

# 车载卫星天线控制系统的研究与设计

张加娟, 雷电

(上海大学 机电工程与自动化学院, 上海 200072)

**摘要:** 为了在运动的车辆上很好地接收卫星信号, 对车载卫星天线控制系统的设计方案进行了研究, 给出了系统的基本硬件架构及其选型, 并分别讨论其功能及实现方法, 介绍步进电机在天线控制系统中如何实现寻星、精确定位的软件设计。通过实验验证了设计的控制方案能满足系统性能要求。

**关键词:** 车载卫星天线; 步进电机; 天线控制系统; 寻星; 定位

中图法分类号: TP271.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-7024 (2007) 11-2708-03

## Design and study of control system of satellite antenna used in vehicle

ZHANG Jia-juan, LEI Dian

(College of Electromechanical and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** In order to receive the signal quickly from the satellite antenna used in vehicle, the control scheme of satellite antenna used in vehicle is studied. The structure of hardware about the system is selected and designed. And its function and method is proposed separately. Then, the software design about how to control the walking electromotor to looking for satellites and pinpointing satellites in the antenna control system is given. At last, the experiment is proposed to show that the control scheme met the demand of the whole system.

**Key words:** satellite antenna used in vehicle; walking electromotor; antenna control system; look for satellite; orientation

## 0 引言

为了在运动的车辆上收看卫星电视, 需要有一种移动式卫星电视接收设备。该设备的核心是车载卫星跟踪系统。它利用自动控制和计算机技术设计天线控制器。通过控制步进电机的转向和转动速度来控制接收天线向一定方向转动, 改变天线的方位角和俯仰角, 使卫星天线精确指向卫星的方位, 信标接收器和卫星的电信号之间的电磁共振将最强, 从而确保接收电视信号的清晰和稳定。车载卫星通讯由于不受地域的限制, 以及其灵活机动性, 在通讯领域中得到越来越广泛的应用。该通讯系统要求当车停在任意野外位置, 天线迅速自动捕获卫星, 以便实现数据、话音、图像的传输。

本文主要目的就是要在固定的地方接收电视卫星信号, 只要将卫星天线接收装置对准电视卫星的方位即可。

## 1 车载卫星天线控制系统方案

本系统采用3台步进电机分别控制卫星天线的水平、俯仰、极化3个角度, 以下分别简称方位电机、俯仰电机和极化电机。ADT-TP057运动控制器根据信标接收机的反馈电压值进行分析、计算, 对方位、俯仰电机进行控制, 从而使卫星天线按照一定的算法进行寻星、跟踪。车载卫星天线控制系统配备有先进的GPS全球定位系统和电子罗盘, 可以全方位、准

确、快速捕星并跟踪卫星, 机动性能较好。图1是车载卫星天线系统控制框图。

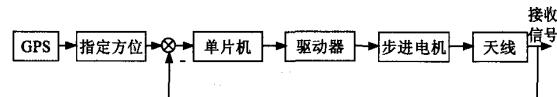


图1 天线系统

系统闭环反馈值是卫星天线接收卫星信号的电压值, 当天线对准卫星时, 接收的卫星信号电压值最大, 有偏差时, 卫星信号电压值相应减小。系统根据反馈的卫星信号电压值的大小对天线的方位进行相应调整。

## 2 车载卫星天线控制系统硬件设计

车载卫星天线控制系统硬件框图如图2所示。

### 2.1 ADT-TP057运动控制器

ADT-TP057是一台高性能的现场四轴步进/伺服触摸屏运动控制器, 它内含24路光耦输入, 4轴编码器AB相脉冲输入, 16路集电极开路输出, 4路脉冲/方向信号输出, RS232/485通讯模块可现场编程, 采用单色图形液晶显示屏320\*240点阵。GPS、信标接收机和HMR3000电子罗盘输出的信息由ADT-TP057运动控制器中单片机通过串行口接收, ADT-TP057运动控制器是整个系统的控制核心, 它完成串行信息的接收、数据

收稿日期: 2006-05-09 E-mail: zhangjiajuan123@126.com

作者简介: 张加娟(1981—), 女, 江苏建湖人, 硕士研究生, 研究方向为计算机应用技术; 雷电(1960—), 男, 湖南人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为计算机应用技术。

