

卫星网络和空天信息网络

和其他各种无线网络相比,卫星网络略显另类,主要原因是普通用户往往较少直接接触卫星网络。卫星网络同样是无线网络的重要分支,而且是范围最大、距离最远的无线广域网的典型代表。当传统卫星通信和计算机网络相结合时,卫星网络展现出更大的发展和应用空间。更进一步,人类开始逐步构建面向宇宙的空天信息网络、无人机通信网络等。本章主要介绍卫星网络的基本原理、相关技术、主要应用、研究进展以及空天信息网络、无人机通信网络的一些技术和应用。本章仿真实验内容是对卫星网络的传输性能进行分析。

5.1 卫星网络概述

1. 卫星网络通信的基本概念

卫星通信指利用人造卫星作为中继站,转发两个或多个地面站之间进行通信的无线电信号。这里的地面站指位于地球表面(陆地、水上和低层大气中)的无线电通信站,而转发地球站通信信号的人造卫星称为通信卫星。

如果在某个微波通信系统中,一些中继站由卫星携带,并且这些卫星之间及卫星与地面站之间能进行通信,则卫星在地域上空按一定轨道运行而构成的覆盖很广的通信网络就称为卫星网络。换言之,卫星网络是以人造地球通信卫星为中继站的微波通信系统。卫星通信是地面微波中继通信的发展和向太空的延伸。人造地球通信卫星是太空中无人值守的微波中继站,各地面站之间的通信可通过其转发而实现。图 5.1 所示为一个典型的卫星网络示意图。

微波频段的信号是直线传输的,既不像中长波那样靠衍射传播,也不像短波那样靠电离层反射传播。所以,地面微波中继通信通常为视距通信,而通信卫星相当于离地面很高的中继站。当卫星运行轨道较高时,相距很远的两个地面站可同时看见该卫星,卫星可将一个地面站发出的信号放大、变换和处理后,再转发给另一个地面站。

2. 卫星网络的发展

1945年,著名科幻作家阿瑟·克拉克在英国《无线电世界》杂志上发表了具有历史意义的关于卫星通信的科学设想论文——《地球外的中继》。他详细讨论了卫星通信的可行性,构想了一系列地球同步卫星,他指出,这些卫星可以接收和发射来自地面的无线电信号,实现信息的中继。该论文为此后卫星通信的发展奠定

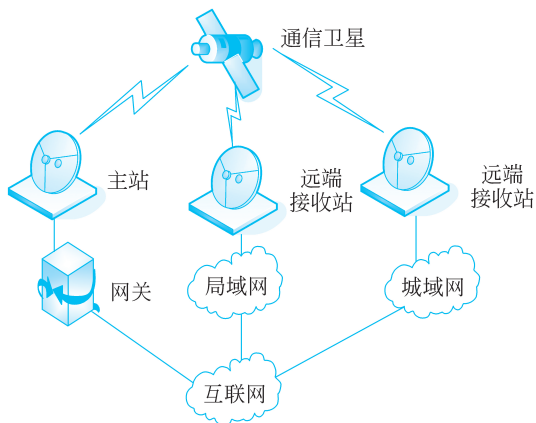


图 5.1 典型的卫星网络示意图

了理论基础。为纪念他,如今赤道上空的地球静止同步卫星轨道被命名为克拉克轨道。

地球静止轨道(Geostationary Orbit,GEO)卫星指位于地球赤道上方的正圆形地球静止轨道上的人造卫星,从地面看,GEO 卫星总是定位于地面某点的赤道上空,保持静止。GEO 卫星的绕地运行周期与地球自转周期相同,即与地球自转保持同步。地球静止轨道属于地球同步轨道(Geosynchronous Orbit,GSO)的一种。地球同步轨道需满足两个条件:一是卫星角速度与地球自转角速度相等,即不快不慢;二是卫星受到的向心力等于地球引力,以维持既不飞离地球又不落回地面的状态,即不上不下。通过引入地球质量、地球半径、万有引力常数等,计算可解得地球同步轨道离地面约为 35 786km。

