



電話交換機中繼路由精進之研究

作者/彭榮鈺

提要

- 一、不同戰術位置或區域分配之電話路由可能改變使用者的電話號碼，帶來不便並增加設備操作之複雜性。
- 二、國軍使用之電路型、網路型、混合型三種路由架構，並透過實驗測試這些架構在交換機實體位置變動時的號碼攜帶穩定性和路由靈活性。
- 三、路由配置與通信效率的互相影響，尤其是在通信連續性和便利性方面，路由配置之調整和整合實用性，以適應快速變化的通信需求技術。

關鍵詞：中繼路由、通信系統、號碼攜帶

前言

隨著現代戰爭高度動態和技術性，軍事通信系統之靈活性和穩定性非常重要，中繼路由方式作為電話通信的核心組件，必須能夠應對快速變化之戰術環境。特別是在野戰條件下，交換機之地理位置和配置可能會頻繁變動，這對於通信系統編碼和路由有獨特的挑戰，當野戰式電話交換機要轉移至不同戰術位置時，常規之中繼設置可能導致無法保持原有的電話號碼，特別是其局碼部分。這種局碼之變更不僅影響通信連續性，也增加了戰場上操作複雜性和規劃困難。

目前野戰式電話交換機運用中面臨主要問題，當交換機因戰術位置需要而更換位置時，通常需要重新配置中繼路由和電話號碼，這也包括民營軍租電路，這不僅耗時而且可能在關鍵時刻影響通信效能，對局碼的依賴限制了交換機在不同戰術位置快速部署和靈活應用，在不違反規則下，以技術探討突破的可能性及攜碼限制。

本研究主要探討如何在交換機轉移後，不更改原始局碼和用戶碼，保持電話號碼的一致性，¹從而提高通信連續性和操作便利性，透過這種方式，使用者可以不必改變其通信習慣，即便在高度動態的戰場環境中也能保持有效通連。

研究方法包括編碼原則針對各種路由架構之遵循，以及電路與網路中繼性能分析，設計並實施實驗，測試各種架構在不同環境下之性能，特別是號碼攜

1 Tim Obermier < The Crucial Role of Local Number Portability in Today's Telecommunications Industry > · <https://doi.org/10.21061/jots.v27i1.a.8>，(檢索日期：113年4月25日)



帶的執行力與靈活性。而研究限制包括路由器設定受限，動態主機配置協議 (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) 應用受到限制，² 研究中也因規模與資源影響交換機規模與數量及壓力測試不足之影響，未能充分反映實際操作中的複雜性。最後提出改善現有系統編碼和攜帶號碼相關建議，協助提升通信系統的設計與執行效率。

國軍電話系統架構與編碼之概述

一、電話交換機簡介

電話交換機包括「AVAYA 固定式電話交換機」(以下簡稱 AVAYA)、「FIT-50 野戰式電話交換機」(以下簡稱 FIT-50)，以現今有線電通信中扮演關鍵的角色，不僅提供固定通信網路中發揮著重要作用，也是國軍六碼軍線電話之核心。

(一)AVAYA

本裝備由多項裝備模組所組成，包括交換機模組、電話機模組、電力模組、環控模組、通信保密模組等之組成，³ 系統主要以 AVAYA 軟體驅動，因此稱為 AVAYA (如圖 1)。這款裝備建置於旅級(含獨立營區)以上層級，能提供聯兵旅(含指揮部)語音、數據、視訊等多種通信方式，提供六碼軍線通信服務。



圖1 AVAYA實體外觀
資料來源：作者拍攝

2 臺灣微軟股份有限公司〈動態主機設定通訊協定(DHCP)〉，<https://learn.microsoft.com/zh-tw/windows-server/net-working/technologies/dhcp/dhcp-top>，(民國 113 年 11 月 2 日)，(檢索日期：113 年 11 月 10 日)

3 〈陸軍網路交換機 AVAYA 操作手冊〉，(桃園龍潭：陸軍司令部，民國 111 年 9 月)，頁 1-1~1-8。



1.通信協定

AVAYA支援多種通信領域中使用的標準與協定，包括語音編碼格式G.711、G.723、G.729，通信協定H.323以及SIP(Session Initiation Protocol, SIP)。⁴這些通信協定涵蓋了音訊壓縮、會議建立等多個方面。G.711提供無損音質，G.723和G.729則在節省頻寬上的消耗同時兼顧通話品質。H.323和SIP則提供多媒體通信之高相容性(各協定說明參照附表)。

2.中繼種類

在中繼種類方面，AVAYA提供包括T1/E1 (T-Carrier Level 1, T1/European Digital Signal Level 1, E1)、FXO (Foreign Exchange Office, FXO)、SIP Trunk。這些中繼方式允許不同通信設備之間連接，從而實現更靈活的通話組織。T1/E1提供數據和語音傳輸，FXO則提供與公共交換電話網路連接，而SIP Trunk則使國軍透過網路建立虛擬的中繼通信通道。

(二)CS/FIT-50

FIT-50新野戰式電話交換機為我國軍地面部隊所使用之交換機裝備(如圖2)，⁵主要提供主戰部隊野戰通資系統構連及有線電電話通信之運用。本裝備組成包括通信整合主機、野戰型分線箱、SMR電池組、網路交換器、語音介面盒等設備，能提供聯兵旅(含指揮部)、營、連級語音、數據、視訊等多種通信方式，提供野戰指揮所六碼軍線通信服務。



圖2 FIT-50實體外觀

資料來源：國家中山科學研究院，〈「野戰交換機汰換案」O級教育訓練教材〉

4 謝福盛，〈VoIP 電話與傳統電話結合之研究及實作〉，(臺灣博碩士論文知識加值系統：國立臺北大學通訊工程研究所碩士論文，民國 98 年 7 月)，頁 10~13。

5 國家中山科學研究院，〈「野戰交換機汰換案」操作/維修技術手冊(CDRL-11)〉，(民國 111 年 9 月 2 日)，頁 3~9、10、12、20



1.通信協定

FIT-50支援語音編碼格式G.711、G.729以及通信協定SIP。

2.中繼種類

中繼包括T1/E1、FXO、MRD、E&M以及SIP Trunk。這些中繼方式使得FIT-50能夠適應不同種通信介接需求。從傳輸語音到數據，SIP Trunk更能支援各種現行通資系統的整合能力。

二、電話路由架構簡介

國軍電話通信系統係由全網路架構型態，建立節點與節點之間非實際實體纜線之網路構連，⁶不僅滿足日常電話通信需求，也能靈活適應作戰部署需求，透過各式中繼介面，系統能夠將野戰或臨時電話服務接入國軍電話網路環境，實現多樣化交換系統互通。

(一)固定式電話路由架構

固定式電話交換系統主要由AVAYA構成之通信交換節點，透過多台位於不同地點之路由管制中心進行訊號收容和管理，其傳輸部分均依賴光纖技術(如圖3)。通信交換節點訊號由路由管制中心實施訊號收容後，根據目標電話號碼分配並選擇指定之最佳路由進行派發，達到低延遲與穩定之電話通信。

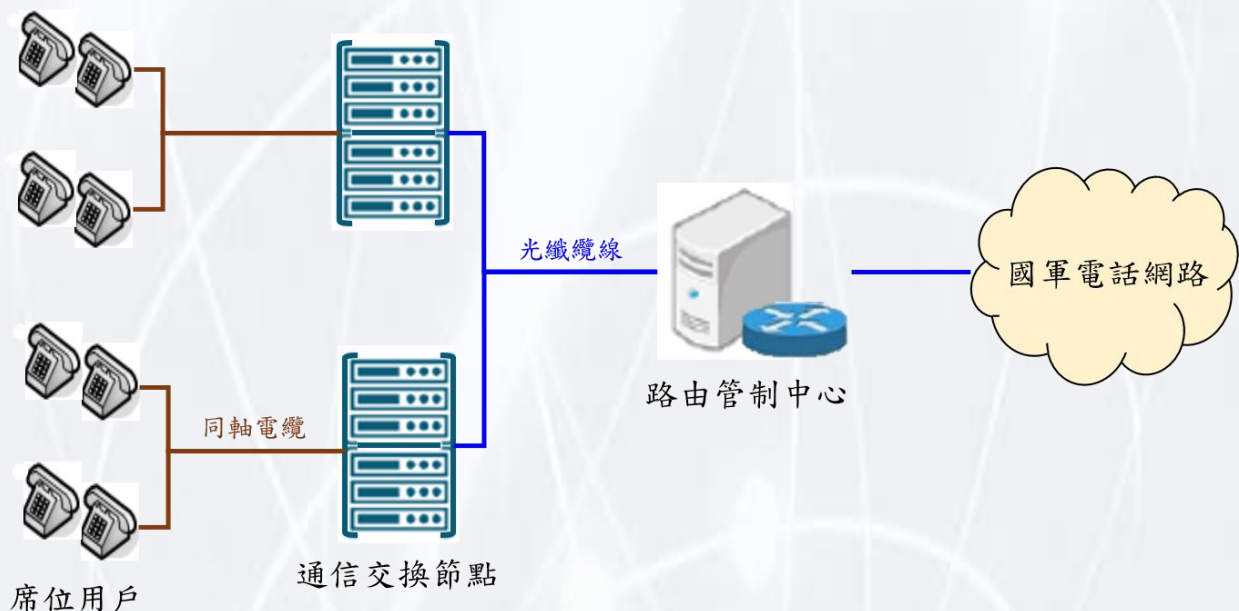


圖3 固定式電話交換系統架構圖

資料來源：作者整理，參考<陸軍網路交換機AVAYA操作手冊>

6 <陸軍網路交換機 AVAYA 操作手冊>，(桃園龍潭：陸軍司令部，民國 111 年 9 月)，頁 1-1。



(二)野戰式電話路由架構

野戰式電話交換機(如FIT-50)針對野戰環境與戰術需求進行設計，具有靈活機動性與快速部署能力，提供於各級野戰指揮中心有線電話之支援。通常透過同軸電纜(被覆線)、無線微波等方式進行訊號傳輸，與固定式電話交換系統構連(如圖4)。由於被視為獨立個體裝備，並非既有電話網路固定組成部分，野戰式電話交換機在運用時須經路由管制中心申請適合之局號及電話號碼，獲得核可之電話號碼方能加入整體電話網路並與其他系統互通；野戰式電話交換機的部署位置亦隨著作戰進程的發展有所變更，每次位置異動可能對電話號碼和路由產生配置上的影響，中繼連接位置需重新配置新路由或電話號碼指向，具體而言每次位置移動後，操作人員需要手動修改交換機配置，重新設定路由指向、更新電話號碼，或迫使用戶不斷適應新席位號碼，以確保通信正常進行。

