

集群式無線電導入部隊指管運用之研究

作者/高嘉均

提要

- 一、無線電通信將信息或是數據經適當的訊號處理，藉由電磁波的傳播，達到通訊傳遞的目的。
- 二、集群式無線電系統特性為頻道共用，由網管中心統一控管所使用的頻道，依臨時勤務需要利用動態分配空置頻道的技術，可使頻道接續時間快、等待時間短、頻道利用效率高，以滿足少數頻道提供大量使用者間通訊需求。
- 三、集群式無線電系統可代替或輔助現行演訓期間的部隊管制及裁判通訊設備，因集群式無線電所使用的傳輸協定及載波頻率不同，所以不會佔用或干擾到原有演訓人員的通訊頻道。
- 四、未來本軍無線電機性能提升建案可朝數位化發展，因現行本軍所使用的37C跳頻無線電機為使用類比式傳輸訊號，而類比訊號因為是透過連續的電流運載，較容易受到傳輸距離遠而導致信號失真，或是遭有心人士從中竊取訊號。

關鍵詞：TETRA、通訊協定、中繼站臺/基地臺

前言

目前本軍大部份無線電系統為類比調變的傳輸模式，僅有語音及較少量的數據傳輸功能，容易受傳播路徑上的障礙物影響，造成訊號衰減、通訊品質不良狀況，且易受訊號衰減或外界雜訊干擾而造成接收錯誤的訊息，或是遭有心人士從中竊取訊號。本篇論文研究目的為分析集群式無線電的特性及優點，並與本軍現行使用的無線電設備做比較，藉此探討集群式無線電導入本軍部隊通信指管，希望來強化本軍戰術運用效能，增加我方對於任務執行時的車輛調度、命令下達以及強化戰情中心對部隊現況的掌握。

集群式無線電介紹

集群式無線電也可稱作地面中繼式無線電(Terrestrial Trunked Radio, TETRA)，其意思為用戶端無線電利用中繼或基地臺的方式來集中處理各用戶訊號，並利用不同的通訊協定，例如：分時多重存取、分碼多重存取...等來區分不同用戶身分，以達到用戶端可利用廣播(Broadcast)、群播(Multicast)或單播(Unicast)方式通信，根據使用頻寬方式的不同可以大致分為三種通訊協定，以下先介紹通訊協定，接著再說明集群式無線電所使用到的技術為何：

一、通訊技術/通訊協定

多重接取(Multiple Access)技術依使用頻寬方式大致可分為「分頻多重存取、分時多重存取、分碼多重存取」三種，多重接取的功能主要是作為控制頻寬資源之用，因無線電頻率頻寬有限，不像有線電只要抽換或加鋪線路即可增加頻寬，因此頻寬的使用必須隨時調配，其概念就是用戶



要通聯時，系統才指派頻寬給用戶使用，並於通話結束時取回頻寬的使用權，以便指定給稍後要使用之用戶。¹

(一)分頻多重存取

分頻多重存取(Frequency Division Multiple Access, FDMA)，在頻率上直接切割，將全數頻寬切成每個等寬頻帶的通道，每個通道可供一個用戶使用，而在使用FDMA技術時，因為要避免相鄰的頻道干擾，通常在頻帶間會保留一個安全的頻帶，因為是將全數頻寬切成多個子頻道分給每個用戶使用，若某個子頻道處於閒置狀態，該子頻道就視同無用而浪費。

(二)分時多重存取

分時多重存取(Time Division Multiple Access, TDMA)，每一個使用者的使用時間都是錯開的，同一個時間只會有一個使用者使用，如此該使用者的訊息便不會受到干擾並可清楚傳達，所以當很多人同時要發送訊息時，行動基地臺可分派每個人發送訊息之順序及時間，而每個訊息依分配之時間進行發送以避免像是群眾開會時常有的吵雜干擾情況，利用時間來區隔不同的使用者，分配每位使用者一個特定的時槽(Time Slot)輪流使用。²

(三)分碼多重存取

分碼多重存取(Code Division Multiple Access, CDMA)，使用現行各種技術混合而成的一種展頻的無線通訊技術，允許多位使用者同時使用全部頻帶，藉由將其他不同編碼的使用者所發出訊號視為雜訊，不必考慮訊號間的干擾問題。³

(四)FDMA、TDMA與CDMA之優缺比較。

FDMA是最舊但仍被廣泛使用的多重存取技術，可供多個使用者同時傳輸資料，但在所有頻道皆有使用者的情況下，又有其他使用者有需求時，就算原使用者的頻道沒在使用，其他使用者也不能用，就只能等原本的使用者釋出後才可使用；TDMA也是被廣泛使用的多重存取技術，利用時槽的概念以時間座標為基礎，系統容量較大、用戶可快速傳輸資料，但在傳輸前必須將所有時序做同步；而在CDMA雖然沒有時間同步化及頻道分配的問題，它的容量比TDMA低，且需要較昂貴的傳輸器。⁴

