



☒ 公開
☐ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070405e100

行政院農業委員會林務局111年度科技計畫研究報告

計畫名稱：山區無線寬頻網路建置及低軌衛星通訊技術研析案（第2年/全程2年）
(英文名稱) Wireless Broadband Network Construction in Mountainous Areas and Low Earth Orbits Satellite Communication Research Project

計畫編號：111農科-7.4.5-務-e1

全程計畫期間：自 111年1月1日 至 112年12月31日
本年計畫期間：自 111年1月1日 至 112年12月31日

計畫主持人：邱大福
研究人員：鄭燕雯、林美惠、顏志雄
執行機關：行政院農業委員會林務局



1114512



一、執行成果中文摘要：

本研究顯示TVWS技術在台灣山區通訊應用中具有顯著優勢，特別是在複雜地形和偏遠地區。未來結合LEO衛星通訊，可以構建更加全面和可靠的山區通訊網路。研究成果為山區通訊基礎設施的改善提供了新的思路和實踐經驗。未來，通過持續的技術優化和創新應用，這些新興通訊技術有望為山區生態監測、災害預防和應急通訊等領域帶來革命性的改變，從而顯著提升山區治理的質量。

二、執行成果英文摘要：

This study shows that TVWS technology has significant advantages in communication applications in Taiwan's mountainous areas, especially in complex terrain and remote areas.

In the future, combined with LEO satellite communications, a more comprehensive and reliable mountainous communication network can be built. The research results provide new ideas and practical experience for improving communication infrastructure in mountainous areas.

In the future, through continuous technological optimization and innovative applications, these emerging communication technologies are expected to bring revolutionary changes to the fields of mountainous ecological monitoring, disaster prevention, and emergency communications, thereby significantly improving the quality of mountainous area governance.

三、計畫目的：

完成TVWS設備進口及向主管機關申請實驗頻段、網路及設備設置許可。

四、重要工作項目及實施方法：

- 建立新竹處TVWS無線通訊網路。
- 導入機動式TVWS通訊設備，強化動態部署能力。
- 於東滿步道及北插天山地區建立物聯網(IoT)網路並串連TVWS網路，實測物聯網應用。
- 研析低軌道衛星通訊技術應用於山區通訊之可行性及效益。

五、結果與討論：

1. 可做TVWS骨幹網路頻道管理系統，從中心端隨時調整TVWS使用的頻道。
2. 可嘗試使用TVWS CPE作為動物照相機的傳輸介面，解決傳輸速度緩慢的問題
3. 動物攝影機太陽能供電日照不足問題，可以加大太陽能板容量，並研析提高發電量的方案。
4. 設計機動式TVWS操作軟體，可以快速查找並設定可用的基站及連線密碼
5. 為了配合國外廠商落地跟服務正式商轉時程，LEO技術的導入整合可以留待後續再作規劃，為骨幹做落地網路通道。
6. 在山林管理上：
 - a. 可導入虛擬基準站之網路化即時動態定位技術VBS-RTK，應用於界址測量。
 - b. 人流監管上如未來台灣起動低軌衛星服務時，可以新的定位及傳輸技術做為人流及緊急求救定位的解決方案。



1114512



六、結論：

七、參考文獻：





農業部林業及自然保育署

山區無線寬頻網路建置及低軌衛星 通訊技術研析案



農業部林業及自然保育署
Forestry and Nature Conservation Agency, Ministry of Agriculture

成果報告書

全案執行時程：自 111 年 11 月 16 日起 至
113 年 06 月 30 日止



AllWin

執行單位：總泰技術整合有限公司

計畫主持人：邱大福

中 華 民 國 1 1 3 年 0 8 月 1 0 日



1114512



摘要

隨著通信技術的快速發展，如何為地形複雜、基礎設施不足的山區提供穩定、高效的通信服務成為一個重要課題。本研究旨在探索電視白頻段（TVWS）技術和低軌道（LEO）衛星通信在台灣山區的應用潛力，以解決現有通信基礎設施的局限性。通過實地測試、數據分析和比較研究，我們評估了這些新興技術在提升山區通信覆蓋、支持物聯網應用以及增強災害應對能力方面的可行性和效益。

本專案採用了實地部署、實驗研究和理論分析相結合的方法。主要研究內容包括 TVWS 場域建設、機動式 TVWS 設備開發、林業物聯網應用、LEO 衛星通信可行性分析以及相關的教育培訓。研究過程中，我們特別關注了技術在複雜地形中的表現、成本效益、與現有系統的兼容性以及未來擴展潛力。

主要研究內容及成果：

1. TVWS 場域實驗執照展延及重新申請

- 成功完成 TVWS 場域實驗執照的展延和重新申請
- 確保專案電臺在合法和合規的框架內進行

2. TVWS 場域建置與設備監控

- 在 9 處中繼站共構部署 TVWS 網路
- 覆蓋範圍達 469.34 平方公里（@-72dBm）
- 在複雜地形中實現穩定通訊，含干擾較大的樂山中繼站
- 開發並測試 5 套機動式 TVWS 設備
- 建立 IoT 人員定點偵測系統網路，包括 40 個通訊點位和 1 台 LoRa 集中器收集物聯網感測器資料



3. TVWS 實地應用研析-機動式 TVWS 設備

- 舉辦討論會議和應用部署規劃
- 提供 3 小時教育訓練，培訓 30 名相關人員

4. TVWS 實地應用研析-林業物聯網

- 環境監測：部署 15 套微氣候感測設備和 10 台紅外線攝影機
- 人流監控：建置 3 台自動服務機和 30 個定位卡片
- 收集和分析登山團隊的移動數據

5. 低軌道衛星通訊技術應用研析

- 分析 LEO 衛星通訊在台灣山區應用的可行性
- 評估與 TVWS 技術的整合可能性
- 進行成本效益分析和未來發展性評估

6. 保固服務和專案管理

- 提供 1 年保固服務
- 設置專案工作小組，確保有效執行和管理

本研究顯示 TVWS 技術在台灣山區通訊應用中具有顯著優勢，特別是在複雜地形和偏遠地區。未來結合 LEO 衛星通訊，可以構建更加全面和可靠的山區通訊網路。研究成果為山區通訊基礎設施的改善提供了新的思路和實踐經驗。未來，通過持續的技術優化和創新應用，這些新興通訊技術有望為山區生態監測、災害預防和應急通訊等領域帶來革命性的改變，從而顯著提升山區治理的質量。





關鍵字：

電視白頻段(TVWS)；低軌道衛星通訊(LEO)；山區無線寬頻網路；
物聯網(IoT)；機動式通訊設備；林業物聯網；環境監測；人流監
控；生態監測；偏遠地區通訊；災害應對通訊

期末報告審查意見回應表

委員意見	廠商回應	增修對應章節
一、 范組長家翔		
(一) 以淺顯易懂方式說明技術研析及應用	感謝委員指導。已重新檢視全文，特別是技術章節，使用更通俗的語言解釋複雜概念。增加了名詞解釋章節，幫助讀者理解專業術語。	全文，特別是第2、3、4章，新增第1.3節專有名詞與技術概念解釋
(二) 將簡報之結論與建議納入報告	已將簡報中的主要結論和建議整合到報告第6章，確保報告全面涵蓋所有重要發現和建議。	第6章結論與建議
(三) 補充 LEO 應用之量化成本效益分析	針對 LEO 在山區應用情境進行成本效益分析，以 OneWeb 為例，詳細量化其建設與營運成本。	第4.2節，新增4.2.5小節
二、 黃分署長群修		
(一) LEO 與 TVWS 技術之比較及評估	通過比較 LEO 衛星通訊與 TVWS 技術在山區環境中的優缺點，我們建議採用混合方案，實現網路覆蓋與成本效益的最佳平衡。	第4.2節，新增4.2.5小節
(二) 評估 3G 關閉影響及因應方案	新增了 3G 關閉對山區通訊的影響評估，並提出了	新增章節，第6.3節





委員意見	廠商回應	增修對應章節
	因應策略，包括 TVWS 和 LEO 技術的應用方案。	
(三) 評估採螺釘方式固定設備	增加了對螺釘固定方式的評估，包括其優缺點分析和對環境的影響，並提出了混合固定方案。	第 3 章（各子系統的設備安裝部分）
(四) 重新評估 RTK 技術與 TVWS 在淺山地區的應用	重新評估了 RTK 技術在淺山地區的應用價值，並分析了 TVWS 在此場景中的輔助作用。	第 6.2.4 節
(五) 評估直接以 TVWS 傳輸影像及照片	新增了 TVWS 直接傳輸影像的可行性分析，包括傳輸速率、延遲等方面的評估。	第 3.3 節 新增 3.3.4 小節
三、陳組長連晃		
(一) 端點上應用軟體預處理影像	感謝委員指導。增加了在端點設備上進行影像預處理的技術方案，以降低數據傳輸量。	第 3.3 節 新增 3.3.5 小節
(二) 補充 TVWS 實際應用時方位角可接受的誤差值	新增了 TVWS 天線方位角誤差的分析，包括可接受的誤差範圍及其對通訊質量的影響。	第 2 章 新增 2.3 節
四、新竹分署		
(一) 評估應用林火現場即時照片回傳作業	感謝委員指導。新增了 TVWS 技術在林火現場即時照片回傳中的應用評估。	第 6.4.4 節（新增相關內容）
(二) 動物影像傳輸採直接 TVWS 傳輸方案	重新評估了直接使用 TVWS 傳輸動物影像的可行性，並提出了相關建議。	第 3.3.4 節
(三) 納入土場及大溪 6 林班集水區治理資訊傳輸	在未來規劃中納入了土場及大溪 6 林班集水區的 TVWS 網路建設計劃。	第 6.4.1 節





委員意見	廠商回應	增修對應章節
(四) 氣象站採 TVWS 傳輸	評估了在氣象站使用 TVWS 進行數據傳輸的可行性。	第 6.4.1 節 (新增相關內容)
五、保育管理組		
(一) 補充動物影像傳輸應用之實驗數據及建議	感謝委員指導。增加了實驗數據，包括拍攝總量、傳輸成功率等，並提出了改進建議。	第 3.3.3 節
六、森林管理組		
(一) 評估申請 TVWS 專用頻率之可行性	感謝委員指導。新增了申請 TVWS 專用頻率的可行性分析，包括長期頻率使用策略建議。	第 6.4.2 節
七、保育企劃組資訊管理科		
(一) 監測數據保留 1 年	感謝委員指導。明確說明了監測數據的保留政策，並描述了數據管理的具體方案。	第 3 章 新增 3.5 節
(二) TVWS 網路以 VPN 方式串接內部網路	增加了 TVWS 網路通過 VPN 串接內部網路的技術方案。	第 6.4.3 節
(三) 評估合併計畫書	新增了將本案與林火高風險山區無線寬頻網路建置案合併的可行性評估。	第 6.4.3 節



目錄

1 前言	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 研究範圍與限制	1
1.3 專有名詞與技術概念解釋	2
1.4 期中至期末階段工作概述	5
2 TVWS 實地應用研析-機動式 TVWS 設備	6
2.1 討論會議	6
2.2 應用部署	6
2.3 TVWS 系統應用時天線角度的可接受誤差範圍	9
2.3.1 骨幹站定向天線	9
2.3.2 機動式設備全向天線	10
2.3.3 兩種天線系統的綜合考量	11
2.4 教育訓練	12
2.5 土場監測站通訊實地研析	13
2.6 應用成果與展望	14
3 TVWS 實地應用研析-林業物聯網	16
3.1 環境監測	17
3.1.1 系統架構與設備	17
3.1.2 部署與測試	18
3.1.3 監測資料平台查詢	19
3.2 人流監控	28
3.2.1 系統架構與設備	28
3.2.2 部署與測試	29
3.3 野生動物監控	33
3.3.1 野生動物攝影機傳輸控制器控制流程	33
3.3.2 動物攝影機部署與測試	33
3.3.3 動物影像傳輸應用實驗數據及應用方案	36
3.3.4 TVWS 直接傳輸影像及照片評估	38
3.3.5 影像預處理技術	42
3.4 應用成果與展望	43
3.5 監測數據保留與管理策略	44
4 低軌道衛星通訊技術應用於山區通訊之可行性及效益研析	45
4.1 低軌衛星通訊與物聯網應用發展現況	45
4.1.1 低軌衛星通訊的優缺點	45
4.1.2 物聯網在各個應用領域的具體案例	45





4.1.3 亞太地區發展中國家的數位連接挑戰.....	46
4.1.4 LEO 衛星通訊和物聯網技術發展面臨的挑戰.....	47
4.1.5 LEO 衛星通訊和物聯網技術發展的未來趨勢.....	47
4.2 低軌衛星通訊於我國山區環境成本效益分析.....	47
4.2.1 LEO 衛星通訊與傳統地面基礎設施的比較.....	47
4.2.2 LEO 衛星通訊系統在山區環境中的具體應用案例....	48
4.2.3 LEO 衛星通訊技術在山區環境中面臨的具體技術挑戰.....	49
4.2.4 LEO 衛星通訊技術在我國山區環境中應用的潛在成效.....	49
4.2.5 成本效益評估量化分析與結果比較.....	50
4.2.5.1 新增一個節點.....	52
4.2.5.2 山區環境監測使用案例.....	53
4.2.5.3 小結.....	55
4.3 低軌衛星通訊於我國落地商用進度及實證規劃.....	56
4.3.1 Starlink 和 OneWeb 在亞洲地區的發展進度.....	57
4.3.2 《太空發展法》的具體內容.....	57
4.3.3 「國家太空科技長程發展計畫」的具體內容.....	58
4.4 分析結果與建議.....	60
5 教育訓練執行情形.....	63
5.1 訓練內容與方式.....	63
5.2 參訓人數.....	64
5.3 未來改進計畫.....	64
6 結論與建議.....	65
6.1 專案成果總結.....	65
6.2 主要發現與建議.....	66
6.2.1 TVWS 技術應用.....	66
6.2.2 林業物聯網應用.....	67
6.2.3 低軌道衛星通訊技術.....	68
6.2.4 在淺山地區 VBS-RTK 技術的應用.....	69
6.3 3G 通訊關閉影響評估及因應方案.....	70
6.4 未來發展規劃建議.....	70
6.4.1 TVWS 網路擴展.....	71
6.4.2 頻率使用規劃.....	72
6.4.3 系統整合與優化.....	72
6.4.4 技術創新與應用拓展.....	73
7 保固服務計畫書.....	75





7.1 保固標的.....	75
7.2 聯絡方式.....	75
7.3 保固期程規劃.....	76
7.4 保固作業 SOP.....	76
7.4.1 技術諮詢服務.....	76
7.4.2 定期維護作業.....	77
7.4.3 異常事件處理.....	77
7.5 備品管理.....	77
7.6 保固服務範圍及限制條款.....	77
7.7 保固期後服務選項.....	78
7.8 文件管理.....	79
8 附錄.....	81
8.1 TVWS 設備規格型錄.....	81
8.2 TVWS 天線規格.....	90
8.2.1 骨幹站定向天線(Y615-DP).....	90
8.2.2 機動式設備全向天線(M29 Omni).....	93
8.3 溫度溼度傳感器規格.....	95
8.4 定點偵測系統通訊點規格.....	97
8.5 人流監控定位卡片規格.....	100
8.6 定點偵測系統網路集中器規格.....	102
8.7 動物攝影機規格.....	105
8.8 教育訓練簽到表.....	110





圖目錄

圖 1 戶外型防水箱材質及規格(50x40x24 cm).....	7
圖 2 機動式 TVWS 背架 5 組	7
圖 3 機動式 TVWS 背架正面	7
圖 4 機動式 TVWS 背架背面	7
圖 5 機動式防水箱內部配置(電池空間).....	8
圖 6 背架頂部天線與 Wi-Fi AP.....	8
圖 7 機動式 TVWS 原始架構圖	8
圖 8 本案 BTS 訊號涵蓋範圍及林火案 BTS 訊號涵蓋範圍	11
圖 9 教育訓練簡報情形.....	12
圖 10 介紹 TVWS 機動式結構.....	12
圖 11 土場轉送站 TX 土場橋 Rx 的無線電傳輸路徑分析圖	13
圖 12 土場監測站通訊連線畫面	14
圖 13 山區物聯網系統架構整體示意圖	16
圖 14 LoRa 集中器與樹莓派電腦	16
圖 15 林業物聯網系統架構圖	17
圖 16 東滿步道環境溫溼度感測器安裝位置圖	18
圖 17 微氣候監測器安裝與標示圖	19
圖 18 微氣候安裝高度.....	19
圖 19 溫濕度資料收集流程圖	19
圖 20 監測資料中心溫溼度資料清單圖 1.....	20
圖 21 監測資料中心溫溼度資料清單圖 2.....	20
圖 22 2cf7f1c0550000a8 溫濕度統計趨勢圖	21
圖 23 2cf7f1c0550000ab 溫濕度統計趨勢圖	21
圖 24 2cf7f1c0550000c0 溫濕度統計趨勢圖	22
圖 25 2cf7f1c0550000c4 溫濕度統計趨勢圖	22
圖 26 2cf7f1c0550000d6 溫濕度統計趨勢圖	23
圖 27 2cf7f1c0550000df 溫濕度統計趨勢圖	23
圖 28 2cf7f1c0550000ec 溫濕度統計趨勢圖	24
圖 29 2cf7f1c0550000ef 溫濕度統計趨勢圖	24
圖 30 2cf7f1c0550000f2 溫濕度統計趨勢圖	25
圖 31 2cf7f1c0550000f3 溫濕度統計趨勢圖	25
圖 32 2cf7f1c0550000f8 溫濕度統計趨勢圖	26
圖 33 2cf7f1c0550000fb 溫濕度統計趨勢圖	26
圖 34 2cf7f1c055000111 溫濕度統計趨勢圖	27
圖 35 2cf7f1c055000112 溫濕度統計趨勢圖	27





圖 36 2cf7f1c055000121 溫濕度統計趨勢圖.....	28
圖 37 人流監控系統架構圖.....	29
圖 38 人流監控系統藍牙信標及裝置分布圖.....	30
圖 39 人流定位卡片電路設計圖.....	31
圖 40 取卡機外觀及內部構造.....	31
圖 41 人流定位卡片外殼設計尺寸圖.....	32
圖 42 人流定位卡片成品圖.....	32
圖 43 無線充電電池電壓變化趨勢圖.....	32
圖 44 領取人流定位卡片人機介面.....	33
圖 45 領卡機內部機控制器及輸送軌道.....	33
圖 46 野生動物攝影機傳輸控制器控制流程圖.....	33
圖 47 動物攝影機測試架設位置圖.....	34
圖 48 動物攝影機與太陽能板安裝.....	34
圖 49 動物攝影機的固定.....	34
圖 50 動物攝影機拍照後回傳的縮圖.....	35
圖 51 用工具測試安裝地點 LoRa 訊號.....	35
圖 52 研製雙電壓可選電源供應切換器及 LoRa 通訊功能電路.....	36
圖 53 監測資料中心動物照相機清單與運轉狀態.....	37
圖 54 已傳輸回中心端伺服器的動物原圖之一.....	38
圖 55 實測 TVWS 最遠傳輸距離可達 48 公里.....	67
圖 56 VBS-RTK 基本定位原理.....	69
圖 57 林業氣象站 TVWS 訊號覆蓋圖_台中分署.....	71
圖 58 林業氣象站 TVWS 訊號覆蓋_新竹分署.....	71





表目錄

表 1 機動式 TVWS 電臺序號一覽表.....	6
表 2 動物攝影機資料統計表.....	37
表 3 調製與編碼策略 MCS 表(6MHz)	39
表 4 不同解析度的 H.264 30fps 下所需的帶寬估算表.....	40
表 5 設備清單及備品數量.....	75



1 前言

1.1 研究背景與目的

電視白頻段(TV White Space, TVWS)技術在近年來備受關注，成為解決偏遠地區通訊問題的潛在方案。TVWS 指的是在特定地理位置未被使用的電視廣播頻段，這些頻段具有良好的傳播特性，特別適合在山區等地形複雜的環境中使用。

我國山區面臨著通訊基礎設施不足的挑戰，許多地區仍然存在訊號覆蓋不全或品質不佳的問題。這不僅影響了當地居民的日常生活，也為林業管理、生態保育和緊急救援等工作帶來了困難。在此背景下，農業部林業及自然保育署啟動了本研究專案，旨在探索 TVWS 技術在山區的應用潛力。

本研究的主要目標包括：

1. 評估 TVWS 在山區長距離及一對多點骨幹應用的可行性與效能；
2. 開發和測試基於 TVWS 的機動式通訊設備；
3. 建立 TVWS 支持的林業物聯網系統，實現環境監測和人流監控；
4. 分析低軌道衛星通訊技術作為補充解決方案的可能性；
5. 提供相關的教育訓練，提升相關人員的技術能力。

透過這項研究，我們期望能為台灣山區的通訊問題提供創新的解決方案，同時為 TVWS 技術的進一步應用和發展奠定基礎。

1.2 研究範圍與限制

本研究的地理範圍主要集中在台灣的北部地區新竹分署轄下林區，包括國家公園和保護區。我們選擇了具有代表性的測試點，這些地點涵蓋了不同的地形特徵和植被覆蓋情況。

技術範圍方面，本研究聚焦於：

- TVWS 通訊技術的實地應用
- 機動式 TVWS 設備的開發和測試
- 基於 TVWS 的物聯網系統建設



- 低軌道衛星通訊技術的可行性研究

在研究過程中，我們面臨了一些主要的限制和挑戰：

1. 地理環境的複雜性：座標誤差及在山區地形和茂密的植被對信號傳播模式模擬結果的驗證。
2. 氣候因素：山區頻繁的雨水對測試時程構成了挑戰。
3. 電力供應：部分測試點缺乏穩定的電力供應，需要採用太陽能解決方案。
4. 法規限制：TVWS 技術的應用需要遵守現有的頻譜管理法規，這在某些情況下可能限制了技術的全面應用。

面對這些挑戰，我們採取了一系列措施，包括使用防水防塵的設備外殼，開發太陽能供電系統，以及與相關監管機構密切合作以確保合規性。

1.3 專有名詞與技術概念解釋

1. TVWS (TV White Space，電視白頻段)：指未被當地電視廣播使用的頻段。這些頻段通常位於 UHF 和 VHF 範圍內，具有良好的信號穿透性和覆蓋範圍。TVWS 技術允許在不干擾現有電視信號的情況下，利用這些未使用的頻段進行無線通訊，特別適合在偏遠或地形複雜的地區提供寬頻服務。
2. LEO (Low Earth Orbit，低軌道)衛星：指距離地球表面約 160 到 2,000 公里的衛星軌道。相比傳統的地球同步軌道衛星，LEO 衛星運行高度更低，可以提供更低的通信延遲和更高的數據傳輸速率。然而，由於距離地球較近，單個 LEO 衛星的覆蓋範圍較小，通常需要大量衛星組成星座才能提供持續的全球覆蓋。
3. IoT (Internet of Things，物聯網)：指通過互聯網連接各種設備和感測器的網路。這些設備可以收集和交換數據，實現自動化和智能化管理。在山區應用中，IoT 可用於環境監測、野生動物追蹤、森林火災預警等多個領域，大大提高資源管理和環境保護的效率。



4. MCS (Modulation and Coding Scheme, 調變與編碼方案): 在無線通訊中用於信號調變和編碼的技術組合。不同的 MCS 級別代表不同的數據傳輸速率和抗干擾能力。較高的 MCS 級別可以提供更高的數據速率, 但需要更好的信號質量; 較低的 MCS 級別則可以在信號條件較差時保持穩定連接。
5. LoRa (Long Range): 一種專為 IoT 設計的低功耗、遠程無線通訊技術。LoRa 使用擴頻調製技術, 可在低功耗條件下實現長距離通信, 特別適合電池供電的設備和需要長期部署在偏遠地區的感測器。
6. VPN (Virtual Private Network, 虛擬私人網路): 一種在公共網路 (如互聯網) 上建立安全、加密連接的技術。VPN 可以保護數據傳輸的安全性和隱私性, 同時允許遠程用戶安全地訪問內部網路資源。在 TVWS 網路中, VPN 可用於確保敏感數據的安全傳輸。
7. RTK (Real-Time Kinematic, 即時動態定位技術): 一種高精度的 GPS 定位技術, 能夠提供公分級的定位精度。RTK 通過使用固定基站和移動接收器, 即時校正 GPS 信號誤差, 廣泛應用於測量、精準農業和自動駕駛等領域。
8. BTS (Base Transceiver Station, 基地收發台): 無線通訊網路中用於收發無線信號的設備。在 TVWS 網路中, BTS 負責與多個客戶端設備 (CPE) 通信, 形成網路的核心節點。
9. CPE (Customer Premises Equipment, 客戶端設備): 位於用戶端的通訊設備, 用於連接到服務提供商的網路。在 TVWS 系統中, CPE 通常是安裝在用戶位置的設備, 用於接收和發送 TVWS 信號。
10. SNR (Signal-to-Noise Ratio, 信噪比): 衡量有用信號強度相對於背景噪音的指標。較高的 SNR 意味著信號質量更好, 可以支持更高的數據傳輸速率和更可靠的通信。在 TVWS 系統中, SNR 是評估通信質量的重要參數。



11. UDP (User Datagram Protocol, 用戶數據報協議): 一種無連接的網路通訊協議, 提供快速但不可靠的數據傳輸。UDP 適用於對即時性要求高但可以容忍少量數據丟失的應用, 如視頻流或在線遊戲。
12. TCP (Transmission Control Protocol, 傳輸控制協議): 一種可靠的、面向連接的網路通訊協議。TCP 確保數據的完整性和順序, 適用於需要可靠數據傳輸的應用, 如文件傳輸或網頁瀏覽。
13. Kiosk: 自助服務終端機, 在本項目中用於登山口的自動服務, 如發放和回收定位卡片。這些設備可以提高管理效率, 減少人力需求。
14. Gateway (閘道器): 連接不同網路的設備, 負責數據包的轉發和協議轉換。在 IoT 應用中, 閘道器常用於連接感測器網路和互聯網, 實現數據的集中處理和遠程訪問。
15. FGIS (Forest Geographic Information System, 林業地理信息系統): 專門用於管理和分析林業相關地理數據的系統。FGIS 整合了地理信息系統 (GIS) 技術和林業專業知識, 用於森林資源管理、生態監測和決策支持。
16. 骨幹網: 網路中的主要數據傳輸路徑, 負責高速、大容量的數據傳輸。在 TVWS 網路中, 骨幹網連接主要的通信節點, 確保網路的整體性能和可靠性。
17. 天線極化: 描述電磁波振動方向的特性。適當的極化可以提高信號的傳輸效率和抗干擾能力。在 TVWS 系統中, 選擇合適的天線極化對於優化信號覆蓋和減少干擾至關重要。
18. 頻譜效率: 衡量無線通訊系統利用頻譜資源的效率, 通常以每赫茲頻寬可傳輸的比特數來表示。提高頻譜效率可以在有限的頻譜資源下傳輸更多數據, 這對於 TVWS 等共享頻譜技術尤為重要。



1.4 期中至期末階段工作概述

本報告主要聚焦於期中報告之後的工作進展和成果。在期中階段，我們完成了 TVWS 場域實驗執照的展延和重新申請，以及初步的 TVWS 場域建置和設備監控系統的搭建。

在期中到期末的這段時間，我們的工作重點包括：

1. 機動式 TVWS 設備的實地部署和性能測試；
2. 林業物聯網系統的完善和數據收集；
3. 低軌道衛星通訊技術的深入研究和可行性分析；
4. 為相關人員提供全面的教育訓練。

本報告將詳細介紹這些工作的執行過程、遇到的挑戰、取得的成果，以及對未來發展的展望。我們希望通過這份報告，不僅能夠呈現研究的具體成果，也能為未來的相關研究和策略制定提供有價值的參考。



2 TVWS 實地應用研析-機動式 TVWS 設備

2.1 討論會議

為了確保機動式 TVWS 設備的開發和部署能夠滿足實際需求，我們舉行了相關討論會議。會議了解業主的實務應用需求，相關應用場景及活動方式，制定未來設備部署計劃。這些會議的討論結果為後續的設備開發和部署工作提供了明確的指導，確保了整個過程的有序進行。

2.2 應用部署

機動式 TVWS 設備。設備的主要技術規格如下：

1. 機動式 TVWS 電臺序號一覽表

項次	機件序號	電臺名稱
1	520000160	機動式 TVWS 電臺 1
2	520000162	機動式 TVWS 電臺 2
3	520000164	機動式 TVWS 電臺 3
4	520000165	機動式 TVWS 電臺 4
5	520000166	機動式 TVWS 電臺 5

表 1 機動式 TVWS 電臺序號一覽表

2. 機動式 TVWS 電臺外觀及主要規格

- 傳輸功率：最大 2W
- 天線及增益：Omni 全向型天線，天線增益 6 dBi
- 通訊範圍：視距內約可達 10-15 公里
- 電源：內置一顆 7AH 電池，實測可持續工作 4-6 小時
- 防護等級：IP65
- 背架尺寸：約 95x38x21 cm
- 機動式重量：約 10Kg(不含電池重量)



- 空間設計: 防水箱尺寸約 50x40x24 cm，TVWS 設備及周邊設備均裝設在防水箱中。儘量將外觀保持平整，以利置放個人登山隨身物品。



圖 1 戶外型防水箱材質及規格(50x40x24 cm)



圖 2 機動式 TVWS 背架 5 組



圖 3 機動式 TVWS 背架正面

圖 4 機動式 TVWS 背架背面



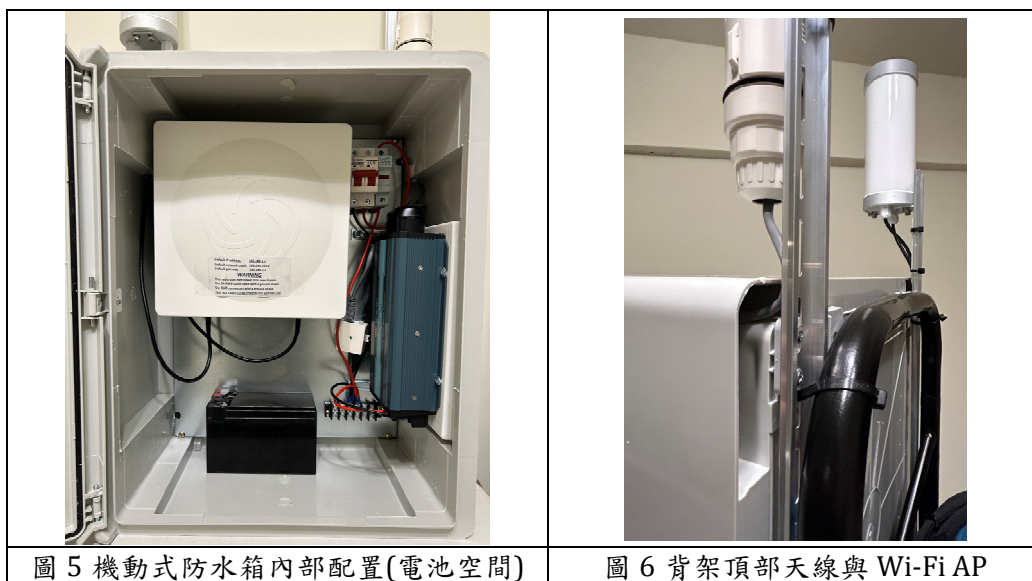


圖 5 機動式防水箱內部配置(電池空間)



