

目 錄

第二章 通訊 (COMMUNICATION) 基礎建設	2-1
2.1 簡介.....	2-1
2.2 國際航空通訊基礎建設之發展趨勢.....	2-2
2.2.1 陸空語音通訊.....	2-2
2.2.1.1 高頻(HF)通訊.....	2-2
2.2.1.2 特高頻(VHF)通訊.....	2-3
2.2.1.3 衛星(Satellite)通訊.....	2-4
2.2.1.4 語音通訊瓶頸.....	2-5
2.2.2 陸空資料鏈路通訊-ACARS	2-5
2.2.2.1 ACARS 通訊架構	2-7
2.2.2.1.1 高頻資料鏈路(HF Data Link).....	2-8
2.2.2.1.2 特高頻資料鏈路(VHF Data Link).....	2-9
2.2.2.1.3 衛星通訊資料鏈路(SatCom Data Link).....	2-10
2.2.2.1.4 地面通訊網路.....	2-11
2.2.2.2 ACARS 通訊應用	2-12
2.2.2.2.1 數位化離場前許可頒發系統(PDC).....	2-12
2.2.2.2.2 數位化自動終端資訊服務系統(D-ATIS)	2-13
2.2.2.2.3 管制員/駕駛員資料鏈路通訊(CPDLC).....	2-14
2.2.2.2.4 自動回報監視(ADS).....	2-16
2.2.2.2.5 飛航服務設施通知(AFN).....	2-17
2.2.2.2.6 飛航業務(AOC)	2-19
2.2.3 航空通信網路 (ATN).....	2-20
2.2.3.1 通訊處理.....	2-21
2.2.3.2 定址方式.....	2-25
2.2.3.3 ATN 通訊網路結構.....	2-27
2.2.4 陸空特高頻數位鏈路 (VDL)	2-28
2.2.4.1 VDL Mode 1	2-29
2.2.4.2 VDL Mode 2	2-30
2.2.4.3 VDL Mode 3	2-31

2.2.4.4 VDL Mode 4	2-32
2.2.5 航空通訊網路(ATN)應用功能.....	2-34
2.2.5.1 陸空應用 (Air-Ground Application)	2-34
2.2.5.1.1 ACARS 應用功能	2-34
2.2.5.1.2 鏈路化飛航資訊服務(DFIS)	2-35
2.2.5.2 地面應用 (Ground-Ground Application)	2-35
2.2.5.2.1 飛航服務跨區資料通訊(AIDC)	2-35
2.2.5.2.2 飛航服務訊息處理服務(AMHS)	2-38
2.2.6 國際間通訊基礎建設發展趨勢.....	2-39
2.2.6.1 美國.....	2-39
2.2.6.1.1 NAS 4.0 架構.....	2-40
2.2.6.1.2 CPDLC 之期程及轉換計畫.....	2-42
2.2.6.2 歐盟.....	2-46
2.2.6.2.1 Link 2000	2-47
2.2.6.2.2 PETAL IIe 計畫	2-49
2.2.6.3 香港.....	2-52
2.2.6.4 日本.....	2-53
2.3 我國航空通訊基礎建設建置策略.....	2-55
2.3.1 台北飛航情報區航空通訊現況.....	2-55
2.3.1.1 數位語音交換系統(DVCSS).....	2-55
2.3.1.2 飛航管制服務通訊網路.....	2-56
2.3.1.3 航空固定通訊網路(AFTN)	2-58
2.3.1.4 氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)通訊網路	2-59
2.3.1.5 陸空資料鏈路通訊網路.....	2-59
2.3.2 ICAO 航空通信網路及其應用功能的建置.....	2-60
2.3.2.1 航空通信網路簡介.....	2-61
2.3.2.2 ICAO 航空通訊網路的建置.....	2-61
2.3.2.3 ICAO 航空通訊網路應用功能的建置.....	2-62
2.3.3 通訊基礎建設建置關鍵因素.....	2-64
2.3.3.1 經濟因素.....	2-65

2.3.3.2 技術因素.....	2-67
2.3.3.3 政策因素.....	2-69
2.3.4 通訊基礎建設建置策略.....	2-70
2.3.4.1 跨區通訊-ATN 網路	2-71
2.3.4.2 飛航資訊服務資料通訊-IP 網路.....	2-72
2.3.4.3 飛航管制服務資料通訊-點對點網路	2-73
2.3.4.4 陸空資料鏈路通訊網路-ATN 網路	2-74
2.3.4.5 ATN 網路應用功能.....	2-75
2.3.4.6 語音通訊.....	2-76
2.4 結論.....	2-76
2.5 參考文獻.....	2-77

圖目錄

圖 2-1: 陸空語音通訊路徑	2-2
圖 2-2: VHF 航空頻譜使用分配狀況	2-3
圖 2-3: 陸空資料鏈路應用訊息	2-6
圖 2-4: ACARS 陸空資料鏈路通訊架構	2-7
圖 2-5: ACARS 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖	2-7
圖 2-6: 高頻資料鏈路函蓋圖	2-8
圖 2-7(a): 特高頻資料鏈路函蓋圖-SITA 全球	2-9
圖 2-7(b): 特高頻資料鏈路函蓋圖-ARINC 歐洲部分	2-10
圖 2-8: 衛星資料鏈路函蓋圖-INMARSAT	2-11
圖 2-9: PDC 作業流程及資料內容	2-13
圖 2-10: D-ATIS 作業流程及資料內容	2-14
圖 2-11: CPDLC 作業流程及資料內容和格式	2-16
圖 2-12: AFN 作業流程及資料內容	2-18
圖 2-13: ATN 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖	2-20
圖 2-14: ATN 基本概念	2-22
圖 2-15: ATN 基本架構	2-23
圖 2-16: ATN 通訊處理架構	2-24
圖 2-17: 亞洲/太平洋區 ATN 骨幹通訊網路結構	2-27
圖 2-18: 亞洲/太平洋區 ATN 整體通訊網路結構	2-28
圖 2-19: 陸空資料鏈路通訊技術比較	2-29
圖 2-20: VDL Mode 3 資料格式	2-32
圖 2-21: VDL Mode 2~4 資料格式比較	2-34
圖 2-22: AIDC 作業流程及資料內容	2-37
圖 2-23: AMHS 作業流程	2-39
圖 2-24: FAA 通訊基礎建設發展時程	2-42
圖 2-25: FAA 通訊技術發展趨勢	2-42
圖 2-26: FAA CPDLC 發展徑程	2-43
圖 2-27: FAA CPDLC Build I 訊息格式	2-44

圖 2-28: FAA CPDLC Build IA 訊息格式	2-45
圖 2-29: FAA CPDLC 整體系統架構	2-46
圖 2-30: 歐洲地區航空通訊發展歷程	2-47
圖 2-31: PETAL IIe 陸空測試環境	2-50
圖 2-32: PETAL IIe 測試訊息	2-50
圖 2-33: PETAL IIe 整體測試架構	2-51
圖 2-34: PETAL IIe 測試時程及結果	2-51
圖 2-35: 香港民航處 ATN 測試系統架構	2-52
圖 2-36: 日本民航局 ATN 測試系統架構	2-54
圖 2-37: 數位語音交換系統通訊架構	2-56
圖 2-38 飛航管制服務通訊架構	2-57
圖 2-39: 航空固定通訊網路通訊架構	2-58
圖 2-40: 氣象及飛航情報諮詢系統通訊架構	2-59
圖 2-41: 陸空資料鏈路通訊系統通訊架構	2-60
圖 2-42: ATN 網路架構	2-61
圖 2-43: 台北飛航情報區 ICAO ATN 通訊網路架構	2-62
圖 2-44: ATN 網路應用功能	2-63
圖 2-45: ATN 應用功能簡述及其所需的後端處理	2-64
圖 2-46: ATN 點對點通訊網路架構	2-66
圖 2-47: ATN IP 通訊網路架構	2-66
圖 2-48: 亞太地區 ATN 通訊網路架構	2-69
圖 2-49: 亞太地區 ATN 通訊網路規範和建置時程	2-70
圖 2-50: 跨區通訊 ATN 網路架構	2-72
圖 2-51: 飛航資訊服務資料通訊 IP 網路架構	2-73
圖 2-52: 飛航管制服務資料通訊點對點網路架構	2-74
圖 2-53: 陸空資料鏈路通訊網路 ATN 網路架構	2-75
圖 2-54: 通訊基礎建設之技術趨勢	2-76
圖 2-55: 台北飛航情報區通訊基礎建設架構	2-77

表 目 錄

表 2-1：ATN 網路存取點位址格式	2-25
表 2-2：ATN 網路存取點位址內容	2-26
表 2-3：VDL Mode 1~4 通訊服務比較	2-29

第二章 通訊 (COMMUNICATION) 基礎建設

本章主要研討在 CNS/ATM 環境下，航空通訊的技術趨勢和我國建置策略。首先針對航空通訊的通訊方式和內容作一簡單的介紹；其次說明航空通訊技術、ATN、及技術發展趨勢；接下來說明我國航空通訊現況和未來建置策略；最後對相關議題作一彙總和整理，並提出結論。

2.1 簡介

航空通訊主要是指航機和地面端的航管單位或航空公司的陸空雙向通訊，或是地面端各單位之間的地對地通訊。

目前航空通訊的方式主要包括：語音(Voice)通訊與資料(Data)通訊兩種。而其通訊內容則分為：航管單位指揮航機飛行指令或傳送航機飛行計劃/狀況資料的飛航管制(Air Traffic Control, ATC)通訊和航機向航空公司報告作業或營運相關資料的飛航業務(Aeronautical Operational Control, AOC)通訊等兩大類。

飛航管制(ATC)通訊中，航管單位對航機飛行的指令，因其是具時效性的陸空通訊，目前主要以語音通訊為主；而航機飛行計劃/狀況資料的傳輸是屬地面端航管單位之間的作業，是一種地面端的資料通訊。另一方面，飛航業務(AOC)通訊是非時效性的陸空通訊，目前主要以資料通訊為主。

我國台北飛航情報區(Taipei Flight Information Region, Taipei FIR)目前所使用的航空通訊系統包括：數位語音交換系統(DVCSS)、飛航管制服務通訊系統、航空固定通訊網路(AFTN)、氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)、以及陸空資料鏈路通訊網路。這些通訊系統及其通訊網路提供完整涵蓋台北飛航情報區的陸空之間和地對地之間的語音及資料通訊。

現階段，不論陸空或地對地的語音和資料通訊，都面臨容量飽和、傳輸速度太低、可靠性/安全性不佳的瓶頸，國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)針對這個問題提出新一代航空通訊的架構：航空通信網路(Aeronautical Telecommunication Network, ATN)，應用新的通訊技術和作業方式，以滿足未來航空通訊的需求。

但由於航空通訊的內容複雜、範圍廣大，不可能將現有航空通訊系統及網路一次全部更新為 ATN，因此在建置上必須考慮技術、經濟、政策等因素，根據

台北飛航情報區的作業需求及環境，分階段逐步更新航空通訊系統。

2.2 國際航空通訊基礎建設之發展趨勢

本章節將循序說明國際航空通訊目前所使用的技術、新一代航空通訊的架構、ATN、國際間技術發展趨勢及重要的發展計劃等，以期對航空通訊技術的現況及未來趨勢作一概要但完整的說明。

2.2.1 陸空語音通訊

陸空語音通訊是航空業界最傳統的通訊方式。基於通訊距離、通訊特性、作業需求等因素，陸空語音通訊包括：高頻(High Frequency, HF)、特高頻(Very High Frequency, VHF)、以及衛星(Satellite)等三種通訊方式。陸空語音通訊的路徑架構，請參閱圖 2-1。

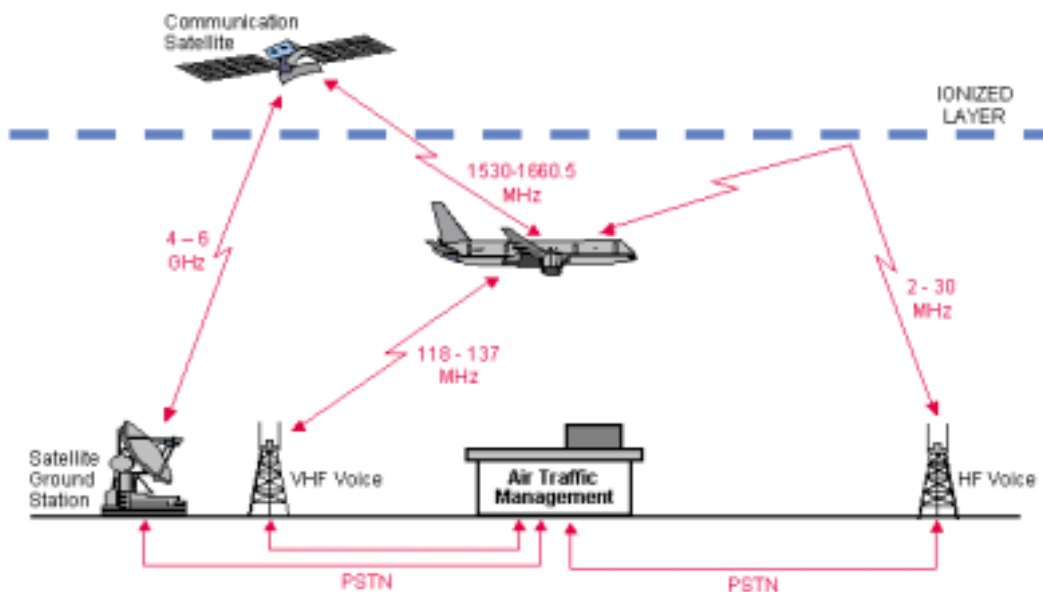


圖 2-1: 陸空語音通訊路徑

2.2.1.1 高頻(HF)通訊

1. 通訊路徑：高頻無線電波是利用地球大氣層中的電離層(Ionosphere)，將電波經由折射傳送，以達到長距離通訊的目的，其通訊距離可達到 2,700 哩。
2. 通訊內容：主要提供航機與地面航管單位之飛航管制(ATC)或航空公司之

飛航業務(AOC)通訊使用。

3. 使用頻率：2.000MHz ~ 29.999MHz。
4. 波道頻寬：1KHz；波道總數：28,000。
5. 調變技術：AM(Amplitude Modulation)調制。

信號調制 (Modulation) 是指將聲音信號 (20Hz ~ 20KHz) 和發射信號 (2.0MHz~29.9MHz)融合的方式。

高頻通訊雖然可以傳送很遠的距離，但是通訊品質普遍不佳，一般只是作為輔助的通訊方法。

2.2.1.2 特高頻 (VHF)通訊

1. 通訊路徑：特高頻無線電波是一種視線距離(Line-Of-Sight)直線傳送的電波，發射者和接收者之間不能有妨礙電波傳送的障礙物存在，其通訊距離在飛行高度 1,000 呎約為 30 浬，飛行高度 10,000 呎為 135 浬。
2. 通訊內容：主要提供航機與地面航管單位飛航管制(ATC)通訊使用。
3. 使用頻率：117.975MHz ~ 137.000MHz。
4. 波道頻寬：25KHz(其他地區)或 8.33KHz(歐洲地區)；波道總數：762(其他地區)或 2,286(歐洲地區)。
5. 調變技術：AM(Amplitude Modulation)調制。

特高頻航空頻譜(108MHz ~ 137MHz)使用分配狀況，請參閱圖 2-2。

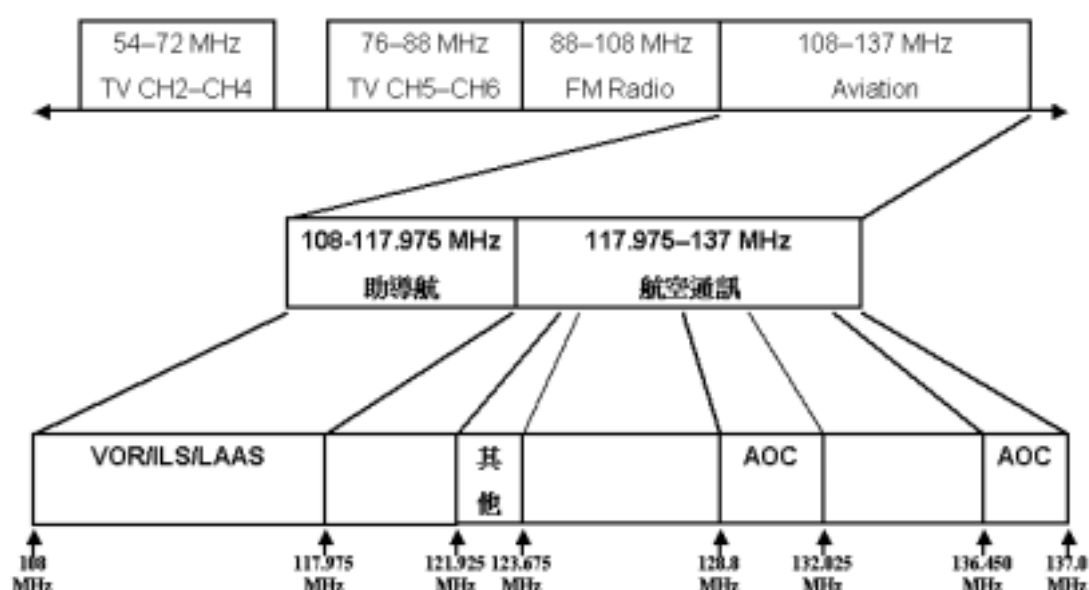


圖 2-2: VHF 航空頻譜使用分配狀況

台灣地區機場及近場航管通訊所使用的頻率包括：

1. 中正機場：塔台：118.7、121.7、121.8MHz；近場：119.7、125.1MHz；ATIS：127.6MHz。
2. 高雄機場：塔台：118.7、121.9、121.5MHz；近場：121.1MHz；ATIS：127.8MHz。
3. 松山機場：塔台：118.1、126.18、121.9MHz；近場：119.7、125.1MHz；ATIS：127.4MHz。

由上述台灣地區使用頻率可知，雖然 VHF 有數百個通訊頻道，但是航管本身有許多不同的應用，都必須用到 VHF 的通訊波道，加上通訊涵蓋範圍、鄰近頻道相互干擾、通訊備援等因素，在航空交通擁擠、機場密佈及管制單位密集的地區，如：中歐地區，VHF 通訊頻道仍不敷使用。

特高頻通訊的品質雖然很好，但是涵蓋範圍較小，偏遠地區或海洋中心，無法架設通訊接收站的地區，便無法使用。

2.2.1.3 衛星(SATELLITE)通訊

1. 通訊路徑：衛星通訊電波是利用地球赤道上空 22,300 哩的同步通訊衛星，接收航機的電波再傳送給地面的衛星接收站(Ground Earth Station)，以達到全球通訊的目的，其通訊距離除南北極區外(南北緯 80 度以上)，涵蓋全球。
2. 通訊內容：主要提供航機旅客與地面接收端的個人通訊使用。
3. 使用頻率：1.530GHz ~ 1.6605GHz(航機/通訊衛星) 或 4.0 ~ 6.0 GHz(通訊衛星/地面接收站)。
4. 波道頻寬：6KHz(航機/通訊衛星)或 5MHz(通訊衛星/地面接收站)；波道總數：21,750(航機/通訊衛星)或 400(通訊衛星/地面接收站)。
5. 調變技術：A-BPSK(Aviation-Biphase Shift Keying) / A-QPSK(Aviation-Quadriphase Shift Keying)調制。
6. 使用衛星：INMARSAT。

衛星通訊雖然涵蓋全球，但其通訊延遲較長，且因南北緯 80 度以上無法涵蓋，使得日益重要的跨極航路無法使用衛星通訊。

2.2.1.4 語音通訊瓶頸


1. 航空交通繁忙區域，如：歐洲大陸，飛航管制之 VHF 通訊波道不足。
2. 語音通訊時間較長。
3. 語音通訊溝通錯誤率較高。
4. 無法提供飛航管制以外的資訊。

2.2.2 陸空資料鏈路通訊-ACARS


為應付日益增加的陸空通訊需求，並解決語音通訊的瓶頸，民航業者、飛機製造商、通訊服務廠商，於 1977 年，共同提出以語音通訊架構為基礎之陸空資料鏈路通訊架構：機載通訊定址與回報系統(Aircraft Communication Addressing and Reporting System, ACARS)。

ACARS 的主要功能，是在一架航機的停機、起飛、爬昇、巡航、降落等各階段，以資料鏈路(Data Link)的方式，提供各項通訊訊息的陸空傳輸服務，其傳輸的訊息主要包括：飛航管制(ATC)和飛航業務(AOC)兩大類。ACARS 在航機各階段的應用，請參閱圖 2-3。

ACARS 架構上，由航空通訊服務廠商(Data Service Provider, DSP)，如：SITA 和 ARINC 等，建構各種陸空資料鏈路通訊接收站及地面上的通訊網路，以接收航機經各資料鏈路所傳送的訊息，再經地面通訊網路，將訊息傳送到地面的收訊單位。反之，地面發訊單位也可以利用同一路徑，相反方向，將訊息傳送至空中的收訊航機。由於航空通訊服務廠商已建構涵蓋全球的 ACARS 通訊網路，使一架航機不論在世界的那一個地區，均可以透過 ACARS 通訊網路，和另一個地區的地面單位，以資料鏈路的方式，直接通聯。ACARS 陸空資料鏈路通訊架構，請參閱圖 2-4。



Service	Preflight	Airport Surface	Departure	En Route Domestic	En Route Oceanic	Arrival	Airport Surface
ATC	Pre-Departure Clearance (PDC)	Taxi Instructions Take Off Clearance	Top-of-Climb (TOC) Speed/ Heading/ Altitude Instructions	TOC Speed/ Heading/ Altitude Instructions/ Request Oceanic Clearance	TOC ADS Speed/ Heading/ Altitude Instructions/ Request	TOC Terminal Initial Contact Speed/ Heading/ Altitude Instructions	Taxi Instructions
AOC /FIS	ATIS Route Weather	Wind Shear Graphic Weather ATIS Updates	Graphic Weather Aircraft Weather Reports	Position Reports Weather Updates Aircraft Weather Reports	Position Reports Weather Updates Aircraft Weather Reports	ATIS Graphic Weather Wind Shear	



Service	Preflight	Airport Surface	Departure	En Route Domestic	En Route Oceanic	Arrival	Airport Surface
AOC /ATS	PDC from ATC	OUT Report	OFF Report Aircraft Weather Reports Flight Plan Update Engine Data	Weather Requests/ Response Aircraft Weather Reports Maintenance Reports Engine Data Delay/ETA (Estimated Time of Arrival)	Weather Requests/ Response Aircraft Weather Reports Maintenance Reports Engine Data Delay/ETA	Gate Request/ Assignment Connecting Gate Information Maintenance Reports Engine Data Delay/ETA	ON Report IN Report Crew/Fuel Information

圖 2-3: 陸空資料鏈路應用訊息

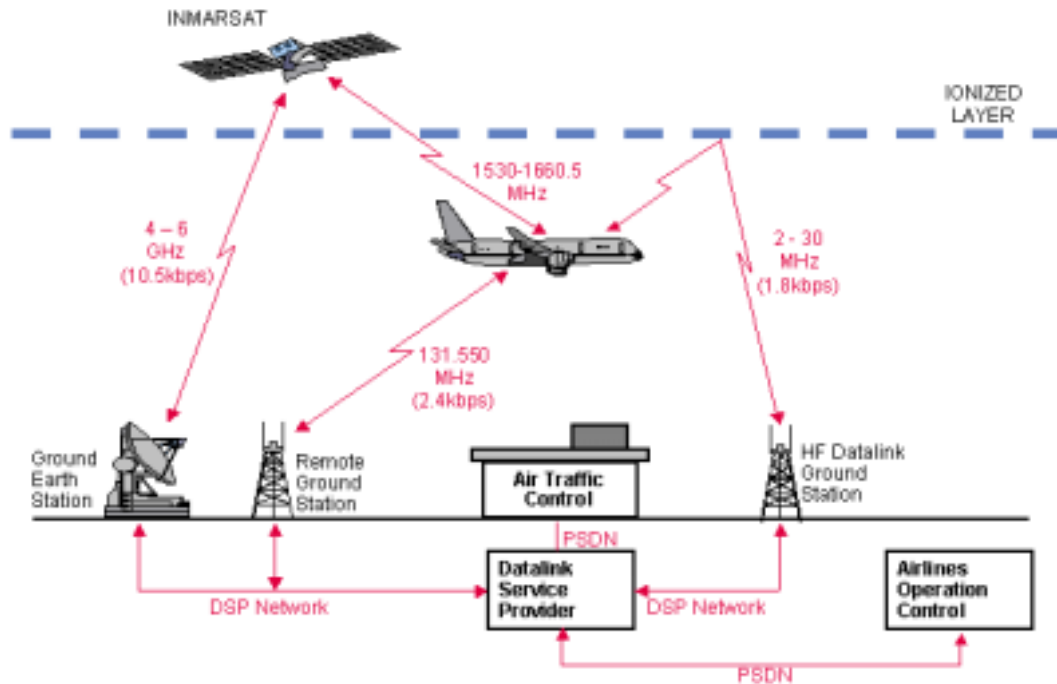


圖 2-4: ACARS 陸空資料鏈路通訊架構

2.2.2.1 ACARS 通訊架構

ACARS 的陸空資料鏈路是架構於傳統的語音通訊路徑上，其中包括：高頻資料鏈路(HF Data Link)、特高頻資料鏈路(VHF Data Link)、衛星資料鏈路(Satellite Data Link)。而 ACARS 的地面通訊網路，則是由航空通訊服務廠商利用自有或公共數據網路建構而成。ACARS 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖，請參閱圖 2-5。

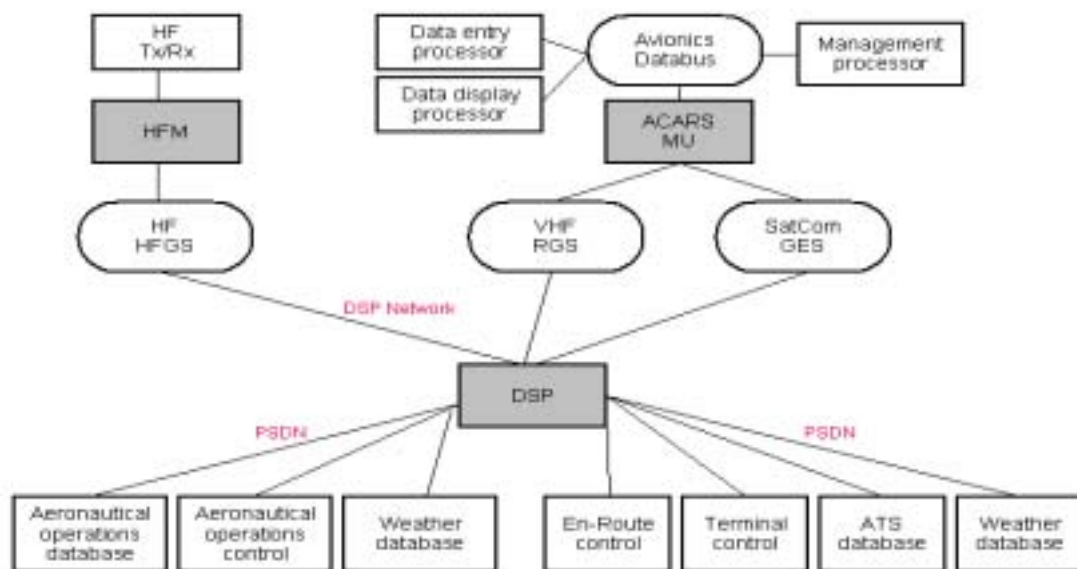


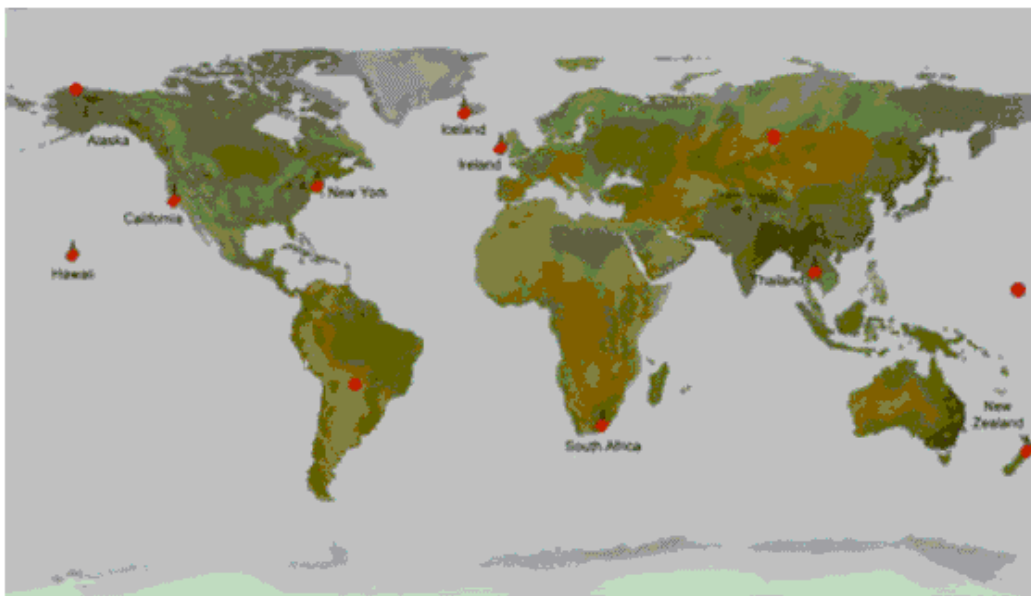
圖 2-5: ACARS 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖

2.2.2.1.1 高頻資料鏈路(HF Data Link)

1. 通訊路徑：與語音通訊相同。
2. 通訊內容：主要提供飛航業務(AOC)使用。
3. 使用頻率：2.000MHz ~ 29.999MHz。
4. 波道頻寬：2.8KHz，各地面接收站分配 5 ~ 6 個波道。
5. 調變技術：M-PSK(Minimum-Phase Shift Keying)調制。
6. 通訊路徑存取方式：TDMA(Time Division Multiple Access Protocol)，每一波道每 2.5 秒劃分成一個區段(Slot)，每一區段分別指定為上傳(Uplink)或下傳(Downlink)區段，以避免同一波道傳輸和接收訊息互相衝突。
7. 資料傳輸率：150BPS ~ 1,800BPS，依據波道信號品質自動調整。

在語音通訊中，同一波道如有多人共用時，使用者有能力自行分配使用方式；但資料鏈路通訊時，由於傳送/接收端都是電子設備，所以必須事先定義衝突時的解決方式。

高頻資料鏈路通訊和高頻語音通訊相同，有通訊品質不佳的缺點。高頻資料鏈路(HF Data Link)的涵蓋範圍，請參閱圖 2-6。



Note : Each HFDL ground station provides primary data link coverage out to 5,000 kilometers, or 2,700 nautical miles, radius.

