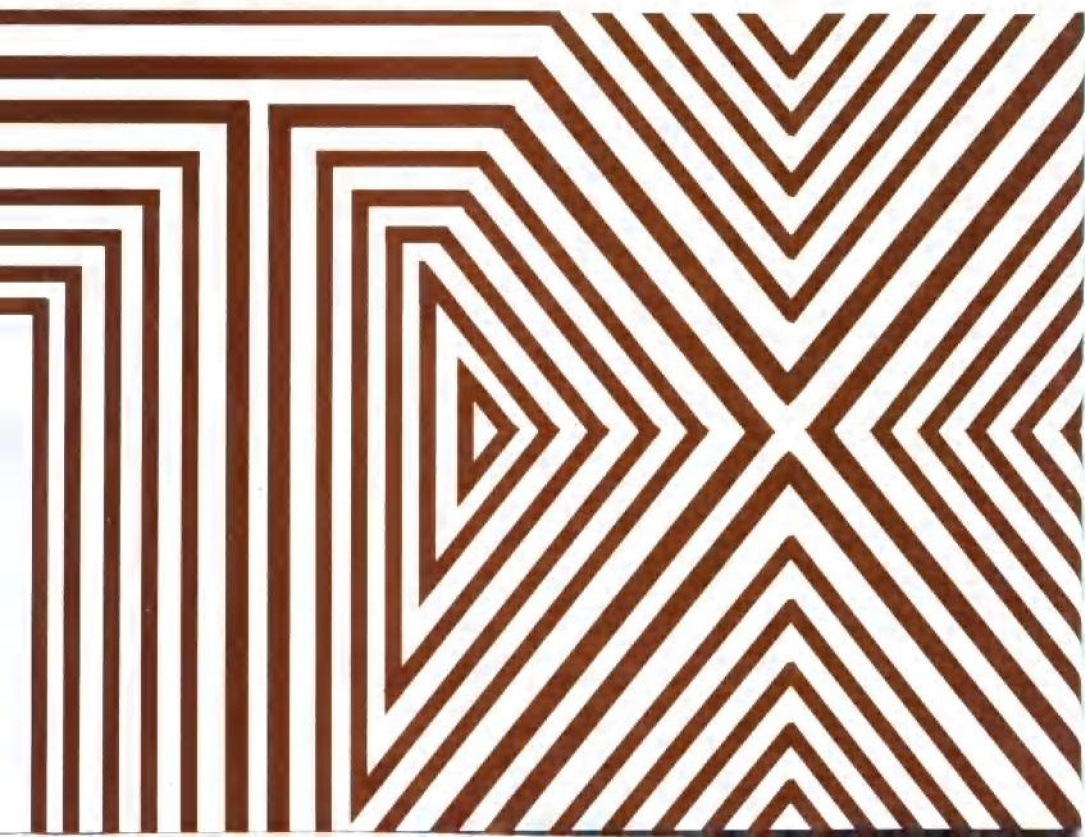


通信工程丛书

# VSAT卫星通信网

杨运年 编著  
中国通信学会主编

人民邮电出版社



通信工程丛书

# VSAT 卫星通信网

杨运年 编著

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书全面系统地介绍了 VSAT 卫星通信网的技术特点、网络结构、多址接续方式、数据通信协议、接口规程、VSAT 与其它通信网的互联、信道吞吐量和延时、网络管理、网络经济性能分析、系统可靠性和 VSAT 网络总体设计等问题。同时对频率较高的 Ku 波段卫星信号的传输以及 VSAT 小站和主站设备进行了比较详细的讨论,还简要介绍了 VSAT 系统的发展趋势及移动卫星通信、个人通信的最新技术。

本书可供从事 VSAT 网络、卫星通信、数据通信和无线电通信的广大工程技术人员用作参考,也适合于大专院校高年级学生和研究生阅读。

通信工程丛书

### VSAT 卫星通信网

---

◆ 编 著 杨运年

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:19.375

插页:2

字数:514 千字

1997 年 4 月第 1 版

印数:4 001—7 000 册

1998 年 12 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-06130-0/TN·1029

---

定价:34.00 元

## 丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握通信学科有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,准备陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是从事通信工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

