

# 卫星通信抗干扰技术及发展趋势探讨

屈 芸

北京中交通信科技有限公司 北京 100000

**摘 要:** 卫星通信本质上属于无线通信方式,即在地球轨道上借助卫星实现中继通信。它广泛应用于定位、检测和通信。随着当今时代科学技术的发展和创新,以及人们对通信需求的不断增加,卫星通信技术逐渐成熟。然而,由于大多数通信卫星处于地球静止轨道,这种独特的限制导致大量卫星部署在地球轨道上。因此,对频率资源的利用有很大的限制。面对日益增长的通信业务需求,我们要积极推进卫星通信抗干扰技术的创新和优化,在了解各种干扰因素的基础上有效应对,努力维护卫星通信的安全稳定。

**关键词:** 卫星通信; 抗干扰技术; 发展趋势

## 引言

卫星通信是现代生活一项必不可少的技术,尤其是随着科学技术的普及,其更是成为广大人民群众日常生活中的一部分。其通过收集位于地球上的各个通信站的信号,并依托于微波形式进行大范围传输,可以实现大范围的信号覆盖,且由于其传送形式的特点,其所使用的频段通信容量较大、电波传输过程中的信号损失较少,因此,可以保证较高的通信传输质量;同时,与传统的通信技术相比,卫星通信技术打破了地理条件的限制,其组网便捷迅速,可以实现全球无缝衔接,这使得其成为当前世界范围内通信系统的重要环节,广泛应用于移动通信、广播电视、军事等领域。因此,通过分析影响卫星通信效果的因素及目前主要的卫星通信抗干扰技术,对其发展趋势进行了展望。

## 1 卫星通信的干扰因素

### 1.1 电磁干扰

电磁干扰是影响卫星通信质量的典型因素。当今时代,随着电子技术和信息技术的不断发展和创新,电子设备已经渗透到人类社会的各个角落,这些电子设备发出的电磁信号必然会影响到卫星通信信号的传输,尤其是雷达系统、广播信号和微波通信,这种电磁干扰功率大,影响不可忽视。此外,工业生产设备的电气噪声、医疗设备的电磁波以及地球站设施质量问题造成的杂波也在一定程度上影响了卫星通信的信号传输质量<sup>[1]</sup>。

### 1.2 通信系统干扰

在卫星通信系统运行过程中,地面站与卫星之间的信号传输主要依靠通信信号处理设备来实现。随着这项技术的广泛应用,技术创新没有同步提高,导致现有卫星频率资源不足。它们中的大多数只能在同一频率上独立运行。此外,由于相邻卫星之间的隔离不够,卫星通

信之间可能存在耦合效应,导致通信质量下降。

### 1.3 自然环境干扰

自然环境干扰难以避免,主要是因为卫星处于宇宙环境中。无论是太阳噪声、行星运动、大气粒子散射、电离层闪烁、太阳黑子异常等,产生的射线或能力都有能力产生覆盖范围广的高能电磁波束,这将不可避免地影响卫星通信系统的正常运行,信号传输质量降低<sup>[2]</sup>。

### 1.4 人为因素的影响

所谓人为因素的干扰,主要是由于卫星通信信号在传输过程中需要通过透明转发器进行信号的变频转发来处理信号,这样一来,若缺乏对信号的处理,就必须要通过人工操作来进行信号的处理,若人工操作方面出现一些误差,比如说输出大功率的上行信号等,这些行为都会导致信号干扰,从而影响到正常输出的信号,而且可能会存在一些不法分子为了获取一些经济效益,破坏卫星通信的信号设备、对信号进行改路等,这些都会导致卫星通信信号的不稳定,给卫星通信的安全性埋下一定的隐患。若说自然因素就是无法避免的对卫星通信系统的干扰,那么对于自然干扰因素来说,人为因素往往可以通过一些科技手段进行控制,从而减少对卫星通信技术的影响,在卫星通信的发展当中,必须要有效地控制人为因素的影响。

## 2 卫星通信中的主要技术

### 2.1 CDMA技术

CDMA(码分多址)系统通过采用话音激活技术、前向纠错(FEC)技术、功率控制技术、频率复用技术、扇区技术等技术手段,可使CDMA系统容量大幅扩大,同时,它还具有抗多径干扰能力、更好的话音质量和更低的功耗以及软区切换等优点<sup>[3]</sup>。CDMA以其本身所具有的特点及优越性而广泛应用于数字卫星通信系统中。特

别是近年来,小卫星技术的发展为实现全球移动通信和卫星通信提供了条件,利用分布在中、低轨道的许多小卫星实现全球个人通信,已在国际上逐渐形成完善的体系。CDMA移动卫星通信系统根据导频信号的幅度实现功率控制,减少用户的要求从而增加系统的容量,减少多址干扰;CDMA移动卫星通信系统可利用多个卫星分集接收,大大降低多径衰落的影响,改善传输的可靠性。此外,由于CDMA多址方式具有优越的抗干扰性能、很好的保密性和隐蔽性、以及连接灵活方便等特点,决定了它在军事卫星通信上具有重要的意义。

