

目录

目录

1 卫星通信概述

1.1 卫星通信基本概念

1.2 卫星通信的特点

1.3 卫星通信的基本工作原理

2 VSAT系统的工作原理

2.1 VSAT的基本概念

2.2 VSAT网的特点与优点

2.3 VSAT网的组成

2.4 VSAT网的工作原理

3 VSAT电话通信网

3.1 VSAT 电话通信网体系结构

3.2 VSAT 电话通信网的DAMA方式

3.3 VSAT 电话通信网的话务量分析

4 总体方案设计

4.1 任务描述

4.2 计算过程

参考文献

致谢

1 卫星通信概述

1.1 卫星通信基本概念

通信是指带有信息的信号从一点传送到另一点的过程，广义地说，是指任何两地之间、使用任何方法、通过任何媒质相互传送信息达到联系的过程。而现代通信是指在任何时间、任何空间、任何地点、任何对象之间以任何方式进行信息交换的过程，例如人与人、人与机器之间信息的交换。所谓通信系统，是指传递信息所需的一切技术设备的总和，它包括信源、发送设备、传输媒质、接收设备和信宿等部分。

卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站转发无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。它是在微波通信和航天技术基础上发展起来的一门新兴的无线通信技术。其无线电波频率使用微波频段（300 MHz~300 GHz，即波段1 m~1 mm）。这种利用人造地球卫星在地球站之间进行通信的通信系统，称为卫星通信系统，而把用于实现

通信目的的人造卫星称为通信卫星，其作用相当于离地面很高的中继站。因此，可以认为卫星通信是地面微波中继通信的继承和发展，是微波接力向太空的延伸

从地球站发射信号到通信卫星所经过的通信路径称为上行链路，而通信卫星将信号再转发到其它地球站的通信路径就称为下行链路。当卫星运行轨道较高时，相距较远的两个地球站可同时“看”到卫星，这样就可采用立即转发方式，只用一颗卫星就能实现立即转发通信，这种系统称为立即转发式卫星通信系统，其通信链路由发端地球站、上行链路、通信卫星转发器、下行链路和收端地球站所组成，如图1-1所示。

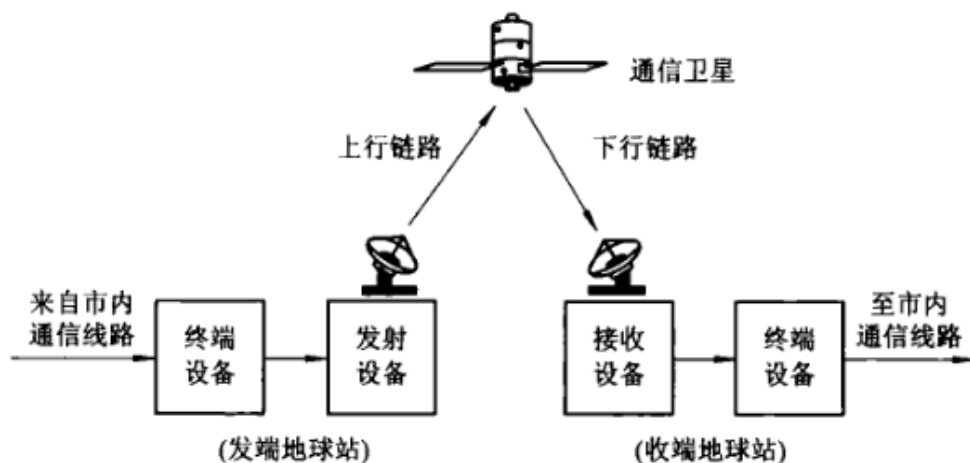


图1-1 单颗卫星通信链路的组成

1.2 卫星通信的特点

卫星通信与其它通信手段相比，具有以下几方面的特点：

(1) 通信距离远，且费用与通信距离无关。利用静止卫星进行通信，其最大距离可达18100km。而建站费用与维护费用并不因地球站之间的距离远近及地理条件的恶劣程度而有所变化。显然，这是地面微波中继通信、光纤通信以及短波通信等其它手段所不能比拟的。

(2) 覆盖面积大，可进行多址通信。许多其它类型的通信手段常常是只能实现点对点的通信，而卫星通信由于覆盖面积大，因此只要是在卫星天线波束的覆盖区域内，都可设置地球站，共用同颗卫星在这些地球站间进行双边或多边通信，或者说多址通信。

(3) 通信频带宽，传输容量大。这是由于卫星通信通常都是使用300 MHz以上的微波频段，因而可用频带宽。目前，卫星通信带宽已达到3000 MHz以上，一颗卫星的通信容量可达到数千路乃至上万路电话，并可传输多达数百路的彩色电视以及数据和其它信息。

