

以RoIP整合本軍特高頻 無線電機運用之研究

作者簡介



陸玉珠中校，專業軍官班82年班、陸軍通校正規班90年班、國防管理學院指參班94年班；曾任區隊長、隊長、密碼官、教參官、無線電教官、研究教官、主任教官；現任職於國防大學管理學院國防管理戰略班學員。

提要

- 一、本軍特高頻37跳頻無線電機，具有數據傳輸、預置波道及自動中繼轉發等功能，可抗電子干擾，且保密性佳，能符合現代戰場複雜電磁環境下之通信要求。
- 二、指揮官透過通資系統指揮管制部隊，並運用資訊協助下達決心完成任務。本軍野戰通資系統提供傳輸媒體與終端設備，支援部隊遂行戰術行動與救災任務。
- 三、各項通資裝備均有其特性與限制因素，隨著資訊科技不斷更新，通信與資訊的整合運用對現代戰場日顯重要。若能妥善運用無線電網際網路通訊協定整合特高頻無線電機，將可發揮更大效能，並提升支援能量，確保其機動性、存活力及持續力，達成通信作業要求。

關鍵詞：RoIP、無線電網際網路通訊協定、特高頻無線電機



前言

通資系統主在將重要資訊及時送達適切之處，以利部隊在複雜的作戰環境中能掌握契機及達成任務。本軍野戰通資系統透過有、無線電、光纖、多波道、衛星、網際網路等傳輸媒體終端設備，支援部隊指揮管制，下達決心完成作戰與救災任務。並依統一活用、形成重點、講求節約、保持彈性等通資運用原則，在通信作業迅速、確實、安全三大要求指導下，達成支援任務。就野戰通資裝備而言，均有其特性與限制因素。其中特高頻無線電機，其機動性較佳，保密性較好，為野戰通信之主力。

傳統特高頻無線電機以固定頻率方式通連，訊號易遭受電子干擾監聽，甚至偽冒，影響指揮官命令傳達。本軍已於101年元月全面換裝37跳頻無線電機，裝備採用亂碼來控制頻率之改變，其載波頻率隨著時序不同而變換，使敵人很難竊聽、截收、干擾及定位，能肆應電子戰環境需求。內建保密功能提供各級部隊安全的無線電通信網路，而預置波道功能可增加裝備使用彈性，可有效支援機動、跨作戰區及陸空連絡，滿足任務需求。特高頻頻率屬視距通信，容易受地形、地物影響通信效能，對現代大樓林立的环境，影響甚鉅，傳統方法採用中繼臺開設，來克服地形障礙或延伸通信距離，但造成頻率資源使用之排擠。

若能以無線電網際網路通信協定(Radio over Internet Protocol, RoIP)，加以整合特高頻無線電機，以建立更彈性的無

線電通信環境，將可提供快速、安全、可靠、靈活的通信能力，增加多重路徑之選擇，以便能迅速的取得戰場資訊，爭取更多的作戰反應時間，進而增強通資電戰力，提升無線電機整體效能，透過數位交換機及陸區系統整合，更增加裝備運用彈性，為本文研究目的與動機。

本軍野戰通裝概況與檢討

本軍現行之通資系統傳輸平臺，採「多手段、複式配置」，傳輸方式區分有線電系統(包含營區交換機及野戰交換機)、無線電系統(包含高頻、特高頻及超高頻無線電機)、多波道機系統、陸區系統、衛星通信等，以下就當前野戰通資裝備現況及檢討加以分析：

一、通裝概況

(一)有線電通信

有線電通信保密性佳、通信容量大、接轉迅速、信號品質較為穩定、可直接交談(或會談)且不易受電子干擾等特性；因線路架、撤費時，易遭破壞、維護困難，通信距離亦受到限制，¹因線路架設撤收所需時間較長，且機動性較差，不適宜運用在機動作戰。

旅現有之KY-32野戰數位交換機，能於車輛靜止時開設系統，但須介接中繼電路方能與上、下級單位構成連絡。另外，透過無線電中繼類比信號入口，可結合37跳頻無線電機，構成有、無線電整合。惟須藉由人工接轉，雙方可於半雙工模式下通話，另有不易撥通，訊號品質較不穩定，發話速度不可過快等問題。

1 陸軍司令部編印，《通資電部隊指揮教則》(臺北：國防部，2009年3月)，頁2-1-8-9。

(二)無線電通信

無線電具有架撤迅速、機動性高、通信距離較遠、通信單位階層較廣、較易克服地障、超越敵控制區，及可對海空連絡之特性。然受限調製方式、頻率、頻寬及信號種類等必須相同，且在通信距離內，始可互通；其中特高頻(Very high frequency, VHF)受地球曲面限制，屬視線距離通信；受天候、地形、季節、太陽黑子影響，天然或人為之干擾，而影響其可靠性；保密性較低，易被敵人偵測與截收，且不自知，須有良好之電源設備。²

無線電機因便於攜行，其具有極佳的變換位置能力，符合作戰戰場機動性強之要求，可直接互通或因距離過遠或受山峰、高地等高大障礙物阻礙，無法構成連絡時，即開設中繼臺。³若能制定安全的標準及結合有、無線電系統之運用，增加指揮官之指揮幅度，並有效掌握其所屬部隊。本軍目前已完成全島無線電中繼臺規劃，經演習驗證狀況良好，缺點是同時須占用多組頻率，影響跳頻頻率分配。中繼臺可運用於跨區增援，可提供指揮官於機動中指揮部隊，平時則作為災情廣播或緊急救難用。