# 前 言

VSAT 卫星通信网络是一种新型的电信网络。它的诞生给卫星通信的发展注入了新的活力,开辟了新的广阔前景,在卫星通信领域里占有重要的地位。也使人们在认识概念上发生了新的变化。国际上普遍认为 VSAT 与 PC 机的出现是 80 年代信息技术变革的主要标志,VSAT 将通信终端延伸到个人办公室或家庭,PC 机将计算机终端延伸到个人办公室或家庭,VSAT 与 PC 机的结合将促使人类的信息交流发生重大的变化,它能够建立直接面向用户、面向家庭,甚至面向个人的通信系统。VSAT 系统的产生和发展奠定了卫星通信向多功能、智能化、设备小型化方向发展的基础。

VSAT 系统起始于 80 年代初期,经过不断改进和完善,在技术上已基本成熟。由于 VSAT 系统具有组网灵活、安装方便、价格低廉、功能齐全、能提供数据、话音、图像等多种通信业务,可与 ISDN 接口等特点,深受广大用户的青睐。在美国、加拿大、西欧、澳大利亚、日本等国家和地区,先后建成的 VSAT 终端有约 20 万台。90 年代,我国正处于 VSAT 网络高速发展时期。据初步统计,我国各个部门已建和正在筹建的 VSAT 系统有 90 多个,VSAT 终端近万台。今后几年在我国 VSAT 系统仍将保持高速发展的势头。

全书共分七章:第一章介绍 VSAT 系统的发展历史,国内外开发和应用 VSAT 网络的概况及其发展前景。第二章讨论 VSAT 网络的技术特点和网络结构。第三章讨论信号在空间传输途径上所遇到的各种衰耗,分析了热噪声、交扰调制噪声、干扰噪声对卫星通信传输信号的影响,以及数字卫星信号所要求的载波功率对噪声功率比。第四章在介绍一般卫星通信多址接续方式的基础上,着重讨论了高速率 VSAT 网络和交互型数据业务 VSAT 网络常用的多址协

议、VSAT 网络的数据通信协议和用户接口、VSAT 卫星分组数据网的信息通过量和延时分析以及 VSAT 系统的网络管理。第五章主要介绍了 VSAT 卫星通信网络的重要设备。第六章研究了 VSAT 网络的总体设计。第七章介绍了 VSAT 网络的发展前景,以及移动卫星通信和个人卫星通信的发展概况。

在编写本书的过程中,薛广学同志为全书的文字处理和撰写做了大量工作。宋珊、李红梅、田捷力等同志协助作者也做了一些工作,邮电部电信科学技术研究院副院长李世鹤博士对本书给予了热情的支持和帮助。在此,作者谨向他们深表谢意。

