

LinkGuard

災害搜救系統提案書

Disaster Search and Rescue System Proposal

隊伍成員

葉柔昀、朱哲瑞、潘彥熏、朱映潼

2026 International Youth Robot Competition (IYRC)

摘要

LinkGuard 是一套以 MRT UNO X 為核心、整合 LoRa 長距離通訊技術的災害搜救系統。系統採「一套網路、兩種模式」的設計理念:平時作為山區環境監測網路,持續回傳土壤濕度、水位、坡度等資料以預警次生災害;災害發生、通訊基礎設施中斷時,系統可立即切換為搜救模式,結合搜救雷達、求生訊標節點、地面偵查車與無人機,協助救援人員在黃金 72 小時內更快定位受困者、掌握現場狀況。本提案書說明系統之發想背景、消防人員訪談所得之設計依據、六大模組之功能、與現有搜救技術之比較、實驗結果,以及未來發展方向。

一、緣起:尖石鄉與泰雅文化的啟發

本團隊有兩位成員自小在新竹縣尖石鄉成長、就讀當地國小,對於當地陡峭的山勢、深邃的溪谷,以及豐富的泰雅文化有著深厚的情感連結。然而,這片美麗的土地同時也面臨地震、颱風、土石流與通訊中斷等災害威脅。有感於家鄉可能面對的真實災害情境,我們以尖石鄉為場景設計本次的救援情境模型,期望 LinkGuard 能同時守護當地居民的安全,以及他們所珍視的山林環境。

二、背景與問題意識

台灣災害搜救面臨的挑戰

台灣地狹人稠且地形多山,經常面臨地震、颱風、土石流等山區災害。在大規模災害發生時,通訊基礎設施往往首當其衝遭到破壞,使救援團隊難以彼此協調,也難以掌握受困者的正確位置。

透過與新竹縣政府消防局的實地訪談,我們歸納出黃金 72 小時內救援行動最常遇到的兩項關鍵挑戰:

- 通訊中斷(Communication loss)
- 救援資訊碎片化(Fragmented rescue information)

這兩項問題會直接延誤救援行動的展開,並增加受困者與救援人員雙方的風險。

三、消防隊訪談

(一)訪談對象與方式

為使系統設計貼近真實災害現場需求,本團隊實地走訪消防分隊進行面對面深度訪談,受訪人員涵蓋

指揮層級與第一線執勤人員,以兼顧戰術指揮與現場操作兩個視角。

項目	內容
受訪單位	新竹縣政府消防局
受訪人數	4 位(大隊長、副大隊長、小隊長、分隊長各 1 位)
訪談日期	2026 年 5 月 9 日
訪談方式	面對面半結構式訪談
訪談時長	約 2.5 小時

(二)主要回饋摘要

大隊長表示,災害現場的關鍵不在於功能多寡,而在於系統能否於高壓、通訊不穩與人員疲勞之環境中維持快速、直覺且可靠之操作。指揮層級強調指令傳遞之層級清晰與可追蹤性,避免跨單位回報重複;現場執勤層級則更重視介面之單手操作、大按鈕與離線可用性,並認為過多功能反而增加操作負擔。

「現場通訊常依賴社群軟體與無線電交雜使用,訊息易遺漏或順序混亂,需要一套能整合語音、文字與位置之單一平台。」

——分隊長

(三)資料分析與系統修正

訪談資料以質性分析整理,並據以修正系統架構。原系統偏向「資料回報與通訊」之單一取向,修正後擴展為整合式搜救輔助平台,涵蓋地圖分區、ICS 指揮、子區域建立、權限管理、任務回報、SOS 警報、照片座標回傳、搜救狀態標記、AI 輔助、離線同步、安全管制與事件日誌等功能,並新增多角色操作模式,避免資訊集中於單一介面。

(四)地圖標記方式設計

地圖標記設計為「點、線、面」三種類型:

類型	代表意義	應用方式
點	單一位置	受困者位置、SOS、危險點
線	路線或邊界	道路封鎖、危險路線、撤離動線

類型	代表意義	應用方式
面	區域範圍	倒塌區域、搜索分區、限制進入區

(五)ICS 角色分工設計

本團隊依現場操作需求調整 ICS 標準架構,規劃五種角色之專屬介面(志工協調歸入 Logistics,不另立角色):

角色	功能定位
UCC	統一指揮中心,負責跨區域協調
SCC	現場指揮中心,負責分區管理、任務派遣與資源調度
TL	小隊長,管理所屬區域並彙整回報
TE	前線隊員,以快速回報與 SOS 為主
EMT	醫療組,負責傷患檢傷分類與後送

(六)高壓環境下的系統可靠性設計

災害現場常伴隨高壓決策、網路中斷、通訊不穩與人員疲勞,因此系統以「高壓下仍可快速操作」為核心,導入以下設計原則:

- Offline First 架構,本地暫存與自動同步
- 大按鈕與高對比介面、單手可操作
- 緊急功能固定位置,並設有二次確認機制
- 模組化設計、低電量模式
- 完整事件日誌,以及 WiFi / LoRa / BLE 多層通訊備援

四、系統設計理念:一套系統、兩種模式

LinkGuard 是以 MRT UNO X 為核心打造的災害搜救系統,即使在網際網路與行動網路皆無法使用的情況下仍可正常運作。平時,系統持續監測山區環境;災害發生時,系統可立即切換為搜救模式,結合各模組協助救援團隊展開行動。

