

以多重協定標籤交換技術提昇國軍網路傳輸效能之研究

作者/石舜吉 中校

提要

未來作戰空間必將擴至網路空間與電磁頻譜，戰場上勢必以語音、數據、影像及視訊多媒體等訊息交換傳遞，資訊戰士運用數位化先進資訊技術與武器，提供前線或後方決策者下達決心，俾利爭取與掌握資訊優勢。如何有效整合與運用現今網路新一代技術，精進國軍武器裝備效能、提昇現有網路系統傳輸能量、速度以及第一擊存活率，使國軍 C4ISR 整體戰力朝向「指管資訊化、資訊數位化；情傳即時化、戰場透明化；武器精準化、射控自動化」發展，提昇整體戰力，俾利資訊戰場上，發揮統合戰力，主宰優勢作戰。

本文依國軍「科技先導、資電優勢、聯合截擊、國土防衛」建軍指導，針就未來資訊戰、電子戰及 C4ISR 系統之發展，運用新一代技術「多重通訊協定標籤交換傳輸」(Multi-Protocol Label Switching ,MPLS)，以 IP 高速骨幹網路交換標準，高效能封包轉送的創新技術，提昇國軍現有網路傳輸，進而提高國軍網路傳輸率(速度、容量及安全)，積極構建高科技武力，以強化聯戰指管平台，滿足未來各項通信及資訊系統在有、無線電傳輸上的需求，解決國軍各單位連接光纖主幹後，頻寬需求不足問題，有效支援國軍各項戰備演訓任務。

壹、前言

因應未來戰爭型態的轉變及電子時代來臨，無論是在軍事上以及生活上藉由有、無線電傳輸來獲得即時性情資及資訊的需求日益擴增，相對的網路傳輸速度及容量將會不斷提高，如民間企業使用 Internet/Extranet 或國軍在網路頻寬上的要求也將會持續升高。

依資策會 MIC 2004 年第三季調查顯示：台灣網際網路連線頻寬公布，我國對外連網總頻寬達 67Gbps，較前年同期成長率高達 270% 以上，顯見網路頻寬傳輸率成等比級數持續成長；資策會電子商務應用推廣中心 FIND「2004 年我國企業連網及應用調查」顯示，國內企業連網普及率達 81.1%，其中 96% 採用寬頻上網，超過九成採用 ADSL 方式連接上網，應用內容以「訊息傳遞」、「商業研究」及「線上行銷」居前三名；企業連網主要原因係以「因應客戶需要」居首，在此情況下，使用者除安全性需求外，首重的是速度；此已透漏出市場未來走向。

就 IP 而言，將是一統網路天下的霸主，以影音及數據整合的多媒體服務，亦

將會是網際網路最主要之運用，在此一趨勢催化下，電信網路與資訊網路將逐漸融合形成為 IP Based 的網路。

綜觀上述，網際網路之蓬勃發展，正帶領人類邁向網路新世界，而我國軍該如何因應此潮流趨勢，結合新資訊科技運用於全軍各單位，戮力於建軍整備中，殊值深思。

一、研究動機與背景

國軍現階段所建構全島 ATM 骨幹網路，僅具備傳統 ATM 網路之功能與任務，以提供國軍各單位永久虛擬電路(Permanent Virtual Circuit ,PVC)為主。面對未來以 IP Based 為主的網路發展趨勢，新一代的 ATM 網路更須具有處理 IP Routing 功能，方能符合整合式服務網路的需求；然目前在 IP over ATM 的數個主要技術方案中，又以多重協定標籤交換（Multiprotocol Label Switching , MPLS）技術最受市場注目與信賴。

反觀，中共 2003 年順應國際軍事變革，將打贏「高科技條件下局部戰爭」戰略指導，進一步明確為打贏「信息(資訊)化戰爭」，並依「關節癱瘓突擊、多維快速上陸、縱深超越打擊」為指導思想，此轉變，中共同時列為年度全軍演訓重點；亦即，中共未來對台作戰方式和形態，將由「機械化戰爭」模式，轉而偏向「精確性癱瘓」我政、軍、心等通資樞紐，取代以往大規模的「殲滅式戰爭」模式[1]。

鑑此，國軍決不可再以過去僵化的線性作戰思維，固步自封，如何規劃導入新一代網路技術，以提昇國軍現有骨幹網路 ATM 功能，即為本文之研究動機。

二、研究目的與價值

「有效嚇阻、防衛固守」係國軍現階段建軍政策及戰略、戰術作為之主軸，如何構建出平、戰結合所需資訊基礎架構平台，為本文探討目的，臚列如下：

(一)現有國軍 ATM 骨幹網路系統架構上，運用 MPLS 技術提昇網路之效能與效益。

(二)運用 MPLS 技術建構具備服務品質 QoS(Quality of Service)的虛擬私有網路(Virtual Private Network , VPN)，提供規劃國軍視訊會議系統的新概念。

(三)在敵情威脅狀況下，國軍如何因應未來網狀化作戰，戰場上資訊勢將以語音、數據、影像及視訊多媒體等資料鏈路交換傳遞訊息。

(四)IP(Internet Protocol)是目前唯一可跨 3C「電腦(Computer)、通訊(Communication)以及內容(Content)」標準協定，以新技術提供新服務，導入國軍建軍備戰目標。

(五)分析與評估各類 IP 交換技術，找出適切於國軍 ATM 骨幹網路之技術。

(六)研析 MPLS 技術以及國軍視訊會議系統運用狀況，歸納適合我國軍視訊會議系統整體發展方案。

(七)研擬之方案經效益分析後，作為建構國軍整體視訊會議系統架構之專案，俾供建案參考。

其價值性在使運用新資訊科技，提昇國軍現有網路傳輸效能，進而提高國軍網路傳輸率(速度、容量及安全)，積極構建高科技武力，以強化聯戰指管平台，使國軍 C4ISR 整體戰力朝向「指管資訊化、資訊數位化；情傳即時化、戰場透明化；武器精準化、射控自動化」發展。

本文將探討「多重協定標籤交換技術(MPLS)」意在提昇國軍(MINET)網路骨幹之傳輸運用效能及效益，研擬建構「多重協定標籤交換虛擬私有網路(MPLS/VPN)」運用之可靠度模式。

貳、本文

由於 Internet 的快速成長，以 IP 網路為基礎發展出來的應用日益增多，企業採用 IP 網路來建置 Intranet 的需求也與日俱增；在傳統的 IP 封包傳送過程中，每一個節點設備必須重複被檢查封包的表頭並解析下一個路徑，直到到達目的地為止，因此網路越龐大，傳輸的效能將會越差，將不敷未來 Internet 高速且大量傳輸的需求。而 MPLS 技術正是滿足了未來的需求，並且相容於現在網路技術的最佳選擇。