1957 年 10 月 4 日,苏联成功发射了人类第一颗人造地球卫星 SPUTNIK-I,标志着人造卫星时代的开启。1958 年 1 月 31 号,美国成功发射了人造卫星“探索者 1 号”,该卫星的质量为 8.22kg,高 203.2cm,直径为 15.2cm,沿近地点 360.4km、远地点 2531km 的椭圆轨道绕地球运行,轨道倾角为 33.34°,运行周期为 114.8min。

美国在 1962 年 7 月和 1963 年 5 月成功发射了两颗真正实用的通信卫星——“电星 1 号”和“电星 2 号”。电星轨道穿越了多个高能辐射带,导致星载电子设备很快失效。电星证实了通信卫星的价值。从此,各国陆续开始研制能将卫星发送到静止轨道的运载火箭和具备有效通信能力的卫星。

国际通信卫星组织(Intelsat)的卫星于 1965 年 4 月首次升空,开始了卫星商业运营,静止轨道卫星通信变成了现实。Intelsat 已拥有 143 个成员,经营电视、电话和数据业务。

随着通信技术的发展,卫星系统也逐渐开始提供移动通信业务。1979 年 7 月,国际海事卫星通信组织(Inmarsat,现改称国际移动卫星组织)成立。与 Intelsat 不同,Inmarsat 提供卫星移动通信业务,其拥有的国际海事卫星通信系统是世界上首个提供全球性移动通信业务的卫星通信系统。Inmarsat 覆盖全球,为陆地、海洋和空中用户提供商用、应急和安全救护等卫星移动通信业务。

进入 20 世纪 80 年代,一些国家着手开发面向陆地移动通信业务的卫星系统,包括加拿大的 MSAT、美国的 LMS、欧洲的 EUTELSAT 等。这些系统多采用链路传播损耗大的 GEO 卫星,限制了移动终端的小型化,通常只能为各种舰载、机载或车载终端提供服务。为支持小尺寸的手持式终端,人们将注意力转向了非静止轨道(NGEO)卫星系统的研究。

1998年11月,铱星(Iridium)系统投入运营,开创了卫星通信的新时代。铱星系统采用高度为780km的低地球轨道,使用星载多点波束天线技术,支持低功率的手持终端。铱星系统是首个采用了星际链路的非静止轨道卫星系统,其成功运行证明了NGEO卫星星座和星际链路技术的可行性和先进性,也为卫星通信的发展指明了新方向。

而在地面移动通信市场上,2G、3G、4G、5G技术相继商用。地面无线通信网络的高速发展极大地冲击了卫星移动通信,并使其市场一度跌入低谷。但由于各种客观条件限制,地面无线通信网络只能覆盖有限的地表区域。对于广大农村和边远山区等业务量稀少地区,使用蜂窝网络覆盖既不经济也不现实。而在沙漠、海洋、湖泊和低空等区域,建设地面移动通信网络更为困难。因此,如何为地面移动通信网络不能覆盖的广大地区提供有效通信是迫切需要解决的问题。

卫星移动通信系统以其独一无二的无缝覆盖能力成为新一代全球移动通信系统的重要组成部分。它可较好地解决稀疏业务量地区、边远地区和地面通信网络未覆盖地区的通信难题以及全球漫游问题。面对地震等无法避免的大规模自然灾害或突发事件时,卫星通信系统能有效保证受影响区域的正常通信。

21世纪10年代中期开始,伴随新一代无线网络通信技术的发展,新兴的卫星互联网星座系统也逐渐起步,此类系统规模巨大,是由成百上千颗运行在低地球轨道的小卫星构成的巨型星座。这些系统能提供宽带互联网接入,实现远距离的互联网数据传输。这些新兴系统的发展商主要是非传统航天领域的互联网企业,系统本身可视作全球互联网向太空延伸的空天信息网络的一部分。

