

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

032804

當我們“聯”在“疫”起 — 模組化物聯網體
溫偵測管理系統於防疫調查與人員管制應用之
研究

學校名稱：基隆市立建德國民中學

作者： 國一 許達多	指導老師： 許繼哲 魏志鴻
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：Covid-19 Pandemic、IoT Cloud-Date、
Epidemic investigation

摘要

因 covid-19 防疫缺失，提出創新一站式 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統，串聯“疫病時實調查、足跡完整分析、數據雲端化、大數據登錄、實名制管制、安全檢測、疫病偵測”，讓政府防疫於疫情發生時，即時獲得疫病偵測數據，不再依賴費力耗時的人工訪查，避免謊言與造假，提供完整足跡細節，提升防疫決策品質，保障人員安全，杜絕傳染擴散，運用於全球流行疫病資訊的搜集與應用。

此項創新技術透過全新設計的可身份辨識及無線傳輸測溫資料的 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統，做為先進疫病資料蒐集平台，提供超遠距全自動測溫，建構雲端大數據鏈，即時數據檢視足跡分析，提供防疫單位研判社群感染風險評估，以利即時阻斷疫病擴散，完成有效防疫拯救生命。

壹、研究背景與動機

由於世界高度全球化、都市化，人類居住、求學、工作皆需進行空間移動，進而產生錯綜複雜的互動關係，個人時空移動行為與傳染病風險暴露的關係更為複雜，新興傳染病，如新冠肺炎(Covid-19)、新型A型流感 (Novel Influenza A/H1N1)、嚴重急性呼吸道症候群 (SARS) 等，對人類健康生命的衝擊更為快速且嚴重，導致傳染病擴散速度與感染人數及群體接觸有更高的頻率。

現行辦法通常透過派員訪查等方式，以大規模人力成本進行低真實性、低細節性的環境疫病調查，充滿謊言與造假(圖1-1)，實聯制更是無人監督虛偽造假(圖1-2)，完全無法完整顯示風險資訊(圖1-3); 由於人類的時空間行為與人際接觸是導致傳染病擴散的重要因子，如何即時偵測不同個體之間疫生理特徵(發燒、紅腫、噴嚏...)，即時提供警示並研判染病者與社會接觸與暴露程度是國際學術研究及各國政府防疫決策的重要課題。

2021年1月高度防護的衛福部桃園醫院，竟然發生了全副武裝的醫護人員因近距離接觸病患而染病，導致本土疫病擴散的破口(圖1-4)，突顯遠距離非接觸性的疫病偵測手段至為重要；仰賴科技的快速進展，利用微環境感測器、生理感測元件、全球定位系統等技術，將以更安全、更精確的方式保護人群及量化人類的活動行為、其環境暴露的程度與生理反應，利用物聯網感測器來保護檢測者，同時蒐集民眾的傳染病疫情資料，產生數據鏈應用，找出對傳染病擴散的時空因子並分析其時間空間分布特性，將有助於找出傳染病擴散高風險的群體人口，進而監控、追蹤、推估與了解疫情之擴散，以此為依據來進行防疫資源之分配與調控。



圖1-1 人力疫病訪查充滿謊言與造假。資料來源：疫情指揮中心、電視新聞



圖1-2 實聯制無人監督虛偽造假

案889、890公共場所活動史		
日期	時間	地點
1/19	約10:00-11:00	桃園市八德區大滄市場
	約17:40-19:50	星上皇港式飲茶
1/21	約16:00-17:00	全聯(八德東勇店)
1/22	約14:40-15:20	Moominlu Bakery
1/23	約10:40-11:30	桃園市八德區大滄市場



圖1-3 低真實性、低細節性人力疫病訪查。資料來源：疫情指揮中心



圖1-4 醫護高防護近距離接觸仍感染

本研究期望在全球疫病大流行的危機下，著重於疫情擴散之疫調真實性與即時性及人員安全及監控與預測，針對疫病大流行時防疫政策制定及防疫行為執行中，極為重要的4步驟“確保檢測安全、疫病徵兆偵測、數據蒐集、風險分析”，提出創新的一站式解決方案，面對眼前的Covid-19大流行，世界衛生組織(WHO)於2020年9月17日發佈第二波疫情全球大爆發警報，全球第二波疫情將更為兇猛嚴重，截至2021年01月22日，數據顯示世界各主要經濟體國家已發生第三波變種病毒大爆發(圖1-5)，更證實世界衛生組織(WHO)對第二波疫情大爆發更為兇猛嚴重的提醒與擔心，同時台灣目前正面臨疫病大爆發(圖1-5)，死亡率更高於世界平均(圖1-6)，同時更充斥著疫調的造假與混亂(圖1-1、圖1-2)，再再都突顯本研究專題之必要性與急迫性。



圖1-5 美國(左)、英國(中)、日本(右)確診人數急速暴增(截至2021/01/22)。資料來源:Johns Hopkins / 衛福部疾管署

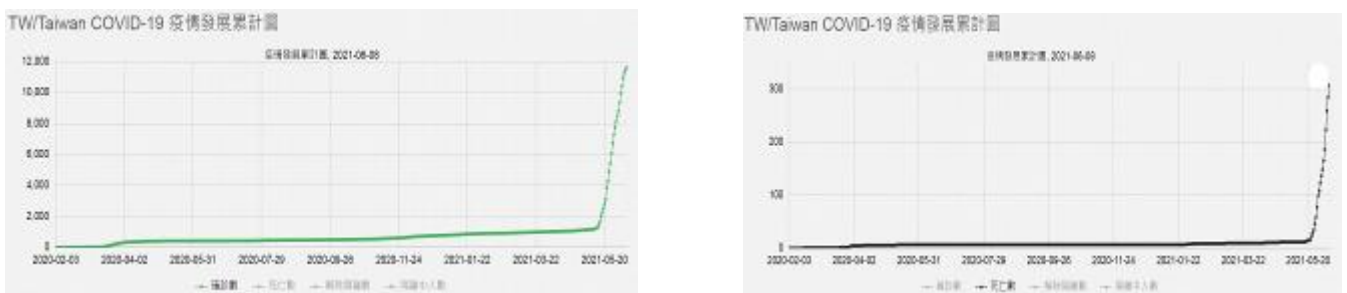


圖1-6 我國累積確診人數(左)、累積死亡人數(右)急速暴增(截至2021/06/08)。資料來源:Johns Hopkins / 衛福部疾管署

貳、研究目的

2020 年初 Covid-19 疫情爆發時，世界各國政府表現出前所未有的驚慌失措，完全無法做出有效掌控整個防疫措施，人民生活與社會經濟幾乎瞬間癱瘓，疫情爆發之風險將決定國家社會得投入多少資源於防疫與醫療，若能及時準確且可靠地預測疫情爆發之風險，防疫單位將獲得較為充裕的時間進行資訊調配，因為防疫是一場人與病毒賽跑的奮戰，正確了解疫病感染資訊，不只影響防疫資源的動員與規劃，更決定疫情流行之結束，如果各國政府要做出有效防疫決定，是需要需要精準的風險利弊分析，而精準的風險利弊分析則需要基於足夠龐大的數據資料，而足夠龐大數據資料的蒐集則需要仰賴高效疫病監控平台的設置(圖 2-1)，上述步驟缺一不可。

本研究將聚焦在疫病爆發到防疫決策與防疫執行之間的 4 大重點步驟——“確保檢測安全、疫病徵兆偵測、數據蒐集、風險分析”，設想利用物聯網感測器蒐集的疫病時空數據即時雲端化，與社群疫情擴散資料進行疫情爆發風險評估，藉以完整防疫三步驟(圖 2-1)，提出創新的一站式防疫風險預警，串聯“確保檢測安全、疫病徵兆偵測、數據蒐集、風險分析”，在疫情初期即時預測特定時間空間社群被感染之風險，據此推估出疫情最可能爆發之時間空間點；為達成上述目標，本專題研究設定須達成下列幾點：

一、基於工程原理研發可無線傳輸資料並提出示警之 IoT 溫度感測器。

由圖 2-1、圖 2-2 可知，各國政府不論是防疫決策成形或防疫政策執行，疫病偵測平台的建置都是最關鍵的環節，有效配置疫病感測器於民眾社群空間中更是疫情監控的基石，所以廣泛配置物聯網感測器，能在最短時間內蒐集到最精準且有效的疫病資料提升後續規劃防疫作為之效果。為解決上述問題，本研究專案創作提供一種溫度感測的疫病管理系統。

二、基於工程原理研發可無線接收溫度感測器資料並提出示警，同時上傳數據至雲端的體溫偵測管理系統。

三、研發可利用上述物聯網數據鏈的體溫偵測管理系統所產生之時空數據進行分析，產生群聚感染風險評估的演算法。

透過分析數據鏈時空數據，與新傳染病之初期疫情感測資料，提出示警，使得最後被感染的人數能夠越少越好，也讓民眾能及早預防，各國政府防疫單位也因此能基於我們所開發之初期疫情監控管理系統與防疫分析演算法，分析並了解社群感染推估疫情擴散趨勢及防疫政策制定。

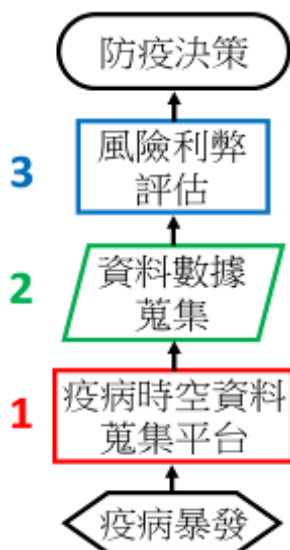


圖2-1 世界各國防疫決策成型機制(由下而上)

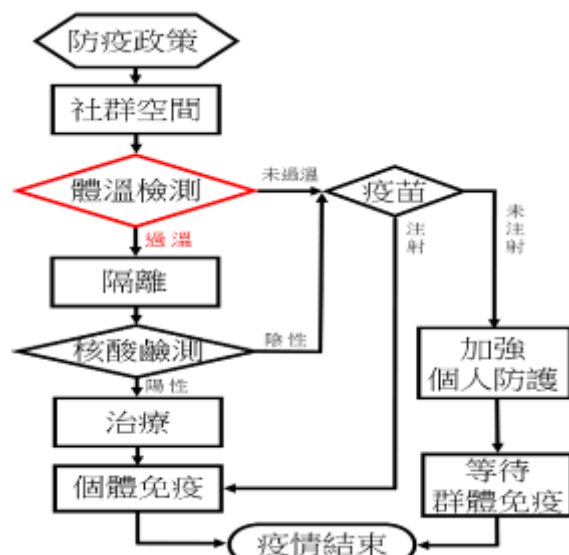


圖2-2 世界各國防疫政策執行機制(由上而下)

參、現行測溫技術分析

發燒往往是因為人體感染傳染疾病而觸發免疫系統作用所產生的重要疫病生理徵兆，因此體溫量測便是最為快速直接的疫病檢測的篩查手段；為了避免發燒人員進入一些社群場所進而增加無辜他人感染的風險，現行在這些場所的入口都會安排溫度檢測人員測量欲進入這些場所的人員的體溫，例如額溫測量，這通常是由溫度檢測人員手持額溫槍測量待檢測者的額溫；然而測溫操作的感測距離都非常很短，所以溫度檢測人員必須很靠近待檢測者，這將會增加溫度檢測人員被感染的風險。再者，熱顯像儀雖然感測距離較長，但其價格非常的昂貴、設備龐大、操作複雜、測溫度過低、溫差過大及侵犯隱私的疑慮，都使其成為無法普及的不適任儀器。

一、耳溫槍額溫槍缺點分析：

- (一) 需人工親自手動重複性機械性操作，導致操作人員過勞疲乏，耗損人力，人力成本極高(圖 3-1)。
- (二) 操作距離過近，極易產生施測者與被量測者感染(圖 3-2)，導致疫病擴散，完全違背防疫原則。
- (三) 測溫數據登錄依賴人工手動，耗時費力，存儲困難，真實性易受內外因素干擾，導致手寫資料正確性失真(圖 3-3)。
- (四) 無法判別受測者身份。
- (五) 無法提出示警。



圖3-1 人工手動量測操作耗時費力。資料來源:網路/新聞



圖3-2 量測操作距離過近，易交互感染。資料來源:網路/新聞



圖3-3 手動記錄量測資料。資料來源:中央流行疫情指揮中心/地方政府教育局/網路

二、紅外線熱顯像儀缺點分析：

- (一) 設備機台體積龐大占空間，空間需求高，缺乏設置靈活性(圖 3-4)。
- (二) 外接式有線電源、有線傳輸資料，線路雜亂(圖 3-4)。
- (三) 設定複雜，操作困難。
- (四) 受紅外線測溫物理原理限制，距離越遠溫差越大，精準度越差(圖 3-5)。
- (五) 受紅外線測溫物理原理，可透視內衣褲，侵害個人隱私，侵害人權(圖 3-6)。
- (六) 需人工親自時刻持續性高專注監控，耗損人力，造成精神衰弱，導致過勞疲乏，人力成本極高(圖 3-1)。
- (七) 測溫數據登錄依賴人工手動，耗時費力，存儲困難，真實性易受內外因素干擾，導致手寫資料正確性失真(圖 3-3)。
- (八) 無法判別受測者身份。
- (九) 整體設備用電耗能(熱顯儀、電腦、螢幕…)，違背環保理念。



圖3-4 系統整體接線凌亂複雜。資料來源:網路/新聞



圖3-5 實測溫度過低，精準度差。資料來源:網路/新聞



圖3-6 熱顯像儀透視事件頻傳。資料來源: 網路/新聞

所以，基於上述分析理由，現行所使用的耳溫槍、額溫槍、紅外線熱顯像儀都無法成為疫病大流行時合適的疫病偵測平台。

肆、研究設備

一、硬體材料

表4-1 硬體材料設備

			
solderless breadboard	Perfboard	WiFi&Bluetooth ESP32 控制板	MLX90614 IR 測溫模組
			
HC-SR04 超音波測距傳感器	IRS-180 紅外線測距傳感器	GY-530 VL53LOX 雷射測距傳感器	3.5inchTFT 液晶螢幕
			
3.7V 升 5V 充電模組	RC522 迷你版 RFID 射頻 IC 感應模組	ATGM332D GPS、BD 雙模衛星定位模組	指紋感應模組
			
PBC 電路板	LED 燈珠	3V 有源蜂鳴器	18650 鋰電池
			
SMD18650 電池盒	MLX90614ESF-DCI IR 測溫模組	0.96inchOLED 液晶螢幕	Windows 筆電
			
3D 列印機	萬用電表	電焊槍	

二、軟體

IFTTT、WINDOWS EXCELCE、WINDOWS POWER POINT、WINDOWS PAINT、GOOGLE CHROME、Arduino IDE、Java、Onshape 3D、CURA 3D、PCB CAD

伍、PLANNING 研發構想/設計

一、本專題實驗流程

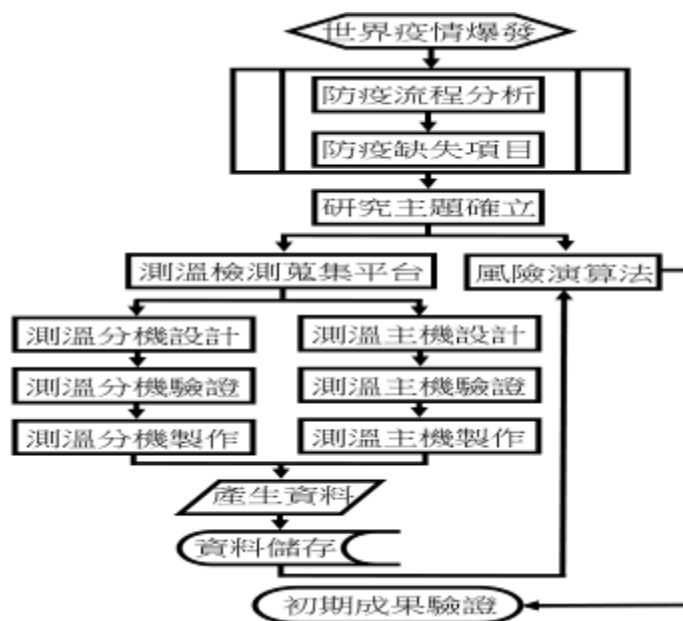


圖5-1 專案實驗流程圖

二、測溫監控平台設計

(一)主要功能設定

1. 測溫分機

- (1)非接觸式 IR 測溫
- (2)RFID 身份確認檢核
- (3)螢幕顯示
- (4)過溫 LED 警示
- (5)過溫蜂鳴器警示
- (6)WiFi 無線傳輸
- (7)內建充電式鋰電池
- (8)可脫離管理主機單獨運作