近幾年間，坊間研發出許多成熟技術可有效提昇網路主幹線及路由器速度，以路由器封包損失直接來自線路頻寬不足或路由器封包處理速度不夠快問題；端視網路技術面言，惟提昇網路基礎建設，可得到解決。就高速的傳輸技術包括非同步傳輸模式(ATM)，其速率可達百萬位元(MBPS)；同步光纖網路(SONET)，速率可達十億位元(GBPS)；波長分割多工(WDM)，速率可達兆位元(TBPS)。因為高速交換技術的進步，使路由器之處理速度亦提昇到每秒處理百萬個封包，以配合網路頻寬的提昇。

C4ISR 發展需求

一、建軍備戰願景

陳文建(2000)[2]提出目前建置完成及開放啟用之國軍同步光纖網路(SONET)，除具備智慧型通信網路之功能外，並可配合各軍種各類通信系統作充份之整合，以提供國軍一個 B-ISDN 寬頻整合服務數位網路之環境，有效支援各軍種訊息傳遞所需之各種電路需求。

本文認為：國軍同步光纖網路(SONET)如能在現有之環境與架構下，加以運用新技術(MPLS)提昇國軍骨幹上的傳輸設備及技術，將能更有效提昇國軍光纖

骨幹的傳輸效能及效率，以因應及滿足國軍未來博勝專案訊息傳遞的需求。

二、MPLS 定義

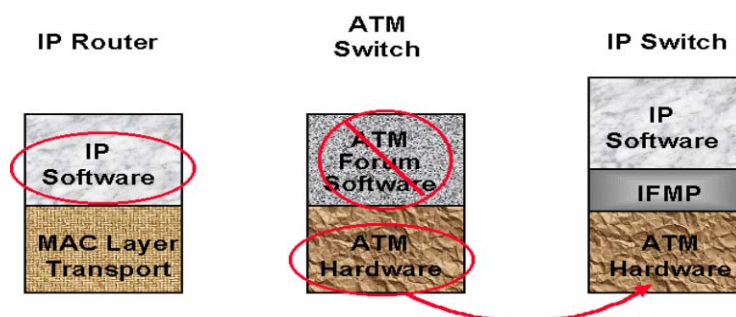
Multi-Protocol Label Switching(多重通訊協定標籤交換傳輸) 屬第三代網路架構，是新一代的 IP 高速骨幹網路交換標準，亦即為高效能封包轉送的創新技術，係由 IETF 所發展出來 Network Standard。

三、MPLS 發展過程

近年來被廣為討論的骨幹網路技術之一，由 Ipsilon 的 IP Switching、IBM (Aggregate Route-based IP Switching, ARIS) 以及 Cisco 的 Tag Switching 等相關技術演化而來，復由 IETF (Internet Engineering Task Force, 網際網路工程專案小組) 於 1997 年成立 MPLS Working Group 從事相關標準的制定。以下概述四種現今發展且較為所用者 IP switching 技術[3]。

(一)Ipsilon 公司 IP Switch

Ipsilon 公司(1996)提出 IP Switching 技術，它的 IP Switch 主要的觀念是結合 IP 軟體和 ATM 硬體，在 ATM 方面只使用 ATM 的 AAL5(ATM Adaptation Layer 5)層以下的功能，AAL5 以上的 ATM 軟體全部拿掉由 IP 的軟體取代。這樣易於與現存的 IP 網路整合，不需要使用 ATM 信號層，而具有 ATM 快速交換的好處，如圖一。



圖一 IP Switching 技術架構[3]

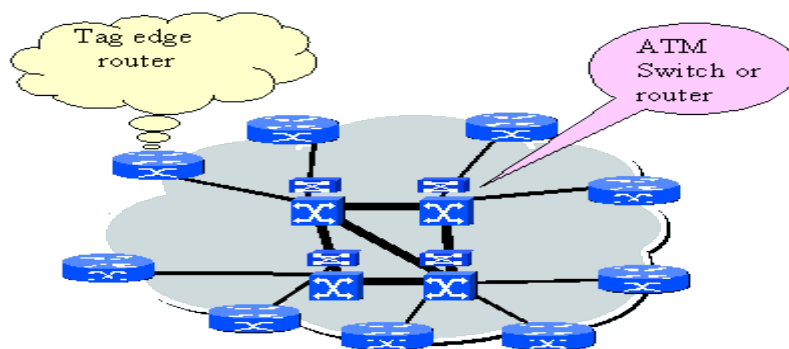
(二)Cisco 公司 Tag Switch

整個 Tag Switch 的觀念在於使用 tag 來做交換的動作，資料進入 Tag Switch 網路後先貼上 tag，藉由 tag 在交換機或路由器的交換，把資料傳送出去，在出 Tag Switch 網路前把 tag 拿掉。原本路由器使用 layer 3 routing 的方式改成使用 tag 交換的方式，以增加交換速度與網路效能，如圖二。

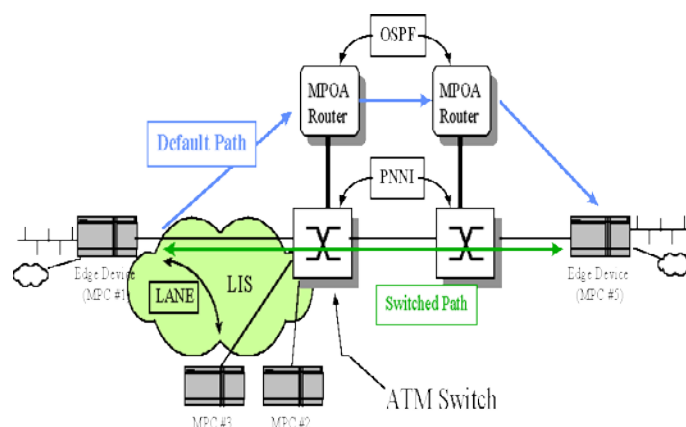
(三)ATM 論壇 MPOA

ATM Forum 在 1997 年七月制定完成 MPOA (Multi-Protocol Over ATM)。其主要目的之一是使已有的多種網路協定和應用能有效的在 ATM 網路上傳輸，以使 ATM 網路快速而廣泛的融入現有網路的世界，並期盼使其成為網路技術的主流。

概括而言，MPOA 技術是建構於虛擬式路由器(Virtual Router)和交換式路由(Switched Routing)的觀念之上，如圖三。



圖二 Tag Switch 網路架構[3][9]



圖三 MPOA 網路運作示意圖[3]