圖 6 背架頂部天線與 Wi-Fi AP

設計過程中遇到的主要挑戰包括：

- 電力資源寶貴需考慮各個用電產品的供電規格，避免轉換時的轉換損耗。
- 使用的時間可能因任務需求不同，運作時若需要可以再增長。
- 除電台機身是 IP67 防水外，其他電器設備均需防水。

為了解決這些問題，我們採取了以下措施：

- 選用合適商品，使用直流供電，避免轉換交流後再以變壓器供電，且直接使用直流供電對於戶外用電也比較安全。
- 將來可以設計可外接便攜式太陽能板外部輸入電力補充的介面
- 提供配備太陽能板充電控制器和大容量蓄電池。每加一顆電池並聯使用時重量將增加約 2.5 公斤，空間可容納 3 顆電池。
- 增加設備的防水防塵性能

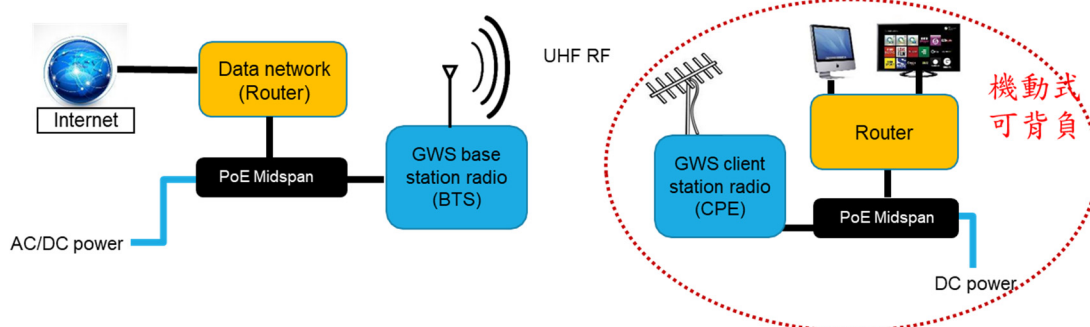


圖 7 機動式 TVWS 原始架構圖



2.3 TVWS 系統應用時天線角度的可接受誤差範圍

在 TVWS 系統的實際應用中，我們主要使用兩種不同類型的天線：骨幹站用的定向天線（Y615-DP）和機動式設備使用的全向天線（M29 MIMO Omni）。這兩種天線在角度誤差方面有著不同的考量，需要分別討論。

2.3.1 骨幹站定向天線

Y615-DP 雙極化八木天線具有以下特性：

- 頻率範圍：UHF 570-700MHz（適用於 TVWS 頻段）
- 增益：14 dBd（每個平面）
- 水平面（H 平面）波瓣寬度：30°（每個平面）
- 垂直面（E 平面）波瓣寬度：33°（每個平面）

基於這些特性，我們確定了可接受的誤差範圍：

1. 水平方位角：

- 可接受的最大誤差值： $\pm 15^\circ$
- 最佳性能範圍： $\pm 7.5^\circ$ 以內

2. 垂直仰角：

- 可接受的最大誤差值： $\pm 16.5^\circ$
- 最佳性能範圍： $\pm 8^\circ$ 以內

在這些最佳範圍內，信號強度的損失通常小於 3 dB。超出這些範圍，信號強度會迅速下降，可能導致連接質量顯著降低。

為了維持最佳性能，我們建議採取以下措施：

- 使用高精度指北針和傾斜儀進行安裝定向
- 採用堅固的安裝支架，如 S48 或 S48-AM 系列



- 使用支撐桿，減少機械傾斜/移動
- 定期進行全面的天線對準檢查
- 初始安裝時，盡量將水平和垂直誤差控制在 $\pm 5^\circ$ 以內
- 每季度進行一次全面的角度檢查
- 在強風等極端天氣後，及時檢查並調整天線方向

2.3.2 機動式設備全向天線

M29 MIMO Omni 全向天線在 TVWS 頻段（600~650MHz）具有以下特性：

- 頻率範圍：617-960MHz
- 增益：約 6dBi
- 水平面波瓣寬度： 360° （全向）
- 垂直面波瓣寬度：約 70°

這款天線的設計特點為其在 TVWS 應用中提供了優異的性能和靈活性。由於其全向特性，水平方向不需要考慮角度誤差，這大大簡化了機動式設備的部署和使用。然而，垂直方向的誤差控制仍然重要，我們需要根據不同頻段的垂直波瓣寬度來評估可接受的誤差範圍。對於這種全向天線，我們主要關注以下方面：

1. 垂直方向：

- 可接受的最大誤差值： $\pm 35^\circ$ （基於 70° 的垂直波瓣寬度）
- 最佳性能範圍： $\pm 17.5^\circ$ 以內

2. 天線傾斜：

- 可接受的最大傾斜角度： $\pm 30^\circ$
- 推薦的最大傾斜角度： $\pm 15^\circ$ 以內

在使用機動式設備時，我們建議：



- 在背負或安裝時，盡量保持天線垂直
- 避免天線過度傾斜，以維持最佳的覆蓋範圍
- 定期檢查天線的垂直度，特別是在長時間使用或經過強風後

M29 MIMO Omni 天線為 TVWS 系統的機動式應用提供了理想的解決方案。其寬廣的頻率覆蓋範圍、全向性和較大的垂直波瓣寬度使其能夠在各種複雜環境中保持良好的性能。同時，其緊湊的尺寸（高度僅 8 英寸）和輕量（1.5 磅）的特性，使其非常適合便攜式和機動式應用。

2.3.3 兩種天線系統的綜合考量

在規劃 TVWS 網路時，我們需要考慮這兩種天線系統的不同特性：

- 骨幹站定向天線需要精確的水平 and 垂直角度調整
- 機動式設備全向天線主要關注垂直度和傾斜角度

機動式可以在本案 BTS 訊號覆蓋下左圖中的地點使用，將來可以在林火案中 BTS1 覆蓋站下右圖涵蓋範圍內的位置使用。

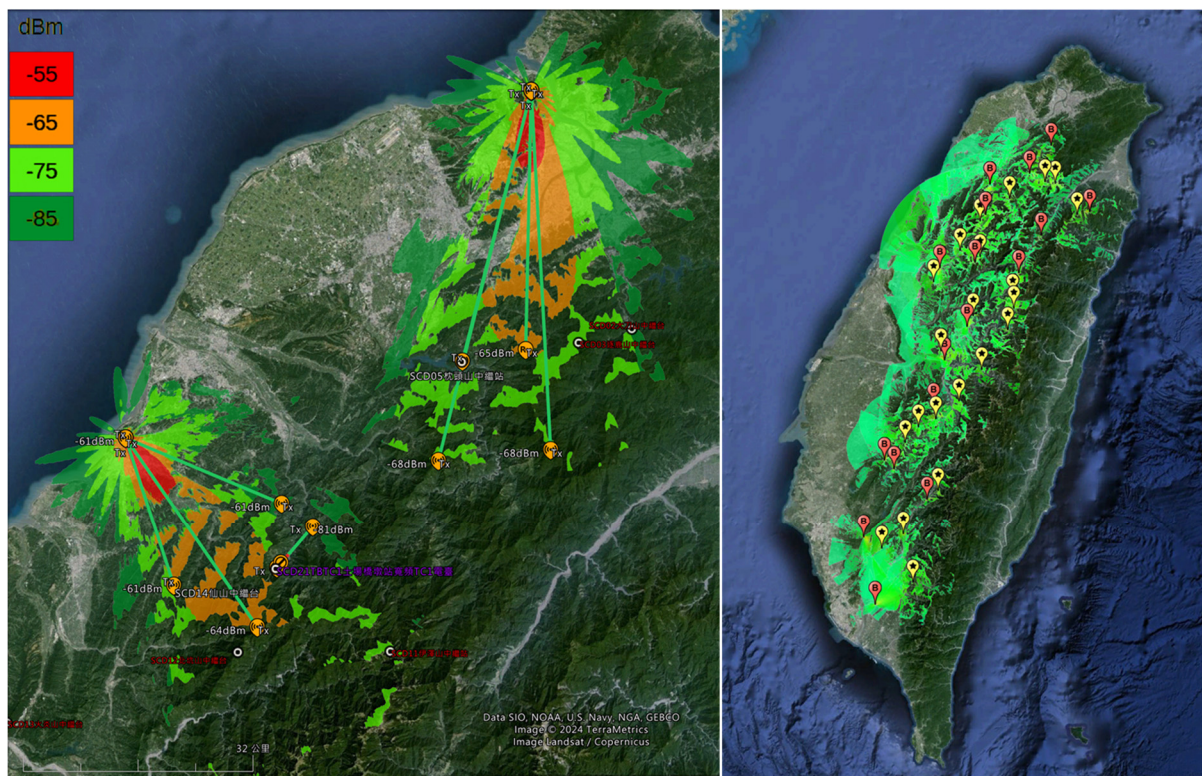


圖 8 本案 BTS 訊號涵蓋範圍及林火案 BTS 訊號涵蓋範圍



在 TVWS 實際應用中，準確控制天線的水平 and 垂直角度對於維持穩定的通訊質量至關重要，骨幹站和機動式設備使用不同類型的天線，因此有不同的角度誤差考量。骨幹站的定向天線需要精確的水平 and 垂直對準，而機動式設備的全向天線主要關注垂直度。正確理解和控制這些誤差範圍對於確保 TVWS 系統的最佳性能至關重要。通過選擇合適的天線、使用適當的安裝硬件 and 進行定期維護，我們可以確保 TVWS 系統在複雜的山區環境中保持最佳性能。

2.4 教育訓練

為了確保設備能夠被正確使用和維護，我們為署相關人員 and 分署森林護管人員提供了設備使用培訓，培訓簽到表如附錄 8.8。在機動式設備培訓內容包括：

1. TVWS 技術基礎知識
2. 機動式 TVWS 設備操作指南
3. 常見問題診斷和解決
4. 設備維護和保養

培訓採用了理論講解 and 實際操作相結合的方式，共有 30 名人員參加。



圖 9 教育訓練簡報情形



圖 10 介紹 TVWS 機動式結構



2.5 土場監測站通訊實地研析

在土場橋西側與東側各安裝部署 CPE 與山上的 BTS 轉送站預定地點進行 TVWS 骨幹連接測試。測試結果顯示，在土場橋西側處，因為受地形障礙範圍較大，無法通訊。將 CPE 移動到土場橋東側後，與 BTS 之間就連上了。測試時的連線品質並不十分理想，以山頂轉送站立場 Tx 僅 MCS2，Rx 僅 MCS1。但這樣的連線品質已經足以傳輸物聯網的資料。

如果有較佳的山頂位置可以選擇，可以獲取更佳的通訊品質。但該山頂處所為一私人露營區，有繞一下附近山路，所到之處均是不同的露營區的經營範圍，未來如要增設通訊轉送站，用地取得可能會是一大挑戰。



圖 11 土場轉送站 TX 土場橋 Rx 的無線電傳輸路徑分析圖



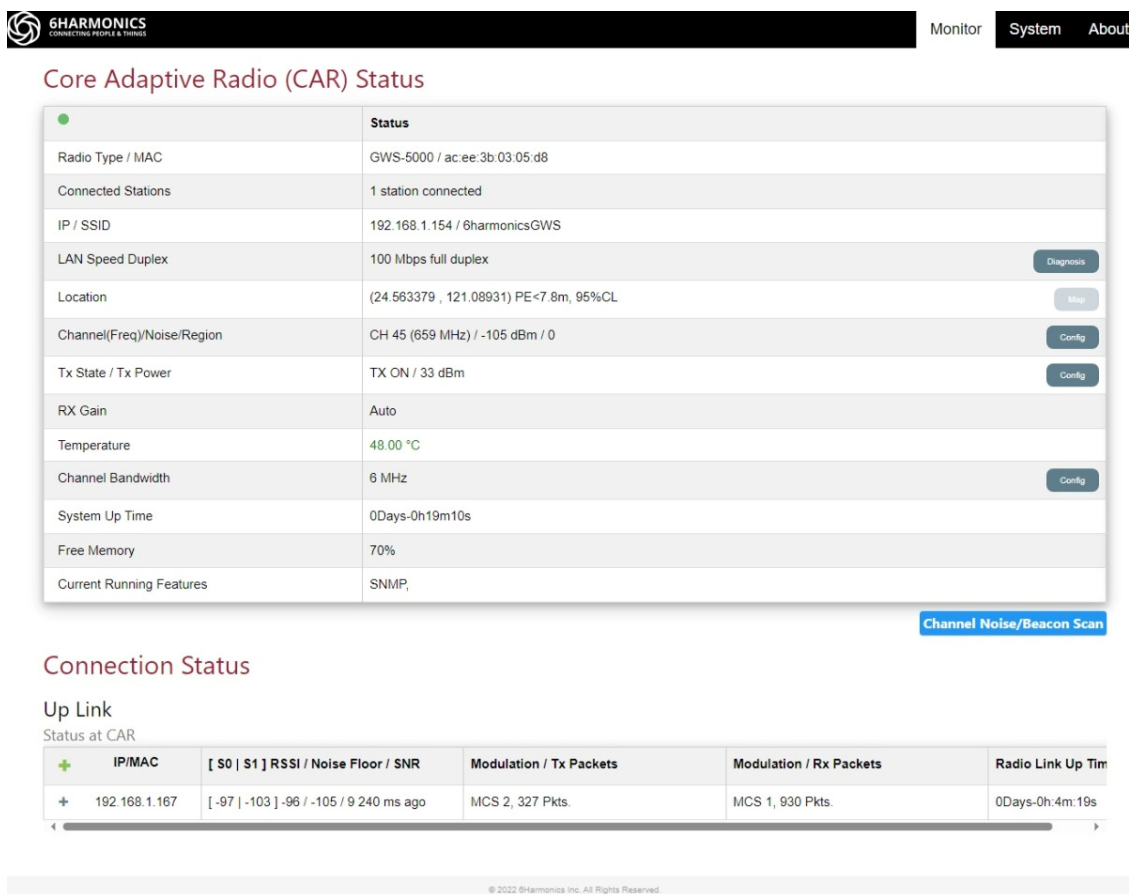


圖 12 土場監測站通訊連線畫面

2.6 應用成果與展望

機動式 TVWS 設備的實際應用取得了以下成果：

1. 通訊應用範圍擴大：在基站訊號覆蓋區內使用，可以使第一線人員的通訊範圍比僅使用手機可通訊範圍增加了很大地理覆蓋，讓山林間的訊息可以快速傳遞到總部。
2. 信號穿透能力強：在樹木茂密的地區，信號仍可成功傳送，相較傳統 Wi-Fi 穿透力更強。
3. 數據傳輸速率提高：只要連線成功，即使以最低 MCS0 模式下，平均數據傳輸速率 UDP 即達到 1.6Mbps，TCP 可達 1.2Mbps，滿足了基本的語音和數據通訊需求。在 MCS2 以上即可傳遞順暢的 HD 攝影機畫面。



4. 設備可靠性高：機動式設備使用與戶外固定站設備相同，其可靠度已於前期業主其他研究案中呈現。

然而，我們也發現了一些需要改進的地方：

1. 採用密封式 UPS 專用電池，該型續航時間在低溫環境下會略有下降。
2. 若遇極端天氣條件下，設備的防護性能還需加強。
3. 使用者界面可以進一步優化，以提高操作便利性。

未來，我們建議可計劃：

1. 升級電池系統，提高低溫環境下的性能；
2. 加強設備的防護設計，以應對更極端的天氣條件；
3. 開發更直觀的用戶界面和遠程監控系統；
4. 探索將 TVWS 技術與其他通訊技術（目前已整合 Wi-Fi）結合的可能性。

機動式 TVWS 設備在山區通訊應用中展現出了巨大的潛力。隨著技術的進一步完善和應用範圍的擴大，我們相信這項技術將為改善山區通訊環境做出重要貢獻。



3 TVWS 實地應用研析-林業物聯網

本研析案的總體應用架構圖如下所示：

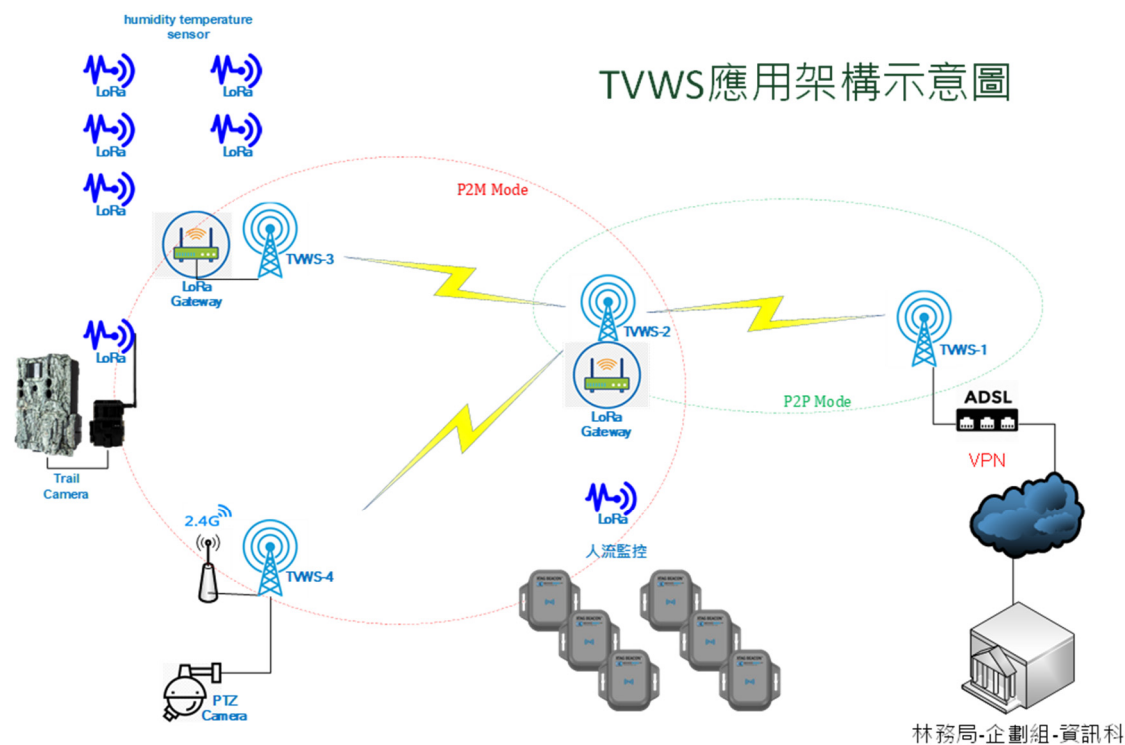


圖 13 山區物聯網系統架構整體示意圖

在集中器安裝站還有資料收集處理及暫存的樹莓派主機。安裝如下圖所示：

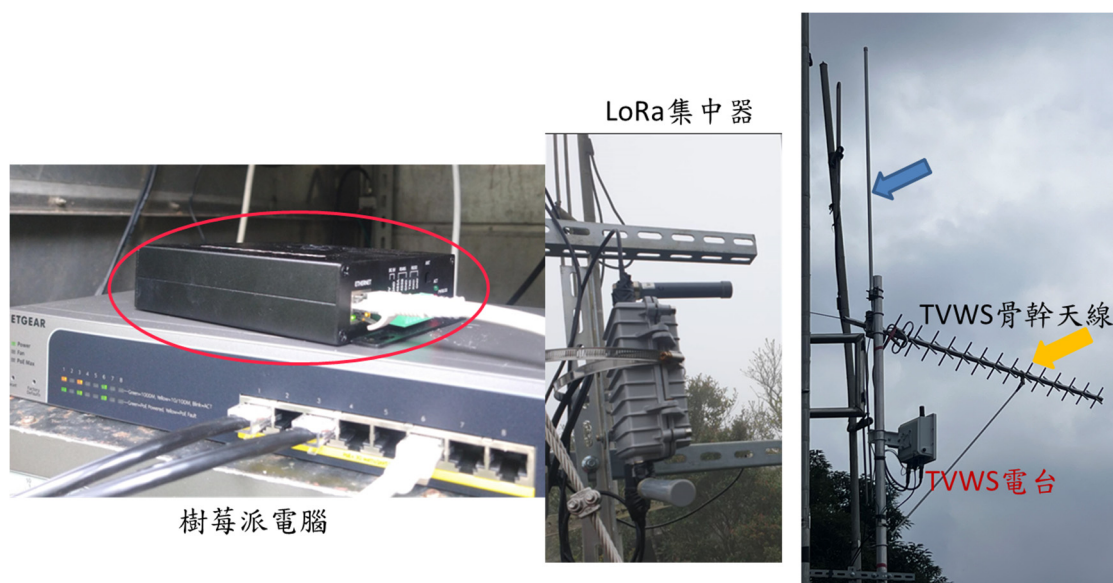


圖 14 LoRa 集中器與樹莓派電腦



本研析案中共進行三項物聯網應用系統測試，本節將敘述各物聯網系統，經 TVWS 傳輸到落地網路後，進行資料收集，傳輸架構如下圖所示：

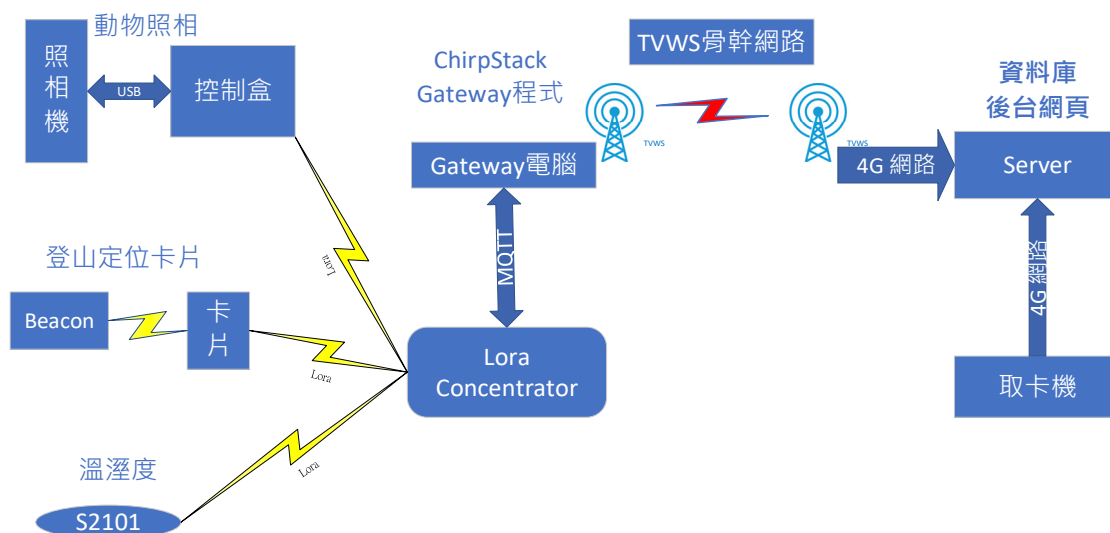


圖 15 林業物聯網系統架構圖

主要組件包括：

1. 感測器節點：包括溫度、濕度感測器
2. TVWS 骨幹通訊站：用於數據傳輸
3. 太陽能供電系統：確保長期穩定運行
4. 中央數據收集站：接收和處理來自各個節點的數據
5. 雲端平台：用於數據存儲、分析和可視化

3.1 環境監測

3.1.1 系統架構與設備

我們設計並實施了一個基於 TVWS/LoRa 對接技術的環境監測系統，用於收集和傳輸山區的各種環境數據。使用的主要設備規格如下：

- 溫度感測器：測量範圍 -40°C 到 85°C ，精度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
- 濕度感測器：測量範圍 0-100% RH，精度 $\pm 2\%$ RH



- Lora 通訊模組：工作頻率 925 MHz

3.1.2 部署與測試

每個區域部署了 15 個感測器節點，部署過程中遇到的主要挑戰包括：

- 路程較遠，往返耗時，山區多雨，可工作時間甚短
- 野生動物可能干擾設備
- 極端天氣條件（如雷暴）可能損壞設備

為解決這些問題，我們採取了以下措施：

- 事先模擬找出 LoRa 訊號覆蓋區域，由登山口直接到達定點後安裝測試，省去邊走邊測的冗長找合適地點的時間
- 設計動物防護罩，防止設備被破壞
- 增強設備的防雷和防水性能

我們在東滿步道部署了環境監測系統，其分布圖如下：

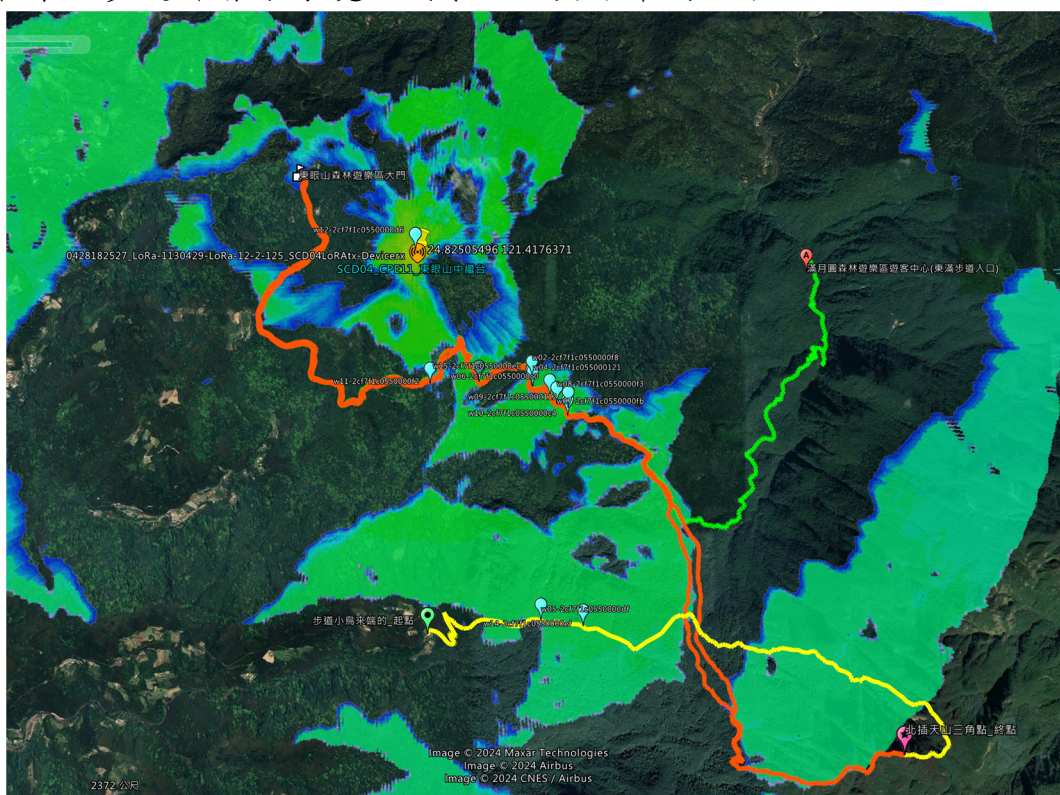


圖 16 東滿步道環境溫溼度感測器安裝位置圖





圖 17 微氣候監測器安裝與標示圖



圖 18 微氣候安裝高度

3.1.3 監測資料平台查詢

系統平台開發建置後我們開始連續監測蒐集資料，以下做相關功能說明：

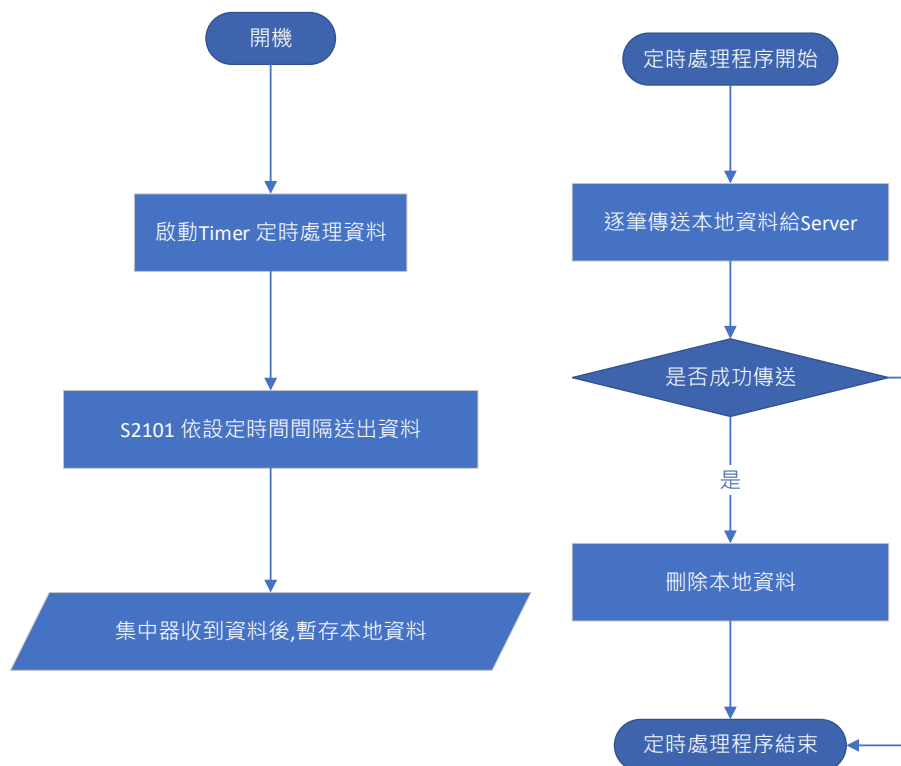
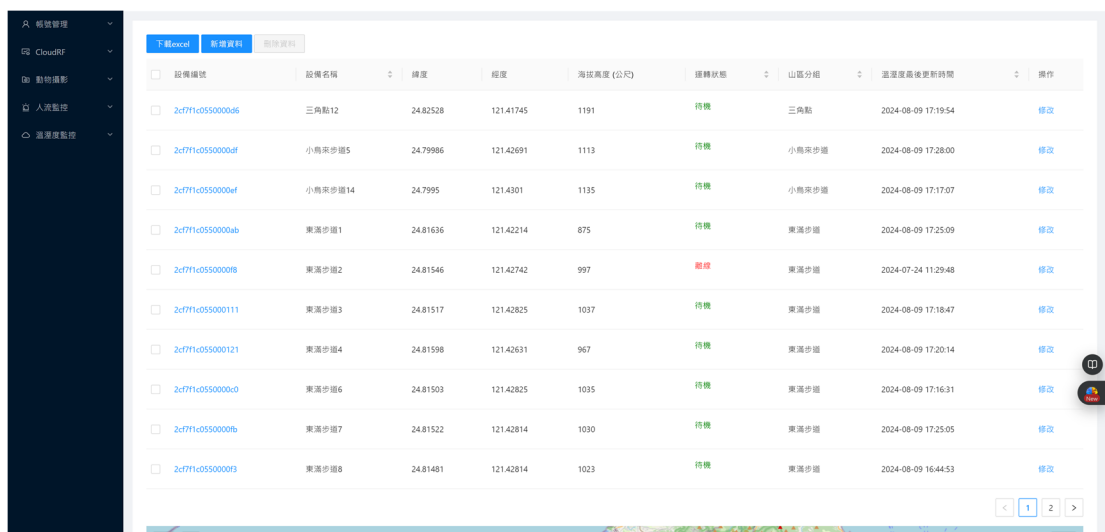


