

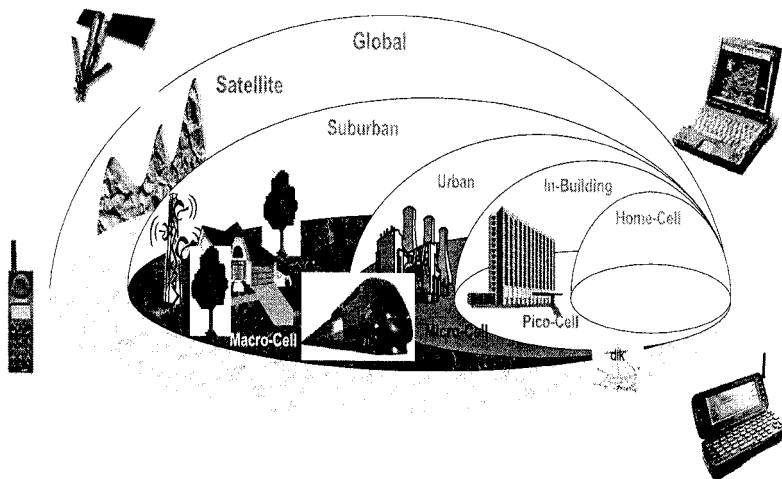
# 寬頻衛星通訊系統之運用與展望

◎林高洲

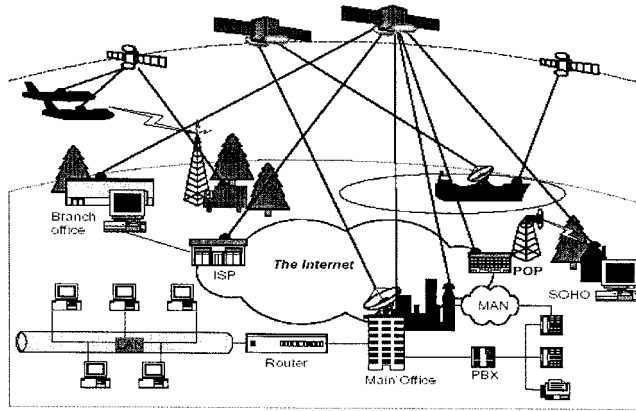
## 壹、前言

隨著無線通訊需求之蓬勃發展，社會多媒體訊息交流的急遽增加，通訊頻寬之需求與日俱增，尤其自進入二十一世紀全球資訊化的科技洪流後，巨大的個人多媒體通訊流量與全球無縫隙覆蓋需求，已注定無線寬帶通訊模式，其中包括各類衛星手段，將會扮演舉足輕重的角色並發揮無可取代作用。因此下世代(Next Generation)無線通訊技術之一重要課題即為『加強各種無線通信方式與系統之有效整合』，以達到全球無縫隙之覆蓋，提供高頻譜效率及系統容量，並滿足高彈性系統運作之需求，期能讓終端用戶在現有語音、數據傳輸服務之外，進一步獲得高速、多元之多媒體無線傳輸服務；有關下世代無線通訊網路架構示意如圖一所示。

為滿足無縫隙、高彈性運用需求，寬頻衛星通訊系統已日漸受到重視，並認為是達成通訊無死角、構連無縫隙及提昇系統容量、提高資訊傳輸速率和確保通訊品質之有效途徑；眾所皆知，衛星系統具有以下特徵與重要作用：獨具三度空間無縫隙覆蓋能力、獨特靈活性與普及服務能力、大區域的可機動性或可行動性通連、廣域網狀網路構連能力與廣域Internet交互連接能力、特有的廣域廣播與多點同時通連能力、對國際/區域/本地距離連接的不敏感性、對緊急救災及故障搶救的快速靈活與安全可靠方面的獨特能力等。基於衛星通訊技術所具有之獨特性及系統運用之成熟度考量，本文將說明寬頻衛星通訊之技術運用外，並將進一步說明有關寬頻衛星通訊技術之未來運用與發展趨勢，期能使讀者充分瞭解並掌握寬頻衛



圖一：下世代無線通訊網路整體架構示意圖



圖二：未來衛星通訊系統運用遠景示意圖

星通訊之重要性，進而對國內發展寬頻衛星通訊系統有所助益，有關未來衛星通訊系統運用遠景示意如圖二所示。

## 貳、衛星通訊系統簡介

自一九五七年蘇聯第一顆人造衛星發射成功，開啟了人類航空活動的新時代，40多年來衛星技術的發展迅速，已成為推動人類社會科技進步、經濟發展與國防建設的重要手段；這四十餘年來，全世界總共發射了大約4500顆人造衛星，其中90% 以上是美、蘇兩大強權所擁有。而在美、蘇兩國所發射衛星中，60% 以上是被用於軍事用途，20% 軍、民兩用衛星，而純粹民（商）用或科技研發的衛星約佔20%。其中通信衛星現已成為通訊多元化、全球化中不可或缺的一環，它可提供區域及國際間之電信、電報、電傳、傳真、數據傳輸和電視廣播等，目前更已成為達到無死角通連、超廣域通訊之主要運用手段。

