

憲兵TETRA無線電系統性能提升 暨整合之研究

作者／李建鵬、范綱峰

提要

憲兵採用TETRA標準所建置之「衛戍區無線電指管通信系統建置案」建置迄今逾15年，在裝備系統運作上逐漸顯現相關窒礙，另與民國101至109年間於衛戍區外所建置之「憲兵通用無線電系統案」亦無法有效整合。本研究藉由文獻蒐整、準則歸納、專家問卷等方式完成「憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合」之關鍵成功因素評估準則及層級架構，歸納主準則計「各型設施功能規劃」等4項，次準則計「強化無線電機通話功能」等15項，並採用層級分析程序法，設計問卷進行調查，最終依其結果分析準則權重，建立決策評估模式，以提供憲兵TETRA無線電系統在未來執行提升或整合建案之重要參據。

關鍵詞：TETRA無線電、中繼傳輸技術、網管系統、系統整合

壹、前言

我國憲兵賦有國家安全情報、軍司法警察、協力警備治安、衛戍首都及支援三軍作戰等多重任務。¹基此，憲兵先於民國94至95年啟動「衛戍區無線電指管通信系統建置案」，針對衛戍區部隊先行換裝中繼式無線電設備，以支援前述任務；復於民國101年至109年間透過「憲兵通用無線電系統案」陸續完成衛戍區外之系統建置，至此憲兵專用無線電已全數採用TETRA標準之設備，並完成基礎設施之建置。惟「衛戍區無線電指管通信系統建置案」建置迄今逾15年，窒礙概述如後：

一、無線電機零附件已陸續停產成消失性商源，

裝備損壞後無法修復影響單位妥善率及任（勤）務執行。

二、「衛戍區無線電系統建置案」之核心交換機與中繼站臺間僅能以E1傳輸標準執行傳輸，電路價格昂貴，軟體版本不支援IP協定傳輸，無法發揮裝備效能。

三、現行核心交換機、中繼站臺均為固定式機房，無電磁脈衝防護能力，如遭破壞各用戶即無法通聯。

四、中繼站臺、系統監控平臺未能圖像化，且外接保密器體積過大且僅對語音通信加密，不易人員操作。

五、通信中繼車僅具備單站中繼功能，無法透過行動通信技術與核心交換機構連，機動開設

1 憲兵全球資訊網<https://afpc.mnd.gov.tw/>（檢索日期：2022年11月5日）。

能力不佳。

為解決上述窒礙問題，本研究將藉由文獻蒐整、準則歸納、問卷調查及數據分析等方式，歸納出憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合之關鍵成功因素及其權重優序，期能提供未來執行提升或整合建案之重要參據。

貳、文獻探討

此章節將透過文獻蒐集加以研究探討何種功能、型態的無線電系統才能適應現今多變化的戰場，並在憲兵現有基礎上有效提升及整合，首段說明TETRA標準簡介、系統運用狀況及技術發展趨勢，第二段藉由綜整文獻分析，找出主、次要評估準則，俾利獲得本研究之關鍵成功因素。

一、系統運用狀況及未來趨勢

(一)TETRA標準簡介

TETRA標準是由歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)於1995年專門為公共安全及軍事領域所制定的開放式無線電通信標準，初期為類比系統架構，嗣後改為全數位化架構。TETRA中繼式無線電可以透過多重接取技術讓多人同時使用，相較於傳統的無線電在無線電頻譜資源、頻率使用上效益較高。²

(二)TETRA系統運用探討

1.國外運用狀況

(1)荷蘭

荷蘭TETRA網路C2000系統係於2004年完成建置，是歐洲最早的全國性TETRA網路之一，訊號覆蓋約95%國土面積。而該國在2015年

考量其系統老舊、維持不易，決定在原TETRA架構下進行基礎設施功能更新及IP化，好處是不受到新舊系統或網路整合影響，並於2020年完成換裝，目前每天約有2萬部無線電機在運行、15萬通電話及可同時處理100通緊急電話。³

(2)芬蘭

芬蘭TETRA無線電Virve系統是由國有企業(Erillisverkot)負責營運，自1998年起即大量使用，使用單位包括警察、消防、國防部隊及鐵路交通等部門，訊號覆蓋約96%國土面積。每週使用量約有5萬名用戶、處理200萬組呼叫和7,500萬條數據短訊息，2018年該國考量TETRA技術有限的數據頻寬不敷現代應用所需，預計在2023年以TETRA架構為基礎，運用異質平臺傳輸方式達到寬頻目的，並在2025年全面轉移到以5G為核心網路的Virve 2.0。⁴

(3)英國

英國TETRA無線電Airwave系統自2005年即已涵蓋了99%的國土面積，並在其網路系統中架設了任務導向通訊機能，應用在全國警察、消防、救護領域，而英國政府近年啟動緊急服務網路(Emergency Service Network, ESN)計畫，規劃結合當地電信廠商基礎，以4G/LTE行動寬頻技術取代TETRA系統，目前在轉換併行中。⁵

2.我國運用狀況

TETRA無線電系統目前在國內大多運用在交通領域，包含臺灣鐵路、臺灣高鐵、機場、捷運、輕軌等均採用TETRA標準之設備，而交通領域TETRA系統架構概略相同。以臺灣鐵路為例，其架構概可區分為無線電設備、中央調度

2 ESTI官方網站<https://www.etsi.org/technologies/tetra>（檢索日期：西元2022年11月5日）。

3 荷蘭政府官方網站，<https://www.government.nl/topics/counterterrorism-and-national-security/c2000-communication-system-for-emergency-services>，（檢索日期：西元2022年12月25日）。