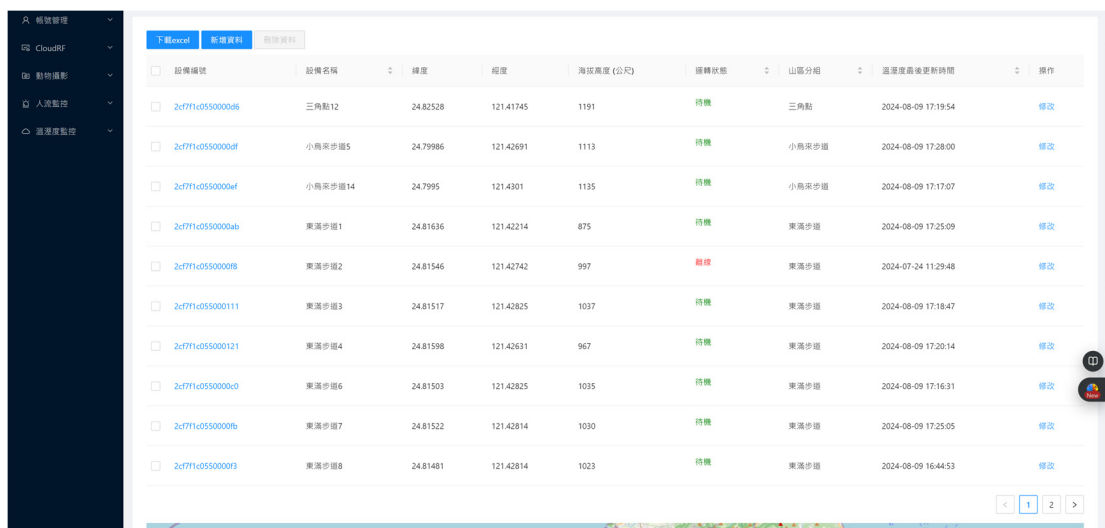
圖 19 溫濕度資料收集流程圖





設備編號	設備名稱	緯度	經度	海拔高度 (公尺)	連線狀態	山區分組	溫濕度最後更新時間	操作
☐ 2c7f11c0550000d6	三角點12	24.82528	121.41745	1191	待機	三角點	2024-08-09 17:19:54	修改
☐ 2c7f11c0550000d7	小烏來步道5	24.79986	121.42691	1113	待機	小烏來步道	2024-08-09 17:28:00	修改
☐ 2c7f11c0550000d8	小烏來步道14	24.7995	121.4301	1135	待機	小烏來步道	2024-08-09 17:17:07	修改
☐ 2c7f11c0550000ab	東漢步道1	24.81636	121.42214	875	待機	東漢步道	2024-08-09 17:25:09	修改
☐ 2c7f11c0550000b8	東漢步道2	24.81546	121.42742	997	斷線	東漢步道	2024-07-24 11:29:48	修改
☐ 2c7f11c055000111	東漢步道3	24.81517	121.42825	1037	待機	東漢步道	2024-08-09 17:18:47	修改
☐ 2c7f11c055000121	東漢步道4	24.81598	121.42631	967	待機	東漢步道	2024-08-09 17:20:14	修改
☐ 2c7f11c0550000c0	東漢步道6	24.81503	121.42825	1035	待機	東漢步道	2024-08-09 17:16:31	修改
☐ 2c7f11c0550000b6	東漢步道7	24.81522	121.42814	1030	待機	東漢步道	2024-08-09 17:25:05	修改
☐ 2c7f11c0550000f3	東漢步道8	24.81481	121.42814	1023	待機	東漢步道	2024-08-09 16:44:53	修改

圖 20 監測資料中心溫溼度資料清單圖 1



設備編號	設備名稱	緯度	經度	海拔高度 (公尺)	連線狀態	山區分組	溫濕度最後更新時間	操作
☐ 2c7f11c0550000d6	三角點12	24.82528	121.41745	1191	待機	三角點	2024-08-09 17:19:54	修改
☐ 2c7f11c0550000d7	小烏來步道5	24.79986	121.42691	1113	待機	小烏來步道	2024-08-09 17:28:00	修改
☐ 2c7f11c0550000d8	小烏來步道14	24.7995	121.4301	1135	待機	小烏來步道	2024-08-09 17:17:07	修改
☐ 2c7f11c0550000ab	東漢步道1	24.81636	121.42214	875	待機	東漢步道	2024-08-09 17:25:09	修改
☐ 2c7f11c0550000b8	東漢步道2	24.81546	121.42742	997	斷線	東漢步道	2024-07-24 11:29:48	修改
☐ 2c7f11c055000111	東漢步道3	24.81517	121.42825	1037	待機	東漢步道	2024-08-09 17:18:47	修改
☐ 2c7f11c055000121	東漢步道4	24.81598	121.42631	967	待機	東漢步道	2024-08-09 17:20:14	修改
☐ 2c7f11c0550000c0	東漢步道6	24.81503	121.42825	1035	待機	東漢步道	2024-08-09 17:16:31	修改
☐ 2c7f11c0550000b6	東漢步道7	24.81522	121.42814	1030	待機	東漢步道	2024-08-09 17:25:05	修改
☐ 2c7f11c0550000f3	東漢步道8	24.81481	121.42814	1023	待機	東漢步道	2024-08-09 16:44:53	修改