2. 測溫管理主機

- (1)無線接收測溫分機資料
- (2)雙螢幕顯示
- (3)過溫 LED 警示
- (4)過溫蜂鳴器警示
- (5)WiFi 無線傳輸雲端
- (6)內建充電式鋰電池

3. 雲端資料管理

- (1)無線接收測溫主機資料
- (2)全資料轉檔儲存
- (3)過溫資料轉檔儲存
- (4)演算法資料分析
- (5)簡訊通知

(二)模組化應用設定

1. 單機模式

- (1)單分機獨立運作
- (2)雙分機獨立運作

2. 物聯網 IoT 系統管理模式

- (1)單分機 + 搭配 1 主機運作
- (2)雙分機 + 搭配 1 主機運作

3. 數據鏈雲端運作模式

- (1)單分機 + 搭配 1 主機 + 聯網雲端運作
- (2)雙分機 + 搭配 1 主機 + 聯網雲端運作

(三) 無線傳輸途徑設計

將管理主機設計為系統 AP，也就是無線接入點，做為系統的無線網路建立者，是網路的中心節點，測溫分機與管理主機也同時是系統位於無線區域網(WLAN, WirelessLocalAreaNetworks)中的 STA 站點(STA, Station)，並利用在全世界各大都市已大量建置、覆蓋廣泛的 WiFi，作為分機與主機及主機與雲端傳輸溝通的平台(圖 5-2)

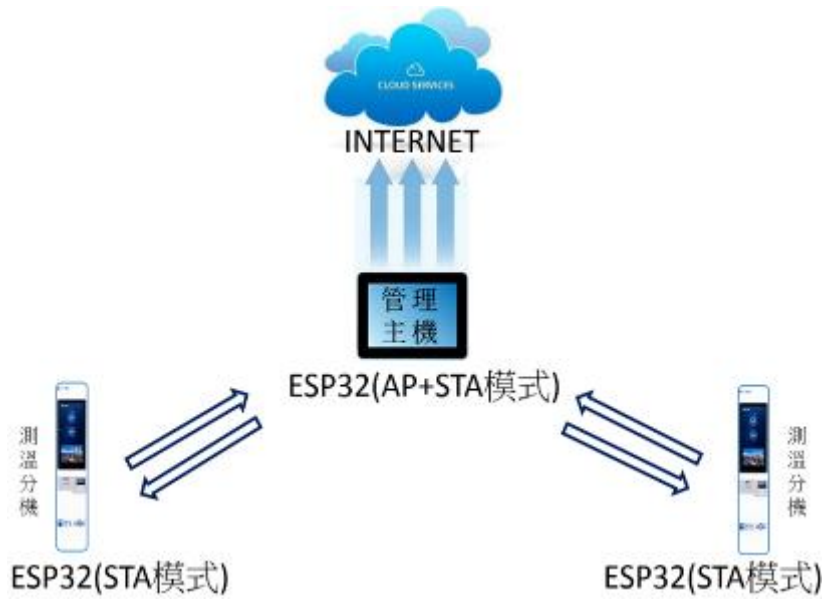


圖5-2 無線傳輸路徑設計圖

Note:1 主機同時管理2部分機，並做為資料上傳雲端中繼，雲端儲存資料並演算法分析

(四) 電系運作演算法流程圖

1. 測溫分機

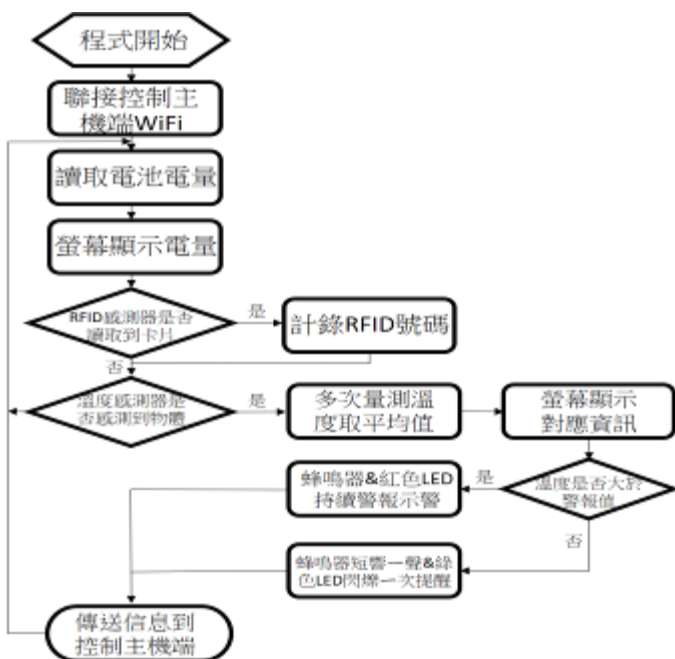


圖5-3 測溫分機運作演算法流程圖

2. 測溫管理主機

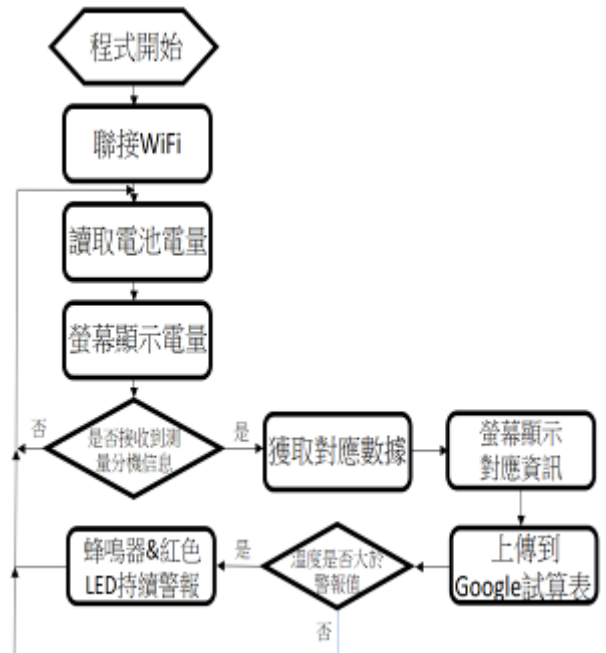


圖5-4 測溫管理主機運作演算法流程圖

陸、工程驗證測試階段：Engineering Verification Test (EVT)

我們的這個研究專案所研發的管理平台屬於全新的系統，對於全新系統的研發我們希望可以考慮設計的可行性，在開始做研發前先把理論給釐清，並檢查是否有任何規格或機制被遺漏了，可能的設計問題都必須被提出來一一修正，確認理論正確了，才開始後續工程研究。

設計發想剛出來時，問題一定很多，有時候甚至只會是實驗性質，所以必須有好幾次的 EVT 試驗，得視研發狀況而定，重點是要有足夠的時間及樣品好讓後續研發工程可以驗證我們的源設計想法並不斷檢討修正。

在 EVT 階段所生產出來的樣機只有組裝電路板(PCBA)，通常稱之為【solderless breadboard、Perfboard、Big Board】，先把我們想要驗證的想法設計擺在這種板子上面，通常是硬體電路的工程驗證(verification)、除錯(debug)之用。

一、插板試做

(一)測溫分機 solderless breadboard 試做

將 0.95 吋 OLED 螢幕、蜂鳴器、超音波測距、IR 測溫器及 ESP32 處理器插在麵包板，並依序以彩虹排線連結，測試零組件功能是否能正確運作及電磁干擾產生(圖 6-1)。

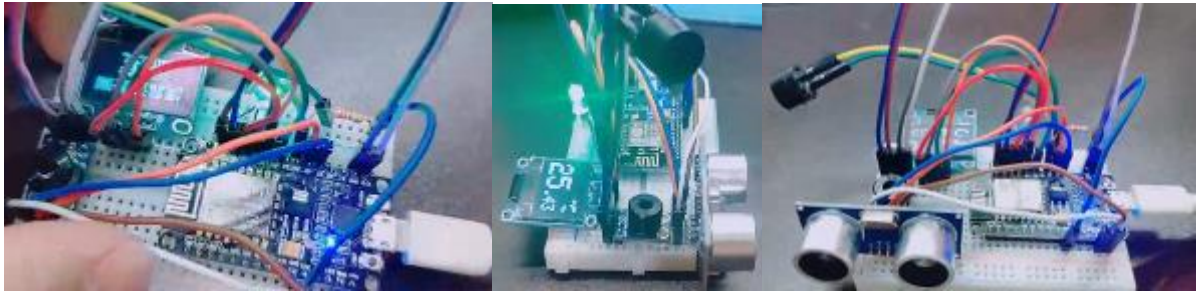


圖6-1 麵包板試做溫度測量分機-各視角圖

(二)測溫管理主機 solderless breadboard 試做

將 3.5 吋 TFT LED 螢幕、蜂鳴器及 ESP32 處理器插在麵包板，並依序以彩虹排線連結，測試零組件功能是否能正確運作及電磁干擾產生(圖 6-2)。

(三)RFID IC 無線讀卡試做

將 RFID IC 無線讀卡插在 USB 供電板，測試零組件功能是否能正確運作及電磁干擾產生(圖 6-3)。



圖 6-2 麵包板試做溫度管理主機

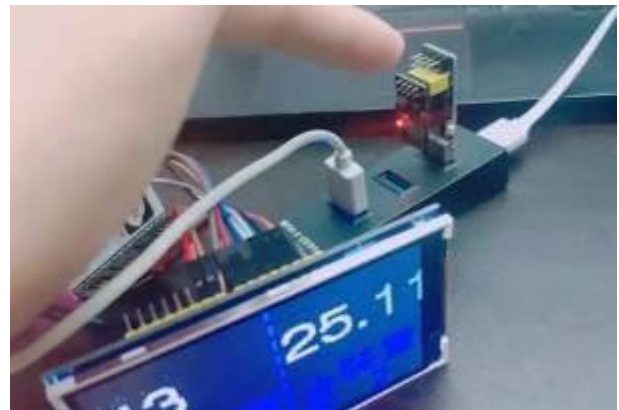


圖 6-3 RFID IC 無線讀卡插在 USB 供電板測試

二、 驗證、討論與修正

(一)超聲波測距持續產生咯咯咯的噪音，體積過大不利機構安排，改用體積僅為 1/3 的紅外線測距模組(圖 6-4)。




圖6-4 超音波測距模組(左)與紅外線測距模組(右)體積比較

(二)MLX-90614-BAA 紅外線測溫感測器溫差大、精度差，改用大小體積不變，同為廣角量測具醫療精度和具熱梯度補償教準功能的 MLX-90614-DCC。

表6-1 MLX系列紅外線測溫單元規格表

Ordering Information

Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code	Standard part	Packing form
MLX90614	E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)	-000	-TU
	(1) Supply Voltage/ Accuracy		(2) Number of thermopiles:		(3) Package options:
	A - 5V		A - single zone		A - Standard package
	B - 3V		B - dual zone		B - Reserved
	C - Reserved		C - gradient compensated*		C - 35° FOV
D - 3V medical accuracy				D/E - Reserved	F - 10° FOV
				G - Reserved	H - 12° FOV (refractive lens)
					I - 5° FOV
					K - 13° FOV

Example:

MLX90614ESF-BAA-000-TU * : See page 2

(三)標準版 ESP32 處理板體積過大，不利機構安排，改用體積僅為 2/3 的小尺寸迷你版。

(四)標準版 RFID IC 卡讀卡模組體積過大，不利機構安排，改用體積僅為 1/2 的小尺寸迷你版。

(五)零部件左右擺放設置，過於寬展，手握體驗不佳，改採上下鉛直排列，使整體構型呈長條型，較易於握取體驗。

(六)RFID 讀卡模組與 ESP32 處理器皆具有無線電波射頻發射或接收，兩者並排會造成 RFID 讀卡不穩，將兩者間距拉開至 5 公分以上，RFID 讀卡受干擾的狀況隨即消失，所以在機構設計將無電磁波射頻發射或接收的充電模組設置在 RFID 讀卡模組與 ESP32 處理器之間，使空間利用緊湊同時兼顧電子元件間最低電磁波干擾。

柒、設計驗證測試階段 1: Design Verification Test Stage 1 (DVT-1)

工程研發的第二階段，所有設計的發想基本已經完成，要開始設計電路板，製做實際的尺寸大小，整體基本定型，這樣才可以**驗證整機的功能**，此階段重點是整機製作，把設計及製造的問題找出來，加以修正，以確保所有的設計都符合設定規格。

一、整機實做

(一)測溫分機

1. 零部件模組分配

先將零部件依前段實施例方塊圖擺置於平面圖，並將各接點明示標出，以利後續設計電路板時能清楚接點路線(圖 7-1)。

2. 電路板設計

以節省空間及掌握方便為概念主軸，設計緊湊型長條機板，以 WINDOWS PAINT 繪製線路，後以 PCB CAD 自動佈線器修正，因 PCB 製程有毒害生成，為保護師生健康，故送工廠洗製電路板(圖 7-2)。

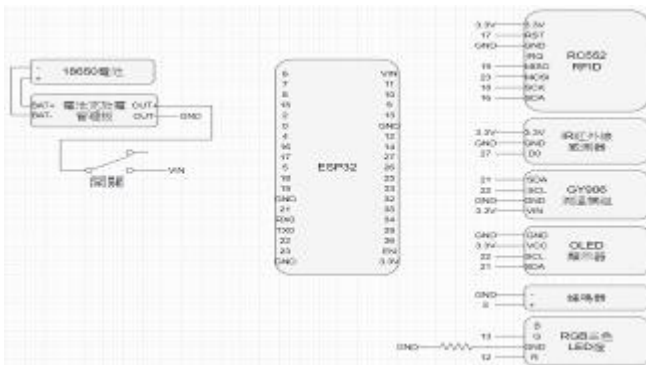


圖7-1 測溫分機零部件接點擺置方塊圖

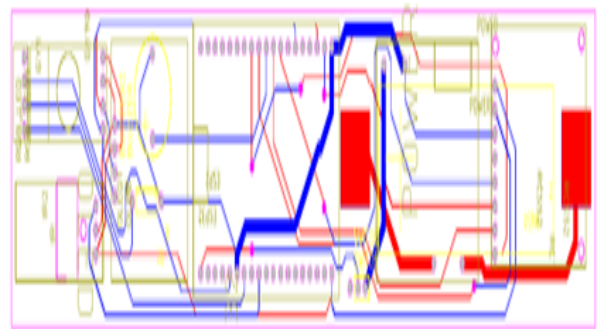


圖7-2 測溫分機電路板設計圖

3. 組裝&功能測試

將所有零組件按照配置圖設定位置焊接在電路板上(圖 7-3)，並且過電測試(圖 7-4)。

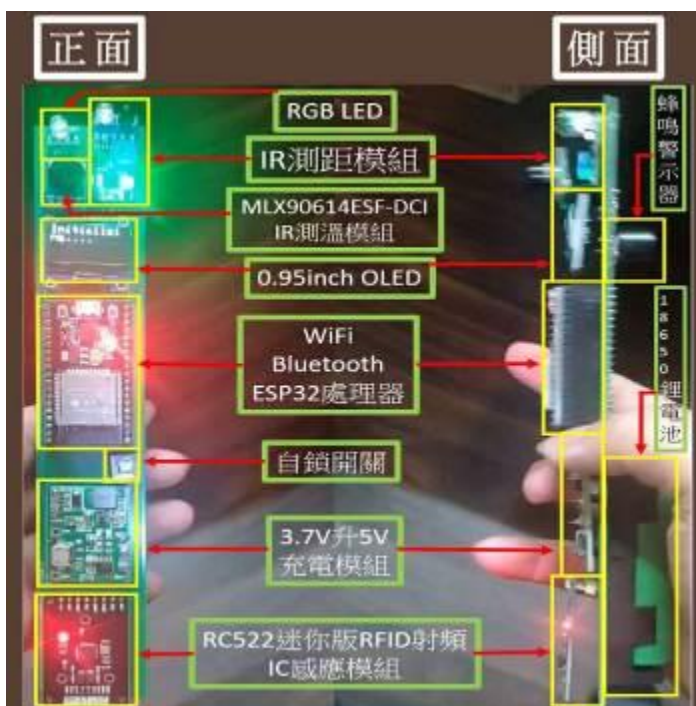


圖7-3 零組件與電路板組裝位置對照

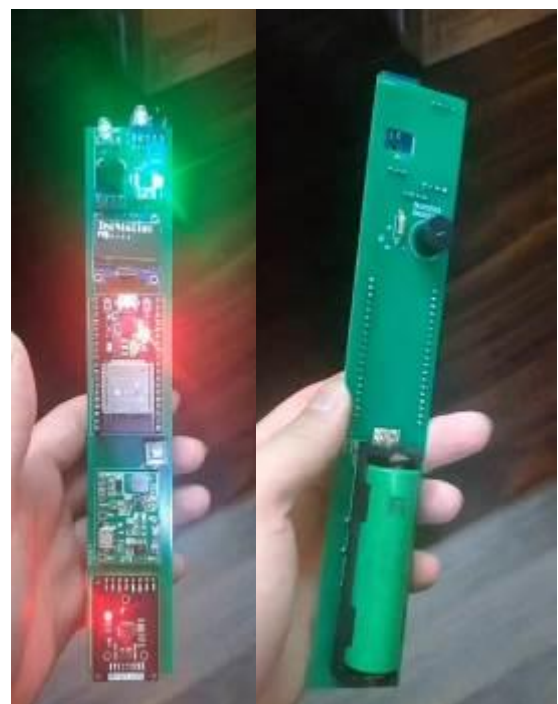


圖7-4 測試檢視圖正面(左)、背面(右)

