

文章编号: 2095-4980(2018)05-0907-05

天线监控系统中控保逻辑的设计与实现

许 静, 蔡文斋

(中国电子科技集团公司 第三十九研究所, 陕西 西安 710065)

摘 要: 天线监控系统中的控保逻辑为天线设备运行提供安全保障, 针对测控天线对监控系统的要求, 对比天线运动过程中各种保护方式的实现策略, 提出测控天线运行的实质控制流程。基于实时时序下告警信息提示及处理方法, 设计了一种天线监控系统异常处理的软件控保逻辑, 并设计了实验室环境下的控保程序仿真调试策略与方法。天线监控系统控保逻辑程序在实验室环境下仅可作为模拟测试, 在真实环境下(带天线和各真实传感器)执行时仍可能有许多待完善的地方, 大型天线安全保障系统的设计及实现是工程项目中较复杂的问题, 所提方法以期对这些工程问题进行形式化简捷处理。

关键词: 监控系统; 天线; 线程; 异常处理; 告警

中图分类号: TN914.42

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201805.0907

Design and implementation of control and protection logic in antenna monitoring system

XU Jing, CAI Wenzhai

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

Abstract: The control and protection logic in the monitoring and controlling system of the antenna guarantees the security for the operation of the antenna equipment. In view of the requirements of the monitoring and control system of the antenna, the control strategies of various protection modes for the antenna movement are compared, and the kernel control flow of the antenna is proposed. Based on the real-time alarm information processing methods, a kind of software control and protection logic for abnormal processing of the antenna monitoring system is designed, and the debugging strategy and method of the logic program in the laboratory environment are devised. The logic programs only can be used as a simulation test in the laboratory environment and the programs needs to be improved in the real environment(with antenna and real sensors). Security system design and implementation of the antenna system is complex. This paper provides a method to formalize and simplify these problems.

Keywords: Monitoring and Controlling System; antenna; thread; exception process; alarm

作为航天测控系统的“千里眼、顺风耳”, 测控天线在飞行器测控领域承担着至关重要的任务。根据不同航天器测控任务的需求, 测控天线的口径从1 m以下到120 m左右各异。测控天线系统主要由机械结构子系统、天线馈电子系统、天线监控子系统、信道接收子系统以及发射机等部分组成^[1]。天线系统完成对各种可跟踪目标的高精度指向、快速捕获, 实施对目标的有效跟踪和测量。监控子系统主要完成对天线驱动单元(Antenna Drive Unit, ADU)及轴角编码单元(Position Decode Unit, PDU)的信息读取与控制任务。天线控制单元是监控子系统的计算中心, 完成与ADU和PDU等设备的数据通信、环路运算、工作方式控制、信息状态显示等; ADU采集天线实时运动信息和安装在天线结构体上的安全保护器件状态, 也是功率驱动执行机构; PDU提供天线运动角度信息。依据天线口径、结构质量、惯量、最大速度、谐振频率等的不同, 监控子系统的设计也各不相同。一般情况下, 方位、俯仰两轴均采用双电机驱动, 通过伺服驱动器协调每轴2台电机的工作。测控天线通常运动速度较快, 特别是随着天线口径的增大, 天线的结构质量和转动惯量都随之增大, 在天线运行过程中, 如果遇到特殊情况导致哪怕是很小的事故, 都将付出昂贵的维修代价。因此, 为了天线安全运行, 在监控子系统中设计控保逻辑策略

收稿日期: 2017-10-23; 修回日期: 2017-12-08

显得尤为重要。

1 天线伺服控制流程

天线运动过程中, 监控子系统需要测量、采集天线各系统的相关物理量, 以此为依据监视和控制天线运动。其中, 运动状态信息由驱动单元采集后提供给天线控制单元监控计算机; 运动角度信息由旋转变压器等设备测量, 由编码器采集处理后提供给监控计算机; 时间节拍信息、时间信息由专业 B 码和时码设备^[2]提供给监控计算机; 误差电压信息由跟踪接收机输出给监控计算机。天线系统一般工作于下列方式: 待机、手速、数字引导、自动跟踪。其中数字引导又分为: 轨道文件引导、实时网络数据引导、卫星轨道根数计算引导和位置引导等。

当天线工作于数字引导方式时, 由当前位置与目标位置之差产生控制量, 以负反馈方式完成对驱动电机的控制; 当天线工作于自跟踪方式时, 由误差电压产生控制量, 以负反馈方式完成对驱动电机的控制。2 种驱动方式的信号采集处理、控制量产生方式虽各有不同, 但其控制量都需经过比例积分微分(Proportion Integration Differentiation, PID)运算后, 产生方位驱动指令电压、俯仰驱动指令电压, 并经 ADU 进行放大后输出给控制电机, 从而驱动天线运动。

