



嶺東科技大學  
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系

# 3D 列印之圖表資訊管理系統

指導教授： 黃光宇 教授  
                  陳健忠 助理教授

組員名單： 陳誼玲 A48C050  
                  朱芸萱 A48C001

中華民國108年五月

嶺東科技大學

資訊管理系

∞ 列印之圖表資訊管理系統

中華民國一〇八年五月



嶺東科技大學  
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系專題口試委員審定書

## 3D 列印之圖表資訊管理系統

指導教授：黃光宇 教授

陳健忠 助理教授

組員名單：陳誼玲 A48C050

朱芸萱 A48C001

指導教授：

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

口試委員：

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

中華民國      年      月      日

## 謝 誌

本專題報告得以順利完成，首先要感謝恩師黃光宇老師與陳健忠老師細心引導我們，耐心的協助我們，克服研究過程中所面臨的困難，給予我們最大的協助，使本專題得以順利完成。

研究報告口試期間，感謝李靜怡老師、張顯榮老師不辭辛勞細心審閱，不僅給予我們指導，並且提供寶貴的建議，使我們的專題內容以更臻完善，在此由衷的感謝。

最後，感謝系上諸位老師在各學科領域的熱心指導，增進商業管理知識範疇，在此一併致上最高謝意。

陳誼玲 朱芸萱 謹誌  
中華民國一〇八年五月於嶺東

# 摘要

物聯網透過網路蒐集生產數據進行處理，使管理者能快速掌握生產狀態；目前3D 列印機可有效製做出多種生產品、實現供應鏈中大量數據的需求，並提高生產力降低資本支出，廣泛地被運用於各種產業；但因物聯網所蒐集到的生產數據值以純數字為主，使管理者不易閱讀以及快速下達決策。因此，如何將物聯網蒐集之生產數據以視覺化數據圖表即時呈現給管理者，將成為智慧製造決策成敗的重要因素。

本專題建立「3D 列印之圖表資訊管理系統」，3D 列印機用來模擬生產製造設備，使用 Python 作為本系統運行環境之技術主幹，透過 Arduino UNO 開發板與 Raspberry Pi 蒐集3D 列印機之數據值，其數據值會以即時視覺化圖表呈現於電腦網頁或手機網頁，使管理者可以迅速掌握3D 列印機的列印狀態；相關數據也會同時儲存於 MySQL 資料庫中，而當資料庫中所儲存的數據值足夠充分時，可應用於未來的故障模式預測或其他決策分析之使用。

本專題為能使管理者可以迅速掌握3D 列印機的列印狀態，故建置提供管理者決策使用系統：

本系統達到以下之功能：

- 1.接收 Arduino 感知模組數據：透過 Arduino UNO 開發板接收3D 列印機之外在環境數據值。
- 2.接收3D 列印機數據：透過 Raspberry Pi 接收3D 列印機之內建數據值。
- 3.蒐集生產數據：將 Arduino 與 Raspberry Pi 所蒐集3D 列印機之數據值，儲存至 Raspberry Pi 的資料伺服器中。
- 4.網頁介面顯示：使用 Python Flask 模組建立網站伺服器後，透過電腦網頁或手機網頁，讓管理者能即時掌握3D 列印機的狀況。
- 5.錯誤訊息通知：當噴頭溫度或環境溫濕度異常時，透過伺服器端發送 SMS 訊息通知管理者並停止列印動作。

關鍵字：物聯網、3D 列印機、Raspberry Pi、視覺化

# 目 錄

摘 要 .....	I
目 錄 .....	II
表目錄 .....	IV
圖目錄 .....	V
第壹章 緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	1
第貳章 文獻回顧與探討 .....	2
2.1 工業 4.0 .....	2
2.2 3D 列印技術 .....	2
2.3 資料視覺化 .....	2
2.4 AJAX 技術 .....	2
第參章 研究方法 .....	3
3.1 研究架構 .....	3
3.2 系統流程 .....	4
3.3 管理者分析 .....	5
第肆章 系統分析與設計 .....	6
4.1 系統建置硬體 .....	6
4.1.1 Arduino Uno 控制板 .....	6
4.1.2 Raspberry Pi 3 開發板 .....	7
4.1.3 DHT11 溫溼度感測器 .....	8
4.1.4 uArm Swift Pro 多功能機械手臂 .....	8
4.2 系統建置軟體 .....	9
4.2.1 Raspbian 作業系統 .....	9
4.2.2 Arduino IDE .....	9
4.2.3 Python Flask .....	10
4.2.4 D3.js .....	10
4.2.5 G-code .....	11

4.3 系統架構.....	11
4.4 系統規格實作內容.....	12
4.4.1 「數據蒐集」子系統.....	12
4.4.2 「動態圖表網頁」子系統.....	15
4.4.3 「異常訊號監控」子系統.....	18
第伍章 結論與未來展望.....	20
參考文獻.....	21

## 表目錄

表4.1 Arduino Uno 控制板規格.....	6
表4.2 Raspberry Pi 開發板規格.....	7
表4.3 uArm Swift Pro 多功能機械手臂規格.....	8
表4.4 「數據蒐集」子系統功能性測試.....	14
表4.5 「動態圖表網頁」子系統功能性測試.....	17
表4.6 「異常訊號監控」子系統功能性測試.....	19



## 圖目錄

圖3.1研究流程圖 .....	3
圖3.2系統流程圖 .....	4
圖4.1 Arduino Uno 控制板.....	6
圖4.2 Raspberry Pi 3開發板 .....	7
圖4.3 DHT11溫溼度感測器.....	8
圖4.4多功能3D 機械手臂 .....	8
圖4.5 Raspbian 作業系統.....	9
圖4.6 Arduino IDE.....	9
圖4.7 Flask .....	10
圖4.8 Hello World 範例 .....	10
圖4.9 D3.js .....	10
圖4.10系統架構圖 .....	11
圖4.11「數據蒐集」子系統架構.....	12
圖4.12 Arduino UNO 開發板與感知元件線路圖 .....	13
圖4.13 Arduino IDE 接收感測器語法 .....	13
圖4.14「數據蒐集」子系統規格.....	13
圖4.15「數據蒐集」子系統實作內容.....	14
圖4.16「動態圖表網頁」子系統架構.....	15
圖4.17「動態圖表網頁」子系統規格.....	16
圖4.18「動態圖表網頁」系統實作內容.....	16
圖4.19「異常訊號監控」子系統架構.....	18
圖4.20「異常訊號監控」子系統規格.....	18
圖4.21「異常訊號監控」子系統實作內容.....	19

