



RRPG94090191 (172.P)

# 同步軌道通訊衛星 IP 網路系統規劃 及 IP 網路通訊效能模擬研究

期末報告

執行單位：國立交通大學資訊工程系

委託機關：國家太空中心

中華民國九十五年七月十五日

# 目錄

目錄.....	1
圖表目錄.....	7
摘要.....	10
第1章 計畫背景與目的 .....	11
第2章 相關文獻 .....	13
第3章 衛星網路於商業應用的調查 .....	22
3.1 中華電信 .....	22
3.1.1 關於中華電信.....	22
3.1.2 中新衛星商業服務.....	23
3.1.2.1 衛星電視電路.....	23
3.1.2.2 衛星行動通信.....	24
3.1.2.3 小型衛星地面站 (VSAT) .....	24
3.1.2.4 衛星轉頻器出租.....	25
3.1.2.5 國際航海衛星通信.....	26
3.1.2.6 出租衛星網路.....	27
3.1.2.7 電視衛星中繼網路.....	29
3.2 GLOBALSTAR .....	30
3.2.1 關於 Globalstar .....	30
3.2.2 服務.....	30
3.2.2.1 語音郵件服務.....	31
3.2.2.2 電話服務.....	32
3.2.2.3 傳真服務.....	32
3.2.2.4 Globalstar and OCENS WeatherNet .....	33
3.2.2.5 短訊服務.....	34
3.2.2.6 Globalstar Quick Locate Service .....	35
3.3 銱衛星.....	37
3.3.1 關於銱衛星.....	37
3.3.2 服務.....	37

3.3.2.1 銜數據服務.....	38
3.3.2.2 銜語音服務.....	39
3.3.2.3 Iridium Crew Calling.....	39
3.3.2.4 銜全球傳呼業務.....	40
3.3.2.5 簡訊服務 (SMS) .....	41
3.3.2.6 短的爆發數據.....	42
3.3.2.7 國際 SOS .....	43
3.3.2.8 船隻安全和警戒的系統.....	43
3.3.2.9 傳真和提升的訊息發送.....	44
3.4 THURAYA .....	46
3.4.1 簡介.....	46
3.4.2 服務.....	47
3.4.2.1 航空服務.....	47
3.4.2.2 航海服務.....	48
3.4.2.3 ‘直接撥接’上網.....	49
3.4.2.4 Thuraya 的 WAP.....	50
3.4.2.5 付費 800 服務.....	51
3.4.2.6 電子錢包服務.....	51
3.4.2.7 取得密碼的服務.....	51
3.4.2.8 全球定位系統 (GPS, Global Positioning System) .....	52
3.4.2.9 Thuraya 的簡訊服務 .....	53
3.4.2.10 透過 Thuraya 來使用電子郵件 .....	53
3.5 GILAT.....	55
3.5.1 簡介.....	55
3.5.2 Gilat 服務.....	56
3.5.2.1 信用卡認證.....	56
3.5.2.2 非同步傳輸模式 (ATM) .....	57
3.5.2.3 內部網路/外部網路.....	58
3.5.2.4 內容傳遞.....	58
3.5.2.5 販售地點.....	59
3.5.2.6 鄉村電信通訊.....	60
3.5.2.7 恢復控制.....	60
3.5.2.8 電子化網路郵局.....	61
3.5.2.9 利用 Gilat 達到教育目的.....	62
3.5.2.10 GSM 人造衛星後置網路的解決方法.....	62
3.5.2.11 可運送的人造衛星通訊方法.....	63

3.5.2.12 電子化投票.....	63
3.5.2.13 在網際網路中預先付給的 IP.....	64
3.5.2.14 偏遠地區的監視錄影.....	65
3.5.2.15 軍事用途.....	65
<b>第 4 章 TCP 通訊協定 在衛星網路上的效能探討 .....</b>	<b>67</b>
4.1 尋找傳輸路徑上最大傳輸封包大小.....	67
4.2 封包錯誤的修正.....	68
4.3 壅塞控制.....	69
4.4 壅塞窗大小的調整.....	71
4.5 回應封包策略.....	71
4.6 TRANSACTION TCP (T/TCP) .....	71
4.7 更有效區別封包遺失的原因.....	72
<b>第 5 章 ALOHA 模擬實作與效能分析.....</b>	<b>73</b>
5.1 介紹.....	73
5.1.1 Unslotted ALOHA.....	73
5.1.1.1 Unslotted Aloha 協定.....	73
5.1.1.2 Unslotted ALOHA 效能分析.....	74
5.1.2 Slotted ALOHA.....	75
5.1.2.1 Slotted ALOHA 協定.....	75
5.1.2.2 Slotted ALOHA 效能分析.....	76
5.2 系統架構與實作.....	77
5.2.1 衛星節點.....	77
5.2.1.1 協定堆.....	77
5.2.1.2 衛星媒體存取控制模組.....	78
5.2.1.3 無線電波組.....	78
5.2.2 地面站節點.....	78
5.2.2.1 協定堆.....	78
5.2.2.2 地面站媒體存取控制模組.....	79
5.2.2.3 無線電波組.....	85
5.3 正確性驗證.....	86
5.3.1 數學模組介紹.....	86
5.3.2 NCTUns 的模擬設定.....	89
5.3.2.1 模擬參數設定.....	89
5.3.2.2 Poisson 機率分佈封包產生的設定.....	89

5.3.2.3 TCL 的設定 .....	90
5.3.3 模擬範例設計及模擬結果.....	91
5.3.3.1 Slotted ALOHA .....	91
5.3.3.2 Unslotted ALOHA .....	95
5.4 討論.....	97
5.4.1 <i>Slotted ALOHA</i> 的時槽長度設定.....	97
5.4.1.1 資料傳輸率.....	97
5.4.1.2 最大封包大小.....	97
5.4.1.3 各地面站間最大傳輸延遲的時間差距.....	98
5.4.2 檢查封包傳送成功機制的時間點.....	100
5.4.3 封包發生碰撞後重送的間隔時間.....	101
5.4.4 與數學模型比較所產生的模擬問題.....	103
5.4.4.1 時槽長度恰好等於傳輸時間.....	103
5.4.4.2 模擬傳送時間造成的錯誤.....	104
<b>第 6 章 DVB-RCS 模擬實作與效能分析.....</b>	<b>106</b>
6.1 介紹.....	106
6.1.1 MPEG-2.....	106
6.1.2 DVB-MPEG2.....	108
6.1.3 DVB-RCS.....	111
6.2 DVB-RCS 的模擬實作.....	114
6.2.1 DVB-RCS 在 NCTUns 的節點設計與實作.....	114
6.2.2 DVB-RCS 系統控制表格概述.....	115
6.2.3 衛星節點 (Satellite) .....	115
6.2.4 饋送者節點 (Feeder) .....	115
6.2.4.1 協定堆.....	115
6.2.4.2 DVB_S2 模組.....	116
6.2.5 閘道節點 (Gateway) .....	117
6.2.5.1 協定堆.....	117
6.2.5.2 DVB_RCS 模組.....	117
6.2.6 網路控制中心節點 (NCC) .....	118
6.2.6.1 協定堆.....	118
6.2.6.2 NCC_CTL 模組.....	118
6.2.6.3 SECTION 模組.....	121
6.2.6.4 MPEG2_TS 模組.....	121
6.2.6.5 RCS_ATM 模組.....	122

6.2.6.6 RCS_MAC 模組.....	122
6.2.7 服務提供商節點 (SP) .....	122
6.2.7.1 協定堆.....	122
6.2.7.2 SP_CTL 模組.....	123
6.2.7.3 MPE 模組 .....	124
6.2.7.4 SECTION 模組.....	124
6.2.7.5 MPEG2_TS 模組.....	124
6.2.7.6 RCS_ATM 模組.....	124
6.2.7.7 RCS_MAC 模組.....	125
6.2.8 衛星地面接收站節點 (RCST) .....	125
6.2.8.1 協定堆.....	125
6.2.8.2 RCST_CTL 模組.....	126
6.2.8.3 MPE 模組 .....	127
6.2.8.4 SECTION 模組.....	127
6.2.8.5 MPEG2_TS 模組.....	128
6.2.8.6 DVB_S2 模組.....	128
6.2.8.7 RCS_ATM 模組.....	129
6.2.8.8 RCS_MAC 模組.....	129
6.2.8.9 DVB_RCS 模組.....	130
6.3 錯誤模擬模型 (ERROR MODEL) .....	131
6.3.1 通道模型.....	131
6.3.2 基本傳輸理論介紹.....	133
6.3.3 位元錯誤率的計算.....	134
6.4 雨衰 (RAIN FADE) .....	137
6.5 DVB-RCS 模擬及正確性驗證 .....	143
6.5.1 系統測試相關參數.....	143
6.5.1.1 正向通道.....	143
6.5.1.2 反向通道.....	144
6.5.2 UDP 模擬數據與驗證.....	146
6.5.2.1 正向通道.....	147
6.5.2.2 反向通道.....	148
6.5.3 TCP 模擬數據與驗證.....	149
6.5.4 傳輸延遲驗證.....	150
6.6 應用程式效能與分析 .....	152
6.6.1 模擬參數設定.....	152
6.6.2 模擬結果.....	152

第 7 章 結論 .....	159
參考文獻.....	160
附錄 A 中英對照 .....	164

# 圖表目錄

圖 2-1 寬頻衛星網路系統列表 .....	14
圖 2-2 動態調整定向發射電波束與資源分配 .....	15
圖 2-3 Ka-band 涵蓋區域 .....	16
圖 2-4 EHF-band 涵蓋區域 .....	16
圖 2-5 Ka-band SECOMS 網路架構 .....	17
圖 2-6 EHF-band SECOMS 網路架構 .....	17
圖 2-7 SECOMS 主要系統參數 .....	18
圖 2-8 減低遮蔽效應的系統架構示意圖 .....	19
圖 3-1 臨時租用價目表衛星 .....	24
圖 3-2 費率說明 .....	24
圖 3-3 地面站架設費用價目表 (單位：新台幣元) .....	25
圖 3-4 國際數據電路小型衛星地面站月租費價目表 (單位：新台幣元) .....	25
圖 3-5 岸對船費率 (單位：新台幣元) .....	26
圖 3-6 國際航海衛星通信業務辦理費率 (單位：新台幣元) .....	26
圖 3-7 Globalstar Quick Locate Service 價錢 .....	35
圖 3-8 Globalstar 衛星通話費率 .....	36
圖 3-9 Globalstar 衛星資料費率 .....	36
圖 3-10 銱衛星電話 .....	38
圖 3-11 透過發送人透過網際網路或者電子郵件免費傳送消息 .....	40
圖 3-12 9509 電話聽筒 .....	41
圖 3-13 SBD 在銱衛星上的基本架構圖 .....	42
圖 3-14 銱 9522 L-Band 發報機 .....	43
圖 3-15 uniHub .....	45
圖 3-16 Thuraya 的衛星電話 .....	53
圖 5-1 Unslotted ALOHA 碰撞的例子 (陰影的封包代表有發生碰撞) .....	74
圖 5-2 Slotted ALOHA 碰撞的例子 (陰影的封包代表有發生碰撞) .....	76
圖 5-3 衛星節點協定堆 .....	77
圖 5-4 地面站節點協定 .....	79
圖 5-5 地面站媒體存取控制模組狀態轉換圖 .....	79
圖 5-6 Unslotted ALOHA 模式下的傳送流程圖 .....	81
圖 5-7 Unslotted ALOHA 模式下的接收流程圖 .....	82
圖 5-8 Slotted ALOHA 模式下的傳送流程圖 .....	83



圖 5-9 Slotted ALOHA 模式下的接收流程圖 .....	84
圖 5-10 Slotted ALOHA 和 Unslotted ALOHA 傳輸率的比較圖 .....	87
表 5-1 Slotted ALOHA 的模擬結果 (6 個地面站 + 1 衛星) .....	93
圖 5-11 Slotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (6 個地面站 + 1 衛星) .....	93
表 5-2 Slotted ALOHA 的模擬結果 (12 個地面站 + 1 衛星) .....	94
圖 5-12 Slotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (12 個地面站 + 1 衛星) .....	94
表 5-3 Unslotted ALOHA 的模擬結果 (6 個地面站 + 1 衛星) .....	95
圖 5-13 Unslotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (6 個地面站 + 1 衛星) .....	96
表 5-4 Unslotted ALOHA 的模擬結果 (12 個地面站 + 1 衛星) .....	96
圖 5-14 Unslotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (12 個地面站 + 1 衛星) .....	96
圖 5-15 當傳送時間大於一個時槽時造成資料 A 與資料 B 產生碰撞 .....	98
圖 5-16 不同地面站的時槽偏移示意圖 .....	98
圖 5-17 當 G1 與 G3 在第一個時槽傳送, G2 在第二個時槽傳送的情 .....	99
圖 5-18 檢查時間為兩倍傳輸延遲+傳輸時間剛好和完成接收時間相同 ..	101
圖 5-19 地面站送出封包 A1 到衛星 A2, 再由衛星傳送回地面站 A3 .....	105
圖 6-1 視訊及音訊在經過編碼及多工處理流程圖 .....	107
圖 6-2 DVB 協定在不同應用類型的架構圖 .....	108
圖 6-3 DVB-RCS 系統架構圖 .....	111
圖 6-4 正向通道及反向通道的協定堆 .....	112
圖 6-5 正向通道及反向通道的比較 .....	113
圖 6-6 DVB-RCS 系統架構圖 .....	114
圖 6-7 饋送者節點協定堆 .....	116
圖 6-8 DVS_S2 模組系統架構圖 .....	116
圖 6-9 開道節點協定堆 .....	117
圖 6-10 網路控制中心節點協定堆 .....	118
圖 6-11 多頻帶分時多工中切割反向通道成超級訊框的示意圖 .....	119
圖 6-12 多頻帶分時多工中切割超級訊框成訊框的示意圖 .....	120
圖 6-13 多頻帶分時多工中切割訊框成時槽的示意圖 .....	120
圖 6-14 多頻帶分時多工中切割訊框成時槽的示意圖 .....	121
圖 6-15 服務提供者節點協定堆 .....	123
圖 6-16 衛星地面接收站節點協定堆 .....	125
圖 6-17 Gaussian 通道 .....	131
圖 6-18 Ricean 通道 .....	132
圖 6-19 Rayleigh 通道 .....	132
圖 6-20 C-band 同步軌道衛星的鏈路預算的例子 .....	134
圖 6-21 兩衰公式計算示意圖 .....	138

圖 6-22 94 年台灣降雨量統計 (單位：厘米/小時) .....	140
圖 6-23 雨衰係數表 .....	141
表 6-1 UDP 模擬平均傳輸率數據一覽表 .....	146
表 6-2 TCP 模擬平均傳輸率數據一覽表 .....	149
表 6-3 UDP 模擬時間延遲數據一覽表 .....	151
表 6-4 音訊資料的模擬結果 .....	153
表 6-5 影像資料的模擬結果 .....	154
表 6-6 下傳通道雨衰模型參數 .....	155
表 6-7 上傳通道雨衰模型參數 .....	156
表 6-8 上傳通道位元錯誤率 .....	156
表 6-9 上傳通道位元錯誤率 .....	157
表 6-10 不同雨衰係數下的模擬結果 .....	158

## 摘要

商業性多媒體資訊服務的需求在現代人們的日常生活上有與日俱增的趨勢，特別是在一些聲音與影像的應用方面。而同步軌道通訊衛星由於具有廣域的通訊覆蓋區域以及與地表的相對位置變化不大的特性，在提供廣域通訊服務的應用上，便有相當的市場潛力。在普遍的應用上，衛星可以在高空上做大區域的影音廣播，或是提供跨國際的衛星電話服務。除此之外，衛星與已經蓬勃發展之不同型態的地面網路結合，也成為一種衛星網路架構的趨勢。在這種整合型的大網路裡，衛星所提供的無線傳輸通道，便扮演著其中的骨幹網路，提供長距離的訊息傳遞能力。然而，為了要與蓬勃發展的地面網路結合，衛星骨幹網路面臨了一些挑戰。由於地面網路要屬網際網路（Internet）為最大的網路型態，在網際網路上的應用與資源非常豐富，許多其他型態的網路在實際部署的時候，都有提供與網際網路結合的功能，這是為了使用來自網際網路的資訊資源所必須提供的整合能力，因此，衛星骨幹網路在設計時，也必須考慮與網際網路有相容與結合的能力。在網際網路上所使用的通訊協定（IP, Internet Protocol），便是我們在這個專案裡所要研究探討的部分。我們將利用網路模擬技術，評估網際網路通訊協定在衛星骨幹網路上的適用性，改良不適用於衛星骨幹網路的網際網路通訊協定以及網路系統設計，並進而提出適用於衛星骨幹網路的新網路通訊協定以及新的網路系統設計。

本計畫將於交大網路模擬器(NCTUns)的模擬平台上，依序實作 ALOHA 衛星網路（包含 Slotted ALOHA 與 Unslotted ALOHA）與數位視訊廣播-衛星反回通道（DVB-RCS）兩種不同類型的衛星網路，ALOHA 網路擁有隨機存取(Random Access)的特色，卻沒有防止傳送訊息碰撞的保護機制。DVB-RCS 本是由固有數位視訊廣播網路所延伸而來，提供了雙向的衛星溝通管道，其正向通道（Forward Link 使用的是 MPEG-2 的傳輸協定，而反向通道（Return Link）採用的是多頻分時多工（MF-TDMA, Multi-Frequency Time Division Multiple Access），透過一網路控制中心（NCC, Network Control Center）來控管網路頻寬的使用情況，其擁有可以更有效率分配使用網路頻寬的能力。在模擬平台實作完成之後，將用來評估網際網路上所常用的通訊協定在衛星網路上的效能，並分析模擬結果，找出在不同系統環境之下所適用的系統參數，為以上兩種衛星網路提出適合的效能改進方案。

# 第1章 計畫背景與目的

衛星網路的發展與使用已經行之有年，衛星通訊的運用也漸漸地趨向多元化。同步軌道衛星由於距離地表約 36,000 公里的高空中，且具有與地表同步運轉的特性，因此它擁有相當大範圍的地面訊號涵蓋區域，因此，在無線通訊服務的市場裡，衛星通訊的獨特性佔有相當的市場潛力。傳統的衛星網路應用，使用了上述所提到的特性，提供了衛星電視與衛星電話等多媒體與通訊服務，由於透過高空的衛星做大範圍的影音廣播與遠距離聲音轉接的時候，相較於一些在網際網路上的相同應用，並不需要透過許多中介的路由器 (Router) 來轉接影像或聲音資料，因此，就不會有因為在路由設備上等待轉送的時間延遲 (Queuing Delay) 所產生的資料到達接收用戶端不穩定延遲 (Delay Jitter) 的現象，這樣的現象會導致影像或是聲音產生斷斷續續的呈現。雖然衛星通訊有以上所述的好處，但相對的，透過衛星的無線電波傳遞訊息，卻因為無線訊號在長距離的傳輸環境下具有能量衰減且容易受干擾的特性，因此在通訊協定上的媒體存取控制層 (MAC, Media Access Control layer) 與硬體層 (PHY, Physical) 上就必須針對這樣的特性做出合適的設計。特別是在衛星網路應用的趨勢上，走向與擁有大量資訊資源的網際網路結合，因此，在網際網路上所大量使用的一些網路層 (Network Layer) 與傳輸層 (Transport Layer) 的通訊協定 (例如 Internet Protocol /IP, Transmission Control Protocol /TCP, User Datagram Protocol /UDP, 以及 Real Time Protocol /RTP 等等)，都必須被評估其在各種不同應用的衛星網路環境上的適用性。在上述所提到的各種不同通訊協定中，TCP 與 RTP 特別容易受到衛星網路環境的傳輸延遲與干擾而產生效果不佳的問題，而其效能的改進，則必須針對不同的網路架構與應用環境來做個別的研究，進而發現影響通訊協定效能的因素並提出解決方案。

本計畫的目的，便是希望能針對台灣本島上的衛星網路應用環境做出研究與調查，一方面提出可能適用於台灣本島的衛星應用，一方面也針對這些應用所需的衛星網路環境上的傳輸效能做出研究評估報告與改善方案。台灣衛星網路的民間化與商業化，除了能有效地利用衛星所提供的通訊資源，對於大量的衛星系統開發經費，也有成本回收的附加價值。同時，也能提供更多的資源給國內衛星研究的環境，對於國內衛星通訊的發展，將會有不少助益。

在尚未有實際的衛星網路可以實際測試效能的前提下，我們希望能夠透過模擬的方式，在擬真的衛星網路模擬平台上，研究在不同的衛星網路環境所適用的系統參數，然後整理出具有參考價值的評估報告。在此計畫中，我們將針對兩種衛星網路來作模擬研究，其一為 ALOHA 衛星網路，另一則為 DVB-RCS 衛星網路。ALOHA 網路為衛星網路歷史上早期的通訊協定，它是一種具有隨機存取特性的通訊協定，易於部署與使用，但是卻無法避免碰撞，當同時傳輸的資料量變大的時候，大量的訊息碰撞，將會使的網路使用效率降低，因此，ALOHA 僅適用於不需要頻繁傳送且可即時傳送的資料型態，例如一些網路管理的資料封包。相對於 ALOHA，DVB-RCS 利用較為複雜的媒體存取管理控制機制來有效利用網路頻寬，因此可有效支援較為大量的資料傳輸，進而提供可靠的商業衛星網路服務。DVB-RCS 前身為 DVB-S，是透過衛星來提供廣播電視的服務，之後為了提供互動式的功能，便引進了反向通道 (Return Channel) 來讓原本只能被動接收衛星訊號的用戶端，也可以透過衛星做主動的資料傳輸，也由於反向通道的使用，使得一些具有雙向傳輸特性的網際網路通訊協定 (例如 TCP) 可以在 DVB-RCS 的網路系統下運作。然而，由於衛星網路擁有一些不同於地面網路的特性，例如傳輸時間長、訊號干擾大等等，這些特性都可能會不利於一些網際網路上的通訊協定去發揮其效能，因此，此計畫的最終目的，就是希望能夠探討在 ALOHA 與 DVB-RCS 這兩種衛星網路環境下，TCP 與 UDP 這兩種在網際網路上廣為使用的通訊協定是否能夠達到可以實際運用的效能，而若是其效能不彰，又是什麼因素使之如此，可否有解決方案。也預期此研究計畫，可以提供有效的系統參數建議值，讓實際的網路部署更加有效率。

此報告之後的章節安排如下，在第二章中，我們將整理一些相關的衛星網路文獻。在第三章中，我們將整理一些衛星網路在商業公司中的應用與產品介紹。在第四章中，我們將就網際網路中最頻繁使用的 TCP 通訊協定，探討其在衛星網路上可能會遭遇的效能瓶頸與可能的解決方案。在第五章中，我們將介紹如何在 NCTUns 平台上實作 ALOHA 衛星網路與及此網路的效能分析。在第六章中，我們將介紹如何在 NCTUns 平台上實作 DVB-RCS 衛星網路與及此網路的效能分析。而在第七章中，我們將對此計畫的成果做個總結。

## 第2章 相關文獻

在關於衛星網路相關的文獻裡面，有些文獻介紹了衛星網路的演進、未來的趨勢與應用以及需要解決的技術問題[1][2][3]。有些文獻介紹特定地區的衛星網路在多媒體資訊服務上的議題[4]。有部分文獻針對多媒體資訊服務在具有移動特性的地面接收端或個人使用者上的應用做出探討與網路架構分析[5][6][7][8][9]。另有文獻針對特定的衛星網路做服務效能分析[10]。除了在大的網路架構上作分析與探討的文獻之外，尚有文獻針對特別的衛星網路研究議題做出探討與改進[11]。在[12]中，就針對衛星網路在 IP 網路上的路由機制做出探討。此外在[13][14][15]中，也提出了衛星訊號受到下雨而產生的干擾與衰減的改善方法，以及下雨因素對於 TCP 的效能影響。由[16]到[25]中，則有大量的 TCP 效能探討，這些文獻針對不同的衛星網路環境所產生的 TCP 不適用特性提出研究與改善的方法。在[26]中，特別針對網際網路上的超文字傳輸通訊協定 (HTTP) 在衛星的無線傳輸通道上的傳輸速率做出分析與探討。

在 2000 年出版的文獻[1]中，針對寬頻多媒體衛星系統、研究議題與未來趨勢做出調查。圖 2-1 是作者整理出的寬頻衛星網路系統列表。由此表可以觀察到，Ka-band 是大部分衛星系統所採用的頻帶，但隨著衛星網路系統使用者的增加，對頻寬的要求也會相對提升，於是一些更高頻的頻帶也會被列為採用的考量。採用 Ka-band 與高頻的其中一個原因，是因為可以採用較小的天線做接收端，然而隨之而來的下雨與大氣干擾的問題，就必須被有效的減少或避免。採外，採用同步軌道衛星 (GEO) 的主要理由，是在於它的涵蓋範圍較廣，適合廣播通訊的應用。然而位於與地表距離較高的太空中，訊號的往返延遲 (Round-trip Delay) 便會比較高，這使得一些互動性的聲音與影像應用變的不適合，需要有特別的機制來調整。此外，長時間的訊號往返延遲，也使得 TCP 的效能受到很大的影響，因此一些改進的機制便需要被研究 (例如 Slow Start Algorithm, Congestion Control Mechanism, Acknowledgment Mechanism, Error Recovery Mechanism)。另外，網際網路路由 (IP Routing) 功能對於多重播送 (Multicast Transmission) 的應用也有決定性的影響，路由功能是由衛星本身處理還是由地面的設備來處理，將影響路由通訊協定 (Routing Protocol) 的選擇與設計。

System	Operation	Satellites	Altitude (km)	Frequency	Access	Network	Capacity	Services
Astrolink	2003	9 GEO	36000	Ka-band	FDMA TDMA	IP/ATM ISDN	6.5 Gb/s	High-speed multimedia
Cyberstar	2001	3 GEO	36000	Ka-Band	FDMA TDMA	IP/ATM Frame relay	9.6 Gb/s	Internet access, VoD broadband services
Spaceway	2002	16 GEO 20 MEO	36000 10352	Ka-Band	FDMA TDMA	IP/ATM ISDN Frame relay	4.4 Gb/s	High-speed Internet BoD, multimedia
SkyBridge	2001	80 LEO (Walker)	1469	Ku-Band	CDMA TDMA FDMA	IP/ATM	> 20 M users	High-bit rate Internet access, interactive multimedia service
Teledesic	2002	28 LEO 12 planes of 24	1375	Ka-Band 60 GHz	MF-TDMA ATDMA	IP/ATM ISDN	10.0 Gb/s	"Internet-in-the-Sky," high quality voice, data, video
iSky (KaStar)	2001	2 GEO	36000	Ka-Band	—	IP/ATM	—	Internet, DBS, PCS, BoD

圖 2-1 寬頻衛星網路系統列表

在圖 2-2 中，示意了如何有效利用在衛星的無線訊號資源，隨著動態調整定向電波束 (Spot Beam) 與頻道的分配，使得無線頻道可以在不互相干擾的情況下重複使用。然而這部分的機能便需要衛星本身來自行操作，因為衛星上對於無線訊號資源與資料路由的資訊是最充足的，因此衛星上的資料處理能力 (OBP, On-board Processing) 與資料轉接能力 (OBS, On-board Switching) 便必須被充分提供，才能有效支援動態資源分配的能力。

文獻[2]中，根據多媒體衛星的市場競爭力做出探討。作者認為衛星產業在新興的高頻與需求 (On-demand) 互動多媒體服務上具有很高的競爭力。而衛星網路使用者端設備的價格與通訊服務的收費，對於衛星網路的推廣有很大的影響。另外，衛星網路與地面網路 (Terrestrial Networks) 的競爭或是合作的議題，也持續地被探討著。

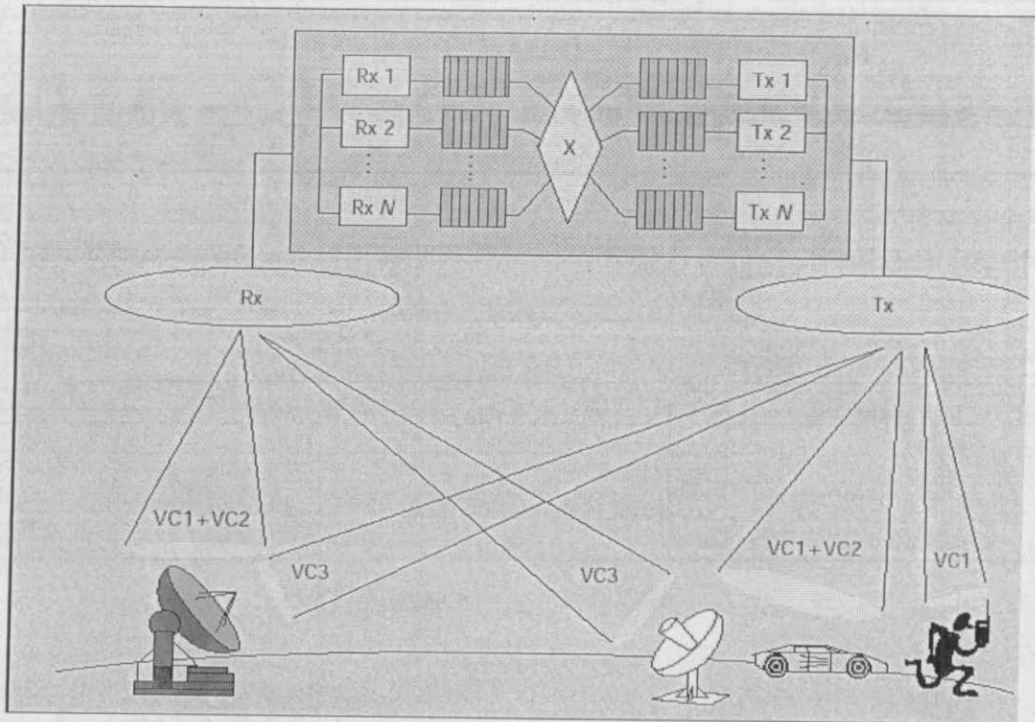


圖 2-2 動態調整定向發射電波束與資源分配

文獻[4]中，詳細地介紹一個在歐洲使用的同步軌道衛星系統，稱為 SECOMS (Satellite EHF Communication Multimedia Services)。作者們描述了 SECOMS 系統的主要系統特性，並且提出設計上的方法來為具有移動特性的使用者 (Brief-case Terminals, Lap-top Terminals, Palm-top Terminals) 提供多媒體服務。SECOMS 系統採用 Ka-band 系統與 EHF-band 系統同時使用的方式，來為歐洲以及鄰境的國家 (Middle East, Mediterranean Africa, Some ex-URSS countries) 提供價格合理的大頻寬、具互動性與移動性特點的商業服務。圖 2-3 與圖 2-4 分別為 Ka-band 及 EHF-band 的地面涵蓋範圍示意圖。此外，圖 2-5 與圖 2-6 上分別描述了 Ka-band 與 EHF-band 的網路架構圖。由圖 2-5 中，我們可以看到 Ka-band SECOMS 的網路裡包含了以下的設備：Satellite Terminals, Ka-band Payload, Gateways, Service Provider Stations, Inter-Link Stations, Master Control Stations。其中有三種型態的 Sat-Terminals，其特性分別描述如下：Sat-Terminal Type A (Sat-A)，providing connections among low-medium data rate users (up to 160 kbit/s in the uplink, and 2.048 Mbit/s in the downlink)，Sat-Terminal Type B (Sat-B)，providing connections among medium-high data rate users (up to 512 kbit/s in the uplink and 2.048 Mbit/s in the downlink)，Sat-Terminal Type C (Sat-C)，providing connections between high data rate users (up to 2.048 Mbit/s both in uplink and downlink)。圖 2-6



上的 EHF-band SECOMS 網路與 Ka-band SECOMS 網路非常相似，所包含的 Sat-Terminal 特性描述如下：Sat-Terminal Type D (Sat-D)，providing connections among low data rate users, up to 64 kbit/s. ◦

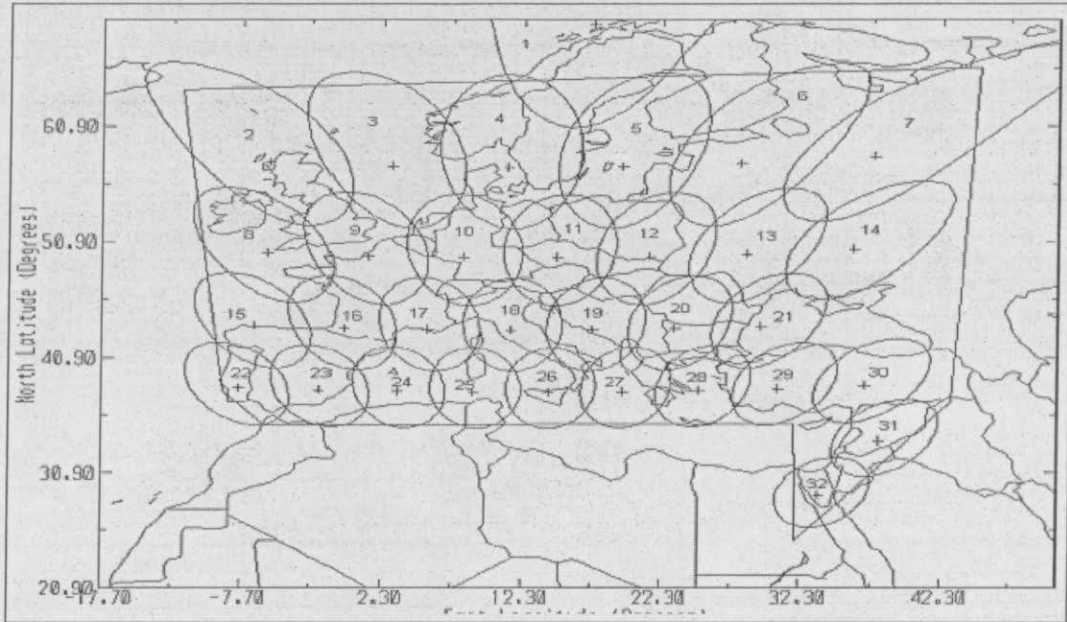


圖 2-3 Ka-band 涵蓋區域

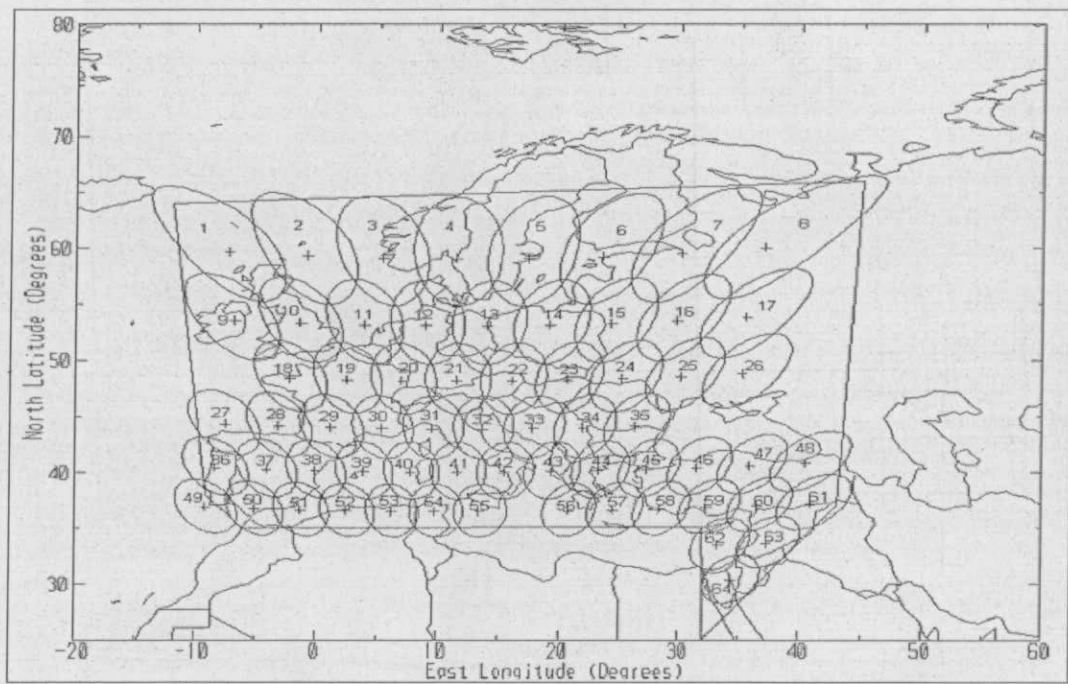


圖 2-4 EHF-band 涵蓋區域

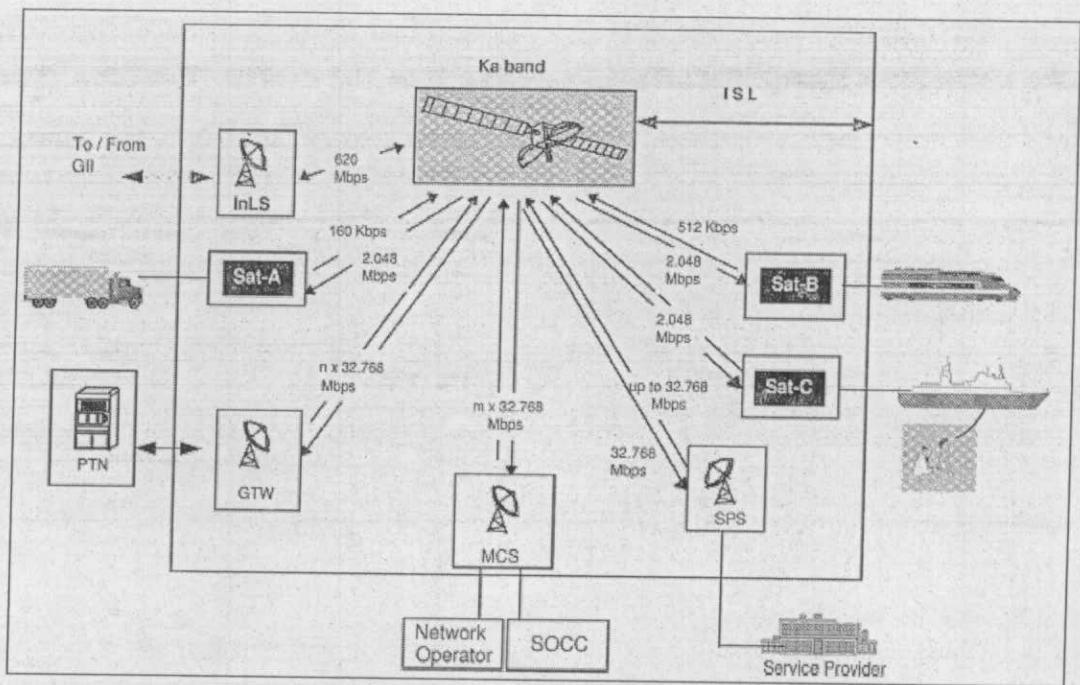


圖 2-5 Ka-band SECOMS 網路架構

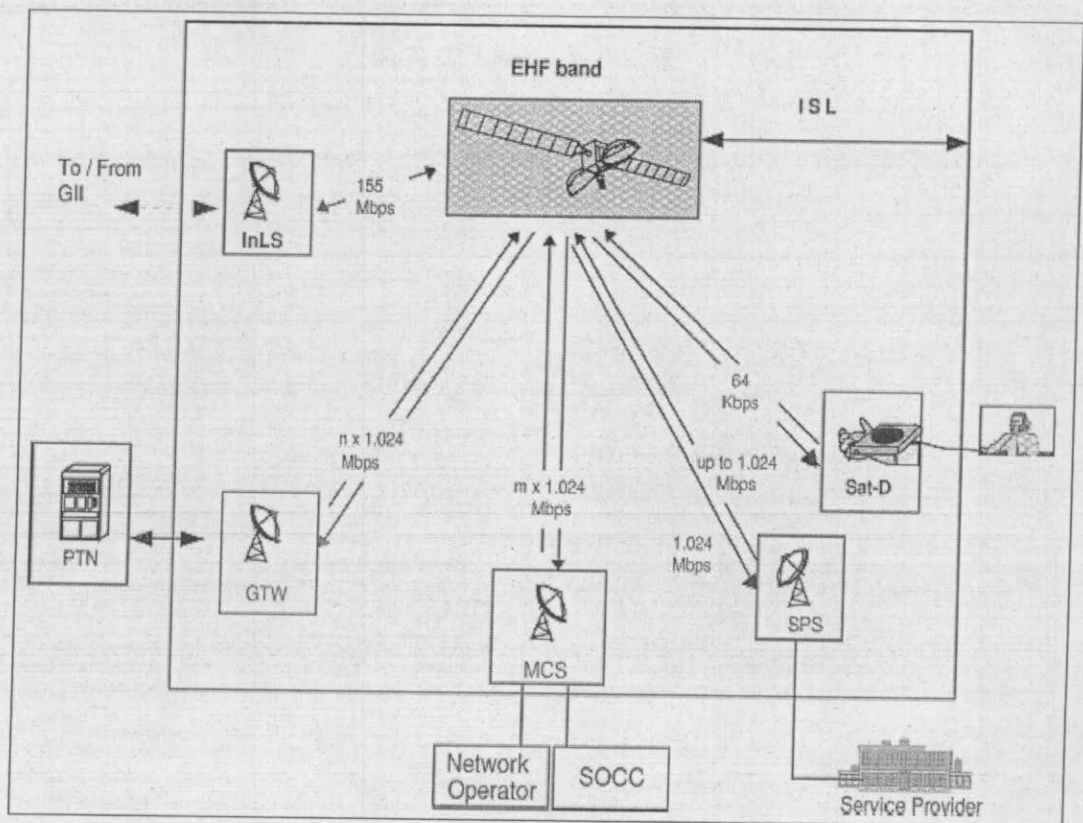


圖 2-6 EHF-band SECOMS 網路架構

此外，SECOMS 主要的系統參數也被整理列表如圖 2-7，這些系統參數對於我們將來建構網路模擬環境的時候，具有很高的參考價值。

Parameter	Ka-band	EHF-band	Remarks
Satellite position	12° E	12° E	Study case only
Max satellite traffic capacity	3.6 Gbit/s	300 Mbit/s	
Nominal satellite traffic capacity	3 Gbit/s	250 Mbit/s	
Number of spot beams	32	64	
Type of satellite terminals	3 (SatT-A, SatT-B, SatT-C)	1 (SatT-D)	
Type of FES	3 (GTW, SPS, InLS)	3 (GTW, SPS, InLS)	Interfacing the terrestrial net
SatT-A uplink information rate	from 32 to 160 kbit/s	-	
SatT-B uplink information rate	from 32 to 512 kbit/s	-	
SatT-C uplink information rate	from 32 to 2048 kbit/s	-	
SatT-A, B and C downlink information rate	2.048 Mbit/s	-	
SatT-D uplink information rate	-	from 4 to 64 kbit/s	
SatT-D downlink information rate	-	64 kbit/s	
Fixed earth station information rate	32.768 Mbit/s	1024 Mbit/s	Uplink and downlink
Frequency: uplink	30 GHz	45 GHz	
downlink	20 GHz	40 GHz	
Coverage	extended European	extended European	
Spot beamwidth	0.7° (at -3 dB)	0.4° (at -3 dB)	
Polarisation	Circular	Circular	
Satellite G/T	15.7 dB/K	18.7 dB/K	At triple cross point (tcp)
Satellite EIRP	53.4 dBW (worst case)	53.2 dBW (w. case)	For mobile users (at tcp)
	42 dBW (worst case)	41.7 dBW (w. case)	For fixed stations (at tcp)
User terminals G/T	4.3 dB/K (SatT-A)	5.5 dB/K	
	11.7 dB/K (SatT-B, C)		
	35.7 dBW (SatT-A) (w. case)		
User terminals EIRP	40.7 dBW (SatT-B) (w. case)	32.5 dBW	
	46.9 dBW (SatT-C) (w. case)		
User terminals antenna dimensions	27.5 × 27.5 cm <sup>2</sup> (SatT-A)	10 × 10 cm <sup>2</sup>	
	35.4 × 35.4 cm <sup>2</sup> (SatT-B, C)		
	23 dB/K	26.8 dB/K	(SPS)
Fixed Earth stations G/T	27.3 dB/K	30.5 dB/K	(GTW)
	31.9 dB/K	37.3 dB/K	(InLS)
	61.5 dBW	53.7 dBW	(SPS)
Fixed Earth stations EIRP	70.9 dBW	57 dBW	(GTW)
	83.5 dBW	75.5 dBW	(InLS)
Link quality	BER < 10 <sup>-10</sup>	BER < 10 <sup>-10</sup>	To be DVB compatible

