

ZigBee无线网络在电力隧道动力环境监控中的应用

在电力隧道动力环境监控的应用当中，传统方式是使用动环主机对各传感器和控制器进行接入。动环主机使用有线的方式进行数据通信，在空间有限的隧道中存在诸多的弊端。使用Zigbee网络对电力隧道环境监控系统进行重新构建，较传统的方式，Zigbee网络方式在成本、效率和可维护性上都具备优势。

黄 昊¹ 周 震² 周 茂¹/1.国网重庆市电力公司 2.国网重庆市电力公司江北供电公司



黄 昊/高级工程师

随着城市规模的逐渐扩大、人口密度的逐渐提高，城市中原有的架空输电线路逐步被电力地缆所替代。为了提高供电的可靠性，需要对电力地缆所在隧道的环境和动力进行监控（如温湿度、有害气体、照明、水泵、风机和消防等）。传统的动力环境监控一般采用动环主机，通过有线的方式对各种传感器与控制器进行接入。由于隧道内监测点分布广，有线网络实现数据传输成本高，可扩展性差，不能很好地适应隧道内动力环境监控的需要。

本文通过分析传统动环主机接入方式存在的诸多不足，从而引入使用ZigBee无线通信技术来重新构建整个动力环境监控系统。与传统的动环主机方式相比较，ZigBee网络方式在成本、效率和可维护性上都具备优势。

关键词/Keywords

ZigBee ·
动力环境监控 ·
电力隧道 ·

电力隧道综合监控的现状

隧道动力环境监控主要包括以下几个方面。气体监测：监测甲烷、硫化氢、氧气和一氧化碳等气体；环境监测：监测温度、湿度、烟感和水位

等；设备控制：监测照明系统、风机和水泵等。

目前广泛使用的动环主机是一种集中式的监控主机，通过有线的方式可以外接多个传感器和控制器。出于隧道内空间有限和环境限制等方面的考虑，动环主机在实际的应用中存在诸多的不足，下面就两种动环主机的接入方式分别进行阐述。

1. 传统接入方式的动环主机

传统接入方式的动环主机是由变电站综合监控系统演变而来的。为了满足和适应隧道的特殊要求，在设备的外观设计上做了一定的改进，以满足隧道内空间和环境的适应能力。基本的设计思想是把隧道进行分区，约50 m左右为一个区段，在该区域内布置一个动环主机，对该区域内的各种监控装置进行接入。

如图1所示，在隧道内各个区段内分别设置动环主机，对该区域内的传感器、控制器进行集中接入，然后通过光纤网络把数据上传至平台进行统一处理。

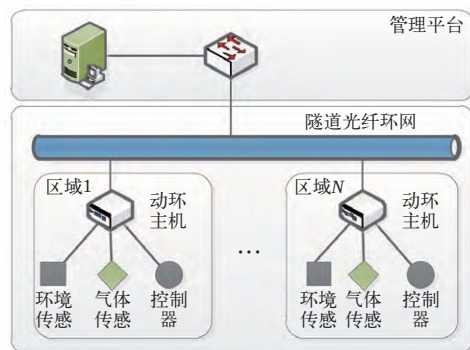


图1 传统动环主机方案

动环主机与各类传感器、控制器间

采用星形连接,主要通过双绞线对各传感器和控制器进行接入。在一个50 m区域内接入的传感器与控制器多达十几种,在隧道狭小的空间内,对布线、空间利用和安全问题等都是一个不小的挑战。如果细度提高为每25 m一个检测点,工程复杂度会成倍增加。