(二)測溫管理主機

1. 零部件模組分配

先將零部件依前段實施例方塊圖擺置於平面圖，並將各接點明示標出，以利後續設計電路板時能清楚接點路線(圖 7-5)。

2. 電路板設計：

為配合大尺寸 3.5 吋 TFT LED 及易於穩定觀察為概念主軸，設計穩重型方正機板，以 WINDOWS PAINT 繪製線路，後以 PCB CAD 自動佈線器修正，因 PCB 製程有毒害生成，為保護師生健康，故送工廠洗製電路板(圖 7-6)。

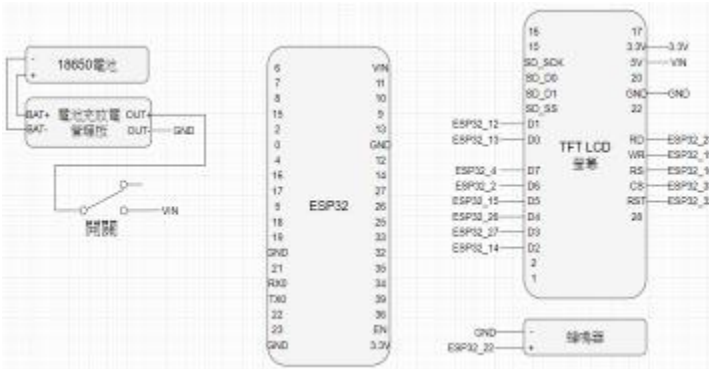


圖7-5 管理主機零部件接點擺置方塊圖

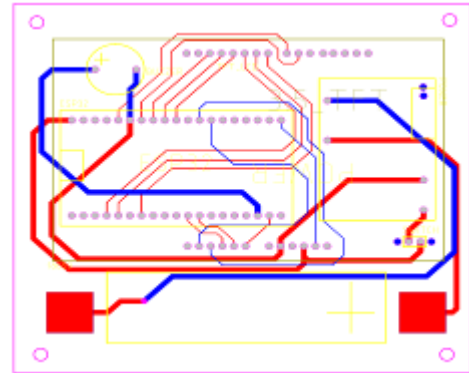


圖7-6 管理主機電路板設計圖

3. 組裝&功能測試

將所有零組件按照配置圖設定位置焊接在電路板上，並且過電測試(圖 7-7)



圖7-7 測試檢視圖

(三)程式碼：收錄附件一

(四)製做外殼機構

使用游標卡尺量測電路板整體的長、寬、高，再利用資優班創客教室剩餘的壓克力板材及雷射切割機，切割正、反、側 3 面 6 板，再用 3 秒膠沾黏固定，將電路板鎖上(圖 7-8)。

電鑽電源開關、micro-usb 充電…等對應孔位鑽對外開孔，將後蓋鎖上，進行整機測試(圖 7-9)。



圖7-8 機板壓克力外殼圖，分機(左) 主機(右)



圖7-9 機板組裝入壓克力外殼完成圖

二、組裝&系統整合測試

以手機充電器連接 micro usb，將測溫分機及管理主機充飽電(充電模組紅燈轉綠燈)，開機過電，重複測試系統功能是否符合設計，並試圖找出缺失，再試圖改進(圖 7-10)。



圖7-10 系統滿電整合測試

三、驗證、討論與修正

(一)電路板設計未考慮插槽孔位，導致線材插槽、按鈕及 LED 孔洞過深過大(圖 7-21)，導致 usb 充電線過於深入，不易線材插入拔出之操作;另孔洞過大，容易造成異物侵入，同時亦不美觀，需將電路充電板外移，以改善以上插槽孔位缺陷(圖 7-22、圖 7-23)。



圖7-11 插槽孔位缺陷，測溫分機(左)，管理主機(右)

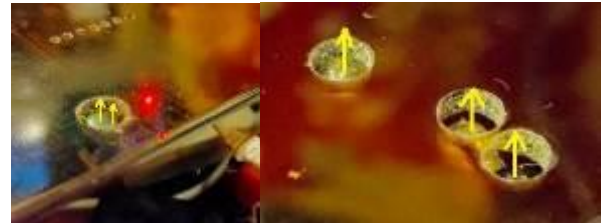


圖7-12 按鈕及LED孔洞過深過大，機電零組件模組需外移



圖7-13 充電模組外移示意圖，測溫分機(左)，管理主機(右)

(二)測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置，與管理主機 ESP32 處理器 Wifi 接收位置角度與強度測試實驗：

1. 管理主機 ESP32 處理器 Wifi 接收位置恆定面向測溫分機。
2. 測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機定義為 0° 。
3. 測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置背向管理主機定義為 180° 。
4. 將測溫分機置於開闊無障礙學校操場中心，設置管理主機於 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 之軸線上，對測溫分機做由近而遠直線移動，直至管理主機無法接收到測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 訊號的最遠距離。
5. 各角度軸線反覆測試 5 次，去極值，取平均數。

測試實驗結果

1. 當測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機為 0° 時，收訊距離最遠，平均達 16.1m(圖 7-24)，距離最遠，定義為訊號距離衰退維持率的比較基準(圖 7-25)。

- 當測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機為 45° 時，收訊距離不變，平均達 16.04m(圖 7-24)，訊號距離衰退維持率為 0.996%(圖 7-25)。
- 當測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機為 90° 時，收訊距離稍近，平均達 15.06m(圖 7-24)，訊號距離衰退維持率為 0.935%(圖 7-25)。
- 當測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機為 135° 時，收訊距離稍近，平均達 13.14m(圖 7-24)，訊號距離衰退維持率為 0.816%(圖 7-25)。
- 當測溫分機 ESP32 處理器 Wifi 發射位置面向管理主機為 180° 時，收訊距離最短，平均達 10.16m(圖 7-24)，訊號距離衰退維持率為 0.631%(圖 7-25)。

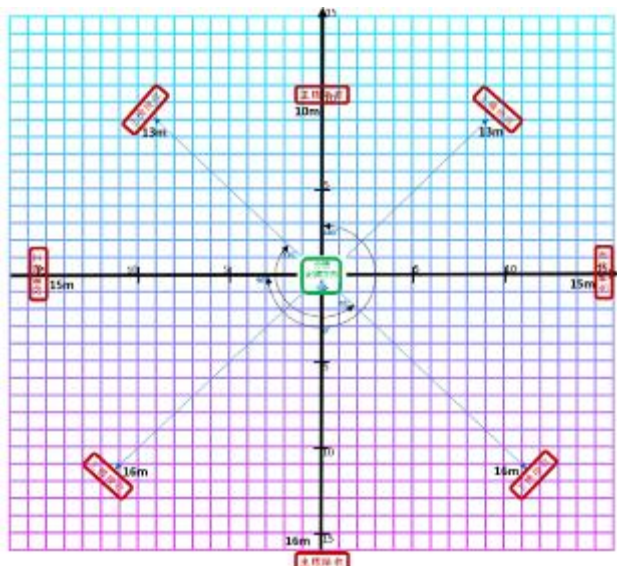


圖 7-14 測溫分機與管理主機角度、接收訊號遠近圖

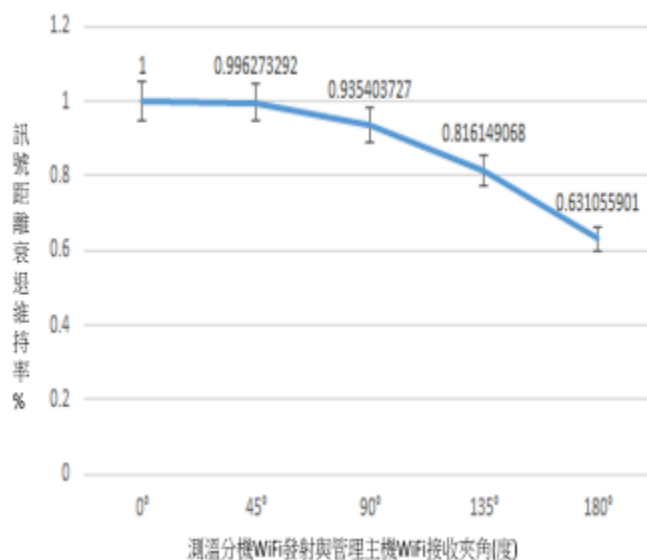


圖 7-15 測溫分機與管理主機角度、接收訊號維持率關係圖

(三)ESP32 處理器資料傳輸孔與 OLED 螢幕距離為 8mm，導致需要讀取或寫入資料時，傳輸線材接頭無法插入(圖 7-26)。

(四) ESP32 處理器位於紅外線測溫感測器下方，當測溫分機長時間運作時處理器會產生高溫($50^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$)，熱以對流方式影響位於 ESP32 處理器上方的紅外線測溫感測器(圖 7-27)，導致測溫誤差達 $-0.3^\circ\text{C}\sim -0.5^\circ\text{C}$ 。

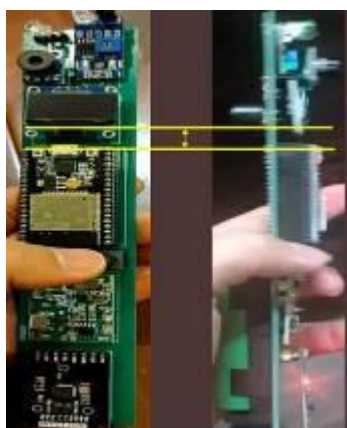


圖 7-16 ESP32 處理器資料傳輸孔與 OLED 螢幕距離

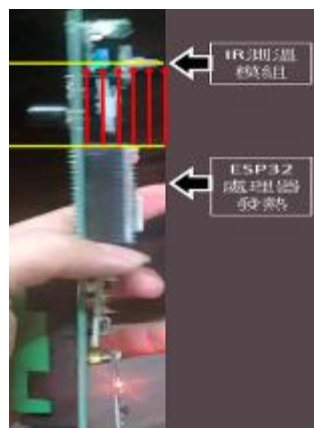


圖 7-17 ESP32 處理器產熱對流影響紅外線測溫感測器示意圖

基於上述測試項(二)、(三)、(四)之測試結果，決定將測溫分機的 ESP32 處理器暨 WiFi 發射單元由電路機板的前方——就是與管理主機協作時的 180° (同向)，改為設置於電路機板後方——就是與管理主機協作時的 0° (相向)，使測溫分機的 ESP32 處理器的 WiFi 發射單元與管理主機的 WiFi 接收單元相向，以增強無線資料接收，同時避免 ESP32 處理器產熱影響紅外線溫度感測器，提高測溫精準度及穩定性。

(五)紅外線測距模組(圖 7-28)在日光直射的操作環境，在太陽全輻射狀況下，發生太陽紅外線強度過

強，干擾紅外線測距模組判讀接收的紅外線訊號，使之無法準確接收判讀紅外線測距訊號，決定改為測距更準、更不易受干擾、體積更小的 VL53LOX-V2 鐳射測距模組(圖 7-29)。



圖 7-18 紅外線測距模組



圖 7-19 VL53LOX-V2 鐳射測距模組

演算法程式碼校正：收錄附錄二

(六)根據紅外線測溫角度與距離比公式，得知 FOV 的 tan 值與距離成反比，所以視場 Field Of View(FOV)越大，測距越短，FOV 越小，測距越長(圖 7-30)。

另外 FOV 越大，在有效感測範圍內，離中心越遠的區域，紅外線感測器敏感性越低，所以 FOV 越大，表示在 FOV 範圍內，測溫有效比率越低，而 FOV 越小，在 FOV 範圍內，測溫有效比率越高(圖 7-31)。

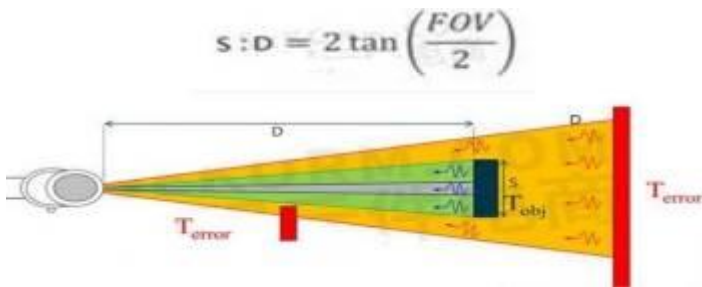


圖 7-20 有效測溫 S 與有效測距 D 比值示意圖

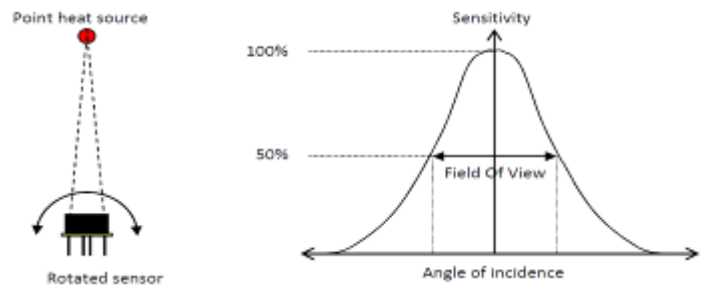


圖 7-21 FOV 與靈敏度有效比率

現行採用的 MLX-90614-DCC 測溫感測器，感測角度較大(35° FOV)，當被測物體半徑為 5cm 時，最大有效測量距離為 7cm，測溫距離較短，有效靈敏度範圍比例較小(圖 7-32 左)；決定採用同具醫療精度和具熱梯度補償教準功能的 MLX-90614-DCI 測溫感測器(表)，感測角度較小(5° FOV)，測溫距離由 10cm 提升至 50cm，提升有效精準度(圖 7-32 右)。

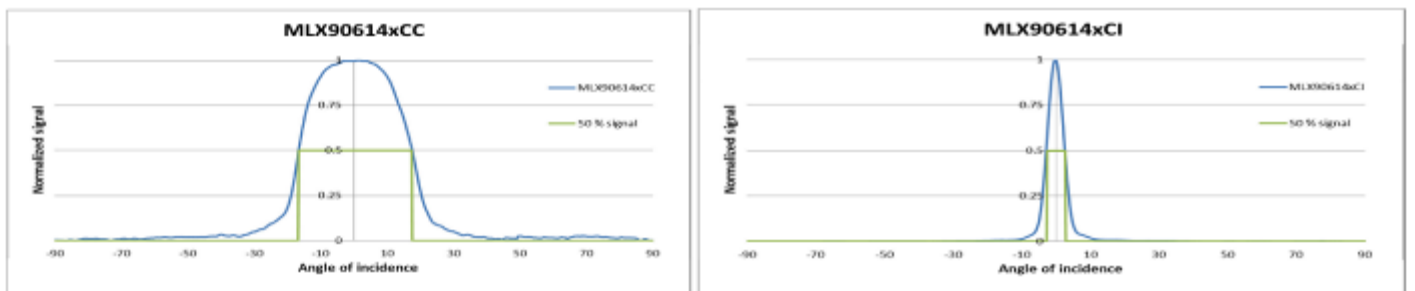


圖 7-22 FOV 與靈敏度比例關係圖，35° FOV(左)，5° FOV(右)

