

任何卫星通信系统都要组成一定的网络结构,以便多个地球站按一定的连接方式通过卫星进行通信。根据卫星通信系统使用目的和要求的不同,可以组成各种不同的卫星通信网。例如,根据卫星在轨高度,可分为 GEO 卫星通信网、MEO 卫星通信网和 LEO 卫星通信网;根据通信用途,可分为民用卫星通信网和军事卫星通信网;根据服务范围,可分为国际卫星通信网(国际卫星通信系统 INTELSAT)、国内卫星通信网(邮电干线通信、专用卫星通信、临时电视节目、会议电视、数据广播等)、区域卫星通信网等。对于大量分散、稀路由、低速的数字卫星通信系统,还可组成 VSAT(甚小口径天线终端)卫星通信网。根据业务性质、容量和特点的不同,组成的网络结构也将有所不同。本章主要介绍 VSAT 卫星通信网的基本概念与原理。

5.1 卫星通信网的网络结构

由多个地球站构成的卫星通信网络可以归纳为两种主要形式,即星状网络和网状网络,如图 5-1 所示。

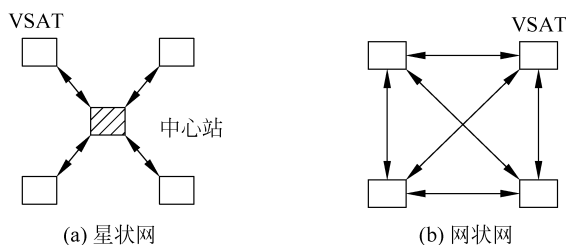


图 5-1 卫星通信的网络结构

5.1.1 星状网络

图 5-1(a)为星状网络,它是一种由中心站与各地球站之间相互连接而形成的网络。

在星状网络中,各远端地球站都是直接与中心站(或称主站)发生联系,而各远端地球站之间则不能经卫星直接进行通信。两个地球站之间若有通信要求时必须经中心站转发,才能进行连接和通信。无论远端地球站与中心站进行通信,还是各地球站经中心站进行通信,

都必须经过卫星转发器。中心站执行控制和转发功能,使得通信系统的故障容易隔离和定位,并且可以在不影响系统其他设备工作的情况下,方便地对卫星通信系统进行扩容。

星状网络最适合于广播、收集等进行点到多点间通信的应用环境,例如具有众多分支机构的全国性或全球性单位作为专用数据网,可以改善其自动化管理、发布或收集信息等。但这种结构非常不利的一点是,中心站必须具有极高的可靠性。因为一旦出问题,将影响着整个系统的工作。

5.1.2 网状网络

图 5-1(b)为网状网络,它将各地球站彼此相互直接连接在一起。这种点对点连接而成的网络,又称为全互连网络,其中每个地球站皆可经由卫星彼此相互进行通信。

采用网状网络的优点是:星间链路的冗余备份充分,系统可靠度高,可扩展性强;星间链路的传输带宽可以很高,数据的传输速度快、时延小、可以实现全球覆盖。因此,网状网络比较适合于点到点之间进行实时性通信的应用环境,比如建立单位内的 VSAT 专用电话网等。但是网状网络的缺点也很明显,即网络结构较为复杂,建造成本高,对于卫星的数量要求较多等。

5.1.3 混合网络

在卫星通信网络中,根据经过卫星转发器的次数,卫星通信网络又可分为单跳和双跳两种结构。

对于星状网络,各远端地球站可通过单跳链路与中心站直接进行话音和数据的通信,而各远端地球站之间一般都是通过中心站间接地进行通信,因此信号会经历双跳的时延。

在网状网络中,任何两个远端地球站之间都是单跳结构,因而它们可以直接进行通信。但是必须利用一个中心站控制与管理网络内各地球站的活动,并按需分配信道。显然,单跳星状结构是最简单的网络结构,而网状网络结构则是最复杂的网络结构,并能按需分配卫星信道。

为此,将单跳与双跳结构相结合,可以得到一种混合网络,如图 5-2 所示。在这种网络中,网络的信道分配、网络的监测管理与控制等由中心站负责,但是通信不经中心站连接。该网络可以为中心站与远端地球站之间提供数据业务,为各远端地球站之间提供话音业务。从网络结构来说,话音信道是网状网,数据信道是星状网,因而混合网络是一种很有吸引力的网络结构。

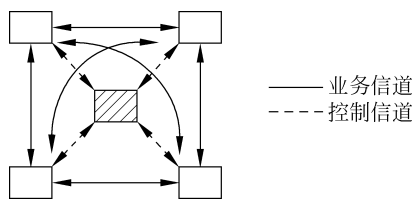


图 5-2 卫星通信的单跳与双跳混合结构

5.2 卫星通信网与地面通信网的连接

一个卫星通信系统,当考虑到它与地面通信网连接时,地球站的作用犹如一个地面中继站。由于电波传播和电磁干扰等原因,一般大、中型地球站都是设置在远离城市的郊区,而卫星通信的用户和公用网中心都是集中在城市市区。因此,卫星通信链路必须通过地面线

路与长途通信网及市话网连接,才能构成完整的通信网。在通信过程中,地面网一个用户的电话信号要经过当地市话网、长途电话网的交换机以及传输设备接至地球站,才能经卫星转发到达另一城市的地球站,再经地面线路进入公用网,最后达到另一用户,这样才完成信息的传输。

5.2.1 地面中继传输线路

为保证卫星进行多路通信,应采用大容量并与地球站的容量相匹配的地面中继线路。目前用得较多的是微波线路、电缆线路和光缆线路。

1. 微波线路

微波线路的工作频段可选择 2~13GHz。由于工作频段高于 10GHz 时因降雨引起的吸收衰减较大,可能会影响正常通信,同时考虑到避免与其他地面微波通信系统的相互干扰,最好不使用 4~6GHz,故在一般情况下,以选用 2GHz、7~8GHz 为宜。若在降雨较少的地区,且距离较近时(小于或等于 30km),也可选用 10~13GHz 的频段。

至于地面微波中继线路的容量,则应根据卫星链路确定,并留有一定余量。

2. 电缆线路

可以用作长途通信的电缆主要有对称电缆和同轴电缆。对称电缆的特点是频带较窄、容量较小。这种线路一般采用双绞四线制单边带传输方式。一个 4 芯组可以传输 120 路,且收、发信使用同样的频带,均为 12~252kHz。为了克服线路衰减的影响,通常每隔 13km 设一增音站。

同轴电缆具有路际串音小、频带宽、容量大等优点。通常用作地面中继的小同轴电缆是 300 路系统,其传输频带为 60~1300kHz,如图 5-3 所示。小同轴电缆的容量也可扩大到 960 路,这时传输频带为 60~4028kHz,但必须缩短增音站间的距离和增加增音站的数目。中同轴电缆也可用作地面中继线路,而且特别适用于传送电视信号。若增音站之间的距离选择适当,中同轴电缆可以传输 1800 路或 4380 路电话。

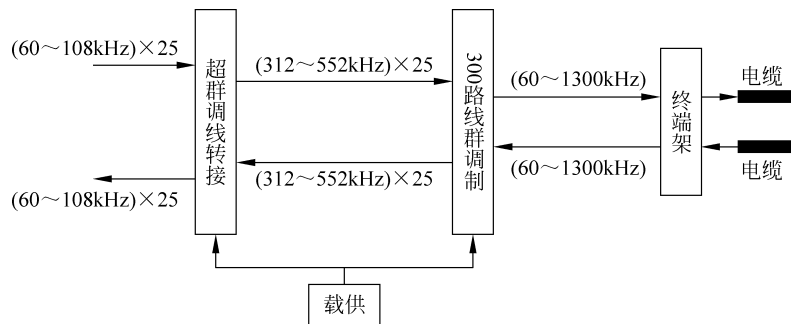


图 5-3 小同轴电缆工作频谱

同轴电缆的最大缺点是中继距离短(1.5~2.5km)、维修不便和造价较高。

3. 光缆线路

地面中继线路除了可以采用微波线路和电缆线路外,还可以采用光缆线路。光缆传输的优点是:

- (1) 传输距离长,单模光纤每公里衰减可做到 0.2~0.4dB,是同轴电缆损耗的 1%;

(2) 传输容量大,一根光纤可传输几十路以上的视频信号,若采用多芯光缆,则容量成倍增长;

(3) 抗干扰性能好,不受电磁干扰;

(4) 传输质量高,由于光纤传输不像同轴电缆那样需要相当多的中继放大器,因而没有噪声和非线性失真叠加,且基本上不受外界温度变化的影响。

其缺点就是造价较高,施工的技术难度较大。

因此,线路须视应用的具体要求(有效性、可靠性和经济性等)而定。实际上,如果用于站内的设备间链路(Inter-Facility Link, IFL),如大型地球站射频机房与天线之间的连接,VSAT 终端的室外单元(ODU)与室内单元(IDU)之间连接或 VSAT 终端与用户之间连接时,光缆是最好的选择,因为光缆噪声小,没有电磁干扰。然而,对于 20km 以上的地面中继线路,光缆所需的投资比微波和电缆要大。

5.2.2 地面中继方式

地球站与长途交换中心之间的中继方式可以是各种各样的,具体采用哪一种方式取决于地球站和中继线路及长途交换网的工作方式。目前绝大多数地球站采用的是 FDM、SCPC、TDMA 或 IDR(中等数据速率)方式工作。因此地面中继线路也是分为模拟线路和数字线路。考虑到今后的发展,下面以地面中继线路与 TDMA 方式的地球站连接为主进行介绍。

1. 模拟地面接口

地球站按 TDMA 方式工作,地面中继采用模拟传输线路。这种工作方式分为两类:一类是数字话音插空(TDMA/DSI);另一类是非数字话音插空(TDMA/DNI)。在实际使用中,DSI 设备均以 240 路为一个单元。为完成与地面模拟通信网的接口,需要进行 FDM 与 TDMA 的转换。这种转换可使用标准的 FDM 复接/分接设备后接 TDMA 复接设备来实现。即将输入的模拟基带信号(FDM)分接成单独信道,再进行 PCM 编码和 TDMA 复接,如图 5-4(a)所示。也可以用复用转换器在 60 路超群接口直接转换和连接完成相同的功能,这样便降低了成本和尺寸并增强了可靠性,如图 5-4(b)所示。这种复用转换器,既能以模拟方式也能以数字方式实现,并可按多种规格设计。实际上,对于 2.048Mb/s 的信号,通常用一个 60 路的 FDM 超群转换成两个 30 路的 TDM/PCM 信号(每个信号速率为 2.048Mb/s)。

2. 数字地面接口

地球站按 TDMA 方式工作,地面中继采用数字线路。

目前这种方式虽然较少使用,但随着通信网数字化程度的不断提高,将会用得越来越多。当卫星链路和地面线路都数字化以后,地球站与长途交换中心之间的中继将会变得比较简单,数字设备可以直接在一次群接口上连接,如图 5-5 所示。

应该指出,各地球站所发信号的帧定时是与基准站的帧定时同步的,可是在这种连接方式中,它与地面线路的帧同步是不相关的,这是因为数字地面接口处于数字地面线路和 TDMA 终端设备之间,它要接受来自两个方向的时钟。通常 TDMA 系统与地面数字线路是准同步连接的,即两者的时钟独立,但应具有相同的标称频率和精度。按照 CCITT 建议 G. 811 每 72 天滑动一次的要求,时钟的精度应为 1×10^{-11} 。为此,当地面线路与 TDMA 卫

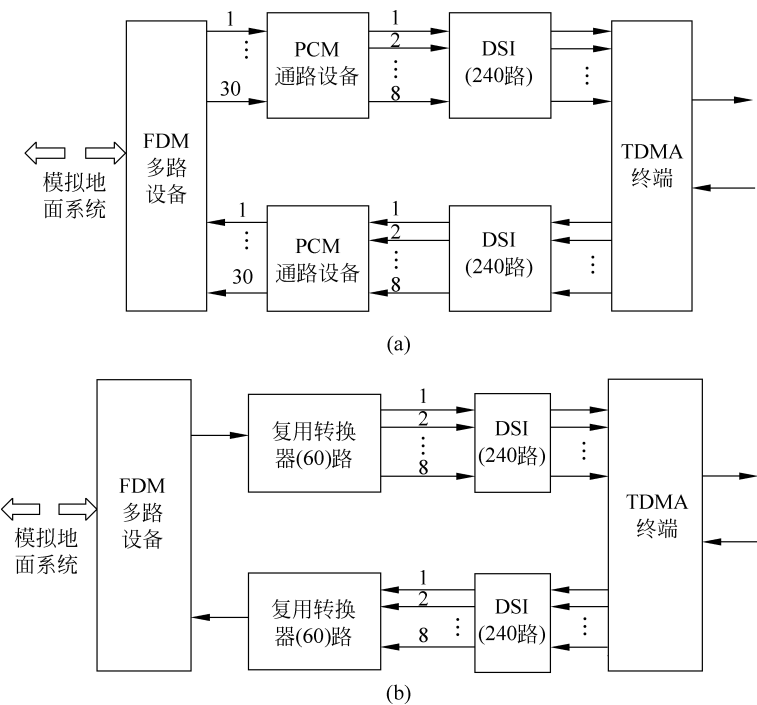


图 5-4 TDMA 地球站与地面模拟线路的连接

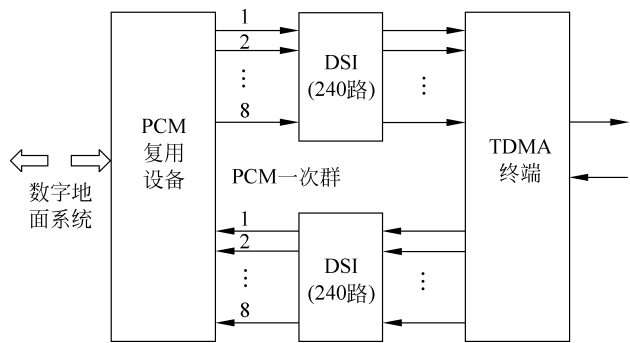


图 5-5 TDMA 地球站与地面数字线路的连接

星链路直接进行数字接口时,必须解决好 TDMA 卫星链路 与地面数字线路间的同步问题,在数字地面接口处设置缓冲器吸收时钟差异。根据同步方法的不同,直接数字接口有以下三种。

1) 完全同步连接

这种方法假设在长途交换中心局的 PCM 复用终端和时分制交换机都按地球站送来的帧定时工作,而后者是与卫星 TDMA 系统保持同步的。其系统组成如图 5-6(a)所示。

需要指出,由于卫星的摄动,使其轨道位置偏移,从而导致传播延迟、信号的帧长和时钟频率都将随之变化(多普勒频移)。因此,地球站发送信号的帧周期便不可能与接收信号的帧周期相等。结果在地球站内,从中心站来的输入信号的帧周期与发向卫星的信号帧周期出现了差异。不过,考虑到卫星的位置只是在有限范围内变化,所以可以通过设置适当容量

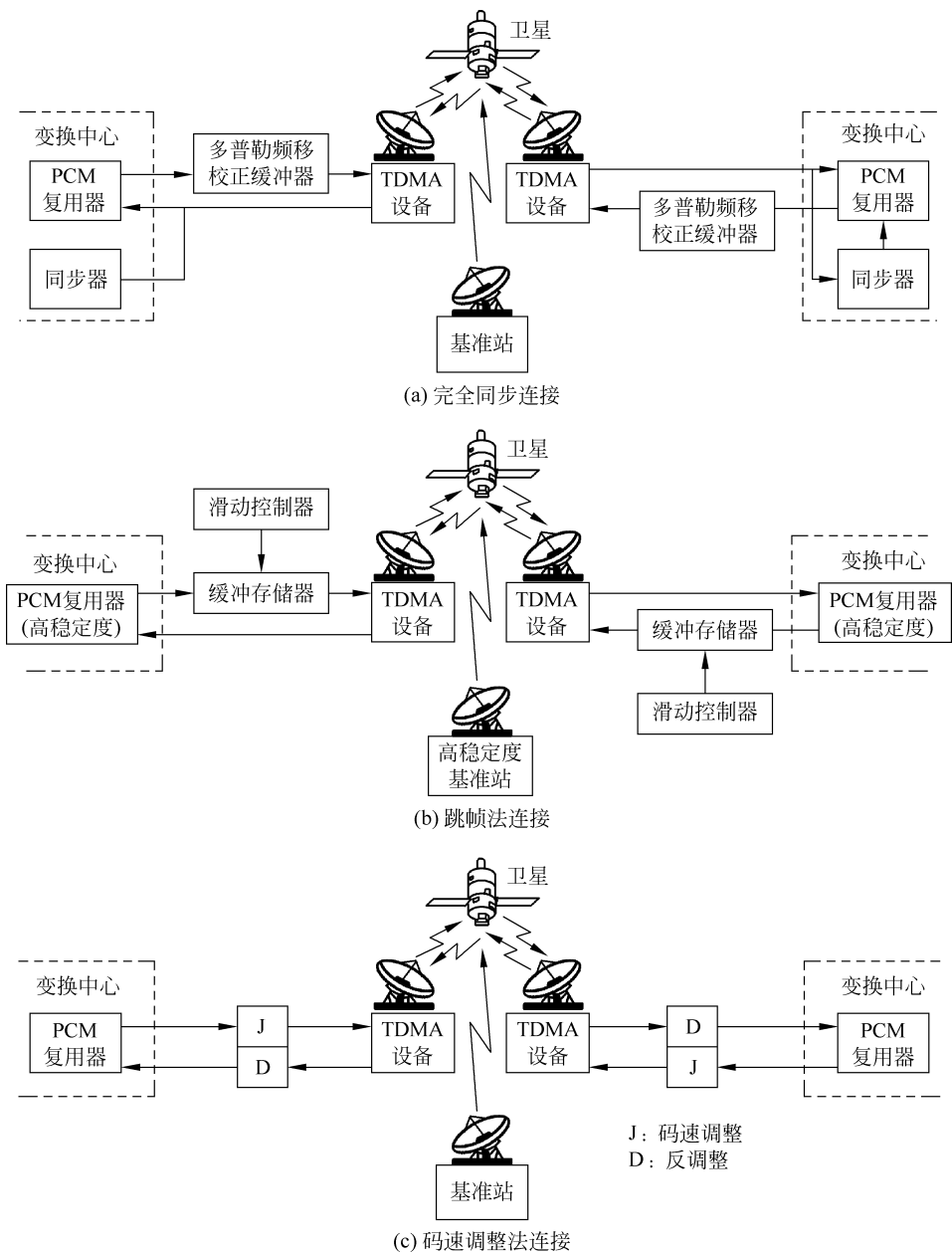


图 5-6 TDMA 地球站与地面数字线路连接的同步问题

的缓冲存储器来补偿这种帧周期的差值。这一缓冲存储器通常称为多普勒频移校正缓冲器,如图 5-6(a)所示。

采用完全同步连接方式时,由于系统内所有的地球站以及所组成的通信网的同步,都从属于基准站,因此,一旦基准站发生故障就会影响到整个网络的正常工作,这是它的主要缺点。

2) 跳帧法连接

这种方法是中心局与 TDMA 系统各自保持独立的帧同步,但帧频的标称值是相等的,

而且要求其有非常高的稳定性。采用这种方法连接的系统组成如图 5-6(b)所示,其中地球站的发射端设有缓冲存储器及其控制器。只要缓冲存储器两端的信号频率不同,即使差异极其微小,存储器的写入和读出都会产生微小的偏移。当这种偏移一旦超过某一规定数值时,便强制去掉一帧信息或重复插入一帧信息,这叫作跳帧。采用跳帧法连接,虽然损失了一帧信息,但不会破坏系统的帧同步。

因卫星漂移而引起的传播延迟变化的影响,还是通过缓冲存储器来加以补偿。

3) 码速调整法连接

这种方法使卫星系统的时钟频率比地面系统的时钟频率略高。在地球站的发送端,当写入和读出时差超过某一预定值时,读出就会暂停,并在卫星链路中插入不含有信息的脉冲。接收端接收到信号后再把不含有信息的脉冲去掉,同时将数据流进行匀滑,通常这种方法称为码速调整或脉冲填充。其优点是相互独立同步的两个数字线路或通信网之间,可以不丢失任何信息完成数字连接。这种连接方法的系统组成如图 5-6(c)所示。

上面分别介绍了几种典型的地球站与地面通信网连接时的地面中继方式。实际情况中,只用单一的地面中继方式的情况较少。因为 FDM、SCPC、TDMA 和 IDR 等多种方式同时使用,而且地面通信网中模拟与数字通信方式也还要并存一段时间,所以地面中继方式也往往不止一种。根据地球站和地面通信网的实际情况,可能由两种或多种连接方式组合使用。

5.2.3 电视信号传输中的地面中继

目前,通过卫星传送的电视信号还都是模拟信号,因此地球站与长途交换中心或电视广播中心之间的地面中继线路也都是模拟微波线路。当长途交换中心和电视广播中心相距较近时,可以采用同轴电缆;如果相距甚远,由于同轴电缆衰耗太大,最好采用微波或光缆线路连接。如果需要在某些场合利用卫星进行电视实况转播时,一般把电视信号从现场送到电视广播中心,再经长途交换中心送到地球站发向卫星。

