

地震监测网络传感器系统的设计及其通信协议的实现

吴 刚 庞彦斌

(北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 针对在地震监测中对水井液位/温度进行监测的特殊背景,提出了一种新型的分布式网络监测系统结构,并结合实际要求设计了一种基于 RS-485 异步串行通讯的通信协议,然后详细说明了该协议的组成结构、帧格式以及链路控制,并进一步对协议作了性能分析以验证它的实用性和有效性。经实验证明,该协议有效可行,并在实际中应用良好。

关键词: 通信协议; RS-485; 地震; 数据链路

中图分类号: TP393.18

目前对地震监测预报的方式有很多种,在我国广泛应用的是由国家地震局研制的地震分析预报系统(MapSIS)。但是,由于 MapSIS 并不具备自动化的数据采集功能,目前在某市地震局仍应用机械记录仪加人工现场更换记录纸进行数据采集。

本文针对目前在该市地震局的现状,设计了一种网络化分布式自动监测系统,完成了其地震台网的数字化改造。同时经过分析设计了一种结合 RS-485 异步串行通讯和 HART 总线的通信协议,并根据现场状况制定了一种两层三级的分布式网络监测系统的结构。

1 系统结构设计

按照该市地震局的要求,测量对象是分布在该市地震活动频繁地带的地下水监测井。由于水井位于该市的几个区县,与市地震局监测中心相距较远,而使用专用网的代价较高,系统由位于市地震局的主机通过 MODEM 拨号经过公用电话网与现场建立通信。针对井下传感器的低功耗考虑,在各个井口设计了数据集中器,负责收集传感器采集的数据并处理、存储、显示以及传送到上位机。井口与井下的通讯采用 RS-485 串行接口总线,其设备简单,成本低和维护方便,因此,适合用来完成远程数据采集与控制。由此,本文提出了一种两层三级的分布式网络监测系统的结构,具体结构如图 1 所示。

系统从功能上分有三部分:实时数据采集、通

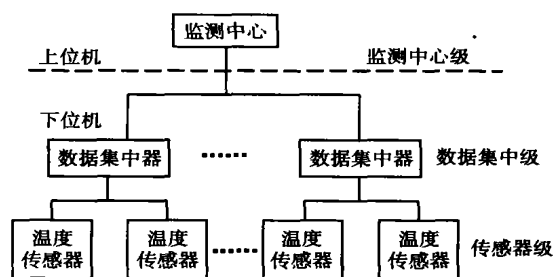


图 1 分布式网络监测系统的结构

Fig. 1 Structure of distributed network control system

信、综合信息管理。而从拓扑结构上看又分为两层:上层称上位机,用于数据管理;下层称下位机,用于现场数据实时采集与控制。

2 通信协议设计

2.1 物理层

RS-485 串行接口总线支持多点连接,允许创建多达 32 个节点的网络,并且传输距离可达 1 200 m 或者在网络中增加另外 32 个模块^[1]。由于本系统中数据集中器与传感器级之间最大距离达到 100 m,故选用 RS-485 作为物理层的规范。

本方案选用的接口驱动芯片是 MAX1483。MAX1483 的 1 脚 RO 为数据接收端;2 脚 RE 为数据接收允许端;3 脚 DE 为数据发送允许端;6,7 脚为电流回路端;它把一个三态差分线路驱动器和一个差分线路接收器组合在一起,并共用 A、B 两根总线。它的传输方向由 DE 和 RE 所控制,当 DE 显示 1 时,驱动器优先,可进行数据发送,此时接收器呈高阻状态;当 RE 显示 0 时,接收器优先,可进行数据接收,此时驱动器呈高阻状态。

如图2, MAX1483 的收发控制引脚 DE 和 RE 并接一起, 三级管 Q1 搭接了一个反相器用于保护 MAX1483, 单片机控制端口 P1.3 输出经过该反相器连接到 MAX1483 通信方向控制引脚。