自首颗卫星发射到2018年年底,全球累计实施5801次航天发射,累计发射8960个航天器,在轨运行航天器总数达2192个,10多个国家具备轨道发射能力。

我国的航天事业始于20世纪五六十年代。1970年4月我国成功发射了首颗卫星“东方红1号”。几十年来,我国卫星通信事业取得了长足进步。目前我国从事卫星通信的主要企业是中国航天科技集团(CASC),它拥有神舟、长征、北斗和嫦娥等著名品牌和自主知识产权,主要从事运载火箭、人造卫星、载人飞船和战略/战术导弹系统的研究、设计、生产和试验,为经济建设、社会发展、科技进步和国防现代化建设作出了很大贡献。

CASC下属的中国卫通集团专业从事卫星运行服务业,重点发展卫星空间段运营、地理信息与位置服务、通信广播地面运营三大业务。中国卫通集团拥有先进的卫星资源网络和民用卫星地面站,能提供高效、优质的广播电视、语音、数据多媒体、应急通信、互联网接入、企业专网和远程教育等通信广播服务。

目前我国的卫星通信业务虽然面临有线光纤、蜂窝移动通信等的激烈竞争,但仍然有广阔的市场前景,特别是针对我国疆域辽阔,存在广大的偏远农村和山区,常规通信手段难以普及的国情,利用卫星建立覆盖全国的卫星通信网络更具重要意义。

3. 卫星网络的特点

与其他通信方式相比,卫星网络通信具有以下特点。

(1) 通信距离远,覆盖面积大,费用与通信距离无关。

应用地球静止轨道卫星的地面最大通信距离可达18000km。一颗地球静止轨道卫星的可视区可达全球表面积的40%,在这个大面积覆盖区域内的地面站可利用卫星转发信号进行通信。卫星通信成为国际、国内或区域(尤其边远地区)通信、军事通信和广播电视等领

域极有效的现代通信手段。

(2) 便于实现多址连接通信。

常规地面长距离通信通常为点对点。而卫星为大面积覆盖,卫星天线波束覆盖区域内的任何地面站均可共享卫星,实现站点间双边或多边通信。范围内的任何地面站均基本不受地理条件或通信对象限制。

(3) 通信频带宽,传输容量大。

卫星传输频带很宽,一般为 500~1000MHz,适合大容量语音、数据和多媒体等多种业务。一颗卫星的通信容量可同时传输数千甚至上万路数据信号,除光纤外,尚无其他通信手段能提供这样大容量的远程通信。大功率卫星技术的发展和新技术的不断应用,使卫星通信容量越来越大,传输业务类型也更加多样化。

(4) 机动灵活。

卫星通信不仅能用于大型固定地面站之间的远距离干线通信,也可在车载、船载、机载等移动地面站间进行通信,还可为个人移动终端提供通信服务。

(5) 通信线路稳定可靠,传输质量高。

卫星通信主要在大气层和宇宙空间中传输。宇宙空间接近真空状态,可视为均匀介质。电磁波传播特性比较稳定,不易受自然条件和人为干扰的影响,几乎不受天候、季节影响,即使在磁暴和核爆炸情况下,线路仍能畅通。

(6) 成本与通信距离无关。

卫星通信建站和运行费用不受站之间距离及地面自然条件影响。相比于其他地面远距离通信方式,卫星通信优势明显,对边远农村和交通、经济不发达地区极为经济有效。

当然,卫星通信在技术上还有一些限制和不足,具体如下。

(1) 高可靠和长寿命的要求难以满足。

卫星与地面相距甚远,一旦出现故障,难以维修。为控制通信卫星的轨道位置和姿态,需要消耗推进剂。而通信卫星的体积和重量有限,只能携带有限的推进剂,一旦推进剂耗尽,卫星就失去了工作能力,只能退出服务而沦为太空垃圾。