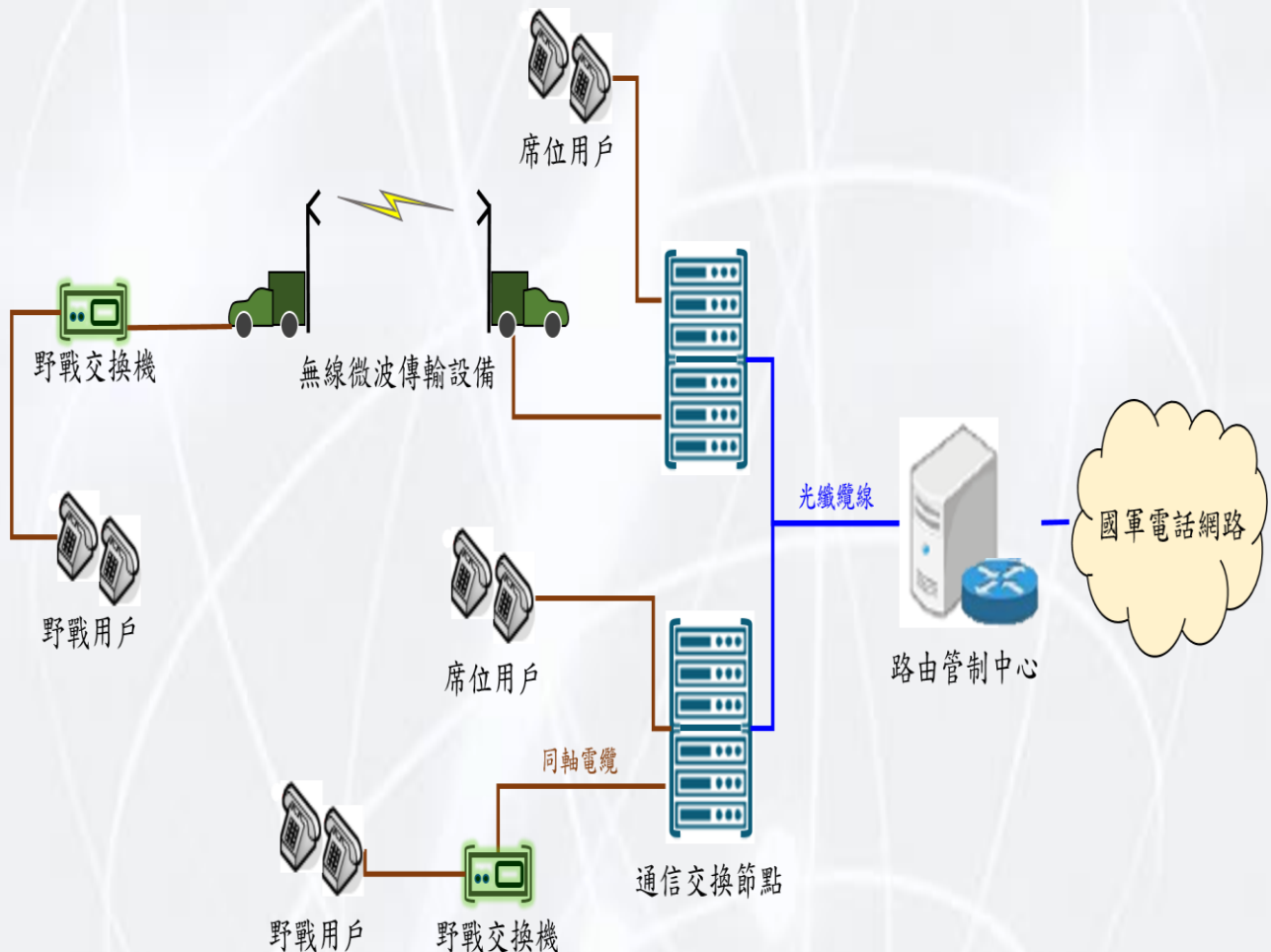


圖4 野戰式電話交換系統架構圖

資料來源：作者製作



三、電話號碼編碼原則介紹

(一)國軍編碼方式

1.起源

民國87年奉國防部政策指導，國軍固定式營區總機均採六碼直撥以減少人員作業；並於民國95年因應總機簡併政策，多數總機改採無人總機，舉凡電話查號業務均由地區總機人員作業。

編碼的目的在於辨認電話用戶位置及中繼路由的選擇，前三碼為局碼，後三碼為用戶碼。自動化直撥系統之構成除了網路規劃外最重要的莫過於選擇訊號設定，交換機根據所接收的選擇訊號識別出被呼叫用戶之路徑，而構成通信鏈路達到直撥目的。

2.編碼規則

所謂選擇訊號即是電話號碼，而整體交換網路號碼之設定與編排則為編號計畫，如果編號計畫不夠詳實，除徒增交換機路徑選擇之困擾，甚至在軟體程式方面修改更是大費周章，而造成錯接之情事，嚴重影響接轉話務，導致電路擁塞，故國軍對編號計畫更必須謹慎行事。

國軍有線自動化編碼計畫(如圖5)，國軍各交換機之容量多在千門以下，交換機數量不多，故採六碼直撥方式，這六碼區分局碼及用戶碼兩種，局碼為2~3碼，用戶碼3~4碼，用戶數多，局碼為2碼，用戶數少，局碼為3碼，例如21局，21局的用戶範圍是21XXXX，X代表數字0~9，所以21局的用戶數是210000~219999，共10,000門用戶數，225局的用戶範圍是225XXX，所以225局的用戶數是225000~225999，共1,000門的用戶數。局碼數字也有它的代表意涵，局碼為區域識別碼，例如部分X代表北部地區、中部地區、南部地區、外離島地區，東部地區等，除此之外特定的局碼也可用於識別特定用途，如GSM軍用手機，中繼線測試碼，聯合查號台，故障申告台，人工台，外線抓取碼。第二碼則區分不同軍種單位碼，從而準確的傳遞通信終端位置之獨特性。

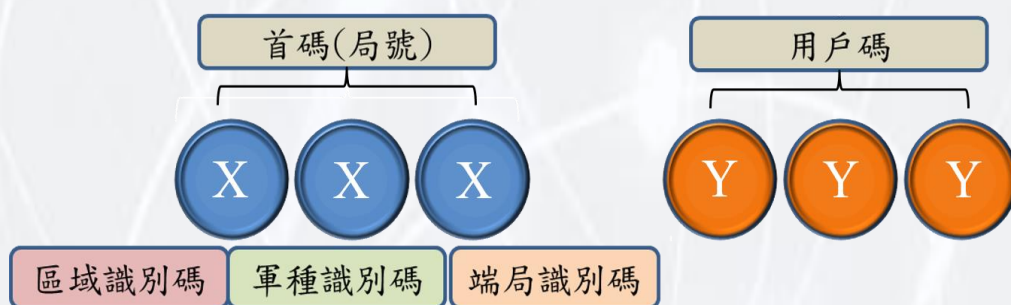


圖5 電話號碼編碼原則

資料來源：作者整理，參考<KY-32交換機操作與保養、FIT-50交換機操作與保養教案>



(二)美軍編碼方式

1.起源

美軍電話編碼方式有其獨特結構與規則，主要是透過歷史上使用之自動語音網路(AUTOVON)⁷系統和現行DSN(Defense Switched Network, DSN)⁸來進行。

(1)AUTOVON

自動語音網路系統在冷戰期間是美軍主要通信系統，於1960年代建立，系統使用多層次優先權功能，確保在緊急情況下重要的通信能夠優先進行，AUTOVON的編碼類似於北美電話編碼計畫，使用三位數的區域碼來覆蓋不同地理區域，每個區域碼對應多個三位數交換碼，交換碼通常對應於每個軍事設施之中心電話交換機，使所有軍事基地內的電話能夠直接撥號。

(2)DSN

AUTOVON在1990年代被DSN取代，DSN是美國國防部主要通信傳輸網路，提供全球範圍非安全和安全語音、數據、傳真和視訊會議服務，設計現代化，能夠處理更複雜的通信需求，並在戰時或緊急情況下提供無阻塞服務。DSN也使用北美電話編碼計畫之編碼系統，並具有多層次優先權管理功能。

2.編碼方式

美軍現行電話編碼方式主要使用DSN，編碼結構支援7位元和10位元交換機撥號，主要包括區號、交換碼、用戶碼(如圖6)。DSN使用特定區號來覆蓋不同地理位置，例如331為非洲司令部、312為美國本土和波多黎各、313為加勒比地區、314歐洲司令部、315印太司令部、317阿拉斯加、318中央司令部、319加拿大等；⁹每個區號覆蓋多個三位數交換碼，對應於各軍事設施的中心電話交換機，例如區號312可能對應多個交換碼，每個交換碼對應於特定軍事基地或設施；後4碼則為用戶碼，例如美國本土軍事基地DSN號碼是312-XXX-XXXX，其中312是區號，XXX是交換碼，XXXX是具體的用戶碼。另外若在區號前加上優先級別碼可優先發送號碼，其包括常規(Routine)、優先(Priority)、立即(Immediate)、閃即(Flash)，並且有特殊的快閃記憶覆蓋(Flash Override)級別，用

7 Dan Maloney <AUTOVON: A Phone System Fit For The Military>，<https://hackaday.com/2020/09/09/autovon-a-phone-system-fit-for-the-military/>(民國 109 年 9 月)，(檢索日期：113 年 5 月 14 日)

8 DEPARTMENT OF DEFENSE VOICE NETWORKS GENERIC SWITCHING CENTER REQUIREMENTS(GSCR) <Defense Switched Network World Wide Numbering and Dialing Plan>，<https://1library.net/document/z33727dz-department-defense-voice-networks-generic-switching-center-requirements.html>(民國 92 年)，(檢索日期：113 年 5 月 14 日)，頁 124~128。

9 同註 8。



於最高級別的緊急通信。



圖6 美軍號碼編碼原則

資料來源：作者整理，參考<DEPARTMENT OF DEFENSE VOICE NETWORKS GENERIC SWITCHING CENTER REQUIREMENTS(GSCR)>

三、小結

本章分析固定式與野戰式電話交換系統於架構上之差異，電話號碼編碼原則對於路由之規劃與效率，存在著密切關聯，電話號碼的攜帶能力攸關於中繼與路由之設計，有效編碼原則與路由規劃提供重要參考和指導，以下針對本章其重點歸納：

(一)固定式電話交換機在穩定環境中使用，路由配置與編碼相對固定，然而野戰式電話交換機必須依據戰術需求變換位置，導致無法保持穩定的電話號碼使用，在異動位置時必須將電話號碼重新分配；另外必須依賴路由管制中心申請新局號與用戶碼，使得電話配置變得繁瑣，不僅增加操作複雜性，也為用戶帶來不便，迫使其不斷適應新的電話號碼。