(三)多波道通信

可減少線路架設、增加通信容量、縮短架設時間、增加運用彈性、減少洩密機率、肆應機動要求及需要較大電

源等特性。無線電多波道無法於機動中通信連絡，在城鎮中亦須利用制高點(如樓頂)，通信限制條件同特高頻以上無線電通信。⁴

多波道僅能傳送語音信號，須於靜止時定點位置開設，因使用定向天線，系統構連較費時，主在藉收容KY-32野戰數位交換機，可建構野戰機動指揮所旅、營間之有線電用戶連絡。

(四)陸區系統

「陸區系統」為陸軍戰術區域通信系統(Improved Mobile Subscriber Equipment, IMSE)之簡稱，是目前陸軍現有具較完整可傳送數據資料之作戰通信網路，可於戰場環境下，提供軍團作戰地區內固定及機動用戶通資服務，並具備各種中繼、用戶終端加密設備及密鑰，但其架設時間長且易於被偵知與摧毀。另一方面，陸區系統僅建置到旅級指揮部及部分營級單位(如砲兵營)，無法完全提供聯兵旅其他各級部隊使用。可開設指揮官機動臺MRT，車輛機動時可於有限區域範圍內通連，能滿足戰術應用需求。⁵

陸區系統透過自動戰鬥網路無線電介面(Auto Combat Network Radio Interface, ACNRI)，可整合國軍特高頻無線電機。⁶建立有、無線電用戶於半雙工模式下通話。

(五)衛星通信⁷

2 陸軍司令部編印，《陸軍電子通信訓練教範》(臺北：國防部，2010年10月)，頁1-2-5-7。

3 同註1，頁6-4-49。

4 同註1，頁2-1-19-20。

5 陳勝昌、徐建安，〈GPS、GIS及GPRS結合於陸軍車載通訊系統之研究—以聯兵旅為例〉《國防雜誌》，第26卷第4期，2011年8月，頁59、60。

6 周守義，〈戰術區域通信系統介面整合之研究〉《陸軍雙月刊》(臺北：陸軍學術雙月刊，2006年12月)，頁67。



特性：傳播距離遠，涵蓋範圍廣；微波通信干擾小，且較易克服地形障礙；頻道寬、容量大，通信品質良好；保密性佳，增加運用彈性；機動性高、抗毀性強等。

限制：系統繁雜且投資金額高；低高度衛星之環繞地球週期較短，因此，可能發生轉接問題；我國非會員國無法申請發射衛星，須租用或投資他國衛星；器材維修不易，且對零件信賴度要求極高；電磁波受宇宙雜音、電離層吸收衰減及電離層閃爍影響等。旅級建置之衛星電話裝備，為通信備援或緊急救援時使用，其天線須於固定位置並對準衛星信號，方可構成通連，亦無法於機動中使用。

二、檢討

綜合上述分析，野戰中通信仍以機動性較佳、保密性較好之37跳頻無線電機為主，因發射功率及地形會影響通信效能，透過數位交換機或陸區系統，雖可延伸通信距離，因半雙工模式下通話，造成效果不佳、通連不易、可靠度低等問題，可藉助新的資訊科技提升野戰通信支援能力。目前國軍骨幹網路早已完成建置，本軍資訊基礎建設亦已逐漸完成，RoIP亦為目前趨勢。

RoIP通信系統架構

無線電網際網路通訊協定，一般直譯為「無線電網路電話」(以下簡稱RoIP)

，是類似網路電話(Voice over Internet Protocol, VoIP)的傳輸方式，從系統的角度來看，是比電話系統多了雙向無線電通信功能，本質上是VoIP再加上PTT(Push To Talk)發話鍵；RoIP在運用上，必須至少有一個網路節點是使用無線電(或無線電結合網路IP裝置)，然後經由IP連接至無線電網路中的其他節點。⁸

一、RoIP特性

RoIP是基於IP透過網路傳輸語音的一種服務，它是透過Internet或Intranet網路提供，以語音交談為主軸的應用技術。⁹將原來為類比的聲音訊號轉換成數位資料，再以數據封包(Data Packet)方式在IP網路基礎上即時傳送語音，達到類似傳統公眾交換網路(Public Switch Telephone Network, PSTN)電話的功能，但實際上的運作卻有其複雜性。RoIP因為利用大量的數位技術，因此，也比傳統的電話網路更具附加價值。¹⁰

RoIP的基本操作方式(如圖一)，是發話端將聲音(語音)信號取樣，然後進行壓縮編碼轉換成數位化資料，依照TCP/IP等相關協定，進行資料封包成IP封包的形式，傳輸於IP網路上點對點(End-to-End)的即時通訊功能；相反地，接收端所接收到的IP封包再把這些語音資料解壓縮與解碼成原數位語音資料，再轉換成類比信號的聲音，達到在IP網路傳輸語音的目的。經由無線電閘道器，連接至IP網路與網路