圖 2-7 SECOMS 主要系統參數

在文獻[5]~[9]的部分中，主要針對衛星網路對於地面具有移動特性接收端的應用做探討，在這系列的探討中，主要有幾點重要的考量。在考慮到商業推廣的前提之下，如何有效率的降低地面接收端的購買成本與適用天線較小的接收端儀器，都會影響衛星頻帶與佈署方式 (GEO or LEO or Both) 的選擇。另外，既然接收端具有移動特性，那麼在相鄰衛星電波束 (Spot Beam) 的漫遊情況便需要被列入設計的考量。在文獻[6]中，特別針對移動車輛上的訊號品質提出提升的方案，特別是改善車輛內衛星網路使用者受到遮蔽效應 (shadowing) 的影響，圖 2-8 為其系統展示圖。由圖 2-8 中，我們可以看到有兩個主要的設備被使用，分別為 Agent Server 與 Agent Client，而 Agent Client 負責由車頂上的天線接收衛星傳送的資料，再由車內的無線網路傳給車內的使用者，此外，當有資料封包遺失的時候，會透過 Agent Client 與 Agent Server 之間的 Return Link 將重送要求送回給 Agent Server 要求重送。對於具有移動

地面接收端特性的衛星網路應用，在不同應用環境與目的會產生不同的探討議題，本計畫中將會針對適合台灣地區的衛星網路環境做研究與探討。

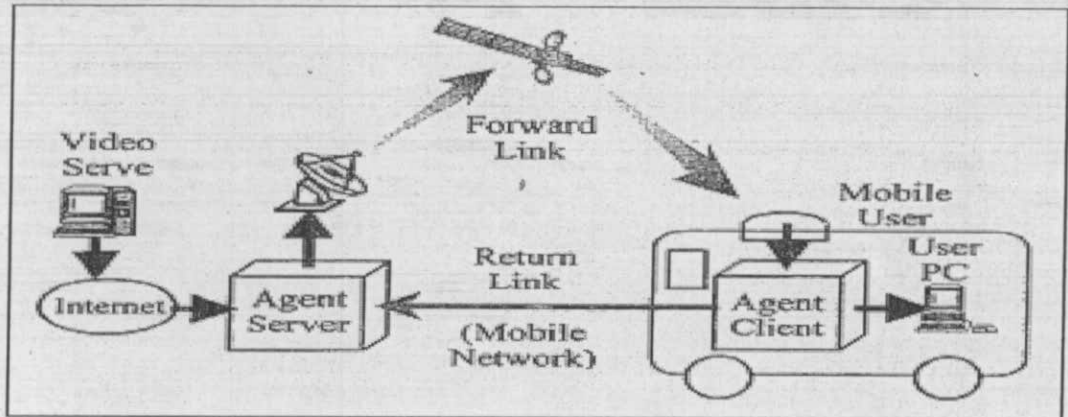


圖 2-8 減低遮蔽效應的系統架構示意圖

在文獻[11]中，探討了 TCP 通訊協定在衛星網路通道上會遭遇的效能減低問題，並提出可能的改善方案。首先，可能與網際網路整合的不同的衛星網路架構被提出來，分別有以下類別：

#### 1. Asymmetric Satellite Networks :

有些網路會有上傳與下傳頻寬不同的設定，原因可能是地面接收端在傳輸能量與天線大小上的限制，而這樣的通道特性對於 TCP 的效能將會產生影響。

#### 2. Satellite Link as Last Hop :

衛星傳輸通道直接提供服務給終端使用者 (End User)，而不是透過其他地面網路轉送的方式。這種相似於現今電話網路的服務，需要特別的通訊協定設計來支援。

#### 3. Hybrid Satellite Networks :

衛星網路與其他地面網路結合，衛星傳輸通道成為整個大網路的其中一條通道。根據網際網路多路徑路由 (Multi-path Routing) 的特性，資料傳輸可能會透過衛星傳輸通道，也可能會透過地面網路的通道。在這樣的情況之下，TCP 需要做調整去適應兩種通道上不同的特性。

#### 4. Point-to-Point Satellite Networks :

只透過衛星當轉接的媒介，這樣的網路架構所需要考慮的問題，便只集中在解決衛星通道特性對 TCP 的效能影響問題。

## 5. Multiple Satellite Hops :

網路資料的傳遞，將經過許多衛星轉送的網路架構，可能是透過衛星與衛星之間的直接聯繫，也可能透過地面設備的輔助幫忙轉接，除了需考量衛星特性之外，還得考慮路由的問題。

此外，文獻[11]中還探討在衛星環境下如何減緩 TCP 所面臨的問題，其討論的方向分別有 Slow Start, Loss Recovery, Congestion Avoidance, Multiple Data Connections, Racing TCP Segments, TCP Header Compression, Sharing TCP State Among Similar Connections, ACK Congestion Control, ACK Filtering 等等，這些問題探討凸顯了在考慮 TCP 於衛星網路的應用上時所需要面臨的問題，也有助於我們在分析所規劃的台灣地區衛星網路效能改進的參考依據。

不同的大氣情況對於衛星訊號會產生衰減的現象，包括：Losses due to cloud, Atmospheric Scintillation, Oxygen Absorption, Water Vapors, Rain。其中，又以下雨對衰減的影響最為顯著。在文獻[13][14][15]中，便針對雨衰(Rain Fade)對 TCP 效能的影響做出探討，並提出對應的改善方案。這部分的文獻讓我們對於大氣中的 Rain Fade 效應有了初步的概念，而為了更真實反應 Rain Fade 對於 TCP 效能上的影響，在我們做衛星 IP 網路系統效能模擬分析的時候，這時 Rain Fade 效應是需要被列入考量的，特別是台灣本島內多雨的地區（基隆、宜蘭等地），若是 Rain Fade 的效應太過嚴重，則在網路設計上便需要有配套措施來避免或是改善。

在參考文獻[16]到[25]中，提出了大量探討與解決在文獻[11]裡面提到的 TCP 在衛星網路環境下所面臨的問題，其目的都是在減低 TCP 在衛星無線網路的不適應性，進而讓 TCP 可以在衛星網路通道上提供可用的可信賴資料傳輸。這些文獻都是為了提高衛星網路與地面網際網路整合上的可行性，否則，原本在網際網路上所使用的一些對網路通道品質要求十分嚴格的通訊協定（TCP、RTP 等等），將會在衛星網路的區域內遭遇效能降低的影響而導致衛星網路不適用的結果。其中所提出的一些 TCP 機制的改變（Larger Initial Window, Delay ACKs After Slow Start, Terminating Slow Start, SACK Based Mechanisms, Explicit Congestion Notification, Detecting Corruption Loss 等等），將可根據我們所規劃的衛星 IP 網路系統上所遭遇的問題，適當地採用對應的改善機制。

由以上的相關文件可知，在衛星網路的研究上，有幾個方向可尋，一是網路架構與應用上的設計與規劃，一是針對不同地區的衛星訊號干擾提出解

決方案，另一則是解決 TCP 在衛星網路上的效能問題。在我們規劃與設計適合台灣地區使用的商用衛星網路時，也同樣會面臨相同的問題，因此在這個計畫中，我們便要針對這些問題提出分析報告與解決方案。

## 第3章 衛星網路於商業應用的調查

### 3.1 中華電信

#### 3.1.1 關於中華電信

本公司依據「電信法」及「中華電信股份有限公司條例」，於民國 85 年 7 月 1 日由當時交通部電信總局改制成立，總資本額為新台幣 964.77 億元，主要業務包括固網通信、行動通信，以及數據通信三大領域，提供語音服務、專線電路、網際網路、寬頻上網、智慧型網路、虛擬網路、電子商務、企業整合服務，以及各類增值服務，係國內營運經驗最豐富、規模最大之綜合電信業者，也是國際間電信業者重要合作伙伴，在促進全球化即時訊息溝通、全面提高社會大眾生活品質，以及普遍增強經濟社會運作效率上，績效卓著。中新衛星為目前本公司所用的衛星，以下為中新衛星的簡介：

- 中華民國第一顆自有商用衛星。
- 本公司與新加坡電信簽署合作建設備忘錄 (84.9.7)。
- 供應合約簽約日期 (85.4.1)。
- 衛星發射日期 (87.8)。
- 營運日期 (87.12)。
- 世界第四大衛星製造商 MMS 承造，具卅餘枚衛星製造經驗。
- 衛星軌道位置良好，台灣地區仰角適中。
- 衛星功率大，易開發多元化服務，接收天線小，安裝方便，利於推廣應用。
- 轉頻器備份多，可靠率高 (C 頻 20:14, Ku 頻 12:8)。
- C 頻涵蓋廣，可提供亞太區域通信及廣播服務。

Ku 頻採用 12 GHz，不受國內陸地微波干擾。

### 3.1.2 中新衛星商業服務

目前國內許多衛星商業服務主要由中華電信的中新一號衛星所提供，中新一號衛星其軌道位置位於東經 88 度同步軌道，中華電信擁有 7 個 C 頻轉頻器，8 個 Ku 頻轉頻器（包括 6 個 K1 轉頻器，2 個 K2 轉頻器），其 C 頻涵蓋範圍：臺灣、新加坡、中國大陸、南韓、日本、中南半島、印度半島、斯里蘭卡，KU 頻涵蓋範圍：臺灣、新加坡、菲律賓、馬來西亞、大陸東南沿海地區、印度半島、斯里蘭卡。

包括以下衛星通信業務：

- 衛星電視電路。
- 衛星行動通信。
- 小型衛星地面站。
- 衛星轉頻器出租。
- 國際航海衛星通信。
- 出租衛星網路。
- 電視衛星中繼網路。

#### 3.1.2.1 衛星電視電路

國際衛星電視電路業務，是指有線及無線電視業者將新聞或體育節目經本分公司所提供之上、下鏈設備發射或接收供國內、外媒體轉播之用。

業務可分下列三種：

- 一般租用：租期可分一星期、一個月、三個月及一年四種。
- 定時租用：租期至少一個月，每星期至少 4 天，每天至少 10 分鐘，每天於固定時間內傳送，惟訂線一經確認後，不得註銷。
- 臨時租用：每次租用時間至少 10 分鐘。



	國外付轉頻器		國內付轉頻器		
	No Space Segment		Full Space Segment		
	首十分鐘 First 10 mins	每增加一分鐘 Each add. min.	首十分鐘 First 10 mins	每增加一分鐘 Each add. min.	
發射 (Transmission)	NT\$6,000	NT\$330	NT\$9,000	NT\$600	
接收 (Receiving)	NT\$6,000	NT\$330	NT\$9,000	NT\$600	
取消費 Cancellation	Within 24hrs	NT\$3,600	NT\$200	NT\$5,400	NT\$360
	1 - 10 days	NT\$2,400	NT\$140	NT\$3,600	NT\$240
	10 - 60 days	NT\$1,200	NT\$70	NT\$1,800	NT\$120
	over 60 days	NT\$300	NT\$20	NT\$450	NT\$30

圖 3-1 臨時租用價目表衛星

### 3.1.2.2 衛星行動通信

中華電信開放市內電話或行動電話撥打 Thuraya、澳洲衛星及鈦衛星 (Iridium) 行動電話服務，透過衛星的訊號傳遞，客戶便能享受暢行無阻的通信服務。此一項服務僅限於撥給衛星電話，不能透過衛星訊號傳遞撥給一般室內電話或行動電話。目前開發出來的衛星手機皆可在下列網站裡面找到 <http://store.yahoo.com/satphonestore/index.html>，一般價格介於 US 650\$ ~ US 850\$ 不等 (台幣 20000~30000)。

撥號方式：

Thuraya：002 或 009 + 88216 X (X 代表衛星電話的號碼)

澳洲電信公司：002 或 009 + 6114 X

鈦衛星 (Iridium)：002 或 009 + 8816 X

單位：新台幣元 / 六秒

衛星電信公司名稱	國碼	一般時段	減價時段
Thuraya	88216	5	4.75
澳洲電信公司	61 (+14XXX-XXXX)	5	4.75
鈦衛星 (Iridium)	8816	7.5	7.1

圖 3-2 費率說明

### 3.1.2.3 小型衛星地面站 (VSAT)

國際數據電路小型衛星地面站業務 (VSAT)，係指用戶利用小型碟形天

線之衛星地面站，經由電信機構提供之衛星鏈路，以單路載波之方式進接衛星，作數據、電報、傳真、語音或視訊會議通信者。

特點：

- 本業務不受地點限制，適用於通信對象所在地偏僻或位於電信基礎建設落後地區。
- 本業務可適時解決工商界海外據點間通信需求。

項 目	單 位	金 額
地面站架設工料費	站	95,000元
接線費	站	3,000元
移設費	站	整座 120,000元 室內設備 3,000元
查驗費	每次每站	離島 10,000元 本島 5,000元
更名費	站	240元

圖 3-3 地面站架設費用價目表（單位：新台幣元）

速率項目	64 KBPS	128 KBPS	192 KBPS	256 KBPS	384 KBPS	512 KBPS	768 KBPS	1,544 KBPS	2,048 KBPS
地面站設備月租費	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000
衛星電路使用費	45,000為收費上限	110,000為收費上限	另	210,000為收費上限	另	另	另	另	另
總 計	依實際收費計算	依實際收費計算	訂	依實際收費計算	訂	訂	訂	訂	訂

圖 3-4 國際數據電路小型衛星地面站月租費價目表（單位：新台幣元）

### 3.1.2.4 衛星轉頻器出租

衛星轉頻器是設置於衛星上之通信中繼設備，其功用為接收地面站發射之上鏈信號，將其放大、變換成下鏈頻率，再經功率放大後向地面發射。提供中新一號衛星 Ku 和 C 頻段衛星轉頻器的頻率及功率，供客戶自行建設網路作為衛星通信或廣播電視的業務。

中華電信擁有：

7個C頻轉頻器，8個Ku頻轉頻器（包括6個K1轉頻器，2個K2轉頻器）  
使用頻率：

C 頻段 上鏈 6.425-6.725GHz  
下鏈 3.400-3.700GHz

Ku 頻段 上鏈 14.000-14.250GHz (K2)  
下鏈 11.450-11.700GHz  
上鏈 14.250-14.500GHz (K1)  
下鏈 12.500-12.750GHz

### 3.1.2.5 國際航海衛星通信

本業務系利用國際航海衛星公司（INMARSAT）之衛星及各洋區海岸地面電台，連接陸上通信網路，以建立船舶與陸地間之電話、傳真、電報交換及數據通信，有助於航行中通信效率及增進航海安全。鑑於工商業發展及對通信品質服務之需求，本公司已陸續開放 Inmarsat A、B、C、M、Mini-M、M4 (GAN)、Fleet、Aero 等型號之岸對船、船對船及船對岸服務。

種類	計費時間	前三分鐘通話費 FIRST 3 MINS		逾此種分鐘加收 EACH ADDITIONAL MIN	
		叫人 PERSON TO PERSON	883	271	
叫號 STATION TO STATION	820				
電話 TELEPHONE	直接撥號 IDD	每六秒 PER 6 SEC.			
		通信類型 TYPE	一般時段 STANDARD	減價時段 REDUCED	
		A	18	15.3	
		B	14	12.6	
		M	14	12.6	
		Mini-M	12	10.8	
		M4	12	10.8	
		Fleet	12	10.8	
		B-HSD	50	45	
M4-HSD	42	37.8			
Fleet-HSD	42	37.8			
電報 TELEGRAPH	每字 PER WORD	34.00			
電報交換 TELEX	每六秒 PER 6 SEC.	13.24			
航空型： 空對地：由國外地面站轉接，適用該外國業務費率。 地對空：每分鐘新台幣229元					

圖 3-5 岸對船費率（單位：新台幣元）

業務種類	收取標準
A型,B型,C型,Mini-M型,M型,Fleet	4,000/每套通信設備
航空型 INMARSAT-AERONAUTICAL	8,000/每套通信設備
更名	2,000/每套通信設備

圖 3-6 國際航海衛星通信業務辦理費率（單位：新台幣元）

### 3.1.2.6 出租衛星網路

中華電信公司在出租衛星網路部分主要包含以下兩種業務：

- Skystar Advantage (SSA) 衛星小型地面站服務。
- 衛星網際網路直撥服務 (DirecPC)。

由中華電信與兆伸電訊公司引進以色列 Gilat Satellite Networks 公司先進的衛星通訊系統--Skystar Advantage VSAT，提供雙向衛星通信傳輸服務。Skystar Advantage VSAT 衛星網路系統以一元化通信平台，能滿足數位資料傳輸，語音和傳真，以及多媒體廣播等用途。可依據客戶端需求設計，提供快速經濟的應用解決方案。

(1) Skystar Advantage VSAT 應用：

一、SCADA 預警系統應用：

- 河床水位監測。
- 管線狀況監測。
- 防災預警。
- 土石流監測。
- 地震警報系統。
- 各地氣象資料搜集（如：風速、雨量）。

二、遠距教學：

- 互動式教學語音。
- 傳真及 E-mail 輔助教學。
- 企業培訓人才。
- 視訊會議。

三、售票及彩券投注站：

- 無人售票系統 Kiosk。
- 投注站及海外投注站。
- 彩券簽注站。

四、銀行及金融服務：

- ATM 交易服務。
- 大量交易資料傳輸。
- 電子圈存、轉帳股票、證券交易服務。
- 即時金融行情資料。

#### 五、語音及傳真服務：

- Call Center。
- 緊急通訊系統。
- 企業內部通信。

#### 六、互動式資料傳輸：

- Internet/Intranet 資料傳遞。
- 資料存檔 File Download。
- 新聞節目傳送至製作中心。

#### 七、超商或加油站應用：

- 交易資料處理。
- 電子商務。
- 多媒體廣告。
- 即時生活資訊。
- 油槽連線。

#### Skystar Advantage VSAT 優點：

- 傳輸穩定度高。
- 安裝架設快速。
- 低耗電量。
- 建置成本低。

#### (2) 衛星網際網路直播服務 (DirecPC)：

由中華電信與華允電訊共同經營的衛星網際網路直播業務，藉由中華電信中新一號衛星 (ST-1) 提供亞洲地區的商業機構與重量級網際網路使用者 (power user) 高速資料通道服務。

對於將一般資料、動畫或聲音廣泛傳送給各地站台，DirecPC 業務提供一台非常快捷又具經濟效率的方法，只要擁有一台寬 45~60 公分的碟形天

線，在亞洲地區任何一個角落都可以收到 DirecPC 的服務訊號。

中華電信提供的服務：

高速網路擷取服務 (Turbo Internet Service)：客戶端利用撥接上網後，網路回應的資訊，經由網路營運中心 (NOC) 及衛星電路，以高達 400Kbp 的速度，下載至客戶端的服務。

多媒體傳送服務 (Multimedia Transmission Service)：配合客戶端的需求，將多媒體資訊，以預約或即時，而連續的傳送方式，經由網路作業中心及衛星電路，以高達 3Mbps 的速度，下載至客戶端的服務。

數位封包傳送服務 (Digital Package Delivery Service)：為配合客戶端的需要，將檔案以封包方式傳送。此服務亦經由網路作業中心及衛星電路，以高達 3Mbps 的速度，下載至客戶端。

新聞播送服務 (NewsCast Service)：利用推播 (PUSH) 技術，依照客戶端的需求，將新聞節目以即時、預訂或是隨選 (On-Demand) 的方式，主動播送到客戶端的服務。

網頁播放服務 (WebCast Service)：利用推播 (PUSH) 技術，依照客戶端的需求，將各式各樣的網站內容以即時、預訂或是隨選 (On-Demand) 的方式，主動播送到客戶端的服務。

### 3.1.2.7 電視衛星中繼網路

電視節目衛星中繼業務 (International Program Transmission Service) 即一般所謂上鏈業務，由本分公司提供設備供電視系統業者將壓縮後之電視節目經陽明山或枋山地面站送上衛星，再由系統頭端以天線接收解壓縮後傳送至一般住家供觀眾收看。

特點：

- 利用衛星轉頻器衛星地面站設備及地面電路提供廣播及電視節目中繼。
- 代客戶作系統之規劃及設計服務。
- 提供上鏈服務。
- 提供節目中繼整體服務。
- 提供點對點的節目中繼服務。

## 3.2 Globalstar

### 3.2.1 關於 Globalstar

Globalstar 提供可負擔的起且高度品質信任並跨越北美到超過全球 120 個國家的衛星語音與資料服務。當你位於遠方的企業中心仍使用行動電話及傳統有線電話服務，Globalstar 等待你對可負擔的起且高度品質信任通訊的需求。

語音及資料：

語音及資料服務提供了可以透過行動或固定通訊單位，適合給需要日常工作或娛樂的使用者。Globalstar 資料服務幫助傳送遠端的重要工作資訊或經營上收集的資料，對公司而言節省數不盡的時間及金錢。

Globalstar 顧客：

Globalstar 語音及資料顧客包含了在行動電話覆蓋率貧乏或不存在以及無電話服務地區的企業、天然資源的公司、長途運輸業、商業漁夫、政府員工、娛樂及旅行業、地質學家、探勘者及公共安全組織全都使用 Globalstar 產品與服務。戶外的工作者當他們在捕魚、打獵以及遠方遊玩時可以有更方便與安全的電話服務。Globalstar 也提供電話租賃服務給企業或消費者針對短期內季節性有較高頻率的通訊需求。

北美運作：

Globalstar 運作是因為 Globalstar 產品銷售分散到全球各地。Globalstar 擁有一個已建立的網路，跨越北美遍佈 340 個分散的地區，主要整合了無線網路、雙向衛星通訊與特定的垂直市場焦點分配。

### 3.2.2 服務

- 語音郵件服務。
- 行動電話服務。
- 傳真服務。
- Globalstar and OCENS WeatherNet。

- 短訊服務。
- Globalstar Quick Locate Service。

### 3.2.2.1 語音郵件服務

不會遺失任何電話：

Globalstar 語音郵件提供全年無休的彈性與控制機制。使用 Globalstar 語音郵件，你的呼叫一定可以被應答且訊息也可以經由你的 Globalstar 衛星電話或按鍵式電話來使用。Globalstar 語音郵件容易學習與使用。自動化的語音郵件學習系統會提示你一步步的學習使用他。你現在將不會遺失重要電話，甚至在遠方地區工作也一樣。收接訊息或是透過有線電話檢查您的訊息不需要額外的費用。你也可以透過 Globalstar 電話來檢查你的訊息使用哪種通話費率。

設定與使用：

設定與使用你的 Globalstar 語音郵件：

- 透過任何按鍵式電話或是衛星電話撥打你的 Globalstar 號碼。
- 當你聽到問候聲時，按「1」。
- 輸入個人密碼（第一次使用密碼為 12345）。

重要的優勢：

容量：

- 你的語音郵件能存放 25 通訊息。
- 每通訊息最長可以記錄三分鐘。
- 訊息一經播放後可以存放 30 天。

彈性：

- 即使你在通話中，其他撥打者可以留下語音訊息。
- 當你的電話關機時，語音訊息仍然存在。
- 當電話開機中並在衛星模式之下，不管任何時間以及不被遮蔽的地點都可以立即接收新的訊息通知。

便利性：

- 錄製製作自己個人化的問候語並可以設定四組問候語
- 可以快轉、倒帶、降速或加速你的語音訊息



### 3.2.2.2 電話服務

主動式 Globalstar 行動電話服務：

Globalstar GSP-1600 手提式電話工作在兩種模式，800 MHz CDMA 數位信號模式，及 800 MHz AMPS 類比訊號模式。這些工業標準技術並非在所有地區都能共存，而且被提供者現有設備限制了他們可以提供的服務。一部份行動電話手機如同 QUALCOMM QCP-860 行動電話一般。當然，你的 Globalstar 電話在我們的覆蓋率內且沒有任何遮蔽的地點將可以運作在衛星模式下。如果希望增加電話服務到你的手機請與當地行動電話提供者協商技術的相容性一旦電話服務成功的載入你的 Globalstar 電話，你的行動電話與衛星電話號碼與手機都將會分開。

Globalstar:這世界只有衛星與行動電話：

Globalstar 電話手機是三合一的電話更容易的使用 800 MHz CDMA 行動電話系統、類比行動電話系統以及 Globalstar 數位衛星系統。當 Globalstar 預設模式是將衛星天線關閉時 Globalstar 會自動搜尋當地的類比或數位 CDMA 行動電話網路。如果行動電話服務無法使用，使剩下 Globalstar 系統天線則電話將會自動搜尋 Globalstar 衛星網路。

行動電話與 Globalstar 衛星電話的不同：

Globalstar 衛星服務特別設計給在傳統電話網路無法使用或無靠不住的地區。例如在建築物內或是居住的城市裡，你可以使用標準的行動電話服務。當在偏遠地區工作或是遊玩時，只有連線到 Globalstar 衛星天線使用使用 Globalstar 空前未有的可靠通訊服務。

### 3.2.2.3 傳真服務

傳送與接收傳真不需要使用電腦，事實上在任何無遮蔽的地方都可以觀看。The Globalstar StarFax 100 傳真介面使你有資料處理能力的 Globalstar 電話 (GSP 1600 or GSP 2900) 連線到任何標準的傳真機透過高品質可靠並負擔的起的 Globalstar 衛星網路。The Globalstar StarPort 700 除了有 StarFax 100 的功能外，還增加了一系列額外的能力可以支援其他多樣化的資料服務。

好處：

容易使用：

- 設定簡單。
- 不需要電腦。
- 與一般傳真機差不多。
- 可以傳送/接收一般的傳真機資訊。
- 專屬的 Globalstar 傳真號碼。
- 提供訊息確認通知。

負擔的起：

- 低月費加上標準通話費。
- 非以頁計費。
- StarFax & StarPort 壓縮傳真資料使的傳送速度加快。

可靠：

- 自動完成：當傳送被中斷將會自動重新撥號並繼續完成工作。
- 「儲存與轉送」系統：當連線可使用時，沒有 Globalstar 連線在進行列印與傳送動作，則會儲存進入與出去的傳真訊息。

覆蓋率：

- Globalstar 可在遍及北美地區覆蓋的地區使用。
- 可接收來自任何地方的傳真。
- 可傳真到任何加拿大或美規電話的號碼。

### 3.2.2.4 Globalstar and OCENS WeatherNet

Globalstar and OCENS WeatherNet TM：

在你需要的時候可以更快取得可靠與完整的天氣資料

- 超過七千個立即天氣資料可以選擇。
- 只有當你下載資料時才付費。
- Globalstar 是更優質的天氣資料提供商。

更多的天氣資料可供選擇：

可從超過 7000 比高度壓縮的天氣資料選擇，其中包含天氣圖、海洋圖、文字預報、衛星空照圖、GRIB、下一代氣象雷達影像資料、浮標資訊與航空圖。

WeatherNet 的網路機器人將會不斷在網路上更新資料滿足中央主機保證百分之百可以被存取。WeatherNet 儲存了各地最新最完整的氣象資料。

高度壓縮檔案可快速下載：

WeatherNet 使用不同的壓縮技術使得氣象資料得以更小，使得下載的時間更令人注目。海洋溫度圖可以達到八倍壓縮率。天企圖則可以得到四倍的壓縮率。浮標 GIF 資料更可以從 22K 壓縮到 2K，達到十倍的壓縮率令人印象深刻。

簡單的介面免除下載的麻煩：

WeatherNet 軟體允許你從廣大資料中選擇你要的圖表或資料，並建立一個批次檔可一次下載。這軟體會自動連線、下載與自動斷線。你擁有你需要的天氣資料後就可以更進一步使用 OCENS WeatherStation 或是 SeaStation 套件或其他影像檢視器來處理。

WeatherNet 不需要月費也不用每分鐘收費：

你只需要買一次他的軟體，費用是根據資料計算。你只需要根據你下載什麼來付費。Globalstar 需要月費。通話費則是當 WeatherNet 經由 Globalstar 才會計算。

Globalstar：最好的 WeatherNet 資料服務者：

最快速、最可靠與負擔的起的手提式衛星電話，Globalstar 是最好的 WeatherNet 資料服務者。

### 3.2.2.5 短訊服務

重要優勢：

- 大量與家人、朋友或同事傳遞短訊。
- 快速且簡單的收發訊息。
- 允許使用 GSP-1600 電話的顧客接收最長 35 個字的訊息。
- 電話可以自動存放高達 91 筆短訊，每通最多 35 個字（如果短訊少於 35 個字，則可以存放的總比數可以再增加）。
- 當你有短訊時會有訊息提示告訴你。
- 你可以在任何地方傳送短訊，透過 Email 的方式將訊息送到下面的位置（satellite#@msg.globalstarusa.com）。

### 3.2.2.6 Globalstar Quick Locate Service

Globalstar Quick Locate Service 提供可靠且負擔的追蹤目標物能力，管理艦隊以監看在 Quick Locate 服務覆蓋區域的特定地區。容許 9 Byte GPS 每天六次自動從通訊無法到達或是通訊昂貴的地區傳回定位報告。利用兩種不同的格式、高低不同單位結合的數據機、控制板，GPS 接收器與電池供給快速及準確的追蹤目標物。選擇性的 DC 電源也可以重複充電。除此之外，Globalstar Quick Locate 產品可以整合鬧鐘，大門偵測以及其他事件資訊。方便且無須其他花費的網站工具也包含在 Globalstar Quick Locate 服務裡，可以簡單的使用位置座標與監看資訊。

技術運作方式：

- 單一訊息只使用上傳連線透過 Globalstar 低軌道衛星網路傳送（單方向資料傳送）。
- 多重訊息傳送必須經過數分鐘，每個傳送間隔必須確認是否收到。一旦 Globalstar 系統確認訊息重複就會刪除它。庫課只需要付第一次訊息的費用。

Monthly Service Fee	\$34.95
Included Messages*	200/month
Activation Fee	\$35.00
Overage Fee (up to 50 additional messages)	\$7.95

圖 3-7 Globalstar Quick Locate Service 價錢

Note：根據 9-byte 訊息大小有 200 個個別的訊息，包含每天 6 個 GPS 定位訊息。其他每個月剩餘的訊息可以做為其他數位輸入的需求。

語音費率：

Globalstar 衛星通話費率設計了不同地區的通信需求。可根據十個方案裡選擇一個最適用於你的工作需求。無論你使用攜帶式或是固定式電話，Globalstar 針對偏遠通訊需求提供多樣化的語音與資料解決方案。跟 Globalstar 認可的提供者接洽更多關於我們服務方案與完整產品服務線的細節資訊。


VOICE AND DATA SERVICE PLANS	FREEDOM 50	LIBERTY 600	FREEDOM 150	LIBERTY 1800	FREEDOM 500	LIBERTY 6000	FREEDOM 1400	LIBERTY 16800	FREEDOM 4000	LIBERTY 48000
MONTHLY SERVICE FEE	\$50	N/A	\$65	N/A	\$120	N/A	\$275	N/A	\$550	N/A
ANNUAL SERVICE FEE	N/A	\$600	N/A	\$780	N/A	\$1440	N/A	\$3300	N/A	\$6600
BUNDLED VOICE OR DATA MINUTES	50/mo	600/yr	150/mo	1800/yr	500/mo	6000/yr	1400/mo	16800/yr	4000/mo	48000/yr
ADDITIONAL VOICE OR DATA MINUTES	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.99	\$0.49	\$0.49
ENHANCED SERVICES										
EXPRESS DATA COMPRESSION	\$9.95	\$119.40/yr	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included
VOICE MAIL	\$7.95	\$95.40/yr	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included
19-CHARACTER MESSAGING	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included	Included
ACTIVATION FEE	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50	\$50
<b>BURST DATA FOR DIRECT INTERNET (#777)</b>										
POTENTIAL NUMBER OF BUNDLED 15-SECOND BURST DATA SESSIONS	200/mo	2400/yr	600/mo	7200/yr	2000/mo	24000/yr	5600/mo	67200/yr	16000/mo	192000/yr
ADDITIONAL 15-SECOND BURST DATA SESSIONS	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.25	\$0.12	\$0.12
LENGTH OF BURST DATA CALL	<b>BUNDLED BURST DATA AIRTIME STRUCTURE</b>									
1-15 seconds	The customer is charged for 15 seconds of usage (1 data session)									
16-30 seconds	The customer is charged for an additional 15 seconds of usage (2 data sessions)									
30 plus seconds	The customer is charged for the entire minute of usage									
60 plus seconds	The customer is charged in 30 second increments									
										
Calls to '611' (Customer Care) from your satellite phone are free of charge.										

圖 3-8 Globalstar 衛星通話費率

資料費率：

Globalstar 提供彈性且可負擔的起的資料通話費方案針對有資料處理能力的產品。透過 Globalstar 衛星服務傳送與接收可靠資料而不需到遠方地區。美國突發傳送資料費率是設計給所有 Globalstar 有資料處理能力的產品，其中包含 GSP-1600 手提式電話、GSP-2900 固定式電話與 GSP-1620 衛星資料數據機。突發傳送資料費率方案提供了遠端地區彈性且負擔的起的雙向資料傳送的 Globalstar 衛星網路。所有費率最低的是每個連線每 15 秒 0.05 美金。可從七個費率中選擇對你的資料通訊最好的方案。

**Burst Data Price Plans**

	LIBERTY 600	LIBERTY 1800	LIBERTY 6000	LIBERTY 16800	LIBERTY 48000
<b>Annual Service Fee</b>	\$ 600	\$ 780	\$ 1440	\$ 3300	\$ 6600
<b>Bundled Voice or Dial-Up Data Minutes</b>	600/yr	1800/yr	6000/yr	16800/yr	48000/yr
<b>Additional Voice or Dial-Up Data Minutes (overage charge)</b>	\$ 0.99	\$ 0.99	\$ 0.99	\$ 0.99	\$ 0.49
<b>Voice Mail</b>	\$ 7.95	Included	Included	Included	Included
<b>SMS</b>	Included	Included	Included	Included	Included
<b>Activation Fee</b>	\$ 50	\$ 50	\$ 50	\$ 50	\$ 50
<b>Burst Data for Direct Internet Access (#777)</b>					
<b>Potential Number of Bundled 15-Sec Burst Data Sessions</b>	2400/yr	7200/yr	24000/yr	67200/yr	192000/yr
<b>Additional 15-Second Burst Data Sessions</b>	\$ 0.25	\$ 0.25	\$ 0.25	\$ 0.25	\$ 0.12
<b>Length of Burst Data Call</b>	<b>Bundled Burst Data Airtime Structure</b>				
<b>1 - 15 seconds</b>	The customer is charged for 15 seconds of usage (1 data session)				
<b>16 - 30 seconds</b>	The customer is charged for an additional 15 seconds of usage (2 data sessions)				
<b>31 - 60 seconds</b>	The customer is charged for the entire minute of usage				
<b>60 + seconds</b>	The customer is charged in 30 second increments				

圖 3-9 Globalstar 衛星資料費率

國際漫遊涵蓋率：

Globalstar 對公司提供了較低的費率，每分鐘 1.39 美金針對通話兩端必須是美國漫遊到其他國家，加拿大每分鐘 75 加幣。其他通話按照一般漫遊計費。

只有 Globalstar 提供的服務：

- 美規號碼，使得你在漫遊時其他同事可以更容易的聯絡你。
- National "800" dialing，可撥打到 US 800 數以百萬的號碼。
- 全球 19 種語言短訊服務，可以快速發送短訊。
- 更快的資料傳輸率，使用更少的時間可節省通話費。
- 較高的可信賴度，較少的丟棄通信較高的語音品質。

## 3.3 銱衛星

### 3.3.1 關於銱衛星

衛星銱有限責任公司 ([www.iridium.com](http://www.iridium.com)) 提供全球聲音和資料傳遞 (包括海洋、航空線、以及極地地區)。銱提供邊遠地區必要的通信業務，此為其他形式的通訊系統無法達到的。銱的 66 顆低軌道衛星，交叉鏈結成為一完全網狀網路並且是世界上最大商用衛星系統。銱服務很適于像海上那樣的工業，航空，政府/軍隊，緊急事件/人道主義的服務，采礦，林學，石油天然氣，重型設備，運輸和公用設施。銱給提供服務。銱公司擁有超過一百間合作企業，設計，建造並且出售它的服務，產品和解決辦法，美國國防部亦使用銱公司提供的服務。

### 3.3.2 服務

- 數據服務 (Data Services)。
- 語音業務 (Voice Services)。
- 全體員工呼叫系統 (Crew Calling)。
- 全球尋呼業務 (Global Paging Service)。
- 短報文服務 (Short Message Service)。

- 短的爆發數據 (Short Burst Data)。
- 國際 SOS (International SOS)。
- 船安全和警惕的系統 (Ship Security and Alert Systems)。
- 傳真和提升的發送 (Fax & Enhanced Messaging)。

### 3.3.2.1 鉅數據服務

使用你的電腦和一部鉅衛星電話，你從世界上任何地方皆能連接網際網路或者一個企業網路，允許你瀏覽網頁，送發電子郵件以及轉移文件。你能依照自己的需求，選擇不同的數據通訊配置：撥號數據或者直接的網際網路數據。鉅數據服務目前可在使用 Windows XP 作業系統的電腦上運轉，包括 Windows 95, 98, ME, NT 4.0 和 2000。

#### DATA KIT



圖 3-10 鉅衛星電話

撥號數據：

撥號數據服務經由你的鉅電話連到另一台電腦、企業網路/局域網路或者一家網路服務供應商 (ISP) 以提供撥號連接功能。這種服務提供一個最多 2.4 Kbps 的數據傳輸速度。

你將能使用撥號數據服務，正如使用電腦上的數據機透過公用交換電話網 (PSTN) 撥號連線一樣。唯一的差別在於撥接號碼必須是鉅所使用的樣式，並且使用鉅電話作為數據數據機。本質上，鉅電話就像電腦的一個外置式數據機。

使用撥號數據服務，你必須把電腦和一部有數據能力的鉅電話連結起來，鉅電話插上一張用戶身分模件 (SIM) 卡片，並且在電腦 (在鉅世界數據服務 CD 上提供) 上安裝數據機驅動器。你便能使用標準軟體應用 (例如，微軟撥號網路系統) 建立起撥號數據服務。

直接的網際網路：

直接的網際網路服務中，個人電腦透過鈱電話連到鈱閘道，再透過此閘道連接上網際網路。這種服務利用壓縮技術，最高達到 10 Kbps 的數據傳輸速度，其實際速度取決於內容。（圖形和圖像將導致較低的流量）

直接的網際網路數據服務提供一種機制，稱為詐欺（Spooling），以增進電池生命。當沒有數據資料被傳送時，直接的網際網路數據服務關閉連線，當有數據資料欲傳送而連線已被關閉時，直接的網際網路數據服務再次建立連線。

使用直接的網際網路數據服務，你必須把電腦和一部有數據能力的鈱電話連結起來，鈱電話插上一張用戶身分模件（SIM）卡片，並在電腦安裝適當的軟體。

### 3.3.2.2 鈱語音服務

若你在手機及地面網路無法連通的地區工作或旅遊，而又需要通訊時，可使用鈱。世界上的百分之 86（包含陸地與海洋）缺乏適當的網路服務。透過涵括所有海洋、飛航航道、地塊的覆蓋範圍，鈱解決了這個問題。

標準語音服務：

鈱系統藉著全域的涵蓋範圍，提供真正的全球語音服務。9500 電話聽筒或者更小、更輕的 9505 電話聽筒提供語音服務功能。擁有極好的信號強度下，鈱提供可靠的連接性。真的提供全球，真地移動聲音連接。與你的家庭聊天或者連接你的同事就象撥電話一樣容易。附加的語音業務和先進的特徵。

其他可得到的特徵：

另外，鈱提供許多其他服務。一個個人信箱可用來接收及儲存數值的訊息，正式報文和語音郵件訊息。語音郵件允許呼喊者在你的個人信箱區裡留下一條消息。

### 3.3.2.3 Iridium Crew Calling

在使用單一 SIM 卡及單一鈱電話下，船隻目前能同時使用傳統訂購服務



以及預付服務。船長及辦公人員可使用傳統訂購服務於業務需求，而船員能安置預付的私人電話。最重要的是，船員私人預付電話可自動與業務上的電話分開計費，消除管理負擔。Iridium Crew Calling 中訂購服務的價格與一般的鉅訂購服務相同。無論何時、何地，船員預付的價格為統一價，亦不需漫遊費用。除了漁業與運輸業，Iridium Crew Calling 適用在任何多人使用單一鉅電話的情況，比如採礦場、軍事基地、公共公用電話。

### 3.3.2.4 鉅全球傳呼業務

只有鉅全球傳呼業務提供全球傳呼以及傳訊的服務。全球傳呼業務使用鉅 66 衛星佈局，使用戶能夠在地球上任何地方，從城市到邊遠地區，接收數字及字母構成的頁面。

用戶選擇訊息應該被遞送的位置。位置選擇保證送往摩托羅拉衛星系列 (TM) 9501 傳呼機的訊息傳遞。如果有訊息遺失，用戶能收到並重送遺失的訊息。無論你在那裡，你總能透過單一的聯繫號碼保持聯繫。

#### 9501 PAGER



▶ [More details](#)

