



# 軍警消無線電機通訊協定通聯之研究

作者/巫致霖士官長

## 提要

- 一、時至今日軟體無線電機通信技術，通過軟體取代了硬體無法輕易實現的靈活性和調整性，使得無線通信系統更加多元。
- 二、軍警消無線電機運用在頻譜、通訊協定及功能上存在部分差異，使得無線電通信通聯限制與窒礙。
- 三、軍警消無線電機跨平台直接通聯，未來可朝擴展無線電機頻率、建立通聯機制及設定頻道集等方式建立，以提升災害防救運用能量與效能。

**關鍵字：無線電機、通訊協定、災害防救**

## 前言

軍警消在我國災害救援上均扮演著重要角色，然目前三者所使用無線電機對於技術需求存在一定的差異，造成彼此無線電機無法構聯，使得災害救援期間，僅能單向指揮管制，無法發揮聯合行動之效能。

軍用和警消無線電機通聯存在部分限制與挑戰。首先，陸軍無線電通信安全需滿足國安局保密等級認證，而警消無線電通信安全通常以開放與便利為主，故無線電加密技術為通聯之窒礙。其次，軍用與民用使用頻率均在不同頻率範圍，因此需要一個頻率共享機制才能實現無線電通聯。此外，各式無線電機傳輸協定並無一致規範，使得訊息無法互相傳輸。

MHR-112手持無線電機，為陸軍新一代國人自製軍用軟體無線電機，內建北大西洋公約組織國際通信協定，具備跨協議語音整合的可能，本文旨在探討MHR-112手持式無線電機與警消無線電通聯的共同通訊協定，可否達成直接通聯的可能，且探討時機限制為災害救援期間，所以無通資安全考量，故無線電加密技術不納入研究範疇。本文以資料蒐整、文獻探討與實機驗證實施分析研究，以研析軍用與警消無線電機通聯之可行性。

## 軟體無線電介紹

麥克斯韋（Maxwell）在1861年從理論上預言了電磁波的存在，通過1888年赫茲（Hertz）的火花放電實驗得以證明。從1896年馬可尼（Marconi）的無線通信實驗開始，出現了無線通信技術，並逐步涉及陸地、海洋、航空、航天等固定



和移動無線通信領域。19世紀末，無線電利用摩斯電碼進行電報通信成為最早的無線通信形式。20世紀初，振幅調製（Amplitude Modulation，AM）和頻率調製（Frequency Modulation，FM）技術為廣播電台的崛起鋪路。現在無線電通信技術已相當成熟，並且仍持續發展演進。<sup>1</sup>

### 一、無線電類比轉數位的演進

早期的無線電通信將語音信號產生「模擬技術」，其無線電設備組成雖然有較大差異，但無線電系統的基本組成不變(如圖1)，運用「編碼器」與「調變器」產生類比信號，其中以振幅調變（AM）及頻率調變（FM）較為常見。按照無線通信系統中構成通聯的關鍵條件為「工作頻率」、「通信方式」與「調變技術」。隨著數位技術的發展，無線電通信開始從類比訊號轉向數位信號，數位信號不僅提升通話品質和信號強度，在功能運用上增加了數據傳輸功能，還為嶄新的通信技術軟體無線電鋪路。<sup>2</sup>