由于作者水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....                          | 1  |
| 1.1 VSAT 系统的发展历史 .....                       | 2  |
| 1.2 我国和世界各国开发和应用 VSAT 网络的情况 .....            | 6  |
| 1.3 VSAT 网络的通信业务范围 .....                     | 8  |
| 1.4 VSAT 网络的发展前景 .....                       | 10 |
| 参考文献 .....                                   | 12 |
| <b>第二章 VSAT 卫星通信网络结构</b> .....               | 13 |
| 2.1 VSAT 网络的技术特点 .....                       | 13 |
| 2.2 VSAT 网络结构 .....                          | 15 |
| 2.2.1 星状 VSAT 网络(Star network).....          | 15 |
| 2.2.2 网状 VSAT 网络(Full mesh network) .....    | 17 |
| 2.2.3 混合型 VSAT 网络(Hybrid architecture) ..... | 18 |
| 2.2.4 应用 VSAT 系统与其它电信网络联合组网 .....            | 18 |
| 参考文献 .....                                   | 25 |
| <b>第三章 卫星通信的信号传输</b> .....                   | 26 |
| 3.1 卫星通信信号传输及传输损耗.....                       | 26 |
| 3.1.1 卫星通信信号传输.....                          | 26 |
| 3.1.2 卫星通信信号的传输损耗.....                       | 30 |
| 3.2 卫星通信接收系统的噪声 .....                        | 44 |
| 3.2.1 热噪声.....                               | 45 |
| 3.2.2 噪声系数与系统等效噪声温度.....                     | 46 |
| 3.2.3 地球站的品质因数 $G/T$ 值 .....                 | 52 |
| 3.2.4 交扰调制产生的噪声.....                         | 52 |
| 3.2.5 干扰噪声.....                              | 55 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 3.3 数字信号传输所要求的载波对噪声功率比·····       | 58        |
| 3.3.1 信息传输所要求的载波对噪声功率比·····       | 58        |
| 3.3.2 卫星通信链路的载波对噪声功率比·····        | 61        |
| 参考文献·····                         | 69        |
| <b>第四章 VSAT 网络的主要技术</b> ·····     | <b>71</b> |
| 4.1 卫星通信的多址接续方式·····              | 71        |
| 4.1.1 频分多址方式(FDMA)·····           | 72        |
| 4.1.2 时分多址方式(TDMA)·····           | 80        |
| 4.1.3 空分多址方式(SDMA 或 SS/TDMA)····· | 86        |
| 4.1.4 码分多址方式(CDMA)·····           | 89        |
| 4.1.5 ALOHA 方式·····               | 94        |
| 4.1.6 VSAT 网络常用的多址协议·····         | 103       |
| 4.2 预约申请信道分配的控制方式·····            | 117       |
| 4.2.1 集中控制方式·····                 | 118       |
| 4.2.2 分散控制方式·····                 | 118       |
| 4.2.3 混合控制方式·····                 | 119       |
| 4.3 VSAT 网络的数据通信协议和用户接口·····      | 119       |
| 4.3.1 VSAT 数据通信系统的基本构成·····       | 120       |
| 4.3.2 数据链路的传输控制·····              | 121       |
| 4.3.3 数据通信的交换方式·····              | 124       |
| 4.3.4 VSAT 数据通信网的通信协议·····        | 131       |
| 4.3.5 数据通信网的接口·····               | 141       |
| 4.3.6 通信网之间的相互连接·····             | 154       |
| 4.4 VSAT 卫星分组数据网的信道吞吐量和延时·····    | 162       |
| 4.4.1 信道吞吐量·····                  | 163       |
| 4.4.2 VSAT 分组数据网的延时分析·····        | 166       |
| 4.5 VSAT 卫星通信网的网络管理·····          | 176       |
| 4.5.1 网络管理的系统特性和功能·····           | 177       |
| 4.5.2 网络管理系统机构及其连接·····           | 185       |