控制系统主工作流程见图 1。图 1 中断时序信号由 B 码设备硬件产生, 一般情况下每 50 ms 产生 1 次, 或者更快(每 10 ms 产生 1 次), 视系统灵敏性要求而定, 由中断线程处理, 因篇幅所限略之。

下面描述控制过程, 形式化的控制函数伪代码为:

ControlProcedure(ControlByte	控制字
LeadByte	数字引导选择字(数引源: 0-位置; 1-理论轨道; 2-实时数引等等)
Az	当前方位
El	当前俯仰
CAz	目标方位
CEl	目标俯仰
Ua	方位误差电压
Ue	俯仰误差电压
Parami	其他参数若干($i=0\sim n, n$ 为参数个数)
Statusi	状态参数若干)

其中 ControlByte(控制字)可归纳为以下 4 种: 0-待机; 1-手速; 2-数字引导; 3-自跟踪。

以上 4 种控制字对应 4 种不同的处理函数:

0-DoIdle(), 该函数使得天线工作于待机工作方式, 该函数被调用后, 天线驱动关高压, 天线不再运动。

1-DoManualCtrl(), 该函数为天线手速工作方式下的执行函数。该函数被调用后, 天线可由手杆装置控制, 由操作员手动控制天线运动。

2-DoDigiGuide(), 该函数为天线数引方式下的执行函数, 该函数应依据数引源不同计算出当前位置和目标位置的偏差, 适时完成开环控制和闭环 PID 控制环路运算, 分别得到方位、俯仰的驱动指令电压, 再经过 D/A 卡、CAN 总线或者网络等形式输出给 ADU。该函数被调用后, 使用位置偏差作为控制量完成负反馈控制, 控制天线到目标数字位置。

3-DoTrace(), 该函数为天线自跟踪方式下的执行函数。该函数以接收机误差电压作为输入量, 经 PID 函数运算后产生驱动电机的方位驱动指令电压、俯仰驱动指令电压, 然后完成与数引方式同样的处理, 将计算得到的驱动指令电压输出至 ADU 驱动电机, 从而完成对天线的运动控制。该函数被调用后, 使用接收机解调的误差电压作为控制量完成负反馈控制, 控制天线向误差电压接近零的方向运动。

0~3 这几种控制字代表的工作方式是相互独立的, 天线在一个工作周期只允许工作在一种工作方式下。

在上述介绍的形式化控制函数 ControlProcedure()内, 状态参数一般由 ADU 报送给天线控制单元, 在函数中作为虚的输入参数代入, 该函数一旦被调用, 则状态参数即为实际的天线状态信息, 控保逻辑处理将依据这些状态而设计, 并设计在控制函数内部。这样, 如果需要控制天线转入待机方式, 只需要改动控制字到 0 即可。

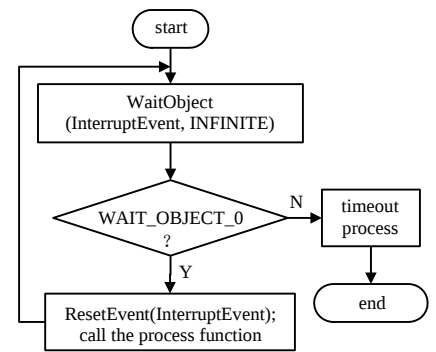


Fig.1 Main work flow of the system

图 1 监控子系统主工作流程图

在待机方式下, ADU 下高压, 天线不再运转, 其他方式下 ADU 均控制加高压, 天线随指令电压运转。

2 控保设计与实现

天线控保设计在天线的各分机均应有相应策略, 结构分机应设计限位开关、紧急停机开关、收藏锁定保护装置, 并考虑这些器件的防水、防风、防潮湿、防腐蚀及耐高低温设计。驱动控制部分应设计采集结构部分控保机电器件的状态, 并在驱动单元控制程序中完成重要故障的第一级控保逻辑设计, 同时考虑防高低温、防电磁辐射设计, 在选购器件时应依据工程要求进行相关资源配置。关键级别的控保逻辑设计需要在监控计算机上运行的伺服控制软件中设计完成, 下面主要讨论伺服控制软件中控保逻辑的设计与实现。

