

卫星移动通信的终端天线技术探讨

赵建武

中国电子科技集团公司第三十九研究所 陕西西安 710065

摘要: 在卫星移动通信系统中, 终端天线技术十分关键, 在其漫长的发展过程中, 出现了很多形式的天线, 例如简单的圆形天线、多波束成型的大天线等。技术人员要根据卫星移动通信系统的要求, 选择最佳终端天线, 使其能够更好的为我国经济发展做出贡献。本文主要介绍了卫星通信车载天线技术、卫星移动通信智能天线技术和卫星移动通信车载天线技术, 希望给相关的工作人员提供一些参考信息。

关键词: 卫星; 移动通信; 终端天线技术

Discussion on the terminal antenna technology of satellite mobile communication

Jianwu Zhao

The 39th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Xi' an, Shaanxi 710065

Abstract: In satellite mobile communication systems, terminal antenna technology is crucial. In its long development process, many forms of antennas have emerged, such as simple circular antennas and large antennas with multiple beamforming. Technical personnel should choose the best terminal antenna according to the requirements of the satellite mobile communication system, so that it can better contribute to China's economic development. This paper mainly introduces satellite communication vehicle-mounted antenna technology, satellite mobile communication intelligent antenna technology, and satellite mobile communication vehicle-mounted antenna technology, hoping to provide some reference information for relevant workers.

Keywords: satellite; Mobile communication; Terminal antenna technology

引言

卫星移动通信系统的应用能够将全球任何地方的所有用户都纳入该通信系统中, 给人们的交流与沟通提供了巨大的方便, 有利于促进世界经济发展。终端天线技术是通信系统的重要组成部分, 它的重要性也在不断增加。虽然终端天线技术的研究已经有一段时间, 但是由于高端技术依然受到高昂成本和性能的限制, 因此还需要技术人员不断对其进行完善与优化, 使其能够满足卫星移动通信系统的应用需求。

一、卫星通信车载天线

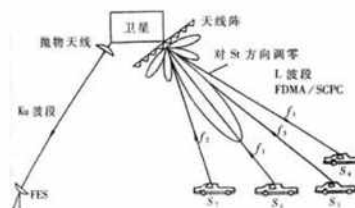
本文以 1.8 米的天伺系统为例来介绍卫星通信车载天线, 该系统的组成主要有天线控制器、电子罗盘和 1.8 米的偏馈天线等设备, 反射面使用的是铝蜂窝夹心结构, 因此具有重量轻、高度低的特点。该系统采用的是模块化结构和单片机编程技术来控制天线, 通过在天线上安装多个传感器来采集天线状态信息^[1]。天线控制器由于有电子罗盘和信标接收机的共同作用, 因此能够完成自动补偿, 例如自动对星和进行搜索等。不仅如此, 还能实现远程监测和控制天线, 第一时间向计算机播报当地的经纬度、信号幅度以及故障信息等内容。在该天线控

制系统中需要配置 GPS, 此时机动车载每到一个地方, 就能够根据 GPS 定位系统所提供的坐标信息来寻找所使用的卫星。

二、卫星移动通信智能天线

智能天线的移动卫星通信系统如图一所示, 是通信中至关重要的指挥手段之一, 也是保证装备精密度的关键因素之一。智能天线技术应用的主要作用是对抗干扰, 其方向图零点能够精准的对准干扰方向, 并确保不会破坏主波束中有用信号的来向。该技术的最大优势是最大限度输出信号的同时, 将信号干扰降到最低, 实时完成加权的自动调整。

图1 智能天线的移动卫星通信系统



智能天线在信号处理方面采用的是现代数字处理技

术,通过最佳的自适应算法,在空间内形成动态的定向波束,使天线方向的图主瓣能够对准信号所抵达的方向,从而准确的对准干扰信号来源的方向,起到抑制干扰信号的作用^[2]。由于智能天线采用的是信号处理技术来判断有用信号的来源方向,而且能够在该方向上产生主波束,再加上信号在不同空间上的传播有不同的信道,此时更能提高其对抗干扰信号的质量。另外,技术人员为了提升干扰信号的效果,还可以根据实际情况,将干扰信号检测、抵消等信号处理技术联合使用。