衛星通訊主要係運用地表高空之衛星，作為無線電波收發之中繼轉播站，用以達成各地面站台間之通連目的

。一般說來，衛星通訊系統的基本架構包括了衛星及地面站台，如圖三所示，每個地面站台均倚靠衛星做為中繼站來傳送資訊；通常每個地面站台也包含一個有線網路，來分送所接收的資訊至各用戶端，或傳送各用戶的資訊至天線端發射；這個有線網路可為電話交換機或為數據網路。綜言之，運用衛星通訊可獲得下列優點：

- (1) 系統的開發擴充迅速，甚至是全球無縫隙的介接均能實現。
- (2) 無遠弗屆的涵蓋範圍，對散佈於廣泛涵蓋區內之地面站台來說，其所接收之電場強度約相等。
- (3) 傳輸的價格全然不受距離長短的影響。
- (4) 較不易受天然災害的影響，如地震、颱風等，即使因事故中斷也能很快就恢復通信。
- (5) 高資料率的容量，目前NASA(美國太空總署)的ACTS (Advanced Communication Technology Satellite ) 衛星之通信容量已可達到1Gbps，資料傳輸率超過622 Mbps以上，而商用非同步傳輸模式(Asynchronous transfer mode; ATM)服務則可以達到45Mbps。
- (6) 多點通信導向系統 ( Multicast-oriented System )，由於目前地面通信系統的資料流向多為單點對單點通信，但透過衛星可以很輕易地做到多點通信網，相當符合通訊運用需求，如Internet及email的傳輸運用。

一般衛星通訊系統所使用的頻帶有：L, C, Ku 及Ka等四種頻帶，其頻率



劃分如表一所示，其中Ka頻帶將是未來主要的使用頻段，但其主要關鍵問題是遭受嚴重雨衰。

表一：衛星通訊使用頻帶劃分表

頻帶	上鏈頻率(GHz)	下鏈頻率(GHz)	問題
C	4 (3,7-4,2)	6 (5,925-6,425)	地面訊號干擾
Ku	11 (11,7-12,2)	14 (14,0-14,5)	雨衰減嚴重
Ka	20 (17,7-21,7)	30 (27,5-30,5)	雨衰減更嚴重 設備成本高
L/S	1.6 (1,610-1,625)	2.4 (2,483-2,500)	ISM頻帶之訊號 干擾

另從圖三可知，構建一個衛星通訊網路所需具備之基本要素有：

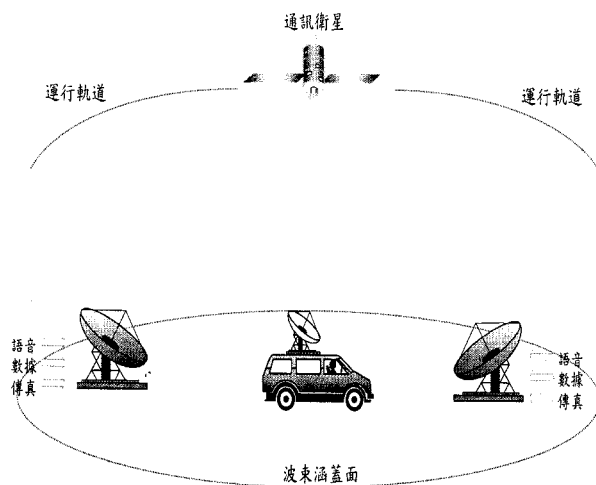
- (1) 衛星轉頻器：需有衛星轉頻器(Transponder)之使用頻寬與功率，用於傳輸中繼之頻率轉換與功率放大。
- (2) 地面站台：所有地面站台用戶需位於衛星天線波束涵蓋區內，且依規定功率、頻率，定向的傳送資料。
- (3) 網路管理系統：做為地面站台之網路管理和監控。
- (4) 衛星追蹤管制站台：衛星本體追蹤、姿態控制、功率調整及功能測試。

### 參、衛星通訊系統發展趨勢

自一九六五年第一顆商業通訊衛星(Intelsat I)成功發射後，衛星通訊服務正式開始蓬勃發展，一九七〇年以後開始利用衛星提供洲際間電話和電視訊號的傳輸服務，自此以後衛星主要扮演通訊骨幹連結之角色，而己能與地面的有線網路相互備援運用。基於衛星居高臨下、無遠弗屆特性，使

得衛星運用於諸多電信服務，如電視廣播或多島國家間的通信鏈路等；八〇年代以後，國際海事衛星開啟海上行動通訊及緊急救援服務，從而使得衛星通訊成為海上、行動主要的通訊手段；九〇年代以後衛星通訊邁入新的里程，低軌道衛星通訊系統及VSAT (Very Small Aperture Terminals)系統大量被提出；九〇年代末期衛星通訊已規劃納入個人行動通訊系統使用，二十一世紀開始引入衛星直接廣播業務，並推展寬頻衛星通訊系統之運用。