|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 4.5.3 网络管理系统的可靠性 .....                     | 199        |
| 4.5.4 分隔式网络管理 .....                        | 200        |
| 参考文献 .....                                 | 201        |
| <b>第五章 VSAT 卫星通信网络的主要设备 .....</b>          | <b>202</b> |
| 5.1 主站(HUB) .....                          | 202        |
| 5.1.1 天线、馈源和伺服跟踪分系统 .....                  | 204        |
| 5.1.2 主站射频发射设备 .....                       | 233        |
| 5.1.3 主站低噪声接收系统 .....                      | 305        |
| 5.1.4 设计配置上、下行线设备应注意的几个问题 .....            | 314        |
| 5.1.5 VSAT 系统常用的数字解调方式 .....               | 322        |
| 5.2 远端 VSAT 小站 .....                       | 384        |
| 5.2.1 远端 VSAT 小站的分类 .....                  | 385        |
| 5.2.2 VSAT 小站的技术性能特点 .....                 | 393        |
| 参考文献 .....                                 | 406        |
| <b>第六章 VSAT 网络的总体设计 .....</b>              | <b>408</b> |
| 6.1 VSAT 网络总体设计的基本原则 .....                 | 408        |
| 6.2 VSAT 网络总体设计的主要任务 .....                 | 413        |
| 6.3 VSAT 网络多址协议的性能分析及其选择 .....             | 419        |
| 6.3.1 交互式 VSAT 网络(PSN 网络)传输的数据信息业务模型 ..... | 420        |
| 6.3.2 交互式 VSAT 网络多址协议的性能分析与选择 .....        | 421        |
| 6.4 交互式数据星状 VSAT 网络的系统设计 .....             | 437        |
| 6.4.1 VSAT 网络的系统模型 .....                   | 438        |
| 6.4.2 VSAT 网络主站和远端小站的设计 .....              | 446        |
| 6.4.3 VSAT 网络容量设计 .....                    | 452        |
| 6.5 高速率(语音)VSAT 网络总体设计的几个问题 .....          | 461        |
| 6.5.1 语音 VSAT 网络的业务量估算 .....               | 462        |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 6.5.2 高速率 VSAT 网络数字话音压缩编码的应用与发展 .....    | 467        |
| 6.6 VSAT 网络的系统可用性设计 .....                | 473        |
| 6.6.1 关于可靠性的一些基本理论 .....                 | 473        |
| 6.6.2 卫星通信线路的可用性 .....                   | 481        |
| 6.7 VSAT 网络的经济性能分析 .....                 | 489        |
| 6.7.1 VSAT 网络的结构和传输链路参数 .....            | 490        |
| 6.7.2 估算 VSAT 网络的系统容量 .....              | 490        |
| 6.7.3 确定 VSAT 通信网的成本模型 .....             | 491        |
| 6.7.4 VSAT 网络经济性能分析 .....                | 493        |
| 6.8 Ku 波段 VSAT 网络总体设计中应注意的一些问题 ...       | 499        |
| 6.8.1 VSAT 卫星通信网络采用 Ku 波段的主要优缺点 .....    | 499        |
| 6.8.2 Ku 波段 VSAT 网络系统总体设计中应注意的一些问题 ..... | 503        |
| 参考文献 .....                               | 508        |
| <b>第七章 VSAT 网络的发展趋势和未来的卫星通信 .....</b>    | <b>510</b> |
| 7.1 VSAT 网络的发展方向 .....                   | 510        |
| 7.2 VSAT 分组卫星通信网络(VSAT-PSN) .....        | 514        |
| 7.2.1 VSAT 分组卫星通信网络传输的数据业务 .....         | 514        |
| 7.2.2 VSAT 分组卫星通信网络的主要特点 .....           | 516        |
| 7.2.3 VSAT 分组卫星通信网络的系统结构 .....           | 519        |
| 7.3 VSAT 会议电视网络 .....                    | 521        |
| 7.4 现代 VSAT 卫星通信系统 .....                 | 524        |
| 7.4.1 多波束快速跳变 VSAT 卫星通信系统 .....          | 526        |
| 7.4.2 多址技术的改进和发展 .....                   | 529        |
| 7.4.3 多载波群路整体解调技术 .....                  | 530        |
| 7.4.4 几种典型的现代 VSAT 系统的星上处理结构 .....       | 532        |
| 7.5 先进的通信技术卫星(ACTS) .....                | 536        |

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 7.5.1 美国 NASA 的高级通信技术卫星(ACTS)系统 .....           | 536 |
| 7.5.2 第三代通信技术卫星——毫米波(EHF)通信卫星 ...               | 539 |
| 7.5.3 空间卫星链路的新构想 .....                          | 540 |
| 7.6 移动卫星通信系统(MSS) .....                         | 541 |
| 7.6.1 移动卫星通信系统的分类 .....                         | 542 |
| 7.6.2 移动卫星通信系统使用的工作频段 .....                     | 544 |
| 7.6.3 移动卫星通信系统的基本结构和主要技术 .....                  | 546 |
| 7.6.4 低轨道移动卫星通信系统(LEO) .....                    | 551 |
| 7.6.5 中轨道移动卫星通信系统(MEO) .....                    | 580 |
| 7.6.6 高轨道移动卫星通信系统(GEO)——美国 Qualcomm<br>系统 ..... | 583 |
| 7.6.7 移动卫星通信系统在我国的发展前景和经济效益评估<br>.....          | 588 |
| 7.7 未来的个人通信网(PCN) .....                         | 589 |
| 7.7.1 个人通信网的基本功能和主要特点 .....                     | 590 |
| 7.7.2 个人通信网的关键技术 .....                          | 594 |
| 7.7.3 个人卫星通信系统 .....                            | 606 |
| 参考文献 .....                                      | 607 |