(七)核心溫度校正教準(熱梯度補償)

體表溫度往往因環境影響(風吹雨打)，導致在室溫(25°C)環境下，體表測溫與人體核心測溫相比過於低溫(圖 7-34)，平均差距為 2.948°C(圖 7-35)，因此我們在程式演算法中設計增加體表測溫熱梯度補償校正，使測溫顯示能趨近真實核心測溫，同時在 15ms 內連續測溫 3 次，最終顯示平均值以求準確。



圖 7-23 核心溫度校正教準



圖7-24 體表測溫與核心測溫比較

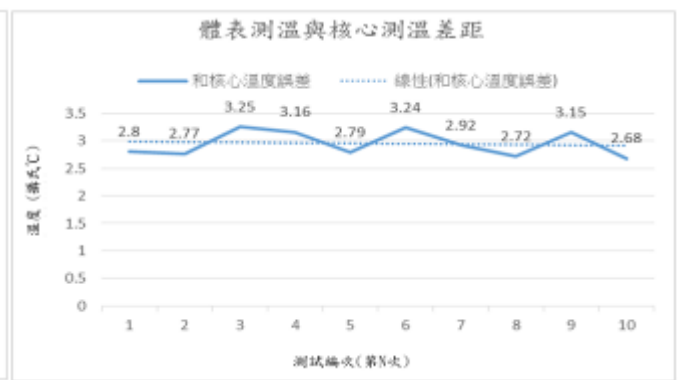


圖7-25 體表測溫與核心測溫差距

演算法程式碼校正：收錄附錄三

- (八)雲端資料只有全體原始資料，對過溫資料缺乏凸顯性，需另將過溫資料單獨處理儲存，方便後續演算法管理。
- (九)無法得知電池電量，導致系統使用時，會有突然沒電的不確定感。
- (十)測溫分機呈單純長條型，手持狀態易有滑落疑慮，在外型設計上增加易握構造。
- (十一)測溫分機 LED 警示燈只有前方，若監測者恰好位於分機後方時，將看不到亮燈示警，評估在分機後方增加 LED 警示燈。
- (十二)管理主機未設 LED 警示燈，評估在主機前方增加 LED 警示燈。
- (十三)環境溫度與體表測溫研究

本專題研究最終目標是希望能為世界各國提供普及的測溫檢測管理平台，必須考慮世界多數疫情嚴重地區於秋冬季節氣溫普遍低於攝氏 10°C (圖 7-36)，所以為了考慮在低溫環境下本專案創新的測溫管理平台操作的適用性，我們設計於好市多的 5°C 低溫生鮮冷藏倉庫施行測試實驗 (圖 7-37 ~ 圖 7-38)。

1. 進入 5°C 冷藏倉庫 (圖 7-37)，靜待 10 分鐘，讓設備及受測人員與環境低溫達到熱平衡。
2. 以 (1) 市售測溫槍測額溫、(2) 市售測溫槍測腕溫、(3) 測溫分機測額溫、(4) 測溫分機測腕溫、(5) 耳溫槍測核心溫度的順序，進行驗證實驗 (圖 7-39)。
3. 每 5 分鐘重複上述實驗，重複 5 次。

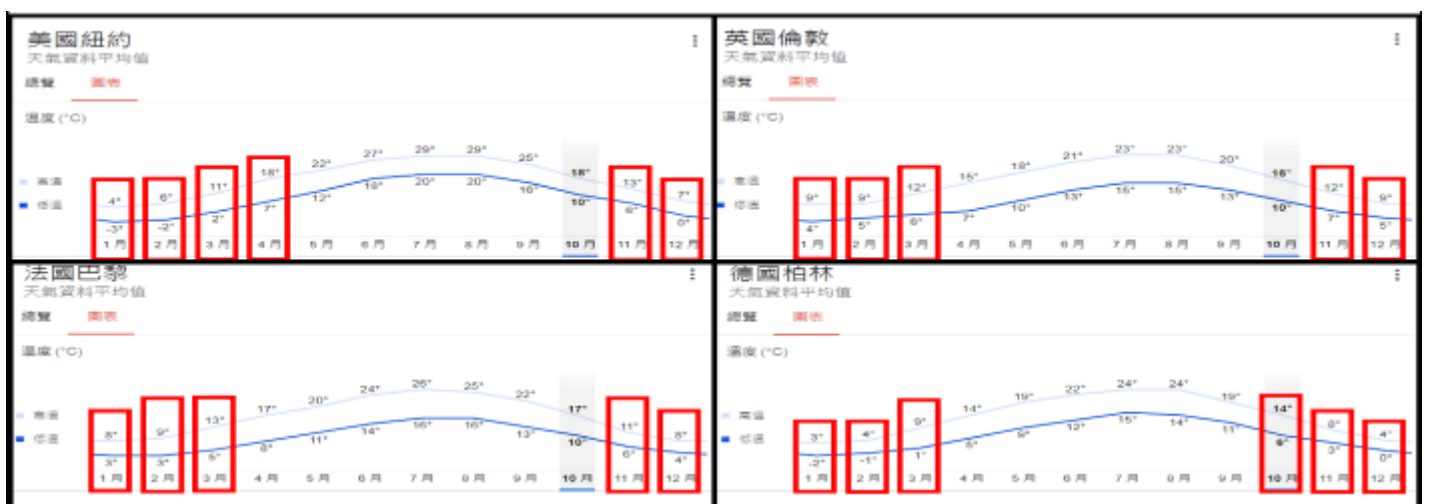


圖 7-26 疫情嚴重的世界大都市秋冬季節月高低溫 (紅框)，紐約 (左上) 倫敦 (右上) 巴黎 (左下) 柏林 (右下)，資料來源: Google



圖 7-27 好市多生鮮乳品冷藏區



圖 7-28 好市多生鮮乳品冷藏區溫度



圖 7-29 測試成年男性體表測溫與核心測溫實驗

體表溫度 (mean skin temperature)

人體皮膚表面的溫度在不同氣象條件下的體表溫度的計算公式，可按以下的推算過程求得：

根據高橋浩一郎的人體簡化模型，人體溫度為 $T=37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，皮膚層厚為 $d=5\text{ mm}$ ，皮膚表面溫度為 T_s ，空氣溫度為 T_a ，皮膚與空氣之間的邊界層厚度為 W ，那麼人體內向皮膚外傳遞的熱量 Q 應為：

$$Q = k \cdot \frac{T - T_s}{d} \cdot S$$

其中， k 為導熱係數約為 $2.0921 \times 10^{-3} \text{ J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ， S 為皮膚面積取為 1 m^2 ，人體產生的熱量 Q ，需通過邊界層傳送給大氣使體溫穩定，熱量 Q 以輻射、傳導和蒸發水分進入大氣，因此公式導為：

$$Q = Q_{\text{輻射}} + Q_{\text{傳導}} + Q_{\text{蒸發}}$$

$$Q_{\text{輻射}} \approx 20.92 \cdot (T_s - T_a)$$

$$Q_{\text{傳導}} \approx 87.03 \cdot \bar{V} \cdot (T_s - T_a)$$

$$Q_{\text{蒸發}} \approx 18.74 \cdot \bar{V} \cdot (E_s - r \cdot E_a)$$

人體代謝的熱量 H (單位: MET, 1 個 MET=209.21 kJ/(m²·h))，取決於人的運動狀態和環境氣象條件，由下列公式

$$H = 0.93244 \times 4.184 \times (0.104T_a^2 - 5.1403T_a + 117.13)$$

環境溫度在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，休息狀態的人體，係數 0.93244 是為了在環境溫度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時代謝熱量為一個 MET 而加上的，在具體的著衣指數的計算中，在環境溫度小於 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時基礎代謝均取一個 MET，因此在穿衣條件下代謝熱量與環境溫度關係不同於上式，人體消耗於水分蒸發的熱量對代謝熱量的比值 rat 寫為

$$rat = 0.0775 + 0.001 \cdot T_a \cdot (0.17T_a \cdot (0.01 \cdot T_a \cdot (1.235 \cdot T_a - 54.8752) + 10.1044) - 3.2813)$$

基於上述實驗及研究，我們發現下列現象

1. 人體核心溫度不因外在環境低溫而改變，穩定維持在 $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ (圖 7-40)。
2. $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 環境下，手腕溫度($33.6\text{ }^{\circ}\text{C}$)較額溫($29.8\text{ }^{\circ}\text{C}$)更接近核心溫度(圖 7-40、圖 7-41)。
3. 額溫會隨環境持續降溫，在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 環境，待 30 分鐘，額溫從 $30.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，持續降至 $28.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (圖 7-40)。
4. 測溫分機設定 $37.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的過溫警示，在低溫環境不論測額溫或測腕溫，皆不會產生觸發過溫警示。

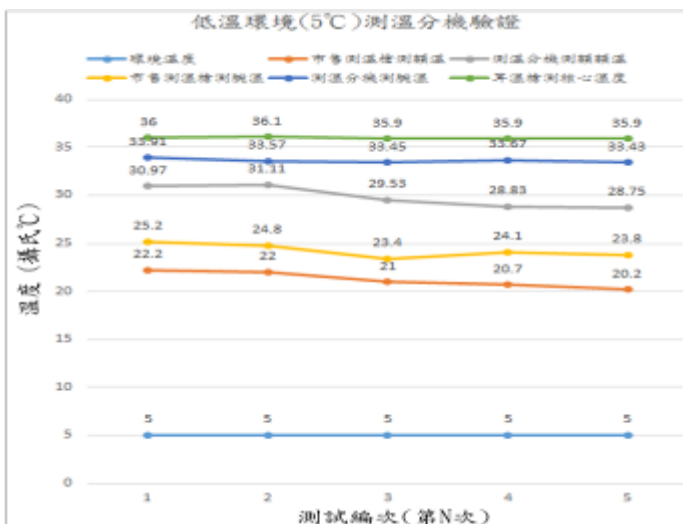


圖 7-30 5°C 環境測試體表測溫與核心測溫實驗結果

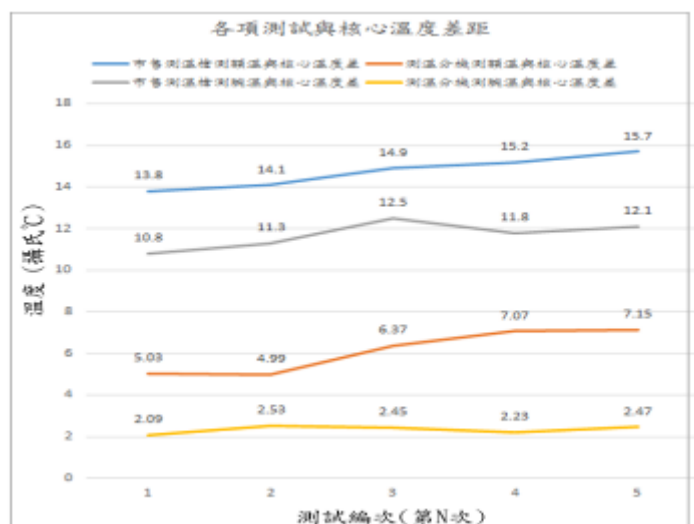


圖 7-31 5°C 環境體表測溫與核心測溫差距

基於上述研究及中國氣象科學院之研究(圖 7-42)，在室溫低於攝氏 30°C 的條件下，不論是額溫或腕溫等體表溫度皆會與核心溫度相差 2.5°C~15.7°C(圖 7-42、圖 7-43)，所以過溫警示的設定溫度需要能隨所在環境溫度做出對應調整，才能有效產生示警。

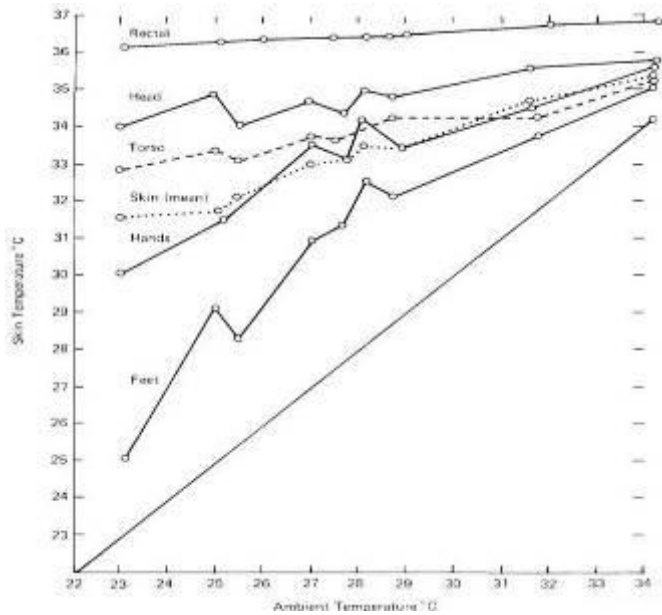


圖 7-32 不同溫度下體表溫度與核心溫度，資料來源:CAMS

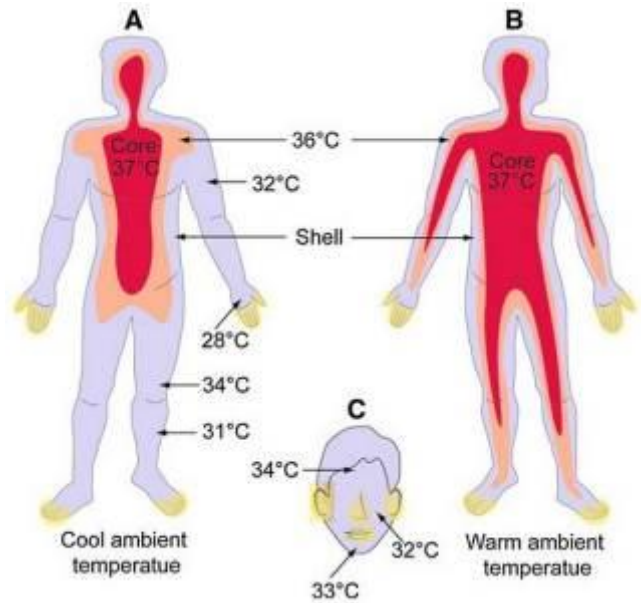


圖 7-33 冷暖環境體表溫度與核心溫度示意圖

所以另選擇具有微動開關功能的 ESP32 處理器模組(圖 7-44)，並且在程式碼中設計對應的溫度設定功能，將 ESP32 處理器模組上的左鍵，設定為上調示警溫度(圖 7-45)，ESP32 處理器模組上的右鍵設定為下調示警溫度(圖 7-46)，使過溫警示的溫度設定，能隨時依據所在環境溫度做出對應調整，產生有效示警。

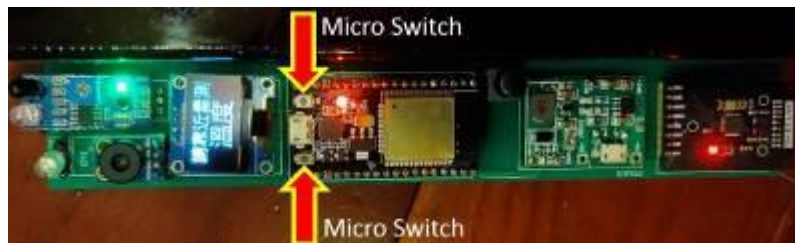


圖 7-34 新 ESP32 處理器模組微動按鈕

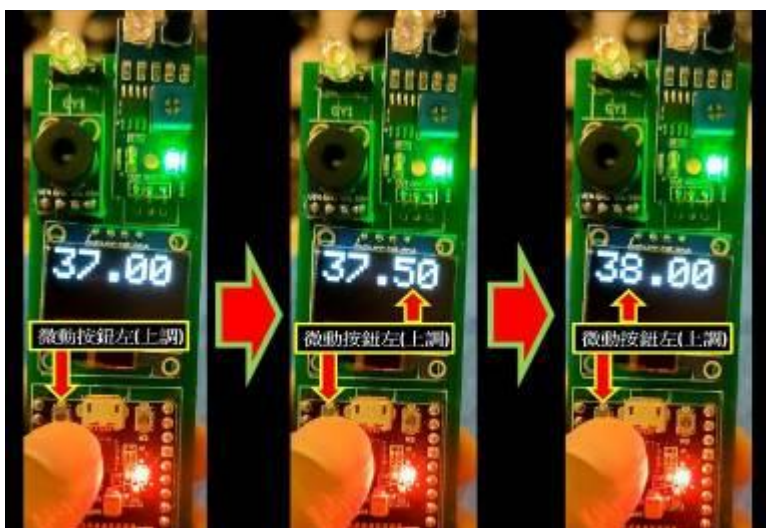


圖 7-35 新增過溫示警溫度上調功能(ESP32 處理器模組左鍵)

