

衛 星 通 訊

陳維倫編著

香港萬里書店出版

衛 星 通 訊

陳維倫編著

出版者：香港萬里書店

香港北角英皇道486號三樓

(P. O. BOX 15635, HONG KONG)

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：劬華文化服務社

九龍觀塘偉業街一一六號二樓

定 價：港 幣 七 元

版權所有 * 不准翻印

(一九七四年八月版)

1. 衛星通訊概要

國際電訊的發展

過去數十年，洲際間通訊所使用之短波通訊（即利用地球上空高度約為 60km 以上之電離層來反射電波，進行通訊），由於電離層之變動引起訊號強度改變，而使音質欠佳，無論通訊品質(Speech quality)或可靠性(Reliability)都不十分理想；同時通訊頻帶已達到飽和點，再要開拓新的通訊網路已經是不太容易了。近年來，世界上通訊容量(Channel capacity, 或稱通路容量)急劇增加，其增長率各國每年平均為10~20%，達到驚人程度。到目前為止，解決通訊量急劇增加的辦法，主要是增設或改良海底纜線(Submarine cable)。

目前的纜線容量，就電話來說，最多是一百一十多條回路，就算是改善了纜線容量能夠增加到數倍，也不及衛星通訊的頻帶寬度(Band width)的數分之一。因此從通訊品質、可靠性及經濟觀點考慮，毫無疑問，利用微波技術之衛星通訊將給通訊技術帶來一場大革命。隨着時代的發展，人們對洲際電話及電訊之需求不斷增長，而衛星通

訊可以滿足日益增加之電話、資料通訊及國際間電視轉播的需求，因此大有發展前途。

衛星通訊的最大特色是：1. 通訊容量大；2. 可以多路接通；3. 可以作遠距離通訊。

宇宙通訊業務之用語和定義

以宇宙飛翔體為對象之無線電通訊總稱為宇宙通訊 (Space communication)；而宇宙通訊的業務稱為宇宙業務 (Space service)。宇宙業務的種類，除衛星通訊業務之外，還有宇宙研究業務 (Space rescach service)、廣播衛星業務 (Broadcasting-satellite service)、無線航行衛星業務 (Radio navigation-satellite service)、氣象衛星業務 (Meteorological-satellite service) 等。共同進行一定宇宙業務的地球站、宇宙站之一群稱為宇宙通訊系統 (Space communication system)。宇宙通訊系統之宇宙站 (Space station) 之定義是：在地球大氣層主要部分之外，或在大氣層外之天體物體（月球、行星等）上之宇宙業務站；地球站 (Earth station) 是指包括船舶在內的地球表面上或飛機上的宇宙業務站。宇宙通訊的形式有以下幾種：

1. 地球站和宇宙站之間的通訊。例如由宇宙飛翔體向地球做的一般通訊、遙測、傳真照片傳送等，及由地面對宇宙飛翔體發出的指令 (Command) 等通訊是屬於這種形式。

2. 宇宙站之間的通訊，這種形式是載人宇宙飛船之間通訊用的。

3. 以宇宙站為中繼站之兩地球站間的通訊，利用人造衛星來進行國際間的電話通訊、電視中繼及資料通訊 (Data communication)，就是屬於第3種形式，因此將這種形式特別稱為衛星通訊；為此目的之衛星稱為通訊衛星；其宇宙業務稱為衛星通訊業務 (Satellite communication service)。衛星通訊業務之地球站及在衛星上的宇宙站分別稱為衛星通訊地球站及衛星通訊宇宙站，本書分別簡稱為地球站及宇宙站。

衛星通訊系統除了通訊衛星外，還包括衛星發射、管制、控制等所使用的跟踪、遙測、指揮、監視等之地上設備。這些設備設在衛星上的稱為宇宙部分 (Space segment)；設在地球站上的稱為地球部分 (Earth segment)。