衛星通信技術在初期發展，為了增加通信的容量，利用正交極化和空



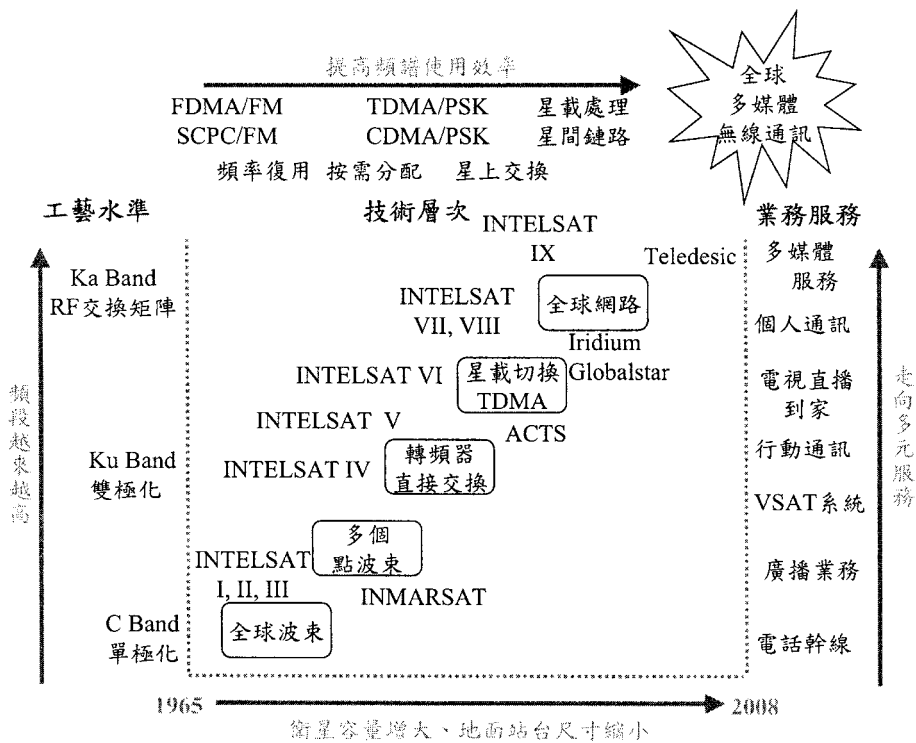
圖三：衛星通訊系統基本架構示意圖

間分離(Spatial Separation)的技術，建立多波束衛星通信系統與重複使用頻率，當時是以類比訊號傳送且每一個載波傳送電視訊號或分頻多工電話頻道。至於衛星的多工接取則是藉由分頻多工存取(FDMA)的方式來進行，一九八〇年後由於船隻或國內通信對多數低容量鏈路命令的需求日益增加，於是發展出結合FDMA及SCPC/FM (

Single Channel Per Carrier/Frequency Modulation)或相移調變(PSK)等調變連接形式，之後又利用數位通信技術的優點，發展出至今仍大量採用的分時多工存取/相移調變(TDMA/PSK)技術。此外，隨著天線技術的提升，使得其輻射波束比起從前更能適當地涵蓋所需服務的區域，增進通信網路的性能且減少系統間的干擾影響。然而，由於波束數目的增加使得網路內部的連結也愈來愈困難，直到轉頻器跳換的技術研發成功，才使目前衛星通信技術的發展得以朝向星載直接交換或SS-TDMA (Satellite Switched Time Division Multiple Access)。至於九〇年代以後則走向全球通訊體系之建立，所以衛星通信技術開始朝向Ka頻段發展而且更強調星載處理的能力提升，

期能有效滿足二十一世紀全球多媒體無線通訊系統建立之目標，進而達到全球多媒體通訊系統的整體運用，有關近四十多年來的衛星通信技術發展彙整如圖四所示。

近年來在商業或軍事上最常運用的多工存取方式是建立在展頻通信(Spread Spectrum Communication)技術上之分碼多工存取(CDMA)，展頻通信技術發展至今已有四十多年的歷史。其應用範圍從早期以保密通訊為主要考量的軍事用途，到如今其觸角已延伸至導航、測試、距離量測等商業多方面用途。目前已廣泛的被應用於通訊系統中，一般說來，由於它具有通信保密、防止截收和抗干擾的功能，使之成為軍事通信中不可或缺的一種通信手段；在另一方面，展頻通信



圖四：衛星通訊系統發展趨勢彙整示意圖



也能有效的運用在多工網路中，有效的管理、控制網路中所有的站台用戶，使其成為近年來相當受歡迎的通信技術。

今日通訊衛星的利用主要是為了因應大容量且多樣化的通訊需求，基本上，衛星通信服務可以分為固定、廣播和行動通信等業務。傳統固定業務的衛星已經使用多年，早期的衛星通信能在廣大地區內，包括在地區或國際間、海上或陸地上提供骨幹通信服務。近年來，國際間通信網路的發展趨勢是增加廣泛的光纜系統建設，以做為長途通信骨幹網路，如跨國的海底光纜；其次是發展小型衛星地面站系統(VSAT)，使得衛星所扮演的角色有了實質的轉變。VSAT系統目前已成為全世界數據通信基礎建設的主要成員，而其應用範圍也相當廣泛。

此外衛星固定業務也提供大量世界性電視節目，將節目經由衛星傳送至各地網管中心之後，再分送至各地的有線電視頭端或當地頻道，每一個電視頻道的資料流量可以到達每秒數十百萬位元。至於遠距教學則是VSAT系統另一個主要應用，全世界已有許多大學藉此技術在國內或國際間進行教學，就如同虛擬教室一般。事實上，固定業務的衛星也能十分輕易地提供手持式終端通信服務，且可以在幾分鐘內將設備架設完成，由此可見衛星通信能提供不同兩端最快速且能緊急應變的通信服務。