# 第壹章 緒論

## 1.1 研究動機

智能製造為工業4.0的代表，在一般傳統製造過程的各個環節與新一代資訊技術結合，將生產設備加裝感測器蒐集生產數據，透過網路即時傳輸，使管理者能快速監視生產狀態，但物聯網所蒐集到的生產數據以純數字為主，會面臨到不易監視生產過程的問題。因此，視覺化圖表呈現製造數據與否，將是智慧製造決策成敗的重要因素。

本系統使用3D列印機來模擬生產製造設備，並搭配其他物聯網相關設備來模擬其自動生產製造過程：(1)透過Arduino UNO開發板與Raspberry Pi接收3D列印機之生產數據[1]；(2)蒐集之3D列印機數據，以視覺化圖表顯示於電腦網頁或手機網頁，主要之目的為讓使管理者可以迅速掌握3D列印機的列印狀態；(3)當系統發生故障訊息時，會透過終端機發送警告資訊，管理者可以即時接收訊息，且可在網頁控制3D列印機停止運作；(4)由於機器故障前會出現與平時不同資訊，因此將3D列印機之生產數據值儲存於Raspberry Pi中的資料庫，以用於未來的預測故障分析使用。

## 1.2 研究目的

- 1.解決3D列印機不能遠端察看列印狀態。
- 2.顯示即時視覺化圖表，供管理者決策使用。
- 3.透過伺服器端傳送3D列印機錯誤訊息通知，管理者以SMS接收資訊。
- 4.儲存3D列印機之數據，以利應用於未來的故障模式預測或其他決策分析之使用。

# 第貳章 文獻回顧與探討

## 2.1 工業4.0

以智能製造為代表的工業4.0，推動了傳統工業生產模式的轉型，數字製造、人工智慧、工業機器等領域不斷的優化創新。大量製造是製造的主流技術，而3D列印結合大量製造的自動化優勢，以及手工製造的客製化優勢，打破傳統限制帶來新的生產流程[2, 3]，然而在生產過程中要不定時查看生產狀況，而生產資訊介面為數字文字，令操作者難以快速掌握生產狀況[4]，故本專題探討如何使用視覺化圖表將3D 列印資訊整理為有意義的資訊。

## 2.2 3D 列印技術

3D 列印是以數字模型文件為基礎，運用可黏合材料逐層堆疊方式來建構物體的一種技術，常用技術分為五項，光固化技術（Stereo Lithography Apparatus，SLA），粉末燒結技術（Selective Laser Sintering，SLS），熔融沉積技術（Fused Deposition Modeling，FDM），3D 噴射列印技術（3D Three Dimension Printing，3DP），真空注型技術（Poly-Urethane-Guss，PUG）[5]，這些技術突破了傳統成型方法，透過自動快速成型系統與計算數據模型結合，在不需要附加任何的傳統模具就可以製造產品，成功縮短生產週期，大幅降低生產成本。

## 2.3 資料視覺化

人是視覺性生物，在資訊爆炸（information explosion）的時代，眼睛所見到資訊的反應速度是快速，每天從網路、書籍、廣告招牌吸收大量資訊，在這麼多的文字訊息中，如何讓他人快速選擇需要或有興趣的資訊，就是將龐大的資料量加以變化，製作成容易閱讀的視覺化圖表。

資料視覺化（Data Visualization）以視覺方式呈現數據，將大量且複雜的資訊簡化成容易吸收的內容，透過圖表更容易凸顯數據的規律（Patterns）、趨勢（Trends）及關聯（Correlations），資料視覺化常應用於新聞媒體、文章雜誌、學術報告、交通指示等[6]。

資訊圖表（Infographics）是常聽到的另一個名詞，與資料視覺化有著相同目的，運用圖表的方式簡化複雜的資訊，但是資訊圖表是比較主觀的資訊，表達創作人的觀點，更加注重視覺化的呈現。

## 2.4 AJAX 技術

隨著物聯網技術越來越成熟，響應式網頁與互動功能的應用程式越來越多人使用，能夠使網頁立即更新而不需要重新加載的技術，由 Jesse James Garrett 在 Adaptive Path 公司的網站上公開的文章中首先提出，為 AJAX（Asynchronous JavaScript and XML）技術，這項技術在 Web 領域引起了滔天大浪，Google Suggest 和 Google Maps 可說是網站新技術的最佳範例[7]。

# 第參章 研究方法

## 3.1 研究架構

### 1. 規劃：

3D 列印結合大量製造的自動化與客製化優勢，打破傳統限制帶來新的生產流程，故將 3D 列印機用來模擬自動生產製造的過程，以物聯網的方式蒐集生產數據進行處理和分析，使管理者能快速掌握生產狀態，並下達準確的決策來加速生產過程。

### 2. 分析：

研讀相關書籍學習如何透過 Python Flask 架設網頁，並將 3D 列印之數據值透過無線網路方式傳送至網頁中，以及將其數據值以 AJAX 技術來更新動態圖表，讓管理者可以即時掌握 3D 列印機的狀態。

### 3. 設計：

運用 C3.js 將枯燥乏味的數字以圖表的方式呈現於網頁中，使用折線圖呈現感測器偵測到的環境溫溼度、儀錶板呈現 3D 列印機之噴頭溫度值、長條圖呈現 3D 列印機之座標位置數據，最後透過 CSS 來美化整個網頁。

### 4. 建置：

前端網頁程式主要是使用 JavaScript 來撰寫，而將 3D 列印之數據值傳送至前端的運行環境則是使用 Python，並將寫好的程式經過一次次的測試與修改，使其能正常執行並達到預期結果。