衛星通訊的發展史

自從人造衛星出現以來，人類在探測宇宙空間等科學研究及通訊、氣象、地球測量等之實用研究上都獲得了巨大成果。在這裏我們不妨回顧一下宇宙通訊的發展史。

宇宙天體是不斷地向地球反射電波的，這種電波稱為宇宙干擾（噪音），是由美國貝爾 (Bell) 研究所的 K. G. Jansky 用短波定向天線測定出來，成為電波天文學 (Radio astronomy) 之端緒。太陽也是強大之干擾電波發生源。太

陽射電干擾 (Solar noise) 是表示太陽活動性的一個指標，同時它也對衛星通訊造成干擾妨害。太陽射電干擾是1938年首先由日本仲上和宮憲一接收到。

1946年第一次應用雷達技術，檢出了月球回波。接着通過觀測，了解到月面反射電波之性質；1957年進行了接收從月面反射回來之電波實驗；1959年先後進行了英國—美國、美國—加拿大之間利用月球作中繼之國際間通訊實驗。這些實驗在科學探討上是很有價值的，可是由於接收到之訊號極微弱；多路失真 (Multiple distortion)；傳輸遲延時間 (Transmission delay time) 長及兩地對月球之共同能見時間 (Mutual visibility time) 受到限制等，所以作為通訊是沒有什麼實用價值的。

1957年10月，蘇聯發射了 SPUTONIK I 衛星進行電波觀測之後，各先進國家都試圖利用衛星作中繼進行遠距離通訊，並且在這方面作了許多實驗。其中最值得注意的計有：

1. 屬於宇宙通訊形式(1) (參閱宇宙業務之用語和定義一節) 之實驗的有：1959年12月，美國空軍初次嘗試利用低軌道之 SCORE 衛星(1958年12月發射)，將事前在錄音帶上錄好聲音的電波載在 VHF 電波上傳輸出去。1960年4月，美國航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration, NASA) 將第一個氣象衛星 TAIROS I 發射到高度為 700Km、軌道傾斜角度為 48.3° 、週期為 99.2 分鐘之圓型軌道上。該衛星在約兩個月期間內將 22,952張氣象照片拍送回地球。

2. 屬於宇宙通訊形式(3) (參閱宇宙業務之用語和定義一節)之實驗的有: 1960年8月NASA 將塗上一層鋁膜、直徑為 30m 之買那 (Mylar, 一種塑料) 膠囊氣球衛星 ECHO I 發射到高度為 1,600Km、軌道傾斜角度為 47.2° 之圓型軌道上。並且在貝爾研究所及 Jet Propulsion Labs 協助下, 用 1GHz 及 2.5 GHz 之頻帶以 FM 方式成功地傳輸了電話及電視電波, 研究明白了衛星通訊上電波傳輸之特性。這是利用沒有放大器之衛星 (Passive satellite 稱為無源衛星) 作通訊中繼 (Passive relaying 稱為無源中繼) 之世界上最初之實驗。同樣是無源中繼通訊實驗的有美國 MIT (Massachusetts Institute of Technology), 依照 West Ford 計劃於 1963 年 5 月利用散布在高度為 3,600 Km 上之 Dipole satellite 作了散射通訊 (Scatter communication) 之實驗。1960 年 10 月, 美國陸軍將 COURIER IB 衛星發射到高度為 1,000Km、軌道傾斜角度為 28.3° 之軌道上。由宇宙站 (衛星) 中之錄音機將地球站發射出之通訊訊息 (Information) 錄音下來; 當衛星到達接近指定之地球站時, 將這些訊息以 2GHz 之頻率發送回另一地球站, 作了所謂遲延中繼 (Delayed relaying) 通訊。這是使用放大器進行有源中繼 (Active relaying) 通訊之最初之實驗。

1962 年 7 月, 美國 ATT (American Telephone and Telegraph Corporation) 之貝爾電話研究所發射了 TELSTAR I 衛星。同時 NASA 在同一年 12 月發射了 RELAY I 衛星, 開始了世界規模之正式衛星通訊。TELSTAR 衛星首次提供了在美國緬因州 Andover 地球站、英國 Goonhilly