二、使用協定與技術

集群式無線電為採用「差分四位元相位偏移調變(Differential Quadrature Phase Shift Keying, DQPSK)技術」與「分時多重存取(Time Division Multiple Access, TDMA)技術」的通訊系統，在頻率規劃方面，以基地臺為本位考量下，分為下鏈(Downlink)及上鏈(Uplink)兩個載波，每一個載波又以四個時槽(Time Slot)切割方式運作，若一基地臺僅設有一組(Up & Down)載波組件，則第一時槽為控制時槽(Main Control Channel, MCC)，其餘第二至第四為通話時槽，亦即僅有三個時槽可供

1 〈FDMA、TDMA 與 CDMA 通訊技術徹底研究〉，https://www.csie.ntu.edu.tw/~b6506031/ExpReport/intro_1.html。

2 〈比較 FDMA、TDMA、CDMA、ODMA 相同相異處〉，https://lms.cit.cyut.edu.tw/blog/lib/read_attach.php?id=152006，頁 6~7。

3同註 2

4同註 3。

行動臺通話。若一基地臺設有兩個以上載波組件時，則第二載波不設控制時槽，全基地臺可有七個時槽供行動臺通話，當第一載波訊號品質不良時，網管系統即自動進行控制權轉移，將多播控制通道（Multi-Cast Control Channel，MCCH）轉至第二載波。⁵

三、特性及優點

集群式無線電系統特性為「頻道共用」，由網管中心統一控管所使用的頻道，利用電腦快速、準確之特性，分配運用頻率組，並利用動態分配空閒頻道的技術，使頻道接續時間快、等待時間短、頻道利用效率高，以滿足少數頻道提供大量使用者間通訊需求，系統的控制器可從將數個頻道中自動搜索可用頻道給使用者，因此較傳統型無線電系統平均每個頻道可提供的用戶數多且效率較高，且集群式無線電系統因使用者需求通常具備個別呼叫、群組呼叫、動態重組、忙線排列、優先排序等級、限時裝置、自動回呼及遺失禁用等功能⁶，以下說明因系統特性產生相關優點。

（一）較優的抗干擾能力

數位化訊息在傳輸過程較可維持良好的訊號品質，不像類比訊號會因距離越遠而有嚴重衰減及失真的情況，因為數位式調變將原始的訊號轉換成數位訊號不是0就是1做傳輸，於開始前就先律定好位元0與位元1的數值，只要傳輸的過程中因為周圍的雜訊影響到數值的變化，數位系統將自動調整修正數值，以達到容錯、保密以及抗干擾的目的，且在數位傳輸的系統中，使用不同的編解碼技術不但可將資料做加密保護，還可以加入檢核碼來確保資料的正確性。

（二）覆蓋廣

基地臺的覆蓋半徑大、盲區少，只要每個區域內均建立系統管制中心，並依區域內地形特性設置通信中繼站，由中央控制器集中控制和管理系統中的每一個頻段，可透過一個或多個基地臺將訊息散播出去，有普通無線電通訊的語音、數據等功能，也有群組呼叫、優先分級、快速接續等功能。⁷

（三）鏈路使用由網管中心控管

每個通聯鏈路的使用由網管中心統一控管，可利用動態方式分配空閒的頻道，使頻道達到接續時間快、等待時間短、頻道利用效率高等優點，以滿足少數頻道提供大量使用者間通訊需求。⁸一般情況下，TETRA系統各基地臺經由骨幹傳輸系統(Backbone Transmission Network, BTN)連結至網管中心(Mobile Switching Office, MSO)，使用者可在各基地臺涵蓋範圍內執行個呼、群呼、連結外線電話與緊急雙向通話，並且當緊急雙向通話需求提出時，若無可用頻道資源，系統也將自動剔除一般通訊用者，而將通道資源提供予緊急雙向通話使用。當骨幹中斷時，TETRA系統可自動進入降級單站中繼模式，以提供當站涵蓋區內個行動臺間中繼轉發服務，另若基地臺故

5〈捷運通訊無線電 TETRA 系統簡介及經驗回顧〉，《中興工程季刊》，第 146 期，財團法人中興工程顧問社，西元 2020 年 1 月，頁 74~75。

6〈以數位式無線電話系統建構臺鐵行車調度通訊平臺〉，《中華技術期刊》，第 74 期，財團法人中華顧問工程司，西元 2007 年 4 月，頁 116。

7吳雲鼎，〈應急蜂巢式行動通訊網路的頻寬分配〉，《碩士論文》，國立政治大學資訊科學系，民國 101 年 4 月，第 21-22 頁，https://www.cs.nccu.edu.tw/~lien/Lab/Thesis/thesis_eg9403.pdf。

8〈以數位式無線電話系統建構臺鐵行車調度通訊平臺〉，《中華技術期刊》，第 74 期，財團法人中華顧問工程司，西元 2007 年 4 月，頁 114。



障而無法提供中繼服務時，使用者也可以手動調至直通模式(Direct Mode Operation)在彼此手機收訊範圍內進行無線通訊。⁹

(四)全雙工

在發送訊息的同時也能夠接收訊息，和打電話一樣，說話的同時也能聽到對方的聲音，可以邊說邊聽，集群式無線電擁有全雙工的電話呼叫與安全的雙向通信。¹⁰

集群式無線電軍民使用現況

一、臺鐵

鐵路為滿足移動時無線通訊需求，進行即時行車調度業務，以確保鐵路行車安全，臺鐵行車調度系統係採購歐洲生產之集群式無線電(Terrestrial Trunked Radio, TETRA)為主要通訊平臺，並以環島光纖串起沿線設置之轉播站、路邊中繼器、隧道/室內含蓋設備以提供穩定且不受干擾之語音及數據通訊服務。¹¹