天线系统中告警信息通常来自驱动接口, 对告警信息的处理有 2 层, 第 1 层为告警显示, 第 2 层为控保处理。告警显示即在伺服控制软件界面上以文字、指示灯等方式显示天线状态信息。ADU 将关于天线、电机的信息报送给监控计算机, 例如电机电流、电机转速、限位信息、插拔锁信息、急停信息等。通常情况下这些状态信息用 1 个字节的某 1 位表示(通常, 这些状态信息共占用几个字节), 对于伺服控制软件而言, 这些信息就是协议缓冲区中的几个字节(例如从第 6 字节至第 12 字节), 每 1 位代表某一种状态(假设 0 表示该状态正常, 1 表示该状态异常), 各工程要求不同, 这些位的排序、内容均不同。为了统一处理这些状态信息, 设计了统一的处理函数, 函数输入为某个字节变量, 输出为软件界面上 8 个显示组件, 形式化的告警信息显示函数为:

```
AlarmProcedure(InputByte:Byte           //状态字节
                BackColorOK[8]:color    //正常时背景颜色, 8 个
                BackColorError[8]:color  //异常时背景颜色, 8 个
                FontColorOK[8]:color     //正常时字体颜色, 8 个
                FontColorError[8]:color   //异常时字体颜色, 8 个
                EnableVisable[8]:BOOL    //允许显示, 8 个
                Label[8]:TLabel          //可视组件, 8 个
                CaptionOK[8]:TString     //正常时提示标题, 8 个
                CaptionError[8]:TString   //异常时提示标题, 8 个)
```

该函数在显示时调用, 例如每 100 ms 的时钟消息中调用。在软件界面上设置 8 个表示告警信息的可视组件, 例如 TLabel 组件, 这样一次即可处理 1 个状态字节(8 个位, 使用 8 个可设置颜色的灯表示), 函数控制到每一位, 正常/异常时背景颜色、正常/异常时字体颜色、正常/异常时显示文字、组件是否显示均由该函数完成。这样, 无论哪个控制工程, 界面设计者只需要将显示状态信息的可视组件放置在软件界面上, 将可视组件数组名称传递给告警信息显示函数, 该函数在调用时根据状态信息取值完成告警信息显示。例如, 欲设计 23 个状态告警显示, 需放置 24 个可视组件, 在调用时将某个不需要显示的组件对应的“允许显示”属性设置为 false 即可, 该组件就不再显示在界面上。

控保逻辑第 2 层即为控保的核心层, 在该层需要以下几部分设计:

1) 对象控保设计: Windows 内核对象控保设计^[3], 由多组 try...except 语句组成, 分布于程序多处, 主要处理设备初始化异常、对象使用异常等。

2) 输入有效性边界检查设计: 对界面上由用户输入的部分均应作相应处理。例如浮点数输入要检查是否键入其他字符等, 应依据数据类型编写有效性检查函数, 确保输入为有效值; 另外还包括应用程序启动后, 任务自动化流程执行期间对键盘的无效输入进行屏蔽处理等^[4]。

3) 条件语句中缺省项功能设计: 多路开关语句、条件语句中应具备缺省项, 当其他条件均不满足时应转入缺省项。

4) 各告警信息出现后处理方法设计: 这 2 层逻辑保护是相辅相成的, 对于某一个异常状态, 前台需要信息显示, 后台需要依据该状态的等级进行对应的控制处理。告警信息异常显示应设计为 2~3 个层次: 黄色、橙色、红色(也可只保留 2 种), 正常情况下告警信息显示为绿色; 同时, 依据告警类别, 在控制函数内转换合理的工作方式字进行工作方式切换。例如终限位应立即停止天线运动, 对该轴不再允许送出非 0 的指令电压, 只有在退出终限位时才允许非 0 的指令电压输出; 又如俯仰状态为预限位时, 预限位分为上预限和下预限, 程序应设置主控程序中控制字为“手速”, 并根据预限状态设置正电压/负电压输出允许(上预限状态时只允许负电压输出, 反之只允许正电压输出), 操作人员可手动操作从而输出让天线退出预限状态的电压, 使天线运转一段距离后退出预限状态; 再假如方位插锁状态为有效时, 应严格控制方位轴不允许加高压等。常用的驱动状态信息处理流程见图 2。

控保逻辑对控制字的切换分 2 种情况,一般类型的告警条件触发后,转工作方式控制字到手动方式或者待机方式,严重告警条件触发后,则转为待机方式。

在主控制函数内,控保逻辑函数形式化的调用为:

Case ControlByte of

0:待机函数

1:手速函数(内嵌控保函数)

2:数字引导函数(内嵌控保函数)

3:自跟踪函数(内嵌控保函数)

End

主控函数^[5]在每个时序被调用一次(时序控制由中断线程控制,主控线程调用主控函数),例如每隔 50 ms 被调用一次,当内嵌的控保函数被调用时,如果某告警状态被触发,程序将立即改变全局控制字 ControlByte 的值,所以在下个控制周期内,自动切换工作方式^[6],从而达到保护天线的目的(例如天线工作方式从数字引导方式或者自跟踪方式转到手速或者待机方式,从运动转到静止)。

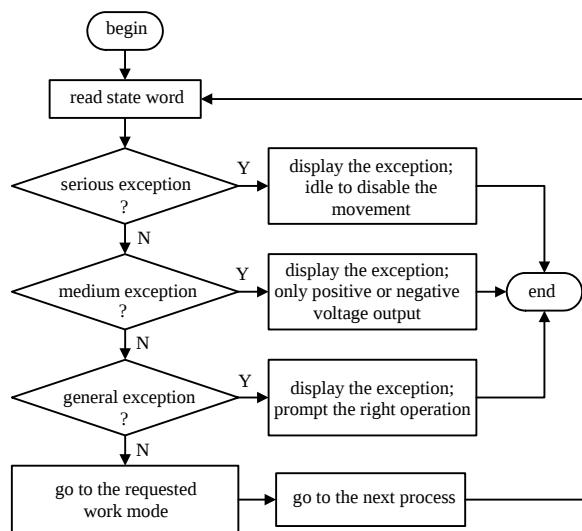


Fig.2 Flow of driver states process
图 2 驱动状态信息处理流程图

3 实验室环境下的仿真调试方式

因为控保逻辑代码分布于源程序多处,只有外置信息输入后才能触发,如果要等到系统联试时才检查这些设计的合理性与正确性将费时费力,为了快速触发这些异常,应在实验室环境下完全仿真出这些状态。当其他设备未联入系统中时,如果能依据与其他设备的接口文件完成全部监控程序的调试,就可以检查出编写控保逻辑程序的正确性和完备性。在设计之初,必须在监控程序中预留调试接口,下面描述该技术的实现方法。主要设计思想为使用一个虚拟接口调试器,它可以模拟出系统中某个设备收发的数据,并根据协议完成数据填充,这样便可以此虚拟数据结构来满足实验室环境下对控保程序的仿真调试;当真实设备到位后,实际设备通信接口缓冲区数据结构将代替程序仿真调试时虚拟缓冲区数据结构的功能,虚拟接口不再工作。

任一监控程序读外设信息时形式化的函数为:

```

Ret=ReadFileDevice(Id 设备号,
                    ReadBuffer[] 读入缓冲区
                    Len 长度)
  
```

在真实环境下,程序员关心的是读入缓冲区中数据、长度、返回值参数,并不太关心设备号。当真实设备未联入系统前,无法调试该函数。为了达到调试目的,设置如下代码段:

```

if(debugId) //如果调试支持(要设计一个调试允许开关)
CopyMemory(&ReadBuffer,&DebugBuffer,Len)
PostMessage(窗口句柄, 用户消息, 0,0)
else //如果为真实设备时
Ret=ReadFileDevice()//调用真实设备读函数
  
```

设计一个针对某设备的读操作用户消息,由调试器改变缓冲区数据后发通知给界面窗口,告知数据已改变。这种方法改变了该设备的 ReadBuffer 缓冲区,并发消息通知监控程序,监控程序就会认为这是真实设备发出的数据。通过这样一种简单的调试接口设计,应用程序就具备了调试支持功能^[7]。实质为:使用调试器产生出需要的虚拟缓冲区数据代替真实缓冲区数据,“欺骗”应用程序去处理该数据,进行对应的操作处理。

下一步就是设计一种调试器,由该调试器产生出需要的虚拟缓冲区数据并传给应用程序。调试器开发设计并不容易,需要考虑到常用的各种设备类型,在以往工程基础上,项目组已经开发出了综合协议调试器^[8],解决了各种数据结构内数据的构造问题,并可以多种形式输出数据。

在缺少综合协议调试器的情况下,对一般开发者而言,可以设计一款功能简单的调试器。在应用程序内设计一个新窗口,依据通信协议设计输入项,当“确认”按钮触发后将填入的元素值放置在欲调试设备的缓冲区中,将调试允许变量置为 true,相当于外接设备读到数据^[9]。该方法虽不通用,但可以针对某一具体应用工程程序进行