7 同註1，頁2-1-27-28。

8 維基百科，〈Rodia Over IP〉，http://en.wikipedia.org/wiki/Rodia_over_IP

9 賴柏洲、陳清霖等編著，《VoIP網路電話進階實務與應用》(臺北：全華出版，2010年12月)，頁3-2。

10 黃智群，〈運用代理人機制進行以SIP為基礎的分散式網路電話監聽系統之設計與建構〉，中華大學資訊管理研究所/碩士論文，2006年，頁5。

電話交換機，提供無線電機與IP電話的连接。¹¹

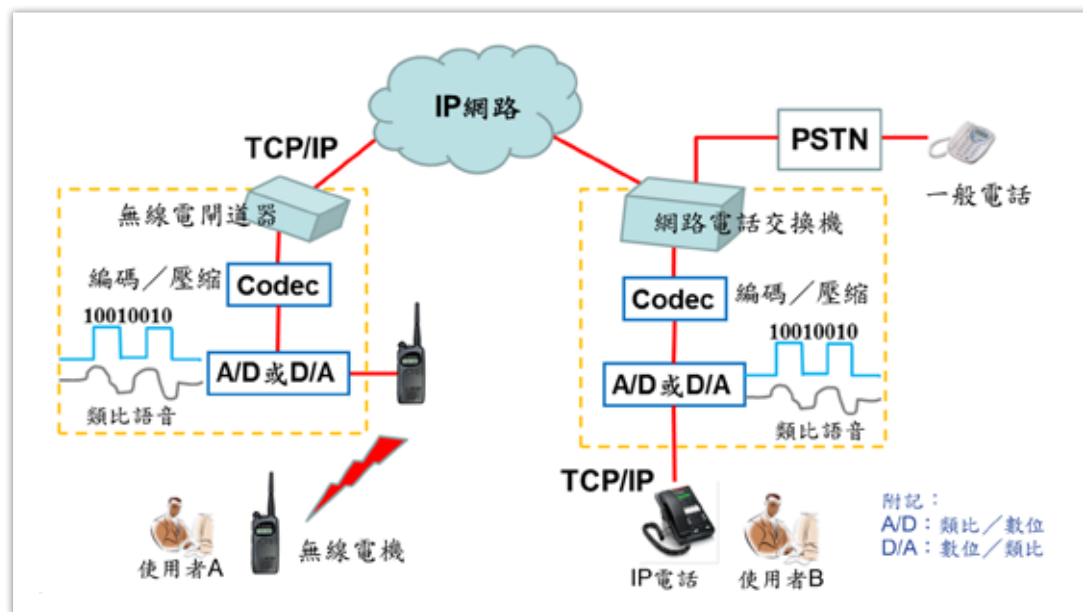
二、RoIP通訊協定

基本上RoIP通訊必須建置兩種類型的網路通訊協定，才能夠達成點對點的具體功能，一為媒體傳輸協定(Media Transport Protocol, MTP)是負責管制雙方溝通內容的傳遞；另外，還須建置呼叫控制協定(Signaling Control Protocol, SCP)，是負責管呼叫信令的控制，SCP現今大致都採用H.323、SIP、MGCP及Megaco/H.248等四種主流的標準協定為主。¹²目前PSTN與IP網路互連RoIP的技術，比較常被提出

來討論的為H.323和SIP兩種；H.323是最早定義多媒體在IP網路上傳遞的標準，但因它的架構複雜且開發成本高，無法滿足在電信網路上需求；目前主要以國際網路工程任務組織(Internet Engineering Task Force, IETF)所制定的會議初始協議(Session Initial Protocol, SIP)使用最為廣泛，¹³其具有開發簡易的特性與功能，在Internet的多樣化服務環境中，所有專家認為SIP將會是下一代網路核心的控制協議。¹⁴

語音壓縮編碼技術是RoIP技術的一個重要部分，在目前主要的編碼技術有國

圖一 RoIP的基本操作方式



資料來源：作者自行繪製及同註⁹。

11 同註9，頁3-2-4。

12 同註9，頁4-1-2。

13 蔡宗榮，《以SIP為基礎之多定點網路電話系統》，國立高雄大學電機工程研究所碩士論文，2010年，頁4。

14 同註9，頁4-1-40。



際電信聯盟(ITU-T)定訂的音頻編碼方式G.729、G.723、G.711等。在交換網路中，語音品質是否能得到很好的保證，語音編碼就需具有一定的靈活性，即指語音的編碼速度、編碼寬度的可變化及肆應性。不同的編碼方式，其結果就會得到不同聲音品質與資料量多寡，壓縮量越大使用越小的頻寬，在解碼還原時就無法還原，所得到的語音品質就一定會很差。因此，語音品質、環境因素與成本間必須取得平衡。¹⁵

三、RoIP系統架構

RoIP是以IP技術為基礎，其架構由許多不同類型的元件所組成，功能特性非常類似線路交換網路，需要能執行像PSTN能做的相同工作，且能操作與管控系統上的IP網路、無線電閘道器、網路電話交換機及用戶終端設備等，¹⁶圖二為RoIP系統架構圖。

(一)IP網路

網路電話架構是經由網路環境來達到通話的目的，各組成元件之間是靠IP來作溝通，且必須要確保語音和信令封包，能順暢的傳輸於RoIP各元件之間。

(二)無線電閘道器

在網路架構上語音通話傳輸，必須有一個閘道器來執行資料轉換工作，其主要是促成兩個不互通之電話網路系統之間的轉換，用以負責轉換一種信令協定至另一種信令協定，也就是發送端的閘道器把已封包的語音資料，透過IP模式經由網路轉送至另一個IP位址的所在地。

無線電閘道器主要扮演執行通訊的控制功能，可將無線電機之類比語音轉換為數位語音封包，利用「IP網路協定」來傳輸語音，並可註冊於網路電話交換機及支援話機之撥號信號。37跳頻無線電機所配賦之電話撥號盤，以雙音調多頻率(Dual Tone Multi-Frequency, DTMF)按鍵為基礎，將0~9數字鍵和「*、#」，均分別用高、低頻兩個為正弦波的單音頻合成信號來代表。雙音多頻式頻率表(如表一)，採用兩個同步的頻率指定組合，每一個按鍵都是由一個高頻及一個低頻所合成的複頻聲音，可以防止誤撥的情況發生及背景噪音造成的誤判。¹⁷透過無線電閘道器可將信號送至網路電話交換機，不須人工轉接即能與網路電話(或一般電話)直接通連。