圖 3-11 透過發送人透過網際網路或者電子郵件免費傳送消息

跟我來傳呼：

使傳呼機與一部鉅衛星電話連合，鉅全球傳呼是終極的訊息傳遞系統。你的電話忙碌或者被關掉使得他人（呼喚者）無法連絡到你時，鉅全球傳呼服務自動促使對方留下一個語音郵件或者數值的訊息。你的傳呼機將通知你一條訊息已經到達。

訊息如同鉅衛星電話跟隨著你。如果你正在行進，它就跟打開電話一樣簡單。當你打開鉅電話時，系統便知道你的傳呼機在何處。

### 3.3.2.5 簡訊服務 (SMS)

身為一位鈹語音用戶，你的電話履行語音通訊和訊息發送兩種用途。在單一個訊息中，鈹衛星電話能送收至多 160 個字元。一旦你開啟鈹電話並向衛星網路註冊，你的新消息便會直接寄到你的電話聽筒。從 2001 年 4 月起鈹用戶已經能接收 SMS 訊息，現在並有送出 SMS 訊息的能力，鈹提供完整的 SMS 服務。

SMS 的服務項目：

- 雙向全球正文發送。
- 從其他鈹使用者取得訊息／送訊息至其他使用者。
- 透過電子郵箱位址送收訊息。鈹用戶能透過 MSISDN@msg.iridium.com 收送訊息，其中 MSISDN 是他們的個人電話號碼。
- 送／收訊息給／從手機用戶（可提供時）。
- 每條訊息至多 160 個字元。
- 訊息將被儲存，直到（至多 8 天）遞送。
- 在 9505 電話聽筒和 9522 L-Band 發報機支援。

9505 PORTABLE  
PHONE

▶ More details



圖 3-12 9509 電話聽筒

使 SMS 服務成為可能：

- 為了使 SMS 服務成為可能，你必須完成如下內容：SMS 服務中心號碼必須被寫入 SIM 卡片。
- 用戶的 9505 電話聽筒或者 9522 L-Band 機必須有最新近的軟體。

### 3.3.2.6 短的爆發數據

短的爆發數據 (SBD) 服務是一個新的數據服務，使一些日益重要的應用能夠有效率地送收短小的數據資料。

服務細節：

透過單一網路進入點，鉭衛星網路使 SBD 能夠被在一個全球基礎上提供。然而，這受合適的批准和規章的影響。基本的架構在下面的圖解裡說明：

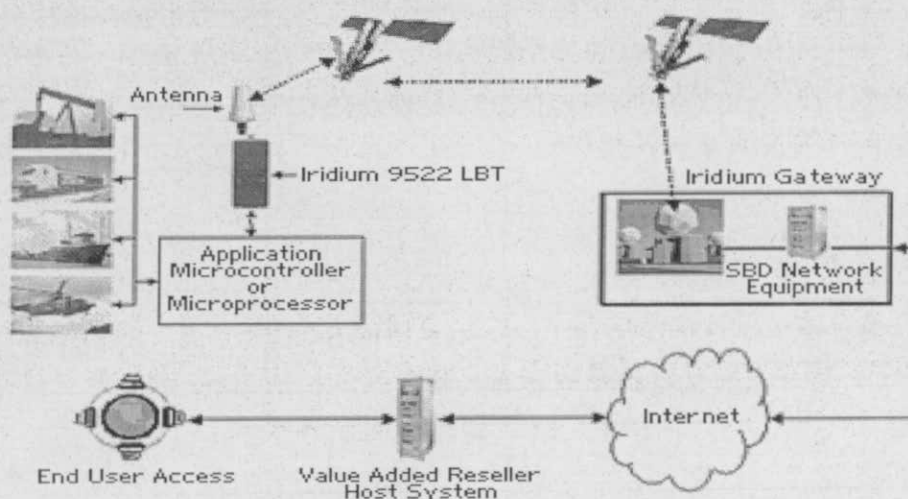


圖 3-13 SBD 在鉭衛星上的基本架構圖

SBD 在油、天然氣、鐵路、航海、航空、公共事業以及在政府和軍事部門裡，為垂直的市場應用提供新能力。SBD 服務提供公認的轉售者以滿足特定無線網路需求。鉭挑選技術性佳的轉售者成為伙伴，整合所需要的硬體、軟體、和 SBD 服務，最終提供末端用戶完整的解決辦法。

透過一台鉭 9522 L-Band 發報機，遠端應用可送出 Mobile Originated SBD (MO-SBD) 數據訊息。應用微控制器或者微處理器透過 RS232 序列浦，使用 AT 命令與 LBT 聯繫。應用把數據訊息載入 LBT 並且指示它送數據訊息。數據訊息透過鉭衛星網路傳送 (利用衛星鏈路之間達到鉭通道)。在鉭通道上數據訊息透過電子郵件送到 VARs 主機電腦系統。訊息被儲存在資料庫，拿來作更進一步的數據處理。

## 9522 L-BAND TRANSCEIVER



▶ [More details](#)

圖 3-14 鈹 9522 L-Band 發報機

Mobile Terminated SBD (MT SBD) 訊息從 VARs 主機系統透過電子郵件寄到鈹通道。MT SBD 數據訊息在遠端應用執行 MO-SBD 或 ail-box 檢查後被送出。一條 MO-SBD 訊息的最大長度是 1960 個位元組。一條 MT-SBD 訊息的最大長度是 1890 個位元組。全球網路傳輸延遲大約為 5 至 20 秒 (分別對應最小長度與最大長度)。

### 3.3.2.7 國際 SOS

請注意，使用這種服務，你必須是國際 SOS 的成員。相關細節，請與國際 SOS 或者你的服務提供商聯繫。擁有鈹電話的國際 SOS 用戶現在可透過鍵入「SOS\*」，與國際 SOS 24 小時警報中心聯繫。

國際 SOS 開放全世界任何個人或團體申請會員，並且為在國外工作或旅遊的客戶提供全天 24 小時、全年 365 天的協助，包括醫學和保安撤退和緊急事件處理。透過 SOS 網站和註冊電子郵件，成員也能獲得關於任何國家的最新旅行健康和安訊息，在快速擊球全球事件上保持警覺。

### 3.3.2.8 船隻安全和警戒的系統

鈹衛星已經提出海事衛星通信的新範圍，提供節省成本的解決辦法，讓船主滿足新國際海事組織 (IMO) 對於船隻安全和警戒系統 (SSAS) 的要求。由於恐怖主義和海盜的威脅與日益增，國際海事組織採用了新 SSAS 規章提升海上的安全。在 2004 年 7 月 1 日之後，大多數深海遊輪和貨輪一定裝有能警報訊息的一個設備，當船隻遭受威脅或損害下，該船的 ID 和位置會被送出。遇難通知必須被隱蔽地啟動，並且只傳送至指定的管理機構而不被其他船隻接收，或者在遭攻擊的船上拉響警報。鈹對於 SSAS 為船主提供一系列靈活的解決方案，用以滿足國際海事組織運輸規定和旗管理規格。使用鈹，SSAS 訊息被直接分派到旗狀態指定的管理機構。

鈱為透過它的全球衛星網路送 SSAS 消息提供幾種選擇，使用短的爆發數據 (SBD)、簡訊服務 (SMS)、或者電路開關數據協定，並透過公用交換電話網、虛擬私人網路，或者網際網路傳送。SSAS 終端可在安裝時候編程，視船主的需求而定。鈱 SSAS 單元可以從多種製造商中獲得。在鈱 66 衛星佈局下，不需倚靠地區基礎設施或者地面路由，即可達到全球極地至極地的涵蓋範圍，並且透過堅固的數據協議保證通訊的安全性。使用鈱廉價的聲音和數據通信，SSAS 設備的安裝費用可迅速回收。

### 3.3.2.9 傳真和提升的訊息發送

傳真和提升的訊息發送：

傳真和提升的訊息發送服務擁有一套廣泛的選擇，允許用戶用不同形式來傳送收資訊。鈱傳真和提升的訊息發送服務包括：送出傳真、接收傳真、正文電子郵件轉往傳真、以及送出數據訊息，全部使用鈱數據服務。這些服務大大增加用戶為數據通信需要使用鈱網路的能力。

送出傳真：

送出傳真服務允許任何標準第三群傳真機或者傳真數據機與一部鈱電話結合，把資料送到世界上任何一個傳真號碼。接收端傳真機不需為了從鈱用戶收到傳真，使用特別的設備或者軟體。

為了使傳輸時間減到最小，數據資料被壓縮後傳送。鈱使用一種智慧的數據傳輸機制，以保證數據頻寬被有效率地使用；即使衛星鏈路在數據傳輸期間下降，它將自動試圖重建連接並且繼續傳送訊息而不需要從開頭開始。若接收端傳真機正在忙碌，傳真文件將自動被排程重送，不需用戶介入。一旦資料被成功送達，一條 SMS 訊息會通知傳送端。

接收傳真：

接收傳真服務為鈱用戶提供從全世界任意一台傳真機收到傳真的能力。來源端傳真機不需要特別的設備或者軟體從鈱用戶收到傳真。

每位銀用戶配有用於接受傳真的個人傳真信箱號碼。一旦有消息送達，連接銀電話的 uniHub 會接收到 SMS 訊息通知。它將收取訊息和指示傳真機印出文件，不需任何用戶介入。收取的傳真被放置在用戶信箱裡，直到它們透過銀網路被下載至用戶端。不管用戶的銀電話是否開著，這種服務允許用戶隨時收到傳真。



圖 3-15 uniHub

#### 正文電子郵件轉往傳真：

正文電子郵件轉往傳真允許用戶使用他們的銀電話和一台標準第三群傳真機接收基于文本的電子郵件。這種服務為銀用戶提供一個個人電子郵箱位址。每當基于文本的電子郵件被寄送到用戶電子郵箱位址，電子郵件被下載到 uniHub 然後轉變成一幅傳真圖像，並且到被連接的傳真機印出。這種服務允許用戶沒有電腦之下收取電子郵件，亦不需要僅僅為了檢查是否有任何進來的電子郵件，經常連接到網際網路。

#### 送出數據訊息：

送出數據訊息服務使訂製應用程式能夠透過銀網路傳送數據訊息。這種服務可以針對用戶數據傳輸上的要求作相對適當的配置。例如，如果用戶有應用程式需要將 GPS 座標傳送到中心應用程式，此服務將允許各自的數據被包裹在一封電子郵件裡並且送至網際網路到達站。對於試圖實現需要將數據資料由原野傳送到一個中心倉庫的應用，此項服務相當合適。

## 3.4 Thuraya

### 3.4.1 簡介

Thuraya 可為全球約三分之一的區域提供合成本效益的行動式衛星電話 (Satellite-based Mobile Telephone) 服務。Thuraya 透過動態雙模手機 (Dynamic Dual Mode Handsets) 和付費衛星電話 (Satellite Payphones) 提升了行動性和連接性的自由。

Thuraya 價值十億美元的區域性行動式衛星電話通訊 (Regional Mobile Telecommunications via Satellite, GMPCS) 系統能提供高品質且價錢合理的行動式電話服務，可滿足市中心，甚至是偏遠地區對此服務的需求。透過與幾個先進國家的電信和行動通訊公司的合作，Thuraya 可提供服務的範圍已經超過一百一十個國家，包括歐洲、北非、中非、大部分南非的地區、中東、中南亞——估計有二十三億人居住的地區。

用戶可透過服務提供商 (Service Provider) 來使用 Thuraya 的行動衛星系統，這些服務提供商可能是國家 GSM 網路公司或者地方的電信運營商。實際上，Thuraya 可輔助國家 GSM 網路，允許用戶在他們平時使用的國家行動式網路無法連線的地區時，透過 Thuraya 的系統而保持網路的連接。Thuraya 的衛星服務、行動電話服務 (GSM) 及定位系統 (GPS)，可以透過一個輕便、優雅且容易使用的雙模手機來收發聲音、數據、傳真和短訊。

Thuraya 是由一先進國家的電信運營商和國際投資聯合企業在一九九七年創立於阿拉伯聯合大公國 (UAE)。它的系統是由美國衛星製造商 Boeing Satellite Systems formerly Hughes 所提供。在 2000 年 10 月 21 日，Thuraya-1 衛星搭載著 Sea Launch Zenit-3SL 火箭於太平洋中間赤道上被成功發射。這次的發射成為一個成功的記錄，因為這不但是中東發射的第一個衛星還是當時被發射的衛星中質量最大的。

當 Thuraya 的第三顆衛星正在製造商 Boeing Satellite Systems 擴大它的系統能力時，Thuraya 的第二顆衛星 Thuraya-2 在 2003 年 6 月 10 號被發射了。Thuraya-2 衛星是被設計成海上發射型的同步軌道衛星，這也展示了 Thuraya

發射衛星的能力。Thuraya-2 衛星運作於地表東經 44 度傾斜 6.3 度上方 35,768 公里的同步軌道上，設計上使用期限為 12-15 年。

位於阿拉伯聯合大公國 Sharjah 的主要閘道 (Primary Gateway)，可以滿足 Thuraya 所有的服務地區，在其他有需求的位置建立另外國家專用閘道 (National Gateway) 的計畫也正在進行中。Thuraya 高度的靈活性和便利性已經改變人們生活以及工作的模式，平日的的生活已經習慣和他們的工作伙伴和用戶、家庭和朋友保持聯繫。

### 3.4.2 服務

- 航空服務 (Aeronautical Services)。
- 航海服務 (Maritime Services)。
- 直接撥接上網 (Direct Dial Up Access to Internet)。
- Thuraya 的 WAP。
- 付費 800 服務 (Paid 800 Service)。
- 電子錢包服務 (e-Wallet Service)。
- 取得密碼的服務 (Password Acquisition Services)。
- 全球定位系統 (GPS)。
- Thuraya 的 SMS。
- 透過 Thuraya 來使用電子郵件。

#### 3.4.2.1 航空服務

很快的 Thuraya 將會開始它在一些公司、休閒和企業用噴射機上所提供的航空服務。在與和法國 AirsatPhone 的合作中，Thuraya 也計畫提供它的服務，最初是在公司、休閒和企業用噴射機上，之後也會提供商業和軍用飛機和直升機上的服務。此系統完成所有的測試，在真實環境的最後測試將會在不久的將來結束。

除了在 Thuraya 服務範圍內的 3,500 架公司及企業用噴射機以外，還有約 1,500 的航線沒有衛星通訊的服務，Thuraya 預計這個市場具有很大的潛力。一旦 Thuraya 開始在商用飛機裡提供它的航空服務，Thuraya 在商業上的前景更是無可限量，因為大多數乘客即使在飛行期間也想要能夠工作。不論是聲音、短訊、電子郵件還是數據，Thuraya 可以在飛機裡提供極具有競爭性的資



料傳送速率的服務。

Thuraya 每分鐘的費用將比工業上的便宜四倍。Thuraya 所提供的通話費率為每分鐘一美元二十五分。而選擇使用 Thuraya 航空服務的航空公司，在飛機上所須要的設備，包括安裝費用大約是 45,000 美元。

一年前 Thuraya 已經指定 AirsatPhone 作為它的服務提供商，其則指定 London based Jetlab 為它的批發商。Thuraya 也在與一些商業航空公司洽談它所提供的航空服務。

### 3.4.2.2 航海服務

Thuraya 有提供它的行動衛星服務給航海工業。Thuraya 在航海上的方案——ThurayaMARINE 象徵在航海上對於整合聲音和數據服務的重要性，這為觀光遊艇業者、漁民和商業船隊在這方面提供了一個理想的方案。

Thuraya 航海服務包含的範圍很廣，囊括聲音、數據、傳真、網際網路、電子郵件或是直接連接上企業的內部網路以瀏覽各種訊息、最新的天氣情況、電子商務的資料和影像。

Thuraya 的航海服務 ThurayaMARINE 將會在它的服務區域內的客輪、貨輪、遊艇和油輪上被提供。此外，Thuraya 在海上的費率將會與在陸上的收費幾乎完全相同。

Thuraya 的航海設備：

Thuraya 的航海設備包括在甲板上的天線和發送機 (Transmitter)、在船艙內一般的電話分機和天線。

航海用天線 (Maritime Antenna)

無線電收發機 (Transceiver Unit)

海上電話 (Crew Calling)：

Thuraya 海上電話的方案提供寂寞艱辛且長期在海外船員可以偶而與他們的家人或朋友連繫。Thuraya 的系統為航海工業提供一個完整的方案。

Thuraya 成本合理且容易使用的海上電話運作管理方案，允許船長與船員

可以只靠一隻電話就可以做公用或個人的通訊。Thuraya 海上電話的方案同時支援個別船員的預付費電話服務和公用的船上通訊服務。

Thuraya 在它的服務範圍可提供不間斷的衛星服務，其範圍包括紅海、地中海、阿拉伯海、北海、波羅的海、裡海、黑海以及印度洋和大西洋部分的區域。

ThurayaMARINE 適用於：

- 捕魚業。
- 海洋學／研究。
- 海上導航。
- 港務營運。
- 快艇／帆船／渡輪。
- 救援行動。
- 軍用。
- 商業運輸。
- 巡航船艦。
- 遊船。

### 3.4.2.3 ‘直接撥接’上網

透過 Thuraya 雙模手機來‘直接撥接’上網，在 Thuraya 服務範圍內的使用者可以在任何的時間瀏覽網際網路。Thuraya 的使用者可使用‘直接撥接’上網的服務而不用額外的申請。這個服務不須要‘登入’也不須要使用者名稱及密碼。但是 Thuraya 使用後付費的使用者在連到網際網路前須要先啟用他們的數據服務。

Thuraya 的使用者可用 Thuraya 的數據線將電話接到個人電腦或輕便型電腦上來撥接上網。一般標準的網際網路服務，如瀏覽網頁和電子郵件，都適用這種方式。特別的如 Multi-link PPP 的服務也可以透過多個 Thuraya 的終端機來完成，可大量提升數據傳輸的效能。

無論是預付費或使用後付費的使用者都可使用這個服務，就像 GSM 的用戶在 Thuraya 網路上漫遊是一樣的。

連上網際網路你將須要：

- 使用後付費的使用者——先啟用數據服務。
- 個人電腦或輕便型電腦。
- Thuraya 的數據線(用來連接輕便型電腦和 UT)或序列線(須與 Fixed Docking Unit 一起使用)。

如何連上網際網路：

- 有數據服務的 Thuraya 使用者和 GSM 國際漫遊用戶，且可以透過他們的個人電腦或輕便型電腦撥打 1722 者。
- 使用著必須在電腦中設定一個撥號連線且設定他撥打 1722。

費用：

- 撥打 1722 費用與 Thuraya 與 Thuraya 間的數據服務相同。

使用者利益：

- 在 Thuraya 的服務範圍內的偏遠地區可以很簡單的連到網際網路。
- 不用預先向網際網路服務提供商註冊。
- 不用透過國際電話來連到家中使用的網路提供商。

### 3.4.2.4 Thuraya 的 WAP

Thuraya 在它的行動衛星電話中有支援無線應用通訊協定協定 (WAP, Wireless Application Protocol)。有關升級手機方面的問題，請連絡你的服務提供商。

WAP 是行動電話和網際網路或其他電腦硬用程式之間的一個全球性開放通訊標準。以 WAP 為基礎的技術可以設計出高階、互動且即時的行動服務，如行動銀行或以網際網路為基礎的新聞服務，這些服務可以用在數位行動電話或其他的行動式裝置。WAP 的規格可使不同的設備提供商在數位網路上的用戶端有著一致性的合作。

WAP 有與網頁有很像的能力，可是它包含一個很重要的特性：對低頻

寬、低記憶體容量、低顯示能力的環境做最佳化處理。這種環境的設備包含無線電話、攜帶型傳呼器、PDA 及差不多全部的通訊裝置。

關於 WAP：

- WAP 允許網際網路的內容被放置在一種可容易被存取的形式，即容易被一些裝置存取的格式，如行動電話。
- 用戶可以由任何地方以有啟用 WAP 的電話去瀏覽你的 WAP 網站。
- 原本網站中的影像可以轉換成 WBMP 格式，可以使影像的品質保持不變。
- 在企業上吸引人的地方在於交易可以在任何的時間及任何的地方進行，很容易的來完成目前進行中的程序。
- 使用 WAP 的軟體的安全性與目前網際網路系統是相同的。

### 3.4.2.5 付費 800 服務

在好幾個國家的付費 800 服務允許撥打國內的免付費號碼，以便 24 小時都可以使用到各式各樣的服務，如銀行、信用卡資訊、飯店預約、航空公司或是訂購各式的物品或服務。

Thuraya 的用戶可以在北美、英國，阿拉伯聯合大公國和約旦等 Thuraya 的服務區內使用付費 800 服務來撥打免付費號碼。用戶必須先撥國際電話接取碼 (International Access Code) (00) 再撥國家碼 (Country Code) 加上免付費號碼。通話的費用為普通 Thuraya IDD 的費率。

### 3.4.2.6 電子錢包服務

Thuraya 有提供‘電子錢包’服務——一種儲值 Thuraya 預付帳戶的方法。目前儲值預付費帳戶的方法可以透過 IVR、SMS 和其他的線上服務來完成。當有電子錢包服務的預付費帳戶用戶需要將錢轉入他的帳戶時，可找尋任何一家服務提供商，請它們幫助你轉入你的帳戶。只有通過 Thuraya 授權的服務提供商才可以幫使用者轉帳到其帳戶。

### 3.4.2.7 取得密碼的服務

經過 Thuraya 在增加其服務品質及安全性的不斷努力後，Thuraya 提供了

一種新的服務，有索取個人認證碼 (Personal Identification Code) 的預付費用戶與使用後付費用戶可透過網站 (services.thuraya.com) 取得各式的資訊。

密碼的取得方式為發一個簡訊 (空白的簡訊也可以) 到 1522。密碼會夾帶在回應的短訊中。用戶可以用這個密碼來使用網路付費質詢和增值服務。用戶須要付該簡訊的費用。

### 3.4.2.8 全球定位系統 (GPS, Global Positioning System)

Thuraya 的手提式行動電話不但結合了衛星和 GSM 的功能，還有內建的全球定位系統。定位系統通常是用在飛機、船隻、路上交通工具，也可為個人使用。全球定位系統不但在路上、海上和空中的航行有價值，它也被用在測量、地球物理學的探索、地圖繪製和交通工具的定位系統。

全球定位系統包括 24 個作業衛星，其運作在地球傾斜角 55 度上方 20,200 公里處的六個圓形非同步軌道上。這些衛星每 12 小時環繞地球一次，分成四個群組，每個群組有六個衛星，其中 21 個用來提供定位服務，另外 3 個是備用的。

GPS 衛星是用來算出地表上 GPS 接收機的位置，只須使用簡單的幾何學和計算機演算法就可讓接收機判斷要使用那些衛星且解決任何位置上的不明確。GPS 可以讓使用者得到他們在世界各地三維空間中的位置、速率和時間 (靠原子時鐘校正)。GPS 在 1995 年 7 月 17 日時就達到完整的運作能力。GPS 分三部份，分別是空間，控制和使用者。

雖然這個系統是美國國防部所開發的，卻可以被任何人給使用。有分兩種等級的服務，分別為 Standard Positioning Service (SPS) 和 Precise Positioning Service (PSP)。SPS 是被廣泛使用的系統，基於美國國家安全的考量，有一個叫做 Selective Availability 的機制限制它的能力。它的精確度為水平面 100 公尺、垂直面 156 公尺，99.99% 的機率在水平面只有低於 300 公尺的誤差，95% 的機率在時間上的誤差小於 340 奈秒 (nanosecond)。

關於冒險的愛好者：

Thuraya GPS 的特性使救援作業更加容易，這讓那些在偏遠地區行動和探索

的人更有自信也增加了其安全性。

常常去打獵的 Mohammed Al Hamli 和 Thani Al Hamli 談到有關 Thuraya GPS 的好處：「我們在很久前就在使用衛星電話了——只要是我們在沙烏地阿拉伯打獵的時候。但這是非常笨重且昂貴的。Thuraya 非常經濟，而且我們也發現 GPS 的功能非常有用。有時後我們會在沙漠中迷路，但有了 Thuraya 後我們可以掌握我們現在的地點。而且它的設計比起我們曾經用過的還要小型許多。」



圖 3-16 Thuraya 的衛星電話

### 3.4.2.9 Thuraya 的簡訊服務

Thuraya 的增值服務之一就是簡訊服務 (SMS, Short Message Service)。Thuraya 在它的手提式電話中有提供英文、義大利、法文和德文的簡訊服務。有 Thuraya 簡訊服務的行動衛星手機使通訊更快速且簡單。

可透過簡訊服務之各式各樣的服務已經可在平日使用了。經由簡訊服務的基本電子商務應用、企業方面、運動方面、金融方面、新聞或是天氣訊息已經被廣泛的被使用。其他有趣的應用包含經由簡訊服務參與拍賣或是廣告。另外，在網際網路所無法達到的地區的行動電子郵件也促使簡訊服務繼續成長。

Thuraya 簡訊服務中心號碼：“+882161900000”。

### 3.4.2.10 透過 Thuraya 來使用電子郵件

透過 Thuraya 方便的行動電子郵件服務，你可以在任何時候與聯絡其他人而不用連線到數據機。Thuraya 的電話讓使用者可以由他們的衛星電話發送

電子郵件到任何的位址而不用連接到網際網路或是額外的申請。你甚至可以在戶外或是在交通工具中透過 Thuraya 的電話發送電子郵件。而且不須要另外啟用任何的東西。

發送電子郵件的程序也很簡易。除了發出去的是“電子郵件”的格式外，由 Thuraya 的電話發送電子郵件就如同使用簡訊服務是一樣的。

## 3.5 Gilat

### 3.5.1 簡介

Gilat 從 1987 年開始就發展衛星小型地球電臺 (VSAT) 的事業，並致力於產品的生產、行銷及傳遞可靠的衛星產品、系統、服務及解決方法，且創新的發展衛星小型地球電臺技術及忠心的服務產品用戶們，而 Gilat 也很努力的成為該市場的龍頭地位。

Gilat 將運送超過 55 萬個衛星小型地球電臺到世界各地，並有著數以億計的線上時數可資證明。這些網路的解決方法服務了不同的市場。

Gilat 為完整解決方案售者：

藉由我們自願的提供更多系統的具體條件，Gilat 在衛星小型地球電臺市場中的優勢已經贏得大部分的地盤。我們經由每一階段的處理及未來計畫佈署來與我們的客戶合作。我們無比的經驗可以幫助你花最少的時間去達到控制的服務部署，而且我們最好的實做客戶經驗能夠幫助你有最大的利潤。藉由跟工業界的專家們合作，Gilat 對於公開的、私人的、政府單位及特定企業需求都能夠提供客戶一個有效的解決方法。而點對點的解決方法包含有：教育、郵局、軍事、銀行業、石油及天然氣、可運輸的衛星小型地球電臺、WIFI 存取標準、預先付給的 IP 及通訊的解決方法。

技術上的領導地位：

Gilat 致力奉獻於發展先進的技術，其中包括了衛星存取方法、嵌入式的 IP、服務的品質及鄉村環境的通訊能力，這都是為了更經濟的支援使用衛星。這些技術都授權給企業、服務提供者及具有真正競爭優勢的操作者。

Gilat 衛星小型地球電臺為基礎的應用：

Gilat 人造衛星為基礎的解決方法對於企業的網路將電話通路、網際網路及多頻率的 IP 給網綁在一起，而提供更多的影音、資料、IP 及許多應用程式的傳送。一個有效可靠的解決方法到哪都可以用，Gilat 的應用程式服務了很多企業真正的網路需要。而卓越的限制地面上的架構使得以衛星小型地球電臺為基礎的應用程式可以利用 Gilat 來部署，即使是在很遙遠的地方都能做到。



## 3.5.2 Gilat 服務

- 信用卡認證。
- 內部網路／外部網路。
- 非同步傳輸模式 (ATM, Asynchronous Transfer Mode)。
- 內容傳遞。
- 販售地點。
- 鄉村電信通訊。
- 恢復控制。
- 郵局。
- 利用 Gilat 達到教育目的。
- GSM。
- 可運送的衛星小型地球電臺。
- 電子化投票。
- 預先付給的 IP。
- 監視錄影。
- 軍事用途。

### 3.5.2.1 信用卡認證

為了在競爭相當激烈的市場中獲得的生意，零售的企業非常努力的去改善顧客經驗中的所有想法，其中包括了他們信用卡／提款卡認證網路能有較好的效能。

- 快速認證回應時間。
- 網路的可靠性。
- 隨處可見。
- 低花費。

解決方法：Gilat 的信用卡／提款卡認證網路是與 IP 相容的。這些高效能的網路能夠部署的非常快—無論在哪裡，只需要幾個禮拜就能將數百個地方收回。

優點：Gilat 以人造衛星為基礎的信用卡／提款卡認證方法的優點相當的清楚：

- 快速來回的認證回應時間。
- 更有效率。
- 保證網路的可獲得性。
- 企業大範圍的協調。
- 快速的佈署。
- IP 的相容及效能。

潛在的增值：在適當的地方有了 Gilat 的衛星小型地球電臺的技術，你的網路能被提升的更有效率，而企業寬廣的平台對於其他加強寬頻的應用包括了：

- 販售地點的詢問，價格及存貨清單管理的應用。
- 人類資源及資訊的分布及處理。
- 遠端伺服器的軟體分佈。
- 遠端交談式的學習。
- 商業的電視頻道及其他公司單位的通訊。
- 庫存的影音。

### 3.5.2.2 非同步傳輸模式 (ATM)

需求：當非同步傳輸模式變成消費者經驗標準的一部份時—不只是銀行業、超級市場、加油站、便利商店及其他地方—經由網路需要快速、可靠及完美的非同步傳輸模式效能更甚於其它。

解決方法：有企業領導的人造衛星技術及超過 15 年的保證經驗，Gilat 提供了理想的方法對於非同步傳輸模式網路：可靠、快速、彈性及安全。

優點：Gilat 的非同步傳輸模式網路提供了系統的優點及加強只有人造衛星技術才能提供的客戶服務：

- 較快速的交易。
- 資料的傳送更有效率。
- 多頻的技術都能支援最遠的地方。
- 對於非同步傳輸模式網路的延伸及重新定位為很有彈性的平台。
- 對於地面網路的供給中斷還能可靠的效率。

### 3.5.2.3 內部網路／外部網路

需求：今天的企業—商業、政府及公開機構都能夠從有效率及良好內部網路的設計達到節省花費而能有很大的利益。而高速網際網路的存取對於業界每天網路的操作也是相當重要。然而存取加強寬頻的內容，無論是內部或是網路上都仍然有問題。較慢的撥接數據機、伺服器、寬頻的限制及零星都會造成他們無法達到真正的潛力。

解決方法：Gilat 對於共同寬度多頻率的需要提供了較高級 IP 相容的方法。Gilat 的以人造衛星為基礎的網路方法甚至提供寬廣且分散的服務—無論他們在哪裡，都永遠以高速去存取共同的內部網路、外部網路、網際網路、電子郵件或者更多。

優點：Gilat 的以人造衛星為基礎的網際網路及內部網路方法的優點相當的清楚：

- 永遠高速連接每一個服務地面站，即使是很遙遠的地區。
- 有效率的花費，加強寬頻的影音及資料的多重播送。
- 快速企業的部署，且有能力的在幾個禮拜就能收回數百個地方。
- 無比的可靠性。
- 簡單平台的方法對於目前及未來的資料、影音通訊需要—支援很多協定、硬體設備及應用程式。

### 3.5.2.4 內容傳遞

需求：今天依靠網路的市場需要一個能立即且可靠的傳遞所有總類高音質／豐富多媒體資訊的能力—不管是資料及影音都能傳播到很多地方。服務提供者及企業為了要尋求高效能、有效率的花費而壓力一直持續遞增著以應付內容傳遞的需要。

解決方法：Gilat 人造衛星 IP 多重傳播的技術是唯一能同時傳遞高品質／大量的資料或是應用程式到數百或是數千個地方且快速及有效率的方法。

多媒體共同的訓練及通訊：

- 資料庫更新及複製。

- 軟體升級。
- 重要財務資料。
- 網際網路／內部網路內容。
- 數位音樂及影像。

優點：人造衛星本來就具有廣播資料的能力而成為一個有效率內容傳遞的理想平台，且提供：

- 寬頻利用。
- 高速。
- 能同時傳遞到所有地方，無論多麼遙遠。
- 單一管理點。
- 節省成本。

Gilat 多重傳播的技術也能夠連續廣播數位資料到很多地方，但須假設最小使用衛星返回頻道的可靠傳遞性。

### 3.5.2.5 販售地點

需求：今天的零售商面對因為新資訊所帶來的新市場的傳統競爭挑戰。這表示著需要更高速及更可靠的網路存取對於所有需求—為了確保同步、即時傳遞、最新的存貨清單管理及快速信用卡認證或更多其它需求。

解決方法：Gilat 的快速部署及高效能販售地點的網路對於所有現在或是未來販售地點及存貨清單管理的需要都是非常快速且有效率的平台。

優點：Gilat 販售地點網路的人造衛星技術勝過其它人，並且提供：

- 在同業中有最快速來回認證回應時間。
- 保證網路的可獲得性。
- 對於再遙遠的地方都能提供需求。
- 在所有店家都有快速且有效率的客戶服務。
- 低花費。
- 固定支援新興的應用程式，像是自動化存貨清單控制、庫存的音訊／視訊及客戶端的程式。

就算有數百個網站那麼多，無論在哪裡，都只需花幾個禮拜就可以收回了。

### 3.5.2.6 鄉村電信通訊

需求：資訊傳遞其中最大一個挑戰是全球偏遠地區長途電信的傳遞能量：需提供可靠的存取、負擔得起的電話及傳真服務及電子郵件與高速的網際網路給偏遠地區的居民及企業。

解決方法：Gilat 是其中一個全世界對於偏遠地區電信通訊最有經驗及以人造衛星為基礎的公開電信通訊的市場領導者，且 Gilat 提供了先進的方法，而花費也很有效率。

優點：政府、服務提供者及全世界所有人民都能因為衛星小型地球電臺的電信通訊而享有利益：

- 無論多麼遙遠的地方，都能廣泛的提供基本電信通訊服務。
- 結合所需的電話、傳真及網際網路。
- 更好的傳遞政府服務給人民。
- 簡單且快速的安裝以節省花費。
- 對於電信通訊業者能有更好的投資報酬。
- 對於偏遠地區的環境能有可靠及特別的設計。

Gilat 的衛星小型地球電臺的人造衛星技術對於鄉村的電信通訊是一個很理想的解決方法。

### 3.5.2.7 恢復控制

需求：當企業正在快速的改變且須依靠連續不間斷的資訊為基礎條件，但可能會有一些無法意料的災害發生。然而，對於一些無法控制的情況，像是災難或是地面設備的故障，則會造成整體運作比較沒有效率。

解決方法：有了企業領導的衛星技術及超過 15 年的經驗保證，Gilat 藉由他的衛星小型地球電臺地技術對於恢復備份系統提供了很好的解決方法：可靠、快速、彈性及立即的操作。

優點：Gilat 的恢復控制網路提供在災害發生時的解決方法，而也只有人造衛星技術能夠提供：

- 重要任務的應用程式實際接受有效的 100%。
- 自動化的轉換地面站到備用服務 (IRDP)。
- 人造衛星的架構能夠被使用來解決地面站的問題。
- 研究發現：在人造衛星所能覆蓋的範圍內都是有效的。
- 與地面站的架構是完全獨立的。
- 高可靠性及可利用性。
- 永遠連線。
- 集線器可以被放置在非常遠的地方—而不會影響本地端的情況。

潛在的增值：災害的發生—另外一個衛星小型地球電臺的恢復系統應用的例子是哥倫比亞最近的選舉。在選舉期間，游擊隊攻擊某些地方及毀壞了通訊台及當地的建築物。然而，衛星小型地球電臺人造衛星網路允許在這重要時候恢復幾個通訊線。

### 3.5.2.8 電子化網路郵局

需求：今天的郵局因為要保留競爭及利益上的優勢，所以必須保持技術上的持續進步。它必須設法去改善它自己的功能—及它的印象—而成為一個現代化且賺錢的組織。

解決方法：Gilat 的電子化網路郵局是根據原有郵局的長處及架構來建立。這個網路的建立是相當快速且容易的，並且日以繼夜地提供一般大眾所有郵局間的通訊服務。

優點：電子化郵局的優點是相當多的：

- 改善對客戶的服務。
- 對於偏遠地區的社會福利。
- 容易安裝、操作及維護。
- 節省內部通訊—電信通訊、傳真及資料。
- 新的稅收產生應用：電子郵件、語音郵件、網路電話亭、電子金融轉帳 (EFT)、政府應用等等，很多應用都在同一系統。
- 國家報導。

- 永久線上服務。
- 健全且可靠的。
- 任何地方皆有相同的服務品質。
- 中央控制。
- 高度安全措施。

### 3.5.2.9 利用 Gilat 達到教育目的

需求：對於偏遠地區的通訊，希望能為學校、圖書館、老師及學生帶來更快、更可靠、永久的連接及互通式的應用。

解決方法：Gilat 人造衛星技術連同其它軟體及硬體提供點對點的方法，這是為了使用者能夠存取網際網路、電子郵件服務、辦公軟體、網站瀏覽、PDF 閱讀或者更多。它呈現了在偏遠地區的使用者能夠跟市區的使用者一樣能有相同的教育機會。

優點：不需要地面站的通訊設備，Gilat 人造衛星的技術使得在任何地方皆能創造出獨立的寬頻教室。這確保了不管老師和學生在哪裡，皆能接受相同等級的服務。

為了要包含教育性內容管理的主要層面，行政與線上學習，這個教育的平台入口也能夠輕鬆的與個人化元件結合。

### 3.5.2.10 GSM 人造衛星後置網路的解決方法

需求：GSM 的服務是非常受歡迎的一項需求，因為其可移動的機器可以延伸較小、偏遠地區的服務。經由人造衛星的 GSM 是一個技術上可行的方法，但是因為對於偏遠地區溝通的高度花費通常是沒有利益的。

解決方法：Gilat 的 GSM 人造衛星後置網路的解決方法根據創新的技術而大大的減少 80% 的操作上花費，使得 GSM 在人造衛星的方法上更具利益及效率。

優點：Gilat 的 GSM 人造衛星後置網路方法的優點相當清楚：

- 使用需求指定多重存取機制(DAMA)和寂靜移除(Silence Removal)

具有最大的效率及節省成本。

- 任何地方 GSM 皆可連接。
- 容易安裝且快速移除。
- 大規模網路。
- 完整服務 (Turnkey solution) (可選擇的)。
- 支援所有可移動式的應用：增強型 GSM 數據傳輸 (EDGE)、整合封包無線電服務 (GPRS)、手機簡訊 (SMS)、多媒體簡訊服務 (MMS)。
- 對於損害恢復的備份工作。

### 3.5.2.11 可運送的人造衛星通訊方法

需求：今天依靠網路的市場對於任何地方都需要安全、可靠、快速的通訊，無論多麼遙遠。特別在人們移動的時候，這個通訊連接的需求更是一個很大的挑戰。

解決方法：Gilat 可運送的方法提供全世界的個人、股份有限公司及政府單位有一個可靠、安全及高速通訊的經濟服務。對於遙遠位置和偏遠辦公室，Gilat 的衛星小型地球電臺完全不需倚賴地面基架設備。有了 Gilat 創新可運送的衛星小型地球電臺方法，可永遠享有寬頻人造衛星的連接了。

快速的佈署，容易的使用：

Gilat 可運送的衛星小型地球電臺相當容易掛載或是利用車頂上架子就能放在機車或是移動式的辦公室內。一旦簡單的按下一個按鈕，在幾分鐘內，天線就會自動校準且能獲得人造衛星的服務了。

這個自動獲得的裝置消除了特別技巧的需要，也大大的減少了設定時間。而一旦校準好了，使用者就能利用個人電腦、電話、筆記型電腦來使用人造衛星的服務，並享受高速的通訊。只要按一下按鈕就會傳回傳送的單位，而這個單位也安全的被儲存著。

### 3.5.2.12 電子化投票

需求：對於很多國家，確保一個成功的選舉過程是一個挑戰。當選舉舉行時，全國的公民，甚至在偏遠地區的人都必須能夠投票。在相當短的時間內，需要便利、可靠及可接受的結果。而一個有效率的投票系統必須每分鐘能夠處



理數千張選票，並且能夠透明、有效率管理、簡單及容易操作。

解決方法：Gilat 的全國電子化選舉系統解決了這些挑戰。一個安全的系統適合全國性的佈署，而 Gilat 的以人造衛星為基礎的通訊網路便呈現了點對點的解決方法。電子化的網路系統在每一個投票地點都包含了衛星天線及數據機，在每一個投票地的電子投票機器都會連接到中央的資料庫。所有的投票都會被收集並且處理，而產生最後的結果。為了增加安全的考量，所有資料都會有一個即時性的備份，並存放在另外一個資料中心。

優點：人造衛星電子化投票系統提供：

- 全國性的範圍。
- 在國家內，任何地方花費及服務品質皆相同。
- 容易且快速的實做。
- 完美的與地面的基本設備整合，且獨立運作。
- 高度可利用性及可靠性。
- 永遠可連線性。
- 中央管理及控制。
- 高度安全。

### 3.5.2.13 在網際網路中預先付給的 IP

需求：服務提供者所面臨的主要挑戰是擴張企業的服務及支援新的服務，進而影響到寬頻網路的存在。

解決方法：Gilat 預先付給的 IP 提供操作者收入產生的方法，而經由人造衛星提供網際網路存取、電子郵件、即時通訊以及更多網路服務。Gilat 預先付給的 IP 服務幫助操作者能達到最大的操作效率、減少成本、便利收稅的動作及防止欺騙。

優點：

- 便利收稅的動作—預先付給的服務對於收款是最有效率的方法。
- 偏遠地區的行政管理—藉由最小化人力的需要而節省操作成本。
- 改善現金流程—預先付款以避免不好的借款行為。
- 安全系統以防止欺騙—沒有使用者能夠在操作者動作的地方隨便瀏

覽網際網路。

- 中央管理及控制—對於所有存取等級都有安全存取控制及認證。
- 容易使用—友善的使用者存取控制系統確保對於使用者能舒服的操作。

### 3.5.2.14 偏遠地區的監視錄影

需求：很多重要地區都在偏遠的地方，而這些地方卻連簡單的寬頻數位通訊都不存在。而在單一位置想要有效率及有效地監控及控制這些通常都沒有人居住的地方是相當大的一個挑戰。

解決方法：由於沒有地理上的限制，所以比較容易部署。Gilat 的服務提供高品質的影像傳輸及同時及早通知偏遠地區可能的狀況以保護其生命安全、重要的便利、其他重要的財產。