(四)IETF 的 MPLS

網際網路工程專案小組 (Internet Engineering Task Force,IETF) 希望 MPLS 技術將目前各種 IP 交換技術的優點兼容並蓄，以提供更具彈性、擴充性以及效率更高的一種 IP 交換技術。因此，其技術規格的複雜度遠較 Ipsilon 公司的 IP Switching 技術為高；但是 MPLS 技術的基本運作原理非常簡單。

MPLS 引用與 ATM Switching、Tag Switching 等技術類似之標頭(Label)概念。藉由 Label 的引入，有效地整合了第二層標籤交換(Label Swapping)及第三層路由的特性，可以提昇網路的顯路由(Explicit Router)、Load Sharing、Multipath 等功能的效率，進而加速整個網路之運作。

(五)結論比較

綜合上述四種 IP 交換技術分析，各有其特點與限制，將其技術特性比較彙整，詳如表一。

表一 IP 交換技術特性比較表（作者繪製）

	IP Switch (Ipsilon)	Tag Switch (Cisco)	MPOA (ATM Forum)	MPLS (IETF)
網路層特性				
資料鏈路層 (Datalink Layer)支援性	ATM	ATM, Frame Relay, Ethernet	ATM	ATM, Frame Relay, Ethernet, PPP
網路層(Network Layer)支援性	IPv4, IPv6	IPv4, XNS, Apple,	IPv4	IPv4, IPv6
第二、三層 之間的支援 L2 & L3	(none)	Yes (tag-swapping)	(none)	Yes (label-swapping)
階層式交換 (Hierarchical Switching)支援	(none)	Yes (a stack of tags)	(none)	Yes (a stack of labels)
虛擬電路合併 (Cell_VC Merging) 支援	(no need)	multiple VCs instead of merging, or L3 routing?	(no need)	Support VCs merging, and L3 routing?
虛擬電路設定狀態 (VC Setup Protocol state)	Soft-State	Hard-State	Soft-State	Hard-State
具備ATM Signaling	no	yes	yes	yes
對映方法(Mapping Method)				
Best Effort Traffic	Traffic-Based	Topology-Based	Traffic-Based	Topology-Based
顯路由(Explicit Routing)控制	no	yes	no	yes
迴圈(Loop)偵測	(none)	Detected by - hop count	(none)	Detected by - hop count
服務品質的支援 (QoS Support)	Reservation- Based (QoS by priority)	Reservation-Based (using routing hierarchy)	no	Reservation-Based (using routing hierarchy)
群播功能 (Multicast)	no	no	no	yes

本研究歸納 MPLS 的技術相較於其他三種技術更具下列三項優點：

- 1.提供更具彈性、擴充性以及效率更高的網路管理效能。
- 2.提昇網路的 Explicit Route、Load Sharing、Multipath 等功能可加速整個網路之運作。
- 3.由國際標準組織 IETF 所主導及制定，兼容各種 IP 交換技術的優點，將成為骨幹網路未來主流。

網路資訊技術芻議

一、ATM 與 IP 網路特徵性與優劣性

現行提供網際網路運作之廣域網路平台，係以傳統路由器與 ATM 交換器為主的網路架構，形成 IP 與 ATM 重疊之模式。本研究將深入探討此種網路架構特性與運用，以及面臨的窒礙問題及解決技術，於探討 IP overlay ATM 網路架構問題前，先概要分析 ATM 網路及路由器為主的 IP 網路之特性。

(一)ATM 網路特性

依 Harry(2002) 僅針對 ATM 網路介紹[4]，重點置於現今大多數的網路服務供應商(ISP)皆採用 ATM 交換器建置骨幹網路。

本研究發現：ATM 網路具備四項優點及兩項尚待改善問題，探討如下：

1.ATM 網路是提供語音、數據及視訊等資訊整合最佳的多媒體服務平台。

2.ATM 具備訊務傳輸工程(Traffic Engineering)的頻寬管理能力，可以提高網路頻寬的利用率。

3.ATM 網路能提供 PVC 電路建構具私密性的 VPN。

4.可依客戶各種不同之應用，提供各種具 QoS 保證之不同服務等級 (Class of Service ,CoS)的服務。

ATM 網路雖具有上述之優勢，惟面臨現今 IP 為主的網路運用時，仍有以下兩項缺點尚待改善。

1.ATM 的 PVC 電路屬資料鏈結層 Layer 2，故電路具備絕佳的私密性，但其點對點傳輸採連結導向模式，所有的資料傳輸均須事先完成虛擬通道建立，網路設定與維護較為複雜。

2.PVC 電路所建立的 VPN 雖提供服務品質保證 QoS，但 VPN 的建構與維護較為複雜，且隨著網路節點的擴展，網管人員的負擔將愈沉重。

(二)IP 網路特性

Internet 的運用在現今會快速成長，依張智勝等人[5](2001)對 TCP/IP 發表看法與認同度可論證。本研究認為應歸功於 TCP/IP 具備二項優點：

1.點對點傳輸採非連結導向模式，網路上的路由器係依據接收端之位址動態選擇路徑，網路具備擴充性及彈性的特點。

2.IP 網路的普及，以 IP 網路建構的 VPN，成本較傳統的 VPN 網路更低廉，可提供服務範圍較廣，且網路設定與維護較簡易。

TCP/IP 雖具備上述的優勢，但在面臨現今強調影音、數據等多媒體整合的網路運用趨勢之際，卻有二項缺點尚待改善。

1.IP 網路上資料送達接收端的延遲時間無法控制，對於傳送即時資訊如語音、影像等，無法得到滿意的服務品質。

2.由於 Internet 多媒體運用大量成長，網路頻寬需求暴增，目前以非連結導向及傳統路由器所組成的廣域網路，並不具備訊務傳輸工程的頻寬管理能力，網路頻寬的利用率效能不佳、容易堵塞，因故若欲提供數據、語音、影像整合服務更加不易。

(三)IP 與 ATM 網路重疊性

在 IP overlay ATM 模式上，第三層完全不曉得第二層連線情況，故 IP 層觀察到的 PVC/SVC(Switched Virtual Circuit)都是虛擬路徑。因此在進行 IP 路由搜尋時，路由抉擇所考量的 cost 並不能真正反映實體層的情況；為此，每兩個 Node 之間必須建立 $n(n-1)/2$ 的 PVC/SVC 連線，進而構成一個 Full mesh 網路（如圖四）。本研究發現當選用 OSPF(Open Shortest Path First)當作路由協定時，由於每一個 Node 必須記錄其鄰居的情況，故其中 Node 或 Link 發生故障，就會發出 n^3 個 Update 封包 [6]，可能致使整個網路癱瘓。