(三)網路電話交換機

網路電話架構中最少需有兩個網路終端設備，和彼此所對應的IP位址與通訊埠編號(分機號碼)，由網路電話交換機(IP Private Branch Exchange, IP PBX)負責將這些IP位址與實際電話的號碼對應的轉換工作。在圖二中，網路電話交換機功能與傳統交換機功能相同，可將網路電話用戶做信號交換使其能相互通連，無線電閘道器經由網路電話交換機設定，可視為一個單一用戶，透過網路電話交換機與網路電話(IP Phone)用戶直接撥號通連；另外，透過網路電話交換機，亦可與傳統電話用戶通連。本研究所使用之X-6004 IP PBX，具有4個Trunking

15 同註9，頁3-8。

16 同註9，頁3-12-17。

17 同註9，頁1-13-14。

表一 雙音多頻式頻率表

DTMF		高頻率群組Hz			
		1209Hz	1336Hz	1477Hz	1633Hz
低 頻 率 群 組 Hz	941Hz	1	2	3	A
	697Hz	4	5	6	B
	770Hz	7	8	9	C
	852Hz	*	0	#	D

資料來源：同註¹⁷。

擴充槽，包含T1、FXO、FXS等；其中FXO(Foreign eXchange Office)為外線卡，可連接由局端送來的電話線、PBX內線及送出DTMF訊號完成撥碼動作。FXS(Foreign eXchange Station)為內線卡，用來連接電話機、傳真機、PBX外線，提供撥號音與電壓。

(四)用戶終端設備

是網路通訊雙方的一個裝置，用來開始通話和結束通話過程中語音資料傳輸的節點，如37跳頻無線電機之電話撥號盤、傳統電話、網路電話等。

以RoIP整合特高頻無線電機運用分析

通資整合能力影響作戰成敗，優異的通資品質，可使指揮架構內不論橫向或縱向流通，均能達到即時同步，符合即時戰場空間資訊要求，以RoIP整合特高頻無線電機，除可提升通信品質、靈活性與機動性外，更能增強戰場存活力，期符合通資運用原則與作業要求，整合運用研析如下：

一、RoIP整合運用規劃

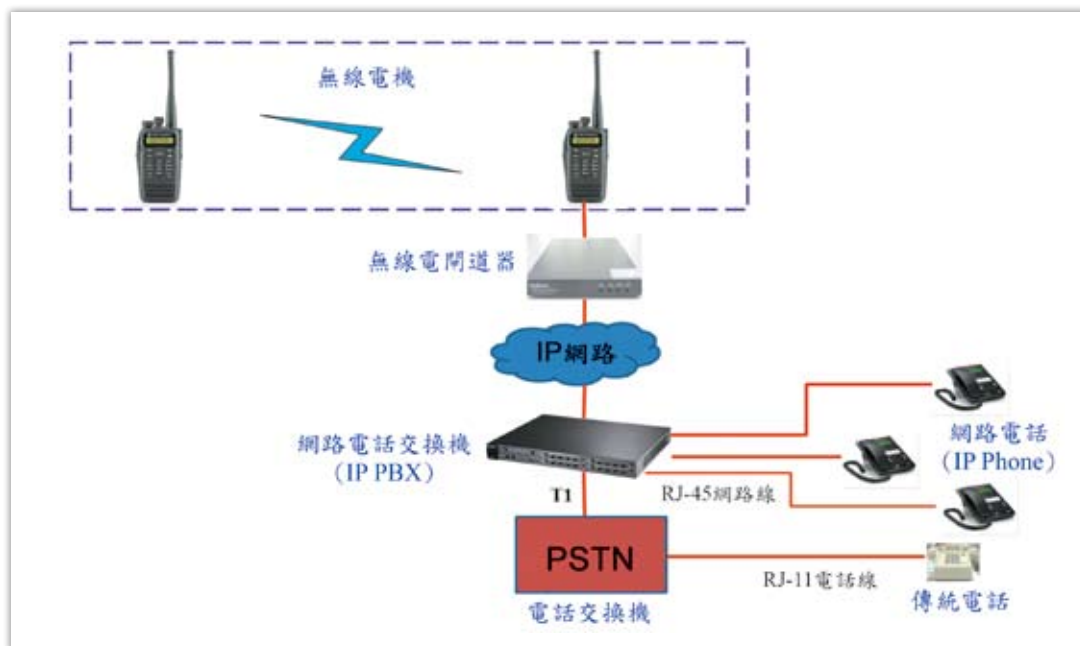
頻率為一有限資源且具有排他性，因中繼臺開設須同時使用兩組頻率，開設愈多中繼臺所占用頻率也愈多，會影

響頻率使用上之彈性。本研究運用RoIP技術，整合有、無線電系統，使特高頻無線電機，不須人工接轉即進入國軍六碼電話系統構連，可延伸通信距離及降低電磁輻射，提高通信安全及裝備效能。RoIP整合運用規劃示意圖(如圖三)，以37跳頻無線電機之電話撥號盤撥打TEL：xxx222，信號經由無線電閘道器編碼壓縮成IP封包，網路電話交換機，會判斷是否為網路電話(IP Phone)，若非網路電話，則依IP位置對應的電話號碼，將訊號經由營區交換機送至傳統電話用戶，構成語音通連；反之，以數位非保密電話(Digital Non-Secure Voice, DNVt)撥打TEL：xxx925，網路電話交換機，會判斷電話號碼IP位置，將信號送至無線電閘道器，並啟動無線電機發送信號至遠端37跳頻無線電機，建立快速、安全、可靠、穩定有效之通信連絡網。