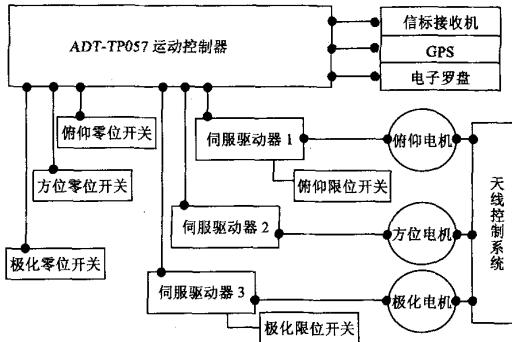


图 1 天线系统

处理和对3台步进电机的控制工作,最终完成寻星、定位任务。

## 2.2 电子罗盘

数字电子罗盘 HMR3000 是 Honeywell 公司的产品。它可以为导航定位系统提供航向、俯仰、横滚等数据。其中航向的精度为 $\pm 1.0^\circ$ , 分辨率可达 $0.1^\circ$ 。横滚和俯仰的精度为 $\pm 0.3^\circ$ , 分辨率为 $\pm 0.1^\circ$ , 输出端口采用 RS232(或 RS485)。HMR3000 的串行通信是根据 NMEA0183 标准制定的简单、异步的 ASCII 协议。ASCII 码的传输和接收使用 1 位起始位、8 位数据位(低位在先), 无奇偶校验位和 1 位停止位。

电子罗盘 HMR3000 放在天线底座转盘上, 它会实时输出跟踪天线的当前方向、俯仰角度等天线运动情况, 由此, 运动控制器的单片机能实时地计算出水平方向和垂直方向步进电机所需转动的角度值。

## 2.3 GPS-OEM 板

GPS-OEM 板接收天线获取的卫星信号, 经过变频、放大、滤波、混频等一系列处理, 可以实现对天线视界内卫星的跟踪、锁定和测量。在获取了卫星的位置信息和测算出卫星信号传播时间之后, 即可计算出天线位置。用户通过输入输出接口, 采用异步串行通信方式与 GPS-OEM 板进行信息交换。输入语句由用户编制, 主要功能是对 OEM 板进行初始化, 对导航模式和输出数据格式进行设定。OEM 板输出语句向用户设备提供定位信息, 包括纬度、经度、速度、时间等。

在系统上电或信号丢失的情况下, 启动搜索过程, 利用 GPS 获取接收天线的地理坐标(经度和纬度)。然后根据天体对星理论公式计算天线方位和俯仰对星的理论角度, 再利用电子罗盘得出天线的当前实际指向(方位角和俯仰角)。比较理论值与实际值, 若两者不等, 则调整天线位置, 使其方向、俯仰角与计算值相等, 跟踪接收天线指向卫星, 完成搜索功能。

天体对星理论公式如下:

天线方位对星指向角由式(1)求得

$$A = 180 - \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\operatorname{tg}^{-1}(\lambda_o - \lambda_i)}{\sin \varphi} \right) \quad (1)$$

天线俯仰对星指向角由式(2)求得

$$E = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\cos(\lambda_o - \lambda_i) \cos \varphi - 0.15}{\sqrt{1 - (\cos(\lambda_o - \lambda_i) \cos \varphi)^2}} \right) \quad (2)$$

式中:  $\lambda_o$ —同步星的经度;  $\lambda_i$ —天线的位置经度;  $\varphi$ —天线的位置纬度。

## 2.4 信标接收机(信标机)

信标接收机是卫星通信地球站中用于天线跟踪卫星的设

备, 具有全频段信标接收能力。它能够完成卫星的信标信号锁定、鉴相, 并将其转换成与功率成正比的直流信号送给伺服控制系统, 确保天线对准卫星工作, 获得最佳天线增益。主机与信标机之间的所有通信都必须在信标机处于远程控制状态下(远程控制灯亮)才有效, 主机对信标机所设置的值应与信标机面板所能设置的数值一致, 目前支持的通信速率为 9 600 kbps, 10 位异步通信格式, 无奇偶校验位。