# 第一章 绪 论

VSAT 系统问世以来,经过十多年的发展和完善,其技术日臻成熟,可传输数据、话音、图像等多种综合业务,和计算机联网并可与 ISDN 联网,深受广大用户的欢迎。当前世界上已建成的 VSAT 系统有近百个,遍布全球的 VSAT 终端约 20 多万台。VSAT 系统的出现是卫星通信技术的重大突破,代表了当前卫星通信发展的重要方向,卫星通信传输质量好、组网灵活、费用低廉、安装维护方便。它不仅改变了当前卫星通信行业的产品结构和生产规模,而且还形成了新的组网概念,给整个电信网络的发展注入了新的活力。国际上普遍认为 VSAT 的出现是三十年来卫星通信发展史上的转折点,并且把 VSAT 和 PC 机的兴起看作是 80 年代信息技术变革的重要标志,因为 VSAT 将通信终端延伸到办公室和私人家庭,PC 机将计算机终端延伸到办公室和私人家庭,两者相结合就可组成灵活的数据通信网络。它们的硬件都是高度集成模块化,可以不断扩充和更新,其软件又都能够根据用户需要特制,并可随时由用户进行修改。由于 VSAT 系统特殊的网络功能,要求中枢站对全网进行较强的智能化管理。VSAT 确定了卫星通信向设备小型化、多功能、智能化发展的方向。

所谓 VSAT 终端通常是指天线口径小于 2.5m,由主站应用管理软件高度监测和控制的小型地球站。在 VSAT 发展初期,人们通常称之为微型站(Micro Earth Station)、小型数据站或甚小孔径终端,到 80 年代中期,人们一般习惯使用其英文名称(Very Small Aperture Terminals),的缩写,称做 VSAT 终端(小站)、VSAT 系统(网络)。VSAT 系统可工作在 C 波段或 Ku 波段。VSAT 网络组网灵活,独立性强,其网络结构、技术性能、设备特性和网络管理等都可

以根据用户的要求进行设计和调整。VSAT 终端具有天线小、设计结构紧密、功耗小、成本低、安装方便、对环境条件要求低的特点。VSAT 系统对许多专业用户如银行、海关、商业销售、交通等部门很有吸引力,同时对边远的农村、山区、海岛也是一种适合的通信手段,尤其对第三世界国家具有巨大的潜在市场。国际电信联盟(ITU)和联合国开发署(UNDP)于 1989 年 7 月在印度尼西亚首都雅加达专门组织了一次国际性的 VSAT 技术研讨会,以推动 VSAT 系统在全世界范围内更广泛、更全面地应用和发展。

VSAT 系统的兴起得益于八十年代微波器件、微波集成、大规模集成电路、微处理机及数字处理技术的发展。同时,由于管理水平的不断提高,许多专业部门和大型企业集团对通信尤其是数据通信的需求日益迫切,要求通信系统覆盖范围大、组网迅速灵活;具有多址接入、一点对多点的传输;以数据业务为主,兼顾话音和图像。正是这样的市场需求和技术条件,VSAT 系统应运而生。

80 年代中期以来,VSAT 系统被广泛的应用,已经遍布全世界,根据市场预测,90 年代 VSAT 系统将继续保持高速发展的势头。VSAT 系统在技术上也在不断地革新和发展,其传输速率不断提高,业务范围在不断扩大,除专用网外,已经伸入到公用电信网络的稀路由业务,并占有一定的优势,展现出广阔的发展前景。

## 1.1 VSAT 系统的发展历史

VSAT 系统起始于 80 年代初期,首先由美国一家小公司赤道公司(Equatorial Communication Company)抓住这一技术方向,先后推出 C<sub>100</sub>(天线口径为 0.6m)、C<sub>120</sub>(天线口径为 0.6m、0.75m、1.2m)系列的 VSAT 卫星单向数据广播系统。中枢站采用  $\phi 11\text{m}$  天线,以 TDM 方式向全网广播 45~19000bit/s 的低速率数据业务。各远端小站只具有单向接收功能,不能向主站回传数据。这是世界上最早的 VSAT 系统。其网络构成如图 1—1 所示。