Gilat 的監控平台提供了幾個重要的優點：

- 有效率花費的服務。
- 無限制的聯繫。
- 快速的佈署。
- 同時低支援很多地方。
- 免費地點站的基礎設施。

### 3.5.2.15 軍事用途

在資訊技術方面的發展正改變軍事衝突被處理的模式。從作戰總部快速且可靠傳送詳細資訊的能力可以幫助軍事命令和控制更流暢，且確保戰場上資訊的優勢。人造衛星的通訊對於軍事動作扮演一個很重要的角色，其提供了連續、互相溝通、堅固的網路中央控制化的通訊需要。

在過去幾年，以人造衛星的基礎的衛星小型地球電臺在民間及軍事應用都變成非常先進及流行，而全世界也有數以千計的單位正在佈署著。這項技術提供軍事指揮官有改善的命令模式、控制及通訊能力，且重要的支援軍事操作全方面的範圍。

Gilat 以人造衛星為基礎的衛星小型地球電臺技術，提供政府及軍事單位

一個有效率花費、精密的人造衛星通訊平臺。而衛星小型地球電臺的網路也能有不同通訊服務的寬廣範圍，且部署相當的快速及經濟實用。廣大的人造衛星覆蓋範圍，也使得訊號能夠經由固地的或是可運送的衛星小型地球電臺設備而達到較偏遠的地區。

服務：

- 電話／傳真／資料。
- 交換機 (Switch)／多功能電話機 (PABX) 互相的连接。
- 視訊會議，遠距醫療。
- 無線電通訊的傳遞。
- 特高頻率 (VHF)，操高頻率 (UHF)，高頻 (HF)。
- 數位影像 (監視)，音訊 (通訊情報) 及其它感應器的返回延遲。
- 地面站雷達的遠端遙控。

主要特徵：

- 聲音／傳真／資料及影像在單一平台。
- 完全網狀網路拓撲。
- 高度安全性，點對點加密。
- 極低功率消耗—以太陽能板來供應能量。
- 對於遠端連線監控及控制有先進的網路管理。
- 較高的可靠性—10年平均故障時間 (MTBF)。

## 第4章 TCP 通訊協定

### 在衛星網路上的效能探討

TCP (Transmission Control Protocol) 在網際網路提供可靠的資料傳輸。同樣地，在衛星網路中，為了提供可靠的資料傳輸以及要與網際網路有相容性，TCP 同樣可以被使用在衛星網路上。然而，由於衛星網路與網際網路各自擁有不同的特性，特別是衛星網路透過無線電波當作傳輸介質，在經過幾萬公里的傳輸距離後，相較於網際網路來說，傳輸延遲與訊號干擾都高上許多，也因為如此，TCP 在兩者網路上的效能，便不會相同，特別是衛星網路的網路特性，對於 TCP 來說，是有一些不利影響的。在這一章節中，我們將討論一些關於 TCP 的修改方式，這些修改是針對衛星網路來修正 TCP 效能不彰的問題，希望透過這些修正，TCP 可以在衛星網路上提供可靠且高效能的資料傳輸服務。

#### 4.1 尋找傳輸路徑上最大傳輸封包大小

尋找傳輸路徑上所允許的最大封包大小，可以避免在 IP 層的封包切割 (Fragmentation)。一般來說，若是傳送端送出的封包大小大於路徑上所允許的最大封包，則此封包會在不能提供轉送支援的路由主機上被切割，之後還得要再重組回來，但若封包上有註記不接受切割，則在不能提供轉送服務的路由主機上，便不會繼續轉送此封包，相反地，此主機會送回一個 ICMP (Internet Control Message Protocol) 封包回到原傳送端並通知其所能接受的最大封包大小是多少。透過這個機制，傳送端最終便會知道在整個傳送路徑上所能支援的最大封包大小為多少，因此可以在傳送的時候就送出適當大小的封包，避免在中繼的路由主機上被切割或重組所需要的額外處理時間。

但是利用此機制有個缺點，就是在連線開始的時候，有可能需要花費大量的時間來尋找最適合的封包大小，舉例來說，若是連線上有兩個路由主機，能夠支援的封包大小分別是 1000 bytes 與 500 bytes，假設在連線當初，所送

出來的封包大小是 1500 bytes，則在封包送到第一個支援 1000 bytes 的路由主機時，便會遭遇轉送失敗的情況，傳送端也因此知道要調整封包大小為 1000 bytes，然而，大小為 1000 bytes 的封包在傳送到第二個支援 500 bytes 的路由主機時，便會再度遭遇轉送失敗的情形，最後，傳送端才會知道 500 bytes 是路徑上最適合的封包大小，但是在傳遞時間較長的衛星網路中，這種現象對 TCP 的效能會有不好的影響，因為 TCP 是利用 Slow-Start 演算法來控制封包傳送量，若在連線建立初期，便遭遇到數次轉送失敗的現象，那麼連線的傳輸率便得等待較長的時間才會上升，導致 TCP 連線的平均傳輸率降低。因此，衛星網路上所支援的最大封包量，最好是能夠與網際網路上的最大封包量相同，例如 Ethernet 是採用 1500 bytes 為最大封包大小，或著是在傳送端紀錄不同路徑上的最大封包大小，以減少每次連線都要等待較長時間去取得最大封包大小的現象。

## 4.2 封包錯誤的修正

在 TCP 的連線上，任何遺失的封包，都會被 TCP 解讀為是因為網路壅塞所照成的，為了不繼續增加網路上的壅塞情形，TCP 在偵測到封包遺失的情形後，會減少它的壅塞窗 (Congestion Window) 大小來降低傳送封包的速度。然而，若是封包的遺失是因為封包內容出現錯誤而非網路壅塞，那 TCP 並不需要降低它的傳送速度。在衛星網路中，由於是使用無線電波來當傳輸介質，訊號衰減變異與雜訊干擾都是無線介質所擁有的特性，這些特性使的封包內容更容易出現錯誤，而這樣的封包錯誤，便是會讓 TCP 誤判成網路壅塞導致封包遺失的主因。TCP 若常因為誤判而降低傳送速度，那麼可用的網路頻寬就不能被有效率的使用，這是 TCP 在面臨無線網路的時候，所面臨到效能上的新挑戰，因為在傳統網際網路 (固網) 上，封包因為內容錯誤的機率比較小，而在無線網路上，封包錯誤的機率便增加許多。面對無線介質中，封包內容容易發生錯誤的情形，一些錯誤更正的演算法被引用來更正錯誤，例如迴旋碼 (Convolution Code) 與里德所羅門碼 (RS code, Reed-Solomon Code) 等等。

## 4.3 壅塞控制

為了避免傳送過多的封包到網路上，TCP 採用了四個演算法來達成壅塞控制，此四個演算法分別為緩慢開始 (Slow-Start)、壅塞避免 (Congestion Avoidance)、快速重送 (Fast Retransmission) 與快速恢復 (Fast Recovery)。TCP 利用兩個變數來控制傳送進網路的資料量，一個為壅塞窗，另一個為緩慢開始門檻 (Slow-Start Threshold)。壅塞窗的大小，就是 TCP 傳送端可以送出封包的上限值，而緩慢開始門檻則是用來界定緩慢開始演算法與壅塞避免演算法的分界點。當壅塞窗大小小於緩慢開始門檻的時候，採用的是緩慢開始演算法來增加封包傳送量，想對地，當壅塞窗大小大於緩慢開始門檻的時候，則採用壅塞避免演算法。

當一架網路上的主機透過 TCP 連線傳送封包的時候，它並沒有任何關於連接它與接收端主機之間網路連線的任何資訊，為了避免傳送過量的封包進到網路上，傳送端主機在開始傳送 TCP 封包的時候，利用緩慢開始的演算法來由少至多慢慢增架傳送進網路的封包量。緩慢開始演算法將壅塞窗的初始值設為一個封包，而緩慢開始門檻則設為接收端所能接受的最大封包量 (Receiver's Advertised Window / TCP Receive Buffer) 與傳送端所能送出的最大封包量 (TCP Send Buffer) 這兩者之中的最小值。在緩慢開始演算法中，壅塞窗的增加，是依據接收端所回送的回應封包 (Acknowledgement) 來決定的，每當收到一個回應封包，則壅塞窗會增大一個封包的量，因此，壅塞窗會以指數的成長倍數增加，直到超過緩慢開始門檻為止。

當壅塞窗的大小大於或等於緩慢開始門檻的時候，壅塞避免演算法被用來取代緩慢開始演算法。不同於緩慢開始演算法，壅塞避免演算法增加壅塞窗的方式比較緩慢，它每收到一個回應封包，只增加  $(1/\text{壅塞窗大小})$  個封包，換句話說，也就是一個傳送往返時間 (Round Trip Time) 大約增加一個封包，因此，壅塞避免演算法是以線性的方式來增加壅塞窗大小，其增加的方式比較保守。

在擁有長時間傳輸延遲的衛星網路上，緩慢開始演算法與壅塞避免演算法可能會導致傳輸頻寬無法被有效利用的情形。舉例來說，TCP 連線的傳輸起始於第一個封包被傳送出去，當此封包被傳送之後，傳送端就必須等待對應的回應封包由接收端送回來之後，才能繼續送其他的封包，然而在同步軌

道衛星網路中，一個傳送週期大約是 500 ms，也就是說，在這 500 ms 之中，沒有其它的封包可以被傳送，可用的頻寬也就被浪費了。這也就說明了先前提到的尋找路徑上最大的封包大小的重要性，可傳送的最大封包大小越大，頻寬的使用率也就會越好。

TCP 用來偵測封包遺失的方法，最基本的是使用計時器的方式來計時，若傳送端在合理的傳送週期內沒有收到來自接收端的回應封包，傳送端便會認定此封包已經遺失並且重送此封包。而回應封包的內容，會紀錄在接收端所收到連續的封包中最後一個封包的資訊，舉例來說，假設傳送端送出封包 11、12 與 13，而封包 12 在路徑上遺失了，因次，在接收端收到封包 11 的時候（之前的封包都已經成功收到了），它所送回的回應封包，會紀錄目前最新的連續封包是封包 11，稍後，在接收到封包 13 的時候，它所送回的回應封包，仍然是紀錄最後的連續封包為封包 11。TCP 的快速重送演算法，便是利用這樣的特性，當傳送端收到連續三個內容重複的回應封包時，傳送端便會認為在回應封包所紀錄的對應封包的下一個封包可能遺失了，因此，傳送端會馬上重送此封包，而不等到傳送週期計時器的通知。而當有任何封包遺失的情況發生時，TCP 都會認為可能是網路壅塞所導致的，因此，傳送端會將壅塞窗的大小與緩慢開始門檻都減為原來壅塞窗大小的一半，而此時，快速恢復演算法便會用來控制壅塞窗的成長，每當收到額外的重複回應封包時，快速恢復演算法便會將壅塞窗增加一個封包的大小，若是傳送端此時可以傳送封包，則新的封包就會持續被送出，如此一來，傳送端才不至於停頓下來，仍然可以保持適當的傳送量。而當屬於被重送封包的對應回應封包送回來之後，傳送端便會將壅塞窗設回緩慢開始門檻的大小，此時，壅塞避免演算法就會被採用來控制傳送流量。

TCP 的快速重送與快速恢復演算法可以在遭遇封包遺失的時候，提供快速的反應與保持一定的傳輸率，然而在衛星網路中，因為傳送週期很大，所以壅塞窗的大小會成長到比較大的值來達到較高的傳輸率，然而若是有太多的封包沒有成功到達接收端，則快速重送機制有可能會被連續觸發，而壅塞窗便可能會被連續減半，最後導致壅塞窗太小而無法送出理想的傳輸率。此問題最好的解決方法，便是使用選擇性的回應封包，將會在之後章節中討論。

## 4.4 壅塞窗大小的調整

TCP 的傳輸率(Throughput)取決於一個傳輸週期(RTT)內所能送出的壅塞窗大小，也就是(壅塞窗大小 / RTT)，在衛星網路的環境下，傳輸週期比起網際網路的環境還要高上許多，因此壅塞窗相對地就必須提高，如此一來才能使所得到的傳輸率提升。

## 4.5 回應封包策略

TCP 有兩種標準的回應封包策略，其一是每當接收端收到一個封包的時，便為此封包送回對應的回應封包給傳送端，另一為延遲回應封包策略，可以降低回應封包的數量。然而，傳送端的壅塞窗是根據回應封包來增加其大小的，所以延遲回應封包策略，在衛星網路上要避免使用。而選擇性回應(Selective Acknowledgement)封包的方法，可以一次指出多個遺失的封包，讓傳送端可以準確的重送遺失的封包，且減少彌補遺失封包所需的時間，也可以避免不必要的重送與不必要的壅塞窗減半情形。相對於 TCP 原有的快速重送與快速恢復演算法，使用選擇性回應封包的做法，更可提升傳輸效能。

## 4.6 Transaction TCP (T/TCP)

TCP 連線的建立起始於所謂的 Three-way Handshake，傳送端先送一個 SYN 封包給接收端，然後接收端送回一個 SYN+ACK 封包回傳送端，最後傳送端再送一個 ACK 回接收端，如此完成所謂的 Three-way Handshake，然後才開始資料封包的傳送。很明顯地，在衛星網路上，因為所需的傳送時間較長的原因，使得 Three-way Handshake 需要較長的時間來完成，這也就拖慢了資料封包開始傳送的時間，因此，在 T/TCP 的想法中，當任一對傳送與接收端建立起第一條 TCP 連線之後，接下來的 TCP 連線將可以跳過 Three-way Handshake 的階段，而直接傳送資料封包。



## 4.7 更有效區別封包遺失的原因

在 TCP 連線路徑上的中繼路由主機，可以根據其封包暫存區的增長情況以及主動偵測無線訊號品質的情況，發送 ICMP 封包給傳送端，通知傳送端在中繼主機上正遭遇網路壅塞或是無線訊號品質不好的情況，這些資訊可以讓傳送端更準確的控制壅塞窗的增減，而不再一昧的將封包遺失視為是網路壅塞的情況而不必要地降低傳輸量。

# 第5章 ALOHA

## 模擬實作與效能分析

### 5.1 介紹

在衛星網路中，多存取協定 (Multiple Access Protocol) 一直是備受討論的議題，在過去的三十年中，數千篇的期刊論文及博士專題都在討論此議題。直至今今天為止，有幾種不同的通訊協定被發展出來：頻道分割協定 (Channel Partitioning Protocol)、隨機存取協定及輪流通訊協定 (Taking-Turns Protocol)。其中，屬於隨機存取協定的 Unslotted ALOHA 與 Slotted ALOHA，為本計畫所要探討的主題。

1970 年 Norman Abramson 博士及同僚在夏威夷大學提出 ALOHA，此協定最早的目的是用在衛星網路上，後來的載波感測多重存取 (Carrier Sense Multiple Access, CSMA)、載波感測多重存取/碰撞偵測 (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection, CSMA/CD) 都是依據 ALOHA 改良而成，而載波感測多重存取/碰撞偵測更成為目前主流的乙太網路 (Ethernet) 中的多存取協定。因此 ALOHA 無論對有線、無線及衛星網路都有著極大的貢獻。

#### 5.1.1 Unslotted ALOHA

##### 5.1.1.1 Unslotted Aloha 協定

Unslotted ALOHA 又稱 Pure ALOHA。當地面站 (Ground Station) 有資料要傳送的時候，則以下兩個動作為此協定的基本運作精神：

1. 傳送資料。
2. 偵測碰撞，若有碰撞 (Collision)，則等待一段隨機時間重送 (Retransmission)；若無碰撞，則傳送成功。

其演算法表示如下：

```
若「有資料要傳送」，則 {  
  步驟一：傳送資料；  
  步驟二：偵測碰撞；  
    若「發生碰撞」，則  
      等一個隨機時間後回到步驟一；  
    若「沒有發生碰撞」，則  
      傳送完成；  
}
```

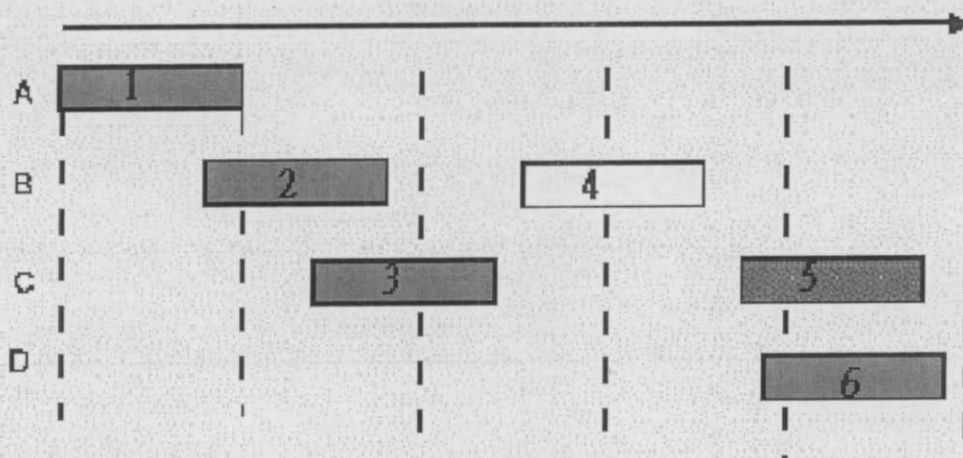


圖 5-1 Unslotted ALOHA 碰撞的例子 (陰影的封包代表有發生碰撞)

在圖 5-1 所表示的是利用 Unslotted ALOHA 傳送封包所可能產生的碰撞問題，以上六個封包在傳送只有一個封包傳送成功，即封包 4，其他封包都因為發生碰撞而需要重送。在此例中，在 5 個時槽 (Time Slot) 中總共傳輸了 6 個封包，所以負載量 (Load) 為  $6/5$  packet/time unit，而只有 1 個封包傳送成功，傳輸率 (Throughput) 為  $1/5$  packet/time unit。

偵測碰撞的機制，是當一個地面站 (Ground Station) 送一個封包出去的時候，衛星收到此封包的時候，會把此封包再廣播 (Broadcast) 傳回剛剛送封包的地面站，若此地面站沒有收到剛剛送出去的封包的話，這樣我們就判定這個封包發生碰撞，所以必須重送。

### 5.1.1.2 Unslotted ALOHA 效能分析

此種協定其效能經由數學假設分析 (在 3.1.1 會有詳細的推導)，得到當

負載量為 0.5 的時候可得到傳輸率最大值為 18.4%，也就是說假設使用了傳輸頻寬為 10Mbps 的 Unslotted ALOHA 系統，所得到的傳輸率在理論值上不會超過 1.8Mbps。雖然這解決了多存取的問題，但由於碰撞的情形太嚴重，以圖 5-1 為例，當封包 1 在傳送的時候，在快要傳送結束的時候，封包 2 突然傳送，此時造成了封包 1 的碰撞，封包 1 就必須要重送。如此一來便會造成時槽大量的浪費，結果導致傳輸率僅僅只有 18.4%，為了解決此問題，於是有了 Slotted ALOHA Protocol 的產生。

## 5.1.2 Slotted ALOHA

### 5.1.2.1 Slotted ALOHA 協定

在 Slotted ALOHA 協定中，具有以下幾個有別於 Unslotted ALOHA 的設計：

1. 時間軸被切割成時槽，每個時槽的大小固定，即為一個封包傳輸時間 (Transmission Time) 的最大值。
2. 當封包要開始傳送，必須等到下一個時槽開始方可傳送。
3. 所有的地面站在時間方面為同步的，所以每個地面站知道下一個時槽在包要開始傳送，必須等到下一個時槽開始方可傳送。
4. 所有的地面包要開始傳送，必須等到下一個時槽開始方可傳送。
5. 所有的地面何時開始。
6. 假如兩個以上的封包在某時槽發生碰撞，那麼所有的地面站會在此時槽結束前偵測到此碰撞的情形。

當地面站 (Ground Station) 有資料要傳送的時候，則以下三個動作為此協定的基本運作精神：

1. 等待下一個時槽開始。
2. 傳送資料。
3. 若有碰撞，則等待一段隨機時間後，在時槽開始的時候重送；若無碰撞，則傳送成功。

其演算法如下：

```
若「有資料要傳送」，則 {  
    步驟一：等待校時訊號；  
    步驟二：傳送資料；  
    步驟三：偵測碰撞；  
    若「發生碰撞」，則  
        等一個隨機時間後回到步驟一；  
    若「沒有發生碰撞」，則  
        傳送完成；  
}
```

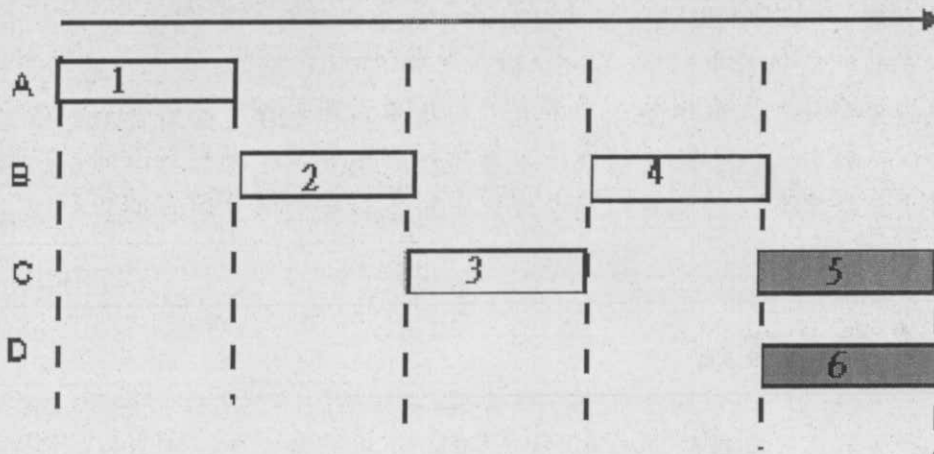


圖 5-2 Slotted ALOHA 碰撞的例子（陰影的封包代表有發生碰撞）

在圖 5-2 所表示的是利用 Slotted ALOHA 傳送封包所可能產生的碰撞問題，以上 6 個封包在傳送有 4 個封包傳送成功，即封包 1、2、3、4，其他封包 5、6 都因為發生碰撞而需要重送，因此第五個時槽就浪費了。在此例中，在 5 個時槽中總共傳輸了 6 個封包，所以負載量為  $6/5$  packet/time unit，而有 4 個封包傳送成功，傳輸率為  $4/5$  packet/time unit。

### 5.1.2.2 Slotted ALOHA 效能分析

Slotted ALOHA 其效能經由數學假設分析（在 3.1.1 會有詳細的推導），當負載量為 1 的時候可得到傳輸率最大值約為 36.8%，也就是說假設使用了 10Mbps 的 Slotted ALOHA 系統，則理論值傳輸率最大可到 3.68Mbps。Slotted ALOHA 協定有效的提升了傳輸率，但仍然有碰撞的問題存在。

## 5.2 系統架構與實作

本計畫我們在 Linux 作業系統上，採用 NCTUns 這套擬器來做為我們研究的工具，在 NCTUns 上新增了幾個模組，用來達到模擬「以 Unslotted ALOHA 及 Slotted ALOHA 協定完成衛星節點與地面站節點間的通訊」的目的。在這個章節中，我們會對系統中衛星節點(Satellite)與地面站節點(Ground Station)的協定堆(Protocol stack)之中每一層的作用做說明，此外也會針對執行本計畫所新增的模組，包括衛星媒體存取控制(Satellite Media Access Control)模組、地面站媒體存取控制(Ground Station Media Access Control)模組以及無線電波(Radio)模組，在其設計與實作上做詳細的介紹。

在我們的設計中，Unslotted ALOHA 及 Slotted ALOHA 這兩種通訊協定，並沒有分開於不同的模組，而是考量其相同與相異處，設計於同一個媒體存取控制模組中，藉由設定檔來決定要模擬的模式。衛星節點與地面站節點所使用的無線電波模組也為同一個模組，但是其會依照其所在的節點而決定它的行為。

### 5.2.1 衛星節點

衛星節點用來模擬位於太空中衛星的行為，它會負責將某一個地面站所送的訊號廣播給其訊號範圍下所有的地面站。若模擬的模式為 Slotted ALOHA 協定，衛星還要負責發送校時訊號(Beacon)來同步所有的地面站。

#### 5.2.1.1 協定堆

圖 5-3 中我們將衛星節點分割為衛星媒體存取控制模組及無線電波模組，分別對映到 OSI 七層協定中的實體層及資料鏈結層(Data Link Layer)。在目前的設計下，衛星媒體存取控制模組在 Slotted ALOHA 模式下被用來同步地面站，若在 Unslotted ALOHA 模式下，只須無線電波模組即可運作。

錯誤! 連結無效。

圖 5-3 衛星節點協定堆

### 5.2.1.2 衛星媒體存取控制模組

由於在這一版本的設計上，衛星是一個單純的中繼器 (Repeater)，所以雖然當衛星媒體存取控制模組收到任何下層的資料，會不做任何處理，將資料原封不動的送回下層。

當欲模擬的模式為 Slotted ALOHA 時，這個模組會依照設定檔所指定的校時訊號間格 (Beacon Interval) 週期性的把帶有校時訊號的封包往下一層送，在目前版的模擬中，雖然有模擬校時訊號封包，但假設其封包長度可忽略，不模擬它的傳輸時間。若在設定檔中將校時訊號間格設定為零，則此模組在運作中將不會發送校時訊號，此的模擬模式需設為 Unslotted ALOHA。

### 5.2.1.3 無線電波組

因為衛星被設計為一個中繼器，所以在衛星上的無線電波模組並不會做調變 (Modulation)、解調變 (De-modulation)、迴旋編碼 (Convolution Encode) 與解迴旋編碼 (Convolution Decode) 的動作，當上傳通道 (Uplink Channel) 有由地面站發出的訊號時，此模組會把訊號轉換到下傳通道 (Downlink Channel) 廣播給所有的地面站；若是上層有校時訊號送下來時，則會將其轉換到控制通道 (Control Channel) 廣播給所有的地面站，這三種通道的編號接可由設定檔決定。

## 5.2.2 地面站節點

### 5.2.2.1 協定堆

下圖 5-4 中我們依顏色將地面站節點分割為四層，由下至上的第一層到第三層分別對映到 OSI 七層協定中的實體層、資料鏈結層、網路層，而最上層則為在地面站節點中所執行的應用程式。

NCTUns 中相對於網路層的行為與 Linux 核心 (Kernel) 中的 TCP/IP 模組相同。相對於資料鏈結層中的兩個模組，佇列模組 (FIFO Module) 模擬一個先進先出的緩衝空間，用來暫存上層送下來但是來不及送出的資料，若此空間已經填滿，則會通知上層，讓應用程式可以做適當的流量控制；地面站媒體存取控制模組模擬所有 Unslotted ALOHA 及 Slotted ALOHA 協定所有的

行為，詳細的說明會在這個章節的後半部看到。相對於實體層的部分由無線電波模組來模擬，這部分也會在稍後做更詳細的介紹。

錯誤! 連結無效。

圖 5-4 地面站節點協定

### 5.2.2.2 地面站媒體存取控制模組

地面站媒體存取控制模組可以依照設定檔，運作在 Unslotted ALOHA 或 Slotted ALOHA 這兩種不同的模式，這兩種協定的演算法可參照前一章。地面站媒體存取控制模組具有兩個狀態變數 (State Variable)，分別代表傳送狀態 (Transmission State) 以及接收狀態 (Receiving State)，在運作時會依不同的事件 (Event) 而改這兩個狀態變數的值，可能的狀態轉換 (State Transformation) 情形如圖 5-5，而導致這些狀態轉換的事件可參照圖 5-6 至圖 5-9。

錯誤! 連結無效。

圖 5-5 地面站媒體存取控制模組狀態轉換圖

在下面的兩個小節會以實作上的觀點來說明在 Unslotted ALOHA 協定及 Slotted ALOHA 協定中，地面站媒體存取控制模組的運作流程，以及不同的事件在不同的模式下觸發狀態轉換的情形。為了說明上的方便，下兩節中所指的函式名稱並不會有詳細的函式原型 (Function Phototype)，而會直接用下面的型式表示。

*FunctionName()*

#### 5.2.2.2.1 Unslotted ALOHA

下圖 5-6 為上層模組要求傳送封包的事件發生時，地面站媒體存取控制模組在 Unslotted ALOHA 模式下的運作流程。在整個系統啟動時，傳送狀態初始值為閒置 (IDLE)，當有封包送到此模組時，若在 Unslotted ALOHA 模式下，sendUnslottedAloha() 會被呼叫，這時模組會確認目前傳送狀態的值，圖 5-6 中標示 (1) 處的 txState 為傳送狀態變數名稱，若其值為傳送 (SEND)，則表示此模組還在處理上一個傳送的要求，會馬上回報給上層模組新的傳送要求並未被執行；若其值為閒置，則此模組會通知上層模組新的傳送要求已



被許可，並開始一個新的傳送流程模擬。

圖 5-6 中標示 (2) 處會檢查是否為一個新的傳送要求，將 `retxCnt` 的值加一，`retxCnt` 表示重送次數變數，若為零則表示一個新的傳送要求，會立刻將封包送往下一層模組並且呼叫 `txScheduler()`，反之則表示之前封包傳送失敗，會呼叫 `boScheduler()` 來模擬一段退避 (backoff) 的時間。在 Unslotted ALOHA 模式下，我們有支援兩種退避的模式：(1) Poisson 機率分佈 (Probability Distribution) 模式及 (2) Binary exponential 模式，前者的退避時間會依照所設定的平均值 (Mean)，由 Poisson 機率分佈中抽出一個隨機變數 (Random Variable) 當做退避時間；後者會將重送次數當做二的冪次方算出退避窗口 (Backoff Window) 大小，在此退避窗口中隨機選一個值當做退避時間。等到這個退避時間過後，模擬器會呼叫 `boHandler()`，`boHandler()` 會處理退避時間結束的事件，然後將封包送往下一層模組以及呼叫 `txScheduler()`。

`txScheduler()` 的功能是用來模擬傳送時間，這個時間會以欲送封包的大小除以資料傳輸率 (Data Rate) 來決定。等傳送時間過後，模擬器會呼叫 `txHandler()` 處理傳送時間的事件，接著 `txHandler()` 會呼叫 `retxScheduler()`，這個函式模擬等待一段往返時間，這段時間過後，`retxHandler()` 會被呼叫，此時若傳送狀態為閒置，表示欲傳送的封包成功被接收，可以再接受一個新的傳送要求；反之傳送狀態若為傳送，表示之前的封包傳送失敗，圖 5-6 中標示 (3) 處 `retxHandler()` 會檢查 `retxCnt` 的值，若已達到最大重送次數，則會將此封包丟棄 (Drop) 且將傳送狀態設定為閒置；若尚未達到最大重送次數，則會再執行一次傳送流程。

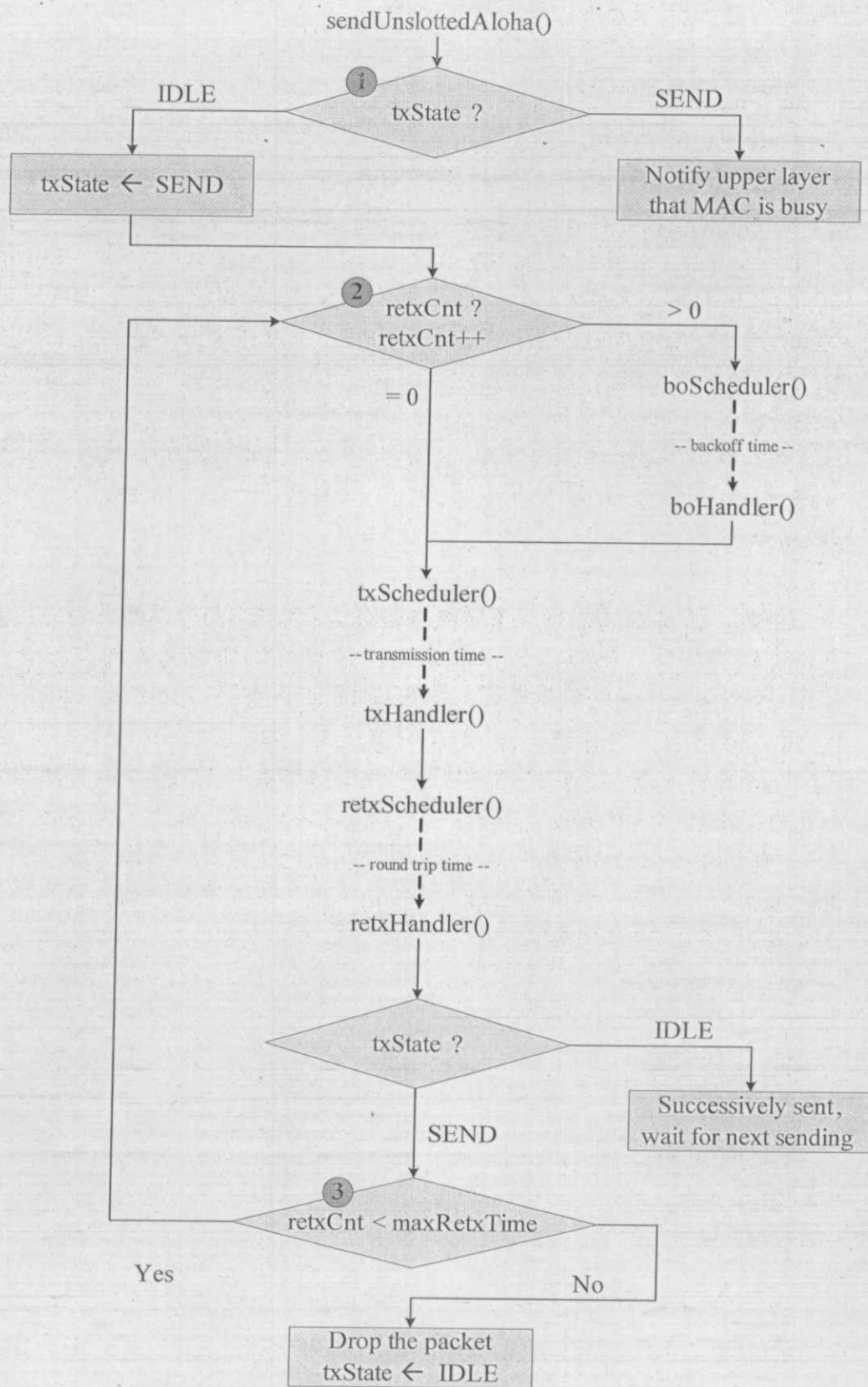


圖 5-6 Unslotted ALOHA 模式下的傳送流程圖

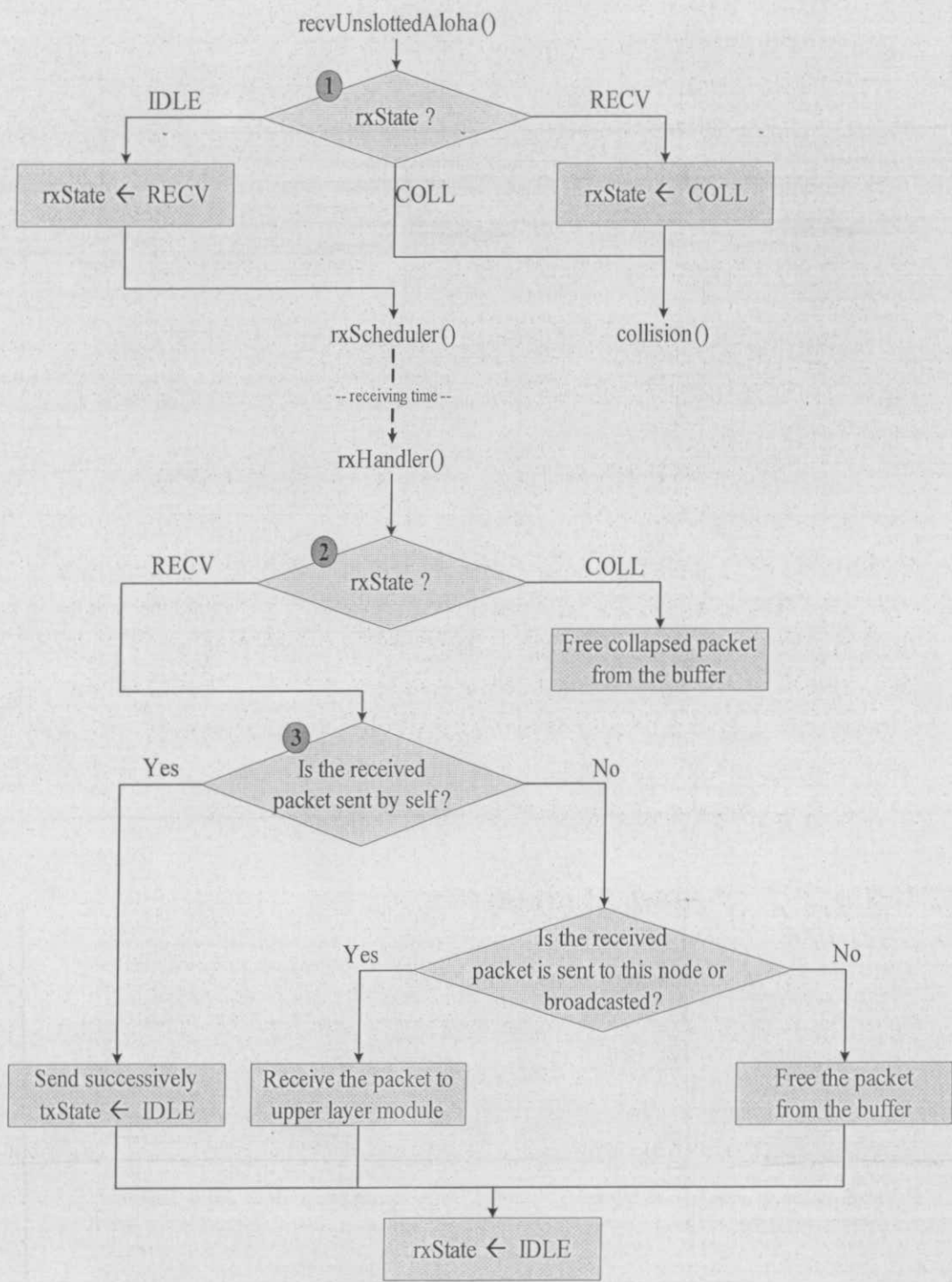


圖 5-7 Unslotted ALOHA 模式下的接收流程圖

圖 5-7 為下層模組接收到封包在進入地面站媒體存取控制模組時的運作流程，在 Unslotted ALOHA 模式下，此模組會忽略任何的校時訊號。在整個系統啟動時，接收狀態初始值為閒置 (IDLE)。當由下層模組收到封包時，

在 Unslotted ALOHA 模式下，recvUnslottedAloha() 會被呼叫，這時模組會確認目前接收狀態的值，圖 5-7 中標示 (1) 處的 rxState 為接收狀態變數名稱，若其值為接收 (RECV)，則表示此模組正在接收上一個封包，此時地面站媒體存取控制模組會判定碰撞發生，並將接收狀態改成碰撞 (COLL) 且呼叫 collision()；若接收狀態已為碰撞，則會直接呼叫 collision()；若接收狀態為閒置，此模組會呼叫 rxScheduler() 來模擬新的接收事件，rxScheduler() 會計算出收到的封包的接收時間 (Receiving Time)，使模擬器會在此段時間過後呼叫 rxHandler()。

collision() 這個函式只要有碰撞發生時就會被呼叫，它會立刻計算造成碰撞的封包的接收時間是否會使原來的接收時間被延長，而重新調整 rxHandler() 被模擬器呼叫的時間。

當 rxHandler() 被呼叫時則表示目前的接受的事件已結束，所以會把 rxState 設為閒置。除此之外，於圖 5-7 中標示 (2) 處 rxHandler() 會檢查目前接收狀態的值，若其值為碰撞，則表示此封包已經毀損，會捨棄已收到的封包；若其值為接收，於圖 5-7 中標示 (3) 處會檢查此模組的傳送狀態是否為傳送且收到的封包與自己送出去的封包相同，若此條件成立，則表示之前送出的封包已經成功傳送，所以會將傳送狀態設為閒置；若傳送狀態為閒置，則會檢查所收到封包的目的位址 (Destination Address)，若此封包的目的位址與此節點的媒體存取控制位址 (MAC Address) 相同或為一個廣播的位址，則此模組會將此封包送往上層模組，否則會將此封包捨棄。

#### 5.2.2.2.2 Slotted ALOHA

圖 5-8 為上層模組要求傳送封包的事件發生時，地面站媒體存取控制模組在 Slotted ALOHA 模式下的運作流程。系統啟動時傳送狀態初始值為閒置，當有封包送到此模組時，在 Slotted ALOHA 模式下，sendslottedAloha() 會被呼叫，這時模組會確認目前傳送狀態的值，這部份同 Unslotted ALOHA 模式，不同的地方在於當傳送狀態的值為閒置時，此模組不會立即傳送此封包，而是將其存放在一個緩衝空間，直到收到校時訊號時才會將封包送出。

