

# 基于现场总线的大射电望远镜计算机监控系统设计

英向华 朱丽春 朱文白  
(中国科学院北京天文台,北京 100012)  
E-mail xhying@bao.ac.cn

**摘要** 文章针对 500 米口径球面射电望远镜 FAST 控制系统的特点,说明了基于现场总线计算机监控系统的整体设计思想与实现方法。从系统可靠性、可维护性和性能价格比等方面综合考虑,深入分析了系统的体系结构、软硬件设计。并通过大射电望远镜 FAST 控制系统实验进一步验证了系统设计的思想。

**关键词** 大射电望远镜 计算机监控系统 现场总线 LonWorks 技术

文章编号 1002-8331-(2002)06-0251-03 文献标识码 A 中图分类号 TP273+.5

## The Design of Computer Supervisory System for Large Spherical Radio Telescope Based on Fieldbus Technology

Ying Xianghua Zhu Lichun Zhu Wenbai

(Beijing Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

**Abstract:** In accordance with character of the computer supervisory system of Five hundred meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST), this paper describes the design idea and realization method of computer supervisory system based on Fieldbus technology. From aspects of reliability, maintainability and the ratio of performance via prices, the author deeply analyses the system structure, software and hardware designs. Furthermore, the experiment of large radio telescope control system confirms the ideal of control system design.

**Keywords:** large radio telescope, computer supervisory system, Fieldbus, LonWorks technology

现场总线技术广泛应用在楼宇自动化、能源管理、交通运输、生产过程控制等领域。由于其优越的性能,使现场总线应用范围不断扩大。文章提出的基于现场总线大射电望远镜监控系统就是现场总线在天文仪器应用的一个实例。随着天文学发展的需要,为了提高天文观测的分辨率和观测深度,使得建造大型天文望远镜显得越来越重要。我国射电天文界提出了建造 500 米口径球面射电望远镜 FAST (Five-hundred meter Aperture Spherical Telescope) 方案。计划在位于我国西南贵州省的喀斯特洼地群中选择一个口径 500 米级球形洼地,在洼地表面铺设 2000 块左右、边长约为 8 米的六边形面板单元拼接成球反射面,利用 2000 个左右的伺服控制装置实时调整被照射部分球反射面板单元的空间位置来拟合旋转抛物面,从而用传统的抛物面望远镜的馈源照明技术进行天文观测<sup>[1,2]</sup>。大射电望远镜主动反射面控制装置比较多,位置又比较分散,具有分布式特点,设计系统时必须从可靠性、可维护性和性能价格比等方面考虑。

### 1 现场总线控制系统技术特点

现场总线控制系统(FCS)为开放、数字化、多点通信的全分布式现场控制系统。它与集散控制系统(DCS)由专用协议实现通信的方式不同,采用公开的协议标准,使不同厂商遵守相同协议的设备可以应用在同一现场总线系统中。它用新型全分

布式结构取代了 DCS 集散系统结构,将控制功能彻底下放到现场,依靠现场智能设备完成现场控制任务。现场总线系统可以进一步与监控、管理等层次网络互连组成新型监控系统。现场总线系统(FCS)具有如下特点。

FCS 实现了全数字化通信。在 FCS 中,采用数字信号代替传统 4~20mA 模拟信号进行通信,提高了系统的可靠性。

FCS 的开放性、互操作性和互换性。在 FCS 中,用户可以把遵守相同协议、不同品牌的产品集成到一个系统里,而不受设备厂商的约束。选择产品时可以从价格、性能、质量、服务等方面综合考虑,选用最满意的产品。

FCS 显著降低现场布线、安装、维护费用。与 DCS 点对点通信方式相比,现场总线系统使用更少的电缆、端子、槽盒和桥架等,减少了系统连线设计与接头校对的工作量。当需要增加现场控制设备时,无需增设新的电缆和改变系统结构,可就近连接在原有电缆上,使系统具有较大的灵活性和可扩展性。既降低了系统设计和安装费用,也减少了系统运行维护的工作量。

LonWorks 技术是美国 Echelon 公司的一种新型现场总线技术,它是一种分布式智能控制网络。作为现场总线技术的一种, LonWorks 技术除具有现场总线技术共同优点外,还有其独特的技术特点。LonWorks 网络 LonTalk 通信协议标准符合国际标准化组织(ISO)定义的开放系统互联(OSI)模型,提供了 OSI