(2) 发射与控制技术复杂。

卫星与地面相距成千上万千米,卫星发射时需精确定点,调整姿态,并长期保持位置和姿态的稳定难度很大。电磁波的传播损耗很大,一般上、下行线路的传播损耗高达 200dB 左右。因此,为保证通信质量,需采用高增益天线、大功率发射机、高灵敏度和低噪声接收机以及先进的调制解调设备等,要求高,技术复杂。

(3) 信号传输时延和回声干扰较大。

地球静止轨道卫星通信系统的空地距离接近 40 000km,地面站→卫星→地面站的单向传输时间约为 0.27s,双向通信就达 0.54s。如用于通话,会给人带来不自然的感觉。如不采取回波抵消等特殊措施,再加上混合线圈不平衡等因素,还会产生回波效应(即听到本人语音的回声),会对通话质量造成较大影响。

(4) 存在日凌中断和星蚀现象。

每年春分和秋分前后,地球静止轨道卫星处于太阳和地面之间,地面站天线对准卫星的同时也对准了太阳,强烈的太阳辐射会严重干扰卫星下行信号,该现象称为日凌中断。当地球静止轨道卫星进入当地时间午夜前后的 10 到几十分钟内(最长 76min),卫星、地球、太阳

处于同一条直线上,地球挡住了阳光,卫星进入地球的阴影区,此时卫星的太阳能电池不能工作,称为星蚀。

此外,地球静止轨道卫星通信系统在地球高纬度地区的通信效果不好,两极地区存在通信盲区,地面微波系统与卫星通信系统之间还存在着相互的同频干扰。

地球静止轨道卫星组成的全球通信系统如图 5.2 所示。

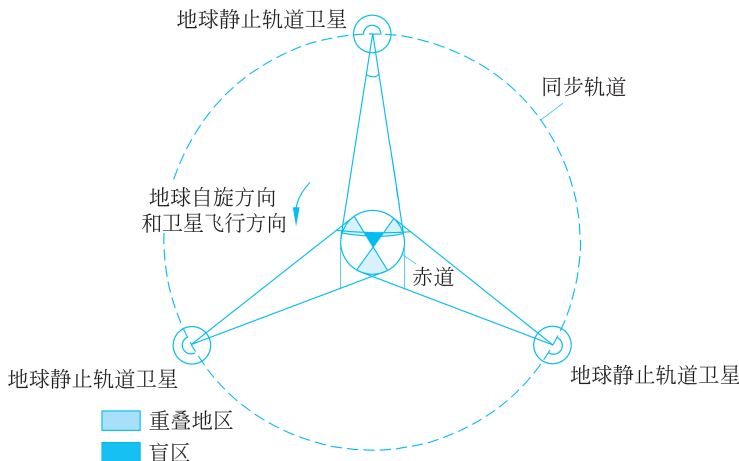


图 5.2 利用地球静止轨道卫星建立全球卫星通信系统

4. 卫星网络的分类

目前全球已建成数以百计的卫星通信网络,其分类如表 5.1 所示。

表 5.1 卫星网络分类

分类方式	类别
按卫星制式	地球静止轨道卫星网络、随机轨道卫星网络、低轨道卫星网络
按覆盖范围	国际卫星网络、国内卫星网络、区域卫星网络
按用户性质	公用卫星网络、专用卫星网络、军用卫星网络
按业务范围	固定业务卫星网络、移动业务卫星网络、广播业务卫星网络、科学实验卫星网络
按信号制式	模拟制式卫星网络、数字制式卫星网络

5. 卫星网络的拓扑与组网

1) 卫星星座拓扑结构

由于卫星节点不断运动,卫星网络的拓扑结构随时间不断变化,这使得卫星网络与其他通信网络有较大区别。其拓扑特点如下。

- (1) 节点位置及节点间的相对距离都是以时间为变量的函数。
- (2) 节点的邻居状况遵循一定规则。
- (3) 一般情况下,整个网络节点总数不发生变化。
- (4) 节点间距较大,且距离变化也较大,不能忽略。
- (5) 节点间的拓扑关系呈周期性变化。

