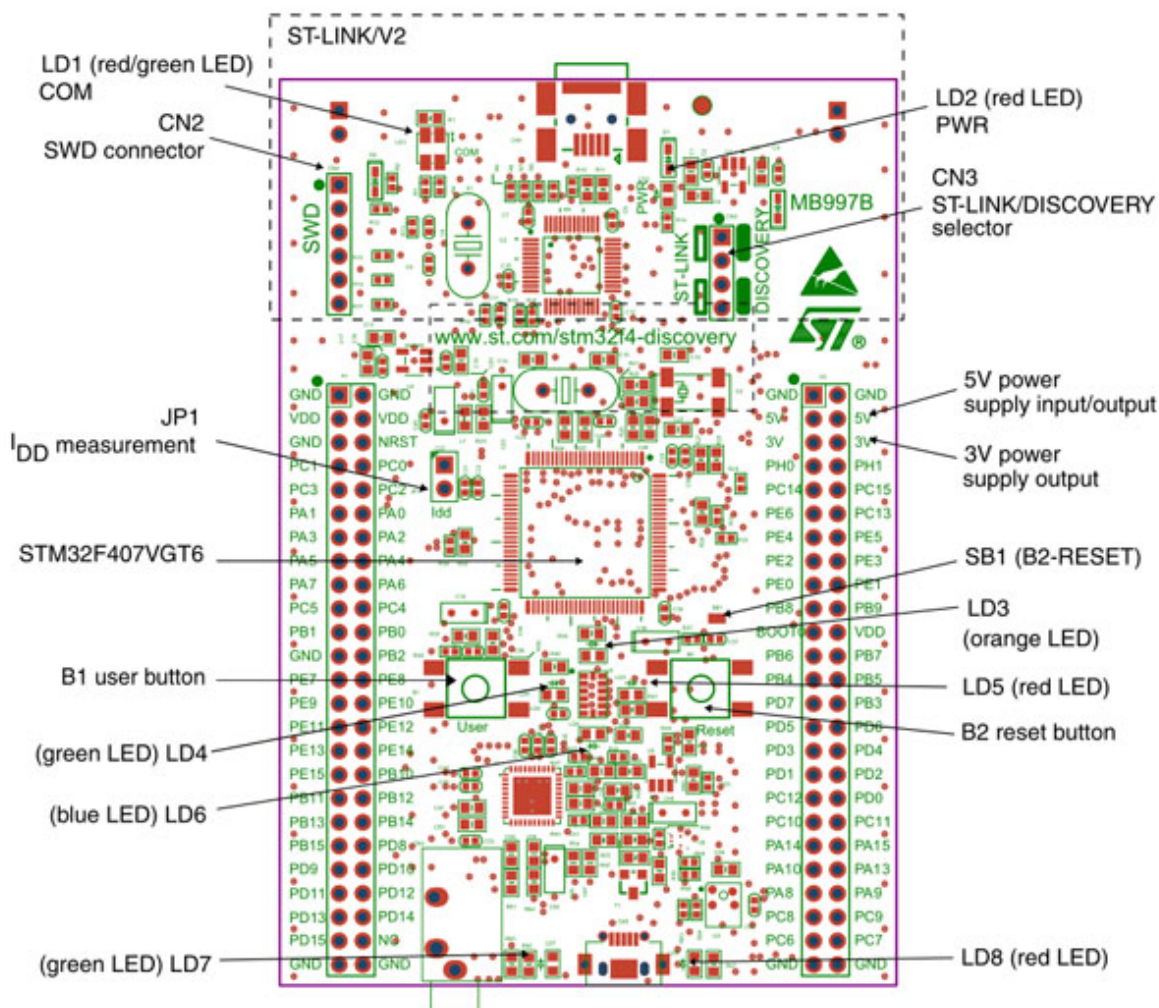
請參看圖1所示的實施例中，三維模型列印機40係包括一三軸傳動機構41、一供料機構42，及列印機構43。嵌入式控制器10可將所輸入或是自無線人機介面30所輸入之加工件三維圖形資料轉換為二元數值控制訊號來驅動三軸傳動機構41，進而帶動供料機構42及列印機構43做三軸位移的列印。具體來說，首先將工件的三維圖形檔資料輸入至嵌入式控制器10或是無線人機介面30中，再經由嵌入式控制器10或是無線人機介面30內部的微處理器做運算處理；亦即，將三維圖形檔資料轉換為連續二維切面堆疊訊號，再將連續二維切面堆疊訊號轉換為三維模型列印機40之各軸的行程控制訊號(即二元數值控制訊號)；在此同時，列印機構43與供料機構42會隨著三軸傳動機構41做多軸向的位移，而在嵌入式控制器10或無線人機介面30的控制下，列印機構43便能夠將加熱成熔融狀的列印材料噴出，經空氣冷卻而凝固成層狀的平面結構，而在連續層疊之後，即可層疊為所需的立體三維模型成品。