資料來源：[2-14]

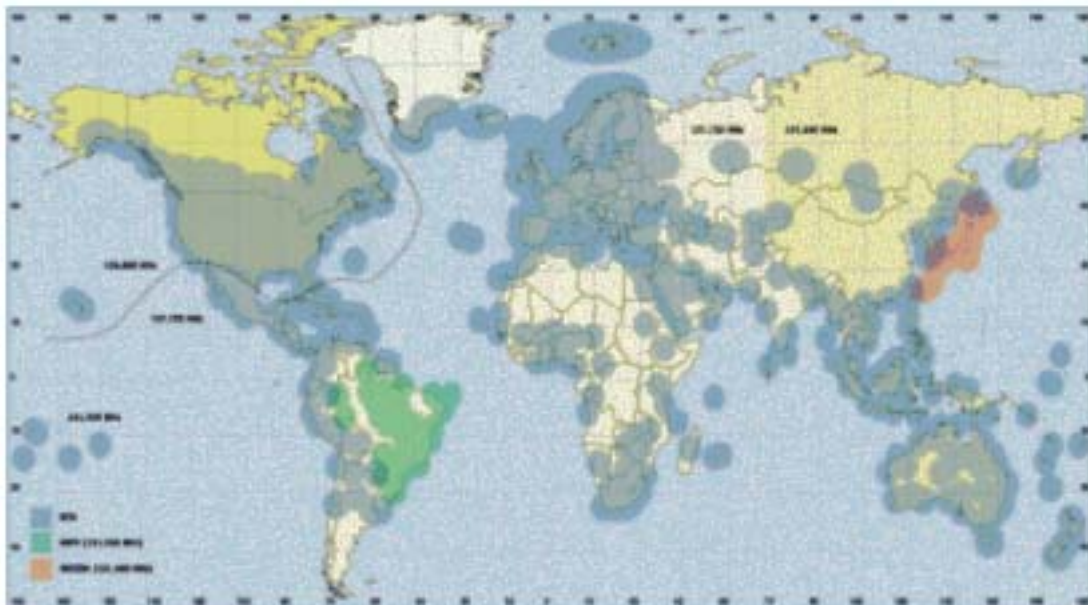
圖 2-6: 高頻資料鏈路涵蓋圖

2.2.2.1.2 特高頻資料鏈路(VHF Data Link)

1. 通訊路徑：與語音通訊相同。
2. 通訊內容：飛航管制(ATC)和飛航業務(AOC)。
3. 使用頻率：131.550MHz。
4. 波道頻寬：25KHz。
5. 調變技術：MSK(Minimum Shift Keying)調制。
6. 通訊路徑存取方式：CSMA(Carrier Sense Multiple Access)，每一次傳送資料時，先檢查通訊波道是否有資料正在傳輸；如果無，則立即傳送資料，如果有，則等一下再檢查。
7. 資料傳輸率：2,400BPS。

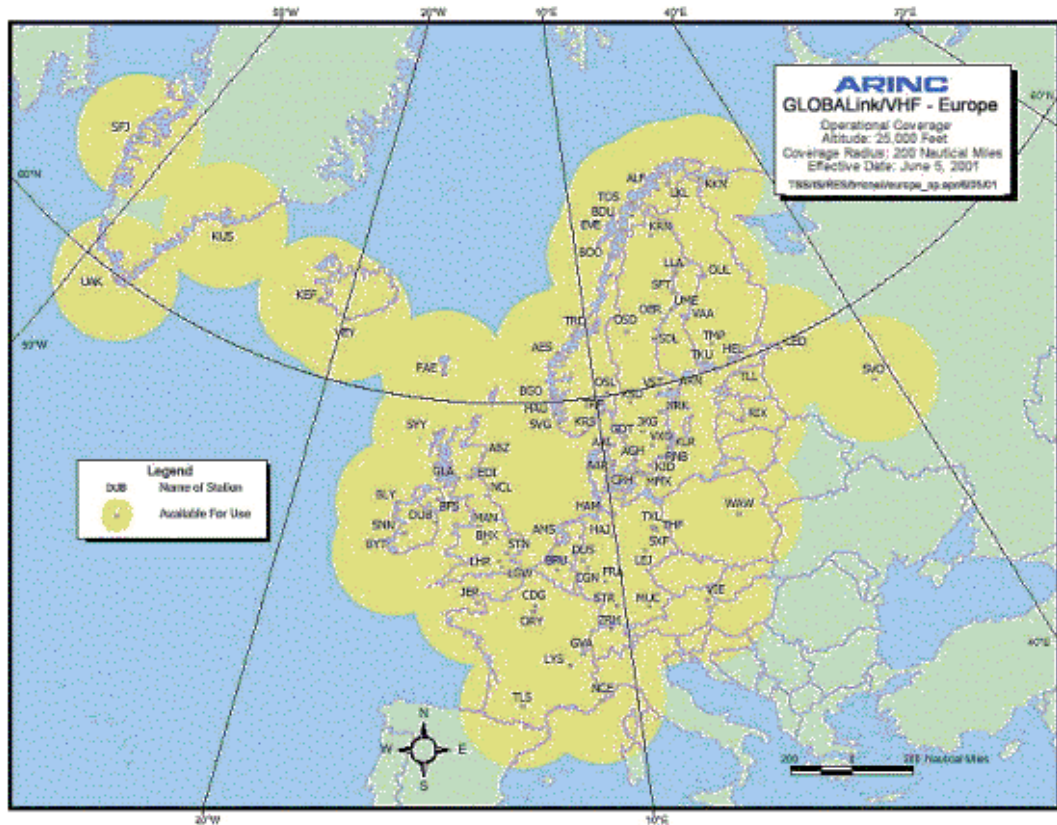
其中，使用頻率雖然 ICAO 規定為 131.550MHz，但實際上仍有其他相近的通訊頻率被使用，如：台北飛航情報區中，SITA 公司的 VHF 資料鏈路通訊的使用頻率為：131.550MHz，而 ARINC 公司則為：131.450MHz 和 131.725MHz。

特高頻資料鏈路通訊和特高頻語音通訊相同，有涵蓋範圍較小的限制。特高頻資料鏈路(VHF Data Link)的涵蓋範圍，請參閱圖 2-7。



資料來源：[2-15]

圖 2-7(a): 特高頻資料鏈路涵蓋圖-SITA 全球



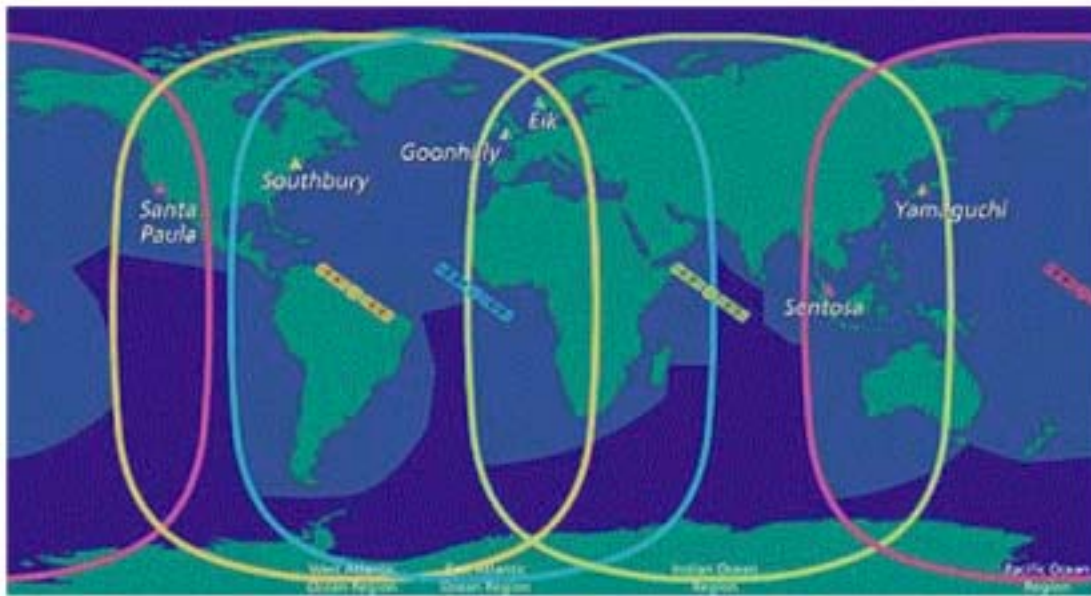
資料來源：[2-14]

圖 2-7(b): 特高頻資料鏈路涵蓋圖-ARINC 歐洲部分

2.2.2.1.3 衛星通訊資料鏈路(SatCom Data Link)

1. 通訊路徑：與語音通訊相同。
2. 通訊內容：飛航管制(ATC)和飛航業務(AOC)。
3. 使用頻率：與語音通訊相同。
4. 波道頻寬：與語音通訊相同。
5. 通訊路徑存取方式：TDMA(Time Division Multiple Access Protocol)。
6. 資料傳輸率：300BPS ~ 10.5KBPS。
7. 使用衛星：INMARSAT。

衛星資料鏈路通訊和衛星語音通訊相同，有通訊延遲較長和涵蓋範圍的問題。衛星資料鏈路(Satellite Data Link)中 INMARSAT 的涵蓋範圍，請參閱圖 2-8。



資料來源：[2-16]

圖 2-8: 衛星資料鏈路涵蓋圖-INMARSAT

2.2.2.1.4 地面通訊網路

航空通訊服務廠商(DSP)依據上述三種陸空通訊鏈路的特性和限制，分別建構各式陸空通訊接收站，構成涵蓋全球的陸空通訊接收網，以接收航機所發送的訊息，再以租用的數據通訊網路，將所收到的訊息集中到資料處理中心，以便繼續傳送給地面上的訊息接收單位。地面上的訊息接收單位主要包括：航管單位、航空公司等，各單位以公共數據網路(PSDN)連接 DSP 的資料處理中心，再以即時連線(On Line)或電子信箱(Email)的方式，存取這些訊息。而地面發訊單位也可以利用同一路徑及存取方法，以相反方向，將訊息發送至空中的收訊航機。

陸空通訊接收站和 DSP 資料處理中心之間的通訊規範(Protocol)，由航空通訊服務廠商(DSP)自行設計，沒有一定的標準。另一方面，DSP 資料處理中心和訊息接收單位之間的通訊規範，一般是遵循廣域網路(WAN)的通訊規範，如：X.25；傳輸速率：1.8KBPS ~ 64KBPS；資料格式：IATA/ATA Message Type A/Type B[2-18]。除上述通訊規範外，各 DSP 為更有效的管理其通訊網路會另行增加其他的通訊規範，如：SITA 另加 BATAP 通訊規範。

2.2.2.2 ACARS 通訊應用

2.2.2.2.1 數位化離場前許可頒發系統(PDC)

數位化的離場前許可頒發系統(Pre-Departure Clearance, PDC), 是應減少語音重讀、頻道干擾擁塞、降低語音誤解發生的機率、減輕駕駛員及管制員工作負荷等需求所衍生的技術, 期透過自動化及數位化的系統, 使管制員更能專注於其他飛航服務, 消除造成起飛離場之延誤, 增加營運效能。數據化的 PDC 頒發之作業應用流程如下:

1. 航空公司經由地面網路將飛行計畫發至航管中心。
2. 航管中心驗證飛行計畫無誤後, 將計畫送至塔台。
3. 塔台管制員核定許可後, 送至航空公司電腦。
4. 駕駛員向塔台提出許可申請 (語音或資料鏈路)。
5. 塔台將離場前許可直接頒發至機載飛航管理電腦(Flight Management Computer, FMC), 駕駛員操作多功能座艙顯示單元(Multiple Copit Display Unit, MCDU)回覆塔台(FMC Page), 並以機載印表機列印出許可。
6. 駕駛員所提申請要求與管制單位許可不符時 (如: 高度等), 駕駛員利用語音通訊請求塔台代為再協調, 完成後, 再由塔台直接頒發至 FMC。

PDC 的作業流程請參閱圖 2-9(a), 而其資料內容請參閱圖 2-9(b)。

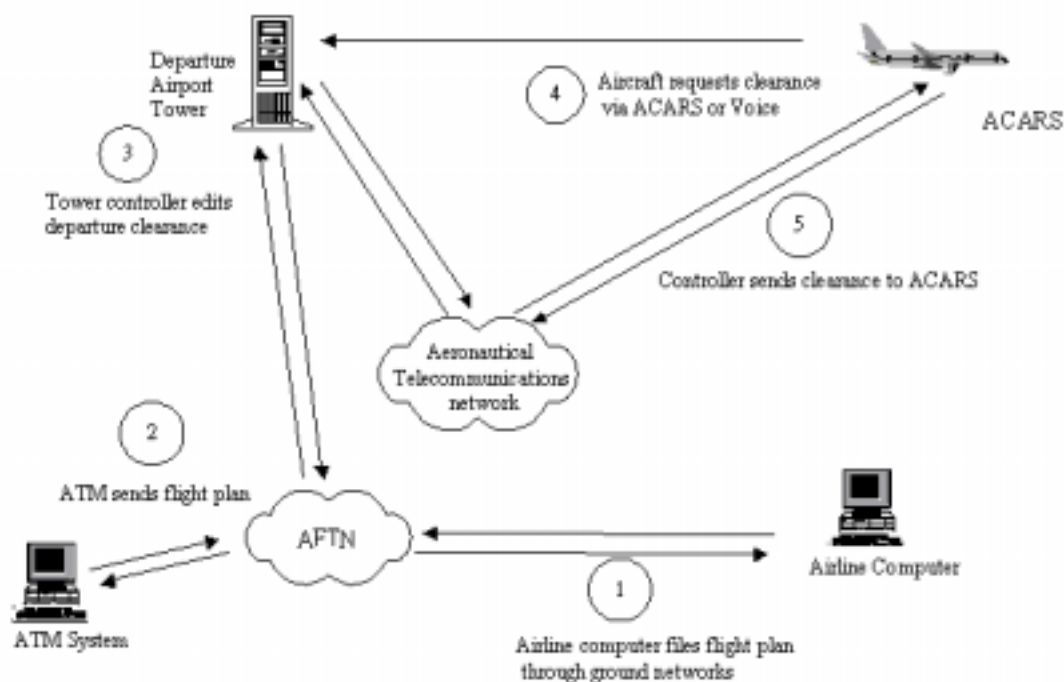


圖 2-9(a): PDC 作業流程

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Departure Clearance Format <ul style="list-style-type: none"> - <i>Request for Departure Clearance (downlink)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Message type identifier - Avionics display/printer capability - Flight information and gate identifier - ATIS identifier - Aircraft type notification - Additional information - <i>Departure Clearance (uplink)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Message type identifier - Time and date - ATC identifier - Clearance indicator and number 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Departure Clearance Format (conti) <ul style="list-style-type: none"> - <i>Departure Clearance (conti)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Cleared destination - Cleared runway departure and route - ATCRBS squawk - Departure time - Next frequency - Current ATIS - Optional free text - <i>Departure Clearance Readback (downlink)</i> <ul style="list-style-type: none"> - Message type identifier - Message contents (same as clearance uplink)
--	---

圖 2-9(b): PDC 資料內容

2.2.2.2.2 數位化自動終端資訊服務系統(D-ATIS)

數位化自動終端資訊服務系統 (Digital Automatic Terminal Information Service, D-ATIS) 為一飛航資訊服務的應用系統，用以改進目前只提供語音服務之終端資料廣播服務系統。數位式 ATIS 提供當地天氣資料和主要機場的跑道狀況[2-1]。資料鏈路終端資料廣播服務作業方式有兩種：利用合成語音 (Text-to-Voice) 或資料鏈方式將 ATIS 信息上傳給飛機。

D-ATIS 作業方式如下：

1. 氣象系統提供資料給塔台 D-ATIS 系統。
2. 管制員編輯數位式 ATIS 信息。
3. 數位式 ATIS 信息送至區管中心的電腦資料庫或 DSP 的電腦資料庫中儲存。
4. 飛機利用 ACARS 要求 ATIS。
5. 電腦資料庫將 ATIS 頒發給飛機。或利用 Voice-to-Text 技術，將合成語音版之 ATIS 頒發給飛機。

D-ATIS 運用 DSP 的資料庫儲存數位式 ATIS 信息的作業流程及資料內容，請參閱圖 2-10。

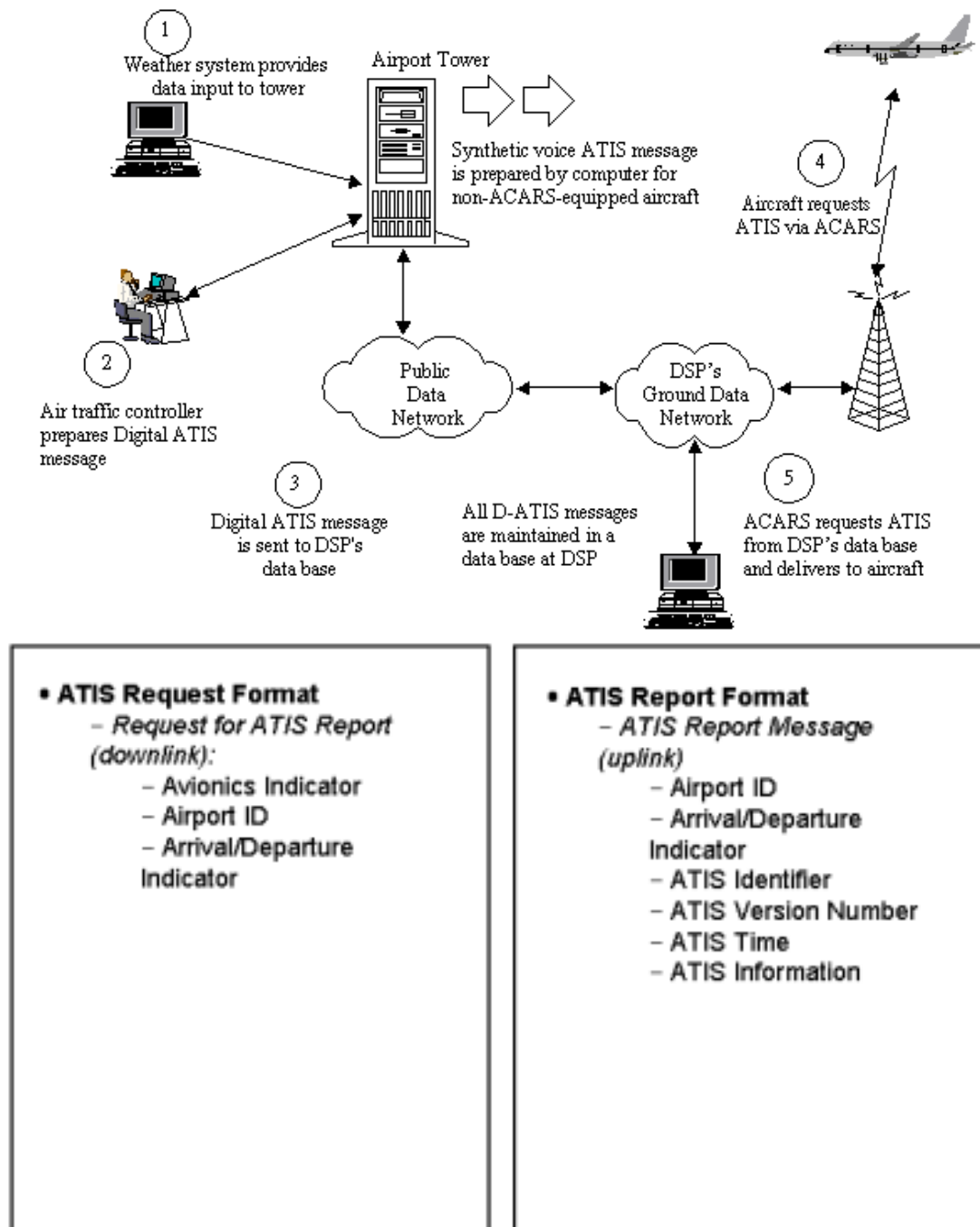


圖 2-10: D-ATIS 作業流程及資料內容

2.2.2.2.3 管制員/駕駛員資料鏈路通訊(CPDLC)

管制員/駕駛員資料鏈路通訊(Controller/Pilot Data Link Communication, CPDLC)，主要的目的在於建立及管理地面航管人員與駕駛員間的數位化通信，改善傳統語音通信中因語言障礙及通信干擾所造成的航管問題。

透過 CPDLC，地面航管單位可將現行航管協調、指示或命令訊息經由數位

編碼後，透過 ACARS 選擇衛星通信(SatCom)、特高頻通信(VHF)或高頻通信(HF)路徑，傳送(Uplink)至指定的航機上，並以適當的顯示方式，提供飛行人員配合運用或參考。同時 CPDLC 系統也會依通信協訂，分辨該訊息要求確認(Acknowledge)或回應的需求，自動或待駕駛員輸入後，將回應的指令或訊息傳回(Downlink)至地面航管單位。為確保飛航管制的責任，同一個時間內，航機僅能由一個地面航管單位以 CPDLC 進行管制。當航機需要跨區時，也必需由具有飛機管轄權的航管單位，透過通信協調發起相關管制交接事宜[2-1]。

CPDLC 訊息之組成，主要是將現行航管系統中對航機指示、管制、協調及詢問等訊息，透過標準的語法敘述並賦予獨立的識別代碼(Message ID Number)，每一個信號並依作業需求訂定優先(Urgency)、警示(Alert)、回應(Response)及回響(Recall)等屬性參數，做為系統處理的參考。未涵蓋在“標準駕駛員/管制員訊息”的內容，則可透過自由文字(Free text)的格式編輯傳遞。

CPDLC 作業方式如下：

1. 航管單位上傳「CPDLC Connect Request」信息
2. 航機下傳「CPDLC Acknowledge」信息
3. 航管單位上傳「CPDLC Uplink」信息
4. 航機下傳「CPDLC Downlink」信息
5. 航管單位上傳「CPDLC Disconnect」信息
6. 航機下傳「CPDLC Termination」信息

CPDLC 的作業流程請參閱圖 2-11(a)，而其資料內容和格式請參閱圖 2-11(b)。其中，CPDLC 上傳的信息共 12 類 238 種；而下傳的信息共 12 類 114 種。

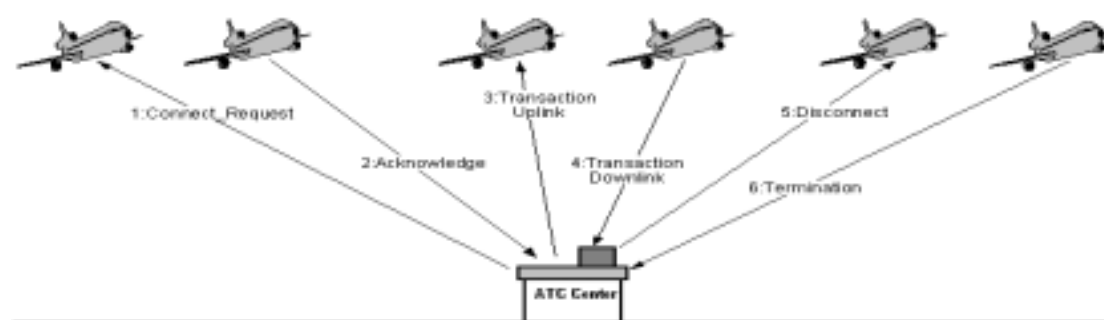


圖 2-11(a): CPDLC 作業流程

CPDLC Uplink	CPDLC Downlink
<ul style="list-style-type: none"> •Uplink CPDLC Messages (238) <ul style="list-style-type: none"> – Responses/Acknowledgements (10) – Vertical Clearances (46) – Crossing Constraints (22) – Lateral Offsets (9) – Route Modifications (31) – Speed Changes (21) – Contact/Monitor/Surveillance Requests (11) – Report/Confirmation Requests (33) – Negotiation Requests (5) – Air Traffic Advisories (15) – System Management Messages (8) – Additional Messages (27) •Uplink Message Attribute <ul style="list-style-type: none"> – Urgent: Distress, Urgent, Normal, Low – Alert: High, Medium, Low, No – Response: W/U, A/N, R, Yes, No 	<ul style="list-style-type: none"> •Downlink CPDLC Messages (114) <ul style="list-style-type: none"> – Responses (6) – Vertical Requests (10) – Lateral Offset Requests (3) – Speed Requests (2) – Voice Contact Requests (2) – Route Modification Requests (8) – Reports (35) – Negotiation Requests (8) – Emergency/Urgent Messages (9) – System Management Messages (7) – Additional Messages (18) – Negotiation Responses (6) •Downlink Message Attribute <ul style="list-style-type: none"> – Urgent: Distress, Urgent, Normal, Low – Alert: High, Medium, Low, No – Response: Yes, No
<ul style="list-style-type: none"> • ICAO ATN SARPs (Standards and Recommended Practices) 3.0, 2001 	
<ul style="list-style-type: none"> • Uplink Messages Format : <ul style="list-style-type: none"> – CONTACT (unit name) (frequency) – CONFIRM ASSIGNED LEVEL (facility designation) ALTIMETER (altimeter) – FREE TEXT (free text) 	<ul style="list-style-type: none"> • Downlink Messages Format : <ul style="list-style-type: none"> – ROGER – UNABLE – ASSIGNED LEVEL (level)

圖 2-11(b): CPDLC 資料內容和格式

2.2.2.2.4 自動回報監視(ADS)

自動回報監視系統，根據通信介面、操作範圍及精確度需求等不同，可以區分為：「定址式自動回報監視 (Addressed Automatic Dependent Surveillance, ADS-A)」及「廣播式自動回報監視 (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B)」兩大系統。其中，「定址式自動回報監視 (ADS-A)」運用陸空通訊網路回報航機位置和其他資料；「廣播式自動回報監視 (ADS-B)」則利用監視設備以

較高的速率回報航機位置[2-1]。兩者的作業方式、資料格式、以及其他詳細資料，請參閱後續第四章的說明。

2.2.2.2.5 飛航服務設施通知(AFN)

ADS、CPDLC 都是屬於航管系統中飛航服務 (Air Traffic Service, ATS) 的功能之一，而根據 ARINC 622 標準規範，航機在獲得航管單位的飛航服務之前，必須先執行飛航服務設施通知 (ATS Facilities Notification, AFN) 的功能，以便讓地面的航管單位得知該航機的資料鏈路通訊能量及其通訊位址，以作為後續執行飛航服務的依據。

基本的 AFN 功能，分為啟始通知 (Initial Notification) 和要求通知 (Request For Notification) 兩部分。啟始通知由航機，在進入飛航情報區之前，主動向地面的航管單位下傳一個接觸信息 (AFN Contact Message, FN_CON)，用以報告自身的相關資料，包括：航班呼號 (Flight ID)、飛機號碼 (Aircraft ID)、ATS 應用功能能量及其版本 (Application Name & Version)。而航管單位接收到航機啟始通知信息後，經評比本身 ATS 應用功能能量及版本後，將回覆該航機一個上傳確認信息 (AFN Acknowledgement Message, FN_AK)，以確立陸空之間所能使用的 ATS 功能和通訊位址。回覆信息的內容包括：航管單位位址 (ATC Center Address)、該航機 ATS 應用程式名稱及登錄結果 (Application Name & Reason Code)、航管單位 ICAO 代碼 (ICAO Code)。