(二)頻繁變更電話號碼會對用戶帶來不便外，並增加操作手通信管理困難度，攜帶號碼管理與戰術運用需求之間的平衡，成為電話號碼在通信設計中之一大問題，未來應考慮能夠在一定程度上緩解頻繁變更方式，以更好支援作戰運用靈活度。

(三)編碼原則可以幫助識別和區分不同用戶或設備，透過局碼和用戶碼的設置，確保每個通信終端都具有獨立之識別碼，從而有助於路由系統準確的送至訊號目的地。合理編碼原則可以為路由配置提供規則性引導，局碼設置可以直接影響路由方向和選擇，精確的預期路徑進行傳輸。



(四)國軍與美軍的編碼方式在設計邏輯、運用環境與技術應用上具鮮明差異(如表 1)，國軍編碼方式適合靜態通信需求，但需要針對野戰交換機環境進行改進；而美軍動態編碼方式靈活性較強，適合快速變化之戰場需求。

表1 國軍與美軍編碼分析表

編碼方式	編碼架構	靈活性	擴展性	優點	缺點
國軍	以六碼位數(局碼、用戶碼)架構組成。	野戰交換機需頻繁更改局號或路由配置。	局碼對應固定數量用戶，如21XXXX支援10000門用戶。	穩定性高，編碼簡單便於管理與維護。	靈活性不足，編碼範圍限制，擴展用戶數不易。
美軍	以七至十碼位數(區碼、交換碼、用戶碼)所組成。	支援動態路由與編碼調整，交換機移動後號碼無需更改	多層次結構允許大規模用戶增長，較彈性	靈活性強，適應大量用戶增長使用。	編碼管理複雜，依賴高層次編碼管理系統

資料來源：作者製作

儘管編碼原則對於路由規劃擔任重要部分，但也存在缺點，包括鋼性、限制性、複雜性等問題。這些問題可能會導致路由系統在對應新的通信需求和環境變化時出現困難，增加系統管理和維護負擔，可能導致路由混亂和不協調性，為了在實施編碼造成這些狀況，未來政策及規劃單位，需不斷優化和調整編碼系統，以確保通信系統正常執行與穩定性。

交換機中繼介接與路由應用

中繼路由是指在不同交換機之間建立的通信通道，用於傳輸語音、數據和訊號，其關鍵性能包括穩定性、延遲、高頻寬使用率與容錯能力，穩定性是指中繼路由在各種環境下保持正常工作能力；延遲則是訊號在中繼路由中傳輸的時間；高頻寬使用則是中繼路由對可用之頻寬的有效利用；而容錯能力是中繼路由在出現故障的自我修復或替代能力。

一、電路中繼運用

電路中繼(Circuit Switched Trunking, CST)是指透過專用物理電路建立固定的通話路徑，適用於電話交換機通信傳輸，其中繼方式包括類比中繼 FXO 及數位中繼 T1/E1 等 2 種中繼方式。

(一)類比中繼 FXO



FXO中繼接口是一種模擬設備如傳統電話機能夠連接至公共交換電話網（Public Switched Telephone Network，PSTN）的技術，在國軍通信裝備包括FIT-50、AVAYA、VRC-518、維星系統等設備都支援這種中繼通道。FXO裝置接收FXS(Foreign Exchange Station, FXS)提供模擬線路上的震鈴訊號，通信參數為模擬訊號，頻寬為300~3400Hz，通連透過公共交換電話網路(PSTN)進行模擬訊號傳輸，適用於連接傳統電話設備。對於軍方和業界而言極具價值，尤其是在需要確保通信在電力中斷時仍然可用之場合。FXO中繼接口支援基本語音服務，包括撥號、接聽、終止通話等功能。此外，FXO裝置容易安裝與維護，且與各種通信設備兼容，使得它在現代通信系統中仍然保持相關性，尤其是在追求高穩定性的應用中。

(二)數位中繼 T1/E1

T1和E1都是數位中繼方式，用於在電話網路中傳輸語音和數據，在國軍通信裝備包括FIT-50、AVAYA、VRC-518、維星系統等設備都支援這種中繼通道。T1主要在北美使用，提供1.544 Mbps頻寬，24個64 kbps語音通道，而E1則在歐洲和其他地區使用，提供2.048 Mbps頻寬，30個64 Kbps語音通道，使用之技術為分時多工Time Division Multiplexing，TDM)¹⁰。這種高頻寬能力使T1/E1特別適合於軍方和電信業者，其中需求包括高質量語音服務和數據傳輸。數位中繼由於可靠性高和支援的通道多，廣泛應用軍方與民間企業通信系統中。

二、網路中繼運用

網路中繼(Packet Switched Trunking,PST)是基於數據網路(如 IP(Internet Protocol, IP)網路傳輸語音和數據技術，¹¹主要協定包括 SIP 和 H.323 協定，¹²這種方式利用現有的數據網路進行通信，具有更高之靈活性與擴充能力。

(一)SIP 協定

SIP是一種信令協定，用於在IP網路上建立、管理和終止實時通信會話，支援多種通信型式，包括語音、視訊通話和即時消息等。SIP靈活性表現在其能夠適應各種網路環境和與多種終端設備的兼容性，支援UDP(User Datagram Protocol, UDP)、TCP(Transmission Control Protocol, TCP)、TLS(Transport

10 ELECTRONICS | PROJECTS | FOCUS <Time Divion Multiplexing:Block Diagram,Working Differences & Its Applications > , <https://www.elprocus.com/time-division-multiplexing/> , (檢索日期：113年5月11日)

11 Cloudflare<我的IP位址是甚麼?> , <https://www.cloudflare.com/zh-tw/learning/dns/glossary/what-is-my-ip-address/> , (檢索日期：113年5月26日)

12 臺灣思科系統股份有限公司<疑難排解技術筆記-瞭解H.323網守(H.323通訊協定套件) > , https://www.cisco.com/c/zh_tw/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html , (檢索日期：113年5月26日)



Layer Security, TLS)協定，使用5060和5061端口，¹³SIP協定可以有效整合不同資訊多媒體，並支持複雜通信場景，如會議通話，使其在商業和私人領域廣泛應用。

(二)H.323 協定

H.323是一套完整協定，旨在規範在IP網路上進行語音、視訊和數據通信。相對於SIP，H.323在結構上更為嚴謹，提供了一套全面標準，包括終端設備、閘道器、閘道控制器等元素的規範。H.323設計用於確保不同製造商設備間能有效互操作。支援高度的兼容性和擴展性，非常適合需要高穩定性和大規模部署通信環境。H.323嚴格規範使其成為實施大規模視訊會議系統和跨國企業通信網路的理想選擇。

三、中繼分析及比較

(一)中繼方式分析

在選擇適合中繼方式時，需考慮其優缺點以及滿足特定需求，以下說明各種中繼之分析(如表2)。

1.FXO中繼。

這種方式相對簡單且成本低，主要可以直接利用現有PSTN網路，不需要額外專用設備和複雜配置，適合小型系統和低預算環境，由於其彈性較差和擴充性有限，對於需要頻繁變更或擴充的系統來說不適合。

2.T1/E1中繼

提供高通道容量和穩定通信質量，適合大規模、高需求的通信環境，這種技術成本較高，需要專用之硬體設備、交換設備、傳輸設備等，維護需較高技術，特別是在跨區域通信介接領域中。

3.SIP中繼

具有高度靈活性和易於擴充優點，能夠有效整合不同IP交換設備，並支援多種通信型式，其通信質量依賴於網路的整體性能，容易受到網路延遲、封包遺失、頻寬限制所影響，另外SIP中繼需要較高網路安全技術和專業知識來管理和維護。

4.H.323中繼

提供高兼容性和擴充能力，適合大規模部署環境，H.323能確保不同製造商設備之間能有效兼容操作與介接，適合通信穩定性需求高的單位，其設

13 劉興華<簡介新一代網路電話標準SIP>，<https://ctimes.com.tw/Art/Show2-tw.asp?O=HJL119NX5HOAR-STDW>(民國90年1月1日)，(檢索日期：113年5月11日)



置與管理層面相對複雜，需要更多時間和資源，與SIP相比缺乏靈活性。

表2 中繼功能分析表

中繼種類	通信參數	介接技術	通信能力	維護技術	通信媒介
FXO	模擬訊號，頻寬為300~3400Hz。	透過公共交換電話網路(PSTN)進行模擬訊號的傳輸，適用於連接傳統電話設備。	提供一般低容量的語音通信	簡易，維護成本低	類比用戶線路(FXS)
T1/E1	T1：提供1.544 Mbps頻寬，24個64 Kbps通道。 E1：提供2.048 Mbps頻寬，30個64 Kbps通道。	透過分時多工(TDM)技術進行數字訊號傳輸，適用於高容量的語音和數據通信。	提供高容量的語音通信與數據傳輸	複雜，需專業技能	專用線路(電纜、光纖)
SIP	網際網路型式，支援UDP、TCP、TLS協定。	透過IP網路建立、管理、終止通信對話，適用於高容量的語音和數據通信。	提供語音、視訊、網路即時訊息(文字)	需高網路安全技術	IP網路
H.323	網際網路型式，支援H.225(呼叫信令)、H.245(控制信令)、H.264(視訊編碼)、G.711/G.729(語音編碼)	在IP網路上進行語音、視訊、數據傳輸，供高兼容性和擴充性。	提供語音、視訊、數據通信	需專業技能，管理和維護成本高	IP網路

資料來源：作者整理

(二)中繼運用比較

不同種類の中繼有其特定適用時機和運用方式，以下將比較這四種中繼方式在通信系統應用上其實用性(如表3)。

表3 中繼優缺點比較表

方式	優點	缺點	選用時機
FXO	高兼容性、成本低、適合備援	整合性差、擴充性有限、僅單一通道	短期部署、緊急備用
T1/E1	高容量、穩定性高、適合通信整合	距離限制、需專業設備延伸、安裝和維護成本高	規模較廣通信、固定部署
SIP	高靈活性、成本效益高、支援多媒體通信	高網路安全要求、難以快速整合民間系統	規模較廣通信、機動部署、固定部署
H.323	高兼容性、穩定性高	設置管理複雜、信令限制下整合不如SIP	規模較廣通信、高穩定需求

資料來源：作者整理



四、小結

各種中繼方式在作戰通信中的應用須根據具體需求和環境進行選擇，其中包括交換設備、傳輸媒介、介接整合及部署規劃，選擇適當的中繼方式，能有效提升作戰通信的效率與穩定，確保通信系統在不同環境下都能發揮最佳性能與通連品質。此外分析這四種方式也需評估國軍通信裝備之介接能力，是否符合未來運用，這些中繼方式運用對於後續研究電話路由提供中繼運用的參考依據，從中選擇適合之中繼來提出合理規劃。

