

一种卫星通信天线伺服机构设计

宋 斌 齐永龙

(成都天奥测控技术有限公司 成都 611731)

摘 要:随着卫星通信的不断发展,为了适应更多的应用领域,提出了一种新的小型卫星通信天线伺服机构的结构类型。该机构采用了“倾斜仪+GPS”校准并利用陀螺修正的工作原理,能够很好地隔离载体运动对天线平台的影响,使得天线始终高精度对准卫星,实现连续的卫星通信。针对卫星通信要求完成了伺服机构的总体设计及各部件设计,同时阐述了伺服机构控制软件的总体设计。经过实验表明,该伺服机构性能指标已达到设计指标要求,并实现了跟踪功能,能够满足卫星通信使用要求。

关键词:伺服机构;跟踪;平行四边形机构

中图分类号: TP23 TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

Design of satellite communication servo mechanism

Song Bin Qi Yonglong

(Chengdu Spaceon T&C Technology Co., Ltd., Chengdu 611731, China)

Abstract: With the rapid development of satellite communications, in order to adapt more and more application domains, this paper introduced the structure type of a new pint-sized satellite communication antenna servo mechanism. The mechanism adopts working principle of calibrating by “clinometers + GPS” and amending by gyroscope, and it can insulate the result that the carrier movement influences the antenna platform. It makes the antenna aim at the satellite with high precision all the time, and implements continuous satellite communications. The paper gave the overall design and parts design of the servo machine based on the demand of satellite communications, at the same time, it introduced control software and overall design of the servo mechanism. The experiment results indicate that the technology specifications of the mechanism have achieved the demand of designs, and it has implemented tracking function. This servo mechanism can satisfy the demand of satellite communications.

Keywords: servo mechanism; track; parallelogram mechanism

1 引 言

随着卫星电视接收、电视直播、车载及机载卫星通信、地质勘探、应急通信等多种行业的快速发展,需要卫星移动通信系统。由于移动载体在运动过程中,其姿态随着环境变化不断改变,在此情况下如何保证天线伺服系统能够很好隔离载体(飞机、汽车、火车、舰船)运动对天线平台影响,并在各种环境条件下保证天线始终高精度对准卫星,实现连续的卫星通信,是移动载体保持与卫星正常通信的关键。目前卫星天线伺服机构主要采用 A-E 两轴座架结构形式,其主要优点是结构简单、平衡比较容易、直径尺寸较小,但其缺点也很明显,工作时高度尺寸大,对于一些在高度尺寸有限制的应用具有局限性^[1],为此提出一种新的天线伺服机构来解决存在的问题。

2 工作原理

工作原理方框图如图 1 所示。伺服机构以 50 ms 的周期接收上位机发送的俯仰和方位的位置指令,该信息是上位机采用“倾斜仪+GPS”的方式解算获得。伺服机构将接收的信息与机构上的旋转变压器反馈值进行比较,经数字 PID 计算后驱动机构运动。

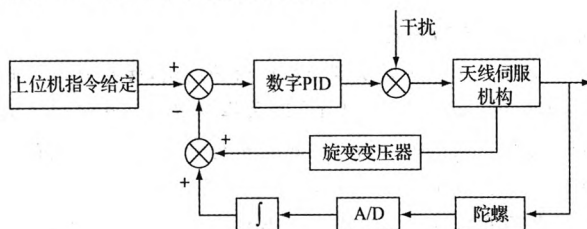


图 1 伺服机构工作原理

收稿日期:2013-12

中国科技核心期刊

国外电子测量技术 — 49 —

由于上位机发送位置指令周期为 50 ms,因此在 2 次指令的时间间隔内载体姿态有可能发生较大的变化,伺服机构若仍然按照上位机发送的位置指令运动,就会产生较大的位置误差,需要使用陀螺仪来感知本伺服机构在俯仰和方位方向的速率变化。本伺服机构上安装了 2 个单自由度的速率陀螺,用于感知俯仰和方位的速率变化。控制单元采集 2 个陀螺仪的速率值积分后得到伺服机构位置的变化量,并与机构当前位