五、六大模組介紹

1. 指揮中心(Command Center)——決策中樞

功能:本地端 AI 推論、免網路運作、ICS 五角色管理、互動地圖與即時儀表板、救援任務派遣。

效益:集中式救援管理、更快速的決策、更佳的團隊協調。

2. 搜救雷達(Rescue Radar)——提供救援人員即時現場資訊

功能:受困者生命徵象、預估受困者距離、搜救任務、地圖導航、位置標記。

效益:更快定位受困者、更有效率的現場作業。

3. 求生訊標節點(Survival Beacon Node)

監測項目:心率、血氧濃度(SpO₂)、救援狀態,搭載 MRT UNO X 與 MAX30102。

效益:持續健康監測、緊急通訊。

4. 環境感測節點(Sensor Node)——在救援人員進入危險區域前偵測次生災害

監測項目:土壤濕度、水位、坡度穩定性,搭載 MRT UNO X。

效益:土石流預警、洪水監測、更安全的救援作業。

5. 地面偵查車(UGV Scout Vehicle)——在人員進入前擔任第一線偵查者

功能:自主導航、即時影像串流、2D 建圖、3D 建圖、結構檢測。

為什麼重要:機器人先進入危險環境,降低救援人員不必要的風險。

6. 無人機(UAVs)——固定翼無人機與四旋翼無人機

任務:大範圍搜索與近距離勘查。

優勢:雙機協同作業、長續航力、精準懸停、空地全域涵蓋。

LoRa 與 MRT 整合

LoRa 是一種長距離、低功耗的無線通訊技術。我們將 LoRa 整合進 MRT UNO X 平台,讓每個以 MRT 為基礎的模組即使沒有行動網路或網際網路,也能穩定交換資料。

- MRT 控制之 LoRa 通訊
- 長距離通訊能力
- 低功耗設計
- 具災害韌性之組網能力

六、實驗:山區 LoRa 通訊效能測試

目的:評估 LoRa 整合 MRT UNO X 後,在山區環境中的通訊效能。

設備:MRT UNO X ×2、LoRa 模組 ×2、筆記型電腦。

地點:新竹縣尖石鄉。

方法:沿 1.96 公里山區路線部署兩個 MRT LoRa 節點,每 100 公尺記錄一次 RSSI 訊號強度與最大通訊距離。

結果:在全程 1.96 公里的測試路線中,均能維持穩定的長距離通訊。

七、LinkGuard 與現有搜救技術之比較

當基地台中斷、傳統無線電和聲納都派不上用場時,LinkGuard 仍能離線定位生還者、即時回傳生命徵象。

比較面向	傳統無線電 / LINE	聲納 / 蛇管光學	LinkGuard
通訊可用性	基地台中斷即失效	不涉及通訊	LoRa 自組網
結構穿透能力	高頻訊號全阻	無法穿牆	923 MHz 長波長繞射穿透
受困者生理數據	無	無	即時心率回傳
檢傷排序依據	到達現場後目視	到達現場後目視	抵達前已依生理數據排序
指揮資訊整合	LINE + 無線電分散	獨立設備無整合	ICS 分層單一平台
離線可用性	需網路	不適用	Offline First,本地暫存自動同步

八、永續發展目標:SDG 15 陸域生態

LinkGuard 透過結合 MRT UNO X 與 LoRa,支持 SDG 15「陸域生態」目標,建立長期環境監測系統。在平時運作階段,環境感測節點持續監測土壤濕度、水位與坡度穩定性,提供土石流等災害的早期預警,協助守護森林、山林生態系與周邊社區。一套網路、兩種模式——平時守護自然,災時拯救生命。

九、結論與未來展望

目前限制

- 目前僅於尖石鄉一條 1.96 公里路線完成測試,尚未在其他地形(密林、淹水區)驗證系統效能。
- 六大模組目前為個別測試,尚未整合進行大規模、多團隊之搜救模擬演練。
- 以 LoRa RSSI 為基礎的距離估算,仍需進一步校正以提升受困者定位精準度。

未來展望

- 與新竹縣政府消防局合作,於實際教育訓練演習中進行試點部署。
- 結合 LoRa RSSI 與無人機影像建圖,提升定位精準度。
- 透過 LoRa mesh 網路,擴展單跳通訊範圍之外的覆蓋範圍。

十、團隊分工

姓名	職稱	分工內容
葉柔昀	隊長	系統測試、電路設計、實驗設計,並統籌文件紀錄與軟體除錯。
朱哲瑞	硬體工程師	負責無人機、地面車輛與 LoRa 通訊模組之開發整合。
潘彥熏	軟體工程師	負責指揮中心與手持終端 App 之開發與製作。
朱映潼	模型設計師	負責山體地形模型、機器外型與團隊 Logo 之設計製作。

十一、致謝

主辦單位:國立新竹高級工業職業學校(HCVS)、新竹市立數位實驗高級中等學校(DESH)、新竹縣立自強國民中學(UCJH)

協助單位:新竹縣尖石鄉石觀國民小學、財團法人桃園市祥儀慈善文教基金會、新竹縣泰雅學堂教

育協會、新竹縣政府消防局第一大隊、新竹縣尖石鄉那羅泰雅文化區

2026 International Youth Robot Competition (IYRC)