5.3 VSAT 卫星通信网

5.3.1 VSAT 网的基本概念及特点

1. VSAT 基本概念

小口径天线终端(Very Small Aperture Terminal, VSAT)也称为卫星小数据站或个人地球站(Personal Earth Station, PES),它是指一类具有甚小口径天线的、非常廉价的智能化小型或微型地球站,可以方便地安装在用户处。

而 VSAT 卫星通信网是指利用大量小口径天线的小型地球站与一个大站协调工作构成的卫星通信网。通过它可以进行单向或双向数据、语音、图像及其他业务通信。VSAT 卫星通信网的产生是卫星通信采用一系列先进技术的结果,例如,大规模/超大规模集成电路,微波集成和固态功率放大技术,高增益、低旁瓣小型天线,高效多址连接技术,微机软件技术,数字信号处理,分组通信,扩频、纠错编码,高效、灵活的网络控制与管理技术,等等。

VSAT 的发展可以划分为三个阶段:第一代 VSAT 是以工作于 C 频段的广播型数据网为代表,其在高速数据广播、图像和综合业务传送以及移动数据通信中起着重要的作用;

第二代 VSAT 具有双向多端口通信能力,但系统的控制与运行还是以硬件实现为主;全部以软件定义的第三代 VSAT 以采用先进的计算机技术和网络技术为特征,系统规模大,有图形化面向用户的控制界面、有由信息处理器及相应的软件操控的多址方式,有与用户之间实现多协议、智能化的接续。

我国从 1984 年开始成为世界上少数几个能独立发射静止通信卫星的国家,卫星通信已被我国确定为重点发展的高技术电信产业。VSAT 专用网和公用网不断建成并投入使用。从我国的国情看,VSAT 卫星通信的需求量十分巨大,美、加、日和欧洲诸国的 VSAT 厂商早已把目光投向中国,争相进入中国市场,我国自己也在积极研制开发 VSAT 产品。现在,VSAT 在我国的大量应用方兴未艾,必将推动我国卫星通信事业迅速发展。

2. VSAT 通信网的特点与优点

与地面通信网相比,VSAT 卫星通信网具有以下特点:

(1) 覆盖范围大。通信成本与距离无关,可对所有地点提供相同的业务种类和服务质量。

(2) 灵活性好。多种业务可在一个网内并存,对一个站来说支持业务种类、分配的频带和服务质量等级可动态调整,可扩容性好,扩容成本低,开辟一个新的通信地点所需时间短。

(3) 点对多点通信能力强。独立性好,是用户拥有的专用网,不像地面网要受电信部门制约。

(4) 互操作性好。可使采用不同标准的用户跨越不同的地面网,在同一个 VSAT 卫星通信网内进行通信,通信质量好,有较低的误比特率和较短的网络响应时间。

与传统卫星通信网相比,VSAT 卫星通信网具有以下特点:

(1) 面向用户而不是面向网络。VSAT 与用户设备直接通信而不是如传统卫星通信网中那样中间经过地面电信网络后再与用户设备进行通信。

(2) 天线口径小。一般为 $0.3 \sim 2.4\text{m}$,发射机功率低,一般为 $1 \sim 2\text{W}$,安装方便,只需简单的安装工具和一般的地基,如普通水泥地面、楼顶、墙壁等。

(3) 智能化功能强,包括操作、接口、支持业务、信道管理等,可无人操作,集成化程度高,从外表看 VSAT 只分为天线、室内单元(IDU)和室外单元(ODU)三部分。

(4) VSAT 站很多,但各站的业务量较小,一般用作专用网,而不像传统卫星通信网那样主要用作公用通信网。

综合起来,VSAT 通信网具有以下优点:

(1) 地球站设备简单,体积小,重量轻,造价低,安装与操作简便。它可以直接安装在用户的楼顶上、庭院内或汽车上等,还可以直接与用户终端接口,不需要地面链路作引接设备。

(2) 组网灵活方便。由于网络部件的模块化,便于调整网络结构,易于适应用户业务量的变化。

(3) 通信质量好,可靠性高,适于多种业务和数据率,且易于向 ISDN(综合业务数字网)过渡。

(4) 直接面向用户,特别适合于用户分散、稀路由和业务量小的专用通信网。

3. VSAT 的分类

国际上已有许多公司相继推出了多种系列的 VSAT 系统。按照其业务类型和网络结构等,VSAT 系统可以如下分类:

(1) 按业务类型可分为三类：以语音业务为主的 VSAT 系统，如美国休斯网络系统 (HNS) 公司的 VSAT 产品小型卫星电话地球小站 (Telephony Earth Station, TES)；以数据业务为主的 VSAT 系统，如小型卫星数据地球小站 (Personal Earth Station, PES)；以综合业务为主的 VSAT 系统，如美国军方转型卫星通信系统 (Transformational Satellite Communication System, TSAT)，日本 NEC 公司的 NEXTAR (明日之星) 系统。

(2) 按业务性质可分为两种：固定业务的 VSAT 系统和移动业务的 VSAT 系统。

(3) 按网络结构可分为三类：星状结构的 VSAT 系统，如 PES；网状结构的 VSAT 系统，如 TES；星状和网状混合结构的 VSAT 系统。

特别是这种混合网络，由于此结构中允许两种网络结构并存，则可采用两种完全不同的多址方式，如星状结构时采用 TDM/TDMA 方式，而网状结构时采用 SCPC 方式等。

目前，VSAT 产品多种多样，VSAT 小站按其性质、用途或其他某些特征可以如下分类：

(1) 根据安装方式可分为固定式、墙挂式、可搬移式、背负式、手提式、车载式、机载式和船载式等。

(2) 按业务类型可分为小数据站、小通信站和小型电视单收站等。不过，目前许多公司推出的产品都是兼有多种功能，例如美国休斯公司的 PES 系统以数据为主，兼传 16kb/s 声码话音，而 TES 系统则以 32kb/s ADPCM 话音为主，兼传数据和图像。

(3) 按天线口面尺寸可分为 0.3m、0.6m、1.2m、1.5m、1.8m 和 2.4m 等。

(4) 按收发方式可分为单收站和双向站。

(5) 根据调制方式、传输速率、天线口径以及应用等综合特点，又可以分为非扩频 VSAT、扩频 VSAT、USAT (0.25~0.3m 的特小口径终端)、TSAT (数据传输速率高达 1.544/2.048Mb/s 载波小口径终端) 和 TVSAT (广播电视终端)。为了便于了解和比较，在表 5-1 中列出了这 5 种 VSAT 的主要特点。

表 5-1 VSAT 的主要特点

类 型	VSAT	VSAT(扩频)	USAT	TSAT	TVSAT
天线直径/m	1.2~1.8	0.6~1.2	0.3~0.5	1.2~1.5	1.8~2.4
频段	Ku	C	Ku	Ku/C	Ku/C
外向信息率/(kb/s)	56~512	9.6~32	56	56~1544	—
内向信息率/(kb/s)	16~128	1.2~9.6	2.4	56~1544	—
多址(内向)	ALOHA, S-ALOHA, R-ALOH, DA-TDMA	CDMA	CDMA	TDMA/FDMA	—
多址(外向)	TDM (PSK/QPSK)	DS-CDMA	FH/ DS-CDMA	TDMA/FDMA (QPSK)	PA (FM)
连接方式	无主站/有主站	有主站	有主站	无主站	有主站
通信规程	SDLC, X.25 ASYN, BSC	SDLC, X.25	专用		

此外，还有一些其他特点的 VSAT 网，如 LCET、SO/SAT 网等。

5.3.2 VSAT 网的组成及工作原理

1. VSAT 网的组成

VSAT 网是由主站(HUB)、卫星和许多远端小站(VSAT)三部分组成的,通常采用星状网络结构,如图 5-7 所示。

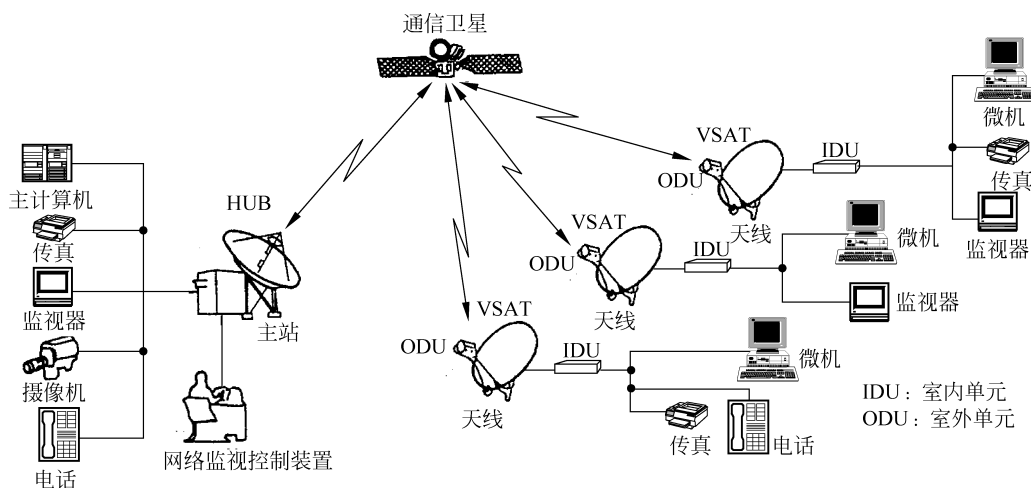


图 5-7 VSAT 网构成示意图

1) 主站

主站(中心站)又称中央站或枢纽站(HUB),它是 VSAT 网的核心。它与普通地球站一样,使用大型天线,其天线直径一般为 3.5~8m(Ku 波段)或 7~13m(C 波段),并配有高功率放大器(HPA)、低噪声放大器(LNA)、上/下变频器、调制解调器及数据接口设备等。主站通常与主计算机放在一起或通过其他(地面或卫星)线路与主计算机连接。

主站高功率放大器的功率要求与许多因素有关,例如通信体制、工作频段、数据速率、发射载波数目、卫星特性以及远端接收站的大小及位置等。其额定功率一般为数百瓦(最小 1W,最大达数千瓦)。当额定功率为 1~10W 时,一般采用固态砷化镓场效应管(GaAsFET)放大器;当额定功率为 10~250W 时,一般采用行波管放大器(TWTA);而当它为 500~2000W 时,一般采用速调管放大器。例如,采用 6~10 个发射载波的 C 波段 11m 地球站,HPA 的功率约为 300W。

在以数据业务为主的 VSAT 卫星通信网中,主站既是业务中心也是控制中心。主站通常与计算机放在一起或通过其他(地面或卫星)线路与主计算机连接,作为业务中心(网络的中心节点);同时主站内还有一个网络控制中心(NCC)负责对全网进行监测、管理、控制和维护,如实时监测、诊断各小站及主站本身的工作情况、测试信道质量、负责信道分配、统计、计费。

由于主站涉及整个 VSAT 卫星通信网的运行,其故障会影响全网正常工作,故其设备皆有备份。为了便于重新组合,主站一般采用模块化结构,设备之间采用高速局域网的方式互连。

2) 小站

小站由小口径天线、室外单元(ODU)和室内单元(IDU)组成。VSAT 天线口径通常为 1~2.4m(C 频段的不超过 3.5m,单收站的可小于 1m),发射功率 1~10W。VSAT 天线有正馈和偏馈两种形式,正馈天线尺寸较大,而偏馈天线尺寸小、性能好(增益高、旁瓣小),且结构上不易积冰雪,因此常被采用。室外单元主要包括 GaAsFET 固态功率放大器、低噪声 FET 放大器、上/下变频器及其监测电路等,整个室外单元可以集成在一起,安装在天线支架上。室内单元主要包括调制解调器、编译码器和数据/话音接口设备等。在小站接口设备中,将完成输入信号和协议的转换。比如,在话音接口中将标准的公用电话网协议转换为 VSAT 网络协议,而在数据接口中将协议(如 TCP/IP)转换为 VSAT 协议。原有话音、数据相应的协议和地址在 VSAT 主站的接收端恢复。

室内外两单元之间以同轴电缆连接,传送中频信号和提供电源。整套设备结构紧凑、造价低廉、全固态化、安装方便、适应环境范围广,可直接与数据终端(微计算机、数据通信设备、传真机、电传机、交换机等)相连,不需要中继线路。

3) 卫星转发器

卫星转发器亦称空间段,目前主要使用 C 频段或 Ku 频段转发器。它的组成及工作原理与一般卫星转发器基本一样,只是具体参数有所不同而已。

由于转发器造价很高,空间部分设备的经济性是 VSAT 网必须考虑的一个重要问题,因此可以只租用转发器的一部分,地面终端网可以根据所租用卫星转发器的能力来进行设计。

2. 工作频段

目前,VSAT 卫星通信网使用的工作频段为 C 频段和 Ku 频段。

如果使用 C 频段,电波传播条件好,特别是降雨影响小,路径可靠性较高,还可以利用地面微波通信的成熟技术,使之开发容易、系统造价低。但由于与地面微波通信使用的频段相同,需要考虑这两种系统间的相互干扰问题,功率通量密度不能太大。因此限制了天线尺寸进一步小型化,而且在干扰功率密度较强的大城市选址比较困难。为此,当使用 C 波段时,通常采用扩频技术以降低功率谱密度,减小天线尺寸。但采用扩频技术限制了数据传输速率的提高。相反地,如果使用 Ku 频段,则具有以下一些优点:

(1) 不存在与地面微波通信线路的相互干扰,架设时不必考虑地面微波线路,可随地安装;

(2) 允许的功率通量密度较高,天线尺寸可以更小。若天线尺寸相同,比 C 频段天线增益高 6~10dB;

(3) 可以传输更高的数据速率。

虽然 Ku 频段的传播损耗,特别是降雨影响大,但实际线路设计时都有一定的余量,线路可用性很高。

在多雨和卫星覆盖边缘地区,使用稍大口径的天线即可获得必要的性能余量。因此,目前多数 VSAT 卫星通信网在使用 Ku 频段。在我国,由于受空间段资源的限制,使用的 VSAT 网基本上还是工作在 C 频段。另外,美国赤道公司(Equatorial)采用直序扩频技术的微型地球站(Micro Earth Station),主要工作在 C 频段,当其他非扩频系统工作在 C 频段时,则需要较大的天线和较大的功率放大器,并占用卫星转发器较多的功率。

3. VSAT 网的网络结构

VSAT 网络的小站天线口径通常为 $0.3 \sim 2.4\text{m}$, 由于要考虑邻近卫星系统干扰, 使天线的尺寸受到限制。虽然通信经常是双向的, 但是 VSAT 网络在很多情况下仍是单向的。用在 VSAT 网络中的主要结构有星状结构、广播网络、网状或总节点(总线连接)连接, 如图 5-8 所示。

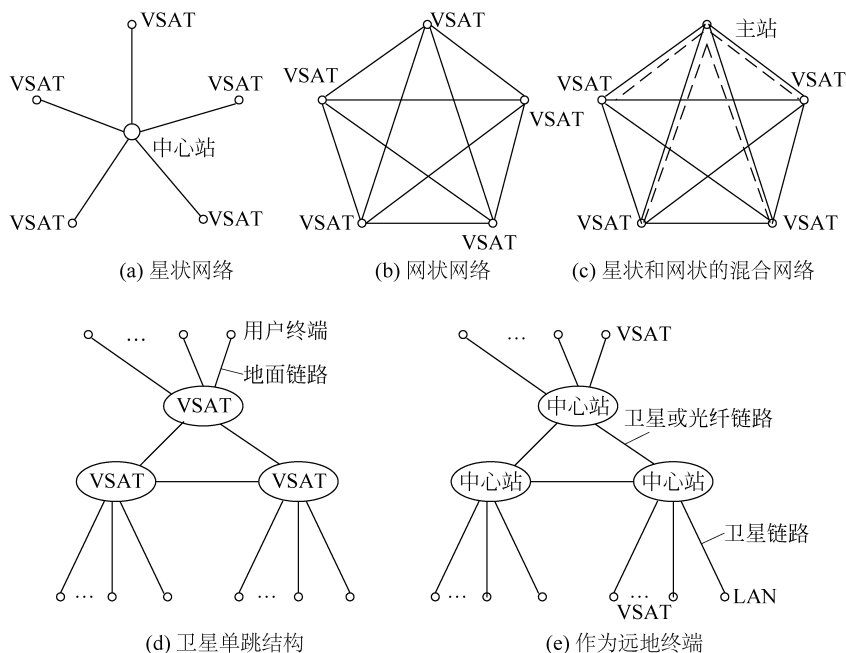


图 5-8 VSAT 网典型网络结构

(1) 星状网结构: 这种结构是最通用的 VSAT 结构方式, 如图 5-8(a)所示。VSAT 站之间的业务, 通过中心站(Hub)进行转接。Hub 站控制着网络中的业务流量, 两个 VSAT 站之间不能直接连接。从 Hub 送到端站的载波, 支持高比特率数据流; 而从端站发出的载波, 支持中比特率数据流。一个大的 Hub 站意味着要求端站的规模较小, 从而使得总的网络造价较低。Hub 站的规模决定于系统参数和预期网络的增长情况。广播网络是星状拓扑的一种特殊形式, 因为信息总是由中心 Hub 向端站传输, 但是端站向中心站方向没有传输。因此, 这种结构只适用于网络从 Hub 到 VSAT 站的单向业务路由。在 VSAT 网中, 由主站通过卫星向远端小站发送的数据, 称为外向(outbound)传输。由小站通过卫星向主站发送的数据, 称为内向(inbound)传输。

(2) 网状(或总节点)网连接: 网状网连接如图 5-8(b)所示, 这种结构使得 VSAT 可与其他任一端站通信, 因而使端站的设备复杂得多。网状 VSAT 结构支持小站之间相互连接, 虽然它可以含有涉及呼叫建立和网络监控的网络控制中心, 但它并不使用互作用网络形成的控制中心。

(3) 星状和网状网的混合结构连接: 图 5-8(c)为星状和网状网的混合结构, 在传输语音或点对点通信时采用网状网结构(如实线所示), 传输数据或点对多点通信时采用星状结构。应当指出, 在语音 VSAT 网中, 网络的道信分配、监控由网络中心负责, 即控制信道是

用星状网(如虚线所示)实现的。

(4) 卫星单跳结构: 卫星单跳结构如图 5-8(d)所示, 其中 VSAT 端站是作为低速数据的终端或语音业务的网关(Gateway), 用户终端可以是个人计算机或某商业系统的分支机构。

(5) 远地终端: VSAT 作为远地终端, 用来向一组远地用户终端或局域网(LAN)收集或分配数据。在这种应用中, VSAT 站与一个特定的中心站(一般是大、中型站)连接, 如图 5-4(e)所示。

4. VSAT 网的工作原理

现在以星状结构为例说明 VSAT 网的工作原理。由于主站发射 EIRP 高, 且接收系统的 G/T 值大, 所以网内所有的小站可以直接与主站通信, 但若需要小站之间进行通信时, 则因小站天线口径小, 发射的 EIRP 低和接收 G/T 值小, 必须首先将信号发送给主站, 然后由主站转发给另一个小站。即必须通过小站—卫星—主站—卫星—小站, 以双跳方式完成。而对网状网络, 各站可以直接进行业务互通, 即只需经卫星单跳完成通信。

在星状 VSAT 网中进行多址连接时, 有多种不同的多址协议, 其工作原理也随之不同。现以随机接入时分多址(RA/TDMA)系统为例, 简要介绍 VSAT 网的工作过程。网中任何 VSAT 小站的入网数据, 一般都按分组方式进行传输和交换, 数据分段后, 加入同步码、地址码、控制码、起始标志及终止标志等, 构成数据分组。任何进入网的数据, 在网内发送之前首先进行格式化, 即每份较长的数据报文分解成若干固定长度的“段”, 每段报文再加上必要的地址和控制信息, 按规定的格式进行排列作为一个信息传输单位, 通常称之为“分组”(或包)。例如, 每 1120b(140B)组成一个数据分组, 在通信网中, 以分组作为一个整体进行传输和交换到达接收点后, 再把各分组按原来的顺序装配起来, 恢复原来的长报文。

1) 外向传输

在 VSAT 网中, 由主站通过卫星向远端小站的外向传输(或出境传输), 通常采用时分复用(TDM)或统计时分复用技术连续向外发送, 即从主站向各远端小站发送的数据, 先由主计算机进行分组格式化组成 TDM 帧, 然后通过卫星以广播方式发向网中所有远端小站。为了各 VSAT 站的同步, 每帧(约 1s)开头发射一个同步码。同步码特性应能保证各 VSAT 小站在未纠错误比特率为 10^{-3} 时仍能可靠地同步。该同步码还应向网中所有终端提供如 TDMA 帧起始信息(SOF)或 SCPC 频率等其他信息。TDM 帧的结构如图 5-9 所示。

在 TDM 帧中, 每个报文分组包含一个地址字段, 标明需要与主站通信的小站地址。所有小站接收 TDM 帧, 从中选出该站所要接收的数据。利用适当的寻址方案, 一个报文可以送给一个特定的小站, 也可发给一群指定的小站或所有小站。当主站没有数据分组要发送时, 它可以发送同步码组。

2) 内向传输

各远端小站通过卫星向主站传输的数据称作内向传输数据(或入境传输)。在 VSAT 网中, 各个用户终端可以随机地产生信息。因此, 内向数据一般采用随机方式发送突发性信号。通过采用信道共享协议, 一个内向信道可以同时容纳许多小站, 所能容纳的最大站数主要取决于小站的数据率和业务量。