中繼路由應用測試

一、實驗架構

主要先以目前國軍運用之路由架構進行歸納，區分為電路型路由、網路型路由(Packet Switched Routing)、混合型路由(Hybrid Routing)三種型式，測試電話在實施號碼撥打時，交換機是如何運用路由尋找電話使其通連，再改變交換機位置，以相同方式撥打電話是否可正常通連。路由改變或尋線以及號碼不改動的情況下為本次研究核心。運用陸軍通信電子資訊訓練中心教學裝備 AVAYA、FIT-50 實施模擬，共三台 PABX(Private Automatic Branch Exchange, PABX)、六台 IP PBX(Internet Protocol Private Branch Exchange, IP PBX)的型式模擬通資交換節點的中繼連接與路由運用，再推斷其攜碼辦法。

二、各型架構測試

(一)電路型架構

電路型路由基於傳統電話網路概念，在通信設備間建立專用通話通道，這種方式確保在通話期間，有一條獨佔、固定的路徑從始至終提供連線，從而保證通信穩定性和連續性。雖然這種方式提供高服務性，但其資源利用率較低，通道在整個通話過程中是專用的，即使不在通話期間，資源也無法被其他通信始用。

1.初始設置

配置330局、530局、730局交換機和中繼路由，確保所有通話按預定路由順利進行。例如各局撥打332局的分機號碼，透過T1中繼路由到332局(如圖7，表4)。

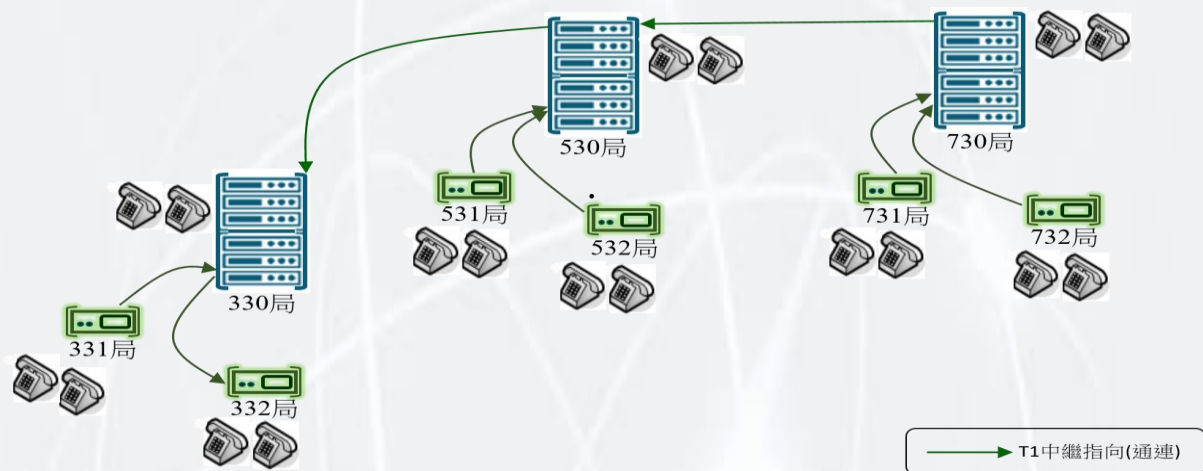


圖7 電路初始位置架構圖

資料來源：作者製作

表4 電路初始位置通信測試參數

測試項目	330局	331局	332局	530局	531局	532局	730局	731局	732局
設備型號	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50
中繼類別	T1								
編碼方式	AMI								
信令協議	D4 Superframe(SF) CAS(Channel Associated Signaling)								
路由指向	332局	330局	本局	330局	530局	530局	530局	730局	730局
測試次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功率	100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%

資料來源：作者製作

2.位置變更

(1)情境一：將332局從原本的330局下移動到730局，以相同參數情況撥打332局分機電話(如圖8，表5)。

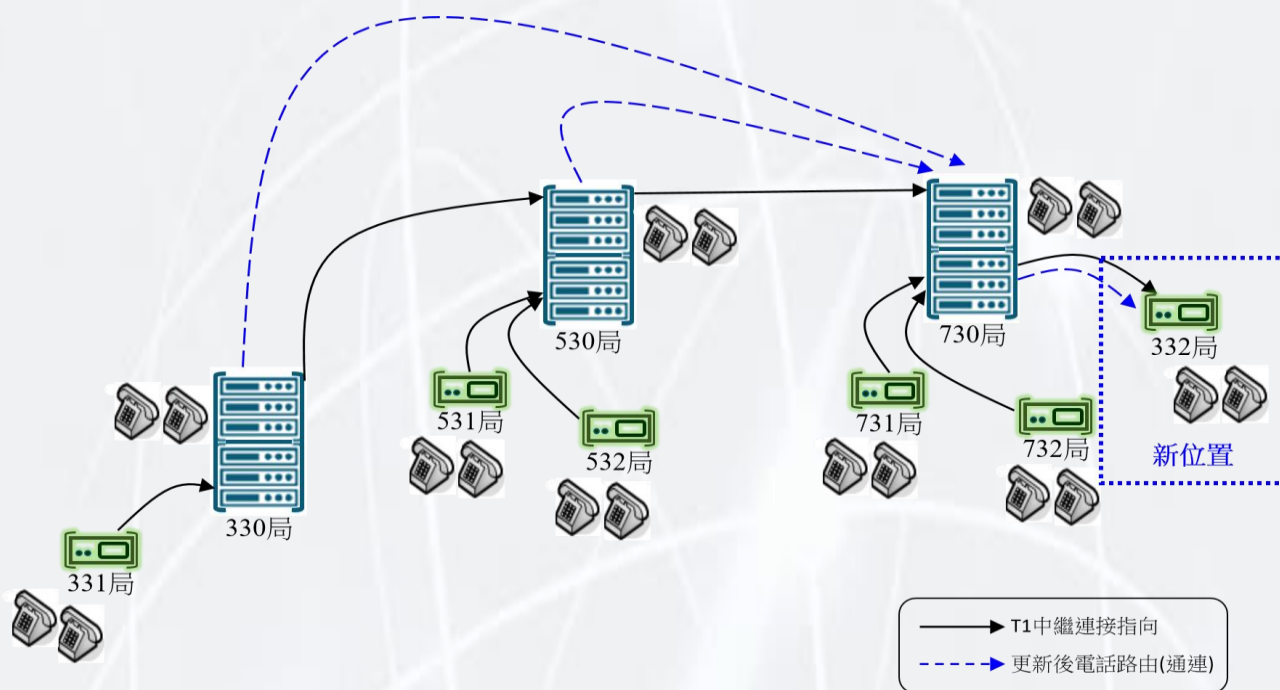


圖8 電路情境一架構圖

資料來源：作者製作

表5 電路情境一通信測試參數

測試項目	330局	331局	332局	530局	531局	532局	730局	731局	732局
設備型號	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50
中繼類別	T1								
編碼方式	AMI								
信令協議	D4 Superframe(SF) CAS(Channel Associated Signaling)								
路由指向	332局	330局	本局	330局	530局	530局	530局	730局	730局
測試次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功次數	0	0		0	0	0	0	0	0
成功率	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0%

資料來源：作者製作



(2)情境二：檢查330、530、730局撥打332局分機號碼時的路由，並修改路由以適應332局新位置(如圖9，表6)。

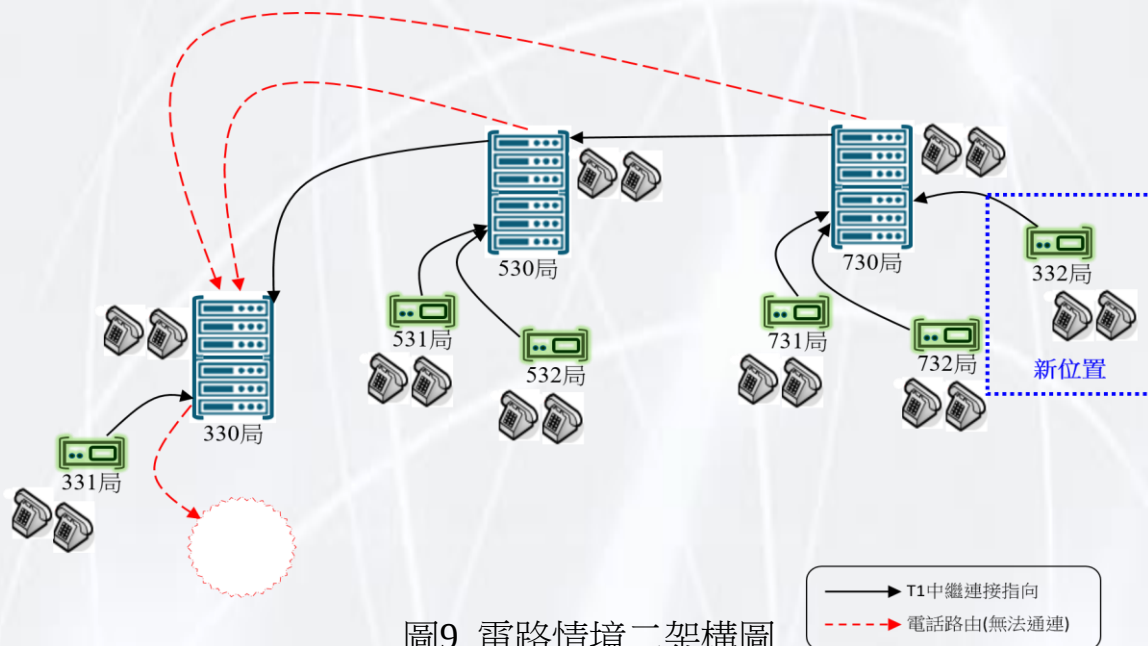


表6 電路情境二通信測試參數

測試項目	330局	331局	332局	530局	531局	532局	730局	731局	732局
設備型號	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50
中繼類別	T1								
編碼方式	AMI								
信令協議	D4 Superframe(SF) CAS(Channel Associated Signaling)								
路由指向	530局	330局	本局	730局	530局	530局	332局	730局	730局
測試次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功率	100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%

資料來源：作者製作



3.測試結果

透過多次撥打通話測試發現，電路型架構在位置變更時，若不更改電話路由則無法正常通連，需要手動調整路由設置，調整參數之交換機則集中於PABX主幹路由交換機，終端交換機的部份並沒有造成影響。這過程相對複雜且容易引發通信中斷，每次變更交換機位置都需要逐一修改相關交換機路由設置，才能確保通話能夠以正確路徑到新的交換機位置。