圖 3.1 研究流程圖

### 3.2 系統流程

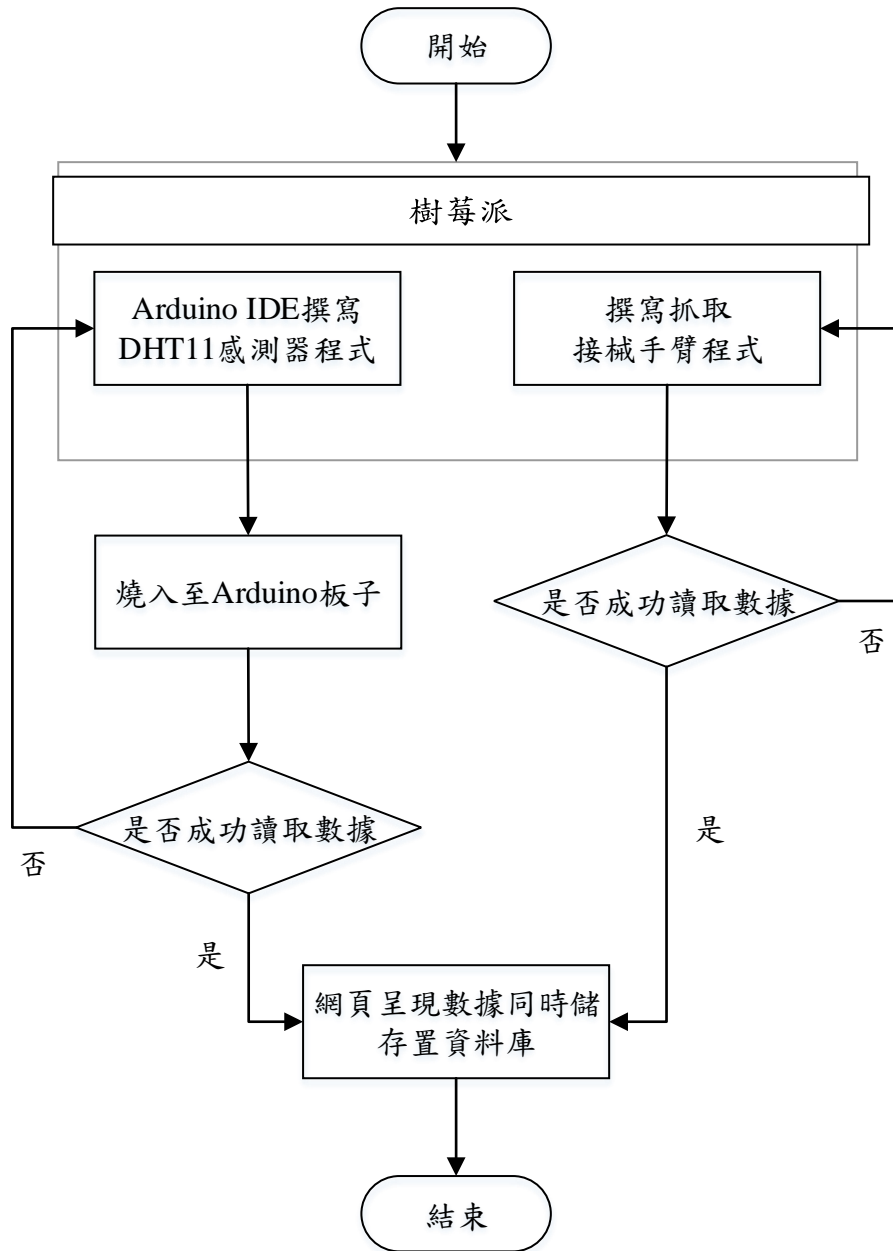


圖 3.2 系統流程圖

本專題的步驟先確立研究題目，以「3D 列印之圖表資訊管理系統」為研究主題，由於現今網路已隨手可得，透過物聯網的方式來蒐集生產數據進行處理和分析，使管理者能快速掌握生產狀態，並下達準確的決策來加速生產過程，這將成為智能製造的成敗因素，而3D 列印結合大量製造的自動化與客製化優勢，打破傳統限制帶來新的生產流程，因此本專題使用3D 列印機來模擬自動生產製造的過程。

在硬體和軟體程式撰寫參考超圖解物聯網 IOT 實作入門：使用 JavaScript/Node.js/Arduino/Raspberry Pi/ESP8266/Espruino、Node.js 的九堂實作課、最符合人腦的解讀方式：用 D3.js 完成網頁視覺化等，透過學習 JavaScript、Python、Arduino、Raspberry Pi 等程式語法與硬體設備。

本專題主要探討的內容為了解3D 列印機的數據值如何透過 Python 程式語法接收、結合 Arduino 開發板和溫濕度感知模組記錄溫濕度變化、3D 列印機數據如何以視覺化圖形方式產生、如何使用 Flask 模組建立網站伺服器的程式語法、JavaScript 的程式語法應用、如何使用 phpMyAdmin 建立 MySQL 資料庫儲存3D 列印機數據、透過 jQuery 如何美化網頁介面、以及如何在 Raspberry Pi 環境中使用 Python 來抓取3D 列印機之數據值。

硬體測試方面，將 Arduino 開發板、Raspberry Pi、機械手臂3D 列印機相互連接並通電以查看是否能正常運作；軟體測試方面，撰寫 Arduino 的 C 語言、3D 列印的 G-code 語法、Python 及 D3.js 程式語法結合硬體做測試；本專題在軟硬體的維護，將所有的軟硬體串聯起來，並多次操作以察看哪部份需要做修改；研究的過程中，發現問題時會與指導老師一起討論並找出解決辦法。

### 3.3 管理者分析

本專題為能使管理者可以迅速查看3D 列印機的列印狀態，故建置提供管理者決策使用系統，本系統達到以下之功能：

- 1.利用網頁查看3D 列印數據圖表。
- 2.將3D 列印之數據存入資料庫，以利未來運用於預測分析。
- 3.當3D 列印機數據異常時，發送異常訊息給管理者。

# 第肆章 系統分析與設計

## 4.1 系統建置硬體

### 4.1.1 Arduino Uno 控制板

Arduino UNO R3是8位元 Microchip ATmega328P 微控制器，由 Arduino.cc 公司開發的開源電腦硬體，開發板上有14個數字引腳，6個模擬引腳[8]，可與各種擴展板和其他電路連接，通過 USB 線或是外接9伏特電池供電，可以接受的電壓值介於7到20伏之間。Arduino 是一種帶有芯片的電路板，設計允許連接電腦上運行的軟體進行自動重置，而不需要在上傳前按下板子上的重置按鈕，開發板已經融入許多電子產品，透過 USB 線加載程式碼，使用簡化版 C++讓程式編譯更容易，例如利用溫度感測器來控制電風扇運轉、利用濕度感測器來自動澆花...等。

表 4.1 Arduino Uno 控制板規格

名稱	技術規格
微控制器	Microchip ATmega328P
工作電壓	5伏特
輸入電壓	7到20伏特
數字輸入/輸出(I/O)引腳	14
模擬引腳	6
輸入/輸出(I/O)引腳的直流電流	20安培
3.3伏引腳的直流電流	50安培
快閃記憶體	32 KB
隨機存取記憶體	2 KB
EEPROM	1 KB
時脈	16赫茲
尺寸	68.6毫米 x 53.4毫米
重量	25克



圖 4.1 Arduino Uno 控制板

## 4.1.2 Raspberry Pi 3開發板

樹莓派 (Raspberry Pi) 有著 BCM2837 中央處理器，是一款小型的主機板，功能強大、價格低廉且不會消耗大量功率，內含處理器、圖型芯片、RAM 與連接埠，運行方法與個人電腦相同，透過 GPIO 引腳與其他電子零件連接，由26個引腳組成接收輸入和輸出命令，具有廣泛的用途，作業系統為 Linux 的 Raspbian，創始人埃本·厄普頓 (Eben Epton) 是英國劍橋大學博士，最初的開發動機是用之於教育[9]。