隨著廣播衛星服務日益蓬勃發展，衛星通信的業務量也正快速激增中，以美國為例，境內已有許多系統正在提供服務，例如美國的DBS系統就是屬於以衛星電視直播到家(Direct to Home, DTH)的廣播服務，DTH利用中功率的 C 或 Ku 頻段衛星把電視節目

廣播至地面，用戶只需以大約一公尺面寬的天線，即可直接收視衛星電視。此外，另一個現代廣播衛星系統則是衛星直播電視 ( Direct Broadcasting Satellite, DBS )，DBS是以高功率之Ku頻段衛星直接把電視節目廣播至地面，用戶只要以大約四十五公分面寬的小型天線就可以收到衛星電視節目，DBS衛星電視的品質佳、不易受到干擾，已在歐美、日本等先進國家達到廣泛的運用。

至於衛星行動通訊系統是由澳洲於一九九二年成功的將AUSSAT送上軌道而開始萌芽，成為全球第一個提供國內衛星行動通信的國家；至於美國著名的AMSC (American Mobile Satellite Corporation)系統也在一九九五年發射衛星升空至同步軌道，開始提供區域性行動通信業務。由於衛星通信技術不斷提升，現階段已能提供輕薄短小手機的衛星行動通信系統，截至二〇〇三年止，已有許多中/低軌道的衛星行動通信系統被提出，如Iridium、Global-star(LEO)、Odyssey和Inmarsat-P (MEO)，這些系統將以L/S頻段提供全球個人衛星行動電話服務。現階段有關主要衛星行動通訊系統綜整表如表二所示。

表二：主要衛星行動通訊系統綜整表

名稱	衛星數	軌道	高度	部署年份	提案公司
Iridium	66	LEO	765 Km	1998	Boeing et. al.
Globalstar	48	LEO	1,389 Km	1998	Major elecoms
ICO	12	MEO	10,390 Km	2004?	New ICO Ltd.
Teledesic	288	LEO	1,400 Km	2005?	ICO Teledesic
Odyssey	12	MEO	10,354 Km		Stopped

此外，由於衛星擁有大容量、高速率及涵蓋範圍廣泛等種種優點，使得通信衛星能提供多元且多樣之寬頻接收服務，全球先進國家與跨國通信企

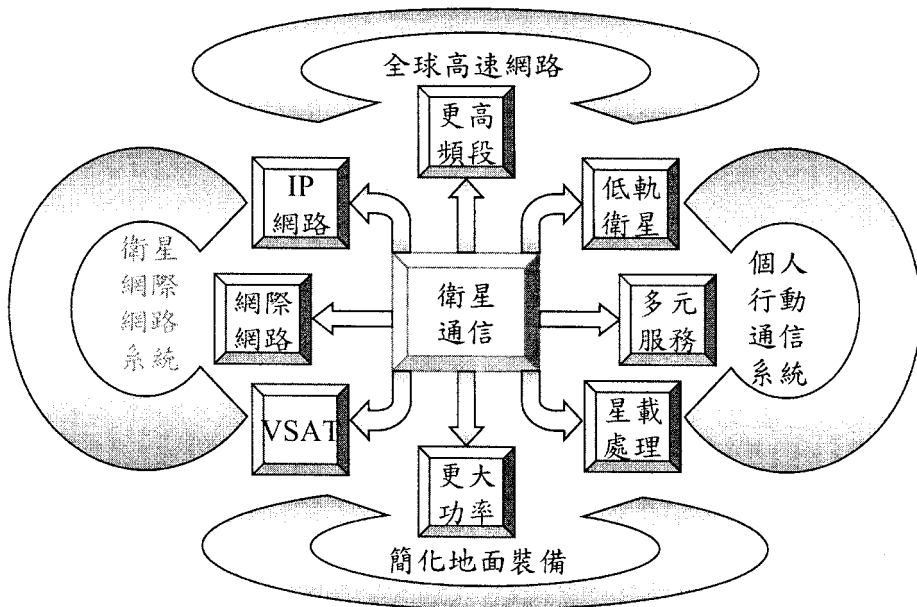


業紛紛投入寬頻衛星通訊技術及應用的研究，期望能拔得頭籌搶佔市場。而欲達成真正衛星寬頻整體服務數位網路目標，首要技術便是將應用於地面光纖的ATM技術，移轉至衛星之星載交換處理上。因此，根據過往衛星通訊技術發展走向，研判未來衛星通訊技術的發展將會朝向以下幾個方向（請參考圖五）：

頻率範圍，提供大頻寬以供寬頻整體服務。

#### 肆、寬頻衛星通訊系統之發展

我們正在進入一個無國界而以Internet銜接的資訊時代，全球商務活動的需要和人們對資訊無止境的追求，刺激了Internet網爆炸性的成長，用戶一直在努力尋求可給他們帶來更多



圖五：未來衛星通訊系統發展走向示意圖

- 衛星上訊號處理(On-board Processing)，換言之，直接在衛星上執行載波(解)調變，編(解)碼處理，或稱為再生式衛星(Regenerative Satellite)。
- 低軌道全球覆蓋衛星群。
- 大功率同步軌道區域衛星
- 多媒體運用的IP衛星
- 衛星與衛星間之通訊鏈路連結(Cross Link)。
- 使用EHF高頻段載波：如30/20GHz及50/40GHz頻段，利用更高