二、警察

警用無線電系統為86年「警平計畫」及91年「機動無線電汰換更新案」所建置，其中「警平計畫」因廠商履約爭議未完成建置，故之後的「機動無線電汰換更新案」由美商摩托羅拉公司賡續建置前案完建單位除外的各警察機關，此案內主要設備包括手攜機、車裝臺、固定臺、派遣臺及轉播站臺。

為滿足數位化、系統化及標準化的公共安全勤務之特殊通訊需求，以及警察職司設為治安、犯罪偵查與交通維持等重要工作，故將建置警用「新式數位無線電系統」，以建立通信一元化之縱向及橫向的通信平臺，由網管系統控管設定無線電設備、頻率及通話群組，藉由系統連結提升警勤機動能力，有效協助任務完成。¹²

三、林務局

行政院農委會林務局為達成森林資源維護、森林災害搶救、支援軍事作戰及救災防護等任務，而設置專用無線電通訊系統，在民國97年林務局為配合日益複雜多樣之災害業務需求，試辦「數位無線電通訊系統6年建置計畫」，期能透過系統數位、類比共通之特性，周邊設備皆能與原有設備通用之條件下，使林務局森林防救災無線電通訊系統無痛升級或評估建立「數位、類比無線電雙備援系統」，以強化救災緊急通訊、人員調派及災情資訊傳遞等任務。

數位無線電建置案第3年，透過多項系統功能的整合，跨站通聯測試基本功能良好，且新增功能如：通話品質保證、傳送簡訊、傳送數據資料、群呼、組呼及單獨呼叫個別話機、頻率應用倍增、話機漫遊、減少系統設備耗電量及建立數位式無線電派遣臺(整合無線電監控錄音系統、網路

⁹同註 5

¹⁰Harbinger 至鴻科技，(TETRA 集群式數位無線電系統)，<https://www.harbinger.com.tw>。

¹¹同註 7，頁 116

¹²選擇方案及替代方案之成本效益分析報告及相關財源籌措與資金用運說明，109-113 年警用無線電汰換更新中程計畫，內政部警政署，頁 1~4，<https://pco.npa.gov.tw/ch/app/data/doc?module=govinfo&detailNo=781032977940377600&type=s>。

遠端連線指揮與管理)等，回饋效益很好，進一步確認類比式無線電通訊系統轉換提升為數位式無線電通訊系統之必要性與可行性。¹³

四、海巡署

行政院海岸巡防署(以下簡稱：海巡署)於民國89年1月成立，而當時臺灣本島地區各級岸、海勤務單位現用無線電通信系統，係為海巡署編成時國防部移撥之「類比式無線電通信系統」；另海巡署外離島金、馬、澎地區係使用91年至93年間建置之數位中繼式無線電系統，以提供海巡署構聯岸、海、空三度空間之車、船、人、機與執勤處所間通信使用。¹⁴

五、憲兵

憲兵以執行軍事警察，協力警備治安、警衛國防重要設施、機敏處所安全、支援三軍作戰、遂行國安情報蒐集及執行特種勤務等任(勤)務為主，因此所需之通信手段尤以機動與靈活指揮之無線電通聯為主要述求。(圖1)

而現行使用TETRA集群式無線電系統，以「區域分割、系統整合」為設計理念，並依部隊駐地及執勤區域概分通信區域，每個區域內均建立系統管制中心，並依區域內地形特性設置通信中繼站臺，以滿足部隊任務需求，整合有、無線電通信網路，並以數位式裝備為結構體，於單一系統內完成語音及數據資訊相互通連，藉以進入數位化通信型態。(圖2)