这里仅对卫星星座拓扑分类进行简单说明,介绍3种基本拓扑结构。

(1) 星形拓扑。通常以一颗卫星为中心节点,其他卫星通过中心节点进行通信。其优点是:结构简单,轨道设计和实现的难度相对较小,便于管理和控制。其缺点是:所有通信必须通过中心节点,中心节点负载很大,存在单点失败的可能,容错性略差。

(2) 环形拓扑。同一轨道面内的每颗卫星都和相邻卫星相连,构成封闭环形链路。这种拓扑的路由选择、通信接口和网络管理相对简单,实现较容易,且多个环形星座通过地面站互连,可形成较高地面覆盖率。其缺点是在节点较多时传输效率低、时延长。

(3) 网状拓扑。每颗卫星至少和两颗以上其他卫星连接,铱星、Teledesic等系统都采用网状拓扑。其优点是星间链路有冗余备份,可靠性高,可实现全球覆盖,数据传输速率快,时延小。其缺点主要是需较多的卫星,建设成本高。

2) 卫星网络组网方式

确定拓扑结构后,进而可确定卫星网络的组网方式。有两种组网方式可供选择。

(1) 基于地面的组网方式。

网络功能主要由地面网络提供,每颗卫星都是一个位于外太空的中继器,接收地面用户发来的数据流,然后转发给地面站。地面站作为地面网络架构中的网关,而卫星则是扩展地面网络的无线网络的最后一跳。这种方式有全球星和ICO。

由于卫星在整个系统中负责最后一跳的连接,所以该组网方式的拓扑结构较随意。卫星网络将网络功能与空间传输的数据相互分隔,允许各自考虑网络层和报文设计。

(2) 基于空间的组网方式。

每颗卫星都有独立的处理能力,而且卫星都作为网络路由器,可通过使用星际链路(Intersatellite Link, ISL)和相邻卫星进行通信。卫星必须支持星载路由和交换机制。此时该卫星星座实际上就是一个独立系统或自治系统。卫星之间可直接进行网络互连和路由,有效减少了星地间的通信量。

图5.3所示为低地球轨道(Low Earth Orbit, LEO)和中地球轨道(Medium Earth Orbit, MEO)卫星网络结构。

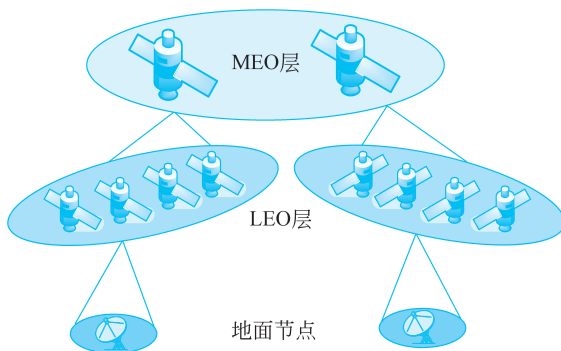


图 5.3 LEO 和 MEO 卫星网络结构

5.2 卫星网络原理

1. 卫星轨道

目前,卫星网络系统采用的轨道从空间形状上看分两种:椭圆轨道和圆轨道。通常椭圆轨道仅在卫星相对地面运动速度较慢的远地点附近提供通信服务,适于为高纬度区域提供服务;圆轨道卫星则可提供较均匀的覆盖特性,通常用于提供均匀覆盖的卫星系统。

从轨道高度分类,可将卫星轨道分为低地球轨道(LEO)、中地球轨道(MEO)、地球静止轨道(GEO)和高椭圆轨道(Highly Elliptical Orbit, HEO)。图 5.4 给出了各种卫星轨道的高度比较示意图。