Downs 地球站及法國 Pleumeur Bodou 地球站之間作寬頻帶 (Wide band) FM 方式電視傳輸及多路電話 (Multiple telephone) 之通訊實驗，並且獲得了許多技術上之卓越成果。這個衛星通訊系統之設備是現在世界衛星通訊用之地球站的樣板。

1963年11月，日本之 KDD (Kokusai Denshin Denwa Kabushi Kigaisha，國際電訊電話株式會社) 地球站之茨城衛星通訊所和美國加州之Mozave地球站間利用 RELAY I 衛星作中繼進行了電視傳輸，成為首次橫越太平洋之衛星通訊。碰巧美國肯尼迪總統在同年 11 月 23 日遭暗殺，RELAY I 衛星向全世界作現場電視轉播這項消息，加強了人們對電視衛星現場轉播之印象。1964年 1 月再加發射了 RELAY II 衛星，在各國進行了通訊實驗，鞏固了衛星通訊之技術基礎。當時之技術中心課題是，通訊用天線之高頻率、寬頻帶化；脈澤(MASER)及參數放大器(Parametric amplifier) 之低噪音寬頻帶化；提高 FM 方式之高靈敏度解調器 (High sensitivity demodulator) 之性能；確立精密之跟踪方式等。

TELSTAR 衛星和 RELAY 衛星都是低軌道衛星，可以通訊的時間很短，並且有隨著衛星遠地點的週期而變動的缺點。1963年 7 月 NASA 成功地發射了同步衛星 (Synchronous satellite) SYNCOM II 衛星，大大地增加了實現世界衛星通訊的可能性。1964 年 8 月發射之靜止衛星 (Stationary satellite) SYNCOM III，被用作傳輸東京奧

表 1-1

年 月	宇宙通訊內容	担 當 者	業 務
1932	測定銀河(宇宙)噪音	美: K. G. Jansky	電波天文
1938.8	測定太陽射電干擾(噪音)	日: 仲上・宮	電波天文
1945.10	倡議靜止衛星通訊(Wireless World)雜誌	英: A. Clak	宇宙通訊形式(3)
1946	利用雷達檢出月球回波	美: J. Mofenson	宇宙通訊形式(3)
1957	利用月球反射回之聲音之無線中繼	美: J. H. Trexler	宇宙通訊形式(3)
1957.10	利用 SPUTONIK I 衛星觀測電波	蘇	宇宙通訊形式(1)
1958.12	利用 SCORE 衛星將錄音帶聲音傳輸出	美: 空軍	宇宙通訊形式(1)
1960.4	利用 TAIROS 衛星傳輸氣象照片	美: NASA	宇宙通訊形式(1)
1960.8	利用 ECHO I 進行電話、電視無線中繼	美: 陸軍	宇宙通訊形式(3)
1960.10	利用 COURIER IB 衛星進行遲延中繼	美: 陸軍	宇宙通訊形式(3)
1962.7	利用 TELESTAR I 衛星進行橫跨大西洋之有線中繼通信	美、英、法	宇宙通訊形式(3)
1962.8	VOSTOK 3, VOSTOK 4 兩載人宇宙船間通訊、宇宙電視	蘇	宇宙通訊形式(2)(1)
1963.5	利用多個散亂之針狀衛星進行無線中繼通訊	美: MIT	宇宙通訊形式(3)
1963.11	利用 RELAY I 衛星進行橫跨太平洋之有線中繼通訊	美、日	宇宙通訊形式(3)
1964.8	利用 SYNCOM III 靜止衛星進行奧運會電視轉播	日、美	宇宙通訊形式(3)
1965.4	利用 INTELSAT I 靜止衛星進行商業通訊(半實驗)	美、英、法、德、意	宇宙通訊形式(3)
1965.4	利用 MOLNIYA 1A 衛星進行國內電視轉播	蘇	宇宙通訊形式(3)
1967	利用 INTELSAT II 系衛星進行商業通訊	INTELSAT	宇宙通訊形式(3)
1968	利用 INTELSAT III 系衛星進行商業通訊	INTELSAT	宇宙通訊形式(3)
1971~1972	利用 INTELSAT IV 系衛星進行商業通訊	INTELSAT	宇宙通訊形式(3)