4 Erillisverkot公司網站，<https://www.erillisverkot.fi/en/virve-radio-network/>，（檢索日期：西元2022年12月25日）。

5 〈配合5G、IoT等技術研發測試與導入之專用電信法規制度研究期末報告〉，2018年1月，財團法人資訊工業策進會，頁20-33。

系統、傳輸系統、戶外機櫃、管道與纜線及鋼結構天線鐵塔等，並以環島光纖串起連線，不管在地下月臺或隧道內均可提供穩定且不受干擾之語音及數據通訊服務。⁶

3. 憲兵TETRA系統運用狀況

憲兵TETRA系統架構區分基礎設施、系統管理介面及訊號傳輸骨幹，建置標的計有核心交換機、調度派遣臺、中繼站臺、無線電機、網管系統、自動車輛定位系統、通信中繼車及攜行式轉發設備等，在臺灣本島憲兵任務地境之室外通信涵蓋已達90%以上，可滿足憲兵一般勤務及作戰需求。然如前章所列，目前面臨最大的問題仍是憲兵TETRA系統是由兩套新舊系統併存，部分裝備已屬消失性商源，維護不易且整合困難。另憲兵勤務之地點不固定，且許多勤務位於室內空間，需建置機動延伸設備，加以無自建天線鐵塔、高山站臺或環島光纖等設施，在中繼站臺位置及訊號傳輸骨幹時需仰賴資通電軍、警訊所或中華電信等軍、公、民營設施提供支援，系統運用相對缺乏彈性。

(三) 未來趨勢

在2022年世界應急通訊大會，多國專家學者與會探討關鍵任務通訊領域未來發展及最新的技術，其重點概述如後：⁷

1. 寬頻通訊的需求

現今各國均開始運用寬頻通訊來增強既有的中繼式無線電語音通訊及窄頻資料通訊。以警察或憲兵執行特種勤務為例，現場警員及憲兵隊調查官如可透過4G/LTE行動通訊或微波將畫面同步回傳指揮所，將更能有效掌握現場狀況，在此次大會中，各專家學者預測中繼式無線電在2040年會全面被寬頻設備取代。

2. 標準化

行動通訊的發展在過去是面向消費者，而非公共安全通訊領域，行動通訊要達到與TETRA系統相同能力之語音通聯並非難事，但直通模式卻是其一大挑戰，而公共安全通訊領域對於市場來說並不大，未來要建立兼顧兩者的統一標準實屬不易。

3. 網路安全

如今網路遭駭案件層出不窮，而行動通訊技術與無線電系統進行整合，必須要確保其安全及保密性，而部隊作戰，保密更是首要，故必須要有縝密之網路安全，才能運用在公共安全或國防部隊中。

(四) 小結

憲兵TETRA系統甫於民國109年完成全島建置，如對於目前窒礙採取全面汰換方式明顯不符效益，且建置4G/5G基地臺數量過於龐大，耗資甚鉅，而參考國內交通系統、荷蘭C2000系統、芬蘭Virve系統以及未來趨勢，透過整合各型設施功能、軟體操作介面同步更新以及傳輸骨幹技術提升方為目前較適當之改善方向。

二、評估準則歸納

經有關各類無線電系統文獻蒐集，彙整憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合關鍵成功因素之主要評估層面計有「各型設施功能規劃」、「優化各型操作平臺介面」、「訊號傳輸技術精進」及「新舊無線電系統整合要求」等4項，接續就各層面參考文獻進行研析、比對與分類，向下發展為各次要因素，有關主層面、次要因素之文獻歸納依據說明如後：

(一) 各型設施功能規劃

基礎設施是支持系統能否正常運作的關鍵，而在各領域對於基礎設施看法，已從原本對設施的防衛與保護，逐漸轉變為要求提升整體設

6 吳松儒、劉邦俊、林柏鋒、陳三旗、黃運傑，〈臺鐵行車調度通訊平臺以數位式無線電話系統建構〉，《中華技術》，第74期，2007年4月，頁121-122。

7 〈2022 世界應急通訊大會出國報告〉，2022年9月，內政部警政署警察通訊所，頁2-3。

施功能與系統的韌性，以期在突發事故發生時能達到持續運作能力，故設施不僅是裝備建置，資通訊與監視控制系統等多項功能均應包括，因此將「各型設施功能規劃」納入主層面運用。⁸

1.強化無線電機通話功能

無線電機功能隨著科技進步越來越多樣，而所提供的功能服務越多，用戶對新產品期待也越高，但回到最原始的需求，用戶最重視的還是其通話品質。鑑此，多功能的無線電機必須要以穩定的通話功能作為基礎，故將「強化無線電機通話功能」納入次要因素。⁹

2.核心交換機虛擬化

相較於傳統核心交換機，虛擬化技術透過伺服器與網路設備，可以有效減少設備軟、硬體維護費用、人力管理與電力消耗，對於國軍有限機房空間及人力運用有更好的分配，因此將「核心交換機虛擬化」納入次要因素。¹⁰

3.中繼站臺設施具備抗干擾功能

美國在2005年公布之軍力報告中，中共已具備電磁脈衝攻擊能力，而電磁脈衝所產生感應電流對於設備之電子元件容易造成干擾及癱瘓，且中繼站臺如遭電磁脈衝攻擊對於用戶通話品質影響甚鉅，故將「中繼站臺設施具備抗干擾功能」納入次要因素。¹¹

4.部署機動式中繼站臺

我國防衛作戰有「預警短、縱深淺、決戰快、持續難」等特點，故在通信系統建立必須要能即時、高效及轉移迅速，而運用通信裝備結合人員及載臺實施機動部署，可有效提升部隊機動能力及作戰持續力，因此將「部署機動式中繼站臺」納入次要因素。¹²

(二)優化各型操作平臺介面

一套系統功能如何多元、先進，都必須要認知到使用系統的是人，而系統操作平臺使用的難易度，也會直接或間接影響到任務遂行及持續技術推展，故將「優化各型操作平臺介面」納入主層面運用。¹³

1.圖形化介面操作簡易

隨著智慧型科技產品日新月異發展，圖像成為了操作介面之重要元素，而將介面圖形化更能貼近人的直覺感官及認知偏好，對於人員無線電操作及訓練上均能有極大益處，故將「圖形化介面操作簡易」納入次要因素。¹⁴