智能天线的应用主要有接收技术、发射技术和分配技术三种,首先是接收技术,特定的信道承载着不同的用户,因此存在比较多的干扰码。技术人员要对其进行恢复,并对下行发射信息做出更加有效的反响。其次是发射技术,为了满足数据传输的需求,一定要对蜂窝系统的信号发射率进行动态控制,根据用户的时空差异,有针对性的给其发送下行信号,以免其受到其他用户信号的干扰。

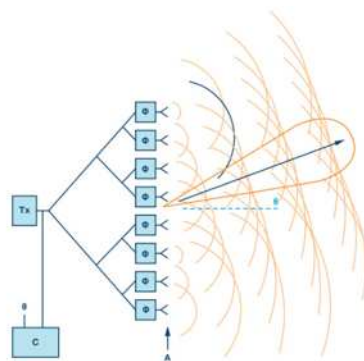
三、卫星移动通信车载天线

卫星移动通信车载天线主要分为三种形式,分别是面天线、相控阵天线和平板天线,每种形式都有自己的特点和优势。

3.1 首先是面天线。它是由变焦距的环焦天线和小型化轻型波纹喇叭等设备所组成,利用单脉冲自跟踪技术,确保天线始终能够高精度的跟踪卫星。不仅如此,面天线还采用了陀螺群自身稳定技术来降低车辆状态变化对天线造成的影响;GPS技术、罗盘技术以及扫描捕星技术能够完成快速对星^[3]。天伺系统主要由天线、控制单元和跟踪单元等组成,天线在接收到卫星信号之后,经过主副面的反射,进入博文喇叭,再经过移相器调相之后和通道信号耦合出的能量结合在一起,送到接收器上调节出误差信号,最后将天线伺服系统指向卫星,实现对卫星的自动跟踪。

3.2 其次是相控阵天线。它是通过控制数字式移相器来完成卫星的跟踪,并实现信号传输,理论框图如图2所示。它的应用优势十分突出,不仅具有快速的扫描能力,波束形状的变化也非常迅速,而且空间功率的合成能力非常强,同时还具有天线与载体平台共形的能力。相控阵天线的系统结构有两种方式,第一种是基于导频信号的方案,能够实现天线自动对整个空间进行扫描,寻找出卫星的导频信号,并对准信号最强的地方。该方式更加适合静止用户,对于运动的用户而言不是非常合理,需要实时改变卫星波束。第二种是在移动用户和运动状态信息的基础上,通过一定的计算,判断出天线指向卫星的方向。

图2 相控阵天线的基本理论框图



相控阵天线单元较多,其中微带天线单元在相控阵天线系统中的应用最突出,不仅抛面薄、体积小,而且还能将馈电网络与天线结构结合在一起,以便于获取圆极化,更容易实现双极化和双频段工作。微带天线主要工作在L波段,接收与发射都是使用一幅天线。

波束控制器也是相控阵天线中非常重要的组成部分,在很大程度上决定了天线的动中通性能。移动用户在使用通信系统的过程中,由于位置和姿态在不断变化,为了保证通话不被间断,天线波束则不能受到载体位置和姿态变化的影响,始终朝向卫星信号的方向。天线波束跟踪所采用的是开环控制方式,波控机主要由GPS定位系统的OEM板、单片机和数字移相器等设备所组成。此时单片机在接口和OEM板的作用下,能够读取到更多移动用户的姿态信息和位置。当硬件结构确定完成之后,技术人员还要将对应的软件系统与其配合,完成定位数据的提取,并对数据进行计算与分析,从而确定移动用户相对于卫星的具体位置,得到每个移相器的波束控制码。