此外，於三維列印的過程中，無線人機介面30之觸控顯示幕31則會持續地將三維列印過程中的行程路徑資訊以上列印位置座標，於是，操作人員即可藉由觸控顯示幕31所顯示之軸控顯示界面310直接觸控下達列印或是修正各軸進給量等之控制指令。進一步來說，軸控顯示界面310並可將多軸列印狀態資訊顯示為即時之二元數值控制訊號，以供操作人員監控與記錄。除此之外，操作人員亦可透過圖形化觸控界面311之X軸進給量微增／微減按鈕或是Y軸進給量微增／微減按鈕，以對X軸或Y軸的進給量進行微調。

再者，本新型係為一種具無線人機介面之三維列印控制系統，圖1為本新型系統架構，本新型係架構於藍芽通訊介面上以Android 4之10吋平板電腦(即無線人機介面)為主控制核心，在無線人機介面30之多軸列印狀態資訊顯示的示意則如圖2所示；亦即，是將(STM32F4X9I)嵌入式控制器20的介面I/O狀態經由藍芽通訊介面傳遞至10吋平板電腦(即無線人機介面)之中，以實現完整的遠端遙控系統。另，圖3所示為圖形化觸控界面311顯示操作實施示意，以將三維模型列印機40之各軸位置藉由圖形化觸控界面311予以顯示。

使用 STM32F4DISCOVERY 開發板製作具無線人機介面之三維列印控制系統

STM32F4DISCOVERY 是 ST 公司推出的一款針對高性能 STM32F4 系列設計的開發板。



STM32F4DISCOVERY 開發板

開發板基於 STM32F407VGT6 設計，開發板還集成了 ST-LINK/V2 仿真下載器（但僅對外提供 SWD 介面），免除您另外採購模擬器或下載器的麻煩。更增添了加速度感測器 LIS302DL，數位麥克風 MP45DT02，揚聲器驅動和一個 micro-AB 型 USB 介面。

ST 提供豐富的示例程式，讓您更快速的入門 STM32F4 單片機。一起來釋放您的創造力吧！

特點

- STM32F407VGT6 微控制器
 - 1024KB FLASH，192 KB RAM
 - 100 引腳，LQFP 封裝
- 開發板集成 ST-Link/V2 的仿真調試器（但僅對外提供 SWD 介面）
- 指示燈
 - LD1：USB 通訊指示燈

- LD2：3.3V 電源指示燈
- LD3：應用指示燈
- LD4：應用指示燈
- LD5：應用指示燈
- LD6：應用指示燈
- LD7：USB OTG LED (VBus)
- LD8：USB OTG LED (over-current)
- 按鍵
 - 重定按鈕
 - 應用按鈕
- 電源
 - 通過 USB 取電 5V
 - 可對外供電 5V 和 3V
- USB OTG FS
 - micro-AB
- 感測器
 - LIS302DL (ST MEMS motion sensor, 3-axis digital output accelerometer)
 - MP45DT02 (ST MEMS audio sensor, omni-directional digital microphone)
- 音頻驅動
 - CS43L22 (audio DAC with integrated class D speaker driver)
- 規則的引出了所有 IO 口，方便做相關實驗