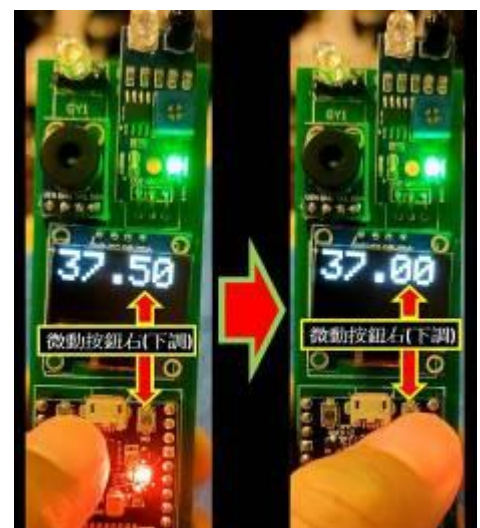


圖 7-36 新增過溫示警溫度下調功能(ESP32 處理器模組右鍵)

演算法程式碼設定：收錄附錄四

捌、設計驗證測試階段2：Design Verification Test Stage 2 (DVT-2)

此一階段主要聚焦在修正前一階段檢討之缺失，持續成熟系統完整性，並改採學校自造教室新採購的3D列印機來成型機構外殼。

一、2.0 改良版整機實做

(一)測溫分機

1. 零部件模組分配

因FSP32處理器改置背面、增加背面LED示警及更換雷射測距模組，將零部件依前段實施例方塊圖擺置於平面圖，並將各接點明示標出，以利後續設計電路板時能清楚接點路線(圖8-1)。

2. 電路板設計

因ESP32處理器改置背面、增加背面LED示警及更換雷射測距模組，以WINDOWS PAINT繪置調整線路，後以PCB CAD自動佈線器修正，因PCB製程有毒害生成，為保護師生健康，故送工廠洗製電路板(圖8-2)。

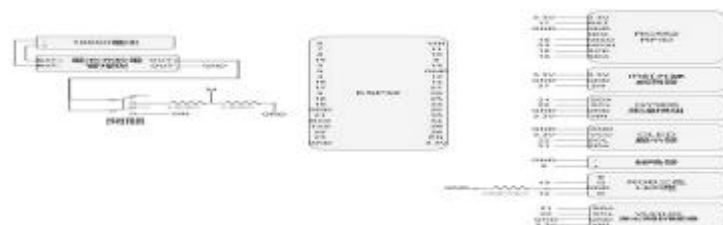


圖8-1 測溫分機2.0零部件接點擺置改進方塊圖

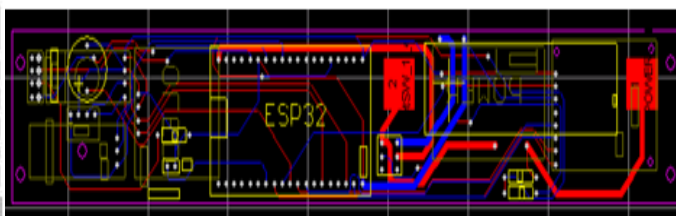


圖8-2 測溫分機2.0電路板更新設計圖

3. 組裝&功能測試

將更新的零組件按照修改配置圖設定位置焊接在電路板上(圖8-3)，並且過電測試(圖8-4)。

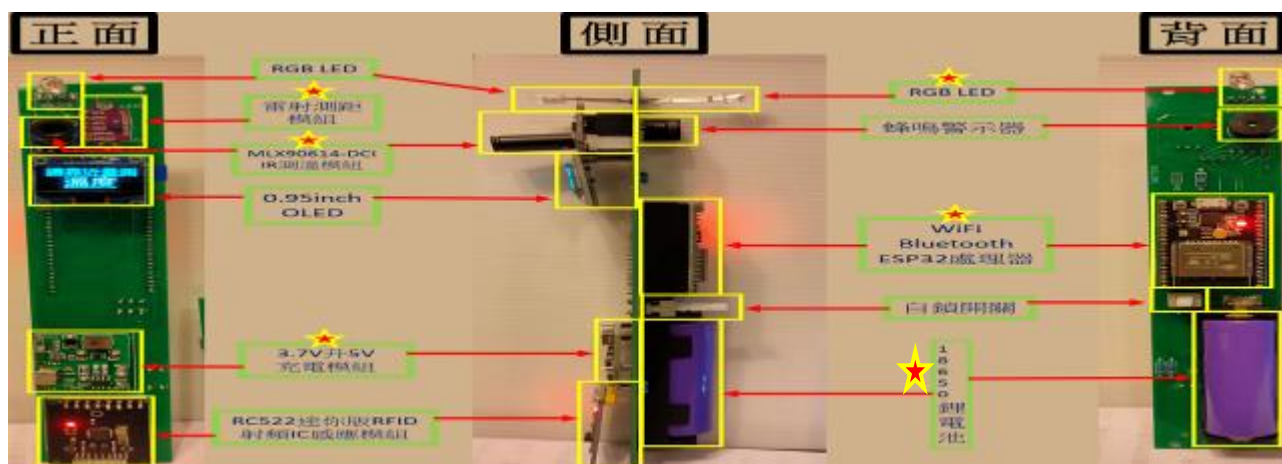


圖8-3 2.0更新版測溫分機零組件與電路板組裝相對位置，正面(左)，側面(中)，背面(右)

備注：星號標誌為新規格、新位置或新增設備



圖8-4 2.0更新版測溫分機測試檢視圖，正面上半部(左1)、正面下半部(左2)、背面下半部(右2)、背面下半部(右1)

(二) 2.0 改進版測溫管理主機

1. 零部件模組分配

因為增加前方 LED 設置，依前段實施例方塊圖擺置於平面圖，做出改進並將各接點明示標出，以利後續設計電路板時能清楚接點路線(圖 8-5)。

2. 電路板設計

為配合新增 LED，設計聲光警示 2.0 改進板主機，以 WINDOWS PAINT 繪製線路，後以 PCB CAD 自動佈線器修正，因 PCB 製程有毒害生成，為保護師生健康，故送工廠洗製電路板(圖 8-6)。

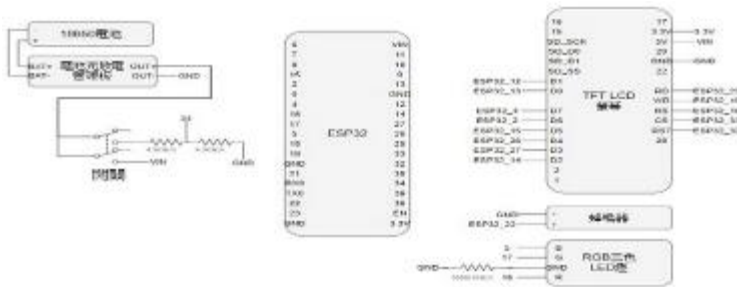


圖8-5 2.0改進版管理主機零部件接點擺置方塊圖

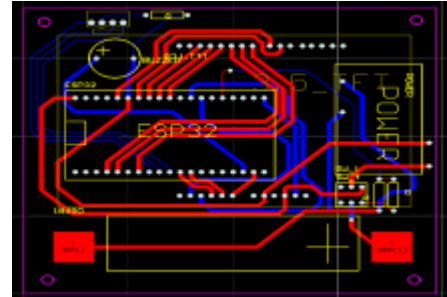


圖8-6 2.0改進版管理主機電路板設計圖

3. 組裝&功能測試

將更新的零組件按照配置圖設定位置焊接在更新電路板上(圖 8-7)，並且過電測試(圖 8-8)。

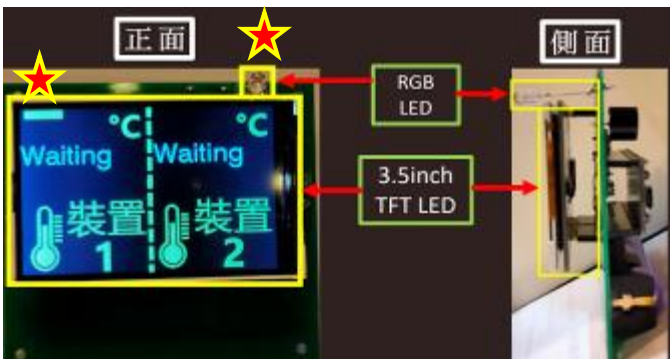


圖8-7 2.0更新版管理主機正面與側面位置對照
備注：星號標誌為新規格、新位置或新增設備

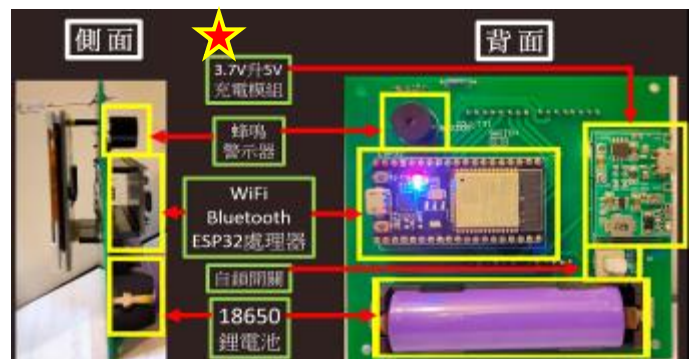


圖8-8 2.0更新版管理主機側面與背面位置對照
備注：星號標誌為新規格、新位置或新增設備

(三) 過溫資料上傳Google演算法程式碼校正：收錄附錄五

(四) 系統整合測試

1. 2.0 版測溫分機測試---獨立操作模式

利用低溫與高溫物體測試測溫分機功能，當沒有超過設定警示溫度(37.5°C)時，除顯示溫度外，LED 亮綠燈閃一下，蜂鳴器鳴叫一聲(圖 8-9 左)；當超過設定警示溫度(37.5°C)，除顯示溫度外，LED 持續閃亮紅燈，蜂鳴器持續鳴叫(圖 8-9 右)。

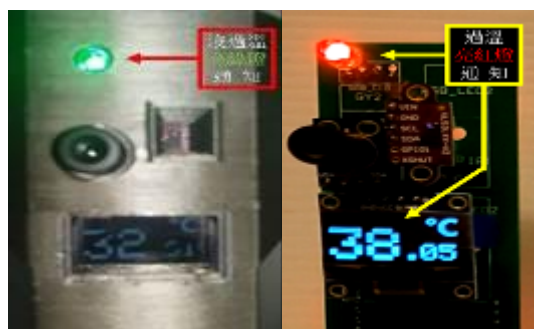


圖8-9 2.0版測溫分機測試---獨立操作模式，未過溫(左)，過溫(右)

2. 2.0 版測溫分機與管理主機測試---分機主機協作模式

利用低溫與高溫物體測試測溫分機與管理主機功能，

- (1) 當沒有超過設定警示溫度(37.5°C)時，分機顯示溫度，LED 亮綠燈閃一下，蜂鳴器鳴叫一聲，同時以 Wifi 訊號通知管理主機同步顯示溫度，LED 亮綠燈閃一下，蜂鳴器鳴叫一聲(圖 8-10)。

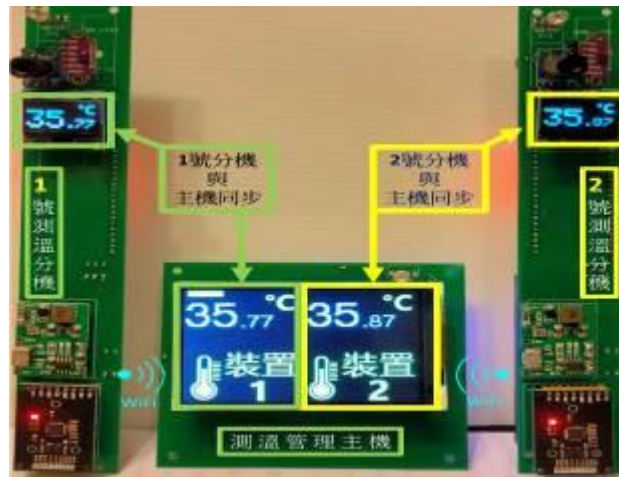


圖8-10 2.0版測溫分機與管理主機測試---分機主機協作模式

- (2) 當超過設定警示溫度(37.5°C)時，分機顯示溫度，LED 持續閃亮紅燈，蜂鳴器持續鳴叫，同時以 Wifi 訊號通知管理主機同步顯示溫度，LED 持續閃亮紅燈，蜂鳴器持續鳴叫(圖 8-11)。



圖8-11 2.0版測溫分機與管理主機過溫測試--分機主機協作模式，1號分機測得過溫(左)，2號分機測得過溫(右)

二、3D 列印外殼

(一) 3D 設計提高機構的精準性

1. 測量分機 Onshape 3D 設計

(1) 主機板 3D 設計

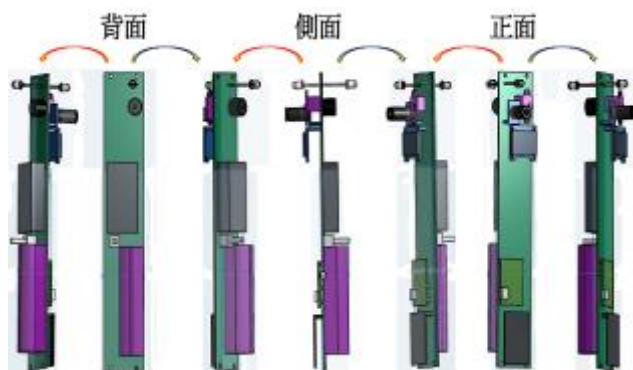


圖 8-12 2.0 版測溫分機主機板 3D 設計圖-旋轉視角圖

(2) 上蓋 3D 設計



圖 8-13 2.0 版測溫分機上蓋 3D 設計圖-旋轉視角圖

(3)下蓋 3D 設計

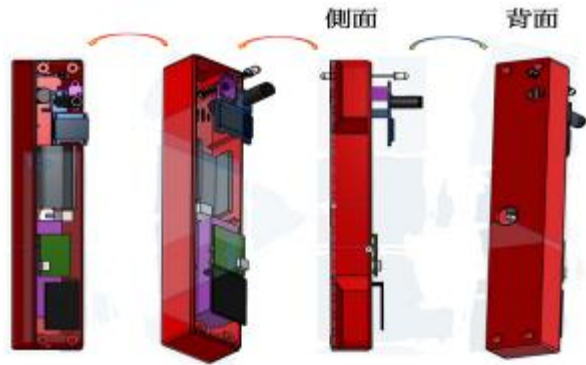


圖 8-14 2.0 版測溫分機下蓋 3D 設計圖-旋轉視角圖

(4)組裝 3D 設計



圖 8-15 2.0 版測溫分機外蓋 3D 設計圖-旋轉視角圖

2. 管理主機 Onshape 3D 設計

(1) 主機板 3D 設計

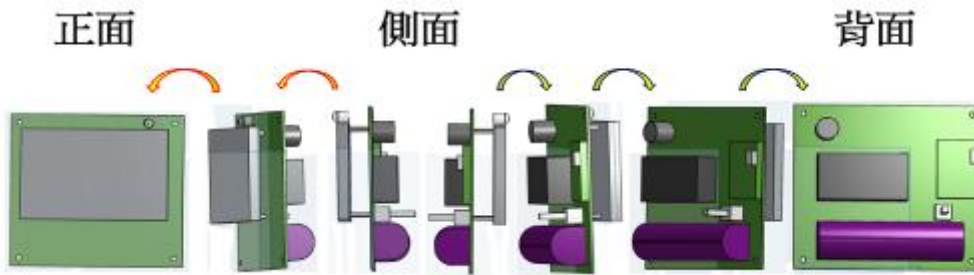


圖 8-16 2.0 版管理主機主機板 3D 設計圖---旋轉視角圖

(2)上蓋 3D 設計



圖 8-17 上蓋 3D 設計圖

(3)下蓋 3D 設計

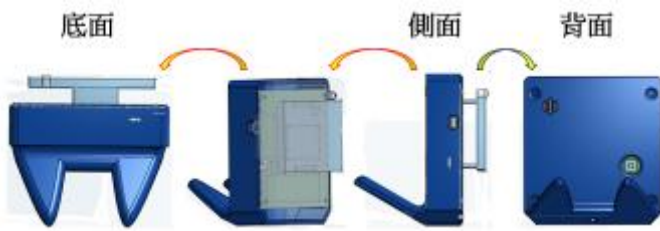


圖 8-18 2.0 版管理主機下蓋 3D 設計圖-旋轉視角圖

(4)組裝 3D 設計



圖 8-19 2.0 版管理主機外蓋 3D 設計圖-旋轉視角圖

三、驗證、討論與修正

(一)雷射測距收訊不穩

3D 試印後測試發現雷射測距偵測不夠穩定，經研究雷射測距模組的原廠資料發現，雷射測距模組含有一個發射單元及一個接收單元，發射單元的擴散角為 35° ，接收單元的接收角為 25° (圖 8-20)；也就是說在 3D 列印的外殼為雷射測距模組發射單元開設的孔洞邊緣開角應為 17.5° ，為雷射測距模組接收單元開設的孔洞邊緣開角應為 12.5° (圖 8-21)。