一个完整的相控阵天线系统主要由单元阵列、波束控制器、移位器以及各种辅助设备所组成,技术人员在设计与实现该系统时,要结合用户要求,选择最佳的硬件和软件系统,使其能够更好的完成卫星移动通信任务。例如移相器的选择,可以选择微带二极管型式的3b可控数字移相器,它的质量只有40克,消耗功率也仅0.6瓦,不仅功率低,而且转换时间短,稳定性也非常好,更加符合相控阵天线的要求。

设计相控阵天线时,设计人员要重点考虑阵列大小和辐射元件功率之间的平衡,以免影响波束的方向性和有效辐射功率。其中最关键的就是天线阵元的间隔问题,一旦技术人员通过设定阵元数量来确定系统目标,则物理阵列的直径很大程度上取决于每个单元构件的大小限制,防止栅瓣。

3.3 最后是新一代平板天线技术。近几年我国在集成电路和新材料技术方面有了巨大的突破,因此在卫星通信终端天线技术方面也获得了一定的成绩。目前新一代平板天线技术主要有芯片级相控技术、超材料波束形成技术和光学波束形成技术三种。

芯片级相控阵技术主要是利用芯片和微电子技术的

联合使用来降低相控阵天线的成本，它与传统的相控阵天线的主要区别是没有使用大量的移相器和功率放大器电子元件，而是使用了具有数字波束功能的集成电路为芯片。这里的每个芯片都能和天线组合成一个最基础的天线元件，从而可以在任何方向形成波束。

超材料波束形成技术中的超材料是指一种结构和特性都比较特殊的新型材料，它的元件设计小于作用信号的波长，以便于合理控制无线电信号的传播，从而能够改变对信号的阻挡、增强以及吸收。超材料天线与面天线和相控阵天线的信号产生不同，它是通过可调谐材料元件结构来散射无线电信号，创建全息波束。此时波束的方向是由被激活元件所控制的，元件散射出信号的辐射能量，通过软件控制和改变元件的分布。

光学波束形成技术是在计算机建模和微波电子学发展的基础上所创建出的波束形成器，它能够严格控制信号的传播方式并形成波束。该方式与相控阵天线方式相比较，所使用的电子元件数量有所减少，电路能够减少将近 80% 左右，在一定程度上降低了天线的成本。

四、卫星移动通信终端天线技术的发展前景

卫星移动通信终端天线技术在应用过程中，为了能够更加准确的计算出水平角、仰角和极化角，务必要制定出准确的方向标。而方向标的确定则是利用天线内部的罗经所提供的数据，经过计算得出数值，再通过驱动伺服判断定位^[5]。目前我国通信卫星的数量和 market 占比

均低于全球平均水平，因此未来的上升空间非常大，技术人员也要努力提升自身的技术水平，对行业进行细化分析，为卫星移动通信行业的发展做出更多贡献。

五、结束语

卫星移动通信系统的覆盖区域比较广，组网十分灵活，受到地形地貌的影响较小，因此更加适合偏远地区和特种行业的通信。在当前各种形式的通信天线中，相控阵天线的性能最佳，也是未来主要的发展方向，因此技术人员要加大研究力度，尽量改变其成本高的问题，使其能够被广泛推广与应用，为我国的卫星移动通信终端天线技术的发展提供技术支持。

参考文献：

- [1] 杨廷卿, 林善亮. 卫星移动通信系统组成及应用的探讨 [J]. 通讯世界, 2020, 27(01): 120-121.
- [2] 曹文胜, 许世博. 应用低轨卫星通信的集装箱跟踪装置的设计 [J]. 电子技术与软件工程, 2020(10): 68-70.
- [3] 从一博. 电子通信系统的一些关键技术问题研究 [J]. 数字技术与应用, 2019, 37(10): 34-35.
- [4] 贾卫红. 卫星移动通信系统关键技术探究 [J]. 信息记录材料, 2021, 22(8): 117-118.
- [5] 张帅, 陈焕东. 船载移动通信终端设计与实现 [J]. 信息通信, 2019(10): 209-211.