置进行计算后得到新的位置指令,从而保证了运动过程中天线的稳定。

3 天线伺服机构总体设计

3.1 天线伺服机构的组成

天线伺服机构由 ACU 控制单元、俯仰驱动部件、方位驱动部件、直线运动驱动部件、陀螺传感部件及机械结构部件等组成,如图 2 所示。

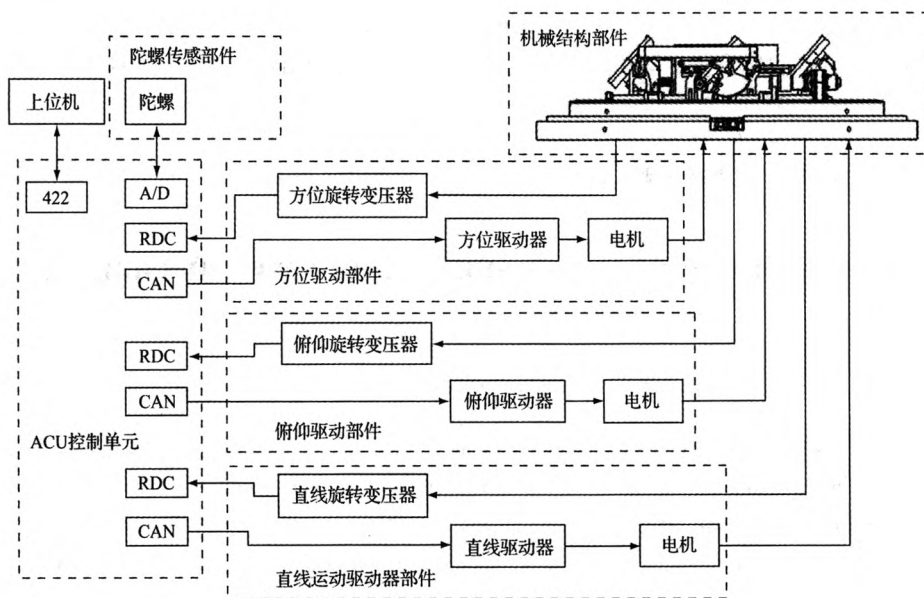


图2 天线伺服机构组成

3.2 方位、俯仰和直线驱动部件

目前天线伺服系统有 2 种伺服系统:一种是直接驱动的伺服系统,即力矩电机直接与负载相连的伺服系统;另一种是间接驱动的伺服系统,即驱动电机轴和负载之间通过诸如齿轮之类的减速器连接起来的伺服系统,驱动电机可以是直流伺服电机、交流伺服电机或步进电机^[2-3]。

由于本天线伺服机构^[4-8]中体积及重量限制,因此 3 个运动均采用直流伺服电机驱动,其中方位和俯仰部件由直流伺服电机通过减速器再加一级齿轮减速完成,直线运动由直流伺服电机通过减速器再加一级丝杠传动实现^[9]。

3.3 ACU 控制单元

该控制单元主要实现与上位机的通信,接收方位和俯仰的速度和位置信息,同时实时采集陀螺信号并将载体的姿态变化与天线伺服机构的位置进行合成计算,生成新的控制指令控制伺服电机运动,实现天线的稳定跟踪^[10]。

控制单元主控芯片采用 ARM32 位的 CortexTM-M3 CPU,最高工作频率 72 MHz,单周期乘法和硬件除法,256 K 到 512 K 的闪存程序存储卡,64 K 的 SRAM,其原理图如图 3 所示。

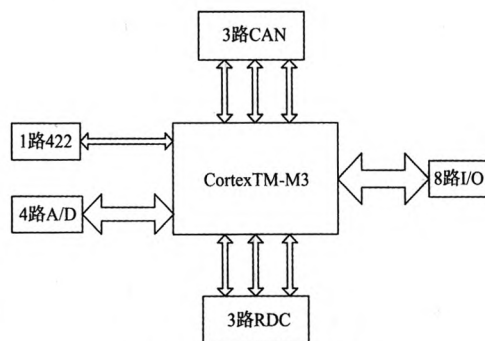
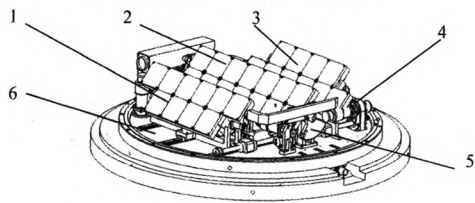


图3 ACU 控制单元原理

3.4 机械结构部件

本平板天线伺服机构机械结构部件,包括底座、转盘、第 1 天线阵面、第 2 天线阵面、第 3 天线阵面、俯仰转动机构、直线运动机构和方位转动机构。第 1、第 2 和第 3 天线阵面相互平行,且各自独立安装在支座上实现俯仰转动,第 1 和第 3 天线阵面的支座底部滑动安装在转盘上,第 2 天线阵面的支座固定在转盘上,且第 2 天线阵面的一端通过平行四边形机构与第 1 天线阵面连接,另一端通过平行四边形机构与第 3 天线阵面连接,可实现 3 个天线阵面同步转动。为保证 3 个天线阵面朝同一方向,并且阵面的正上方不得相互遮挡,设计