要求通知則是由本地的航管單位，在已建立 AFN 連線的航機要飛離本飛航情報區時，上傳一個接觸建議信息 (AFN Contact Advisory Message, FN_CAD)，指示航機下一個航管單位的位址。當航機接收到航管單位的要求通知信息後，首先回覆一個下傳回應信息 (AFN Response Message, FN_RESP) 給地面的航管單位，然後在對下一個航管單位進行啟始通知作業。當下一個航管單位的啟始通知作業完成後，航機再下傳一個完成信息 (AFN Complete Message, FN_COMP)，結束在本飛航情報區的 AFN 和 ATS 功能。

AFN 的作業流程及資料內容，請參閱圖 2-12。

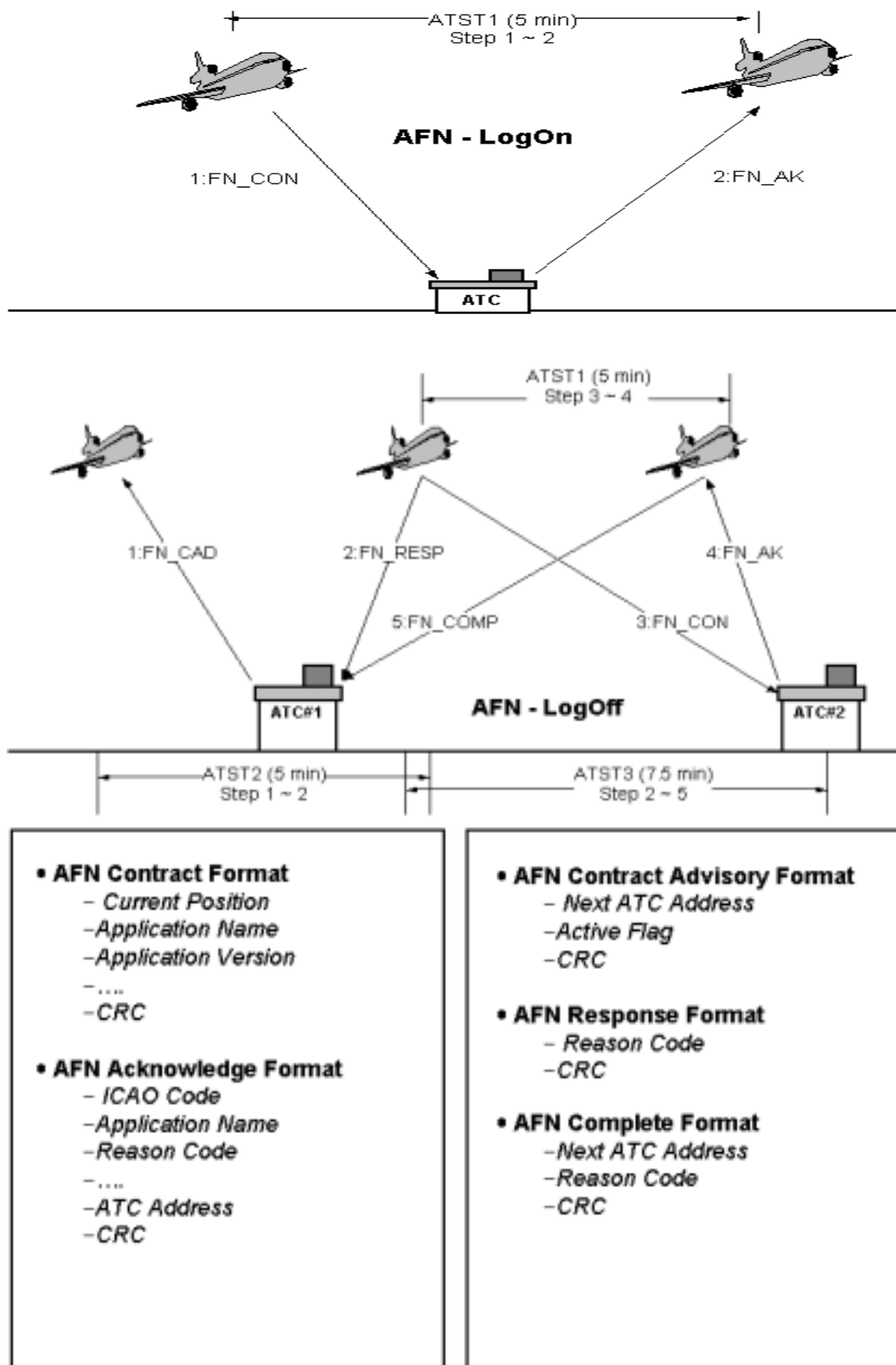


圖 2-12: AFN 作業流程及資料內容

2.2.2.2.6 飛航業務(AOC)

ACARS 陸空資料鏈路的應用，除了上述三種在飛航管制(ATC)方面的應用外，在飛航業務(AOC)方面也有多種應用。但在 ATC 的應用上，從陸空通訊到後續的訊息處理，都有完整的規範可以遵循；而 AOC 的應用上，除陸空通訊有規範可循外，後段的訊息處理，則是各家航空公司有自己的資料格式和處理軟體。所以在 AOC 的應用上，主要是將相關的訊息以純文字的形式，下傳到地面的接收單位，然後再由接收單位自行作資料格式轉換和後續的處理。

ACARS 陸空資料鏈路 AOC 應用所下傳的訊息主要包括下列各項：

1. OOOI：

OOOI 代表航機的四種狀態：OUT OFF ON IN。其中，”OUT”是指：航機離開空橋或停機位置；”OFF”是指：航機起飛離地；”ON”是指航機落地；”IN”是指：航機進入空橋或停機位置。OOOI 訊息主要應用於航空公司監視航班時程、計算飛行時間、收集統計資料等飛航業務相關工作，而此四項訊息均由飛機本身的感應器偵測飛機狀態而自動產生及下傳，加上後端的自動化處理軟體，可以節省大量的人工作業。

2. 氣象資料：

航機在飛航途中需要知道目的地的最新天候狀況，但航管單位僅提供台北飛航情報區的氣象資料，對非台北飛航情報區的氣象，航機只能透過陸空資料鏈路向所屬航空公司的氣象單位或其他氣象資料提供單位索取最新的資料。同時，航機本身也可以將所在位置的氣象狀況透過陸空資料鏈路傳給地面單位，以供其他航機使用。

3. 其他訊息：

航機也可以透過陸空資料鏈路將飛行途中航機本身的狀態，如：引擎運轉、機組員調度、設備維護等，以及旅客的特殊需求，如：下機後需要輪椅等，傳送給地面單位，以便飛機落地後可以立刻獲得所需的服務，提昇營運效率和服務品質。

2.2.3 航空通信網路 (ATN)

航空通信網路(Aeronautical Telecommunication Network, ATN) 為 CNS/ATM 環境下的基礎通訊中樞。ATN 結合了航管作業單位、航空公司及其它飛航服務提供者的通訊需求，以位元導向(Bit-Oriented)及開放系統連接(Open System Interconnection, OSI)架構，將相關訊息透過 ATN 路由器及通信節點，以資料鏈路傳送至指定的訊息接收單位，如：飛航班機、航管單位或所屬航空公司等。

對駕駛員、航管員、或航空公司等使用者而言，透過 ATN 的通訊是一個標準化、透明化的通訊過程；使用者只需要指定資料送達對象的 ID，再附上要傳達之資訊內容，ATN 系統將自動選擇最經濟、最有效率的媒介與途徑來完成通訊程序。實際通訊傳輸媒介的管理、轉接、選擇等，皆由系統全自動處理，完全不需使用者干預。未來與航空相關的資料鏈路應用，如：CPDLC、PDC 等，都將是以 ATN 為骨幹發展而來的應用系統。ATN 通訊服務通常是由：SITA、ARINC 等航空通訊服務廠商所提供，使用者則包括：駕駛員、航管作業單位、及航空公司等[2-2]。

ATN 陸空資料鏈路路徑包括：

1. 衛星通訊資料鏈路 (SatCom Data Link)。
2. 特高頻資料鏈路 (VHF Data Link)。
3. 高頻資料鏈路 (HF Data Link)。
4. 次級雷達資料鏈路 (MODE-S)。

ATN 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖，請參閱圖 2-13。

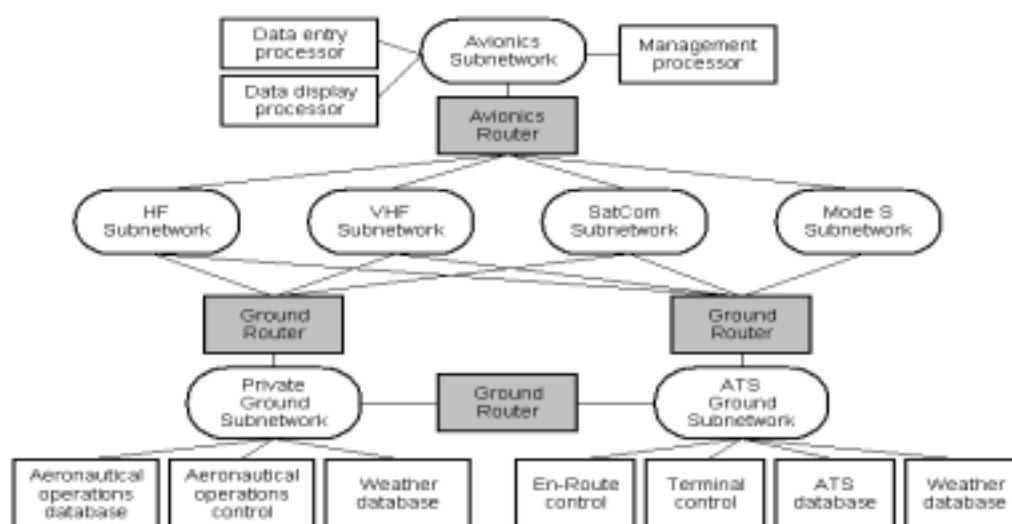


圖 2-13: ATN 陸空資料鏈路通訊功能方塊圖

比較圖 2-5 和 2-13，我們可以發現，ACARS 和 ATN 在功能和架構上主要的差異在陸空訊息的傳遞路徑上。在 ACARS 架構下，整個陸空通訊路徑呈現星型結構，其中心是航空通訊服務廠商，所有的訊息均必須先送交航空通訊服務廠商，再傳送給接收者，如此航空通訊服務廠商成為整個通訊架構的訊息流量瓶頸，同時也有單點失效(Single Point Failure)的缺點。而 ATN 的架構則是一種網路結構，並沒有一個訊息交換中心，流量瓶頸比較不容易出現，同時訊息由 ATN 路由器和網路上的通訊節點決定傳送路徑和負責傳送，當網路上某一通訊節點失效時，可以自動改變傳送路徑，因此也沒有單點失效問題。此外，ATN 也涵蓋地面單位之間的通訊，構建完整的飛航管理和飛航業務整體通訊網路。

2.2.3.1 通訊處理

根據國際民航組織 (ICAO) 的定義，航空通信網路 (ATN) 是一個數據資料通訊網路，其主要功能包括：

1. 提供一項通用的網路通訊服務，其服務的對象包括：航空交通服務通訊 (Air Traffic Services Communications, ATSC)，以及航空業者服務通訊 (Aeronautical Industry Service Communication, AINSC)，而其涵蓋範圍包括陸空之間和陸陸之間的資料通訊服務。
2. 儘量整合並利用現有之通訊網路及其基礎架構。
3. 提供符合 ATSC 和 AINSC 應用之安全要求的通訊服務。
4. 融合並滿足 ATSC 和 AINSC 不同應用所需的不同通訊需求。

ATN 的基本概念，請參閱圖 2-14。



資料來源：[2-2]

圖 2-14: ATN 基本概念

ATN 可提供下列的效益：

1. 充分利用現有網路的基礎建設架構。
2. 應用軟體和網路分離處理。
3. 高可靠度。
4. 支援行動通訊。
5. 有優先次序的資源管理。
6. 良好的擴充彈性。
7. 可以設定兩點之間的連線方式。
8. 儘量採用現有商用產品 (Commercial Off The Shelf, COTS)。

ATN 通訊架構中主要的功能組件包括：

1. End Systems (ESs)。
2. Intermediate Systems (ISs)。
3. Ground-Ground Sub-networks。
4. Air-Ground Sub-networks。

這四種 ATN 組件共同構成 ATN 網際網路(ATN Internet)。其中，ES 負責提供應用軟體存取通訊網路的介面，以便本地(Local)的應用軟體能與遠端(Remote)的應用軟體以標準界面和程序進行溝通。在實際運作上，ES 負責將上層應用軟體要傳送的資料，由原始資料格式轉換成網路通訊格式，加上 ATN 傳輸所需的資料，如：發送單位位址、接收單位位址、優先順序等資料，再送給 IS 以便送入通訊網路中傳送。ES 接收通訊網路傳來的訊息時，先除去 ATN 網路傳輸相關資料，再將訊息由網路通訊格式還原成原始資料格式，最後傳給應用軟體處理。

IS 工作類似路由器(Router)，負責訊息在通訊網路中的傳輸，當接收到一個由 ES 或 IS 傳來的訊息時，它會根據訊息接收位址、通訊路徑聯通狀況、通訊流量、優先順序等因素，決定訊息要傳送的下一個 IS，並將訊息中 ATN 網路相關訊息更新，再將該訊息送入通訊網路中傳送。此外，IS 還需負責訊通訊路徑的建立和維護、訊息分解和重整等網路管理工作。

地面通訊網路主要是由公共數據網路所構成，主要是地面端 ES 和 IS 通訊媒介。陸空通訊網路主要仍由航空通訊服務廠商負責建構，其基本架構仍會沿用 ACARS 的設施，但會在其間新增新的通訊媒介、網路管理功能、以及訊息處理功能。

ATN 的基本架構，請參閱圖 2-15。而其通訊處理架構，請參閱圖 2-16。

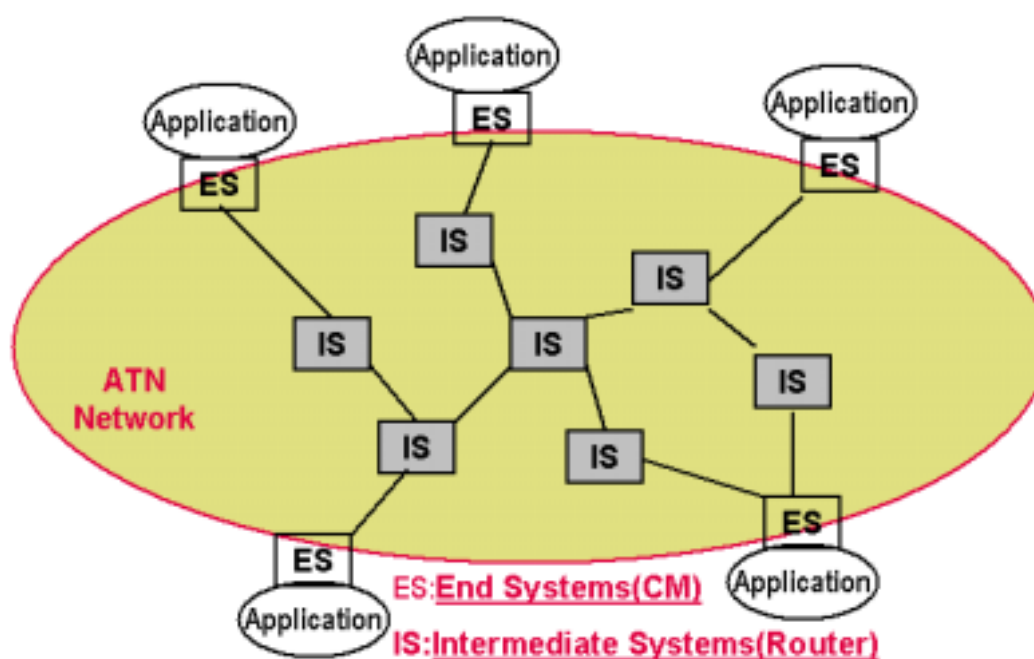


圖 2-15: ATN 基本架構

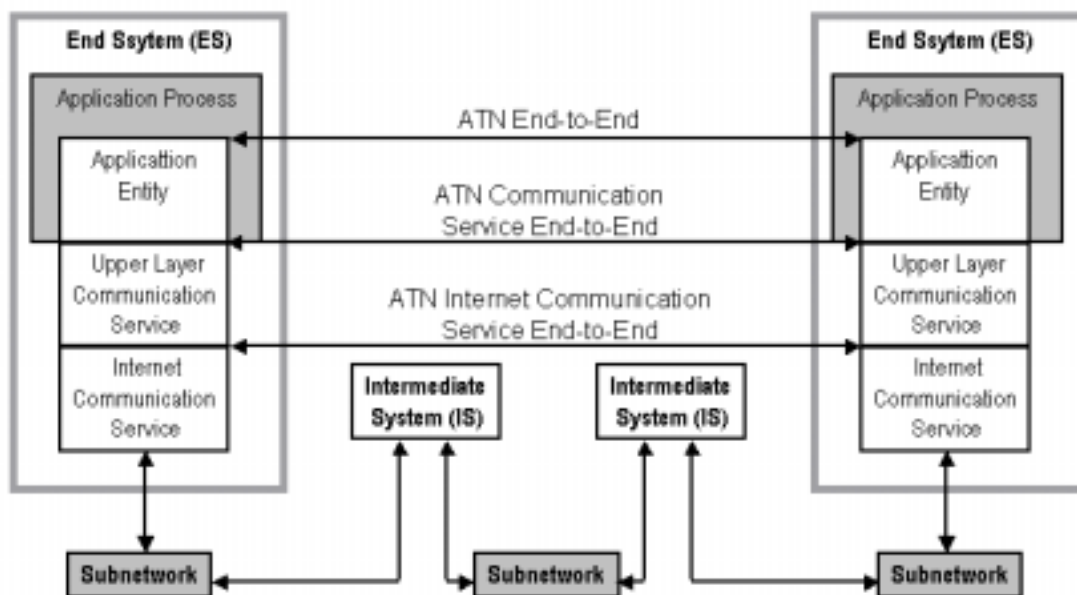


圖 2-16: ATN 通訊處理架構

由圖 2-16 可以得知，ATN 的通訊處理方式主要是參考 ISO/OSI 七層通訊模式，也就是一般網際網路(Internet)通訊處理方式。為簡化通訊處理，以提高效能，ATN 將通訊簡化成下列三部份：

1. Application Entry：負責應用軟體間的通訊規範。
2. Upper Layers Communication Service：涵蓋 ISO/OSI Layer 5 ~ 7，負責應用軟體與通訊網路介面。
3. Internet Communication Service：涵蓋 ISO/OSI Layer 1 ~ 4，負責訊息在通訊網路中的傳輸。

ATN 航空通訊網路雖然參考 ISO/OSI 七層通訊模式，但和一般網際網路(Internet)所使用的 TCP/IP 通訊處理仍有所不同。其主要原因包括下列因素：

1. 通訊技術：由於現行的 IP 定址方式的位址空間(Addressing Space)太小，不足以滿足 ATN 所提供之動態路徑(Mobile Routing)和網路強固性(No-Single-Point-of-Failure)的需求。
2. ATN 特殊需求：由於航空業界對效率和安全的高度重視，一般以 TCP/IP 為基礎的通訊網路無法滿足其需求，特別是在訊息傳輸的優先順序(Priority)、網路通訊服務品質的確保(QoS Management)、以及認證(Certification)等方面。

因此 ATN 網路通訊的規範包括：

1. ISO 8073 : Class 4 Transport Protocol (TP4)。
2. ISO 8602 : Connectionless Transport Protocol。
3. ISO 8473 : Connectionless Network Protocol (CLNP)。
4. ISO 10747 : Inter-Domain Routing Protocol (IDRP)。
5. ISO 10589 : Intra-Domain Routing Protocol (IS-IS)。
6. ISO 9542 : End System to Intermediate System Routing Protocol (ES-IS)。

而 ATN 可運用的陸空或陸陸間通訊媒介包括：Aeronautical Mobile Satellite、VHF Digital Data Link、Mode S、X.25 PSDNs、Frame Relay、LANs (Ethernet, Token Ring)、Leased Lines、CIDIN、VSAT。

2.2.3.2 定址方式

除網路通訊技術之外，ATN 也需要一種定址機制，以確保網路中所有的訊息傳送、接收之中繼系統或設備擁有整個 ATN 通訊網路中唯一的網址，同時此網址在各陸空或陸陸次網路(Sub-network)間轉換時，也能保有其唯一性。此外，此種定址機制也能讓 IS 在 ATN 通訊網中有效率的傳輸訊息[2-2, 2-4]。

ATN 網路中，每一個訊息傳送、接收的中繼系統或設備都是一個網路存取點(Network Service Access Point, NSAP)，且有其唯一的位址。NSAP 位址格式中包括 9 個欄位，各欄位的名稱、長度、格式等內容說明請參閱表 2-1。

國際民航組織亞太地區辦公室(International Civil Aviation Organization, ICAO, Asia and Pacific Office)目前規劃建議上述 NSAP 位址的實際內容及其授權單位，請參閱表 2-2。

表 2-1：ATN 網路存取點位址格式

欄位名稱	欄 位 說 明	欄位長度	欄位格式	文/數字 長度	編碼方式
AFI	AFT(Authority and Format Identifier)是指 NSAP 的種類	1 Byte	Decimal	2 Digits	BCD
IDI	IDI(Initial Domain Identifier)是指整個通訊網路屬性	2 Bytes	Decimal	4 Digits	BCD
VER	VER(Version)說明網址系統屬性，如：固定或動態	1 Byte	Hex	2 Digits	Binary
ADM	ADM(Administration Identifier)是指網址系統所屬國家或地區	3 Bytes	Alpha or Hex/Alpha	3 Char 2Digits/2Char	IA-5 Binary/IA-5
RDF	RDF(Routing Domain Format)目前未使用	1 Bytes	Hex	2 Digits	Binary
ARS	ARS(Administration Region Selector)是指網址系統所屬國家或地區內的次區域	3 Bytes	Hex	6 Digits	Binary
LOC	LOC(Location)是指 ARS 次區域內的分區	2 Bytes	Hex	4 Digits	Binary
SYS	SYS(System Identifier)代表 ES 或 IS 唯一識別碼	6 Bytes	Hex	12 Digits	Binary
SEL	SEL(NSAP Selector)是指 ES 或 IS 所用之通訊規範	1 Bytes	Hex	2 Digits	Binary
總長度：20 Bytes					

資料來源：[2-4]

表 2-2：ATN 網路存取點位址內容

欄 位 名 稱	授 權 單 位	內 容 範 例
AFI	ITU or ISO	47
IDI	ITU or ISO	0027(ICAO)
VER	ICAO(Doc. 9705)	01(Fixed AINSC) 41(Mobile AINSC) 81(Fixed ATSC) C1(Mobile ATSC)
ADM	States or Organizations	80+[ICAO Country Code](非洲) 81+[ICAO Country Code](亞洲) 82+[ICAO Country Code](加勒比海) 83+[ICAO Country Code](歐洲) 84+[ICAO Country Code](中東) 85+[ICAO Country Code](北美) 86+[ICAO Country Code](北大西洋) 87+[ICAO Country Code](太平洋) 88+[ICAO Country Code](南美)
RDF	Reserved	00
ARS	States or Organizations	N/A
LOC	States or Organizations	N/A
SYS	States or Organizations	N/A
SEL	ITU or ISO	00(Non-Airborne IDRP) 01(ISO 8602 COTP) 02(ISO 8602 CLTP) FE(Airborne IDRP)

資料來源：[2-4]

2.2.3.3 ATN 通訊網路結構

由於航空業界對效率和安全的要求，並考量現有通訊流量，ATN 通訊網路在建構時並不是自由發展，而是由 ICAO 通盤規劃後，才要開始逐步建立。在 ICAO 規劃中，全球 ATN 通訊網路分為數個通訊區域(Region)，如：非洲、亞洲、歐洲、中東、北美、太平洋等。

各區內依據可用性、可靠度、容量、和備援路徑等因素的考量，建構區內通訊骨幹路徑(Back Bone Trunk)和骨幹通訊站(Back Bone Site)[2-4]。亞洲/太平洋地區的區內骨幹通訊站包括：日本-東京、中國-北京、中國-香港、新加坡、泰國-曼谷、印度-孟買、澳洲-布理斯班、斐濟-南地，共計八站。

而骨幹通訊站之間通訊骨幹路徑的連接結構，請參閱圖 2-17。亞洲/太平洋區整體 ATN 通訊網路結構，請參閱圖 2-18。

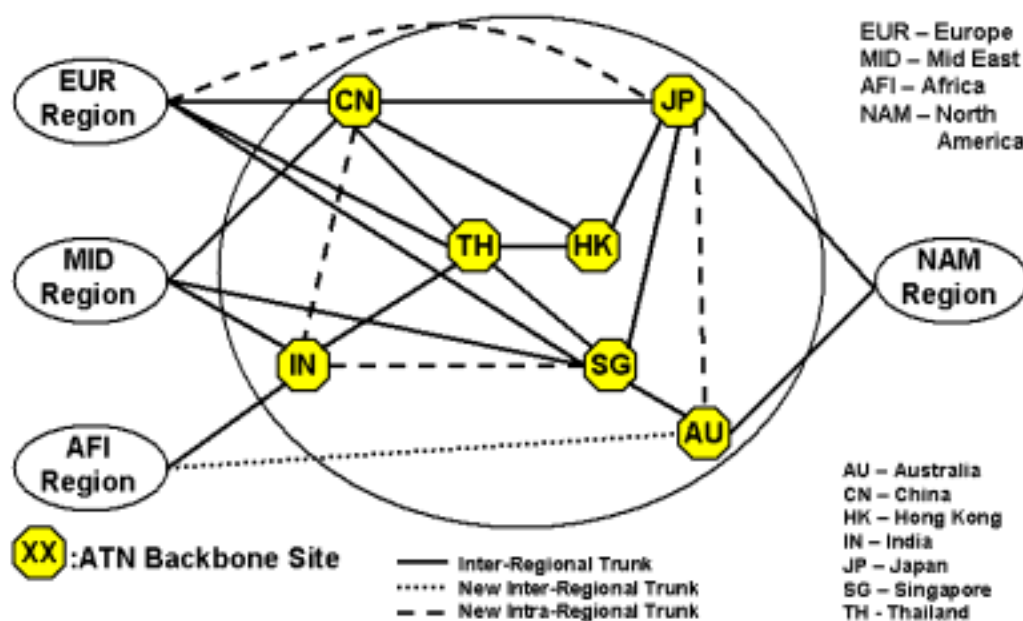


圖 2-17:亞洲/太平洋區 ATN 骨幹通訊網路結構

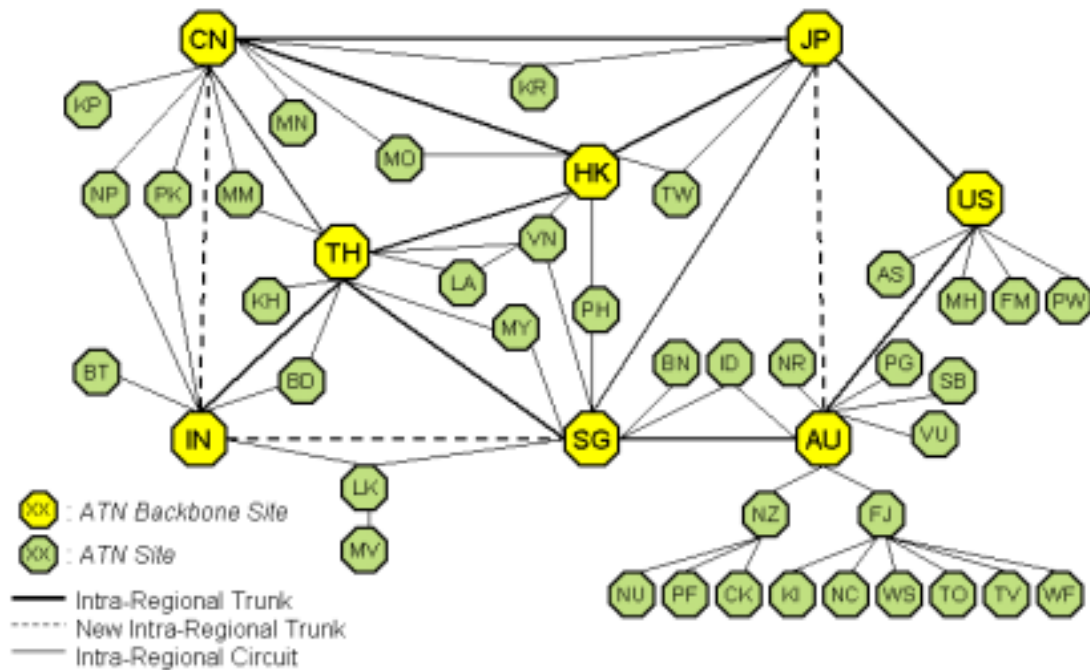


圖 2-18:亞洲/太平洋區 ATN 整體通訊網路結構

各區域間也經骨幹通訊站以骨幹路徑互相連接，亞洲/太平洋區的跨區骨幹通訊站包括：澳洲-非洲、北美；中國-歐洲、中東；印度-非洲、中東；日本-歐洲、北美；新加坡-歐洲、中東；泰國-歐洲；共計六站。