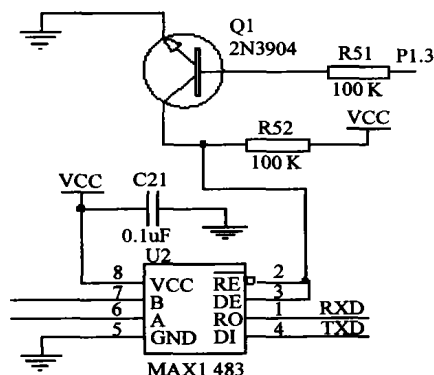


图2 RS-485 接口电路

Fig.2 RS-485 interface circuit

2.2 数据链路层

数据链路层协议仿照 HART 通信协议编写^[2], 规定了帧格式和访问控制方式。

2.2.1 帧格式 本协议中有两种类型的帧: 命令帧和响应帧, 格式如下所示。

命令帧	链路同步码	定界符	地址	命令号	校验和
-----	-------	-----	----	-----	-----

响应帧

链路同步码	定界符	地址	命令号	响应码	数据字节	校验和
-------	-----	----	-----	-----	------	-----

1) 前导信号用于在物理层的协议中实现对调制解调系统进行与同步。

2) 定界符的高位确定该帧是长帧还是短帧, 低位为帧类型编码。

3) 本设计中有一个主设备, 两个从设备, 采用短帧的地址场占用一个字节。

4) 响应码含有描述传送结果的信息, 是从设备到主设备独有的。本协议中的响应码从高到低分别是: AD 采样错误、奇偶校验错误或水平校验和错、命令字错误、前导码错误。

5) 校验采用垂直奇偶校验, 用于差错控制。奇偶校验位由硬件自动产生, 该位在接收端也由硬件自动校验, 这就构成了纵向奇偶校验。在传输时, 对各字节进行异或运算, 最后结果即为垂直奇偶校验码, 亦被作为一个字节传输, 而且硬件也对其校验。

2.2.2 访问控制 该协议采用主从式, 即每次通信都是由主设备向从设备发出命令, 而从设备予以回答。并且通过自动重发请求协议 (ARQ) 对被噪声

或其他干扰破坏的数据进行修正^[3]。主设备访问从设备采用轮叫轮询方式。

2.3 应用层

设计的应用层的命令可以用做通讯测试、请求数据、诊断, 并可以根据要求扩展更多的命令。此处主要讨论请求数据命令, 如图3, 图4分别表示从数据集中级和传感器级讨论该命令的流程。

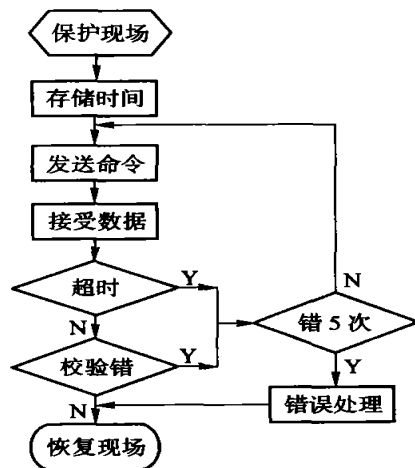


图3 数据集中级接收/发送服务程序框图

Fig.3 Flow chart of controller

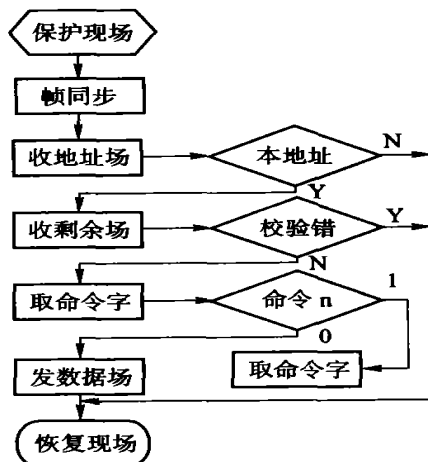


图4 传感器级接收/发送服务程序框图

Fig.4 Flow chart of the sensor

3 协议分析

3.1 性能分析

本协议中数据集中器采用轮叫轮询的方式访问井下温度传感器和液位传感器。轮叫轮询系统的性能与站间距离、线路容量以及整个系统的负荷情况有关。虽然轮叫轮询相比另一种接入方式——传递轮询有较大的等待时延, 但对于系统结构比较简单, 站间距离比较小, 传递轮询带来的好处并不明显, 因此在