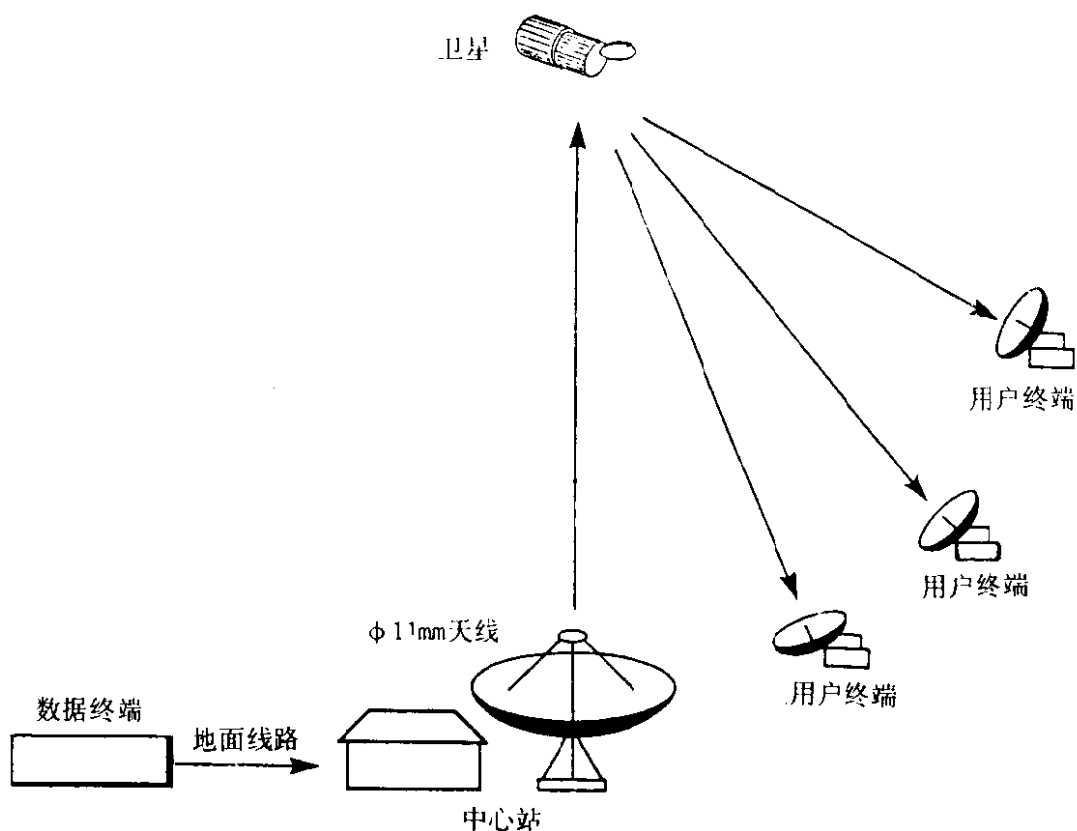


图 1—1 赤道公司单向广播 VSAT 网络结构  
主站的功能原理方框图如图 1—2 所示。

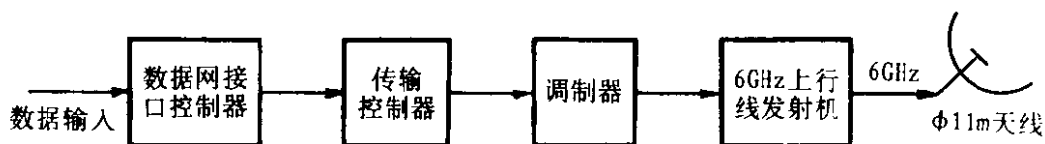


图 1—2 赤道公司单向广播 VSAT 主站原理方框图

$C_{100}$ 、 $C_{120}$ 远隔小站的功能原理方框图如图 1—3 所示。

80 年代中期,赤道公司推出  $C_{200}$  型产品,其功能原理图见图 1—4,远端站天线口径为 1.2m~1.8m,具有双向交互通信能力。该系统仍然采用扩展频谱技术,由主站向远端 VSAT 小站传输的出站链路(Outbound)的最大速率为 19.2kbit/s,而由 VSAT 小站向主站回传的入站链路(Inbound)的最大速率为 1.2kbit/s。可以说  $C_{200}$  型系统