圖 21 監測資料中心溫溼度資料清單圖 2

- 溫度/濕度變化趨勢：以下各圖為七天監控資料顯示





圖 22 2cf7f1c0550000a8 溫濕度統計趨勢圖

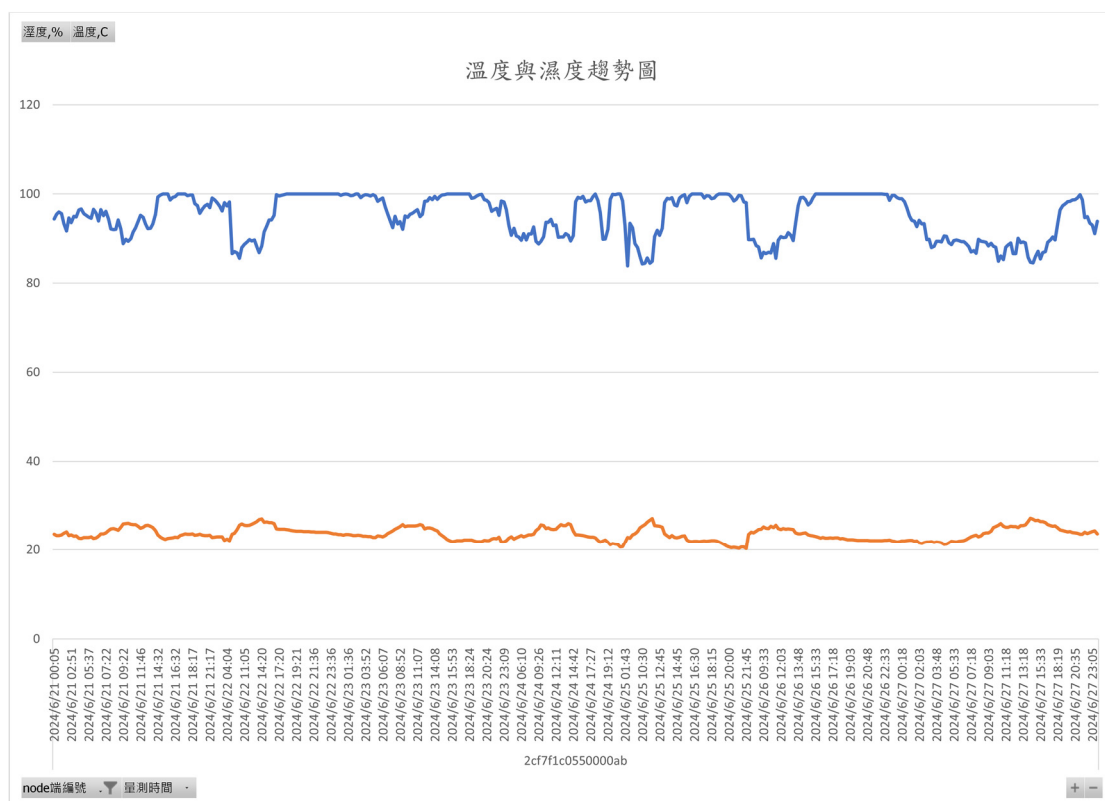


圖 23 2cf7f1c0550000ab 溫濕度統計趨勢圖



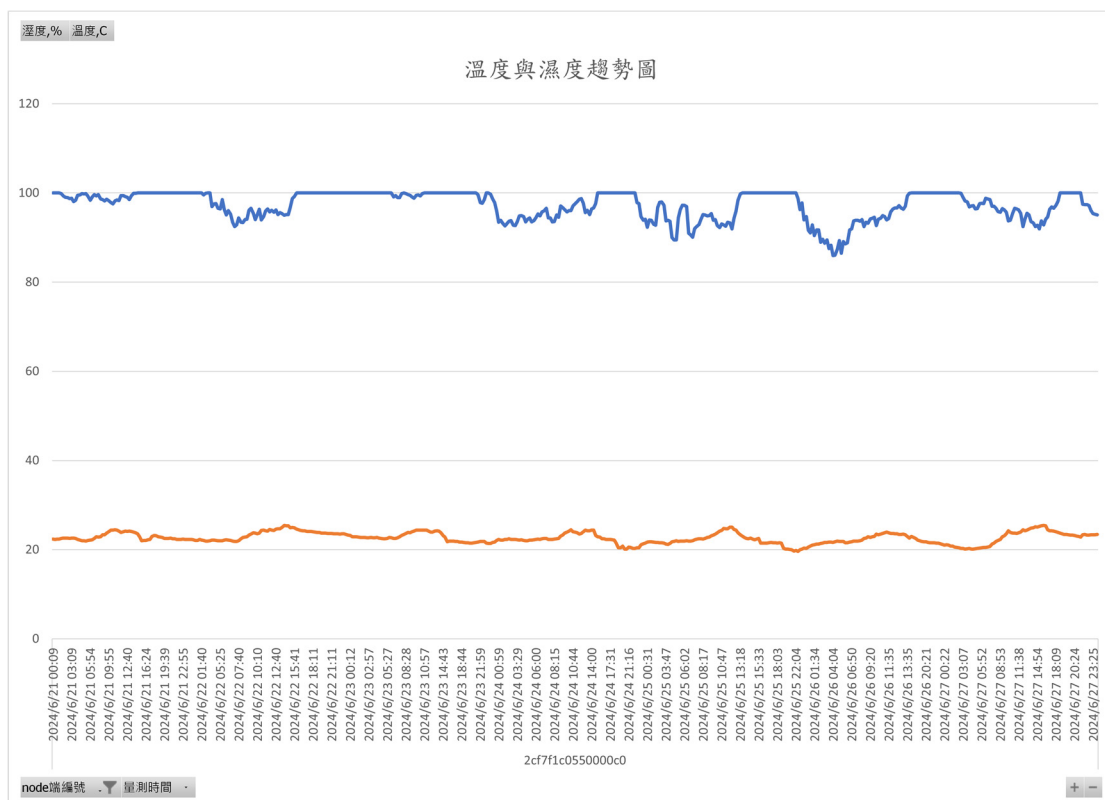


圖 24 2cf7f1c0550000c0 溫濕度統計趨勢圖

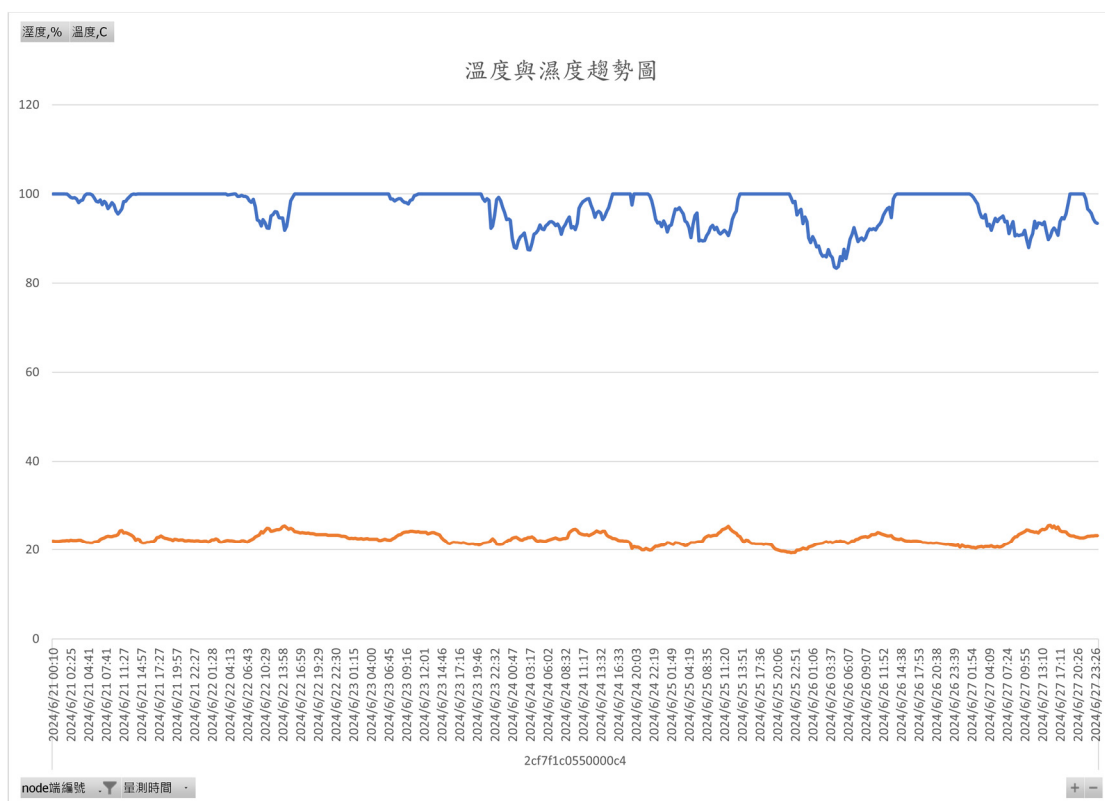


圖 25 2cf7f1c0550000c4 溫濕度統計趨勢圖





圖 26 2cf7f1c0550000d6 溫濕度統計趨勢圖



圖 27 2cf7f1c0550000df 溫濕度統計趨勢圖



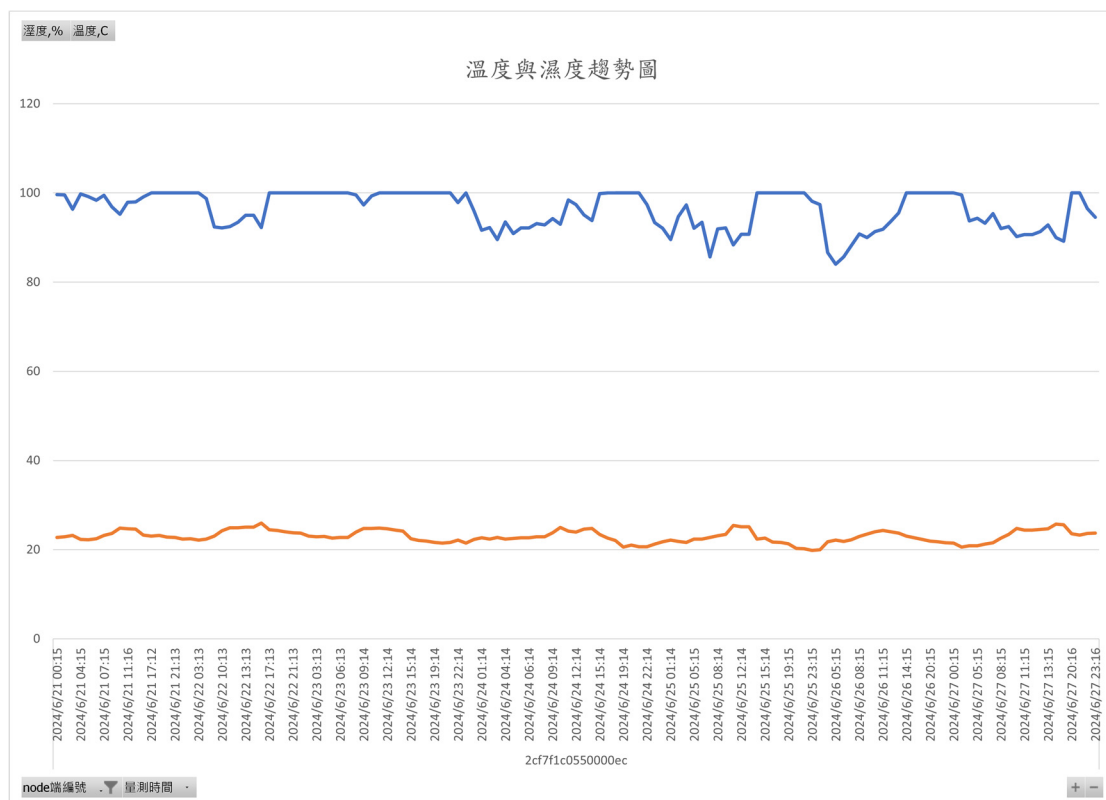


圖 28 2cf7f1c0550000ec 溫濕度統計趨勢圖

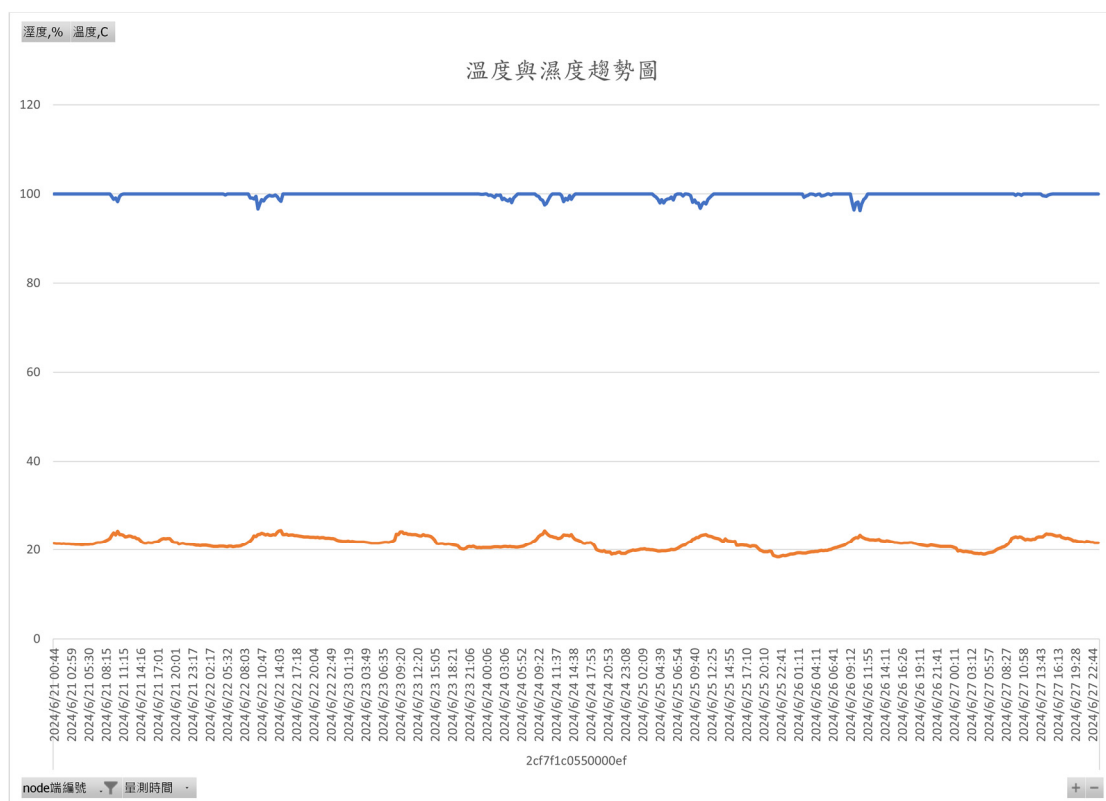


圖 29 2cf7f1c0550000ef 溫濕度統計趨勢圖



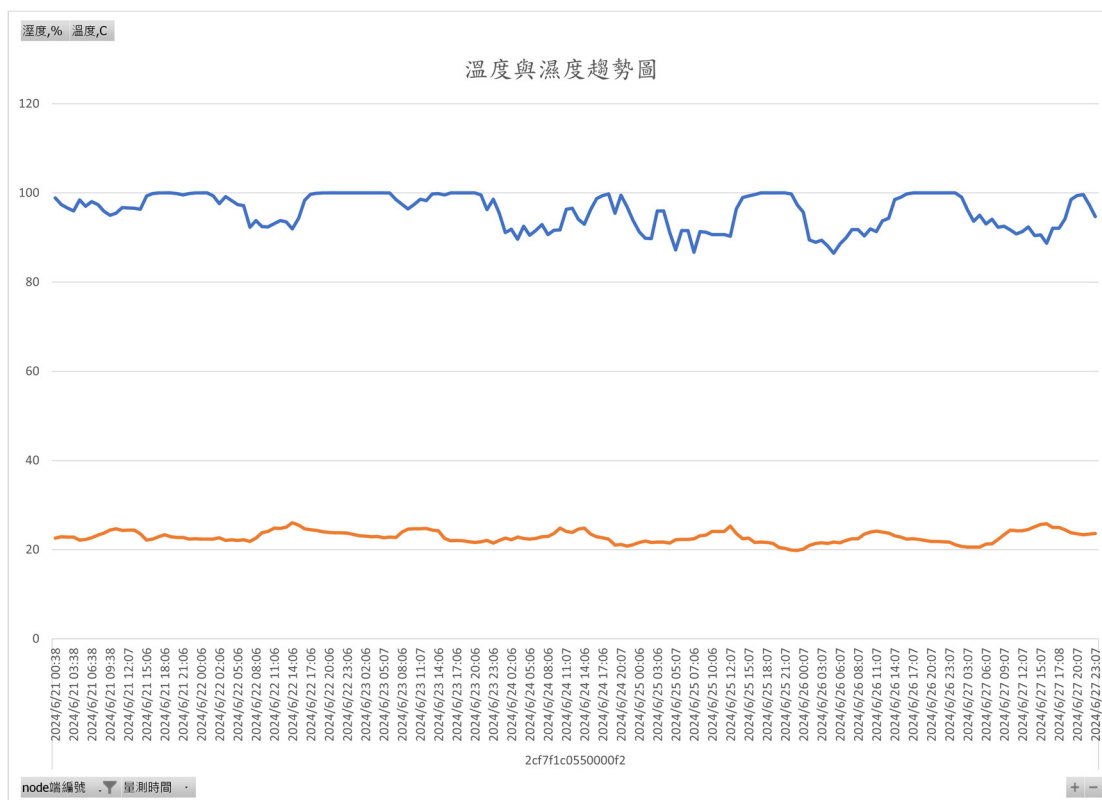


圖 30 2cf7f1c0550000f2 溫濕度統計趨勢圖

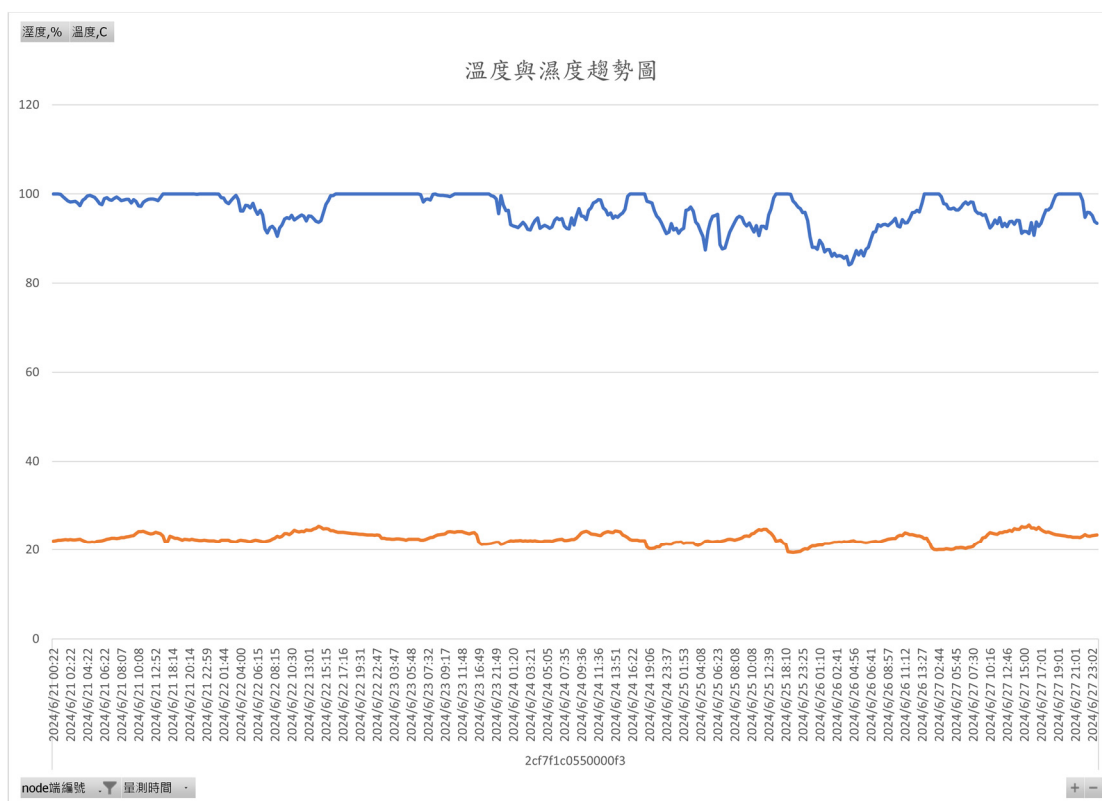


圖 31 2cf7f1c0550000f3 溫濕度統計趨勢圖



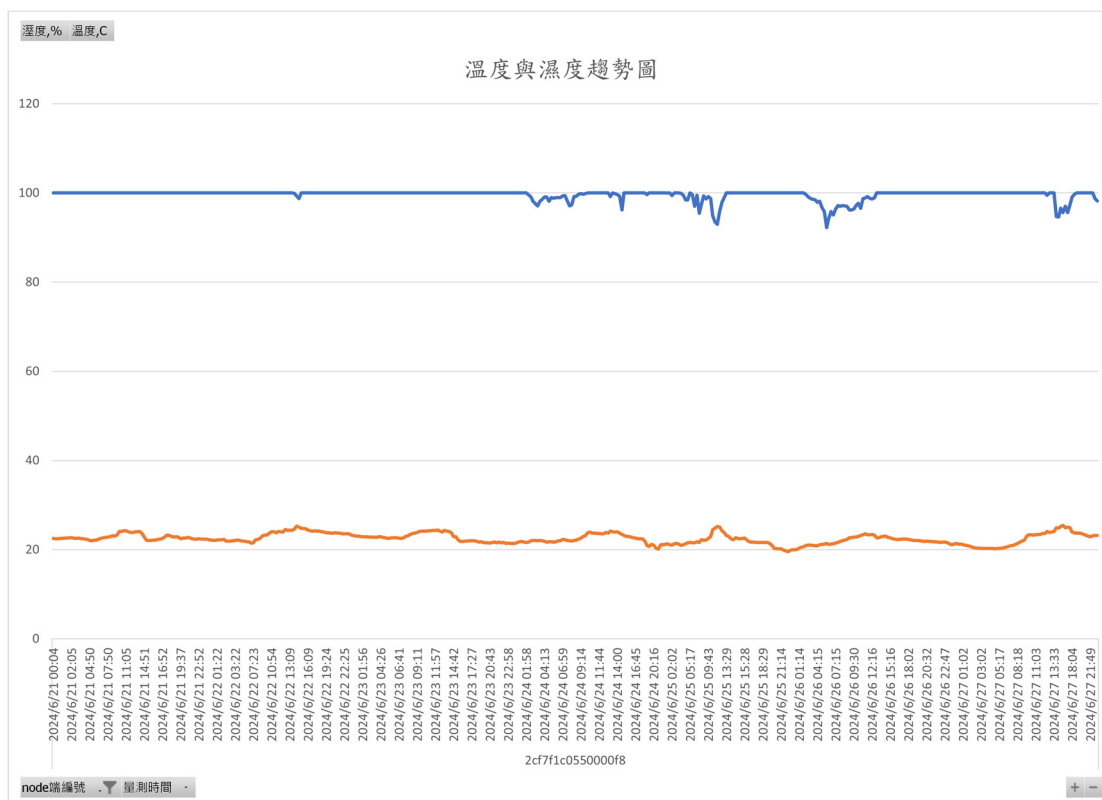


圖 32 2cf7f1c0550000f8 溫濕度統計趨勢圖

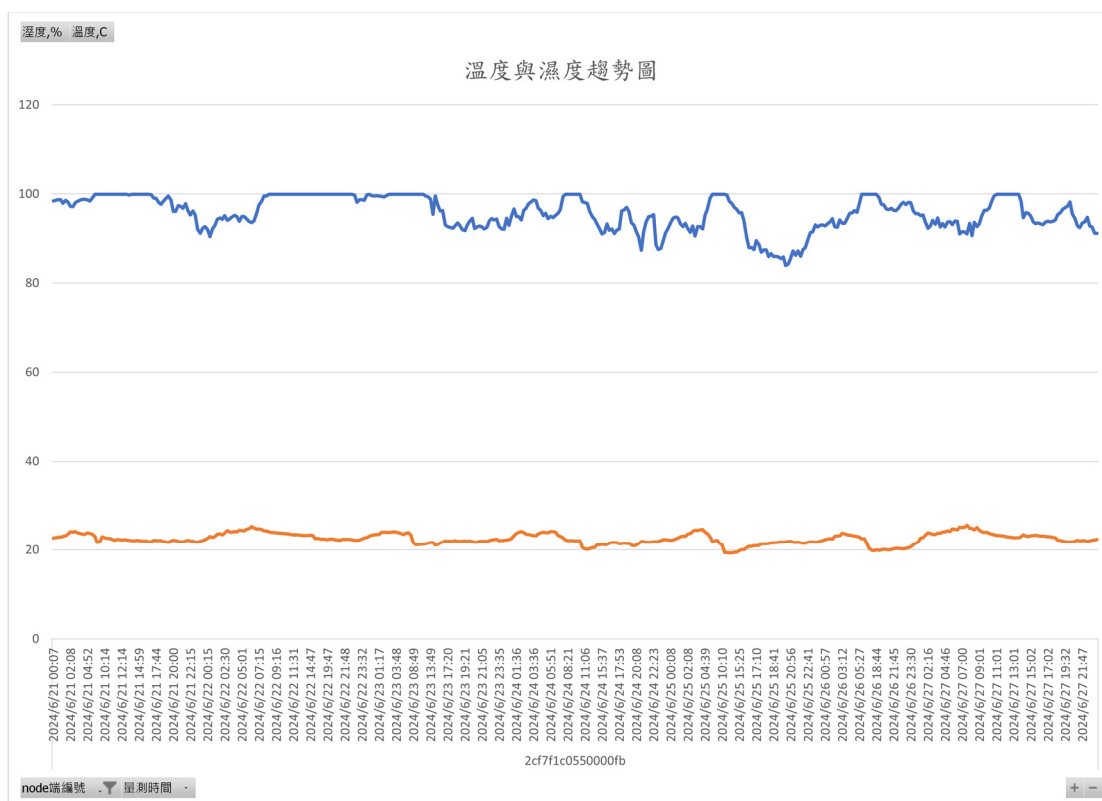


圖 33 2cf7f1c0550000fb 溫濕度統計趨勢圖



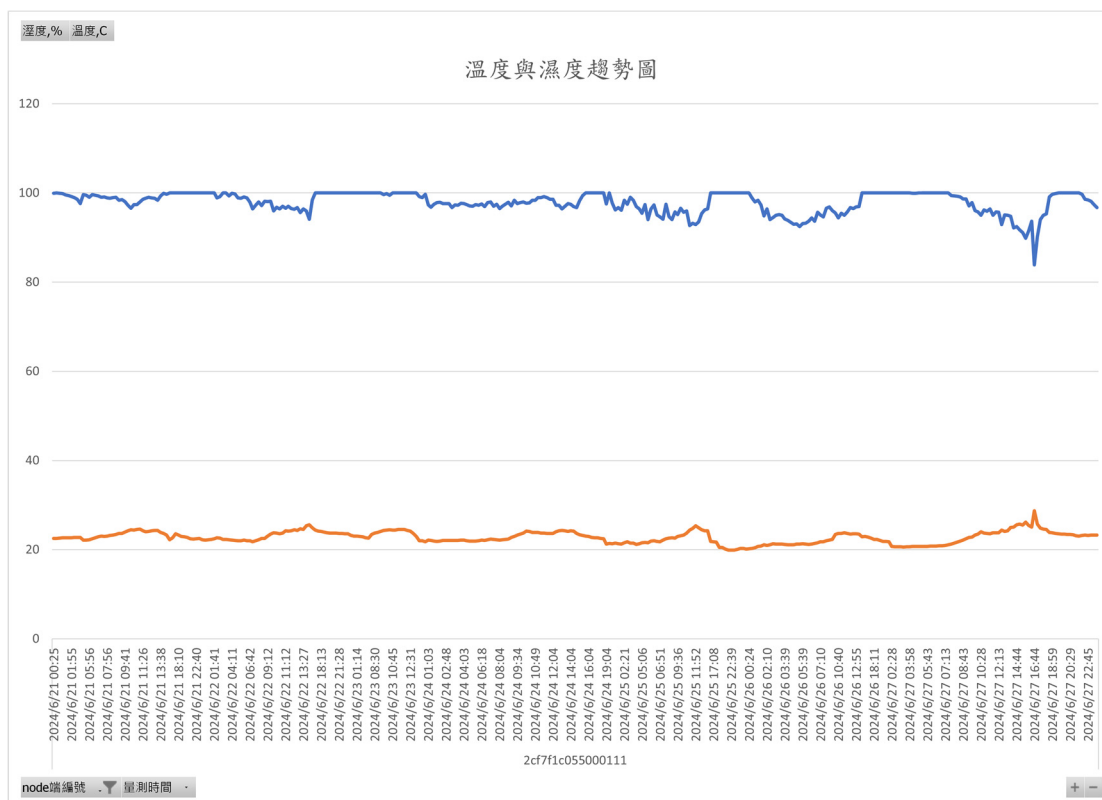


圖 34 2cf7f1c055000111 溫濕度統計趨勢圖

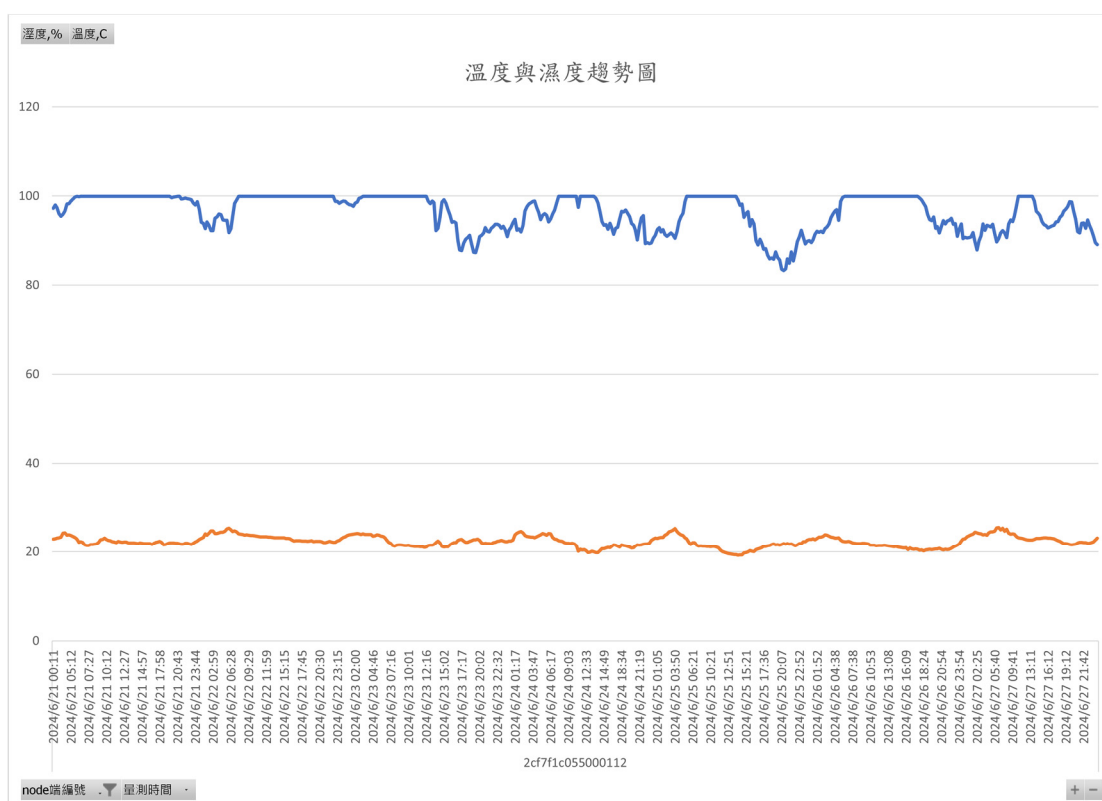


圖 35 2cf7f1c055000112 溫濕度統計趨勢圖



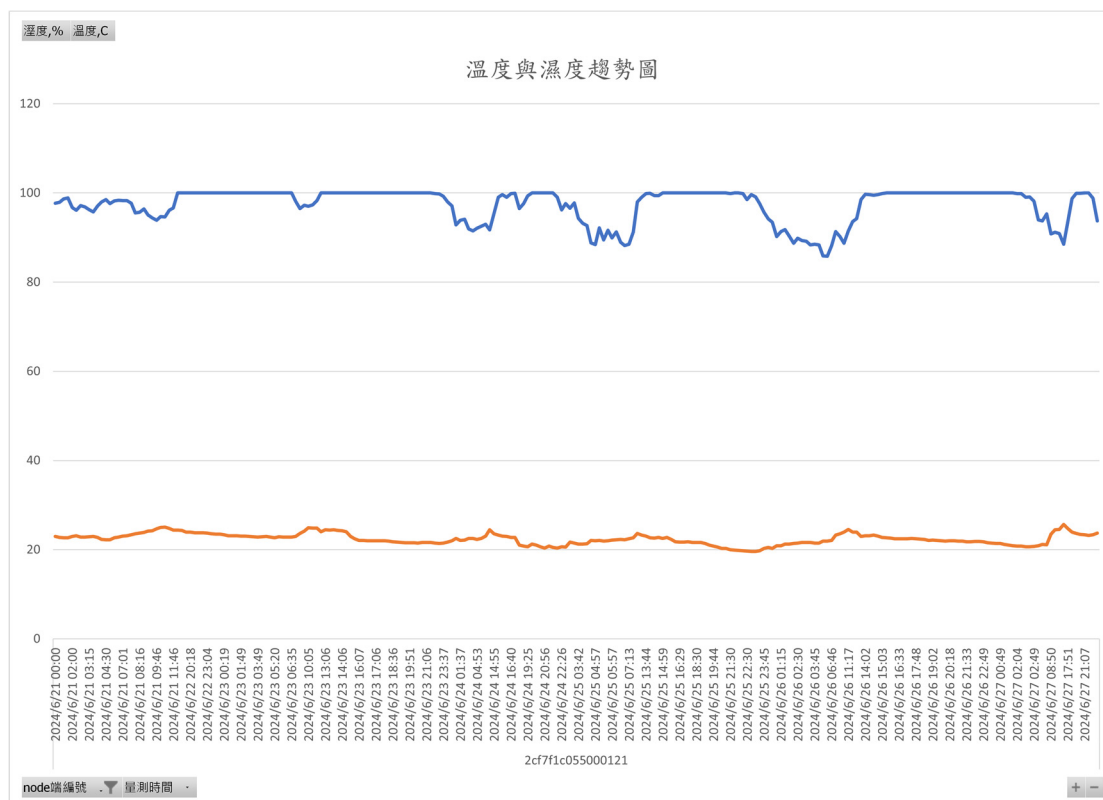


圖 36 2cf7f1c055000121 溫濕度統計趨勢圖

由圖可以瞭解到此處山區常多霧，相對濕度經常是 90% 以上，溫度也都在 25 度以下，相對平地涼爽，這些數據為生態系統研究和氣候變化監測提供了重要依據。

3.2 人流監控

3.2.1 系統架構與設備

為了更好地管理管制區域的遊客流量，我們開發了基於 TVWS/LoRa 整合的人流監控系統。每天與署的申請平台做資料自動取得，並傳入取卡機中，系統架構如下：



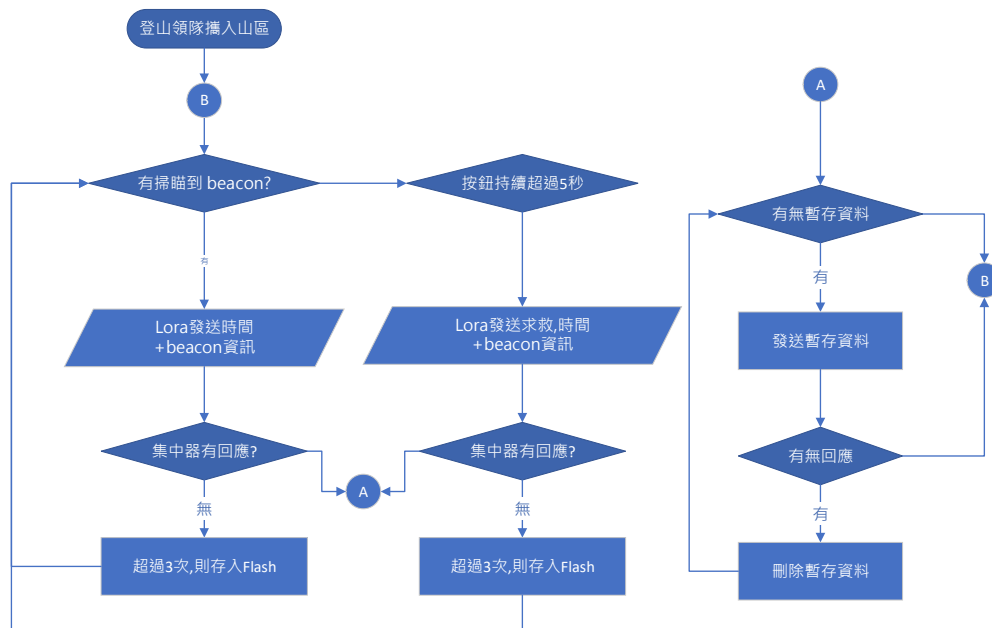


圖 37 人流監控系統架構圖

主要組件包括：

1. 藍牙信標：分布在步道和景點周圍
2. 人流定位卡片：由遊客攜帶，用於接收信標信號
3. TVWS 基站：供 LoRa 集中器收集資料後傳輸到中央系統
4. 中央監控平台：分析人流數據，生成報告

使用的主要設備規格如下：

- 藍牙信標：Bluetooth 5.0，電池壽命 2~3 年
- 人流定位卡片：重量<50g，電池充滿電後運作時長>2 天
- Lora 通訊模組：工作頻率 925 MHz

3.2.2 部署與測試

我們在東滿步道及小烏來步道上部署了此系統的信標分布如下圖：



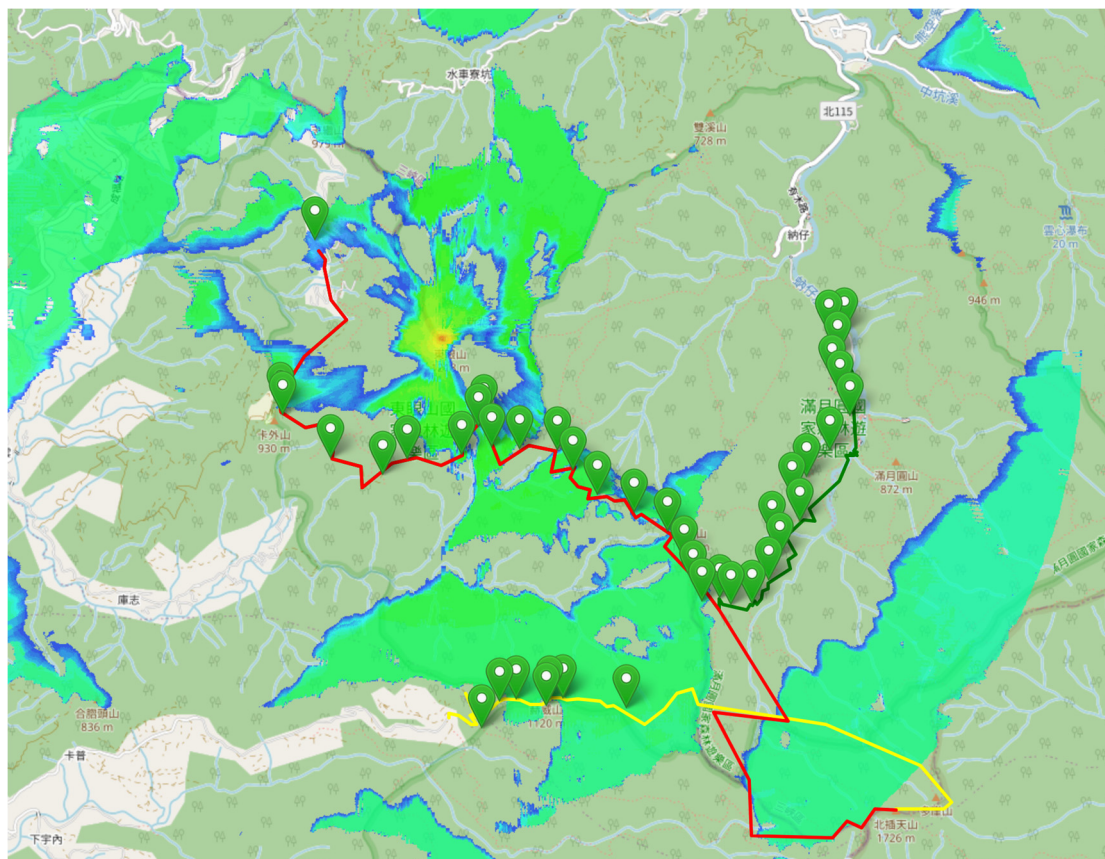


圖 38 人流監控系統藍牙信標及裝置分布圖

開發及部署過程中的主要挑戰包括：

- 便攜式卡片自動充電問題
- 卡片厚度、重量分布不均造成移動時翻轉的問題
- 確保申請入管制區遊客的隱私
- 設備的防水和耐用性
- 在複雜地形中未有 LoRa 集中器訊號覆蓋點的資料處理
- 遊客在一地點停留長時間時的資料處理

我們採取的解決方案包括：

- 使用匿名化技術處理申請入管制區遊客數據，確保遊客隱私。
- 從料桶式存放卡片改為輸送帶式，以避免翻轉問題不可控
- 結合多種定位技術提高準確性



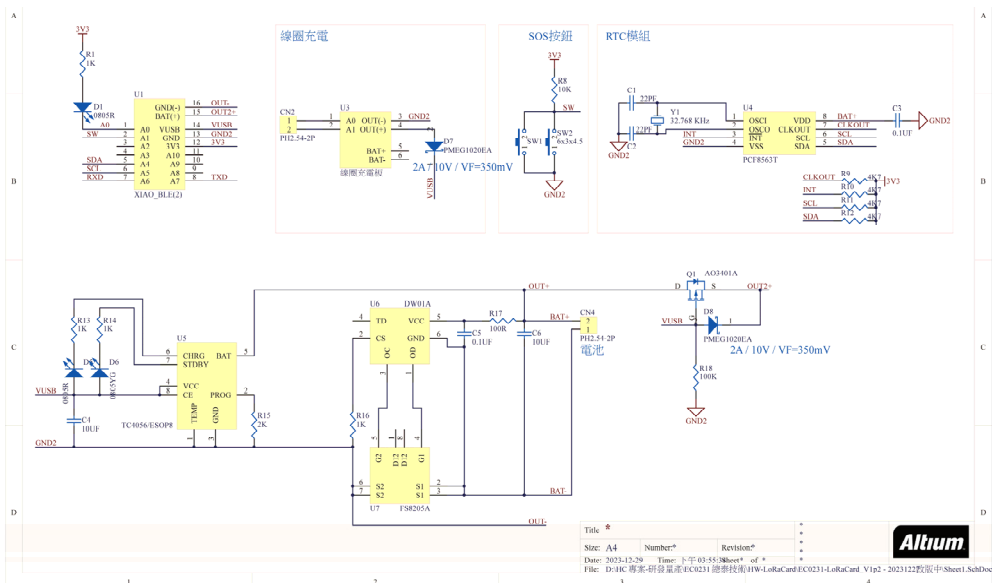


圖 39 人流定位卡片電路設計圖

可容納8張卡片
可取得申請進入插天山保護區名單
可無線充電
申請人可輸入申請序號取得卡片
存量小於2張時則暫停取卡
提供小型 Lora集中器接收Lora資料
提供4G網路方便介接資料

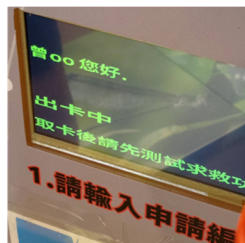
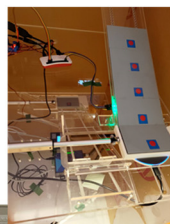
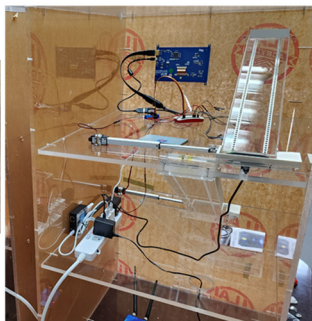
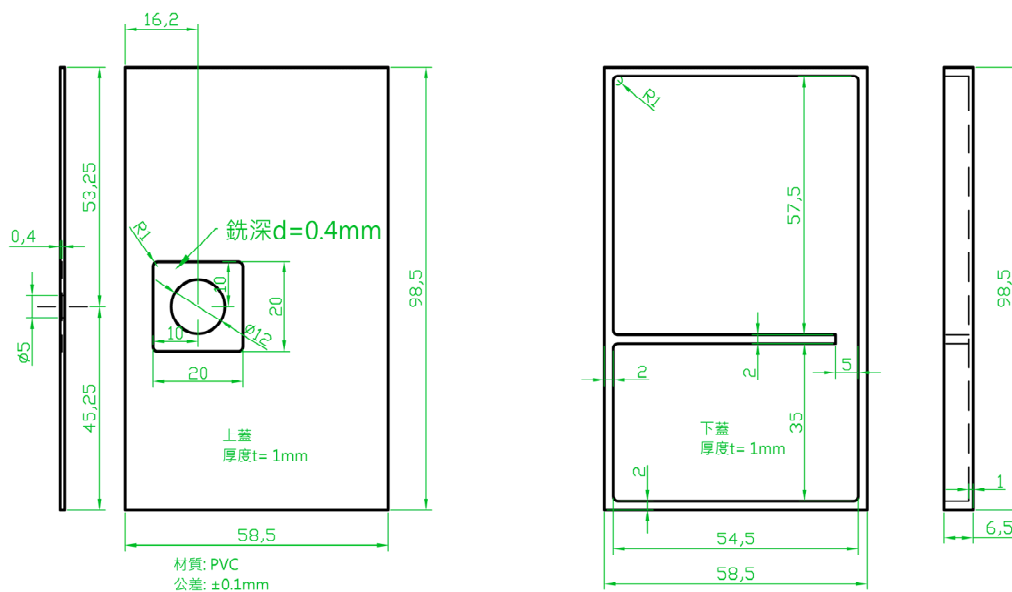


圖 40 取卡機外觀及內部構造





Date: 20240304

圖 41 人流定位卡片外殼設計尺寸圖



圖 42 人流定位卡片成品圖

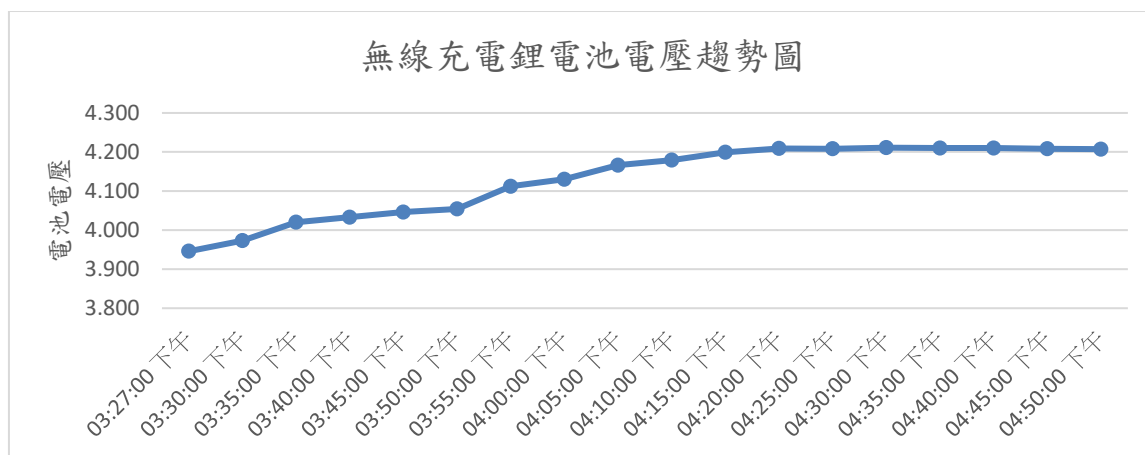


圖 43 無線充電電池電壓變化趨勢圖





圖 44 領取人流定位卡片人機介面

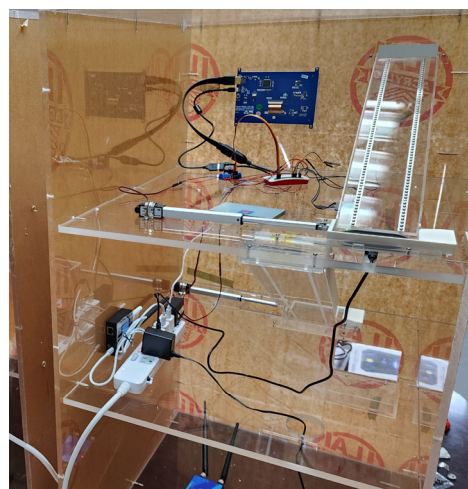


圖 45 領卡機內部機控制器及輸送軌道

3.3 野生動物監控

3.3.1 野生動物攝影機傳輸控制器控制流程

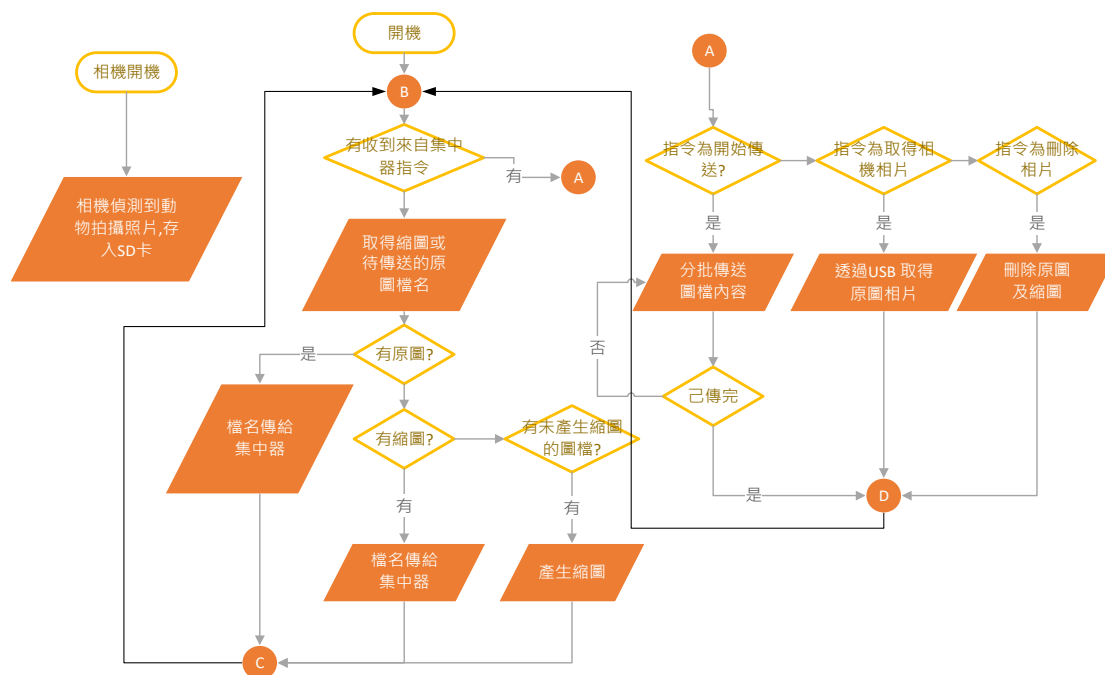


圖 46 野生動物攝影機傳輸控制器控制流程圖

3.3.2 動物攝影機部署與測試

10 部動物攝影機部署的位置如下圖：



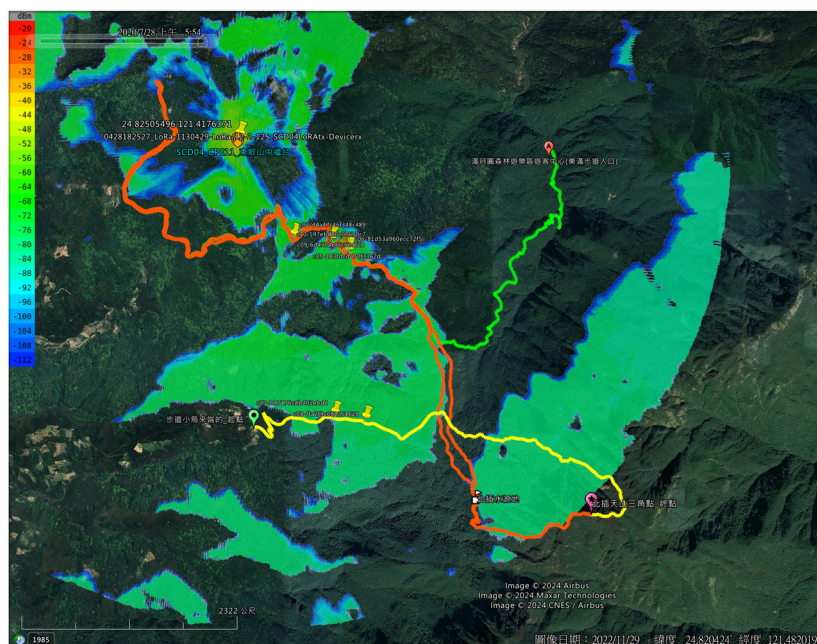


圖 47 動物攝影機測試架設位置圖



圖 48 動物攝影機與太陽能板安裝



圖 49 動物攝影機的固定

從上圖，動物攝影機安裝時，均同時安裝原廠搭配的太陽能光電板，該款太陽能板內建鋰電池組可供夜間及陰天使用，但於本測試區因濃霧及日照不足，也得安裝在樹冠下，即使有短暫有日照時，其發電量也不足。這一點是需要再思考解決方案的。