表 4.2 Raspberry Pi 開發板規格

名稱	技術規格
系統單晶片(SoC)	Broadcom BCM2837
中央處理器(CPU)	1.2 GHz 64-bit quad-core ARM Cortex-A53
圖形處理器(GPU)	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Open GL ES 2.0; hardware-accelerated OpenVG 1080p60 H.264 high-profile decode
記憶體	1GB LPDDR2 (和 GPU 共享)
視訊輸出	RCA 端子，HDMI
音訊輸出	3.5 mm 插孔，HDMI
儲存	MicroSD
USB	USB 2.0
乙太網路(Ethernet)	10/100Mbps (RJ45埠)，支援802.11n 無線網路及藍牙4.1
工作電流	5伏 / 800安培
尺寸	85毫米 x 56毫米 x 17毫米
重量	42克

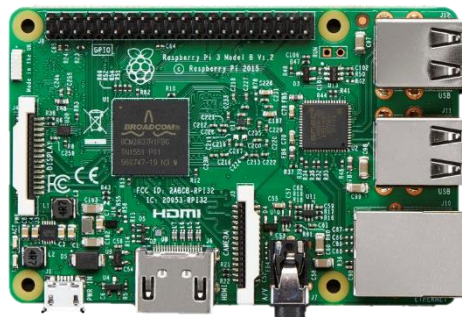


圖 4.2 Raspberry Pi 3 開發板



### 4.1.3 DHT11溫溼度感測器

DHT11是用電阻方式感應濕度，並用 NTC 方式感應溫度[10]，內建8位元 MCU 來感測空氣中的溫度及濕度後轉換成數位訊號，由 data pin 腳將感測到的溫度及濕度送出。



圖 4.3 DHT11 溫溼度感測器

### 4.1.4 uArm Swift Pro 多功能機械手臂

uArm Swift Pro 多功能手臂有許多功能模組可以使用，如3D 列印、雷射雕刻、動態學習等功能，於本次專題運用到3D 列印之功能[11]。在軟體方面，有提供 Python、Arduino、ROS 開放原始碼，以利後續改寫程式。

表 4.3 uArm Swift Pro 多功能機械手臂規格

名稱	技術規格
連接方式	Micro USB
無線連接	藍牙4.0
工作電壓	直流12伏特
工作環境溫度	0到40度
硬體驅動方式	步進電機+減速器
硬體控制主機板	Arduino MEGA 2560
硬體串列傳輸速率	115200 bps
軟體可支援開發環境	Python/Arduino/ROS



圖 4.4 多功能 3D 機械手臂

## 4.2 系統建置軟體

### 4.2.1 Raspbian 作業系統

Raspberry Pi 與一般電腦一樣，需要安裝作業系統才可以使用，Raspberry Pi 作業系統很多，但是官網只有提供幾個，其中以 Raspbian 為最多人使用，支援多、資料多、排除故障也比較容易。

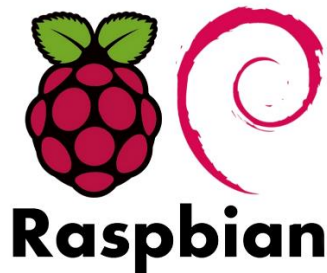


圖 4.5 Raspbian 作業系統

### 4.2.2 Arduino IDE

Arduino 是一個硬體的開發板，若要在 Arduino 面板上設定指令就需透過 Arduino IDE 這個軟體來撰寫程式碼，Arduino IDE 可以在官網中免費下載，Arduino IDE 的程式語言法類似於 C/C++。

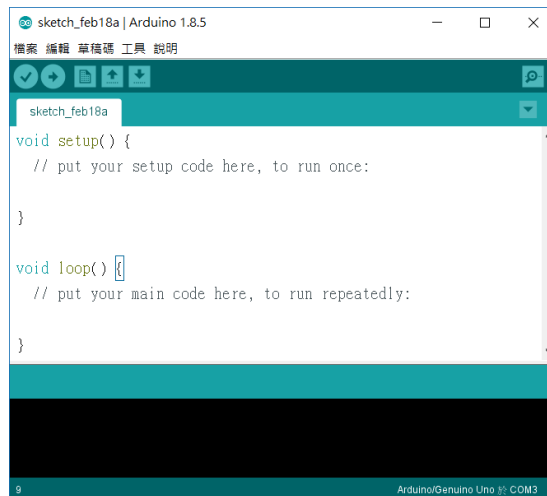


圖 4.6 Arduino IDE

### 4.2.3 Python Flask

Python 是網頁應用程式後端最流行的程式語言之一。GitHub 包含超過 500K 的開放 Python 項目，截至 2016 年 6 月 Python 列為第四大最受歡迎的程式語言[12]。Flask 是一個使用 Python 編寫的輕量級 Web 應用框架，是極少數提供簡單性和靈活性的 Web 服務，官方為了強調 Flask 的輕巧，展示了一個簡單的“Hello World”範例，僅使用 7 行 Python 代碼[13]。



圖 4.7 Flask

```
app.py
from flask import Flask
app = Flask(__name__)

@app.route("/")
def hello():
    return "Hello world!"

if __name__ == "__main__":
    app.run()
```

圖 4.8 Hello World 範例

### 4.2.4 D3.js

D3是一個 JavaScript 的函數程式庫，可以將所蒐集到的資料以視覺化的方式來呈現，本專題利用 D3.js，將蒐集到的資料轉換成容易閱讀的視覺化介面，讓使用者能更清楚瞭解 3D 列印機的製作進度。



圖 4.9 D3.js

## 4.2.5 G-code

G-code 就是數值控制 (numerical control, NC) 機械所使用的指令，基本上就是操作者與數控機械的溝通語言，可以利用人工編輯輸入或電腦軟體自動產生 NC 控制碼，使得數控機械的加工刀具可以依照所設定的方式移動。同樣的概念也延伸到非切割工具，如光刻、3D 列印等附加方法以及測量儀器。

## 4.3 系統架構

本專題繪製系統架構圖，將系統分為軟硬體兩部分。在硬體部分包含有 Arduino UNO 開發板、機械手臂 3D 列印機、Raspberry Pi 及顯示裝置：(1) 使用 Arduino UNO 開發板外接 DHT11 感測器作為接收 3D 列印機外在環境溫溼度，其數據透過 USB 連接方式傳到 Raspberry Pi；(2) 3D 列印機內置 Arduino MEGA 2560 開發板接收 3D 列印機的噴頭溫度值與座標位置值，其數據透過 USB 連接方式傳到 Raspberry Pi；(3) 藉由 Wi-Fi 將 Raspberry Pi 蒐集之環境溫溼度數據與 3D 列印機數據值儲存於 MySQL 資料庫中；(4) 以視覺化圖表顯示 3D 列印機之數據值於電腦網頁或手機網頁；