2.遠端控管站臺機房

TETRA系統通訊涵蓋必須仰賴中繼站臺的布建，而國軍有限的人力對於中繼站臺機房控管是一大困難，而透過智慧門禁及遠端影像監控系統整合，可以達到遠端管理與即時資訊調閱，有效精簡人力及提高管理執行效率，因此將「遠端控管站臺機房」納入次要因素。¹⁵

8 李中生，〈「國家關鍵基礎設施防護」的重要性〉，《台灣風險分析學會》，2017年特別刊，2017年9月，頁1。

9 莊璨華，〈電信公司行動通信服務品質、客戶滿意度與忠誠度關係之研究〉，（淡江大學資訊管理學系碩士論文，2015），頁1-3。

10 王子豪，〈運用Open Source提供圖形化虛擬網路實驗室之管理〉，（淡江大學資訊管理學系碩士論文，2013），頁1。

11 華雲貴，〈電磁脈衝防護作為之探討〉，《海軍學術雙月刊》，第46卷第2期，2012年4月，頁134-135。

12 蔡志銓，〈我國應用C4ISR系統強化作戰整合之研究〉，《國防雜誌》，第35卷第2期，2020年6月，頁107-127。

13 丁岳，〈科技新革命協同作業平臺串連大型工程介面〉，《營建知訊》，第283期，2006年8月，頁31-44。

14 張沛喬，〈探討智慧型手機之圖像式樣化設計對使用者認知之影響〉，（臺北科技大學互動媒體設計研究所碩士論文，2013），頁1-2。

15 吳益裕、周家慧、劉婉萍、方耀民，〈智慧化與科技化的遠端監控管理〉，《土木水利》，第47卷第3期，2020年6月，頁107-127。

3.網管平臺綜合管理能力

網管平臺係將多個系統納入介面統一管理，而有效的平臺綜合管理，可將各系統即時狀況鏈結，傳遞正確訊息，並降低人力成本及人員作業疏失，故將「網管平臺綜合管理能力」納入次要因素。¹⁶

4.建置簡易型應用程式

科技發展使行動資訊更多元化，適當的傳播媒介、硬體，如筆記型電腦、智慧型手機等，提供了隨時隨地資料查詢的能力，而在各型傳播媒介中應用程式之發展撇除多系統的繁雜性，可針對使用者需求綜整及呈現簡易資訊，有利於緊急狀況應處，因此將「建置簡易型應用程式」納入次要因素。¹⁷

(三)訊號傳輸技術精進

傳統無線電在通話之前，必須先將所使用的無線電機調整至同一頻率，並在有效距離範圍內，才能接到相同訊息，而隨著傳輸技術精進可結合4G/LTE、5G等異質性平台傳輸，有效避免共用頻率或是干擾，傳輸也不受距離限制，故將「訊號傳輸技術精進」納入主層面運用。¹⁸

1.運用多功能天線

基於使用者需求，無線電機逐漸朝著體積小、多功能、多組件及更大電池容量等方面發展，而天線空間自然受到壓縮，有別於傳統天

線，多功能天線將多類型天線整合，可更有效運用無線電機空間，故將「運用多功能天線」納入次要因素。¹⁹

2.強化加密技術

歷史上有許多戰役，都是因為訊息遭敵截獲，以致敵人掌握作戰行程及企圖，最終慘敗全軍覆沒。而無線通訊傳播介質為空氣，更容易遭人竊取，而透過強化加解密演算法來保護機密資訊，可增進無線電收發之安全，故將「強化加密技術」納入次要因素。²⁰

3.轉發設備有效訊號延伸

臺灣電力公司為將輸電線路地下化，在洞道內除建置無線電中繼站外，並設置漏波同軸電纜等設備延伸通訊，以確保維護人員於搶修及維護期間能即時對外界通訊，而國軍指揮所大多位於地下掩體設施，故將「轉發設備有效訊號延伸」納入次要因素。²¹

4.異質性平臺透通傳輸

TETRA標準跨異質系統之傳輸，隨著衛星、行動通信等技術發展，已在全世界公共安全、交通及軍事等領域廣泛應用，也解決TETRA窄頻傳輸僅能傳送語音、文字簡訊等缺點，因此將「異質性平臺透通傳輸」納入次要因素。²²

(四)新舊無線電系統整合要求

欲獲得最佳之無線電系統，必須綜合各家

- 16 姜禮煒，〈資通訊整合平台設計與研究—以台大醫院為例〉，《醫療資訊雜誌》，第27卷第1期，2018年12月，頁23-28。
- 17 閻仕為，〈智慧型手機應用程式對運具選擇行為影響之研究〉，（國立臺灣大學土木工程學系碩士論文，2014），頁1-2。
- 18 吳怡蓓、吳坤熹，〈Push to Talk (PTT) using Multicast UDP with IPv6〉，（臺灣網際網路研討會，2019），頁590-595。
- 19 劉鴻軒，〈薄型寬頻微小化貼片式天線於第五代行動通訊手機應用〉，（國立交通大學電信工程研究所碩士論文，2020），頁1-4。
- 20 陳彥樵，〈運用2.43 GHz數位無線收發機之軟體加密與解密〉，（國立臺北科技大學電腦與通訊研究所碩士論文，2010），頁1-2。
- 21 蔡育嘉、高建恒、蕭裕倉、傅紅貴，〈電纜洞道無線電通訊系統之規劃簡介〉，《中興工程》，第121期，2013年10月，頁85-90。
- 22 曾聖文，〈TETRA無線電系統介接異質系統於地面平戰運用研究〉，《憲兵半年刊》，第121期，2020年6月，頁85-90。

廠商之優點，而系統整合所面臨最大問題，係使相異廠商的異質系統設施、網路、平臺能彼此連線，讓各設備之相容性能夠提高，從何達成整合之要求，故將「新舊無線電系統整合要求」納入主層面運用。²³

1. 核心交換機多路由備援

核心交換機攸關系統運作，與其構連傳輸骨幹之硬體設備如受到電力、外力損壞，恐間接導致系統無法運作，而透過多路由協定將資料同時回傳新舊核心交換機，則具有容錯的能力，可強化戰場存活率，故將「核心交換機多路由備援」納入次要因素。²⁴