四、研究成果

藉由上述之具體實施例說明，本計畫確實達成具有下列成果：

- 1.本新型確實藉由完整遠端遙控的機能設置，故可於列印行程中進行遠端的三維列印遙控，因而具備遠端列印監控以及列印路徑顯示與修正等功效，以方便操作人員隨時監控與判斷列印行程路徑是否偏離或是故障產生。
- 2.本新型具備圖形化人機界面，因而具有簡單易懂、方便觸控與監控以及數據即時顯示等諸多特點。

以上所述，僅為本新型之可行實施例，並非用以限定本新型之專利範圍，凡舉依據下列請求項所述之內容、特徵以及其精神而為之其他變化的等效實施，皆應包含於本新型之專利範圍內。本新型所具體界定於請求項之結構特徵，未見於同類物品，且具實用性與進步性，已符合發明專利要件。

五、結論

本計畫完成下列工作

1.一種具無線人機介面之三維列印控制系統，其包括：

一嵌入式控制器，其與三維模型列印機訊號連結，而可依據一加工件之三維圖形資料而控制該三維模型列印機做多軸移動的列印，藉以列印出與該三維圖形資料相應的三維模型成品；

一無線訊號傳輸模組；及

一無線人機介面，其可透過該無線訊號傳輸模組而對該嵌入式控制器發出控制指令，藉以控制該三維模型列印機做多軸的移動列印，並接收來自該嵌入式控制器所傳輸的多軸列印狀態資訊，再由該無線人機介面之一觸控顯示幕予以顯示。

2.如請求項 1 所述之具無線人機介面之三維列印控制系統，其中，該多軸列印狀態資訊係選自即時之各軸列印位置資訊以及各軸列印行程路徑資訊的其中一種。

3.如請求項 1 所述之具無線人機介面之三維列印控制系統，其中，該無線訊號傳輸模組係選自WIFI-802.11G通訊介面、藍芽通訊介面以及zigbee通訊介面的其中一種。

4.如請求項 1 所述之具無線人機介面之三維列印控制系統，其中，該無線人機介面係選自平板電腦以及智慧型手機的其中一種。

5.如請求項 1 所述之具無線人機介面之三維列印控制系統，其中，該無線人機介面可於該觸控顯示幕顯示一軸控顯示界面，該軸控顯示界面可供使用者下達列印以及修正各軸進給量控制指令，並可將該多軸列印狀態資訊顯示為即時之二元數值控制訊號。

6.如請求項 5 所述之具無線人機介面之三維列印控制系統，其中，該軸控顯示界面包含一圖形化觸控界面，該圖形化觸控界面包含X軸進給量微增／微減按鈕，及Y軸進給量微增／微減按鈕。

六、參考文獻

- [1]潘天佑 3D噴印快速原型系統之研製，碩博士論文，中華民國九十四年六月十八日
- [2] 李孟龍 動態光罩快速原型系統製造組織工程支架之研發，碩博士論文，中華民國九十四年七月十五日
- [3]黃彥超 Objet快速原型機之線上監控系統研發，碩博士論文，中華民國九十四年七月二十一日
- [4] 廖奕順 二階段成型之快速原型系統之設計，碩博士論文，中華民國九十三年六月
- [5]曾柏華 快速原型機評估方法，碩博士論文，中華民國九十六年六月
- [6]黃偉鈞 應用田口方法於FDM快速原型機製程參數改善之研究，碩博士論文，中華民國九十八年六月
- [7] 陳倉生 應用田口方法於快速原型系統之研究，碩博士論文，中華民國九十七年十二月
- [8] 洪元隆 薄殼物件快速原型電腦輔助製造之研究，碩博士論文，中華民國九十八年八月
- [9] 林宗獻 精密鑄造學(第二版)，全華圖書，ISBN：9789572179277，中華民國 101年六月