目　　錄

第一章 CNS/ATM 概述 1-1

1.1 前言 1-1

1.2 CNS/ATM 發展簡介與航空業者需求 1-2

1.3 CNS/ATM 國際發展情形 1-4

1.4 我國 CNS/ATM 系統建置現況 1-8

1.5 研究方法 1-12

1.6 CNS/ATM 焦點小組的經濟分析模式參考 1-13

1.7 參考資料 1-17

圖 目 錄

圖 1-1: 機載航電設備示意圖 1-6
圖 1-2: 航空通訊系統建置子計畫工作項目及時程 1-9
圖 1-3: 全球衛星導航系統(GNSS)建置子計畫工作項目及時程 1-9
圖 1-4a:飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(I) 1-10
圖 1-4b:飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(II) 1-10
圖 1-4c: 飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(III) 1-11
圖 1-5 : C/AFT 使用的分析模式 1-15
圖 1-6: 定量分析模式 1-15
圖 1-7: 將效益轉換成實際收入 1-16
圖 1-8: 經濟模式分析之輸出 1-16

表 目 錄

表 1-1: CNS/ATM 系統轉換時程..... 1-3

表 1-2: 傳統系統與 CNS/ATM 之比較..... 1-5

表 1-3: 「台北飛航情報區 CNS/ATM 發展建置計畫」經費分配..... 1-11

第一章 CNS/ATM 概述

1.1 前言

1980 年代初期，民航界鑑於傳統通訊、導航、監視及航空交通管理系統(Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management—CNS/ATM)需予改善以克服各種限制及缺失，同時能因應未來需求，乃由國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)成立未來航空導航系統(Future Air Navigation Systems, FANS)特別委員會，研究新觀念和技術，提出建議，克服航空環境現況及可預見的困難，同時，將民航事業帶入二十一世紀。

FANS 委員會經廣泛研究，於 1988 年做出結論，認為現有系統受先天限制，無法提升航空交通管理效益，更無法解決國際間航空的種種問題，必須以全新觀念，採用全新的 CNS 技術，支援航空交通管理(ATM)，方可在具備全球成本效益的條件下，解決目前所遭遇之困難且能符合未來的需求。此概念於 1991 年在 ICAO 第十屆航空導航會議上獲得會員贊同，會議上同時建議 ICAO 擬定全球合作計畫，並經由各區規劃及實施新一代的 CNS/ATM 系統。

同年，第 27 屆亞太地區民航年會在北京舉行，會議上討論 ICAO 新一代 CNS/ATM 系統，在無異議情況下，該會議接受此一系統，並請各國立即著手規劃準備。

首次的亞太區域航行規劃與執行小組(Asia Pacific Air Navigation Planning and Implementation Regional Group, APANPIRG)會議建議亞太地區各國應由專家組成工作小組，規劃並實施新一代 CNS/ATM 系統，其工作原則如下：

1. 觀察、檢討、確認 ICAO 全球過渡期計畫發展過程中的缺失與困難，尤其以涉及亞太地區的項目為重點。
2. 開發亞太地區實施計畫，此計畫必須符合即時、有效、有序，且協合等條件。

ICAO 推動的新一代 CNS/ATM 系統，計劃於公元 2016 年完成，目前除歐、美等先進國家外，亞太地區，如：紐、澳、星、日、香港、泰國，甚至中國大陸已完成初步規劃，分階段逐步實施中。新一代 CNS/ATM 系統可提供更安全及更高品質的飛航管制服務，並在南、北太平洋及大西洋規劃出新的 CNS 航路，將縮短航程，紓解航路壅塞，國際各航空公司亦紛紛改裝其機隊之 FANS 機載裝

備，俾利用新航路減少航程、降低營運成本。採用 CNS/ATM 系統已是二十一世紀衛星導航及航空管理必然的趨勢，而歐、美、亞太地區各國均已著手規劃甚至實施，我國亦應立即推動規劃配合實施，以改善台北飛航情報區的飛航服務及經濟效益。

1.2 CNS/ATM 發展簡介與航空業者需求

CNS/ATM 是民用航空的通訊、導航、監視及航空交通管理系統簡稱，涵蓋所有空中、地面，包括飛機及管制單位的軟、硬體設施及操作程序、標準、規範，並因各國環境不同，又有區域性及國際性之分。

自 1927 年林白成功飛越大西洋後，助、導航設施才開始漸漸進行改善，也逐漸有了目視飛行相關規定，1926-1938 年美國航空商業法(Air Commerce Act)制訂駕駛員、修護人員的證照制度，1938-1958 年美國民用航空法(Civil Aeronautics Act)建立民用航空之航路及失事調查暨修護的管制，1958-1966 年依據聯邦航空法逐漸建立了聯邦航空總署(FAA)。於此期間世界各國亦自行發展個別的規定與標準，同時在二次世界大戰後，有鑑於國際航空往來之日益增加，管理上有很大困難，乃由聯合國成立了國際民航組織來加以統一規範。

國際航空事業隨工業、商業、旅遊、科技快速發展，原有設施、規範等漸不符需求，1983 年 ICAO 為解決日益嚴重的飛航管制、通訊不良、航路壅塞等問題，成立 FANS 特別委員會，負責研究、鑑定和評估航管領域中的新概念和新技術，以便對未來 25 年國際民航飛航管制提出建議。第一階段的工作於 1988 年 5 月完成，並提出報告(Doc 9524,FANS/4)以闡釋新一代以衛星科技為基礎的通訊、導航、監視/航空交通管理(CNS/ATM)系統的總體概念。