(4) 机动灵活。卫星通信不仅能作为大型固定地球站之间的远距离干线通信，而且可以在车载、船载、机载等移动地球站之间进行通信，甚至还可以为个人终端提供通信服务。

(5) 通信链路稳定可靠，传输质量高。由于卫星通信的无线电波主要是在大气层以外的宇宙空间中传播，传播特性比较稳定，同时它不易受到自然条件和干扰的影响，因此传输质量高。

正是由于卫星通信具有上述突出的优点，因而获得了迅速的发展，成为一种强有力的现代化通信手段

1.3 卫星通信的基本工作原理

为了便于了解卫星通信的基本工作原理，这里以多路电话信号的传输为例加以说明。如图1-2所示，经市内通信链路送来的电话信号，在地球站A的终端设备内进行多路复用（FDM或TDM），成为多路电话的基带信号，在调制器（数字的或模拟的）中对中频载波进行调制，然后经上变频器变换为微波频率 f_1 的射频信号，再经功率放大器、双工器和天线发向卫星。这一信号经过大气层和宇宙空间，信号强度将受到很大的衰减，并引入一定的噪声，最后到达卫星。在卫星转发器中，首先将微波频率 f_1 的上行信号经低噪声接收机进行放大，并变换为下行频率 f_2 ($f_2 \neq f_1$) 的信号，再经功率放大，由天线发向收端地球站。由卫星转发器发向地球站的微波频率 f_2 的信号，同样要经过宇宙空间和大气层，也要受到很大的衰减，最后到达收端地球站 B 。收端地球站 B 收到的信号经双工器和接收机，首先将微波频率 f_2 的信号变换为中频信号并进行放大，然后经解调器进行解调，恢复为基带信号，最后利用多路复用设备进行分路，并经市内通信链路送到用户终端，这样就完成了单向的通信过程。

由卫星转发器发向地球站的微波频率 f_2 的信号，同样要经过宇宙空间和大气层，也要受到很大的衰减，最后到达收端地球站 B 。收端地球站 B 收到的信号经双工器和接收机，首先将微波频率 f_2 的信号变换为中频信号并进行放大，然后经解调器进行解调，恢复为基带信号，最后利用多路复用设备进行分路，并经市内通信链路送到用户终端，这样就完成了单向的通信过程。

由 B 站向 A 站传送多路电话信号时，与上述过程类似。不同的是， B 站的上行频率用另一频率 f_3 ($f_3 \neq f_1$)，下行频率用 f_4 ($f_4 \neq f_2$)，以免上、下行信号相互干扰。

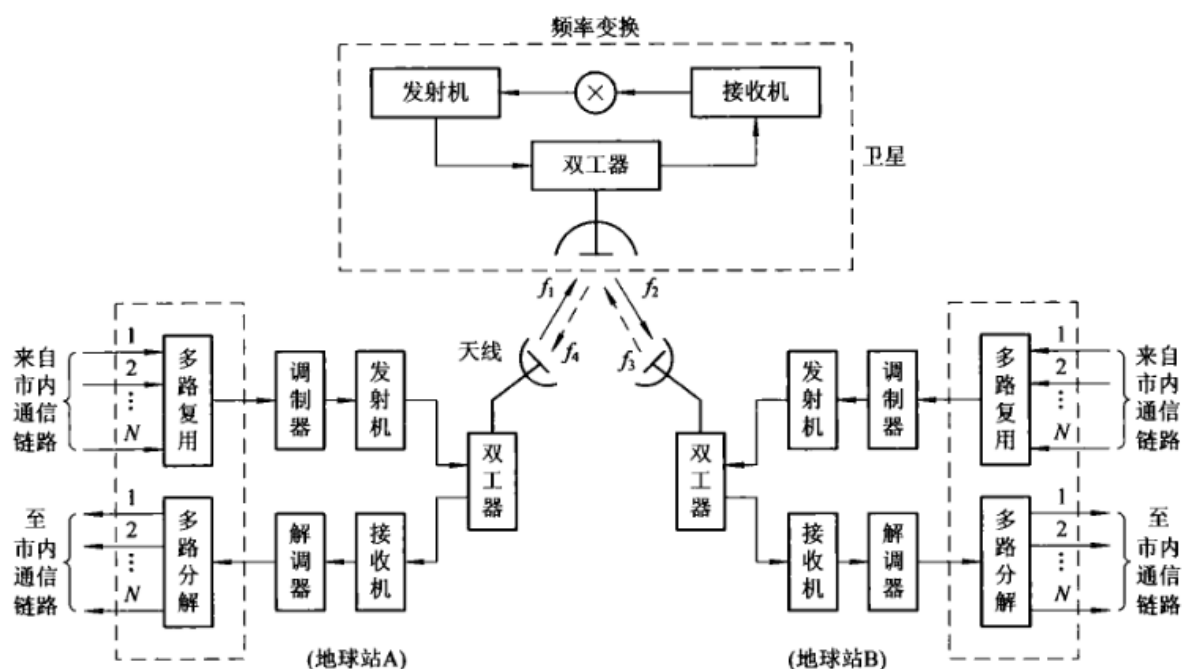


图1-2 多路电话信号的传输

应该指出的是，地球站不应设在无线电发射台、变电站、电气化铁道及具有电焊设备、x光设备等的电气干扰源附近。较大型的地球站一般设在城市郊区，各用户终端先经市内通信链路，再经微波中继链路或同轴电缆与地球站相连接。对于小型地球站，则可不需微波中继链路而直接与市内通信链路连接。特别是小用户站（例如VSAT），可直接设在用户终端处。至于地球站规模的大小，则取决于通信系统的用途和要求。