錯誤! 連結無效。

圖 5-8 Slotted ALOHA 模式下的傳送流程圖

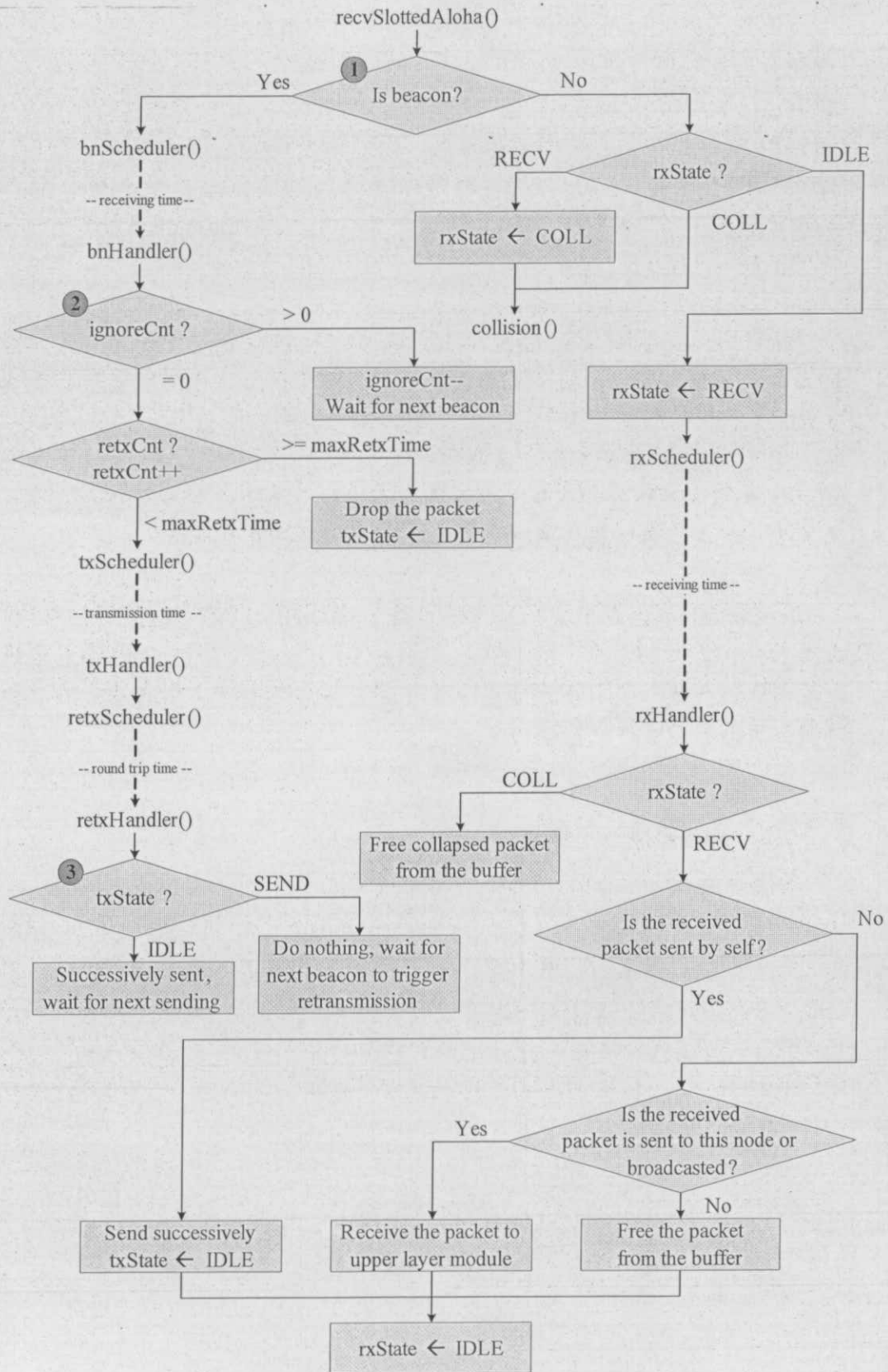


圖 5-9 Slotted ALOHA 模式下的接收流程圖

上圖 5-9 為 Slotted ALOHA 模式下，下層模組接收到封包在進入地面站媒體存取控制模組時的運作流程。當此模組一收到下層送上來的封包，會呼叫 `recvUnslottedAloha()`，因為在 Slotted ALOHA 模式下，地面站媒體存取控制模組需要由校時訊號來觸發傳送，所以會先檢查這個封包是否為校時訊號，即圖 5-9 中標示(1)處。若非校時訊號，則其運作流程與 Unslotted ALOHA 的模式相同；若為校時訊號，此模組會呼叫 `bnScheduler()`來模擬接收此校時訊號的時間，等到校時訊號接收完成，`bnHandler()`會被呼叫。

`bnHandler()`會檢查 `ignoreCnt` 這個變數，`ignoreCnt` 表示要等待校時訊號的次數，其值會在每次送出封包前由重送次數算出，並且在每收到一個校時訊號時減一，當傳送失敗欲重送時，則須等待其值減為零才可重送，如圖 5-9 中標示(2)處，這是用來達成退避的目的。當 `ignoreCnt` 減為零時會再檢查 `retxCnt` 的值，若已達到最大重送次數，則會將此封包丟棄且將傳送狀態設定為閒置；若尚未達到最大重送次數，則會呼叫 `txScheduler()`。

`txScheduler()`在此模式的運作流程與 Unslotted ALOHA 的模式相同，除了在圖 5-9 中標示(3)處，在 Slotted ALOHA 模式下，`retxHandler()`若是發現之前的傳送失敗，並不會立即重送並且結束此接收流程，因為其下次重送的時機必須由下個校時訊號觸發。

### 5.2.2.3 無線電波組

目前的設計中，地面站節點上的無線電波模組包含上傳通道編號、下傳通道編號、控制通道編號、符號傳輸率 (Symbol Rate)、編碼模式及調變模式這六種特性。當有上層模組送封包下來時，此模組會經由上傳通道將封包送出；若是下傳通道或控制通道有收到封包，則會將其送往上層模組。符號傳輸率與調變模式會決定上傳通道的資料傳輸率，目前可設定的調變模式有 BPSK 與 QPSK 兩種。而編碼模式會影響所送出封包的大小，目前可設定為不編碼或是迴旋編碼。

在衛星節點與地面站節點上的無線電波模組皆須負責模擬訊號傳送時的衰減，但是目前的錯誤模擬模型 (Error Model) 並非衛星系統的錯誤模擬模型，這部份會在下一個版本修正。

## 5.3 正確性驗證

在實作完 Slotted ALOHA 和 Unslotted ALOHA 之後，為了驗證我們模擬系統行為的正確性及精確度，所以在這一部分我們特別跟 Slotted ALOHA 和 Unslotted ALOHA 的「數學模組」做相對應比較，希望確保整個模擬系統是正確的。當然我們模擬系統是針對真實世界來做設計，所以為了跟「數學模組」能正確的做比較，有些基本的假設及參數的設定我們模擬系統必須配合，進而達到最正確的模擬結果。

### 5.3.1 數學模組介紹

在跟數學模組做相對應比較時，我們先了解數學模組中幾個重要的公式及參數定義：

Unslotted ALOHA 傳輸率公式：

$$S = Ge^{-2G}$$

Slotted ALOHA 傳輸率公式：

$$S = Ge^{-G}$$

其中

$S$ ：傳輸率

$G$ ：通道負載量

$$G = \lambda\tau$$

$\lambda$ ：Poisson 到達速率 (Arrival Rate)

$\tau$ ：傳送時間 = 封包大小 / 頻寬

所以從數學公式我們可以發現 Unslotted ALOHA 傳輸率的最大值：

$$S = Ge^{-2G}$$

會發生在  $G = 0.5$  時，所以這時候的  $S = 0.18$ ，也就是說 Unslotted ALOHA 的傳輸率最大值是 18%。

而 Slotted ALOHA 傳輸率的最大值：

$$S = Ge^{-G}$$

會發生在  $G = 1$  時，所以這時候的  $S = 0.36$ ，也就是說 Slotted ALOHA 的傳輸率最大值是 36%。

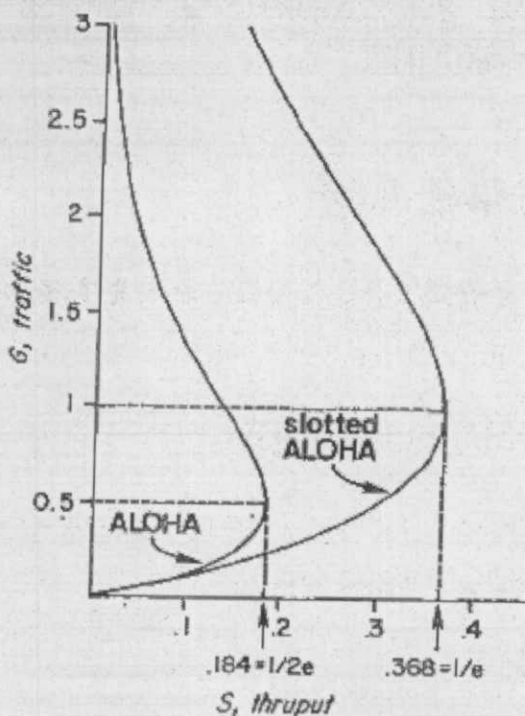


圖 5-10 Slotted ALOHA 和 Unslotted ALOHA 傳輸率的比較圖

由圖 5-10 我們也可以發現為什麼 Slotted ALOHA (加入時槽概念) 的傳輸率會比 Unslotted ALOHA 高兩倍左右。

而在數學模組有很多基本的假設如下：

1. Poisson 機率分佈的封包產生。
2. 封包傳輸過程中不會因為干擾而發生錯誤 (No BER)。
3. 封包傳輸過程沒有傳輸延遲 (Propagation Delay)。
4. 當封包發生碰撞情況不會重送。
5. 每一個時槽都會是獨立的。



6. 每一個封包的傳送也都會是獨立的。

我們稍後介紹的模擬範例 (Demo Case) 所設計的參數及產生的數值都是根據上述的公式來做探討跟比較，而數學模組的所有假設，我們在模擬系統中都有做相對應的配合。

## 5.3.2 NCTUns 的模擬設定

### 5.3.2.1 模擬參數設定

1. 時槽 (傳送時間) = (121120 + 2) ticks  
1 tick = 100ns (在我們 NCTUns 中預設值)  
→ 12.1122ms。
2. 封包大小 = 1472bytes。
3. 頻寬 = 1Mb (Mbit/s)。
4. 沒有 ARP request (使用預設 ARP 表格)。
5. 關掉封包會遭受干擾的機率 (No BER)。
6. 關掉碰撞封包重送機制。
7. 關掉封包傳輸延遲。
8. UDP 通訊協定。
9. 模擬時間 = 800 sec。

### 5.3.2.2 Poisson 機率分佈封包產生的設定

由於在數學模組中，封包的產生的間隔時間是 Poission 機率分佈，而我們 NCTUns 本身就有支援這樣的封包產生能力，並且是用  $1/\lambda$  來表示平均每一個封包產生的間隔時間，但是由於 NCTUns 是模擬真實世界的模擬器，所以封包的產生是在應用程式層 (Application level)，而中間會經過作業系統的核心及我們設計的一些模組，所以整個 Poission 的封包到了媒體存取控制層是否真的還是 Poission 的封包呢？

我們在這裡做了一些控制以確保 Poission 的特性：

1. 當封包在經過佇列模組時，我們要確保封包不會因為無法傳送出去而將其放在佇列中的現象，所以我們有在這點做了很多的測試，最後我們得到了在封包大小為 1472bytes 的條件下，最小的  $1/\lambda$  的值為 0.004，而我們也根據這個值來做為我們所有測試範例  $1/\lambda$  的下限值。
2. 而封包在經過佇列模組也確保其沒有上述現象後，接下來封包會進入到媒體存取控制層，在這一個模組由於為了配合數學模組，所以我們將重送機制關掉，故若是前一個封包在其傳輸時

間內仍未傳送完成，而後面一個封包又剛好撞上來，此時這個封包就會被丟掉，這個現象也是我們不希望看到的。所以我們在一開始封包產生的時候就限制其封包間隔時間的最小值一定要大於一個封包的傳送時間，而在這裡是必須大於 12.1122ms，如此一來這個現象也可以避免了。

在做完上述兩個很重要的工作後，我們可以確保我們封包的產生是 Poisson 分佈。

### 5.3.2.3 TCL 的設定

在所有的模擬範例中，我們都利用 TCL 的檔案去定義我們要模擬的情境。以下會針對在 TCL 中比較重要的參數做說明：

1. Set WirelessLogFlag  
用來設定是否需要將模擬過程記錄下來，預設是 off。
2. Set Node\_ARP\_LINK.arpMode  
用來設定是否需要跑 ARP request，預設是 KnowInAdvance (使用預設 ARP 表格)。
3. Set Node\_GSMAC\_LINK.ALOHAMode  
用來設定目前是要跑 Slotted ALOHA 還是 Unslotted ALOHA，預設是 Unslotted ALOHA。
4. Set Node\_GSMAC\_LINK.ReTransmit  
用來設定封包碰撞後是否要重送，預設是 0 (不重送)。
5. Set Node\_GSMAC\_LINK.UplinkChannel  
用來設定上傳頻道的編號，預設是 0。
6. Set Node\_GSMAC\_LINK.DownlinkChannel  
用來設定下載頻道的編號，預設是 1。
7. Set Node\_GSMAC\_LINK.ControlChannel  
用來設定 beacon 傳送的頻道，預設是 2。
8. Set Node\_GSMAC\_LINK.PropagationDelayOn  
用來設定是否要有傳輸延遲，預設是 0 (不要)。
9. Set Node\_SatMAC\_LINK.BeaconInterval  
用來設定 BeaconInterval 需要多大，預設是 0。  
0 → Unslotted ALOHA  
大於 1 → Slotted ALOHA，121122 → 模擬 Slotted ALOHA 範例所使用

## 10.Run

用來設定模擬時間，預設是 800。

基本上我們稍後的模擬範例都是透過這個 TCL 的設定，來達到我們欲模擬的情境，而以上的參數也都會在模擬範例中運用到。

### 5.3.3 模擬範例設計及模擬結果

以下我們針對 Slotted ALOHA 及 Unslotted ALOHA 兩大部份分別做不同地面站個數的測試，並調整  $\lambda$  值來改變  $G$  值，進而一步來比較數學模組出來的傳輸率及模擬結果的傳輸率，並驗證其行為模式是否正確，其中所有的模擬範例皆放在附錄 A 內。

後頁四組圖表我們可以發現模擬結果跟數學模組的行為相當的類似，以下我們分別對 Slotted ALOHA 及 Unslotted ALOHA 做說明。

#### 5.3.3.1 Slotted ALOHA

在後頁表 5-1 及表 5-2 中我們可以發現幾個很重要的現象：

1. 數學模組中在  $G=1$  為整個傳輸率的最大值，而可以發現我們模擬結果也是一樣。
2. 我們模擬結果曲線的走向跟數學模組相當類似，在  $G=1$  之前傳輸率是遞增的，而在其之後是遞減的，這代表著整個模擬行為是正確的。
3. 在表 5-1 中，我們可以發現在  $G=1$  之前我們傳輸率還約略勝過數學模組，這是因為我們模擬的封包量是有限的，所以在一開始 Poisson 到達速率不是很高的時候，我們傳輸率還可以比較高，但是隨著速率增加，造成封包量也大幅度的成長，所以在  $G=1.8$  的時候，整個模擬傳輸率急速下滑，這點現象也是可以理解的。
4. 在表 5-2 中，模擬結果整體的曲線走向更貼近數學模組，而且約略勝過數學模組的現象也消失了，這是因為我們所模擬地面站的個數增加兩倍，也導致整個封包量的成長，讓整個模擬結果更趨於穩定狀況，而整個模擬行為也算是相當正確。

但在表 5-2 中，我們還是可以發現在  $G = 1.8$  之後，我們還是約略比數學模組差，這是因為在數學模組中有太多理想的情況了，而我們雖然已經就許多假設條件做設定，但是仍會有些許的誤差，我們也認為這個誤差是可以接受的。

錯誤! 連結無效。

表 5-1 Slotted ALOHA 的模擬結果 (6 個地面站 + 1 衛星)

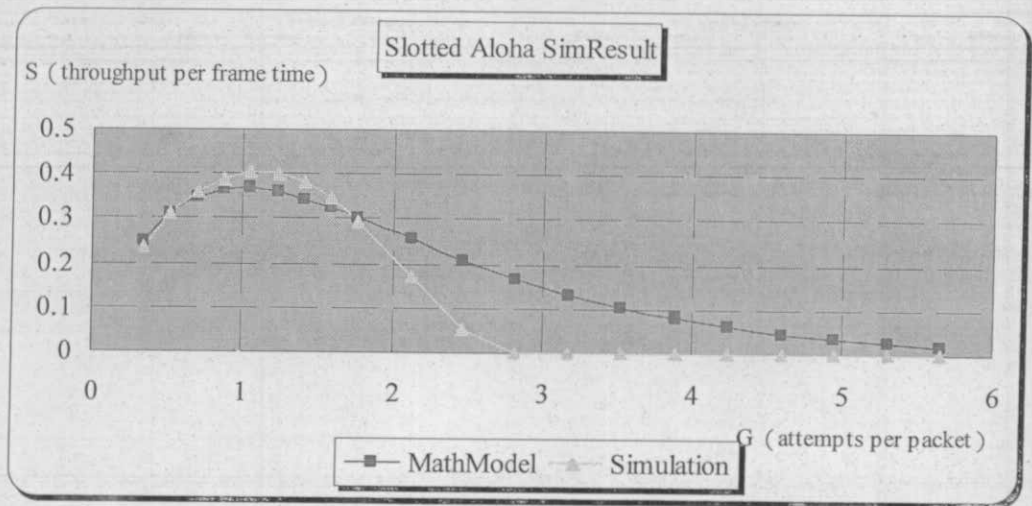


圖 5-11 Slotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (6 個地面站 + 1 衛星)

錯誤! 連結無效。

表 5-2 Slotted ALOHA 的模擬結果 (12 個地面站 + 1 衛星)

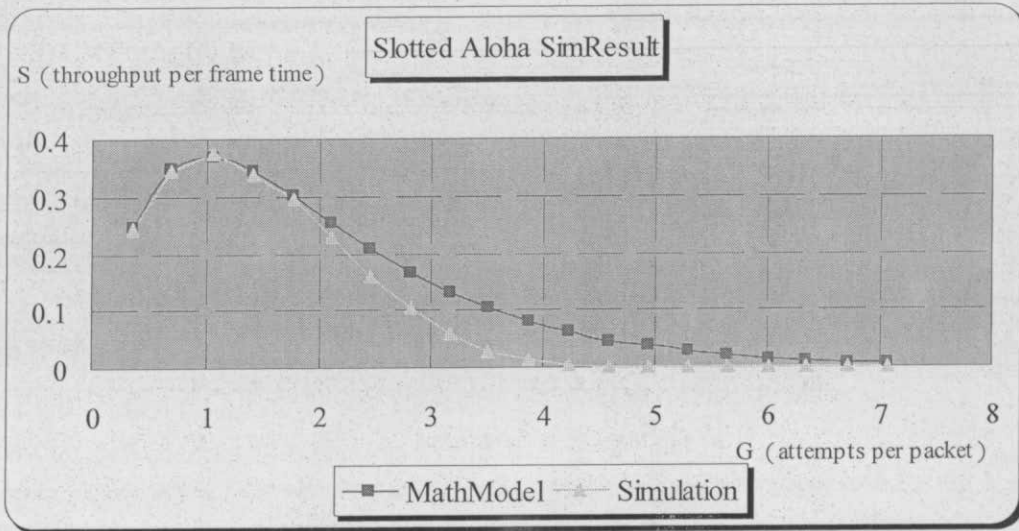


圖 5-12 Slotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (12 個地面站 + 1 衛星)

### 5.3.3.2 Unslotted ALOHA

在後頁表 5-3 及表 5-4 中我們可以發現幾個很重要的現象：

1. 數學模組中在  $G=1$  為整個傳輸率的最大值，而可以發現我們模擬結果也是一樣，這點現象也跟 Slotted ALOHA 的模擬相同。
2. 我們模擬結果曲線的走向跟數學模組相當類似，在  $G=1$  之前傳輸率是遞增的，而在其之後是遞減的，這代表著整個模擬行為是正確的，這點現象也跟 Slotted ALOHA 的模擬相同。
3. 在表 5-3 中，我們可以發現一個很有趣的現象，我們模擬的結果幾乎每一點都約略勝過數學模組，這是在這個模擬範例中，我們的封包量也是有限的，所以都會比數學模組好一點，但是跟 Slotted ALOHA 不同的是，Unslotted ALOHA 在  $G$  值過大的時候，整個傳輸率並沒有完全掉下來，這也是因為在 Slotted ALOHA 中，有利用到時槽的機制，所以一旦整個通道的封包量非常大，造成每一個時槽都一直在處於碰撞的狀況，所以整個傳輸率會馬上掉下來，而 Unslotted ALOHA 就比較沒有這種現象。
4. 而在表 5-4 中，我們可以發現整個模擬結果跟數學模組已經相當的貼近，而我們也藉此可以驗證我們模擬系統的完整性及可靠度。

在經過 Slotted ALOHA 和 Unslotted ALOHA 數學模組的介紹，並根據數學模組各項基本假設及參數的意義，我們為了驗證模擬系統的正確性，所以調整了很多參數來配合這些基本的假設，而最後我們也得到了上述的數據，這更可以來驗證我們模擬系統，但是其實跟數學模組做相對應的比較仍需克服很多問題，而且太多假設都是理想化，所以有一些小偏差也是難免的，不過經過跟數學模組的比較後，我們也更加確認我們的完整性。

錯誤! 連結無效。

表 5-3 Unslotted ALOHA 的模擬結果 (6 個地面站 + 1 衛星)



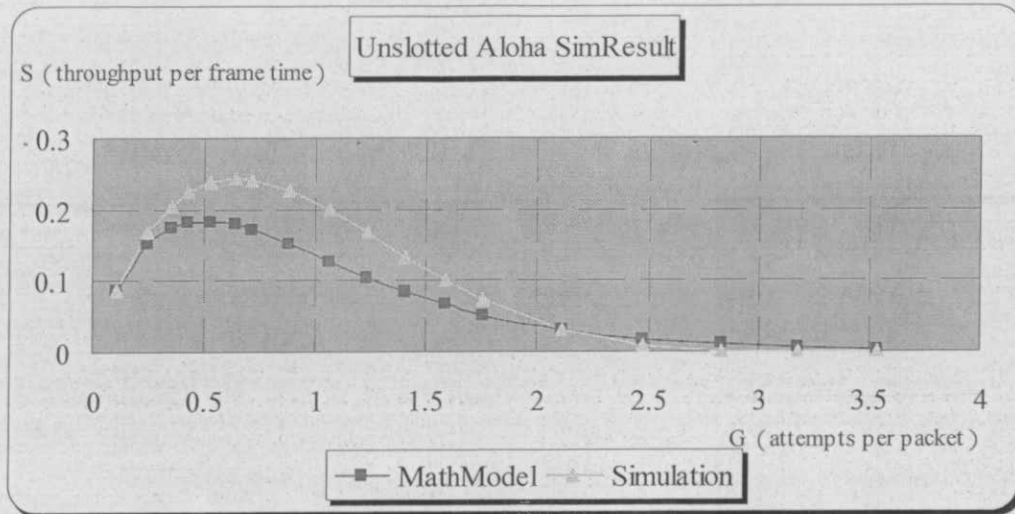


圖 5-13 Unslotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (6 個地面站 + 1 衛星)  
錯誤! 連結無效。

表 5-4 Unslotted ALOHA 的模擬結果 (12 個地面站 + 1 衛星)

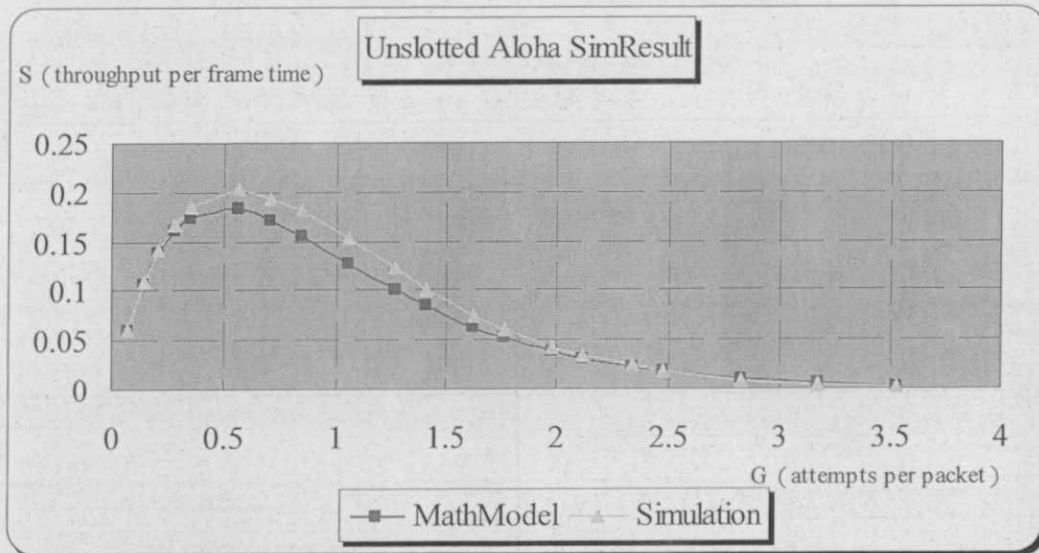


圖 5-14 Unslotted ALOHA 模擬結果的折線圖 (12 個地面站 + 1 衛星)

## 5.4 討論

### 5.4.1 Slotted ALOHA 的時槽長度設定

在 Slotted ALOHA 的架構中，時槽長度的設定是非常重要的，時槽長度會直接影響到通道頻寬的傳輸率 (Utilization) 及傳輸率。在 Slotted ALOHA 必須讓每次傳送的資料 (在這邊我們可以看成是每個封包) 可以在一個時槽內傳送到通道上，而會影響到時槽長度該怎麼調整的重要因素如下：

#### 5.4.1.1 資料傳輸率

在 ALOHA 的網路架構裡，衛星只單純扮演著中繼器的角色，因此資料傳輸的速度會取決於地面站將資料放到通道上的速率。由此可以簡單的推算出

$$\text{資料傳輸率} = \text{符號傳輸率} \times \text{每個符號帶多少 bits (bits per symbol)}$$

因此藉由上式可以得到最大的資料傳輸率，再取得最大的封包大小即可計算出傳送一個封包所需要花費的傳輸時間。

#### 5.4.1.2 最大封包大小

在此所指的最大封包大小必須綜觀所有地面站來做比較，取得所有地面站中的最大的封包大小，取得這個數值之後將其除以資料傳輸率所得到的傳輸時間即可已視為是最短的時槽切割長度，因為我們已經取得所有地面站中最大的封包大小，因此所計算出來的傳輸時間將是所有傳輸時間內花費的上限值，換句話說傳輸時間無論如何都不會超過這個上限值。

如果將時槽長度設定小於最大的傳輸時間，會造成有封包無法於一個時槽內傳送完畢，如此就違反了一個封包必須在一個時槽內傳送到通道上的協定。再進一步的探討，現在假設每個封包都必須花費兩個時槽才能夠傳輸到通道上，如圖 5-15 所示，當某一地面站 A 已經傳送了一個時槽要繼續傳送第

二個時槽，但另一個地面站 B 卻在第二個時槽開始傳送資料，會造成兩筆資料發生碰撞導致雙方都得無法正確的接收完整且正確的原始資料。

反之，如果將時槽長度設定的非常大，雖然不至於發生上述的碰撞情況，發生碰撞都會在同一個時槽內，不會有因為兩筆不同時槽送出的資料造成碰撞，但卻會因時槽長度過大使得通道的傳輸率下降，在最大傳輸時間與時槽長度差距越大時，這情況會越趨明顯。

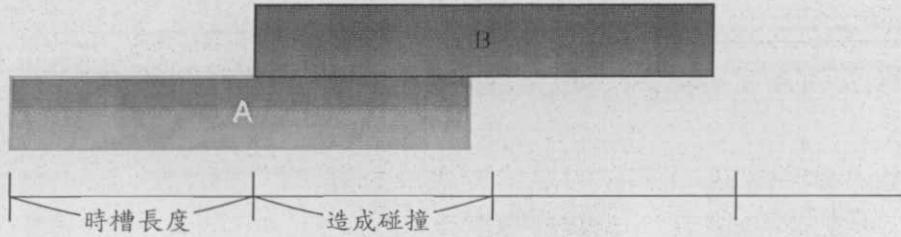


圖 5-15 當傳送時間大於一個時槽時造成資料 A 與資料 B 產生碰撞

### 5.4.1.3 各地面站間最大傳輸延遲的時間差距

影響時槽另一個重要的因素就是衛星與地面站因距離所造成的傳輸延遲，正因如此會使的各個地面站收到由衛星傳送下來同樣的一筆資料，但實際完成接收的時間卻不同，造成接收時間不同的主要因素並非因為接收的傳輸時間不一致而是因為開始接收的時間不同，會造成這個現象主要發生在各地面站和衛星的距離差距太大（比如兩個地面站分別在地球的兩端），使的地面站和衛星的傳輸延遲時間不同，而造成開始接收的時間不一致。

因為這現象，各地面站的接收到來自衛星傳送下來的時槽資訊就會各自不同，如圖 5-16 所示，S 時間軸是在衛星傳送時槽資訊的時間點，而 G1 與 G2 分別在兩個不同的地面站觀察接收衛星傳送時槽資訊的時間點。

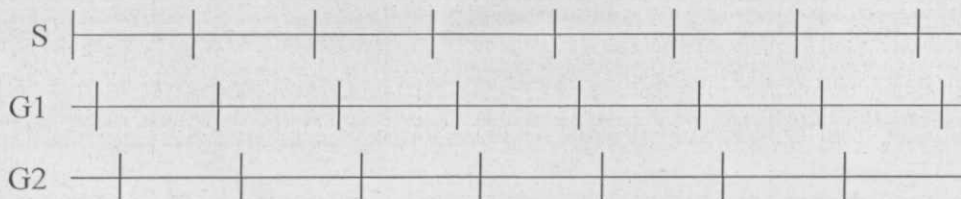


圖 5-16 不同地面站的時槽偏移示意圖

由圖 5-16 就可以清楚看到雖然由衛星統一傳送時槽資訊，但不同衛星接收下來的結果會有所不同造成一定幅度的偏移，使得每個地面站對於可以開始傳送資料的時槽起始點會有所不同。

如下圖 5-17 的情況，有三個地面站且各自的傳輸延遲各不相同，造成在時間軸上的時槽切割不一致，如果現在地面站 G1 與地面站 G3 在第一個時槽都做了傳送資料，從衛星 S 的角度來看在第一個時槽會造成碰撞，這是 Slotted Aloha 所預期在同一個時槽內傳送的所有資料應該如果發生碰撞，不應該與其他時槽的資料相互碰撞，只與同一個時槽所傳送的資料發生碰撞。

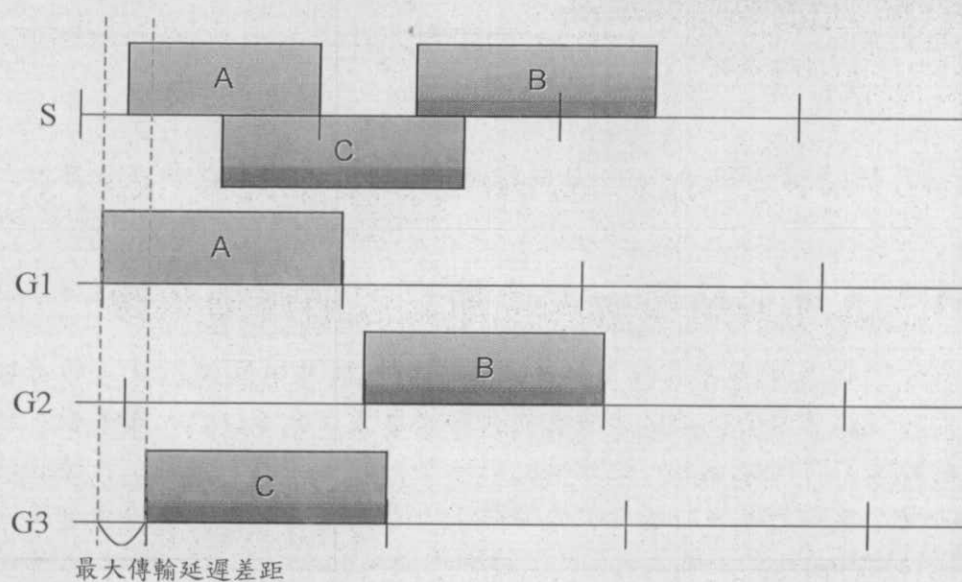


圖 5-17 當 G1 與 G3 在第一個時槽傳送，G2 在第二個時槽傳送的情況

但以圖 5-17 的情況，當地面站 G2 在第二個時槽傳送資料，從衛星 S 的角度來觀察時，會發現地面站 G2 所送資料 B 的前半段和地面站 G3 所送資料 C 的後半段發生碰撞，換言之，地面站 G3 在第一個時槽所送的資料和地面站 G2 在第二個時槽所送的資料產生碰撞，與 Slotted ALOHA 當初期望相違背。為了避免這個問題發生時槽的長度設定不能單單只是以最大的資料傳輸時間而定，必須再加上一段時間 (Guard Time) 加以間隔。

造成這現象最主要的因素在於各地面站與衛星之間的傳輸延遲各不相同所致，因此這段區隔的時間可以從各地面站與衛星之間的傳輸延遲時間來取得，直接由圖 5-17 觀察，就可以得到藉由計算每個地面站彼此之間最大的傳

輸延遲時間差距，就剛好是這段間隔的時間長度。所以時槽的長度計算：

$$\text{時槽長度 (Time-slot)} = \text{最大傳輸時間} + \text{兩倍最大傳輸延遲差距}$$

## 5.4.2 檢查封包傳送成功機制的時間點

在 ALOHA 的架構中，媒體存取控制層一次只能傳送一個封包，必須等待確認完成傳送之後才繼續傳送下一個封包，而其中的檢查機制採用的是以「自己傳自己收」的模式來做檢查。在 ALOHA 的衛星定位在中繼器的角色，因此所有傳送上的資料會直接轉送回地面，所以地面站也會收到自己傳送的資料，在此就是利用此一特性來做檢查的資料是否完成傳送。

首先封包到了媒體存取控制層並送出之後，就會將剛剛的封包先暫存起來，並且開始等待由衛星回送的封包，確定收到的封包就是剛剛所送出一模一樣，才會將暫存的封包清除並繼續下一輪的傳送動作，如果收到的資料有錯誤則將上次傳送的封包再重新傳送一次。所以封包由地面站到達衛星再轉送回地面站經過一個週期的時間（往返時間）即兩段傳輸延遲的時間地面站才開始接收訊號，直到經過封包的傳輸時間才會將封包資料完整的收下來，計算公式如下：

$$\text{等待檢查時間} = \text{兩倍的傳輸延遲} + \text{傳輸時間}$$

換句話說，地面站要檢查自己傳送的封包是否完成傳送動作至少必須等待上面所計算的時間之後才做檢查。而在這段時間內仍然可以接收其他人的封包資料。

從模擬器的角度來看，如果等待檢查的時間就正好設定成兩倍的傳輸延遲加上傳輸時間，如此一來會造成「檢查是否成功傳送」這事件 A 和「完成封包接收」這事件 B 發生在同一個時間點，且在事件 B 中如果確認接收進來的封包無誤會告知傳送端「可以不必重送，接著傳送下一個封包」，而事件 A 會因為事件 B 是否有告訴他成功與否來決定是否重送上一次傳送的封包或是接著傳送下一個封包，如圖 5-18 所示。

因此事件 B 的結果會影響到事件 A 在執行時所做的動作，但現在兩個事件的發生時間點相同的話，將無法保證行為一定正確，如果先執行事件 B 再執行事件 A 就會符合預期的行為，相反執行事件順序相反的會造成傳輸率折半，因為一半的時槽會被用來重送上一次的封包，為了避免此一情況的發生，必須將「檢查是否成功傳送」這件事情延後一段時間再來看，如同分時多工 (TDMA, Time Division Multiple Access) 中每個時槽的時間間隔 (Guard Time) 一般的效果。

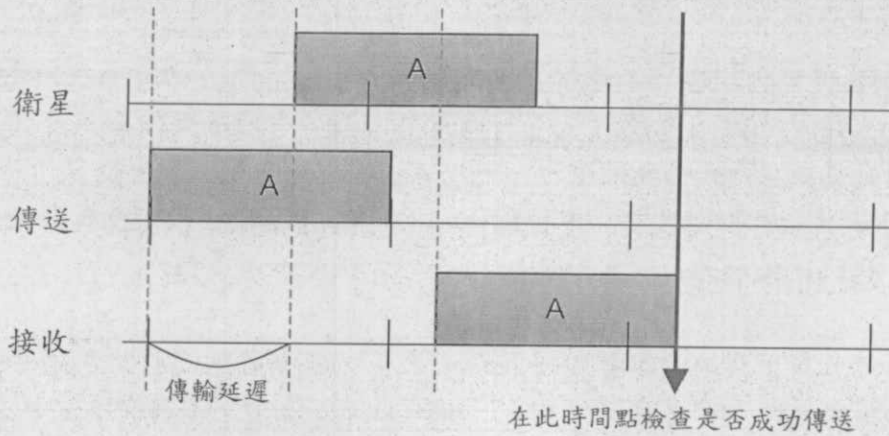


圖 5-18 檢查時間為兩倍傳輸延遲+傳輸時間剛好和完成接收時間相同

### 5.4.3 封包發生碰撞後重送的間隔時間

在發生碰撞或是封包遺漏在傳輸過程中都會觸發重送的機制，而發生碰撞造成的重送的狀況，在 Slotted ALOHA 裡是因為同時超過一個以上的地面站要在這個時槽內進行傳送的動作，為了讓重送的封包不至於再發生碰撞，會根據一個機率分佈來決定要等待幾個時槽之後再重送，如此一來可以盡量避免下次的重送恰好各地面站所選擇要進行重送的時槽又相同造成再一次的碰撞。

而在 Unslotted ALOHA 的架構中發生碰撞就只是單純的因為現在通道上有人在傳送，因此地面站於此一時間點傳送資料就造成碰撞，同樣為了避免下次再發生碰撞，也是根據一個機率分佈來決定過了多少的時間之後再執行重送的動作。

因此根據不同的機率分佈所取出亂數會造成重送的行為樣式 (Pattern) 會有不同的現象，也會使得各地面站在爭奪頻寬有不同的表現間接的會影響

到傳輸率的表現。目前模擬器預設的情況會以 2 的冪次方為範圍最大取到 128，並以一般機率分佈 (Uniform Distribution) 取出一個值  $X$ ， $X$  在 Slotted ALOHA 裡代表的就是在現在之後的第  $X$  個時槽做重送的動作，這段時間內將不做任何傳送動作；在 Unslotted ALOHA 裡  $X$  是一個倍數，會乘上預設一個封包傳送的時間所得到的結果就是等待重送的時間  $Y$ ，亦即當經過  $Y$  時間後才會進行重送。

#### 5.4.4 與數學模型比較所產生的模擬問題

為了驗證我們所開發的 Slotted ALOHA 與 Unslotted ALOHA 的行為是否正確，我們採用最直接的方法，將模擬出來的結果與數學模型計算出來的結果相互驗證，由於數學模型的推導的過程中為了簡易推導過程，都會預先設定一些假設條件，因此要驗證模擬的結果與數學模型的比較就必須針對數學模型的假設來調整模擬器的參數設定。

在數學模型中影響最大的在於數學模型不考慮傳輸延遲與碰撞重送的問題，然而傳輸延遲與碰撞重送的機制卻是在模擬行為中相當重要的一環。模擬行為與現實狀況比較的正確與否都與這兩個因素有著相當大的關係。數學模型只考慮一般的情況並未加入複雜的機制。

為了跟數學模型的推導條件吻合，必須暫時性的將傳輸延遲設定為零（亦即不考慮傳輸延遲）與關閉重送機制，我們發現在模擬器裡會造成下面兩個主要的問題：

##### 5.4.4.1 時槽長度恰好等於傳輸時間

根據前面的推導得知 Slotted ALOHA 架構中，時槽的長度計算為最大傳輸時間加上兩倍的最大傳輸延遲差，而在與數學模型比較的模擬中必須設定傳輸延遲等於零，也就是這時候時槽長度會等於傳輸時間，此時模擬器會發生的問題和前面所提：檢查封包傳送成功機制的時間點，事實上是具有相關連的問題。

現在除了原本的「檢查是否傳送成功」事件 A 與「完成封包接收」事件 B 之外還得加上「接收到時槽資訊並將暫存封包送出」事件 C，在 Slotted ALOHA 的動作中，當上層有封包到了媒體存取控制層，會先將此一封包暫存起來並等待接收衛星傳送的時槽資訊封包，當收到時槽資訊封包才會將暫存的封包傳送到通道上。然而現在三個事件如果發生在同一個時間點，假設事件 B 所接收的封包是自己送的封包（亦即事件 B 的執行結果會影響到事件 A），然而重時事件 A 檢查之後確定需要重送，因此會影響事件 C 的動作，此時三個事件的先後順序應該是先依照 BAC 的順序還是正常的行為模式。

在先前討論中如果事件 A 的時間保證一定會比事件 B 還要晚發生即可解



決問題，同理在此也是一樣保證事件 C 的時間一定比事件 A 較晚發生，行為模式就不會造成問題，因此同樣在此設定時槽的長度上也必須加上一個時間間隔，且間隔必須比在檢查是否完成傳送的時間間隔還要大一點，因為模擬器的模擬時間非常精準，因此只要加上模擬器可以模擬的一個最小時間單位就可以讓兩個事件錯開，也不至於造成模擬的結果與數學模型分析的結果有太大的出入與變化。

相反的，如果無法保證事件 C 一定是三個事件最後發生，雖然都在同一個時間點，但當事件 C 執行的順序錯誤同樣會造成一半的時槽浪費在錯誤的行為模式上，發生此一情況有可能會讓最後結果傳輸率提高也有可能下降。原因為這一半被浪費的時槽，沒有傳送任何封包（因為事件 A 尚未執行，因此無法繼續傳送任何封包）使的傳輸率下降，也可能原本應該在這個時槽傳送但會發生碰撞情況而現在沒有傳送避開了碰撞使得傳輸率提高。

當然也可能因為剛好這時槽被錯誤判斷需要重送封包（當事件執行順序為 ACB），此時就算事件 B 可以完整的接收到自己的封包，但因為事件 A 先執行，所以還是會被判斷成為重送，所以在執行事件 C 時就會再做一次重送動作，然而此次的重送或許間接造成嚴重的碰撞結果也會導致傳輸率下降。

換言之，這三個事件彼此有相依關係，又因為沒有傳輸延遲的關係，會使得三個事件恰好在同一時間發生，因此無法保證三個事件執行的前後順序。

#### 5.4.4.2 模擬傳送時間造成的錯誤

在模擬器的設計中會模擬封包傳送到通道上所需要的傳輸時間，一方面為了記錄封包行經的路徑與時間點，另一方面也會了在檢查自己是否成功傳送機制上的傳輸時間，因此當傳輸延遲設定為零時會使得在傳送端模擬傳輸時間結束的時間點會與接收端完整的將封包接收下來的時間點一致，如圖 5-19 所示。封包在時間軸上的出現順序應該是先出現在傳送端 A1，接著出現在衛星上 A2，再由衛星送回地面 A3。

如果接收端和傳送端的事件又剛好發生在同一個地面站上（也就是接收端接收的是剛剛傳送端送出去的封包），此時就會產生另一個相依關係，必須在傳送端的事件結束才可以將執行接收端的事件，否則會因為接收端事件先執行而判斷收到自己傳送的封包而將原本暫存的封包清除，使得傳送端事件執行時已經遺失的原本需要使用到暫存的封包資訊而造成錯誤。