2. 無線電機跨系統運作

當大型災害發生時，災區的通信基礎設施時常因災害而損毀無法運作，而救災工作必須仰賴通信支援，快速恢復特定區域訊號，而連接不同業者倖存的中繼站臺，建立應急跨網路拓樸，可迅速恢復通聯，故將「無線電機跨系統運作」納入次要因素。²⁵

3. 設立維運中心整併管理

透過統一管理之維運中心，可以針對所有臨時及突發狀況實施應處，使用戶可以即時獲得所要資訊，避開各種事件，包含頻率分配、群組應用等，對於勤（任）務執行有極大幫助，故將「設立維運中心整併管理」納入次要因素。²⁶

4. 強化網管系統資安防護作為

資訊科技已成為每個人日常生活中的一部份，但也帶來了資訊安全問題，行政院資通安全辦公室指出網路資安威脅包含駭客竊取國防機密及癱瘓國家網路，也凸顯資安防護重要性，故將

「強化網管系統資安防護作為」納入次要因素。²⁷

參、研究方法與設計

本研究對象為與憲兵TETRA無線電系統之決策、管理、執行及維保層級等相關人員，在許多層面、學者意見需要比較分析，故採用層級分析法(AHP)，以具體的數值顯示需求因素的優先順序對於後續建案系統分析較有研究價值。規劃進行兩階段問卷調查，第一階段透過專家問卷篩選、確立本研究之層級架構，第二階段設計、發放AHP問卷，俾利後續問卷發放及各準則權重及其排序產出，計區分「建立層級架構」及「設計AHP問卷」等二節次，分述如後：

一、建立層級架構

(一) 流程設計

1. 「層級架構確定」階段：

將文獻探討得出之初步主要評估層面及次要因素，設計成專家問卷，並針對TETRA無線電系統相關之專家發出調查問卷，綜整其共識，確立「憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合」關鍵成功因素之層級架構。

2. 「主、次準則權重確立」階段：

本階段是延續前一階段所確立之層級架構，利用AHP法設計問卷，針對與憲兵TETRA無線電系統相關之決策、管理、執行及維保人員，進行層級各影響因素之間兩兩比較，獲得本研究主、次準則權重。

(二) 評估要項歸納

「憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合之研究」根據專家學者文獻歸納、研析後，整

23 林其諺，〈物聯網技術發展與市場應用之趨勢〉，（成功大學高階管理碩士論文，2015），頁4-21。

24 毛宏仁，〈應用於無線感測器網路中之樹狀結構多重路徑路由協定〉，（淡江大學資訊工程學系碩士論文，2006），頁9。

25 黃冠傑，〈應急蜂巢式行動通訊網路的跨網路拓樸設計〉，（政治大學資訊科學系碩士論文，2012），頁1-2。

26 蔡秉錡、姜禹辰、王貴枝，〈國內交通資訊中心現況彙整與探討〉，《地理資訊系統季刊》，第3卷第3期，2009年7月，頁13-18。

27 黃鳳珠，〈各國資訊安全政策的比較研究〉，（淡江大學資訊管理學系碩士在職專班碩士論文，2017），頁1。

理出相關主層面計「各型設施功能規劃」、「優化各型操作平臺介面」、「訊號傳輸技術精進」及「新舊無線電系統整合要求」等4項，其中各主層面下轄4項次要因素，如表1所示。

表1 主要評估層面及次要因素一覽表

憲兵 TETRA 無線電系統性能提升暨整合評估要項	
主要評估層面	次要因素
各型設施功能規劃	強化無線電機通話功能
	核心交換機虛擬化
	中繼站臺設施具備抗干擾功能
	部署機動式中繼站臺
優化各型操作平臺介面	圖形化介面操作簡易
	遠端控管站臺機房
	網管平臺綜合管理能力
	建置簡易型應用程式 App
訊號傳輸技術精進	運用多功能天線
	強化加密技術
	轉發設備有效訊號延伸
	異質性平臺透通傳輸
新舊無線電系統整合要求	核心交換機多路由備援
	無線電機跨系統運作
	設立維運中心整併管理
	強化網管系統資安防護作為

資料來源：本研究整理。

(三)發展專家問卷

1.專家問卷

專家問卷是研究期間蒐集資料之工具，旨在透過各專家學者對於文獻分析所產出之主層面及次要因素提供意見，以提高研究可信度，並達到共同決策獲得更周延的結果，本次「憲兵

TETRA無線電系統性能提升暨整合之研究」的專家問卷發放範圍以國防部通次室、陸軍司令部、憲兵指揮部、陸軍通訓中心、中科院及中華電信為主，並指定針對具無線電通信、網管資訊系統背景之決策、管理人員為對象（如表2）。

表2 專家背景表

項次	服務單位	現任職務	學歷	年資
1	國防部通次室	上校參謀	碩士／指參教育	21 年以上
2	國防部通次室	中校參謀	碩士／指參教育	16 至 20 年
3	陸軍司令部	上校組長	碩士／指參教育	21 年以上
4	陸軍司令部	上校副組長	大學（專科）／正規班	21 年以上
5	憲兵指揮部	中校副處長	博士／戰院（略）教育	16 至 20 年
6	陸軍通訓中心	上校組長	博士／戰院（略）教育	21 年以上
7	中科院	主任工程師	碩士／指參教育	21 年以上
8	中華電信	科長	碩士／指參教育	11 至 15 年

資料來源：作者自行整理。

2.統計勾選結果

本問卷於民國111年12月30日針對8位受訪專家實施發放，共計送達8份，並於112年1月6日回收計8份，相關主層面及次要素經專家意見彙

整結果（如表3），其中原提列次要素「設立維運中心整併管理」經專家勾選結果刪除，得出影響憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合之關鍵成功因素計有4項主準則及15項次準則。