2 VSAT系统的工作原理

2.1 VSAT的基本概念

VSAT（very Small Aperture Terminal）即甚小口径天线终端，有时也称为卫星小数据站或个人地球站（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（简称VSAT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、图像及其它业务通信。VSAT卫星通信网是20世纪80年代发展起来的卫星通信网，它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，高效多址联接技术，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出现后不久，便受到了广大用户单位的普遍重视，其发展非常迅速，现已成为现代卫星通信的一个重要发展方面。

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，它在高速数据广播、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投入使用。从我国的国情看，VSAT卫星通信的要求量十分巨大，美、加、日和欧洲诸国的VSAT厂商早已把目光投向我国，争相进入我国市场，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。

2.2 VSAT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，支持的业务种类、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，不像地面网中受电信部门制约。

(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，而在同一个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0.3~2.4 m；发射机功率低，一般为1~2 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。

2.3 VSAT网的组成

1. VSAT网的组成

典型的VSAT网由主站、卫星转发器和众多远端VSAT小站组成。

1)主站

主站也叫中心站或中央站，是VSAT网的核心，它与普通地球站一样使用大型天线，天线

直径一般约为3.5~8 m(Ku频段)或7~13 m(C频段)。主站由高功率放大器(HPA)、低噪声放大器(LNA)、上/下变频器、调制/解调器以及数据接口设备等组成。

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)链路与主计算机连接,作为业务中心(网络的中心结点);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、计费等。

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1~2.4 m(C频段的不超过3.5 m,单收站的可小于1 m),发射功率为1~10 W。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GaAs FET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,而在数据接口中将数据协议(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,则电波传播条件好,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频段时,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，则比C频段天线增益高6~10 dBi。

(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，但实际链路设计时都有一定的余量，链路可用性很高。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，当其它非扩频系统工作在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

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形结构、网形结构、星形和网形的混合结构、卫星单跳结构、作为远地终端，如图2—1所示。