接著，ICAO 又臨時委託當時的 FANS 委員會，負責對監督、協調在執行方法、以及轉換計畫等各項工作的進行方式提出建議，使新的 CNS/ATM 在實行的過程中免於浪費，並且平衡不同區域之間發展。在 1989 年 7 月，ICAO 又成立了一個新的特別委員會，以監督、協調 CNS/ATM 的發展，並且擬訂 CNS/ATM 的過渡計畫(Transition Planning)。這個新的特別委員會也就是通稱的 FANS-Phase II，同時在 1993 年 10 月成功地完成其任務，在這段期間內，第十屆航空導航會議(ANC)於 1991 年 9 月在加拿大的蒙特婁(Montreal)舉行，會議的主要目的是替

FANS 特別委員會發展出來的 CNS/ATM 架構背書(Endorse)，從此以後，CNS/ATM 正式成為未來航管架構的代名詞。

為使 CNS/ATM 的理想順利達成，ICAO 也在 1994 年 5 月建立了 CNS/ATM 系統執行工作小組(CASITAF)，這個機構的任務是建議 ICAO 會議如何去協助各國政府有效率地完成 CNS/ATM 系統，以支援未來全球性的航空交通管理系統。

根據 ICAO 的規劃，CNS/ATM 的實施時程是以 2016 年為目標年，在此之前是一連串從傳統系統轉換至新系統的時程，其預期的轉換計畫時程如表 1-1 所示。

表 1-1：CNS/ATM 系統轉換時程

1993-1995	發展新一代 CNS/ATM 技術，進行實驗，並進行正式運作之前的系統展示。
1995-2000	本階段與前述階段平行，也就是逐漸地實施、使用 CNS/ATM 的某些系統；此階段將會有某些民航機以及航管單位使用 CNS/ATM 系統，以作為傳統系統的備用系統(Back-up)。
2000-2005	全新的CNS/ATM系統將與傳統的系統平行運作，如此一來配備全新機載裝備的民航機就能夠使用CNS/ATM，以便從中獲得效益。
2005-2016	在新一代 CNS/ATM 架構中，所有不必要的地面航管設施或裝備將逐漸淘汰。
2016	新一代 CNS/ATM 系統將成為國際間所採用的唯一標準系統(Sole systems)。

綜合言之，CNS/ATM 的發展主要就是要解決航空產業在飛航作業方面所面臨的問題，然而飛航作業中三個主要角色：航空公司、航機駕駛員和航管單位，卻有各自的作業目標，且這些作業目標並不完全一致。對三者而言，飛航作業目標分別是：

1. 航空公司：安全、經濟的執行飛航班表。
2. 航機駕駛員：安全、經濟的執行飛行。
3. 航管單位：安全、效率的執行飛航管制。

所以航空公司重視的是航班的準時起降、駕駛員希望能自由的飛行、而航管單位則是要求空中交通的秩序，而 CNS/ATM 就是藉助於新的以衛星為基礎的技

術，來儘可能滿足上述航空產業在飛航作業方面各種互相衝突的目標。

關於台北飛航情報區(TAIPEI Flight Information Region, TAIPEI FIR) CNS/ATM 的建置，民航業者考量本身的需求、經濟效益、和台北飛航情報區內助導航設施的現況，提出下列需求：

1. 通訊數據化是必然的趨勢，而且是 CNS/ATM 的基礎，建議通訊方面應加速進行。
2. 導航設施更新，對以國際航線為主的航空業者來說並不迫切，且是否可以利用週邊的資源仍有很大的機會，故在執行面應不迫切。
3. 導航設施更新，以國內航線為主的航空業者則認為，除了中正、松山、小港機場外，本島其他機場和外島機場的導航設施，仍有很大的改善空間。過去限於導航技術和地理環境無法進行的改善工作，希望在新一代 CNS/ATM 的環境下，得以加速進行。
4. 業者本身的飛航業務(Aeronautical Operational Control, AOC)系統的建置已刻不容緩，對航機在台北飛航情報區的動態及其他航管的相關資訊希望能早日加以整合並提供業者使用。
5. 運用數據化通訊技術，加強航空氣象資料的發布和更新。
6. 希望遵循 ICAO 的標準，逐步加強 ATM 系統功能。

1.3 CNS/ATM 國際發展情形

國際民航組織完成新一代系統發展方向，以衛星科技為基礎之先進數據通訊、衛星導航與監視及資訊處理技術，提供陸空雙向精確位置、即時氣象及其他必要數據；航機可藉此彈性選擇較佳航路，縮短航程與時間，降低操作成本，航管單位可降低航機隔離，紓解航路壅塞情況，並藉自動化航路管理系統提高服務能量與水準，同時降低工作人員負荷，加強飛行安全管理。未來空中導航系統(FANS)的架構已然成為下一代航管系統的標準。及至目前為止，FANS 已改稱為 CNS/ATM(Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management)，因為當初所謂的“未來系統”，如今已是必須積極實現的“現階段系統”。

此後，美、日、紐、澳、英、法等國的民航管理單位、航空公司、飛機製造商、航電系統製造商、資訊及通訊研發機構與服務商，共同研擬新一代系統操作

所需各種設備、作業程序與規範。

傳統系統與 CNS/ATM 之比較，請參閱表 1-2。

表 1-2：傳統系統與 CNS/ATM 之比較

	傳統		CNS/ATM	
	Oceanic/En-route	Terminal	Oceanic/En-route	Terminal
通訊	● VHF Voice ● HF Voice	● VHF Voice	● VHF Voice/Data ● HF Voice/Data ● SatCom Voice/Data	● VHF Voice/Data
導航	● Omega/Loran C ● NDB ● VOR/DME ● Barometic altimeter ● INS/IRS	● NDB ● VOR/DME ● ILS ● Barometic altimeter ● INS/IRS	● GNSS ● RNAV/RNP ● Barometic altimeter ● INS/IRS	● GNSS ● RNAV/RNP ● GLS ● INS/IRS
監視	● PSR/SSR Mode A/C ● Position report	● PSR/SSR Mode A/C	● ADS ● SSR Mode A/C or Mode S	● ADS ● SSR Mode A/C or Mode S
空中交通管理	● Flight plan/Radar control ● Automation for separation assurance		● Flight plan/Radar/ADS integrated control ● FMS/ATM integration ● ATFM ● ASM	