林忠溥(2001)[7]歸類 IP overlay ATM，其缺點計有四點：

1.QoS 的結合：由 IETF 所提出的 IP QoS 機制(如 Differentiated Service)如何與 ATM Forum 及 ITU-T 所制訂 ATM QoS 參數結合，並沒有標準可循。

2.Multicast 問題：IP multicast 很難與 ATM 有效地結合。

3.擴充性問題：在 full mesh PVC 如果發生斷線，會造成很大的 update traffic。

4.管理困難：IP 的路由協定與 ATM 使用的 PNNI(Private Network to Network Interface)路由協定並沒有關聯性，故需同時管理兩種路由協定。

為改善 IP 與 ATM 重疊架構的缺點，如何發展新一代的交換技術，有效結合網路第二、三層的優點，因應多媒體網路的需求趨勢，使各種 IP 交換技術因應而生。

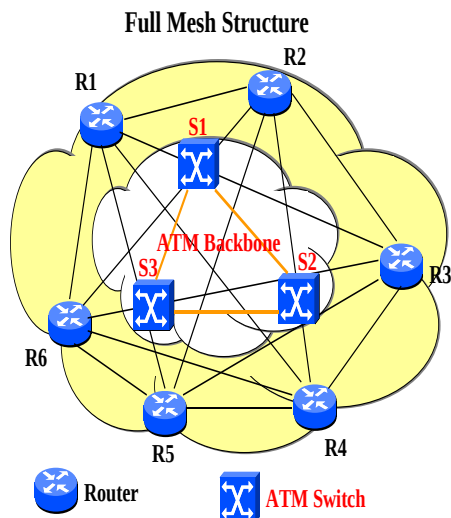
(四)IP 交換技術

本文認為：運用 IP 交換技術將 ATM 與 IP 有效結合後，以一個 full mesh 的網路架構比較，將 IP 與 ATM 建構在 peer model 時，整體網路的管理更為精簡且有效率，如圖五所顯示。

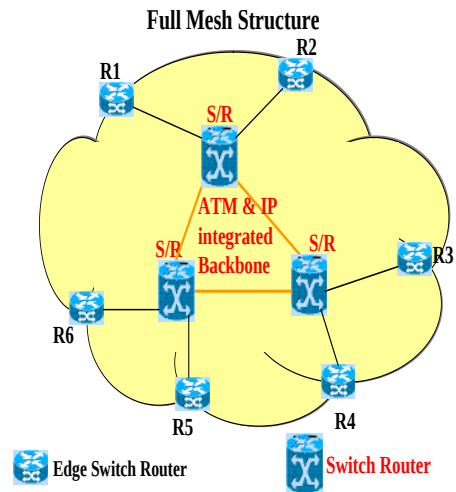
IP 的交換在建立資料傳送路徑可分為兩種模式：

1.Data-driven：係指資料傳送達一定量或時間時，才進行 cut through /switch 動作，如 IP Switching。

2.Control-driven：係指網路拓撲形成後，透過路由的配合，事先建立好資料傳送的路徑，如 Tag Switch、MPLS 等技術。



圖四 IP 與 ATM 重疊架構(作者繪製)



圖五 IP 與 ATM 同階架構(作者繪製)

二、MPLS 特性

依據 Eric W. Gray (2001) [8]以及 Ivan Pepelnjak & Jim Guichard[9]等專家學者著作，皆闡述 MPLS 功能與性能等面向，有助於初學者概念性了解。

本論文整理歸納出 MPLS 之特徵以及優越性，臚列如下：

(一)整合性 (Integration)

MPLS 有效地整合 IP 與 ATM 的特性，可沿用現有的 IP 路由協定，移除了 ATM 複雜的路由機制 PNNI，且也不需要 IP 與 ATM 地址對應的關係。

(二)可靠性(Reliability)

傳統的 IP Over ATM 須建立 Full mesh 的 PVC，只要其線路斷線或發生問題，就會造成多條連線出錯，如何在第二層啟動 Rerouting，而不會影響到第三層的運作。MPLS 機制能滿足 failure 情況的發生，因為其可事先建立備份的 LSP，作為 Redundancy Backup。

(三)擴充性及管理性(Scalability and Manageability)

MPLS 支援 Hierarchy，有堆疊(Stack)的觀念，可有效減輕網路核心的負載。利用 MPLS 來當作主幹網路的技術，與現有邊界閘道協定(Border Gateway Protocol,BGP)結合，可建構出具有高度擴充性及容易管理等特性的 MPLS VPN 網路。

(四)訊務傳輸工程能力(Traffic Engineering Capability)

可控制訊務傳送的路徑以及控制每段線路訊務的流量，此舉可提升整體網路的效能。

(五)相容性

MPLS 與傳統的 ATM、Frame Relay 可在互不影響的前提下與現有的機制共存，亦即正常在同一台交換機運作。

本研究認為：由於 MPLS 使用標籤(Label)的觀念，正如 ATM 所使用的 VPI (Virtual Path Identifier)與 VCI 欄位一樣(Virtual Circuit Identifier)，故在保留 IP 網路特性的前提下，可提供與 ATM 一樣的優點，進而達到 QoS。

MPLS VPN 運用於國軍資訊網路之探討

由於 Internet 的快速成長，以 IP 網路為基礎發展出來的應用日益增多；在傳統 IP 封包傳送過程中，每一個節點設備必須重複被檢查封包的表頭並解析下一個路徑，直至到達目的地為止，因此網路越龐大，傳輸效能將越差，越不敷未來 Internet 高速且大量傳輸的需求。

民間企業因應競爭力，採用 IP 網路建置 Intranet 的需求也與日俱增；然以 MPLS 技術正是滿足了未來的需求技術，並且相容於現行網路技術架構的最佳選擇。

本研究先以國軍現有 ATM 骨幹網路系統之功能現況探討，佐以剖析現行系統之窒礙限制，再導入「MPLS VPN 模式」，有效整合與運用現今網路新技術，規劃出新一代網路系統架構予以效益分析，精進國軍武器裝備效能，提昇現有網路系統傳輸能量、速度以及第一擊存活率，使國軍 C4ISR 整體戰力朝向「指管資訊化、資訊數位化；情傳即時化、戰場透明化；武器精準化、射控自動化」發展。

一、MPLS VPN 運用效益---以 Seednet 公司實例探討

Seednet MPLS VPN 採用最先進的 MPLS 網路傳輸協定（如圖六），整合了第三層 IP 路由與第二層標籤交換成單一系統，解決 Internet 路由的問題，使網路封包傳送的延遲時間減短，增加網路傳輸的速度。另一方面 Seednet MPLS VPN 在 IP 網路上建構 VPN 的環境，提供相等於第二層網路（FR / ATM）的安全性，充分發揮企業專屬網路的安全性，同時提高網路傳輸效率及穩定度，解決點對點網路連線高成本的問題，是企業建構 VPN 網路的最佳選擇。