與國軍通信系統通聯架構

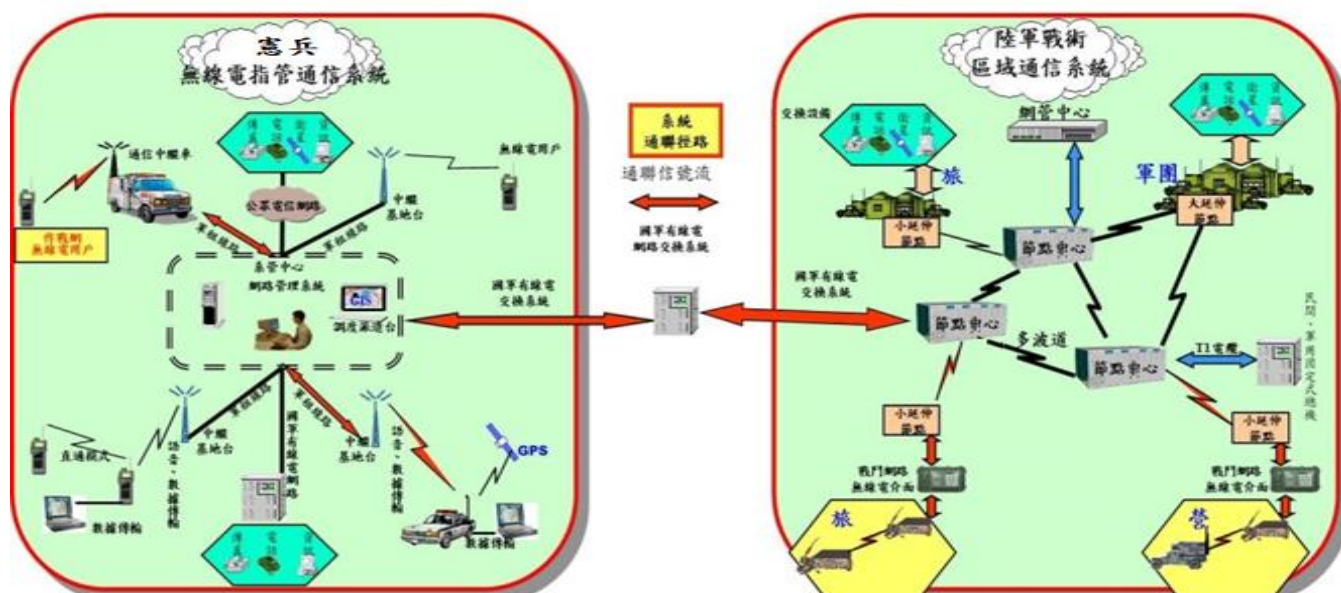


圖1 憲兵通用無線電系統與本軍通信系統通聯架構

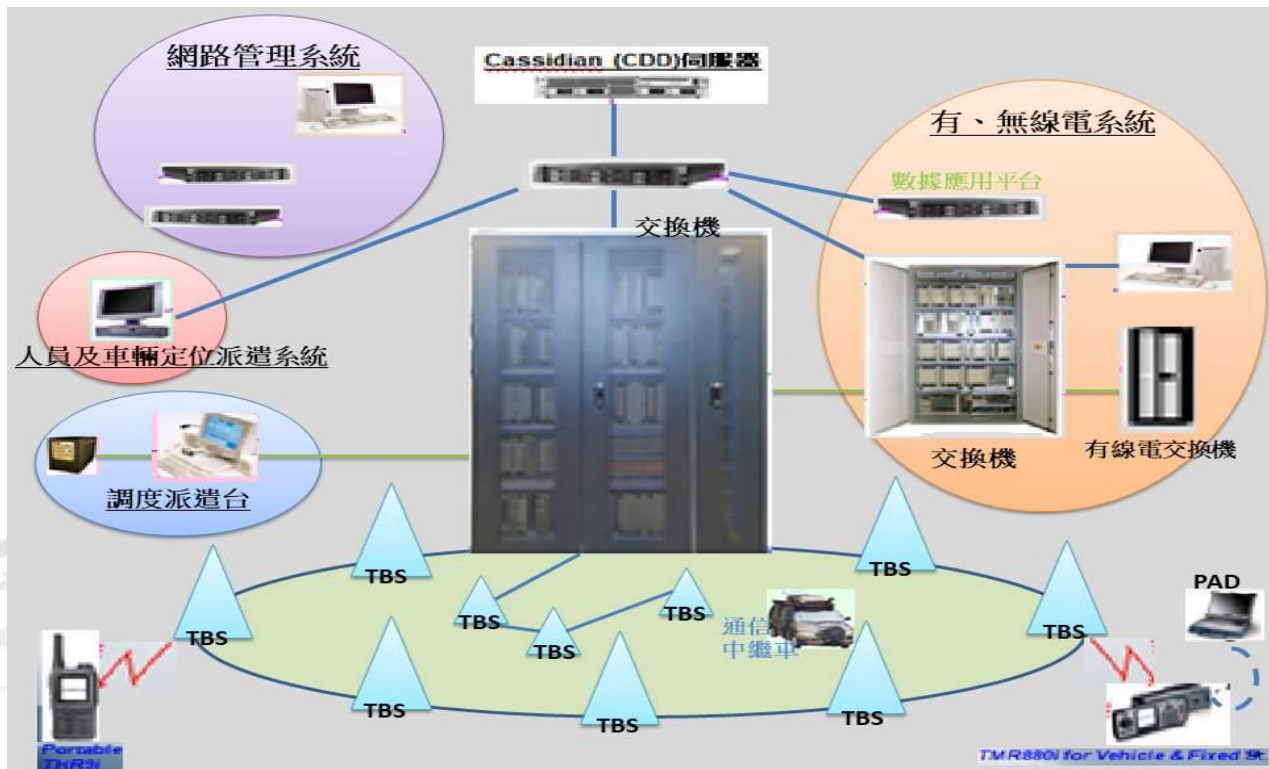
資料來源：憲兵指揮部「憲兵通用無線電系統」(TETRA)無線電機說明資料

¹³許明城、陳孫浩、向韻如，〈森林防救災無線電通訊系統建置成果〉，《農政與農情》，第224期，行政院農業委員會，民國100年2月，<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=22825>。

¹⁴尤明錫，〈資訊長專欄-行政院海岸巡防署資通電業務發展概要與展望〉，《政府機關資訊通報》，第317期，國家發展委員會，民國103年3月，頁1、11。



圖 2 集群式無線電系統架構示意圖(以憲兵為例)