表3 專家問卷統計表

項次	主、次準則次數統計表			整合或刪除要項	是否成為主、次準則
	主準則	次準則	專家勾選次數		
1	各型設施功能規劃	強化無線電機通話功能	7	無	是
2		核心交換機虛擬化	6	無	是
3		中繼站臺設施具備抗干擾功能	7	無	是
4		部署機動式中繼站臺	7	無	是
5	優化各型操作平臺介面	圖形化介面操作簡易	6	無	是
6		遠端控管站臺機房	7	無	是
7		網管平臺綜合管理能力	8	無	是
8		建置簡易型應用程式 App	7	無	是
9	訊號傳輸技術精進	運用多功能天線	6	無	是
10		強化加密技術	7	無	是
11		轉發設備有效訊號延伸	7	無	是
12		異質性平臺透通傳輸	7	無	是
13	新舊無線電系統整合要求	核心交換機多路由備援	7	無	是
14		無線電機跨系統運作	8	無	是
15		設立維運中心整併管理	5	刪除	否
16		強化網管系統資安防護作為	8	無	是

資料來源：作者自行整理。

故「憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合」之關鍵成功因素評估之層級架構已確立（層級架構圖如圖1），可設計本研究後續之AHP層級分析問卷。

二、AHP問卷說明

本階段係為設計出能有效確立憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合主、次準則權重及其優序之問卷，透過歸納前節次專家意見所建立之層級架構為基礎，依AHP法完成AHP問卷設計，問卷發放層級以國防部通次室、憲兵指揮部通資

處、地區指揮部後勤科、憲兵隊、營及通資作業連等決策、管理、執行與維保憲兵TETRA無線電系統之人員為對象，由受訪人員針對各主、次準則進行兩兩成對比較，再以AHP應用軟體實施權重分析。

肆、研究結果分析

本章係將民國112年1月16日至2月8日所發送之AHP問卷之回收結果，歸納區分為「問卷資料分析」及「綜合分析」等兩部分，分述如次。

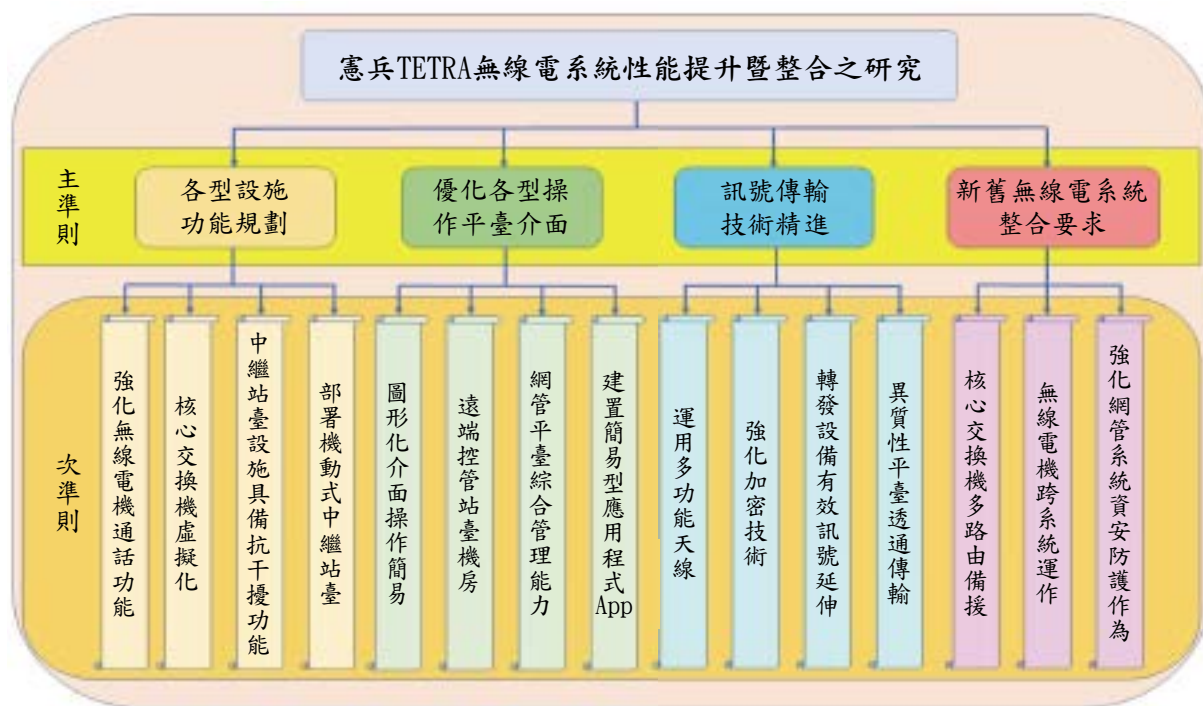


圖1 層級架構圖

資料來源：本研究整理。

一、問卷資料分析

本次AHP問卷區分決策、管理、執行及維保等4個階層實施調查，發送30份，回收30份，其中決策階層為國防部通次室及憲兵指揮部通資

處人員，計6員；管理階層為地區指揮部、憲訓中心及警衛大隊人員，計7員；執行階層為憲兵隊、憲兵營人員，計13員；維保人員為通資作業連補保庫房、系管中心人員，計4員（如圖2）。