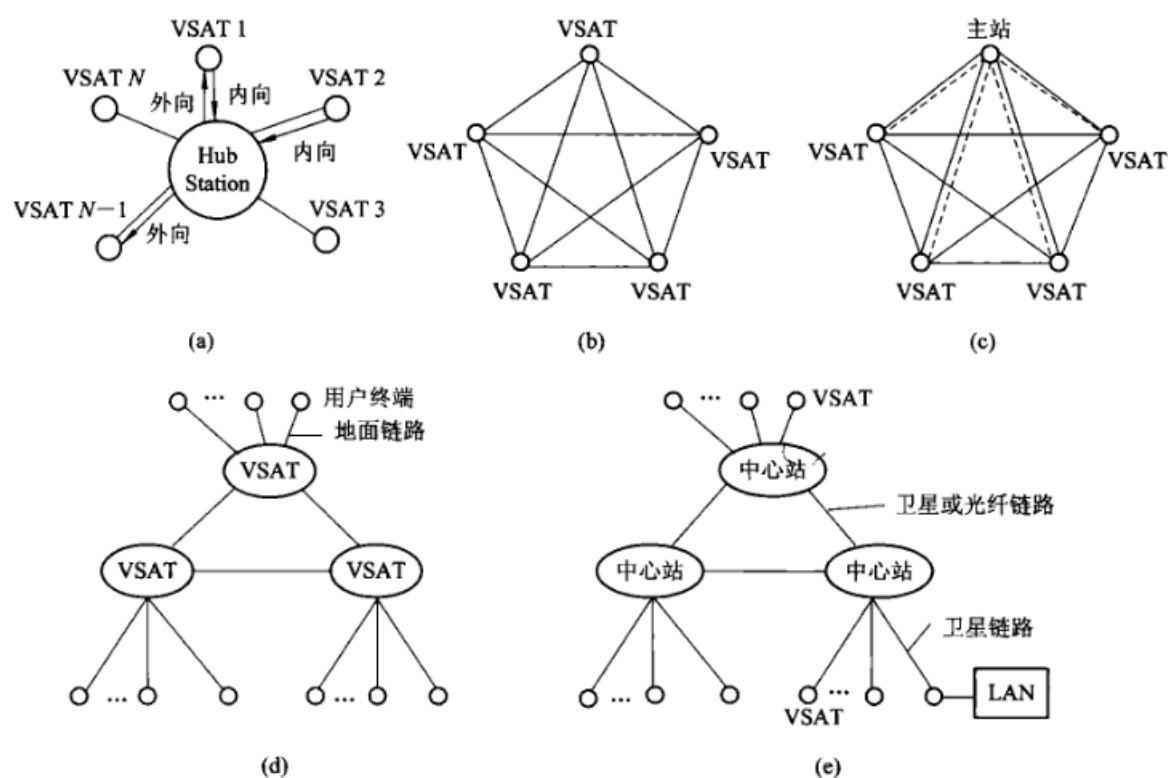


图2-1 VSAT网典型网络结构 (a)星形结构；(b)网形结构；(c)星形和网形的混合结构；(d)卫星单跳结构；(e)作为远地终端

1)星形结构

这种结构是最通用的VSAT结构方式，如图3—1(a)所示。VSAT站之间的业务通过中心站

(Hub Station)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站送到端站的载波，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站的规模取决于系统参数和预期网络的增长情况。

广播网络是星形网络的一种特殊形式，因为信息总是由中心站向端站传输，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)网形结构

网形结构如图3—1(b)所示，这种结构使得VSAT可与其它任一端站通信，因而使端站的设备复杂得多。网形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)星形和网形的混合结构

图3—1(c)所示为星形和网形的混合结构，在传输话音或点对点通信时采用网形结构(如实线所示)，传输数据或点对多点通信时采用星形结构。例如在语音VSAT网中，网络的道信分配、监控由网络中心负责，即控制信道是用星形网(如虚线所示)实现的。

4)卫星单跳结构

卫星单跳结构如图3—1(d)所示，其中VSAT端站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)作为远地终端

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3—1(e)所示。

2.4 VSAT网的工作原理

现以星形结构为例说明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，因此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。而对于网形网络，各站可以直接进行业务互通，即只需经卫星单跳完成通信。

在星形VSAT网中进行多址联接时，有多种不同的多址协议，其工作原理也随之不同。现结合随机接入时分多址(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1120 bit(140字节)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1 s)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频率等其它信息。VSAT网外向传输的TDM帧结构如图2-2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。

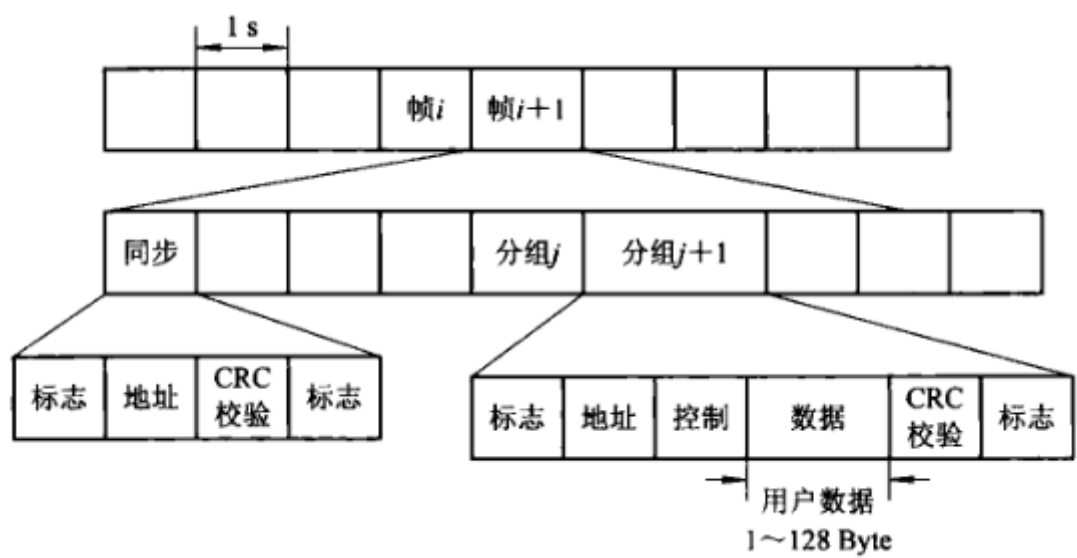


图2-2 VSAT网外向传输的TDM帧结构

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。

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。VSAT网内向传输的TDMA帧结构如图2-3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。

在VSAT网中，所有共享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S()F信息获得的。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。前同步码由比特定时、载波恢复、FEC(前向纠错)、译码器同步和其它开销组成。数据字符组则包括起始标志、地址码、控制码、用户数据、CRC(循环冗余校验)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(Veterbi decoder flushing out bit)。小站可以在控制字段发送申请信息。