資料來源：作者自行整理

由網管管理終端電腦將某些特定功能（如通話優先等級、動態編組、電話連線、個別通話等）指配至系統內任一臺無線電機中，將網路內所有頻率集中管理，並利用電腦快速、準確之特性，分配運用頻率組，提供更多不同通話小組使用而不會彼此相互干擾，如此便能充份發揮頻率資源，進而大幅提高無線電話務量。

系管中心可依臨時勤務需要，隨時將「動態編組」指令以無線電波傳送方式，改變無線電用戶原有的通話小組，重新加入另一新的小組實施通連，可有效提升網路運用彈性。系統可依任務需要規劃多種優先等級（如緊急呼叫優先權、指揮官通話優先權、指令優先權、操作優先權等），便於在波道繁忙時段能讓較高層次者，優先完成通話程序，提高戰情傳遞時效，也能使單一無線電機同時監控多個通話小組（轉播最大12個通話小組、直通最大16個通話小組），而不需另外開設多部無線電機，減少裝備架設數量。

六、小結

經由上述列舉的單位來分析可知，為配合日益複雜多樣的任務需求，並且建立通信一元化之縱向及橫向的通信平臺，已有許多單位所用的無線電系統皆已轉換、提升為數位式無線電通訊系統，因為訊號的傳遞由類比轉換為數位訊號做傳輸，達到無失真、無衰減、降低干擾等效能，還可整合通信縱向及橫向的網管系統化管理模式，不僅可以配合需要規劃多種優先等級，於繁忙時段能讓較高層次者，優先完成通話程序，以提高傳遞時效，還可以同時監控多個通話小組，而不需另外開設多部無線電機，減少裝備架設數量及人力支援，以及類似民用式無線電機的介面及中文顯示等使操作更方便。

本軍部隊無線電使用現況

一、本軍運用介紹

本軍現行使用的無線電裝備為班排手持式無線電機及37系列VHF跳頻無線電機兩種：

(一)班排手持式無線電機

班排手持式無線電機，裝備程式為HR-93、HR-105無線電機(表1、表2)，以下簡稱HR-93、HR-105無線電機。HR-93無線電機為國內民間廠商至鴻科技公司所自行研發的新一代VHF特高頻手持式無線電機，係以短、小、輕型化為架構，易於操作及維護，屬於「類比式定頻」通信裝備；HR-105無線電機屬於「類比／數位」雙模式通信裝備，班排手持式無線電機可直接與現役多項無線電機互通，諸如：AN/VRC-46、AN/VRC-47、AN/VRC-49、AN/PRC-77、AN/GRC-160、37系列(定明模式)等裝備。

表1 班排手持式無線電機技術特性簡介

項次	品名(Name)	無線電機 Radio Set	
	系列(Series)	班排手持式無線電機	
	程式(Type)	HR-93 無線電機	HR-105 無線電機
01	調制方式(Type of Modulation)	調頻(FM)	
02	工作波段(Band of Frequency)	特高頻(VHF)	
03	發射功率(Output Power)	高功率：2W 瓦特(900mA)	
		低功率：1W 瓦特(550mA)	
04	通信距離 (Distance Range)	3~4Km 公里 (AT-3090SW 高功率)	2~3Km 公里 (AT-3045SW 高功率)
		3~5Km 公里 (AT-3090LW 高功率)	3~5Km 公里 (AT-3080LW 高功率)
05	尺寸(Size)(寬×高×深)(單位 mm)	63x173x43(含電池)	
06	重量(Weight)	約 480g(含電池 149g、電池盒 195g)	

資料來源：鍾高正，《陸軍班排手持式無線電機操作手冊》(國防部陸軍司令部，西元2017年)

表2 HR-105手持式無線電機外觀圖



資料來源：鍾高正，《陸軍班排手持式無線電機操作手冊》(國防部陸軍司令部，西元2017年)



HR-93無線電機適合短距離的語音與數據通信之用途，亦可以內建之語音攪亂器模式進行加密通信；HR-105無線電機具備類比模式及數位模式，數位模式提供群呼、個呼、全呼3種傳呼模式，並具備高級加密標準(Advanced Encryption Standard, AES)256位元密鑰，以加強通話保密性，具備全球定位系統(Global Positioning System, GPS)模組，可提供指揮官掌握部隊動態，並有中繼轉發功能，可透過外接介面做有線遠端遙控。除此之外亦具備各種現代化無線電通裝功能，例如：中文化操作介面、通信狀態顯示、本機自我檢測、波道預置、各種訊息警示等。

(二)37系列跳頻無線電機

37系列跳頻無線電機(表3、表4)具定頻與跳頻通信能力，定頻明語通信時可與多種無線電機實施互通，該跳頻無線電機可分背負型、車裝一型、車裝二型及車裝中繼型等4種類型，分別適合中、短距離與較長距離的語音／數據通信，可進行保密通信；亦可結合戰術區域通信系統自動戰鬥網路無線電介面(ACNRI)，與多種無線電機實施介接互通。

37系列VHF跳頻無線電機是利用頻率調變(Frequency Modulation, FM)方式傳輸電磁波，調頻信號涵蓋較寬之頻帶，調頻信號之載波頻率必須較高，因此常於特高頻及超高頻波段或更高頻帶之無線電通信時使用，且調頻信號不易受天候或人為干擾，傳輸訊息品質也較調幅佳。