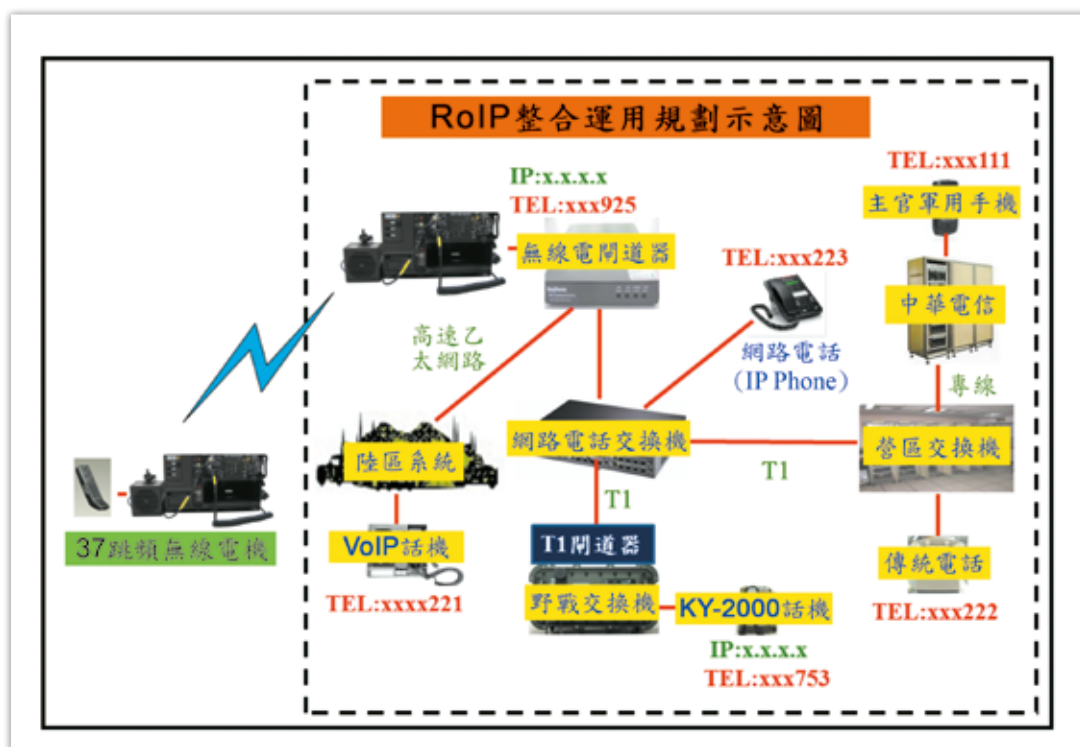
RoIP信號流程如圖四，透過陸區系統(節點交換機)或野戰交換機，可提供雙方有、無線電用戶於全雙工模式下(目前為半雙工模式)通話，信號穩定可靠。亦可藉由中華電信軍租專線，建構37跳頻無線電機直撥主官軍用手機通話。因無線信號具共波網特性，撥號前應恪遵先聽後發之限制(可透過37跳頻無線電機面板檢視，