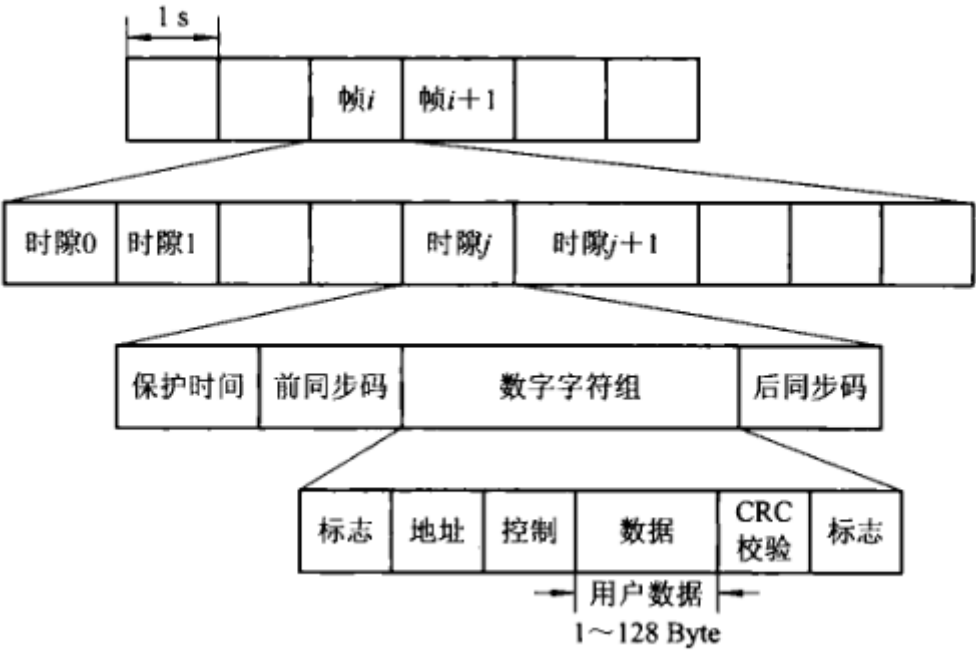


图2-3 VSAT网内向传输的TDMA帧结构

综上所述可以看出，VSAT网与一般卫星网不同，它是一个典型的不对称网络。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。因此，在设计系统时必须考虑到VSAT网的上述特点。

3) VSAT网中的交换

VSAT网的业务包括数据、话音、图像、传真等。要实现这些业务的传输，可以采用不同的交换方式。

在VSAT网中，交换功能由主站中的交换设备完成，主站中的交换方式一般有分组交换和线路交换两种形式。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。分组交换按照各个分组数据的目的地址，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。所以当VSAT网对于要求同时传输数据和话音的综合业务网，网内主站应对这两种业务分别设置并提供各自的接口。当然，在主站这两种交换机之间也可能是有信息交换的，如图2-4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(STD M)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 2.4 kb/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和输出外向链路在数目与速率方面也是不对称的。

综上所述，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。

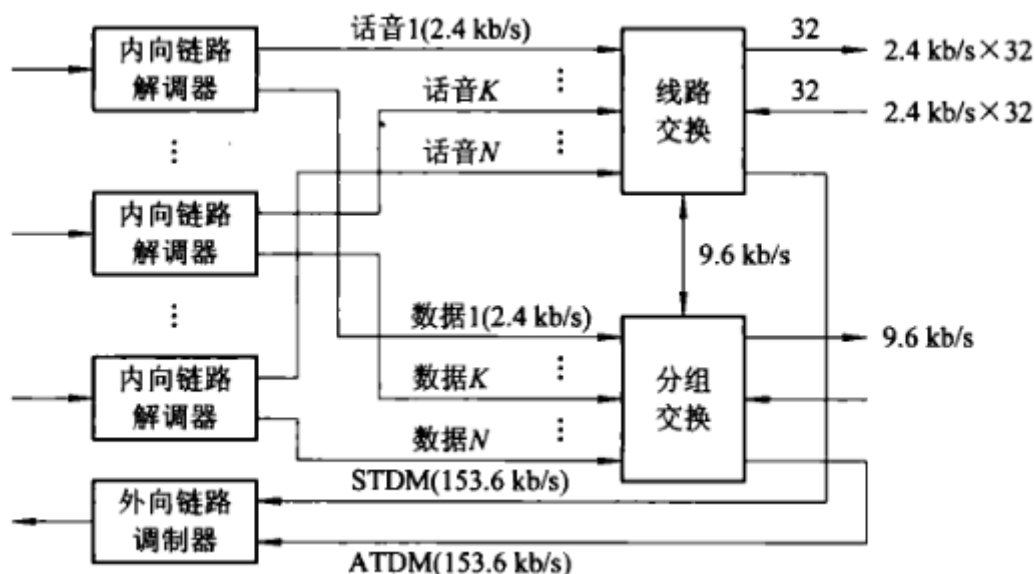


图2-4 VSAT网主站的交换设备

3 VSAT电话通信网

3.1 VSAT 电话通信网体系结构

对于使用同步卫星转发器的话音VSAT网而言，用户通常要求任意2个VSAT能够直接通话而不经主站转发(双跳延时超过 1 s ，用户不易习惯)，这一要求决定了VSAT电话网应该采用网状网结构，即VSAT电话网的业务子网是网状网，但控制子网是星形网，网络控制中心(NCC)所在地的站称为中心站。