另外，考慮到目前使用束帶固定設備的局限性，我們評估了採用螺釘方式固定設備的可行性。螺釘固定方式提供了更穩固的支撐，能夠顯著減少設備脫落的風險，特別是在面對強風等惡劣天氣條件時。這種方法可能延長設備的使用壽命，減少維護頻率。然而，使用螺釘固定也帶來了新的挑戰。首先，它可能對樹木造成一定程度的損傷，這在生態保護區域是需要謹慎考慮的因素。其



次，安裝和拆卸過程較為複雜，需要額外的工具和技能，這可能增加安裝時間和成本。

為了權衡這些因素，我們建議採取混合策略。在重要或長期監測點，可以考慮使用螺釘固定，以確保設備的穩定性和安全性。對於臨時或短期部署，我們可以繼續使用改良的束帶固定方式。我們將採取新的固定解決方案結合螺釘和束帶的優點，既能提供足夠的穩定性，又能最小化對環境的影響。在實施過程中，我們會確保所採用的固定方式不會對樹木健康和整體生態系統造成顯著影響。通過這種靈活的方法，我們期望能夠在設備穩定性和環境保護之間找到最佳平衡點。



圖 50 動物攝影機拍照後回傳的縮圖



圖 51 用工具測試安裝地點 LoRa 訊號

上圖為因應部署需求，需先測量預定地點的 LoRa 集中器訊號強度，需將相關監測設備天線安裝在接收得到訊號的地方。



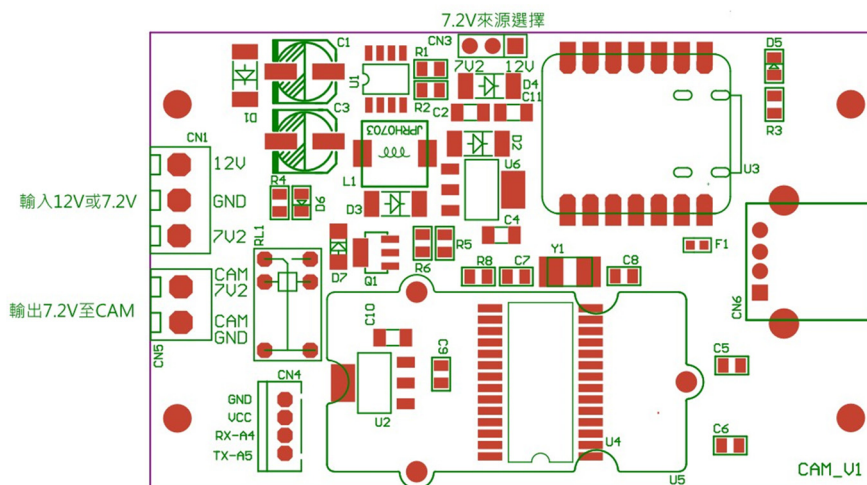


圖 52 研製雙電壓可選電源供應切換器及 LoRa 通訊功能電路

3.3.3 動物影像傳輸應用實驗數據及應用方案

為了評估 TVWS 技術結合 LoRa 在野生動物監控中的應用效果，我們在本案實驗場域的山徑中，自 5 月 23 日起陸續進行布署 10 部動物照相機。我們使用了相機型號 Bushnell trail camera CORE DS-4K 進行動物相片收集和傳輸。

實驗期間，我們發現了一些重要的技術挑戰和限制：

1. LoRa 傳輸速度限制：LoRa 段的傳輸速度較慢，這在某些應用場景中可能會限制系統的效益。特別是在需要傳輸大量數據或對即時性要求較高的情況下，LoRa 的性能可能不能滿足需求。

2. 電力供應問題：原廠配置的太陽能供電系統在某些情況下無法提供足夠的電力，導致傳輸中斷。這個問題在陰天或樹冠茂密的地區尤為明顯，嚴重影響了系統的穩定性和可靠性。

3. TVWS 與 LoRa 性能差異：我們驗證了 TVWS 段能夠快速將數據傳輸到遠端，但系統整體性能受到 LoRa 段速度的限制。這種"木桶效應"凸顯了優化整個傳輸鏈路的重要性。

儘管面臨這些挑戰，我們仍然收集到了有價值的數據，已傳回中心端伺服器的縮圖共 296 張，挑選原圖已傳回數量 3 張。下表顯示統計資料，並評估可能狀況，陸續會再到現場做調整：



表 2 動物攝影機資料統計表

相機序號	設備編號	縮圖總數	原圖已傳送數量	看得出有動物數量	完成安裝日期	備註
1	d4a47c46f348c489	15		5	5月23日	容易有人走過去
2	62df0bf7ab1dcc8a	3		0	5月23日	位置不好, 動物少出沒
3	b2f385b152a76c10	11		2	5月23日	相機中有很多照片, 縮圖尚未傳回可能收訊較差
4	04dfdfa2f7495cc9	29	2	14	5月23日	
5	183fdcd470f3362d	74		23	5月23日	
6	81d53a960ecc72f5	82		33	5月23日	
7	bb7176c8b402ebd4	4		0	5月23日	可能相機裝太高
8	ffa2f9c681361628	24		0	5月23日	可能相機裝太高
9	6d4304ef0c56df2b	31		0	6月11日	容易有人走過去
10	597ebd86c07670c7	23	1	11	6月11日	

設備編號	設備名稱	緯度	經度	SD卡剩餘空間(kb)	運轉狀態	操作
d4a47c46f348c489	Camera1	24.81636	121.4222	000031176000	待機	修改
62df0bf7ab1dcc8a	Camera2	24.81607	121.4261	000031142432	待機	修改
b2f385b152a76c10	Camera3	24.8159	121.42628	000030929360	待機	修改
04dfdfa2f7495cc9	Camera4	24.81539	121.42749	000030861632	待機	修改
183fdcd470f3362d	Camera5	24.81484	121.42802	000030813936	待機	修改
81d53a960ecc72f5	Camera6	24.81503	121.42825	000031072928	待機	修改
bb7176c8b402ebd4	Camera7	24.79989	121.42691	000031175904	待機	修改
ffa2f9c681361628	Camera8	24.79948	121.4301	000030941680	檔案傳送中	修改
6d4304ef0c56df2b	Camera9	24.81595	121.42629	000031164128	待機	修改
597ebd86c07670c7	Camera10	24.81598	121.42632	000030684720	待機	修改

圖 53 監測資料中心動物照相機清單與運轉狀態

基於這些發現，我們提出以下改進建議和應用方案：

1. 傳輸技術優化：考慮在可能的情況下直接使用 TVWS 進行數據傳輸，減少對 LoRa 的依賴，或探索其他更高速的短距離傳輸技術。
2. 能源系統升級：重新設計太陽能供電系統，增加電池容量和太陽能板效率，確保在各種天氣條件下的持續運作。
3. 數據處理策略調整：在終端設備上實施更高效的數據篩選和壓縮算法，減少需要傳輸的數據量，從而緩解傳輸速度慢的問題。
4. 智能監測系統：開發能夠根據電量和數據重要性自動調整傳輸頻率和內容的系統，優化能源使用和數據傳輸。



5. 混合網路架構：探索 TVWS、LoRa 和其他通信技術（如 4G/5G，條件允許時）的混合使用，根據不同場景的需求靈活切換。



圖 54 已傳輸回中心端伺服器的動物原圖之一

未來，我們計劃進一步優化系統設計，特別是在提高能源效率和傳輸效率方面。我們也將探索更先進的圖像處理技術，以在設備端實現更智能的數據篩選，減輕傳輸負擔。

儘管實驗中遇到了一些技術挑戰，但結果仍然表明 TVWS 技術在野生動物監控應用中具有巨大潛力。通過針對性的改進和優化，我們相信可以顯著提升系統的整體性能，為野生動物監測和保護工作提供更加高效的技術支持。

3.3.4 TVWS 直接傳輸影像及照片評估

根據 CPE(EAR)端無線電接收到的信號強度，CPE 端 TVWS 無線電將能夠以不同的數據速率對數據進行解碼，如調製編碼方案 (MCS) 級別所示。MCS 越高，頻道可以承載的數據速率（稱為頻譜效率）就越高。這假設 CPE 端 TVWS 無線電接收電路的 RF 環境中存在本底噪聲(noise)，對於雙通道 TVWS 無線電通常為-98dBm。如果接收功率為-88dBm，則信噪比為 10dBm。



如果接收功率低於 -98dBm，鏈路將丟失接收功率。假設鏈路接收永遠是靜態的是不合理的。樹木生長，建築物建造，道路交通可能會增加。因此，必須在最小目標接收功率之上添加額外的鏈路預算餘量。6Harmonics 設備要求最小鏈路預算衰落餘量為 6dBm。換言之，CPE（EAR）端接收功率的設計規則應至少為-72dBm，以維持 MCS7。在-97dBm 和-80dBm 接收功率之間，UDP 及 TCP 吞吐量(Throughput)將根據下表有所不同：

表 3 調製與編碼策略 MCS 表(6MHz)

Connection MCS level	Received power (dBm)	Modulation supported	Spectral efficiency (b/s/Hz)	Theoretical PHY rate (Mbps)	UDP rate (Mbps est.)	TCP/IP rate (Mbps est.)
MCS 7	>-78dBm	64 QAM 5/6 rate	5 ⁶	25	16.5	12
MCS 6	-80 to -79dBm	64 QAM ¾ rate	4.5	22.5	14.7	10.9
MCS 5	-82 to -81dBm	64 QAM 2/3 rate	4	20	13.0	9.7
MCS 4	-84 to -83dBm	16 QAM ¾ rate	3	15	9.8	7.3
MCS 3	-89 to -85dBm	16 QAM ½ rate	2	10	6.5	4.8
MCS 2	-90 to -92dBm	QPSK ¾ rate	1.5	7.5	4.9	3.6
MCS 1	-93 to -95dBm	QPSK ½ rate	1	5	3.3	2.4
MCS 0	-96 to -98dBm	BPSK ½ rate	0.5	2.5	1.6	1.2
No connection	<-98dBm	NA	NA	NA	NA	NA

我們評估了直接使用 TVWS 傳輸影像和照片的可行性：

1. 技術可行性：

- TVWS 可提供足夠的帶寬支持影像傳輸，典型 UDP 速率為 1.6～16.5Mbps，以現在主流市場的影像壓縮技術 H.264 而言，以調製編碼 MCS1 以上即可達 3.3Mbps，保守一點估計可以增加一個級別至 MCS2 時就可以傳送一支攝影機的 Full HD 影像。在不同解析度的 30fps 下所需的帶寬估算表如下表所示：



表 4 不同解析度的 H.264 30fps 下所需的帶寬估算表

解析度	像素	位元率(Kbit/s)
VCD / CIF	352 x 240	178
4CIF	704 x 480	455
DVD / D1	720 x 480	466
HD	1280 x 720	1,356
Full HD	1920 x 1080	3,051

- 4k JPEG 解析度照片 (4096 x 2734)檔案大小約為 4MB~10MB。以 TCP 傳送一張相片調製編碼在 MCS2 時，約需時 9~22 秒鐘，適合傳輸壓縮後的照片和中高等質量的視頻流

2. 優勢：

- 相比 LoRa，TVWS 提供更高的數據傳輸速率，能支持更高質量的影像傳輸
- 可實現近即時的影像監控，適用於野生動物觀察和森林火災監測等應用
- 覆蓋範圍大，適合分散的監測點

3. 挑戰：

- 功耗較高，可能需要更強的電源供應
- 設備成本高於 LoRa 解決方案
- 在極端偏遠地區，可能需要多跳幾個骨幹節點傳輸

4. 應用場景：

- 野生動物監測：使用 HD 級別以上攝影機，配合動態檢測技術，利用 TVWS 高帶寬特性，可實現高解析度動物圖像的快速傳輸
- 森林火災監控：部署固定式 HD 或 Full HD 攝像機，根據信號強度調整解析度，進行火勢蔓延監控及救援行動協調



5. 實施建議：

- 在關鍵監測點優先部署 TVWS 影像傳輸系統
- 開發智能壓縮算法，優化影像質量和傳輸效率的平衡
- 結合邊緣計算技術，在傳輸前進行初步的影像分析和篩選
- 考慮使用 H.265 等高效視頻編碼技術，在保證畫質的同時降低帶寬需求

7. TVWS 的 MCS 級別與系統效能：

- 在 TVWS 系統中，發射功率通常是固定的，MCS 級別會根據信道條件自動調整。
- MCS 級別的變化主要影響數據傳輸率和通信可靠性，而不直接影響發射功率。
- 高 MCS 級別（如 MCS 6-7）在良好信道條件下可以提供更高的數據率，適合傳輸高質量影像。
- 低 MCS 級別（如 MCS 0-2）在信道條件較差時使用，可以維持通信連接，但可能需要降低影像質量。
- 建議實施自適應視頻編碼策略：
 1. 當系統使用高 MCS 級別時，可傳輸高解析度或高幀率的視頻。
 2. 當系統降至低 MCS 級別時，自動降低視頻解析度或幀率，以維持穩定傳輸。
- 開發智能傳輸調度系統，在保證必要監控效果的同時，優化數據傳輸策略，提高整體系統效率。

直接使用 TVWS 傳輸影像和照片是技術可行的，並且在某些應用場景中具有明顯優勢。建議在下一階段項目中進行小規模試點，以評估實際效果和優化系統性能。



3.3.5 影像預處理技術

為提高傳輸效率並降低資料傳輸負載，未來可在端點上應用軟體預處理影像的方法：

1. 預處理技術概述：

- 目標：在傳輸前過濾出含有動物的圖片，減少不必要的數據傳輸
- 實現方式：在攝影機或控制器上運行輕量級機器學習模型

2. 技術實現：

- 使用 TensorFlow Lite 部署輕量級卷積神經網路模型
- 模型訓練使用本地收集的野生動物圖像數據集
- 優化模型以適應低功耗設備運行

3. 預處理流程：

- a) 攝影機拍攝圖像
- b) 本地模型進行快速分類
- c) 僅傳輸被識別為包含動物的圖像

4. 效果分析：

由於缺乏實際的系統測試數據，我們無法提供確切的效果分析。然而，我們可以提出以下評估方法和預期效果：

- 數據傳輸量減少：
 - * 評估方法：比較使用預處理前後的數據傳輸量
 - * 預期效果：根據動物出現頻率，可能減少 50-80% 的數據傳輸量
- 準確率：
 - * 評估方法：人工檢查一定數量的圖像，計算正確識別動物的比例
 - * 目標準確率：至少達到 90%，以確保不遺漏重要數據



- 能耗影響：

- * 評估方法：測量加入預處理功能前後的設備能耗

- * 預期影響：可能增加 5-15% 的能耗，具體取決於處理器效能和優化程度這些數據需要通過實際的系統測試來驗證和調整。

5. 挑戰與解決方案：

- 挑戰：有限的計算資源可能影響處理速度

- 解決方案：持續優化模型，考慮使用專門的邊緣計算硬體

6. 未來改進方向：

- 增加模型識別的動物種類

- 實現動態模型更新，適應不同季節的動物活動模式

- 探索結合動作感應技術，進一步提高檢測效率

影像預處理技術有潛力顯著減少數據傳輸量，提高系統整體效率。然而，確切的效果需要通過實際部署和測試來確定。我們建議在下一階段項目中進行詳細的實驗評估，以獲得準確的性能數據，並基於這些數據進一步優化系統。

3.4 應用成果與展望

TVWS 支持的林業物聯網系統在環境監測和人流監控方面目前可以取得顯著成果在以下各方面：

1. 數據收集效率提升：相比傳統方法，數據收集速度提升了

2. 覆蓋範圍擴大：通過使用 LoRa 擴充集中器站增加外圍半徑後，監測面積可以大幅增加，尤其是在偏遠地區能擴大監測範圍

3. 即時性增強：從數據產生到分析的時間縮短

4. 成本降低：相比衛星通訊，運營成本較低

然而，我們也發現了一些需要改進的地方：



1. 在極端天氣條件下，部分設備的可靠性有待提高
2. 電池壽命仍然是限制因素，尤其是在冬季
3. 太陽能板日照時長不足，需增加儲電容量
4. LoRa 設備端天線盡量採用可外接天線式，增加傳輸距離

未來，研發方向可以朝：

1. 開發更耐極端天氣的設備
2. 研究新型長效電池和能量採集技術
3. 實施更先進的數據加密和匿名化技術
4. 擴大系統應用範圍，包括野生動物監測和森林火災預警

TVWS 技術在林業物聯網應用中展現出了巨大潛力，為山區生態系統監測和管理提供了新的可能性。隨著技術的不斷完善，我們期待看到更多創新應用的出現。

3.5 監測數據保留與管理策略

根據合約要求，本專案的監測數據需保留一年。為確保數據的安全性、可訪問性和有效利用，我們制定了全面的數據存儲和管理方案。為保障數據安全，我們實施了嚴格的加密措施和訪問控制機制。所有數據在傳輸和存儲過程中都經過加密處理，只有經授權的人員才能訪問。我們還建立了完善的備份機制，包括每日增量備份和每週全量備份，確保在發生意外時能夠快速恢復數據。

此外，我們開發了專門的數據管理平台，提供數據查詢、可視化和導出功能，方便研究人員和管理人員有效利用這些寶貴的監測數據。該平台還具備自動化的數據清理和歸檔功能，確保在一年期限到期後，數據能夠被妥善處理或根據需要延長保留。

透過這些措施，我們不僅滿足了合約的要求，還為長期的生態研究和環境監測奠定了堅實的數據基礎。



4 低軌道衛星通訊技術應用於山區通訊之可行性及效益研析

4.1 低軌衛星通訊與物聯網應用發展現況

4.1.1 低軌衛星通訊的優缺點

低軌道（low Earth orbit，LEO）衛星通訊是指利用運行在低軌軌道（約 160 至 2,000 公里）的衛星進行通訊。與運行在約 35,700 公里高度的地球同步軌道（geostationary orbit，GEO）衛星相比，LEO 衛星通訊具有以下優缺點：

- 低延遲：LEO 衛星的訊號傳輸距離較短，因此延遲時間更低，通常為 10 至 100 毫秒，而 GEO 衛星的訊號傳輸延遲時間約為 240 毫秒。低延遲對於即時性要求較高的應用，例如遠程操控、虛擬實境等，具有重要意義。
- 大頻寬：LEO 衛星通訊系統使用更大頻寬的頻率資源，可以支持更高的傳輸速率。例如，SpaceX 旗下的 Starlink 可以提供最高 300 Mbps 的下載速率。
- 廣覆蓋：LEO 衛星星座可以提供更廣泛的覆蓋範圍，特別是對於偏遠地區、海島和沙漠等傳統地面基礎設施難以覆蓋的地區。

LEO 衛星星座的建設和運營成本較高，其服務價格相較於地面通訊尚有不小的差距。但 LEO 衛星系統不僅能提供更低的延遲時間，也提升了通訊的效率。例如，OneWeb 按其規劃之初步部署方案已發射超過 600 顆 LEO 衛星，每顆衛星的覆蓋範圍達 100 萬平方公里，並具備每秒 7.5 Gbps 的傳輸能力。此外，在提供商業化服務居領先地位、SpaceX 旗下的 Starlink 擁有近 6,000 顆 LEO 衛星，為近百國家的 300 多萬使用者提供高速上網服務。

4.1.2 物聯網在各個應用領域的具體案例

物聯網（Internet of things，IoT）技術是指將各種電子設備連接至網路，



以便進行數據交換和控制。物聯網技術的發展，正逐步改變我們的生活和工作方式。透過 LEO 衛星通訊，物聯網設備即使在偏遠地區也能實現連接。物聯網在各個應用領域具有廣泛的應用前景，以下是一些具體案例：

- 農業監測：利用物聯網技術可以監測農田的溫度、濕度、土壤肥力等參數，為農民提供精準的農業管理建議，提高農業生產效率。例如，無人機噴灑系統可以利用物聯網技術實現精準施肥、施藥，減少農藥和化肥的使用量。
- 災害管理：利用物聯網技術可以監測地震、洪水、颱風等自然災害，並及時預警，減少人員傷亡和財產損失。例如，衛星遙感監測系統可以利用物聯網技術即時監測地表變化，為災害應急管理提供重要數據支持。
- 遠程醫療：利用物聯網技術可以實現遠程診斷、遠程手術等醫療服務，為偏遠地區的患者提供便捷的醫療服務。例如，遠程診斷系統可以利用物聯網技術將患者的生理數據傳輸給醫生，醫生可以通過視訊進行診斷。
- 智慧城市：利用物聯網技術可以建設智慧交通、智慧照明、智慧環保等智慧城市基礎設施，提高城市管理效率和市民生活品質。例如，智慧路燈系統可以利用物聯網技術實現自動調節亮度，節省能源。

4.1.3 亞太地區發展中國家的數位連接挑戰

亞太地區是世界上人口最多的地區，也是發展中國家最多的地區。然而，亞太地區的數位連接水平仍然較低，特別是在發展中國家。這些國家在數位連接方面面臨以下挑戰：

- 基礎設施不足：亞太地區許多發展中國家缺乏光纖網路等基礎設施，導致數位連接成本高、覆蓋範圍小。
- 資金短缺：數位連接基礎設施的建設需要大量資金投入，而許多發展中國家的財政預算有限。



- 人才缺乏：數位連接的發展需要大量專業人才，而許多發展中國家的人才資源不足。

4.1.4 LEO 衛星通訊和物聯網技術發展面臨的挑戰

LEO 衛星通訊和物聯網技術的發展面臨以下具體挑戰：

- 技術標準不一：目前，LEO 衛星通訊和物聯網技術的標準分歧，這可能導致兩種技術間操作性問題。
- 資源分配不均：LEO 衛星通訊需要大量的頻譜資源，而頻譜資源是有限的，因此可能存在頻譜資源分配不均的問題。
- 資安問題：LEO 衛星通訊系統和物聯網設備都存在資安風險，可能被駭客攻擊或竊取數據。

4.1.5 LEO 衛星通訊和物聯網技術發展的未來趨勢

LEO 衛星通訊和物聯網技術的發展具有廣闊的前景，未來將呈現以下趨勢：

- 衛星星座的規模化部署：隨著技術的進步和成本的下降，將有更多衛星星座被部署到軌道上，為全球提供更加廣泛和可靠的通訊服務。
- 5G/6G 技術的融合：LEO 衛星通訊將與 5G/6G 技術融合，提供更高的傳輸速率和更低的延遲，滿足未來物聯網應用對通訊的需求。
- 物聯網應用場景的拓展：物聯網應用將拓展到更多領域，例如工業製造、自動駕駛、智慧家居等，推動相關產業的發展。

總體而言，LEO 衛星通訊和物聯網技術將在未來扮演越來越重要的角色，為全球的數位化發展和經濟社會進步做出重要貢獻。

4.2 低軌衛星通訊於我國山區環境成本效益分析

4.2.1 LEO 衛星通訊與傳統地面基礎設施的比較

在分析 LEO 衛星提供的接取服務和傳統地面通訊基礎設施（如光纖）左



山區環境中的應用時，可以歸納出以下優缺點：

優點

- 覆蓋範圍廣：LEO 衛星接取服務具有覆蓋廣泛的優勢，特別是在偏遠和地形崎嶇的山區，無需鋪設地面基礎設施即可實現穩定的網際網路連接，這對於難以到達的區域尤為重要。
- 建設週期短：引入 LEO 衛星服務僅需購買和安裝終端設備，安裝過程簡單快捷，能夠在短時間內提供服務。
- 維護成本低：LEO 衛星接取服務的維護主要集中在終端設備上，不受地形影響，且運行穩定，適合在山區環境中長期使用。

缺點

- 高月費營運成本：LEO 衛星接取服務的每月費用相對較高，根據不同服務方案，每月費用在 995 美元至 2,499 美元之間，這比光纖的月費高出許多。
- 效能限制：雖然 LEO 衛星能夠提供足夠的網路速度和較低的延遲，但在極端天氣或特殊地理條件下，服務品質可能受到影響，並且相比光纖，容量相對較低。

初期設備成本：雖然 LEO 衛星的初期建設成本低於光纖，但購買終端設備仍需支付一次性的較高費用（以 OneWeb 為例，約 1.5 萬美元），這可能對預算有限的專案造成壓力。

4.2.2 LEO 衛星通訊系統在山區環境中的具體應用案例

LEO 衛星通訊系統在山區環境中有廣泛的應用前景，以下是一些具體案例：

- 林業管理：利用 LEO 衛星通訊系統可以進行森林資源監測、森林火災預警、森林病蟲害防治等工作。例如，通過衛星遙感監測可以獲取森林覆蓋



面積、森林密度、森林健康狀況等數據，為林業管理部門提供科學的決策依據。

- 環境監測：利用低軌衛星可以監測大氣污染、水質污染、森林火災等，為環境保護工作提供及時的信息。例如，在歐洲，歐空局（European Space Agency, ESA）利用 Sentinel-2 衛星監測全球森林砍伐情況，為打擊非法森林砍伐提供幫助。
- 災害應對：利用低軌衛星可以監測地震、洪水、泥石流等災害，為災害應急管理提供支持。例如，在日本，日本宇宙航空研究開發機構（Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA）利用 ALOS-2 衛星監測了 2011 年東日本大地震，為災害救援工作提供了寶貴的信息。

4.2.3 LEO 衛星通訊技術在山區環境中面臨的具體技術挑戰

LEO 衛星通訊技術在山區環境中面臨以下具體技術挑戰：

- 衛星信號干擾：山區地形複雜，植被茂密，容易造成衛星信號干擾。例如，山谷、樹林等地形障礙物會阻擋衛星信號，導致信號衰減或中斷。
- 衛星星座設計：山區地形起伏較大，人口密度較低，因此需要精心設計衛星星座，以確保對山區的有效覆蓋。例如，衛星的軌道高度、傾角、間距等參數需要合理設計，以最大限度地提高對山區的信號覆蓋率。
- 衛星系統可靠性：山區環境惡劣，天氣多變，對衛星系統的可靠性提出更高的要求。例如，衛星需要能夠抵禦雷電、冰雹等惡劣天氣影響，並保持穩定運行。

4.2.4 LEO 衛星通訊技術在我國山區環境中應用的潛在成效

LEO 衛星通訊技術在我國山區環境中應用可取得以下潛在具體成效：

- 改善山區居民通訊條件：LEO 衛星通訊技術為山區居民提供了可靠的通訊服務，縮小了城鄉通訊差距。例如，在一些偏遠山區，通過 LEO 衛星通



訊可以實現手機通話、上網等服務，使山區居民能夠更加便捷地與外界聯繫。

- 促進山區經濟發展：LEO 衛星通訊技術為山區經濟發展提供了新的機遇。例如，通過 LEO 衛星通訊可以發展遠程教育、遠程醫療、電子商務等產業，促進山區經濟增長。
- 提升山區環境保護水平：LEO 衛星通訊技術為山區環境保護提供了有力支撐。例如，通過 LEO 衛星通訊可以加強對森林資源、水資源、野生動植物等環境資源的監測，及時發現環境問題，並採取措施制止。

4.2.5 成本效益評估量化分析與結果比較

在山區這種地形複雜的地區，LEO 衛星和 TVWS 這兩種技術各有優勢。LEO 衛星如同在太空中繞著地球跑的基地台，提供廣大覆蓋範圍、無需地面基礎設施即可服務最偏遠的山區。然而，由於單一衛星僅能短暫地覆蓋同一區域，需要多顆衛星才能確保持續連線。TVWS 技術則利用傳統電視頻道中未使用（空白）的頻段，在地面建立小型基地台，適合地形複雜的地區，但其傳輸距離和頻譜可用性可能受到限制。

在規劃山區通訊骨幹建置時，單純比較 LEO 衛星通訊與光纖或其他單一技術的成本效益難以全面反映實際需求。事實上，結合 LEO 衛星通訊和 TVWS 技術的混合方案可能更適合山區環境的複雜需求。在這種混合方案中，TVWS 技術主要提供局部區域的網路覆蓋，而 LEO 衛星通訊則作為連接網際網路的替代方案，特別是在固定網路或行動寬頻服務不可用或不穩定的情況下。這種組合充分利用兩種技術的優勢：TVWS 適合中短距離通訊且成本較低，而 LEO 衛星通訊則提供廣泛的覆蓋和直接連接網際網路的能力。

在評估台灣山區通訊骨幹的特定節點時，我們考慮了以下幾個關鍵因素：

1. 台灣山區地形特性與 LEO 衛星通訊的作用：

台灣山區地形複雜，傳統光纖或行動寬頻基礎設施難以覆蓋且維護困難。



LEO 衛星通訊因其廣泛覆蓋和不受地形限制的特性，成為解決偏遠地區連接網際網路通訊難題的有效方案，特別適合在偏遠山區使用。需要注意的是，LEO 衛星通訊終端設備主要負責與衛星進行通訊，還需要通過其他介面（如乙太網路或 Wi-Fi）將信號傳遞給最終用戶設備。

2. LEO 衛星通訊結合 TVWS 技術的綜效：

LEO 衛星通訊與 TVWS 技術結合使用時，能在山區構建高效、低成本的骨幹網路。TVWS 提供中短距離的地面覆蓋，LEO 衛星通訊則負責遠距離和困難地形的連接上網，兩者結合可達到最佳的網路覆蓋和成本效益。

3. 特殊情境下的替換方案：

假設多數 TVWS 骨幹節點已有穩定的固定網路或行動寬頻接取服務，僅在特殊情況下，如部分骨幹節點失去固定網路或行動寬頻接取服務時，使用 LEO 衛星通訊作為替代接取方案。這樣的設計能確保網路連接的持續性，且不必全面依賴昂貴的光纖或行動寬頻基礎建設。

4. 災害應對能力

台灣地處地震帶，山區常年面臨颱風、土石流等自然災害。LEO 衛星通訊可在地面基礎設施被毀或不可用的情況下，提供應急通訊保障。這對於災害應對、緊急救援等應用場景來說尤為重要。