資料的解決方案，結果導致對帶寬強烈的需求。最近，對更高帶寬的追求導致了一個新市場的開拓：一種付得起費用的、可靠的、安全的、可無縫地嵌入陸地網的寬頻衛星通訊方案。寬頻衛星通訊也稱為多媒體衛星通訊，係只經由衛星進行語音、數據、圖像和影像的處理和傳送。基於衛星通訊系統的頻帶寬遠小於光纖電路，所以數至十幾Mbps傳輸能力即可稱之寬頻(Broadband)通訊了，亦即，按照衛星無線接入按其網路頻寬可劃分為

三類：一類為窄頻帶（Narrowband）接入，其攜載業務的每用戶比特速率小於64Kbps，第二類為大頻帶（Wideband）接入，每一通道載波可提供高達2Mbps；第三類為寬頻（Broadband,有時亦稱廣帶）接入，主要針對多媒體業務傳輸需求,每一通道載波傳輸速率可大於2Mbit/s。實際上我們往往習慣將Wideband與Broadband無線接入統稱為寬頻帶無線接入。寬頻衛星通訊主要目的是要提供更大頻寬，但事實上，它是希望藉由寬頻來提出諸多應用並開發嶄新的電信服務。

在衛星通訊系統中，寬頻衛星通訊是一個全新的發展層面，其主要目標是為多媒體和高資料速率的Internet應用提供一種無所不在的通信方式。可以認為，新一代衛星系統為了提供個人電信服務，與上一代衛星網路的最大區別是所搭載的業務由低速業務及話音業務轉變為Internet和多媒體業務。在衛星通訊領域，同步軌道衛星仍然扮演舉足輕重的角色，但應全球個人通信的要求，寬頻移動衛星通訊系統的全面發展為必然趨勢；目前約為20個Ka或Ku頻段的寬帶衛星通信系統，散佈低軌道LEO,中軌道(MEO)及同步軌道(GEO)等不同的衛星軌道上，這些系統主要用於多通道廣播、Internet和Intranet的遠端傳送以及作為地面多媒體通信系統的接入方式，成為實現全球無縫隙之個人通信、Internet空中高速通道的必要手段。有關不同軌道之衛星通訊系統特性請參考表三。

寬頻衛星通訊業務將在未來幾年中快速發展，其衛星有效載荷設計仍將以傳統的轉頻器為基礎，但將著重於星上交換和處理有效載荷設計，期能有效達到最佳資源運用。早期的寬帶衛星系統都依賴於已有的Ku頻帶衛星

，這使所運用之衛星可以很快地部署妥當，但也正因如此，對於長期應用來說，並不是最具投資效益比和彈性、靈活的運用通訊資源之方式。事實上，真正的寬頻衛星係於二〇〇二年才投入通訊市場使用，這一類衛星為獲取足夠頻寬和克服Ku頻段壅塞的問題，而採用Ka頻段（18-30 GHz）來實現衛星與地面之間的傳輸；頻率更高的Ka頻段系統可以輕易地實現衛星點波束傳送，從而提高通訊容量，一顆Ka頻段衛星提供的通訊容量能夠達到一顆Ku衛星通訊容量五倍以上。

表三：不同軌道之衛星通訊系統特性綜整表

型態	低軌衛星LEO	中軌衛星MEO	同步衛星GEO
高度	160-480 km	9700-19400 km	36000 km
可用時間	15min	2-4hrs	24hrs
優點	低成本 通道延遲低 訊號衰減低	中度成本 通道延遲低	地表覆蓋率 42.2% 無都卜勒效應
傳送延遲時間	15ms-50ms	220ms	480ms
缺點	生命週期只有 1至3個月	較大的通道延遲 較大的訊號衰減	通道延遲非常大 昂貴的後級處理

Ka頻段之寬帶衛星一般仍被視為接入技術，也就是專門在用戶和Internet之間通過傳統轉發衛星或彎管式衛星提供寬頻銜接，與用數據機通過地面線路提供連接很類似。無論那種連接方式，每條線路每次都是接納一個用戶，而且資料的傳送路由選擇都是在中央設備中進行的，因而使資料傳送效率降低；因此現階段技術正逐步解決效率低之問題，其根本解決之道是把通訊路由功能從地面設備轉移到空間衛星中，系統設計人員可以將來自許多猝發用戶的通信量在到達衛星下行鏈路發射機之前進行組合，從而大大提高了效率並使系統每年產生更多的收益。傳輸效率的提高可以為更

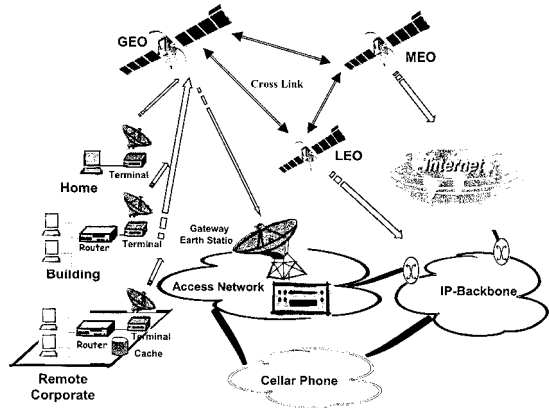


多的用戶提供更多可用的按需帶寬和更好的服務品質（QoS），因為它可以動態地、自動地按需分配(DAMA)的通信能力，更重要的是有效降低傳輸延遲、提升系統電路交換彈性。