原 书 缺 页

原书缺页

林匹克運動會之電視廣播。在通過正極同步訊號 (Positive pole synchronous signal) 來節省頻帶的技術對策上取得了卓越的成果。這樣，A. Clark 提倡的靜止衛星通訊約經過了20年的時日，終於實現了。

到此，衛星通訊僅是實驗階段。1964年8月，為實現世界性之商業衛星通訊，成立了暫定通訊衛星組織 (Interim Communication Satellite Committee, 略稱 ICSC)。後來改稱為 INTELSAT (International Telecommunications Satellite Consortium, 世界商業衛星通訊機構)，並且於 1965年4月發射了第一個半實驗半商用之靜止衛星 INTELSAT I (亦稱 Early Bird)，跨進了衛星通訊實用化時代。該衛星除了承擔美國—歐洲間之洲際電話通訊之外，還作為彩色電視、黑白電視、傳真電報 (Facsimile telegraph)、數據通訊 (Data communication) 等各種通訊之宇宙中繼站活躍了一段時期。接着1967年1月開始相繼發射了INTELSAT II 系衛星 (5個)，1968年年底到1969年年底，相繼發射了INTELSAT III 系衛星 (6個)，1971~1972年間相繼發射了INTELSAT IV 系衛星 (4個)。這樣，國際性之商業衛星通訊就進入正式實用化時代。

為了進一步開發衛星通訊新技術和衛星技術及科學研究，1966年12月至1972年，NASA 相繼發射了一連串的ATS 衛星 (Applications Technology Satellite, 應用技術衛星)，開始了新的研究和實驗。在通訊方面開拓了毫米波 (Millimeter wave) 的利用性，開發了新的通訊方式，例如 MASER 通訊；在衛星技術方面，確立了重力傾度安

定法(Gravity gradient stabilization)和反自轉天線(Despun antenna)。反自轉天線具有能使天線射束和衛星自轉軸無關地經常定向地指向地球方向之性能。

在衛星通訊領域中，美國一開始就擔當了主要角色。而蘇聯於 1965 年也將本國之第一顆通訊衛星 MOLNYA 1A 納入遠地點高度為 39,152Km、軌道傾斜角度為 65° 、週期為 11 小時 38 分鐘之軌道上，在國內設立了 25 個小型地球站進行電視傳輸等之中繼通訊。再者，蘇聯在 1962 年 8 月，在載人宇宙飛船 Vostok 3 及 Vostok 4 同時飛行之際作了初次宇宙通訊形式(2)(參閱宇宙業務之用語和定義一節)之通訊及由宇宙站向地球進行了電視傳輸。

衛星通訊之中繼方式

地球上相隔數千公里，互相處在視界外之兩地球站間利用微波(Micro-wave)進行衛星通訊，必須要以該兩個地球站之共同電波能見區域內之通訊衛星間作中繼(圖1-1)。衛星通訊之中繼方式有兩種，一種是無源中繼(Passive relay)方式，另一種是有源中繼(Active relay)方式(圖1-2)無源中繼用的衛星稱為無源衛星(Passive satellite)；作有源中繼用的衛星稱為有源衛星(Active satellite)。