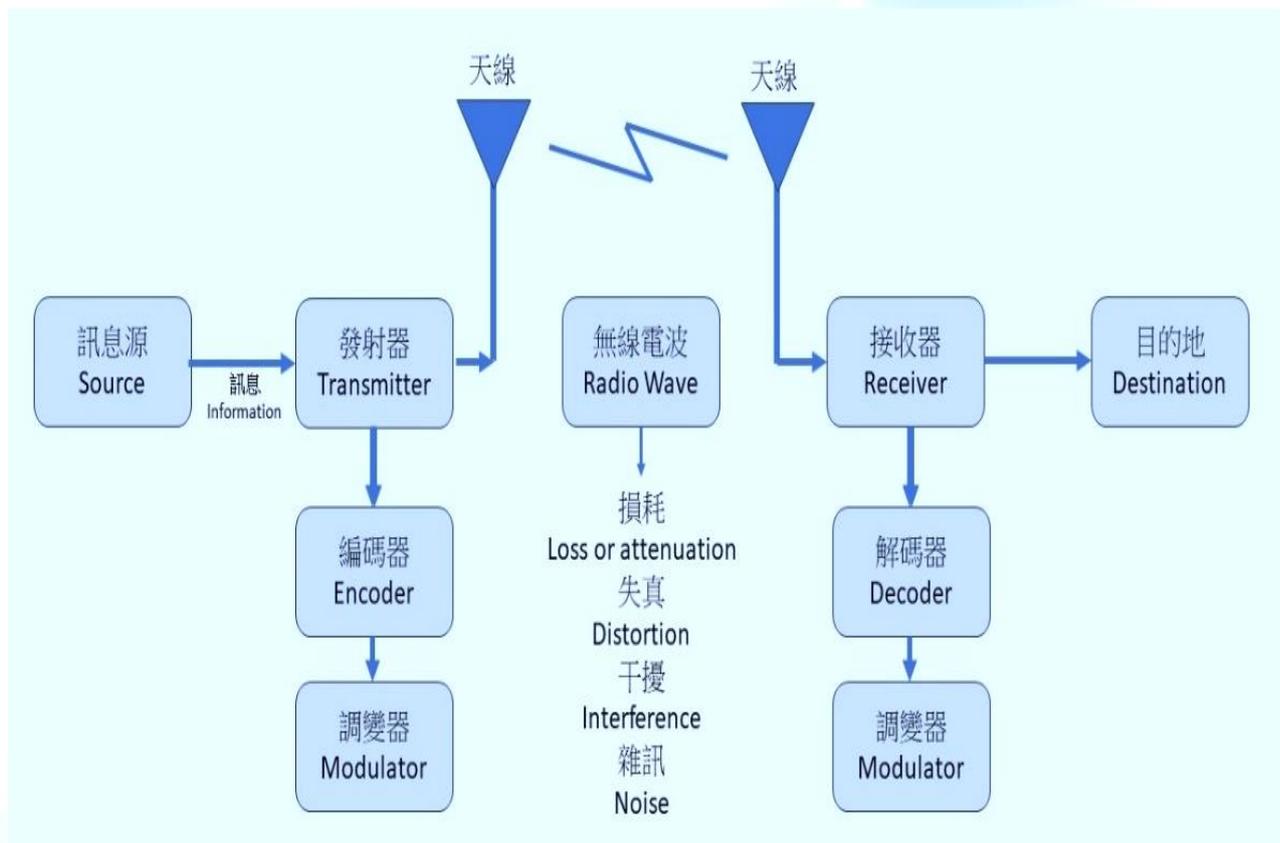


圖 1 無線電通信系統圖

資料來源：作者彙整

1 〈科技〉《弱電通信》<https://kknews.cc/tech/zkbe2jp.html>，檢索日期2023年8月14日。

2 顏春煌，〈行動與無線電通信 經典第七版〉《基峯》，民國111年9月6日發行，頁5~12頁



## 二、軟體無線電(SDR)通信特性介紹

為提升數位無線電機效能，同時也因積體電路微型化，硬體容量增加後發展出運用軟體程式SDR(Software Defined Radio, SDR)的關鍵技術；早期無線電波僅能以類比訊號傳遞所需電路多且複雜，現在以可程式化的數位訊號處理器(Digital signal processing, DSP)元件取代專用電路，讓類比訊號及數位訊號之間能夠迅速轉換，運用軟體編成數位電路取代硬體實體電路(如圖2)，對調變方式、信源編碼等進行編程控制，使得系統靈活性大為增強。設計人員在SDR的架構下可進行「性能測試」、「編碼」、「處理和解釋」不同規則的設定，通過軟體重新配置來實現不同「通訊協定」。也就是說SDR可以支持不同協定的通信需求，當需要切換、調整或改良時，不再需要使用昂貴之硬體設施，只需更改軟體設置無需更換硬體，降低購置成本，縮小機體且增加使用彈性。<sup>3</sup>