基於上述條件，我們選擇 10 年作為成本效益評估的時間範圍，既反映初期建設投資的攤銷，也能捕捉到營運過程中可能出現的成本變化和長期效益。這一選擇是基於公共服務項目通常需要較長的時間來顯現其全面的經濟效益，特別是在涉及到台灣山區這樣的複雜地形。

在接續兩個小節中，我們分別針對新增一個節點和山區環境監測的模擬使用案例進行比較評估。



4.2.5.1 新增一個節點

假設在特定位置需要新增一個骨幹節點，節點距離能連入網際網路的主骨幹網路 20 公里。以下是具體的評估結果（以新台幣計價）：

1. 光纖建設與運營成本：

- 假設每公里光纖鋪設成本約為 300 萬元，總建設成本為 6,000 萬元
- 每月營運和維護成本約為 3,000 元，10 年內的營運成本為 36 萬元
- 光纖總成本（10 年）：6,036 萬元

2. LEO 衛星通訊建設與運營成本（以 OneWeb 為例¹）：

- OneWeb 終端設備的初期建設成本約 25 萬元
- 每月服務費用 3 萬元，10 年內營運成本為 360 萬元
- OneWeb 總成本（10 年）：385 萬元

3. TVWS 節點建設與運營成本

- 初期建設成本：一個 TVWS 骨幹節點的設備建設成本約 45 萬至 75 萬元；其中包括基站、天線及相關硬體的費用。
- 營運和維護成本：按建設成本 30% 估算，每年為 13.5 至 22.5 萬元，10 年營運成本約 135 萬至 225 萬元。

TVWS 總成本（10 年）：180 至 300 萬元。

這些成本效益比較顯示，三種技術方案各有優勢和適用場景。雖然 LEO 衛星通訊服務月度營運成本較高，但初期建設成本遠低於光纖。10 年內，LEO 衛星通訊接取服務的總成本僅約為光纖方案的 6.4%。TVWS 技術則在初期建設成本和長期營運成本間取得平衡，總成本略低於 LEO 衛星方案。

¹ OneWeb 100/20 Mbps - 250GB - OW50L & Kymeta - 36 months, Device Price: \$8,380,
<https://satellitephonestore.com/catalog/sale/details/intellian-ow10hv-oneweb-user-terminal-w-cry-bb>



4.2.5.2 山區環境監測使用案例

案例設定：台灣中央山脈某保護區

1. 場景描述

- 面積：約 300 平方公里
- 地理位置：海拔 800-2,500 公尺
- 地形：山區，90%為原始林地，地形起伏大
- 現有基礎設施：無固定寬頻或行動通訊覆蓋
- 氣候：亞熱帶氣候，年均雨量 2,500mm
- 環境狀況：存在非法盜伐問題，夏季乾燥期易發生森林火災

2. 監測目標

- 實時監測森林火災風險，提供早期預警
- 檢測並報告非法林木砍伐活動
- 收集生態數據（如溫度、濕度、空氣質量等）
- 確保在極端天氣條件下維持基本監測能力
- 支持森林巡護人員的通訊需求

3. 技術方案

(1) LEO 通訊方案

- 5 套 LEO 用戶終端，分布在保護區關鍵位置
- 每個 LEO 終端配備：
 - ◆ 1 個 Wi-Fi 路由器（用於本地無線接入）
 - ◆ 1 個 LoRa 網關（用於收集感測器數據）

- 10 台高畫質網路攝影機，固定位置安裝
- 100 個環境感測器，配備 LoRa 通訊模組

(2) TVWS 技術方案

- 7 個 TVWS 基站 (2 BTS + 5 CPE)，分布在保護區制高點



- 每個 TVWS 基站配備：
 - ◆ 1 個 Wi-Fi 路由器（用於本地無線接入）
 - ◆ 1 個 LoRa 閘道器（用於收集感測器數據）
 - 10 台高畫質網路攝影機，固定位置安裝
 - 100 個環境感測器，配備 LoRa 通訊模組
4. 成本比較（不含 LoRa 閘道器、高畫質網路攝影機及環境感測器）

(1) LEO 通訊方案

- 初期設備成本：150 萬元
 - ◆ LEO 終端： 5×25 萬元 = 125 萬元
 - ◆ 安裝成本：25 萬元
- 年運營成本（服務費、不含電費）： 5×36 萬元 = 180 萬元
- 10 年總成本： 150 萬元 + $(180 \text{ 萬元} \times 10) = 1,950$ 萬元

(2) TVWS 技術方案

- 初期設備成本：550 萬元
 - ◆ TVWS 基站： $(75 \text{ 萬元} \times 2) + (45 \text{ 萬元} \times 5) = 375$ 萬元
 - ◆ 安裝成本：175 萬元，需要更多地面工作和基礎設施建設
- 年運營成本（維護費、不含電費）：165 萬元
- 10 年總成本： 550 萬元 + $(165 \text{ 萬元} \times 10) = 2,200$ 萬元

5. 性能指標比較

指標	LEO 通訊 (OneWeb)	TVWS
覆蓋範圍	全域覆蓋	可能存在小部分盲區
數據傳輸速率	50-150 Mbps	10-50 Mbps
延遲	20-40 ms	10-30 ms
功耗	較高，95W (Kymeta u8)	較低，12W~25W
可靠性	較高，受天氣影響	較穩定，受地形影響



6. 綜合比較

比較項目	LEO 通訊 (OneWeb)	TVWS
可用性和抗災能力	- 優點：不受地面災害影響，全天候運作 - 缺點：可能受極端天氣影響信號質量	- 優點：地面設備，易於維護 - 缺點：設備易受自然災害直接影響
擴展性	- 容易擴展監測範圍，只需增加感測器和少量終端 - 未來可能受益於衛星技術升級	- 擴展需增設基站，受地形限制 - 擴展性受限於可用頻譜
應用效果：林火預警	可提供更高頻寬，有利於傳輸高清視頻和大量感測器數據	覆蓋區域內可提供穩定的數據傳輸，但視頻質量可能較低
應用效果：打擊盜伐	全域覆蓋有利於監測偏遠區域	在信號覆蓋區域內可提供穩定監測，但可能存在小範圍盲區
其他優勢	無需地面基礎設施	電力需求較低
其他劣勢	電力需求較高，受天氣影響	覆蓋範圍有限，受頻譜限制

4.2.5.3 小結

LEO 衛星通訊方案優勢在於全域覆蓋、高頻寬和快速部署，特別適合地形複雜、需要高畫質視訊傳輸的山區環境監測。初期投資較低，但長期運營成本較高。TVWS 技術方案初期投資較高，但運營成本較低，適合長期、穩定的環境數據收集。在信號覆蓋區域內表現穩定，但可能存在小範圍盲區。

考慮到台灣山區的地形複雜性和環境監測的高要求，LEO 衛星通訊方案可能更具優勢，尤其是在森林火災預警和打擊非法砍伐方面。

然而，純粹從成本角度進行比較無法全面反映各種技術在山區通訊中的實際價值。我們還需考慮以下幾個關鍵因素：

1. 覆蓋範圍和靈活性：LEO 衛星通訊能夠覆蓋最偏遠山區，TVWS 和光纖更適合提供穩定的本地網路。
2. 部署速度：LEO 衛星終端設備的安裝和 TVWS 基站的建設都比光纖鋪設更快，這在緊急情況下尤為重要。



3. 網路性能：光纖通常能提供最高頻寬和最低延遲，LEO 衛星和 TVWS 在這方面可能有所限制。
4. 抗災能力：在自然災害頻發的台灣山區，LEO 衛星通訊對地面基礎設施的依賴性低，比其他技術更具韌性。
5. 技術發展前景：LEO 衛星技術正在快速發展，未來可能有更好性能和更低成本。TVWS 技術也在不斷改進，光纖技術則相對成熟。

基於以上分析，對於台灣山區的特定節點，特別是在地形複雜、光纖或行動寬頻接取可能失效或維修成本過高的地區，採用 LEO 衛星通訊和 TVWS 技術相結合的混合方案可能是最佳選擇。這種方案可以充分發揮兩種技術的優勢：

- 使用 TVWS 技術建立區域或廣域網路，提供穩定的覆蓋。
- 利用 LEO 衛星通訊作為骨幹網路連接或備用通道，確保極端情況下的通訊能力。
- 在條件允許的地方，仍可使用光纖作為主要骨幹連接，以獲得最佳的網路性能。

這種混合解決方案不僅確保網路的穩定性和持續性，還能在成本效益、覆蓋範圍和網路性能之間取得平衡。它提供了足夠的靈活性，可以根據具體地點的需求進行調整，同時也為未來的技術升級預留了空間。

建議先在選定試點區域進行小規模測試，評估不同技術組合的實際效果，然後再根據測試結果制定大規模部署計畫。同時，也應該持續關注相關技術的發展，及時調整部署策略，以確保山區通訊網路始終保持在最優狀態。

4.3 低軌衛星通訊於我國落地商用進度及實證規劃



4.3.1 Starlink 和 OneWeb 在亞洲地區的發展進度

Starlink 和 OneWeb 是目前全球規模最大的兩大 LEO 衛星星座，均已在全球範圍內提供服務。然而，在亞洲地區，Starlink 和 OneWeb 的發展進度有所不同：

- Starlink：Starlink 在亞洲地區的發展進度較快，已在菲律賓、日本、韓國、新加坡、印度等多個亞洲國家獲得了經營許可，並在這些國家提供商業服務。Starlink 在亞洲地區的覆蓋範圍不斷擴大，預計將在未來覆蓋更多國家和地區。
- OneWeb：OneWeb 在亞洲地區的發展進度相對較慢，尚未在任何亞洲國家提供商業服務。OneWeb 的第一批衛星於 2019 年發射，但由於資金問題，該公司於 2020 年申請破產重組。2021 年，OneWeb 在破產重組後獲得新一輪融資，並於 2022 年恢復衛星發射。截至 2024 年 6 月，OneWeb 在包括亞洲地區在內的全球範圍內部署地面接收站臺方面的進度仍稍嫌落後。

4.3.2 《太空發展法》的具體內容

2021 年 8 月 3 日，立法院三讀通過《太空發展法》，成為我國第一部國家太空法案。該法案的通過，是奠定我國太空發展法制基礎的重要一步，提供公部門與民間企業法律依循，進而發展更具前瞻性的技術，提升我國太空相關產業的競爭力。該法案的內容涵蓋了以下四個方面：

- 太空發展的目標與原則：該法案明確了台灣太空發展的目標，即「在確保國家安全與利益的前提下，以和平、合作、永續為基礎，積極參與國際太空合作，發展具國際競爭力的太空產業」。該法案還提出了太空發展的五項原則，即「尊重國際太空法律、兼顧國家安全與利益、促進產業發展、確保太空活動安全、維護太空環境」。



- 太空活動的管理與監督：該法案建立了太空活動的管理與監督體系，明確了太空活動的許可、審查、管制等制度。該法案還規定，政府應設立專責機構負責太空活動的管理與監督。
- 太空產業的發展與扶持：該法案旨在促進台灣太空產業的發展，提供了以下扶持措施：
 - 鼓勵民間投資太空產業
 - 培育太空產業人才
 - 發展太空產業技術
 - 建立太空產業服務平台
- 太空安全與防禦：該法案旨在維護台灣太空安全與防禦，規定了以下措施：
 - 建立太空安全評估機制
 - 發展太空防禦能力
 - 參與國際太空安全合作

4.3.3 「國家太空科技長程發展計畫」的具體內容

自 2019 年起，政府規劃為期 10 年的「第三期國家太空科技發展長程計畫」，預算為新台幣 251 億元，以建立我國自主之太空產業。該計畫旨在建立完整的衛星系統，包括低軌通訊衛星、地球同步軌道衛星、科學研究衛星等。該計畫的具體內容如下：

第一階段（2021-2025 年）：

- 目標：發射台灣首顆低軌通訊衛星
- 主要任務：
 - 研製低軌通訊衛星星座
 - 建立衛星地面站



- 培訓衛星人才

第二階段（2026-2030 年）：

- 目標：發射台灣首顆地球同步軌道衛星
- 主要任務：
 - 擴大低軌通訊衛星星座
 - 研製地球同步軌道衛星
 - 發展衛星應用服務

第三階段（2031-2035 年）：

- 目標：建立完整的衛星系統
- 主要任務：
 - 完善衛星星座
 - 發展先進衛星技術
 - 拓展衛星應用領域

根據相關計畫內容，台灣自建 LEO 衛星星座雖然有助於提升通訊韌性，但目前的規劃顯示僅依靠初期發射的少量衛星並不足以實現持續穩定的通訊覆蓋。根據國家太空中心（TASA）的規劃，台灣將在 2026 年和 2028 年分別發射 2 顆 B5G 低軌通訊衛星，隨後再追加 4 顆衛星，總計達到 6 顆衛星。然而，根據國科會主委的說法，即使達到 6 顆衛星的規模，每顆衛星每次經過台灣上空時僅能提供約 3 至 5 分鐘的通訊連線時間，因此仍無法保證 24 小時不間斷的連接。

- 這意味著，即便 6 顆衛星全部投入運行，通訊的連續性依然存在間隙，無法滿足完全無縫的網路需求。未來要提升這一連線品質，台灣可能需要進一步擴大衛星星座的規模，目標是至少發射 120 顆衛星，才能在台灣全境實現全天候的穩定通訊覆蓋。這將要求更長期



的規劃和更大規模的投資，才能真正達到政府所期望的自主通訊韌性目標。

4.4 分析結果與建議

LEO 衛星通訊與物聯網技術的結合，為全球連接性帶來了新的可能性。雖然這些技術目前仍面臨技術成熟度、法規挑戰等問題，但它們已展示出巨大的潛力，有望在不久的將來實現普及。這不僅將促進全球數位落差的縮小，也將為偏遠地區帶來前所未有的經濟和社會發展機會。

我國在 LEO 衛星通訊技術的發展方面積極投入，並取得了一些初步成果。隨著《太空發展法》的施行和「國家太空科技長程發展計畫」的推進，我國將逐步建立自主 LEO 衛星星座。根據最新的規劃，政府將在 2026 年和 2028 年分別發射 2 顆 LEO 衛星，後續再追加 4 顆，總計達到 6 顆衛星。然而，根據國科會的評估，即使發射了 6 顆衛星，仍然無法實現 24 小時不間斷的通訊覆蓋。每顆衛星每次繞經台灣上空僅能提供約 3 至 5 分鐘的通訊時間，要達到穩定的通訊服務，台灣可能需要至少 120 顆衛星的星座規模。

因此，對於政府目前的 LEO 衛星計畫，從長遠來看仍應分階段擴大衛星星座規模，以逐步提升通訊覆蓋的持續性和穩定性。此外，考慮到台灣地理位置的特殊性以及面臨的自然災害風險，LEO 衛星的應急通訊功能尤為重要，這需要在未來的規劃中予以優先考慮。

在商業應用方面，政府相關部門正積極推動低軌衛星實證計畫，以驗證其在通訊、環境監測和災害應對等領域的效能。例如，低軌衛星可以為偏遠山區和海島提供可靠的通訊服務，提升當地居民的生活品質和安全性。此外，政府還規劃利用 LEO 通訊結合物聯網應用，這將進一步促進相關技術發展和商業化。

為加快台灣低軌衛星通訊落地商用進度，政府相關部會正採取以下措施：



- 加強技術研發：加大對低軌衛星通訊關鍵技術研發投入，攻克技術難題，提升技術水平。
- 完善產業鏈：建立健全的低軌衛星通訊產業鏈，培育扶持優質企業，形成產業集群。
- 探索商業模式：積極探索低軌衛星通訊的商業模式，培育市場需求，促進產業發展。
- 加強國際合作：加強與歐美等發達國家在低軌衛星通訊領域的合作，學習先進經驗，提升國際競爭力。

此外，政府須考慮目前已規劃發射的 2+4 顆衛星所能達到的有限覆蓋和服務質量，逐步擴大星座規模，以真正實現全國性的全天候通訊覆蓋。這將確保台灣在全球數位經濟中的競爭力，同時也提高國家的通訊韌性，尤其是在面對緊急情況和災害時的應對能力。

總體而言，LEO 衛星通訊技術在山區環境中的應用具有高度的可行性和必要性。政府和企業應當重視這一技術的發展，投入必要的資源以推動其在山區環境中的廣泛應用。未來的研究應深入探討 LEO 衛星通訊系統的成本效益，並開發更加經濟實惠的用戶端設備，降低在山區環境中部署 LEO 衛星通訊系統的門檻。這一技術能夠提升山區的通訊條件，促進經濟發展，並在環境保護方面發揮重要作用。隨著進一步的研究和投資，LEO 衛星通訊技術有望在未來為更多偏遠地區帶來實質性的福祉。

此外，建議在以下幾個方面進行實證規劃：

- 選取試點地區：選取具有代表性的山區地區作為試點，進行低軌衛星通訊的應用示範。
- 建立應用場景：探索低軌衛星通訊在智慧農業、智慧城市、環境監測等領域的應用，培育典型案例。



- 評估經濟效益：對低軌衛星通訊在山區通訊中的經濟效益進行評估，驗證其商業模式的可行性。

這些措施和建議將有助於推動我國低軌衛星通訊技術的發展，並實現其在山區環境中的廣泛應用。LEO 和 TVWS 技術各有優勢，可根據具體應用場景選擇或結合使用。LEO 適合極端偏遠或大範圍覆蓋需求，TVWS 則在局部區域網路建設和中短距離通訊中更具成本效益，兩者截長補短或併行應用將獲得最大的山區網路韌性。



5 教育訓練執行情形

5.1 訓練內容與方式

為了確保 TVWS 技術和相關設備能夠被正確使用和維護，我們設計並執行了全面的教育訓練計劃。訓練內容包括：

1. TVWS 技術基礎

- TVWS 原理和特性
- 頻譜管理和法規介紹
- TVWS 與其他無線技術的比較

2. 機動式 TVWS 設備操作

- 設備組件介紹
- 安裝和配置流程
- 日常操作和維護

3. 林業物聯網應用

- 環境監測系統介紹
- 人流監控系統使用
- 數據分析和應用

4. 故障診斷和排除

- 常見問題識別
- 基本故障排除技巧
- 何時尋求專業支援

5. 實地操作演練



- 設備部署實踐
- 系統調試和優化
- 應急情況處理

訓練方式採用了理論講解和實踐操作相結合的方法：

- 課堂講授：使用多媒體教材，包括視頻和互動演示
- 設備操作：每位學員都有機會親自操作 TVWS 設備
- 案例研討：分析實際應用中的成功案例和挑戰
- 實地演練：在真實環境中進行設備部署和操作

5.2 參訓人數

本次教育訓練共舉辦了 3 小時，參訓人員為林業及自然保育署及分署相關人員 30 人。

5.3 未來改進計劃

雖然本次培訓整體上取得了成功，但未來我們也會在後續專案有新應用的時候再次辦理教育訓練。

本次教育訓練為 TVWS 技術在台灣山區的推廣應用打下了基礎。通過持續改進和擴展培訓計劃，我們期待能夠讓更多一線的人員更加便利的使用設備，進一步推動這項技術在山區通訊和物聯網應用中的發展。



6 結論與建議

6.1 專案成果總結

本專案「山區無線寬頻網路建置及低軌衛星通訊技術研析」成功探索了 TVWS 技術和低軌道衛星通訊在台灣山區的應用潛力。我們的主要成果包括：

1. TVWS 網路部署：在 9 處中繼站成功部署 TVWS 網路，覆蓋範圍達 469.34 平方公里(@-72dBm)。這一成果顯著提升了山區的通訊覆蓋，特別是在傳統通訊基礎設施難以到達的地區。我們的網路在複雜地形中展現出卓越的適應性，即使在信號干擾嚴重的樂山中繼站，也實現了穩定的通訊效果。
2. 機動式設備開發：設計並測試了 5 套機動式 TVWS 設備，大幅提升了系統靈活性。這些設備不僅能夠快速部署，還能有效應對緊急情況，為山區救援、臨時通訊需求等場景提供了有力支持。每套設備都經過嚴格的實地測試，確保其在各種惡劣環境下的可靠性。
3. 物聯網應用：在東滿步道及北插天山地區建立 IoT 網路，實現環境監測和人流監控。這一應用不僅提供了寶貴的生態數據，還大大提升了遊客安全管理能力。我們部署的感測器網路能夠實時監測溫度、濕度、空氣質量等環境參數，為生態研究和氣候變化研究提供了重要數據支持。
4. LEO 衛星通訊研究：完成了 LEO 衛星通訊在台灣山區應用的可行性分析。我們深入研究了 LEO 技術的優勢和局限性，並探討了其與 TVWS 技術的協同應用潛力。這項研究為未來山區通訊系統的多元化發展提供了重要參考。
5. 人員培訓：成功培訓 30 名相關人員，提升技術應用能力。培訓內容涵蓋 TVWS 技術原理、設備操作、故障排除等方面，確保相關人員能夠熟練運用和維護新系統。



這些成果不僅展現了 TVWS 技術在複雜地形中的優異表現，也為山區通訊帶來了新的可能性。特別是在樂山中繼站等干擾較大的地區，我們仍然實現了穩定的通訊效果，充分證明了 TVWS 技術的抗干擾能力和適應性。

6.2 主要發現與建議

6.2.1 TVWS 技術應用

TVWS 技術在山區複雜地形中展現出優異的表現：

1. 技術優勢：

- 信號穿透能力強，適合山區複雜地形。TVWS 信號在 600-700MHz 頻段運作，相比高頻段信號，具有更強的穿透性和繞射能力，能夠有效克服山區地形障礙。
- 通訊覆蓋範圍大，本專案實測最遠傳輸距離可達 48 公里。這一特性使得 TVWS 技術能夠以較少的基站覆蓋更大的區域，顯著降低了基礎設施成本。
- 在有強干擾的環境中，通過選擇天線極化方式可以有效維持通訊能力。我們發現，通過調整天線極化，可以在干擾嚴重的環境中提升信號質量達 15-20%。

2. 挑戰：

- 頻譜管理和干擾控制需要進一步優化。由於 TVWS 使用的是電視廣播的閒置頻段，需要動態管理以避免被主要用戶造成干擾或是干擾主要用戶。
- 一對多骨幹網架構雖可行，但受頻道可用性限制，越多節點要同時取得可用頻道交集越不容易。在某些地區，可用的 TVWS 頻道有限，這可能會影響同一 BTS 網路橫跨寬地理區域時的布建。



基於這些發現，我們建議開發 TVWS 骨幹網路頻道管理系統，實現動態頻道調整。該系統應能夠實時監測頻譜使用情況，並根據需求和干擾情況自動調整頻道分配。同時，應探索 TVWS 與其他通訊技術（如 5G、LEO）的融合應用，例如將低軌衛星作為 TVWS 網路的回程鏈路，或者作為 IoT 設備的長距離低功耗通信選項。此外，我們建議持續提高設備的耐候性和穩定性，特別是針對山區的極端天氣條件進行優化設計。

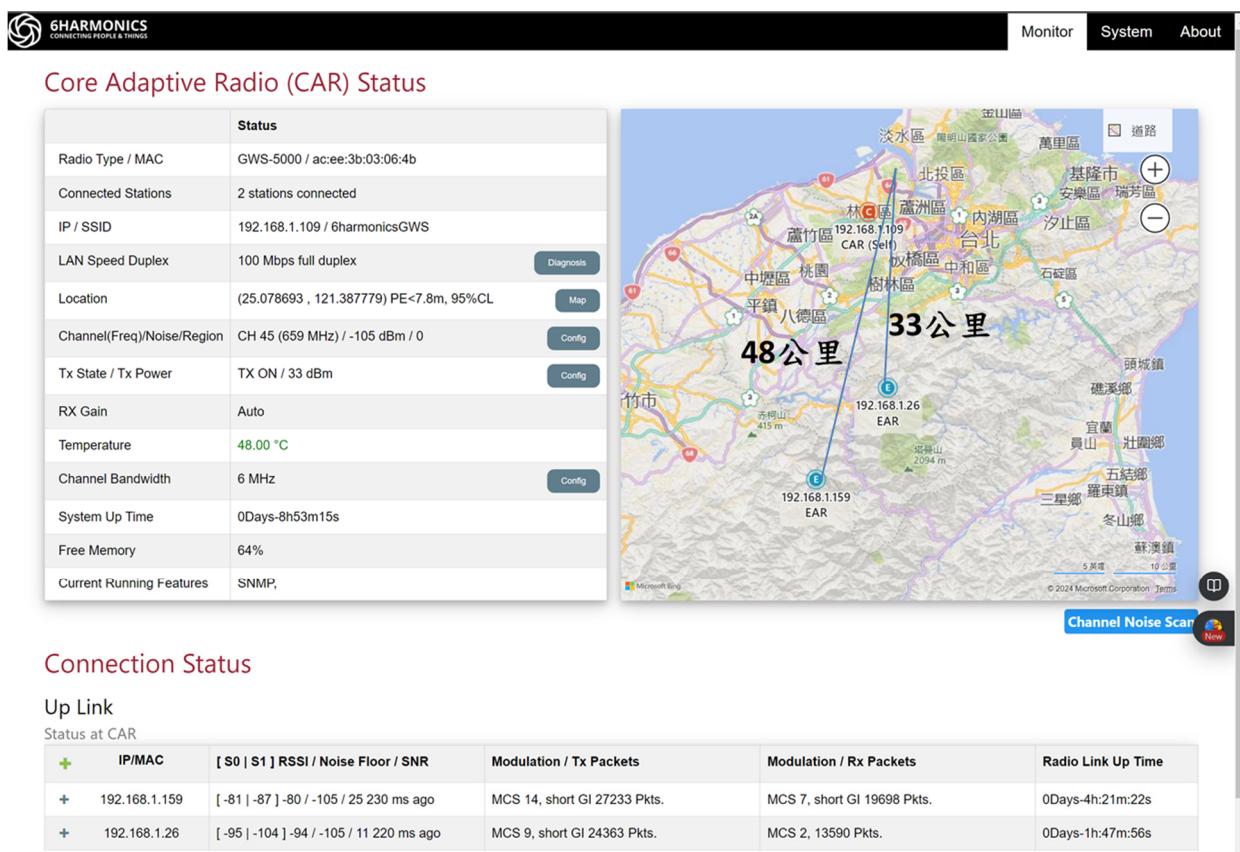


圖 55 實測 TVWS 最遠傳輸距離可達 48 公里

6.2.2 林業物聯網應用

我們的林業物聯網應用展現出巨大潛力，主要成果包括：

1. 環境監測：15 套微氣候感測設備成功部署，提供寶貴的生態系統研究數據。這些設備每 20 分鐘收集一次溫度、濕度等數據，為研究山區微氣候變化提供了高時空分辨率的數據支持。初步分析顯示，這些數據對於預測局部天氣變化和監測植被健康狀況具有重要價值。



2. 人流監控：在北插天山主要登山口建置的自動服務機(kiosk)和定位卡片系統，有效管理人流並提高登山安全。入山登記系統每天處理約 2~100 名遊客的登記，我們同步申請人代表資料，供取卡進行測試。
3. 野生動物監控：10 台紅外線攝影機的部署大大提升了野生動物監測能力。在三個月的試運行期間，共捕獲了超過 1000 張野生動物圖像，其中包括多個珍稀物種的影像資料。這些數據不僅豐富了生物多樣性研究，還為制定保護策略提供了重要依據。

這些應用不僅為山區管理提供了有力的技術支持，也為生態保護工作提供了科技支撐。我們建議進一步開發影像預處理技術，以提高數據傳輸效率，特別是在野生動物監控應用中。例如，可以在攝影機端部署邊緣計算模塊，實現初步的圖像分類和篩選，僅傳輸有價值的圖像，從而大幅減少數據傳輸量。

6.2.3 低軌道衛星通訊技術

LEO 衛星通訊技術與 TVWS 技術展現出很好的互補性：

- LEO 優勢：提供全域覆蓋，特別適合地形複雜的偏遠山區。我們的分析顯示，LEO 系統可為山區提供 50-150Mbps 的下載速度，延遲時間約為 20-40 毫秒，確保在極端天氣或災害情況下的通訊能力。
- TVWS 優勢：初期投資較高但長期運營成本低，適合穩定的局部區域網路建設。TVWS 在覆蓋區域內可提供 10-50Mbps 的數據傳輸速率，延遲僅為 10-30 毫秒，且功耗較低，僅 12W~25W。

我們建議將這兩種技術結合使用，以構建更全面、可靠的山區通訊網路。例如，可以使用 TVWS 技術建立局部高速網路，而 LEO 衛星則用於連接這些分散的 TVWS 網路，並作為備用通道，形成一個覆蓋全面且具韌性的通信系統。這種混合方案不僅確保網路的穩定性和持續性，還能在成本效益、覆蓋範圍和網路性能之間取得平衡。



特別是在森林火災預警、打擊非法砍伐、緊急救援、遠程教育等需要較大傳輸頻寬的應用場景中，這種混合系統可以發揮巨大作用。LEO 衛星通訊的高頻寬有利於傳輸高清視頻和大量感測器數據，而 TVWS 則在其覆蓋區域內提供穩定的數據傳輸，兩者結合確保了通信的連續性、可靠性和全面性。

建議先在選定試點區域進行小規模測試，評估不同技術組合的實際效果，再根據測試結果制定大規模部署計畫。同時，應持續關注這兩種技術的發展，及時調整部署策略，以確保山區通訊網路始終保持在最優狀態。

6.2.4 在淺山地區 VBS-RTK 技術的應用

VBS-RTK (Virtual Base Station Real-Time Kinematic) 是 e-GNSS 即時動態定位系統的核心技術。它利用多個 GNSS 基準站網路評估定位誤差，並生成虛擬基準站，為移動站提供經過誤差修正的觀測數據。