亞洲/太平洋區跨區骨幹路徑的連接結構，請參閱圖 2-17。

2.2.4 陸空特高頻數位鏈路 (VDL)

特高頻數位鏈路(VHF Digital Link, VDL)是國際民航組織(ICAO)為因應航空業界對陸空通訊的成長需求，以解決傳統類比式陸空通訊瓶頸，在 ATN 通訊網路架構下，所研議的陸空數位通訊方式。VDL 不僅符合 ATN 陸空資料鏈路通訊的規範，更可以提供非 ATN(Non-ATN)的數位鏈路功能，如：陸空數位化語音(Digitized Voice) 空對空數位資料鏈路等。所以，ICAO 定義 VDL 為”VHF Digital Link”，而不是”VHF Data Link”，就是強調 VDL 不僅僅是提供資料鏈路(Data Link)而已，還提供其他的數位鏈路功能[2-2]。

目前 ICAO 研發的 VDL 總共有四形式(Mode)：VDL Mode 1 ~ 4。此四種形式，使用不同的通訊技術和規範，提供不同的通訊服務，雖然都遵循 ATN Sub-network 的通訊規範，但彼此間卻僅有有限的互通性。這四種形式所提供的通訊服務，請參閱表 2-3。

表 2-3：VDL Mode 1~4 通訊服務比較

	ATN Data	Non-ATN Data (ADS-B/Air-to-Air Communication)	Voice
VDL Mode 1	●		
VDL Mode 2	●		
VDL Mode 3	●		●
VDL Mode 4	●	●	

陸空資料鏈路通訊各種通訊鏈路的比較，請參閱圖 2-19。

	SatCom 1530-1660.5	HFDL 2-30	ACARS 131.55	VDL-2 118-137	VDL-3 118-137	VDL-4 118-137
Frequency	L-Band	HF	VHF	VHF	VHF	VHF
Operational Range	Within Latitude±80°	100-2000NM	200 NM	200 NM	200 NM	200 NM
Services	Data/Voice	Data	Data	Data	Data/Voice	ADS-B/Data
Application	AOC/ATC	AOC/ATC	AOC/ATC	AOC/ATC	ATC (Planned)	ATC (Planned)
Channel Spacing	5.0-17.5kHz	2.8kHz	25kHz	25kHz	25kHz	25kHz
Modulation	A-BPSK/ A-QPSK	M-PSK	MSK	D8PSK	D8PSK	GFSK
Multiple Access Data/Voice	TDMA/ SCPC	TDMA	CSMA	CSMA	TDMA	STDMA
Total Data Transmit Rate	300-10.5kb/s	150-1.8kb/s	2.4kb/s	31.5kb/s	31.5kb/s	19.2kb/s
Voice Transmit Rate/ Channel	9.6kb/s 4.8kb/s	N/A	N/A	N/A	4.8kb/s	N/A

圖 2-19: 陸空資料鏈路通訊技術比較

2.2.4.1 VDL Mode 1

VDL Mode 1 和 ACARS 的特高頻資料鏈路通訊相同，其使用頻率為：118MHz ~ 137MHz，波道頻寬為：25KHz，通訊電波是採用調幅-最小位移 (Amplitude Modulated - Minimum Shift Keying, AM-MSK)的調制方式。此種方式是以 1,200Hz 表示資料位元(Data Bit)和前一位元不同，2,400Hz 表示資料位元和前一位元相同；兩種高低頻率的相位保持固定。此種調制方式和現有類比式語音無線電機相容，也就是資料信號可以直接輸入現有的通訊設備中傳輸，而接收端也可以用現有設備接收資料信號，再加以解調，以取得真正的資料。

AM-MSK 的調制方式的資料傳輸率非常低，僅有 2.4KBPS(Bit-Per-Second)，

加上不佳的通訊路徑存取技術(Media Access Technique)和共享頻寬的特性，使其真正的傳輸率還要更低，所以，VDL Mode 1 並無法滿足改善通訊容量的需求。但是，由於使用現有且純熟的通訊技術，加上 ACARS 的使用經驗，使 VDL Mode 1 成為一種可行且強固的通訊方式。

VDL Mode 1 和 VDL Mode 2 原來是準備作為 ACARS 的升級之用。其中，VDL Mode 2 是主力，而 VDL Mode 1 是備胎，以便 VDL Mode 2 技術上遭遇困難時，仍有數位資料鏈路通訊技術可用。但目前 VDL Mode 2 已通過 ICAO 的認證，所以 VDL Mode 1 將不再發展和認證。

2.2.4.2 VDL MODE 2

VDL Mode 2 的使用頻率為：118MHz ~ 137MHz，波道頻寬為：25KHz，通訊電波是採用調相-差分編碼八相位移(Phase Modulation - Differentially Encoded 8-Phase Shift Keying, PM-D8PSK)的調制方式。八相位移是指每一週期的電波，由於其相位的不同，如：0°、45°、90°、135°等，可以代表八種不同的資料位元片段(Data Bit Pattern)中的一種，如：相位 0° = "000"、相位 45° = "001"、相位 90° = "010"等。由於一週期為 360°，由 8 各相位平均分配，所以每一個相位，由 0° 開始，相隔 45°。

由於 VDL Mode 2 傳輸端和接收端電波信號的相位並沒有同步，也就是接收端不知道電波信號每一週期的開始點，即 0° 點，所以也無法得知電波信號的相位移。為解決此一問題，VDL Mode 2 採用差分編碼的技術，也就是利用每一個電波信號和前一個信號的相位差，來計算該信號的真正相位移，再決定其所表示的資料位元片段。

VDL Mode 2 的電波傳輸率是 10.5KBPS，而每一電波代表 3 個資料位元，所以其資料傳輸率為 31.5KBPS。

VDL Mode 2 的通訊路徑存取方式是採用信號偵測多重存取(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)技術。此種技術是當每一次傳送資料時，先檢查通訊波道是否有資料正在傳輸；如果無，則立即傳送資料，如果有，則等一下再檢查。CSMA 可以確保使用同一通訊波道的所有使用者有公平的使用機會，但也蘊含著沒有優先順序的觀念和通訊時間不定的缺點，如：飛航管制(ATC)的訊息和旅客的訊息一起爭奪同一波道的通訊權。如此，不僅重要的訊息可能被延誤，通訊的

時效性也無法掌握。

要解決 CSMA 的缺點，一種可行的方法是劃定幾個通訊波道專門給重要或具時效性的訊息使用。但是此一方式會降低整體的通訊效能，在 VHF 通訊擁擠的地區，如：中歐空域，恐怕無法採行。

VDL Mode 2 的優點在於 1997 通過 ICAO 認證，各項作業標準已經完成，同時航空通訊服務廠商(DSP)，如：ARINC 和 SITA，也開始建置相關的通訊基礎建設，可以很快的開始運作。而其缺點在於無法提供優先順序的通訊服務，可能無法滿足安全性要求較高的飛航管制方面的應用；此外，CSMA 的通訊路徑存取方式也造成較差的整體通訊效能。

2.2.4.3 VDL MODE 3

VDL Mode 3 同時提供 ATN 資料傳輸和數位語音兩種通訊服務。它每一個波道頻寬為 25KHz，其中劃分成四個獨立了邏輯通訊頻道，每一個頻道均可傳輸資料或語音。VDL Mode 3 最大的特點是用一部無線電機就可以同時提供資料和語音的收發服務。

VDL Mode 3 的使用頻率為：118Mhz ~ 137MHz，波道頻寬為：25KHz，通訊電波，和 VDL Mode 2 相同，是採用調相-差分編碼八相位移(PM-D8PSK)的調制方式。但通訊路徑存取方式是採用由地面端所控制的分時多重存取(Time Division Multiple Access, TDMA)技術，以改善 CSMA 所造成的整體通訊效能不佳的缺點。

TDMA 通訊路徑存取方式，就是將一個通訊波道，按時間劃分成許多時間片段，各個使用者將其訊息放入不同的時間片段中傳輸，如此同一通訊波道就可以讓許多不同的使用者共用，同時所傳輸的訊息也不會互相干擾。VDL Mode 3 的 TDMA 首先定義 120ms 為一資料框(Frame)，其中再劃分成每個 30ms 的四個時間格(Time Slot)。每一時間格中又包括兩個次頻道(Sub Channel)，其中一個次頻道，約 10ms，負責傳送管理資料，如：地面站的指令或同步信號，而另一個次頻道，約 20ms，則負責傳輸使用者資料或語音。VDL Mode 3 的資料傳輸率和 VDL Mode 2 相同，均為 31.5KBPS。

VDL Mode 3 的資料格式，請參閱圖 2-20。

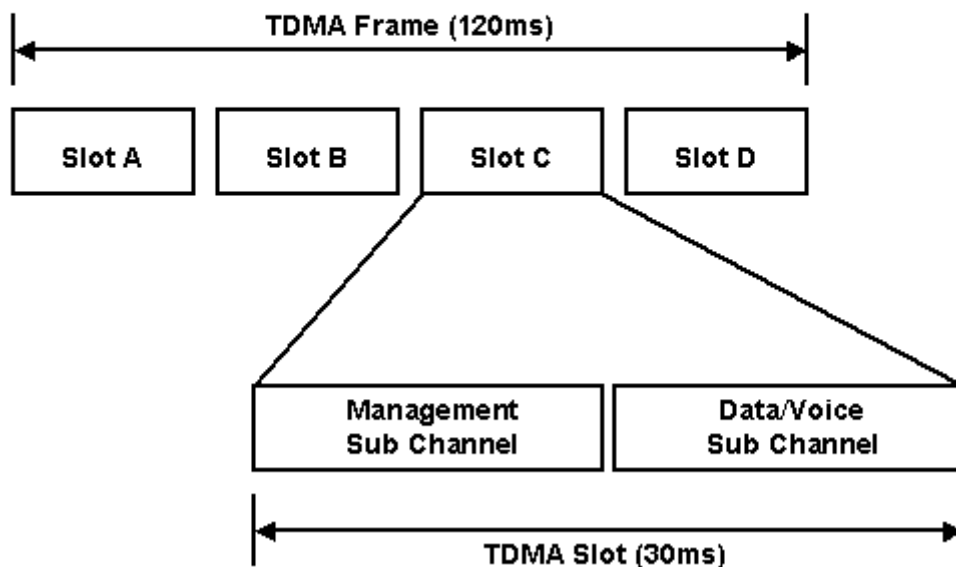


圖 2-20: VDL Mode 3 資料格式

空中端的使用者想要傳輸訊息時，必須先向地面端的通訊站申請時間格，而地面端的通訊站會根據訊息的優先順序、通訊網路的負載狀況、通訊流量等因素，指定使用者一個時間格，以便傳輸訊息。

VDL Mode 3 的語音服務，首先將類比的語音轉換成 4.8KBPS 的數位化位元資料，再加上錯誤偵測和回復(Error Detection and Correction)資料，然後送入通訊波道中傳輸。此外，它還提供語音頻道的管制功能，使地面端的通訊站可以切斷空中端的語音傳訊，而改由地面端來傳訊，此種管制功能是一般傳統的語音通訊無法做到的。

VDL Mode 3 的優點是整合資料和語音服務於一部無線電機之中；運用 TDMA 技術以支援具時效性的應用，並改善整體通訊效能。而其缺點則在於資料和語音在同一部無線電機中，缺乏備援，也增加設計的困難度和成本；此外，數位語音處理技術屬於私人所有，將會增加製造商授權時間和製作成本。

2.2.4.4 VDL MODE 4

VDL Mode 4 是由瑞典民航局於 1994 年提出的數位資料鏈路。原設計主要應用於導航(Navigation)和監視(Surveillance)所需的陸空/空空即時資料鏈路通

訊，如：ADS-B 空對空資料鏈路通訊、地對空 GPS 修正訊息(GPS Argumentation Message)等。目前國際民航組織(ICAO)正研擬 VDL Mode 4 的擴充規範，以便涵蓋 ATN 的通訊規範。因此，新的 VDL Mode 4 不僅符合 ATN 陸空資料鏈路通訊的規範，也提供非 ATN(Non-ATN)的數位鏈路功能。

VDL Mode 4 的使用頻率為：118MHz ~ 137MHz，波道頻寬為：25KHz，通訊電波可以選用兩種調制方式，其中一種和 VDL Mode 2 相同，是採用調相-差分編碼八相位移(Phase Modulation - Differentially Encoded 8-Phase Shift Keying, PM-D8PSK)的調制方式；而另一種是調頻-高斯濾波頻率移(Frequency Modulation – Gaussian-Filtered Frequency Shift Keying, FM-GFSK)。FM-GFSK 使用高低兩種頻率，當一個資料位元“0”傳輸時，高低頻率交互變化，而資料位元“1”時，則不變。當頻率高低改變時，GFSK 利用 Gaussian 濾波器將頻率變化率降低，以較平順的方式完成頻率轉換，以降低通訊波道頻寬的需求。PM-D8PSK 的資料傳輸率為：31.5KBPS，而 FM-GFSK 為：19.2KBPS。雖然 PM-D8PSK 有較高的資料傳輸速度，但 FM-GFSK 卻有較佳的信號鑑別率(Desired/Undesired Signal Ratio, DUR)，而此項特性對導航和監視方面的應用比較重要。

VDL Mode 4 的通訊路徑存取方式是採用由使用者自行控制的自主性分時多重存取(Self-Organizing Time Division Multiple Access, STDMA)技術。STDMA 和 TDMA 相同，就是將一個通訊波道，按時間劃分成許多時間片段，各個使用者將其訊息放入不同的時間片段中傳輸，如此同一通訊波道就可以讓許多不同的使用者共用，同時所傳輸的訊息也不會互相干擾。但 TDMA 必須在資料傳輸的時間片段間加入控制信息，以確保使用者可以在正確的時間點接收或傳送資料；而 STDMA 不論地面端或空中端的使用者，共同以同一時間源作為同步，以絕對的時間點作為存取通訊波道中時間片段的依據，如此通訊波道可以純粹傳送資料，不必另外加上同步訊號，以提高通訊容量。

VDL Mode 4 的 STDMA 首先定義 1 分鐘為一巨資料框(Superframe)，其中再劃分成 4500 個時間格(Slot, GFSK)，每一個使用者保有一幅某一通訊波道下四分鐘時間格的佔用狀況圖。當使用者要傳輸資料時，先參考時間格佔用圖以取得可用的時間格，再進行傳輸。由於時間格很短，對比較大量的資料傳輸或需要多次來回的通訊規範，STDMA 也提供預約功能，使用者可以根據時間格佔用圖保留時間格，並以訊息通知其他使用者，以便未來使用。

STDMA 中使用者的共同時間標準是：國際標準時間(Co-ordinated Universal Time, UTC)，而 UTC 的來源包括：GPS 時間、原子鐘時間、或地面站透過其他通訊路徑所提供的時間等。

VDL Mode 4 的優點在於整體通訊的彈性，不僅能提供 ATN 和 Non-ATN 資料鏈路通訊，還支援具時效性的應用功能，同時還能整合 ADS-B 和其他空對空的通訊應用；在四種 VDL Modes 中，提供最完整的通訊涵蓋和彈性。而其缺點在於整合通訊和監視功能容易引起備援的問題；另一方面 STDMA 必須完全倚重外來的時間源，容易造成單點失效(Single Point Failure)的問題。

VDL Mode 2 ~ 4 資料格式的比較，請參閱圖 2-21。

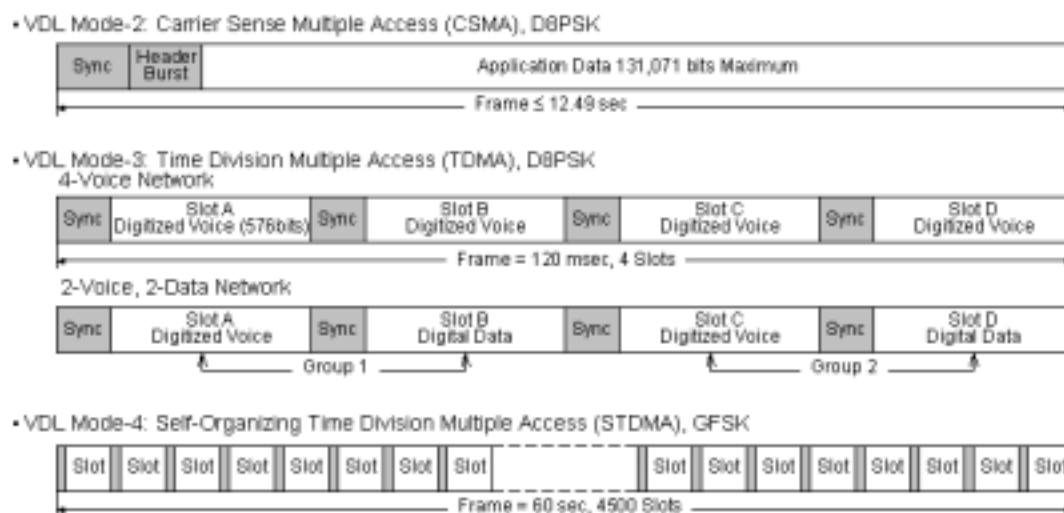


圖 2-21: VDL Mode 2~4 資料格式比較

2.2.5 航空通訊網路(ATN)應用功能

ATN 特別強調上層應用功能和底層通訊網路的獨立性，所以在陸空的應用方面，ATN 完全支援 ACARS 的所有應用功能，且功能內容幾乎完全不變；但在地對地的應用方面，由於過去沒有整合性的陸空/陸陸通訊網路，所以對現行運用 AFTN 通訊網路的應用功能，有較大的變化。

2.2.5.1 陸空應用 (AIR-GROUND APPLICATION)

2.2.5.1.1 ACARS 應用功能

ATN 航空通訊網路支援所有 ACARS 的應用功能，包括：ADS, CPDLC, PDC,

D-ATIS, AOC 等。對飛航服務設施通知(AFN)則擴大其功能涵蓋範圍，由原來的陸空服務登錄加上地對地的服務登錄，並改名為：登錄內容管理(Content Management, CM)，以滿足 ATN 通訊網路陸空/陸陸的通訊需求。

2.2.5.1.2 鏈路化飛航資訊服務(DFIS)

飛航資訊服務(Flight Information Services, FIS)主要是提供駕駛員所需要的即時資訊，以提高駕駛員對環境變化的警覺性(Situational Awareness)，並加強飛航安全。目前這些資訊都是以語音的方式通知駕駛員，未來透過 ATN 通訊網路，以資料鏈路(Data Link)的方式，傳送給駕駛員，稱為：鏈路化飛航資訊服務(Data Link FIS, DFIS)[2-1]。

目前飛航資訊服務所提供的資料僅有：自動終端資訊服務系統(ATIS)，主要是提供機場跑道相關的訊息；ATIS 可以透過語音或 ACARS 資料鏈路(D-ATIS)傳送資料給駕駛員。未來在 ATN 通訊架構下，DFIS 除現有的 D-ATIS 服務外，還可以提供：定時飛航氣象報告(METAR)服務(Aviation Routine Weather Report Service)、風切警示服務(Wind Shear Advisory Service)、飛航人員警示(NOTAM)服務(Notice to Airman Service)、跑道能見度報告(RVR)服務(Runway Visual Range Service)、機場氣象趨勢預報(Terminal Area Forecasts, TAF)、重大氣象變異警示(SIGMET)服務(Significant Weather Advisory Service)等。

上述 DFIS 服務，除 D-ATIS 作業可以立即在 ATN 通訊網路架構下運作外，其他各項服務的作業方式和資料內容，仍在 ICAO 持續研議之中。

2.2.5.2 地面應用 (GROUND-GROUND APPLICATION)

2.2.5.2.1 飛航服務跨區資料通訊(AIDC)

飛航服務跨區資料通訊(ATS Inter-facility Data Communication, AIDC)負責飛航服務單位(ATS Unit, ATSU)之間飛航管制(ATC)資料的交換與傳送，以支援跨區航機交管、交接等飛航管制功能，如：通報(Notification)航機接近飛航情報區(Flight Information Region, FIR) 邊界、協調(Coordination)穿越 FIR 邊界的條件、交接(Transfer)航機通訊及管制權等[2-1, 2-2, 2-7]。AIDC 僅僅是一個在飛航服務單位之間交換航機動態資料的飛航管制應用功能，並不包括與其它設施或航機的資料交換。

AIDC 所提供的功能包括：

1. 飛航通報(Flight Notification)：

此項功能讓航機的現行航管單位(Controlling ATSU, C-ATSU)，將航機的動向，在航機進入下一個航管單位(Downstream ATSU, D-ATSU)管制區之前，通報給該航管單位。根據航機動向改變的特性，C-ATSU 可以多次的將航最新動向通報給 D-ATSU。

2. 飛航協調(Flight Coordination)：

此項功能讓 C-ATSU，在航機進入 D-ATSU 的管制區前，針對航機進入該管制區的條件，如：時間、航路、速度、高度等，與 D-ATSU 進行協調。除了 D-ATSU 的管制區外，在某些特定的狀況下，對鄰近的其他 ATSU，仍需進行飛航協調，以確保飛航安全。

3. 管制權交接(Transfer of Control)：

此項功能將 C-ATSU 對航機的管制權交接給接收管單位(Receiving ATSU, R-ATSU)；同時讓 R-ATSU 接管航機的管制權。

4. 通訊權交接(Transfer of Communication)：

此項功能將 C-ATSU 對航機的管制權和通訊權交接給 R-ATSU；同時讓 R-ATSU 接管航機的管制權和通訊權。或者是 R-ATSU 直接掌握航機的管制權和通訊權。

5. 監視(Surveillance)資料交接：

此項功能讓一個 ATSU(ATSU1)將監視的資料交接給另一個 ATSU(ATSU2)。

6. 一般(General)資料交換：

此項功能讓 ATSU1 和 ATSU2 互相交換航機相關的資料，包括純文字(Free Text)資料。

AIDC 的作業方式是配合航機的飛航階段(Phase of Flight)來運用。一架航機，當它由一個 FIR 飛向另一個 FIR 時，會在依序的途經各飛航階段。這些飛航階段依序包括：

(1) 通報(Notification)階段。

(2) 協調(Coordination)階段。

(3) 交接(Transfer)階段。

AIDC 的作業流程及資料內容，請參閱圖 2-22。

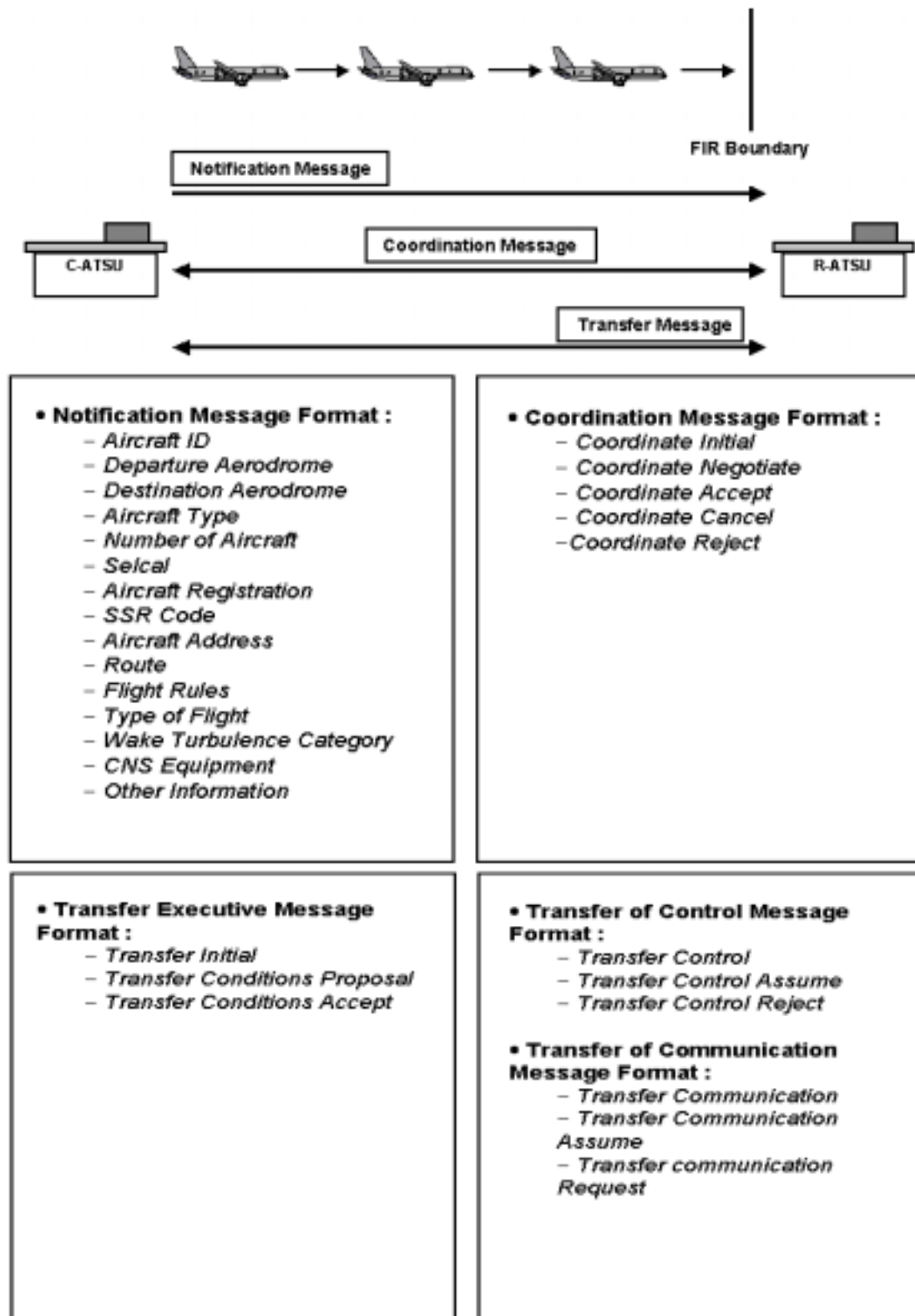


圖 2-22: AIDC 作業流程及資料內容

2.2.5.2.2 飛航服務訊息處理服務(AMHS)

飛航服務訊息處理服務(ATS Message Handling Services, AMHS) 負責飛航服務單位(ATS Unit, ATSU)、航空公司、和機場之間飛航服務訊息(ATS Message)的交換與傳送服務[2-1, 2-2, 2-7]。現行的飛航服務訊息是經由航空固定通訊網路(Aeronautical Fixed Telecommunication Network, AFTN)或國際民航組織公用資料交換網路(Common ICAO Data Interchange Network, CIDIN)傳送。由於AFTN/CIDIN所用的通訊技術屬於較早期之點對點(Peer-to-Peer)的通訊方式，可靠度和安全性較差，同時其傳輸速度較慢，容量也接近飽和，所以並無法滿足新一代CNS/ATM系統對通訊的需求。AMHS基於ATN航空通訊網路的基礎架構，及和其他的應用功能使用相同的通訊硬體線路，並以國際標準的X.400通訊規範，所以可提供更佳的可靠度和安全性，有更大的通訊速度、容量、和擴充性，同時也有更多的現有商用產品(Commercial Off The Shelf, COTS)可供採用，可以充分滿足CNS/ATM系統的通訊需求。此外，由於AMHS使用標準的X.400通訊規範，所以其不僅能提供飛航服務訊息(ATS Message)的交換與傳送，更可以擴大應用範圍到電子郵件(Email)、電子資料交換(Electronic Data Interchange, EDI)等服務，使AMHS將成為ATN航空通訊網路下地面端訊息交換服務的通用功能。

AMHS所提供的通訊服務包括：

1. 飛航服務訊息(ATS Message)的交換與傳送服務。
2. ATN過境(Pass-Through)服務，也就是AFTN/CIDIN訊息透過ATN航空通訊網路傳輸的轉換和傳輸服務。

在實際作業上，ATN工作站可以透過ATN網路與另一個ATN工作站直接聯通，或透過ATN網路和AFTN/AMHS通道閘(Gateway)與非ATN工作站聯通。反之，非ATN工作站可以透過AFTN/AMHS通道閘(Gateway)和ATN網路與ATN/非ATN工作站聯通。AMHS的作業流程請參閱圖2-23。