## 2.2 抗干扰技术

现代军事斗争中,敌我双方对卫星通信干扰与抗干扰技术对抗越来越激烈,未来战争中电磁环境将变得越来越复杂,卫星通信因其固有的特点而面临极大的威胁。由于通信卫星始终暴露在太空中,且信道是开放的,易于受对方攻击。因此,军事卫星通信中干扰和抗干扰是斗争双方关注的焦点,研究在复杂电磁环境下卫星通信抗干扰技术体制已成为提高军事通信装备生存能力与确保军事指挥顺畅的关键。卫星通信抗干扰主要通过传输链路抗干扰、软硬件设备抗干扰以及建立综合智能抗干扰体系等措施实现<sup>[4]</sup>。传输链路抗干扰主要有DS/FH混合扩频、自适应选频、自适应频域滤波、猝发通信、时域适应干扰消除、基于多用户检测的抗干扰、跳时(TH)、自适应信号功率管理、自适应调零天线、多波束天线、星上SmartAGC、分集抗干扰、变换域干扰消除、纠错编码和交织编码抗干扰技术等。软硬件设备抗干扰主要有光电隔离、硬件滤波、屏蔽、数字滤波、指令冗余、程序运行监视等技术。建立综合智能抗干扰体系可以通过建立软件化抗干扰硬件平台、建立智能化抗干扰软件应用系统,如:智能抗干扰系统、网络监测控制系统、专家策略支持系统等措施实现。特别值得一提的一种抗干扰、抗搜索、抗截获的技术是跳频通信技术,它是在现代信息对抗日益激烈的形势下迅速发展起来的。

## 2.3 基于MPLS的移动卫星通信网络体系构架

MPLS(多协议标签交换)技术由于可将IP路由的控制和第二层交换无缝地集成起来,具有IP的许多优点(如扩展性、兼容性好),又可很好地支持QoS和流量工程,是目前最有前途的网络通信技术之一。近年来,在地面固定网MPLS技术逐渐成熟后,该技术已向光通信、无线通信和卫星通信等领域扩展。现有的宽带卫星系统设计主要采用卫星ATM技术,研究表明该技术可给不同的业务提供很好的QoS保证。卫星MPLS体系结构分为用户

层、接入层、核心层三部分,其中,用户层包括卫星手持移动终端(直接接入移动卫星网)、小型专用局域网用户(通过小型地面移动终端接入卫星网)、其他网络用户(通过地面网关站接入卫星网络)等<sup>[5]</sup>。

接入层由标签边缘交换路由器(LER)组成,完成卫星MPLS网同其他网络以及卫星手持移动终端的连接,其主要功能包括实现对业务的分类、建立FEC和标签之间的绑定、约束LSP的计算、分发标签、剥去标签以及用户QoS接纳管理和相应的接入流量工程控制等。核心层由标签交换路由器(LSR)组成,完成信息按MPLS标签进行交换转发,其上主要运行MPLS控制协议和第三层路由协议,并负责与其他标签交换路由器交换路由信息来建立路由表、分发标签绑定信息、建立和维护标签转发表等工作。

## 2.4 自适应编码调制技术

该技术拥有通信自适应特点,在通信传输中应用,可总体评估信道环境,借助回传信道朝着发送端传输信道实际情况,随后以实际情况为根据确定编码、调制方式。一般情况下,倘若信噪比偏低,要想完成通信需应用较低信息速率;反之需应用较高信号速率,以便为信道利用率协调于速率提供保障。如此一来即可实现系统运行效果的显著提升,为信道传输提供可靠性保障。对比分析而言,自适应编码调制技术可实现功率增益的提升,将系统回路延时等不足打破。因此,为了使系统性能更佳,需结合实际情况合理选择编码调制方案,以使卫星通信系统的运行得以更稳定<sup>[1]</sup>。

## 2.5 扩展频谱抗干扰技术

主要包含DS与FH技术的扩展频谱抗干扰技术是目前卫星通信抗干扰技术的主要方向之一,对提高卫星通信系统的整体质量发挥了至关重要的作用。直接序列扩频技术(DS技术),其主要是通过不断的卫星信号解扩处理,形成窄带信号并对能量进行窄带滤波,最终实现降低卫星信号干扰。DS技术的应用研究国内已经较为成熟,不管是在理论基础还是在实践应用方面均形成了一定的成果,对卫星抗干扰方面发挥了重要作用。跳频技术(FH技术)的多种载波频率随机切换特性能有效提高卫星通信的抗干扰能力。

## 2.6 限幅技术

限幅技术在抗干扰方面有着极为广泛的应用,能将功率放大器受到的上行干扰有效避免。系统所处状态较为理想时,要求限幅器具备特定限幅特点,通过高功率信号的输入,可实现信号的减弱;而当信号所处状态为低功率时,就会有十分微小的插入损耗产生。通信限幅的构成主要包含硬、软限幅两部分,前者在非线性状态