圖二 RoIP系統架構圖



圖三 RoIP整合運用規劃示意圖



資料來源：作者自行繪製。

是否接收到信號來判斷)，以避免干擾共波網內無線電臺之通話。

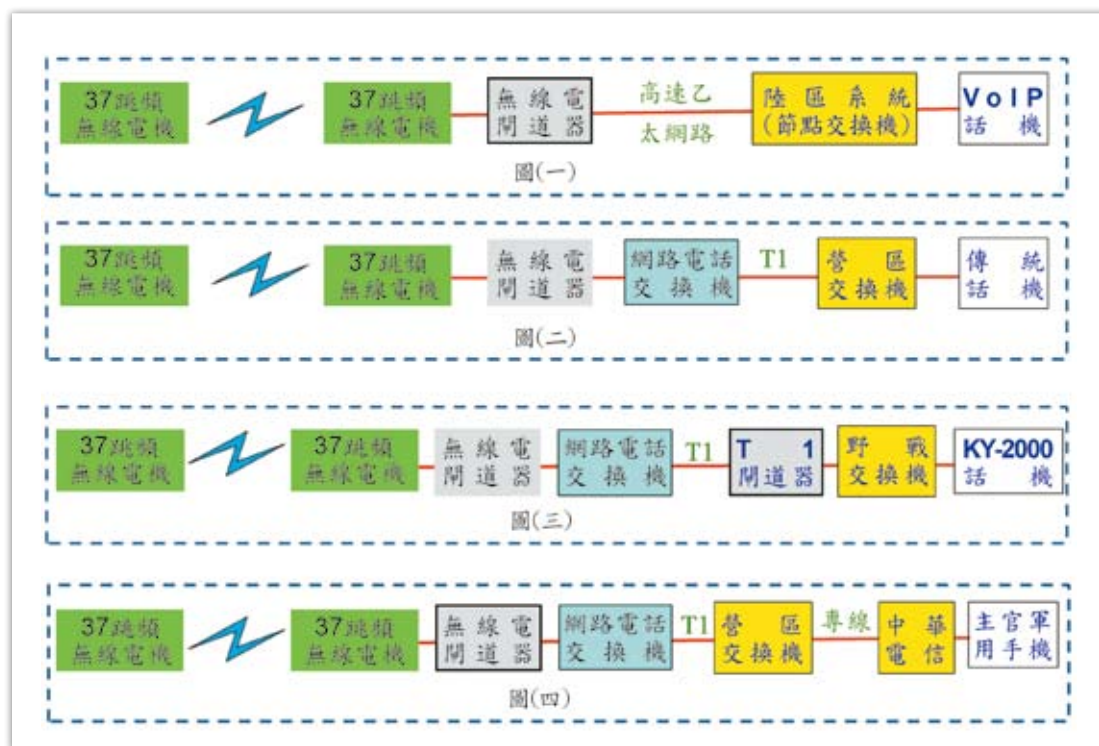
二、增進機動通信效能

臺灣本島地形南北狹長，東西短淺，高山縱橫70%為山地或丘陵地，其中超過300公尺以上之高山計255座，對無線電通信造成很大影響。無線電通信最大的問題就是頻道數有限，單一無線電機通常一次只能跟同一頻道的其他電臺進行通連。另外，就戰場保密的觀點來看，在戰場情蒐中，無線電定向與截收，向來是對於戰力虛實與意圖的重要參考，從電臺發射訊號強度和頻率，就可以判斷該單位是否為重要骨幹，同時根據訊號來源進行三角定位

，大概判斷其可能部署範圍。再者，當無線電訊號突然增加通信量，來判斷對手是否有行動的意圖。¹⁸運用RoIP技術建構有線電自動中繼轉發，縮小無線電使用區域，以降低遭受敵人偵測機會。

通信中繼網路建構RoIP示意圖(如圖五)，當無線電共波網(A、B、C電臺)因距離過遠(或地形因素)無法通連時，利用營區交換機實施中繼，可建立兩端用戶連線。當A電臺以無線電機撥打B電臺(TEL：xxx286)或C電臺(TEL：xxx452)電話，可分別與各用戶通連，提升通信安全與傳輸速度。透過整體規劃全島RoIP無線電閘道器電話號碼，可增進臺澎防

圖四 RoIP信號流程圖

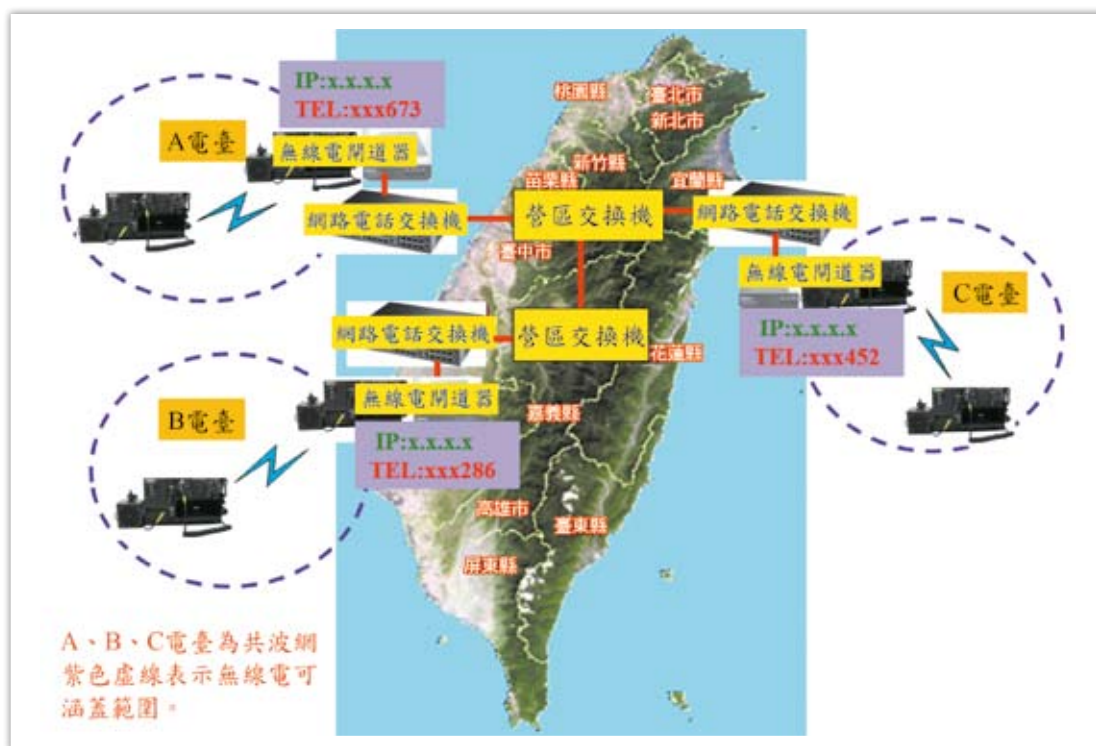


資料來源：作者自行繪製。

18 鳴海裕，〈現代數位化戰場通訊系統〉《尖端科技》(臺北：尖端科技雜誌社，2012年12月)，頁78。



圖五 通信中繼網路建構RoIP示意圖



資料來源：作者自行繪製。

衛作戰部隊跨區增援機動通信運用之彈性。

資訊中繼網路建構RoIP示意圖(如圖六)，藉由國軍網路系統建立中繼傳輸平臺，惟需考量網路頻寬問題。

三、強化野戰通連機制

陸區系統為本軍所屬通資系統之骨幹，基本架構包含節點交換機、通信控制系統、多波道機等，提供固定式電話(區分保密及非保密電話)、IP傳真機及資訊網路，使用戶可利用語音、傳真及資訊手段通連。¹⁹聯兵旅RoIP架構示意圖(如圖七)，旅長指揮車於機動中使用37跳頻無線電機，訊號經由陸區系統送至軍團指揮所，