表3 37系列VHF跳頻無線電機技術特性簡介

項次	品名(Name)	跳頻無線電機		
	系列(Series)	37 系列		
	型式	背負型	車裝一型	車裝中繼型
			車裝二型	
	程式(Type)	CS/PRC-37C	CS/VRC-191C	CS/VRC-194C
CS/VRC-193C				
01	調制方式 (Type of Modulation)	調頻(FM)		
02	工作波段 (Band of Frequency)	特高頻(VHF)		
03	發射功率 (Output Power)	背負型：CS/PRC-37C	0.01W、0.5W、5W	
		車裝型：CS/VRC-19XC	0.01W、0.5W、5W、50W	
04	通信距離 (Distance Range)	0.01W：500 公尺	0.5W：5 公里	
		5W：15 公里	50W：50 公里	
05	尺寸(Size) (寬×高×深) (單位 mm)	1.背負型(CS/PRC-37C)：243x87x366(含電池) 2.車裝一型(CS/VRC-191C)：404x231x352 (本體、不含把手) 3.車裝二型(CS/VRC-193C)：404x231x352 (本體、不含把手) 4.車裝中繼型(CS/VRC-194C)：404x231x352 (本體、不含把手)		
06	重量(Weight)	1.背負型：約 7.5Kg(含電池 1.5Kg、電池盒 0.5kg) 2.車裝一型：約 26.6Kg(不含配附件) 3.車裝二型：約 42.7Kg(不含配附件) 4.車裝中繼型：約 32.5Kg(不含配附件)		

資料來源：詹凱驊，《陸軍37系列跳頻無線電機操作手冊》，第二版，(國防部陸軍司令部，西元2011年)

表4 37系列VHF跳頻無線電機外觀

項次	裝備名稱	圖示
一	背負型無線電機CS/PRC-37C	
二	車裝一型無線電機CS/VRC-191C	
三	車裝二型無線電機CS/VRC-193C	
四	車裝中繼型無線電機CS/VRC-194C	

資料來源：詹凱驊，《陸軍37系列跳頻無線電機操作手冊》，第二版，(國防部陸軍司令部，西元2011年)

二、特性及優點

以下分別列舉班排手持式無線電機及37系列VHF跳頻無線電機兩者的特性及優點：

(一)班排手持式無線電機



外觀以短、小、輕型化為架構，易於操作及維護，內建之語音攪亂器模式進行加密通信，並有預置波道10組，預置波道可先行將使用的頻率、功率、CTCSS、DCS或語音加密等參數做設定、儲存，且預置波道有掃描功能，以及班排手持式無線電機有中繼轉發功能，也可透過外接介面做有線遠端遙控，細項功能介紹如下：

- 1.內建10組預置波道除了可儲存使用頻率外，亦可一併儲存功率、CTCSS、DCS或語音加密等參數；每一組皆可設置不同之條件如：功率、TONE及語音加密等。
- 2.具1組語言攪亂器(Voice Scrambler)，以加強通話保密性。
- 3.除標準150Hztone外，另提供39種CTCSS及83種DCS副音頻防干擾模式可供選擇。
- 4.數據傳輸具加密功能，加密種子為16位元(16 bit scrambler seed)；循環冗餘校驗(Cyclic Redundancy Check, CRC)，及前向錯誤更正機制(Forward Error Correction, FEC)之功能以降低錯誤重傳之機率。
- 5.透過外接介面可作有線遠端遙控。
- 6.韌體(Firmware)可升級或更換，經由燒錄器進行，無需硬體拆裝。
- 7.中文化操作介面。
- 8.內建自我測試功能。
- 9.具備全球定位系統(內建GPS天線及模組)，並可選擇外接式SMA天線接頭。
- 10.數位模式採用AES進階加密標準，加密金鑰達256位元以上，可確保通信傳輸安全。

(二)37系列VHF跳頻無線電機

具有「定明、定密、跳明及跳密」等四種通信模式，且可預置8組波道數，預置波道可先行將使用及禁用的頻率、頻段的參數做設定、儲存，且預置波道有掃描功能，在定頻模式下可藉由掃描功能偵測目前使用中的通信波道，以及有緊急記憶體清除功能，避免我軍重要參數落入敵軍，此功能可將所有注碼參數清除，37系列VHF跳頻無線電機有中繼轉發功能，也可透過外接介面做有線遠端遙控，細項功能介紹如下：

- 1.定頻預置波道掃描功能。
- 2.定頻呼叫跳頻功能。
- 3.明密自動辨識功能。
- 4.中繼轉發功能。
- 5.緊急記憶體清除功能。
- 6.無線電注碼功能。
- 7.內建自我測試功能。
- 8.具有線遙控功能。
- 9.具全球定位系統(GPS)。
- 10.傳呼模式選擇功能。
- 11.自動選頻功能。