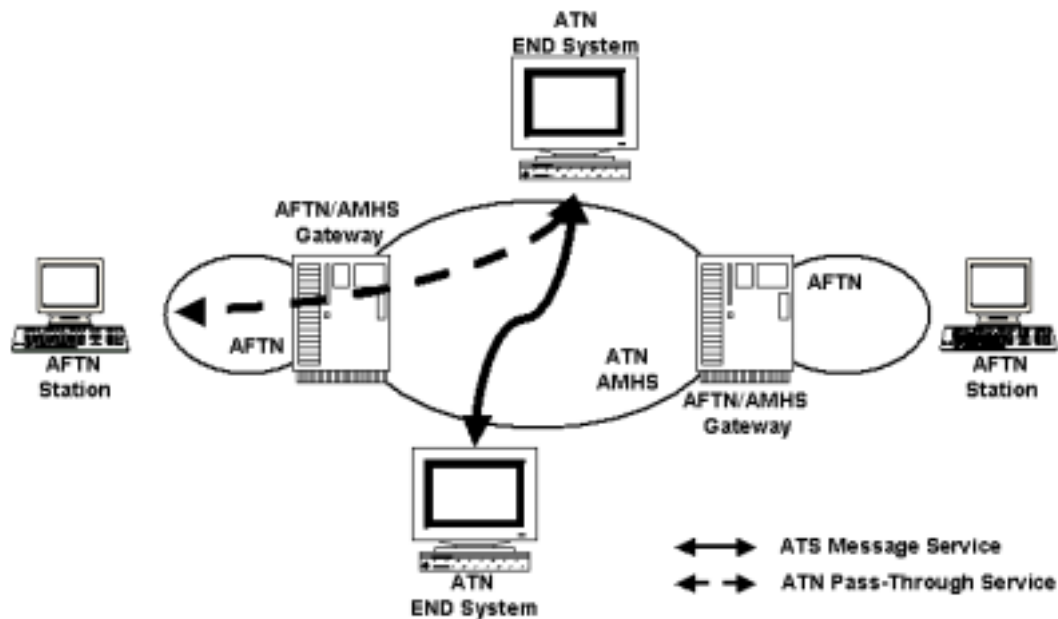


圖 2-23: AMHS 作業流程

AMHS 所傳送的訊息主要包括：

1. 飛航計劃(Flight Plan)。
2. 飛航計劃修訂(Amendment)。
3. 氣象資料(METAR, TAFOR)。
4. 飛航公告(NOTAM, NOSUM)。
5. 其他資料。

雖然 AMHS 擁有許多的技術優勢，但 AFTN 是一個架構完整、功能堪用、且全球通連的通訊網路系統，所以短期內 AMHS 不容易取代 AFTN；長期來看，AMHS 終將成為地面端飛航服務訊息傳輸服務的主流，但 AFTN 也不會消失，而可能成為 AMHS 的備援系統。

2.2.6 國際間通訊基礎建設發展趨勢

2.2.6.1 美國

美國聯邦飛航管理局(FAA)為滿足未來民航的各項需求,積極的將 CNS/ATM 觀念加入了國家空域系統(National Airspace System, NAS)的架構中,並進行 NAS 的現代化工作。NAS 4.0 版架構在 1999 年 1 月正式被認可,其內容包含了 NAS 系統發展概念、性能和結構；其中對航管通訊基礎設施現代化所使用之技術、產品和發展的時程,也有明確的規劃[2-5]。此外,FAA 對各項資料鏈路技術及其

應用也積極進行功能測試和運作實驗，如：CPDLC Build I & Build IA。上述兩項 FAA 關於航空通訊方面最近的發展狀況，分別說明於後續章節。

2.2.6.1.1 NAS 4.0 架構

NAS 4.0 所提出，在通訊基礎設施方面的現代化工作包括：有汰換過時的老舊設備、使用較為可靠的 VHF 無線電頻譜及應用數位科技建構無線網路等。但是，FAA 依舊同時提供類比式通訊服務，除了作為新通訊系統的備份系統外，主要服務對象還包括未裝設新型通訊設備的小型航機。

NAS 4.0 中，通訊架構的更新工作包括：

1. 汰換過時老舊設備：

取代舊有老舊通訊設備的新系統主要有：

- (1) 管制員/駕駛員資料鏈路通訊(CPDLC)：以資料鏈路的方式提供駕駛員與管制員之間的訊息交換，降低語言上的失誤與減少無線電頻道的壅塞。將會是第一個使用 VHF Digital link(VDL) Mode-2 之陸空通訊設備。
- (2) 地面電信整合式系統架構：建構聲音、資料與影像整合性數位通信系統，提供航管運作單位與相關單位之間的通訊服務。
- (3) 下一代陸空通訊系統(Next Generation Air/Ground Communications, NEXCOM)，將引進 VDL Mode3 陸空語音/資料鏈路通訊系統，以提供更佳之數位語音與資料通訊服務。

2. 運用數位無線電通訊與資料鏈路：

在過去的二十年間，航管通訊在 VHF 頻率上的需求以每年百分之四的平均成長率向上成長，使得許多地方的頻寬皆已達到飽和階段，為了增加可利用之頻寬，數位無線電通訊的使用是目前最為可行的方式。而資料鏈路的使用主要是在減少航管員與駕駛員之間語音通訊上的失誤。在初期會進行小規模的測試，而後逐漸成為一個必備的通訊設備。第一個雙向資料鏈路應用在航管訊息傳送的將是 CPDLC，取代一些原本由語音傳送的資訊，如：高度的設定等等，然而語音通訊仍然不會因此而消失。應用的優先次序將以越洋航線和區域航路為首要優先，而後擴大應用於終端空域與機場區域。

3. 通訊基礎設施現代化時程：

(1) 第一階段(1998-2002)：

在第一階段中,現有的類比式陸空通訊系統在 NEXCOM 系統發展的過程中,仍有保存的效益存在。在新技術方面,CPDLC 在 Build I 階段將會透過 ATN 所核定的網路上傳遞 4 種訊息,並在 Build IA 階段時擴充到 18 種。

飛航資訊服務(Flight Information System, FIS)在本階段將開始對普通航空(General Aviation)使用者提供天氣與其他航機相關資訊的商業性服務。航機上裝設有 FIS 系統,將可透過監視功能中的 Mode-S 資料鏈路得到週遭的交通資訊;而與塔台間的商業性資料鏈路服務也將一併提供;越洋區域上的雙向資料鏈路將透過衛星和 HF DL 來提供服務。

(2) 第二階段(2003-2007)：

預計在 2005 年,航路部分將完全以 NEXCOM VDL Mode-3 進行語音操作。在此階段 CPDLC Build 2 將會擴充至 100 個訊息。透過商業服務供應廠商,FIS 系統將會在此階段加入 NOTAM、SUA(Special Use Airspace Advisories)和即時的文字與圖形氣象資訊。

(3) 第三階段(2008-2015)：

本階段將在選定的高流量終端區域與其相連接的低高度航路區域架設 NEXCOM 數位無線電系統。預計在 2015 年時,將完成 15000 部無線電地面站。由於航機上必須要同時配備有數位無線電系統,因此 FAA 考慮強制該空域內的航機配備數位無線電設備。

而其他低流量空域中的普通航空使用者依舊可使用傳統類比式 NEXCOM 無線電系統,而軍事用途航機則以使用 UHF 類比式無線電為主。

此外,NAS 系統涵蓋範圍內的資料鏈路服務將由 FAA 與航空通訊服務廠商(DSP)共同提供服務,內容有：

1. 擴充後的 FIS 系統：提供駕駛員空域資訊與機場狀況。
2. 擴充後的 TIS 系統：提供駕駛員更多交通資訊。
3. 擴充後的 CPDLC 系統：提供完整的訊息(Build 3)。

FAA 通訊基礎建設的時程，請參閱圖 2-24；而其技術發展趨勢，請參閱圖 2-25。

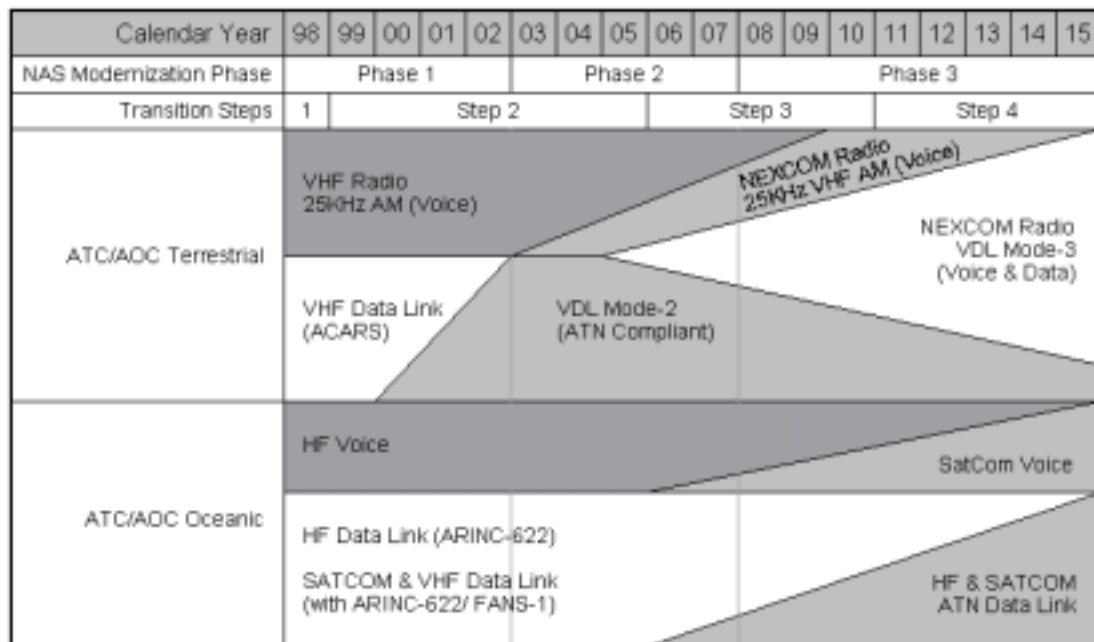


圖 2-24: FAA 通訊基礎建設發展時程

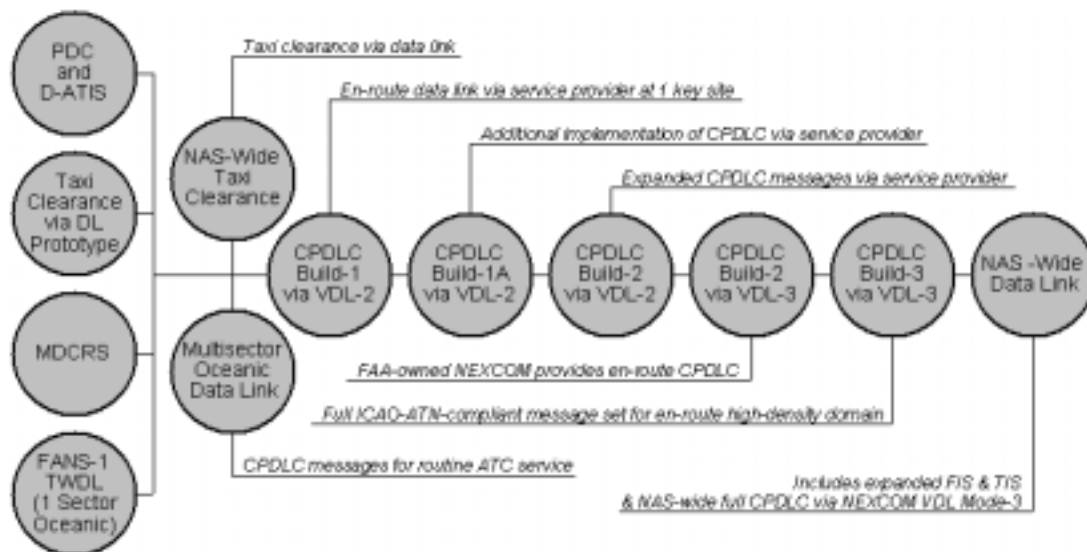


圖 2-25: FAA 通訊技術發展趨勢

2.2.6.1.2 CPDLC 之期程及轉換計畫

建置 CPDLC 陸空資料鏈路通訊系統是 FAA NAS 4.0 中，通訊基礎建設重要的一環，其主要目標是在解決陸空語音通訊頻道擁擠、耗時、語意不清等問題。CPDLC 將非時效性(Non-Time Critical)的陸空通訊，如：航機交管(Hand Off)，以資料鏈路方式傳輸；而將語音通訊頻道留給重要且具時效性的陸空通訊，如：突

變氣候資料、改變航道指令等。FAA 的模擬實驗也證實，在一個繁忙的航管單位，利用 CPDLC 可以將語音通訊量降低 75%，其結果將可以大幅提昇飛航安全和效率[2-6]。

根據國際民航組織(ICAO)在 ATN SARPs 中所定義，CPDLC 的訊息總共約 360 個，如此龐大的訊息量在技術上、經費上、人因工程上都不可能是一個計劃中全部完成，所以 FAA 對 CPDLC 的建置，採取分階段完成。目前規劃 2002 年完成第一階段工作(CPDLC Build I)，並於 2003 年、2004 年陸續完成第二階段(CPDLC Build IA)和第三階段(CPDLC Build II)工作，預計 2006 年完成全美國的部署。2006 年全美部署的 CPDLC Build II 系統僅包括 114 個訊息，並沒有完全涵蓋 ICAO 所定義的 360 個訊息，所以目前 FAA 也有規劃第四階段(CPDLC Build III)的工作，但實質工作內容仍在研議。

FAA CPDLC 的發展歷程，請參閱圖 2-26。

- Build I (Domestic CPDLC) :
 - **ATN compliant version of the 4 Build I/ACARS operational messages**
 - **Use VDL-2 as A/G subnetwork**
 - **Key site IOC in Miami: 6/2002**
- Build IA (Enhanced Domestic CPDLC) :
 - **ATN compliant services (~18 operational messages)**
 - **Use VDL-2 as A/G subnetwork**
 - **Key site IOC: 6/2003**
 - **National deployment completed by 6/2005**
- Build II (Domestic/International CPDLC) :
 - **ATN compliant services (~114 operational messages)**
 - **Use VDL-2 as A/G subnetwork**
 - **Key site IOC: 12/2004**
 - **National deployment completed by 6/06**
- Build III :
 - **Expanded ATN message set**
 - **Integration with Decision Support Systems**
 - **Use NEXCOM as A/G subnetwork**
 - **National deployment**

圖 2-26: FAA CPDLC 發展歷程

CPDLC Build I 包括 24 訊息，提供下列四種航管服務：

1. 高度表設定(Altimeter Setting)
2. 通訊權移轉(Transfer of Communication)
3. 初始接觸(Initial Contract)

4. 其他事先約定的訊息(Predefined Information Message)

FAA CPDLC Build I 的訊息內容及格式，請參閱圖 2-27。

Contact/Monitor/Surveillance Requests (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CONTACT <i>(unit name) (frequency)</i> ➤ MONITOR <i>(unit name) (frequency)</i>
Report/Confirmation Requests (uplink)	➤ CONFIRM ASSIGNED LEVEL
Air Traffic Advisories (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>(facility designation)</i> ALTIMETER <i>(altimeter)</i> ➤ CHECK STUCK MICROPHONE <i>(frequency)</i>
System Management Messages (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ERROR <i>(error information)</i> ➤ NEXT DATA AUTHORITY <i>(facility)</i> ➤ SERVICE UNAVAILABLE ➤ <i>(facility designation)</i> ➤ LOGICAL ACKNOWLEDGEMENT ➤ USE OF LOGICAL ACKNOWLEDGEMENT PROHIBITED
Additional Messages (uplink)	➤ <i>(free text)</i>
Responses (downlink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ WILCO ➤ UNABLE ➤ STANDBY ➤ ROGER ➤ AFFIRM ➤ NEGATIVE
Reports (downlink)	➤ ASSIGNED LEVEL <i>(level)</i>
System Management Messages (downlink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ERROR <i>(error information)</i> ➤ NOT CURRENT DATA AUTHORITY ➤ CURRENT DATA AUTHORITY ➤ NOT AUTHORIZED NEXT DATA AUTHORITY ➤ LOGICAL ACKNOWLEDGEMENT

圖 2-27: FAA CPDLC Build I 訊息格式

FAA CPDLC Build IA 除 Build I 的 24 個訊息外，另外加上 16 個訊息，以額外提供下列各項航管服務：

1. 指定高度(Altitude Assignment)
2. 指定速度(Speed Assignment)
3. 指定航向(Heading Assignment)
4. 駕駛員下載訊息(Pilot-Initiated Downlink)

FAA CPDLC Build IA 的訊息內容及格式，請參閱圖 2-28。

Responses/acknowledgements (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ UNABLE ➤ STANDBY ➤ ROGER
Vertical Clearances(uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MAINTAIN (level) ➤ CLIMB TO (level) ➤ DESCEND TO (level)
Route Modifications (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PROCEED DIRECT TO (position) ➤ CLEARED (route clearance) ➤ FLY HEADING (degrees)
Speed Changes (uplink)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MAINTAIN (speed) ➤ MAINTAIN (speed) OR GREATER ➤ MAINTAIN (speed) OR LESS
Contact/Monitor/Surveillance Requests (uplink)	Unchanged
Report/Confirmation Requests (uplink)	➤ Adds STATE PREFERRED LEVEL
Air Traffic Advisories (uplink)	Unchanged
System Management Messages (uplink)	Unchanged
Additional Messages (uplink)	➤ Adds "THEN" to link messages
Responses (downlink)	Unchanged
Vertical Requests (downlink)	➤ REQUEST (level)
Reports (downlink)	➤ Adds PREFERRED LEVEL (level)
System Management Messages (downlink)	Unchanged

圖 2-28: FAA CPDLC Build IA 訊息格式

FAA CPDLC 系統的建置，包括空中端、地面端相關系統的更新。其主要的更新項目包括：

1. 航電設備的更新：

航電設備的更新的主要項目是：CPDLC 功能操作介面和陸空資料鏈路通訊功能。此項工作將由波音(Boeing)公司執行，而實驗飛機是美國航空公司(American Airlines)的 Boeing 737-800 型航機。

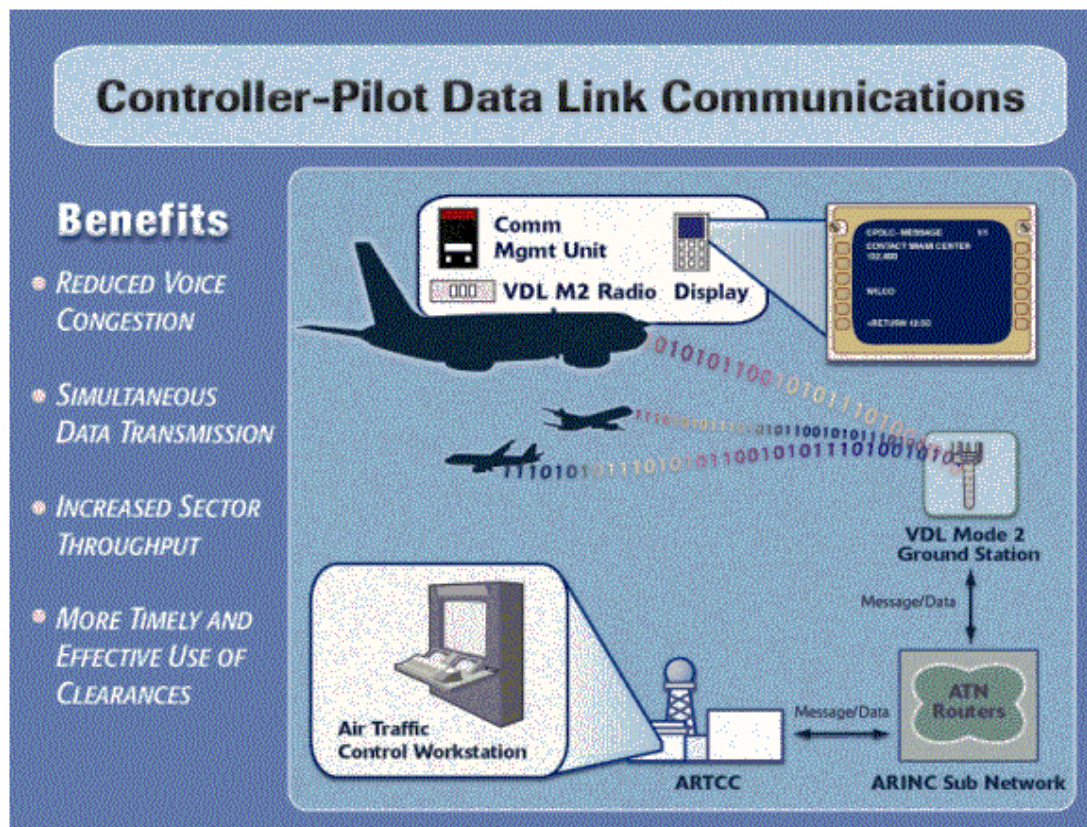
2. 陸空資料鏈路通訊網路建置：

FAA CPDLC 系統的陸空資料鏈路通訊網路採用：VDL Mode 2。ARINC 公司負責建置 Build I 所需網路，而後續階段的陸空資料鏈路通訊網路則由 ARINC 公司和 SITA 公司共同提供。

3. 航管系統更新：

FAA CPDLC 系統的航管系統將使用邁阿密區管中心(Miami Air Route Traffic Control Center, Miami ARTCC)，並由 MITRE 公司負責開發地面端航管系統的 CPDLC 功能。

FAA CPDLC 整體的系統架構，請參閱圖 2-29。



資料來源：[2-3]

圖 2-29: FAA CPDLC 整體系統架構

2.2.6.2 歐盟

除 FAA 之外，歐盟飛航管制組織(European Organization for the Safety of Air Navigation, EuroControl)也致力於研發和部署新的通訊技術和設備，以滿足歐洲地區不斷成長的航空交通流量、安全、效率等各方面的需求。EuroControl 於 2001 年 2 月提出歐洲地區航管計劃通訊發展策略(EATMP Communications Strategy)第三版，其中明確規劃出未來歐洲地區航空通訊所提供的服務，及其 2000 年 ~ 2015 年的發展歷程[2-8]。

未來歐洲地區航空通訊所提供的服務包括：

1. 資料通訊服務(Data Communication Service)：

提供陸空、空對空、和地對地之間的點對點和廣播資料通訊服務；而其服務對象包括：航管單位、航機、航空公司、機場、以及其他單位，如：軍事單位等。

2. 語音通訊服務(Voice Communication Service)：

運用有線或無線通訊設施，提供陸空、空對空、和地對地之間的點對點

和廣播語音通訊服務；而其服務對象包括：航管單位、航機、航空公司、機場、以及其他單位，如：軍事單位等。

3. 泛歐固定網路服務(The Pan-European Fixed Network Services, PENS)：
以連接各國現有通訊基礎建設的方式，建構歐洲地區各國間地面通訊的基礎建設。其服務的範圍包括：語音與資料通訊；而其服務對象包括：航空公司、機場、以及其他單位，如：軍事單位等。
4. 動態網路服務(Mobile Network Services, MNS)：
運用無線通訊設施，提供動態單位之間，如：航機和車輛之間，和動態/固定單位之間的語音與資料通訊服務。

而未來歐洲地區航空通訊 2000 年 ~ 2015 年的發展歷程，請參閱圖 2-30。

	Baseline 2000	Short	2005	Medium	2010	Long	2015
Data Services	ACARS (A/G) OLDI, ASTERIX(G/G) Messaging Apps. (over AFTN)	-PETAL II Service -LINK 200+ Service -Message Application Over AMHS	Use of Wireless Gatelink -Safety Critical Datalink Services -Enhanced datalink Service -Collaborative Decision Making				
Voice Services	R/T +4444 (A/G) VCS/ISDN/QSIG Conferencing		-H.323/SIP-based Service		-Enhanced/Selective Call & Digital voice		
Mobile Network Services	ACARS (Data) 25kHz DSB-AM 8.33kHz DSB-AM	-ATN A/G Router	-Wireless Gatelink -Extended 8.33kHz	-VDL 4	-Enhanced A/G (New System)		
Pan-Euro (Fixed) Network Services	National AMHS AMHS / AFTN GW MFC/R2, ISDN, QSIG AFTN X.25 Frame Relay Asyn. Trans Mode	-International AMHS -PNNI -ECG -ATN Ground Routers	-Voice Over IP -High QoS IP		-Seamless Network Systems Management	-International COST Messaging	

圖 2-30: 歐洲地區航空通訊發展歷程

目前 EuroControl 對資料通訊服務的規劃較為完整，其中主要包括：Link2000 計劃和 PETAL 測試，其詳細內容分別說明於後續章節。

2.2.6.2.1 Link 2000

Link2000 計劃的主要目的是規劃和協調歐洲地區未來航管資料鏈路通訊服務的建置，其涵蓋的通訊服務項目包括[2-9, 2-10, 2-11]：

1. 資料鏈路起始(Data Link Initiation Capability, DLIC)：

此項功能提供相關的資料以建立飛行計劃和航管系統資料結構的連

結、陸空資料鏈路通訊的連結，並提供航機本身及其相關的飛航資料。

2. 飛航計劃統一(Flight Plan Consistency, FLIPCY)：

此項功能要求航機下傳其航機本身及計劃飛航資料，以便和地面端航管系統所存資料互相比對，以確保兩者的一致。

3. 航管通訊管理(ATC Communication Management, ACM)：

此項功能協助管制員和駕駛員，在不同的席位間，進行語音和資料通訊的交接；並確保語音通訊和資料通訊的同步。

4. 航管許可頒布(ATC Clearances, ACL)：

此項功能提供管制員對航機飛航中各項許可的頒布，如：航向、高度、速度等。

5. 航管麥克風檢測(ATC Microphone Check, AMC)：

此項功能提供管制員要求各航機駕駛員檢查其麥克風使用狀態，以清除語音頻道佔用的情形。

6. 管制員飛航資料存取(Controller Access Parameters, CAP)：

此項功能提供管制員能直接向航機的電腦系統中擷取相關的飛航資料，以強化航管單位的監視能力。

7. 離場許可頒布(Departure Clearances, DCL)：

此項功能提供管制員傳送和要求離場的相關資料和許可，以減輕管制員和駕駛員的工作負擔。

8. 下一項許可頒布(Downstream Clearances, DSC)：

此項功能提供駕駛員獲得下一階段航機飛航的各項許可或相關資料，如：越洋飛航許可等。

9. 數位化自動終端資訊服務系統(Data Link ATIS, D-ATIS)：

此項功能要求和傳送終端區域的天氣和機場作業等資料。

Link2000 將使用 ATN 航空通訊網路作為整個計劃的通訊基礎建設，以提供上述的航管資料鏈路通訊服務。其中，陸空資料鏈路將採用 VDL Mode 2 為主要通訊系統，而衛星通訊為備援系統；地面端資料網路則採兩階段進行，先期將以現有區域性的 X.25 通訊網路為主，而未來將使用泛歐固定網路服務(PENS)的通訊網路。

2.2.6.2.2 PETAL IIe 計畫

歐盟飛航管制組織 (EuroControl) 陸空資料鏈路初步測試 (The Preliminary EuroControl Test of Air/ground data Link, PETAL) 是由 EuroControl 和 Aerospatiale 聯合進行的一項實驗性計畫。其主要目的在檢驗一些具代表性的陸空資料鏈路應用功能的可行性和適用性。本計畫 1994 年 5 月正式開始, 1995 年 4 月完成 PETAL 所需軟硬體開發, 1995 年 5 月到 1996 年 4 月總共有 46 次測試飛行, 1996 年 8 月計畫結束。

PETAL 測試主要是為了蒐集陸空資料鏈路的作業需求、作業效益、人為因素等資料。同時 PETAL 測試是在真實的航管作業環境下執行, 以便確實的分辨及定義那些對駕駛員、管制員, 在航路作業時, 有立即的效益且在現有航管/航電系統可以建置的應用功能[2-2, 2-3]。

由於 PETAL 測試的成功, EuroControl 於 1996 年年中開始進行 PETAL II 測試, 以繼承和加強 PETAL 的成果。此項新的測試, 著眼於驗證 ODIAC ORD 所提出陸空資料鏈路通訊概念和需求的可行性及正確性; 而其目標在確保該項概念和需求的發展朝向正確的方向: ”作業程序優先, 技術其次”。

PETAL II 的測試, 集中在驗證以 CPDLC 執行 8 項航管作業程序的可行性, 此 8 項作業約需 65 項 CPDLC 信息。該測試一開始就在真實的作業環境下執行, 其中參與的單位包括: 管制員、駕駛員、航空公司和通訊業者; 而其作業程序和系統均遵循各項國際標準。