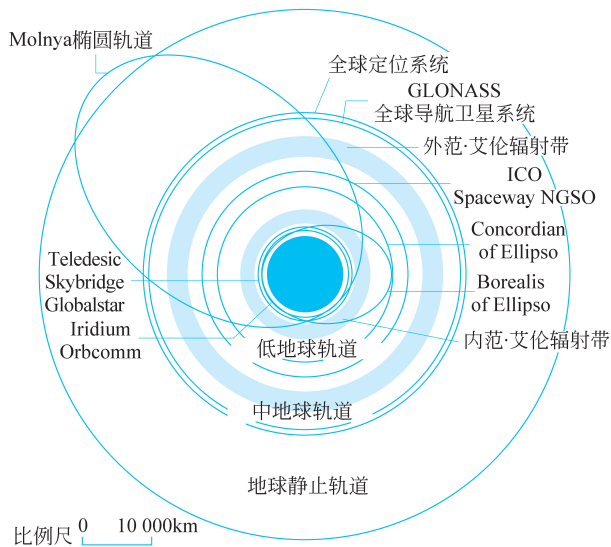


图 5.4 卫星轨道高度的比较示意图

图 5.4 中两个灰色圆环分别表示内、外范·艾伦辐射带。范·艾伦辐射带是围绕地球的高能粒子辐射带,较低的内范·艾伦辐射带主要包含质子和电子混合物,较高的外范·艾伦辐射带主要包含电子。范·艾伦辐射带对电子电路破坏性很强,选择卫星轨道时应避开这两个区域,这也限制了可用轨道高度。而对高度较低的轨道,大气阻力的影响明显。通常轨道高度低于 700km 时,大气阻力会严重影响卫星飞行,缩短卫星寿命。而轨道高度高于 1000km 时,大气阻力的影响可忽略。卫星网络各种轨道的参数对比如表 5.2 所示。

表 5.2 卫星网络各种轨道的参数对比

参数	轨道高度/km	波束数	天线直径	卫星信道数	射频功率/W	成本
低轨道	<2000	6~48	约 1m	500~1500	50~200	高
中轨道	8000~13 000	19~150	约 2m	1000~4000	200~600	低
高轨道	35 800	58~200	8m 以上	3000~8000	600~900	中

静止轨道卫星通信技术目前使用广泛,技术成熟。但它也存在以下不足。

(1) 轨道高,链路损耗大,终端功率和接收机要求高。如果要支持手持设备直接通信,需较大的星载天线(如12m以上的L频段天线),并采用点波束技术提高天线增益。

(2) 链路距离长,传播时延大。严重影响了某些实时性要求高的业务应用。多跳时延使该技术在很多实时业务中不适用。

(3) 覆盖有限。静止轨道固定在赤道上空,卫星通信系统实质上只能覆盖中、低纬度地区,无法有效覆盖高纬度地区,尤其是两极地区。

(4) 静止轨道资源有限。静止轨道位置非常紧张,是其继续发展的一个不利因素。

而高度相对较低的低轨和中轨卫星系统传播距离短,链路损耗小,降低了对用户终端的性能要求,便于支持低成本、小功率的手持设备通信。较小的传播时延允许端对端多跳通信,能实现真正的全球覆盖。

低轨卫星信号传播时延短,单跳时延为10~40ms,支持多跳通信,链路损耗小,降低了星上天线和用户终端的要求。但低轨卫星系统结构复杂,技术难度大。因轨道高度低,单颗卫星覆盖面积小,覆盖全球需大量卫星,系统投资大。而由于低轨卫星对地运动速度快,单颗卫星可视时间短,用户通信会经历频繁的波束间和卫星间切换。

中轨卫星是静止轨道卫星和低轨卫星的折中,一定程度上克服了二者的不足。中轨星座的高度约为静止轨道卫星的1/4,链路损耗和传播时延较小,仍可采用简单的小型卫星。由于其轨道高度较低轨卫星高,覆盖全球所需卫星数量比低轨系统少。用户远距离通信时,由于经历跳数较少,统计时延低于低轨系统。中轨系统是建立全球或区域性卫星移动通信系统较理想的方案。但在为地面移动终端提供宽带实时多媒体业务方面,中轨系统有一定困难,低轨系统更适宜高速多媒体业务。此外,中轨系统链路损耗较大。