星載處理是寬頻衛星系統的核心技術，它需具備快速資料處理、訊號處理、路由選擇和分組交換等功能，可針對用戶需求動態分配使用頻寬和發送功率，有效管制衛星通訊資源；另外對於不規則輸入的資料流經過緩衝後再分發到各輸出通道，保證下行鏈路在任何通訊條件下都保持最大的負載量、提供最大傳輸率並同時確保接收訊號能有最佳鏈路品質。此外，寬頻衛星系統將採用多波束衛星，藉由多個點波束使用，可有效降低終端發射功率和天線尺寸，更重要的是可以在不同的波束上進行頻率復用，使得在有限頻段上可為大量用戶提供服務，並形成衛星蜂巢覆蓋的觀念。

最後，在今後十年，將要發展大量用於多媒體通訊的衛星體系，這些系統可用於可視電話、Internet銜接及其他交互式多媒體應用，具備不對稱性且時變數據速率可達十幾Mbps。由於GEO衛星的位置靜止和覆蓋面大，過去已使用於固定和移動通訊中，故某些新型寬頻衛星仍將部署於GEO軌道；其他新系統將採用LEO或MEO衛星軌道，以提供全球覆蓋、無縫隙的通連服務；特別是LEO衛星具有衛星信號功率衰減小和傳播延遲短之特徵，使得LEO衛星更適合交互式多媒體通訊運用，在現有提案系統中最先進的當屬Teledesic系統，它即是一種具有衛星之間星間鏈路、基於LEO衛星星座的系統，將與地面通訊網路（如Internet、IP網路）組合構成無縫隙全球基礎設施。有關未來十年將建構之

寬頻衛星通訊體系示意如圖六所示，其所將建構之著名寬頻衛星通訊系統如表四所列。



圖六：未來十年將建構之寬頻衛星通訊體系示意圖

#### 伍、寬頻衛星通訊系統之關鍵技術

歷經數十年的研究發展，寬頻衛星通訊技術在整合無線通訊系統上的運用已取得十分顯著的成效，尤其配合無線通訊系統的演進和電子技術的進步，寬頻衛星通訊技術也隨著潮流趨勢而有所進展，在未來寬帶演進中，可預期將隨著地面移動、地面固定及衛星業務三者緊密結合在一起，以及全球／區域／國內的WWAN、WMAN、WLAN、WPAN等各類不同覆蓋域尺寸、不同頻段網路的緊密結合，為適應這一多模、無縫隙、以IP為基礎的綜合多媒體業務運行環境下的靈活有效的公共資源管理，建立智慧代理之類管理模式將成為一種發展趨勢，並可發揮出重要的現實作用。

此外，就技術層面看，寬頻衛星系統通常具有比地面寬頻系統擁有更高的技術難度與更深的技術內涵。如眾所皆知，由於固定無線接入比移動通



表四：目前著名寬頻衛星通訊系統彙整表

系統名稱	Astrolink	Cyberstar	Spaceway	Skybridge	Celestri	Inmarsat	Euroskyway
公司名稱	洛馬公司	勞拉空間公司	休斯公司	阿爾卡特	摩托羅拉	國際海事衛星	阿萊尼亞宇航公司
衛星數目	9	3	16/20	80	1/63	8	5
軌道類別	GEO	GEO	GEO/MEO	LEO	GEO/LEO	GEO	GEO
頻段	Ka	Ka	Ka	Ku	Ka	L	Ka
調變方式	QPSK	-	QPSK	8PSK	-	QPSK	8PSK
最大傳輸率	10.4 Mbps	3M bps	100 Mbps	60 Mbps	-	64 Kbps	32 Mbps
多工方式	FDMA TDMA	FDMA TDMA	FDMA TDMA	FDMA TDMA CDMA	-	TDMA TDM	MF-TDMA TDM
網路運用	IP/ATM ISDN	IP/ATM Frame relay	IP/ATM ISDN Frame relay	IP/ATM	IP/ATM ISDN Frame	ISDN	IP/ATM ISDN
整體容量	6.5 Gbps	9.6 Gbps	4.4Gbps	4.5Gbps	80 Gbps	-	45 Gbps

信場合容易操作，智慧天線、軟體無線電以及一系列現代編碼調製及自適應信號處理技術等功率/頻譜有效利用新技術以及IP QoS的物理層、MAC層、會議層及應用層方面有效的協定處理往往均先在固定無線接入中試驗與應用，從而，固定無線接入通常成為新一代移動通信的技術先導。與此相似，先進的衛星技術首先以先進的地面技術作先導，但還需緊密結合衛星傳輸特性，進而研發一系列嶄新技術，諸如GEO長時延、遠程傳輸損耗影響，LEO/MEO多星座架構優化與自適應覆蓋處理，多星座、多網路跨協定漫遊處理，高可靠、長壽命衛星空間段星上處理、星際連接及衛星發射技術演進，精確可靠的空間體站址保持