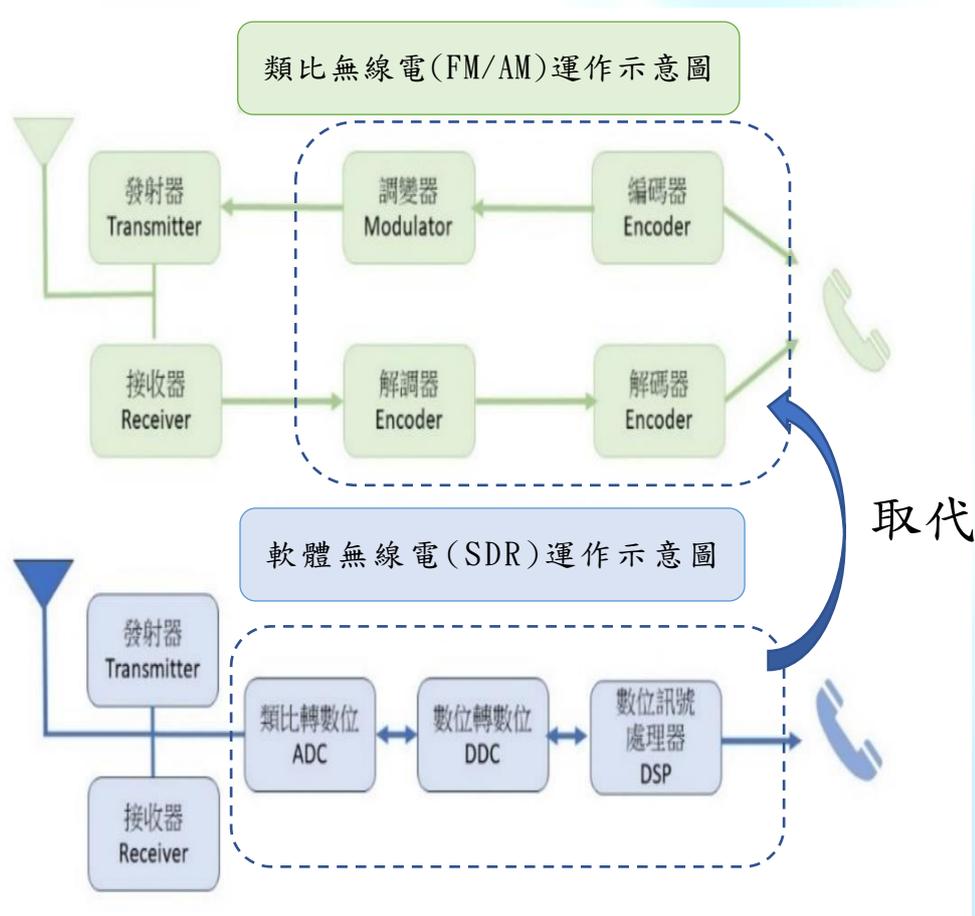


圖 2 類比與軟體無線電通信系統比較圖

資料來源：作者彙整

<sup>3</sup> 〈學習軟體定義無線電的基礎知識〉《DigiKey 知識庫》<https://www.digikey.tw/zh/articles/learn-the-fundamentals-of-software-defined-radio>，檢索日期民國112年10月29日。



### 三、小結

軟體無線電機(SDR)是一種革命性的無線通信技術，它通過軟體取代了硬體無法輕易實現的靈活性和調整性，使得無線通信系統更加多功能和彈性。這種技術在許多領域中都有廣泛的應用，包括軍事、公共安全、無線電通信、網絡連接等。軟體無線電機可以支援多種通訊協定，這對於需要跨不同通信系統進行互聯的應用非常重要，如軍事、公共安全和緊急救援。

### 軟體無線電通訊協定技術與標準

通訊協定是無線通信的標準和規範，它確保了不同無線設備之間相互通聯的技術。現今國際間已有不同組織制定了統一之數位無線電通信技術與標準，確保緊急狀況時可使用一致的通訊協定。

#### 一、通訊協定技術

通訊協定技術以分時多工(Time Division Multiple Access, TDMA)與分頻多工(Frequency Division Multiple Access, FDMA)為核心技術，傳統類比式無線電通信只使用一個通信頻道，數位化無線電則可利用多時或多頻技術將頻道壓縮成2個或多個通信時槽，增加通信容量(如圖3)。另可運用分時多工與分頻多工技術發展出「中繼式無線電系統(Trunking Radio System, TRS)」，將無線電頻譜資源藉由無線電多重接取技術讓多人同時共用。

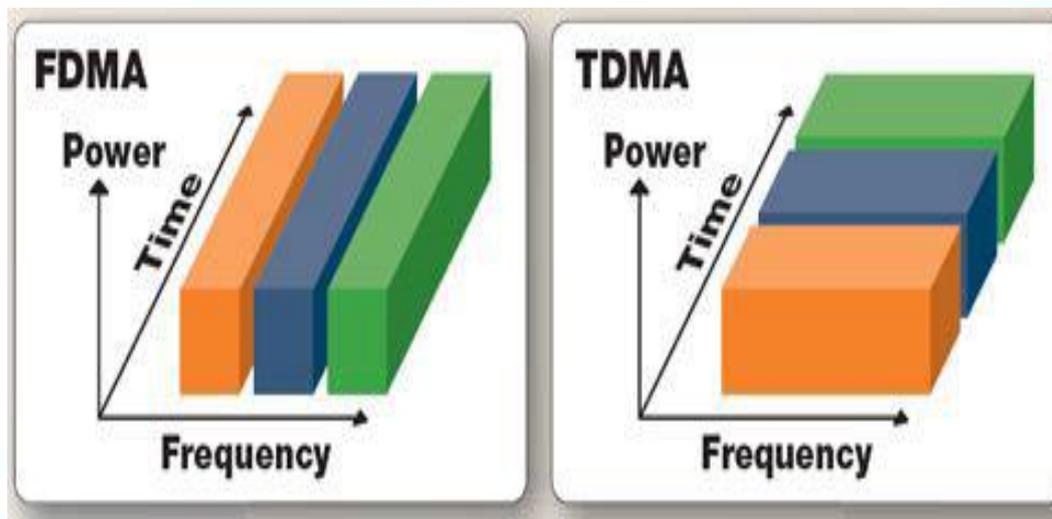


圖 3 分頻與分時多工頻率示意圖

資料來源：彭建鴻〈現代化通信整合技術決策分析之研究-以國軍某防空部隊為例〉《元培醫事科技大學企業管理系碩士論文》，民國111年6月，第8頁



### (一)分時多工TDMA

時間劃分為短小時隙，每個時隙分配給不同用戶，使它們能夠依次進行通信，這樣的時分多工方式確保了多個用戶可以共享同一頻率頻道，同時減少了碰撞和干擾，提高了通信效率與頻譜使用資源。<sup>4</sup>