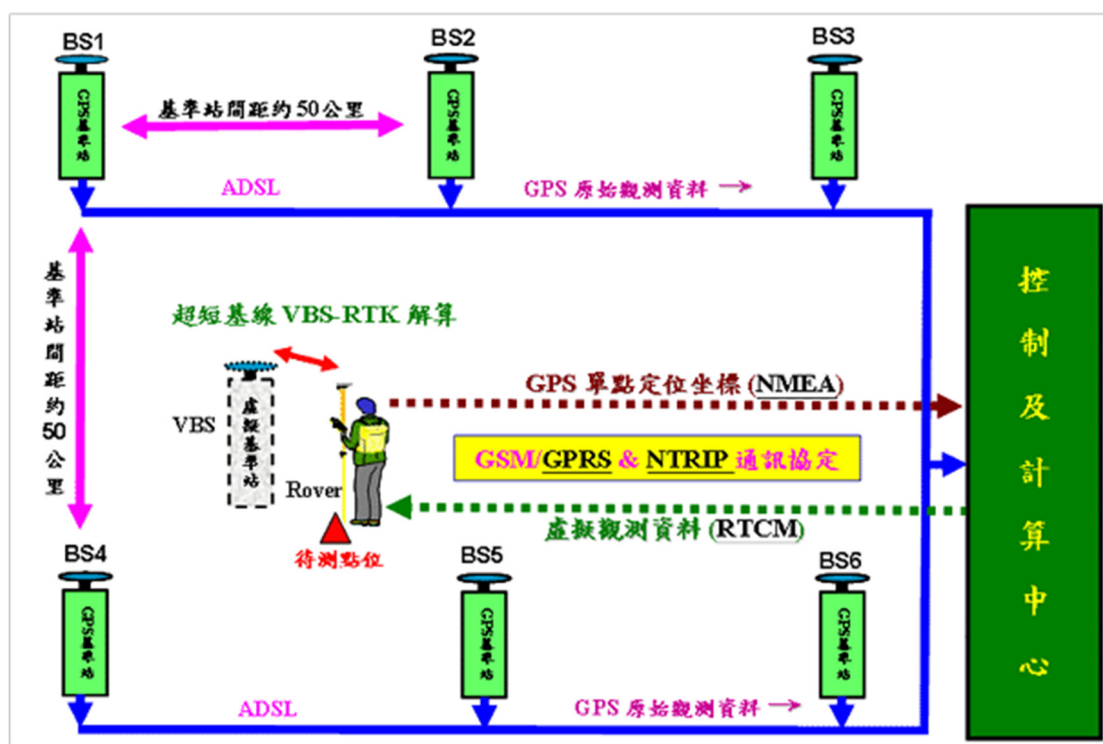


圖 56 VBS-RTK 基本定位原理

經過重新評估，我們發現 TVWS 技術在輔助 VBS-RTK 技術於淺山地區的應用中，價值低於原先預期。基於以下分析：

1. 現有網路覆蓋



- 淺山地區大多已有較好的 4G 覆蓋，可直接支持 VBS-RTK 技術。
- 在這種情況下，TVWS 技術在有良好電信蜂窩網路覆蓋的區域優勢不明顯。

2. 技術需求與 TVWS 局限性 VBS-RTK 技術對數據傳輸延遲要求高，而 TVWS 可能面臨以下問題：

- 部分骨幹節點受干擾時，網路延遲可能增大。
- 作為頻率次級使用者，數據傳輸速率可能不足以支持高精度 RTK 定位。
- 多用戶同時使用或頻率受干擾時，可能無法滿足精確定位需求。

儘管如此，TVWS 技術在淺山地區仍然具有一定的應用價值。它可以作為通訊備份系統，在主要網路出現問題時提供替代連接。此外，在一些通訊覆蓋不足的特定區域，TVWS 還可以作為輔助系統，加強通信能力。

6.3 3G 通訊關閉影響評估及因應方案

隨著 3G 通訊即將在 2024 年 6 月底關閉，我們對山區通訊的影響進行了全面評估。部分山區原本僅依賴 3G 網路進行通訊，這些地區主要集中在偏遠山區的環境監測站點和緊急通訊系統。為應對這一挑戰，我們認為短期策略可以優先使用 TVWS 技術填補 3G 退場後的覆蓋空白。長期策略則建立 TVWS 和 LEO 衛星通訊相結合的山區通訊網路，讓山區的物聯網等相關應用可以藉 TVWS 網路替代原 3G 的傳輸。在過渡期間，TVWS 技術將作為緊急備用通訊系統，並在 4G/5G 網路建設困難的地區提供穩定通訊服務。

6.4 未來發展規劃建議

隨著 TVWS 技術在山區通訊中的成功應用，我們對未來的發展提出了一系列建議。這些建議旨在進一步擴大 TVWS 技術的應用範圍，優化系統性能，並探索新的應用可能性。



6.4.1 TVWS 網路擴展

我們建議將 TVWS 網路的覆蓋範圍進一步擴大。具體而言：

- 根據新竹分署的需求，將土場及大溪 6 林班集水區的治理資訊傳輸納入 TVWS 網路建置規劃。
- 為中央氣象署新建氣象站提供 TVWS 傳輸作為通訊選項，特別是在 4G 訊號覆蓋不足的地點。

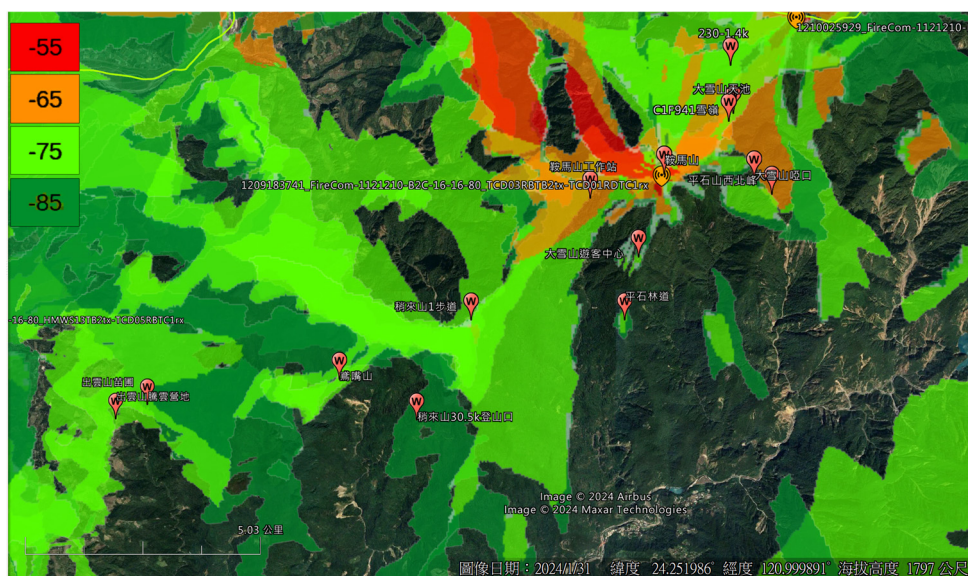


圖 57 林業氣象站 TVWS 訊號覆蓋圖-台中分署

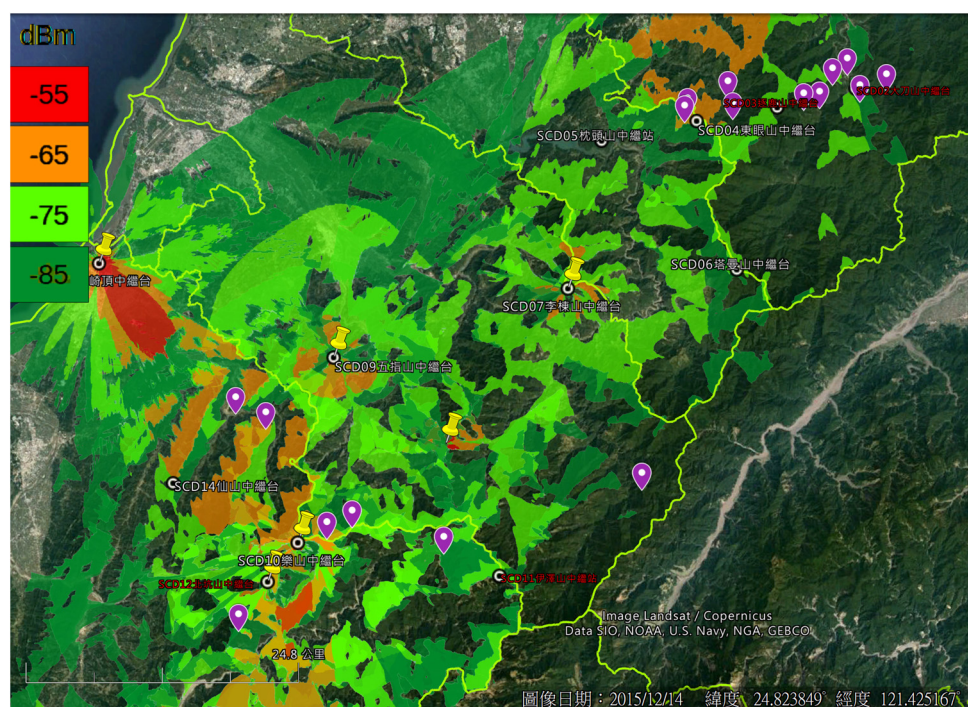


圖 58 林業氣象站 TVWS 訊號覆蓋 新竹分署



TVWS 技術在氣象站數據傳輸中同樣具有顯著潛力，特別是在 4G 覆蓋不足的山區。建議可先進行實地測試，以評估實際效能並優化系統設計。這些擴展不僅能改善現有的通訊條件，還能夠為更多的山區管理和監測項目提供可靠的數據傳輸渠道。

6.4.2 頻率使用規劃

為了確保 TVWS 技術的長期穩定運行，我們需要制定更加完善的頻率使用策略：

- 評估申請 TVWS 專用頻率的可行性，以取代現行的實驗用頻率模式。
- 制定長期骨幹站與覆蓋站頻率使用策略，包括頻率資源的優化分配和干擾管理機制。

這些措施將有助於提高 TVWS 網路的穩定性和可靠性，為未來的擴展奠定基礎。

6.4.3 系統整合與優化

為了提高整體系統的效率和安全性，我們提出以下建議：

1. 以 VPN 方式將 TVWS 網路串接本署內部網路，提高數據傳輸的安全性和效率。可以在 TVWS 網路的邊緣落地網路節點部署 VPN 閘道器，通過加密通道將數據安全地傳輸到署內網路。這種方式可以充分利用 TVWS 的廣域覆蓋能力，同時確保數據傳輸的安全性。我們選擇了支援多協議的企業級 VPN 解決方案，可以靈活適應不同的網路環境和安全需求。整合後的系統將大大提升數據的即時性和可用性。採集的數據可以直接傳輸到署內的資料庫和分析系統，無需中間轉存或人工干預。這不僅提高了工作效率，還減少了數據處理過程中的錯誤風險。
2. 評估將本案與林火高風險山區無線寬頻網路建置案合併的可能性。合併這兩個專案具有多方面的優勢。首先，它可以減少行政程序的重複，節省時



間和人力資源。其次，整合後的專案可以更全面地規劃山區通訊基礎設施，避免重複建設和資源浪費。這種整合不僅能提高系統的整體效能，還能實現資源的更有效利用。

3. 可做 TVWS 骨幹網路頻道管理系統，從中心端隨時調整 TVWS 使用的頻道。
4. 設計機動式 TVWS 操作軟體，可以快速查找並設定可用的基站及連線密碼

6.4.4 技術創新與應用拓展

TVWS 技術還有許多待探索的應用領域，我們建議：

1. 評估 TVWS 技術在林火現場即時照片回傳作業中的應用潛力。
2. 進一步開發和優化影像預處理技術，提高數據傳輸效率。
3. 可嘗試使用 TVWS CPE 作為動物照相機的傳輸介面，解決傳輸速度緩慢的問題
4. 動物攝影機太陽能供電日照不足問題，可以加大太陽能板容量，並研析提高發電量的方案。

這些創新應用將進一步擴大 TVWS 技術的價值，為山區管理帶來更多便利。為了配合國外廠商落地跟服務正式商轉時程，LEO 技術的導入整合可以留待後續再作規劃，為骨幹做落地網路通道。

本專案的研究成果清晰地表明，TVWS 技術結合 LEO 衛星通訊為解決山區通訊問題提供了創新且有效的方案。這種結合不僅大大改善了山區的通訊條件，也為生態監測、災害預防和應急通訊等領域帶來了新的可能性。

通過實施上述發展建議，我們相信台灣山區將建立起更加先進、可靠和高效的通訊網路。這不僅將提升山林管理的品質，也將為生態環境保護做出重要貢獻。TVWS 技術的應用不僅代表了通訊技術的進步，更是對山區可持續發展的重要支持。





展望未來，我們期待這項技術能夠在更廣泛的領域中發揮作用，為台灣的山區發展開創新的篇章。通過持續的創新和優化，TVWS 技術將在山區通訊、環境保護和災害預防等方面發揮越來越重要的作用，為台灣的山林管理和生態保護事業做出持續的貢獻。



7 保固服務計畫書

7.1 保固標的

本計畫保固標的包括但不限於以下設備和系統：

表 5 設備清單及備品數量

項次	設備名稱	設備數量	備品數量
1	固定式 TVWS 節點	9	1
2	機動式 TVWS 設備	5	1
3	IoT Gateway	2	-
4	IoT 通訊點	40	5
5	通訊網路防火牆	1	-
6	微氣候感測設備	15	2
7	紅外線攝影機	10	-
8	人流監控定位卡片	30	10
9	人流監控 Kiosk	3	-

含物聯網雲端數據收集和處理系統，以便收集及處理監測資料。

7.2 聯絡方式

計畫主持人：邱大福 電話：0988-196690

電子郵件：kevin168@tvws.com.tw

kevinchiu5168@gmail.com

專案經理：鄭燕雯 電話：0988-000872

02-2606-9310 分機 12

電子郵件：alohawendy168@tvws.com.tw



由於 TVWS 使用頻率在數位部核發時，是屬頻率共享之次級使用者，並無頻率使用優先權，所以如遇頻道主要使用者須使用時，我們將會中斷並禮讓頻率，此時就會造成中斷，所以緊急事件僅就定義在設備故障時的處理流程。

1. 緊急事件定義：

- 系統完全無法運作，TVWS 骨幹通訊數據傳輸中斷超過 48 小時
- 設備遭受嚴重物理損壞，影響系統整體運作

2. 通報機制：

- 發現緊急事件後，立即通過電話聯絡緊急聯絡人
- 同時發送電子郵件至所有工作小組成員

3. 處理步驟和時間表：

- 48 小時：確認問題並制定初步解決方案
- 72 小時：評估現場情況，決定是否需要派遣工程師
- 5 天內：如天氣和地形允許，派遣現場工程師
- 7-10 天內：實施解決方案
- 2 週內：驗證問題解決並恢復正常運作

4. 後續追蹤和報告程序：

- 問題解決後 72 小時內提交詳細事件報告
- 2 週內進行後續跟進，確保系統穩定運行

7.3 保固期程規劃

- 保固起始日期：驗收合格日（預計 2024 年 6 月 30 日）
- 保固期限：1 年
- 保固截止日期：2025 年 6 月 30 日

7.4 保固作業 SOP

7.4.1 技術諮詢服務

- 使用 Line 群組進行日常溝通和技術支援
- 電子郵件支援：support@tvws.com.tw，承諾 4 小時內回覆
- 電話支援：0988-196-690，工作日 9:00-18:00
- 緊急情況下可提供 24/7 支援



7.4.2 定期維護作業

- 每季執行 1 次定期維護，具體日期提前兩週通知機關
- 維護內容包括：
 - 硬體檢查和清潔
 - 軟體更新和系統優化
 - 數據完整性和準確性檢查
 - 網路連接和傳輸速度測試
- 維護工作報告在維護完成後 5 個工作日內通過電子郵件提交

7.4.3 異常事件處理

- 發現異常後 24 小時內通過電話和電子郵件通知機關
- 對於區域性問題，每天提供一次最新狀態更新，直至恢復正常
- 設備異常時，在 7 日內完成修復或更換(不含天災)
- 在異常發生後 1 個月內提交詳細的事件報告
- 如需延長處理時間，至少提前 24 小時通過電話和電子郵件申請，並取得機關書面同意

7.5 備品管理

- 備品清單：如表 5 設備清單及備品數量
- 備品存放地點：總泰技術整合有限公司
- 管理責任人：本專案窗口鄭燕雯小姐
- 使用備品時，立即通知機關
- 保固期結束時，未使用的備品將交付給機關

7.6 保固服務範圍及限制條款

1. 無償服務範圍：

- 所有因正常使用導致的故障修復
- 系統優化和軟體更新

2. 有限度服務範圍：



- 因天災（如地震、颱風）或人為破壞造成的損壞，將使用備品提供服務
- 如損壞數量超過備品數量，將與機關協商額外採購或維修方案

3. 保固限制條款（不包含在保固範圍內）：

a) 山區天氣因素造成的損壞：

- 暴雨、颱風、豪雨導致的水災或設備進水
- 雷擊造成的設備損壞
- 強風導致的設備位移或損壞

b) 山區地理環境造成的問題：

- 山崩、土石流等地質災害導致的設備損壞
- 道路中斷未修復前無法抵達設備所在地進行維修

c) 其他不可抗力因素：

- 森林火災等造成的損壞
- 人為破壞或偷盜行為

d) 維修延遲：

- 因天氣或道路狀況不佳，無法在約定時間內到達現場的情況

e) 設備正常老化或耗損

4. 特別說明：

- 對於不在保固範圍內的情況，我們將盡最大努力提供協助
- 可能需要額外的時間和費用，這些將視具體情況另行協商

7.7 保固期後服務選項

- 提供延長保固服務選項，具體費用將基於設備使用情況、維護成本預估和市場行情，在保固期結束前 6 個月提供詳細報價。



- 提供按次付費的維護服務選項，具體費率將在保固期結束前 3 個月提供，並根據不同類型的服務（如例行維護、緊急維修等）制定差異化價格。
- 我們將與機關進行詳細討論，以制定最符合機關需求和預算的後續服務方案。

7.8 文件管理

我們承諾妥善管理所有項目相關文件，確保信息的完整性和可用性。為確保服務的透明度和可追溯性，我們將執行以下文件管理措施：

1. 文件範圍：

包括維護記錄、事件報告、通信記錄和設備狀態報告等

2. 存儲和安全：

- 電子文件存儲於安全的雲端系統
- 重要文件同時保存紙質版本
- 採取加密措施確保文件安全

3. 訪問權限：

項目團隊成員和機關指定人員擁有不同級別的訪問權限

4. 保存和備份：

文件保存期限為保固期結束後 3 年，定期進行系統備份

5. 審核和報告：

定期進行文件審核，每半年向機關提交一次文件管理報告





本保固服務計畫書旨在確保系統的穩定運行和高效維護。我們承諾提供高質量的服務，並保持與機關的密切溝通，以確保所有問題能夠得到及時、有效的解決。





8.1 TVWS 設備規格型錄

總泰技術整合有限公司



Innovation, Science and
Economic Development CanadaInnovation, Sciences et
Développement économique Canada

Page 2 of 2

Application Number 010878265-001

**TECHNICAL ACCEPTANCE
CERTIFICATE****CERTIFICAT D'APPROBATION
TECHNIQUE**

CERTIFICATION No. > 20750-GWS5002E
No. DE CERTIFICATION
ISSUED TO > 6Harmonics Inc.
DÉLIVRÉ À
TYPE OF EQUIPMENT > Fixed White Space Device
GENRE DE MATÉRIEL > Dispositif espaces blancs fixe
HVIN > GWS-5002E
NVIM
FVIN > GWS5K-Rel-4.0-1
NIVM
PMN > GWS-5000 Series
NMP

FREQUENCY RANGE BANDE DE FRÉQUENCES	EMISSION TYPE GENRE D'ÉMISSION	R.F. POWER PUISSANCE H.F.	FIELD STRENGTH / m INT. DE CHAMP / m	DIST. (m) DIST. (m)	SPEC SPÉC	ISSUE ÉDITION
470.0000 MHz to 602.0000 MHz	3M59W7DEF	5.000 mW to 100.000 mW			RSS222 CNR222	2
470.0000 MHz to 602.0000 MHz	8M58W7DEF	10.000 mW to 200.000 mW			RSS222 CNR222	2
470.0000 MHz to 602.0000 MHz	12M4W7DEF	20.000 mW to 398.000 mW			RSS222 CNR222	2
470.0000 MHz to 602.0000 MHz	15M1W7DEF	32.000 mW to 593.000 mW			RSS222 CNR222	2

Certification of equipment means only that the equipment has met the requirements of the above noted specifications. License applications, where applicable to use certified equipment, are acted on accordingly by the issuing office and will depend on the existing radio environment, service and location of operation.

This certificate is issued on condition that the holder complies and will continue to comply with the requirements of the radio standards specifications and procedures issued by the Department.

**ISSUED UNDER THE AUTHORITY OF MINISTER OF INDUSTRY
DÉLIVRÉ AVEC L'AUTORISATION DU MINISTRE DE L'INDUSTRIE**

DATE: April 22 2021

L'homologation de matériel signifie seulement qu'il est conforme aux exigences du cahier des charges mentionné ci-dessus. Les demandes de licence, le cas échéant en vue de l'utilisation de matériel certifié seront traitées en conséquence par le bureau chargé de délivrer les dites licences, en tenant compte du milieu radioélectrique ambiant, du service radio existant et de l'emplacement de la station.

Le présent certificat est délivré à la condition que le détenteur se conforme et continue à se conformer aux cahiers des charges et procédures publiées par le ministère.

Nicolas DesMarais

FOR DIRECTOR GENERAL
ENGINEERING PLANNING AND
STANDARDS

POUR
DIRECTEUR GÉNÉRAL
DU GÉNIE, DE LA
PLANIFICATION ET DES
NORMES

Canada





TCB

GRANT OF EQUIPMENT
AUTHORIZATION

TCB

Certification
Issued Under the Authority of the
Federal Communications Commission
By:

Nemko North America, INC.
303 River Road
Ottawa, Ontario, K1V 1H2
Canada

Date of Grant: 12/05/2019
Application Dated: 11/19/2019

6Harmonics Inc
21 Concourse Gate Suites 9 & 10
Ottawa, K2E 7S4
Canada

Attention: Mike Davies , VP Business Development

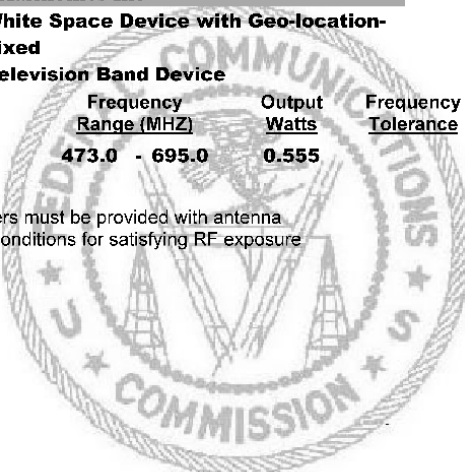
NOT TRANSFERABLE

EQUIPMENT AUTHORIZATION is hereby issued to the named GRANTEE, and
is VALID ONLY for the equipment identified hereon for use under the
Commission's Rules and Regulations listed below.

FCC IDENTIFIER: 2AASTGWS-5002E
Name of Grantee: 6Harmonics Inc
Equipment Class: White Space Device with Geo-location-
Fixed
Notes: Television Band Device

Grant Notes	FCC Rule Parts	Frequency Range (MHZ)	Output Watts	Frequency Tolerance	Emission Designator
	15H	473.0 - 695.0	0.555		

Output power is conducted. End-users and installers must be provided with antenna
installation instructions and transmitter operating conditions for satisfying RF exposure
compliance





GWS-5000 SERIES RURAL BROADBAND SOLUTION



GWS-5000-BTS

The GWS-5000 is the fifth generation of TV Whitespace radio developed by 6Harmonics. With industry-leading throughput and range to meet the most demanding deployment challenges, the GWS-5000 series is the most advanced and highest power TV Whitespace solution currently available in the market. Ideal for challenging links such as those facing in-band noise & interference or even Non-Line-of-Sight conditions, the GWS-5000 has the power and features to ensure a rock-solid, high-capacity PTP & PMP connection.

Key Features

- Operable from single up to quad-channel sizes to enable optimum usage of available whitespace channels
- Capable of up to 95Mbps Layer 3 traffic
- Less than 5ms RTD under ideal conditions
- Up to 36dBm (2W+2W) of transmit power
- Able to operate in PTP or PMP modes
 - 2x2 MIMO to 2x2 MIMO with PTP
 - 2x2 MIMO to Rx diversity with PMP
- Provides L2-transparent network bridge
- Support for 802.1p and 802.1q VLAN
- Smart Queue Management (SQM) and Active Queue-length Management (AQM) provide per-flow traffic shaping, ensuring QoS
- Remote management via HTTP and SNMP

Applications

- Business and Residential rural broadband
- Maritime networks; ship-to-ship or ship-to-shore
- Video surveillance & security backhaul
- Public safety communications
- Rural IoT & Precision Agriculture
- In-building networks



©6Harmonics Inc

www.6harmonics.com



Radio Specifications

Frequencies	• 470MHz – 698MHz (US & Canada) • 470MHz – 702MHz (UK, EU, African.)
Channel Bandwidth	2,4,6,8,12,16,18,24MHz
Transmit Power	36dBm (33dBm per spatial stream) (dual stream for BTS)
Receive Sensitivity	-98dBm typical @ 5MHz
Modulation / Coding	Automatic MCS selection from QPSK1/2 to 64QAM5/6
Throughput	95Mbps UDP, 72Mbps TCP
Wireless Security	Optional Over-the-air encryption via 256-bit AES PSK

Network Specifications

Connectivity	10/100 Ethernet
IP	IPv4
VLAN	802.1p, 802.1q, Q-in-Q
Management	Management via web-based GUI (HTTP/HTTPS) or SNMP (v2)

Electrical Specifications

Input Power	50-56V Passive POE++ 1/2, 4/5 (+); 3/6, 7/8 (-)
Power Consumption	• BTS: 45w peak, 30w average
Power Protection	• Ethernet surge suppression: required • Lightning surge suppression: required

Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions	• BTS: 31cm x 31cm x 8.5cm
Weight	• BTS: 4.35kg
Connectors	• 2x IP67 N-type female RF • 1x IP67 RJ45 10/100 Ethernet
Operating Temperature	• -40°C to +50°C ambient
Operating Humidity	• 5 – 100% non-condensing
Electrostatic Discharge	• 15kV air, 10kV contact (power cycle may be required)

Standards and Regulatory Compliance

Canada	• RS-222 Issue 2; RSS-GEN; RSS-102
Europe	• EN 301 598 V1.1.1, EN 301 598 V2.1.1(partial) • EN 301.489-1
USA	• FCC CFR 47 Part 15 Sub-part H
CE Mark	• Electromagnetic Compatibility Directive (2014/30/EU) • Radio Equipment Directive 2014/53/EU • Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS) • General Product Safety Directive 2001/95/EC
IETF	• RFC 7545 (PAWS) • RFC 8290 (SQM)





GWS-5000 SERIES RURAL BROADBAND SOLUTION



GWS-5000-CPE

The GWS-5000 is the fifth generation of TV Whitespace radio developed by 6Harmonics. With industry-leading throughput and range to meet the most demanding deployment challenges, the GWS-5000 series is the most advanced and highest power TV Whitespace solution currently available in the market. Ideal for challenging links such as those facing in-band noise & interference or even Non-Line-of-Sight conditions, the GWS-5000 has the power and features to ensure a rock-solid, high-capacity PTP & PMP connection.

Key Features

- Operable from single up to quad-channel sizes to enable optimum usage of available whitespace channels
- Capable of receiving up to 95Mbps Layer 3 traffic
- Less than 5ms RTD under ideal conditions
- Up to 33dBm of transmit power
- Able to operate in PTP or PMP modes
 - 2x2 MIMO to Rx diversity with PMP
- Provides L2-transparent network bridge
- Support for 802.1p and 802.1q VLAN
- Smart Queue Management (SQM) and Active Queue-length Management (AQM) provide per-flow traffic shaping, ensuring QoS
- Remote management via HTTP and SNMP

Applications

- Business and Residential rural broadband
- Maritime networks; ship-to-ship or ship-to-shore
- Video surveillance & security backhaul
- Public safety communications
- Rural IoT & Precision Agriculture
- In-building networks



©6Harmonics Inc

www.6harmonics.com



Radio Specifications

Frequencies	• 470MHz – 698MHz (US & Canada) • 470MHz – 702MHz (UK, EU, African.)
Channel Bandwidth	2,4,6,8,12,16,18,24MHz
Transmit Power	33dBm single stream (single stream only for CPE)
Receive Sensitivity	-98dBm typical @ 5MHz
Modulation / Coding	Automatic MCS selection from QPSK1/2 to 64QAM5/6
Throughput	Receiving up to 95Mbps UDP, 72Mbps TCP
Wireless Security	Optional Over-the-air encryption via 256-bit AES PSK

Network Specifications

Connectivity	10/100 Ethernet
IP	IPv4
VLAN	802.1p, 802.1q, Q-in-Q
Management	Management via web-based GUI (HTTP/HTTPS) or SNMP (v2)

Electrical Specifications

Input Power	50-56V Passive POE++ 1/2, 4/5 (+); 3/6, 7/8 (-)
Power Consumption	• CPE: 35w peak, 25w average
Power Protection	• Ethernet surge suppression: required • Lightning surge suppression: required

Mechanical and Environmental Specifications

Dimensions	• CPE: 24cm x 24cm x 11cm
Weight	• CPE: 2.81kg
Connectors	• 2x IP67 N-type female RF • 1x IP67 RJ45 10/100 Ethernet
Operating Temperature	• -40°C to +50°C ambient
Operating Humidity	• 5 – 100% non-condensing
Electrostatic Discharge	• 15kV air, 10kV contact (power cycle may be required)

Standards and Regulatory Compliance

Canada	• RS-222 Issue 2; RSS-GEN; RSS-102
Europe	• EN 301 598 V1.1.1, EN 301 598 V2.1.1(partial) • EN 301.489-1
USA	• FCC CFR 47 Part 15 Sub-part H
CE Mark	• Electromagnetic Compatibility Directive (2014/30/EU) • Radio Equipment Directive 2014/53/EU • Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS) • General Product Safety Directive 2001/95/EC
IETF	• RFC 7545 (PAWS) • RFC 8290 (SQM)





6HARMONICS
CONNECTING PEOPLE & THINGS

Suite 2 & 10, 21 Concourse Gate
Ottawa, ON K2E 7S4 Canada
Tel: 613-302-6886 & www.6harmonics.com

To whom it may concern:

Dear Sir/Madam

6Harmonics Inc., is Incorporated in Canada at February 18, 2010 and located in Ottawa, Canada. It is a Canadian high tech company and a global leader in design and developing TV white space (TVWS) radio technologies. 6Harmonics has so far designed 6 TVWS radios that got certified by USA FCC and Europe ETSI and got publically deployed in USA, UK, Canada, and New Zealand etc. All 6Harmonics radios and software are made in Canada. 6Harmonics radio manufacture partner is another Canadian company

Bittele Electronics Inc.