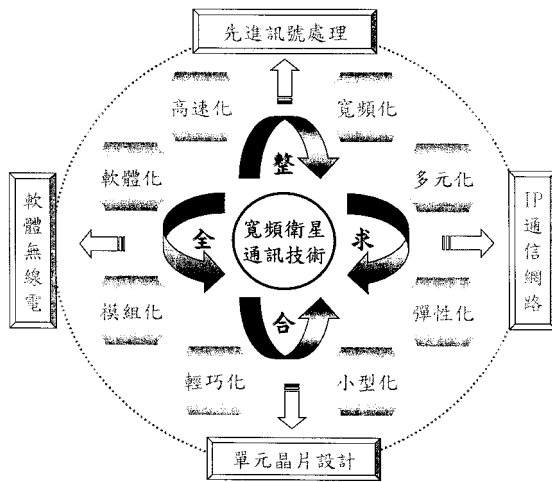
、地面跟蹤以及端對端衛星全IP結構傳送運作時的有效QoS控制等。然就通訊領域發展而言，吾人可歸結如圖七所示之技術前瞻發展。

根據圖七，吾人將寬頻衛星通訊所用到之重要技術歸整如下：

(1)智慧型天線的運用：

為滿足高效率頻譜運用需求，智慧型天線(Smart Antenna)技術已日漸受到重視，並被公認為是解決頻率資源匱乏、有效提昇系統容量、提高資訊傳輸速率和確保通訊品質之有效途徑；所謂Smart Antenna可視為一種充分利用空間資源來進行訊號品質提升、干擾抑制(或消除)及適應性波束調整的機制，其運用之構想是希望利用天線陣列來提供天線增益(Antenna Gain)用





圖七：寬頻衛星通訊技術發展示意圖

以提升訊號雜訊比(SNR)。Smart Antenna技術引入了空間領域而構成一個可控制的空間多重進接(Spatial Division Multiple Access, SDMA)能力。SDMA的主要效果在壓抑共通道干擾(Cochannel Interference)，可在不影響通訊品質的前提下提升系統容量，或在不改變系統容量的前提下提升通訊品質。未來，SDMA的終極理想目標是希望能達到每一用戶與衛星之間，均有一專屬的波束來做為其上下鏈路之通道，而不同用戶之波束將存在正交的關係因而不會引起相互干擾。

#### (2)適應性調變與編碼技術運用：

目前寬頻衛星通訊系統已邁向Ka頻段之開發運用，基於衛星不管是使用Ku頻段或Ka頻段，它們均易受不同程度的降雨衰減(Rain Fading)影響；降雨衰減主要是由於電波穿透對流層時，遭受到雨、霧、雲、雪等的吸收和散射，部份能量被吸收或散射因而產生損耗，損耗的大小與工作頻率、穿透路徑的長短以及雨、雪大小和霧、雲濃度有關，一般頻段越高所遭受的衰減量越大，甚至可能因而造成鏈

路中斷；衛星通訊系統為有效克服降雨衰減之問題，已開始運用一種結合調變控制及編碼控制之高效率適應性雨衰補償方法；編碼控制主要的概念是想利用錯誤編碼技術，以複雜的編碼法則來獲得編碼增益(Coding Gain)用以補償雨衰量；至於調變控制則是利用調變技術對於不同的鏈路強韌性及頻譜使用效率，藉以達到雨衰補償目的。

#### (3)軟體無線電設計概念：

一般鏈路傳輸參數需根據通訊系統傳輸特性與環境，選用不同的演算法來計算權重、調整波束，以能達到最佳品質的運用，為提高寬頻衛星通訊之運用彈性和靈活性，目前採用軟體無線電(Software Defined Radio, SDR)的概念來實現寬頻衛星通訊相關技術已成為趨勢主流，SDR的主要概念為『採用開放式結構，系統可根據不同通訊需求、參數自行完成功能性的重組，用以滿足不同環境、多模式、多功能的通訊要求，同時具備可適性訊號處理、元件程式化能力』。SDR的寬頻衛星通訊系統，將可直接透過下載程式碼之方式來置換物件，改變系統運用架構，而毋需對硬體組態做改變，因此提高系統的運用彈性和擴充能力，同時使衛星通信設備，特別是地面段設備更靈活、小巧、穩定、可靠。

#### (4)IP通訊網路之運用：

對於未來所有行動與固定、地面與衛星、廣播與交互、公用與專用、廣域、局域與個人域等各類電信業務等，勢必綜合於一種以全IP為基礎之整合寬頻平台運作，藉以達成一個無縫隙與整合運用之全球性無線網路系統；由於TCP/IP並非為衛星通訊所設計，難以直接應用於衛星鏈路並控制

好用戶端對端之QoS性能。為使以IP為基礎的衛星Internet網路之間及與地面Internet網路一道取得更佳之通訊效率與吞吐性能，深入研究各種應用協定與演算法有重要意義。由於衛星系統，特別是GEO衛星系統，有長的傳輸時延，單跳往返時延約500ms，它對於按照TCP/IP協定之所謂管道（Pipe）效應引起的資料重發和吞吐量、吞吐率受限有明顯的影響，將會產生嚴重的管道效應，影響其吞吐性能。