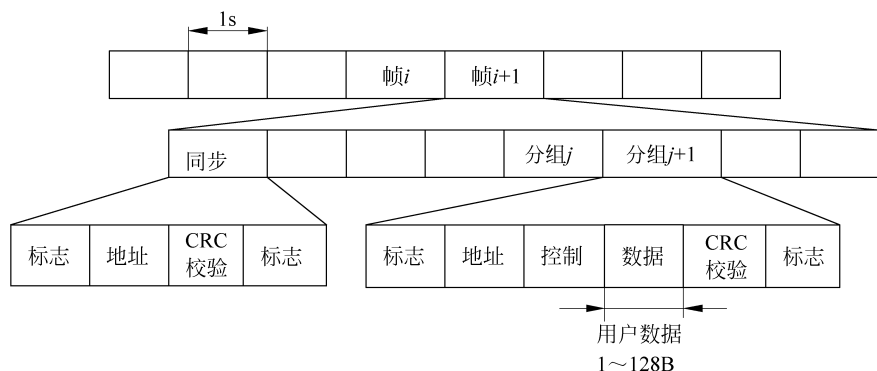


图 5-9 VSAT 网外向传输的 TDM 帧结构

许多分散的小站以分组的形式,通过具有延迟的 RA/TDMA 卫星信道向主站发送数据。由于 VSAT 小站受 EIRP 和 G/T 值的限制,一般接收不到经卫星转发的小站发射的信号,因而小站不能采用自发自收的方法监视本站发射信号的传输情况。因此,利用争用协议时需要采用肯定应答(ACK)方案,以防数据的丢失。即主站成功收到小站信号后,需要通过 TDMA 信道回传一个 ACK 信号,应答已成功收到数据分组。如果由于误码或分组碰撞造成传输失败,小站收不到 ACK 信号,则失败的分组需要重传。对一些网形网络,内向信道用来传输网络的信令及各种管理信息。对 TDMA 方式的 VSAT,其控制信道为控制时隙。

RA/TDMA 信道是一种争用信道,可以利用争用协议(例如 S-ALOHA)由许多小站共享 TDMA 信道。TDMA 信道分成一系列连续性的帧和时隙,每帧由 N 个时隙组成,TDMA 的帧结构如图 5-10 所示。各小站只能在时隙内发送分组,一个分组不能跨越时隙界限,即分组的大小可以改变,但其最大长度绝不能大于一个时隙的长度。各分组要在一个时隙的起始时刻开始传输,并在该时隙结束之前完成传输。在一帧中,时隙的大小和时隙的数量取决于应用情况,时隙周期可用软件来选择。

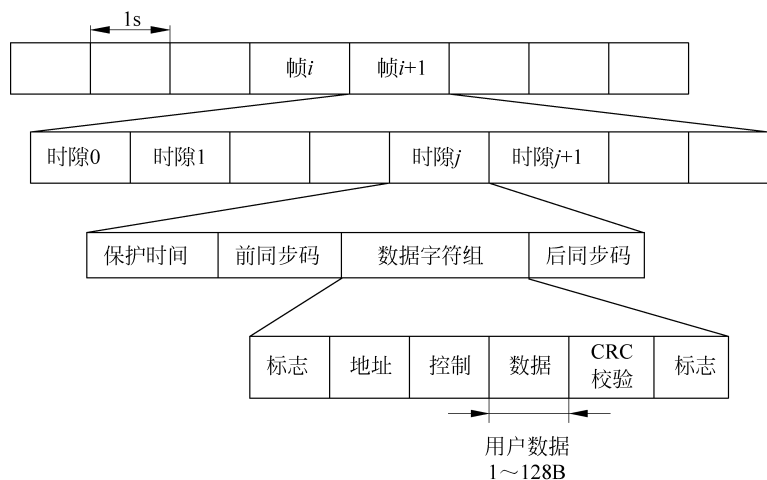


图 5-10 VSAT 网内向传输的 TDMA 帧结构

在 VSAT 网中,所有共享配 RA/TDMA 信道的小站都必须与帧起始(SOF)时刻及时隙起始时刻保持同步,这种统一的定时是由主站在 TDM 信道上广播的 SOF 信息获得。TDMA 数据分组包括前同步码、数据字符组、后同步码和保护时间。前同步码由比特定、载波恢复、FEC、译码器同步和其他开销组成。数据字符组则包括起始标志、地址码、控制码、用户数据、循环冗余校验(CRC)和终止标志,其中控制码主要用于小站发送申请信息。后同步码可包括维特比译码器删除移位比特。小站可在控制字段发送申请信息。

综上所述可以看出,VSAT 网与一般卫星网不同,是一个典型不对称网络。即链路两端的设备不同、执行的功能不同;内向和外向传输的业务量不对称,内向和外向传输的信号电平不对称;主站发射功率大得多,以便适应 VSAT 小天线的要求;VSAT 发射功率小,主要利用主站高的接收性能来接收 VSAT 的低电平信号。

3) VSAT 网中的交换

VSAT 网的业务包括数据、话音、图像、传真等,可以采用不同的交换方式。交换功能由主站中的交换设备完成,其交换方式一般有分组交换和线路交换两种。分组交换主要用于各分站的分组数据、突发性数据、主计算机和地面网来的数据,按照各个分组数据的地址,转发给外向链路、主计算机和地面网,这样可以提高卫星信道的利用率和减轻用户小站的负担。对于要求实时性很强的话音业务,由于分组交换延迟和卫星信道的延迟太大,则应采用线路交换。所以对于要求同时传输数据和话音的综合业务网,主站应对这两种业务分别设置并提供各自的接口。这两种交换机之间也可能有信息交换,如图 5-11 所示。其中,线路交换机设有主站用户声码话接口,输入内向链路的声码话数据,输出外向链路的同步时分复用(STDM)声码话数据;分组交换机则设有主站用户数据接口,输入内向链路的数据,输出外向链路的异步时分复用(ATDM)数据。可以看出,VSAT 网交换机的特点是数据传输速率低,一般为 2.4Kb/s,而接入的线路数却可能达到数百条。所以,交换机的输入内向链路与输出外向链路在数目与速率方面也是不对称的。

综上,VSAT 网是一个集线路交换和分组交换于一身的网络,根据业务性质可将其业务分别与地面程控(线路)交换机和分组交换机相连。对于实时性要求不强的数据(分组数据),可以进行分组交换以提高网络的灵活性和利用率;而对于实时数据和话音则应采用线路交换。

5.3.3 VSAT 数据通信网

1. VSAT 数据网的特点

数据通信可用数字传输方式,也可用模拟传输方式。随着卫星通信的不断发展,利用卫星进行数据传输越来越广泛。利用卫星进行数据传输与话音传输具有许多不同的特点,概括起来有如下几点:

- (1) 数据传输相交换可以是非实时的。
- (2) 传输数据的时间是随机地、间断地使用信道。
- (3) 当突发式传输数据时,数据传送率可以很高,达数千比特/秒。不传送数据时,数据传送率为零。因而峰值和平均传输速率相差很远,二者比值可高达数千。
- (4) 数据业务种类繁多,如数据终端之间的通信、人机对话、文本检索和大容量的数据传输系统。因此要求通信网中能容纳低速(300b/s 以下),中速(600~4800b/s)和高速

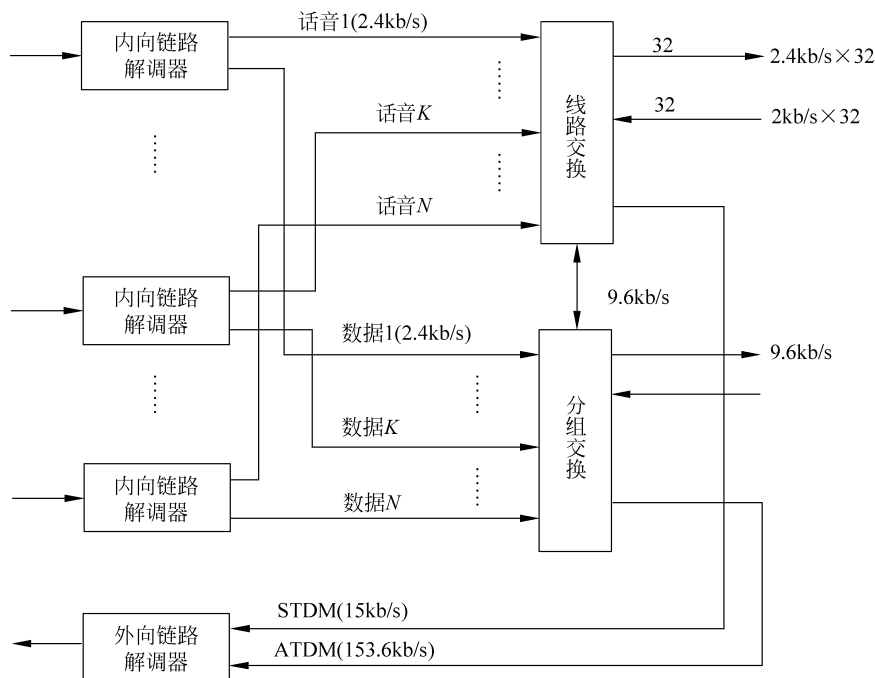


图 5-11 VSAT 网主站的交换设备

(9600b/s 以上)多种传送速率。

(5) 由于要传送的数据长短不同、各种数据又可以非实时传送,所以为了提高卫星信道利用率,可以采用分组传输方式。

(6) 利用卫星信道的广播性质进行数据传输的卫星通信网,一般拥有大量低成本的地球站。

(7) 数据传输必须高度准确和可靠。在电话、电报通信中,由于通信双方是人,信息在传输过程中如果受到干扰而造成差错,部分差错可以通过人的分析判断来发现并予以纠正;而数据通信的计算机一方没有人介入,所以数据通信要求保证信息的传输有极高的准确性和可靠性。为此,在数据通信中经常采用检错、纠错技术,一般要求报头差错率小于 10^{-9} ,数据段差错率小于 10^{-7} 。

2. VSAT 网络体系结构

从信道共享的特点来看,VSAT 数据网比较接近本地网(LAN);从 VSAT 网的覆盖范围来看,又是一个广域网(WAN);而从 VSAT 单节点、无层次的网络结构来看,其网内路由选择功能比较简单,其网络层(第三层)协议功能比较简单;从星形网络结构来看,是一种不平衡链路结构,所有通信都是在一个主站与其他小站之间进行的,据此可得到 VSAT 网的协议结构如图 5-12 所示。

可见 VSAT 通信子网为数据终端设备相互连接提供通道。按照 OSI 参考模型,它只提供下三层服务。下三层的主要功能及典型通信协议如下。

(1) 物理层。对网络结点间通信线路的机电特性和连接标准方面的规定,以便在数据链路实体之间建立、维护和拆除物理连接。如目前广泛使用的接口标准:RS-232C 或 D, RS-449, X. 21, X. 24 等。

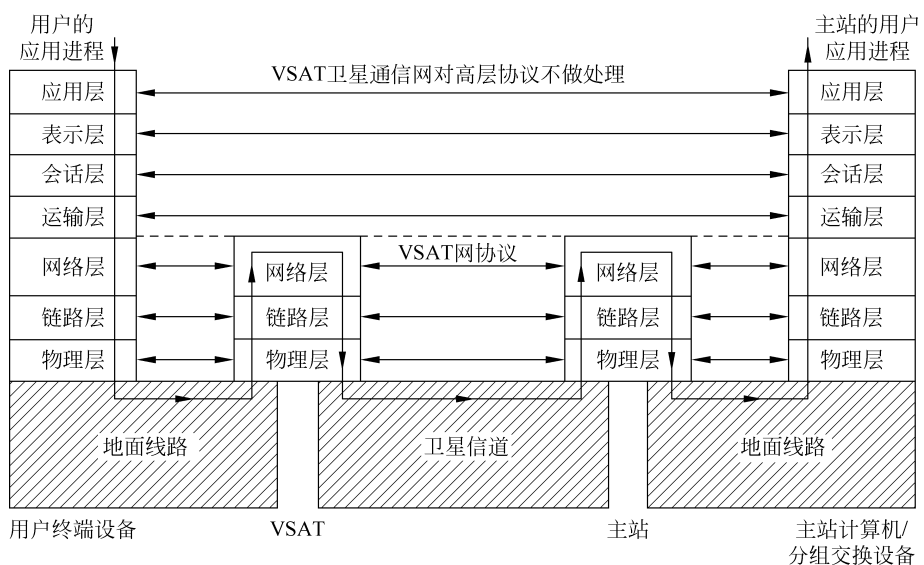


图 5-12 VSAT 数据通信网的协议结构

(2) 链路层。提供物理媒介上信息的可靠传输,传送数据帧的同时还传输同步、差错控制、流量控制的信息。其典型协议 HDLC,SDLC,BSC 等。

(3) 网络层。它是控制通信子网进行工作的,提供路由选择、流量控制、传输的确认、中断、差错及故障的恢复等功能,实现整个网络系统内连接,为传输层提供整个网络范围内两个终端用户之间的数据传输通路。其典型协议如 X.25 协议。

3. 多址协议的确定原则

对于 VSAT 网,其多址协议就是大量分散的远端小站通过共享卫星信道,进行可靠的多址通信的规则。卫星数据网多址协议是发展 VSAT 数据网的关键技术。传统的卫星通信多址协议,如 FDMA、TDMA 和 CDMA,主要是针对语音通信业务设计的,主要目的是追求信道容量和吞吐量达到最大,适合于大型地面站共享高速卫星信道。这种环境下,信道共享效率和不延迟是最重要的要求,而且可以用复杂的设备来实现。因为站少,每个地球站的成本对整个系统影响不大。这时主要的多址技术是 FDMA 和 TDMA,信道分配可以采用固定分配或利用某种控制算法的按需分配,FDMA 和 TDMA 对于语音和某些成批数据传输业务是有效的多址方案。但是对于数据通信网而言,由于数据传输业务的突发性,使得若在一般的数据传输中仍沿用电话业务中使用的 FDMA 或 TDMA 预分配方式,则其信道利用率会很低,即使是使用按需分配方式也不会有很大改善,因为如果发送数据的时间远小于申请分配信道的时间时,则按需分配也不是很有效的。

对于 VSAT 网来说,大量分散的小型 VSAT 站共享卫星信道与中心站沟通。由于这种方式有别于目前通用的卫星通信系统,因此选择有效、可靠且易于实现的多址协议是保证数据通信系统性能的重要问题。

确定多址协议时应考虑的原则主要如下:

(1) 要有较高的卫星信道共享效率,即信道通过效率(即吞吐量,在多址信道上传送有用业务的时间部分)要高。

- (2) 有较短的延迟,其中包括平均延迟和峰值延迟。
- (3) 在信道出现拥塞的情况下具有稳定性。
- (4) 应有能承受信道无码和设备故障的能力。
- (5) 建立和恢复时间短。
- (6) 易于组网,且设备造价低。

目前,VSAT 数据通信网采用的多址协议有很多,这些协议是根据系统对信道延时、系统容量、系统稳定性和复杂性、业务数据类型等方面的不同要求而提出的。根据远端站报文的入网方式,信道的共享协议可分为固定分配、争用、预约及混合型协议,按照是否将卫星共享信道划分成若干固定长度的时隙,将多址协议划分为时隙型和非时隙型两类。表 5-2 为多址协议的分类。

表 5-2 卫星多址协议分类

报文入网类型	信道同步	
	非 时 隙	分 时 隙
固定分配协议	SCPC-FDMA CDMA	TDMA
争用(随机多址协议)	P-ALOHA C-AHOLA SREJ-ALOHA RA-CDMA	S-ALOHA CRA ARRA
预约(可控多址协议)	自同步预约	R-ALOHA TDMA-DAMA AA-TDMA

4. 固定分配多址方式

固定分配多址方式包括非时隙和分时隙这两种固定分配方式,其中非时隙固定分配方式主要用于 SCPC/FDMA 和 CDMA 卫星通信系统,分时隙固定分配方式主要用于 TDMA 卫星通信系统。

1) 非时隙固定分配方式

(1) SCPC/FDMA 是最简单的卫星多址协议,它是将卫星转发器的频段划分成多个低速到中速的 SCPC(单路单载波)链路。如前所述,对于突发性信号,使用 SCPC 一般效率很低。这是因为端站信号以单路单载波方式发向卫星,而所需要的突发速率和终端的平均数据速率之间基本上是不匹配的。具有突发性终端的 SCPC 系统的容量用归一化平均终端率(即平均终端速率/信道速率)来表示。如终端速率接近于信道速率,此时容量接近于 1。

(2) CDMA 是采用扩频技术将信号在比信息带宽大得多的带宽上进行扩展,在接收机中通过与已知扩频码的相关处理就可以恢复信号,因此抑制了同一频带内其他发射的干扰。固定分配 CDMA 的特点是带宽利用率低,主要用在对提高抗干扰性具有重要意义的场合。其容量(最大利用率)是通过归一化平均数据率除以扩频的带宽扩展因子来表示。若不用前向纠错时,可以达到的典型容量值约为 0.1。当使用 FEC 纠错后,容量可以提高到 0.2~0.3。

2) 分时隙固定分配方式

TDMA 方式是这种多址协议的典型方式,它将信道时间分割成周期性的时帧,每个站

分配一段时间供其发射突发信号,这种传输方式不是一种动态信道共享。在 VSAT 数据网中,TDMA 协议对地球站业务量较大、数据传输速率较高的系统比较适合。但对于像 VSAT 这样一种站数很多的系统单纯使用 TDMA 是不合理的,但 TDMA 是一种很有吸引力的多址方式,尤其是数字传输系统为 TDMA 的实现创造了有利的技术基础。在 VSAT 系统中,TDMA 是与 FDMA 及频率跳变(FH)结合在一起发挥其优点的。系统占用的带宽先按频率划分成各个载波,然后在每个独立载波的基础上采用 TDMA,每个站指定的载波在所分配的时隙内发射,时隙的长短可以按业务量改变,也可以在必要时跳变到另一个载波上指定的时隙内发射。这种多载波的 TDMA 方式避免使用较大的 TDMA 载波,降低了小站发射功率和成本,在 VSAT 系统中广泛应用。

5. 随机多址协议

随机多址协议的特点是网中各个用户可以随时选取信道,因此在同时使用信道时会发生“碰撞”,若对于遭受碰撞的报文采用某种适当的“碰撞分辨算法”,最终可以成功地重发。图 5-13 为一般随机多址系统的报文流程图,可以看出,随机多址规则主要表现为新报文入网和重发(碰撞分辨)算法的结合。

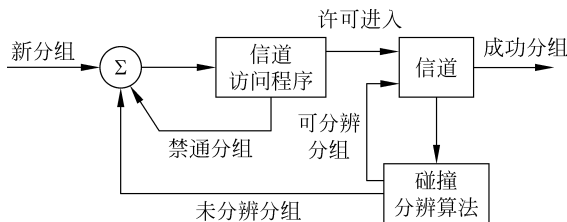


图 5-13 一般随机多址系统的报文流程图

随机多址协议也分为非时隙和分时隙两种方式,其中非时隙方式包括 P-ALOHA、SREJ-ALOHA、RA-CDMA(异步分组 CDMA)和 C-ALOHA 等协议,分时隙方式包括 S-ALOHA、CRA(冲突分解算法)和 ARRA(预告重传随机多址)等方式。

ALOHA 方式在第 4 章中做了具体描述,下面介绍 RA-CDMA、CRA 和 ARRA 方式。

对于 RA-CDMA 来说,CDMA 属于宽频带、低信噪比工作方式。信道的共享是利用伪随机正交码的相关性区分不同地址。当信号使用扩展系统和 ALOHA 相结合的多址协议后,分组的抗干扰性增强,系统容量有所提高,并可以提供较好的延迟特性,但增加了设备的复杂性,同时也存在业务量增大后系统稳定性差的问题。

对于 CRA 来说,其主要特点是系统采用载波和碰撞检测方法,这种协议适合于传输固定长度的报文。它是基于一种冲突分解算法,使碰撞的分组依次重发,或者说是基于有规则的重发程序和新报文入网规则。它与 S-ALOHA 不同,不是采用随机延迟和自由入网。如果碰撞分解程序收敛,则可保证信道能稳定的工作。采用这种冲突分解算法的容量一般可能达到 0.43~0.49。正是由于它有这样一些优点,且性能优于 S-ALOHA,所以这种多址协议也受到了人们的关注,并仍在进一步研究和发展。

对于 ARRA 来说,由于在随机多址系统中,重发实际上是伪随机的,是可以预测的,所以对未来试图进行重发时隙的预告,可以用来防止新发射分组与重发分组相互干扰,另外,通过预测重发分组之间的碰撞,可以中途停止所有不成功的重发。它的主要缺点是系统的

复杂程度比 S-ALOHA 大。小站的价格因素会制约它的发展。

6. 预约多址方式

预约多址是指用户在发送数据报文前,先发送一申请信号,得到确认后才能发送报文。对传输信道而言,这是一种动态按需分配方式。它主要包括 R-ALOHA(预约-ALOHA)、非时隙自同步预约、TDMA-DAMA 和 AA-TDMA(自适应 TDMA)等方式。