波音公司、相關航電製造商，以及聯合、澳航等航空公司在 747-400 型飛機上共同開發，利用美國國防部布署的 GPS 衛星訊號取得飛機精確位置，藉通訊衛星(Inmarsat)或 VHF 的 ACARS DATA LINK 將位置報告給航管單位，航管單位計算安全隔離後，再藉 DATA LINK 將管制訊息傳給航機，此作業方式稱為 CPDLC - Controller Pilot Data Link Communications 及 ADS -Automatic Dependant Surveillance，連同新增機載航電硬、軟體系統等，稱為 FANS-1 PACKAGE，並分別在南、北太平洋及北大西洋進行測試。

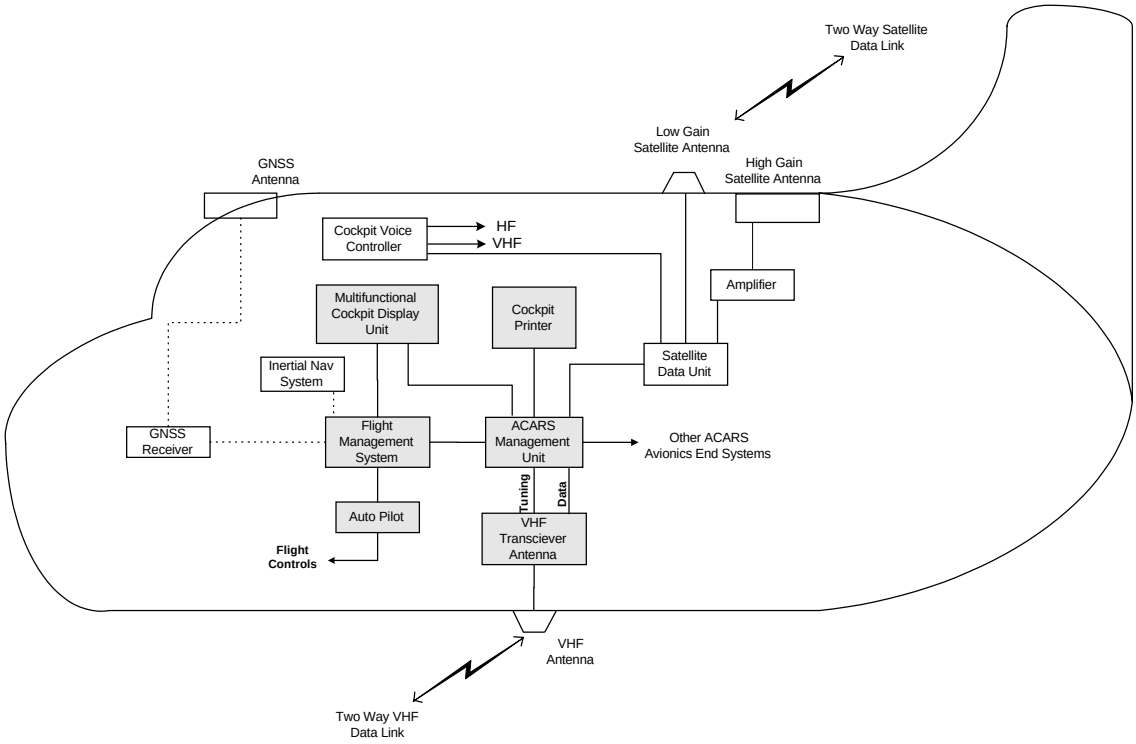
紐西蘭 Auckland、美國 Oakland、大溪地三航管單位完成地面航管的 FANS-1 系統，提供裝配 FANS-1 系統的航空器 CNS 航路，以 CPDLC 及 ADS 取代傳統語音通訊及管制，FANS-1 航空器上(B747-400)，除原有標準裝備外，必須配備 SATCOM、GPS，及更換 ACARS、FMS 及其他航電設備軟體及配線，俾取得精確位置座標，並與地面管制單位藉數據鏈路交換資訊。

航空器方面 1994 年完成波音 747-400 機型 FANS-1 操作測試及作業規範，

1996 年完成驗證及波音 777、767、757 作業需求規格，南太平洋操作手冊等等，其他飛機製造公司亦正積極開發各不同機型所需系統。

至於管制單位方面，必須提高數據通訊能量，接收航機數據資訊加以處理和顯示，利用數據通訊，使飛機由起飛至落地均能由自動化系統管理。

至於空中端方面，飛機藉由機載的 ACARS 管理單元（MU，Management Unit），當作資料鏈路訊息的路由器，可以用來與其他系統建立 ACARS 資料鏈路通訊連結。同時藉由衛星定位系統以獲得本身確實的位置，當飛機被要求做位置回報時，ACARS 管理單元可以使用標準航機資料做回報，如：「目前位置」，以方便地面管制單位進行監視（surveillance）或做飛航管理（ATM，Air Traffic Management）。機載航電設備狀況，請參考圖 1-1。



資料來源：RockWell Collins Hermes 功能規格書

圖 1-1：機載航電設備示意圖

由於各國對於 CNS/ATM 的需求差異甚大，因此除了美、加、日等先進國家之外，澳、紐、中國大陸等國因為國土面積廣泛、地面助導航設施不足，因此在 CNS/ATM 的發展上相當積極，而台北飛航情報區因飛航助導航及航管系統可滿足大部分需求，以及其特殊之地理環境，對於 CNS/ATM 的需求迫切程度不若上述國家，然而若要建設成為亞太空運中心，仍需積極在台北飛航情報區建立