(5) 高效率多維通訊訊號處理之運用：

包括衛星業務、地面業務及其彼此共用在內，此多維含義可涉及頻率域、時間域、空間域、信號域、網路域甚至顯示域，多天線發送接收在內的多輸入、輸出（Multiple-Input Multiple-Output，MIMO）多維時空處理為其典型示例。而且，對未來多頻段、多模式通用寬頻無線接入綜合業務運行場合，頻譜／軌道資源管理的廣寬地域分佈、可延展性及充分靈活的特徵必將導致分散式的智慧代理型的新的多維智慧資源管理要求。其中包括對上述頻譜、軌道資源管理在內，必須利用多維智慧代理之類手段，才能實現靈活、有效並具擴展性及規模化的多維智慧資源管理。借助智慧天線覆蓋及軟體無線電控制之智慧化頻譜、軌道資源管理，一方面可實施頻譜、軌道資源動態協調及多維處理運作，同時，借助自適應智慧化調整發射功率、調製方式、頻寬資源等進一步優化空中介面參數及優化無線IP QoS控制參數，從而使頻譜、軌道等資源可進行更合理的有效協調，大大提高資源的利用效率。

(6) 先進通訊晶片之設計運用：

基於全球IC產業、通信晶片設計能力的蓬勃發展，已具備將各種複雜度

高、處理程序繁複之演算法則實現能力；鑑於此，應可引入「通信晶片設計技術」於寬頻衛星通訊各項演算法則、通訊協定、編碼流程等設計，藉以提高信號處理速度、降低消耗功率，達到通訊裝備輕、薄、短、小設計目標與降低日後裝備維護成本，並能滿足裝備模組化之要求，以俾力於簡易操作與維護。

(7) 完善星載處理之設計運用：

星載處理(OBP)大體上可分為兩種：一種是基頻帶OBP和星上交換(OBS)，另一種是中頻/射頻(IF/Rf)處理和交換；完善星載處理之目的是要提高衛星鏈路的性能及有效性，降低費用並增加通訊容量；更重要的是，完善星載處理應該是提高鏈路的性能及有效性，降低費用並增加通訊容量，進而增加整個網路的有效性和靈活性。星載處理之功能，除了信號放大和頻率轉換外，還包括：解調、解復用、檢錯、糾錯、轉換定址和控制資訊。它與信號再生和信號傳輸有關，包括資料的交換與定址、波束形成、資料緩衝和資料複用。

## 陸、結語

隨著全球資訊網路的蓬勃發展，對高速、寬頻帶、高通信容量之衛星通訊鏈路需求不斷增加，已使得寬頻衛星之發展為必然之趨勢；而Ka頻段衛星通信以其頻帶寬、天線口徑小、通信容量大、無地面微波干擾問題，且具波束寬小、方向性強及易於保密等優點，已成為現代衛星通訊的發展走向；近幾年來在政府有計畫的主導下，已使我國積極地朝向「發展自主衛星的目標」大步邁進，現階段不但已建立Ku頻段衛星通訊技術，並開始著手研發Ka頻段同步軌道通信衛星的系



統設計，屆時將可提供電視廣播、電話、傳真、視訊會議及行動通信等電信服務，奠定我國發展寬頻衛星通訊之礎石。

### 柒、參考資料

- [1]Tri. T. Ha, Digital Satellite Communications, Second Edition, McGraw-Hill, 1990.
- [2]D. Roddy, Satellite Communications, Third Edition, McGraw-Hill, 2001.
- [3]M. Maral and M. Bousquet, Satellite Communications System, Fourth Edition, John Willey & Sons, 2002.
- [4]T. S. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall, NJ, 2002.
- [5]M. Ibnkahla et. al, "High-Speed Satellite Mobile Communications: Technologies and Challenges," Proc. IEEE, pp. 312-339, Feb. 2004.
- [6]J. Farserotu et. al, "Broadband Wide Area Networking via IP/ATM over SATCOM," IEEE Commun. Magazine, pp. 148-157, May. 1999.
- [7]R. Bauer, "Ka-Band Propagation Measurements: An Opportunity with the Advanced Communications Technology Satellite (ACTS)," Proc. IEEE, pp. 853-862, June 1997.
- [8]C. B. Cox and T. A. Coney, "Advanced Communications Technology Satellite (ACTS) Fade Compensation Protocol Impact on Very Small-Aperture Terminal Bit-Error RatePerformance," IEEE J. Select. Areas Commun., pp. 173-179, Feb. 1999.
- [9]J. C. Liberti and T. S. Rappaport, Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications, Prentice Hall PTR 1999.
- [10]J. H. Winters, "Smart antennas for wireless systems," IEEE Personal Commun., pp. 23-27, Feb. 2004.
- [11]A. Perez-Neira, X. Mestre and J. R. Fonollosa, "Smart antennas in software radio base stations," IEEE Commun. Magazine, pp. 166-173, Feb. 2001.
- [12]A. J. Goldsmith and S. G. Chua, "Adaptive coded modulation for fading channels," IEEE Trans. Commun., vol. 46, no. 5, pp. 595-602, May 1998.
- [13]X. Qiu and K. Chawla, "On the performance of adaptive modulation in cellular systems," IEEE Trans. Commun., pp. 884-895, June 1999.
- [14]W. Choi, K. Cheong, and J. Cioffi, "Adaptive coded modulation for fading channels," IEEE Trans. Commun., vol. 45, no. 5, pp. 595-602, May 1998.