(二)網路型架構

以現今構成電話網路的架構，全網路是非常穩定之方式，網路交換機運用網路優勢，在不是直接性線路連接下，只要符合參數需求以及條件，就可使交換機達成通連，其關鍵在於IP分配與路由位置，有別於電路中繼；網路中繼只要對應IP位置後，就可以把號碼送出。

1.初始設置

配置各局交換機和中繼路由，確保所有通話按預定路由順利進行。所有交換機的路由均指向路由器進行統一管理(如圖10，表7)。

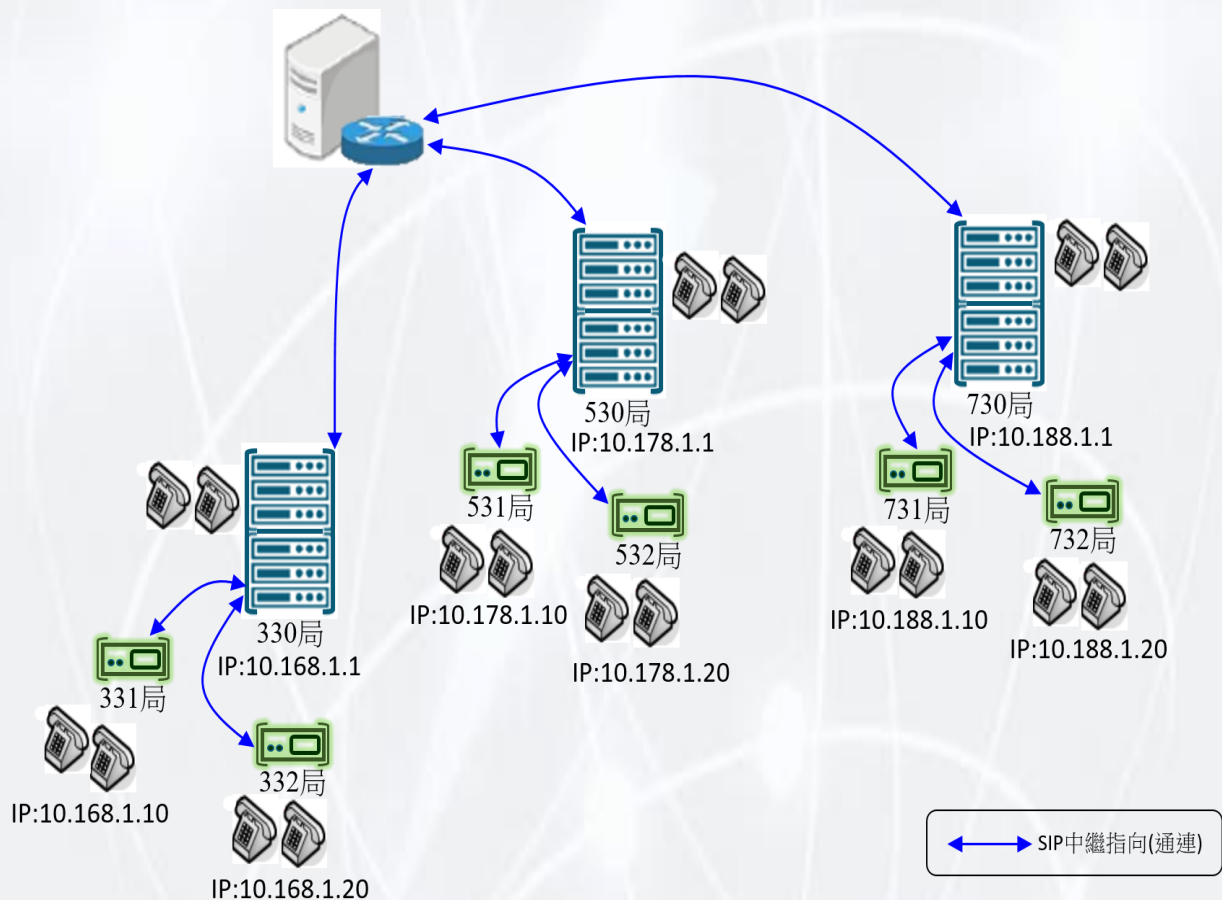


圖10 網路初始位置架構圖
資料來源：作者製作



2.測試參數(如表7)

- (1)330局分配給331、332局IP位置，分別為10.168.1.10和10.168.1.20。
- (2)530局分配給531、532局IP位置，分別為10.178.1.10和10.178.1.20。
- (3)730局分配給731、732局IP位置，分別為10.188.1.10和10.188.1.20。

表7 交換機IP分配表

局別	PABX	IP分配
330局	PABX1	10.168.1.1
331局	PBX1	10.168.1.10
332局	PBX2	10.168.1.20
530局	PABX2	10.178.1.1
531局	PBX3	10.178.1.10
532局	PBX4	10.178.1.20
730局	PABX3	10.188.1.1
731局	PBX5	10.188.1.10
732局	PBX6	10.188.1.20

資料來源：作者製作

3.位置變更

- (1)情境一：同網段位置變更後，確認通話是否正常(如圖11，表8)。

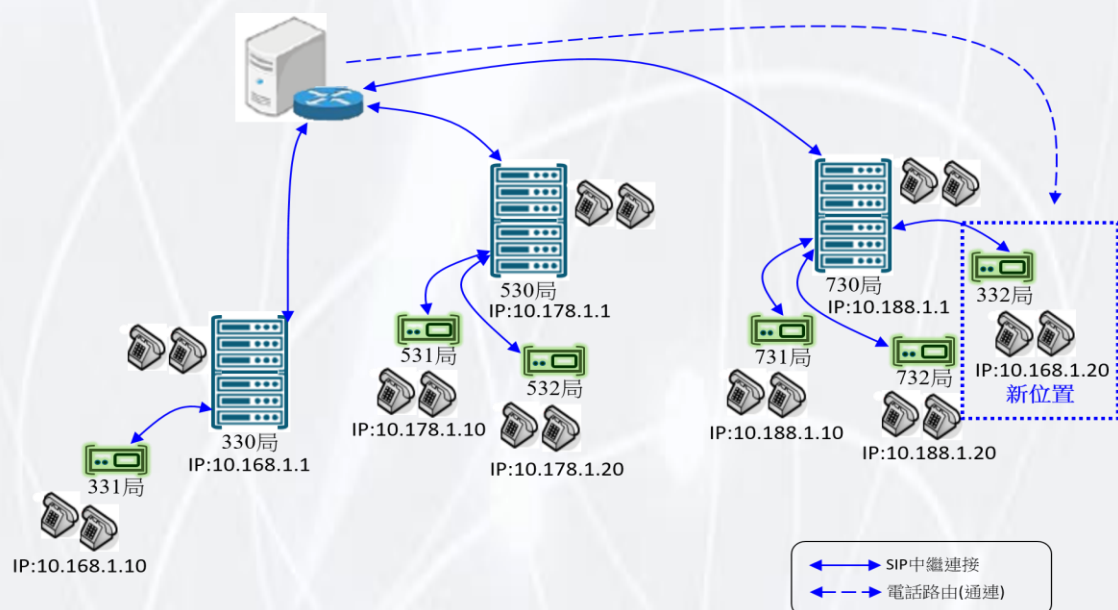


圖11 網路情境一架構圖

資料來源：作者製作



表8 情境一通信測試參數

測試項目	330局	331局	332局	530局	531局	532局	730局	731局	732局
設備型號	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50
中繼類別	SIP								
網段配置	10.168.1.0/24			10.178.1.0/24			10.188.1.0/24		
路由指向	路由器	路由器	本局	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器
測試次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功次數	20	20		20	20	20	20	20	20
成功率	100%	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%

資料來源：作者製作

(2)情境二：不通網段位置變更後，確認通話是否正常(如圖12，表9)

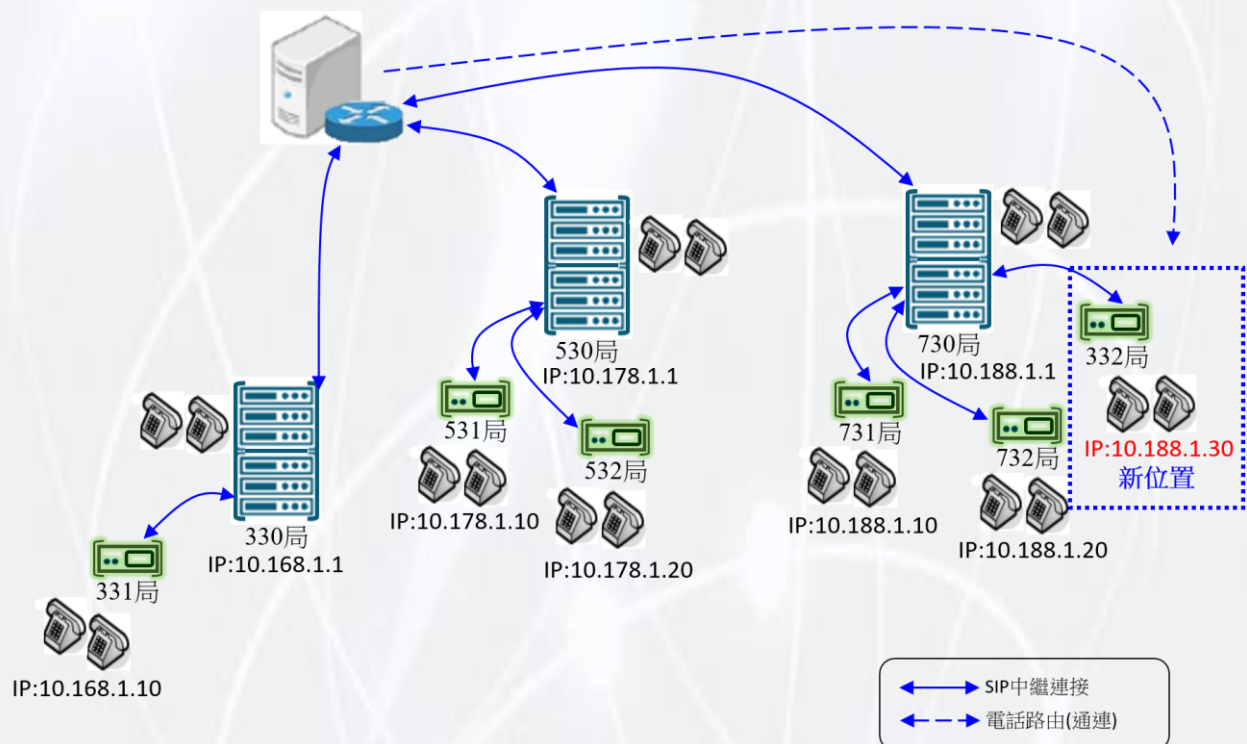


圖12 網路情境二架構圖

資料來源：作者製作



表9 情境二通信測試參數

測試項目	330局	331局	530局	531局	532局	730局	731局	732局	332局
設備型號	AVAYA	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	FIT-50
中繼類別	SIP								
網段配置	10.168.1.0/24		10.178.1.0/24			10.188.1.0/24			
路由指向	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器	路由器	本局
測試次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