参考模型所定义的全部七层服务。LonWorks 网络拓扑结构除了总线式外,还可以选择其它多种形式的网络拓扑结构,如星型、环型、自由拓扑等。LonWorks 网络可以在多种通信介质下通信,包括双绞线、电力线、光纤、同轴电缆、无线射频、红外线等,并且多种通信介质可以在同一网络中混合使用。LonWorks 技术改善了 CSMA/CD 载波侦听多路访问通信协议,使网络在负载很重时,仍保持较高性能。在一个 LonWorks 现场总线系统中网络节点数可为 32000 多个。LonWorks 技术的通信速率可达 1.25Mb/s,光纤介质最长通信距离为 3500m,双绞线介质在通信速率为 78Kb/s 时直接通信距离为 2700m<sup>[9]</sup>。由于采用了一系列先进技术, LonWorks 控制网络功能强、可靠性高,系统成本低,采用 LonWorks 现场总线技术的大射电望远镜监控系统具有优越的性能。

## 2 系统体系结构

在大射电望远镜监控系统设计中,考虑系统要易于扩展和升级的要求,系统总体采用分布式结构。系统从上到下划分为系统管理级、过程管理级和现场控制级,由网络相连接,系统体系结构如图 1 所示。

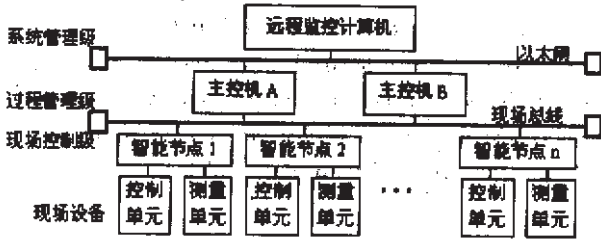


图 1 计算机监控系统体系结构图

### 2.1 现场控制级

现场控制级是监控系统的基础,负责完成现场监控任务,它由连接到现场总线上的智能节点构成现场智能网络。智能节点主要用于接收和处理传感器来的输入数据、控制执行器操作和完成网络通信等任务。在大射电望远镜监控系统中智能节点按照望远镜跟踪观测天体的需要,驱动步进电机控制执行机构,调整面板单元的空间位置,通过旋转编码器测量电机运转状态,得到面板单元当前空间位置信息,利用控制算法实现闭环控制,保证望远镜的跟踪精度。现场智能节点能够独立完成大部分控制任务,减少了主控机的工作压力,提高了系统的可靠性。

### 2.2 过程管理级

过程管理级的主要功能为望远镜监控系统参数设置、现场智能节点状态检测、监控数据动态显示、数据分析报警、网络通信管理、实时数据采集、数据打印等,该级是监控管理的中心环节,也是系统的核心部分。为保证系统运行可靠,采取了双机热备份结构。

### 2.3 系统管理级

系统管理级使管理者远程了解望远镜运行状况,查询各级设备状态以及观测数据,根据望远镜实际运行情况,实施远程指挥调度。

## 3 监控系统硬件

### 3.1 现场控制及测量单元

现场控制单元由驱动器和步进电机等执行机构组成,驱动器接收智能节点脉冲数字信号,输出步进电机要求的变频信号。步进电机与机械装置相连,调整面板空间位置。电机的步距角为每步 1.5 度,使望远镜运转平稳。现场测量单元由位置测量编码器等组成。编码器采用绝对式多圈光电编码器,其内部 89C2051 单片机将测量数据通过串口发送给智能节点,串行通信的波特率为 4800bps。

### 3.2 智能节点硬件结构

为使监控系统与机械结构紧密结合,适合现场环境,实现机电一体化,提高系统整体可靠性,研制开发出高性能价格比的现场智能节点。智能节点 I/O 接口电路与步进电机驱动器相连,输出脉冲数字信号,驱动步进电机。智能节点串口 RS-232 与现场测量单元相连,获取现场测量信息。图 2 所示是基于 Neuron 芯片智能节点结构,它通常由 Neuron 芯片、片外存储器、I/O 接口与调理电路、通信电路和其它附加电路等组成。

