

基于单片机的分布式以太网管理系统

Distributed Management Ethernet System based on the One - chip Computer

张浩平 (南京林业大学 信息科学技术学院 210037)

摘要:本文提出了一种以 PC 机为上位机,单片机为下位机而组建的分布式以太网交换机管理系统的设计和实现,阐述了基于单片机的 TCP/IP 协议的实现,并给出了系统软、硬件的组成。

关键词:以太网 单片机 TCP/IP 协议

1 系统功能

工业以太网最大的优势之一就是可以和信息以太网实现无缝集成,本项目尝试完全利用信息网络来实现分布式监控,具有一定的典型意义。

我们设计了一种基于单片机的“外挂式”网络管理节点设备。该设备以单片机为核心,安装有 TCP/IP 协议和以太网网卡,连接到被管理的交换机的端口上,一方面监控交换机、交换机供电电源等设备的运行状态,另一方面还可以通过网络与网管中心交换信息。实际上,该设备利用现有的信息网络构成了基于 TCP/IP 协议的工业以太网,是整合工业以太网与信息以太网的典型应用。其系统架构如图 1 所示:

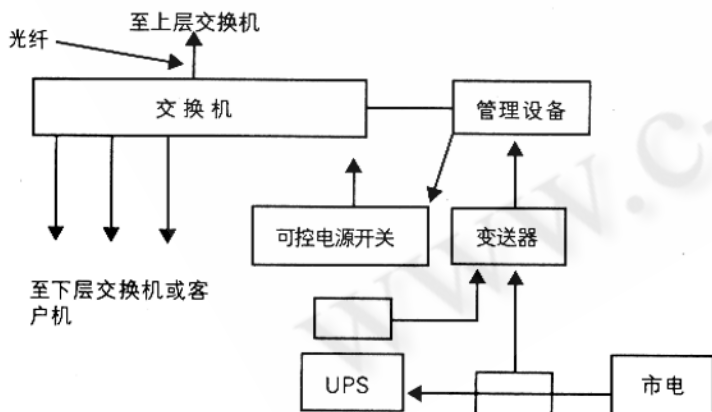


图 1 系统架构图

基于单片机的“外挂式”网络管理节点设备拥有固定的 IP 地址和 MAC 地址,按照 UDP 协议规范与网络中其它设备进行通信,原有的网络无须作任何改动,在网络中可以将视为普通的客户机节点,且成本很

低、安装简单、实用性强。在正常情况下,网管中心服务器轮询网络管理节点设备,管理设备收到轮询命令后,将电源供电状况和环境温度数据上传给网管中心服务器,如果能顺利收到网管中心服务器的确认,则可以认为交换机工作正常。如果发生以下异常时,管理设备进入故障处理程序。

利用温度传感器来测试交换机的环境温度,管理设备将环境温度信息上传给网管中心服务器。这对于需要安装空调设备的汇聚层交换机机房尤为有用,当因为空调设备发生故障而导致机房温度超限时,管理员能及时发现。

2 系统硬件组成

单片机具有成本低、功能强、抗干扰性能好等特点,一直是工业过程控制底层的首选机型,因此,以 PC 机为上位机,单片机为下位机而组建的工业以太网是一种具有低成本、高效率的较为理想的控制网络系统。本系统是以网管中心服务器(PC 机)作为上位机,以单片机为核心的管理设备作为下位机,并利用信息网络而构成的工业以太网。

本系统的硬件按功能划分为两个部分:监控部分和通信部分。

监控部分共由三个采集通道、一个控制通道组成。处理器采用 Cygnal 的 C8051 高速单片机,速度可达 25MIPS,片内 4352 字节数据 RAM,64KB Flash 程序存储器,8 个 8 位的端口 I/O,片内带有温度传感器。对供电电源状态的采集通道有两个,一个是对 220 伏市电输出状态的采集,另一个是对 UPS 逆变

输出状态的采集,均为开关量。通过电流互感器、变送器采集到的电压经整流、稳压送入光电隔离器,最后接入单片机的 I/O 端口,单片机的监控程序通过采集端口状态来确认供电电源是否正常。另一个采集通道为环境温度采集,可借助单片机自带的温度传感器来获得环境温度数据。控制通道用于执行交换机的重启操作,由单片机的 I/O 端口、光电隔离器和继电器构成。

通信部分由 10M 以太网控制芯片 RTL8019AS 或 RTL8029AS、RJ-45 接口等构成。单片机则通过 RTL8019AS 及 RJ-45 接口、5 类双绞线接入交换机的端口。由台湾 Realtek 公司生产的 RTL8019AS 以太网控制器,由于其优良的性能、低廉的价格,使其在市场上的网卡中占有相当的比例。

