

天线跟踪系统伺服控制的软件设计

杨柳 张成

(北京理工大学宇航学院, 北京 100081)



摘要: 给出天线跟踪系统的总体方案, 根据天线跟踪系统的快速性、精确性要求, 介绍了伺服控制系统的软件设计, 最后通过试验分析对比可知, 采用变加速的 PID 控制算法能够较好地控制伺服系统的动态响应过程。

关键词: 伺服控制; 串口通信; PID 算法

Software Design of Antenna Tracking Servo Control System

Yang Liu Zhang Cheng

(School of Aerospace Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: The overall scheme of the antenna tracking system is firstly introduced. Then the servo control system software design is introduced according to the requirement of the rapidity and accuracy of antenna tracking system. Finally, the experiment analysis comparison shows that the variable speed PID control algorithm can effectively control servo system dynamic response process.

Key words: servo control; serial communication; PID algorithm

1 引言

在某些特定应用场合, 需要用天线快速、精确跟踪飞行目标。因此, 要求天线跟踪系统满足以下两点。首先, 要求运算速度快, 尤其要求伺服系统对反馈信号迅速做出反应; 其次, 要求跟踪系统体积小重量轻, 能够灵活机动。本文针对天线跟踪系统的伺服控制介

绍一种软件实现方法。

2 天线跟踪系统总体设计

天线跟踪系统总体设计框图如图 1 所示。系统主要由 PC、嵌入式控制单元、伺服单元、天线单元和信号处理单元组成。

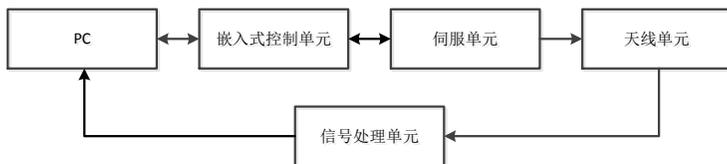


图 1 天线跟踪系统总体框图

PC 的功能是解析信号处理单元送来的目标信息并进一步处理, 然后把结果发送给嵌入式控制单元; 同时, PC 还要接收来自嵌入式控制单元的坐标信息; 最终以界面图形的形式展示出目标的运行轨迹。

嵌入式控制单元主要是通过与 PC 通信, 获取目标的方向信息, 从而控制伺服单元的方位和俯仰电机, 进而控制天线单元始终对准目标方向。由于嵌入式控制单元需要快速运算并带有 PWM 驱动信号输出

作者简介: 杨柳 (1991-), 硕士, 航空宇航科学与技术专业; 研究方向: 飞行器动力学与控制。
收稿日期: 2015-05-29

功能，因此数字信号处理器选用 TI 的 TMS320LF28 系列芯片。

伺服单元是本系统的执行机构，用于实现天线作 $\pm 150^\circ$ 方位旋转和俯仰 60° 旋转。伺服单元主要由伺服电机、电机驱动器和光电编码器等组成。其中，伺服电机是本系统的驱动元件，其产生的转动力矩应保证天线按规定的技术要求定向；电机驱动器是伺服电机的驱动信号源，其输出的电信号可直接带动电机转动；光电编码器完成角度测量，并把执行后的状态反馈给控制单元。

天线单元由发射天线和接收天线组成，天线单元与空中飞行目标通过信息交互完成目标跟踪、控制及搜集信息等功能。

信号处理单元主要负责解析出天线单元接收到的目标信号，并经过滤波、放大、数字化处理等过程，最终送给 PC 进行处理。

2.1 嵌入式控制单元软件

嵌入式控制单元软件主要实现两个目的，一是实现与 PC 的串口通信；二是实现伺服单元的电机转速转向控制。

2.1.1 串口通信的数据格式

a. 通讯协议

通讯方式：RS422；数据包长度：8 字节；数据格式：1 起始位，8 数据位，1 停止位，无校验；波特率：115200bps。

b. 控制指令格式

1 个起始字节 + 2 个控制指令字节 + 2 个方位转动速度/角度字节 + 2 个俯仰转动速度/角度字节 + 1 个校验和字节，共 8 个字节。

c. 反馈指令格式

1 个起始字节 + 2 个状态反馈字节 + 2 个方位位置角度字节 + 2 个俯仰位置角度字节 + 1 个校验和字节，共 8 个字节，数据包各字节定义此处略。

对于控制指令和反馈指令，为保证起始字节唯一性，除起始字节外其他字节 D7 位均设置为 0。

2.2.2 伺服控制的软件设计

伺服控制的软件首先要对 DSP 芯片进行上电后的初始化，然后对伺服机械设备归零处理，最后再根据控制指令控制伺服电机的方向和角度。具体程序流程如图 2 所示。

a. 初始化

初始化子程序主要是对 DSP 器件的 I/O 口、串口、PWM 输出口，以及光电编码器的输入口初始化等。

b. 伺服归零

伺服归零子程序是实现伺服机械结构的寻找零位的功能。以方位方向为例，首先，DSP 输出 PWM 信号让伺服电机向左转到限位开关位置；然后向右转到限位开关位置，通过计算，得到中间位置即是零位；最后使电机转到零位即完成伺服归零工作。

c. 控制算法

控制算法是伺服控制软件最重要的部分，在本设计中对伺服的控制有三个过程，即加速过程、匀速过程和减速过程。这样设计既提高了系统的响应速度，同时可避免启动和停止时的冲击过大问题。对于加速过程和减速过程二者数据可设计成对称关系，因此，在这里只对加速过程进行分析。