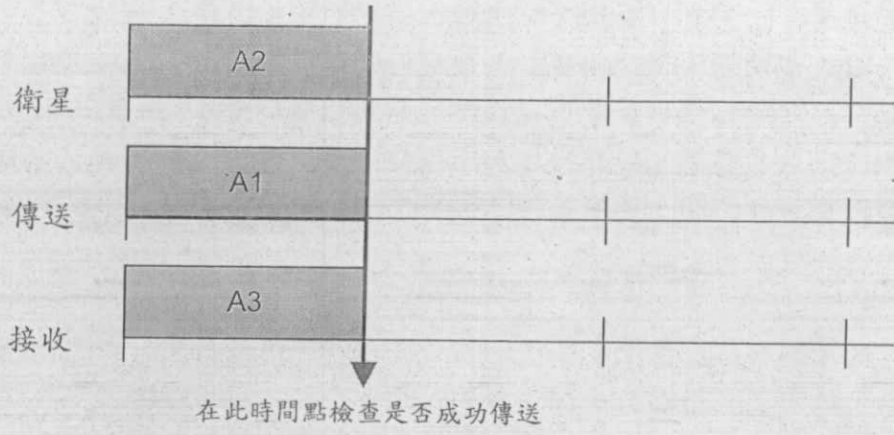


圖 5-19 地面站送出封包 A1 到衛星 A2，再由衛星傳送回地面站 A3

# 第6章 DVB-RCS

## 模擬實作與效能分析

### 6.1 介紹

數位視訊廣播 (DVB, Digital Video Broadcasting) 目前是由 DVB 計畫組織所維護的一系列國際承認的數位電視公開標準。這套標準在歐洲使用的也相當的普及，而在本章節中，我們遵照了歐洲電信標準協會 (ETSI, European Telecommunications Standards Institute) DVB-RCS 相關的規格書，並在 NCTUns 上開發這套系統，而在往後的章節中我們也會驗證這套系統的正確性，並且模擬 UDP、TCP、固定傳輸位元速率 (CBR, Constant Bit Rate)、音訊傳輸 (audio stream) 及視訊傳輸 (video stream) 這些不同的流量樣式 (traffic pattern) 在此系統中所表現出來的傳輸率，並且提供相關的模擬數據以便供日後的參考。

而在本節內，我們會漸循式的介紹 MPEG-2 系統、DVB 及 DVB-RCS，這是由於 DVB 系統基本上是架構在 MPEG-2 系統上，並且遵循了很多 MPEG-2 的基本規格，而最後我們再引進返回通道的概念，以真正建構出整個 DVB-RCS 的架構。

#### 6.1.1 MPEG-2

MPEG-2 是於 1994 年由 MPEG 工作團隊所發佈的視頻及音頻壓縮的國際標準。而 MPEG-2 通常用來為廣播信號提供視頻及音頻編碼，其應用包括了數位衛星電視、有線電視等。而 MPEG-2 在經過適當的修改後，現今也成為了 DVD 產品的核心技術。

MPEG-2 並非是對 MPEG-2 編碼器進行標準化，而是為經過 MPEG-2 編碼的位元流提供了一種標準格式，另外一方面，它也為 MPEG-2 解碼器提供

了一個標準模式。而 MPEG-2 標準的音頻部份大致上以 MPEG-1 為標準，因此兩者的相容性很強。這一點也使得現有的 MPEG-1 設備可對 MPEG-2 信號中相容 MPEG-1 的部份信號進行解碼，而 MPEG-2 的設備也可解碼 MPEG-1 信號，從而實現向前相容。

在經過 MPEG-2 系統編碼過後，大致上會分成以下兩種形式的資料流：

### 1. 傳輸流 (Transport stream)

- 主要應用為數位視訊及音訊傳輸在不可靠的傳輸媒介上。
- 通常都使用在廣播的應用上，例如 DVB。

### 2. 程式流 (Program stream)

- 主要應用在可靠的傳輸媒介上，例如 Disk。

藉由下圖 6-1，我們將對 MPEG-2 系統作簡短的介紹。以下我們可以看到視訊資料及音訊資料是分別輸入的，並且分別作各自的編碼（此處編碼的用意就是將本來較大的檔案經由適當的編碼成較小的檔案，如此一來便可降低頻寬的浪費）產生單元傳輸流 (elementary stream)，接著再將各自產生的單元傳輸流作封包切割 (packetize) 並產生一連串的封包切割單元傳輸流 (PES, Packetized Elementary Stream)，而在多工 (multiplexing) 中可以合併多個單元傳輸流，並全部統一切割成最小大小為 188 位元組的傳輸流封包 (TS packet)，並且一個個輸出傳輸流封包，進而形成傳輸流或是程式流，最後再交給實體層作通道編碼 (channel coding) 及調變 (modulation) 的處理。

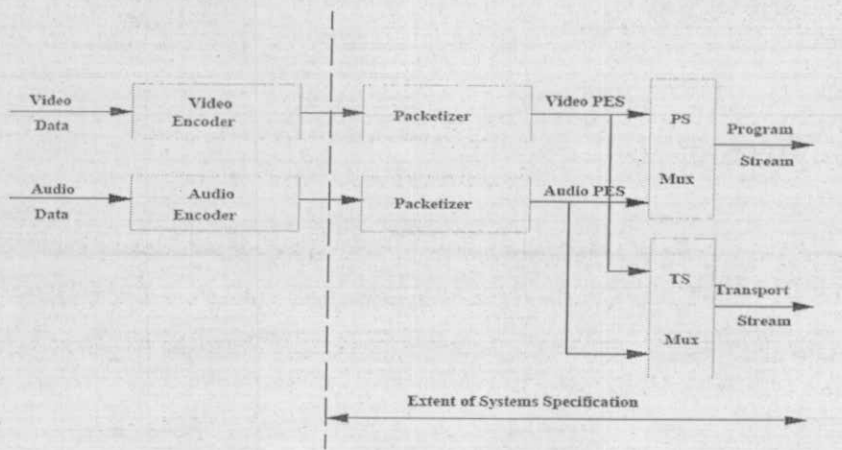


圖 6-1 視訊及音訊在經過編碼及多工處理流程圖

MPEG-2 是一個規模相當龐大的系統，我們在這裡只是稍微提到幾個重要部份，而 DVB 基本上就是架構在這樣的系統上，並且承襲了很多 MPEG-2 本有的機制，而在往後的小節中，我們也會介紹 DVB 是如何建構在 MPEG-2 之上的。

## 6.1.2 DVB-MPEG2

DVB 是由歐洲電信標準協會、歐洲電子標準化組織 (CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization) 及歐洲廣播聯盟 (EBU, European Broadcasting Union) 聯合組成的「聯合專家組」(JTC, Joint Technical Committee) 發起的。而這些標準定義了傳輸系統的實體層及資料鏈結層。設備通過同步並行介面 (SPI, Synchronous parallel interface), 同步串列介面 (SSI, Synchronous serial interface), 或非同步串列介面 (ASI, Asynchronous serial interface) 與實體層交互。而資料是以 MPEG-2 傳輸流的方式傳輸。

DVB 系統傳輸方式有以下幾種，而本章節主要是針對 DVB-S2 來做討論：

- 衛星 (DVB-S 及 DVB-S2)。
- 有線 (DVB-C)。
- 地面無線 (DVB-T)。
- 手持地面無線 (DVB-H)。

下圖 6-2 中定義出 DVB 協定的架構，針對不同的應用類型，DVB 亦定義了不同的模式，而所有資料的傳輸都是架構在 MPEG-2 TS 的系統上。而以下我們將會針對各個模式作說明：

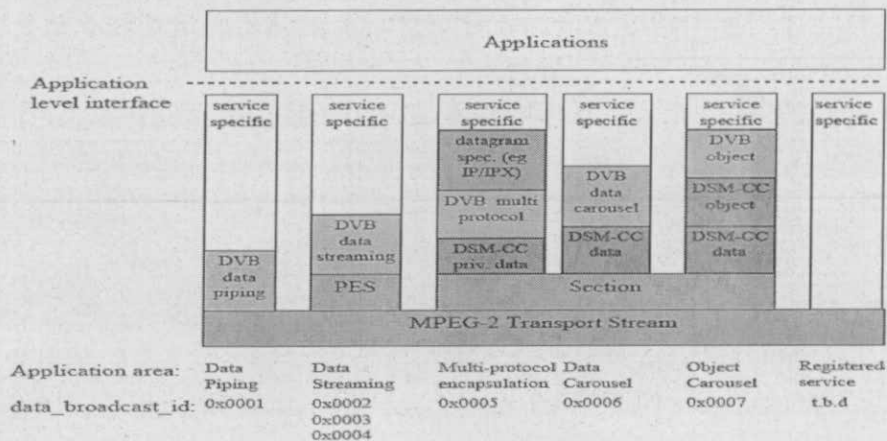


圖 6-2 DVB 協定在不同應用類型的架構圖

DVB 根據不同的應用程式類型提供了以下幾種資料廣播的模式：

- 資料管道 (Data Piping)。
- 資料流 (Data Streaming)。
- 多協定封裝 (MPE, Multi-protocol Encapsulation)。
- 資料傳送帶 (Data Carousels)。
- 對象傳送帶 (Object Carousels)。

資料管道：

- 資料廣播規範中規定資料管道模式支援在 DVB 兼容的廣播網路中傳送簡單的、非同步的 (asynchronous)、端對端 (end-to-end) 的資料。其中亦規定直接將所需廣播的資料插入到 MPEG2-TS 處理 (也就是說不用再做其他的封裝及切割的動作)。

資料流：

- 資料廣播規範中規定資料流模式支援在 DVB 兼容的廣播網路中傳送資料流導向的 (streaming-oriented)、端對端的、同步 (synchronous) 或非同步的資料。而需要廣播的資料必須做分割封包成為分割封包單元流並插入到 MPEG2-TS 處理 (也就是說會做至少一次切割的動作)。
- 而對於非同步資料流，如 RS-232 資料並沒有任何定時的要求。
- 同步資料流及同步化 (synchronized) 資料流均是要求定時的資料流。而同步資料流在接收端可以恢復其時脈 (clock) 及資料，例如 E1, T1。而同步化資料流可以實現與其他資料流的同步回放 (play back in synchronization)。

多協定封裝：

- 多協定封裝模式支援使用通訊協定 (例如 TCP, UDP) 傳輸資料的資料廣播，而傳輸的資料都必須按照數位儲存體控制命令 (DSM-CC, Digital Storage Media-Command and Control，而這部份規格是定義在 ISO/IEC 13818-6[5]，並且符合 MPEG-2 private section 格式) 格式封裝。
- 多協定封裝提供了在 MPEG2-TS 之上傳送使用其他通訊協定的一種

機制。對傳送 IP 協定做了最佳化，但是也可以透過邏輯鏈結控制層／子網附著點（LLC/SNAP, Logical Link Control/Sub-network Attachment Point）封裝模式傳送其他協定的資料。它包含了單點傳播／多點傳播／廣播（unicast/multicast/broadcast），並且利用 48 位元紀錄收端的 MAC 位址。但是由於 DVB 網路是廣播性質的，所以資料的安全是十分重要的。而封裝協定支援對資料的加密以及動態變換 MAC 位址以確保傳送數據的安全。

資料傳送帶：

- 資料傳送帶模式支援週期性的資料傳輸，且資料的長度已知並且可以從資料傳送帶中及時的更新、添加或刪除內容。而資料亦可以切割成更小的模組，或是多個模組亦可以組成一個超級模組。而在接收端，如果想要獲得特定模組中的內容，僅僅只需再等待該模組被再次廣播就可以了。
- 而資料傳送帶上的傳輸資料皆必須符合 MPEG-2 DSM-CC 中所定義的資料傳送帶模式來進行傳送。

對象傳送帶：

- 對象傳送帶模式支援需要週期性廣播 DSM-CC 用戶到用戶的資料。而對象傳送帶模式將對一組對象進行廣播，實際的目錄及內容皆存放在伺服器中，而伺服器只需要週期性的將需要廣播的對象放入 DVB 兼容的 MPEG-2 TS 中即可。

但是在本章節中，我們將著重於「多協定封裝」的討論。這是因為我們希望能夠觀察 UDP 或是 TCP 在這樣的系統下所得到的傳輸率，而不是著重於視訊傳輸及音訊傳輸。

### 6.1.3 DVB-RCS

在介紹完了 MPEG-2 及 DVB 後，我們可以發現服務都只有單向的，也就是說資料只透過正向通道 (Forward Link) 經由服務供應商到客戶端。而在這一節我們會引進反向通道 (Return Link) 的概念，也就是我們這節要介紹的數位視訊廣播-衛星反回通道 (DVB-RCS, DVB-Return Channel Satellite)。

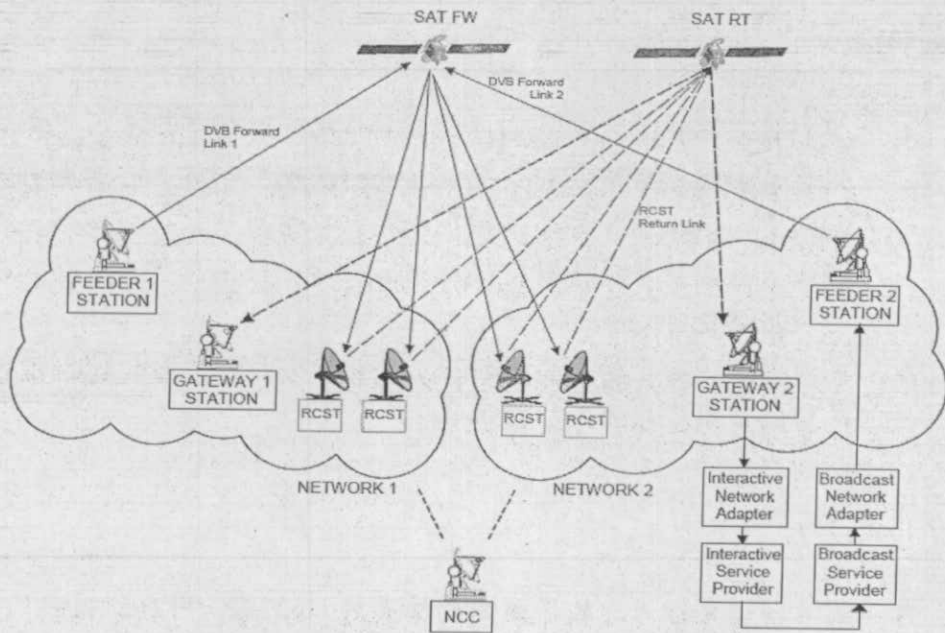


圖 6-3 DVB-RCS 系統架構圖

在上圖 6-3 中，我們先列出在 DVB-RCS 中幾個重要的節點：

- 衛星節點 (Satellite)。
- 饋送者節點 (Feeder)。
- 閘道節點 (Gateway)。
- 網路控制中心節點 (NCC, Network Central Control)。
- 服務提供者節點 (SP, Service Provider)。
- 衛星地位接收站 (RCST, Return Channel Satellite Terminal)。

而在上圖 6-3 為 ETSI 的 DVB-RCS 規格中互動式衛星的網路示意圖，在 DVB-RCS 的網路系統中，所有送給終端使用者的都是透過正向通道來傳送，反之由終端使用者傳回的封包都是透過反向通道來傳送，一個 DVB-RCS 的



網路系統是由一個或多個子網路所組成，每個子網路都有一個饋送者用來將封包送入正向通道以及一個開道用來將封包送入反向通道，使這個子網路能利用衛星資源。整個 DVB-RCS 網路系統的資源都是由統一的網路控制中心來統一管理，使此網路中的每一個衛星地面接收站可以分配到適當的網路資源。為了讓 DVB-RCS 網路可以與 Internet 網路互動，網路控制中心可以將其所擁有的資源下放給服務提供者，如此一來這些服務提供者就可以利用其原本 Internet 網路的資源及 DVB-RCS 網路中的饋送者和開道將 DVB-RCS 網路中的封包轉出到 Internet 網路或是將 Internet 網路中的封包轉入到 DVB-RCS 網路。

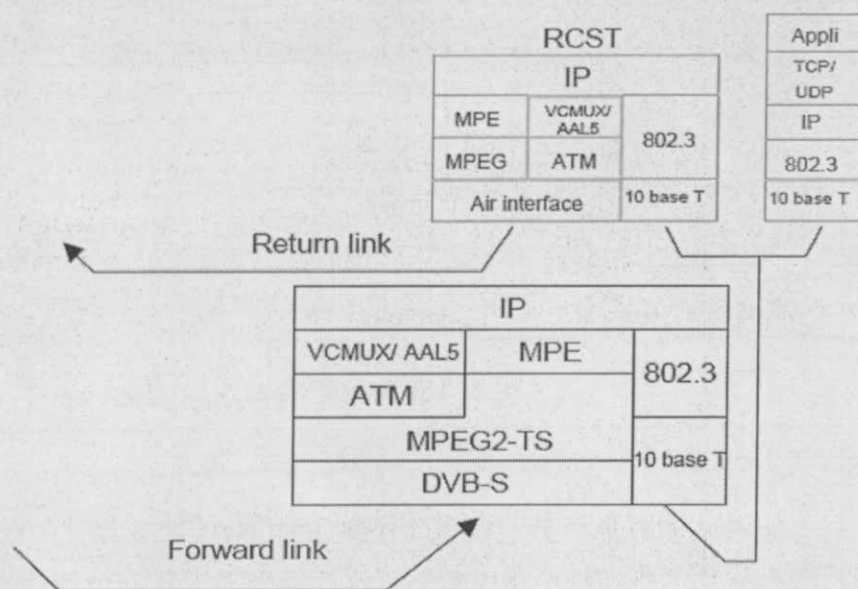


圖 6-4 正向通道及反向通道的協定堆

如果我們今天使用的是 IP 通訊協定，在前一節裡面我們有提到是利用到「多協定封裝」的模式運作。而在 DVB-RCS 的規格中有明確的定義在此通訊協定底下正向通道及反向通道的協定堆。如上圖 6-4 所示，我們可以清楚的看到，資料在正向通道的傳送是利用了多協定封裝及 MPEG-2 TS，而正向通道的接收則是用相同的協定堆處理。而資料在反向通道的傳送則是利用了非同步傳輸模式(ATM, Asynchronous Transfer Mode)及多頻分時多工(MF-TDMA, Multi-Frequency Time Division Multiple Access)，而反向通道的接受也是用相同的協定堆去處理。

而在下圖 6-5 我們也列出正向通道及反向通道在實體層所使用的的調變及通道編碼、在媒體存取控制層所使用的存取機制及媒體存取控制機制等等。

	Forward Channel (from HUB)	Return Channel (from SIT)
Air Interface	MPEG2/DVB-S	DVB-RCS
Multiple Access Scheme	TDM	MF-TDMA
Information Rates	Up to 45Mb/s	144Kb/s – 2Mb/s
Modulation	QPSK	QPSK
Coding	Concatenated convolution and Reed-Solomon	Turbo codes 32x256kbps or 16x512kbps
		Concatenated convolution and Reed-Solomon 32x144kbps or 16x384kbps or 8x1024kbps
Data Format	IP over MPEG	IP over ATM

圖 6-5 正向通道及反向通道的比較

而在以下的章節中，我們將詳細介紹 DVB-RCS 在 NCTUns 中實作部份及模擬驗證，並提供所模擬的數據及日後可能會遇到的問題及解決方法。

## 6.2 DVB-RCS 的模擬實作

除了上一章節中所提到的 ALOHA 系列的衛星系統，我們也在 NCTUns 上加入了數個模組，用來模擬 DVB-RCS 這個衛星通訊協定。在整個 DVB-RCS 系統中我們設計了六種節點，每種節點都有它自己的協定堆 (Protocol stack)，其為一個或多個模組所組成，這些模組會因其所在的節點不同而相對應的作用，其設計與實作會在本章節有更進一步的介紹。

### 6.2.1 DVB-RCS 在 NCTUns 的節點設計與實作

在 DVB-RCS 系統中我們設計了六種節點，如下圖 6-6。以 OSI 七層協定的角度可將此六種節區分為三類，分別是第一層節點——衛星節點 (Satellite)、饋送者節點和開道節點、第二層節點——網路控制中心節點以及第三層節點——服務提供者節點以及衛星地面接收站節點。

第一層節點主要的工作是提供一個能與衛星溝通的界面，相距遙遠的兩個節點可以利用這些統一的界面透過衛星來溝通而不需要考慮與發送或接收衛星訊號的方法。

在我們的設計中只有一節點為第二層節點，即是網路控制中心節點，它只負責 DVB-RCS 中所有的資源分配而不須要瞭解如何與外界的網路——Internet——溝通，此外我們將 DVB-RCS 網路中的資源控管都歸於 OSI 七層協定中第二層，所以就將網路控制中心節點設計為一第二層的節點。

第三層節點分別是服務提供者節點以及衛星地面接收站節點，這兩種節點都有一個共通的工作，即它們都必須負責 DVB-RCS 網路與 Internet 網路之間的溝通，所以這兩種節點上需要有路由 (Routing) 的能力，所以皆被設計為第三層的節點。

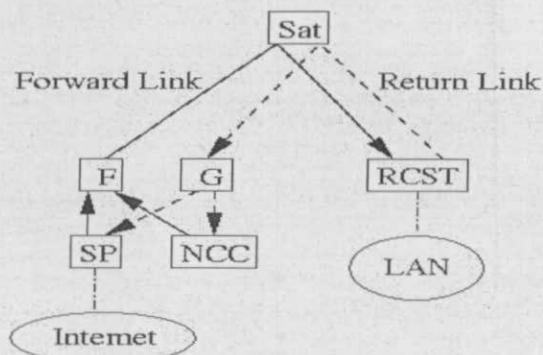


圖 6-6 DVB-RCS 系統架構圖

## 6.2.2 DVB-RCS 系統控制表格概述

DVB-RCS 系統中控制表格有非常多的種類，但是有多種的控制表格是為了提供廠商或使用者能夠更有彈性的管理或使用這個系統，因此在我們的設計之下，只有使用其中最重要的八種控制表格，以下的段落即為這些控制表格的簡介：

1. PAT (Program Association Table) :  
在這張表格中會記載所有服務 (Service) 的辨識碼。
2. PMT (Program Map Table) :  
詳細的敘述特定項服務的內涵。
3. NIT (Network Information Table) :  
所屬 DVB-RCS 網路的資訊。
4. INT (IP/MAC Notification Table) :  
所有衛星地面接收站與要送到該衛星地面接收站所需使用的 MPEG2 Transport Stream Packet ID 的對應表。
5. SCT (Superframe Composition Table) :  
敘述反向通道上超級訊框 (Superframe) 的控制表格。
6. TBTP (Terminal Burst Timeslot Plan) :  
特定衛星地面接收站的時槽 (Timeslot) 分派表。

## 6.2.3 衛星節點 (Satellite)

在 DVB-RCS 系統中的衛星節點的行為與上一章節中 Unslotted ALOHA 模式下衛星節點的行為相同，故在本章節不再重複敘述。

## 6.2.4 饋送者節點 (Feeder)

### 6.2.4.1 協定堆

饋送者節點主要的功能是提供網路控制中心節點與服務提供者節點一組實體層界面，使其可利用這個界面將控制封包與資料封包經由正向通道送到衛星，這個實體層的規格定義在 ETSI EN 302 307 這份文獻中，此規格為名

稱為 DVB-S.2，其為 DVB-S 第二代的系統，它定義了功能更大且更有彈性實體層。我們將 DVB-S.2 所定義的實體層包裝成一組模組，稱為 DVB\_S2 模組，饋送者節點只用到這個模組即可提供上層一個發送封包的界面，其協定堆如下圖 6-7。

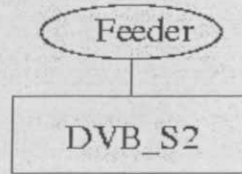


圖 6-7 饋送者節點協定堆

### 6.2.4.2 DVB\_S2 模組

在饋送者節點中的 DVB\_S2 模組有三個主要的工作：提供一組傳送界面、正向糾錯編碼 (Forward Error Correction, FEC Encoding) 及調變，最後再將封包送到衛星，此模組的架構如圖 6-8。

為了簡化設計，在目前的設計下 DVB\_S2 模組只接受 MPEG2 Transport Stream 封包，此外 DVB\_S2 模組還支援多個界面，每一個界面都有專屬的緩衝空間，所以當網路控制中心節點或服務提供者節點想要將封包透過 DVB\_S2 模組傳送到衛星之前，除了要先將其包裝成 MPEG2 Transport Stream 封包的格式，還須要指定一個傳送界面。在 DVB\_S2 模組收到一個封包之後，它會先將這個封包放入相對的緩衝區，等待一段時間後即會被發送到衛星。DVB\_S2 模組從一開始動做後，就會一直反覆的檢查每一個介面的緩衝空間中是否有未送出的封包，若是沒有就會發送虛設訊框 (Dummy Frame)，反之若有等待發送的封包，則 DVB\_S2 模組會將某個緩衝空間中所有的封包封裝成 DVB-S.2 所規定的格式，接著送到正向糾錯編碼系統做處理。

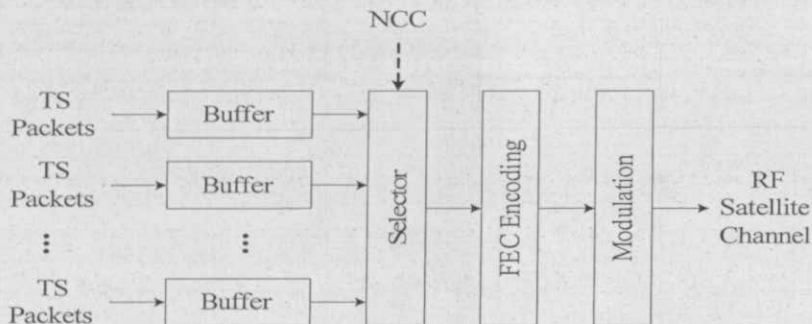


圖 6-8 DVS\_S2 模組系統架構圖

DVB\_S2 模組支援高彈性的正向糾錯編碼系統和調變系統，其中正向糾錯編碼系統是由 BCH 碼加 LDPC 碼 (Low Density Parity Check Code) 所組成，BCH 碼會依不同的編碼率 (Coding Rate) 和調變系統而配用 8、10 與 12 bits 的錯誤更正能力，有支援的編碼率有 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9 與 9/10；調變系統可使用的有 QPSK、8PSK、16APSK、32APSK，另外 DVB\_S2 模組的封包長度可以是 64800 bits 或 16200 bits，饋送者節點的管理者可以視通道狀況來改變這兩組系統的模式以及封包的長度。

## 6.2.5 閘道節點 (Gateway)

### 6.2.5.1 協定堆

閘道節點的功能與饋送者節點類似，提供網路控制中心節點與服務提供者節點一組實體層界面，但是這個界面是用來接收反向通道中由衛星送下來的控制封包與資料封包，這個實體層的規格定義在 ETSI EN 301 790 這份文獻中。我們將此文獻中所定義的實體層包裝成一組模組，稱為 DVB\_RCS 模組，閘道節點只用到這個模組即可提供上層一個接收封包的界面，其協定堆如下圖 6-9。

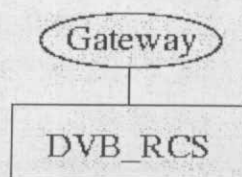


圖 6-9 閘道節點協定堆

### 6.2.5.2 DVB\_RCS 模組

閘道節點中的 DVB\_RCS 模組主要的工作，是將在反向通道收到由衛星送下來的封包做解調變及通道編碼解碼的動作，經過這些處理後會還原成一個 Burst，之後就會將其送到對應的網路控制中心節點以及服務提供者節點。

DVB\_RCS 模組支援具彈性的通道編碼系統，它的通道編碼系統可使用里德所羅門碼 (RS code) 加上迴旋碼 (Convolution Code) 或是單使用渦輪碼 (Turbo Code)，目前我們已實作的部份是前者，然而渦輪碼已經在開發中，希望可以下一個版本能支援兩種模式的通道編碼系統。里德所羅門碼的部分使用的錯誤更正能力為 8 bytes；編碼率可支援 1/2、2/3、3/4、5/6、7/8。另

外 DVB\_RCS 模組所使用的調變系統是 QPSK。

在 DVB\_RCS 模組在反向通道上收到訊號後，它會向網路控制中心節點詢問在這個時間點的訊號是用那一種編碼率，如此一來 DVB\_RCS 模組就可以用正確的編碼率來做通道編碼解碼。

## 6.2.6 網路控制中心節點 (NCC)

### 6.2.6.1 協定堆

網路控制中心節點必須週期性的透過正向通道發送控制表給所有的衛星地面接收站節點，另外一方面又必須接收由每一個衛星地面接收站節點透過反向通道所送回來的控制訊框 (Frame)，所以在網路控制中心節點中必須要有兩串協定堆如圖 6-10，分別處理送入正向通道的封包以及接收反向通道的訊框，在這兩串協定堆之上為 NCC\_CTL 模組，其會負責網路控制中心節點的運作。

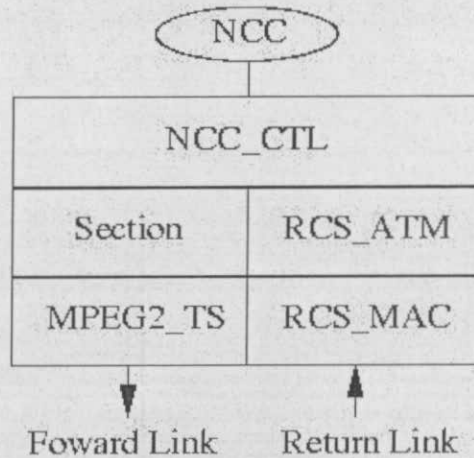


圖 6-10 網路控制中心節點協定堆

### 6.2.6.2 NCC\_CTL 模組

網路控制中心節點主要的功能管理個 DVB-RCS 網路中所有的資源，NCC\_CTL 模組這個節點中負責這個任務的模組。

在 DVB-RCS 網路中的資源為整個反向通道可使用的通訊頻帶，另外反向通道的存取協定是使用多頻帶分時多工協定，所以在我們的設計下，會將

整個可用的反向通道切割成多個頻帶與時槽。

除了要能管理整個網路的資源外，NCC\_CTL 模組還必須視每一個衛星地面接收站的要求，依據某一個準則來分派這些資源給每一個衛星地面接收站，所以在此模組中我們使用了一個排程系統 (Scheduler) 來負責這個工作。

### 6.2.6.2.1 多頻帶分時多工

DVB-RCS 規格中是使用多頻帶分時多工的機制來切割反向通道，在這個機制中會對反向通道做三層的切割，第一次切割出的單位稱為超級訊框；由超級訊框再切割一次所得到的單位稱為訊框；再對訊框切割後的單位稱為時槽。切割超級訊框及訊框之前，NCC\_CTL 模組須要先定義一個基本的頻寬  $w$ ，這個值在第二層及第三層的切割時，會被拿來當作一個最小頻帶單位。

圖 6-11 為將反向通道切割成超級訊框的示意圖，在頻域上會依照需求切割成不同大小的頻帶，每個頻帶都會有它自己的 SuperframeID；而在時域上會用一個適當的時段來切割，切割出來的每一個時槽都會用一個 SFcounter 來表示它。由 SuperframeID 與 SFcounter 就可以唯一決定一個超級訊框。

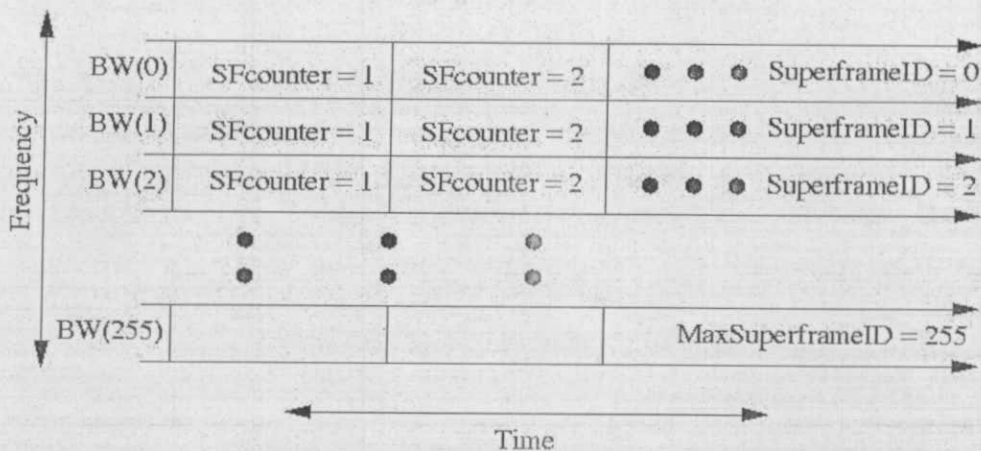


圖 6-11 多頻帶分時多工中切割反向通道成超級訊框的示意圖

切割超級訊框機制，須要先從時域切割一個超級訊框，在我們的設計下，會將它切割成 0 到 31 個時槽，用一個 5 bits 的欄位來辨識這個時槽。之後再針對每一個切割出來的時槽在頻域上切割成一個或多個單位的  $w$ ，如圖 6-12 所示，因此由此機制切出來的每一個訊框可能會占有不同大小的頻帶。



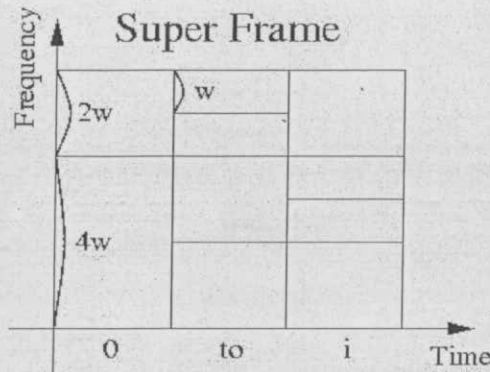


圖 6-12 多頻帶分時多工中切割超級訊框成訊框的示意圖

最後每一個訊框又可以再做一層的切割，這次的切割次序與第二層相反，必須先在頻域上將一個訊框分成一個或多個單位的  $w$ ，之後再對切出來的每一個頻帶切割，如圖 6-13 所示，最後切割出的單位即為時槽，為分配資源時的最小單位。

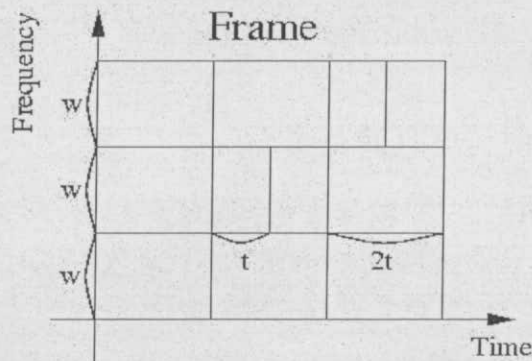


圖 6-13 多頻帶分時多工中切割訊框成時槽的示意圖

### 6.2.6.2.2 排程系統

為了降低排程系統的複雜度，在這個版本中我們在以多頻帶分時多工來分割資源時，在第二層和第三層切割時只在時域上做切割，即我們將最小頻帶單位  $w$  定義為一個超級訊框所占有的頻帶，圖 6-14 為我們第二層和第三層切割的示意圖，其中超級訊框會切割成 32 個訊框；訊框會切割成 2000 個時槽。

NCC\_CTL 模組中的排程系統會擁有兩個資訊：所有衛星地面接收站可使用的資料傳送速率 (Data Rate) 的清單以及所有可分派的時槽，因此排程

系統就可以用這些資訊算出每一個衛星地面接收站所需要的時槽個數，以滿足其所要求的資料傳送速率。

最後 NCC\_CTL 模組用之前計算出的資訊來分配一個訊框中每一個衛星地面接收站可使用時槽，然後將這些訊息包裝成 SCT 控制表以及 TBTP 控制表，由正向通道送給所有的衛星地面接收站，使其可以依據這兩張控制表的內容來使用反向通道。

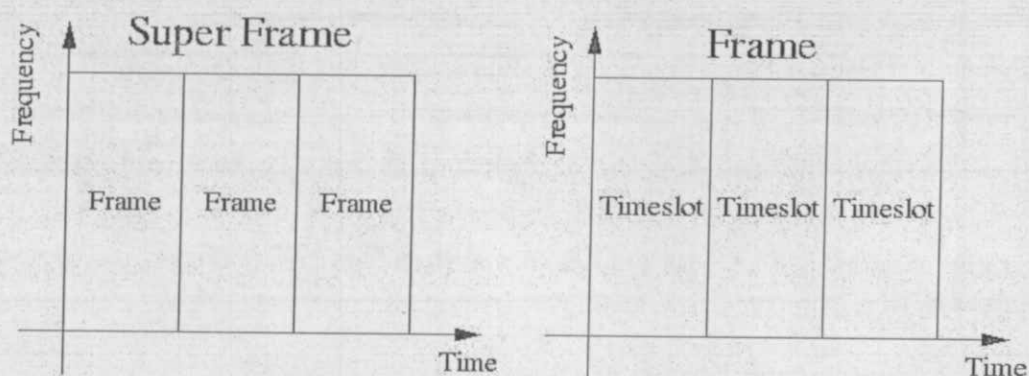


圖 6-14 多頻帶分時多工中切割訊框成時槽的示意圖

### 6.2.6.3 SECTION 模組

由於 NCC\_CTL 模組所發送的控制表格的大小不一，可能會超過 DVB 規格中所定義的最大 Section 長度，所以在衛星地面接收站節點的 SECTION 模組會將這些控制表格包裝成一個或多個 Section (s)，並加上 Section 表頭及 CRC 的資訊。

從上層收到一個控制表格時，也會同時收到這種控制表格所對應的 MPEG2 Transport Stream Packet ID，SECTION 模組在把每一個 Section 送往 MPEG2\_TS 模組時，也會把這個 Packet ID 的訊息告訴 MPEG2\_TS 模組。

### 6.2.6.4 MPEG2\_TS 模組

在 DVB 規格中，在把控制表格或是資料送給饋送者之前，都要將其包裝成 MPEG2 Transport Stream 的封包，這即是 MPEG2\_TS 模組的功能，它會把所有送到這個模組的 Sections，依照 ISO/IEC 13818-1 中所定義的格式，包裝成 188 bytes 的 MPEG2 Transport Stream 封包，前 4 bytes 為 MPEG2 Transport Stream 的表頭，其中會有一個欄位為 Packet ID，這個欄位的會填入由

SECTION 模組所帶下來的 Packet ID。包裝完成後就會將這個封包送到指定的饋送者節點。

### 6.2.6.5 RCS\_ATM 模組

RCS\_ATM 模組在網路控制中心節點的作用較為簡單，當收到 RCS\_MAC 模組送上來的 ATM 封包 (ATM Cell) 時，它會判斷其是否為控制用的 ATM 封包，若是則往上傳送，否則就會將此 ATM 封包給丟棄。

### 6.2.6.6 RCS\_MAC 模組

由於反向通道是使用多頻帶分時多工的存取機制，這個模組要能模擬同時接收多個頻帶訊號的行為，因此這當收到從閘道節點送過來的訊號時，它會模擬將這個訊號中每一個頻帶的訊號取出，並給與每一個頻帶各一個獨立的計時器來計算接收時間。為了模擬碰撞的情況，在接收時間結束之前若是又收到具相同頻帶的訊號，則該頻帶的訊號就會被破壞，必須將其丟棄；反之在接收時間結束之前都沒有收到同頻帶的訊號，則在接收時間結束時就會將這個 Burst 轉換回 ATM 封包送給 RCS\_ATM 模組。

## 6.2.7 服務提供者節點 (SP)

### 6.2.7.1 協定堆

服務提供者節點主要是要處理 DVB-RCS 網路與 Internet 網路之間的溝通，所以它的協定堆分為兩部分，分別是 DVB-RCS 網路的協定堆和 Internet 網路的協定堆如圖 6-15，因為 Internet 網路的協定堆並非這次計劃的重點，故在本文獻中不做介紹。

在這兩組協定堆的上方都有一個 Interface 模組，這個模組是 NCTUns 中用來將封包導進或導出 Linux Kernel 的介面，如此一來在這個節點所需要支援的路由功能就可以直接借用 Linux Kernel 中原本的路由機制。

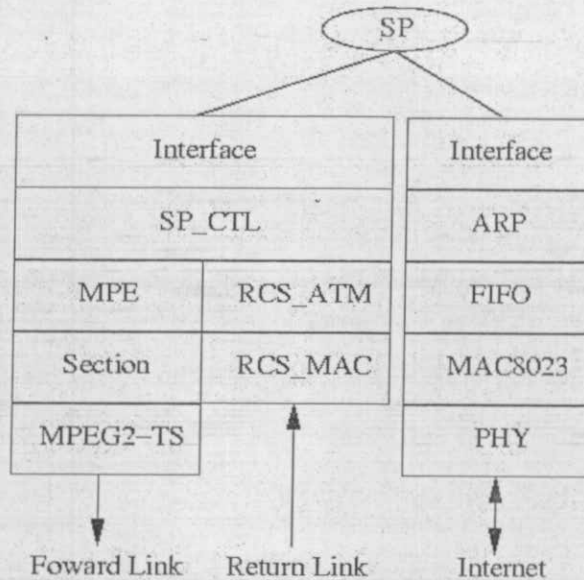


圖 6-15 服務提供者節點協定堆

### 6.2.7.2 SP\_CTL 模組

SP\_CTL 模組與 NCC\_CTL 模組類似，在它之下掛有兩串不同的協定堆，分別是將控制表格或是資料發送到正向通道，另一個則是接收反向通道上面的資料封包，將其接收後送往 Interface 模組，使該封包能被路由到正確的目的。

在正向通道的這個部分，SP\_CTL 模組在一啟動時會由設定檔取得所有衛星地面接收站節點後方的 IP 位址，所以當 SP\_CTL 模組由 Interface 模組收到一個 IP 封包時，它能由該封包的目的位址查表決定這個封包應該要送到那一個衛星地面接收站節點，並決定這個 IP 封包在封裝成 MPEG2 Transport Stream 封包後的 Packet ID 為多少，這些訊息 SP\_CTL 模組會用 PAT、PMA、NIT 以及 INT 這四種控制表格週期性的透過正向通道送給所有的衛星地面接收站節點並將這個由 Interface 模組收到的 IP 封包送給 MPE 模組。

另外一方面，當 SP\_CTL 模組在回饋通道這串協定堆收到一個資料封包時，它會直接把它轉收到 Interface 模組，這樣一來 Linux Kernel 就會依照預先設定好的路由表來轉送這個封包，若是這個封包的目的位址為 Internet 網路中的某一台主機，則這個封包就會被轉到服務提供者節點中對應到 Internet 網路的那串協定堆；若是目的位址為 DVB-RCS 網路中某台衛星地面接收站節點後方的主機，則這個封包就會被轉到服務提供者節點中對應到 DVB-RCS 網路的那串協定堆，之後就會依照上一段所敘述的機制把這個封包送到特定

的衛星地面接收站節點。

### 6.2.7.3 MPE 模組

當封包由 SP\_CTL 模組送下來時，有可能是控制表格或是 IP 封包，MPE 模組會直接將控制表格送給 SECTION 模組做處理，然而若送下來的是 IP 封包，則 MPE 模組會將這個封包依照 DVB 規格的定義，加上特定的表頭以及 CRC，將其封裝成 Datagram Section 的格式，以便 MPEG2\_TS 模組可以再進一步的把這個封包封裝成 MPEG2 Transport Stream 封包。