考虑到本系统的数据传输量不大,对实时性要求并不是非常高,为尽量节约单片机的 I/O 端口,采用了 74HC573 锁存器来实现地址线、数据线复用的方案。RTL8019AS 的 MAC 地址由软件在初始化时写入,当单片机向网上发送数据时,先将一帧数据通过远程 DMA 通道送到 RTL8019AS 中的发送缓存区,然后发出传送命令;RTL8019AS 接收到的数据通过 MAC 比较、CRC 校验后,由 FIFO 存到接收缓冲区;收满一帧后,以中断或寄存器标志的方式通知主处理器。

3 系统软件组成

和硬件系统相对应,软件也由数据采集模块、控制模块和通信模块所构成。数据采集模块负责采集交换机的电源状态,控制模块负责交换机的重启操作,通信模块负责与网管中心的服务器交换信息。系统采用网管中心服务器轮询各管理设备的方法,管理设备收到轮询命令后,将现场数据上传给网管中心服务器,网管中心服务器再下发确认命令。如果管理设备与网管中心服务器失去联系(包括超过轮询周期依然未收到轮询命令或上传数据后收不到网管中心服务器的确认信息),则进行故障处理程序。故障处理的第一步是对交换机进行检测,以确认是否是交换机的故障,采取以下几个步骤进行检测:

(1) 继续与网管中心服务器联络 10 次,以确认不是因为交换机偶尔的丢包而导致通信的暂时中断。如果依然不成功,进入下一步检测。

(2) 为确认不是因为网管中心服务器的故障而导致的通信中断,管理设备要和网络中其他“外挂式”网络管理节点设备进行联络,如果能收到其他管理设备的回应,说明交换机正常。

(3) 确认交换机供电电源是否正常。

(4) 检测自身的网卡是否正常,方法是进行发发自收的操作。

经过以上几个步骤检测后,如果确认是交换机故障,则进入重启交换机的操作,方法是断开可控电源开关 10 秒钟后再合上可控电源开关,3 分钟后再进行检测,看交换机是否能恢复正常。如重启操作 3 次均不成功,则放弃操作。

如果检测到市电掉电,但交换机工作正常。说明 UPS 已投入工作,管理设备及时将报警信息上传给网管中心服务器。数据采集模块和控制模块的程序框图如图 2 所示。

实现通信模块的关键技术之一是基于单片机的 TCP/IP 协议的实现。由于单片机的资源规模很小,要实现庞大的 TCP/IP 协议显得力不从心,而监控场合的一般数据量都很小,因而可以舍弃较为复杂的 TCP 协议,而用 UDP 协议取代之。为提高其可靠性,在高层协议上采取一些措施:采用上位机轮询、下位机回应的方法,并按照“三次握手”的规范进行通信,即下位机回应后,上位机再向下位机发一确认。同时增加校验码,对数据进行较严格的校验,以提高可靠性。

4 TCP/IP 协议的简化

要在只有有限资源的单片机上实现 TCP/IP 协议,无疑要进行简化,既要最大限度的减少程序量的开销,又要保证其正确性和实用性。根据本系统的特点,在以下几个方面进行简化。

首先,在传输层采用 UDP 协议,一方面 UDP 协议简单而又高效,另一方面 UDP 协议符合 TCP/IP 规范,使得单片机与 PC 机的 WINDOWS 进程之间的通信不会有任何问题。更重要的是 UDP 协议的程序开销要比 TCP 协议的程序开销小得多。当然,由于 UDP 协议省略了如错误校验、流量控制等保证通信可靠性的功能,属不可靠的无连接协议,但在局域网中,其网络环境比较优越且误码率很低,因此,我们只须在高层协议中根据实际情况加入一些错误校验手段,完全可以保