2. 改进后的总线通信方式

在实践当中,为了减小设计与施工的复杂性,设计了相应的改进方案。通过采用现场总线的方式对传感器与控制器进行接入,从端点来减少综合布线的复杂度。

如图2所示,在改进方式中使用总线方式对传感器与控制器进行接入,在一定程度上减少了端点综合布线的复杂度。

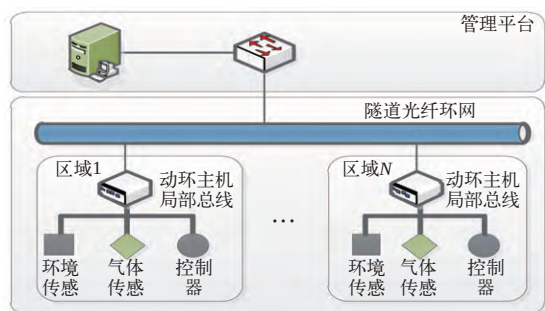


图2 现场总线的改进方案

ZigBee简介

ZigBee是基于IEEE 802.15.4标准的低功耗局域网协议。ZigBee网络共可形成星形、网状和簇状型3种网络拓扑结构。星形和簇状形网络适合单点对多点、距离较近的应用;如图3所示的网状(MESH网)结构适用于复杂的网络。网状结构的网络具有自愈、自组织等强大的功能,且可以实现“多级跳”通信。

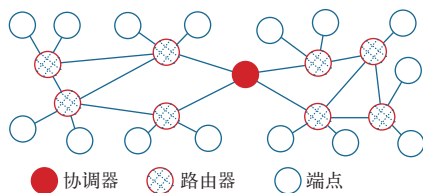


图3 ZigBee 网状 (MESH网) 结构

ZigBee技术的广泛应用主要是因为其网络特征,它体现在以下几个方面。

1) 可靠的通信机制。ZigBee在通信中采用预留专用时隙的碰撞避免机制,可以有效避免因通信冲突造成的数据包丢失现象。采用AES-128加密法,保证数据不会被“盗听”或“误判”,因此通信可靠^[1]。

2) 网络的自组织和自愈能力。ZigBee网络的形成无需人工干预,网络节点可以清楚地感受到其他节点的存在并确定连接关系,自动组成结构化的网络。ZigBee的自愈功能体现在当网络中有节点的增加、删除、位置变动或者节点发生故障等情况时,网络都能够自我修复,自动对网络的拓扑结构进行相应的调整,保证整个系统的正常运行^[2]。

3) 实时性。ZigBee无线通信网络新增节点的典型网络参与时间为30 ms,节点从休眠状态激活进入工作状态的典型时延为15 ms,处于工作状态的节点的典型存取时间为15 ms,对于最长等待时间在10 ms量级以上的控制环境,ZigBee技术完全可以满足实时性的要求^[3]。

4) 抗干扰性。采用2.4 GHz的无线收发器,利用直接序列扩频技术,通过正交相移键控调制方法来实现。这样不仅隐蔽性好,抗干扰性强,而且工作频段灵活,可以调高通信速率^[4]。

ZigBee在电力隧道综合监控中的应用

ZigBee技术在公路隧道的环境监控中已经有相关的研究与应用^[5-7]。利用ZigBee无线网络的优势在电力隧道中对传感器与控制器的接入,可以有效降低设计、施工复杂度,便于后期的升级与维护。

改进后的系统架构如图4所示。该方案对比传统方案的主要改进有以下几个方面。

1) 方案中去除了动环主机,使用ZigBee网桥进行替代。ZigBee网关是一个ZigBee网络到光纤网络的一个桥接装置,把无线ZigBee网络和光纤通信网络进行联通。ZigBee部分通常是一个协调器节点。

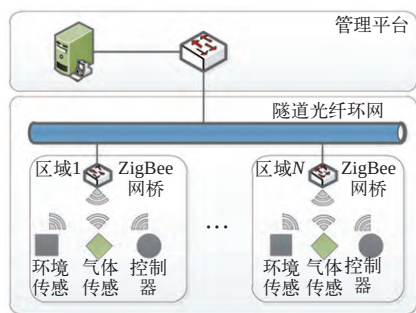


图4 ZigBee方式下的系统结构

2) 对传感器、控制器进行相应的改造,加入ZigBee的通信模块。因为考虑到节点间需要路由,传感器、控制器的ZigBee工作在路由器模式下。

通过上述的技术改造后,新方案具备以下优势。

1) 成本优势。虽然加入ZigBee模块,对传感器和控制器的成本有所增加。但省去了复杂且笨重的动环主机,用小巧和价格低廉的ZigBee网桥进行替代。现有的ZigBee芯片价格已经非常低廉,相对于布线成本和施工成本,ZigBee节点硬件成本几乎可以忽略。