2. 卫星网络的通信体制

卫星网络的通信体制指卫星通信系统的工作方式,具体包括多路复用、调制、编码、信道分配、多址连接与交换方式等。下面介绍信道分配和多址连接两种技术。

1) 信道分配技术

信道分配技术有预分配和按需分配两种方式。前者分固定和按时两种,后者包括全可变、分群全可变和随机等。较常见的是固定预分配,即两个地面站间信道为预先半永久性分配,连接方便,可看作专用。但实际上,业务量繁忙的信道会发生业务量过载,导致拥塞;而业务量空闲的信道则会闲置,浪费资源。应当针对实际业务量动态分配资源,减少拥塞和浪费,提高信道资源利用率。卫星通信信道分配技术如表5.3所示。

表 5.3 卫星通信信道分配技术

分配方式	类 型	特 点
预分配	固定预分配	通信线路的建立和控制非常简便,但信道利用率低
	按时预分配	信道利用率高
按需分配	全可变分配	信道可随时申请和分配,可获得转发器全部可用信道
	分群全可变分配	卫星信道被分成若干个群,在群内进行全可变分配
	随机分配	随机选取信道,信道利用率高,但易造成数据冲突

2) 多址连接技术

卫星通信中应用的多址连接技术有 FDMA、TDMA、CDMA 和 SDMA,如表 5.4 所示。

表 5.4 卫星通信中应用的多址连接技术

多址连接技术	特 点
频分多址(FDMA)	卫星转发器的可用射频频带分割成若干互不重叠的部分,分配给各地面站
时分多址(TDMA)	卫星转发器的工作时间分割成周期性的互不重叠的时隙,分配给各地面站
码分多址(CDMA)	具较强抗干扰能力,有一定保密性,改变地址较灵活。占用较宽频带,频带利用率一般较低,选择数量足够的可用地址码较困难;接收时,获取与同步地址码需耗时
空分多址(SDMA)	卫星天线增益高,卫星功率利用高

3. 卫星网络的关键技术

可以预见,卫星网络将向宽带网络发展,传统语音和低速数据业务比例将逐步缩小,而互联网和宽带多媒体业务将成为主流。未来的目标是支持任何人在任何时间和任何地点进行通信,带宽和 QoS 均有保证。卫星网络的一些关键技术简介如下。

1) 星座设计

静止轨道卫星覆盖广,易管理,但无法覆盖高纬度地区,链路损耗和时延较大,较难满足实时移动通信业务要求。而非静止轨道卫星传输损耗和通信时延较小,可实现区域覆盖、间断覆盖及真正的全球连续覆盖,因此非静止轨道卫星通信网络优势更大。

在非静止轨道卫星星座设计方面,先后涌现了很多方案,如极/近极轨道星座、 δ 星座、Rosette 星座、 σ 星座和 Ω 星座等。其中, δ 星座在全球星、ICO、Leo One、Celestri 等系统中得到采用,极/近极轨道星座被铱星系统和 Teledesic 系统等采用。

随着用户对通信带宽、服务类型和服务质量要求的不断提高,非静止轨道卫星星座设计趋于复杂化,从当初由单一类型卫星组成的星座向由多类型、多层次卫星组成的复杂星座发展,相应出现了很多具有分层结构的混合星座网络。

2) 星际链路

具有星际链路的星座系统在空间结构上比透明转发的卫星通信更复杂;但是,星际链路也有优势:可使卫星移动通信网不依赖地面网络而提供移动通信业务;卫星网络可成为地面网络的备份,提高整体可靠性;星上处理和星际交换功能减小了传输时延和时延抖动等,也有助于解决地面用户漫游问题。星际链路为无线点对点方式,可采用微波、毫米波或激光链路。其中,激光链路在带宽、保密性和成本等方面具有优势,但其对卫星的姿态控制要求较高。