資料來源：作者製作

(3)情境三：跨不同網別區(路由器)位置，確認通話是否正常(如圖13，表10)。

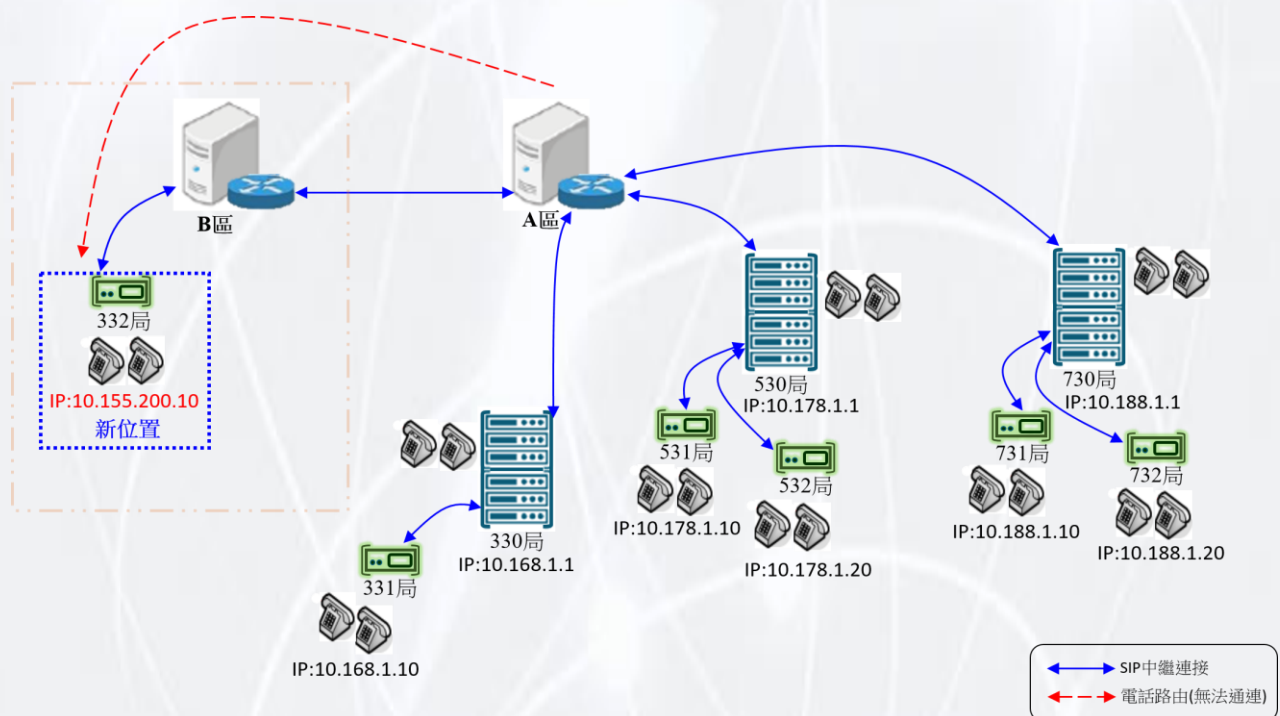


圖13 網路情境三架構圖

資料來源：作者製作



表10 情境三通信測試參數

測試項目	330局	331局	530局	531局	532局	730局	731局	732局	332局
設備型號	AVAYA	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	FIT-50
中繼類別	SIP								
網段配置	10.168.1.0/24		10.178.1.0/24			10.188.1.0/24			10.155.200.0/24
路由指向	路由器1								路由器2
測試次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功次數	0	0	0	0	0	0	0	0	
成功率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

資料來源：作者製作

4.測試結果

這種配置下，每個PABX下屬PBX都有各自網段，當需要撥打332局時，路由器需將電話路由指向332局的IP位置，而不是透過330局進行轉發。同網段不需要更改路由設置，所有設備可以互相通連，即便實體位置更換，仍保持正常，屬於網路簡單配置，不同網段但同一路由器管理也無須擔心實體位置變動；若跨越不同區域的路由器則無法正常使用初始IP，非屬於初始路由器範圍內進行則屬第二台路由器範圍內，那麼第一台路由器需要將路由轉發給第二台路由器來處理332局之通信。

(三)混合型架構

混合型架構可適應各種通信介接與整合，對應不同設備支援與通信需求，架構中結合電路交換和網路交換的優點，提供穩定性和靈活性，能夠根據不同場景選擇適當媒介與類別實施介接，實現彈性且可靠通信，無論傳統T1中繼還是現代SIP中繼，混合型架構都能靈活應對，滿足各種通信環境的需求。

1.初始設置

配置各局交換機和中繼路由，並針對各別電路或網路中繼進行分配，確保所有通話按預定路由順利進行，骨幹通信均使用網路中繼，網路部分所有交換機的路由均指向路由器進行統一管理；而分支(終端)交換機均配置一台網路



、一台電路中繼實施(如圖14)。

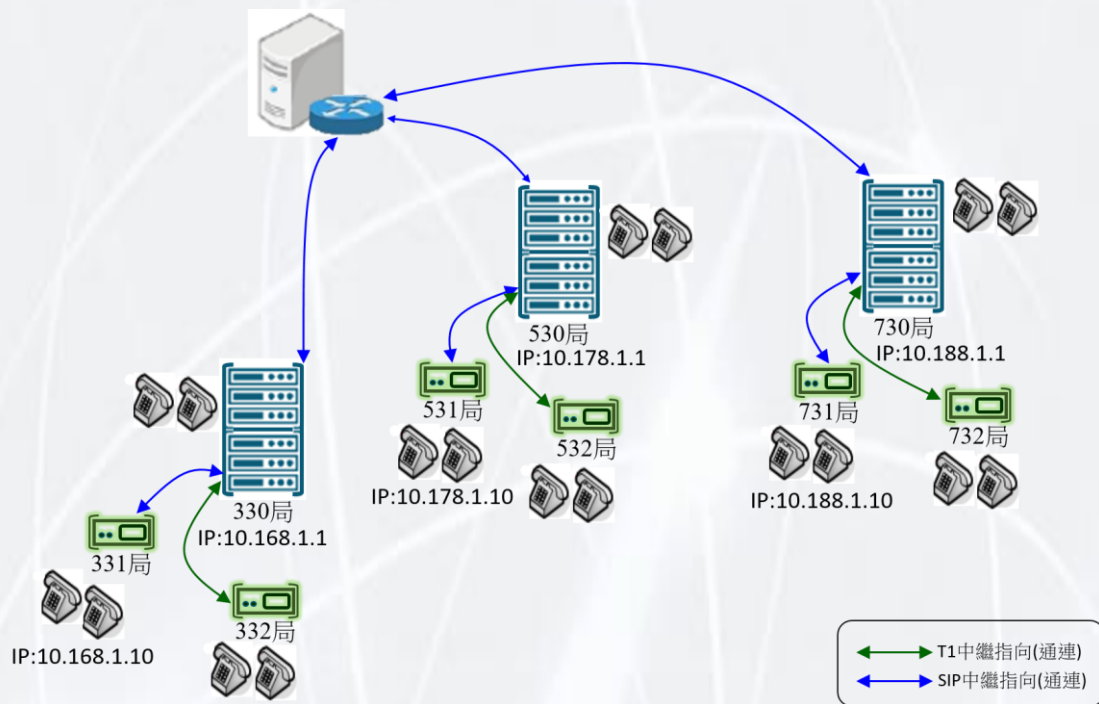


圖14 混合初始架構圖

資料來源：作者製作

2.測試參數(如表11)

- (1)330局分配給331局IP位置，分別為10.168.1.10，332局配置T1中繼。
- (2)530局分配給531局IP位置，分別為10.178.1.10，532局配置T1中繼。
- (3)730局分配給731局IP位置，分別為10.188.1.10，732局配置T1中繼。

表11 交換機中繼類別分配表

局別	PABX	中繼類別	IP分配
330局	PABX1	網路中繼	10.168.1.1
331局	PBX1		10.168.1.10
530局	PABX2		10.178.1.1
531局	PBX3		10.178.1.10
730局	PABX3		10.188.1.1
731局	PBX5		10.188.1.10
332局	PBX2	電路中繼	T1
532局	PBX4		T1
732局	PBX6		T1

資料來源：作者製作



3.位置變更

(1)情境一：331局網路中繼同網段位置變更後，確認通話是否正常(如圖15，表12)。

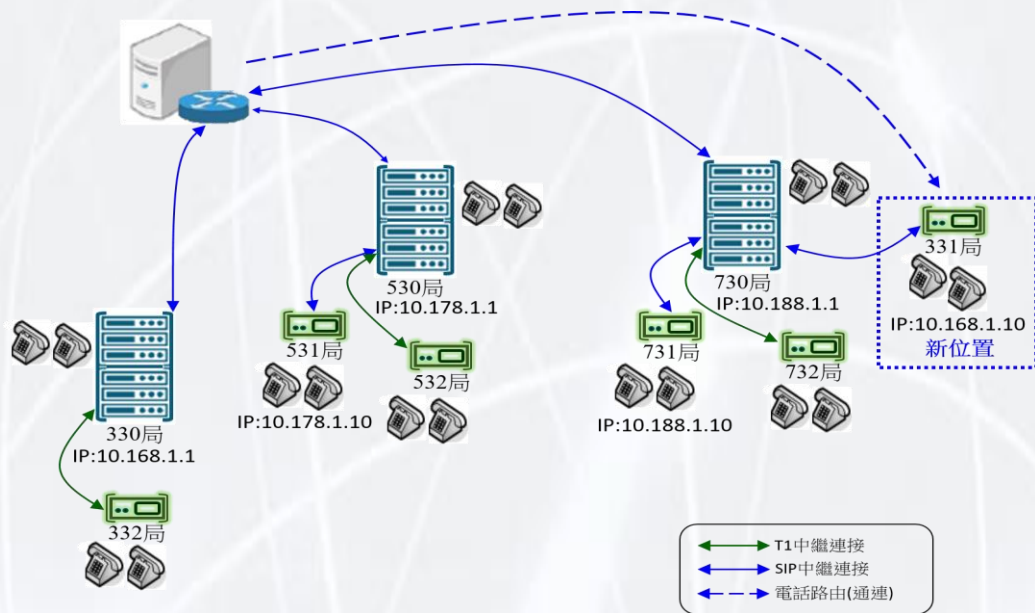


圖15 混合情境一架構圖

資料來源：作者製作

表12 情境一通信測試參數

測試項目	330局	331局	332局	530局	531局	532局	730局	731局	732局
設備型號	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50
中繼類別	SIP		T1	SIP		T1	SIP		T1
編碼方式			AMI			AMI			AMI
信令協議	SIP協定		D4 CAS	SIP協定		D4 CAS	SIP協定		D4 CAS
網段配置	10.168.1.0/24			10.178.1.0/24			10.188.1.0/24		
路由指向	路由器	本局	T1 330局	路由器	路由器	T1 530局	路由器	路由器	T1 730局
測試次數	20		20	20	20	20	20	20	20
成功次數	20		20	20	20	20	20	20	20
成功率	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