而軟體部分：(1) 視覺化介面網頁則是利用 Python、JavaScript、C3.js 等開發應用程式，其中 C3.js 用來將蒐集資料加以圖形化，像是使用折線圖呈現感測器偵測到的環境溫溼度、儀錶板呈現 3D 列印機之噴頭溫度值、長條圖呈現 3D 列印機之座標位置數據，以提升使用者快速掌握 3D 列印機所蒐集資料的意涵；(2) 後端使用 phpMyAdmin 建立 MySQL 資料庫存放蒐集到之數據值，透過序列埠蒐集 3D 列印機操作環境相關數據；(3) 當偵測到 3D 列印機之數據值異常時，Raspberry Pi 會透過 SMS 發送訊息給管理者，同時也可以在電腦網頁或手機網頁查看 3D 列印機的狀態；如圖 4.10 所示。

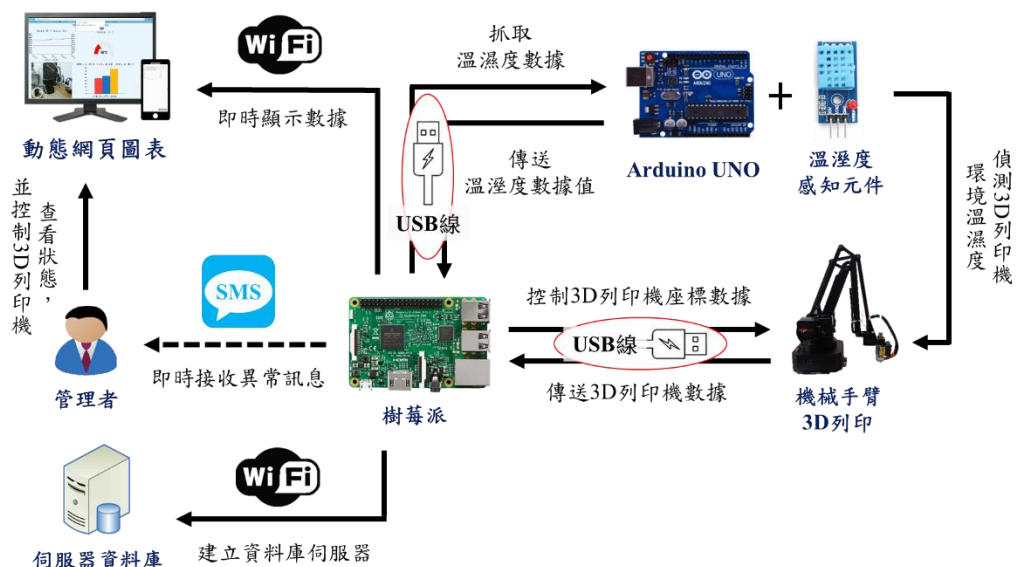


圖 4.10 系統架構圖

## 4.4 系統規格實作內容

本系統主要用於即時了解生產狀況，將3D 列印之圖表資訊管理系統分為三個子系統，包含（1）「數據蒐集」子系統；（2）「動態圖表網頁」子系統；（3）「異常訊號監控」子系統；子系統功能分述如下：

### 4.4.1 「數據蒐集」子系統

#### 4.4.1.1 系統功能

「數據蒐集」子系統利用 Raspberry Pi 當作系統伺服器，透過外接 USB 線上感知元件偵測3D 列印機周圍溫溼度，同時連接第二條 USB 線蒐集3D 列印機之噴頭溫度與座標位置；數據值則是透過 Wi-Fi 儲存於 MySQL 資料庫，如圖4.11紅色框所示。

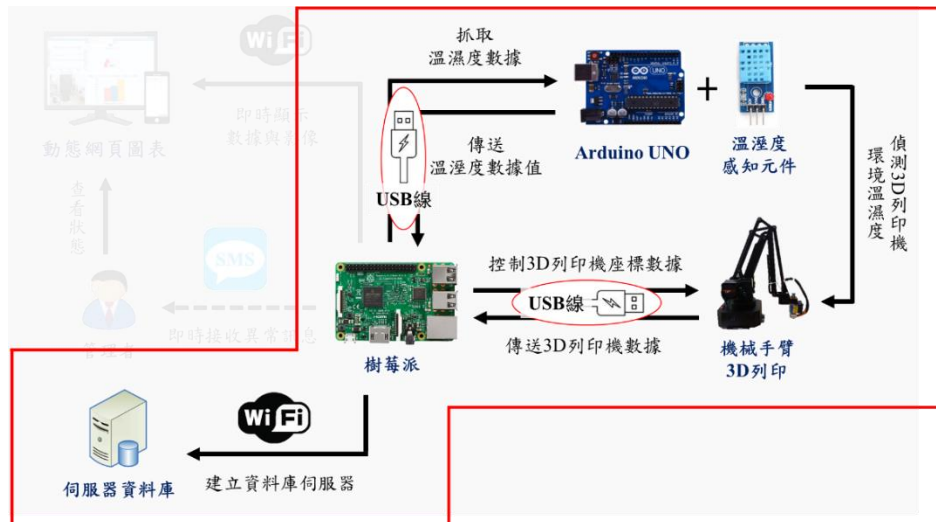


圖 4.11 「數據蒐集」子系統架構

#### 4.4.1.2 系統規格

「數據蒐集」子系統使用的硬體包含：Raspberry Pi、Arduino UNO 開發板、DHT11 感知元件、3D 列印機；所使用的軟體則包含：Python、Arduino IDE、G-code、phpMyAdmin。利用 Raspberry Pi 中的 Python 建置蒐集數據軟體系統，以蒐集3D 列印機之環境溫溼度、噴頭溫度、座標位置；其次，Raspberry Pi 可以（1）藉由 Arduino UNO 開發板中的引腳接線連接感測器，如圖4.12所示；透過 Arduino IDE 撰寫接收 DHT11 溫溼度感測器之語法，如圖4.13所示，透過感測器蒐集3D 列印機的環境溫溼度；（2）使用 G-code 蒐集3D 列印機之座標位置數據；（3）隨後將蒐集數據透過 Wi-Fi 傳送到由 phpMyAdmin 建立的 MySQL 資料庫中，如圖4.14紅色框所示。