(1)业务信道。VSAT电话网通常采用电路交换方式，这是由电话业务的实时性决定的。VSAT电话网的业务子网中，业务信道(话音信道)多采用SCPC方式(也可采用TDMA等多址方式)。对以话音为主、采用电路交换的VSAT电话网而言，显然采用DAMA方式分配信道资源比较合适，但在少数大业务量的站间也可分配一定数量的预分配信道。

(2)控制信道。在控制子网中，小站和中心站之间一般采用TDM / ALOHA体制，即出站传输采用TDM，入站传输采用ALOHA、S—ALOHA或其他改进型。这种方式技术简单，造价低，因此在实际系统中应用较多。

3.2 VSAT 电话通信网的DAMA方式

VSAT电话网的信道分配方式通常是按需分配与预分配结合，按需分配的呼叫过程有3个基本阶段。

(1)呼叫建立。主叫方通过控制信道向NCC发出呼叫申请信息，NCC在确认卫星信道和被叫方设备有空闲的条件下，向主叫方和被叫方分配卫星信道，主叫方和被叫方进行导通测试，建立线路。在这个阶段，NCC的主要任务是在规定的时间内建立线路，并使插入的附加呼损尽可能小。

(2)通话。线路建立后，通信双方即可进行通话或数据传输。

(3)拆线。通话结束后，由通话的主叫方或通话双方(取决于系统设计)向NCC发出通话结束信息，NCC发回确认并回收资源(包括卫星信道和用户信道设备)。在这个阶段，NCC的主要任务是及时、准确地回收空间资源和地面资源。

为了进一步理解上述过程，下面以休斯网络系统公司推出的TES(Telephone Earth Station)为例来说明DAMA呼叫建立的具体过程。TES是典型的SCPC / DAMA方式的VSAT电话网，TES业务信道采用网状结构，控制信道采用星形结构，由网络控制系统(NCS)负责全网的监控管理和卫星信道的频率分配。TES的DAMA网络结构如图3-1所示。TES采用集中控制DAMA方式。各站的话音信道单元(VCU)在空闲时，其发射频率合成器设定在ALOHA信道频率上。其接收频率则对准广播信道频率。只有当其申请分配通信频率后，才分别调到指定的发射和接收话音信道频率上。当一个远端站(小站)需要和另一个远端站通话时，由主叫站的VCU用1个ALOHA信道向NCS申请工作频率，NCS收到这一申请信号后，查询被叫方是否空闲。若空闲，就通过TDM广播信道同时向主、被叫双方分配一对工作频率，双方收到NCS分配的频率后，就将各自VCU的发 / 收信道频率调到工作频率上，这时主、被叫双方就直接进行通话。通话结束后双方各自恢复到空闲状态。