R-ALOHA 方式可以实现长报文和短报文的通信,能很好地解决长、短报文的兼容问题,具有较高的信道利用率。但信道的稳定性问题仍未解决,其实现难度要大于 S-ALOHA。非时隙自同步预约的主要思想是对申请预约信息以非时隙模式(例如 ALOHA)方式提供初始入网,当收到规定数目的成功申请后,信道进入自同步预约报文传送模式。由于在协议中信道时间的分隔是动态划分的,因此与传统的 TDMA 系统相比具有更优良的延迟-吞吐量特性。

TDMA-DAMA 是时隙预约多址方式,它是可控的按需分配多址方案,预约信息的多址有固定分配的 TDMA 方式和 S-ALOHA 方式两种,让可能的碰撞发生在预约层上,信号在预约层上是以时隙模式传送的,一旦预约成功,系统将按用户的优先权和业务类型,将预约时隙分配给用户终端,使实际数据报文在预约的时隙上无碰撞传输,由于卫星链路传输时间长,预约申请过程的等待时间较长,对于可变长数据报文业务,DAMA-TDMA 是一种可行的卫星多址技术,并可以处理混合业务,例如交互型数据和文件传输共存的情况。

AA-TDMA,即自适应 TDMA,可以看成 TDMA 方式的改进型,其工作原理与 R-ALOHA 方式相似。所谓自适应协议,即在轻业务负载下按随机多址方式工作,当业务量增加时自动地变成预约协议。这种方式的适应性强,但实现起来比较复杂,系统的平均信道利用率在 P-ALOHA 和 TDMA 方案之间。

7. 多址协议的性能比较

上面描述了一些多址协议,若要评价它们在 VSAT 网中的性能,则必须结合 VSAT 网的业务性质和业务模型来分析。从业务性质方面来看,VSAT 网主要分为交互型事务处理、询问/应答型事务处理、叙述/记录事务处理和成批数据事务处理等类型。

(1) 交互型事务处理。这是小规模数据传输,这种业务的特点是所传的数据长度很短,具有突发性,响应时间短,只有 2~5s。譬如计算机间的数据交换、文档编辑等都属于这种业务。

(2) 询问/应答型事务处理。这种业务虽然也具有突发性,但数据长短可能有相当大的变化,而且询问与应答的数据规模往往也是不同的。一般询问信息很短,而应答信息较长,可能从几行到几页报告,或者是一个表格。根据应用场合的不同,所需响应时间也有很大差别,可能是几秒(如飞机订票)到几小时(如已归档的信息检索)。这类业务处理在商业管理信息系统、仓库管理和旅行预订客房、座位等场合均会用到。

(3) 叙述/记录事务处理。这是以文件字符格式进行的数据传输,例如电传、转报、文字处理等。这种处理格式很像普通信件,数据格式均含有源地址和目的地址、正文和传送结束等字段,所需时间可能从几秒到几分钟。

(4) 成批数据事务处理。它是以字符或二进制格式进行交换的大量数据用户间的通信,譬如传真、图像数据、计算机软件传递等等。而且图像数据和计算机数据性质上的差别还会影响到终端设备的收发方法。高速传真虽要求宽带设备,但可以不用精确的差错控制

协议进行传送,而计算机数据则必须有精确的差错控制协议。所以成批数据传输的特点是数据量较大、传输时间较长。

为了比较和评价 VSAT 网和多址协议的性能,现结合交互型事务处理作一些介绍和讨论。

对于交互型事务处理业务,VSAT 站产生的报文一般是短的,可变长度的,且平均速率低于多址信道速率(内向传输速率)。通常,VSAT 站的业务模型大致可用如下两个参数表示:一个是新报文产生的平均数据速率(字符/秒),另一个是报文长度分布参数。对于上述 VSAT 网的几种常见的事务处理业务,图 5-14 给出了它们的平均数据速率与平均报文长度的大致范围。其中交互型事务处理业务在坐标原点附近,平均数据率较低,报文长度较短。不难理解,图中的长度分布参数是以平均值表示的。对于具体的特定应用,需确定精确的报文长度分布,才能给出精确的估算。而在一般情况下,都是假设报文长度分布是按具有一定平均长度和最大长度的截尾指数分布的。若采用指数分布近似,则可以给出最不利的结果。

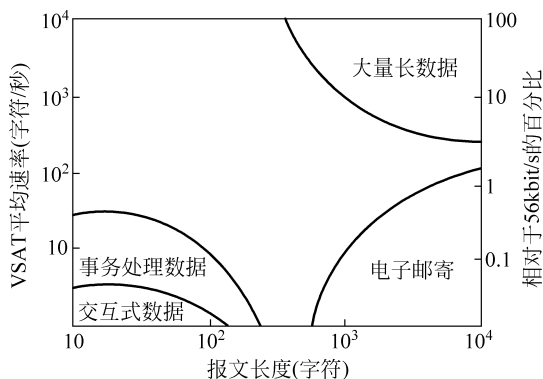


图 5-14 几种 VSAT 网通信的平均速率与报文长度的关系

进行网络设计时,要根据 VSAT 站网的多址协议的性能来确定究竟选用哪一种协议。为此,了解其评价比较的指标是十分必要的。

(1) 延迟、吞吐量 S 及共享信道的 VSAT 站数目 N 。从用户角度来看,VSAT 站入网多址协议的一个关键指标是延迟。它可用平均延迟和延迟分布来描述,延迟分布又可用峰值延迟来表示,即以延迟分布为 95% 时的数值来表示。从运行角度来看,用户关心的是共享信道的 VSAT 站数目 N 。由于它和吞吐量有直接关系,所以一般多用平均延迟与吞吐量来表征多址协议的性能。

(2) 稳定性。采用争用协议的 VSAT 网,无论是用于传输数据报文,还是传输预约申请信息,都存在一个潜在的不稳定问题。例如 ALOHA 方式,当业务量较小时,吞吐量是随业务量的增加而加大的。由于碰撞的概率逐渐加大,当业务量大到一定程度后,再增加业务量,吞吐量反而下降。若信道长时间处于拥塞状态,以致无法正常通信,这就是所谓信道的“不稳定”。所以应该将“容量”理解为在稳定运行的条件下采用一定的多址协议可能达到的最大吞吐量。

(3) 信道总业务量 G 。信道总业务量是在不同信道负载条件下所有业务量的归一化测度,其中包括碰撞和附加开销业务量。随机多址协议总业务量 G 与吞吐量 S 的差值,则表示因碰撞造成的重发业务量的大小。对于预约多址协议,这个差值则表示出因预约业务量

的开销大小。

对于可变长度报文的情况,还需进一步讨论不同多址协议条件下,平均延迟与报文长度变化的关系。

关于多址协议性能比较的方法,可以用解释的方法,也可以用计算机模拟(仿真)的方法。图 5-15 给出了几种多址协议的部分特性曲线,由图可以了解各多址协议的相关性能。

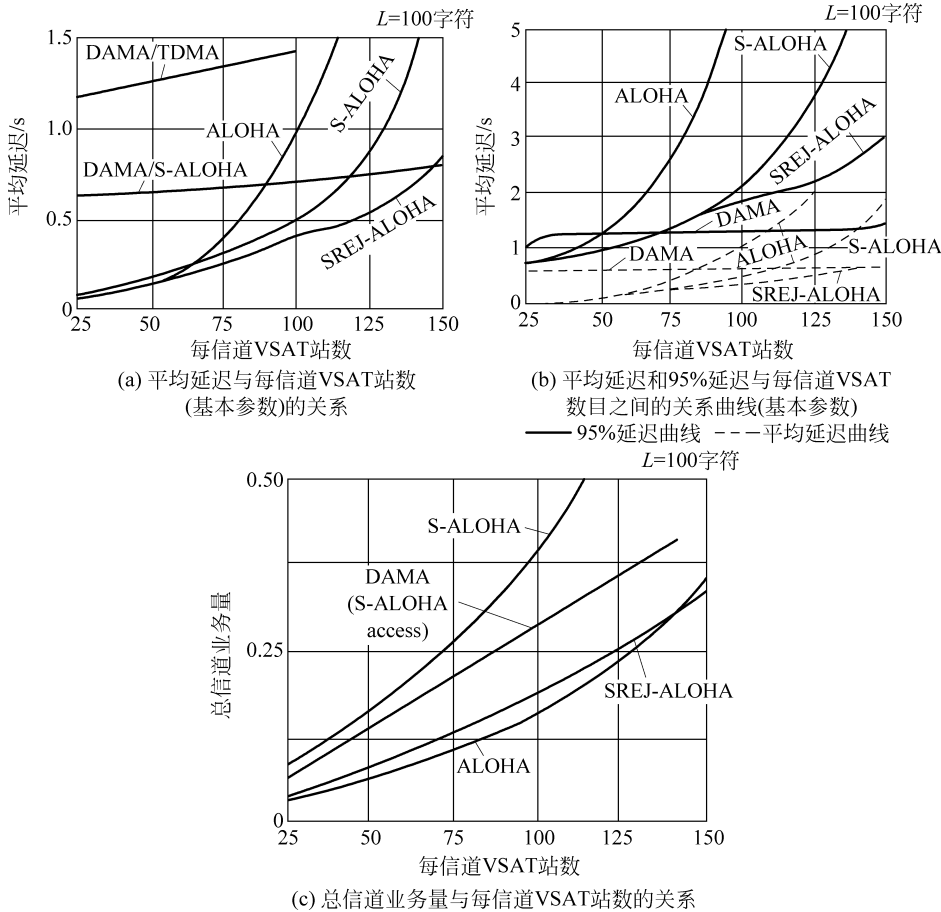


图 5-15 几种多址协议特性曲线

5.3.4 VSAT 电话通信网

1. VSAT 电话网的特点

就传送信息这一点来说,电话通信与数据通信并没有明显的区别,也就是说所有的通信,其目的都是互换信息,而且话音信号经过“数字化”处理,也可以用数码序列来表示,因此,也可以说它是数据的一种原始信息。但是,电话通信与数据通信仍有区别。主要有如下几点:

- (1) 通信对象不同。数据通信是人-机或机-机之间的通信。而在电话通信中,通信的双方都是人,即人-人之间的通信。因此是实时通信,对传输时延要求很严。
- (2) 通信内容不同。在数据通信中,传输的是“数据”,即一系列的字母、数字和符号等

等。而在电话通信中,所传输信息的内容是连续的话音,是一种“流型”业务。

(3) 对传输差错的要求不同。数据通信的对象是计算机,它是依靠进来的“0”“1”码动作。若因传输差错而使原来的“0”变“1”或“1”变“0”,将会引起计算机的错误动作。因此,在数据通信中,误码率的要求比较严格。但电话通信双方都是人,所以信息在传输过程中造成的差错,人是容易理解、判断并加以纠正的。例如,两人打电话,若有一两个字听不清楚,可以要求对方再讲一次或者根据说话的内容加以推测,所以对差错的要求比较低。

(4) 组网要求不同。由于话音通信对传输实时性要求很强,而卫星通信传播时延较长,因此,用户的要求通常是希望网内任意两个 VSAT 小站能够直接通话而不是经过主站转发(双跳会使响应时间超过 1s,用户不易习惯)。这个要求决定了话音 VSAT 网应该采用网形拓扑结构。

2. VSAT 话务量分析

设计电话网所遇到的重要问题之一是提供足够的线路和交换设备,使电话用户得到适当合理的服务质量。同时,还要避免使用过多的设施而造成费用过高,要做到这一点,工程技术人员就需要知道网络上载送的话务量(或业务量)的某些性质。要使这项工作合乎科学,就有必要有某些客观的度量方法和某些适当规定的度量单位。

1) 话务量(业务量)

话务量又叫话务量强度,是度量用户使用电话设备频繁程度的一个重要量,是一个统计平均值。它可分成流入话务量和完成话务量。流入话务量(或呼叫话务量)是指每小时呼叫次数和每次呼叫平均占线时间的乘积。假定每小时呼叫 C 次,其中接通 C_c 次,平均占线时间为 t_0 ,则流入话务量为:

$$A = Ct_0 \quad (5-1)$$

而完成话务量则为:

$$A_c = C_c t_0 \quad (5-2)$$

其单位为欧兰(Erlang),简记为 e 。

可以看出,用 e 作单位的话务量 A ,可理解为一个平均占用时长内,话源发生的平均呼叫数;还可理解为同时发生的呼叫次数,也即同时占用的信道数。

例如,某系统平均呼叫率为每小时 200 次,而系统平均通话的时间为 0.05h,则 $A = 200 \times 0.05e = 10e$ 。

2) 呼损率(阻塞率)

呼损率即呼叫不通的概率,它只考虑因系统不能提供服务而丢失的呼叫,不包括因被叫忙而不通的呼叫。在全部 C 次呼叫中,如果接通 C_c 次,显然,没有接通的次数为 $C - C_c$,则损失话务量为

$$A_L = C_L t_0 = (C - C_c) t_0 = A - A_c \quad (5-3)$$

它与所进行的呼叫话务量之比称为呼损率 B ,即

$$B = \frac{A_L}{A} = \frac{C_L}{C} \quad (5-4)$$

例如,呼损率为 10%,即表示呼叫丢失概率为 10%,也即在该系统中平均 10 次呼叫会有 1 次因系统阻塞而丢失。阻塞率也称为系统的服务等级,阻塞率越小意味着服务等级越高。

显然,在一个通信系统中,提高信道效率与降低阻塞率是有矛盾的。对于一定的用户和一定的话务量而言,信道数越多,则阻塞率就越低,服务等级就越高,但信道效率却越低。

3) 忙时

系统的实际话务量是随机变化的。所谓忙时,是指系统的业务最忙的一小时区间。实际上,各个电话用户在任何时间都可能使用他的电话,然而一天中有几个时间可能比其他时间用得更多一些;通过对大量用户的统计,就可能得到典型的一天平均呼叫的估计图形。电话用户的使用情况,在周末和周日与日常上班日的情况是不同的。在发生事故或天气突然变化等情况时,很可能发生标准图形所不能预测的局部变化。典型的 24h 的呼叫结构图如图 5-16 所示。高峰的幅度是相对的,垂直标度的单位取决于所考虑的用户抽样的规模。一个系统的用户并不都在忙时打电话,只有一部分业务量集中在忙时,忙时业务量和每天总业务量之比称为忙时集中系数。例如,每天 1000 次电话中若有 300 次是在忙时打的,则忙时集中系数为 0.3。一个系统的服务等级要看它在忙时的阻塞率如何,忙时的服务令人满意,则其他时间就不成问题了。因此忙时业务量是重要的参数,而用 24h 来平均的每小时业务量是没有什么意义的。所以,设备的设置是以标准忙时统计为基本依据。至于,有时由于没有预料到的对电话业务的临时需要,电话网偶然的超负荷,致使服务质量下降也在所难免,也是可以接受的。

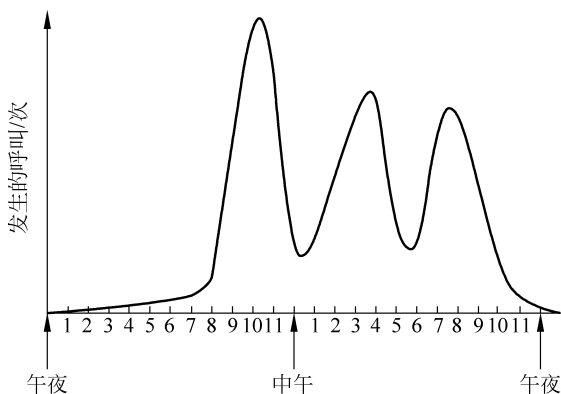


图 5-16 典型的 24h 的呼叫特性曲线

4) 欧兰 B 公式

这里讨论信道数 N 、话务量 A 和阻塞率 B 之间的关系。在卫星通信系统中,电话业务的呼叫过程基本上都满足下列条件:

- (1) 话源数足够大,远大于信道数,因此可以认为单位时间内呼叫次数的平均值是一个常数。
- (2) 每一条输出信道都可被任一个输入的话源所使用。
- (3) 阻塞概率较小,故可以认为流入话务量和完成话务量近似相等。
- (4) 各个站的呼叫是随机发生的,呼叫的占用时长服从指数分布,各站之间的呼叫是相互独立的。
- (5) 采用回绝制的交换方法,即发生呼叫时,若输出信道已被占满,就直接回绝呼叫用户的要求,造成一次呼叫损失(即阻塞)。

由话务理论可知,满足上述条件时,信道被占用概率服从欧兰分布。具有 N 个信道的通信系统,若某一个用户呼叫时,恰好 N 个信道已被占用,这时就造成阻塞,其阻塞率 B 分布服从

$$B(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (5-5)$$

式(5-5)即欧兰 B 公式,因 B 是 N 和 A 的函数,故记为 $B(N, A)$ 。可以看出:

(1) 如果给定 N 个信道,要求传达话务量为 A ,则阻塞率可由欧兰 B 公式算出。反之,给定信道数 N 和阻塞率 B ,能传送的话务量可由上式的反函数算出;当给定阻塞率 B 及话务量 A ,那么信道数 N 也就可以确定。

(2) 卫星通信系统的总体设计经常遇到的问题是:①给定各发射站、接收站和转发器所允许的阻塞率 B ,然后根据所传送的话务量来确定系统所提供的总信道数(即通信容量),进一步再确定所需的卫星功率、频带以及调制、解调方式;②若由于技术条件限制,只能提供一定数量的信道数 N ,则根据 N 及所要求的阻塞率 B 来限制各站之间的话务量 A 。

(3) 根据欧兰 B 公式列出的函数表,称为欧兰表。图 5-17 是根据欧兰表作出的 A 、 N 、 B 函数关系曲线族的一小部分。从中可看出:当阻塞率 B 一定时,话务量愈大,所需信道数 N 就愈多,信道效率 η 也就愈高。即若 $A_1 < A_2 < \dots < A_i < \dots$,则 $N_1 < N_2 < \dots < N_i < \dots$ 及 $\eta_1 < \eta_2 < \dots < \eta_i < \dots$ 。但当话务量超过某一数值后, $A \sim N$ 近似呈线性关系,此时,信道效率 $\eta = A/N$ 近似为一常数。当信道数 N 一定时,话务量 A 愈大,阻塞率 B 也就愈大。

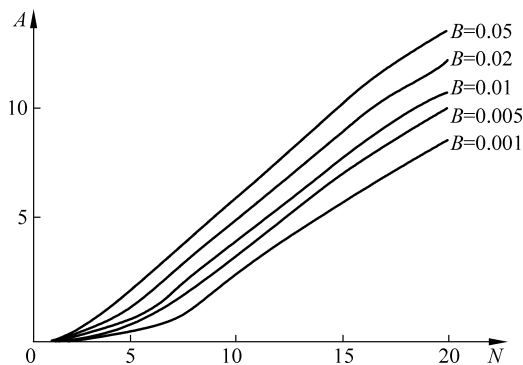


图 5-17 欧兰 B 公式曲线图

3. VSAT 电话网的网络结构

1) 话音 VSAT 网的组成

话音 VSAT 网通常由一个中心站、卫星和许多话音 VSAT 用户小站组成,如图 5-18 所示。

2) 网络结构

对于使用静止卫星的 VSAT 电话网而言,用户通常要求任意两个 VSAT 小站能够直接通话而不是经过中心站转发。这一要求决定了 VSAT 电话网应该是网形网。即话音 VSAT 网的业务子网是网形网,而控制子网是星形网。网控中心所在的站被称为中心站。网控中心负责处理话路 VSAT 网的交换功能,完成网络的监视、控制、管理、卫星信道频率

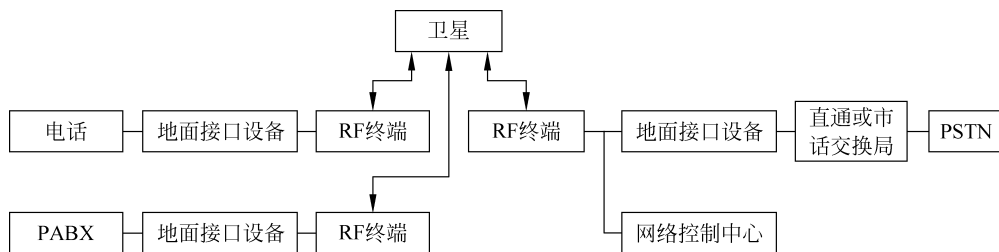


图 5-18 语音 VSAT 网的组成

分配和系统诊断等功能。

3) 卫星信道

语音 VSAT 网中,通常有两类卫星信道。

(1) 业务信道: 语音 VSAT 网通常采用电路交换(即线路交换)方式,这是由电话业务的实时性决定的。语音 VSAT 网的业务子网中,业务信道(话音信道)较多采用简单易行的单路单载波按需分配的 SCPC/QPSK/DAMA 方式,有时也可采用时分多址按需分配的 TDMA/DAMA 方式。还有可变带宽的 TDMA 方式,以及多路单载波 MCPC 方式,至于模拟 CFM 方式也有应用,但已逐渐被数字系统所代替。除了按需分配信道资源方式之外,在少数大业务量站间也可分配一定数量的固定预分配(PAMA)信道或分时预分配信道。

(2) 控制信道: 语音 VSAT 网的控制子网相当于一个数据网。在控制子网中有两种公用控制信道,中心站到远端小站采用 TDM 广播信道,小站到中心站采用 ALOHA、S-ALOHA 或其他改进型。这种方式技术简单,造价低廉,因此在实用系统中应用较多。