資料來源：作者製作



(2)情境二：332局電路中繼位置變更後，確認通話是否正常與通連(如圖16，表13)。

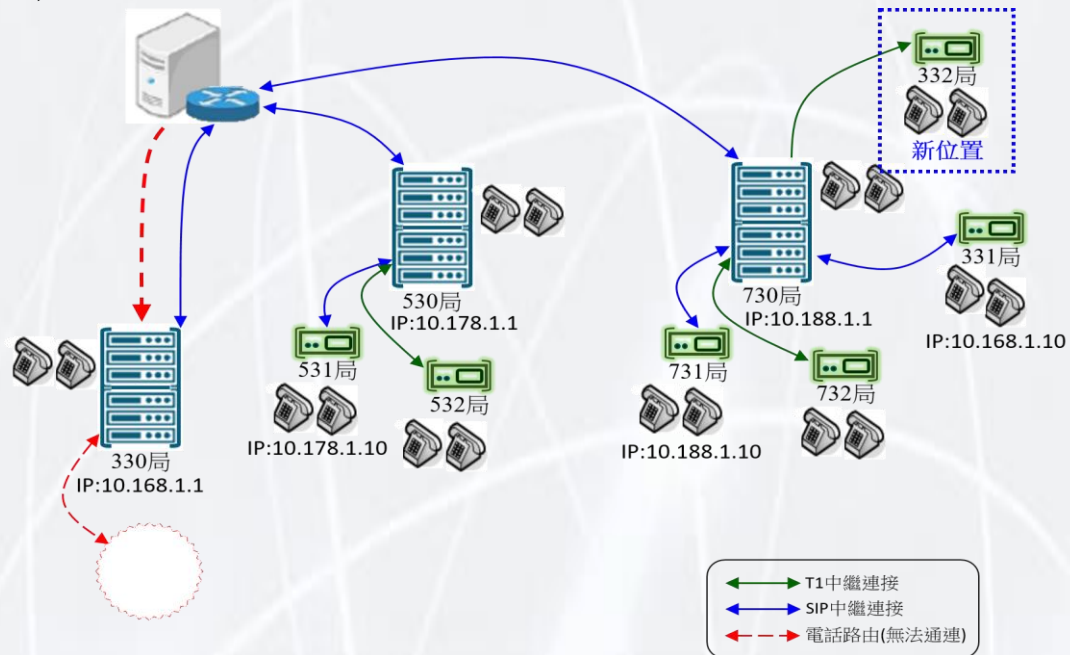


圖16 混合情境二架構圖

資料來源：作者製作

表13 情境二通信測試參數

測試項目	330局	331局	530局	531局	532局	730局	731局	732局	332局
設備型號	AVAYA	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	FIT-50
中繼類別	T1 SIP	SIP			T1	SIP		T1	T1
編碼方式	AMI				AMI			AMI	AMI
信令協議	SIP協定 、D4 CAS	SIP協定			D4 CAS	SIP協定		D4 CAS	D4 CAS
網段配置	10.168.1.0/24		10.178.1.0/24			10.188.1.0/24			
路由指向	T1 332	路由器	路由器	路由器	T1 530局	路由器	路由器	T1 730局	本局
測試次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功次數	0	0	0	0	0	0	0	0	
成功率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

資料來源：作者製作



(3)情境三：修改路由以適應332局新位置，確認通話是否正常與通連(如圖17，表14)。

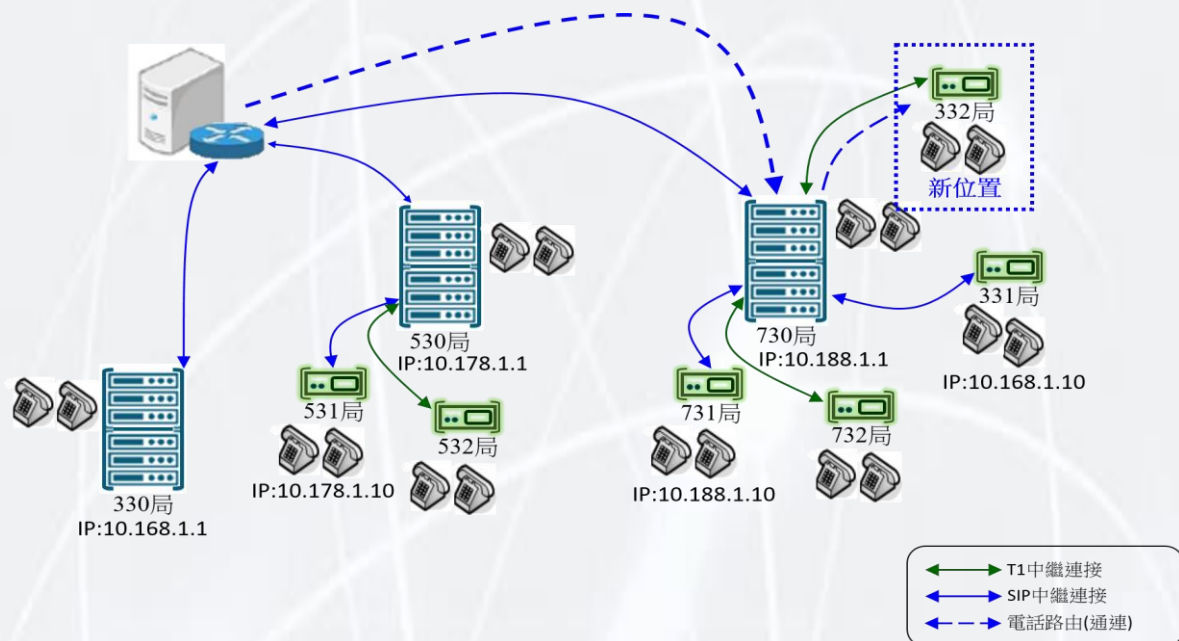


表14 情境三通信測試參數

測試項目	330局	331局	530局	531局	532局	730局	731局	732局	332局
設備型號	AVAYA	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	AVAYA	FIT-50	FIT-50	FIT-50
中繼類別	SIP				T1	T1 SIP	SIP	T1	T1
編碼方式						AMI		AMI	AMI
信令協議	SIP協定				D4 CAS	SIP協定、 D4 CAS	SIP協定	D4 CAS	D4 CAS
網段配置	10.168.1.0/24		10.178.1.0/24			10.188.1.0/24			
路由指向	路由器	路由器	路由器	路由器	T1 530局	T1 332局	路由器	T1 730局	本局
測試次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功次數	20	20	20	20	20	20	20	20	
成功率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

資料來源：作者製作



4.測試結果

變更331局實體位置至730局，IP位置不變的情境中，通連仍然能正常進行，因為IP位置在同一個路由器範圍內，而332局使用T1中繼，則需要更新路由器的配置，將原來路由至330局轉換至730局收容後，再藉由T1中繼轉至332局，符合新實體位置之路由配置。

三、小結

本研究透過實際測試分析各式中繼路由的應用，特別是電路型、網路型、混合型三種不同架構(如表 15)，每種架構都在特定環境下進行通信連接測試，以評估其性能與適合性，以下對實驗結果分析：電路型架構雖然穩定，但需要頻繁確認路由指向的確定性，增加操作複雜度和時效要求。網路型架構則提供較高靈活性和簡易管理，但依賴於網路頻寬，特別是 IP 數量分配、網路使用率以及網路安全問題，另外考慮自適應路由器的配置，影響網路中繼之普及性。混合型架構結合電路中繼與網路中繼的優點，同時也混雜兩者缺點，其最大優勢在於靈活應用不同之交換系統和傳輸設備，適應多變的通信需求，但在路由配置上須特別注意兼容性問題與路由細節調整。

表15 綜合分析比較表

架構	優點	缺點	號碼攜帶
電路型	適合高容量語音通信。	擴充性差，需要手動調整路由設置，號碼攜帶發生位置變更須手動更新多個路由設置。	必須更新路由，否則無法通連。
網路型	只需配置局號對應之IP位置即可達成通連。	依賴網路頻寬，跨路由器通信需更新路由表，且須考慮IP數量是否充足。	只須更新相關路由器路由表，同路由器管理IP不變情況，依然穩定通信。
混合型	可適應不同通信需求	需動態調整路由設置，其包括電路與網路中繼，專業人員能力須特別訓練。	需要確保電路和網路中繼協同工作，並特別注意更換細節，點與點交換訊號之轉碼問題。

資料來源：作者製作



結論

本研究中繼路由通信系統中的電路型、網路型、混合型架構進行分析，根據實驗數據分析電路型架構在號碼攜帶方面需要更改交換機的參數維持通信，操作繁瑣且靈活度不足；網路型架構在靈活度和彈性上表現較為優異，於同一區域路由器管理下，可在不變更參數實現號碼攜帶，但跨區域通信則須重新變更局碼路由和參數，以適應新的實體位置；混合型架構則結合兩者的優缺點，提供靈活性與多元性。

然而現行中繼類別和媒介尚無法完全支援全網路化，且全網路中繼在資訊安全上存在風險，此外軍方、公家機關及民間企業的整合運用需考慮技術協調和設備兼容性問題，混合型架構的運用勢在必行。以下是針對未來號碼攜帶提出相關建議：

一、集中式註冊之路由管理：

為了提高野戰式電話交換機在不同地區和戰術運用環境靈活性，將野戰式電話交換機路由集中於一台固定式電話交換機進行註冊(如圖 18)，集中註冊核心是將所有野戰式電話交換機通信轉發均透過一個中央交換機進行轉發，從而達到電話號碼在不同地點維持一致號碼的特性，簡化通信管理並減少頻繁更改路由之需求。