### (二)分頻多工FDMA：

頻率透過切割許多小的無線電頻帶，每個無線通訊頻帶都屬於一個專屬使用者來傳輸資料，透過這種方式可以在一個頻帶範圍中，切割出許多小的頻帶，讓多個使用者可以同時傳輸資料，提升頻譜使用資源。<sup>5</sup>

### (三)中繼式無線電系統（TRS）

傳統無線電系統是一個頻率僅能一個使用者，在使用的當下會占用一個無線電資源，直到不用時將該無線電資源釋出，其他人才能使用。運用多時、多頻分工技術建立中繼系統，可以運用 MAC 碼建立群組使用、頻率彈性使用，及延伸通信距離提升通信效能(如圖 4)。<sup>6</sup>

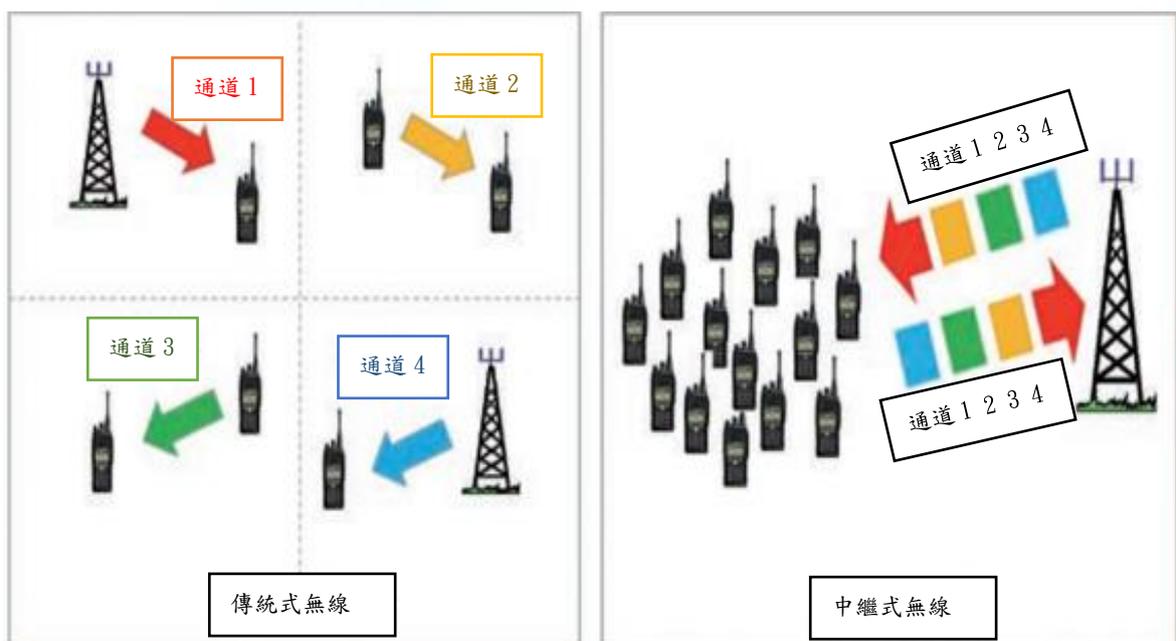


圖 4 傳統式與中繼式無線電比較圖

資料來源：陳國弘〈專用無線電類比與數位技術之演進〉《NCC NEWS，第11卷第5期》，民國106年9月，第23頁

4 彭建鴻，〈現代化通信整合技術決策分析之研究-以國軍某防空部隊為例〉《元培醫事科技大學企業管理系碩士論文》，民國111年1月，第7~8頁。

5 〈行動通信系統發展回顧〉《海洋大學通訊架構》<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/46002/4/35164.pdf>，檢索日期民國112年9月14日。

6 陳國弘，〈專用無線電類比與數位技術之演進〉《NCC NEWS》，第11卷第5期/民國106年9月1日發行，頁23



## 二、通訊協定標準

軟體無線電機在訊號分析與解析擁有不同的通信技術，依照各領域不同技術標準，在分析與解析上都有限制與難度，避免在緊急狀況時無法有效率使用無線電通聯，國際已律定相關通訊協定，較為普遍的通訊協定(專用電信標準)主要有數字集群通信標準DMR(Digital Mobile Radio, DMR)、Project 25無線電通信標準與集群式數位無線電系統TETRA(Trans European Trunked Radio, TETRA)通信標準。

### (一)數字集群通信標準DMR<sup>7</sup>

1.制定單位為歐洲電信標準協會 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI)。

2.通信特性為無線電發射功率可達 5W，不用建構太多中繼站台，無線電成本較低。

3.通信技術採用分時多工 (TDMA) 技術，將中繼台壓縮成為 2 個通訊時槽，1 個頻道作為語音通信專用，1 個頻道作數據資傳，2 個頻道運轉時訊號不會互相干擾，目前解碼 DMR 公開資料不多，只有幾個特定專用軟體無線電機能整合使用，在解析無線電訊號較為困難。