仿真调试。

4 结论

航天器测控天线监控系统软件稳定可靠的保障有2个重要因素:a)指向与自跟踪的精准;b)控保逻辑的合理有效。指向与自跟踪的精准这一点不在本文讨论范围内,这里不再赘述。天线控制单元计算机一般通过多种接口板卡外接其他设备,这些设备提供数据采集,而控保逻辑的设计主要依赖监控程序本身,设计合理高效的控保逻辑十分重要。控保逻辑主要涉及2个方面:a)保护性处理;b)告警显示处理。保护性设计内置在控制函数中,告警显示处理设计于通用的告警函数中,该告警函数与控制工程项目无关,但适用于任何工程项目,因为它已经将所有输入作了形式化处理。控保逻辑的调试亦给出了仿真调试方法,天线系统控保设计及软件实现是个不断完善的过程,虽然天线的运动保护原理并不复杂,但要监控系统可靠实用仍需要开发者在工程项目中灵活调用针对各种异常设计的控保函数,这些技术已综合运用于作者负责开发的多个天线监控项目中,经多次实际任务考验效果良好。

参考文献:

- [1] 李大为,金海鹰. 抛物面天线控制系统组成及软件单元设计探讨[J]. 数字技术与应用, 2016(2):253-255. (LI Dawei, JING Haiying. The composition of parabolic antenna control system and the design of software unit discussion[J]. Digital Technology and Applications, 2016(2):253-255.)
- [2] 吴成英,樊战友. 时统设备的 PCI 设备驱动程序设计[J]. 时间频率学报, 2011,34(2):117-124. (WU Chengying, FAN Zhanyou. PCI device driver design of the B-CODE equipment[J]. Journal of Time Frequency, 2011,34(2):117-124.)
- [3] 蓝智灵,宋宇波,唐磊. 基于直接内核对象操作的进程伪装保护方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2013,43(1):24-29. (LAN Zhiling, SONG Yubo, TANG Lei. A process disguised protection method based on direct kernel object manipulation[J]. Journal of Southeast University(Natural Science Edition), 2013,43(1):24-29.)
- [4] 赵亮. 在用煤矿安全监控系统软件有效性检查方法[J]. 工矿自动化, 2015,41(8):10-12. (ZHAO Liang. Software effectiveness inspection method of coal mine safety monitoring system[J]. Industrial Automation, 2015,41(8):10-12.)
- [5] JEFFREY Richter. Windows 高级编程指南[M]. 3版. 王书洪,刘光明,译. 北京:清华大学出版社, 1999. (JEFFREY Richter. Advanced Windows[M]. 3rd ed. Translated by WANG Shuhong, LIU Guangming. Beijing:Tsinghua University Press, 1999.)
- [6] SCOTT Meyers. Effective C++:改善程序与设计的 55 个具体做法[M]. 3版. 侯捷,译. 北京:电子工业出版社, 2011. (SCOTT Meyers. Effective C++:55 specific ways to improve your programs and designs[M]. 3rd ed. Translated by HOU Jie. Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2011.)
- [7] 吴月超,郑南轩,苏华佳,等. 面向智能水电站的在线监测状态实时自动巡检方法与应用[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(9):123-129. (WU Yuechao, ZHENG Nanxuan, SU Huajia, et al. Real-time automatic inspection method and application of on-line monitoring state for intelligent hydropower station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017,41(9): 123-129.)
- [8] 蔡文斋. 实时监控程序的实验室快速调试开发[J]. 计算机与网络, 2015,44(2):58-62. (CAI Wenzhai. Rapid development of real-time monitoring program[J]. Computer and Network, 2015,44(2):58-62.)
- [9] 徐显金,吴功平,钟飞,等. 巡检机器人的主控软件设计与实现[J]. 武汉大学学报(工学版), 2011,44(5):671-675. (XU Xianjin, WU Gongping, ZHONG Fei, et al. Design and implementation of the control software of the inspection robot[J]. Journal of Wuhan University(Engineering Edition), 2011,44(5):671-675.)

作者简介:



许 静(1982-),女,西安市人,硕士,工程师,主要研究方向为天线监控系统开发研究、工程控制类应用开发研究等。email:xj0602@163.com。

蔡文斋(1962-),男,西安市人,硕士,高级工程师,主要研究方向为航天测控工程开发研究、工程控制类应用开发研究、软件测试、系统监控工程实施等。