在跟踪过程中, 跟踪接收天线进行爬坡扫描, 根据信标接收机输出的电平信号, 实时调整跟踪接收天线的方位角和俯仰角, 使跟踪接收天线实时精确对准通信卫星。

## 2.5 步进电机

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的电磁机械装置, 是一种输出与输入数字脉冲对应的增量驱动元件, 具有快速启动和停止的能力。当负荷不超过步进电机所提供的动态转矩值时, 它就可能在一瞬间实现启动和停止。它的步矩角和转速不受电压波动和负载变化的影响, 也不受环境条件(如温度、气压、冲击和振动等)的影响, 仅与脉冲频率有关。它每转 1 周都有固定的步数, 在不丢步的情况下运行, 其步距误差不会长期积累。与其它驱动元件相比, 步进电机有明显优点: 通常不需要反馈就能对位移或速度进行精确控制; 输出的转角或位移精度高, 误差不会积累; 控制系统结构简单, 与数字设备兼容, 价格便宜。

本系统装置的执行机构是步进电动机, 单片机通过驱动器驱动步进电机, 可以使卫星天线趋近于指定位置, 使卫星天线接收装置始终对准卫星的方位, 从而使电视接收图像清晰和稳定。

## 3 车载卫星天线控制系统软件设计

整个寻星过程如下: 首先根据 GPS 得到车辆所在的地理位置(经度和纬度), 计算出天线对星的方位、俯仰理论角度; 然后执行捕获功能, 使天线转到该理论角度; 由于各种误差的存在, 此时可能没有捕到星, 就需执行粗略扫描: 即以理论角度为中心, 将方位、俯仰两轴天线以 $6 \times 4$  窗口进行扫描, 寻找卫星。执行中, 应随时检测信标接收机给出的卫星信标信号, 当电压超出门限电压时, 再采用爬坡跟踪的办法精确定位卫星。

主要控制程序包括车载卫星天线系统的初始化、寻星(粗扫描法)、跟踪(精确扫描法)。初始化是指系统启动后各参数的设定, 包括: 卫星天线的初始角度; ADT-TP057 运动控制器中触摸屏的初始化; 中断的设置; 定时器的设置; 记录初始环境噪声电平值; 各个寄存器标志的设定等。

寻星部分的软件设计主要是按照一定方式寻找到卫星, 在信标接收机采样信号电压值大于门限电压值后, 就认为找到卫星了。其中包括: 俯仰寻星, 水平寻星, 形成 $6 \times 4$  的矩形框进行粗略扫描。

跟踪卫星部分是指找到卫星后的精确定位。由于在寻星后, 只是大致寻找到卫星的方向, 在正确方向上有角度误差(要根据电子罗盘的精确度确定误差值), 卫星天线需要在误差范围内做爬坡扫描, 最终精确定位。

电磁波的极化形式可分为线极化波和圆极化波, 线极化波又可分为水平极化和垂直极化波, 圆极化波根据电场旋转方向不同又可分为左旋和右旋圆极化波。我国目前卫星信号

主要采用线极化波。由于卫星上发射下来的电波极化方式受地面站地理位置、卫星姿态等影响,有时可能稍微偏离水平极化,因此调整、安装时要微微左右转动一下馈源,直至接收机的电平指示最大,这时就达到了极化匹配的目的。