5.3.5 VSAT 网的总体方案设计

对于 VSAT 卫星通信网系统的设计,要根据用户的需要,有效地利用卫星资源,以较低的投资达到所要求的通信质量和网络性能,即价格性能比好。

VSAT 系统的设计主要包括: 通信体制的确定、工作频段的选择、主站及 VSAT 规模的确定、典型线路的计算、造价评估等。建设 VSAT 网,首先要进行总体方案设计,要从使用、技术、工程及经济方面,优化系统网络构成。总体方案设计包括使用总体、技术总体、工程建设总体 3 个方面。

(1) 使用总体。主要研究论证使用要求,进行概念设计,提出比较合理的技术总体要求。

(2) 技术总体。包括空间段卫星的选择、地球站的体制论证、卫星线路计算、各种参数优化和网络设计等。

(3) 工程建设总体。主要制定建设规范,实施计划、方法、步骤,开通程序及经费预算。

1. 用户需求分析

“用户需求书”是 VSAT 网总体方案设计的依据。用户不一定了解通信技术,需求书只是从使用角度提出需求的内容、数量和质量等最基本的要求。总体方案设计首先应在用户的配合下,对“用户需求书”进行研究分析,制定合理的使用总体方案,并且确定技术总体的要求。

1) 需求内容

VSAT 网可传输数据、电话、传真、图像,并能召开电话会议、电视会议、开办远程电教等多种业务。要开通某种业务,就必须给地球站配置相应的硬件和软件设备。也就是说,业务种类越多,地球站就越复杂,体积就大,成本也就高。所以,要综合多方面因素,比较权衡,区别情况;哪些是主要的业务,哪些是次要的业务;哪些业务必须在 VSAT 网中解决,哪些业务可在公用网中去解决;这些都要周密调查研究,合理安排。还有,用户需要建立什么样结构的网络,就要搞清网中各业务点之间的距离和业务往来关系,从而决定网络的拓扑结构。

VSAT 网最基本的网络结构是星状数据网和网状电话网。20 世纪 90 年代又有了数话兼容、星形网与网形网合一的 VSAT 系统。先进的网络管理可以通过改变网络管理软件来改变网络结构。所以,VSAT 组网非常灵活,可以满足各种用户的需求。

2) 需求数量

(1) 建设规模。建设规模即建站数量多少,取决于分散各地业务部门的数量及其地理分布状况。考虑地理分布状况是因为有些业务部门相距很近,之间又有通信线路连接,这种情况可共建一个 VSAT 站;有些部门地处通信发达地区,公用网的线路可以利用,可采用公用网线路与 VSAT 联网方式,不必建 VSAT 小站。总之,要把一切可利用的因素考虑进去,既要满足使用要求,又要尽量减小建设规模、提高经济效益。

(2) 业务量。所谓业务量,这里指的是话务量和数据量的大小及分布。第一是话务量分析,话务量分析主要在于研究话务量与阻塞率、信道数及其分配的动态匹配关系。第二是数据量分析,在数据传输中,数据量常用传输速率表示,有码元传输速率 R 、位传输速率 R_b 和消息传输速率 R_m 三种表示方法。

在 VSAT 网中,信道传输的数据量一般以消息传输速率表示。例如,我们从“用户需求书”中的统计数据得知,某金融 VSAT 网的各站之间每日传结账务数据合计 840 万笔。根据报文长短、编码格式等情况,采用每笔账 200 字节,每字节 8 位,按每天工作 6h 计,则 $R_m = 840 \times 10^4 \times 200 \times 8 / (3600 \times 6) = 622 \text{ Kb/s}$ 。

3) 需求质量

通信质量包括传输信号的质量和可靠性。

(1) 传输信号的质量。第一,数字电路的通信质量与采用的语音编码数码率、调制制度以及传输误码率有关。一般语音编码的数码率越高,语音质量越好。调制制度不同,信号噪声比也不同,影响通话质量。语音编码的数码率和调制制度是通信技术体制选择的问题。在通信技术体制确定之后,通信质量主要由传输误码率 P_e 决定,一般增量调制 (ΔM) 要求 $P_e \leq 10^{-3}$,PCM 要求 $P_e \leq 10^{-4}$ 。用户对话音质量的要求往往是希望尽可能好,这意味着语音编码的数码率的提高,设备复杂,占用信道带宽增加,信道费用也就增加。因此,设计者应协助用户分析实际需要,提出合理的要求。第二,卫星数据通信的质量好坏,主要取决于差错率,包括码元差错率、比特差错率和码组差错率。

(2) 可靠性。VSAT 系统的可靠性包括卫星、信号传输和地球站三个方面。卫星可靠性一般都很高,可以满足用户的要求。传统的卫星传输信道有“恒参信道”之称,信号传输稳定可靠。而 VSAT 终端在许多情况下不易选址,且天线口径较小,波瓣较宽,难以避免所处环境中遇到的电磁干扰。因此,地球站(含网络管理设备)的可靠性是建立 VSAT 网所重点

考虑的部分,地球站的各个分系统都采用某种备用方式,以提高它的可靠性。一般情况下,硬件的可靠性是表明它在设计条件下和规定的时间内,正常运行不出故障的概率。使用最为广泛的衡量可靠性的参数是平均故障时间(Mean Time Between Failure, MTBF, 平均发生故障的时间间隔)和平均维护时间(Mean Time To Restoration, MTTR, 包括确认失效发生所必需的时间,以及维护所需要的时间)。地球站的可用平均概率,不仅决定于它的平均故障时间,还决定于分系统出故障后在多长时间内部能够修理好或置换好。用 $MTBF_1$ 和 $MTTR_1$ 分别表示发送端的平均故障时间和平均维护时间, $MTBF_2$ 和 $MTTR_2$ 分别表示接收端的平均故障时间和平均维护时间,那么地球站的可用平均概率 P_A 为:

$$P_A = P_{A1} P_{A2} \quad (5-6)$$

$$\text{其中, } P_{A1} = \frac{MTBF_1}{MTBF_1 + MTTR_1}, P_{A2} = \frac{MTBF_2}{MTBF_2 + MTTR_2}$$

在设计大型地球站时,要求的可靠性很高,即可以正常使用的平均概率为 99.9%~99.98%。

2. 确定使用的卫星

空间通信卫星资源是建立卫星通信系统的前提条件。空间卫星一般有专门的卫星公司来经营。建网部门可购买卫星转发器或租用卫星转发器或信道,组成自己的卫星通信网络。如何选择使用的卫星,主要考虑这几点:卫星的轨道位置、卫星天线的覆盖区域、工作频段、卫星 EIRP 值、卫星工作寿命、价格以及服务。

1) 卫星轨道位置及天线的覆盖区域

为了确保我国国内各地球站都能有效的利用卫星进行通信,卫星的轨道位置必须在各地球站的有效可视弧段内,该弧段为:

(1) C 频段,地球站天线仰角 $\geq 5^\circ$ 时,有效可视弧段为 $65.22^\circ\text{E} \sim 147.25^\circ\text{E}$ 。

(2) Ku 频段,地球站天线仰角 $\geq 10^\circ$ 时,有效可视弧段为 $72.9^\circ\text{E} \sim 140.75^\circ\text{E}$ 。

另外,各地球站必须在卫星天线波束覆盖区内。一般要求覆盖区的边缘卫星 EIRP 值比中心小 3dBW。

2) 工作频段

目前,固定卫星业务普遍使用 C 频段(4/6GHz)和 Ku 频段(11/14GHz),并正向 Ka 频段(20/30GHz)发展。VSAT 系统以采用 Ku 频段比较合适。

3) 卫星 EIRP 值

卫星 EIRP 受到卫星的能源、功率器件、地面通量密度要求,以及要覆盖我国大面积国土等限制,不可能太大,但我们希望尽可能大些,这样不仅可以增加转发器的容量(转发器容量大体上是由转发器的 EIRP 和地球站的 G/T 值的组合来决定的),而且地球站可更简单,天线口径可小, LNA 要求也低,地球站的成本就会下降。

目前卫星 EIRP 值一般有:

(1) C 频段,国际通信卫星 20~30dBW; 我国国内通信卫星 30~40dBW。

(2) Ku 频段,国际通信卫星(点波束)44~47dBW; 我国国内通信卫星 40~50dBW。

以上覆盖我国国内通信卫星 Ku 频段比 C 频段 EIRP 值高,这并非频率高低所致,而是转发器的功率有适当提高。

4) 卫星的费用与服务

技术的发展进步,使得购买卫星转发器或租用卫星转发器及电路的费用逐年下降。由于空间各卫星的技术状况不一样,经营者的管理、服务的差异、卫星的费用也不同。用户自然要选择那些技术状况适合自己使用,价格便宜、服务周到、可靠性好的卫星,而且对卫星的寿命及接续等空间保障体系应予以重视。

5) 我国可利用的通信卫星

目前我国正在使用或可能使用的卫星有“东星”“亚洲卫星”“亚太卫星”“鑫诺卫星”“中卫星”以及太平洋、印度洋上空的“国际通信卫星”等。此外还有其他一些卫星组织和卫星集团的通信卫星。

3. 通信体制的选择

卫星通信的技术体制主要指基带信号处理方式、调制解调方式、多址连接方式、信道分配与交换方式。VSAT 系统一般为全数字通信系统。

在基带信号处理过程中,数据通信由于计算机提供的信号是二进制编码信号,只需进行接口处理。而电话通信提供的是模拟信号,要进行模数变换处理(信源编码与译码)。ITU 提出的,符合进入长途电话网络的标准有 64Kb/s PCM(脉码调制)、32Kb/s ADPCM(自适应差分脉码调制)、16Kb/s LD-CELP(低延迟码激励线性预测编码)。另外用得较多的还有 32Kb/s CVSD(连续可变斜率增量调制)。它的电路相当简单(已集成化),在误比特率为 10^{-3} 时仍能保持良好性能,甚至在 10^{-2} 时仍能被接受。还有一些曾公布的编码标准,如欧共体(GSM)13 个国家公布的泛欧数字移动通信系统语音编码标准 13Kb/s RPE/LT(长时预测规则码激励线性预测编译码器),美国蜂窝通信工业协会(CTIA)宣布的北美 8Kb/s CELP 数字摆动通信语音编码标准,美国国家安全局(NSA)公布的 4.8Kb/s CELP 新的声码器标准,以及美军原用的 2.4Kb/s LPC 声码器等。

上述语音编码方式,应根据处理迟延、误码容限、级连编码容限(音频转接次数)、非话信号通过能力和语音再生质量等合理选择。

调制方式对数字通信,特别是 VSAT 系统,一般是卫星功率受限,通常都采用功率利用率高的 BPSK 或 QPSK。多址连接及信道分配、交换方式,常用的多址方式有 FDMA、TDMA、CDMA、SDMA;信道分配方式有固定预分配(PAMA)、按需分配(DAMA)。它们各自适应于不同的使用场合。对于小容量稀路由的 VSAT 电话网,一般采用 FDMA 派生的单路单载波(SCPC)、按需分配(DAMA)为宜。对于数据网,鉴于它占用信道的随机突发性,峰值传送率与平均传送率之比很大,业务种类繁多,各站的速率可能不同,实时、非实时以及要求无差错传输等特点,传统的以通道为基础的多址体制不能达到好的效率,而采用以分组为基础的卫星分组交换方式为宜。例如,各种 ALOHA 方式。具体选择时应考虑信道通过效率要高,延时短,建立和恢复时间短,使用方便、灵活,实现简单,价格合理等因素。

4. 链路预算

卫星链路预算的目的,在于通过计算和比较来权衡安排系统中的各种参数,使之满足使用及传输质量要求,并能充分利用卫星转发器的频带、功率资源,提高使用效率。

由于目前 VSAT 的技术已发展成熟,在通信体制的确定、工作频段的选择和主站及 VSAT 规模等方面的设计已基本定型,下面仅对网络规模与业务、中继线数量与无线信道数等方面的计算作简单介绍。

1) 网络规模与业务分析

VSAT 通信网由一个主控站和若干个远端站组成。远端站包括固定远端站和移动远端站两种类型,其中,固定站能以中继方式与本地公用电话交换网相连接,成为地面公用电话交换网的一个节点(简称汇接站),也可作为终端用户,通过汇接站与公用电话交换网相连。移动远端站(又称为远端用户站)用户只能作为终端用户,通过汇接站与公用电话交换网相连接。网络结构为混合网,采用单路单载波/频分多址(SCPC/FDMA)连接,按需分配多址(DAMA)信道分配方式。主控站与一个汇接站合设一处,共用一套射频系统,保证对全网的控制管理及监控,如图 5-19 所示。

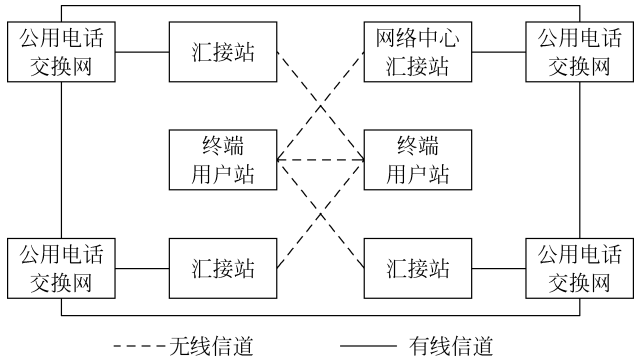


图 5-19 系统网络结构

VSTA 卫星通信网络可根据用户需要进行配置以话音业务某专网工程为例,全网共有 4 个汇接站以中继线方式与公用电话交换网相连,150 个终端用户站通过 4 个汇接站出入公用电话交换网。每个终端用户站容量为 2 路,每路话务量 $A_{\text{终}}$ 为 $0.3e$,其中,网内终端用户之间呼叫占 10%,网内用户与公用电话交换网之间相互呼叫占 90%,汇接站之间不提供无线信道的话务流向。因此,整个系统的总话务量: $A = A_{\text{终}} \times 2 \times 150 = 90e$ 。

2) 中继线数量及无线信道数

(1) 中继线数量: 汇接站与公用电话交换网相连接的中继线数量决定于全网内的话务量,根据前面所设定的话务数据可知出入地面中继线话务量: $A_{\text{地}} = A \times 90\% = 81e$ 。

地面中继线呼损率按 0.005 考虑,通过查欧兰表可得到中继线数量为 101 条,即 4 个 2Mb/s 口,每个汇接站与公用电话交换网各接一个 2Mb/s 口,合计 120 条中继线。

(2) 无线信道数: 无线信道数量包括控制信道及业务信道。业务信道数决定于全网的话务量及信道的分配方式(DAMA 系统视为全可变按需分配方式)。根据前面计算的全网话务量 $90e$ 。按卫星链路阻塞率为 1%,查欧兰表得到系统的业务信道数为 107; DAMA 的控制信道包括 1 条外向控制信道和至少 2 条内向控制信道,根据设备的特点,本网设置 1 条外向控制信道和 3 条内向控制信道。

3) 调制方式、传输速率及纠错方式

卫星转发器的资源包括带宽和功率两部分,在确定调制方式、传输速率及纠错方式时,应充分考虑各种方式下所占用的转发器带宽和卫星功率,以便提高卫星的利用率,节省投资,获得较好的价格性能比。

5. 网络设计

1) 电话网

(1) 网络结构。VSAT 系统的网络结构有星状数据网、网状电话网以及星状数据网和网状电话网合一的 VSAT 系统,例如美国凌康(LINKCOM)公司生产的 VSAT/LCS-3000,网络拓扑结构如图 5-20 所示。

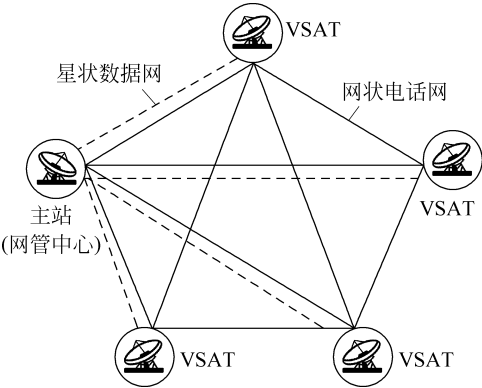


图 5-20 VSAT/LCS-3000 网络结构示意图

(2) 技术体制(全数字制)。语音编码方式一般选用 CCITT 推荐的 32Kb/s ADPCM 或 16Kb/s LD-CELP,在通话的话音质量要求不高的情况下,也可选用 13Kb/s RPE/LT 或 8Kb/sCELP; 调制方式为 BPSK 或 QPSK,1/2 或 3/4 或 7/8FEC; 多址及信道分配方式为 SCPC/DAMA 或 PAMA。

(3) 信道终端配置假设某 VSAT 的话务量为 0.5e,每次通话平均占用信道的时间为 0.05h/次,要求全网呼损率 0.03,各站呼损率 0.01。由欧兰表可查得信道数为 3~4 路,即该站需配置 3~4 路信道终端单元。

又假设全网每个 VSAT 站均配置 2~4 个话路,每个话路端口平均每天(8h 计)呼叫 10 次,每次平均占用时间 3min,话务量为 0.0625e。由欧兰表及简单运算,全网可设置电话端口数或 VSAT 站数列于表 5-3。

表 5-3 全网可设置电话端口或 VSAT 站数计算结果

电话端口数 信道数	呼损率	0.01	0.03	0.05
20		192(96~48)	224(112~56)	24(122~61)
60		751(375~187)	824(412~206)	872(436~218)
100		1344(672~336)	1452(725~362)	1523(761~380)

(4) 用户入网接口方式。要根据各 VSAT 地球站用户的使用情况选用: ①与用户电话机直接接口适用于 SCPC 信道单元数较少,用户电话机数目等于或少于 SCPC 信道单元数的 VSAT 站,例如,地质野外勘探队、救灾、边防、海岛等特殊任务的 VSAT 小站。②与自动电话小交换机接口适用于电话机数目多于 VSAT 站的 SCPC 信道单元数目,并配备有自动电话小交换机的场合。自动电话小交换机通常采用出、入中继电路合并使用方式,它与

SCPC 信道单元接口电路之间的中继线为二线。这是半自动接续方式, A 站的用户可以通过拨号(中继引示号码+B 站的站号码), 自动接续卫星电路, 并与 B 站相连接的交换机话务员通信联络。然后, 通过话务员呼叫本站用户进行通话。③与市话局接口, 如果 VSAT 站位于城市内或近郊, 需要使若干业务量很小的单位共同使用一个 VSAT 站, 就可以把 VSAT 站的 SCPC 信道单元通过中继线路直接与市话局的交换设备相接。④与长话局接口是把 VSAT 站看作是长话网中一个特殊的转接局或终端局。例如, 西藏与北京建设的电缆、光缆, 其维护、管理复杂, 费用相当高, 而在两地建设卫星地球站, 可使西藏用户通过卫星链路进入全国地面长途网。

2) 数据网

数据网一般是指若干独立的计算机和数据终端, 通过网络彼此互相进行通信, 并共享硬件或软件资源。

(1) 网络结构: 选用星状网, 主站与各 VSAT 站构成直达通信, VSAT 站之间由主站自动转接构成通信, 其网络拓扑结构如图 5-20 所示, 其中虚线为星状数据网。

(2) 传输体制: 主站至 VSAT 站的外向载波(outbound), 采用时分多路(TDM)方式。VSAT 站至主站的内向载波(inbound), 采用 ALOHA 方式及其改进型。

ALOHA 有多种改进方式, 例如 VSAT/LCS-3000 系统采用的是改进非同步分组随机突发和自适应排队方式, 这种方式的数据吞吐量在不计再分组开销时与 S-ALOHA 相当, 即为 0.368。考虑再分组开销, 有效吞吐量在 0.2~0.3 之间。由于 ALOHA 能很好地适应可变长业务的需要, 又保留了非同步系统便于加密, 设备可靠简单、操作方便等优点, 所以实际工作性能通常优于 S-ALOHA。在大业务量的情况下, 这种方式会自动进入自适应排队传输, 吞吐量可达 0.6 以上。

(3) 信道配置: VSAT/LCS-3000 典型数据信道配置如图 5-21 所示。主站可发 1~30 个 64Kb/s(64~2048Kb/s 任选)TDM 外向载波; VSAT 站可共发 1~60 个 LCS-ALOHA 内向载波。1 个外向载波可对应 2 个内向载波工作。每个内向载波可连接 1~255 个 VSAT 站(由业务量大小而定), 全系统理论上可容纳 15300 个 VSAT 站工作。用户可根据建网的规模大小, 选择外向、内向载波的配置数目。