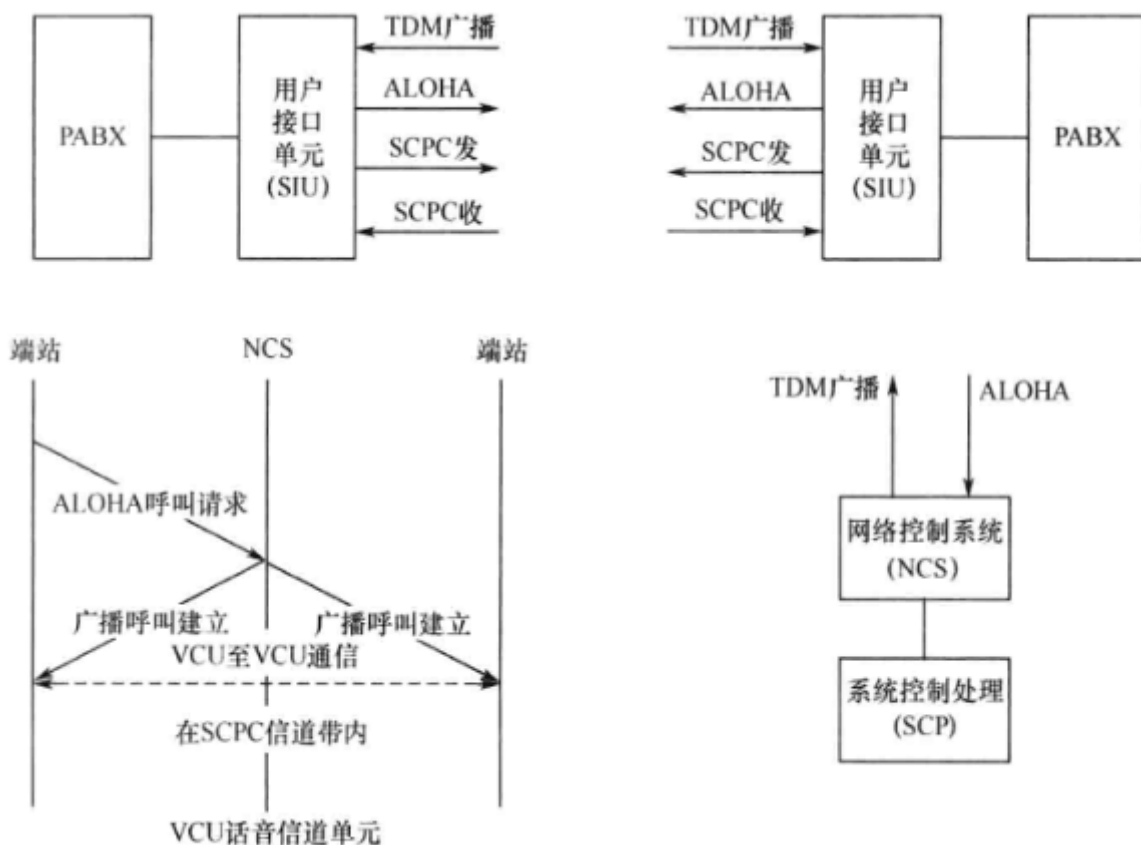


图3-1 DAMA网络结构

3.3 VSAT 电话通信网的话务量分析

设计VSAT电话通信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

$$A = Ct_0$$

而完成话务量则为

$$A_c = C_c t_0$$

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200次每小时，而系统平均通话的时间为0.05h，则

$$A = 200 \times 0.05 = 10e$$

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

$C_L = C - C_c$ ，则损失话务量为

$$A_L = C_L t_0 = (C - C_c) t_0 = A - A_c$$

它与所进行的呼叫话务量之比称为呼损率 B ，即

$$B = \frac{A_L}{A} = \frac{C_L}{C}$$

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次呼叫会存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24 h呼叫特性曲线如图3—2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。

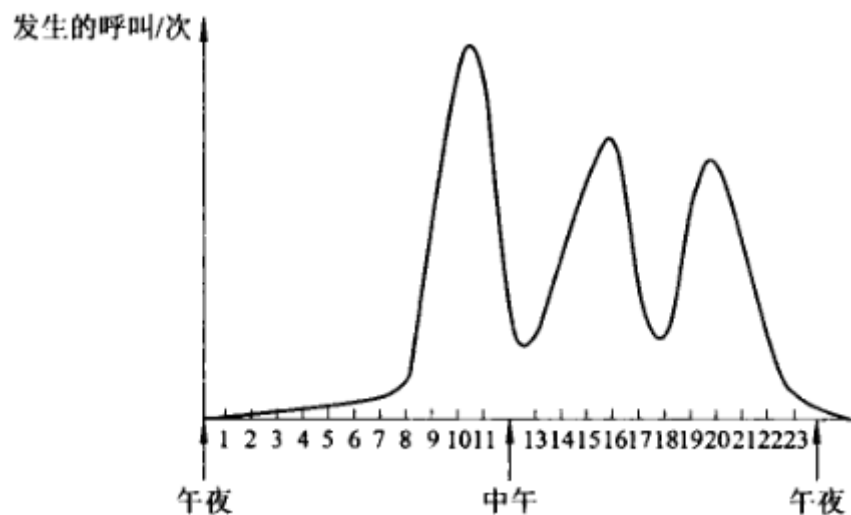


图3—2 典型的24h呼叫特性曲线

4)欧兰B公式

这里我们来讨论信道数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n乎叫损失(即阻塞)。

由话务理论可知，满足上述条件时，信道被占用的概率服从欧兰分布。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

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

此即欧兰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。

4 总体方案设计

4.1 任务描述

某个地区将采用VSAT技术为其77个城市建立电话网络。每个城市需要使用卫星电话的平均用户约1万。一般一个用户每次通话平均持续时间约2分钟，平均每小时通话2次；对服务性能的要求呼损为3%，系统响应时间小于6分钟。如果使用Solante系统，即每个小站载波带宽为40KHz，可支持四路电话或中继线。FOW/ROW带宽9.6KHz，试设计出所需卫星网络的终端数目和对卫星资源的需求。计算精度0.01。

4.2 计算过程

由于总的服务呼损为3%，根据系统呼损分配原则，端站间和卫星信道间均为1%。

1. 计算每个用户话务量， $2 \times 2 \div 60 = 0.07\text{erlang}$
2. 求交换机接入卫星小站的话务量，对于4条中继和1%呼损，经查厄兰表得中继线话务量为0.87erlang，即每小站的话务量，图4-1即为erlang表。