(一)競爭優勢

Seednet（2002）以 MPLS VPN 方式建構公司組織後，相對的大幅提高公司優勢與競爭力，其具有以下特性：

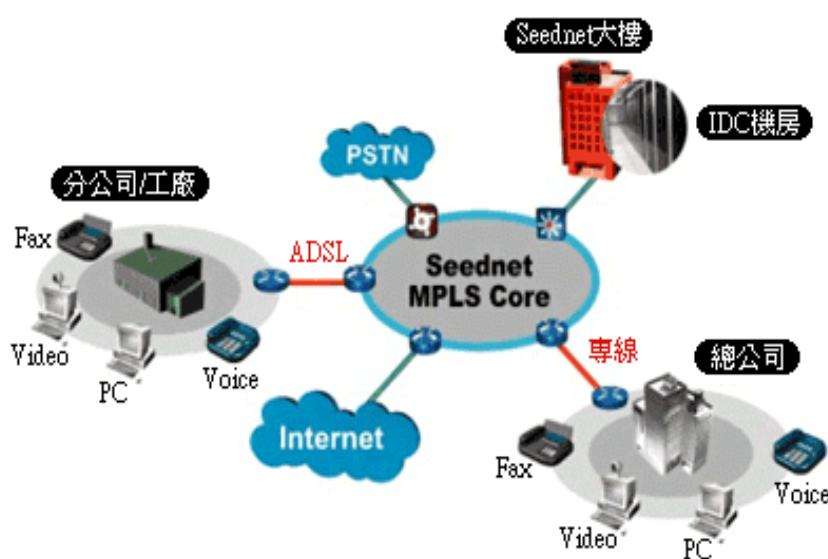
- 1.環島光纖骨幹，並有多家固網之骨幹備援路由。
- 2.提供服務層級保證機制（SLA），符合企業對網路服務品質的要求。
- 3.提供使用者專屬的網管介面，隨時掌握流量、斷線紀錄、封包遺失率等資料。
- 4.可整合多樣化網路加值應用(如：Voice、Video、Fax、ERP、ISR...等)。

5.IP Base 的網路服務，具有高度的彈性，並符合潮流的發展。

(二) 加值應用

1. 可提供高速、低延遲之廣域網路骨幹，並可彈性調整頻寬。
2. 語音整合，網路電話 (VoIP)。
3. 客服中心平台 (IP Call Center)。
4. 多媒體傳輸，如：遠距教學 (e-Learning) 應用。
5. 影音傳遞，如：視訊會議 (Video Conference) 應用。

Seednet MPLS VPN 對企業本身網路服務而言，無疑是創造低成本與高效能的最佳選擇。



圖六 Seednet MPLS VPN 架構圖(作者繪製)

二、國軍現行系統架構

因應國軍「博勝專案」及戰爭未來型態需求，如何有效將語音、數據、影像及視訊多媒體整合與提昇資料傳輸需求，實刻不容緩。

(一) ATM 骨幹網路基本功能

國軍目前所建構全島 ATM 骨幹網路，僅具備傳統 ATM 網路之功能，任務以提供國軍各單位 PVC 電路為主。本研究將提升功能使具備處理 IP Routing 之能力，滿足未來以 IP Based 為主的網路發展趨勢。

本研究歸納現行 ATM 網路的主要戰備任務有兩點：

1. 提供 PVC 電路，支援國軍光纖通信主幹網路系統(MINET)、衡山戰情系統及國軍光纖主幹網路網管系統。
2. 提供 PVC/SVC 電路，支援衡山視訊會議系統。

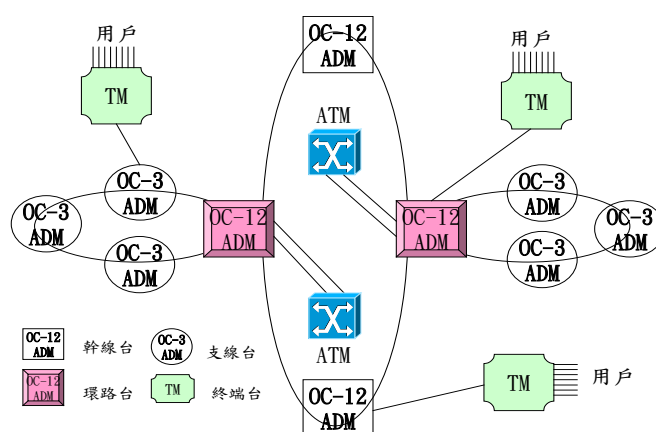
(二)網路系統結構

國軍光纖通信主幹網路係採北美同步光纖網路系統（Synchronous Optical Network，SONET)架構，係藉點對點及環型結構建置，系統組成共分為四個單元[10]：

- 1.終端多工機（Terminal Multiplexer,TM）
- 2.塞取多工機（Add/Drop Multiplexer,ADM）
- 3.數位交換設備（Digital Cross-connect System,DXC）
- 4.中繼設備（Regenerator）

國軍採 SONET 同步光纖網路為主幹傳輸網路，藉點對點及環型結構作 OC-3、OC-12 及 ATM 等訊號的傳輸處理，提供對網路存活能力的系統結構。

其節點概分為幹線台、環路台、支線台及終端台。幹線環路系統容量為 OC-12，支線環路系統容量為 OC-3，而 ATM 交換機則置於環路台，用以作虛擬通道交叉連線切換，如下圖 7 所示。



圖七 SONET 網路結構圖[10]

(三)SONET 系統

SONET 同步光纖網路係由北美所定義的同步數位架構。而數位傳輸結構，即以 T1，T3，包含訊框(frame)和指標(pointer)，以便容易存取較低速的頻道。其仍是種頻道化(channelized)網路，惟 SONET 將所有頻道形成一整體族群。

在電子方面（用來產生信號）以 STS（Synchronous Transport Signal）當字首，主要用在由輸入裝置產生的資料流，以 STS-N 表示信號速度。在光學方面使用 OC（Optical Carrier；光纖載子）字首，主要係參考經由光纖載子系統所傳輸的信號。其中每一個等級頻道的速率都是基本 STS-1（51.840Mbps）的倍數，其速率對應如表二所示。

表二 SONET 速率對應表[10]