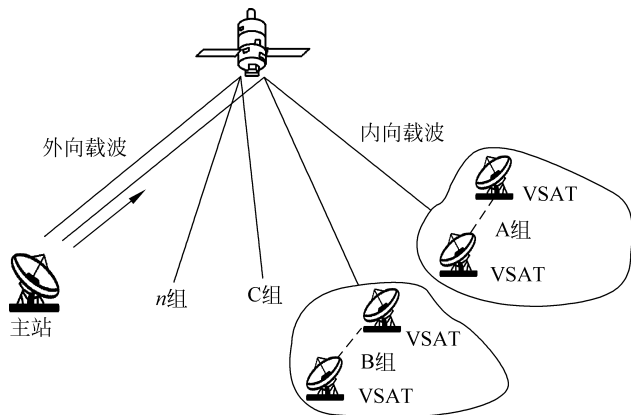


图 5-21 VSAT/LCS-3000 典型数据信道配置示意图

例如, VSAT 数据网总业务量 $D_{AD} = 622\text{Kb/s}$, 则外向载波业务量 $D_{AO} = D_{AD} = 622\text{Kb/s}$, 若 TDM 信道利用率为 $\eta = 75\%$ (一般是 $70\% \sim 80\%$), 信道速率 $R_b = 64\text{Kb/s}$ 。则 TDM 外向载波信道数: $N_o = D_{AO}/(\eta \cdot R_b) = 622/(0.75 \times 64) = 12.96$ (取整 $N_o = 13$);

核算外向载波的信道利用率: $\eta = D_{AO}/(N_o \cdot R_b) = 622/(13 \times 64) = 74.8\%$ 。

另外, 内向载波的业务量 $D_{AI} = D_{AD} = 622\text{Kb/s}$, 若 ALOHA 信道利用率取 $\eta = 25\%$, 信道速率 $R_{bi} = 64\text{Kb/s}$ 。则

ALOHA 内向载波信道数: $N_i = D_{AI}/(N_i \cdot R_{bi}) = 622/(0.25 \times 64) = 38.9$ (取整 $N_i = 39$)。

核算内向载波的信道利用率: $\eta_i = D_{AI}/(N_i \cdot R_{bi}) = 622/(39 \times 64) = 24.9\%$ 。

3) 建网方式

建设 VSAT 网一般有自建网管和共用网管两种基本方式。

(1) 自建网管方式: 自己建设主站及网络管理中心, 租用一定数量卫星信道, 并自建大量 VSAT 小站, 构成完全独立管理的专用网络。这种方式虽完全自主, 比较方便, 但投资大, 建设周期长, 管理复杂, 用户不仅要对本网的业务运行进行管理, 而且要花很大精力对本网的技术状态, 包括空间信道的安排、协调等进行管理。

(2) 共用网管方式: 租用主站及网络管理中心, 自己只要建设 VSAT 小站, 构成独立的通信业务网络。这种方式避免了自建网管方式的缺点, 是通常建设 VSAT 网的好方式, 如图 5-22 所示。

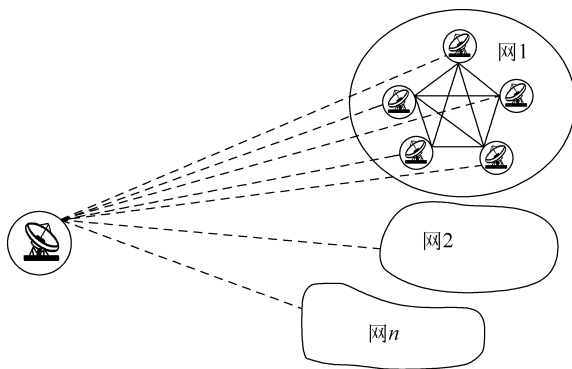


图 5-22 共用网管中心建网方式示意图

5.4 典型卫星通信网络系统

卫星通信主要包括卫星固定通信、卫星移动通信和卫星直接广播等领域。本节主要针对卫星固定通信和卫星直接广播这两个领域中的一些典型通信网络系统 (如 IDR/IBS 系统、卫星电视、卫星 IP 网络等) 进行介绍。

5.4.1 IDR/IBS 系统

IDR 和 IBS 都是国际卫星组织(Intelsat)提供的一类数字卫星通信系统, 只是服务的对象不同而已, 它们均属卫星固定通信范畴。

1. IDR 系统

中等数据速率(Intermediate Data Rate, IDR)的数据速率在 $64\text{Kb/s} \sim 44.736\text{Mb/s}$ 之间,可以认为是 FDM/FM/FDMA 的数字化或者是 SCPC 的扩展。由于当时提出 IDR 是为了填补 Intelsat 的预分配 SCPC 系统(最大速率 56Kb/s)和 TDMA 系统(120Mb/s)之间的空白,故取名“中等”一词。

所谓 IDR 业务,是指数据速率在 $64\text{Kb/s} \sim 44.763\text{Mb/s}$ 范围内的数字话音和数据业务。用得最多的是 2Mb/s 的数字载波,其次是 6.312Mb/s 和 8.448Mb/s ,并逐步由单址 IDR 发展为多址 IDR。

1) 工作方式

IDR 系统采用 DSI+ADPCM 信源编码、 $3/4$ 率 FEC 信道编码、TDM 多路复用方式、相干 QPSK 载波调制和 FDMA 方式,即 ADPCM/TDM/QPSK/FDMA 工作方式,其先进性体现在:

- (1) 采用 QPSK 限带调制技术,其频谱利用率比 BPSK 高一倍。
- (2) 采用 $3/4$ 前向纠错卷积编码和维特比软判决解码,纠错增益提高。
- (3) 采用符合国际卫星通信组织 IDR IESS-308 规范的成形滤波器,限带后占用卫星带宽为传输速率的 0.6 倍,消除了码间干扰。
- (4) 采用扰码技术,使数据时钟中断时载波仍能符合 IESS-308 的规范,即能提取时钟,因此 IDR 系统全网定时统一相对容易。

(5) 集成化、智能化程度高,测试调整简单,操作直观方便。

(6) 使用 DCME(数字电路倍增设备)技术,能够实现用户扩容,提高信道的利用率。

IDR 系统技术比较成熟,设备规范比较完善,比 TDMA 系统简单,成本低,在当前或今后一个时期内,中小容量用户需求比较突出,特别适合于我国在内的发展中国家组成 IDR 卫星通信系统。目前我国许多省会城市都建立了 IDR 卫星通信系统的地球站。

2) 系统组成

采用 DCME 技术的 IDR 扩容系统如图 5-23 所示。其中 DCME 由低速编码(LRE)和数字话音内插(DSI)技术组合而成,LRE 采用 ADPCM,可将每路的信息速率由 64Kb/s 压缩到 32Kb/s ,从而获得 2 倍的增益;DSI 增益可达 2.5 倍,话路越多,倍增效应越好。这两种技术的组合可使总电路倍增增益达 5 以上。因此,IDR 通过 DCME 信道复用,复用度可达 $1:5$ 和 $1:7$,甚至达到 $1:10$ 以上,所以这是一种新的、经济而有效的卫星通信方式。

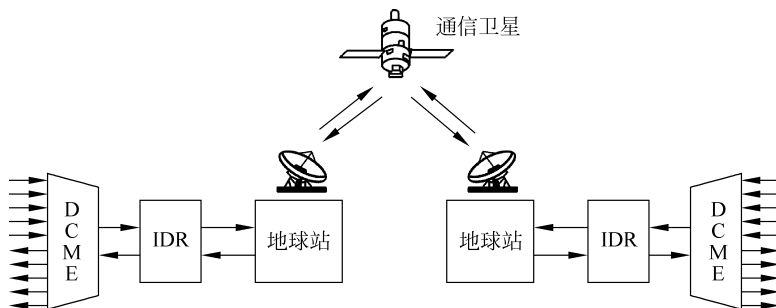


图 5-23 采用 IDR 技术的 DCME 扩容系统

DCME 技术广泛应用于国际、国内通信容量不是很大的地球站,如图 5-24 所示。采用这种技术可以灵活实现多种容量的卫星通信系统。如发端可将 $8 \times 2.048\text{Mb/s}$ 数字信号压缩成 $1 \times 2.048\text{Mb/s}$ 数字信号在卫星链路上传输,收端再扩展回原来的 $8 \times 2.048\text{Mb/s}$; 可实现将发端 $10 \times 1.544\text{Mb/s}$ 数字信号压缩成 $1 \times 2.048\text{Mb/s}$ 数字信号在卫星链路上传输,收端扩展为 $8 \times 2.048\text{Mb/s}$ 或 $10 \times 1.544\text{Mb/s}$ 数字信号; 可实现将发端 $8 \times 2.048\text{Kb/s}$ 数字信号压缩成 $1 \times 1.544\text{Mb/s}$ 数字信号经卫星链路传输后,收端扩展为 $8 \times 2.048\text{Mb/s}$ 或 $10 \times 1.544\text{Mb/s}$ 数字信号。除此之外还可以进行多种编组运行。

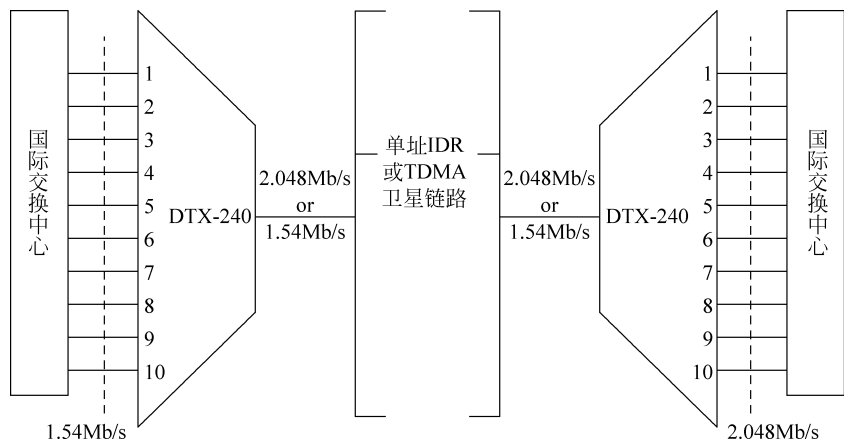


图 5-24 数字卫星链路上的 DCME 设备应用

2. IBS 系统

国际商用业务 (International Business Service, IBS) 是为专用网设计的中速率数字系统,能够提供多种业务,通信方式灵活多样,设备安装方便,是目前应用较广泛的系统。

IBS 系统数据速率范围为 $64\text{Kb/s} \sim 8.448\text{Mb/s}$,各档数据速率比 IDR 分得更细一些,信道编码采用 $1/2$ 率 FEC,也可以采用 $3/4$ 率 FEC,其余特征与 IDR 的基本一致,它们都属于同一种通信体制的系统。

下面将简单介绍该系统的地球站标准、传输参数和服务质量方面的相关数据和要求。

1) 地球站标准

IBS 系统的普通地球站有 C 频段的 A、B 型和 Ku 频段的 C 型,作为普通地球站的补充,还引入了 F 标准站(C 频段)和 E 标准站(Ku 频段)。表 5-4 列出了这些标准站的天线尺寸和 G/T 值。IBS 系统允许利用非标准地球站使用 IBS 空间转发器容量,但必须先得到主管部门的批准。

表 5-4 IBS 地球站技术特性

地球站标准		天线尺寸/m	G/T 值(dB/K)
Ku 频段	E1	3.5	25.0
	E2	5.5	29.0
	E3	8.0	34.0
	C	13.0	37.0

续表

地球站标准		天线尺寸/m	G/T 值(dB/K)
C 频段	F1	4.5	22.7
	F2	8.0	27.0
	F3	10.0	29.0
	B	12.0	31.7
	A	18.0	35.0

作为国家级的信关站,应采用大型地球站(如 C 频段的 16~18m 站; Ku 频段的 11~13m 站),并应有一个网控中心。作为城市信关站或地区卫星通信港(Teleport),一般采用中型地球站(如 C 频段的 9~11m 站, Ku 频段的 5.5~9m 站)。小型站(如 C 频段的 5~7m 站, Ku 频段的 3.5~5.5m 站)可用作专用网或小用户群的信关站。

2) 传输参数

从 IBS 系统的网络协议和体系结构来划分,有封闭型和开放型两类网络。前者的用户在一组特定的参数方面保持一致,以便于网内用户选择所需的数字系统,满足其特殊要求。后者是为支持一组普遍认向的技术参数而设计的,以便于与其他网络接口,并为此对公共终端性能做出了一系列规定。

封闭网支持的信息速率为 64Kb/s, ..., 1544Kb/s, 2048Kb/s, ..., 8448Kb/s, 开放网支持的信息速率为 64Kb/s, ..., 1544Kb/s, 2048Kb/s。两种网络都采用 QPSK 调制, 1/2FEC 编码(但封闭网的报头为 10%, 开放网为 6.7%)。表 5-5 列出了一些数据速率下的 IBS 传输参数,表中所列的“分配带宽”包括保护间隔,实际信号占用的带宽要小(表中未列出),如信息速率为 64Kb/s 和 2048Kb/s(传输速率分别为 141Kb/s 和 4500Kb/s)的信号,实际占用带宽 85kHz 和 2700kHz,基带成形滤波器滚降系数为 0.2,“分配带宽”分别为 112.5kHz 和 3173kHz。

表 5-5 IBS 传输参数($E_b/N_0=4.6\text{dB}$ 时)

信息速率 /(Kb/s)	封闭网(报头 10%)				开放网(报头 6.7%)				C/N/dB
	传输速率 /(Kb/s)	分配带宽 /kHz	C/T/ (dBW/K)	C/N ₀ / (dB·Hz)	传输速率 /(Kb/s)	分配带宽 /kHz	C/T/ (dBW/K)	C/N ₀ / (dB·Hz)	
64	141	112.5	-172.4	56.2	137	112.5	-172.5	56.1	6.8
384	846	607.5	-164.7	63.9	819	607.5	-164.8	63.8	6.8
1544	3400	2408	-158.7	69.9	3277	2318	-158.7	69.9	6.8
2048	4500	3173	-157.4	71.2	4369	3082	-157.5	71.2	6.8
8488	18600	13028	-151.3	77.3					6.8

3) IBS 业务类型和业务质量

IBS 业务在用户要求的比特率基础上,可以是全时租用业务、部分时间租用(在每天的特定时段租用)业务、短期全时租用(租期 1~3 个月)业务和临时租用(0.5h 起,之后以 15min 为增量计费)业务。对于全时租用业务,以 9MHz 的带宽增量来分配部分或全部转发器。

所提供业务的质量有两个等级：基本 IBS 业务和超级 IBS(Super IBS)业务。

(1) 基本 IBS 业务。C 频段可提供符合 ISDN 标准的服务质量,晴天条件下 $BER \leq 10^{-8}$ ；恶劣天气条件下,每年 99.96% 的时间保证 $BER \leq 10^{-3}$ 。Ku 频段,晴天条件下 $BER \leq 10^{-8}$ ；恶劣天气条件下,每年 99% 的时间可保证 $BER \leq 10^{-6}$ 。

(2) 超级 IBS 业务。C 频段与基本 IBS 业务相同。Ku 频段提供符合 ISDN 标准的服务质量,晴天条件下 $BER \leq 10^{-8}$ ；恶劣天气条件下,每年 99.96% 的时间保证 $BER \leq 10^{-3}$ 。表 5-6 列出了 IBS 开放网的服务质量和系统余量。

表 5-6 IBS 开放网的服务质量和系统余量

性能指标	C 频段(6/4GHz)	Ku 频段(14/11/12GHz)	
业务	基本	基本	超级
不可用性/(%每年)	0.04	1.0	0.04
晴天 BER	10^{-8} (C/N=6.8dB)	10^{-8} (C/N=8.2dB)	10^{-8} (C/N=10.8dB)
门限 BER	10^{-3} (C/N=3.8dB)	10^{-6} (C/N=5.7dB)	10^{-3} (C/N=3.8dB)
系统余量/dB	3.0	2.5	7.0

5.4.2 卫星电视

卫星电视从广义上讲属于卫星通信范畴,目前得到了迅猛发展,特别是卫星电视直播业务已成为卫星通信业发展的主流。为此,下面对卫星电视广播系统加以介绍。

1. 卫星电视广播系统的组成

卫星电视广播是指利用 GEO 卫星转发电视信号,直接实现个体接收和集体接收的电视广播。卫星电视广播系统包括 GEO 卫星、地面主发控站和测控站以及地面接收网三大部分,如图 5-25 所示。卫星接收并转发由地面主发控站发射的电视信号,供地面接收网站接收。主发控站一方面把电视节目中心的电视信号发送给卫星,另一方面还和测控站一起,担负着对卫星的轨道位置、姿态、各部分的工作状态等参数的测量、遥控、发出指令等任务。地面移动站是为适应临时性电视实况节目向卫星直接传送或进行各种数据测试而设置的。地面接收网分为两种类型：一种是供地方电视台、收转站以及专门接收数据等而使用的专业接收站；另一种是供个体或集体接收电视信号的简易接收站。主发控站、静止卫星、移动站之间是一种双向点对点的通信系统；静止卫星和简易接收站、专业接收站之间则是一种单向的点对面的广播系统。

2. 卫星电视基带信号

由电视原理知道,电视分为黑白电视和彩色电视。黑白电视的全电视信号包括图像信号、行消隐信号、行同步信号、场消隐信号、场同步信号以及前、后均衡脉冲。其中图像信号是单极性的,只能取正值和负值。而彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的,其彩色电视信号除包括图像信号、复合消隐信号和复合同步信号外,还包括色度信号。

目前彩色电视与黑白电视大部分采用兼容制,国际上已采用的彩色电视制式有 3 种。

(1) 正交平衡调幅(NTSC)制包括了正交调制和平衡调制两种,它是美国在 1953 年 12 月首先研制成功的,并以美国国家电视系统委员会(National Television System Committee)的缩写命名。其特点是解决了彩色电视和黑白电视广播相互兼容的问题,但也

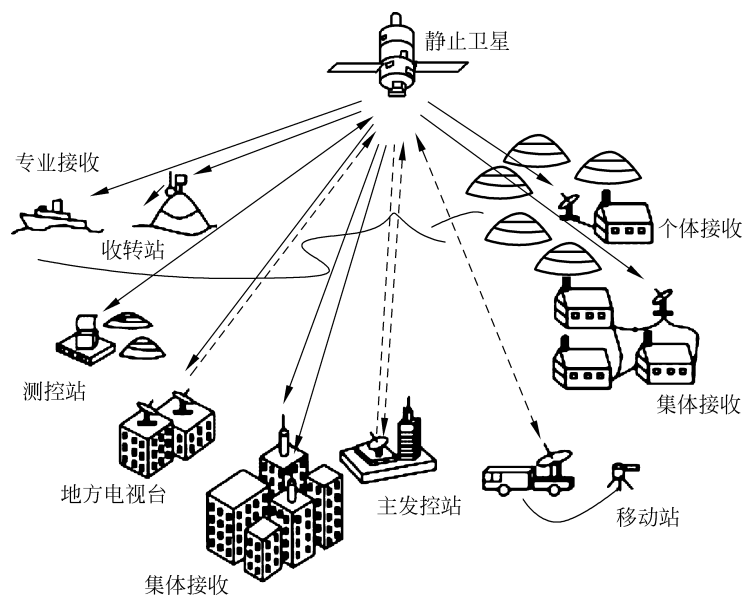


图 5-25 卫星电视广播系统示意图

存在相位容易失真、色彩不太稳定的缺点。美国、日本、加拿大等国采用这种制式。

(2) 逐行倒相(Phase Alteration Line, PAL)制,即对同时传送的两个色差信号中的一个色差信号采用逐行倒相,另一个色差信号进行正交调制的方式。它是由联邦德国在综合 NTSC 制的技术成就基础上于 1962 年研制出来的一种改进型,其优点是对相位失真不敏感,图像彩色误差较小,与黑白电视的兼容好;缺点是编码器和译码器复杂,信号处理比较麻烦,接收机造价高。中国、德国、英国、荷兰、瑞士、泰国、新加坡、澳大利亚等国家采用这种制式。

(3) 调频顺序转换(SECAM)制,法文意思为“按顺序传送彩色与存储”,即亮度信号每行都传送,而两个色差信号则是逐行依次传送的方式。它是由法国于 1966 年研制成功的,与 NTSC 制和 PAL 制的调幅制不同,其优点是不怕干扰,彩色效果好,缺点是兼容性较差。法国、苏联、埃及等国家采用这种制式。

我国从卫星上可收到的其他国家的卫星电视节目制式分别有 M/NTSC(美、日)、K/SECAM(苏联),为此,可以把这两种制式与我国使用的 D/K/PAL 制式作一对比,如表 5-7 所示。这 3 种制式可相互转换。

表 5-7 电视三种制式参数比较表

参 数	D/K/PAL 制	M/NTSC 制	K/SECAM 制
每幅画面行数/行	625	525	625
帧频/场频/Hz	25/50	30/60	25/50
标称视频宽带/MHz	6.5(5.5)	4.5(4.18)	6
伴音与图像载频之距/MHz	6.5	4.5	6.5
色副载频 f_s (或 f_{SR})与行频 f_h 关系	$f_s = \left(\frac{1136}{4} - \frac{1}{625}\right) f_h$ $f_s = \left(284 - \frac{1}{4}\right) f_h + 25\text{Hz}$	$f_s = \frac{455}{2} f_h$	$f_{SR} = 262 f_h$ $f_{SR} = 272 f_h$

续表

参 数	D/K/PAL 制	M/NTSC 制	K/SECAM 制
色副载波频率及允许偏差	4. 43361875MHz±5Hz	3. 5795545MHz±10Hz	$f_{SR}=4. 40625\text{MHz}\pm 2000\text{Hz}$ $f_{SR}=4. 2500\text{MHz}\pm 2000\text{Hz}$
色差信号	$U=0. 493(B'-Y')$ $U=0. 877(R'-Y')$	$I=0. 74(R'-Y')-0. 27(B'-Y')$ $Q=0. 48(R'-Y')+0. 41(B'-Y')$	$D_R=1. 9(R'-Y')$ $D_B=1. 5(B'-Y')$