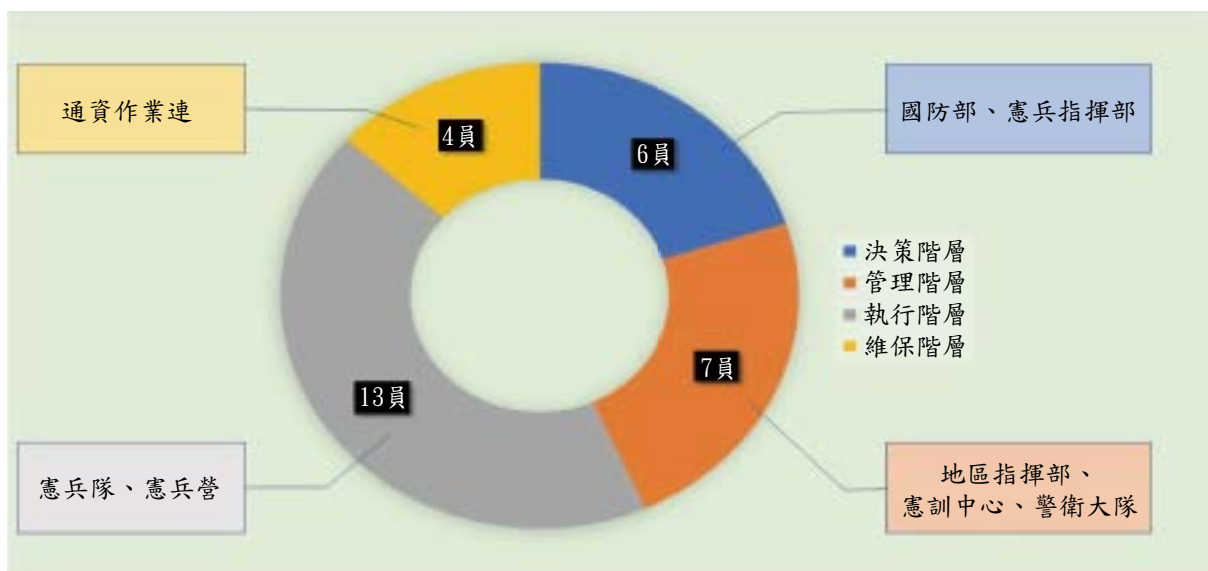


圖2 問卷調查對象統計圖

資料來源：本研究整理。

將所回收之問卷鍵入AHP應用軟體「Expert Choice 11」檢視其一致性，而在回收30份問卷之中，決策階層、管理階層及執行階層各有1份問卷（合計3份）未維持其一致性及遞移性，系統判定為無效問卷，故以其餘27份有效問卷作為本研究決策體之依據。

(一)主準則權重優序分析

整體評選27份有效問卷，計算主準則之權重值優序為「各型設施功能規劃」0.295、「訊號傳輸技術精進」0.259、「優化各型操作平臺介面」0.250、「新舊無線電系統整合要求」0.196，表示整體受訪人員認為「各型設施功能規劃」較其他主準則為重要，軟體分析圖如圖3所示。



圖3 整體評選各主準則權重分析結果

資料來源：本研究整理。

(二)次準則權重優序分析

在整體次準則之權重值，次序前三名為「部署機動式中繼站臺」0.096、「異質性平臺透通傳輸」0.084、「核心交換機虛擬化」

0.082，表示整體受訪人員認為「部署機動式中繼站臺」次準則較為重要，軟體分析圖如圖4所示。

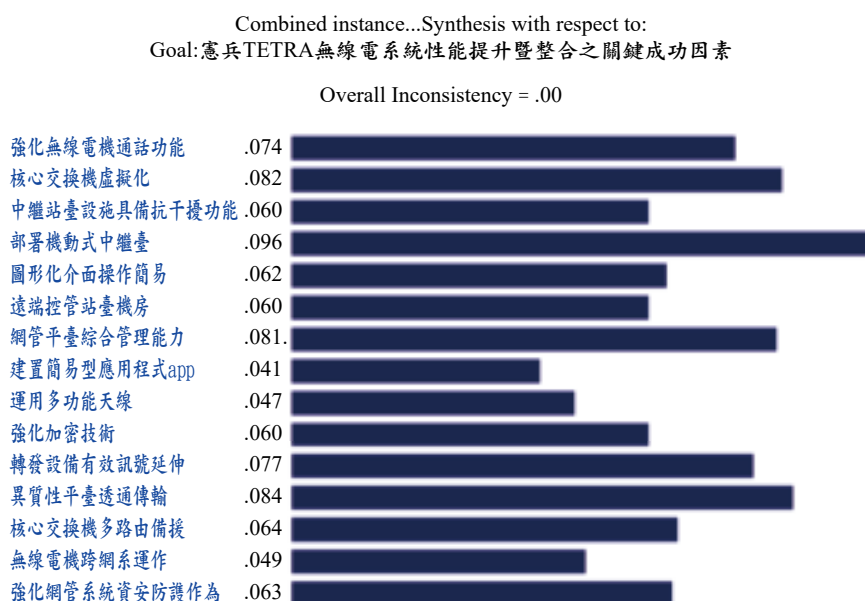


圖4 整體評選各次準則權重分析結果

資料來源：本研究整理。

二、綜合分析

本節次除區分主、次準則要項，分別依決策、管理、執行及維保階層問卷實施資料綜合分析，在27份有效問卷中（決策階層5份、管理階

層6份、執行階層12份、維保階層4份），各階層主、次準則權重及優序分析表如表4，以下就各主、次準則權重優序提出小結。

表4 各階層主、次準則權重及優序分析表

分類	項目	決策		管理		執行		維保	
		權重	優序	權重	優序	權重	優序	權重	優序
主準則	各型設施功能規劃	0.346	1	0.399	1	0.269	2	0.174	4
	優化各型操作平臺介面	0.209	4	0.154	4	0.320	1	0.302	2
	訊號傳輸技術精進	0.228	2	0.256	2	0.269	2	0.200	3
	新舊無線電系統整合要求	0.218	3	0.190	3	0.142	4	0.324	1
次準則	強化無線電機通話功能	0.048	9	0.066	8	0.090	3	0.021	15
	核心交換機虛擬化	0.120	2	0.080	3	0.048	11	0.079	5
	中繼站臺設施具備抗干擾功能	0.091	5	0.069	6	0.037	15	0.043	10
	部署機動式中繼站臺	0.148	1	0.152	1	0.057	9	0.027	13
	圖形化介面操作簡易	0.023	13	0.033	14	0.107	1	0.091	3
	遠端控管站臺機房	0.039	12	0.042	13	0.071	7	0.137	2
	網管平臺綜合管理能力	0.090	6	0.059	9	0.096	2	0.075	7
	建置簡易型應用程式 App	0.016	15	0.045	12	0.062	8	0.030	12
	運用多功能天線	0.020	14	0.030	15	0.075	6	0.060	9
	強化加密技術	0.098	3	0.059	9	0.056	10	0.026	14
	轉發設備有效訊號延伸	0.048	9	0.097	2	0.089	4	0.035	11
	異質性平臺透通傳輸	0.071	7	0.076	4	0.085	5	0.091	3
	核心交換機多路由備援	0.055	8	0.067	7	0.047	12	0.147	1
	無線電機跨系統運作	0.041	11	0.051	11	0.040	14	0.062	8
	強化網管系統資安防護作為	0.093	4	0.072	5	0.041	13	0.076	6