CNS/ATM 環境。

近年來歐美及亞太各國不僅積極進行各項 CNS/ATM 的測試，更成立 CNS/ATM 規畫專責單位，加速更新其原有助導航設備及航管自動化系統，以循序漸進的方式來建構以衛星為中心之通訊、導航、監視、以及飛航管理系統，並配合新系統而開始擬定相關飛航作業程序、航管訓練計畫、適航認證等事宜，以累積 CNS/ATM 之實施經驗，發展出適合該國地理環境之 CNS/ATM 系統及有效提高終端空域之使用率，並增進機場起降容量，提高飛航安全及航空服務品質，有效提升機場及航空公司之整體經濟效益。

過去數年間，諸如：美國、澳洲、紐西蘭、日本、新加坡、甚至中國大陸等，已先後完成通訊、導航相關系統的研發，並有上線作業之實例。以下針對鄰近國家或地區 CNS/ATM 系統建置現況作一簡單說明：

1. 日本：

   全面發展、建置 CNS/ATM 系統，目前已完成 ADS/CPDLC 系統建置及運作，正進行 ATN、MSAS、LAAS 等系統研發及測試，並進行 MTSAT 導航衛星的發射準備工作。

2. 香港：

   已成立專責機構負責 CNS/ATM 系統推動計畫，計畫期程為 1999 年至 2016 年。目前已完成 D-ATIS 系統建置及運作，正進行 Datalink 及 ATN 網路各項應用系統之測試。

3. 菲律賓：

   已由日本國際合作署(Japan International Cooperation Agency, JICA)協助完成 CNS/ATM 系統發展主計畫，計畫期程為 1998 年至 2010 年。

4. 中國大陸：

   已成立專責機構負責 CNS/ATM 系統推動計畫。目前已完成 L-888 FANS 航路規劃及運作，正進行跨極大圓航路規劃、GPS 衛星 RNP 分析、LAAS 及 HF Datalink 等系統研發及測試。

國際航空界為因應現用的通訊、導航及監視系統所面臨的一些棘手問題，研究出一個全新的空中衛星導航系統，利用最新的衛星及電腦科技來改進傳統方式之功能，以達到全球化、數位化及自動化的目標，如今 CNS/ATM 之觀念已經成熟，國際民航組織亦大力推動並開列執行時間表要求世界各國配合。綜觀台北飛

航情報區實施 CNS/ATM，除了作為建立亞太空運中心之基礎以外，更可提供許多經濟及社會效益，包括：提昇空域容量以滿足空運成長需求、提昇飛航效率以節省航空公司成本、提昇飛航安全與品質以滿足旅客需求，以及提昇作業效率並減輕管制員工作負荷等...。由於 CNS/ATM 屬於國際化之飛航作為，除了它所提供之直接經濟、社會效益外，對未來所持續提供安全、有序且迅速之飛航服務，無庸置疑地，未來將扮演極重要的角色，是故，全面配合國際航空界之腳步，鞏固台北飛航情報區在國際航空界之地位，已經刻不容緩。

1.4 我國 CNS/ATM 系統建置現況

我國台北飛航情報區位居亞太空中航路之樞紐，在面對未來全球性飛航管制的變革的環境，衡諸當前亞太地區各國皆已配置大量人力，積極規劃建置相關系統，將使我國國際機場航空業務面臨嚴苛之挑戰。同時，政府目前極力籌劃台灣成為亞太空運轉運中心，若不能提供國際航機先進服務，協助航空公司降低營運成本，解決日趨飽和的機場容量及高密度之空域使用，台北飛航情報區將降低與臨近國家爭取國際航空公司飛航台北飛航情報區及爭取在本國建立轉運中心之能力。為提昇國內航空業務之競爭力，確有必要儘速開始推動台北飛航情報區 CNS/ATM 計畫。

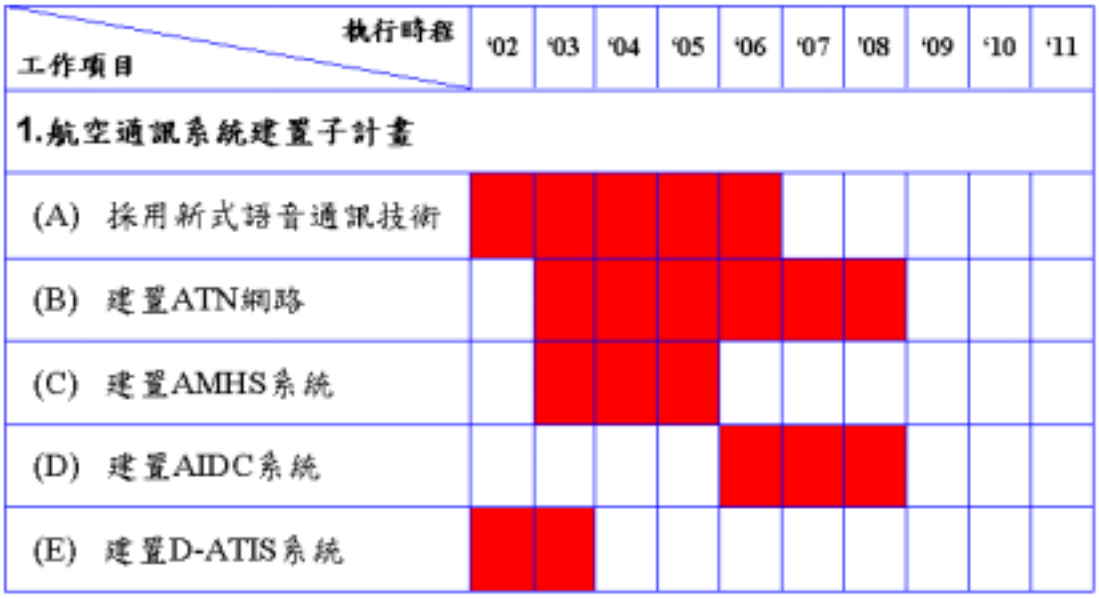
為因應此國際潮流及擬定台北飛航情報區 CNS/ATM 發展藍圖，民航局於民國八十八年六月完成「CNS/ATM 發展主計畫規劃專案」，提出台北飛航情報區 (Taipei FIR) CNS/ATM 發展主計畫書，做為民航局未來 2000 年至 2010 年執行 CNS/ATM 系統的方針，以實現 ICAO 之 CNS/ATM 概念並促進台北飛航情報區飛航服務之現代化，來確保新一代 CNS/ATM 的實現與新舊系統成功的過渡移轉。民航局現將繼續於民國九十一年至民國一百年推動「台北飛航情報區 CNS/ATM 發展建置計畫」，以確保台北飛航情報區新一代 CNS/ATM 系統的順利建置，並確立我國於亞太地區航空業務及運輸的地位。