智能节点主要用于实现对现场设备的控制,获取现场信息,并把现场监控信息通过现场总线发送给主控计算机。Neuron 3150 芯片为智能节点的核心芯片,它需要片外非易失性存储器来存放 LonTalk 协议、多任务调度程序、I/O 应用库等固件,另外还需要配备附加的存储器,作为现场智能节点应用程序和相关信息的存储区。I/O 接口是位于 Neuron 芯片上的 11 个 I/O 管脚,它提供有直接 I/O、定时器/计数器、串行 I/O 和并行 I/O 等四种对象,通过软件编程可设定为 34 种方式之一。I/O 调理电路则是为了方便连接测量和控制装置。通信电路中的收发器是现场智能节点与 LonWorks 网络之间的接口,完成智能节点网络通信功能。图 2 电路中采用的 FTT-10 是用于双绞线通信介质的收发器模块。

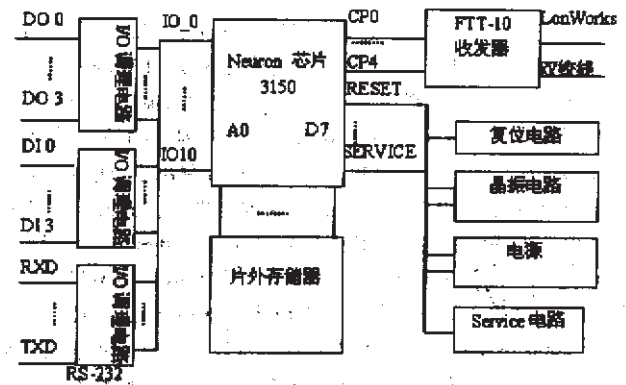


图 2 智能节点的硬件结构图

### 3.3 通信接口卡硬件结构

通信接口卡位于主控计算机 PCI 插槽内,并通过 FTT-10 收发器与现场总线相连,完成主控计算机与现场智能节点的通信。图 3 所示是基于 Neuron 芯片的通信接口卡结构,它由 Neuron 芯片、片外存储器、双口 RAM、I/O 接口与调理电路、通信电路和其它附加电路等组成。

其中, Neuron 3150 芯片为通信接口卡的核心芯片,是通信接口卡的中央处理单元。双口 RAM 为通信接口卡内存,它又被映射到主控计算机内存空间中。通信接口卡和主控计算机采用约定的协议对双口 RAM 进行读写,完成主控计算机与通信接口卡之间高速数据交换。通信接口卡通过 FTT-10 收发器连接在现场总线上,从而实现主控计算机和现场智能节点之间

的通信。

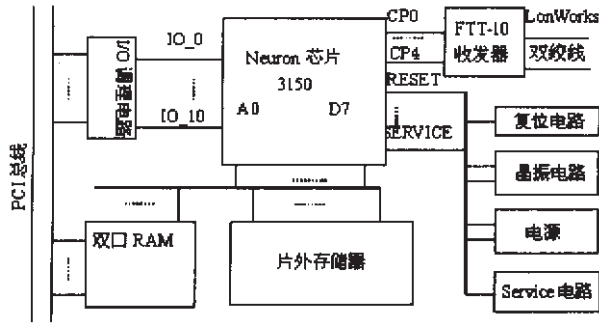


图3 通信接口卡硬件结构图

### 3.4 系统计算机及服务器

过程管理级由2台586系列工业控制计算机组成完成过程监控。系统管理级计算机完成远程监控和管理,服务器用于存储系统监控信息数据库。

### 3.5 系统网络硬件

现场智能节点通过FTT-10收发器与屏蔽双绞线相连,组成现场控制网络。网络最大跨度为2700米,可以挂接32000个智能节点,传输速率为78Kb/s或1.25Mb/s。过程管理级计算机通过以太网组成局域网。系统管理级计算机使用电话线和modem通过Internet经过路由器连接到过程管理级以太网上。过程管理级计算机通过通信接口卡与现场控制网络相连接,实现过程管理级和系统管理级计算机与现场智能节点之间的通信。