從上層收到 IP 封包時，也會同時收到當這個 IP 封包要被包裝成 MPEG2 Transport Stream 封包時的 Packet ID，MPE 模組在把 Datagram Section 送往 SECTION 模組時，也會把這個 Packet ID 的訊息一起送下去。

### 6.2.7.4 SECTION 模組

服務提供者節點與網路控制中心節點的 SECTION 模組幾乎是相同的，唯一的差別是在服務提供者節點中的 SECTION 模組若收到已經封裝成 Datagram Section 的封包就不會對其做任何處理，直接把封包送往 MPEG2\_TS 模組。

### 6.2.7.5 MPEG2\_TS 模組

服務提供者節點與網路控制中心節點的 MPEG2\_TS 模組是相同的，故在此不再重複敘述。

### 6.2.7.6 RCS\_ATM 模組

RCS\_ATM 模組收到 RCS\_MAC 模組送上來的 ATM 封包時，它會判斷其是否為控制用的 ATM 封包，若是則將其丟棄；否則就會將此 ATM 封包放到 RCS\_ATM 模組中的緩衝空間。

這個緩衝空間的用途是暫存那些還無法組成一個 IP 封包的 ATM 封包，在 RCS\_ATM 模組收到一個非控制用的 ATM 封包時，都會去檢查該 ATM 封包表頭的資訊，由 ATM 表頭可以知道這個 ATM 封包是否為這個欲組合之 IP 封包的最後一個 ATM 封包，若是則會嘗試著將這些在緩衝空間中的 ATM 封

包組合成一個 IP 封包，當這個模組成功的組合出一個 IP 封包，則就會把這個 IP 封包送往 SP\_CTL 模組。

### 6.2.7.7 RCS\_MAC 模組

服務提供者節點與網路控制中心節點的 RCS\_MAC 模組的功能是相同的，故在此不再重複敘述。

## 6.2.8 衛星地面接收站節點 (RCST)

### 6.2.8.1 協定堆

為了讓衛星地面接收站節點可以被一台以上的主機使用，所以我們將這個節點設計為一個第三層的節點，讓衛星地面接收站節點後面可以接一個區域網路 (Local Area Network)，所以它就必須要有路由功能，使得 DVB-RCS 網路與節點後方的區域網路可以溝通。

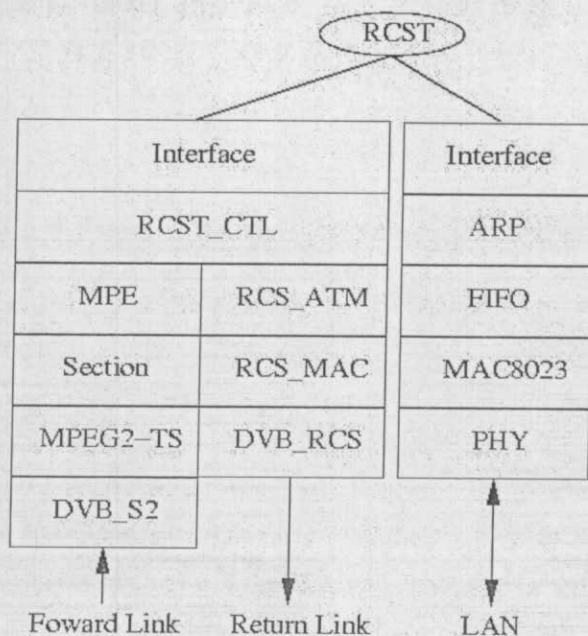


圖 6-16 衛星地面接收站節點協定堆

因此衛星地面接收站節點採用與服務提供者節點類似的協定堆如圖 6-16，不同的地方在於衛星地面接收站節點是接收正向通道的封包而透過反向通道來傳送它的資料封包，這點與服務提供者節點正好相反。

## 6.2.8.2 RCST\_CTL 模組

RCST\_CTL 模組之下掛有兩串不同的協定堆，一串是用來接收正向通道中的控制表格或是資料封包，另一串則是用來處理欲透過反向通道發送的資料封包。

### 6.2.8.2.1 控制表格管理

RCST\_CTL 模組為了要能讓衛星地面接收站節點使用 DVB-RCS 網路，所以它必須要接收並處理正向通道的控制表格，因此在 RCST\_CTL 模組中有一組控制表格管理系統，在這個系統中，每一種收到的控制表格都會被存放在我們設計的資料結構中。

在 RCST\_CTL 模組在收到 MPE 模組送上的封包，判斷這個封包是帶有控制表格之後，RCST\_CTL 模組會先由表格的表頭取得此控制表格的類別，並準備將這個控制表格存到該類別的資料結構中。在要把控制表格存入所對應類別的資料結構之前，RCST\_CTL 模組會檢查這個控制表格是否為更新的版本，若是則會將這個新版的表格存放在一個新的資料結構中，準備將來所有表格接更新後可以動態的瞭解 DVB-RCS 網路的狀況。

為了要讓 RCST\_CTL 模組在接受資料封包時，可以知道帶有那些 Packet ID 的 MPEG2 Transport Stream 封包是該衛星地面接收站節點要接收的，它必須要分析由服務提供者節點所送過來的控制表格，即 PAT、PMT、NIT 和 INT，藉由分析這幾種表格，RCST\_CTL 模組可以得知它必須接收的 Packet ID，而這種查表的動作，會在這四種控制表格皆收齊之後被觸發，之後在每次這些控制表格有更新的時後也會重新在做查表的動作。

當衛星地面接收站節點要使用反向通道時，必須先知道反向通道的時槽有那些是分派給這個節點的，要得到這個訊息必須要分析由網路控制中心節點所送過來的控制表格，即 SCT 和 TBTP，如此一來 RCST\_CTL 模組可知反向通道的特性、可以使用的時槽以及在 RCS\_MAC 模組傳送時一個 Burst 所包含的 ATM 封包個數，這些資訊會以一組介面提供給 RCS\_MAC 模組使用。

### 6.2.8.2.2 資料封包收送

RCST\_CTL 模組處理由正向通道送上來的資料封包的機制如上一小節所敘述，在其接收到 MPE 模組送上來的 IP 封包時，會先檢查這個封包的 Packet ID 是否為送給這個衛星地面接收站節點的封包，若不是則將其丟棄，反之就表示這個 IP 封包是送給此衛星地面接收站節點後方區域網路中的某一台主機，所以 RCST\_CTL 模組會將這個 IP 封包轉收到 Interface 模組，讓這個封包依照設定好的路由表來轉送，在這裡路由封包的方法與之前服務提供者節點的小節的機制相同。

當有 IP 封包由 Interface 模組送下來時，表示節點後方區域網路中的某一台主機有封包要藉由衛星地面接收站節點送出，這時候 RCST\_CTL 模組會將這個 IP 封包送給 RCS\_ATM 模組，準備由反向通道送出。

### 6.2.8.3 MPE 模組

當 MPE 模組收到 SECTION 模組的封包時，會先檢查這個封包的內容是否為控制表格，若是則直到送到 RCST\_CTL 模組，否則收到的應該是一個以 Datagram Section 格式封裝的封包，MPE 模組會用 Datagram Section 的表頭的資訊將這個封包還原成 IP 封包，將其送往 RCST\_CTL 模組。

### 6.2.8.4 SECTION 模組

當 SECTION 模組收到 MPEG2\_TS 模組送上來的 Section 時，會先檢查這個 Section 的內容是否為一個 Datagram Section，若是則直到送到 MPE 模組，否則由這個封包的表頭取得這個 Section 的類別，之後會把這個 Section 放到該類別的緩衝空間中。

在 SECTION 模組中緩衝空間都會對應到一個特定類別的 Section，用來暫存那些還無法組成某一種控制表格的 Section(s)，在收到 Datagram Section 以外的 Section 時，會嘗試著將那些在這種 Section 的緩衝空間中的 Section 組一個控制表格，當一個控制表格成功的被組合回來時，SECTION 模組就會把這個控制表格送往 MPE 模組。



### 6.2.8.5 MPEG2\_TS 模組

MPEG2\_TS 模組收到 DVB\_S2 模組送上來的 MPEG2 Transport Stream 封包時，它會由該封包的表頭取得 Packet ID，之後會把這個封包放到對應到該 Packet ID 的緩衝空間中。

在衛星地面接收站節點中的 MPEG2\_TS 模組，每一個 Packet ID 都會有一個對應的緩衝空間，其用途是暫存那些還無法組成一個 Section 的 MPEG2 Transport Stream 封包，在 MPEG2\_TS 模組收到每一個 MPEG2 Transport Stream 封包時，都會由該封包表頭的取出 Packet ID，嘗試將這個封包與那些在緩衝空間中，有相同 Packet ID 的 MPEG2 Transport Stream 封包組合成一個 Section，當一個 Section 成功的組合回來時，MPEG2\_TS 模組就會把這個 Section 送往 SECTION 模組。

### 6.2.8.6 DVB\_S2 模組

DVB\_S2 模組主要的工作是處理由衛星經由正向通道發送的訊號，這些訊息必須經過解調變、正向糾錯解碼與解多工 (De-multiplexing) 的處理，最後在把處理後的封包與其所對應的界面送到 MPEG2\_TS 模組。

DVB\_S2 模組收到正向通道上的訊號後，會先分析同部訊號 (Preamble)，由同部訊號中可以得知這個訊號的格式，包含調變與正向糾錯碼類型、訊框長度和指示區塊 (Pilot Block)。若收到的是一個虛設訊框，則將其丟棄，反之則要依據由同部訊號所得到的資訊來做相對應的處理。

解調變與正向糾錯解碼的部分與饋送者節點中 DVB\_S2 模組的部分相對稱。在正向糾錯解碼中 LDPC 碼本身的特性，會因為解碼過程中解碼階段 (Decoding Phase) 重複次數的不同，而會有不同的解碼能力，但是在真實世界中會因為重複次數的增加而使解碼的運算時間延長，但是在我們的模擬中，解碼的運算時間是不做計算的，這部分在重複次數很多的設定下，可能會與真實世界有所出入，但是一般真實世界中為了良好的系統反應時間，解碼階段的重複次數都不高，所以在我們的設計中，忽略這個部分的模擬是可以接受的。在 BCH 碼的部份，可更正錯誤的能力會依照設定而有 8、10 與 12 bits 的差別。

在 DVB\_S2 模組完成解調變與正向糾錯解碼處理後會得到原始的資料訊

匡，即可由此訊框的標頭中取得該訊框的長度和一些用來把此訊框還原成 MPEG2 Transport Stream 封包的訊息，之後 DVB\_S2 模組就會將這個訊框依照表頭中的訊息切割成數個 MPEG2 Transport Stream 封包並且送往 MPEG2\_TS 模組，這部份的動作即為解多工的動作。在把 MPEG2 Transport Stream 封包送給 MPEG2\_TS 模組前會依照訊框的標頭中的界面欄位的值，將這個封包相對應的介面告訴 MPEG2\_TS 模組。

### 6.2.8.7 RCS\_ATM 模組

RCS\_ATM 模組在衛星地面接收站節點中有兩個工作，分別是切割封包與包裝封包。在收到 RCST\_CTL 模組送下來的 IP 封包後，RCS\_ATM 模組會依照 AAL5 規格中的定義在這個 IP 封包後面加上一個 AAL5 的表尾 (Trailer)，其中包含這個 IP 封包原始的長度以及 CRC32 的訊息，之後把這段資料填滿成 48 bytes 的倍數，並以每 48 bytes 為一個單位切割這個封包。在切割完成後，每一個 48 bytes 的封包會依據 ATM 規格中的定義加上 5 bytes 的 ATM 表頭，在其中有一個 bit 是用來表示該 ATM 封包是否為這一串 ATM 封包的最後一個，另外 CRC8 的訊息也會在 ATM 表頭中。

### 6.2.8.8 RCS\_MAC 模組

RCS\_MAC 模組的工作是要把一個或多個 ATM 封包裝裝成一個 Burst，讓它能夠透過反向通道送上衛星。在 RCS\_MAC 模組中有一個緩衝空間，在這個緩衝空間中沒有任何 ATM 封包時，RCS\_MAC 模組會處於閒置的狀態，直到有 ATM 封包由 RCS\_ATM 模組送下來，就會觸動 RCS\_MAC 模組的傳送機制。

首先 RCS\_MAC 模組會先向 RCST\_CTL 模組取得一個 Burst 要包含的 ATM 封包個數，這可能是 1、2 或 4 個 ATM 封包，然後再向 RCST\_CTL 模組取得反向通道的特性與可以使用的時槽，有了這些資訊後 RCS\_MAC 模組就可以由緩衝空間中取出適當數量的 ATM 封包，在這些封包集合的前面加上同部訊號之後即為一個 Burst，最後等到剛剛取得之時槽的時間點到來，就可以把這個 Burst 送到 DVB\_RCS 模組做實體層的處理。

在一個 Burst 傳送結束時，RCS\_MAC 模組會檢查緩衝空間，若是裡面還有未送出的 ATM 封包，就再進行一次傳送的程序，若是該緩衝空間已經沒有任何待傳送的 ATM 封包，那 RCS\_MAC 模組會回到閒置的狀態。

當 RCS\_MAC 模組向 RCST\_CTL 模組要求可以使用的時槽時，若是拿不到任何的時槽，RCS\_MAC 模組就會等待一個訊框的時間之後向 RCST\_CTL 模組再次要求。這個動作會一直重複，直到取得可用的時槽為止。

#### 6.2.8.9 DVB\_RCS 模組

衛星地面接收站節點的 DVB\_RCS 模組的功能與閘道節點中的相對稱，它會對 DVB\_MAC 模組送下來的 Burst 做通道編碼與調變的動作，詳細的敘述請參照閘道節點的章節，最後會將處理過後的封包透過反向通道送上衛星。

DVB\_MAC 模組會在像 RCST\_CTL 模組取得可以使用的時槽時，也會得知這些時槽所應該要使用的編碼率，這個訊息在 DVB\_MAC 模組把 Burst 送到 DVB\_RCS 模組時，也會把這個 Burst 所使用的編碼率一同帶給 DVB\_RCS 模組，所以 DVB\_RCS 模組就可以用這個資訊以正確的編碼率來做通道編碼。

## 6.3 錯誤模擬模型 (Error Model)

在這個章節內我們會討論到在衛星通訊 (satellite communication) 中所用到的錯誤模擬模型，由於不同的通道模型 (channel model) 及調變會搭配出不同位元錯誤率 (BER, Bit Error Rate) 的公式，因此在推導出位元錯誤率之前，我們會先介紹通道模型及一些基本理論介紹，而在下一節我們將會特別介紹雨衰這部份。

### 6.3.1 通道模型

一般無線電通道的特性可分為三種：(1)高斯通道 (Gaussian channel)，簡單來說，發射天線與接收天線之傳播路徑不受阻擋，且接收天線附近無反(散)射體，其典型的環境為空曠的郊區。(2)萊森通道 (Ricean channel)，發射天線與接收天線之直接路徑不受阻擋，但接收天線附近有反(散)射體，其典型的環境為市區街道，或是位在高樓林立的公寓。(3)瑞利通道 (Rayleigh channel)，發射天線與接收天線之直接路徑受到阻擋，此時之接收到的電波為繞射波與來自其他物體的反射或散射波，其典型的環境為山腳下或受大樓阻擋的地方。請參考下列圖 6-17~6-19 說明：

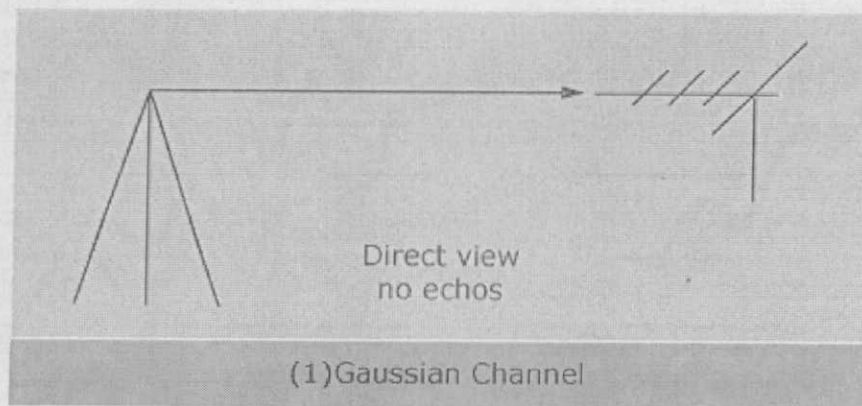


圖 6-17 Gaussian 通道

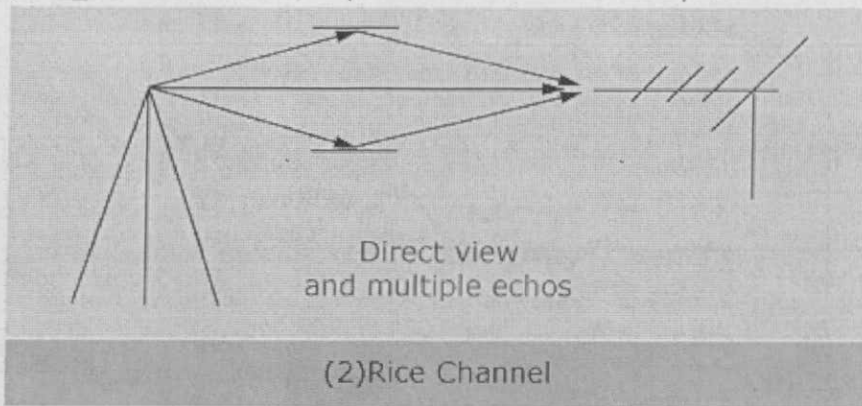


圖 6-18 Ricean 通道

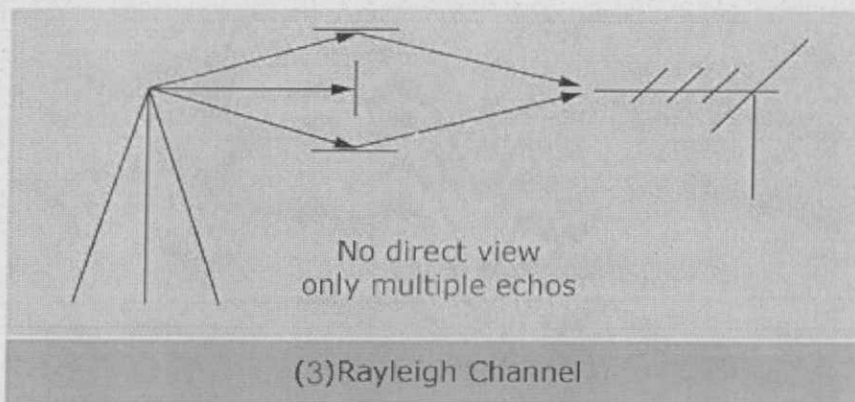


圖 6-19 Rayleigh 通道

以上各種傳播 Ricean 通道以通道與 Rayleigh 通道較容易有多重路徑干擾的問題，其中又以 Rayleigh 通道影響較為嚴重。由於在衛星通訊中衛星的訊號是直接從太空中打到地面，並不會有一些反射折射的情形發生，所以根據書本文獻上的調查，我們採用 Gaussian 通道做為我們的通道模型。

### 6.3.2 基本傳輸理論介紹

我們在開始算位元錯誤率之前，必須先瞭解一些基本的傳輸理論。

等效各向同性輻射功率 (EIRP, Effective Isotropic Radiated Power)：

EIRP 也稱為等效全向輻射功率，是天線所實際輸出的功率，它的定義是地球站或衛星的天線發送出的功率 (P, Power) 和該天線增益 (G, Gain) 的乘積，其表示如下：

$$EIRP = P * G$$

如果用 dB 計算，則為

$$EIRP(dBW) = P(dBW) + G(dBW)$$

EIRP 表示了發送功率和天線增益的聯合效果。

干擾溫度 (Ts, System Noise Temperature)：

在地面微波系統中，設備產生的干擾功率是用干擾係數來表示的。在衛星系統中，經常要求干擾預算的精度在幾分之一 dB 以內，否則在一個具有許多站的大型衛星系統內，線路計算和系統性能中的 1dB 誤差可能會造成很大的一筆費用支出。干擾溫度是將干擾係數折合為電阻元件在相當於某一溫度下的熱噪聲，這裡溫度以絕對溫度 K 計算。對於低噪聲接收機來說，採用等效干擾聲溫度比干擾係數具有更高的計算精度。干擾溫度 (Ts) 和干擾係數 (NF, noise figure) 的關係如下：

$$NF = 10 \lg(1 + TS/290) dB \quad (\text{在室溫 } 17^\circ)$$

衛星接收機的典型 Ts 在 1000K 左右 (NF=7dB)，地球站接收機的典型 Ts 在 20~1000K 範圍內。

品質因數 (G/Te)：

G/Te 是天線增益與干擾溫度之比。在衛星通信系統中，Te 的高低嚴重影響

接收信號的實際效果，因此必須在  $G$  中減去  $T_e$  的影響才能正確反映接收系統的實際質量， $G/T_e$  值的計算公式如下：

$$\frac{G}{T_e} = G(\text{dB}) - 10\lg T_e(\text{dB/K})$$

### 6.3.3 位元錯誤率的計算

有了以上的基本介紹後，便可求出一條衛星到地面站連線的鏈路預算 (link budget)，求鏈路預算是將整個連線的狀況作個總整理，包含了算出上面的等效各向同性輻射功率、干擾溫度、品質因數等連線參數，其主要是方便求出位元錯誤率，下圖為一條 C-band 同步軌道衛星 (C-band GEO) 的鏈路預算的例子：

**TABLE 4.4a C-Band GEO Satellite Link Budget in Clear Air**

<b>C-band satellite parameters</b>		
	Transponder saturated output power	20 W
	Antenna gain, on axis	20 dB
	Transponder bandwidth	36 MHz
	Downlink frequency band	3.7–4.2 GHz
<b>Signal</b>	FM-TV analog signal	
	FM-TV signal bandwidth	30 MHz
	Minimum permitted overall C/N in receiver	9.5 dB
<b>Receiving C-band earth station</b>		
	Downlink frequency	4.00 GHz
	Antenna gain, on axis, 4 GHz	49.7 dB
	Receiver IF bandwidth	27 MHz
	Receiving system noise temperature	75 K
<b>Downlink power budget</b>		
	$P_t$ = Satellite transponder output power, 20 W	13.0 dBW
	$B_o$ = Transponder output backoff	-2.0 dB
	$G_t$ = Satellite antenna gain, on axis	20.0 dB
	$G_r$ = Earth station antenna gain	49.7 dB
	$L_p$ = Free space path loss at 4 GHz	-196.5 dB
	$L_{ant}$ = Edge of beam loss for satellite antenna	-3.0 dB
	$L_a$ = Clear air atmospheric loss	-0.2 dB
	$L_m$ = Other losses	-0.5 dB
	$P_r$ = Received power at earth station	-119.5 dBW
<b>Downlink noise power budget in clear air</b>		
	$k$ = Boltzmann's constant	-228.6 dBW/K/Hz
	$T_s$ = System noise temperature, 75 K	18.8 dBK
	$B_n$ = Noise bandwidth, 27 MHz	74.3 dBHz
	$N$ = Receiver noise power	-135.5 dBW
<b>C/N ratio in receiver in clear air</b>		
	$C/N = P_r - N = -119.5 \text{ dBW} - (-135.5 \text{ dBW}) = 16.0 \text{ dB}$	

圖 6-20 C-band 同步軌道衛星的鏈路預算的例子

在下傳通道功率預算 (downlink power budget) 中，我們要算出地球站的接收功率 (received power at earth station,  $P_r$ )，計算的公式如下：

$$P_r = P_t + B_o + G_t + G_r + L_p + L_{ant} + L_a + L_m$$

- $P_t$  代表衛星傳出去的功率能量 (satellite transponder output power)。
- $B_o$  為硬體的延遲 (backoff)。
- $G_t$  為衛星天線發送出去的增益。
- $G_r$  是地面站接收到的增益。
- $L_p$  為大氣路徑衰減，此衰減主要跟距離有關。

$L_{ant} + L_a + L_m$  分別為衛星天線送出去的衰減、大氣衰減及其他不可避免的衰減的加總，以上的由衛星站發出的功率、衰減全部加總最後得到的數據就是地面站所接收到的能量。

接下來計算地面接收站在乾淨的天空下收到的干擾能量預算 (downlink noise power budget in clear air)，接收到的干擾能量 (received noise power,  $N$ )，算的方式是  $N = k + T_s + B_n$ ，其中  $k$  為波耳茲曼常數 (Boltzmann's constant)， $T_s$  為系統干擾溫度 (system noise temperature)， $B_n$  為干擾頻寬 (noise bandwidth)，以上干擾能量的加總就是接收站所接收到的總干擾預算。而載波雜訊比 (C/N ratio, Carrier to Noise) 等於地面站所接收到的功率減掉接收站所接收到的總干擾預算， $\Rightarrow C/N = P_r - N$ ，所以載波雜訊比就算出來了。

算出鏈路預算是為了求出載波雜訊比，所謂的載波雜訊比簡單來說就是在一赫茲的頻寬下，總載波功率相對於平均干擾功率的比例，求出了載波雜訊比以後，再減去衰減量後，例如雨衰、雲衰及大氣衰減等衰減量，則剩下的才是真正收方所接收到的功率比，最後再根據調變找出相對應的位元錯誤率公式，將接收到的功率比帶入公式，則可求出位元錯誤率。



由於位元錯誤率的公式推導很複雜，在此我們只說明最後的公式如下：

$$P_{e \text{ BPSK}} = Q\left[\sqrt{\frac{2C}{N}}\right] \quad P_{e \text{ QPSK}} = Q\left[\sqrt{\frac{C}{N}}\right]$$

兩個分別是調變為 BPSK、QPSK 時的位元錯誤率，而  $Q(x)$  如下，

$$Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} \exp\left[-\frac{\lambda^2}{2}\right] d\lambda \approx \frac{1}{[z \times \sqrt{2\pi}] \times \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)}$$

以此鏈路預算為例，最後算出來的載波雜訊比為 16 db，因此我們把 16 帶入  $Q(x)$  中，得到

$$P_{e \text{ QPSK}} = Q[\sqrt{16}] = 3.174E-5$$

則在上面的鏈路預算，沒有兩衰的干擾、調變為 QPSK 情況下，利用我們的錯誤模擬模型所算出來的位元錯誤率為 3.174 E -5。

## 6.4 雨衰 (Rain Fade)

由於波的能量經過地球表面到衛星的距離 36000 公里的過程中，除了原本的太空路徑衰減 (free-space-path-loss) 外，一定還會有其他的衰減量 (attenuation)，例如衰減量最大的雨衰 (rain attenuation)、雲衰 (cloud attenuation)、大氣衰減 (atmosphere attenuation) 等衰減量，都會影響接收端所收到的能量。

在頻率大於 10GHz 的情況下，雨衰是最主要的衰減量，因此在此次衛星通訊 Ka band (frequency:20GHz~30GHz) 的情況下，我們目前只討論雨衰的衰減量，其餘大氣衰減、其他衰減 (other losses) 則採用統計上的固定量。而雨衰的模型是使用 DAH (Dissanayake, Allnutt, Haidara) 模型，此模型也是目前文獻研究中較常使用到的模型以及 ITU-R 所用的，以下我們簡單介紹在 DAH 模型下的雨衰的衰減量怎麼算。

首先先定義一些計算雨衰公式中會用到的變數：

$A$	雨衰
$\gamma_{\alpha}$	特定衰減量 (specific attenuation)
$L_{eff}$	雨中有效路徑長度 (effective path length in rain)
$R_{0.01}$	某地區在一年中會有 0.01% 的時間下超過 $R_{0.01}$ mm 的雨量 (point rainfall rate for the location for 0.01% of an average year (mm/h))
$k$	雨衰係數 $k$ (regression coefficient)
$\alpha$	雨衰係數 $\alpha$ (regression coefficient)
$\theta$	天線仰角 (elevation angle (degrees))
$\phi$	緯度 (latitude of the earth station (degrees))
$f$	頻率 (frequency (GHz))

$h'_R$	雨高 (rain height (km))
$h_s$	地面站距離海平面高度 (height above mean sea level of the earth station (km))
$R_e$	有效地球半徑 (effective radius of the earth (8500km))
$L_s$	傾斜路徑長度 (slant-path length)
$L_G$	水平投影量 (horizontal projection)
$r_{0.01}$	水平衰減係數 (horizontal reduction factor, for 0.01% of the time)
$v_{0.01}$	垂直調整係數 (vertical adjustment factor, for 0.01% of the time)
$L_E$	有效路徑長度 (effective path length)

下圖 6-21 表示訊號從地面站射出的透過大雨、雲層送到衛星的視意圖，圖中的符號就是我們在上面所定義的變數，透過此圖我們將對上述變數的定義有更清楚的瞭解。

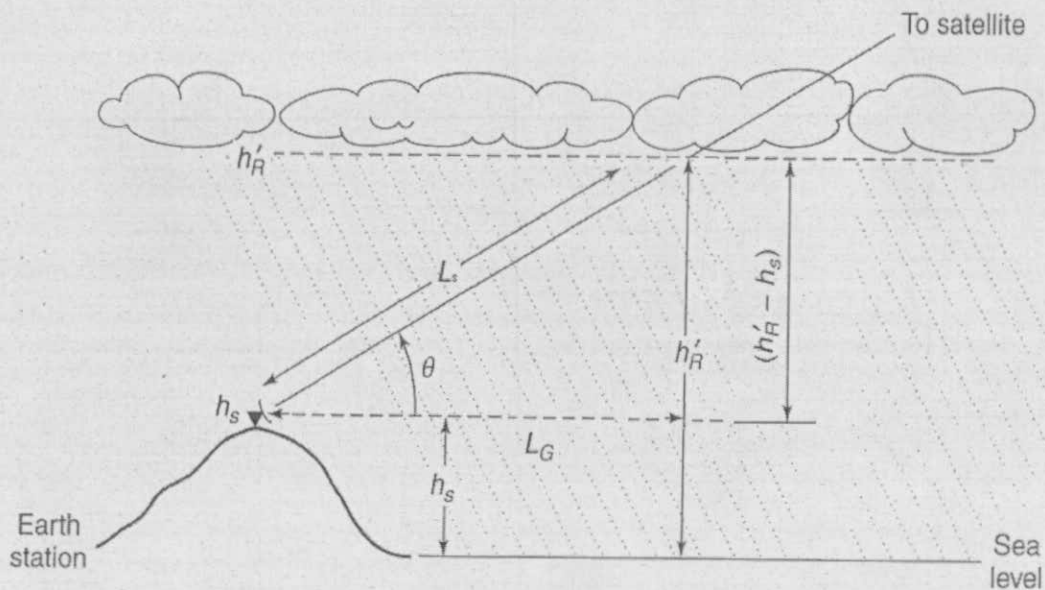


圖 6-21 雨衰公式計算示意圖

以下我們一步一步根據上圖來推導出雨衰量：

Step 1 :

算出  $h'_R$ ,  $h'_S$  就是下雨的時候，開始下雨的天空距離地表的高度，隨著季節、地區會有不同的高度，又稱為 Melting level。

Step 2 :

這裡主要在算出  $L_S$ ，利用簡單的三角函數便可求出：

$$L_S = \frac{(h'_R - h_S)}{\sin \theta} \text{ km}$$

但要是天線的仰角太小，小於 5 度，則要用下面的公式來計算  $L_S$ ：

$$L_S = \frac{2(h'_R - h_S)}{\left( \sin^2 \theta + \frac{2(h'_R - h_S)}{R_e} \right)^{1/2} + \sin \theta} \text{ km}$$

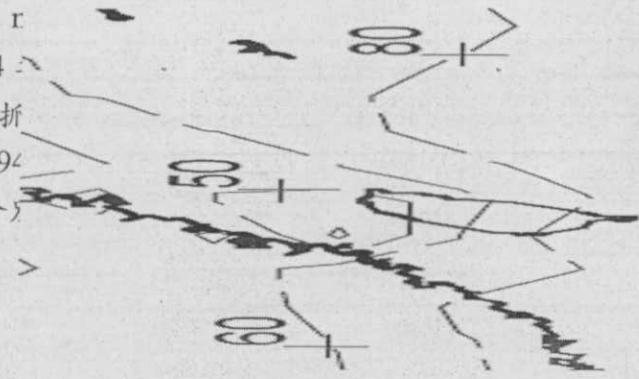
Step 3 :

算出  $L_G$ ，即  $L_S$  在水平的投影量  $L_G$ ，這個在等一下的步驟會用到：

$$L_G = L_S \cos \theta \text{ km}$$

Step 4 :

此步驟要找出 rainfall rate  $R_{0.01}$  ,  $R_{0.01}$  代表說某地區在一年中會有 0.01% 的時間下超過  $R_{0.01}$  的網站抓到 94 ITU-R P.837) 折 (分) 如下圖 (94 rate(mm/h) , 分) 三個區域 :



量可以在 ITU Recommendation ITU 資料 (部三種 rainfall 不同區分下面

圖 6-22 94 年台灣降雨量統計 (單位：厘米/小時)

Step5 :

算出 specific attenuation  $\gamma_{\alpha}$  :

$$\gamma_R = k(R_{0.01})^{\alpha} \text{ dB/km}$$

式中的  $k$   $\alpha$  為與頻率有關的雨衰係數，此係數可由查表得到，雨衰係數表可在 ITU 網站抓到 (Recommendation ITU-R P.383)，如下：

Frequency (GHz)	$k_H$	$k_V$	$\alpha_H$	$\alpha_V$
4	0.000650	0.000591	1.121	1.075
6	0.00175	0.00155	1.308	1.265
8	0.00454	0.00395	1.327	1.310
10	0.0101	0.00887	1.276	1.264
12	0.0188	0.0168	1.217	1.200
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
30	0.187	0.167	1.021	1.000
40	0.350	0.310	0.939	0.929
50	0.536	0.479	0.873	0.868

圖 6-23 兩衰係數表

圖中  $K_H$   $K_V$  分別代表當水平極化 (H) 或垂直極化 (V) 的時候的 K 係數，同樣  $\alpha_H$   $\alpha_V$  分別代表當水平極化 (H) 或垂直極化 (V) 的時候的  $\alpha$  係數，此係數隨著頻率而不同。

當不是水平極化或垂直極化時，則 K  $\alpha$  係數可由下列公式得到：

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2\theta \cos 2\tau]/2$$

$$\alpha = [k_H\alpha_H + k_V\alpha_V + (k_H\alpha_H - k_V\alpha_V)\cos^2\theta \cos 2\tau]/2k$$

式中的  $\theta$  代表極化方向相對於水平的角度，例如圓極化的時候  $\theta$  為 45 度。  
 $K_H$   $K_V$  還是根據頻率來查表得到的。

Step 6 :

算出水平衰減係數 (horizontal reduction factor)  $r_{0.01}$  :

$$r_{0.01} = \frac{1}{1 + 0.78\sqrt{\frac{L_G\gamma_R}{f}} - 0.38(1 - e^{-2L_G})}$$

Step 7 :

算出垂直調整係數 (vertical adjustment factor)  $v_{0.01}$  :

$$\zeta = \tan^{-1} \left( \frac{h'_R - h_S}{L_G r_{0.01}} \right) \text{ deg}$$

For  $\zeta > \theta$   $L_R = \frac{L_G r_{0.01}}{\cos \theta} \text{ km}$

Else  $L_R = \frac{(h'_R - h_S)}{\sin \theta} \text{ km}$

If  $|\phi| < 36$   $\chi = 36 - |\phi| \text{ deg}$

Else  $\chi = 0 \text{ deg}$

$$v_{0.01} = \frac{1}{1 + \sqrt{\sin(\theta)} \left( 31(1 - e^{-(\theta/(1+\chi))}) \frac{\sqrt{L_R \gamma_R}}{f^2} - 0.45 \right)}$$

Step 8 :

計算有效路徑長度 (effective path length)  $L_E$  , 此即訊號在雨中經過的真實路徑長 :

$$L_E = L_R v_{0.01} \text{ km}$$

Step 9 :

求出公式所算出的雨衰量 A :

$$A_{0.01} = \gamma_R L_E \text{ dB}$$

在 DAH 雨衰的模型中，雨衰量計算如上所示，經過一連串的計算後，最後終於得到雨衰量了，此推導是假設一年中衛星可使用時間為 99.99% 來作為推導基礎的。

## 6.5 DVB-RCS 模擬及正確性驗證

### 6.5.1 系統測試相關參數

DVB-RCS 是一個非常龐大且複雜的系統，因此有許多系統參數都會直接或間接影響到傳輸率的多寡，為了驗證傳輸率的正確性與否，因此我們在以下小節特別分成正向通道及反向通道來說明各別所需的參數：

#### 6.5.1.1 正向通道

在正向通道最主要的參數包含符號傳輸率 (Symbol Rate)、緩衝空間大小 (buffer size)、編碼率以及調變方式等四個主要參數：

符號傳輸率：16 MBaud

正向通道主要是由 SP 或 NCC 將控制封包或是資料封包傳送到 RCST 的方向，因此在正向通道除了 SP 或是 NCC 是不會有任何其他節點將資料送到正向通道上（當然 SP 及 NCC 皆透過 Feeder 將資料送上衛星），一般的資料封包都是透過 SP 進入到正向通道，因此正向通道的資料頻寬一定會遠大於反向通道的頻寬（以每個節點的角度來看）。

緩衝空間大小：20000000Bytes

在正向通道的實體層會將要送到通道上的資料匯集成 64800Bits 才會送出，也就是說送出資料的單位是 64800Bits，而一般 IP 封包只有 12000Bits，所以在底下的實體層需要一個緩衝空間暫時將要送出去的資料先保存在裡面，在此緩衝空間的大小也會間接影響到傳輸率的優劣，當緩衝空間過小時會造成要送出去的資料因為緩衝空間不足而被丟掉，會間接影響了上層的通訊協定機制啟動降速等反應。



編碼率：1/4

底層的編碼率會影響到整個通道可用總頻寬中，被標頭 (header) 或是其他額外資料 (overhead) 所佔據的比例，1/4 的編碼率代表每 4 個 bits 資料只有 1bit 是真正會被使用的資料。

調變方式：QPSK

調變方式影響到的是每個符號 (Symbol) 可以表示多少個 bit，採用 QPSK 則表示每個符號可表示出 2bits 的資料量。

### 6.5.1.2 反向通道

反向通道所使用的參數和正向通道大致上相同，但反向通道需依賴由 NCC 所傳送到 RCST 的時槽資訊來傳送資料，且其他所有參數除了緩衝空間大小之外都是由 NCC 在給定時槽資訊時就會指定該時槽要使用的相關參數：

符號傳輸率：4096KBaud

編碼率：1/2

調變方式：QPSK

緩衝空間大小：1000000 cells

在前三個參數中：符號傳輸率、編碼率以及調變方式都是 NCC 所指定的，在我們的模擬中我們採用上面的數據來執行，而反向通道的緩衝空間大小的設計不同於正向通道的設計。

在反向通道中，所有的 IP 資料封包都會在 RCS\_ATM 模組進行切割的動作，將 IP 資料封包填補 (padding) 成 48Bytes 的倍數，再以 48Bytes 進行切割後個別再加上 5Bytes 的 ATM 封包的標頭，然後再送到下層的 RCS\_MAC，最後再經由實體層傳送出去。在 RCS\_MAC 一次只能送出一定數量的封包資料，而 IP 資料根據上面的規則切割可以得到 32 個 ATM 封包，因此在 RCS\_MAC 會需要一個緩衝資料空間來暫存這些已經切好但尚未送出的 ATM 封包。因此這裡的緩衝空間大小是以 ATM 封包個數為單位來指定。

此外因為反向通道使用多頻分時多工的方式由 NCC 分配可用的時槽資訊，因此我們排程設計上已經限制了同一個群組的 RCST 最高的反向通道的傳輸率只有 2.7Mbits 的能力，在真實世界的運用上，反向通道主要運用在互動式運用中要求封包的回傳功能，而並非將 RCST 定位在大量資料提供者的角色，如同現在的 ADSL 運用類似。

## 6.5.2 UDP 模擬數據與驗證

我們針對一般網路上常見的 TCP 與 UDP 資料流來產生通道的承載資料並分別以 SP 傳送到 RCST 與 RCST 傳送到 RCST 兩種網路拓樸 (Topology) 來測試，其中 SP 傳送到 RCST 方向的條件時會使用到正向通道傳送資料，而 RCST 傳送到 RCST 則必須先由 RCST 透過反向通道傳送到 Sp 再由 SP 經正向通道轉送到另一個 RCST，因此會別經過正向與反向通道才到達目的地。

種類	傳輸率	傳送方向	平均傳輸量(Mbit/sec)	錯誤模型
UDP	Greedy	SP to RCST	6.6355	Without
UDP	Greedy	SP to RCST	6.6355	With
UDP	Greedy	RCST to RCST	2.5274	Without
UDP	Greedy	RCST to RCST	2.5274	With
UDP	320Kbits	SP to RCST	0.3067	Without
UDP	320Kbits	SP to RCST	0.3067	With
UDP	320Kbits	RCST to RCST	0.3028	Without
UDP	320Kbits	RCST to RCST	0.3028	With
UDP	768Kbits	SP to RCST	0.7564	Without
UDP	768Kbits	SP to RCST	0.7564	With
UDP	768Kbits	RCST to RCST	0.7462	Without
UDP	768Kbits	RCST to RCST	0.7462	With
UDP	1Mbits	SP to RCST	0.9456	Without
UDP	1Mbits	SP to RCST	0.9456	With
UDP	1Mbits	RCST to RCST	0.9328	Without
UDP	1Mbits	RCST to RCST	0.9328	With
UDP	2Mbits	SP to RCST	1.8911	Without
UDP	2Mbits	SP to RCST	1.8911	With
UDP	2Mbits	RCST to RCST	1.8656	Without
UDP	2Mbits	RCST to RCST	1.8656	With