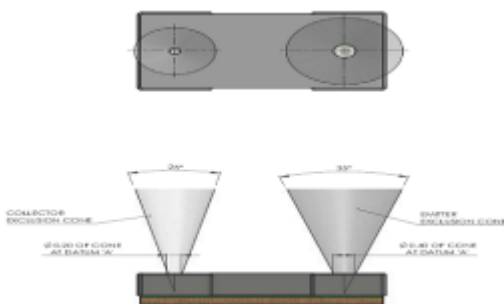


圖 8-20 雷射測距模組發射與接收角度

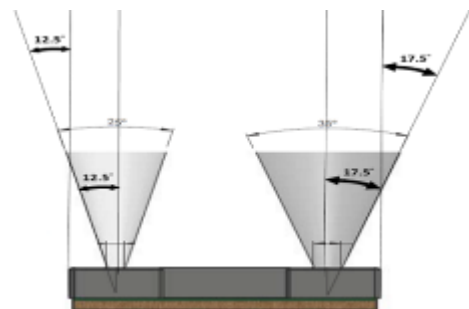


圖 8-21 雷射測距模組發射與接收邊緣需要最小角度

我們發現原先 3D 試印的外殼雷射測距通道邊緣為直線(圖 8-22)，也就是說沒有為雷射測距模組發射與接收單元設計邊緣所需最小角度，造成雷射的發射與接收受到干擾；所以我們開始修改雷射測距通道邊緣角度為 18°(圖 8-23)經測試新設計通道確實不會對雷射測距造成干擾(圖 8-24)。



圖 8-22 直線雷射測距通道造成干擾



圖 8-23 重新設計雷射測距通道邊緣角度

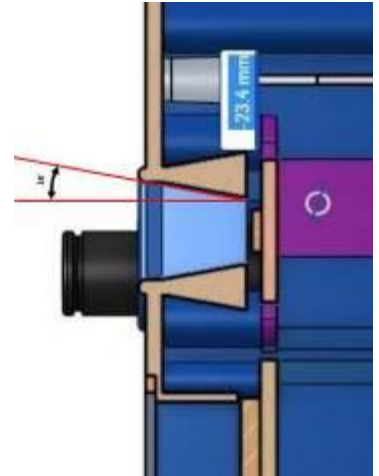


圖 8-24 18°邊緣角度不干擾雷射測距

(二) 模組機板浮動

外殼 3D 列印好後與電路板組裝測試機構工程完整度，發現測溫分機的正面上半部的螢幕、雷射測距單元及 IR 測溫單元發生不穩定晃動的現象(圖 8-25B)，經重新拆解探究發現，螢幕、雷射測距單元及 IR 測溫單元都只有單邊單排的排針錫點(圖 8-25A)，所以會導致上述單元模組的排針對應邊會處於沒有支持的狀態(圖 8-25B)；也就是說上述單元模組處於單邊支撐的不穩定狀態。

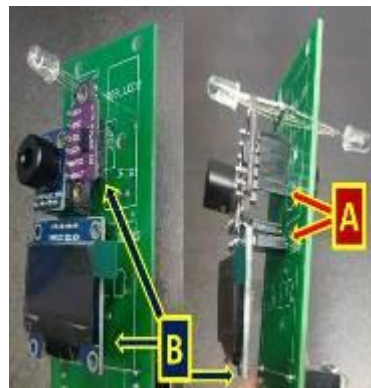


圖 8-25 模組單元缺乏穩定支撐機構

基於電路板上無法增加孔洞或沾黏 spacer，以固定上述 3 項元件，所以我們轉向修改 3D 外殼設計，在上殼的模組單元對應位置設置鎖孔(圖 8-26 左)，螢幕(B)、雷射測距單元(A)及 IR 測溫單元(C)，並以內六角螺絲將上述模組反鎖在外殼面板內側(圖 8-26 中)，經反覆測試最終成功將螢幕、雷射測距單元及 IR 測溫單元牢固貼服並能正常功能(圖 8-26 右)。

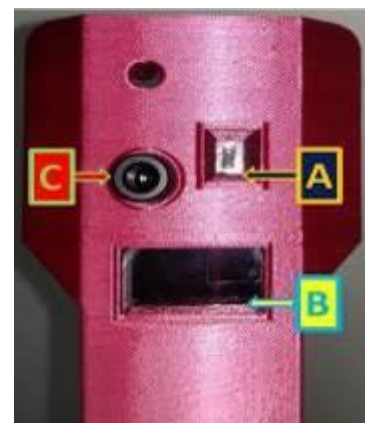
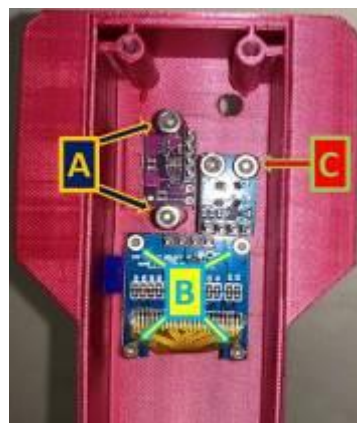
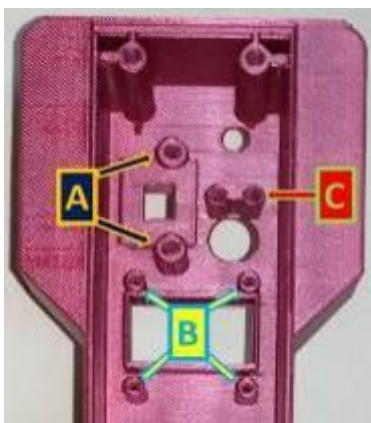


圖 8-26 3D 外殼模組機構修改左、中、右

四、3.0 最終版 IoT 測溫管理系統

在 1.0 版、2.0 版不斷改善之基礎上，除修正改良前述所有測試檢討項目，持續進化之 3.0 版更在外觀機構上，增加測溫分機有善手持及管理主機多角度易視結構(圖 8-27)，並於底部增加 1/4 吋通用螺絲鎖孔，以利設置於角架上使用(圖 8-28)，方便應用於所有測溫社群場域(圖 8-29)。

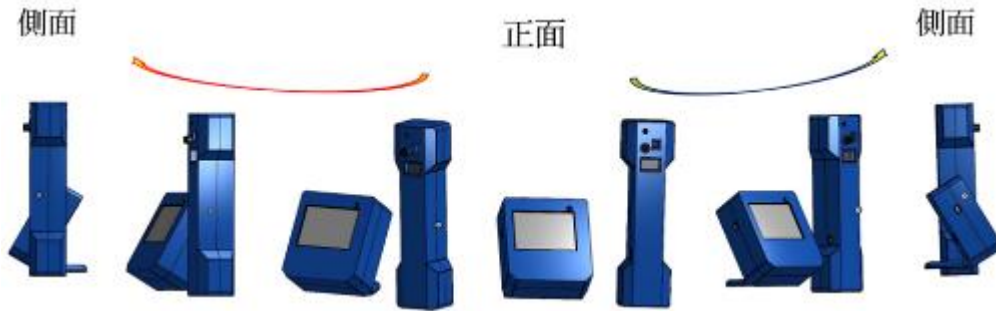


圖 8-27 3.0 版 IoT 測溫管理系統 3D 設計圖---旋轉視角圖



圖 8-28 3.0 版測溫分機及管理主機新增底部 1/4 吋通用螺絲鎖孔(左)，實物圖(右)



圖 8-29 3.0 版 IoT 測溫管理系統(雙測溫分機與管理主機)

五、雲端資料處理

(一)原始資料

1. 雲端設定

- (1)登錄 Google 帳號，再進入 IFTTT 官網進入設定(圖 8-30)。
- (2)點選專案空格，建立專案名稱“google”(圖 8-31)。



圖8-30 IFTTT設定首頁



圖8-31 建立專案

(3) 進入專案頁面開始設定數據鏈上傳雲端資料(圖8-32)。



圖8-32 專案頁面數據鏈上傳雲端設定

2. 時空資料儲存

- (1) 登錄 Google 帳號，進入雲端硬碟，找到設定好的根目錄檔案夾-IFTTT 檔案夾(圖 8-33)。
- (2) 進入 IFTTT 檔案夾，選擇 MakerWebooks 檔案夾(圖 8-34)。
- (3) 進入 MakerWebooks 檔案夾，選擇專案 1(google)檔案夾(圖 8-35)。
- (4) 進入專案 1(google)檔案夾，選擇上傳的時空檔案(圖 8-36)。



圖8-33 雲端資料儲存資料根目錄檔案夾



圖8-34 IFTTT檔案夾下層檔案夾



圖8-35 MakerWebooks檔案夾下層專案檔案夾



圖8-36 專案1(google)檔案夾下層的測溫檔案

(5) 開啟上傳的測溫時空檔案，檢視檔案資料內容(圖 8-37)。

24	October 5, 2020 at 03:07PM	google	一號		0	溫度	33.21
25	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號	235610499	0	溫度	30.07
26	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	32.21
27	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	33.41
28	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	34.07
29	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	33.11
30	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	35.55
31	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	36.27
32	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	36.25
33	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	36.37
34	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	37.19
35	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號	235610499	0	溫度	33.45
36	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	31.93
37	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	31.53
38	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	31.73
39	October 5, 2020 at 03:09PM	google	一號		0	溫度	31.11
40	October 5, 2020 at 03:10PM	google	一號		0	溫度	31.57
41	October 5, 2020 at 03:10PM	google	一號		0	溫度	31.11

圖8-37 管理主機上傳雲端的測溫時空資料

(二)過溫資料

1. 雲端設定

- (1)登錄 Google 帳號，再進入 IFTTT 官網進入設定(圖 8-38)。
- (2)點選專案空格，建立專案“google2 ”(圖 8-39)。



圖8-38 IFTTT設定首頁



圖8-39 建立專案

- (3)進入專案頁面開始設定數據鏈上傳雲端資料(圖8-40)。



圖 8-40 專案頁面數據鏈上傳雲端設定

2. 過溫資料儲存

- (1)登錄 Google 帳號，進入雲端硬碟，找到設定好的根目錄檔案夾---IFTTT 檔案夾(參圖 8-33)。
- (2)進入 IFTTT 檔案夾，選擇 MakerWebooks 檔案夾(參圖 8-34)。
- (3)進入MakerWebooks檔案夾，選擇專案2(google2)檔案夾(圖8-43)。
- (4)進入專案 2(google2)檔案夾，選擇上傳的時空檔案(圖 8-44)。



圖 8-41 MakerWebooks 檔案夾下層專案檔案夾



圖 8-42 專案 2(google2)檔案夾下層的測溫檔案

(5)開啟上傳的過溫時空檔案，檢視檔案資料內容(圖 8-45)。

	A	B	C	D
1	October 5, 2020 at 03:09PM	google2	235610499	39.07
2	October 5, 2020 at 03:10PM	google2	0	38.19

圖8-43 管理主機上傳雲端的過溫時空資料

六、雲端數據鏈資料應用

- (一)系統設置：在人群頻繁進出的公眾場合，如：市場、賣場、便利商店、學校、郵局、警局…，廣泛設置 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統，形成社會疫病監控網。
- (二)數據應用：當中央疫情指揮中心發現確診案例時，可立即檢視 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統雲端數據，回溯確診個案於社會疫病監控網中的移動細節，建立詳細明確的示警路徑(圖 8-46)，有效避免人力訪查時，當事人有意無意的記憶缺失，風險地點追溯不清，導致防疫破口。



圖8-44 應用雲端數據建立詳細明確的示警路徑

玖、結論

本研究專題針對疫病大流行時防疫政策制定及防疫行為執行中，極為重要的 4 步驟“確保安全、疫病偵測、資料蒐集、風險分析”，提出創新的一站式防疫風險預警方案，本研究目前完成下列成果，成功串聯“確保安全、疫病偵測、資料蒐集、風險分析”，完成創新的一站式防疫風險預警。

一、模組化 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統

(一) 模組化多模式應用，視場合需求靈活運用

1. 單機模式

- (1) 單分機獨立運作(圖 9-1)
- (2) 雙分機獨立運作(圖 9-2)



圖 9-1 單分機獨立運作 圖 9-2 雙分機獨立運作

2. 物聯網系統管理模式

- (1) 單分機 + 搭配 1 主機運作(圖 9-3)
- (2) 雙分機 + 搭配 1 主機運作(圖 9-4)



圖 9-3 單測溫分機與管理主機協作模式 圖 9-4 雙測溫分機與管理主機協作模式

3. 數據鏈雲端運作模式

- (1) 單分機 + 搭配 1 主機 + 聯網雲端運作(圖 9-5)
- (2) 雙分機 + 搭配 1 主機 + 聯網雲端運作(圖 9-6)



圖 9-5 單測溫分機與管理主機協作雲端數據鏈模式



圖 9-6 雙測溫分機與管理主機協作雲端數據鏈模式

- (二) 精 度 高：採 906-DCI 醫療級晶片，並設計核心熱梯度補償校正功能
- (三) 超遠距離：利用 WiFi 平台設計分機與主機 AP 及 STA 架構，使監測者與觀測者距離達 3m~15m，完全避免感染擴散，確保人員安全。
- (四) 真 無 線：內建 WiFi 資料傳輸及 18650 大容量鋰電池，擺脫插線資料傳輸及供電，使設備得以靈活設置，有利疫病檢測普及化。
- (五) 全 自 動：完全不須人力操作測溫，不需設定，隨開即用。
- (六) 人 力 少：1 人可監控 2 部測溫分機即 2 條測溫動線。

- (七)不 費 力：隨環境設定警示標準，分機主機自動發布聲光過溫警示，監測過程輕鬆無壓力。
- (八)保護隱私：額頭或手腕測溫，無熱顯像儀內衣褲被透視隱憂。
- (九)自動登錄：測溫資料即時登錄雲端儲存，減少人員額外工作，避免監控人員與人產生社交糾紛，**確保測溫資料即時性與真實性。**
- (十)身份認證：採用 RFID 智慧讀卡，即時確認人員身份，減少人員額外工作，避免監控人員與人產生社交糾紛，增加身份資料即時性與真實性。

二、數據鏈即時雲端化

上傳雲端：數據資料即時上傳雲端記錄存檔，確保數據即時性與真實性。

三、雲端數據即時監控

- (一)遠端監控：雲端數據鏈提供即時監控。
- (二)過溫示警：過溫數據提供即時示警，疫情主管單位可立即應對，避免持續擴散。

四、雲端數據鏈資料應用

發現確診案例時，可立即檢視 IoT 疫病徵兆(高溫)偵測管理系統雲端數據，回溯確診個案於社會疫病監控網中的移動細節，建立詳細明確的示警路徑(圖 9-7)，有效避免人力訪查時，當事人有意無意的記憶缺失，風險地點追溯不清，導致防疫破口。



圖9-7 應用雲端數據建立詳細明確的示警路徑

拾、未來展望

本研究專案有下列幾項是我們相當有興趣的項目，希望能在評審教授指導下，系統能繼續發展、優化與成熟。

一、硬體優化

- (一)、將硬體加上高清攝像鏡頭 AI 模組，發展人臉辨識功能，提供雲端更多資訊，精進資料研判。
- (二)、將硬體加上指紋模組(圖 10-1 左)，發展指紋辨識功能，提供雲端更多資訊，精進資料研判(圖 10-2)
- (三)、將硬體加上 GPS、BD 定位模組(圖 10-1 右)，發展時空移動軌跡定位辨識，提供雲端更多資訊，精進資料研判(圖 10-2)。