STS-N/OC-N 階層	速率
STS-1/OC-1	51.84Mbps
STS-3/OC-3	155.52Mbps
STS-12/OC-12	622.08Mbps
STS-24/OC-24	1.244Gbps
STS-48/OC-48	2.488Gbps
STS192/OC-192	9.953Gbps

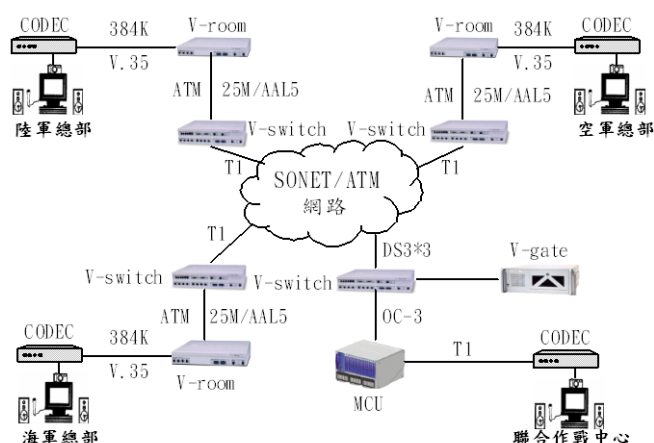
三、國軍現行應用

(一)架構分析

如以現行衡山視訊會議網路系統而言，其功能係提供三軍聯合作戰中心與各作戰區及各總部戰情中心直接會談，提高行政管理及作戰命令效率，以達到「看得見、聽得到、能指揮」之目標。

本系統傳輸架構包含視訊終端設備、多點控制單元(Multipoint Control Unit ,MCU)、ATM 邊緣交換機 V-switch、網路位址轉譯器 V-room 及高速率數位用戶迴路器 HDSL 等設備。

本系統於通信長途傳輸採複式建置，區分專線網路及 ATM 網路兩種，以 ATM 網路為主，確保影像視訊訊號在通信傳輸上，無中斷之虞，系統架構，如圖八所示。



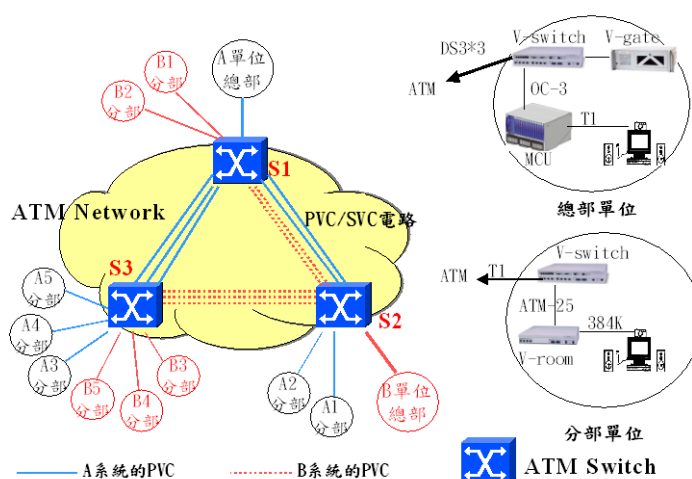
圖八 現行衡山指揮所架構(作者繪製)

國軍於衡山完成第一套視訊會議系統後，各軍種總部亦參照衡山系統架構，積極規劃軍種專屬的視訊會議系統，本研究引用 MPLS VPN 模式，規劃全軍整體之網路系統架構。

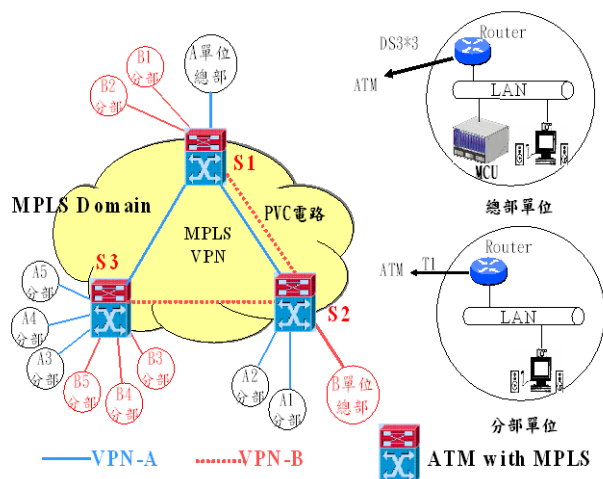
(二)MPLS VPN 系統與現行網路系統差異性

為便於分析比較 MPLS VPN 視訊會議系統與現行衡山系統之差異，並顧及衡山視訊網路系統整體架構的保密性，以下將依據圖八衡山視訊系統架構，模擬兩個專屬資訊網路系統為例（每個系統均由一個總部及五個分部單位組成），說明系統在不同的網路平台運作時，系統架構之差異性。

由圖九及圖十比較可明顯看出：以 MPLS VPN 模式架構系統中，在電路的管理與設備投資等構面，由下表三說明有效精簡。



圖九 現行 ATM 網路系統架構(作者繪製)



圖十 國軍運用 MPLS VPN 系統架構(作者繪製)

本研究比較歸納出國軍兩專屬現行 ATM 網路架構與 MPLS VPN 模式系統效益評估，以設備擴充性、相容性、互通性以及功能性等構面剖析，皆發現其優異服務，如下表 3 所示。

本研究發現：上述提到了 MPLS VPN 視訊會議系統的多項優點，但它仍有部

份限制因素，以下針對其限制闡述說明：

1.MPLS VPN 雖可確保廣域網路上的 QoS，但於支援多功能的網路運用時，Local 端的路由器亦需具備 QoS 機制(如 MPLS、頻寬管理、DiffServ 等功能)，方能提供滿意的點對點視訊會議品質。

2.以外掛的 MPLS Controller 來控制 ATM 交換機的運作，其整體的 Label Switching throughput 效能較差。

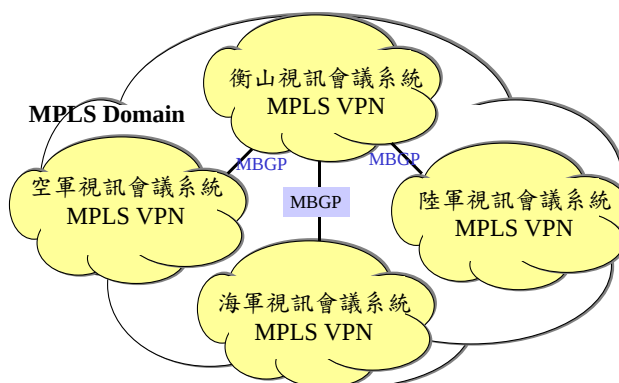
表三 網路系統架構效益評估表(作者整理)