证数据的可靠性和正确性。

IP 协议是网络通信的基础,必须保证其完整性。为了保证单片机能与 PC 机的 winsock 建立通信连接,我们先分析一下 winsock 的通信流程。

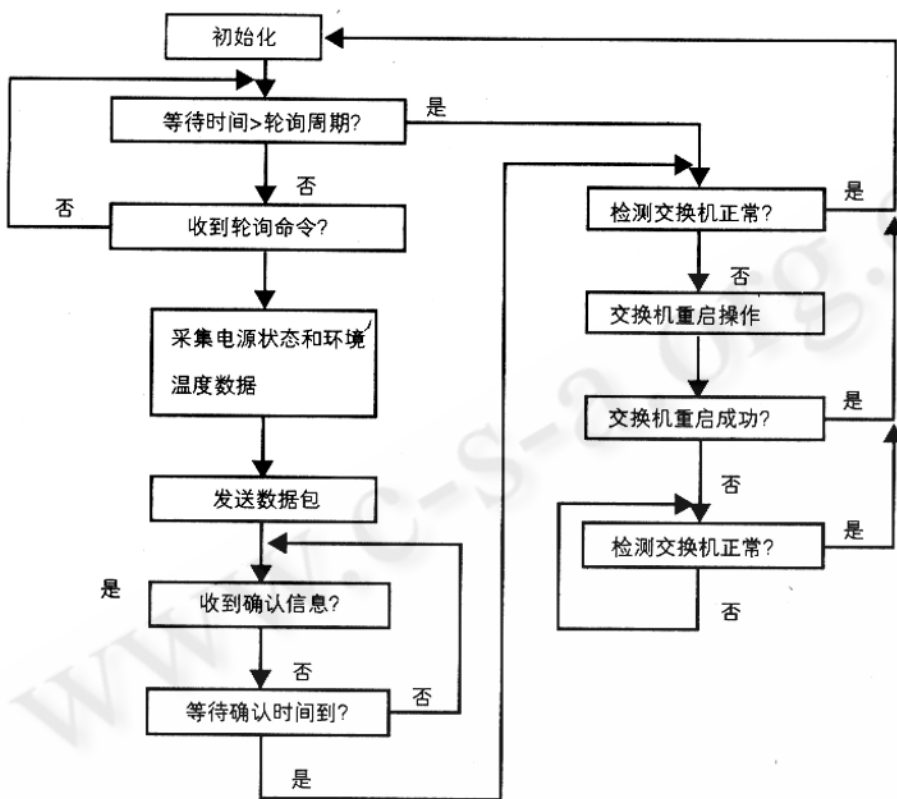


图 2 程序流程框图

UDP 服务器端和一个 UDP 客户端通信的程序过程如图 3 所示。

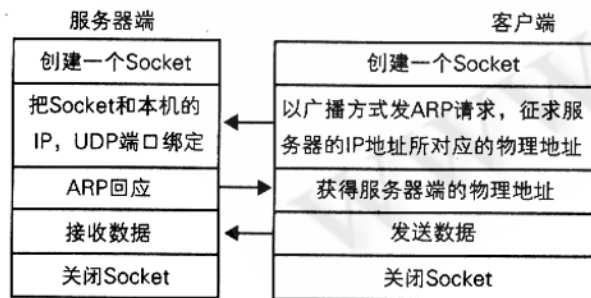


图 3

本系统采用的是轮询方式,因此,上位机(网管中心服务器)是作为客户端与作为服务器端的下位机(以单片机为核心的管理设备)进行通信的,由此可以看出单片机的 ARP 协议似乎不可省略。但我们可以将单片机的 IP 地址和物理地址(即 MAC 地址)设置到网

管中心服务器所连接的核心交换机的静态 ARP 表中,当网管中心服务器的 winsock 发 ARP 请求时,核心交换机立刻就能向网管中心服务器返回管理设备的 MAC 地址,从而可以省略单片机的回应 ARP 请求功能。

反过来,当单片机作为客户端发信时,可以将上位机的 MAC 地址以人工方式事先存入单片机,在发起通信时就不必发送 ARP 请求,直接按照上位机的网卡地址发送 IP 数据报,这样,单片机就可以完全省略 ARP 协议。

5 网管中心服务器

网管中心服务器是分布式网络管理设备的控制中心,负责以轮询方式汇总各个监控点的实时数据,并加以分析和处理,同时以模拟图形方式予以显示。一旦发现异常情况,即以报警图形方式显示,通知管理员及时处理,同时将异常情况存入“日志数据库”,便于日后查询。考虑到本系统的数据传输量不大,对实时性要求并不是非常高,网管中心服务器采用普通 PC 机来承

担。其软件用 VB 编写,整个系统由通信模块、数据分析模块、图形显示模块、数据库管理模块和人机交互模块构成。

为提高系统的效率和可靠性,网管中心服务器在轮询各个监控点时,以“群发”方式进行。当轮询开始时,管理中心连续地向所有监控点发送轮询命令,并按照人工设置的时限等待回应。对超过时限没有回应的管理设备进行定点查询,以确认是否发生了故障。

参考文献

- 1 郑文波,控制网络技术,清华大学出版社,2001年。
- 2 张常年、郭书军,计算机通信与工业控制,化学工业出版社,2002年。
- 3 张浩平,现场总线网络的媒体访问控制技术,“工业控制计算机”,2002年第7期。