資料來源：本研究整理。

(一)主準則分析

以決策及管理階層分析結果，其主準則優序均為「各型設施功能規劃」>「訊號傳輸技術精進」>「新舊無線電系統整合要求」>「優化各型操作平臺介面」，由此可分析出其考量點著重於作戰運用，對於作戰來說最重要的就是「通聯」與「時效」，故能有更好的基礎設施建設、戰時存活率、機動能力及訊號涵蓋均為其考量的重點，故以「各型設施功能規劃」、「訊號傳輸

技術精進」為前二優序；「新舊無線電系統整合要求」則考量戰時憲兵作戰以衛戍區為主，餘地區受作戰區管制，通聯上僅需有限度地整合，即可滿足作戰任務需求，故在優序上次之；「優化各型操作平臺介面」可透過平時勤訓精練提高操作人員熟稔程度，降低其影響層面，排序位居末位。

以執行、維保階層而言，可分析出其較著重於實際作業考量，執行階層較注重使用者體

驗，操作平臺優化可減輕其作業壓力，故「優化各型操作平臺介面」在此階層問卷結果為最高優序；而維保階層因在無線電維修、保養均由通資作業連所轄補保庫房、系管中心執行，如新、舊系統差異過大，對於此階層人員作業來說則需要面對極大的調整，故「新舊無線電系統整合要求」在此階層問卷結果為最高優序。

(二)「各型設施功能規劃」次準則分析

以決策及管理階層而言，「部署機動式中繼站臺」對於現今防衛作戰「預警短、縱深淺、決戰快、持續難」等特點，可針對作戰區域做出最即時的調整，以適應整個戰場景況，故在此階層問卷結果為最高優序；以執行階層而言，「強化無線電機通話功能」在面對各項勤（任）務，可提高其通聯穩定性，降低勤（任）務執行風險，故在此階層問卷結果為最高優序；以維保階層而言，「核心交換機虛擬化」在維修及保養方面可減少設備硬體數量，對於其人力分配有更大之運作空間，故在此階層問卷結果為最高優序。

(三)「優化各型操作平臺介面」次準則分析

以決策及管理階層而言，「網管平臺綜合管理能力」可統一收整、鏈結各個平臺資訊，反映最真實戰場景況，有利指揮管制，故在此階層問卷結果為最高優序；以執行階層而言，「圖形化介面操作簡易」可以有利基層部隊操作及訓練，對於系統推廣有極大幫助，故在此階層問卷結果為最高優序；以維保階層而言，「遠端控管站臺機房」可即時掌握中繼站臺狀況，降低巡保頻次，有效精簡維保人力，故在此階層問卷結果為最高優序。

(四)「訊號傳輸技術精進」次準則分析

以決策階層而言，「強化加密技術」在實際作戰中，可避免無線電訊號遭敵竊取，其重要性不言而喻，另監察院糾正案、審計部年報均有提列憲兵TETRA系統保密器缺失，故在此階層問卷結果為最高優序；以管理及執行階層而言，「轉發設備有效訊號延伸」面對現今國軍指揮

所、勤務設施地下化，可有效延伸無線電通信距離，提高勤（任）務執行成功率，故在此階層問卷結果為最高優序；以維保階層而言，「異質性平臺透通傳輸」不僅僅是改善TETRA其僅能傳送語音、文字簡訊等窄頻缺點，在面臨骨幹鏈路損壞時，透過微波、衛星、4G/LTE、5G行動通信等異質性平臺均能迅速恢復系統運作，對於維修有更彈性空間，故在此階層問卷結果為最高優序。

(五)「新舊無線電系統整合要求」次準則分析

以決策及管理階層而言，「強化網管系統資安防護作為」主要是應對現今資訊科技飛速發展所帶來的資訊安全問題，在系統整合下，網路串接將面臨更大威脅，更容易遭竊取國防機密及癱瘓國家網路，故在此階層問卷結果為最高優序；以執行及維保階層而言，「核心交換機多路由備援」攸關系統運作，憲兵曾在執行國慶、元旦及世大運等重大勤務時，發生過無線電系統故障等事故，嚴重影響任務遂行，如在新舊兩套系統之核心交換機能相互備援整合，對於部隊勤務執行及維保人員之應處均能有較大的保障，故在此階層問卷結果為最高優序。

(六)各次準則整體權重優序分析

參照各階層主、次準則權重及優序分析表，可以發現不同階層之受訪人員，就其職務及工作經驗，對於各主、次準則的優序迥異，而就整體統計結果來說以「部署機動式中繼站臺」、「異質性平臺透通傳輸」及「核心交換機虛擬化」為15項次準則中較為重要的前三項，歸納原因分述如後：

1.部署機動式中繼站臺

在決策及管理階層受訪人員問卷中，此次準則均為最高優序，研判主要原因係與本研究第壹章研究動機所列憲兵TETRA系統「中繼站臺均採固定式機房」、「通信中繼車僅具備單站中繼功能」等窒礙因素概同，其戰時存活率低、機動開設能力不佳等缺點，對於作戰來說影響甚

鉅，故為本研究提升與整合之重要因素。

2.異質性平臺透通傳輸

在各階層受訪人員問卷中，均將此次準則評選為較前之優序，研判係因在現行駐、基地訓練（考）、一般（特種）警衛勤務及戰備演訓等任務中，均有運用寬頻通訊的需求，而TETRA標準跨異質系統之傳輸，已廣泛應用於各領域，故為本研究提升與整合之重要因素。