圖 10-1 計畫新增功能模組指紋辨識(左)，GPS(右)

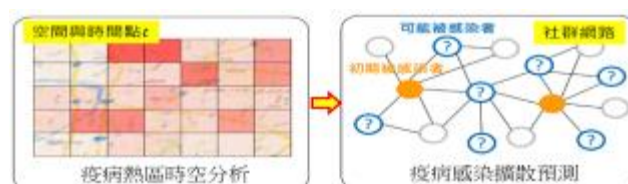


圖 10-2 形成完整時空數據鏈，強化疫病研判

- (四)、開發穿戴式移動監控管理主機系統(圖 10-3)

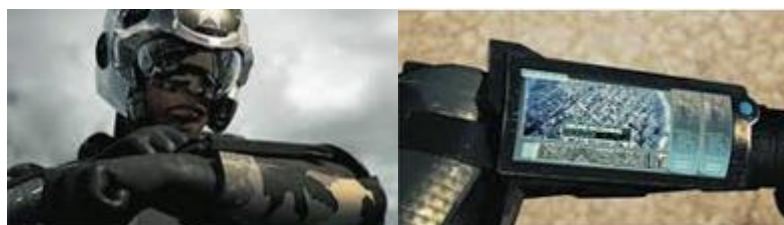


圖 10-3 穿戴式移動監控主機(概念示意圖)

二、深度學習演算法

- (一)、完整數據鏈感染高風險預警演算法的撰寫。
- (二)、目找尋適當區域，完成演算法學習(附錄六)。

三、軟體優化

- (一)、開發 APP 結合測溫分機時空資料，發展個人健康疫病管理系統。
- (二)、目前演算法隱藏層設計相對簡單，仍需學習高階演算法將演算法持續優化。
- (三)、嘗試應用 MIT (Massachusetts Institute of Technology) 所發佈的機器學習設計的 Julia 語法。

四、社會責任

- (一)、申請專利，使 IoT 疫病量測管理系統能配合世界政策，盡速進入全球社會使用，達到防疫功效。
- (二)、優先免費提供全球疫情最嚴重的窮困國家，協助減緩疫情擴散，拯救無辜生命。



圖 10-4 世界生命深受疫病之苦

【評語】 032804

1. 利用物聯網與雲端科技概念，設計相關裝置，進行體溫量測、身份辨識、蹤跡回溯，可以提升防疫作為的安全性與效率，具有創意。
2. 所設計的裝置體溫偵測，其偵測結果缺少與傳統人工量測裝置實測的比對數據資料，很難判斷此裝置的測量的準確性、穩定性與效能。
3. 對於身份辨識、蹤跡追溯技術，在作品中缺乏實際操作與結果呈現，無法知其效度。另外，民眾不會隨身有 RFID 等辨識裝置，在實際執行面有其困難。
4. 如果該技術實現在每個人家用的額溫槍 IOT 的具體實現可行性高；如何在既有的物件上加上可以實現傳輸功能的模組是重點。

作品簡報

作品編號：032804

當我們“聯”在“疫”起——

模組化物聯網體溫偵測管理系統
於防疫調查與人員管制應用之研究

The Application of
Modular IoT Temperature Detection Management System
in Global Pandemic Prevention

INTRODUCTION — MOTIVATION

當我們“聯”在“疫”起

1. 虛假疫調



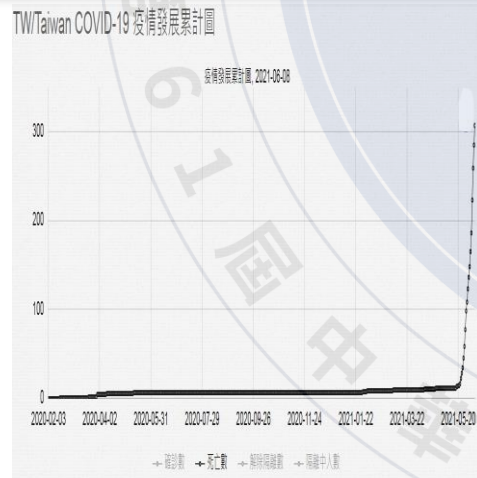
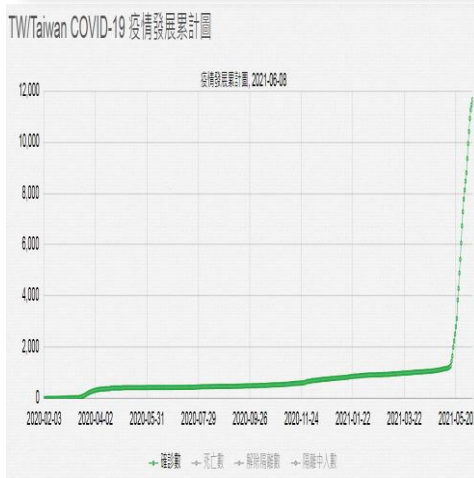
2. 防疫資訊空洞

日期	時間	地點
1/19	約10:00-11:00	桃園市八德區大溝市場
	約17:40-19:50	皇上皇港式飲茶
1/21	約16:00-17:00	全聯(八德麥勇店)
1/22	約14:40-15:20	Moominlu Bakery
1/23	約10:40-11:30	桃園市八德區大溝市場



現行透過人力訪查方式，以大規模人力成本進行低真實性、低細節性的環境疫病調查，充滿謊言與造假，導制防疫資訊虛假空洞，反增防疫風險。

3. 疫病確診死亡爆增



4. 實聯制無人監督虛偽造假



我國正面臨疫病大爆發，死亡率更高於世界平均，同時更充斥著疫調的造假與防疫措施的混亂，突顯本研究專題之必要性與急迫性。

5. 人力耗損



6. 交互傳染



7. 低準確性



8. 設備龐大複雜



9. 侵犯隱私

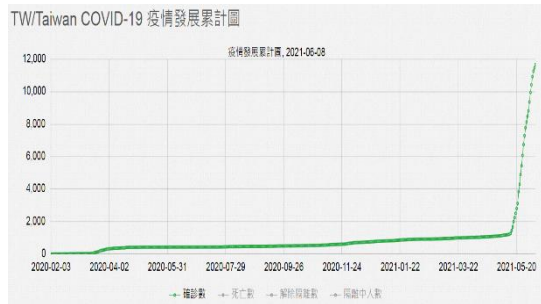


INTRODUCTION — SCOPE

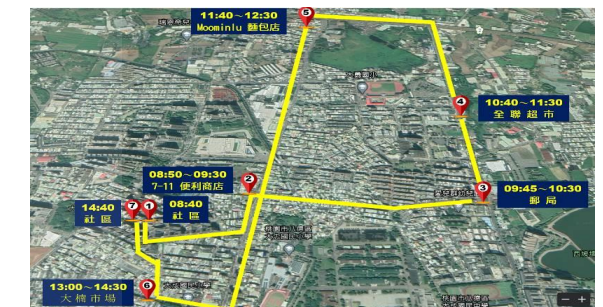
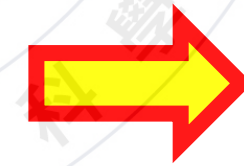
創新設計優勢 The Innovative Advantages (Lucky 7)



“疫病時實調查 + 足跡完整分析 + 數據雲端化 + 大數據登錄 + 實名制管制 + 安全檢測 + 疫病偵測”

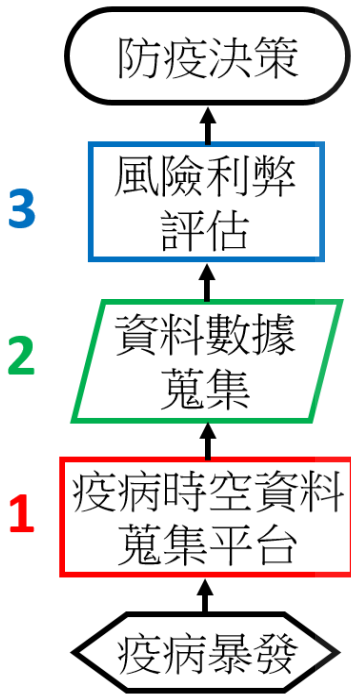


日期	時間	地點
1/19	約10:00-11:00	桃園市八德區大濱市場
	約17:40-19:50	星上星港式飲茶
1/21	約16:00-17:00	全聯(八德東興店)
1/22	約14:40-15:20	Moominlu Bakery
1/23	約10:40-11:30	桃園市八德區大濱市場

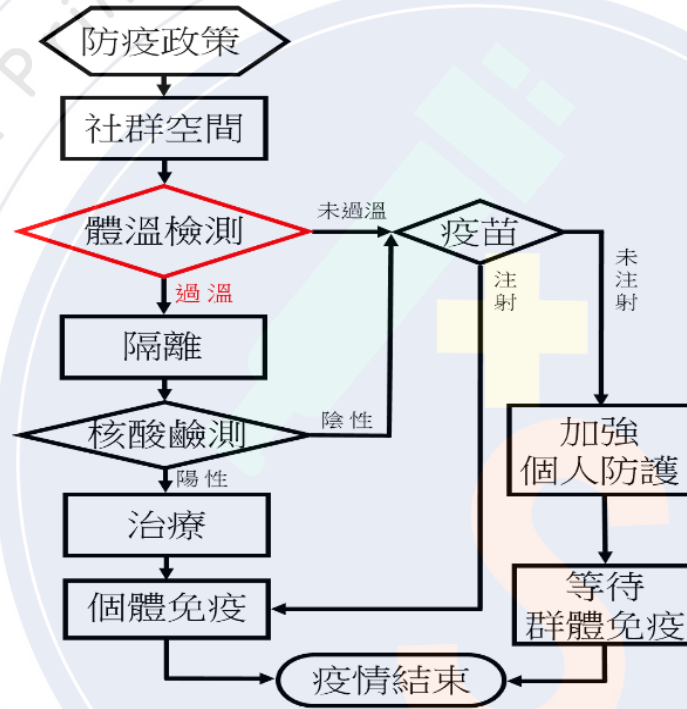


PURPOSE

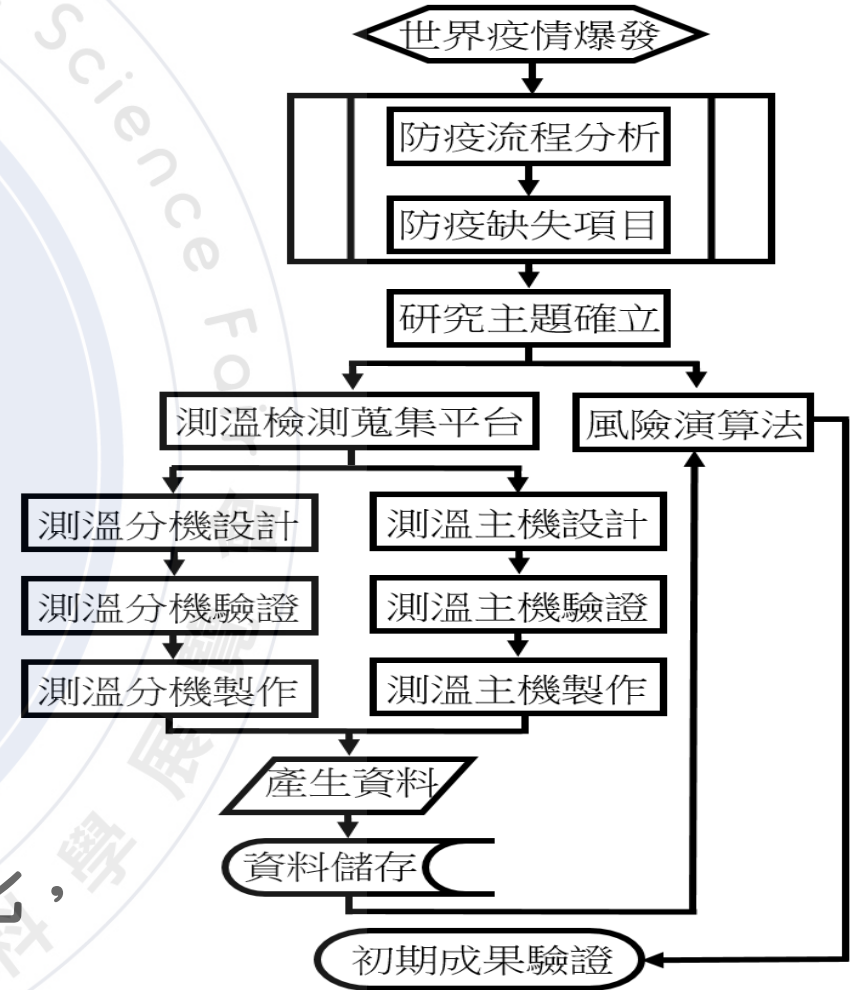
1. 防疫決策



2. 防疫執行



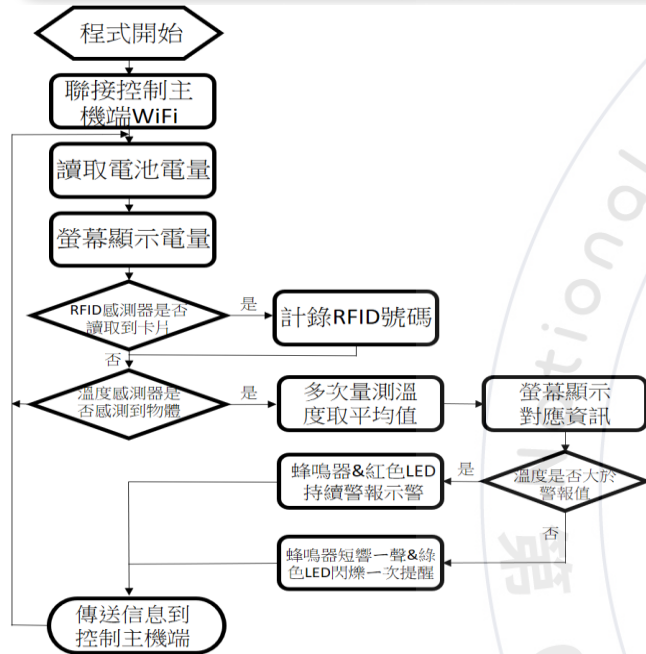
3. 研究流程



串聯連接“**疾病檢測**，**數據收集**和**風險分析**”，
 使用IoT傳感器收集疫病時空數據，將爆發風險評估雲化，
 實時預測群體感染的風險，
 完成基於科學數據的疫病預警。

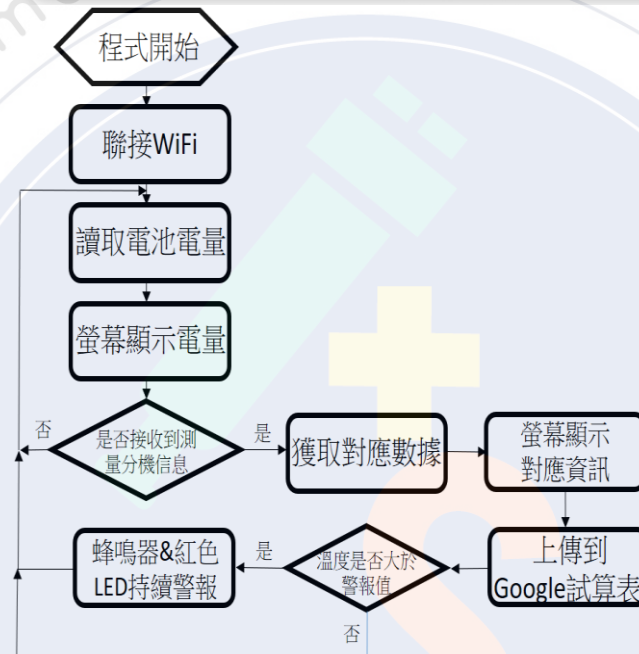
METHODS

1. 量測分機電氣流程



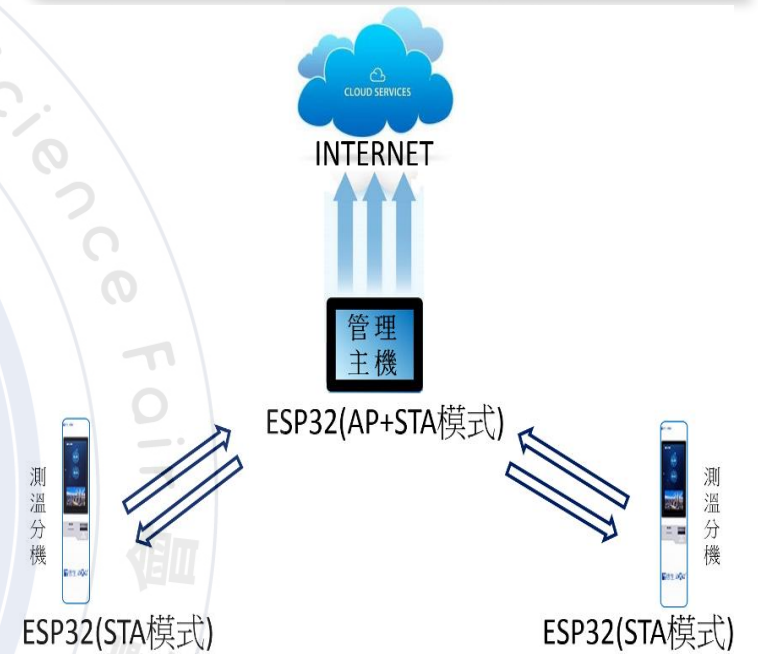
- 設定
1. 測距功能
 2. 溫度測量
 3. 聲音警報
 4. 燈光警告
 5. STA傳輸
 6. 功率檢測
 7. 信息顯示