本軍無線電與集群式無線電之比較

本軍現用「37系列跳頻無線電」與「集群式無線電」各有其不同特性與優點，以下從五個方面實施分析(表5)：

一、調變模式

(一)37系列跳頻無線電採用「頻率調變(Frequency Modulation, FM)」技術

頻率調變技術的訊號需要維持連續性，不可中斷，且類比訊號在傳輸的過程中，容易因為訊號衰減或遭受外界雜訊干擾而造成接收到錯誤的訊息，或是遭有心人士從中竊取訊號。

(二)集群式無線電採用「四位元相位偏移調變(Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)」技術

四位元相位偏移調變訊號接收不受連續性限制影響，且數位式調變將原始的訊號轉換成數位訊號傳輸，所以數位訊號對衰減所造成的影響容忍度較大，因為數位訊號不是0就是1，只要於開始前就先律定好位元0與位元1的數值，只要傳輸的過程中因為周圍的雜訊影響到數值的變化，數位系統將自動調整最後回覆數值，因此可達到容錯以及抗干擾的目的，且在數位傳輸的系統中，使用不同的編解碼技術不但可將資料做加密保護，還可以加入檢核碼來確保資料的正確性。

二、傳輸方式

(一)37系列跳頻無線電為「半雙工」

通信雙方不能同時收發數據，同一時間只允許一方傳送數據，若另一方要傳送數據，需等原來傳送數據的一方傳送完後再處理。

(二)集群式無線電為「全雙工」

通信雙方能在同一時刻進行發送和接收動作，和打電話一樣，說話的同時也能聽到對方的聲音，可以邊說邊聽。

三、通訊技術

(一)37系列跳頻無線電使用「單通道廣播」技術

37系列跳頻無線電使用單通道廣播技術，表示多個用戶僅使用一個頻道通話，在通聯時所有用戶須經主臺人工控制獲得發話權力，其他用戶僅能有接收狀態，不像多重存取技術可視用戶傳輸需求，自動分配各用戶的發話權力。相較之下，37系列無線電機通聯限制與運用彈性較差

(二)集群式無線電使用「分時多重存取(TDMA)」技術

分時多重存取技術即每一個頻道由多位用戶輪流使用，輪流使用的單位時間稱為時槽(Time Slot)，也因為大家輪流使用無線電頻道資源，因此可以容納更多人通時進行通話，大大提升系統容量與頻道使用效益。且集群式無線電具有網管中心，將所有頻率集中管理，並利用電腦快速、準確之特性，分配運用頻率組，提供更多不同通話小組使用而不會彼此相互干擾，而且每個通聯鏈路的使用由網管中心統一作控管，可依臨時勤務需要利用動態方式分配空閒的頻道，以無線電波傳送方式，改變無線電用戶原有的通話小組，重新加入另一新的小組實施通連，可有效提升網路運用彈性，以滿足少數頻道提供大量使用者間通訊需求。

四、覆蓋率



(一)37系列跳頻無線電運用「中繼臺」

37系列跳頻無線電的有中繼臺型式，然而中繼臺型式僅具有2收2發功能，而且使用的波道(頻率)必須不同，只能串聯以延伸通信距離，受地形、地障的影響甚大，要達成遠距離及在城鎮中通聯要大量開設中繼臺，耗費裝備及人力資源。

(二)集群式無線電運用「基地臺」、「中繼站」與「用戶中繼」

基地臺的覆蓋半徑大、盲區少，只要在區域內建立系統管制中心，並依區域內地形特性設置通信中繼站臺，由中央控制器集中控制和管理系統中的每一個頻段，透過一個或多個基地臺將訊息散播出去，用戶本身也可作為中繼臺，形成一個密集的通訊網，利於遠距離及城鎮中通聯運用。

五、頻道切換

(一)37系列跳頻無線電採「預置波道」

37系列跳頻無線電有預置波道8組，可事先設置8組頻道參數，在更換通聯對象時，可快速的切換頻道，但僅有8個位子可預先設置頻道參數。

(二)集群式無線電運用「網管中心」

頻道的掌握及分配統一由網管中心控管，利用動態方式分配空閒頻道，使急需使用頻道時能接續時間快、等待時間短、頻道利用效率高，以滿足少數頻道提供大量使用者間通訊需求。

表5 本軍無線電與集群式無線電之比較

無線電裝備 比較項目	37系列跳頻無線電	集群式無線電	補充說明
調變模式	FM(類比)	QPSK (數位)	數位調變較類比調變佳，因容錯以及抗干擾能力較優。
工作方式	半雙工	全雙工	
通訊技術	使用單通道廣播技術	分時多重存取(TDMA)	多重存取技術較能滿足使用者間的通訊需求。
覆蓋率	中繼轉發	基地臺與中繼站	基地臺與中繼站形成一個密集的通訊網，可不受障礙的影響傳遞訊息
頻道切換	預置波道	網路管理中心	網管中心利用動態分配所有頻道，彈性調整能力較佳。