自 1998 年春季起 PETAL II 測試進一步延伸包括 American Airlines 一般商用航機, 在 ATN 基礎架構下的作業, 稱為 PETAL IIe。此項測試引起航空業界廣泛的注意, 首先它可驗證 ATN 基礎建設在真實作業環境下的可行性; 其次, 此項測試從地面到空中參與的單位繁多, 作業觀念、程序、系統等各方面的整合與協調, 將是一項困難但必須克服的工作。

PETAL IIe 的測試環境, 請參閱圖 2-31。

PETAL IIe 測試中所用的信息是 ICAO CNS/ATM-1 Package CPDLC 信息組中的一部份, 請參閱圖 2-32。

PETAL IIe 測試的整體架構, 請參閱圖 2-33。

➤ **PETAL : The Preliminary Eurocontrol Test of Air/ground data Link**

➤ **A/G Test Environments :**

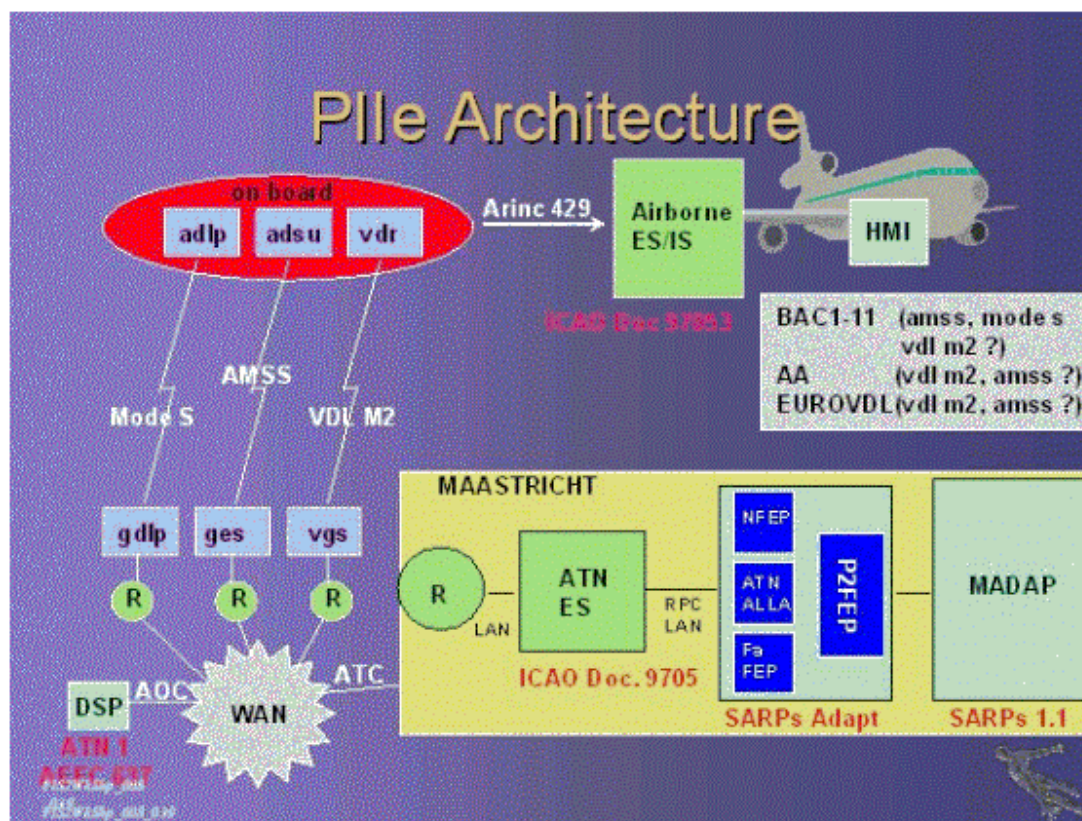
- Rockwell Collins CMU-900 (ACARS, VDL 2, ATN Router, CPDLC, CM)
- FANS 1/A, ATN, NEAN (VDL 4)
- VDL 2 RGS (London, Ireland, Amsterdam, Paris, Frankfurt, Copenhagen)
- Maastricht UAC

圖 2-31: PETAL IIe 陸空測試環境

➤ **Testing 65 CDPLC Messages :**

- Data Link Initiation Capability
- Flight Plan (route) Conformance (FRC)
- ATC Communication Management (ACM)
- ATC Clearances (ACL)
- Common Trajectory Coordination (CTC)
- ATC Microphone Check (AMC)
- Controller Access Parameters (CAP)
- Broadcast Downlink of Airborne Parameters (B-DAP)

圖 2-32: PETAL IIe 測試訊息



資料來源：[2-3]

圖 2-33: PETAL IIe 整體測試架構

由於 PETAL IIe 測試涉及的層面深廣，所以首先由各參與單位分別進行自己的開發和測試，其中包括：航電設備、陸空通訊、航管系統等，最後再進行整合測試。各項準備和測試的摘要和時間，請參閱圖 2-34。

➤ Test Schedule & Results :

- **Stream 1 – Test PETAL IIe service End-to-End via ATN, Fly BAC1-11 with SatCom against MAAS (03/2001)**
- **Stream 2 – Same as Stream1, but add VDL Mode 2 (08/2001)**
- **Stream 3 – Same as Stream2, but add production avionics from Rockwell Collins (05/2001)**
- **Certification Flight : AAL 767 (06/2001)**
- **Non-revenue flights (08/2001)**
- **Revenue flights**

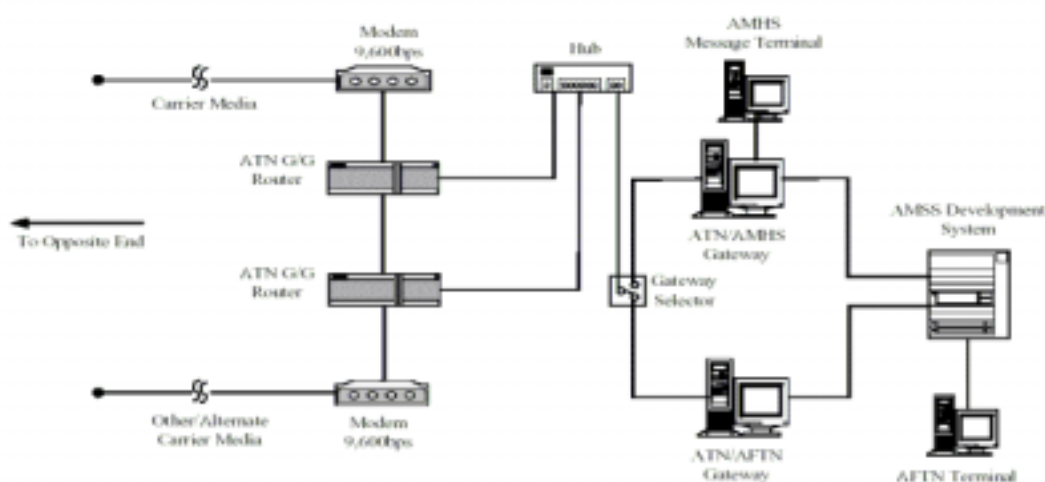
圖 2-34: PETAL IIe 測試時程及結果

PETAL 一系列的測試，特別是 PETAL IIe，不論空中端的機載航電、陸空資料鏈路通訊網路、以及地面端的航管系統，均針對 ATN 和 VDL Mode 2，增加新的設備、功能、及系統，並調整或新增相關的作業程序，同時各項測試也直接在航空公司正常航班上執行。因此，PETAL 已經不能單單視為另一個實驗而已，而可視為新一代陸空資料鏈路及航管系統的先導系統，未來的整體 CNS/ATM 系統可能由該系統繼續擴展延伸而成。此外，由於 PETAL 是建構於 ATN 和 VDL Mode 2 之上，所以未來 VDL Mode 2、Mode 3 應該比 VDL Mode 4 有更好的發展機會。

2.2.6.3 香港

香港民航處(Civil Aviation Department)為配合國際民航組織(ICAO)亞太地區的 ATN 建置計畫[2-4]，預計於 2005 年完成 ATN 通訊骨幹站(Backbone Site)的建設。為獲得相關的作業和技術經驗，香港民航處於 2000 年開始規劃、建置 ATN 測試系統，並與鄰近的飛航情報區進行一連串的測試(Trial)，以確保後續 ATN 建置和作業的成功[2-7]。

這些測試主要的目標是評估在 ATN 通訊網路中，各構成元件的通訊效能，特別是在航空固定網路(AFTN)和飛航服務訊息處理服務(AMHS)之間訊息交換的效能。測試系統的架構，請參閱圖 2-35。



資料來源：[2-7]

圖 2-35: 香港民航處 ATN 測試系統架構

ATN 測試系統分別與鄰近的飛航情報區進行一連串的測試，其摘要說明如下[2-7]：

1. 10/2000 – 07/2001：與泰國曼谷進行 ATN 技術測試。
2. 07/2001：與日本東京進行 ATN/AMHS 技術測試。
3. 08/2001 – 11/2001：與澳洲坎培拉進行 ATN/AMHS 技術測試。
4. 11/2001 – 迄今：與泰國曼谷繼續進行更多的 ATN 技術測試。

這些測試的結果和發現，摘要說明如下[2-7]：

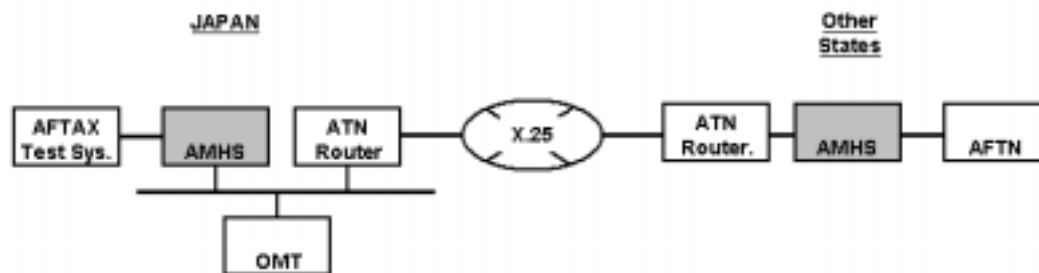
1. 不同廠牌的 ATN 路由器(Router)對訊息傳輸時間並沒有重大的影響。而 ATN 的最大訊息傳輸時間約 13 秒，遠比航空固定網路(AFTN)的傳輸時間約 1 ~ 2 分鐘，改善許多。
2. AFTN/AMHS 訊息傳輸的錯誤率，到目前為止是 0%，可靠度極佳。
3. ATN/AFTN 和 ATN/AMHS 閘道器(Gateway)之間仍有相容性的問題，其結果造成訊息格式轉換錯誤、傳輸時間太長等問題。
4. 在不同的傳輸媒體之間，如：IDD 通訊公司通訊線路、國際專線、公共數據線路等，進行線路中斷或設備故障的轉換(Switch Over)測試時，轉換時間可以低於 2 分鐘，已達到 AFTN 目前作業的需求標準。
5. 大部分測試時所遭遇的問題，均和 ICAO ATN SARPs 中的定義不明確有關。

未來香港民航處將繼續進行 ATN 相關的測試，同時歡迎鄰近飛航情報區加入測試。此外，香港民航處也建議儘速修訂和釐清 ICAO ATN SARPs 中未定義、定義不清楚、或定義不完整的技術細節，以便廠商能開發相容性較佳的設備。

2.2.6.4 日本

日本民航局(Japan Civil Aviation Bureau, JCAB)因體認航空通訊網路(ATN)是未來飛航通訊的主流，所以自 1996 年起開始著手進行相關技術的研發，其中主要是：ATN Router 和 AMHS。1999 年系統研發完成，2000 年開始建置 ATN 通訊網路及 AMHS 應用系統，並展開整體系統測試。日本的 ATN 網路包括兩個骨幹邊界中介系統(Backbone BIS, BBIS)，分別架設於成田國際機場(Narita)和系統研發及管理中心(System Development Evaluation and Contingency Management

Center, SDECC)。日本的 ATN 網路利用這兩個 BBIS 和美國、澳洲、及香港進行跨區通訊連接測試及 AMHS 運作測試。測試系統的架構，請參閱圖 2-36。



資料來源：[2-18]

圖 2-36: 日本民航局 ATN 測試系統架構

與美國的測試，自 1998 年起開始規劃；2000 年進行 ATN/ATN Router 的通訊連接測試；2001~2002 年進行 AMHS 及其運作的測試；其結果，兩項測試均順利完成。在 AMHS 的運作測試中，特別進行意外狀況處理的測試，如：通訊規範錯誤、訊息位址錯誤等，其結果雖然 ATN 通訊網路和 ATN Router 有時會處理錯誤，但已修正相關的系統軟體[2-18]。

與澳洲的測試，自 1999 年開始規劃，並進行 ATN/ATN Router 的通訊連接測試；2000 年進行 AMHS 及 AFTN/AMHS 整合運作測試。其結果，兩者測試均順利完成。特別是 AFTN/AMHS 整合運作測試成功，顯示現有的航空固定通訊網路(Aeronautical Fixed Telecommunications Network, AFTN)的通訊功能，未來可以整合到 ATN 通訊網路中，而達到以單一通訊網路涵蓋現有及未來通訊功能的目標。

日本 ATN 通訊網路和香港的測試，自 2001 年開始規劃，並進行 ATN/ATN Router 通訊連接、AMHS 運作、以及整體通訊系統效能的測試。其結果，各項測試均順利完成。其中在整體通訊系統的效能方面，香港和日本之間 AMHS 訊息的平均傳遞時間約為 11~17 秒[2-18]。

未來日本將繼續進行 ATN 通訊連接和應用功能的研發和測試，其中主要包括：飛航服務跨區資料通訊(AIDC)、鏈路化飛航資訊服務(DFIS)、自動回報監視(ADS)、管制員/駕駛員資料鏈路通訊(CPDLC)等。

2.3 我國航空通訊基礎建設建置策略

本章節將循序說明台北飛航情報區航空通訊的現況、未來 ATN 建置完成後的航空通訊環境、影響航空通訊基礎建設建置的關鍵因素、以及我國的建置策略等，以期對我國建置新一代航空通訊系統的範圍、步驟、方法等方面作一初步的規劃。

2.3.1 台北飛航情報區航空通訊現況

台北飛航情報區目前運用：數位語音交換系統(DVCSS)、飛航管制服務通訊系統、航空固定通訊網路(AFTN)、氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)、以及陸空資料鏈路通訊網路，以構成完整的陸空之間和地對地之間的語音及資料通訊網路。以下章節針對各通訊系統及其網路的運用現況，作一概要說明。

2.3.1.1 數位語音交換系統(DVCSS)

台北飛航情報區中，區管中心、各近場台、各塔台之間，以及陸空之間的數位語音交換系統(Digital Voice Communication Switch System, DVCSS)，主要是提供管制員對內或對外通聯使用，概分為 INTERCOM、INTPHONE 及 RADIO 三大類[2-1]：

1. INTERCOM：為對內，同一航管單位各席位間通聯使用。
2. INTPHONE：為對外與各相關近場台、各塔台、區域管制中心或軍方相關單位通聯使用。
3. RADIO：經 VHF/UHF/HF 等相關設備與航機通聯使用。

本系統所提供飛航業務單位與航機間的飛航業務通訊，主要包括：航機飛航導引(如：航向、速度、高度等)、地面活動管制(如：航機滑行、停機坪安排等)、訊息傳遞(如：離場許可、終端資訊等)、以及緊急訊息之接收與發布等。

本系統另具監控裝備，可監視系統運作狀態，並可下達指令更改系統組態。

另通話資料記錄可分析、統計系統中任一電話或席位的通話量，以提供人力管理之輔助資料。

數位語音交換系統的通訊架構請參閱圖 2-37。

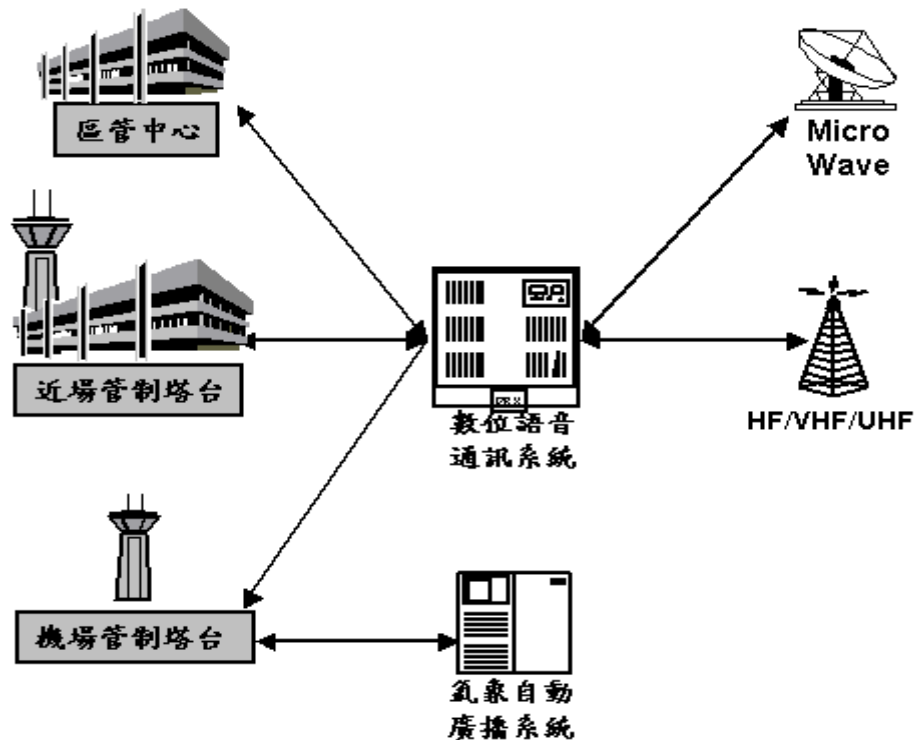


圖 2-37: 數位語音交換系統通訊架構

2.3.1.2 飛航管制服務通訊網路

台北飛航情報區之飛航管制服務就是『空中交通管理』，負責在航機起飛、降落及飛航途中，利用雷達及其他輔助性自動化資訊裝備，透過陸空無線通信，提供航機安全、有序、便捷之專業性服務[2-12]：

台北飛航情報區的飛航管制服務分為下列幾個部分：

1. 航路管制：

區域管制中心負責台北飛航情報區(空域包括北緯 21°00'東經 117°30'--北緯 21°00'東經 121°30'--北緯 23°30'東經 124°00'--北緯 29°00'東經 124°00'--北緯 29°00'東經 117°30'--北緯 21°00'東經 117°30')內航路之飛航管制服務及金門、馬公兩終端區之近場管制服務。另外提供守助業務及出入境申請查核業務。

2. 近場管制：

近場管制台負責對航機之離、到場、爬升、下降提供隔離與管制之服務，飛航服務总台所屬近場管制單位計有中正、台中、高雄、台東、花蓮等五個近場管制台。

3. 機場管制：

管制塔台負責執行航機滑行起飛、降落及滑行等的飛航管制服務。飛航服務总台所屬管制塔台計有中正、台北、高雄、豐年(台東)、馬公、馬祖、台中、金門、綠島及蘭嶼等十座機場管制塔台。

區管中心、各近場、以及各機場塔台均裝設電腦化的航管系統，以提供飛航管制服務。各航管單位之間，利用數據線路，以點對點的方式互相連結，以交換飛航資訊。

飛航管制服務利用航管雷達來監視航機的動態，航管雷達分為：航路雷達（En Route Radar）及終端雷達（Terminal Radar），共計九套。航管雷達搜索所得之航機動態數據資料分別傳送至台北區域管制中心、中正近場管制台、台中近場管制台、高雄近場管制台、台東近場管制台、及花蓮近場管制台之航管自動化系統，經多雷達訊號處理並與飛行計畫資料結合成完整之航機資料區塊，顯示於雷達幕提供飛航管制員執行航路或終端區域之飛航管制服務。飛航管制服務的通訊架構，請參閱圖 2-38。

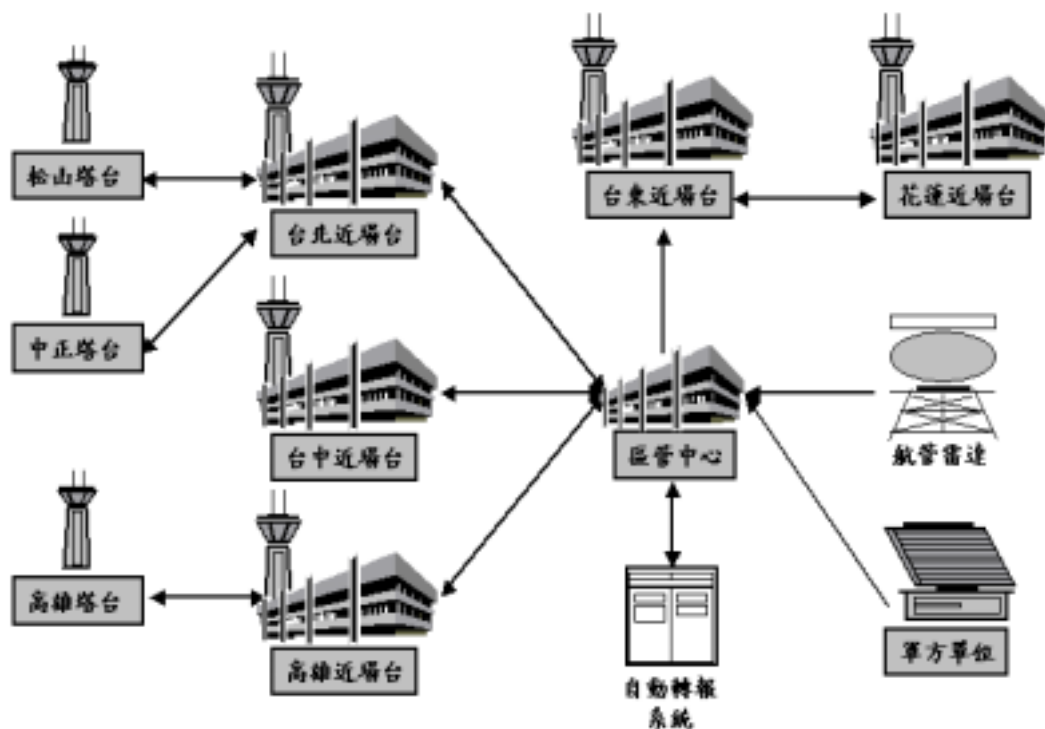


圖 2-38: 飛航管制服務通訊架構

2.3.1.3 航空固定通訊網路(AFTN)

台北飛航情報區之航空固定通訊網路(Aeronautical Fixed Telecommunications Network, AFTN)主要工作是傳遞飛航公告、航管、航空氣象資料、飛航動態、航空公司機務、運務、業務等電報。台北飛航情報區之航空固定通信業務由台北航空通信中心(Taipei AFTN Communication Center) 負責，中心與與鄰區菲律賓之馬尼拉、琉球之那霸及香港通信中心直接相連，以傳遞及交換各項電報給台北飛航情報區的一般用戶[2-12]。

自動轉報系統(Aeronautical Information Message Switching System, AIMS)為 AFTN 收發報文之系統，其主要功能為報文的處理及儲存。本系統提供人員操作管理介面、下達線路/報文處理命令及系統監控介面；透過 X.25 銜接用戶前端處理器(FEP)，連接一般用戶及國外(香港、日本)轉報系統。

航管自動化系統(ATCAS)接收自動轉報系統傳送之報文，包括氣象報文及所有飛行計劃相關報文，航管系統經過適當處理，顯示相關資訊給管制員，作為管制航機之參考。

氣象諮詢系統接收自動轉報系統傳送之氣象報文，經過適當處理，各使用者可透過終端機查詢氣象資訊。

航空固定通訊網路的通訊架構請參閱圖 2-39。

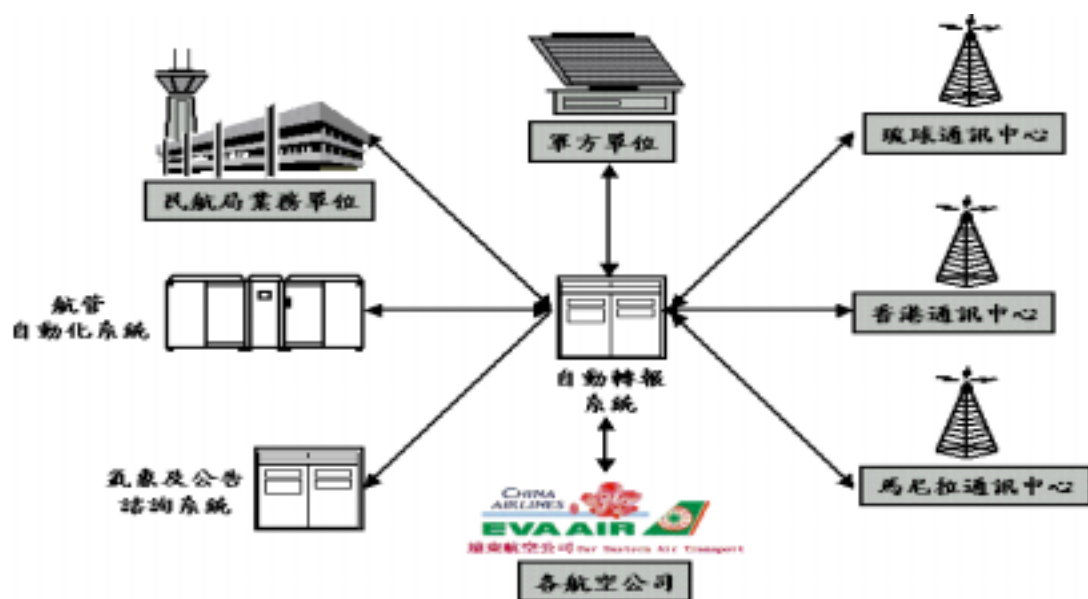


圖 2-39: 航空固定通訊網路通訊架構

2.3.1.4 氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)通訊網路

台北飛航情報區之氣象及飛航情報諮詢系統(Weather & Flight Information System, WFIS)為航空氣象及飛航情報公告處理系統。

航空氣象方面，處理國內、外各氣象站送出之氣象觀測報告，提供用戶即時查詢特定機場最近氣象資料，並將松山、中正、高雄三機場氣象觀測報告送至香港集資中心，廣播至全球各地。飛航公告方面，處理國內、外情報中心送出之飛行公告，供駕駛員參考。

WFIS 除提供經專線、非同步傳輸方式索取航空氣象資料、飛行情報公告之外，更增加由全球資訊網取得資料的途徑，使所有用戶以更人性化操作，快速而便捷的獲得各項正確且完整的航空氣象、飛航公告相關資料。

氣象及飛航情報諮詢系統的通訊架構請參閱圖 2-40。

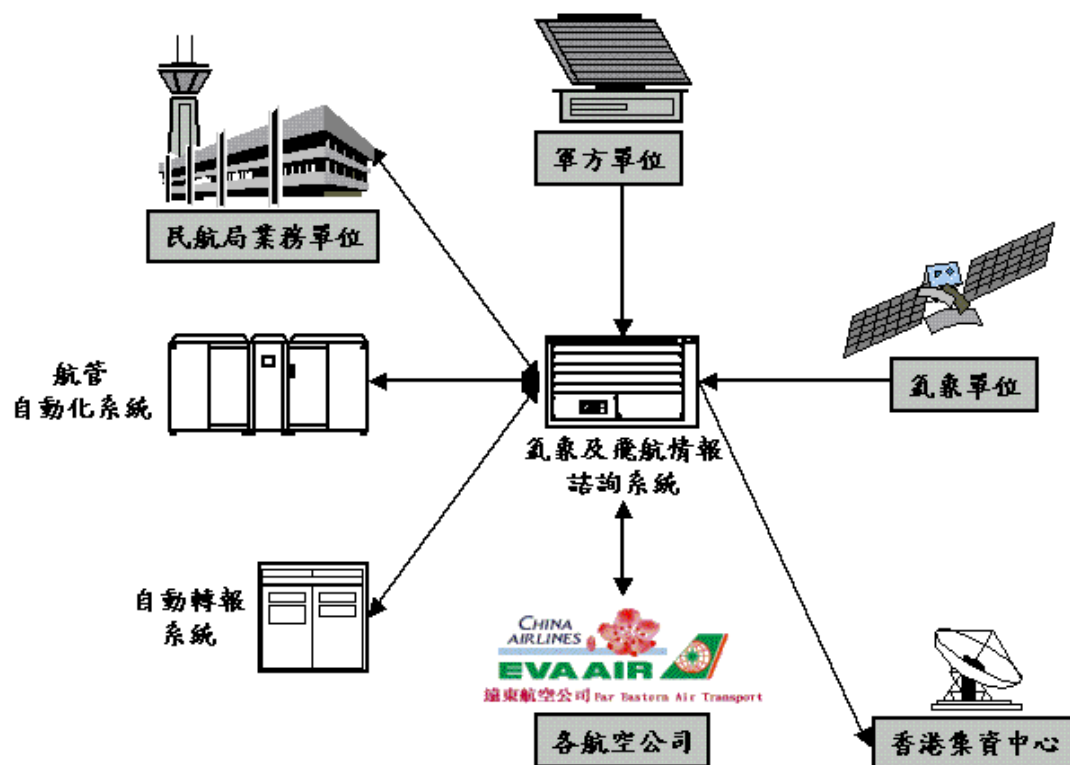


圖 2-40: 氣象及飛航情報諮詢系統通訊架構

2.3.1.5 陸空資料鏈路通訊網路

台北飛航情報區之陸空資料鏈路通訊，主要是由航空通訊服務廠商(Data Service Provider, DSP)，如：SITA 和 ARINC 等，建構各種陸空資料鏈路通訊接