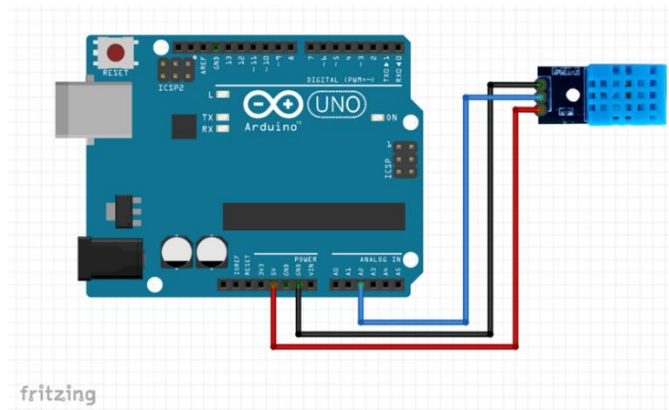


圖 4.12 Arduino UNO 開發板與感知元件線路圖

```

DHT11_test | Arduino 1.8.5
檔案 編輯 庫棧碼 工具 說明
DHT11_test$
#include <DHT.h>
#define DHTPIN A2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN,DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop() {
  int temp=dht.readTemperature();
  int hum=dht.readHumidity();
  //Serial.print("Temperature=");
  Serial.print(temp);
  //Serial.print(" ");
  //Serial.print("Humidity=");
  Serial.println(hum);
  delay(3000);
}

```

圖 4.13 Arduino IDE 接收感測器語法

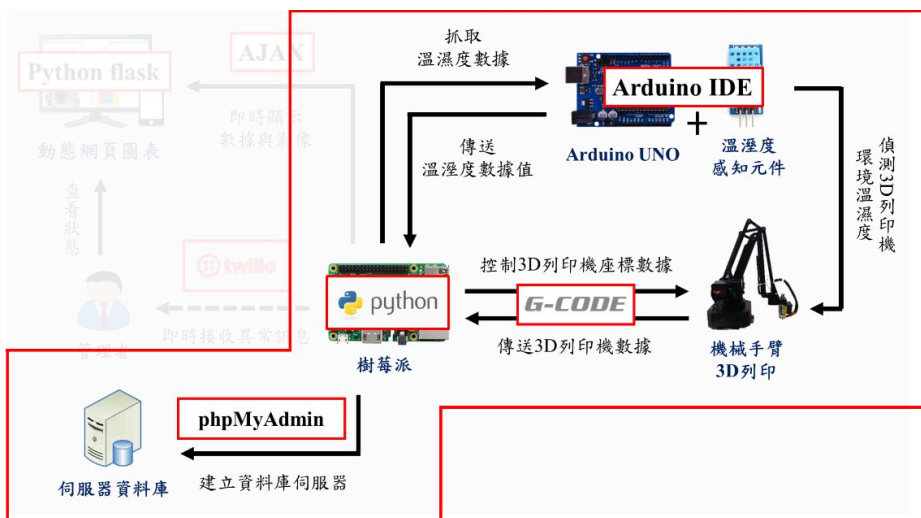


圖 4.14 「數據蒐集」子系統規格

#### 4.4.1.3 系統實作內容

「數據蒐集」子系統將 Raspberry Pi 蒐集到的生產數據儲存至遠端資料庫，如圖4.15所示。

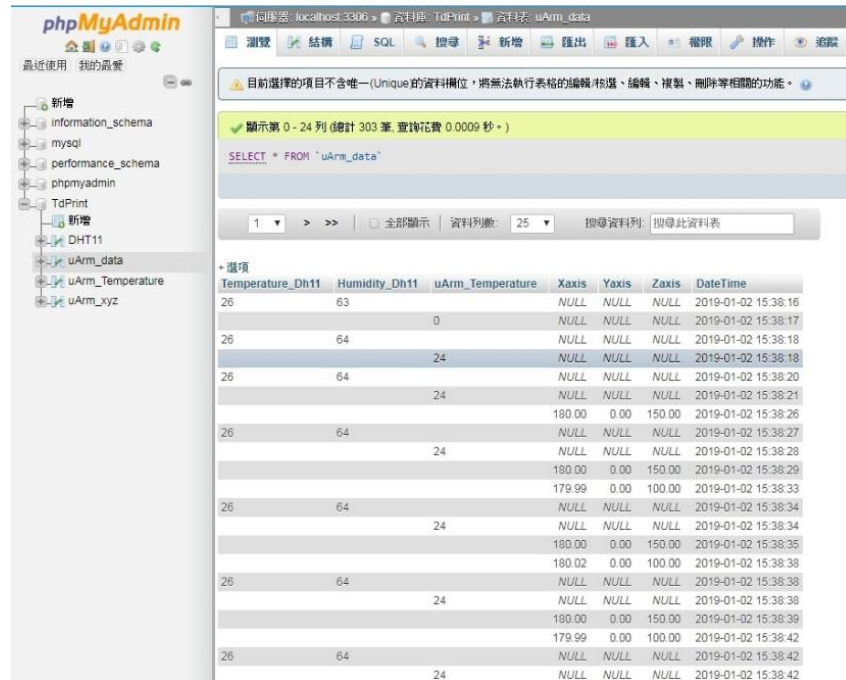


圖 4.15 「數據蒐集」子系統實作內容

#### 4.4.1.4 功能性測試

本專題針對「數據蒐集」子系統的功能性，做了以下的測試。

表 4.4 「數據蒐集」子系統功能性測試

測試案例一	測試 DHT11 感測器數據值是否可以顯示於 Arduino IDE
測試結果	通過
預期結果	在 Arduino IDE 可以查看溫溼度感測器之數據
測試步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將 DHT11 溫溼度感測器裝在 Arduino UNO 開發板上。</li> <li>2.於 Raspberry Pi 中 Arduino IDE 進程式語法設計：(1)設定序列埠與引腳；(2)進行 Arduino IDE 蒐集環境溫溼度程式語法撰寫及除錯作業。</li> <li>3.在 Arduino IDE 視窗可查看溫溼度數據</li> </ol>
測試案例二	測試 DHT11 感測器數據值是否可以傳送至資料庫
測試結果	通過
預期結果	在 MySQL 資料庫可以查看環境溫度、濕度數據。
測試步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Raspberry Pi 當作伺服器，建立 MySQL 資料庫。</li> <li>2.使用 Python 程式語法撰寫接收及除錯作業。</li> <li>3.在資料庫可以查看溫溼度數據。</li> </ol>

測試案例三	測試 3D 列印機之噴頭溫度、X 座標軸、Y 座標軸、Z 座標軸的數據值是否可以傳送至資料庫
測試結果	通過
預期結果	在 MySQL 資料庫可以查看 3D 列印機之噴頭溫度、X 座標軸、Y 座標軸、Z 座標軸之數據。
測試步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將 3D 列印機以 USB 線進行連接於 Raspberry Pi。</li> <li>2.於 Raspberry Pi 之終端機上進行 Python 程式語法設計：(1)匯入 3D 列印機套件；(2)撰寫抓取 3D 列印機之噴頭溫度、X 座標軸、Y 座標軸、Z 座標軸之 Python 程式語法，並於 Raspberry Pi 之終端機上進行 Python 程式語法的除錯作業；(3)將上述 3D 列印機資料傳送至資料庫。</li> <li>3.在資料庫查看噴頭溫度、X 座標軸、Y 座標軸、Z 座標軸之數據</li> </ol>