資料來源：作者自行整理

結論與建議

綜合以上分析比較集群式無線電系統相較37系列跳頻無線電便利，集群式無線電系統除了全雙工的工作方式便於通話外，還有因為數位化訊號使用不同的編解碼技術做傳輸，資料傳輸可加密保護且具較大正確性，另數位訊號衰減小，受通聯距離影響小，並可透過中繼／基地臺連上國軍骨幹鏈路，藉此達到長距離、甚至是跨區域通聯，特別是該系統具有網管中心，可將網路內所有頻率集中管理，並利用電腦快速、準確之特性，有效分配及運用頻率組，提供更多不同通話小組使用而不會彼此相互干擾，充份發揮頻率資源，故集群式無線電系統內的網管中心可於繁忙時段提供較高層用戶，優先完成通話程序，提高重要命令傳遞時效，也能同時監控多個通話小組，而不需另外開設多部無線電機，減少裝備架設數量以及人力資源的派遣。經比較集群式無線電與本軍現用無線電，集群式無線電效能與運用彈性均優於現用制式無線電，以下針對未來導入(建案)提出近、中程兩點建議：

一、近程發展

籌建少量集群式無線電系統，運用於戰演訓及建案任務，強化式彌補現用制式通信之不足，並與憲兵使用之TETRA系統實施整合測試及後續大量採購換裝規劃。

現行本軍所使用的37系列跳頻無線電繼續使用於戰、演訓任務訓練，而訓練前、中、後的車輛機動、調度等的部隊管制任務或是訓練期間的裁判官通信則搭配集群式無線電分擔、補充，以37C跳頻無線電為主，搭配集群式無線電為輔，例如單位在執行重大節日或是演訓任務時，抑或是支援救災任務時，可將集群式無線電用於任務期間的部隊管制，用以將車輛機動、現場即時情況回報給管制幹部作全面的掌控，而現場指揮官驗證通阻狀況的無線電裝備則採用37系列跳頻無線電，因為所使用的無線電傳輸協定不同，以及頻率不同，所以不會佔用或干擾到人員驗證的通道，而且藉由南、北聯合測考中心先行使用與測試，藉此讓各部隊熟悉、習慣集群式無線電的操作。

二、中程發展

全面汰換現用37系列無線電，整合憲兵TETRA系統，構連本島全區域集群式無線電網路，等同中華電信等手機通訊模式，實現無線電通信自動組網、多重路由、自動繞徑、抗干擾、機動中繼之目標，以符合本軍聯合戰力規劃通網電發展指導。

參考文獻

- 一、陳聖峰，《憲兵數位式無線電系統管理操作手冊》（國防部憲兵司令部，西元2009年）。
- 二、詹凱驊，《陸軍37系列跳頻無線電機操作手冊》，第二版，（國防部陸軍司令部，西元2011年）
- 三、鍾高正，《陸軍班排手持式無線電機操作手冊》（國防部陸軍司令部，西元2017年）。
- 四、陸玉珠，《無線電電子通信訓練教範》（國防部陸軍司令部，西元2002年）。
- 五、〈以數位式無線電話系統建構臺鐵行車調度通訊平臺〉，《中華技術期刊》，第74期，財團法人中華顧問工程司，西元2007年4月。
- 六、〈捷運通訊無線電TETRA系統簡介及經驗回顧〉，《中興工程季刊》，第146期，財團法人中興工



程顧問社，西元2020年1月。

- 七、陳國弘，〈專用無線電類比與數位技術之演進〉，《NCC NEWS》，第11卷5期，國家通訊傳播委員會，西元2017年9月。
- 八、許明城、陳孫浩、向韻如，〈森林防救災無線電通訊系統建置成果〉，《農政與農情》，第224期，行政院農業委員會，民國100年2月，<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=22825>(檢索日期2021年8月25日)。
- 九、尤明錫，〈資訊長專欄—行政院海岸巡防署資通電業務發展概要與展望〉，《政府機關資訊通報》，第317期，國家發展委員會，民國103年3月(檢索日期2021年8月25日)。
- 十、吳雲鼎，〈應急蜂巢式行動通訊網路的頻寬分配〉，《碩士論文》，國立政治大學資訊科學系，民國101年4月，https://www.cs.nccu.edu.tw/~lien/Lab/Thesis/thesis_eg9403.pdf(檢索日期2021年1月25日)。
- 十一、選擇方案及替代方案之成本效益分析報告及相關財源籌措與資金用運說明，109-113年警用無線電汰換更新中程計畫，內政部警政署，<https://pco.npa.gov.tw/ch/app/data/doc?module=govinfo&detailNo=781032977940377600&type=s>(檢索日期2021年1月25日)。
- 十二、陳偉邦，〈數位通信系統簡介〉，電信月刊148期，臺灣區電信工程工業同業公會，https://www.tteia.org.tw/archive/files/2011_148_1.doc(檢索日期2021年7月12日)。
- 十三、〈FDMA、TDMA與CDMA通訊技術徹底研究〉，https://www.csie.ntu.edu.tw/~b6506031/ExpReport/intro_1.html(檢索日期2021年1月25日)。
- 十四、〈比較FDMA、TDMA、CDMA、ODMA相同相異處〉，https://lms.ctl.cyut.edu.tw/blog/lib/read_attach.php?id=152006(檢索日期2021年1月25日)。
- 十五、Harbinger至鴻科技，(TETRA集群式數位無線電系統)，<https://www.harbinger.com.tw> (檢索日期2021年1月25日)。

作者簡介

高嘉均中尉、陸軍通信電子資訊訓練中心專業軍官班106-2期，曾任區隊長、教官，現任陸軍通信電子資訊訓練中心教勤二連副連長。