一直线运动机构在第1和第3天线阵面俯仰运动的同时还进行直线运动。方位转动机构安装在转盘上,驱动转盘沿环形齿圈内做平面转动。其示意图如图4所示。



1—第1天线阵面; 2—第2天线阵面; 3—第3天线阵面;
4—直线运动机构; 5—俯仰运动机构; 6—方位运动机构

图4 机械结构示意图

3.5 软件设计

本系统软件采用C语言进行开发,开发环境为Keil μ Vision4集成开发环境。软件需要完成的工作主要包括:传感器信号采集及处理(包括旋转变压器和陀螺仪)、上位机指令接收与解析响应、电机控制策略、控制器与电机驱动器间的通信等。软件系统与上位机采用RS422的方式进行通信,控制器接收到上位机指令后进行相应解析,解析后的指令通过电机控制策略算法后得到了电机驱动器的驱动指令,并通过CAN总线将该指令发送给驱动器,从而控制3个电机执行相应的动作达到控制天线姿态的目的。本系统的设计流程图如图5所示。

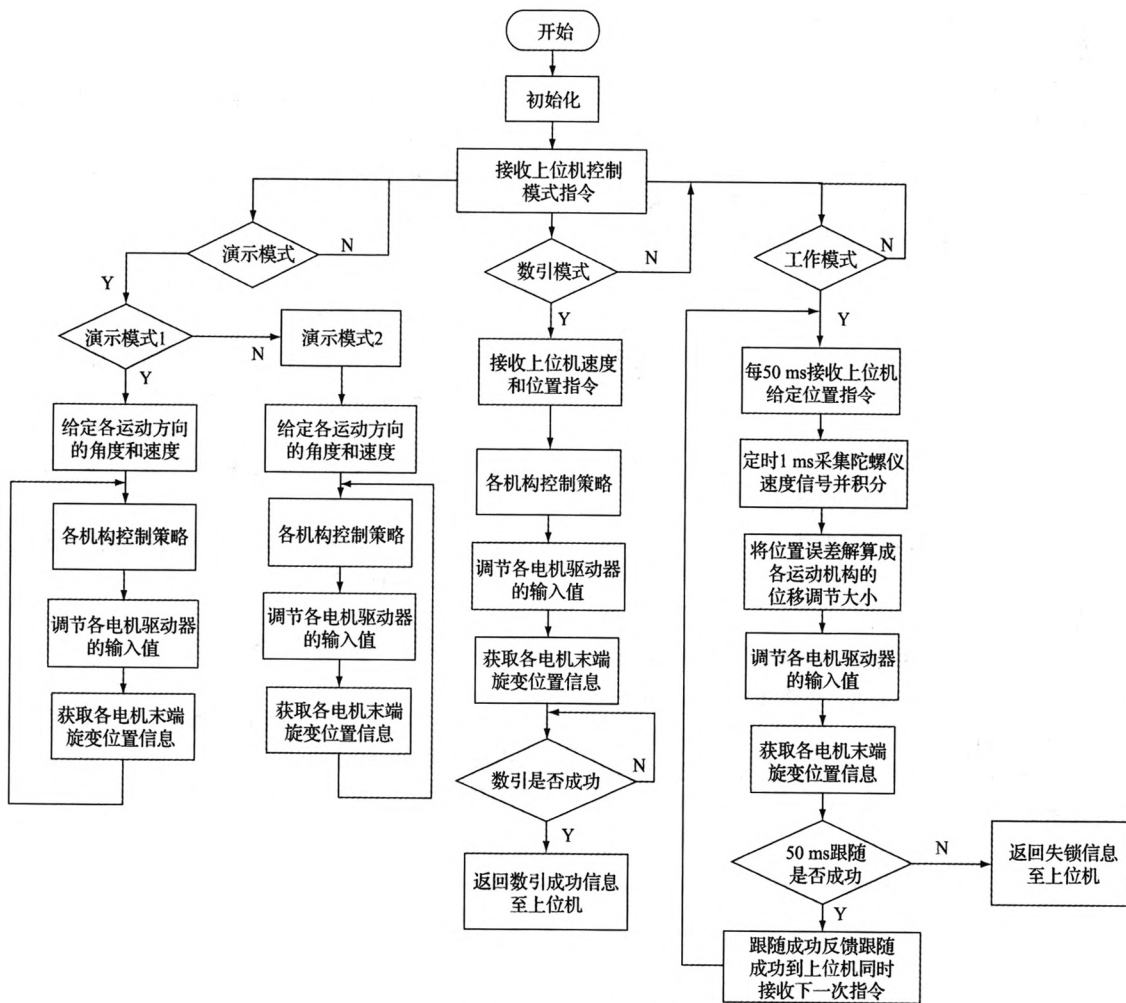


图5 系统程序流程

4 测试结果

设备研制完成后,以加载模拟负载的方式对其静态和动态指标进行了测试,其结果如表1和图6所示。从表1中测试数据可以看出,俯仰的定位精度为 $\pm 0.08^\circ$,方位的定位精度 $\pm 0.07^\circ$,可以实现高精度定位。