4.民間企業較常使用，為國內應用最普及之數位式無線電機。

### (二)Project 25(以下簡稱P25)無線電通信標準<sup>8</sup>

1.制定單位為北美公共安全組織 (Association of Public Safety Communication Officials, APCO)。

2.通信特性為無線電手機可達 5W 功率使用，不用建構太多中繼站台，原規劃應用大架構之救災或警用系統，因無線電價格較高，國內民間單位推廣較不普及，在 P25 公開資料較多，大部分的無線電機均具備此技術，使用通信上較為靈活。

3.通信技術採第一代標準採用分頻多工(FDMA)技術，將中繼台 25KHz 頻寬分成 2 個 12.5KHz 或 12.5KHz 頻寬分成 2 個 6.25KHz 頻寬來通訊，第二代標準採用 TDMA 技術，將中繼台 12.5KHz 頻寬分成 2 個時槽來通訊，可實施單機中繼功能，延伸通信距離至 2 倍。

4.使用單位為軍警消、海巡署與林務局單位使用。

7 林其德，〈DMR數位式無線電中繼系統應用案例〉《台灣電信月刊》，第182期/民國106年9月1日發行，頁17  
8 〈Project 25〉《TIA》[https://www.tiaonline.org/standards/technology/Project\\_25/index.cfm/](https://www.tiaonline.org/standards/technology/Project_25/index.cfm/)，檢索日期112年8月14日。



### (三) 集群式數位無線電系統TETRA<sup>9</sup>

1. 制定單位為歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute，ETSI）。

2. 通信特性以無線電手機限定使用 UHF 頻段只有 1W 左右，必須建構許多站台以有線聯網方式來達到通訊涵蓋面，因此建置成本非常高，話機價格也較高，國內只有特定單位使用。

3. 通信技術採用分時多工（TDMA）技術，將 12.5KHz 頻道分成 4 個時槽來通訊，運用多重時槽技術達到行動通訊交遞技術(Handover)可於切換中繼台，使轉換中繼台時連續不中斷，但限定專用無線電使用。

4. 使用單位為臺灣鐵路管理局、高鐵公司、臺北捷運公司、桃園捷運公司、高雄捷運公司、海巡署（金門、馬祖、澎湖）、憲兵指揮部等。

### 三、通訊協定差異與優異比較

數位無線電技術已臻成熟，數位化後大部分的無線電機都採用分時多工接取技術，提高系統容量與頻率使用效益，DMR、P25和TETRA作為現代通信領域中的重要專用電信標準，各自展現出獨特的制定背景、通信特性、技術手法和使用群體。概觀這3種協定其優缺點(如表1)分述如下：

#### (一) DMR通訊協定

主要為民間企業所設計，最大優點是成本較低，而且通過 TDMA 技術可以在單一頻道上實現語音和數據同時傳輸。鑑於解碼技術未公開，使得它在大型公共安全和緊急應對系統中的應用可能受到限制。

#### (二) P25通訊協定

強調通信的高效率和可靠性，廣泛運用於軍警消和其他公共服務部門，鑑於較高的成本，這使得它在民間市場普及程度較低。

#### (三) TETRA通訊協定

在通信技術上具有強大優勢，尤其是其行動通訊交遞技術，鑑於需使用專用無線電機，在建置成本和話機價格較高，使得它主要運用於特定公共運輸和公共服務部門。

9 陳國弘，〈捷運通訊無線電TETRA系統簡介及經驗回饋〉《中興工程》，第146期/民國109年9月1日發行，頁73~80。



表 1 通訊協定差異比較表

協定	DMR	P25	TETRA
單位	ETSI	APCO	ETSI
功率	5W	5W	1W
通信技術	TDMA 2個時槽	第一代FDMA技術	TDMA 4個時槽
		第二代TDMA技術.2個時槽	
使用單位	民間企業	軍、警消、海巡署與林務局	臺鐵、捷運、高鐵、憲兵
優點	建置成本低，可同時語音與數據傳輸	高效率、可靠，可實施單機中繼功能	Handover交遞技術可連續中繼不間斷
缺點	公共安全和緊急應對系統應用受限	無線電機成本較高，民間企業使用率較低	建置成本高、話機價格高

資料來源：作者彙整

#### 四、小結

軟體無線電機通訊協定的選擇，需考慮使用場景、時機和成本考量。每種協定都有其優點，但也伴隨著限制或挑戰。這在複雜不同軟體無線電機種之間的協調非常重要，無線電機若靈活運用軟體無線電機通信解碼技術，選擇最適合之通訊協定，方可直接使軍警消無線電機跨平台直接通聯。

### 軍用與警消無線電簡介

近年來無線電通信技術快速發展，使得軍用與民用無線電機整合成為可能。因應我國災害防救需求，陸軍跨平台災害救援合作機構為警政署與消防局，且三者於近年更換新式行動無線電機，以下針對新式手持無線電機實施介紹：