下通过大信号的应用施压给小信号,一旦有连续波干扰出现,那么就会显露出更为突出的压缩比<sup>[2]</sup>。而碳化硅材料相对于传统硅材料而言,在电子饱和飘移速度、热导性能方面具有更显著的优势,当其应用之后,能使相关器件具有更显著的抗辐射效果。线性区域、限幅区是其工作的主要分布区域,压缩比和干信比等要素间有着十分密切的关系,当限幅时因非线性因素影响缘故,强信号的产生率极高,可对小信号进行抑制,其最大值可实现6dB,远强于原本4dB的性能。

### 2.7 星上处理抗干扰技术

关于此项抗干扰技术,主要是为了保障透明转发器正常使用,解决其存在的问题。透明转发器是卫星通信系统运行中容易受干扰的环节,而采用星上处理抗干扰技术,可以对上、下行链路去耦处理,摒弃关联,即便透明转发器受到干扰影响,也可以将其推向饱和,最大程度上减少外部干扰源的影响干扰。结合实际情况来看,星上处理抗干扰技术优势鲜明,是卫星通信抗干扰技术未来发展的必然选择。

## 3 卫星通信的发展趋势

在目前的通信卫星中,已采用许多代表当今世界通信卫星的先进技术,如氩离子发动机、高能太阳电池和蓄电池、大天线和多点波束(如:THURYU、ASES、TORSS、GALILEO等卫星天线)、卫星星上处理器(如:窄带信道化器、数字波束成形网络和BUTLER矩阵放大器)以及射频功率动态按需分配等技术,这些技术的发展,对通信卫星和卫星通信的发展产生了深刻的影响<sup>[3]</sup>。

### 3.1 通信卫星向大、小两极发展

现代卫星通信的发展趋势之一就是卫星星体本身正在向大型化和微型化两个方向发展。一方面,各国为了提高卫星的灵敏度和星上处理能力,以及实现卫星的一星多能,将卫星星体造得越来越大,重量也越来越重。卫星大了也有弱点,易受电磁干扰和敌方反卫星武器的破坏,而小卫星、微小卫星却能克服这种缺陷。若用多颗小卫星组网来代替单颗大卫星,就可以提高卫星系统的生存能力。

### 3.2 卫星通信向卫星移动通信方向演进

卫星移动通信是指利用卫星实现移动用户间或移动用户与固定用户间的相互通信。随着技术的发展,卫星的功能逐渐增强,许多原来由地球站执行的功能被转移到卫星上去完成,从而使地面设备变得越来越简单,天

线尺寸也随之大幅度减小。随着频谱扩展、数字无线接入、智能网络技术的不断发展,卫星移动通信在向卫星个人通信方向演进,用手持机可实现在任何地点、任何时间与世界任何地方接入卫星移动通信网的用户进行双向通信<sup>[4]</sup>。

### 3.3 卫星通信与互联网技术相结合

由于卫星通信和计算机技术的飞速发展,产生了卫星互联网技术。目前卫星互联网的连接方式主要有两种:一种是利用宽带卫星的双向传输;另一种则是利用卫星的高速下载和地面网络反馈的外交互通信方式,即将卫星链路作为下行数据链路,而将电话拨号、局域网等其他通信链路作为上行数据链路,这种方式是基于当前互联网信息流量的非对称性提出来的,它是卫星通信的一个热点。

### 3.4 通信宽带化

为了满足卫星通信系统用户对带宽的需求,卫星通信技术已向Ka、Q等波段发展。一些国家卫星系统已拓展直EHF频段。采用EHF频段有很多现有其他频段无可比拟的优点,一是扩大EHF频段的容量,大大减轻现有频谱拥挤现象;二是EHF的波束窄,可减少受核爆炸影响出现的信号闪烁和衰落,抗干扰和抗截收能力。三是EHF频段系统使用的部件尺寸和重量都可大大缩小和减轻<sup>[5]</sup>。

## 结语

卫星通信技术的发展难题就是地面到卫星的传输影响,在这过程中会造成激光能量的衰减,使得激光的能量无法达到传输的需求,因此必须提高其传输效率。该技术的发展趋势是建立空间组网,使得激光在更加有效的环境下进行传输。

## 参考文献

- [1]马红芳,王勇征,田映东,等.卫星通信抗干扰技术浅析[J].中国新通信,2020(7):16.
- [2]黄越.卫星通信抗干扰技术以及发展研究[J].数字通信世界,2019(12):50.
- [3]杨松.广播电视卫星传输的干扰因素与对策分析[J].商品与质量,2020(32):177.
- [4]党大鹏.卫星通信抗干扰技术及其发展趋势探析[J].数字通信世界,2019(6).
- [5]张慎昊.新时期关于卫星通信抗干扰技术的发展趋势研究[J].信息周刊,2019(3):96.