3.核心交換機虛擬化

在決策、管理及維保受訪人員問卷中，均將此次準則評選為較前之優序，研判係因透過虛擬化交換機可以有效減少設備軟、硬體維護費用、人力管理與電力消耗，對於與目前招募成效狀況、國防預算分配有較大的調整空間，故為本研究提升與整合之重要因素。

伍、結語與建議

綜上研究與問卷分析之成果，筆者提出以下結論及建議事項，作為憲兵TETRA無線電系統性能提升暨整合之研究之關鍵成功因素之參據。

一、結語

(一)運用有限資源，分析權重優序

國軍在裝備採購通常以三軍主要武器裝備為優先，戰鬥支援單位次之，故憲兵歷年無線電建案時常面臨緩列之情形，進而採取分年分案建置方式籌獲所需裝備，而透過本研究之歸納、問卷及分析，可得出如在有限預算下，執行系統提升暨整合工作之優序。而在綜合分析結果，可以看出主準則之間權重比例並無太大落差，就此結果在系統提升應以無線電硬體汰換為優先，避免面臨商源消失、無裝可用之窘境；訊號傳輸能力次之，將通訊頻道傳輸速率頻寬不足、數據傳輸標準受限及不具備數據加密功能之窒礙予以改善；再者以系統軟體優化，解決不易人員操作、基層部隊未能有效普及之問題，提高系統運用能力；最後才考量系統整合要求，而憲兵作戰重點在衛戍區，與全島系統整合雖有必要，但以作戰

層面來看，如在有限度的預算下應採取有限度整合較有效益。

(二)整合多方意見，重視基層需求

在執行建案程序時，多以作戰需求為規劃前提，從而忽略管理、執行及維保階層的想法，而本研究採用AHP研究方法，可以看出各層級所考量因素不同，而獲得更適當的結果。而此次各層級問卷也反映出了執行階層所面臨的問題，應從實際系統操作及勤務所面臨通信能力為主要提升方向，在憲兵原衛戍區及全島無線電建案中，不管在網管平臺介面、調度派遣臺等系統的操作上大多採用原廠全英文介面，雖然國軍在雙語上的推廣不遺餘力，但基層人員在操作上無法像中文化介面或是圖形化介面般簡易流暢，倍增人員的訓練難度。另目前憲兵TETRA無線電系統雖然在任務地境室外涵蓋率已達90%，但實際執勤人員卻反映出在複雜環境下，無線電訊號轉發設備的能力有限，無法滿足勤務需求。鑑此，在次準則「網管平臺綜合管理能力」、「轉發設備有效訊號延伸」在整體優序也來到第4及第5，也可做為未來建案的重要參據。

(三)掌握關鍵因素，有效整合提升

在本研究綜合分析結果，次準則「部署機動式中繼站臺」、「異質性平臺透通傳輸」及「核心交換機虛擬化」為前3名優序，也是目前憲兵TETRA無線電系統提升暨整合最重要的關鍵成功因素，而上述這3項次準則亦相輔相成，必須同時提升才能發揮其最大效益。機動式中繼站臺建置應以機動力與涵蓋能力為優先，在基層部隊勤（任）務驗證下，目前通信中繼車除了實際涵蓋效能與高山站臺相比有所差異外，其車輛載臺無法拆裝侷限性及須仰賴實體電路與核心交換機構連都是其缺點，如僅調整部署數量、中繼臺大小及載臺，只能提升單站中繼之機動能力，無法提高中繼訊號之涵蓋，故透過異質性平臺取代實體電路並整合升級後之核心交換機，才能在固定中繼站臺遭摧毀或損壞時，迅速開設建立通

信涵蓋，因此，雖然每一項次準則都有其目的，但必須同時提升才能達到最佳效果。

二、建議

(一)優化載臺型式，快速機動部署

在中共敵情威脅下，當面對第一波導彈攻擊時，各通信站臺極有可能遭破壞，現有國軍陸區系統、37系列跳頻無線電機等需要透過中繼延伸通信距離之裝備，均會受到影響，造成各部隊無法通聯，而憲兵基於自身任務性質相較於其他軍種，無線電的能力上明顯是較具有優勢的，故在系統建立應重點考量戰場存活率及其恢復能力。目前各家廠商技術能力，中繼站臺已微型、輕量化，而為提升戰場存活率，除了部署機動中繼站臺外，機動核心交換機更能強化系統韌性，再結合交換機虛擬化、多路由備援，可構成堅韌之通信網路。

(二)結合異質平臺，發揮通信效能

在各國TETRA無線電系統發展趨勢中，結合異質性平臺已蔚為趨勢，而結合異質性平臺所面臨最大的問題在於傳輸保密，目前臺灣行動通訊4G/LTE、5G不管是頻率還是基地臺均是由通信業者所掌握建置，如需運用在軍事方面，在加密端之整合不易克服。故憲兵在自建異質性傳輸平臺建議優先運用微波或是衛星，雖然在方便性、通聯能力比起行動通訊有所差異，但各項頻

率、設備均掌握在國軍內部，通信安全性及穩定性較有保障，另可視任務機密等級有限度的與業者行動通訊傳輸結合，對於TETRA無線電系統的通信能力幾可達到「部隊在哪，通信就到哪」之程度。

(三)國防自主優先，完備加密機制

憲兵TETRA無線電系統在前案執行期間之所以會延宕，並遭審計部、監察院查察，最大的原因就在於中科院不具備製造與TETRA系統結合之保密器能力，且國外原廠不願意提供設備原始碼，導致最終由國內廠商另行研製外掛式保密器取代原內嵌式保密晶片，雖然在保密功能上符合國安局標準，但造成其功能、整合及便利性均劣於其原廠設備。本次研究綜合分析次準則「強化加密技術」雖然排在第10優序，但前車之鑑不可不防。故在執行建案時應審慎評估加密機制需求，並結合國防自主政策，以培植我國科研單位關鍵技術水準為先，確能符合未來作戰需求，可更有利於憲兵TETRA無線電系統提升與整合。

作者簡介

李建鵬中校

國防大學管理學院國管中心教官

范綱峰少校

國防大學陸軍指揮參謀學院學員