B	1%		2%		5%		10%		20%		25%	
	A	η(%)	A	η(%)	A	η(%)	A	η(%)	A	η(%)	A	η(%)
1	0.0101	1.0	0.020	2.0	0.053	5.0	0.111	10.0	0.25	20.0	0.33	25.0
2	0.1536	7.6	0.224	11.0	0.38	18.1	0.595	26.8	1.00	40.0	1.22	47.75
3	0.456	15.0	0.602	19.7	0.899	28.5	1.271	38.1	1.930	51.47	2.27	56.75
4	0.869	21.5	1.092	26.7	1.525	36.2	2.045	46.0	2.945	53.9	3.48	65.25
5	1.360	26.9	1.657	32.5	2.219	42.2	2.881	51.9	4.010	64.16	4.58	68.70
6	1.909	31.5	2.326	38.3	2.960	46.9	3.758	56.4	5.109	68.12	5.79	72.38
7	2.500	35.4	2.950	41.3	3.738	50.7	4.666	60.0	6.230	71.2	7.02	75.21
8	3.128	38.7	3.649	44.7	4.534	53.9	5.597	63.0	7.369	73.69	8.29	77.72
9	3.783	41.6	4.454	48.5	5.370	56.7	6.546	65.5	8.522	75.75	9.52	79.32
10	4.461	44.2	5.092	49.9	6.216	59.1	7.511	67.6	9.685	77.48	10.78	80.85
11	5.160	46.4	5.825	51.9	7.076	61.1	8.487	69.4	10.85	78.96	12.05	82.16
12	5.876	48.5	6.587	53.8	7.950	62.9	9.474	71.1	12.036	80.24	13.33	83.31
13	6.607	50.3	7.401	55.8	8.835	64.4	10.470	72.5	13.222	81.37	14.62	84.35
14	7.352	52.0	8.200	57.4	9.730	66.0	11.474	73.8	14.413	82.36	15.91	85.35
15	8.108	53.5	9.0009	58.9	10.623	67.2	12.484	74.9	15.608	83.24	17.20	86.00
16	8.875	54.9	9.828	60.1	11.544	68.5	13.500	75.9	16.807	84.03	18.49	86.67
17	9.652	56.2	10.656	61.4	12.461	69.6	14.422	76.9	18.010	84.75	19.79	87.31
18	10.437	75.4	11.491	62.6	13.385	70.6	15.548	77.7	19.216	85.40	21.20	88.33
19	11.230	58.9	12.333	63.6	14.315	71.5	16.579	78.5	20.424	86.00	22.40	88.42
20	12.031	59.5	13.181	64.6	15.249	72.4	17.163	79.3	21.635	86.54	23.71	88.91

图4-1 erlang表

3. 计算出中继线能支持的话路数， $0.87 \div 0.07 = 12.43$

4. 则每个小站支持的电话数为12.43
5. 全网的电话用户为77万，需要建立小站的数目为
$$770000 \div 12.43 = 61946.90 \approx 61947$$
6. 全网的总话务量 $61947 \div 0.87 \div 2 = 35601.72\text{erlang}$
7. 由于话务量太大，厄兰表中已经无法查出中继数，但是当话务量超过某一数值后，A和N呈近似线性关系，且信道效率 $\eta = \frac{A}{N}$ 接近常数1，因此可得卫星中继载波数约为35602，对应的总载波带宽为 $35602 \times 0.04\text{MHz} = 1424.08\text{MHz}$ ，由于系统中每个FOW每秒可支持7个呼叫，35602条线路，约 $35602 \div 7 \div 60 = 84.77\text{min}$ ，系统响应时间小于6分钟，因此本系统采用 $84.77 \div 6 = 14.13 \approx 14$ 个FOW，采用BPSK调制带宽为 $14 \times 96\text{KHz}$ 。每个ROW每秒服务3条线路，35602条线路则需要11867.33秒即197.79分钟，因此33个ROW可以满足系统响应时间小于6分钟。
8. 最后计算总带宽，得
$$BW = 35602 \times 0.04 + (14 + 33) \times 0.0096 = 1424.53\text{MHz}$$

参考文献

- [1]夏克文.卫星通信[M].西安：西安电子科技大学出版社，2008
[2]王丽娜，王兵.卫星通信系统[M].北京：国防工业出版社，2014
[3]闵士权.卫星通信系统工程设计与应用[M].北京：电子工业出版社，2015

致谢

非常感谢宗老师给我们提供的这次宝贵的实践机会，因为没有ppt等资料，只能去图书馆查阅相关书籍，随着收集的资料越来越完善，对整个VSAT系统的架构也越来越清晰，不管今后是否能用到，但是锻炼了查找资料和自我学习的能力，对论文的格式排版也有了清晰的认识，这对未来的毕业设计将会是特别大的帮助。

课程设计中比较重要的一环是总体的方案设计，整体的计算流程慢慢能够理解，但是在查找卫星中继载波时，由于话务量太大，在erlang表中查不到相关数据，因为知道了erlang B公式，所以想通过matlab来进行计算，但是由于通道数和话务量太大，通过简单的求解方程方法已经无法计算出结果，需要用到迭代算法，或者用概率论来求解。虽然这个问题没有解决，最终也只是近似估计了一个数，但是知道了更多解决问题的方法，也发现了自己的知识盲区。

再次感谢老师，祝老师身体健康，工作顺利！