#### 一、陸軍MHR-112手持式無線電機簡介

MHR-112手持無線電機由「盟訊實業股份有限公司」以U3手持無線電機為雛形(如圖5)，依軍規標準自行研發，為傳統類比與現代數位技術整合的新世代「軟體無線電機(SDR)」。區分VHF、VHF/UHF等2種型式，為配合37系列無線電機(頻率為30-87.975MHz)及AN/GRC-406對空無線電機(頻率為225-400MHz)，



故將使用頻率定為30-88MHz與225-400MHz，同時可接收2組(含)以上不同頻段(VHF及UHF)的語音訊息，支援P25、DMR通訊協定。本機具GPS定位及顯控平台，可即時掌握人員動態，並有語音檔、簡訊傳輸及緊急呼叫功能，預置波道16個、頻率集64組，預設頻率共計1,024組，於緊急狀況時可即時切換。具備內建單中繼功能達到中繼轉發，延伸2倍通信距離，突破傳統類比式通信，可於戰場上靈活運用。<sup>10</sup>



圖 5 MHR-112 與 U3 手持無線電機

資料來源：〈MHR-112無線電機操作手冊〉《盟訊官方網站》。www.unication.com.tw/index.php/component/content，檢索日期：民國112年5月14日。

## 二、警政署MOTOROLA APX1000i手持式無線電機簡介

警用無線電MOTOROLA APX1000i手持式無線電機(如圖6)，為VHF與UHF雙頻段無線電機，使用頻率為136-174 MHz、380-470 MHz、450-520 MHz，支援APCO P25、SmartNet、SmartZone等通訊協定，具備語音檔及簡訊傳輸功能，可預置8個緊急波道。在市區規劃運用中繼式無線電系統(Trunking Radio System, TRS)架設數位中繼台，可實現警用無線電通訊系統多元化，統一由網管系統控管設定無線電設備、頻率及通話群組，並藉由系統的連結，有效率的使用頻道資源，除提升警用無線電系統穩定度外，更有效提高通訊靈活度，達到跨區通訊、個別呼叫及全體系統廣播等多樣化通訊功能，大幅增加勤務彈性，對於警力指揮調度、跨區刑案偵辦及特種勤務之執行有極大助益，為一個機動性強及符合現代需求的軟體無線電機。<sup>11</sup>

<sup>10</sup>盟訊實業股份有限公司，〈手持式無線電機等7項操作手冊〉《MHR-112》，民國112年4月1日發行，頁1~7。

<sup>11</sup>警政署，〈109-113年警用無線電汰換更新中程計畫〉，民國109年1月1日，頁3。



圖 6 MOTOROLA APX1000i 手持無線電機

參考資料：〈APX1000I〉《MOTOROLA官方網站》。<https://learning.motorolasolutions.com/user-guide/54611enus>，檢索日期：民國112年5月14日。

### 三、消防KENWOOD NX-5200手持式無線電機簡介

桃園市消防署自2019年至2022年間，完成無線電數位化汰換建置作業，除達成救災救護全頻道P25數位化啟用外，也率全國之先將KENWOOD NX-5200手持無線電(如圖7)納入個人裝備，<sup>12</sup>且能夠在數位與FM調頻模式進行混合操作，使用頻率為136-174MHz、380-470MHz、450-520MHz，消防署運用136-174MHz頻段功能，支援NXDN、DMR與P25通信技術，已完成桃園市數位中繼鏈路架設(如圖8)，確保消防人員任務支援上無線電系統完成暢通，是一款運用於緊急救難及災害防救的無線電機。<sup>13</sup>



圖7 NX-5200手持無線電機

參考資料：〈NX-5200暨桃園無線電中繼系統圖〉《桃園市消防局官方網站》<https://www.tyfd.gov.tw>，檢索日期：民國112年5月14日

<sup>12</sup>賴佑維，〈桃園市消防局全面換發數位系統〉《中時新聞網》<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20210831004988-260402>，檢索日期民國112年8月14日。

<sup>13</sup>〈NX-5200〉《KENWOOD》<http://comms.kenwood.com/en/products/model.php?ID=NX-5200-a>，檢索日期：民國112年5月14日。



圖8 桃園無線電中繼系統示意圖

參考資料：〈NX-5200暨桃園無線電中繼系統圖〉《桃園市消防局官方網站》<https://www.tyfd.gov.tw>，檢索日期：民國112年5月14日

#### 四、軍用與警消無線電機之比較

陸軍MHR-112、警用MOTOROLA APX1000i與消防Kenwood NX-5200手持無線電機，都為軟體無線電機，符合現今國際無線電機發展之主流機型，亦保持了無線電機彈性調整的空間，經比較其共同項目同為FM調製方式、工作波段均為VHF/UHF頻段，且都有P25通訊協定；經檢視警消無線電具備相同頻率，惟陸軍所使用之頻率與警消不同，故無法與警消通聯之主要限制(如表2)。