民航局正在進行之「台北飛航情報區 CNS/ATM 發展建置計畫」分為：

1. 航空通訊系統建置子計畫。
2. 全球衛星導航系統(GNSS)建置子計畫。
3. 飛航管理系統(ATM)建置子計畫。

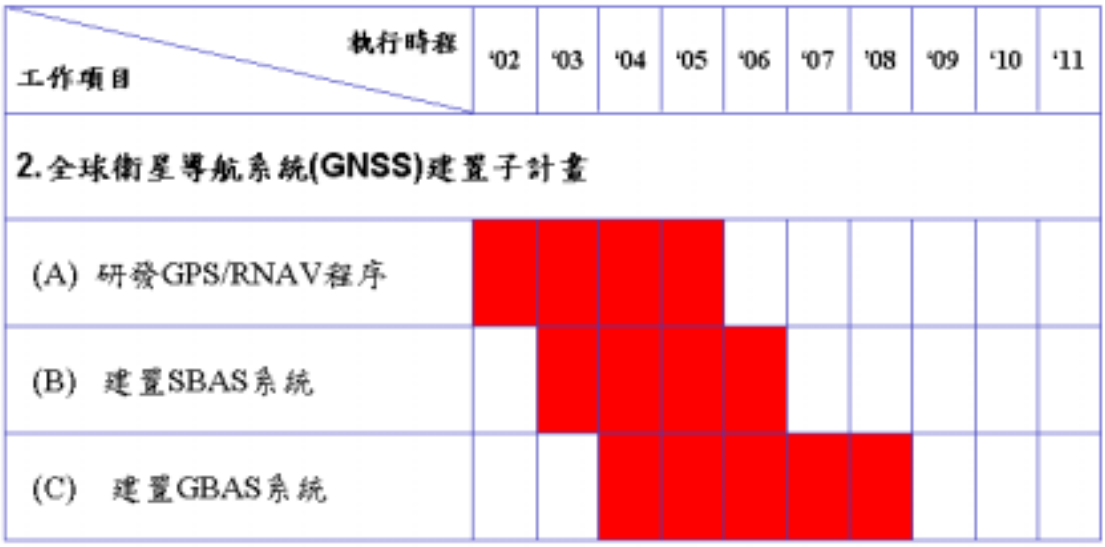
其中，「監視」部分僅計畫建置「自動回報監視(ADS)系統」，列於「飛航管理系統(ATM)建置子計畫」之下，不另分立子計畫。

各子項計畫之細部工作項目及時程，請參閱圖 1-2 ~ 1-4。其中航空專有名詞，將於後續章節陸續說明，並可查閱附件二：「航空相關名詞解釋」。



資料來源：[1-1]

圖 1-2： 航空通訊系統建置子計畫工作項目及時程



資料來源：[1-1]

圖 1-3 :全球衛星導航系統(GNSS)建置子計畫工作項目及時程

工作項目 \ 執行時程	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11
3.飛航管理系統(ATM)建置子計畫										
(I) 整併及建構航管作業中心										
(A) 北部航管作業中心										
(B) 南部航管作業中心										
(C) 東部航管作業中心										
(D) 人員訓練										
(E) 系統移轉										

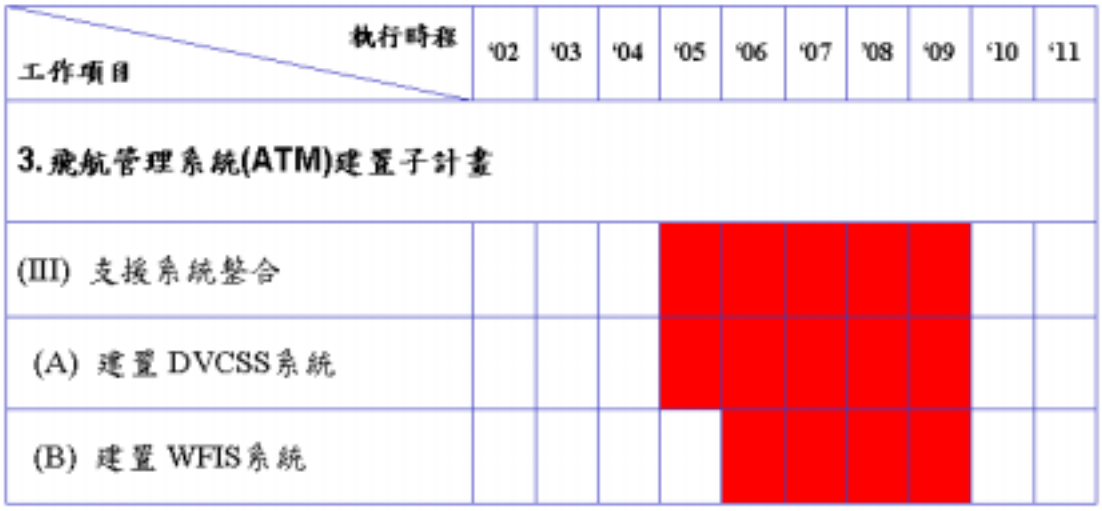
資料來源：[1-1]

圖 1-4a :飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(I)