3. 卫星电视广播信号的传播

1979 年国际无线电管理委员会将卫星广播的频率分为 6 个频段,有 L、C、Ku、K、Q、E。亚洲地区主要使用 C 频段(3. 7~4. 2GHz)和 Ku 频段(11. 7~12. 2GHz、12. 2~12. 7GHz)。

卫星电视广播的电磁波穿越大气层直接进入卫星接收天线,属于视线接收,因而避免了重影现象。卫星电视信号工作频率高,在 C、Ku、K 等频段内的工业干扰、汽车火花等干扰小,因此,图像信号信噪比高,图像质量好。

在卫星电视传输中,一般都把图像和伴音分开传输,有的是把图像经数字压缩为数字信号后再传送。这种处理均把伴音分开,进行伴音与图像时分传输,并把行同步脉冲和色同步信号所占的时间都缩短,向前搬移,仍在扩展了的后沿上安排伴音编码信号。使之在不同的时间上出现同步、伴音、图像信号,即时分复合信号,并对载波进行调制。比如,目前卫星电视系统中正在使用一种时分复用模拟分量方式(MAC),它是彩色电视信号的一种新的基带传输方法,可将行正程的亮度信号分量(Y)与轮行传输的一个色差信号(R-Y 或 B-Y),分别在时域进行压缩后,再顺序地在行正程期间以模拟分量时分复用方式在一个通道中传输。MAC 有 A-MAC、B-MAC、C-MAC、D-MAC 和 D₂-MAC 等类型。

依据现在数字视频广播(KVB)标准,卫星数字电视广播(KVBS)正进入一个更加广泛的实施和发展阶段。DVB 标准的核心内容是在信源编码、视音频压缩和复用部分采用了 MPEG 标准,而在信道编码和调制部分制订了一系列标准。活动图像专家组(Moving Picture Expert Group, MPEG)主要包括 MPEG-1 和 MPEG-2 两种标准,目前,普遍使用 MPEG-2 视频压缩标准及 MUSICAM 音频压缩方法。DVB-S 的信道编码主要使用卷积码、RS 码等方式,调制方式为 QPSK 调制,输出 70MHz,最后变频到卫星频道,其转播仍为电磁波。

4. 卫星电视广播方式

卫星电视广播按照传播性质可分为转播和直播两种基本方式。

所谓转播,是指用固定卫星业务(FSS)转发电视信号,再经地面接收站传送到有线电视前端,然后由有线电视台转换成模拟电视送到用户。

所谓直播,是指通过大功率卫星直接向用户发送电视信号,一般使用 Ku 频段。

直播卫星(DBS)是指通过大功率信号辐射地面某一区域,传送电视、多媒体数据等信息的点对面的广播,直接供广大用户接收,属于广播卫星业务(BSS),采用 Ku、Ka(有待开发)频段。

卫星直播是指使用 Ku 频段的固定卫星业务,提供卫星直接到户(Direct To Home, DTH)的一项服务。比如,鑫诺 1 号卫星 Ku 频段的“村村通”工程,就是 DTH 服务,而鑫诺

2号则是一颗 DBS 直播卫星。

与传统通信卫星相比,直播卫星主要有4个特点:第一,转发器的功率较大,而且地面场强分布均匀,电波利用率高,家庭可用0.5m以下口径的天线接收;第二,按照需求设计,以成形多波束覆盖全国,以提高频率利用率;第三,不受地面频率分配的限制(通信C频段受微波干扰),可开展多种类型的电视服务以及高速因特网下载等数字信息服务;第四,覆盖范围受国际公约保护,在覆盖区内不受其他卫星的溢出电波干扰。

1) 卫星转播电视

所谓卫星转播电视,是指由卫星转发电视信号,供一般用户收看的电视系统。转播是进行点对点的节目传播,其特点是转发器功率较小,一般在100W以下,接收需要较大的天线。一般用于有线电视台接收,目前我国各省级卫视频道均采用此方式传输。

由于电视信号包括图像信号和伴音信号,当利用通信卫星转发电视时,可以有两种方案,一种是采用图像与伴音分传的方案,另一种是采用伴音副载波的方案。当采用第一种方案时,电视信号被发送到地球站电视终端设备,先将其图像与伴音信号分开,图像信号经过基带处理后调制到一个载波上,而伴音信号则被插入到多路电话系统,经复用后调制到另一载波上。

2) 卫星直播电视

所谓卫星直播电视,是指由卫星直接发送电视信号,供一般用户直接收看的电视系统。其特点是转发器功率较大,一般在100~300W之间,可用较小的天线接收,适应于集体和个人接收,可提供卫星直接到户的用户授权和加密管理。

利用这种方式转播电视信号时,由全国电视中心控制和调度的几十套以上的电视节目,以至国际转播的电视节目都可经过电视直播卫星向全国各地播送。由于卫星转播系统具有地址通信的优点,因此包括那些不方便设置电视台的地方都可直接收看到电视广播的节目,而不必经过电视台转播。与此同时,还可将其中一部分频道用作电视教学和科学研究等。

卫星直播电视的优点是功率利用率高,它可以用较小的功率服务于广大地区,而不像地面广播电视那样,一部上千瓦的发射机服务半径也只有几十到一百千米;来自卫星的电波,受高大建筑物和山峰阻挡的影响小;由于电波通过大气层的行程与它所经过的整个路径相比较短,有助于改善接收质量;由于卫星直播电视的转播环节少,接收质量高。

当然,电视直播卫星的发射功率比一般通信要大得多,例如日本BS-2卫星的一个转发器的功率约为100W。若要覆盖我国全部版图的话,卫星的发射功率要达到千瓦以上,才能保证全国各地用户的正常接收。

根据有关国际会议决定,卫星直播电视系统的频段规定为620~790MHz、2.5~2.69GHz、11.7~12.2GHz、22.5~23GHz等。

卫星直播电视所用的调制方式,对于图像转播在目前仍主要是采用调频方式;对于伴音信号的传输,多采用伴音副载波方案,可以是单路伴音,也可以是多路伴音,且调制方式也各不相同。正是由于伴音路数和伴音信号对副载波调制方式的不同,伴音系统的组成会有很大差异。多路伴音是由多民族国家为了解决同时传送多种语言而提出的,显然对我国来说同样是非常重要的问题。

5. 卫星直播电视系统终端设备

在只有一个电视发射主站(一般是单向的)卫星直播电视系统中,一般实行面覆盖。此

站主要由一般地面站发送设备组成,它只向卫星发射卫星电视信号,其卫星基带信号是电视图像信号和数字伴音信号,调制和高功放与一般通信地面站基本相同。

卫星电视接收站一般只是单向接收,故称为单收站。其结构如同 VSAT 小站结构,采用前馈式抛物面天线的种类较多,分为户外单元和户内单元两部分。卫星电视接收站与 VSAT 端站的区别是基带信号为图像和伴音信号。

卫星电视的信号很弱,虽然直播电视卫星转发器的功率一般都在 100W 以上,但由于传播距离太远,致使到达地面的场强仅为 $10\sim 100\mu\text{V}/\text{m}$,而一般电视机的灵敏度为 $50\mu\text{V}/\text{m}$ (VHF)和 $300\mu\text{V}/\text{m}$ (UHF),因此,为了正常收看卫星直播电视,须采用强方向性的天线和高灵敏度的接收机。

6. Spaceway 系统

Spaceway(太空大道)系统是休斯网络系统公司于 1994 年 7 月 26 日向美国 FCC 申请备案的一种以区域服务为中心连接全球的卫星通信网络。它利用 GEO 轨道以较成熟的 HS601 卫星平台为基础,改进星上处理与交换能力,是第 2 代 VSAT 系统。

1) 系统结构及特点

Spaceway 系统有两种结构。第一种叫作 Spaceway EXP(SE),它是一个由 8 颗在地球同步轨道运行的卫星组成的系统,可以提供高数据率传送业务。由于 SE 将“按需提供”宽带,因此避免了专用频道的需求,从而降低了用户的业务费用。第二种叫作 Spaceway NGSO(S-NGSO),它是一个由 20 颗在非地球同步轨道运行的卫星组成的系统,S-NGSO 卫星群分布在离地面高度为 10352km 的 4 个圆形轨道平面上,每个平面上有 5 颗卫星,它可以处理交互式宽带多媒体通信业务。

Spaceway 系统使用 Ka 频段在 $20\sim 30\text{GHz}$ 频率间运作,用于太空至地球的传送的频段为 $18.8\sim 19.3\text{GHz}$,用于地球至太空的传送频段为 $28.6\sim 29.1\text{GHz}$ 。

Spaceway 系统的显著特点是使用多点波束来提供到达被称作超小孔径终端(Ultra Small Aperture Terminal,USAT)的交互式语音、数据以及视频服务业务。它可提供高达 6Mb/s 的上行速率,超小孔径终端的直径约为 66cm,用 60GHz 频率在卫星间链路传送卫星之间的信息流。在卫星上处理与切换的播出信号将依靠一个虚拟格式网络,这一网络连接 VSAT 与 USAT,而不需要地面中心。通过点波束技术和双重可重复使用 Ka 频段 $20\sim 30\text{GHz}$ 这段频谱达 20 次。用户使用 USAT 就能够与私营和公共网络相连,无论这些网络是内部网、广域网、局域网,还是 ATM 主干网或 PSTN。对于小用户终端,天线即使小到直径为 32cm,也可以提供高达 2Mb/s 的数据率;对于天线直径为 52cm 的大终端,将可提供高达 10Mb/s 的数据率;当终端天线达到 2m 时,将可提供高达 155Mb/s 的双向数据率。

2) 系统实现与应用范围

2005 年首颗 Ka 频段高清电视直播卫星 Spaceway F1 发射成功,一个小时后,地面成功接到了来自该卫星发送的信号。Spaceway F2 卫星于 2005 年被成功发射,随后在 2007 年和 2008 年分别发射了 DirecTV 10 和 DirecTV 11 两颗卫星。这 4 颗卫星为全美国电视家庭用户提供 1500 个以上的本地高清电视频道、150 个国家高清电视频道以及其他先进的节目服务。

Spaceway 可以完善现有的地面宽带方案,并通过本地接入宽带网络来按需提供带宽。其主要市场是中小型用户和处于不具有宽带连接地区的遥远分支机构,以及在家办公的工作人员。由于商业需求的变化,特别是随着因特网应用的增长,更多的信息量实际上都是多媒体的,因此一般还是铺设光纤链路比较合算。但对于那些偶尔需要使用宽带通路或紧急客户来说,Spaceway 的使用费用比地面接入网更低。Spaceway 系统可以用于发展中地区的乡村电话、因特网访问、电话会议、远程教育、电子医疗以及其他交互式数据、图像和视频业务。

5.4.3 卫星 IP 网络

1. 卫星 IP 网络概述

传输控制/网际协议(Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP)是国际互联网络(Internet)的基础。TCP 和 IP 是 Internet 的核心协议,且分别控制着数据在 Internet 上的传输和路由选择。从本质上说,IP 是指导网络上的数据包从发端送达到收端,而 TCP 则负责确保数据在设备之间进行端到端的可靠交付。

利用 TCP/IP 进行数据传输已经成为网络应用的主流。Internet 在全球的急剧膨胀导致传输带宽资源紧缺,这成为限制其发展的主要因素,业务应用一方面要求增大接入带宽,另一方面对移动 Internet 的需求越来越大。由于卫星通信的宽覆盖范围、良好的广播能力和不受各种地域条件限制等优点,使卫星通信在未来仍将发挥重要作用,卫星通信将是无线 Internet 的重要手段。因此利用卫星进行 TCP/IP 数据传输(卫星 IP 网络)已经引起人们的高度重视。

1) 卫星 IP 网络面临的主要问题

在卫星 IP 网络中,基于地面的网络通过互联单元(IWU)与卫星调制解调器相连。互联单元可以是协议网关,也可以是 ATM 卫星互联单元(ASIU)。这些互联单元(也很可能配置在卫星调制解调器中)完成广域网(WAN)协议(如 IP、ATM)和卫星链路层协议间的转换。

卫星 IP 网络面临的各种问题源于卫星信道和卫星网络的各种固有特性,主要表现在如下几点。

(1) 信道差错率:卫星信道的比特差错率(BER)大约为 10^{-6} 数量级,这远远高于高速有线媒质(如光纤)。另外空间信道的各种随机因素(如雨衰等)使得信道出现突发错误。噪声相对高的卫星链路大大地降低了 TCP 的性能,因为 TCP 是一个使用分组丢失来控制传输行为的丢失敏感协议,它无法区分拥塞丢失和链路恶化丢失。虽然网络可能并没有拥塞,但较大的 BER 过早地触发了窗口减小机制。此外,ACK 分组的丢失会使吞吐量进一步恶化。

(2) 传播延迟:影响卫星网络延迟的一个主要因素是轨道类型。多数情况下低轨系统单向传播延迟是 20~25ms,中轨系统是 110~130ms,静止轨道系统为 250~280ms。系统延迟还受星间路由选择、星上处理以及缓存等因素的影响。一般而言,延迟对 TCP 的影响体现在:它降低了 TCP 对分组丢失的响应,特别是对于仅向临界发送超过缺省启动窗口大小(仅超过一个 TCP 数据段)的连接,此时用户必须在慢启动状态下,在第一个 ACK 分组

收到前,等待一个完全的往返延迟;卫星延迟和不断增加的信道速度(10Mb/s 或更高)必须有效地缓存;增加的延迟偏差(Variance)反过来也会通过在估算中加入噪声而影响 TCP 定时器机制,这一偏差会过早产生超时或重传,出现不正常的窗口大小,使总的带宽效率降低。

(3) 信道不对称:许多卫星系统在前向和反向数据信道间有较大的带宽不对称性,采用速度较慢的反向信道可使接收机设计更经济且节省了宝贵的卫星带宽。考虑到大量 TCP 传输的较大单方向性特性(如从 Web 服务器到远端主机),慢速反向信道在一定程度上是可以接受的。但非对称配置对 TCP 仍有显著的影响。例如,由于 ACK 分组会丢失或在较大数据分组后排队,较慢的反向信道会引起像 ACK 丢失和压缩(Compression)的有害影响,从而大大减小吞吐量。有资料显示,吞吐量随信道不对称性的增加呈指数减小。此外,前向和反向信道速率的较大不对称会由于线速率突发错误较大而明显加重前向缓存拥塞。

2) 卫星 TCP/IP 传输的改进策略

TCP 是 TCP/IP 中的用于可靠数据传输的数据传输协议,TCP 要求反馈以确认数据接收成功,但是在协议形成之初没有考虑到传输速率非常高的链路或传播延迟较长的链路的情况,对于“高带宽延迟”链路,必须对协议进行适当的修改,以防止协议性能的恶化。卫星信道的一些固有特性(如较大延迟、较高比特差错率和带宽不对称等)对通过卫星链路进行 TCP/IP 传输有一定的负面影响,主要体现在过长的 TCP 超时和重传引起较大的带宽浪费,此外还要考虑卫星环境下的一些 TCP 特性,如窗口较小,往返定时器不精确,以及启动窗口等问题。研究人员对提高卫星网中的 TCP 性能提出了各种解决方案,主要有 4 类:链路层的增强协议、端到端的 TCP 增强协议、基于卫星网关站的解决方案和采用更有效的通信模式。其中,链路层的研究方向是寻找更强有力的前向纠错(FEC)方案和自动请求重传(ARQ)协议,研究不同的链路层协议对上层协议的影响,以降低高误码字对通信的影响;端到端的 TCP 增强协议研究主要包括对一些基本参数的调整及协议的扩展,改进定时机制,采用更先进的分组丢失恢复算法等,以及如何选择合适的协议以提供更高的吞吐率、更好的公平性是端到端 TCP 增强协议研究的内容;基于卫星网关站的方案提供了一个提高卫星环境下 TCP 性能的新途径,根据卫星特点对 TCP 协议本身进行改进;更有效的通信模式是根据卫星网络的路由特点,从提高卫星信道利用率出发提出的网络层新建议。

3) IP over 卫星和 IP over 卫星 ATM

IP over 卫星和 IP over 卫星 ATM 是两种类型的卫星 IP 网络,它们应用的通信卫星技术有所不同,且各具特点。

(1) IP over 卫星:现阶段使用的是 C 或 Ku 频段的 GEO 卫星,可用于地面网中继的大型卫星关口站或 VSAT 卫星通信网。这种方式主要是采用协议网关来实现。协议网关既可以是单独的设备,也可以将功能集成到卫星调制解调器中。它截取来自客户机的 TCP 连接,将数据转换成适合卫星传输的卫星协议(即根据卫星特点对 TCP 的改进),然后在卫星链路的另一端将数据还原成 TCP,以达成与服务器的通信。整个过程中,协议网关将端到端的 TCP 连接分成了三个独立的部分:客户机与网关间的远程 TCP 连接;两个网关间的卫星协议连接;服务器方网关与服务器间的 TCP 连接。

这一结构采取分解端到端连接的方式,既保持了对最终用户的全部透明,又改进了性

能。客户机和服务器不需做任何改动, TCP 避免拥塞装置可继续保留地面连接部分, 以保持地面网段的稳定性。同时通过在两个网关间采用大窗口和改进的数据确认算法, 减弱了窗口大小对吞吐量的限制, 避免了将分组丢失引起的传输超时误认为是拥塞所致。

(2) IP over 卫星 ATM: 为满足多媒体通信业务的需求, 采用 Ka 频段、星上处理和 ATM 技术是宽带 IP 卫星网络的主要特点。IP over 卫星 ATM 就是这类网络, 能够使宽带卫星无缝传输 Internet 业务。其中, 卫星能支持几千个地面终端, 地面终端则通过星上交换机建立虚拟通道(Virtual Channel, VC)与另一地面终端之间传输 ATM 信元。由于星上交换机的能力有限, 以及每个地面终端的 VC 数量有限, 当路由选择 IP 业务进出 ATM 网时, 这些地面终端则成为 IP 与 ATM 间的边缘设备(路由器), 必须将多个 IP 流聚集到单个 VC 中, 并能提供在 IP 和 ATM 网间拥塞控制的方法。而星上 ATM 交换机必须在信元和 VC 级完成业务管理。此外, 为了有效利用网络带宽, TCP 主机可以实现各种 TCP 流量和拥塞控制机制等。

2. 现有宽带 IP 卫星通信系统

所谓宽带, 目前还没有一个公认的定义, 一般理解为能够满足人们感观所能感受到的各种媒体在网络上传输所需要的带宽。所谓宽带 IP 卫星通信, 是指一种在卫星信道上传输 Internet 业务的通信, 也就是将各种卫星业务都承载在 TCP/IP 协议栈之上。

由于宽带 IP 卫星系统是在卫星通信系统的基础上使用了 IP 技术, 可见它既兼备卫星通信的特点, 又具备 TCP/IP 的工作特点。主要表现为 3 个方面:

- (1) 使用了三颗 GEO 卫星, 具有极高的覆盖能力和广播特性, 传输延迟相对较长;
- (2) 网络中使用了 TCP/IP, 应用范围广, 利于灵活组网;
- (3) TCP(通信控制协议)提供了重发机制, 数据传输性能可靠。

宽带 IP 卫星通信的关键技术, 主要包括 3 个方面:

- (1) 卫星通信的网络层和传输层协议及其性能;
- (2) IP 层协议用于卫星链路时, 应如何完善高层协议以满足链路性能的要求;
- (3) IP 保密安全协议对卫星链路提出的要求等。

下面分别介绍通过两种技术来实现卫星 IP 业务: 一种是基于现有的 DVB(Digital Video Broadcasting)技术, 另一种是基于 UMTS 的 3GPP(第 3 代移动通信协议标准)技术。

1) 基于现有 DVB 技术的宽带卫星 IP 通信系统

现有的 DVB 技术规定了应用 MPEG-2 技术来实现数字卫星广播。第 1 代 DVB 系统是单向系统, 用户的请求消息是通过地面链路发送的, 可见其系统在操作性和通信质量等方面存在很大缺陷。目前所研制的第 2 代 DVB 系统具有用户访问信道(从用户终端到中心站)速度可变和支持话音通信的能力, 并且具有话音通信功能。日本 NTT 无线实验室提出了基于第 2 代 DVB 系统的卫星 IP 组网方案, 如图 5-26 所示。其中卫星系统包括一个中心地面站(CES)和若干便携式用户站(PUS)。中心地面站由网关(GW)、发射设备、接收设备和接入服务器组成。一台便携用户终端(PUT)至少应包括一副天线和一台 PC。这种用户终端既可以接入卫星网, 也可以接入地面有线网(如 PSTN/ISDN)。表 5-8 是日本 NIT 无线实验室提出的各项无线子系统参数。

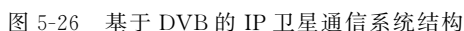


表 5-8 无线子系统参数

项 目	参 数	项 目	参 数
频段	Ku	内码	卷积码(R=1/2,K=7)
带宽	54MHz	调制	前向: QPSK; 反向: QPSK
数据速率	反向: 8Mb/s; 前向: 9.6Kb/s	多址方式	前向: TDM; 反向: SS-FDMA
外码	RS 码(188/204)		