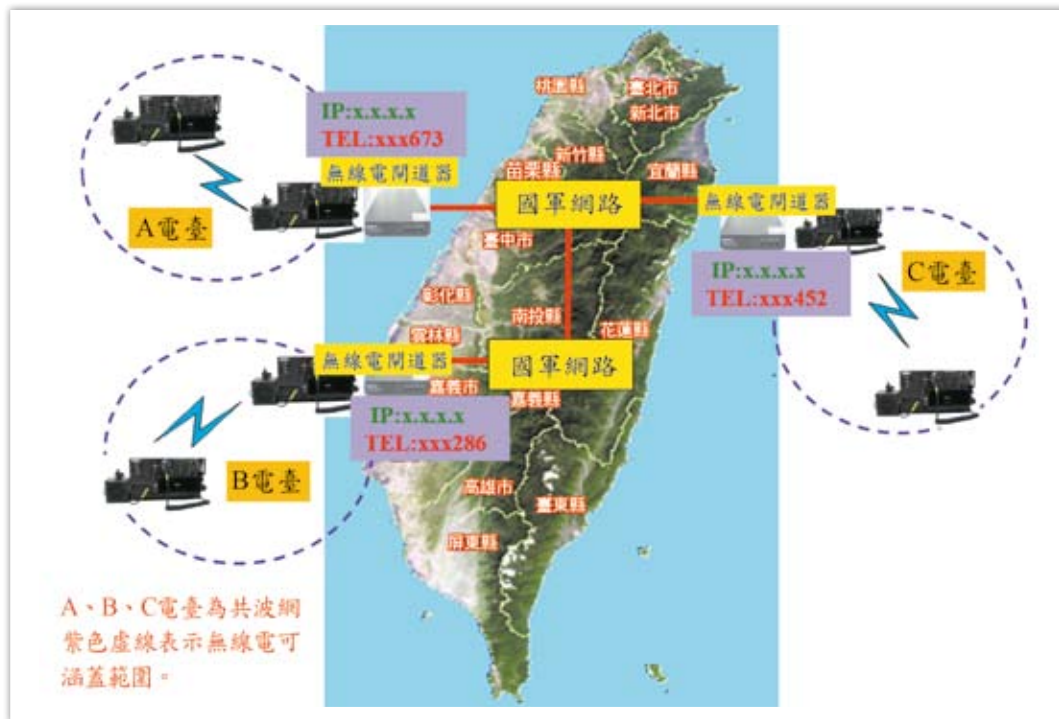
與營區交換機用戶(TEL：xxx523)通話，提升旅級通信優勢。

旅長若需將作業命令下達幕僚群，可直接撥打指揮所內部有線電話(TEL：xxx773)。另外，旅部幕僚若撥打電話號碼xxx775，可迅速將狀況回報旅長，提供幕僚群與旅長連絡管道。

配合本軍旅、營級野戰數據資傳系統換裝案，未來營級RoIP架構示意圖(如圖八)，營長指揮車於機動中使用37跳頻無線電機，可將作業命令傳達指揮所幕僚(TEL：xxx655)；未來透過野戰數據資傳系統，營長可將狀況迅速向上回報；反之，透過RoIP架構旅長可下達作戰命