表 6-1 UDP 模擬平均傳輸率數據一覽表

在上述測試的條件情況會經過正向通道與反向通道兩種情況，因此我們針對兩個不同的通道分別探討：

### 6.5.2.1 正向通道

在正向通道方向資料從 Interface 往下層模組傳送至 MPE 模組時會加上 Section 的標頭 16Bytes，再往下送到 MPEG2-TS 模組進行切割成 184Bytes 為單位的資料並加上 4Bytes 的 MPEG2-TS 標頭，因此每 1500Bytes 的 IP 封包會有 16Bytes 的 MPE 標頭資料，封包大小為 1516Bytes，MPEG2-TS 切割成 9 個 MPEG2-TS 封包，共填補了 140Bytes，每個 MPEG2-TS 封包有 4Bytes 標頭資料，所以額外資料或是標頭資料佔據的比例如下： $16 + 140 + 9 \times 4 = 192\text{Bytes}$

$$16 + 140 + 9 \times 4 = 192\text{Bytes}$$

$$192 / 9 \times 188 = 11.3\%$$

因此到在 MPEG2-TS 這層模組時總資料量就已經有 11.3% 的比例是屬於封包標頭或是填補的資料，在底下實體層會將所有資料合併成 16008Bits，經過 BCH 編碼後得到 16200Bits 再進行編碼動作並合併成 64800Bits 才會送到通道上，因此以編碼率 1/4 概估的話會得到下面比例的額外資料：

$$(64800 - 16008) / 64800 = 75.3\%$$

因符號傳輸率為 16MBaud 加上 QPSK 的調變方式，因此得到資料傳輸率為 32Mbits 再加上考慮 75.3% 的額外資料使得通道真正可以用來傳輸資料的傳輸率只有 7.9Mbits。但當資料不足時底層的實體層也會進行填補動作得到 16008Bits 的資料大小，因此這邊也會造成部分額外資料的承載，所以整個正向通道的額外資料比例可以用 12% 來估算，並以 7.9Mbits 來考慮整個通道可用的資料傳輸率。因此相乘會得到下面的最高資料傳輸率：

$$7.9\text{Mbits} \times 88\% = 6.95\text{Mbits}$$

根據我們的模擬量測結果，最能表現最大傳輸率的貪婪式 UDP 傳輸方式在 SP 到 RCST 的狀況可以得到 6.6355Mbits 的傳輸率，非常逼近合理的估算值，因此我們可以認定正向通道的行為是正確的。而在其他的固定傳輸率的 UDP 通訊協定模擬環境之下，設定範圍在 320Kbits 到 2Mbits 之間都在最大傳輸率之內，因此都可以逼近概估值。

## 6.5.2.2 反向通道

在反向通道方向資料透過由 RCST\_CTL 模組將一般 1500Bytes 的 IP 封包往下層傳送到 RCS\_ATM 模組會將資料填補成 48Bytes 的倍數再以 48Bytes 進行切割後個別加上 5Bytes 的 ATM 封包的標頭，因此 1500Bytes 會被填補成 1536Bytes 並切割成 32 個 48Bytes 的資料區塊並各自加上 5Bytes 的 ATM 標頭再往下送到 RCS\_MAC 模組。

在 RCS\_MAC 模組會將每個 ATM 封包封裝成 ATM Burst 封包每個 ATM Burst 封包都會再加上 14 個校正符號，在真正傳送時會填補成 Bytes 的倍數，因此在反向通道使用 QPSK 的調變方式會變成加上 2Bytes 的校正符號，再往下到 DVB\_RCS 模組進行編碼動作。在編碼的額外資料比例，使用 RS 編碼會增加 16Bytes 的同位元檢查碼，並使用編碼率 1/2 的迴旋碼 (Convolutional Code) 連同同位元檢查碼一起進行編碼，因此在額外資料的比例可以用下面方式概算：

$$\text{每個 ATM Burst 大小 } (53 + 16) \times 8\text{Bits} \times 2 = 1104\text{Bits}$$

$$\text{一個 IP 封包傳送大小 } 36 \times 8\text{Bits} + (1104 + 16) \times 32 = 36128\text{Bits}$$

$$(36128 - 1500 \times 8) / 36128 = 66.8\%$$

因此在通道上每 1500Bytes 的 IP 封包都會造成 66.8% 的額外資料承載，又因為反向通道使用 QPSK 的調變方式，因此以 4096KBaud 的符號傳輸率可以得到下面的通道資料傳輸率：

$$4096\text{KBaud} \times 2 = 8192\text{Kbits}$$

在根據上面額外資料造成的承載和通道資料傳輸率相互計算可以得到最高資料傳輸率：

$$8192\text{Kbits} \times 33.2\% = 2.72\text{Mbits}$$

根據我們的模擬量測結果，最能表現最大傳輸率的貪婪式 UDP 傳輸方式在 RCST 到 RCST 的狀況可以得到 2.5274Mbits 的傳輸率，非常逼近合理的估算值，因此我們可以認定反向通道的行為是正確的。而在其他的固定傳輸

率的 UDP 通訊協定模擬環境之下，設定範圍在 320Kbits 到 2Mbits 之間都在最大傳輸率之內，因此都可以逼近概估值。

在模擬測量所得到的數據與理論估算仍有小部分的誤差，產生誤差的原因主要在於電腦系統屬於離散式的時間系統，因此在 NCTUns 網路模擬器中使用 100ns 為最小模擬進展單位(tick)情況下，當計算傳輸時間(transmission time)或是進行時槽排成的計算等等，皆是以時間單位：秒(sec)進行運算，最後在轉換成模擬進展單位會需要四捨五入的動作，或是計算出來的值小於模擬進展單位可以表示的刻度，就會造成模擬測量數據與理論估算的數據仍有小部分的誤差範圍。

而在錯誤模擬模型(Error Model)方面，經過錯誤模擬模型與建議兩衰的功率衰減值(上傳通道 20dBw, 下傳通道 10dBw)相減之後計算出來的錯誤率(Bit Error Rate)在上傳通道(Up Link)得到 0.000053 的值，在下傳通道(Down Link)會得到 0.000083 的值，因此套用上去之後錯誤情況都在編碼能力可以還原的能力之內，因此並沒有造成太大傳輸率的差異。

### 6.5.3 TCP 模擬數據與驗證

我們以同樣的拓樸進行 Greedy TCP 的傳輸模擬量測會得到下面數據：

種類	傳輸率	傳送方向	平均傳輸量(Mbit/sec)	錯誤模型
TCP	Greedy	SP to RCST	2.1345	Without
TCP	Greedy	SP to RCST	2.1345	With
TCP	Greedy	RCST to RCST	1.0469	Without
TCP	Greedy	RCST to RCST	1.0469	With

表 6-2 TCP 模擬平均傳輸率數據一覽表

在 TCP 通訊協定的模擬環境之下並不是非常理想，在正向通道僅達到最大傳輸率的 30%左右的傳輸率，進一步深入瞭解可以發現，TCP 通訊協定對於時間的 Delay 非常敏感，因此在衛星網路的環境之下以 GEO 同步軌道衛星常見高度 36000 公里來計算傳輸延遲時間，會發現單一段衛星與地面站之間的延遲就高達 120ms，因此傳輸延遲必須計算「去」與「回」兩段距離造成的延遲就至少在 240ms 以上。

回到 DVB-RCS 系統的設計，一個 TCP 封包由 SP 透過正向通道送往

RCST 時，會經過一次上傳與下傳通道，之後 RCST 收到必須透過上傳反向通道在送出回覆封包 (Ack Packet) 給對方，因此回程又再一次的通過上傳與下傳通道，也就是說一個 RTT 至少都在 480ms 以上的時間延遲。這麼高的時間延遲對於 TCP 的 Slide Window 就會抑制了最高的傳輸率。我們模擬器使用的在 Fedora Core4 的環境中，在 Fedora Core4 的預設的環境在傳送端與接收端的 Window Size 分別如下：

傳送端：131072Bytes

接收端：174760Bytes

因此 TCP 通訊協定會根據兩個 Window Size 取最小值以及 RTT 的量測值，將 Window Size 除以 RTT 的值就可計算出可以使用的最高傳輸率如下：

$SP\ to\ RCST : 131Kbytes / 480ms = 2.18Mbits$

$RCST\ to\ RCST : 131Kbytes / 960ms = 1.09Mbits$

我們模擬所量測的值中，Greedy TCP 在 SP to RCST 的情況下可以得到 2.1345Mbits 的傳輸率，已經非常逼近 2.18Mbits 的最高可用傳輸率，而在 RCST to RCST 的情況也達到 1.0469Mbits 非常接近 1.09Mbits 的最高可用傳輸率。因此在 TCP 通訊協定模擬也可以說這部分得到的結果是合理的。當然在每個系統所使用的預設 Window Size 可能不一樣，可以根據系統的需求另外調整這些系統參數以提高最大可用傳輸率，但最大當然無法超過最高的傳輸率限制。

## 6.5.4 傳輸延遲驗證

在衛星網路的環境之下，以 GEO 同步軌道衛星常見高度 36000 公里來計算傳輸延遲時間，在空氣中傳遞的電磁波以光速來計算可以得到單一段距離的時間延遲如下：

$36000 / 300000 = 0.12ms$

換句話說，衛星與地面站之間的延遲就高達 120ms，在計算網路傳輸延遲必須計算「去」與「回」兩段距離造成的延遲就至少在 240ms 以上。在回

到 DVB-RCS 系統的設計，一個 TCP 封包由 SP 透過正向通道送往 RCST 時，或者由 RCST 送往 SP 都會個別經過一次上傳與下傳通道，因此單方向傳送的傳輸延遲至少必須在 240ms 以上才是正確且合理的延遲時間。

其他系統的設計也會造成系統的延遲，包括在實體層所使用的緩衝空間、編碼速度等，使得封包送出道收到之間的延遲都會受到系統上已經在處理的封包所影響，因此時間的延遲並無法直接計算合理的理論值，只能夠比較與模擬整個系統之下會得到什麼樣的延遲結果並與最小值比較。在我們系統中並沒有編碼所造成的時間考慮進去，也就是說我們假定編碼系統可以在極小的時間內完成不至於造成過份的時間延遲影響。我們可以從下面表格數據觀察在固定傳輸率之下的時間延遲狀況：

種類	傳輸率	傳送方向	平均時間延遲(sec)	錯誤模型
UDP	320Kbits	SP to RCST	0.2427	Without
UDP	320Kbits	SP to RCST	0.2427	With
UDP	320Kbits	RCST to RCST	0.4904	Without
UDP	320Kbits	RCST to RCST	0.4906	With
UDP	768Kbits	SP to RCST	0.2440	Without
UDP	768Kbits	SP to RCST	0.2440	With
UDP	768Kbits	RCST to RCST	0.4914	Without
UDP	768Kbits	RCST to RCST	0.4910	With
UDP	1Mbits	SP to RCST	0.2437	Without
UDP	1Mbits	SP to RCST	0.2437	With
UDP	1Mbits	RCST to RCST	0.4912	Without
UDP	1Mbits	RCST to RCST	0.4912	With
UDP	2Mbits	SP to RCST	0.2445	Without
UDP	2Mbits	SP to RCST	0.2445	With
UDP	2Mbits	RCST to RCST	0.4957	Without
UDP	2Mbits	RCST to RCST	0.4958	With

表 6-3 UDP 模擬時間延遲數據一覽表

從上面數據可以看到所有 SP 傳送到 RCST 方向的模擬情況，時間延遲都大於最小值 240ms 以上，以及少部分系統的時間延遲，因此這數據可以認為是合理的結果。同樣的在 RCST 傳送到另一個 RCST 也都大於最小值 480ms 以上，以及少部分系統的時間延遲，所以我們也可以認定這部分的數據結果也是合理的。



## 6.6 應用程式效能與分析

以下我們針對影音資料部分做了幾個模擬實驗，探討 DVB-RCS 在影音資料傳遞上的效能。由於雨衰為衛星網路的一項重要議題，在往後的章節中將可以看到我們有對不同的雨衰係數做模擬實驗，分析雨衰大小對網路效能的影響程度。

### 6.6.1 模擬參數設定

我們分別以不同固定傳輸位元速率的 UDP 資料流代表影像資料流與聲音資料流。在聲音方面，我們設定資料流速度為 64Kbit/sec；在影像方面，我們設定資料流速度為 1Mbit/sec、5 Mbit/sec、10 Mbit/sec、15 Mbit/sec 四種速度。在封包大小方面，又分成 500bytes、1000bytes、1500bytes 三種封包大小來模擬。在拓樸方面有兩種，Case1 為由 SP 發出資料流至 RCST，Case2 為由 RCST 送至另一個 RCST。錯誤模擬模型方面，我們模擬兩種狀況，一種是不使用錯誤模擬模型，一種是使用錯誤模擬模型並將雨衰係數設為上傳 20DBW 下傳 10DBW。其餘參數設定參照 6.5.1。

### 6.6.2 模擬結果

由表 6-4 可看出，在傳遞音訊資料流部分，無論封包大小、拓樸為何，皆可達到接近 64Kbit/sec 的傳輸率，延遲差異部分亦在可容忍範圍。在雨衰係數 20/10 之下，訊號錯誤對效能並沒有明顯差異。由此可推知，音訊資料流在 DVB-RCS 中可取得良好的傳輸品質。

由表 6-5 可看出，在傳遞影像資料流部分，延遲差異部分與音訊資料流並無太大差別。而傳輸率部分在資料流速度為 1Mbits/sec 時，皆可達到 0.9Mbits/sec 左右的傳輸率，但是一旦資料流速度增加到 5Mbits/sec 以上時，傳輸率便無法繼續增加，這是因為上傳通道的最大傳輸頻寬為 6.6355Mbits/sec 而下傳通道的最大傳輸頻寬為 2.5274Mbits/sec(取自表 6-1)，相關分析請參照 6.5.2。

資料流速度 Kbits/sec	封包大小 (單位： Bytes)	拓樸	錯誤模擬模型 (Error model)	傳輸率 (Throughput) Mbits/sec	平均延 遲差異 (Jitter) sec
64	500	Case1	無	0.0588	0.0412
64	500	Case1	有	0.0588	0.0412
64	500	Case2	無	0.0580	0.0553
64	500	Case2	有	0.0580	0.0454
64	1000	Case1	無	0.0603	0.0623
64	1000	Case1	有	0.0603	0.0623
64	1000	Case2	無	0.0595	0.0887
64	1000	Case2	有	0.0595	0.0454
64	1500	Case1	無	0.0607	0.1004
64	1500	Case1	有	0.0607	0.1004
64	1500	Case2	無	0.0601	0.1056
64	1500	Case2	有	0.0601	0.0599

表 6-4 音訊資料的模擬結果

資料流速度 Mbits/sec	封包大小 (單位： Bytes)	拓樸	錯誤模擬模型 (Error model)	傳輸率 (Throughput) Mbits/sec	平均延 遲差異 (Jitter) sec
1	500	Case1	無	0.9096	0.0029
1	500	Case1	有	0.9096	0.0029
1	500	Case2	無	0.8973	0.0122
1	500	Case2	有	0.8973	0.0129
1	1000	Case1	無	0.9366	0.0055
1	1000	Case1	有	0.9366	0.0055
1	1000	Case2	無	0.9239	0.0241
1	1000	Case2	有	0.9239	0.0260
1	1500	Case1	無	0.9456	0.0079
1	1500	Case1	有	0.9456	0.0079
1	1500	Case2	無	0.9328	0.0360
1	1500	Case2	有	0.9328	0.0390
5	500	Case1	無	5.1215	0.0014
5	500	Case1	有	5.1215	0.0014

5	500	Case2	無	1.8327	0.0060
5	500	Case2	有	1.8327	0.0061
5	1000	Case1	無	5.2739	0.0022
5	1000	Case1	有	5.2739	0.0022
5	1000	Case2	無	1.9769	0.0095
5	1000	Case2	有	1.9769	0.0100
5	1500	Case1	無	5.3245	0.0019
5	1500	Case1	有	5.3245	0.0019
5	1500	Case2	無	2.4578	0.0137
5	1500	Case2	有	2.4578	0.0139
10	500	Case1	無	6.0504	0.0012
10	500	Case1	有	6.0504	0.0012
10	500	Case2	無	2.2930	0.0057
10	500	Case2	有	2.2930	0.0058
10	1000	Case1	無	6.2864	0.0019
10	1000	Case1	有	6.2864	0.0019
10	1000	Case2	無	1.9769	0.0094
10	1000	Case2	有	1.9769	0.0100
10	1500	Case1	無	6.2892	0.0008
10	1500	Case1	有	6.2892	0.0008
10	1500	Case2	無	2.4578	0.0138
10	1500	Case2	有	2.4578	0.0139
15	500	Case1	無	6.1053	0.0012
15	500	Case1	有	5.9622	0.0012
15	500	Case2	無	2.2930	0.0055
15	500	Case2	有	2.2393	0.0054
15	1000	Case1	無	6.2864	0.0017
15	1000	Case1	有	6.1390	0.0017
15	1000	Case2	無	2.4735	0.0087
15	1000	Case2	有	2.4155	0.0091
15	1500	Case1	無	6.4036	0.0010
15	1500	Case1	有	6.2535	0.0010
15	1500	Case2	無	1.9646	0.0146
15	1500	Case2	有	1.9185	0.0149

表 6-5 影像資料的模擬結果

在測試完以上的模擬範例後，我們發現經由錯誤模擬模型所算出來的並不是很明顯，也就是說位元錯誤率太小了，導致我們在解碼的時候都能正確的解回來。根據我們的觀察位元錯誤率太小可能的原因為我們模擬系統中所用的發送端所發送的功率太大或者採用的雨衰係數太小，或是在編碼的地方所採用的編碼機制的回復錯誤碼能力很強等緣故，所以導致接收端都能夠成功的將錯誤的封包更正回來。由於根據太空中心給的雨衰量參數中的上傳及下傳的值分別為 20、10db，於是在以上模擬範例中我們皆是使用這兩個雨衰量數據下去跑模擬，可是在我們的雨衰模型中，將太空中心提供的係數（頻率、衛星高度）帶進去，以及根據 ITU 網站所提供的台灣地區最新的降雨量（rainfall rate,  $R_{0.01}$ ）在可使用率為 0.01% 下及雨衰係數（regression coefficient  $k$   $\alpha$ ），我們發現算出上傳通道、下傳通道雨衰量分別為 26.525008、13.089362，於是我們另外增加幾個具代表性的 case，將其雨衰量套用我們的雨衰模型所算出來的雨衰量下去跑模擬，再一次分析其效能及驗證。

表 6-6 以及表 6-7 是帶入雨衰模型的參數，分成上傳、下傳通道：

下傳通道頻率	20 GHz
極化方向 (Polarization)	水平極化
雨衰係數 $k$	0.093874
雨衰係數 $\alpha$	1.019903
降雨量 (Rainfall rate for time percentage of 0.01%)	50 mm/h
天線仰角 (elevation angle)	89°
下雨高度 (Height of rain)	3 km
地面站高度 (height of earth station site)	0.07 km
緯度 (latitude)	20° N
雨衰量	13.089362 db

表 6-6 下傳通道雨衰模型參數

上傳通道頻率 (Frequency)	30 GHz
極化方向 (Polarization)	水平極化
雨衰係數 $k$	0.234702
雨衰係數 $\alpha$	0.931130
降雨量 (Rainfall rate for time percentage of 0.01%)	50 mm/h
天線仰角 (elevation angle)	89°
下雨高度 (Height of rain)	3 km

地面站高度 (height of earth station site)	0.07 km
緯度	20* N
雨衰量	26.525008 db

表 6-7 上傳通道雨衰模型參數

由於我們算出來的上傳、下傳通道的雨衰量分別是 26.525008、13.089362，於是我們將上傳雨衰量取範圍為 23-24 db，雨衰量由 23.0 db 遞增 0.1，直到 24.0 db，而下傳雨衰量取範圍為 13-14 db，雨衰量由 13.0 db 地增 0.1，直到 14.0 db，在這樣的雨衰遞增下的情形，我們來觀察位元錯誤率的變化，及模擬結果出來的封包遺失率為何。

首先先觀察雨衰量遞增的情況下，表 6-8 及表 6-9 為位元錯誤率對應雨衰量的變化，分成上傳、下傳通道：

雨衰量 (單位：dB)	位元錯誤率
23.000000	3.183167E-03
23.100000	3.508525E-03
23.200000	3.859593E-03
23.300000	4.237694E-03
23.400000	4.644165E-03
23.500000	5.080352E-03
23.600000	5.547617E-03
23.700000	6.047323E-03
23.800000	6.580834E-03
23.900000	7.149518E-03
24.000000	7.754737E-03

表 6-8 上傳通道位元錯誤率

雨衰量 (單位：dB)	位元錯誤率
13.000000	4.433379E-04
13.100000	5.088361E-04
13.200000	5.823344E-04
13.300000	6.645799E-04
13.400000	7.563617E-04
13.500000	8.585133E-04

13.600000	9.719098E-04
13.700000	1.097469E-03
13.800000	1.236150E-03
13.900000	1.388953E-03
14.000000	1.556918E-03

表 6-9 上傳通道位元錯誤率

下列的模擬中，我們設定一條速度為 1Mbits/sec 固定傳輸率的 UDP 資料流，藉由帶入不同的雨衰係數，來觀察雨衰對效能的影響。在拓樸方面設有兩種，Case1 為由 SP 發出資料流至 RCST，Case2 為由 RCST 送至另一個 RCST。其餘參數設定參照 6.5.1。

表 6-10 列出不同雨衰係數下模擬出的傳輸率、平均延遲差異、封包遺失率三項效能指標。由表中我們可發現，封包遺失率與雨衰係數呈現正相關，而傳輸率與雨衰係數呈現負相關，而且 Case2 對雨衰的敏感度比 Case1 還高，這是由於 Case2 中的路徑為 Case1 中的兩倍，衰減程度自然較高。由表 6-10 中的數據來看，可接受的雨衰係數至多為上傳 23.4dbw 下傳 13.4dbw，超過這個數值系統效能會有明顯的低落。

上傳雨衰係數 (單位: dbw)	下傳雨衰係數 (單位: dbw)	網路拓樸	傳輸率 (Throughput) Mbits/sec	平均延遲差異 (Jitter) sec	封包遺失率 (Packet loss rate) %
23.0	13.0	Case1	0.9456	0.0079	0.0000
23.0	13.0	Case2	0.9315	0.0384	0.1200
23.1	13.1	Case1	0.9449	0.0080	0.0600
23.1	13.1	Case2	0.9187	0.0388	1.4397
23.2	13.2	Case1	0.9449	0.0080	0.0600
23.2	13.2	Case2	0.8919	0.0405	4.3191
23.3	13.3	Case1	0.9398	0.0081	0.5399
23.3	13.3	Case2	0.8344	0.0051	10.2579
23.4	13.4	Case1	0.9219	0.0086	2.4595
23.4	13.4	Case2	0.7073	0.0264	24.1152
23.5	13.5	Case1	0.8944	0.0095	5.2789
23.5	13.5	Case2	0.4996	0.0154	45.9508

23.6	13.6	Case1	0.7562	0.0135	18.1164
23.6	13.6	Case2	0.0432	0.0131	94.3611
23.7	13.7	Case1	0.6204	0.0210	35.2729
23.7	13.7	Case2	0.0000	N/A	100
23.8	13.8	Case1	0.4134	0.0353	56.6887
23.8	13.8	Case2	0.0000	N/A	100
23.9	13.9	Case1	0.0166	1.4209	98.4403
23.9	13.9	Case2	0.0000	N/A	100
24.0	14.0	Case1	0.0006	4.6372	99.9400
24.0	14.0	Case2	0.0000	N/A	100

表 6-10 不同雨衰係數下的模擬結果

## 第7章 結論

在此計畫中，我們模擬及分析 ALOHA 與 DVB-RCS 衛星網路之效能。由於目前並無實體衛星可供實驗及量測效能，我們先在交大網路模擬器 (NCTUns) 上開發實做此兩種網路的模擬平台並仔細驗證其正確性。之後，我們在這些平台上進行應用測試來觀察與分析網際網路 (Internet) 上常用的一些通訊協定及應用是否適用在這兩種衛星網路上。

針對所開發出來的模擬平台，我們先進行了一系列嚴謹的效能及功能驗證。驗證結果顯示，此模擬平台所模擬出來的效能結果符合理論分析值，是個能令人信服的模擬平台。接下來，我們根據國家太空中心所表達感興趣的效能項目，開始進行模擬研究，研究這些效能項目在不同網路參數下會有什麼樣的變化。在此報告中所呈現的網路效能，大多是基於國家太空中心所提供網路參數下的模擬結果，對於國家太空中心所沒有特別提供的網路參數，我們則使用一般實體衛星所用的參數來進行模擬，因此所模擬出來的效能均具有相當的代表性。

由於重要的衛星網路參數眾多，其各種組合所產生出的組態及情況也非常多。我們因此選了一百多種較具有代表性的組合，對其進行模擬研究，並分析及探討其趨勢變化。這些效能數據及討論都包含在此報告中，供國家太空中心參考。

DVB-RCS 衛星網路是個極為複雜龐大的網路。本承接單位雖然在過去的一年投入龐大的人力及時間進行其模擬平台的開發，初估目前也只完成模擬其全部規格的 70% 左右而已，其一些先進的選項功能設計則尚未有時間及人力能投入進行開發。在未來，若能持續進行開發這些先進選項功能的模擬平台，將會有助於瞭解這些先進的選項設計在不同衛星網路組態及情況下所表現的效能。



## 參考文獻

### 規格：

1. ETSI EN 300 468 v1.7.1
2. ETSI EN 301 192 v1.4.1
3. ETSI EN 302 307 v1.1.1
4. ETSI TR 101 202 v1.2.1
5. ETSI TR 101 211 v1.7.1
6. ISO/IEC 13818-1
7. ISO/IEC 13818-6
8. A synthesizable IP core for DVB-S2 LDPC Code Decoding
9. An Introduction to LDPC Codes
10. ETSI EN 301 790 v1.4.1
11. ETSI TR 101 790 v1.2.1
12. RFC 2684 - AAL5
13. ITU-T I.363.5

### 論文：

1. John Farserotu, Ramjee Prasad, "A Survey of Future Broadband Multimedia Satellite Systems, Issues and Trends," IEEE Communications Magazine, June 2000.
2. B. Armbruster, "Market and Competitive Factors for Ka-band Multimedia Satellite Systems," aerospace Conference Proceedings, 1998 IEEE, Volume 21-28 March 1998 Page (s) :561 - 567 vol. 4.
3. P. Takats, P. Garland, "Evolution of Regional Multimedia Satellite Architectures," Aerospace Conference proceedings, 2000 IEEE, Volume 11, 18-25 March 2000 Page (s) :255 - 260 vol.1.
4. M. Luglio, M. Marinelli, and A. Paraboni, "Provision of Multimedia Services over Europe by means of Geostationary Satellites with Multispot Coverage Using Small Terminals," Wireless Networks (Special Issue on Hybrid and Satellite Comm. Networks), Vol. 4, 1998, pp. 125-139.
5. Michele Luglio, "Mobile Multimedia Satellite Communications," Multimedia, IEEE, Vol. 6, Issue 4 Oct. - Dec. 1999 page (s) : 10-14.
6. Nakayama M., Suda H., and Mizuno H., "Quality Enhancement Scheme for

- Mobile Multimedia Satellite Services,” Vehicular Technology Conference, VTC Spring 2002, IEEE 55<sup>th</sup>, Volume 4, 6-9 May 2002 Page(s):1859 - 1863 vol.4.
7. G. Losquadro et al., “An Advanced Satellite System to Provide Interactive-Multimedia Mobile Services,” European Trans. On Telecommunications (Special Issue on Multimedia Applications, Services and Techniques) , Vol. 8, No. 4, July-Aug. 1997, pp.379-391.
  8. G. Losquadro, “Multimedia Services Using Portable and Mobile Satellite terminals,” in: Proc. ACTS Mobile Communications Summit, Granada, Spain (November 27-29, 1996) pp. 411-418.
  9. G. Losquadro and F. Vatalaro, “A Satellite System for Multimedia Personal Communications at Ka-Band and beyond,” in: Proc. Ka-band Utilization Conference, Rome, Italy (October 10-12, 1995) pp. 273-281.
  10. G. Losquadro, V. Schena, “The SECOMS Project Satellite Service Demonstration Results,” Vehicular Technology Conference, VTC 1999 – Fall, IEEE VTS 50<sup>th</sup>, Volume 5, 19-22 Sept. 1999 Page (s) :2744 - 2749 vol.5.
  11. M. Allman et al., “Ongoing Research Related to Satellites,” IETF Network Working Group, RFC 2760, Feb. 2000.
  12. Wood et al., “IP Routing issues in Satellite Constellation Networks,” Int’l. J. Satellite Commun, 1999.
  13. Kalatizadeh Y., Philippou G.Y., Brain D.J., Crone G., Poiares Baptista J .P.V., and Paraboni A., “Active Atmospheric Fade Compensation for Spacecraft antennas,” in: Proc. International Conference on Antennas and Propagation (ICAP ‘95) (April 1995) .
  14. M. J. Martín, C. Enjamio, F. Perez-Fontán, R. F. Rodríguez, U.-C. Fiebig, “TCP Performance of a Generic Ka-Band TDMA VSAT System during a Rain Fade Event – Impact of adaptive coding as a mitigation technique”, 7th COST-280 Meeting, Madrid, Spain, June 2004.
  15. R. F. Rodríguez, F. Perez-Fontán, U.-C. Fiebig, F. Machado, “TCP Performance of a GEO Ka-Band Communication System during a Rain Fade Event - Impact of Adaptive Coding Plus ARQ”, 2nd Earth-Space Propagation Workshop, Toulouse, France, October 2004.
  16. Allman, M., Floyd, S. and C. Partridge, “Increasing TCP’s Initial Window”, RFC 2414, Sep 1998.
  17. Allman, M., Glover, D. and L. Sanchez, “Enhancing TCP Over Satellite Channels using Standard Mechanism”, BCP 28, RFC 2488, Jan 1999.

18. Mark Allman, Shawn Ostermann, Hans Kruse, "Data Transfer Efficiency Over Satellite Circuits Using a Multi-Socket Extension to the File Transfer Protocol (FTP)," in: Proceedings of the ACTS Results Conference, NASA Lewis Research Center, Sep. 1995.
19. B. Bakshi and P. Krishns and N. Vaidya and D. Pradham, "Improving Performance of TCP over Wireless Networks," 17<sup>th</sup> International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), May 1997.
20. Hari Balakrishnan, Venkata N. Padmanabhan, and Randy H. Katz, "The Effects of Asymmetry on TCP Performance," In Proceedings of the ACM/IEEE Mobicom, Budapest, Hungary, ACM. Sep. 1997.
21. Hari Balakrishnan, Venkata N. Padmanabhan, Randy H. Katz, "The Effects of Asymmetry on TCP Performance," ACM Mobile Networks and Applications (MONET), 1998.
22. R. C. Durst and G. J. Miller and E. J. Travis, "TCP Extensions for Space Communications", Mobicom 96, ACM, USA, 1996.
23. Tim Henderson, Randy Katz, "Transport Protocols for Internet-Compatible Satellite Networks," IEEE Journal on Selected Areas of Communications, February, 1999.
24. M. Mathis, J. Mahdavi, "Forward Acknowledgment: Refining TCP Congestion Control," Proceedings of SIGCOMM'96, August, 1996, Stanford, CA.
25. M. Mathis, J. Mahdavi, S. Floyd, A. Romanow, "TCP Selective Acknowledgment Options," RFC 2018, October 1996.
26. Hans Kruse, Mark Allman, Jim Criner, Diepchi Tran, "HTTP Page Transfer Rates Over Geo-Stationary Satellite Links," March 1998, Proceedings of the Sixth International Conference on Telecommunication Systems.
27. Asoka Dissanayake, Asoka Dissanayake and Fatim Haidara, A Prediction Model that Combines Rain Attenuation and Other Propagation Impairments Along Earth-Satellite Paths, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 45, NO. 10, OCTOBER 1997

書籍：

1. James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking A Top-Down Approach Featuring the Internet", ISBN 0201477114
2. Satellite communications 2nd ed. /Timothy Pratt, Charles W. Bostian, Jeremy Allnut.

網站：

<http://www.cht.com.tw/>

<http://www.globalstar.com/>

<http://www.gilat.com/Home.asp>

<http://www.iridium.com/>

<http://www.thuraya.com/>

<http://www.laynetworks.com/Pure%20Aloha%20Protocol.htm>

<http://cs.uccs.edu/~cs522/f2001ma.pdf>

<http://www.laynetworks.com/Pure%20Aloha%20Protocol.htm>

<http://www.laynetworks.com/Slotted%20Aloha.htm>

<http://www2.en.oit.edu.tw/lee>

<http://www.satsig.net/linkbugt.htm>

<http://www.dvo.org.tw/webap/c-show.asp?pid=21&parent=43>

[http://snap.lbl.gov/review/Final/SC5/Bester\\_SC5\\_final.ppt](http://snap.lbl.gov/review/Final/SC5/Bester_SC5_final.ppt)

<http://telemetry.nmsu.edu/KaBandDirectDataDistribution.pdf>

## 附錄 A 中英對照

網際網路 (Internet)  
網際網路通訊協定 (IP, Internet protocol)  
交大網路模擬器 (NCTUns)  
數位視訊廣播-衛星反向通道 (DVB-RCS)  
隨機存取 (Random Access)  
正向通道 (Forward Link)  
反向通道 (Return Link)  
多頻分時多工 (MF-TDMA, Multi-Frequency Time Division Multiple Access)  
網路控制中心 (NCC, Network Control Center)  
路由器 (Router)  
等待轉送延遲 (Queuing Delay)  
不穩定延遲 (Delay Jitter)  
媒體存取控制層 (MAC, Media Access Control)  
硬體層 (PHY, Physical)  
網路層 (Network layer)  
傳輸層 (Transport Layer)  
超文字傳輸通訊協定 (HTTP)  
同步軌道衛星 (GEO)  
往返延遲 (Round-trip Delay)  
網際網路路由 (IP Routing)  
多重播送 (Multicast Transmission)  
路由通訊協定 (Routing Protocol)  
電波束 (Spot Beam)  
資料處理能力 (OBP, On-board Processing)  
資料轉接能力 (OBS, On-board Switching)  
需求 (On-demand)  
地面網路 (Terrestrial Networks)  
遮蔽效應 (shadowing)  
終端使用者 (End User)  
多路徑路由 (Multi-path Routing)  
雨衰 (Rain Fade)  
行動式衛星電話 (Satellite-based Mobile Telephone)

動態雙模手機 (Dynamic Dual Mode Handsets)  
付費衛星電話 (Satellite Payphones)  
區域性行動式衛星電話通訊 (Regional Mobile Telecommunications via Satellite, GMPCS)  
服務提供商 (Service Provider)  
主要閘道 (Primary Gateway)  
國家專用閘道 (National Gateway)  
航空服務 (Aeronautical Services)  
航海服務 (Maritime Services)  
直接撥接上網 (Direct Dial Up Access to Internet)  
付費 800 服務 (Paid 800 Service)  
電子錢包服務 (e-Wallet Service)  
取得密碼的服務 (Password Acquisition Services)  
全球定位系統 (Global Positioning System)  
發送機 (Transmitter)  
航海用天線 (Maritime Antenna)  
無線電收發機 (Transceiver Unit)  
海上電話 (Crew Calling)  
無線應用通訊協定 (WAP, Wireless Application Protocol)  
國際電話接取碼 (International Access Code)  
再撥國家碼 (Country Code)  
個人認證碼 (Personal Identification Code)  
奈秒 (nanosecond)  
簡訊服務 (SMS, Short Message Service)  
非同步傳輸模式 (ATM, Asynchronous Transfer Mode)  
封包切割 (Fragmentation)  
壅塞窗 (Congestion Window)  
里德所羅門碼 (RS code)  
迴旋碼 (Convolution Code)  
緩慢開始 (Slow-Start)  
壅塞避免 (Congestion Avoidance)  
快速重送 (Fast Retransmission)  
快速恢復 (Fast Recovery)  
緩慢開始門檻 (Slow-Start Threshold)  
接收端接受的最大封包量 (Receiver's Advertised Window)  
回應封包 (Acknowledgement)

往返時間 (Round Trip Time)  
選擇性回應 (Selective Acknowledgement)  
多存取協定 (Multiple Access Protocol)  
頻道分割協定 (Channel Partitioning Protocol)  
輪流 (Taking-Turns Protocol)  
載波感測多重存取 (Carrier Sense Multiple Access)  
載波感測多重存取/碰撞偵測 (Carrier Sense Multiple Access /Collision  
Detection)  
乙太網路 (Ethernet)  
碰撞 (Collision)  
重送 (Retransmission)  
時槽 (Time Slot)  
負載量 (Load)  
傳輸率 (Throughput)  
地面站 (Ground Station)  
廣播 (Broadcast)  
傳輸時間 (Transmission Time)  
緩衝空間 (Buffer)  
衛星節點 (Satellite)  
地面站節點 (Ground Station)  
協定堆 (Protocol stack)  
衛星媒體存取控制 (Satellite Media Access Control)  
地面站媒體存取控制 (Ground Station Media Access Control)  
無線電波 (Radio)  
校時訊號 (Beacon)  
資料鏈結層 (Data Link Layer)  
中繼器 (Repeater)  
校時訊號間格 (Beacon Interval)  
調變 (Modulation)  
解調變 (De-modulation)  
迴旋編碼 (Convolution Encode)  
解迴旋編碼 (Convolution Decode)  
上傳通道 (Uplink Channel)  
下傳通道 (Downlink Channel)  
控制通道 (Control Channel)  
佇列模組 (FIFO Module)

狀態變數 (State Variable)  
傳送狀態 (Transmission State)  
接收狀態 (Receiving State)  
事件 (Event)  
狀態轉換 (State Transformation)  
函式原型 (Function Phototype)  
退避 (backoff)  
機率分佈 (Probability Distribution)  
平均值 (Mean)  
隨機變數 (Random Variable)  
退避窗口 (Backoff Window)  
資料傳輸率 (Date Rate)  
d-trip Time)  
丟棄 (Drop)  
接收時間 (Receiving Time)  
目的位址 (Destination Address)  
節點的媒體存取控制位址 (MAC Address)  
符號傳輸率 (Symbol Rate)  
錯誤模擬模型 (Error Model)  
到達速率 (Arrival Rate)  
傳輸延遲 (Propagation Delay)  
模擬範例 (Demo Case)  
核心 (Kernel)  
傳輸率 (Uilization)  
時槽長度 (Time-slot)  
分時多工 (TDMA, Time Division Multiple Access)  
行為樣式 (Pattern)  
一般機率分佈 (Uniform distribution)  
數位視訊廣播 (DVB, Digital Video Broadcasting)  
歐洲電信標準協會 (ETSI, European Telecommunications Standards Institute)  
固定傳輸位元速率 (CBR, Constant Bit Rate)  
音訊傳輸 (audio stream)  
視訊傳輸 (video stream)  
流量樣式 (traffic pattern)  
傳輸流 (Transport stream)  
程式流 (Program stream)



單元傳輸流 (elementary stream)  
封包切割 (packetize)  
多工 (multiplexing)  
傳輸流封包 (TS packet)  
通道編碼 (channel coding)  
歐洲電子標準化組織 (CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization)  
歐洲廣播聯盟 (EBU, European Broadcasting Union)  
聯合專家組 (JTC, Joint Technical Committee)  
同步並行介面 (SPI, Synchronous parallel interface)  
同步串列介面 (SSI, Synchronous serial interface)  
非同步串列介面 (ASI, Asynchronous serial interface)  
資料管道 (Data Piping)。  
資料流 (Data Streaming)。  
多協定封裝 (MPE, Multi-protocol Encapsulation)。  
資料傳送帶 (Data Carousels)。  
對象傳送帶 (Object Carousels)。  
非同步的 (asynchronous)  
端對端 (end-to-end)  
資料流導向 (streaming-oriented)  
同步 (synchronous)  
同步化 (synchronized)  
時脈 (clock)  
同步回放 (play back in synchronization)  
數位儲存體控制命令 (DSM-CC, Digital Storage Media-Command and Control)  
邏輯鏈結控制層／子網附著點 (LLC/SNAP, Logical Link Control/Sub-network Attachment Point)  
單點傳播 (unicast)  
多點傳播 (multicast)  
廣播 (broadcast)  
饋送者節點 (Feeder)  
閘道節點 (Gateway)  
網路控制中心節點 (NCC, Network Central Control)  
服務提供商節點 (SP, Service Provider)  
衛星地位接收站 (RCST, Return Channel Satellite Terminal)  
路由 (Routing)

服務 (Service)  
超級訊框 (Superframe)  
時槽 (Timeslot)  
控制表 (Control Table)  
虛設訊框 (Dummy Frame)  
編碼率 (Coding Rate)  
渦輪碼 (Turbo Code)  
訊框 (Frame)  
排程系統 (Scheduler)  
資料傳送速率 (Data Rate)  
ATM 封包 (ATM Cell)  
區域網路 (Local Area Network)  
解多工 (De-multiplexing)  
解碼階段 (Decoding Phase)  
同部訊號 (Preamble)  
指示區塊 (Pilot Block)  
表尾 (Trailer)  
衛星通訊 (satellite communication)  
通道模型 (channel model)  
位元錯誤率 (BER, Bit Error Rate)  
高斯通道 (Gaussian channel)  
萊森通道 (Ricean channel)  
瑞利通道 (Rayleigh channel)  
等效各向同性輻射功率 (EIRP, Effective Isotropic Radiated Power)  
功率 (P, Power)  
增益 (G, Gain)  
干擾溫度 ( $T_s$ , System Noise Temperature)  
干擾係數 (NF, noise figure)  
品質因數 ( $G/T_e$ )  
鏈路預算 (link budget)  
C 頻道同步軌道衛星 (C-band GEO)  
載波雜訊比 (C/N ratio, Carrier to Noise)  
下傳通道功率預算 (downlink power budget)  
接收到的干擾能量 (received noise power)  
衰減量 (attenuation)  
太空路徑衰減 (free-space-path-loss)

雨衰 (rain attenuation)  
雲衰 (cloud attenuation)  
大氣衰減 (atmosphere attenuation)  
特定衰減量 (specific attenuation)  
雨中有有效路徑長度 (effective path length in rain)  
雨衰係數  $k$  (regression coefficient)  
雨衰係數  $\alpha$  (regression coefficient)  
天線仰角 (elevation angle)  
緯度 (latitude)  
頻率 (frequency)  
雨高 (rain height)  
地面站距離海平面高度 (height above mean sea level of the earth station)  
有效地球半徑 (effective radius of the earth)  
傾斜路徑長度 (slant-path length)  
水平投影量 (horizontal projection)  
水平衰減係數 (horizontal reduction factor)  
垂直調整係數 (vertical adjustment factor)  
有效路徑長度 (effective path length)  
緩衝空間大小 (buffer size)  
標頭 (header)  
其他額外資料 (overhead)  
符號 (Symbol)  
填補 (padding)  
網路拓撲 (Topology)  
最小模擬進展單位 (tick)  
秒 (sec)  
平均延遲差異 (Jitter)  
雨衰係數 (regression coefficient)  
極化方向 (Polarization)  
下雨高度 (Height of rain)  
地面站高度 (height of earth station site)  
位元組損失率 (Lost bytes rate)

會計組公文記錄表

	日期/時間	進文單位	文號/	類型	案由	送達單位	備註	收件者簽名
4474	2006/8/4	計管組		行政經費付款通知單	印花稅總繳	會計組		
4475	2006/8/4	計管組		行政經費付款通知單	撥補零用金差額	會計組		
4476	2006/8/4	計管組		行政經費付款通知單	PCB製作	會計組		
4477	2006/8/4	計管組		行政經費付款通知單	考試院院長視導	會計組		
4478	2006/8/4	計管組		行政經費付款通知單	支付衛星狀態趨勢繪圖員陳坤明9507薪資	會計組		