系統 特徵性	國軍兩專屬現行 ATM 網路	以 MPLS VPN 模式網路	效益評估
PVC 需求	一專屬系統，需 5 路	一系統僅需 2 路	有效減少 3 路電路
網管效能	計管理 10 路 PVC 電路	僅管理 4 路 PVC 電路	有效減少 6 路電路
相容性	每增加一分部須增設一條 PVC 電路，以連接總部的 MCU 設備	無需增設新電路，僅將原電路頻寬提昇即可	可減少系統擴充時增設大量的電路
互通性	兩個系統間無法互通	系統間成員可互通	提供資訊交流與資源共享的環境
彈性	若將 A 單位與 B 單位系統合併，則 A、B 兩個系統均需調整	整編時無需調整 A 單位的系統架構，僅將 B 單位用戶納入 A 單位的 VPN 即可	有效減少系統調整時大量電路設定
相依性	MCU 設備發生系統故障，將無法運作	MCU 若故障僅無法進行多點連絡，惟仍可提供點對點	提高系統可靠性與可用性
功能性	僅具單一系統功能	可提供原系統以外之功能	增加系統功能性與服務性

(三)國軍整體網路系統之規劃

國軍如以 MPLS 運作原理提供每個 IP 封包一個標籤，決定封包的路徑以及優先順序，與 MPLS 相容的路由器，會將封包轉送到其路徑前，僅讀取封包標籤，無須讀取每個封包的 IP 位址以及標頭，因此網路速度便會加快許多，同時藉由 QoS (Quality of Service) 的機制對所傳送的封包加以分級，進而大幅提升網路服務品質且提供更多樣化的網路服務，俾達到戰（演）訓任務遂行。

綜合前述探討與分析，得以驗證 MPLS 技術運用於國軍現有 ATM 網路功能之可行性與可靠度，本研究以 MPLS 技術運用於國軍資訊網路系統為例，勾勒出國軍未來規劃整體視訊系統的新概念，如圖十一。



圖十一 國軍整體系統規劃概念(作者整理)

模式效益驗證與研析

一、MPLS VPN 的優異性

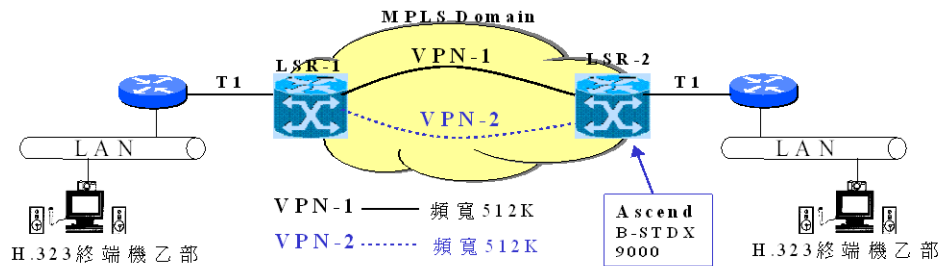
依林忠溥(民 90)實驗研究報告指出，經由實驗網路（採用 ATM 交換器外掛 MPLS 控制器），已實現並驗證 MPLS VPN 網路所具有的特性與功能，實作分析總結[11]（如表四所示）；MPLS VPN 安全性、品質保證服務以及建構成本皆優異於其他網路架構，足證明其優異且可行性。

表四 MPLS VPN 優異性[11]

功能特性	安全性 (Security)	品質保證服務 (QoS)	建構成本 (Cost)
Leased Line	高	可	最高
ATM /Frame Relay VPN	高	可	次之
Internet VPN	低	困難	少
MPLS VPN	高	可	最少

二、MPLS VPN 的可行性

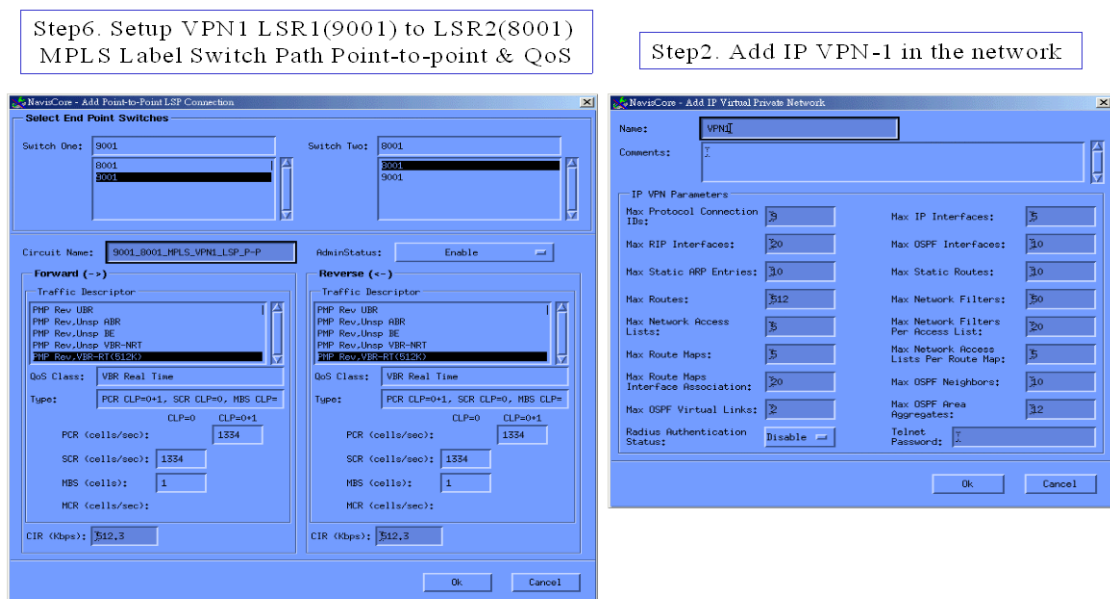
本研究運用「國軍資訊主幹網路」現行採用之 Frame Relay 交換機（廠牌 Ascend B-STDX 9000)作為實驗平台，利用該交換機內建 MPLS VPN 功能，架設實驗網路如圖十二所示，進行點對點視訊會議實作，於國防資訊中心衡山機房測試驗證成功，證明本研究以 MPLS VPN 運用於國軍網路系統可行性。



圖十三：MPLS VPN 的實驗網路

圖十二 MPLS VPN 實驗網路圖[11]

雖然 Ascend Frame Relay 交換機的 MPLS 功能雖未全然符合 IETF 所制定的標準，但卻具主導標準制定的影響力，其功能亦完全符合 MPLS 的優點與特性；然經由本研究實作亦證明可行性，運用 MPLS VPN 功能可提供符合點對點視訊會議。本研究相關網路實作之 F/R 交換機網管參數設定，部分畫面如圖十三所示。