目前使用的轮询系统中,主要还是使用轮叫轮询^[4]。

3.2 差错控制

链路层主要是使通过物理链路的信息传送变得可靠。数据传输的可靠性,一般用数据传输的出错率(也称误码率)来衡量。

假设一个报文包含了 N 个字节的数据;通过程中发生一个位错误的概率是 P_b ,发生一个矩形框错误的概率设为 P ,可计算得

$$P = 72 N (N - 1) P_b^4 - 72 N^2 P_b^4$$

本协议中一个报文包含 24 个字节的数据,假设通信中发生一个位错的概率为 $1/1000$,可以计算出不可检出错误概率为 41.4×10^{-9} 。通信传输一个 24 字节的报文需要 0.22 s(不计入前导码时间),1 s 可以传送 4.5 个这种报文,如果这种通信连续传输一年,按照上述概率计算出要发生错误的报文为 9.6 个。实际上通信不可能很长时间连续通信, $1/1000$ 的位错发生率也符合工程实际(这取决于工作环境和网络硬件特性),可以看出水平垂直奇偶校验可以很好的检测到通信错误。

3.3 传输效率分析

根据链路层的帧格式及穿行异步通信的数据格式^[5],就能确定传输速率。链路层一帧的数据传输

$$\text{效率}_1 = \frac{\text{一帧中的有效数据字节数}}{\text{一帧的字节数}} = \frac{18}{24} = 0.75, \\ \text{串行异步通信的数据传输效率}_2 = \frac{\text{一帧中的有效数据位数}}{\text{一帧的位数}} = \frac{8}{11} = 0.73。$$

实际完整一帧的数据传输效率为

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 = 0.75 \times 0.73 = 0.55$$

4 实验数据

如图 5 为选取 175 min 的实验室数据,从图 5

可以看出实验室的水位数据和现场的水温数据比较

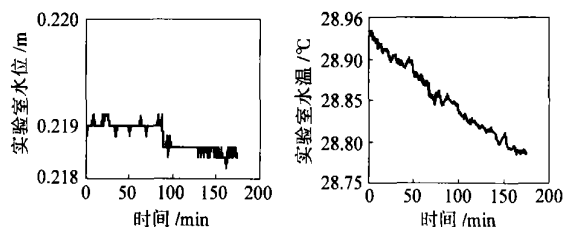


图 5 175 min 连续数据采集曲线

Fig. 5 Continuous data graph for 175 min

稳定。选取时间连续的实验室采样数据,可知水位传感器测量精密度在 0.3 mm 以内;水温测量精密度在 0.01 °C 以内。测量误差的主要来源是传感器自身的非线性、重复性和稳定性误差。由于在短暂的时间内实验室水位变化非常缓慢,其测量曲线可以看到明显的计算舍入误差以及测量噪声的影响。统计数据显示传感器测量精密度满足设计要求,即使存在系统误差也可以通过严格的标定确定修正参数。

参 考 文 献

- [1] 余济临. 用标准化网络体系结构设计 RS-485 控制网络[J]. 通讯技术, 1999, 6(5): 15 - 19
- [2] 顾洪军. 网络控制系统的实时特性分析及数据传输技术[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(6): 38 - 40
- [3] 金顺福. 数据链路层的流量和差错控制机制的分析[J]. 计算机工程与设计, 2002, 23(5): 13 - 14
- [4] William Stallings. High-speed networks TCP/IP and ATM design principles[M]. New York: Prentice Hall, 1999
- [5] Pang Yanbin, Liu Xiwei. The design of the intelligent and fieldbus sensor for measuring the level and temperature of the water well monitoring earthquake [C]. SICE Annual Conference. Osaka: IEEE, 2002

Design and communication protocol of a network sensor system for monitoring earthquake

WU Gang PANG Yan-bin

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: For monitoring earthquake, a new structure of a distributed network monitor system was proposed for measurement of the level and the temperature of the well water, and a communication protocol was designed based on RS-485 serial asynchronous communication mode, considering actual need. The structure of the protocol, frame format and the link control of the protocol were described. The efficiency of the protocol was analysed, and the practicability and validity of the protocol was proved.

Key words: communication protocols; RS-485; earthquake; data link

(责任编辑 刘同帅)