## 4 监控系统软件设计

与系统的体系结构和硬件结构相对应,监控系统软件分为现场监控软件(即智能节点软件)、通信接口卡软件、主控计算机监控软件和系统管理软件。它们的结构关系如图4所示。

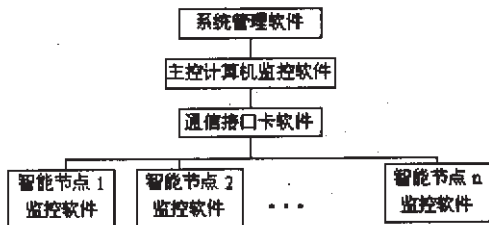


图4 监控系统软件系统结构图

### 4.1 智能节点软件

现场智能节点监控程序使用LonWorks现场总线系统提供的Neuron C语言编写,主要用于实现对现场设备的控制,获取现场信息,并把现场监控信息通过现场总线发送给主控计算机。其功能包括通信、设备自检与故障诊断、测量与控制执行等。智能节点软件直接操作硬件,因此要与硬件设备的结构和工作原理相一致。智能节点实现网络通信功能必须与主控计算机监控软件约定通信协议和软件接口方式。其中通信协议报文如图5所示。网络报文分为请求报文和应答报文两种。请求报文类型可以是主控计算机向智能节点发送控制命令或请求现场测量信息等多种类型。域号、子网号和节点号等为智能节点逻辑地址信息。总帧数、当前帧号分别表示一个数据报文分成帧的个数以及当前发送帧的帧号。数据长度为数据区的字节

数,可以在0~228之间。数据区中含有错误校验码。请求通信报文可以有应答方式和非应答方式两种。应答报文类型与请求报文类型相对应,应答报文的格式如图5所示。

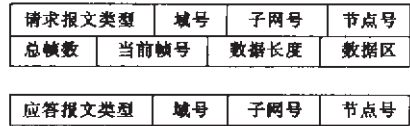


图5 网络通信协议帧格式

### 4.2 通信接口卡软件

通信接口卡程序用Neuron C语言编写,完成主控计算机与现场控制网络之间的通信。当主控计算机需要向网络发送数据时,只需按照与智能节点约定的通信协议将命令和数据写入双口RAM,通信接口卡Neuron芯片读取双口RAM中的命令和数据,按照主控计算机的要求把信息发送给现场总线上的智能节点。当现场智能节点需要与主控计算机通信时,智能节点先把数据发送给通信接口卡,然后通信接口卡将接收到的数据按照与主控计算机约定的通信协议存放在双口RAM指定的区域,主控计算机读取双口RAM中的命令和数据进行处理,完成主控计算机与现场智能节点之间的通信。

### 4.3 主控计算机监控软件

主控计算机监控软件是在Windows 95平台上用Visual C++编写的,采用面向对象的编程方法,通过对工程问题的归纳与抽象,生成了现代监控与管理系统所需的若干个基本“类”,包括系统管理类、数据库管理类、通信类、报表类、图形类、数据处理类等易于继承扩展的类及有关软件接口,使监控与管理的功能扩展相当简便易行,从而使软件系统本身具有良好的扩展性。主控计算机监控软件系统共分7个主要功能模块,如图6所示。

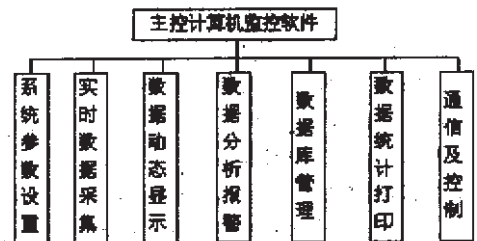


图6 主控计算机监控软件系统结构图

系统参数设置模块主要功能为设置现场总线上的智能节点名和智能节点网络逻辑地址以及控制调节参数等。主控计算机需要实时监测智能节点、现场控制单元和测量单元的运行状态以及网络通信状况等系统信息。系统监控界面使用图形化的动态显示方式,使监控管理者快速直观地了解望远镜当前运行情况。通过对系统运行记录的分析,发现系统故障并报警。将现场监控数据存储于数据库内,通过对数据进行处理,实现检索、查询、统计、打印等功能。监控系统主控计算机通过现场总线向智能节点发出控制指令,使现场控制器执行相应控制操作。

### 4.4 系统管理软件

监控系统的系统管理软件由网络服务器上的数据库管理软件和远程查询管理软件组成,与主控机监控软件统一规划并采用相同的软件开发工具。系统管理级与过程管理级计算机将

(下转 256 页)