工作項目 \ 執行時程	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11
3.飛航管理系統(ATM)建置子計畫										
(II) ATM 主要功能建置										
(A) 建置先進航管自動化系統										
(B) 建置CPDLC系統										
(C) 建置ADS系統										
(D) 建置PDC系統										
(E) 建置ATFM系統										

資料來源：[1-1]

圖 1-4b :飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(II)



資料來源：[1-1]

圖 1-4c :飛航管理系統(ATM)建置子計畫工作項目及時程-分項(III)

全程計畫經費概估約新台幣五十一億餘元。計畫經費分配情形，請參閱表 1-3。

表 1-3: 「台北飛航情報區 CNS/ATM 發展建置計畫」經費分配

工 作 項 目	經費(新台幣百萬元)
系統建置	4,132.00-
聘用人員	40.77-
計畫顧問	815.76-
人員訓練	61.93-
國際會議	91.40-
國外觀摩	7.35-
總　　計	5,149.21-

資料來源：[1-1]

1.5 研究方法

本研究主要工作分為下列兩項：

1. 國際航空交通基礎建設趨勢之分析。
2. 國內航空交通基礎建設建置策略之研究。

本研究主要採用的研究方法是以定性分析為主，其中針對國際民航組織 ICAO 完成簽署之 CNS/ATM 協調計畫的基礎建設進行資料收集及分析，以瞭解其發展趨勢；同時蒐集先進國家進行中的大型 CNS/ATM 計畫並深入研究，以獲得其系統更新、建置、維護、作業的資料；再研究鄰近國家及飛航情報區的 CNS/ATM 系統發展現況與計畫，以作為我國未來籌設 CNS/ATM 系統建置的參考，並期與鄰區提供一致性的 CNS/ATM 基礎建設，以調和區域性發展趨勢的同步飛航服務。

綜合上述研究方法，本計畫的進行步驟詳細說明如下：

1. 航空 CNS/ATM 基礎建設資料蒐集：

   本項步驟重點在進行 CNS/ATM 相關之資料收集，主要包括：國內外市場資料、作業需求、系統架構、系統功能、CNS/ATM 相關標準和技術規格、及未來發展趨勢等。

2. 航空 CNS/ATM 基礎建設技術及趨勢分析：

   本項步驟重點在 CNS/ATM 技術及趨勢的全面性評估，其涵蓋的項目包括：CNS/ATM 關鍵技術之研究、CNS/ATM 系統架構/功能之研究、CNS/ATM 作業需求之研究。

3. 國內航空交通基礎建設建置策略建議與評估：

   本項步驟重點在國內航空交通基礎建設建置策略的全面性評估，其涵蓋的項目包括：國內航空交通基礎建設軟硬體設施之配合要件及其經濟效益之研究、國內航空交通基礎建設之相關作業環境、作業方式之研究。

由於本計畫主要工作為技術趨勢評估與系統建置策略研究，因此在研究方法上，將以定性分析為主，針對 CNS/ATM 各項基礎建設的內容、功能及其架構進行分析、研究；而對各項基礎建設的性能、範圍等量化特性，除非特別需要，將僅作基本的說明。

除上述的進行步驟外，由於 CNS/ATM 系統不論現在或可見的未來，都將是以“人”為中心的自動化系統；同時各國國情不同、空域環境不同，對 CNS/ATM 系統的需求也不盡相同，所以彙集 CNS/ATM 系統在實際作業時的資訊，以及了解使用者對 CNS/ATM 系統的要求，也是本計畫重要工作之一。在系統建置策略研究方面，除了參酌相關技術國內外發展的現況和趨勢之外，對實際系統轉換作業的程序、作法和經驗，也加以考慮，以求得平順且有效率的系統轉換工作。最後所有資料都經過仔細的整理、分析與比較，以產生完整的研究成果報告。綜合而言，本計畫所採用之現有系統評估與未來系統規劃方式，已充份涵蓋系統評估與規劃的廣度和深度。

1.6 CNS/ATM 焦點小組的經濟分析模式參考

如同 1.5 節中所述，本計劃的研究方法以定性分析為主，針對 CNS/ATM 各項基礎建設的內容、功能及其架構進行分析、研究。任何單位，尤其是航空公司，若有興趣繼續針對 CNS/ATM 效益做進一步的定量分析，可參考 CNS/ATM 焦點小組（CNS/ATM Focused Team，C/AFT）所提出的經濟分析模式。

C/AFT 使用分析模式，請參考圖 1-5，以釐清投資回報（ROI，Return On Investment）[1-2]。此分析模式在做經濟分析時要對風險、成本、與效益以量化表示，請參考圖 1-6，以找出獲得效益的規則。當要將效益轉換成航空公司的實際收入時，可以依明確（可預測/不可預測的時間及油量的節省）和非明確（市場影響等）兩個方面來考慮，請參閱圖 1-7。在分析完畢之後，整個分析的輸出可以用關鍵經濟驅動力、現金流、替代方案比較表、以及對不確定性的敏感度等圖表來表示，請參閱圖 1-8[1-3]。

在 C/AFT 的分析模式中，請參考圖 1-5，要清楚了解投資回報便必須對成本（Cost）與效益（Benefit）進行評估，並了解影響之風險（Risk）。與效益直接相關的是「操作改進」（oprational enhancement）—亦即對空域容量（airspace capacity）以及空域使用效率（airspace efficiency）的改進。「操作改進」是根據操作內涵（operational context）對某個空域的操作假設（operational assumptions）為基礎，清楚指出：

1. 有哪些操作改變可以帶來直接效益（例如：提高終端區域航機進出量）

2. 整個系統的功能需求

3. 改變某個功能時，其對應的陸空實作需求

由於「操作改進」的改變也都有其對應的風險（operational change risk），因此在實作時會分幾個階段來進行，以便掌握成本與風險的不確定性。在不同的階段，系統會提供不同層次的服務（level of service），根據這些層次不同的服務，我們便可以評估不同的技術解決方案（Technical alternatives），並且估計其對應的成本（Cost）。