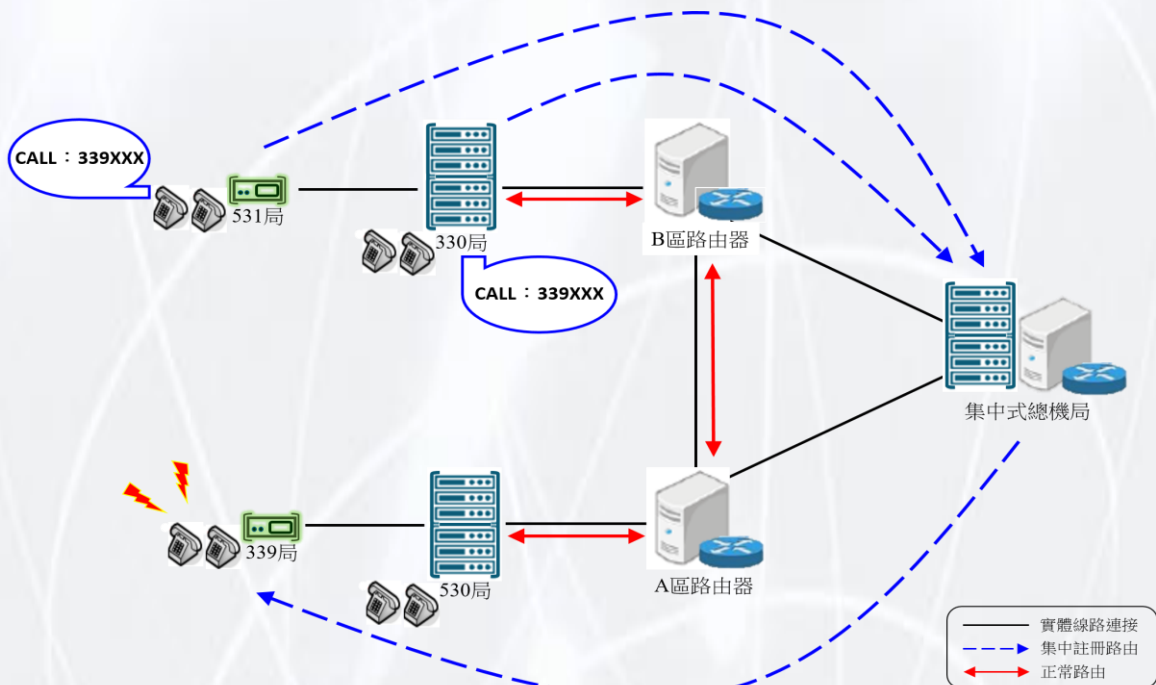


圖18 集中註冊路由示意圖

資料來源：作者製作



二、改善編碼結構設計

目前編碼型式以妥善分配國軍現行使用之軍用電話，若需達成攜碼條件及集中式管理還缺少號碼的活用彈性，以目前美軍電話號碼編碼結構提出以下兩種改善攜碼條件方案：

(一)編碼結構參考美軍地區號，以現有六碼電話編碼前增加前置碼 1x，其中 x 用於區分不同作戰區位置及固定與野戰的區分，固定式電話交換機維持原六碼編碼，野戰式電話交換機則新增前置碼(如圖 19)，例如 13330001，其中 13 代表北部野戰電話註冊局，使路由可區別固定與野戰式電話交換機，達到攜碼作為。



圖19 新式編碼結構設計圖

資料來源：作者製作

(二)固定式電話交換機與野戰式電話交換機在不同環境中的通信都能夠滿足前題下，增加編碼長度並引入場域識別碼編號(如圖20)，以增加電話號碼編碼彈性與多元性，尤其是在戰術運用環境中，野戰式電話交換機無論位於何處，均可以保持原來的席位電話號碼，提高軍事運用中通信效率和穩定性。

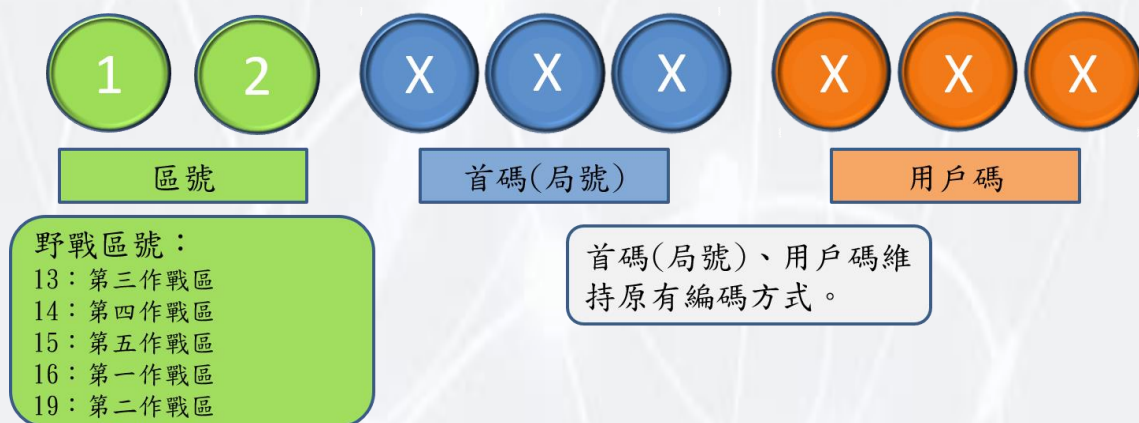


圖20 增加編碼程度之編碼型式

資料來源：作者製作



三、跨部門協調與長期合作：

軍、公、民營定期實施整合測試與技術協調，確保設備兼容性，以固定中繼與參數等架構維持戰備期間運用，減少通信網路跨越不同領域的衝突和路由配送問題，並建立長期運用之戰備電路、中繼與固定線路，透過跨部門窗口合作機制，遂行號碼攜帶技術的順利實施。

四、資源與設備投入：

增加對通信設備的基礎設施資源，確保有足夠資源支援技術升級和系統部署，具體設備包括支援虛擬化網路功能之分散式雲端基礎資料庫、邊緣計算設備、最新 5G 無線網路設備、5G 無線閘道器、智慧型路由交換器等。5G 無線閘道器如 Nokia FastMile 5G Gateway 和 Cisco Meraki MG51 5G Cellular Gateway，這些設備支援高速、低延遲的網路連接，並提供靈活部署選項。

五、無線電閘道器之攜碼與編碼考量

隨著 ROIP(Radio over IP，ROIP)技術在軍事通信中廣泛重視，未來也須考量其相關攜碼問題，雖然 ROIP 裝備中閘道器設定的用戶碼基於穩定網路環境下不會因為變動而改變，但其中編碼管理與網路之穩定性仍需進一步探討，未來可聚焦於 ROIP 在動態環境中的應用，為通信系統之設計提供重要參考。

六、訓練與技能提升

加強對操作人員訓練，使其熟悉新技術和新系統的操作，提高專業人員本職學能外，即時應變能力須經驗累積，確保專業值班人員能夠有效應對各型通信網路能夠有效執行號碼攜帶之過程與挑戰。

參考文獻

一、書籍、論文

(一)<陸軍網路交換機 AVAYA 操作手冊>，(桃園龍潭：陸軍司令部，2022 年 9 月)。

(二)國家中山科學研究院，<「野戰交換機汰換案」操作/維修技術手冊(CDRL-11)>，(2022 年 9 月 2 日)。

(三)謝福盛，<VoIP 電話與傳統電話結合之研究及實作>，(臺灣博碩士論文知識加值系統：國立臺北大學通訊工程研究所碩士論文，2009 年 7 月)。

二、網路

(一)臺灣微軟股份有限公司<動態主機設定通訊協定(DHCP)>，<https://learn.microsoft.com/zh-tw/windows-server/networking/technologies/dhcp/dhcp-top>，(2024 年 11 月 2 日)，(檢索日期：2024 年 6 月 1 日)



(二)臺灣思科系統股份有限公司<疑難排解技術筆記-瞭解H.323網守(H.323通訊協定套件) > , https://www.cisco.com/c/zh_tw/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html , (檢索日期：2024年5月26日)

(三)劉興華<簡介新一代網路電話標準SIP> , <https://ctimes.com.tw/Art/Show2-tw.asp?O=HJL119NX5HOAR-STDW>(民國90年1月1日) , (檢索日期：2024年5月11日)

(四)Cloudflare<我的IP位址是甚麼?> , <https://www.cloudflare.com/zh-tw/learning/dns/glossary/what-is-my-ip-address/> , (檢索日期：2024年5月26日)

(五)Tim Obermier , < The Crucial Role of Local Number Portability in Today's Telecommunications Industry> , <https://doi.org/10.21061/jots.v27i1.a.8> , (檢索日期：2024年4月25日)。

(六)Dan Maloney <AUTOVON:A Phone System Fit For The Military> , <https://hackaday.com/2020/09/09/autovon-a-phone-system-fit-for-the-military/>(民國109年9月) , (檢索日期：2024年5月14日)

(七)DEPARTMENT OF DEFENSE VOICE NETWORKS GENERIC SWITCHING CENTER REQUIREMENTS(GSCR) <Defense Switched Network World Wide Numbering and Dialing Plan> , <https://1library.net/document/z33727dz-department-defense-voice-networks-generic-switching-center-requirements.html>(民國92年) , (檢索日期：2024年5月14日)

(八)ELECTRONICS | PROJECTS | FOCUS <Time Division Multiplexing:Block Diagram,Working Differences & Its Applications > , <https://www.elprocus.com/time-division-multiplexing/> , (檢索日期：2024年5月11日)

(九)International Telecommunication Union , <Transmission systems and media,digital systems and networks> , <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en> , (西元2008年) , (檢索日期：2024年10月20日)。

作者簡介

彭堯鉦士官長，私立健行科技大學(餐旅管理系)、陸軍通信電子資訊學校士官高級班 30 期(100 年班)、後備動員幹部訓練中心士官長正規班 41 期(113 年班)，歷經過載波繼電作業、區隊長、教官，目前任職陸軍通信電子資訊訓練中心副排長。



附表：

通信協定說明表					
規格/介面	用途	壓縮速度	音質	頻寬	主要應用
G.711	固定電話系統	64Kbps	高	高	傳統的公共交換電話網路(PSTN)。
G.723	視訊會議、VoIP	5.3Kbps	中	中	視訊會議、VoIP 通話。
G.729	VoIP 通話	8Kbps	高	中	VoIP 通話。
H.323	多媒體通信	可調整	可調整	可調整	視訊會議、VoIP 通話、多媒體通信。
T1/E1	串連數位電話	T1：1.544Mbps E1：2.048Mbps	N/A	T1：24 E1：30	公共交換電話網路、數位通信。
FXO	外線接口	N/A	N/A	1	連接公共交換電話網路、外部線路。
MRD	對等中繼	可調整	N/A	1	點對點數據連接、音頻通信。
E&M	E&M 接口	N/A	N/A	1	通信控制、對等設備、音頻連接。
SIP	網路通信協定	可調整	N/A	可調整	VoIP 通話、多媒體通信、網路通信連接。

資料來源：International Telecommunication Union，<Transmission systems and media,digital systems and networks>，<https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>，(西元2008年)，(檢索日期：2024年10月20日)。