收站及地面上的通訊網路，以接收航機經各資料鏈路所傳送的數據訊息，再將所收到的訊息集中到資料處理中心，以便繼續傳送給地面上的訊息接收單位。地面上的訊息接收單位主要包括：航管單位、航空公司等。而地面發訊單位也可以利用同一路徑及存取方法，以相反方向，將數據訊息發送至空中的收訊航機。目前主要的通訊規範是：ACARS，而主要的應用功能是航空公司的 AOC 訊息等。

陸空資料鏈路通訊網路的通訊架構請參閱圖 2-41。

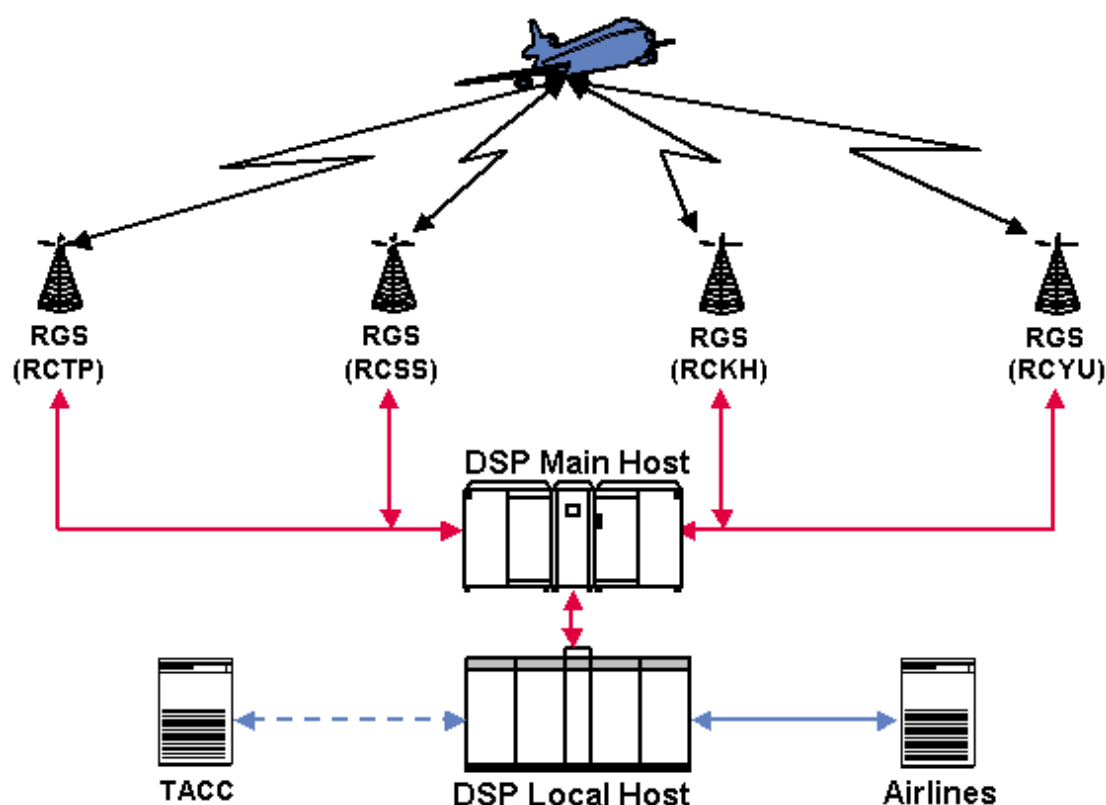


圖 2-41：陸空資料鏈路通訊系統通訊架構

2.3.2 ICAO 航空通信網路及其應用功能的建置

由於航空通信基礎建設涵蓋範圍廣泛、投資金額龐大、且技術艱深，所以國際民航組織(ICAO)對以航空通信網路(ATN)及其應用功能為基礎的航空通訊基礎建設的建置、區域整合等工作有提出標準規範、方法和建議[2-1、2-4]。然而各國的空域環境不同、航管需求和作業不同、加上經濟、技術、政策等因素的考量，對航空通訊基礎建設的建置策略，各國不一定會完全遵循 ICAO 的建議。以下章節簡單說明 ICAO 對 ATN 及其應用功能的建置策略。

2.3.2.1 航空通信網路簡介

航空通信網路(ATN) 為 CNS/ATM 環境下的基礎通訊中樞。ATN 的概念自 90 年代初期提出後，經十多年的研發與測試，已有初步的成果；國際民航組織 (ICAO)也積極推動、協調全球和區域性 ATN 網路建置，以期未來所有航空相關的通訊，不論數據或語音、陸空或地面，均可以納入單一的 ATN 的網路中。

ATN 網路的架構請參閱圖 2-42。而其規範和相關資料，請參閱第 2.2.3 ~ 2.2.5 章節[2-1]。

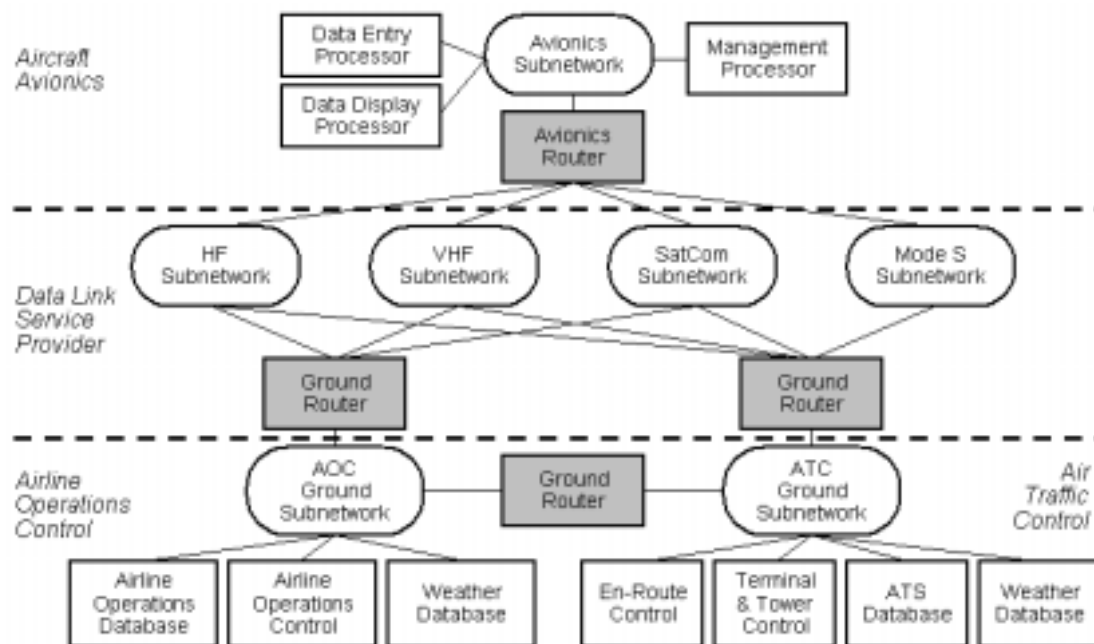


圖 2-42: ATN 網路架構

2.3.2.2 ICAO 航空通訊網路的建置

根據 ICAO 航空通訊網路(ATN)的規範和架構，我國台北飛航情報區航空通訊基礎建設的建置步驟包括[2-4]：

1. 將所有需要使用航空通訊網路的單位或設施，如：航管單位、機場、航管雷達、航空公司等，依據其作業需求、地理位置、通訊需求等因素，劃分成幾個聯通網域(Routing Domain, RD)。
2. 各個聯通網域再以邊界中介系統(Boundary Intermediate System, BIS)互相連接，以構成台北飛航情報區內部的 ATN 網路。每一個 RD 的 BIS 需要和兩個以上的 BIS 相連接，以形成網路通訊架構，確保通訊的可靠

度。

3. 其中的一個聯通網域，以骨幹邊界中介系統(Backbone BIS, BBIS)與鄰近的飛航情報區互相連接，如：香港、琉球等飛航情報區，以構成全球的 ATN 網路。
4. 台北飛航情報區 ATN 網路內的實體通訊線路，可以採用現有點對點的通訊線路；而 ATN 網路中的通訊處理和聯網設備則必須新購 ATN 的 IS 及 ES。

台北飛航情報區 ICAO ATN 網路的通訊架構請參閱圖 2-43。

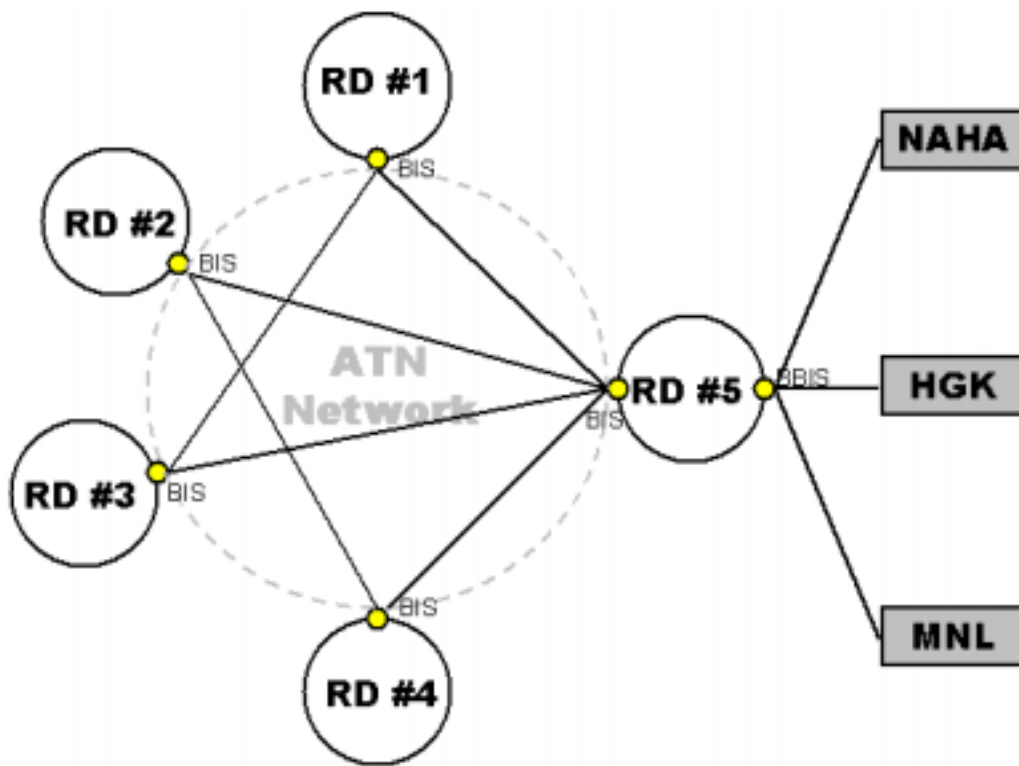


圖 2-43: 台北飛航情報區 ICAO ATN 通訊網路架構

2.3.2.3 ICAO 航空通訊網路應用功能的建置

根據 ICAO ATN SARPs，ATN 網路上的應用功能目前包括下列六種[2-1]：

1. 登錄內容管理(Content Management, CM)：
本功能提供登錄(Login)服務，以便一架航機加入 ATN 網路的服務範圍內；同時本功能也紀錄該航機其他的資料鏈路通訊功能及版次。
2. 自動回報監視(Automatic Dependent Surveillance, ADS)：

本功能提供對航機監視所需資料下傳給航管單位的通訊功能，如：航機位置、航機設備狀態等。

3. 管制員/駕駛員資料鏈路通訊(Controller/Pilot Data Link Communication, CPDLC)：

本功能提供對管制員、駕駛員之間，飛航管制相關資料的數據通訊功能，如：航管員指令、駕駛員回應等。

4. 飛航資訊服務(Flight Information Services, FIS)：

本功能對駕駛員提供一切資料及建議，以使駕駛員能安全及有效率的駕駛一架航機。

5. 飛航服務訊息處理服務(ATS Message Handling Services, AMHS)：

本功能提供跨飛航情報區間，飛航服務訊息(ATS Message)的交換與傳送服務。

6. 飛航服務跨區資料通訊(ATS Inter-facility Data Communication, AIDC)：

本功能提供跨飛航情報區間，飛航管制(ATC)資料的交換與傳送。

ATN 網路應用功能，請參閱圖 2-44。而其詳細內容及作業方式，請參第 2.2.3、2.2.5 章節。

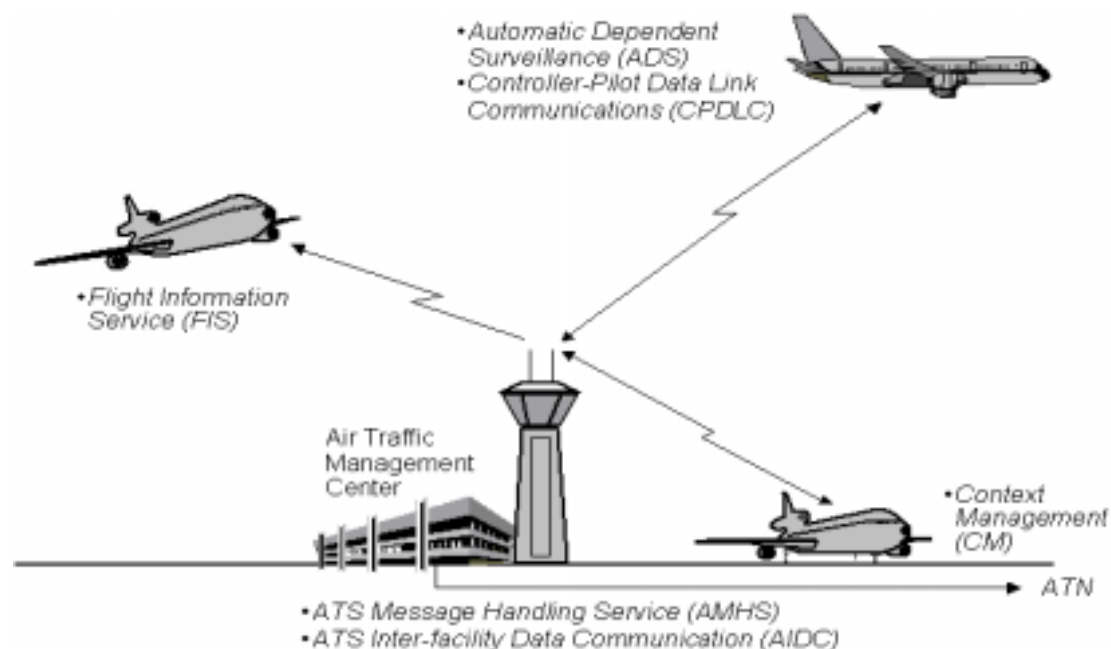


圖 2-44: ATN 網路應用功能

綜觀上述的 ATN 應用功能，其所需的處理可以分為兩部分：通訊處理和資

料處理。其中通訊處理由 ATN 提供，負責資料的輸出/輸入傳輸；而資料處理卻須由其他 CNS/ATM 應用功能提供，負責導航、監視、航管等功能的資料處理。

ATN 應用功能根據所需的通訊和資料處理，可分為三類：

1. ATN 通訊處理功能：AMHS。

AMHS 功能主要跨飛航情報區間資料的傳輸處理，而資料的後續處理則由其他系統負責。

2. ATN 通訊處理功能+ FIS 資料處理功能：FIS。

在 FIS 應用功能中，ATN 通訊處理僅負責 FIS 訊息的傳輸，而其他的資料處理功能，如：FIS 資料輸入、FIS 資料庫維護、FIS 資料輸出等，則由地面端的 FIS 資料處理功能負責。

3. ATN 通訊處理功能+ ATC 資料處理功能：CM、ADS、CPDLC、AIDC。

和 FIS 應用功能相同，在 ATC 應功能中，如：CM、ADS、CPDLC、AIDC，ATN 通訊處理僅負責 ATC 訊息的傳輸，而其他的資料處理功能，則由地面端的 ATC 資料處理功能負責。但和 FIS 應用功能不同的是，FIS 訊息是非限時性訊息，其傳輸服務品質(QoS)的要求不多；反之，ATC 訊息是限時性訊息，對傳輸服務品質，如：傳輸延遲時間、通訊可靠度、系統可用性等，有較高的要求。

ATN 應用功能簡述及其所需的後端處理，請參閱圖 2-45。

Application	Function	Processing
ATS Message Handling Service (AMHS)	The set of computing and communication resources implemented by ATS organizations to provide the ATS message service.	AMHS
Flight Information Service (FIS)	An ATN application that provides to aircraft information and advice useful for the safe and efficient conduct of flight.	FIS/D-ATIS
Weather & Flight Information System (WFIS)	An ATN application that receive weather and flight message from relative system and provides these information to dispatcher in airlines.	WFIS
AOC Applications	Airline fleet monitoring, scheduling and control relative applications.	Airlines
Context Management (CM)	An ATN application that provides a logon service allowing initial aircraft introduction into the ATN and a directory of all other data link applications on the aircraft.	ATM
Automatic Dependent Surveillance (ADS)	An ATN application that provides data from the aircraft to the ATS units for surveillance purposes.	ATM/ SDP
Controller Pilot Data Link Communication (CPDLC)	An ATN application that provides a means of ATC data communication between controlling, receiving or downstream ATS units and the aircraft, using air-ground and ground-ground subnetworks.	ATM/ FDP
ATS Inter-facility Data Communication (AIDC)	An ATN application dedicated to exchanges between ATS units of ATC information in support of flight notification, flight coordination, transfer of control, transfer of communication, transfer of surveillance data and transfer of general data.	ATM/ FDT

圖 2-45: ATN 應用功能簡述及其所需的後端處理

2.3.3 通訊基礎建設建置關鍵因素

第 2.3.2 節說明 ICAO 以 ATN 網路為基礎的通訊基礎建設建置方式，但現實上由於空域環境不同、加上經濟、技術、政策等其他因素的影響，各國並不一定完全遵循 ICAO 的建議來建置其航空通訊基礎建設。影響通訊基礎建設建置關鍵因素，主要包括：

1. 經濟因素：
 - 通訊線路成本。
 - 通訊設備成本。
 - 作業及維護成本。
2. 技術因素：
 - 通訊安全。
 - 通訊服務品質。
 - 通訊規範。
3. 政策因素：
 - 鄰區通訊整合。

2.3.3.1 經濟因素

航空通訊基礎建設是整體飛航服務的不可或缺的一環，而經濟因素是航空通訊整體運作方式的重要考量因素。另一方面，為配合通訊基礎建設的建置，航空公司也必須投資更新其機隊和內部的通訊設備，在商言商，經濟因素更是考量的重點。

影響通訊基礎建設的經濟因素主要包括下列各項：

1. 通訊線路成本：

目前地面端航空通訊網路的建置方式，如第 2.3.1 章節所述，都是各個航管設施間以點對點方式直接連接，整體通訊架構呈現樹狀分佈。

地面端 ATN 網路的通訊線路有兩種建置方式：

- 每一個中介系統(IS)與多個 IS 之間，以點對點方式直接連接，整體通訊架構呈現網狀分佈，請參閱圖 2-46。
- 每一個中介系統(IS)直接連接數據網路，如：非同步傳輸(ATM)網路，整體通訊架構呈現 IP 網路分佈，請參閱圖 2-47。

現行航空通訊網路完全是單點連接，可靠度不如 ATN 網路，但通訊線

路成本較低。對 ATN 網路，IS 點對點的連接方式成本較高，但安全性也較高。

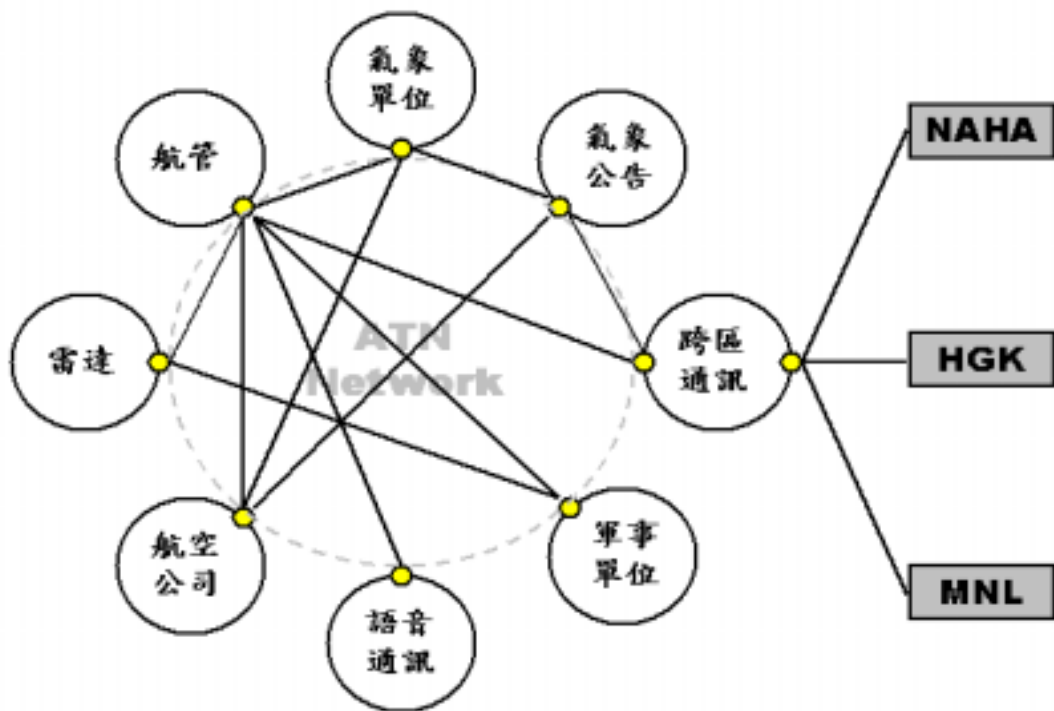


圖 2-46: ATN 點對點通訊網路架構

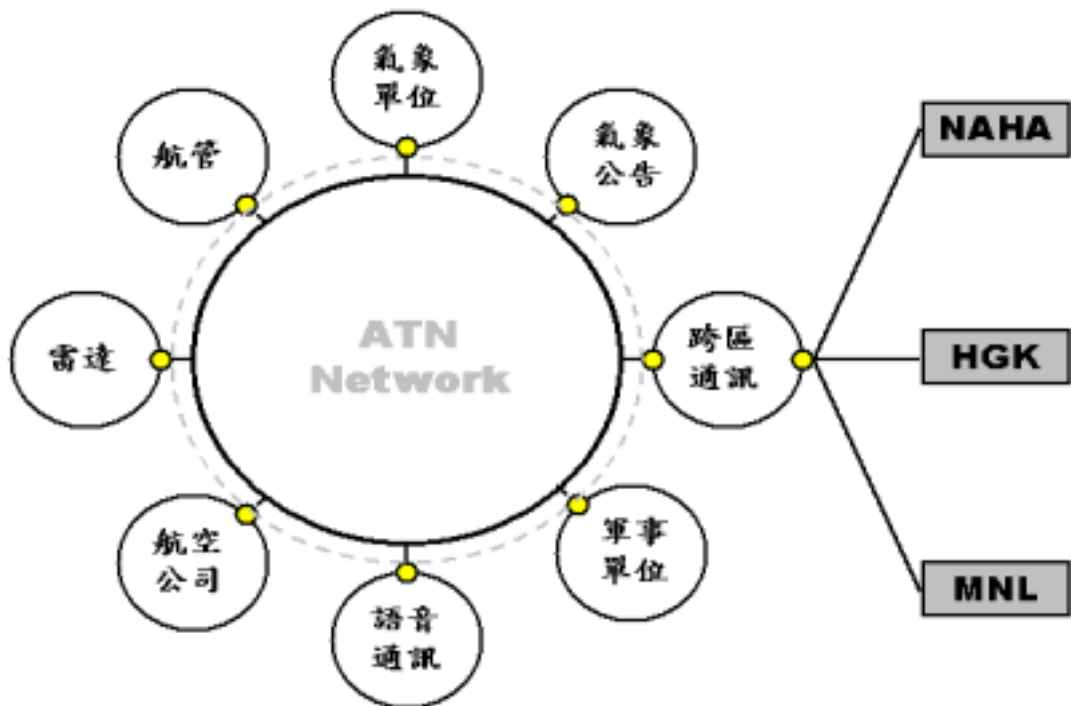


圖 2-47: ATN IP 通訊網路架構

2. 通訊設備成本：

ATN 是航空專屬的通訊網路，其通訊線路可以利用一般的線路，但通訊設備則必須使用 ATN 專屬設備。比起一般通訊市場，航空通訊屬於量少但專業性高的市場，其設備生產廠商一定很少，價格一定很貴。站在航空公司的立場，除非 ATN 網路的效益比建置成本大，或者成本投資不大，否則不可能引進 ATN 網路。SITA 公司 Mr. Clinch 於第七屆 CNS/ATM 研討會上說：地面端 ATN Router 的價錢，除非降到一千美元一部，否則業者很難採用 ATN 網路；而目前 ATN Router 的報價約為新台幣七百萬元，即二十萬美金。

3. 作業及維護成本：

通訊線路的作業及維護成本和連接點的個數成正比，也就是說點對點的連接方式，每一個航管設施有許多通訊線路進出，其作業及維護成本將遠大於只有單條通訊線路的 IP 網路的連接方式。以台北區域管制中心 (TACC) 為例，目前有超過一百條的通訊線路進出，如果改以 IP 網路連接方式，就算是三重備援，也不過是三條通訊線路，作業及維護人力、經費可大幅下降。

2.3.3.2 技術因素

由於航空產業以安全為第一要務，所以總是希望在技術可行的範圍內，運用最安全的技術。但最安全的技術一般就是最貴的技術，因此如何在技術和經濟因素間取得一個平衡，將是航空通訊網路基礎建設策略規劃的一個重點。

影響航空通訊網路基礎建設的技術因素主要包括下列各項：

1. 通訊安全：

IP 網路的通訊連接方式雖有成本較低的優勢，但它的通訊安全性卻頗受質疑。因為點對點的通訊連接方式，除非以硬體直接侵入通訊線路的方式，否則無法干擾其通訊；反之，IP 網路上只要知道通訊裝置的 IP 網址，便可以軟體的方式入侵該通訊設備，進而破壞或干擾其通訊。當然，在公共的 IP 網路可以 VPN 的方式加強保護，或直接以特有的 IP 網路取代公共 IP 網路，以杜絕外人的入侵，但對內部安全的控管，仍是以點對點網路連接方式安全性較佳。

2. 服務品質(Quality of Service)：

ATN 網路的各個應用功能對通訊服務品質的要求各有不同，其中最主要的差異在通訊延遲。對 ATC 相關的應用功能，因其訊息有時間性，所以通訊延遲越短好，同時對最長通訊延遲時間也有一定的規定；反之，FIS 和 AMHS 應用功能對通訊延遲並沒有特別的要求。對通訊線路而言，點對點連接的通訊延遲和通訊的距離成正比，且延遲的時間也是固定的；反之，IP 網路的通訊延遲時間和通訊距離不一定有關係，卻和網路的負載有關，更重要的是它是一個不定值。由於通訊線路的頻寬不斷的擴大，不論 IP 網路或點對點連接的通訊延遲也越來越短，幾乎都能滿足 ATN 網路應用功能的要求，以 IP 網路為例，目前 IP 網路的平均通訊延遲是 250ms，已能滿足 ADS/CPDLC 功能 1~2 分鐘通訊延遲的要求[2-1]。這裡需注意：

- (1) ADS/CPDLC 的通訊延遲時間包括：訊息本身陸空通訊傳輸及資料處理時間，再加上接收端傳送確認訊息的時間，所以實際上用在地面端通訊網路的時間僅佔 1~2 分鐘的一小部份。
- (2) IP 網路的通訊延遲是”平均” 250ms，而不是”最大”250ms，當網路負載很重時，通訊延遲將大幅增加。