2680 14th Ave, Unit 1&2, Markham, ON, L3R 5B2, Canada

Tel: +1 (416)800-7540 ext. 104 | Fax: +1 (416)800-7548

If you need any further information, I would be very happy to provide.

Robert Wu, Ph. D

Chief Executive Officer

August 12, 2020





The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying `https://192.168.1.50/gws/`. The page title is "6Harmonics Inc.". The main content area features a login form with a logo, the text "6Harmonics Inc.", fields for "User Name" and "Password", a "LOGIN >" button, and a message: "Please clear the browser cache or upgrade Chrome in the event of login problems".

The browser's developer tools are open, showing the "Security" tab. The "Security overview" panel indicates that the page is not secure due to a broken HTTPS connection. The issues listed are:

- Certificate - Subject Alternative Name missing**: The certificate for this site does not contain a Subject Alternative Name extension containing a domain name or IP address. (Link: [View certificate](#))
- Certificate - missing**: This site is missing a valid, trusted certificate (net::ERR_CERT_AUTHORITY_INVALID). (Link: [View certificate](#))
- Connection - secure connection settings**: The connection to this site is encrypted and authenticated using TLS 1.2, ECDHE_RSA with X25519, and AES_128_GCM.
- Resources - all served securely**: All resources on this page are served securely.

The "Console" tab shows the following log entries:

- `confirmed` (Source: `functions.js:172`)
- `login page: gwsData2Cookie` (Source: `login.js:141`)





8.2 TVWS 天線規格

8.2.1 骨幹站定向天線(Y615-DP)



New Product

Australian
manufactured
in
East Gippsland

Y615-DP

Directional dual polarised scaled 15 element Yagi

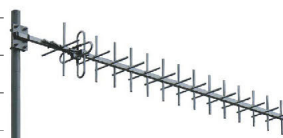
UHF / Mobile Phone 570-700MHz

Build
To
Order

A dual polarised Yagi allows two signals to be transmitted from one Yagi with an offset of 90 degrees saving space on your mounting structure. The 90 degree offset disallows the signals to interact with one another.

Mounting hardware, coaxial feeder cable, connectors and other installation accessories are all available separately.

Construction	Fully welded aluminium boom, elements, dipoles, external coaxial cable and chrome plated termination
Frequency range	UHF 570-700MHz
Bandwidth	Specify any 50MHz per plane
Tuning	Factory
VSWR	<1.5:1 across specified bandwidth/s
Cross elements	15 - each plane
Gain - nominal	14 dBd per plane
Polarisation	Horizontal & Vertical or +45° / -45° degrees
Maximum power	150Watts per input
Isolation	Minimum -25dB between polarisations
Impedance	50 Ohms
DC grounding	Yes
H Plane - each plane	30°
E Plane - each plane	33°
Connector	2 x N-type female jack connectors fitted to cables
Boom length	2.4m when scaled at 570MHz
Max. element length	280mm when scaled at 570MHz
Weight	3.4kg
Projected area	0.076m ²
Wind Load at 160kph	9.227kg, 0.090kN
Mounting hardware order separate	1 x S48 for H&V mounting or S48-AM for +/-45° mounting - larger capable mounting clamps are available, consult ZCG 1 x YS1-48 or YS2-48 strut support to reduce mechanical tilt/movement
Mounting position recommended	Mount as high onto your structure/tower as possible using the appropriate mounting hardware, ensure no metallic obstructions impede elements or dipoles as this will affect signal/performance.



+61 3 5157 1203
www.zcg.com.au



Specifications are subject to change
without prior notice

Updated 4th March 2020





Section 2 Fixed Position

New
Product

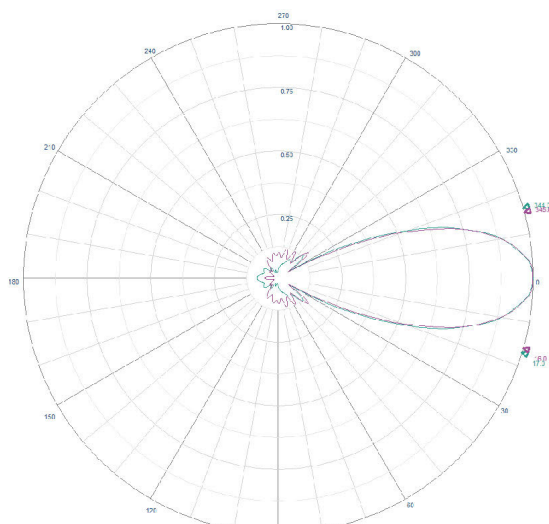
Australian
manufactured
East Gippsland

Y615-DP

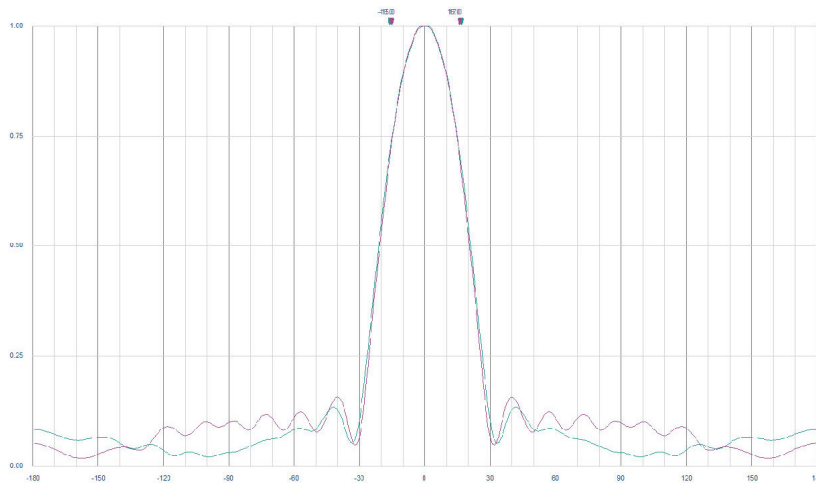
Directional dual polarised scaled 15 element Yagi

UHF / Mobile Phone 570-700MHz

Build
To
Order



Example Polar radiation pattern - per plane



Example Cartesian radiation pattern - per plane

+61 3 5157 1203
www.zcg.com.au



Specifications are subject to change
without prior notice

Updated 4th March 2020





Section 2 Fixed Position

New
Product

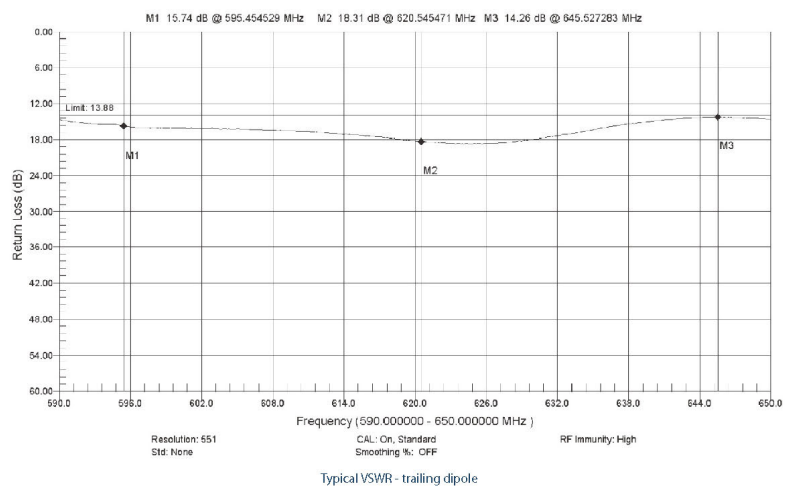
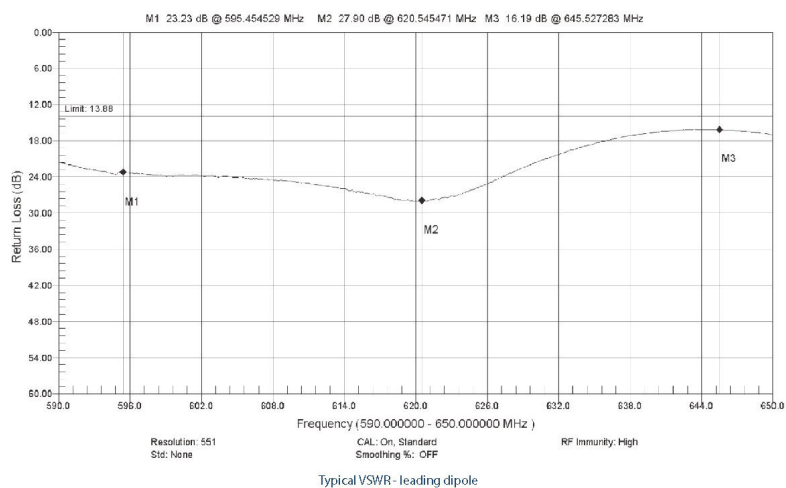
Australian
manufactured
in
East Gippsland

Y615-DP

Directional dual polarised scaled 15 element Yagi

UHF / Mobile Phone 570-700MHz

Build
To
Order



+61 3 5157 1203
www.zcg.com.au



Specifications are subject to change
without prior notice

Updated 4th March 2020





8.2.2 機動式設備全向天線(M29 Omni)



M29 Omni MIMO 2 x 4G LTE CBRS 5G NR Antenna
MIMO 2 x Cellular 3G 4G CBRS LTE 5G NR / WiFi 2.4GHz
Omni-Directional / Bracket Mount / Outside Use

[*Optional J-Pipe Mount](#)

M29 MIMO 2 x Cellular 4G LTE CBRS 5G NR Omni Directional Antenna w/Bracket Mount Multi-Carrier MIMO 2 x Cellular 4G LTE CBRS 5G NR / WiFi 2.4GHz	
Multi-Carrier / Multi-Technology 4G LTE CBRS 5G NR Compliant	Verizon 4G 5G (DSS) Bands: B2 B4 B5 B13 B46 B48 B66 T-Mobile 4G 5G Bands: B2 B4 B5 B12 B25 B26 B41 B66 B71 n25 n41 n66 n71 AT&T 4G 5G Bands: B2 B4 B5 B12 B14 B17 B29 B30 B66 n5 5G NR Bands: n77 n78 n79 CBRS Band: 48
4G 5G NR Frequency Range WiFi Frequency Range	617-960MHz / 1710-6000MHz 2.4-2.5GHz
4G 5G NR Avg. Peak Gain: Isotropic WiFi Avg. Peak Gain: Isotropic	(6dBi) 617-960MHz / (7dBi) 1710-6000MHz / (7dBi) CBRS 3.5GHz (9dBi) 2.4-6GHz
Horizontal Half Power Beamwidth	360° / 360°
Vertical Half Power Beamwidth	70° / 35°
VSWR	≤2.0 / ≤2.0
Impedance	50 Ohms
Polarization	MIMO 2 x Vertical Omni Directional
Max. Power	50W
Dimensions	Height: 8" / 206mm - Diameter: 3" / 78mm
Radome	High Impact Polycarbonate
Operating Temperature	-40° to 158° (°F)
Wind Velocity	140 MPH
Ingress Protection	IP67
Mounting Mast Diameter	1.5"~2" / 40mm~50mm
Net Weight	1.5bs / 0.7kg Includes Mounting Hardware
Coax Cable Options (Finished)	2 x 16ft CFD200 Coax Cables – 2 x SMA Male 2 x 1ft CFD200 Coax Cables – 2 x N Female
Mount Type	Mounting Hardware Included L-Bracket Mount + 2 x U-Bolt Sets



All Rights Reserved
AntennaGear, LLC

M29 v4.5 4/21





M29 Omni MIMO 2 x 4G LTE CBRS 5G NR Antenna
MIMO 2 x Cellular 3G 4G CBRS LTE 5G NR / WiFi 2.4GHz
Omni-Directional / Bracket Mount / Outside Use

[*Optional J-Pipe Mount](#)



8.3 溫度溼度傳感器規格

Features - S210X/A110X Series



High accuracy sensor
Fast response and superior stability



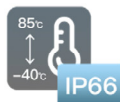
Quick configuration
User-friendly set-up with built-in Bluetooth



Ultra-low power consumption
Battery life of up to 10 years with built-in 19Ah battery



Easy deployment
Easy to mount via brackets



Industrial design
-40 ~ 85°C operating temperature and IP66 rating



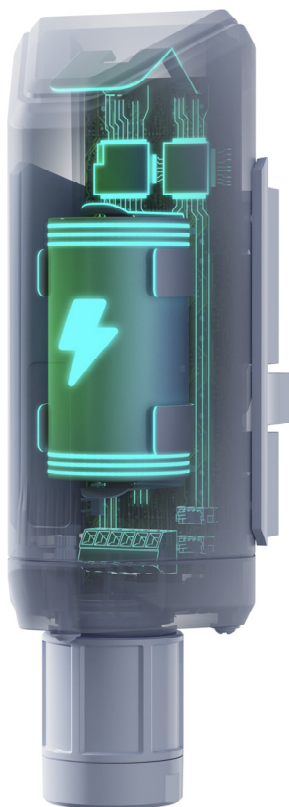
Efficient integration
SenseCAP cloud services with Open API support further development



Weather resistant
Suitable for indoor, outdoor and harsh environments such as high UV exposure, heavy rain, dusty conditions etc.



Multi-platform
Compatible with multiple NS (Helium, TTN) and IoT platforms



03





SenseCAP S2101

Air Temperature and Humidity Sensor

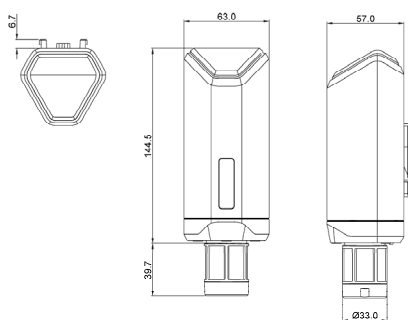
Specifications

Air Temperature	
Range	-40 to +85 ° C
Accuracy	±0.2 ° C
Resolution	0.01 ° C
Long-term Drift	<0.03 ° C/year
Air Humidity	
Range	0 to 100 %RH
Accuracy	±1.8 %RH
Resolution	0.01 %RH
Long-term Drift	<0.25 %RH/year
General Parameters	
Product Model	S2101
Microcontroller	Wio-E5
Support Protocol	LoRaWAN v1.0.3 Class A
Built-in Bluetooth	App Tool to change parameters
LoRaWAN Channel Plan	IN865/EU868/US915/AU915/AS923/KR920/RU864 *
Max Transmitted Power	19dBm
Sensitivity	-136dBm@SF12 BW=125KHz
Communication Distance	2 to 10km (depending on gateway antenna and environments)
IP Rating	IP66
Operating Temperature	-40 to +85 ° C
Operating Humidity	0 to 100 %RH (non-condensing)
Device Weight	280g
Certification	CE / FCC / RoHS
Battery (Contained in equipment)	
Battery Life	Up to 10 years**
Battery Capacity	19Ah (non-rechargeable)
Battery Type	Standard D-size SOC2 Battery

* A device supports different frequencies and can be configured via the Bluetooth App.

** The battery life varies from data upload interval and distance between gateway.

Dimension





8.4 定點偵測系統通訊點規格

總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技  創新未來

Product Specification

Product Name : Outdoor Waterproof Beacon

Model Name : AWBLE-151

Introduction

Description

AWBLE-151 is Low Energy wireless beacon or sensor beacon, and some products have the function of temperature, and collect temperature and humidity of the surrounding environment, and some products have the function of motion. Some product have iBeacon/eddystone function, it have high protection level (IP66/IP68), so and its characteristics are small-sized, low-weighted, easily portable and highly accurate for wide use in cold chain logistics, archives, labs, museums, outdoor etc.

Application

Refrigerated storage and transportation;
Archives;
Experimental (test) rooms;
Workshop;
Museums;
Pharmaceutical environment;
Fresh transport.
Outdoor beacon

Product feature

High accuracy and stability;
Built-in highly sensitive temperature and humidity sensor SHTC3 (Sensirion);
Real-time display temperature and humidity;
Can be OTA update version
Support accelerometer & gyroscope (AWBLE-151-3).
Support air pressure sensor (AWBLE-150-5)
Support temperature & humidity probe (AWBLE-152-1)
Support history data AWBLE-150-6
16380 records stored
Acquisition and storage time interval: 1000ms~900000ms; default: 5000ms.

Appearance



AWBLE-151

Feature Mode	Bluetooth h 5.0	Beacon	Built-in PA ⁽¹⁾	Status
AWBLE-151-4	•	iBeacon ⁽¹⁾	•	MP

Remark:

1. Can be designed as a standard iBeacon, Eddystone protocol, can also meet the needs of broadcast package customization.
2. Can be customized to remove.

2022年10月1日

1





總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技 創新未來

Product specification

● RF performance

Protocol	Built-in PA	Performance
Bluetooth 5.0	With PA	Main IC: nRF52820 Main IC: RFX2401 Transmission frequency: 2.400 - 2.4835GHz TX power: 19.5dBm,adjustable Communication rate: 1Mbps RX sensitivity: -95 dBm Transmission distance : 100~200 meters (open area)
Bluetooth 5.2	With PA	Main IC: nRF52820 Transmission frequency: 2.400 - 2.4835GHz TX power: 19.5dBm,adjustable Communication rate: 125kbps RX sensitivity: -103 dBm Transmission distance : 200~300 meters (open area)

● Sensor performance

Sensor type	Sensor IC	Performance
Motion	ICM-20600 (6axis)	Accelerometer range : $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 、 $\pm 16g$ adjustable Gyroscope range : ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and ± 2000 degrees/sec
Temperature &humidity	SHTC3	Detect temperature range: $-40^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ Temperature accuracy: $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ ($0 \sim 65^{\circ}\text{C}$) , $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ($-40 \sim 0^{\circ}\text{C}$) Detect humidity range: $0 \sim 100\% \text{RH}$ Humidity accuracy: $\pm 3\%$ ($20 \sim 80\% \text{RH}$) , $\pm 6\%$ ($0 \sim 20\% \text{RH}$, $80 \sim 100\% \text{RH}$) Remark: The detect range just for sensor (probe), avoid to put the product into space under -30°C , so just AWBLE-152 can detect the temperature $-30 \sim -40^{\circ}\text{C}$
Air pressure	BME280	Air pressure accuracy: $\pm 0.25\%$ Pressure detection range: $300 \sim 1100 \text{hPa}$

2022年10月1日

2





總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技  創新未來

● Electronic performance

Item	Performance
Electronic	Working voltage: 2.2~3.6VDC Average power consumption : <200uA (2S interval, with PA, Not Long range) Built-in battery : CR123A ,1500mAh Battery life : 2~3 year (Depends on the mode of operation)

● Basis performance

Item	Performance
Basis	Operation temperature: -30~65℃ Outline size : 70mm*40mm*40mm (main body) Net weight : ~130g IP protection: IP66(AWBLE-150) ;IP68 (AWBLE-151)
Certification	TBD

Caution

1. Being close to a metal object will interfere with the signal, causing the signal to be weakened.
2. Note the distance between product and the receiver to guarantee the accuracy of receiving.
3. Keep away from the corrosive objects.

2022年10月1日

3



8.5 人流監控定位卡片規格

總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技  創新未來

Product Specification

Product Name : Smart Location card**Model Name :** AWBC-230

Introduction

Description

AWBC-230 developed by Roombanker ,it's a smart location tag based on LoRa and low-power Bluetooth technology.

Otherwise ,AWBC-230 supports lithium battery power supply, rechargeable, and built-in acceleration sensor for detecting user movement status and sleep mode switching, so that the product has better battery life.

Application

- People location
- Location Navigation
- Geofencing
- SOS emergency button

Mechanical

98.5 x 58.5 x 7.5 mm



Specifications

Item	Description
Supply voltage	DC3.7V Li battery
Power consumption	<10mA(active mode) <50uA (sleep mode)
Life expectancy	~2 days (working)
Dimension	98.5 x 58.5 x 7.5 mm
Protocol	Bluetooth V4.2 (2.4GHz) Lora(433MHz/470-510MHz)
LED	Support ,for status
Button	Support one button for SOS
Working Temp	-10 to +60℃ Below 95%rh (no dew condensation)
Storage Temp	-20 to +70℃ Below 95% RH (no dew condensation)

2022年10月1日

1



總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技 創新未來

Function

• Bluetooth Scan

This smart card is based on BLE 4.2 technology, which supports Bluetooth retrieval and filtering of specific Bluetooth iBeacons to achieve positioning functions (RSSI value)

• Lora

The product obtains the beacon signal data around the product via Bluetooth scan and will transmit it to LoraWAN gateway via lora protocol.

• Movement detect

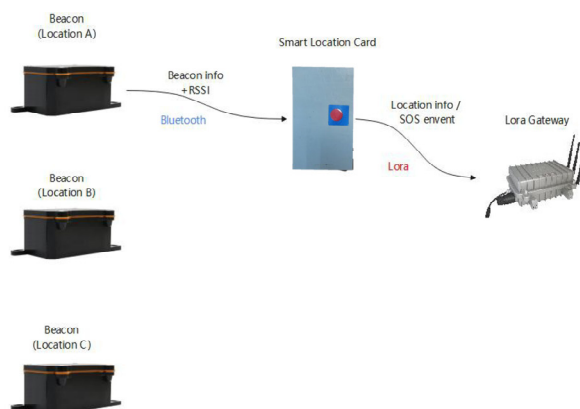
Built-in 3-axis accelerometer, can detect the movement state of the user wearing the card, if in a non-movement state, the product will enter a low-power sleep state, in the sleep state, the product function will be stopped; if the movement state is detected, the product will be awakened from sleep and enter the working state.

• SOS emergency button

The product supports SOS button, after the user presses the button, the emergency button event will be transmitted to the gateway through Lora.

Usage

AWBC-230 can be used with BLE Beacon and Lora Gateway for indoor positioning scenarios.



2022年10月1日

2



8.6 定點偵測系統網路集中器規格

總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技 創新未來

Product Specification

Product Name : LoRaWAN Gateway

Model Name : AWGW-010C

Introduction

Description

The LoRaWAN gateway is a compliant gateway, which can provide low power, mobile, and safe local bidirectional communication service for IoT devices. With our IoT technology and the gateway, users can then have their IoT control system to achieve customized smart services, which will be widely applied in the fields of intelligent transportation, energy management, smart city, industry 4.0, smart home, etc.

Product feature

- Support the POE switch power supply and 5V/3A adapter power supply
- Support IEEE802.3-2012 Type 1, the IEEE802.3-2012 Type 1 requires a power supply device (PSE) to provide 44 to 57V, and the power of the powered device (PD) must not exceed 12.95 W and the current does not exceed 350 mA.
- 2GB on-board RAM 32GB eMMC
- Based on the LoRa Concentrator Engine: Semtech SX1302
- TX power up to 27dBm, RX sensitivity down to -139dBm @SF12, BW125kHz
- LoRa Frequency band support: RU864, IN865, EU868, US915, AU915, KR920, AS923.
- Support Wi-Fi 2.4G/5G IEEE 802.11b/g/n/ac (Optional)
- Support BLE5.0(Optional)
- Support Network Communication of 4G Module (LTE-TDD/LTE-FDD) (Option)
- Support IP66 waterproof housing
- One WAN/LAN variable network port
- RoHS/WEEE compliance(Lead-free)
- FCC,CE,IC compliance
- Supporting LoRaWAN CLASS A/B/C standard
- Upstream 8 channels are concurrent, 1 downstream channel
- Supporting FDD full-duplex (Optional)
- Supporting OTA remote upgrade

Appearance and Interface



1. RJ45 Interface (network Interface and PoE Power Supply Interface)
2. DC Power Input
3. LED Indicator
4. LoRa Antenna /Wi-Fi Antenna

2022年10月1日

1





總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技  創新未來

Product specification

● Hardware Information

Item	Technical Specification
System	Linux
CPU	Quad-core Cortex-A53
RAM	2GB
ROM	eMMC 32GB
Power Supply Port	Support DC input, input voltage range is 4.5V to 5V. The power seat aperture is 3.5mm. The needle diameter is 1.35 mm and is positive. Power adapter : 100- 240V 50/60HZ , Output is 5V/2A
Reset button	The reset button inside the gateway, After pressing the reset button for more than 5 seconds, the Wi-Fi unit will be restored to the factory settings.
Network interface	The network interface supports CAT-5/CAT-5E to transmit data and POE Power Supply (voltage range is 44~ 57V). It is a WAN/LAN variable.
Indicator LEDs	1). Power LED normally on when powered on 2). Network LED normally on when connected 3). Card indicator
Operation Temperature	0° to 60° C
Storage Temperature	-40° to 85° C
Waterproof Level	IP65

● LoRa Performance

Region	Frequency(MHz)
Europe	EU868
North America	US915
Asia	AS923
Australia	AU915
Korea	KR920
India	IN865
Russia	RU864

2022年10月1日

2





總泰技術整合有限公司

AllWin integrating innovative technology corporation

先進科技  創新未來

● Specifications

Item	Specification
BLE	• TX Power: 10dBm • Range: 150 meters minimum, open filed • Receiving Sensibility: -80dBm@0.1%BER • Frequency offset: +/-20KHZ • Frequency Range (MHz):2401.0~2483.5 • Low Frequency (MHz):2400 • High Frequency (MHz):2483.5 • E.I.R.P (Equivalent Isotopically Radiated power) (mW)<10mW • Bandwidth (MHz):2MHz • Modulation: GFSK
Ethernet	WAN/LAN port : 10M/100M bps

2022年10月1日

3



8.7 動物攝影機規格

Bushnell®

TRAIL CAMERAS



CORE DS-4K / S-4K INSTRUCTION MANUAL

DS-4K MODEL #119987C / S-4K MODEL #119949C





TECHNICAL SPECIFICATIONS

CORE S-4K #119949

Lens - FOV=50° Horizontal

Display Screen - 1.5" Color

Image Size (pixel count in 16:9 format)

- Low- 2MP = 2048x1152
- Medium 4MP = 2592x1464
- High- 23MP = 6400x3600

Image Size (pixel count in 4:3 format)

- Low- 2MP = 2048x1536
- Medium 5MP = 2592x1944
- High- 30MP = 6400x4800

Video Size

- 4K (3840x2160) @ 30FPS
- 1080p (1920x1080) @ 60FPS
- 720p (1280x720) @ 30FPS

Video Length - 5-60 seconds.

PIR Sensitivity - 4 settings: Low/Normal/High/Auto

Operation - User selectable: 24 Hour, Day only, or Night only
(based on ambient light level)

Response Time - 0.2 second (Photo), 0.7 second (Video). 0.5 second interval

Delay - 0.5s - 60s and 1m-60m programmable

Images per Trigger - 1-6 programmable

27





Illumination Mode - Low, Fast Motion, Long Range (110' maximum range)

Power Supply - 6x AA batteries, lithium (recommended) or alkaline

Stand-by Current - > 0.8mW

Average Battery Life*

approx. 12 mos. at 30 images per day average (15 day, 15 night w/LEDs)

Operating Temperature

-20 - 60°C (Storage temperature: -30 - 70°C)

Operating Humidity - 5% - 90%

⚠ WARNING: This product can use Lithium based batteries. Lithium batteries can overheat and cause damage if physically abused. Do not use any batteries that are damaged or show signs of physical wear. Never use a mix of old and new batteries, or batteries with different brand names.





B Bushnell®



TRAIL CAMERA
SOLAR PANEL™
SOLARMODUL • PANNEAU SOLAIRE • PANEL SOLAR • PANNELLO SOLARE

INSTRUCTION MANUAL

Model #119986C





Technical Specifications

Power Requirement	5V @ min 500mA
USB Charging Voltage	4V - 6V
Discharging Voltage	7V - 8.4V
Max. Current Discharge	2A
Max. Charge Voltage Protection	6V
Recommended Charging Time	Up to 12 Hours
Operating Temperature	-20 - 40° C
Storage Temperature	-30 - 70° C
Operating Humidity	5% - 90%

Two Year Limited Warranty

Your Bushnell® product is warranted to be free of defects in materials and workmanship for two years after the date of purchase. In the event of a defect under this warranty, we will, at our option, repair or replace the product, provided that you return the product postage prepaid.

This warranty does not cover damages caused by misuse, improper handling, installation, or maintenance provided by someone other than a Bushnell Authorized Service Department.





8.8 教育訓練簽到表



總泰技術整合有限公司
ALLWIN Integrating Innovative Tech. Corp.

24446 新北市林口區中山路 250 號 2 樓
TEL : 02-26069310

人員教育訓練簽到表

主辦單位：總泰技術整合有限公司

課程名稱：山區無線寬頻網路建置及低軌衛星通訊技術研析案(契約編號

tfbh-1110207)

時間	113年6月25日 17:30~18:40	地點	竹東工作站研會議室
出	席	人	員
NO	單位	職稱	姓名 (請以正楷書寫，以利辨識)
1	林務署	科長	陳君穎
2	林務署	設計師	彭亮亮
3	新竹分署	技士	彭劍熙
4	新竹分署	專員	杜易倉
5	新竹分署	技士	徐榮國
6	竹東工作站	森林護管員	李芳敏
7	新竹分署	技術士	吳子儀
8	新竹分署	技正	冷錦璋
9	新竹分署大湖工作站	科員	訂錯云
10	烏來工作站	森林護管員	丁國政
11	烏來工作站	森林護管員	宋曉菁
12	三歧	-	陳柏承
13	三歧	-	范國翔
14	大湖工作站	森林護管員	謝建宇
15	竹東	"	謝建宇
16	大溪	"	萬富子
17	"	"	邱廣原

大湖工作站

森林護管員

施建宇





NO	單 位	職 稱	姓 名 (請以正楷書寫，以利辨識)
18	林業署森林科學組	技 士	謝忠穎
19	林業署森林育樂組	技 佐	鄭惠瑞
20	林業署保育管理組	視 察	王佳琪
21	林業署大溪工作站	技 士	紀如夏
22	林業署竹東工作站	護 管 員	吳鈞熙
23	林業署竹東工作站	護 管 員	許心庭
24	林業署竹東工作站	護 管 員	連婉如
25	林業署竹東站	護 管 員	蔡 津 豪
26	林業署竹東站	科 員	詹廷鈞
27	林業署竹東站	護 管 員	劉昭婷
28	林業署竹東站	護 管 員	郭兆華
29	林業署竹東站	技 士	田 彥 少
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			