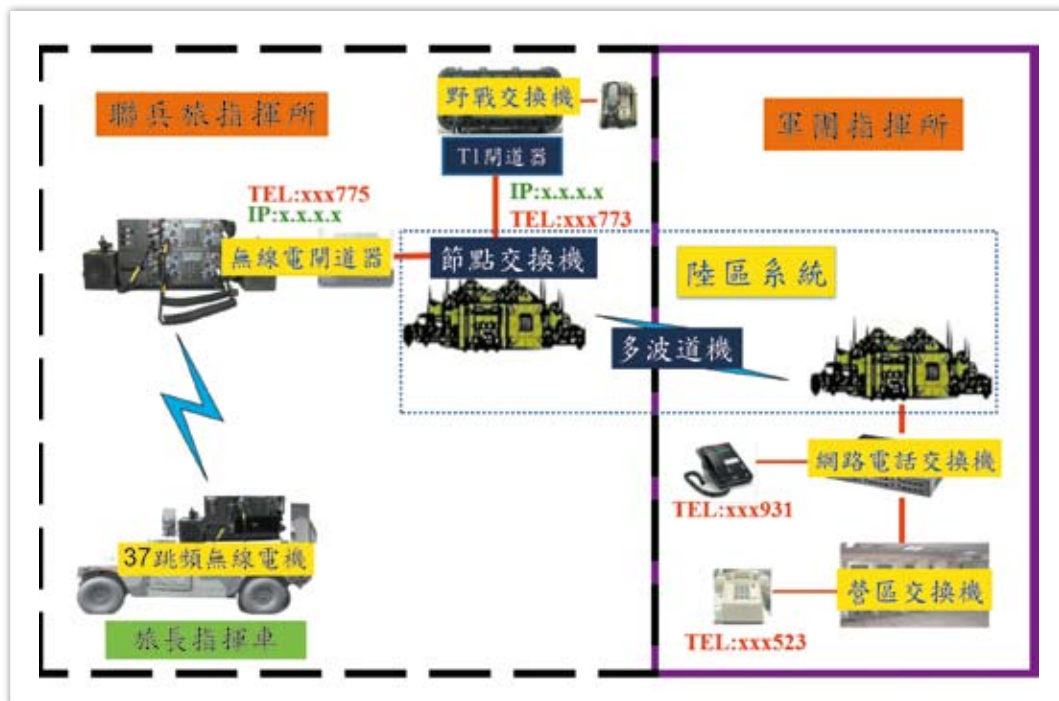
19 同註6，頁63。

圖六 資訊中繼網路建構RoIP示意圖



資料來源：作者自行繪製。

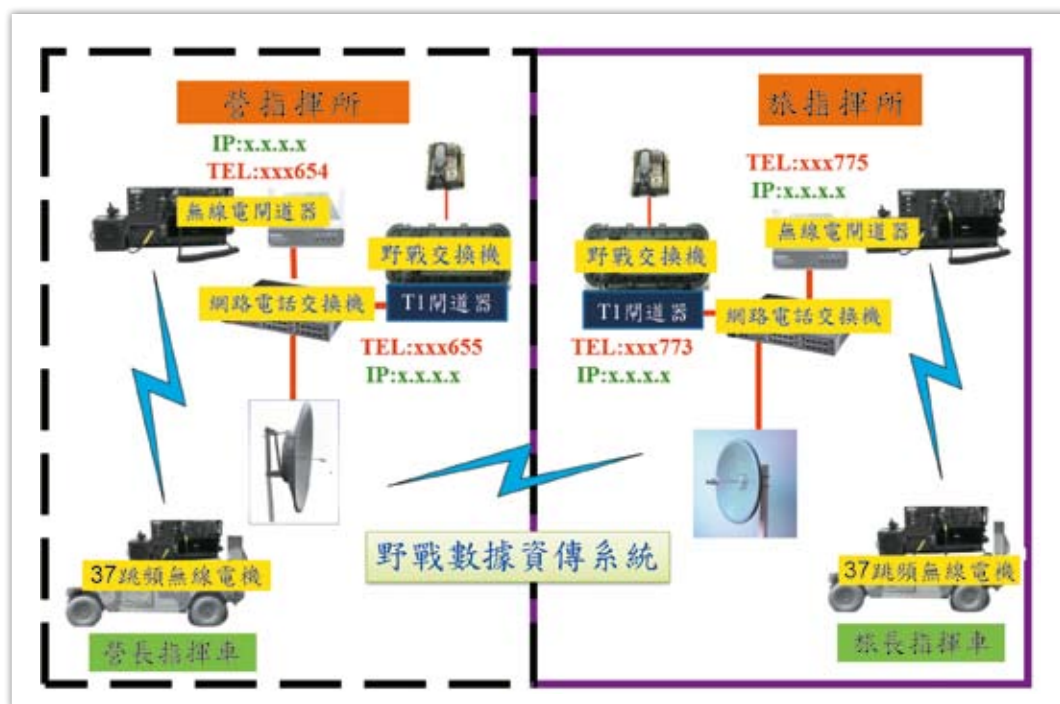
圖七 聯兵旅RoIP架構示意圖



資料來源：作者自行繪製。



圖八 未來營級RoIP架構示意圖



資料來源：作者自行繪製。

令。

四、提升救災作為能量

救災初期狀況緊急，各項通資設施損壞程度難以掌握，唯有無線電機便於攜行，新式37跳頻無線電機之高整合性，能於其他系統未能及時建立時，提供部隊使用。結合中繼臺之整備與網路傳輸交換機設置，更能延伸通信距離並與前進指揮所構連，發揮運用彈性立即建立災防通連機制。

災防通連RoIP架構示意圖(如圖九)，聯防區指揮所運用陸區系統(或微波系統)介接網路電話交換機與營區交換機，協助提供營級指揮所無線電閘道器之資訊

通道。救災初期以無線電中繼臺為主，後續逐次投入陸區系統(或微波系統)，連接無線電閘道器與網路電話交換機，建立無線電與國軍六碼電話直撥系統。惟初期利用無線電直接掌握部隊外，透過RoIP電話架構，使用無線電進入有線電系統，可與災害應變中心(駐地)與第一線救災部隊聯繫。²⁰

結 論

「通信」是部隊指揮運動的關鍵，也是戰場上克敵的不二法門。在現今日趨勢流動的交戰態勢下，通信網路的構連和建立不再是有無線電通信單位的工作，

20 吳永德，〈運用37C無線電機構建災害防救通連機制〉《陸軍101年度通資電戰術戰法研討會論文集》(桃園：陸軍通信電子資訊學校，2012年10月)，頁3-18。

圖九 災防通連RoIP架構示意圖



資料來源：作者自行繪製及同註¹⁹。

因為每一個作戰層級都需要即時和可靠的通訊網路，才能迅速交換情資，避免資訊不透明導致部隊作為和協同作戰上出現問題，²¹妥善運用新的資訊科技整合本軍通裝，將可提升通資支援效能。隨著電子技術日新月異進步，以及戰場上對各種資訊之傳遞需求越來越高，在強調資訊化作戰的今日，因部隊機動能力大幅提升，指揮官在面臨日益複雜戰場環境及瞬息萬變之作戰狀況下，無線電通信在戰場上的需求，更凸顯其地位的重要性。

為確保其機動性與存活力及持續力，通信與資訊的整合運用對現代戰場環境

日顯重要，鑑於網路電話技術發展已趨成熟，RoIP是新一代數位語音整合的一環，所需設備簡單，能增加電話語音傳輸與更大的操作彈性，更重要的是可提供更高品質及增強話質清晰等優點。對國軍指管通信系統來說，最重要的又是可重複配置以增加靈活度，提供更完整、可彈性運用的語音通信平臺，達成戰術與救災支援任務。

收件：102年2月27日

第1次修正：102年3月26日

第2次修正：102年5月1日

接受：102年5月27日

21 同註18，頁76。