为了满足用户访问信道的 C/N 值,且满足便携用户终端的 EIRP 限制,该方案采用了 SS-FDMA(Spread Spectrum FDMA)方式,利用了扩频的抗干扰特性。计算表明,采用这种方式,一个 54MHz 的转发器可以容纳 256 个数据速率为 9.6Kb/s 的用户同时发送,而且干扰程度不超过 ITU-R Rec. S. 524 和 S. 728 中规定的门限。

由于信道的非对称性,因此在协议与帧结构上用户访问信道和广播信道有所不同。广播信道指 CES $\rightarrow$ PUT,该信道采用卫星链路 TDM $8\text{Mb/s}\times 1$ 个信道;用户访问信道指 PUT $\rightarrow$ CES,该信道采用卫星链路 SS-FDMA $9.6\text{Kb/s}\times 256$ 个信道或地面链路(PSTN、ISDN 等)。基于 DVB 的 IP 卫星通信系统协议堆栈如图 5-27 所示,其帧结构如图 5-28 所示。

在图 5-28(a)所示的广播信道中,当 CES 向 PUT 发送信息时,首先在 CES 中将 IP 封装到 ATM 信元(装入 AAL5 中),然后经过复接,再放入符合 MPEG-2-TS 标准的卫星帧中。此后再经复接,将沿前向链路传送至用户终端 PUT。当便携式用户终端接收到这个符合 MPEG-2-TS 标准的卫星帧时,PUS 从 ATM 信元中解出原 IP 包,并交由用户终端中的 PC 处理。

在图 5-28(b)所示的用户访问信道中,由于 ATM 的开销较大,因此没有采用 ATM 信元,而是在卫星帧中封装了一种基于 PPP(点到点)协议的扩展 PPP(S-PPP)分组。为了增

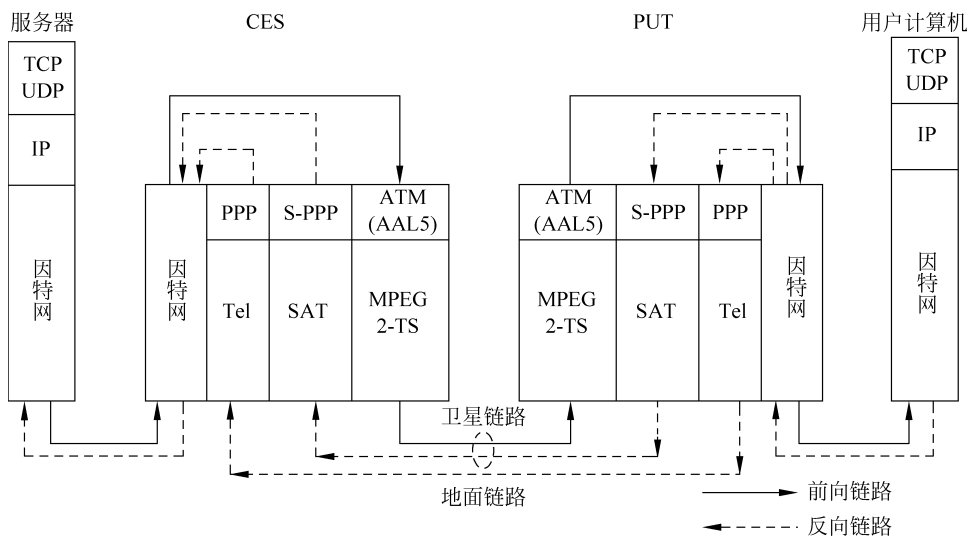
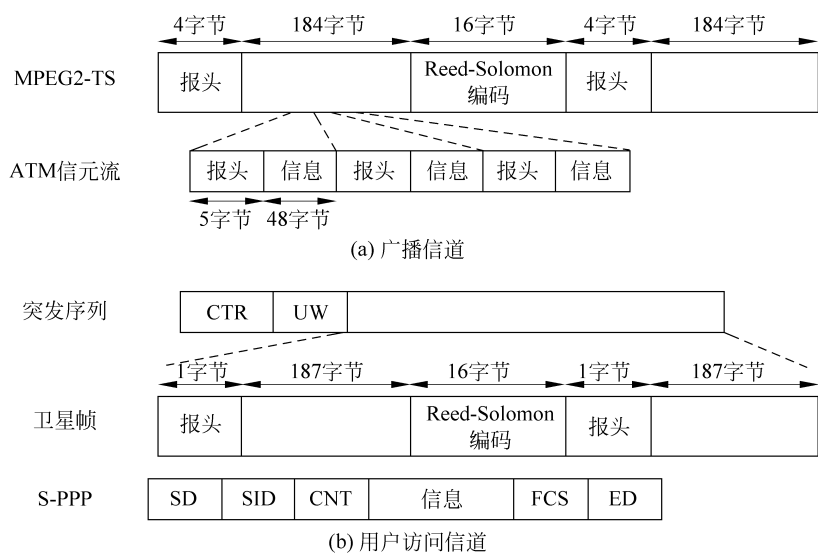


图 5-27 基于 DVB 的 IP 卫星通信系统协议堆栈



CTR-码时钟恢复; SD-发送分隔符; SID-标准ID; ED-结束分隔符; CNT-控制; FCS-文件检查序列

图 5-28 基于 DVB 的 IP 卫星通信系统帧结构

大 TCP 流量,用户访问接入控制采用的是一种经过简单改进的 ALOHA 机制。

目前这种基于 DVB 构建 IP 卫星网的方式得到了广泛的关注。美国军方打算利用它构建 GBS(Global Broadcast Service)第二阶段系统,用于战场信息的直播和实现有限的交互,向便携终端用户提供各种因特网业务。基于 DVB 构建 IP 卫星网的方式基本上只能用于静止轨道卫星系统,而且对移动性的管理基本没有。若要支持移动终端,则可采用基于 S-UMTS 的移动 IP 系统。

2) 基于 S-UMTS(Satellite-UMTS)的卫星移动 IP 系统

以欧洲为首的 3GPP 研究组织希望可以在卫星 UMTS(S-UMTS)上实现支持移动的

IP 业务,并开展了两个大的项目研究: ACTS-SECOMS(Advanced interactive multimedia satellite communications for a variety of compact terminals)和 SUMO(Satellite-UMTS Multimedia Service Trials Over Integrated Testbeds)。其中 SUMO 主要解决建立在 IP 基础上的卫星多媒体应用。基于 S-UMTS 的卫星移动 IP 技术有两个方面的难点:一是 IP 技术在卫星移动系统中如何应用;二是基于 IP 的 S-UMTS 业务如何与第 3 代移动通信系统的 IP 核心网互联。因此很多公司和大学的研究机构就这两个关键技术展开了研究。

法国 Alcatel Space Industries 建立了一个 SUMO 试验网,如图 5-29 所示。

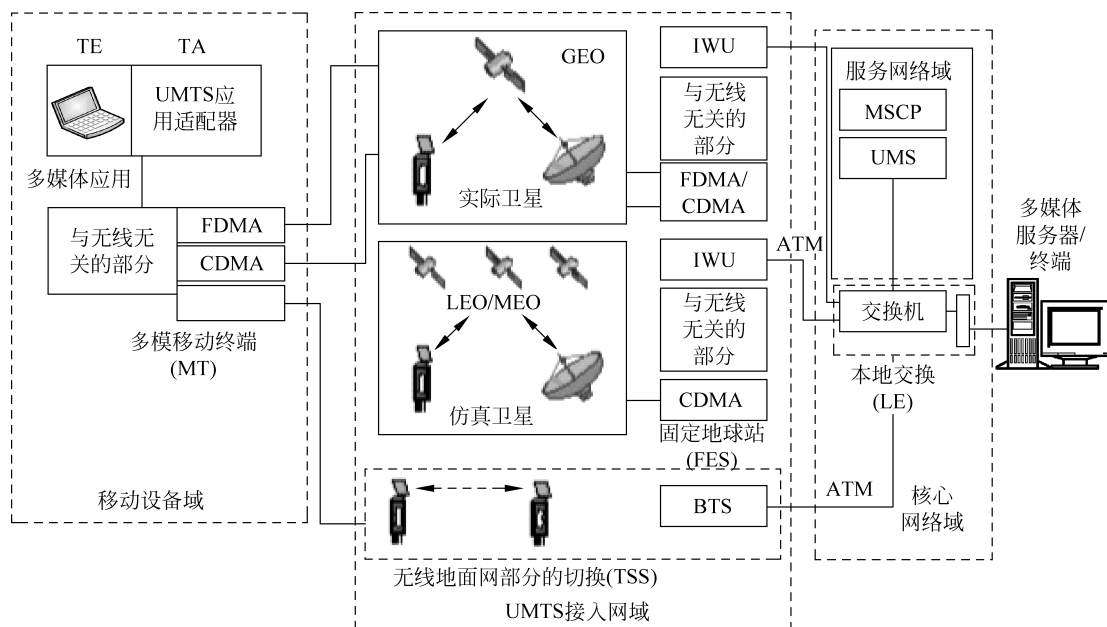


图 5-29 基于 UMTS 的卫星移动 IP 实验系统结构

由图 5-29 可以看出,多模终端可以通过不同星座(多颗卫星组成的卫星平台)来实现多媒体移动应用。其中 LEO 或 MEO 星座的卫星信道是用 140MHz 的中频硬件信道模拟器仿真的,信道模型包括城市、郊区和车载等多种类型,试验中的 GEO 卫星是真实卫星(如 Italsat 卫星)。在第 3 代移动通信系统的 IP 核心网中使用的是 ATM 交换机,而本地交换(LE)具有智能网(IN)功能,可以提供漫游和切换服务。试验结果表明基于 W-CDMA 的 S-UMTS 更适合于星座系统。因为,第一,星座系统的延迟小,适合高速的交互业务;第二,由于采用了 3GPP 的 FDD 模式,星座系统更容易采用信道分集技术;第三,多星非静止轨道系统使地面终端受遮蔽的概率大大减小;第四,W-CDMA 容易在波束之间或是星间实现软切换。

该系统可以实现 144Kb/s 的双向信道,码片(chip)速率为 4Mb/s,带宽为 4.8MHz。RAKE 接收可以很好的应用在星座系统的 S-UMTS 中。

此外,英国 Bradford 大学的卫星移动研究组提出了一个较为完整的基于 S-UMTS 的卫星移动 IP 系统的协议堆栈,如图 5-30 所示。

当移动用户欲与某固定网用户进行通话时,移动用户信息首先经过多媒体应用和适配设备进入 TCP,然后逐层封装,并将信号由物理层递交给移动终端的物理层,随后通过

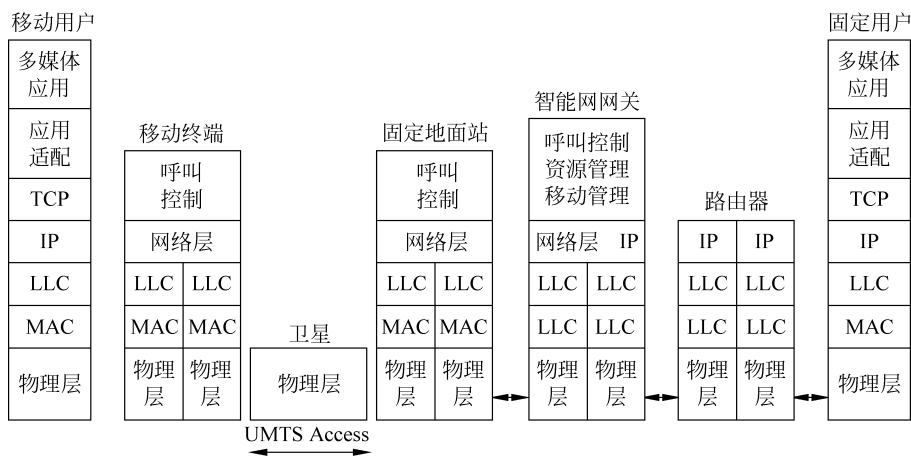


图 5-30 基于 S-UMTS 的卫星移动 IP 系统的协议堆栈

UMTS 卫星接入网与固定用户相连的固定地球站连接,再通过智能网网关及路由器,从而实现移动用户与固定用户的互通。其中,物理层和 MAC 层采用同步 CDMA 方式,工作在 Ka 频段的卫星具有星上再生功能。表 5-9 和表 5-10 中给出了一些主要参数。

表 5-9 上行链路参数

项 目	膝上终端 A	车载终端 B	车载终端 C	固定地面站	合 计
最大功率/W	3	4.9	16.5	61.5	—
平均功率/W	2.1	3.7	13.3	18.8	—
码长	16	8	8	8	—
载波带宽/MHz	2.78	4.45	17.81	17.81	—
每波束最多载波数	10	7	4	10	31
带宽/MHz	27.8	31.2	71.2	178.1	308.3
总载波数	113	93	55	100	361

表 5-10 下行链路参数

参 数	值	参 数	值
所需的 $[E_b/N_0]$	4.9dB	卫星输出损耗	1.5dB
膝上终端 A 的 $[G/T]$	9.4dB/K	卫星 $[C/T]_1$	14dB
车载终端 B/C 的 $[G/T]$	11.6dB/K	移动传播余量	2dB
固定地面站的 $[G/T]$	29.2dB/K	极化损失	0.5dB
膝上终端 A 的指向损耗	0.3dB	解扩损失	0.5dB
车载终端、固定地面站的指向损耗	0.2dB	实现余量	1.7dB
R_s 损耗	0.2dB	功控差错余量	0.5dB
卫星输出补偿 $[BO]_0$	2dB	链路余量	1.0dB

3. 宽带多媒体卫星通信网络

随着多媒体业务需求的不断增加,卫星网络将成为不可缺少的多媒体通信网络。许多卫星系统极化采用 Ka 频段以及 Ka 频段以上频段的 GEO 卫星、MEO 卫星和 LEO 卫星星座,而且将使用具有 ATM 或带 ATM 特点的星上处理与交换功能,从而为进出地球站提供

全双向的包括话音业务、数据业务和 IP 业务在内的多种现有业务,以及在综合卫星——光纤网络上运行的移动业务、专用内部网和高速数据 Internet 接入等新业务。

图 5-31 中画出了宽带卫星网络结构,它由网关、用户终端、空间段、网络控制站和接口等组成。

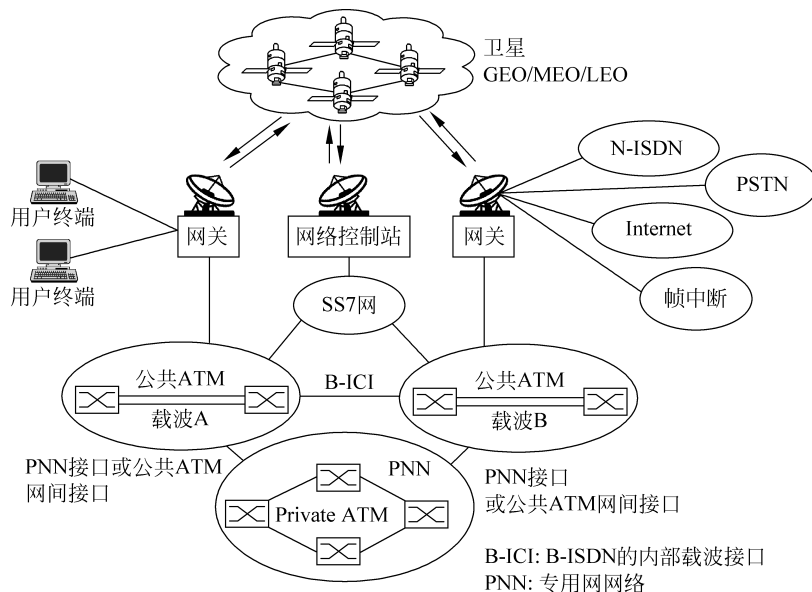


图 5-31 宽带卫星网络结构

(1) 网关要求同时支持几种标准网络协议,例如 ATM 网络接口协议(ATM-UNI)、帧中继用户接口协议(FR-UNI)、窄带综合业务数据网(N-ISDN)以及传输控制协议/网间互连协议(TCP/IP)。这样多种网络信息都能分别通过网关中的相关接口转换成多媒体宽带卫星网络中的 TCP/IP 业务进行传输。

(2) 用户终端设备通过其中的接口单元(TIU)与网关连接。TIU 提供包括信道编码、调制解调功能在内的物理层的多种协议功能,不同类型的终端支持从 16Kb/s、144Kb/s、384Kb/s 到 2.048Mb/s 的不同速率的业务。

(3) 网络控制站用于完成如配置管理、资源分配、性能管理和业务管理等各种控制和管理功能。在多媒体宽带网络中可以同时存在若干个网络控制站,具体数量与网络规模、覆盖范围及管理要求有关。

(4) 接口即与外部专用网络或公众网络的互连接口。若采用 ATM 卫星,则可采用基于 ITU-TQ. 2931 信令。若采用其他网络,则可以使用公共信道信令协议(一般为 7 号信令 SS7)。而公共和专用 ATM 网络之间其他互连接口,则采用 ATM 网间接口(AI-NI)。公共用户网络接口(PUNI)或专用网络接口以及两个公共 ATM 网络之间的非标准接口(即 B-ISDN 内部载波接口(B-ICI)),其协议都应根据卫星链路的通信要求进行相应的修正。

目前多媒体宽带卫星网络中的许多协议和标准都处于开发阶段,预计今后会有性能更好的多媒体宽带卫星网出现。

本章小结

由多个地球站构成的卫星通信网络可以归纳为两种主要形式,即星状网络和网状网络。在卫星通信网络中,根据经过卫星转发器的次数,卫星通信网络又可分为单跳和双跳两种结构,将单跳与双跳结构相结合,可以得到一种混合网络。

VSAT 是指一类具有甚小口径天线的、非常廉价的智能化小型或微型地球站,可以方便地安装在用户处。

VSAT 网是由主站(HUB)、卫星和许多远端小站(VSAT)三部分组成的,通常采用星形网络结构。

主站(中心站)又称中央站或枢纽站(HUB),它是 VSAT 网的核心,并配有高功率放大器(HPA)、低噪声放大器(LNA)、上/下变频器、调制解调器及数据接口设备等。主站通常与主计算机放在一起或通过其他(地面或卫星)线路与主计算机连接。小站由小口径天线、室外单元和室内单元组成。VSAT 的空间部分是 C 频段或 Ku 频段同步卫星转发器。

VSAT 网是一个典型的非对称网络,即链路两端设备不相同,执行的功能不相同,入站和出站业务量不对称,入站和出站信号强度不对称,主站发射功率大得多,以便适应 VSAT 小天线的要求。VSAT 发射功率小,主要利用主站高的接收性能来接收 VSAT 的低电平信号。在一个 VSAT 系统中可同时采用多种多址方式,以提高信道利用率。

在建设 VSAT 系统时,首先要进行总体设计,其任务是根据用户使用要求从使用、技术、工程和经济各方面优化系统构成。对系统组成的各个环节给予具体的内容,并全面的计算和论证,这样才能达到预定的质量要求和网络性能。

典型卫星通信网络系统中 IDR/IBS 都是国际卫星组织提供的一类数字卫星通信系统,只是服务的对象不同而已,它们均属卫星固定通信范畴。卫星电视目前得到了迅猛发展,特别是卫星电视直播业务已成为卫星通信业发展的主流。宽带 IP 卫星通信系统是在卫星通信系统的基础上使用了 IP 技术,可见它既兼备卫星通信的特点,又具备 TCP/IP 的工作特点。现有的宽带 IP 卫星通信系统主要有两种:一种是基于现有 DVB 技术的宽带卫星 IP 通信系统,另一种是基于 S-UMTS 的卫星移动 IP 系统。

习题

1. 卫星通信网络有哪些拓扑结构?各自具有什么特点?
2. 卫星通信地球站与地面数字电话通信网相互连接时应考虑哪些问题?为什么?
3. 卫星数据通信网与一般的卫星数字电话网有什么不同特点?为什么?
4. VSAT 的含义是什么?试述 VSAT 网的特点和优点。
5. 简述 VSAT 卫星通信网使用 C 波段、Ku 频段的优缺点。
6. 简述 VSAT 网的组成和网络结构。
7. 简述 VSAT 的主要业务类型及应用。
8. 在 VSAT 网中,确定多址协议的原则是什么?多址协议性能比较的指标有哪些?
9. 试参考有关资料比较以下适于 VSAT 网的多址协议的特点与性能:ALOHA,

S-ALOHA, SREJ-ALOHA, 异步分组 CDMA, TDMA。

10. 从网络拓扑结构、信号传输路径、信息传输速率、多址方式、对小站的 EIRP 和 G/T 的要求等方面比较 VSAT 数据网和电话网。

11. 如何评价 VSAT 网的通信质量与网络性能?

12. 设计话务量 $A=10e$, $B=0.005$, 求信道数 N 。

13. 试述 VSAT 网中的 DAMA 方式的信道接入策略。

14. 试述 VSAT 网总体方案设计的基本内容。

15. 简述 IDR/IBS 的组成、特点及应用。

16. 简述卫星电视系统的组成及工作原理。

17. 简述现有宽带卫星通信系统的主要技术。

18. 请画出基于现有 DVB 技术的 IP 卫星通信系统结构图。