#### 4.4.2 「動態圖表網頁」子系統

##### 4.4.2.1 系統功能

「動態圖表網頁」子系統利用 Raspberry Pi 當作系統伺服器，透過 Wi-Fi 將蒐集到的生產數據即時顯示於前端網頁，以視覺化圖表呈現，如圖4.16紅色框所示。



圖 4.16 「動態圖表網頁」子系統架構



#### 4.4.2.2 系統規格

「動態圖表網頁」子系統使用的硬體包含 Raspberry Pi、電腦或手機；所使用的軟體則包含：Python、AJAX、Python Flask、JavaScript、HTML、C3.js。利用 Raspberry Pi 中的 Python 建置 Flask 網頁框架，為了於網頁前端可以即時看到生產數據，使用 AJAX 技術更新蒐集之數據，透過 C3.js 將數據轉為視覺化圖表，讓管理者透過網頁即可迅速掌握3D 列印機的列印狀態，如圖4.17紅色框所示。

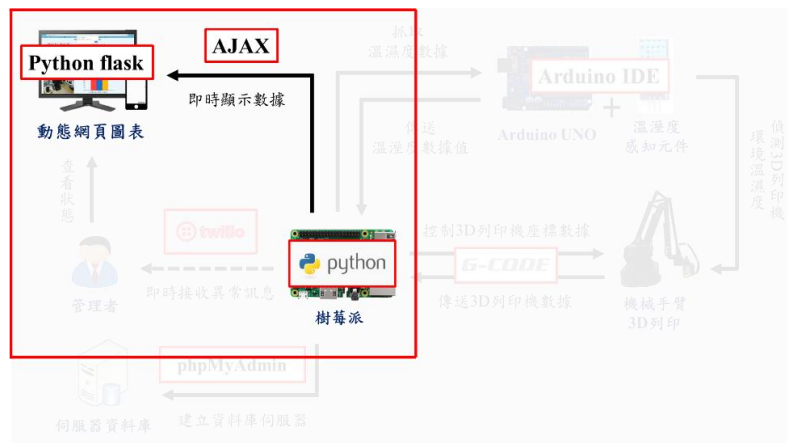


圖 4.17 「動態圖表網頁」子系統規格

#### 4.4.2.3 系統實作內容

「動態圖表網頁」子系統利用 Python Flask 架設網頁，顯示即時之生產數據視覺化圖表，如圖4.18所示。



圖 4.18 「動態圖表網頁」系統實作內容

#### 4.4.2.4 功能性測試

本專題針對「動態圖表網頁」子系統的功能性，做了以下的測試。

表 4.5 「動態圖表網頁」子系統功能性測試

測試案例一	測試是否可以在網頁上查看環境溫溼度感測器數據
測試結果	通過
預期結果	透過網頁查看即時環境溫溼度數據。
測試步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將 DHT11 溫溼度感測器裝在 Raspberry Pi 之上。</li> <li>2.於 Raspberry Pi 之終端機上進行 Python 程式語法設計：(1) 匯入 DHT11 溫溼度感測器套件，與設定 DHT11 溫溼度感測器連接腳位；(2) 進行 Python 蒐集環境溫溼度之程式語法設計及除錯作業；(3) 將蒐集環境溫溼度之數據傳送至前端網頁。</li> <li>3.使 Python flask 建立網頁，撰寫網頁中環境溫溼度生產數據值視覺化圖表之程式語法，使用 JavaScript 中 AJAX 技術即時更新環境溫溼度數據圖表。</li> <li>4.打開 Python flask 所建立的網頁，可查看環境溫溼度生產數據之視覺化圖表。</li> </ol>
測試案例二	測試在網頁上即時查看 3D 列印機之數據圖表
測試結果	通過
預期結果	透過網頁查看即時 3D 列印機噴頭溫度與座標位置數據。
測試步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.使用 USB 將 3D 列印機與 Raspberry Pi 進行連接。</li> <li>2.於 Raspberry Pi 之終端機上進行 Python 程式語法設計：(1) 匯入 3D 列印機之套件與設定連接埠號；(2) 進行 Python 蒐集 3D 列印機之噴頭溫度與座標軸數據之程式語法設計及除錯作業；(3) 將蒐集 3D 列印機之噴頭溫度與座標軸數據值並傳送至網頁中。</li> <li>3.使 Python flask 建立網頁，並撰寫 3D 列印機之噴頭溫度與座標軸數據之視覺化圖表的程式語法，使用 JavaScript 中 AJAX 技術即時更新 3D 列印機之噴頭溫度與座標軸數據圖表。</li> <li>3.打開 Python flask 所建立的網頁，可查看 3D 列印機之噴頭溫度與座標軸生產數據之視覺化圖表。</li> </ol>

#### 4.4.3 「異常訊號監控」子系統

##### 4.4.3.1 系統功能

「異常訊號監控」子系統透過 Raspberry Pi 判斷生產數據是否達到標準值，根據3D 列印機之環境溫溼度與噴頭溫度發生異常數據時，以寄送 SMS 方式通知管理者，如圖4.19紅色框所示。

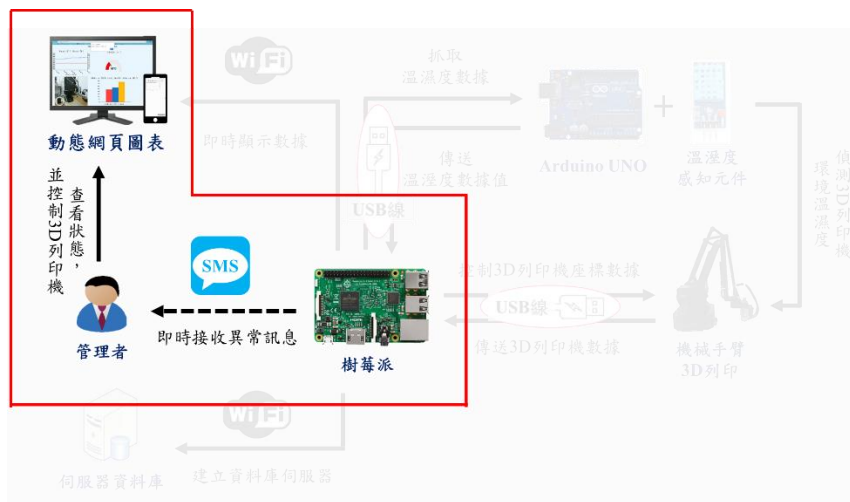


圖 4.19 「異常訊號監控」子系統架構

##### 4.4.3.2 系統規格

「異常訊號監控」子系統使用的硬體包含 Raspberry Pi、電腦或手機；所使用的軟體則包含：Python、Python 裡的 Twilio 套件。主要透過 Raspberry Pi 中的 Python 來判斷軟硬體系統是否發生異常狀況，判斷標準有環境溫溼度發生過度變化，或是3D 列印機噴頭溫度不符合之設定，都將由 Raspberry Pi 發送 SMS 訊息給管理者，如圖4.20紅色框所示。