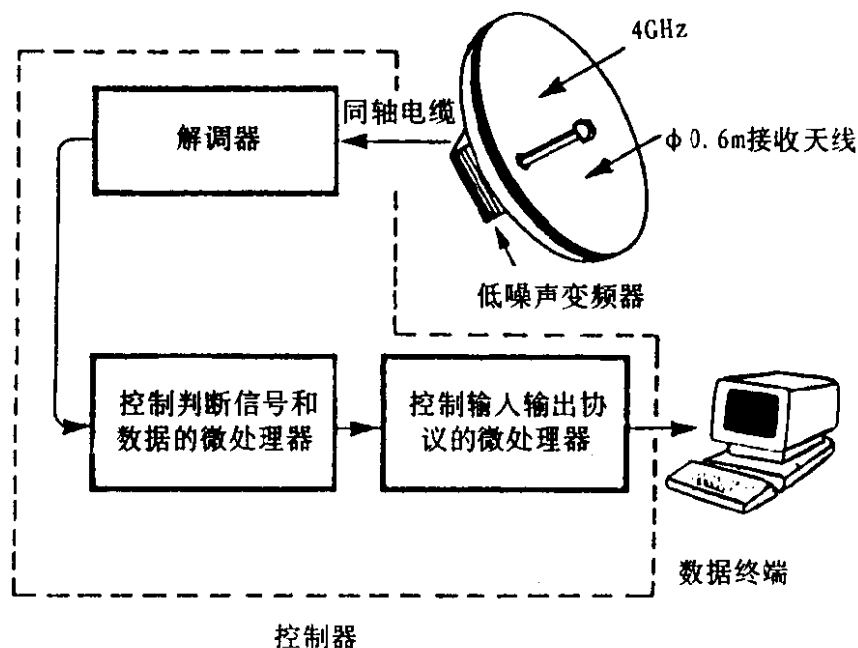


图 1-3 赤道公司单向数据接收 VSAT 小站原理方框图

是第一个功能完整的 VSAT 卫星通信系统。该系统一诞生就引起人们的极大关注,1983 年赤道公司为美国 Farmers 保险公司集团建设了 VSAT 网络,称作 Farmers 网,现在已发展到 3000 多台远程终端。1986 年赤道公司又建立了第一个国际性(太平洋地区)的 VSAT 通信网,其中枢站建立在澳大利亚,由 OTC 组织运营,在太平洋周围各国拥有小站数千台。1988 年,赤道公司对 C<sub>200</sub>型系统的硬件设备和软件性能经过不断改进和完善,定型为 MC-200 系列的 VSAT 系统,通信制式为 TDM/SSMA,大量占领美国和国际市场。可以说在 1988 年以前世界上的 VSAT 系统的市场几乎被赤道公司所垄断。

由赤道公司所开辟的新领域,使人们看到 VSAT 系统具有广阔的发展前景和巨大的潜力。80 年代中期,国际上许多知名的大型通信公司纷纷投入人力和财力从事 VSAT 系统的研制和开发。美国的 Hughes、Comsat、Harris、MA/COM(后来被 Hughes 兼并)和日本的 NEC 等公司先后推出容量更大、技术更先进的 VSAT 系统,其通信制式大都为 TDM/MFTDMA,出站链路(Outbound)的传输速率高