3) 星上处理

宽带卫星业务相关的星上处理技术有星上信号处理、星上交换和星上路由等,分硬件和软件两方面。硬件包括快速开关切换、全数字化 FFT(Fast Fourier Transform,快速傅里叶变换)信道化、波束成形、功放及信号再生等技术,软件包括快速查找、高效业务路由算法等。而 MPLS、全 IP 网和软交换也将提高星上处理的功能和效率。

4) 切换技术

由于卫星相对于地面的高速移动和用户终端的移动性,一次通信过程可能经历多次切

换,包括波束间切换、卫星间切换和信关站切换等。切换导致的中断和时延对通信影响较大。不同切换技术策略直接影响切换时延、切换频率、频率利用率、QoS 保证和呼叫阻塞率等。

5) 卫星 TCP/IP

传统地面有线网络中的时延和误码率较低,TCP 采用确认机制来实现端对端的流量和拥塞控制。但 TCP 在卫星网络中性能会下降很多,其原因包括链路的长时延、高时延带宽积、链路的高差错率和不对称性等。已有解决方案包括端对端的解决方法和基于中间件的解决方法,但有待继续深入研究。

4. 卫星网络的组成和工作过程

1) 卫星网络的组成

卫星通信系统分为空间部分和地面部分。空间部分以通信卫星为主体,包括用于卫星控制和监测的设施,即卫星控制中心、跟踪遥测指令站、能源装置等。地面部分包括所有地面站,通常通过地面网络或直接连接到终端用户设备。卫星通信网络系统通常包括通信地面站、跟踪遥测指令、监控管理和空间 4 个分系统。

(1) 通信地面站分系统。一般由中央站、若干地面站、海上和空中地面站构成。中央站除具有普通地面站的通信功能外,还负责系统业务调度与管理,对普通地面站进行监测控制与业务转接等。用户通过地面站接入卫星通信系统,相当于微波中继通信的终端站。一般而言,地面站的天线口径越大,发射和接收能力就越强,功能越多。

(2) 跟踪遥测指令分系统(测控站)。跟踪测量卫星,控制其准确进入轨道并到达指定位置。在卫星正常运转后,定期修正卫星轨道和保持位置,必要时控制卫星返回等。

(3) 监控管理分系统(监控中心)。对已定点轨道的卫星,在业务开通前后监测和控制其通信性能,如转发器功率、天线增益、各地面站发射信号的功率带宽和频率、地面站天线的方向图等基本系统通信参数。

(4) 空间分系统(通信卫星)。包括转发器、天线、星体遥测指令、控制系统和能源系统等。主体是其通信系统,辅助部分包括星体上的遥测、控制系统和能源等。

2) 卫星网络的工作过程

在卫星通信系统中,各地面站经过卫星转发可组成多条通信线路。在通信线路中,从发信地面站到卫星这一段称上行链路,而从卫星到收信地面站这一段称下行链路,两者构成一条简单的单工链路,如图 5.5 所示。两个地面站都有收发设备和相应的信道终端时,加上收发共用天线,便可组成双工卫星通信链路。

卫星通信线路分单跳和多跳两种,前者指发送信号只经一次卫星转发后就被对方站接收,后者指信号需经两次或多次卫星转发后才被对方接收。

5. 卫星链路

图 5.6 所示为典型卫星链路的构成。由于卫星到地面距离很远,电磁波传播路径很长,衰减很大,无论是卫星还是地面站收到的信号都较弱,所以噪声影响突出。卫星链路重点考虑接收的输入端载波与噪声功率的比值(载噪比)。模拟卫星通信系统的载噪比决定了输出

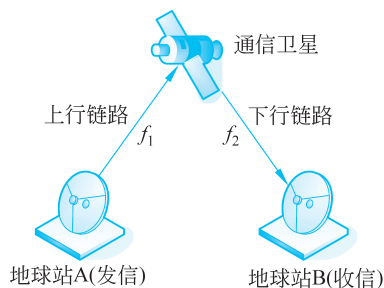


图 5.5 简单卫星通信工作过程示意图