無源衛星是一個具有大型反射面之汽球型衛星。發射時將它疊小用火箭發射出去，載納入軌道上，然後讓它膨脹起來。無源中繼就是利用這種無源衛星將來自地球站一

圖 1-1 通訊衛星
的原理

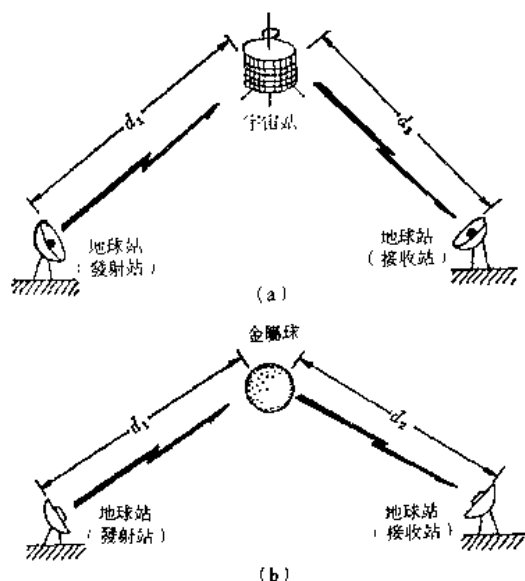
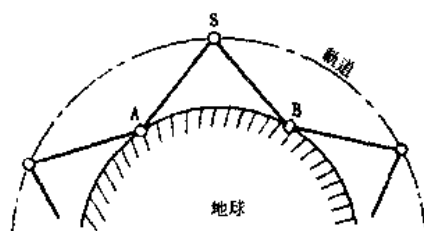


圖 1-2 主動中繼 (a) 和被動中繼 (b)

方之電波反射到另一地球站，進行中繼通訊。有源衛星是載有地面上微波中繼通訊中所使用之中繼器之衛星，這個中繼器要製造得輕巧，適宜於在衛星環境中工作。有源

中繼就是利用這種有源衛星將來自地球站一方之電波接收下來，經過放大，變換成不同頻率之通訊電波，再發射回地球，由另一地球站接收來達到兩地球站間之中繼通訊目的。

美國 1960 年 8 月發射之通訊衛星 ECHO 1，就是無源衛星。它是在一個用 Mylar 塑膠製的汽球表面上塗佈上一層鋁膜，製造成很容易反射電波。無源衛星在機能上很簡單，可是由於反射到地面之反射波很微弱；爲了使通訊穩定，地球站上須要有強有力之發射裝置和高靈敏度之接收裝置，這點是很不方便的。

有源衛星內部裝備有中繼裝置，外部則有天線、電池等，機能上複雜得多。但是由於衛星技術之進步，現在的

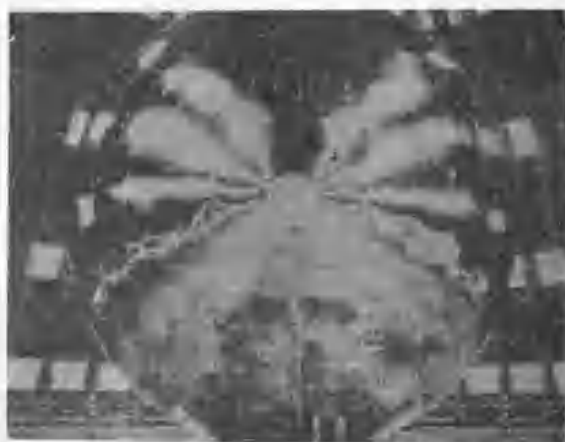


圖 1-3 ECHO II 衛星的外觀

衛星幾乎都是有源衛星。1962年美國發射之 TELSTAR I 衛星就是第一個有源衛星，它出色地完成了美國——法國間之電視中繼實驗。以後發射之 SYNCOM 衛星、RELAY 衛星等實驗通訊衛星及 INTELSAT I (即 Early Bird) 商業通訊衛星和 ATS 衛星 (Applications Technology Satellite Project, 應用技術衛星) 等都是**有源衛星**。

要使無源衛星具有有源衛星之中繼能力，必須使氣球表面最低限度要有反射 1W 功率之能力。為此，在不同軌道上對氣球要求之直徑及重量，假定氣球之材料和 ECHO II (圖 1-3) 一樣是在 0.006mm 厚之 Mylar 塑膠上塗上 0.0045 mm 厚之鋁膜，則如表 1-2 所示。

表 1-2 反射 1W 功率所需要之氣球直徑重量表

軌道高度 (n, mil)	氣球直徑(m)	重量(lb)	通訊容量 (電話)
1,000	284	39,400	500
2,000	374	76,950	220
3,000	459	137,000	135
5,000	542	194,000	68
10,000	943	872,000	22

從表中數據可以知道，要製造和有源衛星相匹抗之無源衛星是多麼困難。因此 NASA 發射 ECHO II 之後，除非研究需要，否則將不會再發射這類衛星。