2. 管理主機電氣流程



- 設定
1. WiFi 收發器
 2. 信息顯示
 3. 聲音警報
 4. 燈光警告
 5. 電池檢測

3. 無線傳輸架構



- 設定
1. STA 發送消息
 2. 主機 AP + STA 收發
 3. 在雲端接收數據

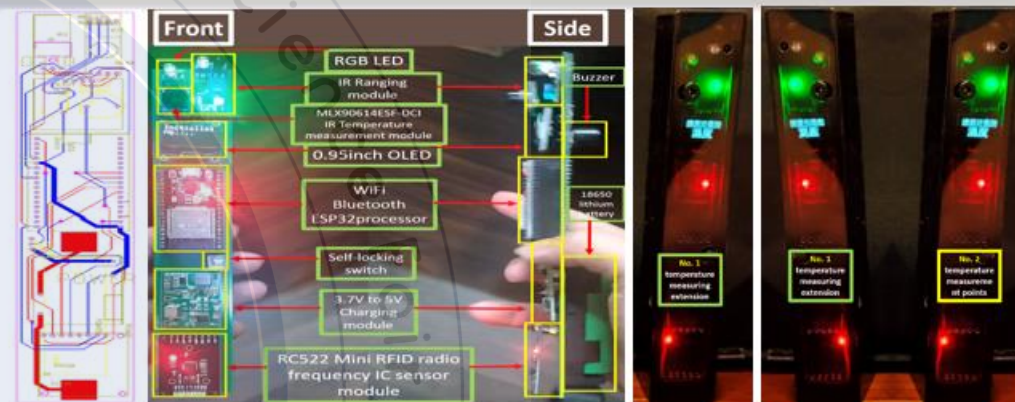
RESULTS-1 : 分機獨立運作模式

研究一、模組化1級應用 Research I. Modularized Level-I Application

設計驗證測試階段 Design Verification Test Stage 1 (DVT-1)

電路板的設計以節省空間和方便固定為概念主軸，設計緊湊的長機板，用**WINDOWS PAINT**繪製電路，然後使用**PCB CAD**自動接線裝置進行校正，然後將電路板發送到工廠要洗。

按照配置設置所有組件將圖形的設置位置焊接在電路板上，並測試電源。



圖十二 測溫分機PCB

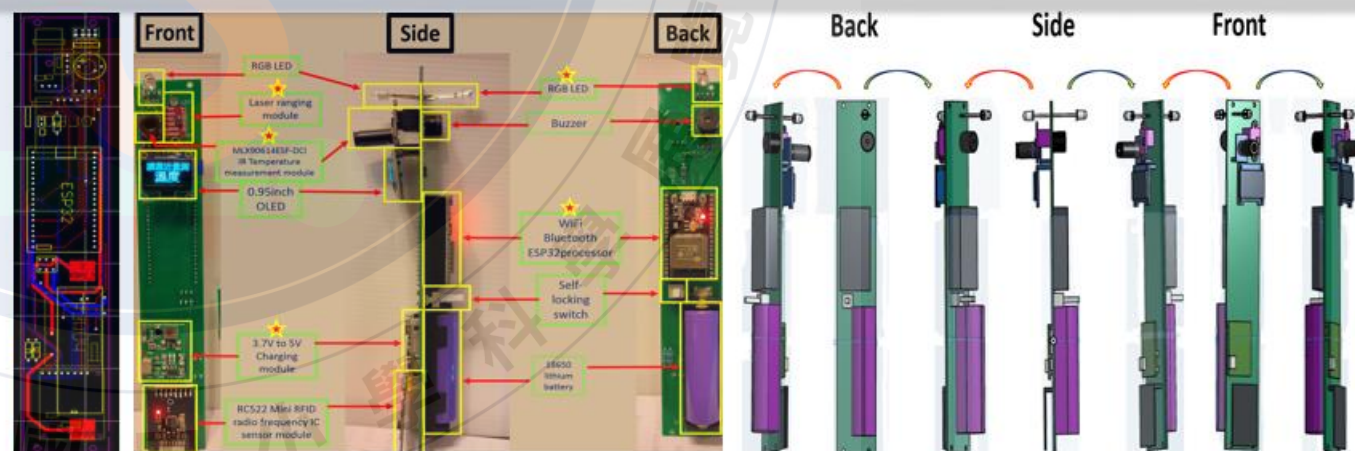
圖十三 測溫分機電路裝置圖

圖十四 測溫分機單雙機外觀圖

設計驗證測試階段 Design Verification Test Stage 2 (DVT-2)

調整零件模塊的位置，重新設計電路板，根據修改後的配置圖設置位置將更新的組件焊接到電路板上，確定實際尺寸，並基本確定整體形狀，從而使整體功能得以實現機器可以驗證。

在這一階段，重點是整個機器的生產，以發現並糾正設計和製造中的問題。



圖十五 測溫分機PCB

圖十六 測溫分機電路裝置圖

圖十七 測溫分機3D設計圖

RESULTS-2 : 分機與管理主機IoT協作模式

當我們“聯”在“疫”起

研究二、模組化2級應用 Research II Modularized Level-2 Application

工程驗證測試 Engineering Verification Test (EVT)

將電子部件插入麵包板，並用彩虹電纜連接它們，以測試組件功能是否可以正常工作並產生電磁干擾，還可以測試RFID IC無線讀卡器組件。



圖二十五 零組件試做



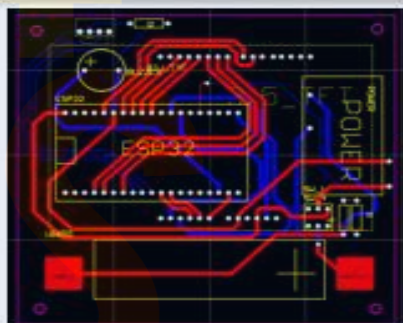
圖二十六 零組件試做



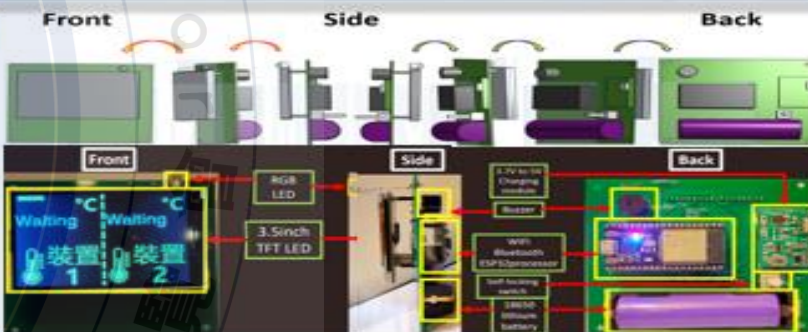
圖二十七 主機螢幕試做

設計驗證測試階段 Design Verification Test Stage1 (DVT-1)

使用新添加的LED，設計聲光警告2.0改進版的主機，使用WINDOWS PAINT繪製電路，然後使用PCB CAD自動路由器對其進行校正，然後將其發送到工廠以清洗電路板，根據配置圖將更新後的元件焊接到更新後的電路。板載和電源測試



圖二十八 主機PCB設計



圖二十九 管理主機3D設計及電路裝配

集成化2級應用 Level-2 Application Integration

1. 當溫度低於 (37.5°C) 時，分機和主機都將顯示溫度，LED指示燈將閃爍綠色，並且蜂鳴器將發出蜂鳴聲。
2. 溫度過高 (37.5°C) 時，LED保持紅色閃爍，並且蜂鳴器不斷發出嗶嗶聲。



圖三十 分機測溫

圖三十一 分機主機協做

圖三十二 系統過溫測試

圖三十三 系統過溫測試

RESULTS-3 : 數據雲端化模式

研究三、模組化3級應用 Research III. Modularized Level-3 Application

IoT 溫度量測管理系統 3.0 Version 3.0 IoT Temperature Measurement Management System

進化版的3.0版，除改進前述檢討外，另在3D列印外觀機制中增加了手持式多角度易見結構，及零部件穩定結構，並在底部增加了1/4英寸通用螺釘鎖孔，適用於所有溫度測量領域。



圖三十四 3D列印設計



圖三十五 3D列印組裝

雲端數據即時檢視 Real-Time Review of Cloud Data

雲端數據上傳設定

1. 登錄到Google帳戶，然後進入IFTTT官方網站以輸入設置
2. 單擊項目空間以創建項目名稱“google”
3. 進入項目頁面並開始設置數據鏈接，以上傳雲數據和時空數據存儲

24	October 5, 2020 at 03:07PM	google	卡號	0	溫度	33.21
25	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	235610499	溫度	39.07
26	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	32.21
27	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.41
28	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	34.07
29	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.11
30	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	35.55
31	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	36.27
32	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	36.25
33	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	36.37
34	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.10
35	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.45
36	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.17
37	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.33
38	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.43
39	October 5, 2020 at 03:09PM	google	卡號	0	溫度	33.11
40	October 5, 2020 at 03:10PM	google	卡號	0	溫度	33.17
41	October 5, 2020 at 03:10PM	google	卡號	0	溫度	33.11

時間資料 (月、日、年、時、分) | 專案名稱 | 身份資料 (數位身份證、IC健保卡、IC學生卡...) | 量測溫度 (攝氏°C)

圖三十六 原始數據資料

1	October 5, 2020 at 03:09PM	google2	235610499	39.07
2	October 5, 2020 at 03:10PM	google2	0	38.10
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

時間資料 (月、日、年、時、分) | 專案名稱 | 身份資料 (數位身份證、IC健保卡、IC學生卡...) | 量測溫度 (攝氏°C)

圖三十七 過濾數據資料

RESULTS-4 : 雲端數據疫調圖像化

研究四、模組化4級應用 Research IV. Modular Level-4 Application

案889、890公共場所活動史		
日期	時間	地點
1/19	約10:00~11:00	桃園市八德區大浦市場
	約17:40~19:50	星上星港式飲茶 (桃園市桃園區龍岡路289號)
1/21	約16:00~17:00	全聯(八德東勇店) (桃園市八德區東勇北路566、568號)
1/22	約14:40~15:20	Moominlu Bakery (桃園市八德區天祥山102巷28號1樓)
1/23	約10:40~11:30	桃園市八德區大浦市場

- ◆曾出入相關場所民衆應自主健康管理，若於2/3前出現發燒、上呼吸道、腹瀉、嗅覺異常等症狀，應佩戴口罩，儘速至就近指定社區採檢院所就醫，不得搭乘大眾運輸。
 - ◆就醫時請主動告知接觸史、旅遊史、職業暴露、周遭其他人是否有類似症狀等。
 - ◆經醫師評估後採檢者需自付採檢費等費用(檢驗費由公費支出)。
 - ◆相關疑問請撥打1922。
 - ◆指定社區採檢院所查詢：<http://at.cdc.tw/5y262t> (部立桃園醫院除外)
- 中央流行疫情指揮中心 2021/01/25



傳統人工疫調不但充滿虛假，更無法清楚疫病傳播足跡。

本研究發展4級應用雲端時空數據在有疫調需求時，可立即調出個案時空數據，並依數據登錄雲端時間與空間資料，繪製個案活動史詳細移動路徑圖，充分提供防疫訊息。

CONCLUSION

創新設計優勢 The Innovative Advantages (Lucky 7)



I. 全自動運作 Fully Automatic Measurement
 溫度測量不需要人工操作，不需要設置，並且可以立即使用，以大大減少勞力消耗

II. 超距警示 Super Long Distance Warning
 完全避免交叉感染

III. 真無線 True Wireless
 內置WiFi數據傳輸和18650大容量鋰電池，擺脫了插件數據傳輸和電源的困擾。該設備可以靈活設置，有利於疾病檢測的普及。

IV. 雙分機運作 1 Host Monitor 2 Extensions
 2條測溫運動線，極大減少人力消耗。

V. 數據自動登錄 Fully Automatic Data Log-In
 溫度測量數據可以立即存儲在雲中，從而減少了人力消耗。避免監視人員與人員之間的社會糾紛，並確保溫度測量數據的實時性和真實性。

VI. 身分認證 Identity Authentication
 使用RFID智能卡讀取器實時確認人員身份，減少人員的額外工作。避免監視人員與人員之間的社會糾紛，並增加身份信息的實時性和真實性。

VII. 數據雲化 Data Cloudification
 實時將數據上傳到雲以進行存檔，提供實時監控。

本專題研究完成了以下結果，並完成了創新的一站式防疫風險預警。模組化物聯網疾病癥兆（高溫）檢測和管理系統，模組化多模式應用，根據場合靈活使用

- 1-1、分機獨立運作模式 (圖41)
- 1-2、物聯網系統管理模式 (圖42)
- 1-3、數據鏈雲操作模式 (圖43)

- 2、數據收集的實時雲化
 - 2.1 即時將數據上傳到雲端歸檔
 - 2.2 雲數據提供實時監控

- 3、疾病風險即時分析圖像化
 - 感染風險分析圖像化，實時預警。



圖四十一 分機運作模式



圖四十二 雙機IOT模式



圖四十三 IOT雲端模式

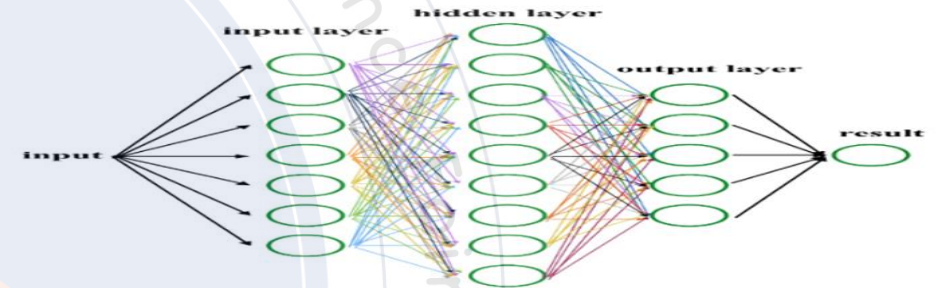
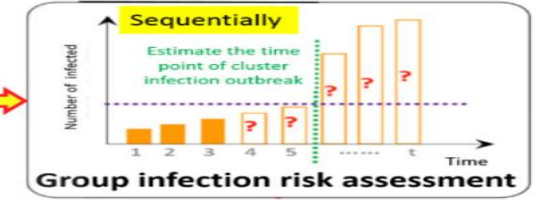
FUTURE INPLICATION



增設硬體功能



穿戴式應用



雲端資料
數據分析 自動示警

本研究尚有幾項相當有趣能在**功能與應用**上**持續擴充**的項目，希望有機會能繼續發展、優化與成熟。

一、硬體優化

- (一)、將硬體加上高清攝像鏡頭AI模組，發展人臉辨識功能，提供雲端更多資訊，精進資料研判。
- (二)、將硬體加上指紋模組，發展指紋辨識功能，提供雲端更多資訊，精進資料研判。
- (三)、將硬體加上GPS、BD定位模組，發展時空移動軌跡定位辨識，提供雲端更多資訊，精進資料研判。

二、深度學習演算法

- (一)、完整數據鏈感染高風險預警演算法的撰寫。
- (二)、目找尋適當區域，完成演算法學習(附錄六)。