表 2 軍用與警消無線電機比較表

使用單位	陸軍	警政署	消防署	比較
無線電機	盟訊 MHR-112	MOTOROLA APX1000i	KENWOOD NX-5200	廠牌不同
調制方式	FM/AM	FM	FM	調製相符
工作波段	VHF/UHF	VHF/UHF	VHF/UHF	波段相同
頻率範圍	30 -88 MHz 225-400 MHz	136-174 MHz 380-470 MHz 450-520 MHz	136-174 MHz 380-470 MHz 450-520 MHz	軍與警消 頻率不同
通訊協定	P25、DMR	P25、SmartNet、SmartZone	P25、DMR、NXDN	均具備 P25

資料來源：作者彙整



## 軍警消無線電機實作驗測與精進建議

### 一、實作驗測

經上述比較結果，軍用與警消皆具有P25通信協定，故具達到跨機種通聯的可能，然MHR-112所使用之頻率與警消不同，為實測軍警消無線電機均在P25協定下可達成通聯，本研究改採用與MHR-112研發之雛型機U3無線電機作為替代驗測機種，該機頻率(403-470MHz)具備與警消無線電使用相同頻率，且通信技術與MHR-112均相同。分別與警政署APX1000i無線電機及消防局KENWOOD NX-5200無線電機通聯測試(如圖9)，經測試驗證結果顯示，U3無線電機作為MHR-112無線電機頻率替代主機，使用「P25通訊協定」與警政署APX1000i和消防署KENWOOD-5200，成功完成3款無線電機數位通信通聯(如表3)。



圖9 U3與警消無線電機測試情境圖

資料來源：作者彙整

表 3 無線電機通訊協定通聯測試

裝置 \ 項目	使用頻率	通訊協定	測試結果	備註
MHR-112	受限使用頻率不同	P25	未實施測試	因MHR-112使用頻率與警消不同，使用U3無線電機代替
U3	450MHz	P25	完成通聯	
APX1000i	450MHz	P25	完成通聯	
NX-5200	450MHz	P25	完成通聯	

資料來源：作者彙整



## 二、精進建議

陸軍MHR-112手持無線電機因使用頻率，無法與警消實施通聯，後續為滿足軍公整合與救災需求，研提擴展無線電機頻率，建立通聯機制及設定頻道集等3項精進建議，分述如下：

### (一)擴展無線電機頻率

MHR-112 無線電機初始設計僅與陸軍 VHF/UHF 無線電機通聯，未考量與公部門單位實施通聯，在頻率技術條件允許下，擴增不足之頻率範圍(30 至 510MHz)，以增加 MHR-112 無線電機 VHF 與 UHF 使用頻率彈性，達成災害防救時與警消無線電通聯運用。目前在此頻率範圍之本軍使用機種為 L3 Harris RF-7850(如圖 10)，該無線電機的頻率範圍為 30-512 MHz，然缺乏相同之通訊協定(P25)。



圖10 L3 Harris RF-7850手持無線電機

資料來源：<FALCON III® RF-7850M-HH >《L3HARRIS官方網站》cs-tcom-rf-7850m-hh-multi-band-networking-handheld-radio-3，檢索日期：民國112年8月14日。

### (二)建立通聯機制

軍警消在共同執行救災任務時，為妥善分配頻率運用，避免相互干擾，可跨機種運用 MAC(Media Access Control, MAC)碼建立不同通聯群組，滿足各類災害救援編組通聯需求，另可運用內建中繼功能延伸通訊距離，並使用 GPS 定位與顯控平台(如圖 11)，即時掌握救援人員的動態與位置，使災害指揮中心能夠迅速掌握人員動態，藉以在有限頻率資源下發揮最大效用，提升未來災害救援運用能量與效能。