表1 测试数据

| | 俯仰 | 方位 |
|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 角位置分辨率 | $\pm 0.05^\circ$ | $\pm 0.05^\circ$ |
| 测角精度 | $\pm 0.05^\circ$ | $\pm 0.05^\circ$ |
| 测角重复性 | $\pm 0.07^\circ$ | $\pm 0.06^\circ$ |
| 角位置定位精度 | $\pm 0.08^\circ$ | $\pm 0.07^\circ$ |
| 角度范围 | $0^\circ \sim 60^\circ$ | 连续 |
| 转速范围 | $0.01^\circ \sim 30^\circ/\text{s}$ | $0.01^\circ \sim 90^\circ/\text{s}$ |

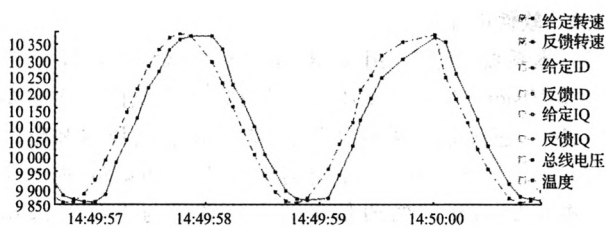


图6 方位跟踪曲线

从图6中曲线可以看出方位给定频率0.5 Hz、幅值0.4°的正弦信号,其跟踪最大误差为:

$$(10\ 150 - 10\ 050) \times 360 / 16\ 384 \times 14.56 = 0.15^\circ \quad (1)$$

式中:10 150、10 050为旋转变压器-数字转换器采集到的角度位置数据,该转换器的分辨率为14 bits,14.56为方位减速器传动比。

从图7中曲线可以看出俯仰给定频率1.0 Hz、幅值0.5°的正弦信号,其跟踪最大误差为:

$$(16\ 070 - 16\ 040) \times 360 / 16\ 384 \times 5.33 = 0.12^\circ \quad (2)$$

式中:16 070、16 040为旋转变压器-数字转换器采集到的角度位置数据,该转换器的分辨率为14 bits,5.33为俯仰减速器传动比。

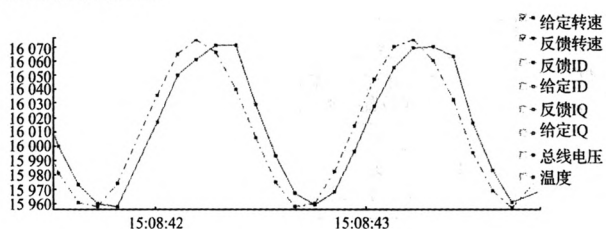


图7 俯仰跟踪曲线

5 结论

天线伺服机构结构紧凑、体积小、重量轻,与普通采用A-E两轴座架结构形式的天线伺服机构相比,该机构更适合高度尺寸和重量有限制的机载卫星通信的场合。经过实验室测试,具有较高的位置定位精度和动态跟踪精度,能够满足机载卫星通信的使用要求。

参考文献

- [1] 武伟良,刘晓丽,任娟,等. 车载动中通伺服系统关键技术的研究[J]. 河北省科学院学报, 2010, 27(1): 31-34.
- [2] 刘国田,杨永军,刘征宇,等. 基于位置信息的车联网路由恢复方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(8): 716-720.
- [3] 刘晓军,龚利红,刘鹏,等. 卫星天线稳定跟踪平台的总体模块化设计[J]. 宁波职业技术学院学报, 2010, 14(5): 35-37.
- [4] 余伟平. 车载动中通伺服系统研究与设计[J]. 武汉理工大学学报, 2009(15): 98-101.
- [5] 王志杰,方一鸣,李叶红,等. 输入受限的轧机液压伺服系统多模型切换控制[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(4): 881-888.
- [6] 张佳阳,高海涛,郑立熹. 直流伺服电机拖动系统的仿真研究[J]. 中国制造业信息化, 2009, 38(15): 44-47, 50.
- [7] 邓永停,李洪文. 基于ARM与CPLD的伺服控制系统设计[J]. 电子测量技术, 2012, 35(3): 16-19.
- [8] 熊伟,付奎生. 面向稳定平台伺服回路频率特性简易测试系统[J]. 国外电子测量技术, 2012, 31(7): 38-40, 44.
- [9] 张建民. 机电一体化系统设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [10] 张智永. 移动载体稳定跟踪平台测控技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2001.

作者简介

宋斌, 1967年出生, 高级工程师, 主要研究方向为多自由度伺服运动机构的研究。

E-mail: 13308200872@163.com

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训：

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势：

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们：

- ※ 易迪拓培训官网：<http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网：<http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店：<http://shop36920890.taobao.com>