圖十二：F/R交換機網管參數設定【本研究】

圖十三 F/R 交換機網管參數設定(本研究整理)

三、MPLS VPN 運用效益

以下針對各種協定運用方式效益分析，惟需考量到相關協定及負載所實際佔用之位元長度等相關參數。

首先以「語音封包」效益分析：「MPLS 封裝方式」效益最高可達到 76%，明顯低於「ATM AAL1 封裝」89%以及「ATM AAL2 封裝」83%，故以「語音封包」效益分析而言，ATM 還是佔有一定優勢（如表五所示）；其次，再針對不同載送 IP 協

定所需之「頭欄位元組」部分作一比較（如表六），MPLS 頭欄部份僅需 2 個位元組，相對於其他協定，如 ATM 頭欄則需 8 個位元組，明顯少了 6 個位元組，以頭欄位元組部分而言，越少表示效益越高，以此項效益分析而言，MPLS 明顯具優勢。

表五 語音封包效益分析[12]

Voice over Packet Efficient Analysis					
Over head	Voice over AAL1	Voice over AAL2	Voice over IP Access	Voice over IP backbone	Voice over MPLS
AAL	1-2	3-4			
ATM	5	5			
IP			Compressed	20	
UDP			to 3-5 for	8	
RTP			RTP/UDP/IP	12	
HDLC(PPP)			6-8	6-8	6-8
MPLS					9-12
Total	6-7	8-9	9-13	46-48	15-20
Overhead	20-47				
Packet Size	6-32	20-44	20-50	20-50	20-50
Efficiency	38-89%	38-83%	59-82%	29-52%	50-76%
Voice Bit Rate(Kbps)	16-36	6-32	6-32	6-32	6-32
Packet Bit(Kbps)		16-39	14-42	20-65	11-45

表六 載送 IP 協定頭欄位元組效益分析[12]

Overhead for Various Protocols Carrying IP Packets						
Overhead Field	PPP/SONET	LLC/SNAP over AAL5	VCmux/AAL5	PPP/FUNI	MPLS/GbE	MPLS/PPP
HDLC	8 octets			2 octets		
FUNI				8 octets		
Zero	1%			1%		
Stuffing						
Ethernet					34 octets	
53-Octet Cell	No	Yes	Yes	No	No	No
AAL5 CP		8 octets	8 octets			
LLC/SNAP		8 octets			8 octets	
PPP	2 octets			2 octets		2 octets
MPLS Label					4 octets	4 octets

四、MPLS VPN 綜合特性

本研究認為：MPLS 宗旨就是要整合標籤切換轉發的高性能以及網路層路由的靈活性及擴展性，更適合運用於 IPV4 和 IPV6 協定，與 ATM、IP VPN 及傳統自建機房等方式比較，皆足以證明其特性殊異，如表七所顯示：

表七 ATM、IP VPN 及傳統自建機房效益評析(作者整理)

建置方案		MPLS	ATM	IP VPN	自建機房
VPN 建構技術		Label Switching	Virtual Circuit 電路導向	IP Tunneling	電路導向
網路架構		簡單	隨據點增加而 複雜	隨據點增加而 複雜	隨據點增加而 複雜
傳送效率		佳	易造成 Over Head	中等	佳
保密性		高	高	中等	高
擴充性		高	低	中等	低
頻寬管理機制		第三層 Qos	第二層 Qos	無	無
部外單位 網路建置		既有設備 設定簡單	ATM 設備 設定困難	既有設備 設定複雜	既有設備 設定複雜
建置 Full Mesh	成本	低	高	中等	高
	難易度	易	難	難	難
Extranet	成本	低	高	高	高
	整合性	易	難	難	難
加值服務	成本	低	高	高	高
	彈性	大	小	大	大
備援方案	成本	低	高	高	高
	難易度	易	高	易	易
QOS		佳	中等	中等	差
安全性		高	高	中等	低

結論

隨著網路科技的演進及網路多媒體新時代的來臨，影像視訊的發展與運用（如視訊會議、遠距維修、遠距醫療、遠距教學、演訓與作戰、辦公室自動化等），將提供網際網路未來發展更遠大願景，IP 在網路的主流地位更不容置疑，其交換技術具提升廣域網路原有的功能，MPLS 技術已是當今公認的主流，以 MPLS VPN 建構國軍資訊網路系統俾供指揮官掌握戰場敵我態勢，是現今建軍重點方向，一如「博

勝專案」數據鏈路訊息整合精神。

本研究，針對國軍 ATM 主幹網路系統未來之發展，僅提出個人建議看法：

一、用 MPLS 技術提昇 ATM 主幹網路系統功能，增加 IP 交換能力以符合未來網路發展趨勢，並有效提昇情傳效能。

二、國軍 ATM 主幹網路應收納 MINET 轉報中心，擔任國軍資訊傳輸主幹網路，解決通訊與資訊網路雙頭馬車之現況。

三、提供國防部通資決策單位統一定通資整合之協定標準，主導國軍 ATM 主幹網路成為三軍共通作業網路平台。

註釋

- 1.中國時報，(民國 93 年 2 月 11 日)，第 A2 版。
- 2.陳文建，技術通報，第一三六期，(民國 89 年)，頁 1。
- 3.中華電信研究所，專家論壇，http://www.tl.gov.tw/forum/int/new_ipoa.htm。
- 4.Harry G. Perros, "An Introduction to ATM Networks," JW company, (2002)。
- 5.張智勝，陳伯偉，「Internetworking with TCP/IP 互連網路 Vol. 1, 4/e」，全華書局，(民國 90 年)。
- 6.J.Moy, "OSPF Version 2," RFC 2328, Standards Track,(1998)。
- 7.林忠溥，「以多重協定標籤交換技術架設具有擴充性的虛擬私有網路」，中正大學碩士論文，(民國 90 年)，頁 6-7、57-80。
- 8.Eric W. Gray, "MPLS Implementing the Technology," Addison-Wesley company, (2001)。
- 9.Ivan Pepelnjak & Jim Guichard 著，林慶德譯，「MPLS 與 VPN 架構徹底研究」
- 10.郭光耀，「視訊會議通信網路整合運用之研究」，國防管理指參班論文，(民國 90 年)，頁 69-80。
- 11.林忠溥，「以多重協定標籤交換技術架設具有擴充性的虛擬私有網路」，中正大學碩士論文，(民國 90 年)，頁 6-7、57-80。
- 12.DAVID E. MCDYSAN and DAVE PAW, ATM & MPLS Theory & Application, McGraw Hill, (2002).