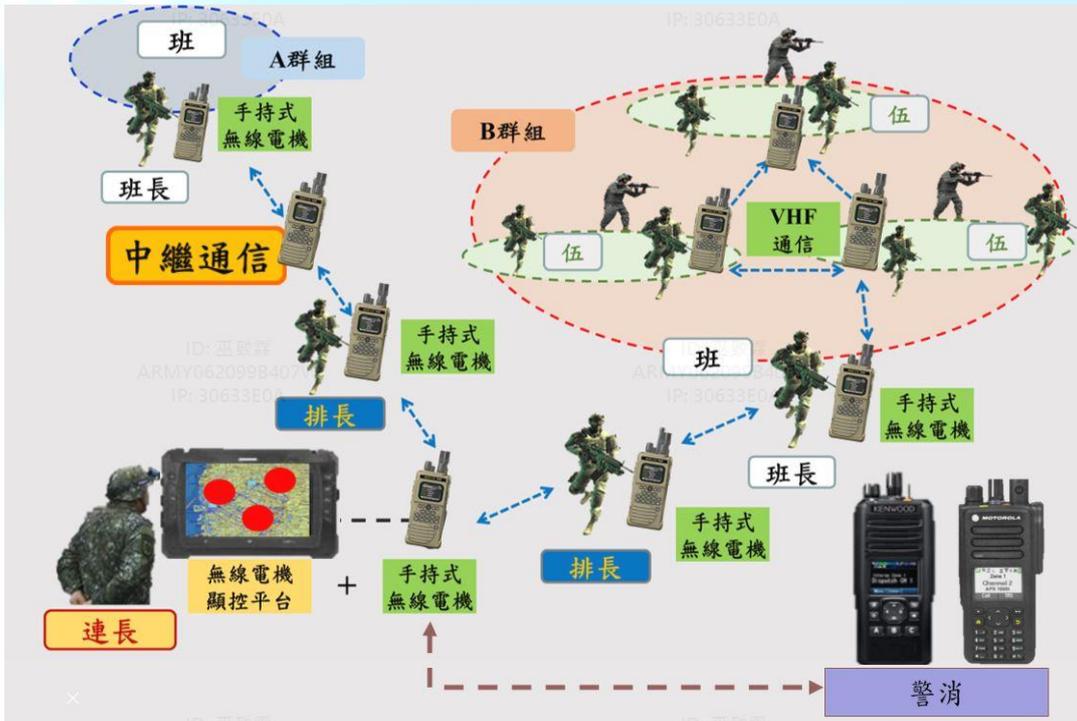


圖11 MHR-112無線電機與顯控平台運用示意圖

資料來源：作者彙整

### (三)設定頻道集

為因應災害救援突發狀況，確保緊急狀況能夠即時切換為重要的通信模式，MHR-112 於頻道集清單(如圖 12)增加警消災害救援頻道，並預設相應使用頻率與波道頻率集。能使應變人員在遇到災害救援期間，迅速切換至指定頻道集，方便快速通聯，提升災害防救反應能力。



圖12 MHR-112手持無線電機頻率集示意圖

資料來源：作者彙整



## 結論

國軍歷年來執行軍公民營系統整合需依靠語音整合器，將無線電語音訊號介接至整合器上構成轉發平台，其跨平台整合需由操作手實施轉發作業，才能達成跨平台語音整合，無疑是增加其複雜度及通聯時效；如今MHR-112手持無線電機若能增加頻率範圍至512MHz，方可運用P25通訊協定與警消直接通聯，較語音整合器轉接效能優異，更可實現小群組設定及自體中繼之能力，對於平時救災或戰時災民疏散、設施搶救等通聯，在組織調度運用發揮行動通信上的靈活性，補足跨部門通聯機制。

## 參考文獻

### 一、期刊：

- (一)顏春煌，〈行動與無線電通信 經典第七版〉《碁峯》，民國111年9月6日發行。
- (二)林其德，〈DMR數位式無線電中繼系統應用案例〉《臺灣電信月刊》，第182期/民國106年9月1日發行。
- (三)陳國弘，〈專用無線電類比與數位技術之演進〉《NCC NEWS》，第11卷第5期/民國106年9月1日發行。

### 二、網路資料：

- (一)〈科技〉《弱電通信》<https://kknews.cc/tech/zkbe2jp.html>。
- (二)〈DMR〉《Digital Mobile Radio Association》<https://www.dmrassociation.org/dmr-key-benefits.html/>。
- (三)〈Project 25〉《TIA》[https://www.tiaonline.org/standards/technology/Project\\_25/index.cfm/](https://www.tiaonline.org/standards/technology/Project_25/index.cfm/)，檢索日期民國112年8月14日。
- (四)〈TETRA集群式通信系統〉《至鴻科技股份有限公司》，檢索日期民國112年8月14日。
- (五)〈MHR-112手持式無線電機等7項操作手冊〉《盟訊實業股份有限公司》，民國112年4月1日發行。
- (六)〈警政署4日與三商電腦簽約將斥資37億更新全臺警用通訊系統〉《ETtoday新聞》<https://www.ettoday.net/news/20220104/2161393.htm>，檢索日期民國112年8月14日。
- (七)〈MOTOROLA APX1000i用戶手冊〉《MOTOROLA SOLUTIONS官方網站》，<https://learning.motorolasolutions.com/user-guide/54611enus>，檢索日期：民國112年5月14日。



(八)〈桃園市消防局全面換發數位系統〉《中時新聞網》<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20210831004988-260402>，檢索日期民國112年8月14日。

(九)〈NX-5200〉《KENWOOD官方網站》[ttp://comms.kenwood.com/en/products/model.php?ID= NX-5200-a](http://comms.kenwood.com/en/products/model.php?ID=NX-5200-a)，檢索日期：民國112年5月14日。

(十)〈FALCON III® RF-7850M-HH〉《L3HARRIS官方網站》[cs-tcom-rf-7850m-hh-multiband-networking-handheld-radio-3](https://www.l3harris.com/cs-tcom-rf-7850m-hh-multiband-networking-handheld-radio-3)，檢索日期：民國112年8月14日

## 作者簡介

巫致霖士官長，常備士官班67期、陸軍專科學校專3期、陸軍通信電子資訊學校士高班28期、陸軍專科學校正規班44期，曾任台長、副排長、教官、連士官督導長、中隊長，現任陸軍通信電子資訊訓練中心通信電戰組教官。