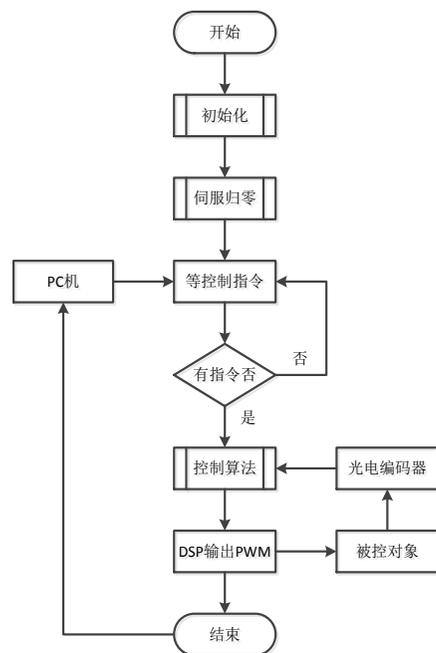


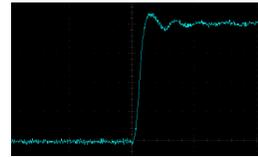
图 2 伺服控制软件工作流程

加速过程有两个重要指标需要确定：一个是加速持续时间，另一个是加速度的大小。对于加速持续时间，可以通过负载总力矩、电机输出力矩、电机可转动的最大角度计算出来。为了软件的归一化处理，计算出当给定最大转动角度时的加速过程占整个转动过程的比例。此比例作为软件处理任意给定角度的统一比例。加速度大小的确定稍微复杂，如果单纯给定一个固定加速度，其角速度是时间的一阶函数，电机的启动和停止会有超调现象。对于本系统，为了尽量快速跟踪，需要变加速的方法实现加速和减速。根据位置 PID 算法，首先确定比例环节。方法是选取几个典型离散点把比例控制的作用由弱变强，检查系统各

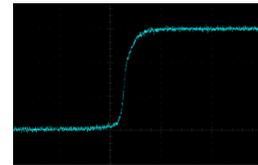
次对应的输出响应，从中选出输出反应快且超调理想的比例系数。其次，若系统稳态误差和响应时间在技术指标要求的范围内，则控制算法只需采用比例控制。否则，还需要给加入积分环节，先将比例系数减少到原来的一半，再给算法加入积分环节观察效果，然后同时调整积分和比例参数。最后，如果动态过程不理想，则再加入微分环节。

3 实验结论

通过实际测量对比，采用固定加速度驱动电机时，存在超调转速不平滑的缺点，如图 3a 所示；而采用变加速度的 PID 算法控制电机时，如图 3b 所示，可使系统动态响应性能更好，角速度变化更平滑，特别是在启动和停止时刻几乎没有冲击现象。



a 给定固定角加速度



b 采用 PID 控制角加速度

图 3 采用不同加速度的响应曲线

参考文献

- 1 张宇河, 金钰. 计算机控制系统[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996
- 2 陈隆昌, 阎治安. 控制电机[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003
- 3 曹卫彬. C/C++串口通信典型应用实例编成实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009

%%%

(上接第 49 页)

c. 机器人运动控制软件部分的基本功能程序模块包主要完成和外部设备的通讯、软 PLC、机器人基本功能的设定，以及实现关节坐标系、直角坐标系、工具坐标系、用户坐标系的建立和之间的转换，各关节的软件限位、回零（绝对编码器位置读取）功能。

d. 机器人运动控制软件部分的基本运动程序模块是工业机器人控制系统软件的核心，主要实现各个关节之间的联动运算控制，包括多轴插补运动控制算法模块、速度控制算法模块、速度平滑处理模块等。

e. 机器人运动控制软件部分的实时任务程序模块主要围绕各关节值与机器人末端位姿之间的数据采集和运算，主要有机器人各个轴的电机的位置控制、电机的反馈、IO 的实时控制、手摇脉冲的输入、跟踪脉冲输入等。

5 结束语

介绍了一种小负载串联关节型垂直六轴机器人

的设计方法，该机器人由机器人本体、控制柜、手控器三部分组成。随着当前电子产品发展的整体呈现“小精尖”的技术趋势，传统的人力生产不管是在良品率还是生产效率方面都已不能满足行业生产需要，而机器人具备稳定的生产优势，在生产速度和良品率两方面都能给予保证，电子产品生产机器人化也是一种大势所趋。

参考文献

- 1 段峰, 王耀南, 雷晓峰. 机器视觉技术及其应用综述[J]. 自动化博览, 2002, 19(3): 59~61
- 2 赵杰, 张赫, 刘玉斌, 等. 六足机器人 HITCR- I 的研制及步行实验[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2012(12): 17~22
- 3 赵彬. 基于机器视觉的工业机器人分拣技术研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2010
- 4 王鸿鹏, 杨云, 刘景泰. 高速移动机器人的研究现状与发展趋势[J]. 自动化与仪表. 2011(12): 1~4
- 5 霍伟. 机器人动力学与控制[M]. 高等教育出版社, 2005