本系统软件设计的一个重要内容是控制步进电动机进行自动寻星部分。其中包括粗略扫描和精确定位。程序框图如图3所示。

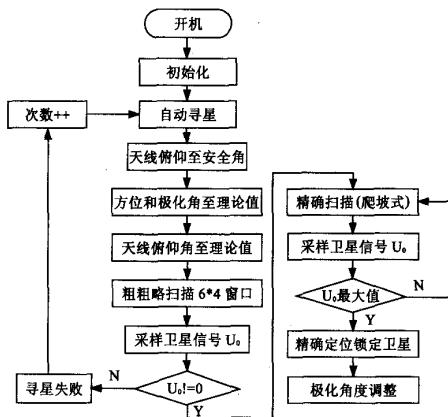


图3 系统主程序

#### 4 结束语

本文设计了一种车载卫星天线控制系统方案,采用了具有良好人机界面的ADT-TP057运动控制器为其控制核心,实

现了自动和手动两种方式控制卫星天线的转动。由于3台步进电机实现的是开环控制,天线转动角度的信息没有反馈,我们通过软件编程,实时地进行了补偿。通过对整个控制系统的试验,达到了预期的效果。该系统方案可应用于各种卫星电视信号接收天线,具有很强的工程应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 张正喜.基于8098单片机的步进电机控制系统[J].宝鸡文理学院学报(自然科学版),2001,21(4):295-296.
- [2] 王晓君,刘彦民,张英.MCS196系列单片机分类与选型[J].单片机与嵌入式系统应用,2001,(4):12-15.
- [3] 夏芳,谢红军.车载卫星天线用交流伺服系统设计[J].上海航天,2005,22(1):39-42.
- [4] 管素清,刘捷,冷青.嵌入式车载导航系统的设计[J].计算机工程与设计,2005,26(5):1320-1322.
- [5] 李玉国,赵淑清.智能天线约束矩阵特征值的性质[J].计算机工程与设计,2005,26(9):2443-2444.
- [6] 高旭威,吴振宇.采用GPRS技术的车载卫星定位系统[J].公路交通科技,2005,22(8):127-130.
- [7] 朱敏,沈同圣,周小东.卫星信号接收天线自动控制系统设计[J].计算机测量与控制,2004,12(9):833-834.
- [8] 杨培,刘彬,刘景林.基于单片机控制的天线伺服系统[J].微特电机,2005,33(1):27-28.
- [9] 彭树生.数字电子罗盘HMR3000的特性及应用[J].电子技术,2004,42(8):39-43.

(上接第2673页)

由上述的实验数据可知,HIRM将向量空间模型和基于本体的信息检索模型进行有效结合,因此较传统的信息检索在查准率和查全率方面都得到了一定的改善。

#### 4 结束语

本文通过对基于统计的信息检索模型和基于本体的信息检索模型进行分析比较,得知这两种模型在一定程度上互补,因此将两种信息检索模型各自的优点相结合提出了一种混合的信息检索模型。该模型对用户查询条件 $q$ 和数据全集中的某一文档 $d$ 根据本体分别进行特征词的提取而得到两组特征词序列,对于两组特征词序列中不相同词的相似度比较利用基于本体的信息检索模型的相关算,而对于两组特征词序列中相同特征词的相似度比较使用向量空间模型的相关算法,实验证明 HIRM 在查准率和查全率方面都比传统的信息检索模型有了一定的改进。由于本文提出的 HIRM 只是将向量空间模型信息检索模型和基于本体的信息检索模型简单结合,存在一定的局限性。比如:基于本体的信息检索模型有多种算法,到底那一种算法和向量空间模型是最佳的组合。因此今后的主要工作是进一步优化 HIRM,确定两种模型算法的最佳组合方式,从而进一步提高信息检索的查准率和查全率。

#### 参考文献:

- [1] Zhao Yiweo, Wang Hezhen, Li Zhendong. A survey of information retrieval on the world wide web[J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2001, 37(2):192-198.

- [2] 王晓龙,关毅.计算机自然语言处理[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [3] 陆玉昌,鲁明羽.向量空间法中单词权重函数的分析和构造[J].计算机研究与发展,2002,39(10):1205-1210.
- [4] 刘芳.有效地检索HTML文档[J].小型微型计算机系统,2000,21(9):986-988.
- [5] Maedche A, Staab S. Ontology learning for the semantic web [C]. Baden Wuerttemberg: University of Karlsruhe, IEEE Intelligent Systems, 2002.
- [6] Mihalcea R F, Mihalcea S I. Word semantics for information retrieval: Moving one step closer to the semantic web[C]. Southern Methodist Univ: Proceedings of the 13th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 2001.280-287.
- [7] Turney, Peter, Littman Michael. Measuring praise and criticism: Inference of semantic orientation from association [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2003, 21(4):315-346.
- [8] 刘群,李素建.基于《知网》的词汇语义相似度的计算[C].台北:第三届汉语词汇语义学研讨会,2002.
- [9] Budan Itsky A, Hirst G. Evaluating wordnet-based measures of lexical semantic relatedness[J]. Computational Linguistics, 2004, (1):1-49.

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、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](http://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>