當 C/AFT 在做經濟分析模式（Economic Modeling）時，請參考圖 1-6，問題描述（problem statement）、解決方案（alternatives）、假設前提（assumptions）這三項是評估每個解決方案風險的考量因素，針對每個解決方案此經濟模式會進行：

1. 評估投資成本（investment cost）與運作成本（operation cost）的差異。

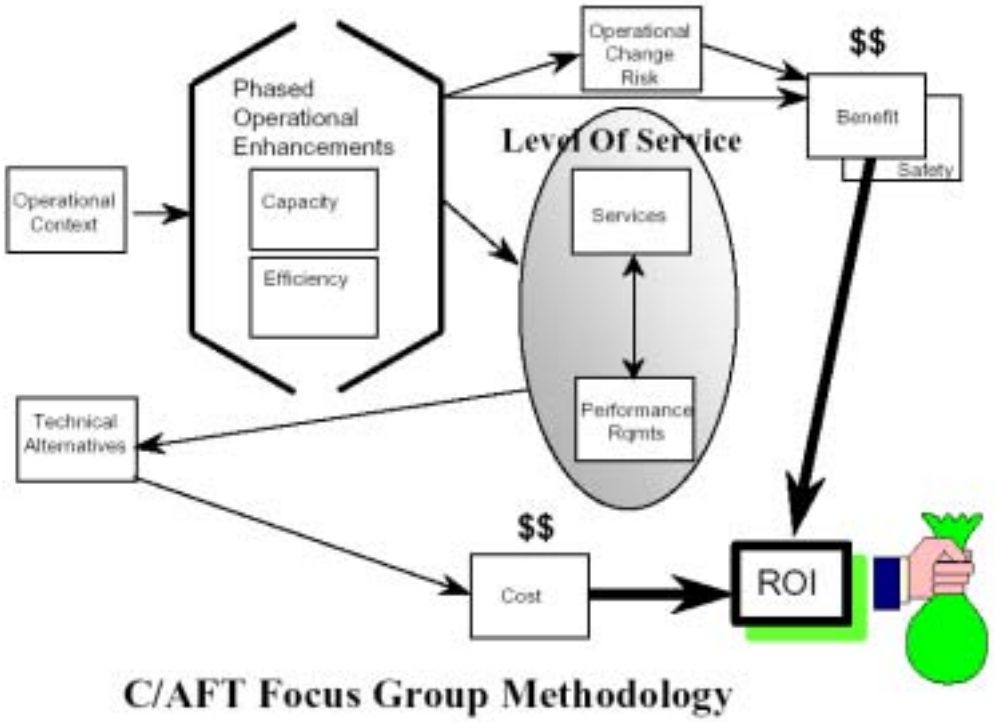
2. 將效益轉成獲利。

3. 找出效益模式的規則。

其中，投資成本包括了機載配備、航管程序制定、管制員工作站、VOR/DME 的退役等，而運作成本則包括航電設備的維護和資料鏈路使用費等等。

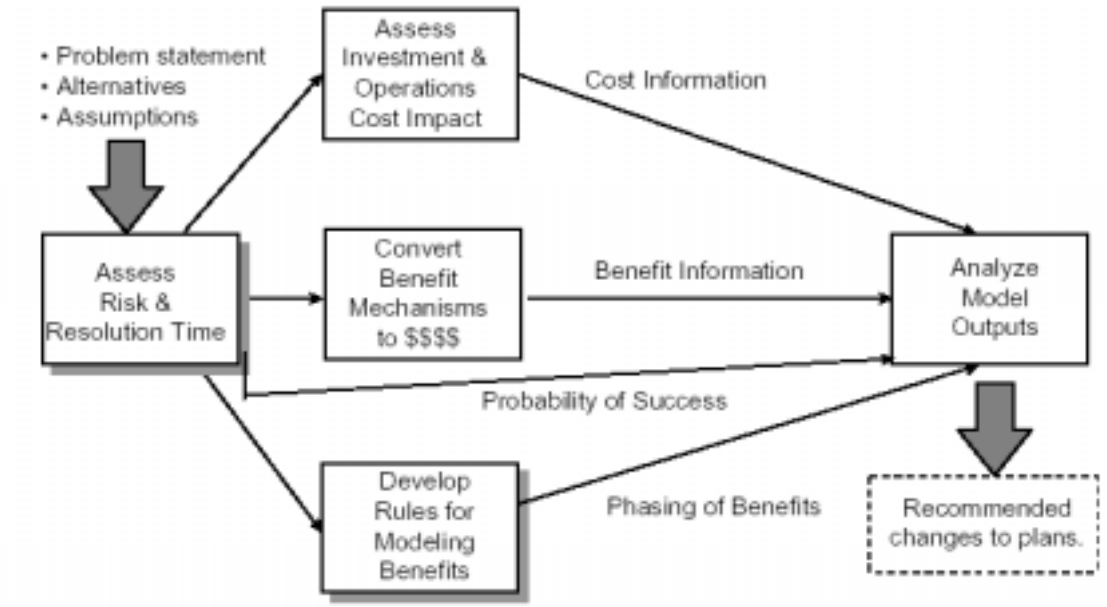
在將效益轉成獲利時，請參考圖 1-7，明確的方式包括了由省下的燃油重量計算出省下的金錢以及將此重量轉換成允許另外增加的載貨量，非明確的方式包括減少延遲以及提高客戶滿意度等等。

在 C/AFT 經濟分析模式的四個輸出中，請參考圖 1-8，關鍵經濟驅動力（key economic drivers）指出了每個不確定因素對最後結果的影響，每一行代表一項因素，根據這個圖表，分析師可以將大部分的時間放在降低關鍵因素的不確定性上；現金流（cash flow）圖表可以讓分析師了解何時效益會比成本重要；替代方案比較（alternatives comparison）表則是可以指出不同解決方案目前的淨效益（net present value），以方便分析師對不同解決方案做比較；不確定性敏感度（sensitivity to an uncertainty）圖表則可以指出不同解決方案其經濟效益的穩健性（economic robustness）。