圖 4.20 「異常訊號監控」子系統規格

#### 4.4.3.3系統實作內容

「異常訊號監控」子系統使用 Raspberry Pi 發送警告訊息給管理者，如圖4.21所示。

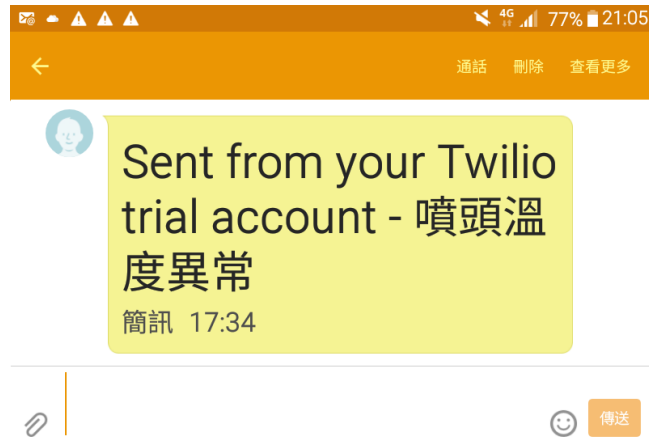


圖 4.21 「異常訊號監控」子系統實作內容

#### 4.4.3.4功能性測試

本專題針對「異常訊號監控」子系統的功能性，做了以下的測試。

表4.6「異常訊號監控」子系統功能性測試

測試案例一	測試是否可以發送 SMS
測試結果	通過
預期結果	當噴頭溫度或環境溫溼度發生異常時會透過 SMS 發送訊息給管理者。
測試步驟	1.使用 Python 程式語法撰寫傳送訊息設定。 2.當噴頭溫度或環境溫溼度發生異常時，自動寄訊息給管理者手機。

## 第五章 結論與未來展望

本專題採用非同步的 JavaScript 與 XML 技術(Asynchronous JavaScript and XML, AJAX)、資料視覺化及短信息服务(Short Message Service, SMS)機制。透過 AJAX 技術可以立即更新接收到的數據於網頁前端。不僅可讓管理者遠端接收生產數據，更可遠端了解 3D 列印機的列印過程。而本專題運用 JavaScript 的動態圖形進行資料視覺化，將 Raspberry Pi 所紀錄之數字數據，透過折線圖、儀錶板與長條圖來呈現 3D 列印機之數據，同時本系統之運作環境與設備需於常溫下操作，因此為了防範機器發生異常，本專題透過 SMS 機制來確保系統能正常執行。

基於數據圖表系統之開發，本專題是專門負責生產設備數據視覺化的系統，管理員可透過本系統遠端查看生產環境溫溼度、3D 列印機噴頭溫度及座標位置，達到即時接收生產設備狀態，本系統針對突發事故設計出一個最佳化的性能，因此若生產設備環境溫溼度異常，或是生產設備運作異常，管理者皆可透過本系統，立即接收到警告訊息，讓管理者可以即時處理狀況

本專題達到以下目的：

1. 確實掌握生產數據，使用感測器偵測 3D 列印機周圍溫溼度，與 3D 列印機噴頭溫度、座標位置數據。
2. 確實使用 C3.js 製作視覺化圖表將蒐集到數據即時顯示於網頁前端。
3. 確實儲存生產數據，以利應用於未來的故障模式預測或其他決策分析之使用。

## 參考文獻

- [1] 金翼，研究以樹莓派為平台之智慧監控系統實作，中山大學資訊工程學系研究所學位論文，民國 105 年。
- [2] 林鼎勝，「3D 列印的發展現況」，科學發展科技部，第 503 期，民國 103 年 11 月，頁 32-37。
- [3] 張曙，「工業 4.0 和智能制造」，中文科技期刊数据库，第 8 期，民國 103 年 8 月，頁 1-5。
- [4] 陳政雄，李翔祖，從工業 1.0 談到工業 4.0，中華印刷科技年報，民國 105 年 4 月，頁 53-60。
- [5] Ventola, C. L, “Medical applications for 3D printing: current and projected uses ”, Pharmacy and Therapeutics , 39(10), 704–711, Oct 2014.
- [6] Williamson, B, “Digital education governance: data visualization, predictive analytics, and ‘real time’ policy instruments. ”, Journal of Education Policy , 31(2), 123-141,2016.
- [7] 戴玉佩、戴谷州、吳修福，程式開發、網頁開發，第 1~15 頁，台北，悅知文化，民國九十六年  
[http://www.delightpress.com.tw/book.aspx?book\\_id=sktp00011](http://www.delightpress.com.tw/book.aspx?book_id=sktp00011)
- [8] Susanto, H., Pramana, R., & Mujahidin, M. , “ Perancangan Sistem Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ATmega328P dan XBee Pro.”, Skripsi. Fakultas Teknik. , Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjung Pinang. (2013).
- [9] Vujović, V., & Maksimović, M. , “ Raspberry Pi as a Wireless Sensor node: Performances and constraints. ” , In 2014 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) , pp. 1013-1018. (2014).
- [10] DHT11 Temperature and Humidity Sensor，維基百科，擷取於 2018/12/5  
[https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DHT11\\_Temperature\\_and\\_Humidity\\_Sensor\\_\(SKU:\\_DFR0067\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DHT11_Temperature_and_Humidity_Sensor_(SKU:_DFR0067))
- [11] uArm Swift Pro 多功能手臂 專業版，普特企業有限公司，擷取於 2018/12/5  
<https://www.playrobot.com/arm/1781-uarm-swift-pro-blockly-factory.html>
- [12] Vogel, P., Klooster, T., Andrikopoulos, V., & Lungu, M. , “ A Low-Effort Analytics Platform for Visualizing Evolving Flask-Based Python Web Services. ” , In 2017 IEEE Working Conference on Software Visualization (VISSOFT) , pp. 109-113. (2017).
- [13] Liawatimena, S., Warnars, H. L. H. S., Trisetyarso, A., Abdurahman, E., Soewito, B., Wibowo, A., ... & Abbas, B. S. , “Django Web Framework Software Metrics Measurement Using Radon and Pylint. ” , In 2018 Indonesian Association for Pattern Recognition International Conference (INAPR) , pp. 218-222. (2018).