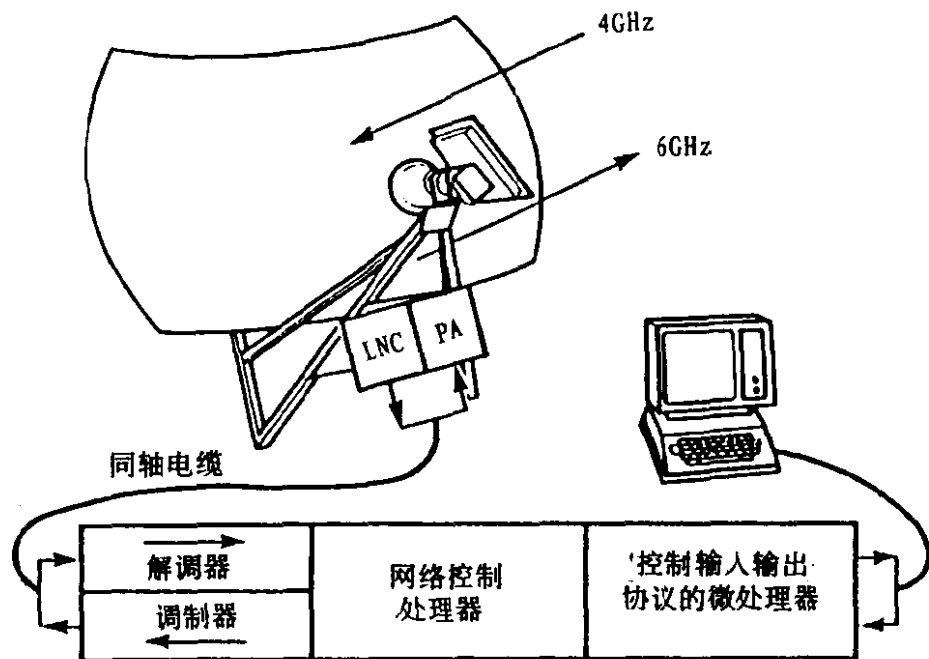


图 1-4 C<sub>200</sub> VSAT 小站功能方框图

达 512kbit/s,甚至 8448kbit/s,入站链路(Inbound)的传输速率可达 128kbit/s。同时美国 T·G. 公司(后来改名为 VSI 公司)也开发出 TDM/SCPC 制式的 VSAT 系统。

当前,国际上按照不同的多址接续、调制方式传输速率和传输业务,通常把 VSAT 系统分为五类。如表 1-1 所示。

表 1-1 VSAT 系统分类

|              | VSAT                                   | VSAT(SS) | USAT    | TSAT    | TVSAT   |
|--------------|----------------------------------------|----------|---------|---------|---------|
| 天线直径(m)      | 1.2~1.8                                | 0.6~1.2  | 0.3~0.5 | 1.2~3.5 | 1.8~2.4 |
| 频 段          | Ku/C                                   | C        | Ku      | Ku/C    | Ku/C    |
| 出站速率(kbit/s) | 56~512                                 | 9.6~32   | 56      | 56~1544 | —       |
| 入站速率(kbit/s) | 16~128                                 | 1.2~9.6  | 2.4     | 56~1544 | —       |
| 多址方式(入境)     | ALOHA<br>S-ALOHA<br>R-ALOHA<br>DA-TDMA | CDMA     | CDMA    | PA      | —       |
| 多址方式(出境)     | TDM                                    | CDMA     | CDMA    | PA      | PA      |



续表

|       | VSAT                 | VSAT(SS) | USAT  | TSAT | TVSAT |
|-------|----------------------|----------|-------|------|-------|
| 调制方式  | BPSK/QPSK            | DS       | FH/DS | QPSK | FM    |
| 有无枢纽站 | 无/有                  | 有        | 有     | 无    | 有     |
| 支持的协议 | SDLC、X. 25、BSC、ASYNC |          |       |      |       |
| 网路运行  | 共用/专用                | 共用/专用    | 共用/专用 | 专用   | 共用/专用 |

注：1. ALOHA 是一种随机多址技术；

2. FH/DS 是扩频调制方式中的跳频/直接序列。

表中第 1 类是工作在 Ku 频段的高速双向交互型 VSAT, 天线直径在 1.2~1.8m 之间, 采用不扩频相移键控调制和自适应带宽接入协议。第 2 类采用直接序列扩频技术, 工作在 C 频段, 可提供单向和双向数据业务。第 3 类是目前最小的双向数据通信地球站, 称做特小地球站(USAT), 天线直径为 0.3~0.5m。它们采用非常复杂的混合扩频调制和多址技术, 原先是为车辆通信使用设计的, 后经修改用于固定业务。第 4 类称 TSAT, 它以  $T_1$  (1.544Mbit/s 或 2.048Mbit/s) 或低于  $T_1$  的速率用来双向传输话音、数据和图像的综合业务, 不需要中枢纽站。最后一类 VSAT 是接收电视用的, 故称为 TVSAT, 但也能用来接收广播质量的话音和高速数据。我们可以根据表 1—1 列出的各类 VSAT 的基本参数和自己的业务要求来选择适当的 VSAT 制式。

## 1.2 我国和世界各国开发和应用 VSAT 网络的情况

由于 VSAT 系统具有组网灵活、安装方便、价格低廉、功能齐全、可与 ISDN 接口等优点, 深受广大用户的欢迎。初步统计, 全世界目前投入应用的 VSAT 终端约 20 万台, 已建成的大型系统将近 20 个, 美国占到一半以上。其中最大的系统主要有 Chrysler Motor Corp 与 Hughes 合作建设的拥有 6000 个终端的 PES(Personal Earth Station)VSTA 网络, 用于传输本公司内部的数据、图象和话音。