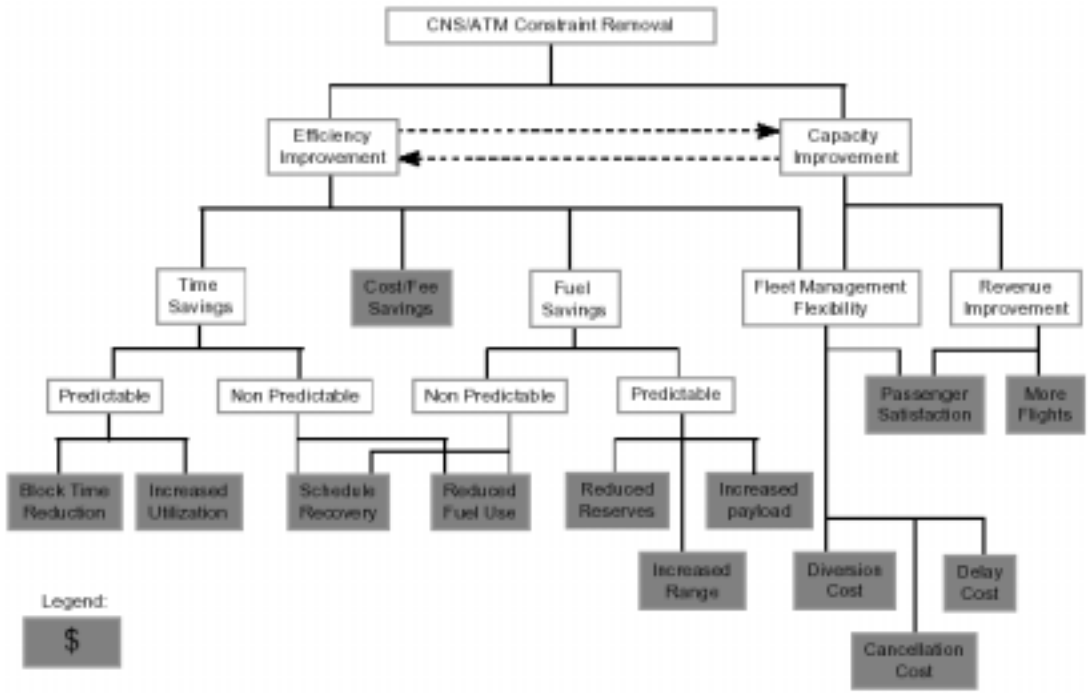
資料來源：[1-2]

圖 1-5：C/AFT 使用的分析模式



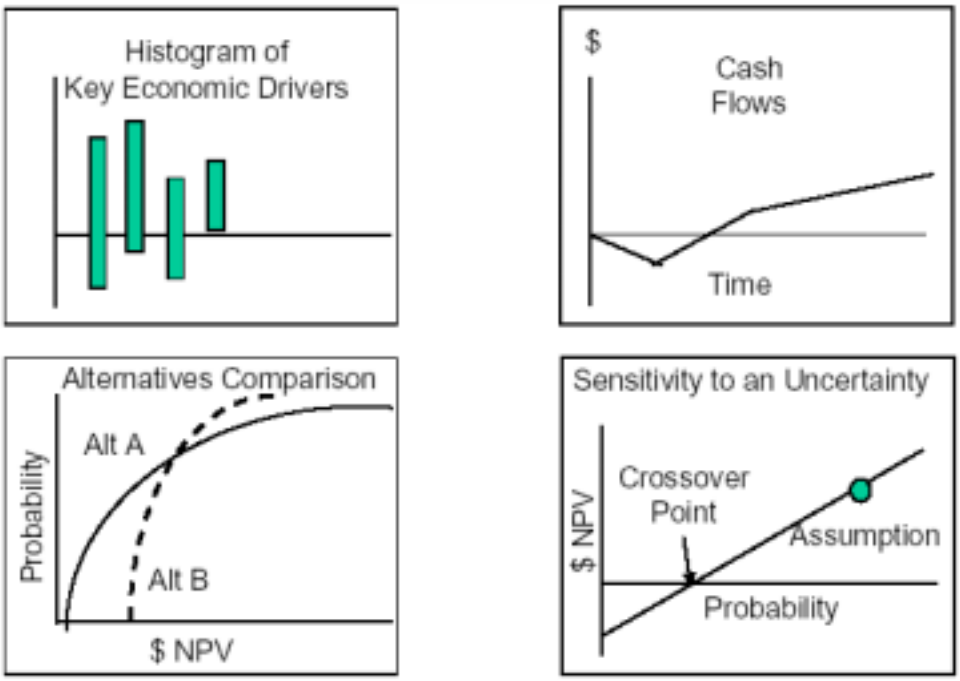
資料來源：[1-3]

圖 1-6 定量分析模式



資料來源：[1-3]

圖 1-7：將效益轉換成實際收入



資料來源：[1-3]

圖 1-8：經濟模式分析之輸出

1.7 參考資料

[1-1] Scott Chen, “Taipei FIR CNS/ATM Implementation Plan Overview”, The 7th CNS/ATM International Conference, April 2002.

[1-2] David L. Allen, “Economically-Driven CNS/ATM Enhancements,” CNS/ATM Airborne Projects, Boeing Commercial Airplane Group.

[1-3] David L. Allen Aslaug Haraldsdottir, Robert W. Lawler, Kathleen Pirotte, and Robert W. Schwab, “The Economic Evaluation of CNS/ATM Transition,” CNS/ATM Airborne Projects, Boeing Commercial Airplane Group.