3. 通訊規範：

目前 IP 網路所使用的通訊規範是 IP v4，其通訊位址較短，僅 32 Bits，且無安全機制，並不能完全滿足 ATN 網路的需求。針對 IP v4 的缺點，一般通訊業界也提出新的通訊規範：IP v6，以作為改善的方法[2-13]。IP v6 有較長的位址，共 128 Bits，同時也加上通訊安全機制，可以滿足 ATN 網路涵蓋地面端固定航管設施和地面端/空中端移動載具，以及通訊安全的需求。但是 IP v6 仍無法設定特殊的訊息有較高傳輸權力，也無法將通訊延遲時間控制成一個固定值，但如上節的說明，目前 IP 網路的通訊延遲很短，幾乎可以滿足 ATN 通訊需求。重要的是，IP v6 是一般通訊業界所提出的規範，不像 ATN 是航空業界專屬的通訊規範，所以支援 IP v6 的廠商和產品必定很多，且價格便宜。如果現行的 IP 通訊網路能夠採用 IPv6，對於安全性和即時性要求較低的 ATN 網路通訊應用，可以更安心的在 IP 網路上使用，如此將可大幅降低航空通訊基礎建設的成本。IP v6 目前面臨的問題是：IP v6 向下相容，但 IP v4

無法處理 IP v6 的訊息,在目前所有 IP 網路都使用 IP v4 的狀況下,IP v6 的全面推廣使用,仍需要相當長的時間。

2.3.3.3 政策因素

由於 ATN 網路的目的之一是涵蓋全球無縫隙的航空通訊網路服務,因此在建置台北飛航情報區航空通訊基礎建設時,必須和鄰近的飛航情報區,主要是:琉球、香港、馬尼拉三個飛航情報區,共同協調通訊規範、聯通方式、建置時程等相關事宜,以期亞太地區能同步的建置完成新一代的航空通訊網路。

針對鄰近飛航情報區之間通訊整合及協調的需求,國際民航組織亞太區辦公室(ICAOAPAC Office)也成立 ATN 建置委員會(ATN Transition Task Force),已規劃和協調亞太地區 ATN 網路架構、通訊規範、以及建置時程等事宜。

根據 2001 年 ATN 建置委員會第三次會議的決議,亞太地區 ATN 網路的架構請參閱圖 2-48[2-4]。圖中除了顯示亞太地區 ATN 網路的通訊節點和骨幹/一般通訊線路之外,還特別標示 ARINC 和 SITA 兩個主要航空通訊服務廠商(DSP)在亞太地區 ATN 網路的連線位置。

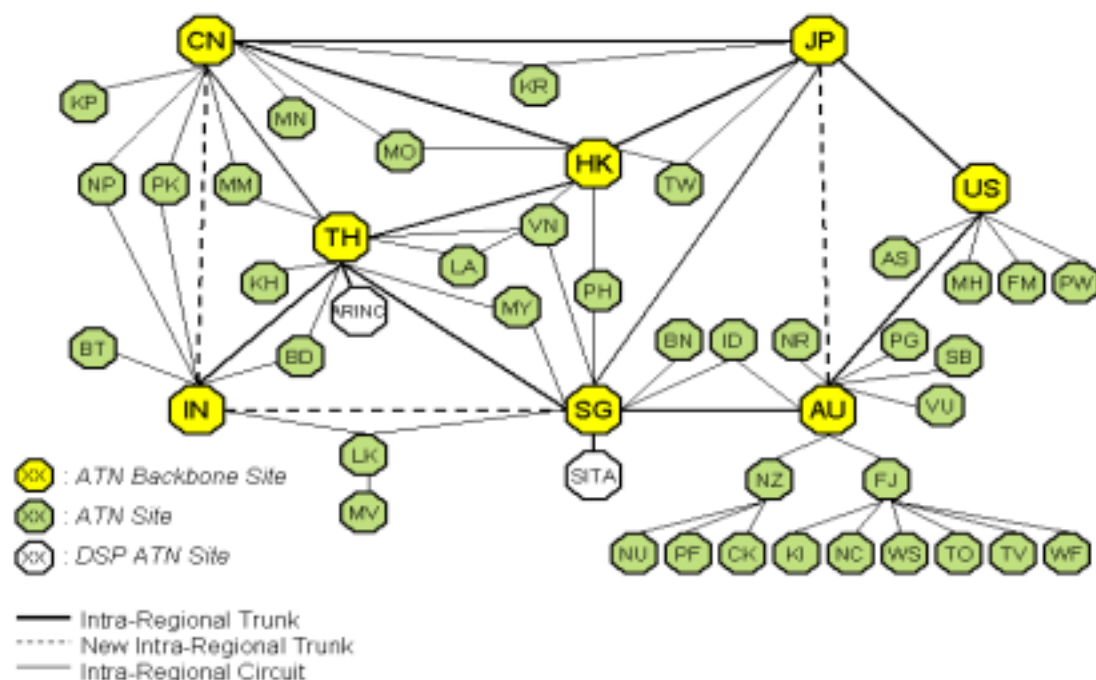


圖 2-48：亞太地區 ATN 通訊網路架構

此外，會中也決定了亞太地區 ATN 網路各通訊節點的通訊規範和建置時

程，請參閱圖 2-49[2-4]。

ATN Backbone State	ATN Backbone Connection		Implementation Target Date		Trunk Type
	Speed	Protocol	Circuit	BBIS (Router)	
<ul style="list-style-type: none"> Japan Australia China Hong Kong, China Europe Singapore Russia Federation United States 	<ul style="list-style-type: none"> 64 kbps 64 kbps 64 kbps 64 kbps 64 kbps 64 kbps 192 kbps 64 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> X.25 X.25 X.25 X.25 X.25 X.25 X.25 X.25 	<ul style="list-style-type: none"> 2003 2005 2003 2005 2003 2005 2005 2003 	2002	<ul style="list-style-type: none"> Intra-Regional - New Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - Upgrade Inter-Regional - New Intra-Regional - Upgrade Inter-Regional - New Inter-Regional - Upgrade
<ul style="list-style-type: none"> China Japan Hong Kong, China India Russia Federation Thailand 	<ul style="list-style-type: none"> 64 kbps 64 kbps 64 kbps 192 kbps 64 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> X.25 X.25 X.25 X.25 X.25 	<ul style="list-style-type: none"> 2005 2005 2005 2005 2002 	2005	<ul style="list-style-type: none"> Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - New Inter-Regional - Upgrade Intra-Regional - New
<ul style="list-style-type: none"> Hong Kong, China China Japan Thailand 	<ul style="list-style-type: none"> 64 kbps 64 kbps 64 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> X.25 X.25 X.25 	<ul style="list-style-type: none"> 2005 2003 2003 	2003	<ul style="list-style-type: none"> Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - Upgrade
<ul style="list-style-type: none"> Chinese Taipei Japan Hong Kong, China 	<ul style="list-style-type: none"> 9.6 kbps 9.6 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> X.25 X.25 	<ul style="list-style-type: none"> 2005 2005 	2005	<ul style="list-style-type: none"> Intra-Regional - Upgrade Intra-Regional - Upgrade

圖 2-49: 亞太地區 ATN 通訊網路規範和建置時程

由 2001 年 ATN 建置委員會第三次會議的決議，台北飛航情報區對 ATN 網路的建置，必須遵循下列事項：

1. 跨區連接點：香港及日本。
2. 跨區通訊規範：X.25、9.6 KBPS。
3. 建置時程：2005 年完成。

2.3.4 通訊基礎建設建置策略

對台北飛航情報區通訊基礎建設的建置，其主要目標是以 ICAO ATN 網路為基準，以最經濟的方式，建置新一代的航空通訊網路，它能涵蓋現有五個航空通訊網路的所有功能，並提供更可靠、更快速、更安全、更大容量的通訊服務，同時能滿足未來 CNS/ATM 應用功能的通訊需求。

為達到上述目標，策略上必須在前面章節所述之經濟、技術、以及政策等互相衝突的因素之間，取得一個平衡點，以建置最適合的通訊基礎建設。就整體建置策略而言，台北飛航情報區的航空通訊網路，從鄰區來看，也就是從外部來看，是一個 ATN 網路；但其內部則是依據不同訊息通訊的要求，劃分成 IP 網路和點對點網路兩種通訊網路。而對 ATN 網路的應用功能，則配合導航基礎建設和飛

航管理基礎建設的進度，分階段建置。

2.3.4.1 跨區通訊-ATN 網路

由於國際民航組織 ICAO 的全力推動，ATN 網路通訊規範已成為跨區網路通訊的標準，同時亞太地區國家也同意 ICAO 的網路架構和建置時程規劃，所以建議台北飛航情報區建置跨區的 ATN 通訊網路，以因應國際趨勢。

ATN 跨區通訊網路主要是取代跨區的航空固定通訊網路(AFTN)、及其自動轉報系統(AIMS)方面，而其建置可分為下列幾項工作，這些工作建議於 2005 年完成，以配合亞太地區的建置時程：

1. 建置完成一個 ATN 網路的骨幹邊界中介系統(Backbone BIS, BBIS)，以便與日本和香港通聯。
2. 在 ATN 網路上，加上應用功能 AMHS 以便在 ATN 網路上傳送、接收跨區的訊息。
3. 如果 2005 年，台北飛航情報區航空固定通訊網路(AFTN)仍在運作，則必須再加上應用功能 AMHS/AFTN Gateway，以作為新舊兩種通訊系統之間的轉換及連接介面。
4. 由於除了日本和香港之外，其他與鄰區不一定有建置 ATN 網路的計畫，如果 2005 年，仍有鄰區以 AFTN 與台北飛航情報區連接，則 AMHS/AFTN Gateway 也須處理此類跨區的 AFTN 通訊。

跨區通訊 ATN 網路架構，請參閱圖 2-50。

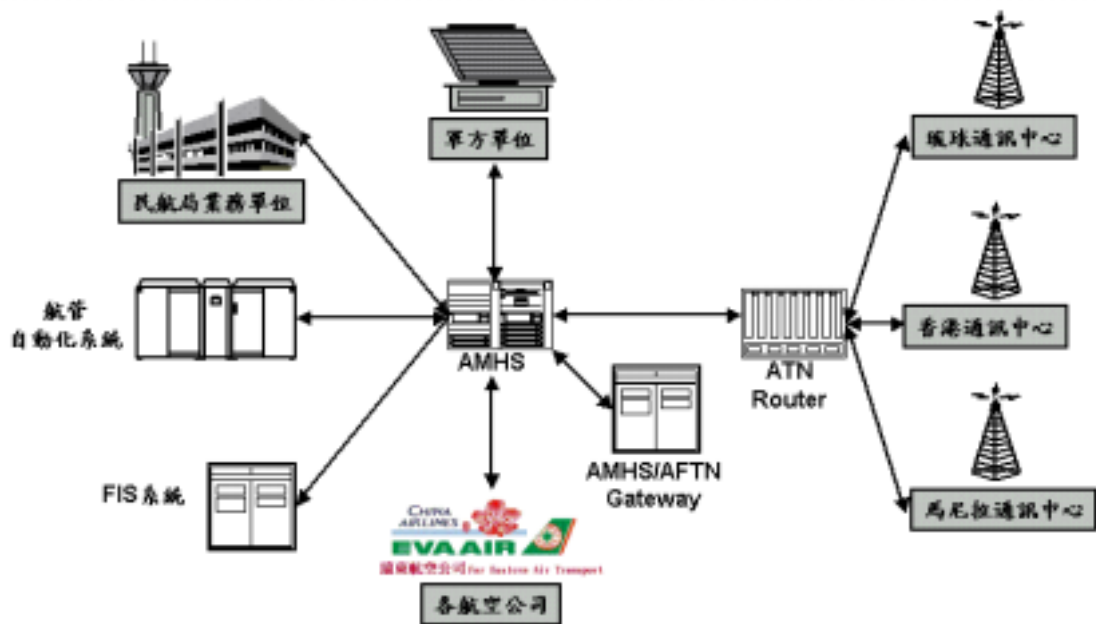


圖 2-50：跨區通訊 ATN 網路架構

2.3.4.2 飛航資訊服務資料通訊-IP 網路

ATN 網路 FIS 應用功能和現行飛航資訊服務所傳輸的訊息是屬於非時效性，且安全性要求較低，如：航空氣象資料、飛行情報公告、機場/跑道資料等。所以從經濟因素來看，建議以現有之 IP 網路來取代現有點對點直接連接的通訊線路，以降低作業及維護成本。

FIS IP 網路主要是取代現有的台北飛航情報區內部的航空固定通訊網路 (AFTN)、以及氣象及飛航情報諮詢系統(WFIS)通訊網路，而其建置可分為下列幾項工作：

1. 使用民航局自有 IP 網路或公共 IP 網路的通訊線路，建立連接台北飛航情報區所有民航局所屬業務單位的 IP 通訊網路，並在網路上建置 VPN(Virtual Private Network)的機制，以確保通訊安全。
2. 將此民航局內部的 IP 網路連接 AMHS 主機及 AMHS/AFTN Gateway，並將所有民航局內部 FIS 資料處理主機和資料輸入/輸出工作站，連接到此 IP 網路上。
3. 使用公共 IP 網路的通訊線路，建立連接台北飛航情報區所有使用或提供 FIS 資料的民航局外部單位的 IP 通訊網路，如：航空公司、軍方單位、氣象單位等，並依據傳輸資料的重要性，在網路上建置 VPN 的機

制，以確保通訊安全。

4. 將此民航局外部的公共 IP 網路連接 FIS 資料處理主機，並將所有民航局外部 FIS 資料輸入/輸出工作站，連接到此公共 IP 網路上。
5. 若仍有民航局所屬業務單位或其他外部單位使用 ATFN，則利用 AMHS/AFTN Gateway 與本 IP 網路相連接。

飛航資訊服務資料通訊 IP 網路架構，請參閱圖 2-51。

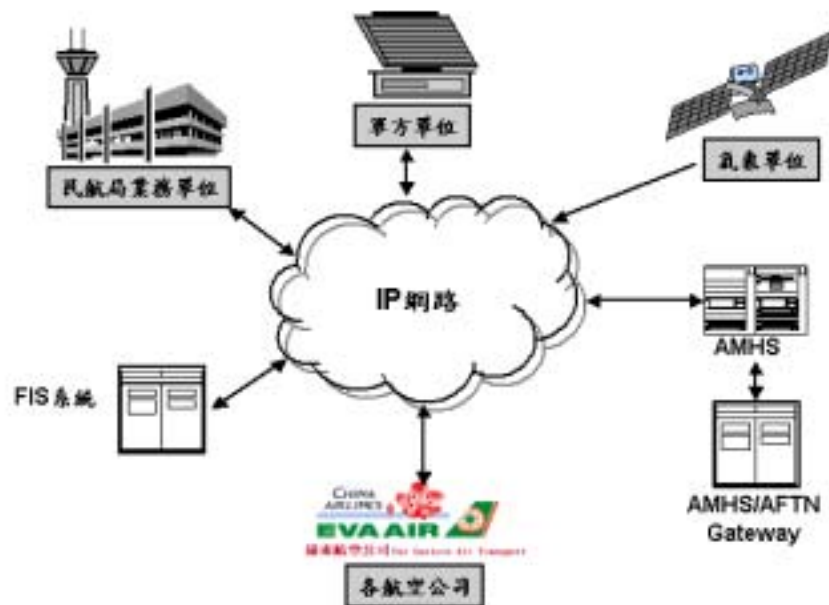


圖 2-51：飛航資訊服務資料通訊 IP 網路架構

2.3.4.3 飛航管制服務資料通訊-點對點網路

ATN 網路 ATC 應用功能和現行航管自動化系統(ATCAS)所傳輸的訊息是屬於時效性，且安全性要求較高，如：航管指令、飛航資料、航管雷達數據資料等，比較適合以點對點的通訊線路傳輸；同時飛航管制服務通訊網路的功能及架構需求和飛航管制系統的關係密切，所以建議保留現有的飛航管制服務通訊網路，繼續運作；未來配合新的飛航管理系統(ATM)的建置，再更新通訊網路。

此外，配合跨區 ATN 網路和 FIS IP 網路得建置，原連接自動轉報系統(AIMS)的現有飛航管制服務通訊網路必須改連接到 AMHS 和 AMHS/AFTN Gateway 系

統。

飛航管制服務資料通訊點對點網路架構，請參閱圖 2-52。

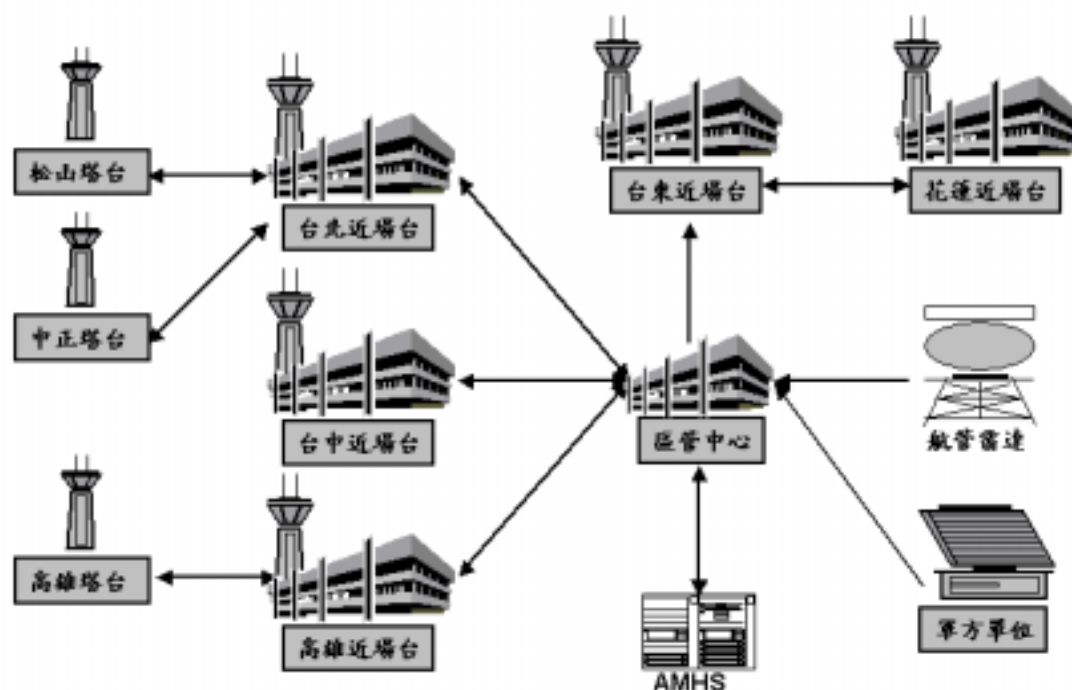


圖 2-52：飛航管制服務資料通訊點對點網路架構

2.3.4.4 陸空資料鏈路通訊網路-ATN 網路

台北飛航情報區之陸空資料鏈路通訊，分為陸空之間和地對地兩個部分。陸空之間是由航空通訊服務廠商(DSP)的通訊接收站，接收航機的訊息，再送到 DSP 的資料處理中心。地對地部分，則是 DSP 的資料處理中心將航機的訊息傳送到航管單位或航空公司，地面端也可以循同一通訊路徑，將訊息傳送給航機。

對陸空之間這一部份的通訊，DSP 已建構完整涵蓋台北飛航情報區的通訊接收站及通訊網路，充分滿足台北飛航情報區陸空通訊的需求，因此建議直接租用 DSP 的陸空通訊服務，不另行籌建陸空之間的通訊網路。

對地對地這一部份的通訊，DSP 的主要廠商中，SITA 的資料處理中心在新加坡，而 ARINC 在泰國，因此對台北飛航情報區而言，陸空資料鏈路通訊的地對地部分包括外部的跨區通訊及內部的飛航資訊服務通訊或飛航管制服務通訊。由於台北飛航情報區未來規劃跨區通訊採用 ATN 網路、飛航資訊服務採用 IP 網路、飛航管制服務採用點對點網路，所以建議直接整合運用上述三種網路，

以提供未來陸空資料鏈路通訊服務。

整體而言，未來陸空資料鏈路通訊網路的作業方式如下：

1. 航機下傳訊息。
2. DSP 通訊接收站接收訊息，並透過 DSP 自有的通訊網路，傳送到 DSP 的資料處理中心。
3. DSP 資料處理中心透過 ATN 網路將訊息傳送到台北飛航情報區 ATN Router。
4. 台北飛航情報區 ATN Router 根據訊息的種類，將訊息送入 IP 網路(FIS AMHS 訊息)或點對點網路(ATC 訊息)。
5. 地面端也可以循同一通訊路徑，將訊息傳送給航機。

陸空資料鏈路通訊網路 ATN 網路架構，請參閱圖 2-53。

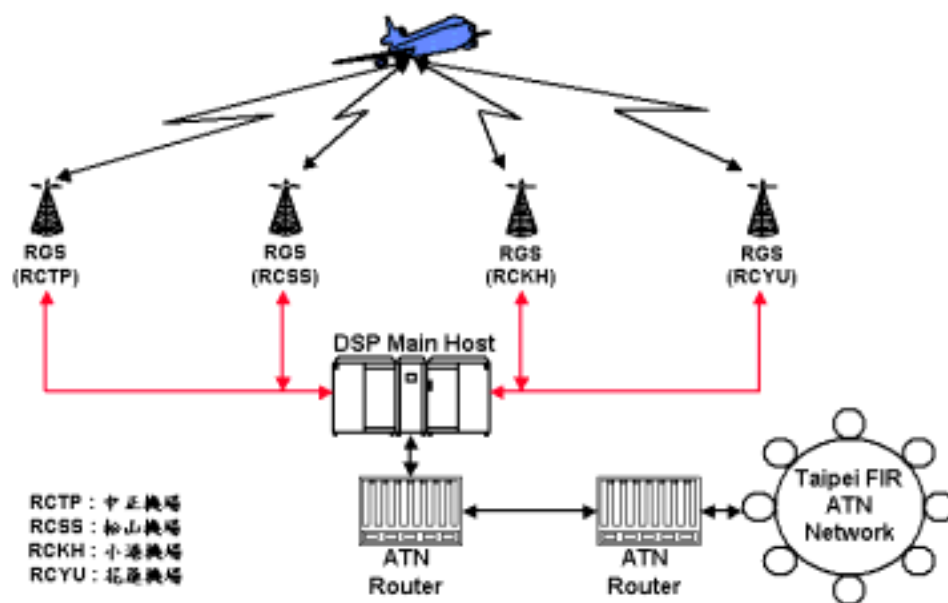


圖 2-53：陸空資料鏈路通訊網路 ATN 網路架構

2.3.4.5 ATN 網路應用功能

由於 ATN 網路應用功能除需運用各種航空通訊網路的通訊能力外，還需其他的資料處理能力，所以對 ATN 網路應用功能的建置應配合各網路和其他應用

系統的建立，逐步進行。對各 ATN 應用功能的建置，所需配合的網路及其他應用系統，可以分為下列幾項：

1. AMHS 應用功能：ATN 網路、AMHS/AFTN Gateway。
2. FIS 應用功能：IP 網路、FIS 應用系統。
3. CM、ADS、CPDLC、AIDC 應用功能：點對點網路、ATM 應用系統。

其中 FIS 的部分應用功能，如：D-ATIS、WFIS 等，可以使用 DSP 所提供之現有 ACARS 陸空資料鏈路通訊網路，或現有之 AFTN 通訊網路，直接建置，未來配合相關通訊網路的建置，再行更新。

2.3.4.6 語音通訊

由於台北飛航情報區已建立涵蓋全區的特高頻(VHF)數位語音交換系統，同時台北飛航情報區也沒有通訊頻率擁擠的問題，所以建議繼續使用目前的數位語音交換系統，並密切注意美國 FAA 所提出的 VDL Mode 3 及歐盟 EuroControl 所提出的 8.33KHz 頻寬，兩項語音通訊技術的發展狀況，再決定下一代語音通訊系統架構。

2.4 結論

總結通訊基礎建設之技術趨勢，會根據航機各飛航階段而有所不同，其主要趨勢，請參閱圖 2-54。

飛航階段	目前航空通訊系統	下一代航空通訊系統
越洋	•高頻語音通訊	•衛星語音/資料通訊 •高頻語音/資料通訊 •航空通信網路應用
航路	•特高頻語音通訊	•特高頻語音通訊 •特高頻數位鏈路通訊 •航空通信網路應用
終端		
起降		
機場地面		

圖 2-54: 通訊基礎建設之技術趨勢

總結台北飛航情報區通訊基礎建設建置策略包括下列各項：

1. 台北飛航情報區對外通訊網路採用 ATN 網路。
2. 台北飛航情報區內部通訊網路依據需求分別採用現有之 IP 通訊網路或點對點通訊網路。
3. 對各項應用功能，目前於現有之 ACARS 通訊網路上執行；未來則配合通訊網路及其後端處理系統的建置，逐步更新。
4. 語音通訊維持現狀，等待新的通訊技術成熟後，再行建置。

台北飛航情報區通訊基礎建設未來的架構，請參閱圖 2-55。

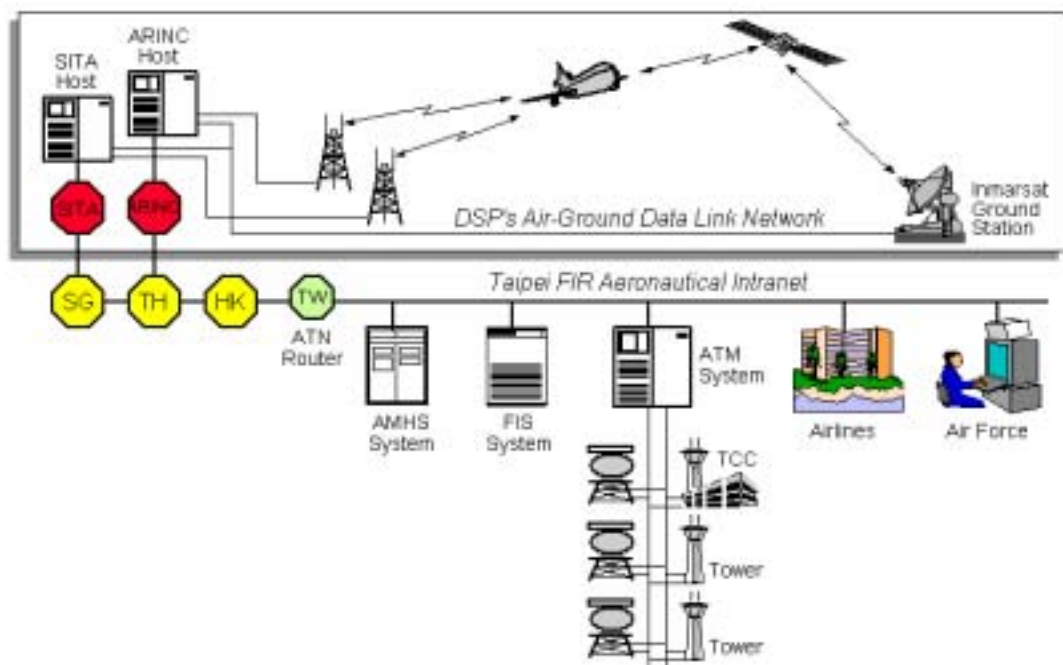


圖 2-55: 台北飛航情報區通訊基礎建設架構

2.5 參考文獻

- [2-1] ICAO : Standards and Recommended Practices (SARPs) for the Aeronautical Telecommunication Network(ATN) – 3rd Edition, 11/2001
- [2-2] FANS IS Ltd. : ATN 2001 Conference Tutorial – 09/2001
- [2-3] FANS IS Ltd. : ATN 2001 Conference Material – 09/2001
- [2-4] ICAO Asia and Pacific Office : Report of the Third ATN Transition Task Force Meeting – 03/2001

- [2-5] FAA : National Airspace System Architecture – Version 4, 01/1999
- [2-6] Mitre : CPDLC Web Page – <http://www.caasd.org/proj/cpdlc/index.html>
- [2-7] “Hong Kong, China’s Experience in ATN Trials”, ICAO Aeronautical Telecommunication Network(ATN) Seminar – 12/2001
- [2-8] EuroControl : EATMP Communication Strategy –Edition 3.0, 02/2001
- [2-9] EuroControl : Link2000 Master Plane – Edition 0.94, 06/2001
- [2-10] EuroControl : Link2000 Network Planning – Edition 1.0, 03/2001
- [2-11] EuroControl : Link2000 Operation Scope –Edition 1.1, 08/2000
- [2-12] 民航局飛航服務總台 WWW 網站 – <http://www.anws.gov.tw>
- [2-13] IPv6 Information Web Page – <http://www.ipv6.org>
- [2-14] ARINC 公司 WWW 網站 –
http://www.arinc.com/Products_Services/GLOBALink/hf.html
- [2-15] SITA 公司 WWW 網站 – <http://www.sita.int/solutions/aircraft/coverage.asp>
- [2-16] ARINC 公司 WWW 網站 –
http://www.arinc.com/Products_Services/GLOBALink/satcom.html
- [2-17] E.M.T.O.X, Specification of SITA Network Access for Exchange over X.25 SVCs, Ref. 100/LP-SN-063, Revision 8, 01/95
- [2-18] “Experience in ATN Implementation by Japan”, 5th Meeting of CNS/MET Sub-Group of APANPIRG, Bangkok, Thailand, 07/2001