2) 效率优势。ZigBee网络简化了端点布线的复杂度,使得设计、施工、安装和调试的工作量和复杂度得到显著降低。特别是在隧道内空间有限的情况下,该优势尤为明显。

3) 可维护性优势。ZigBee网络只组网特性使得维护十分方便。在维护过程中不需要过多考虑网络通信问题,使得可维护性进一步提高。

在实际应用中需要注意的问题

ZigBee方案虽然具有显著的优势,但在设计中还需要考虑一些ZigBee网络的限制条件,如ZigBee无线网络传输容量、网络复杂度、点对点传输距离和隧道物理条件等。下面以一个3 km地缆隧道为例,对上述因素进行分析,并着重对网络承载与可靠性进行分析。

1. 隧道环境

假设隧道的大体环境如下。

1) 总长度约为3 km,在1 km处有一个拐角,角度为90°。

2) 每间隔100 m有一个集水井,共30个集水

井,需要在集水井中安置水位传感器。

3) 每100 m有一台风机,需要对风机进行控制。

4) 每间隔100 m安装一组气体传感器,甲烷气体传感器、硫化氢气体传感器、氧气气体传感器和一氧化碳气体传感器各一个。

5) 每间隔100 m安装环境传感器,即温湿度一体传感器一个。

6) 每间隔50 m安装烟雾传感器一个。

上述的所有传感/控制装置共计约270个,需要同等数量的ZigBee节点。

2. ZigBee方案选型

ZigBee芯片选择目前应用较多的美国德州仪器生产的CC2530。该芯片的主要网络参数如下。无线频率:适应2.4 GHz IEEE 802.15.4的RF收发;可编程的输出功率:4.5 dBm;路由网络深度:缺省为6,最高为24;数据传输速率:250 Kbit/s。

经测试,在无阻碍的情况下,可靠的通信距离可达300 m以上。因隧道内有防火门阻隔,故选择CC2591进行RF功率放大。CC2591功率可达22 dBm,空旷情况下可有效传输2 km,隧道内实测可达800 m。

3. 网络容量和布置设计

(1) 数据传输容量计算

因大多数传感器的测量稳定时间都大于5 s,控制器的数据通信量更低,把270个通信节点都当成传感器来进行计算,而实际的数据传输量比计算要低。

按照每个节点平均5 s传输50 Byte的数据,平均数据通信率约为21.6 Kbit/s。

ZigBee数据链路的通信速率为250 Kbit/s,除去网络维护开销和通信冲突的开销,100 Kbit/s可以认为是一个安全值。因此单个ZigBee网络在该应用中大约可以承载1 250个通信节点,完全满足需求。

(2) 路由深度和网络布置

ZigBee点到点的通信距离为800 m,在3 km的隧道内最远一个节点需要进行大约4次路由才能达到ZigBee网关,满足缺省路由深度为6的条件。路

由深度的增加会导致数据冲突的增加,同时影响到传输的实时性,因此把ZigBee网关尽量安置在隧道中央位置,来减少设备的路由次数。又因隧道在1 km处有拐角,可以考虑把ZigBee网关安置在隧道中点靠近拐角的位置。这样保证两端的设备在最多经过3次路由后可以达到ZigBee网关。

如图5所示,如果在拐角处没有安置ZigBee传感/控制器的必要,可以在此位置安置一个ZigBee路由节点用于解决一端通道内ZigBee设备无法直接与ZigBee网关通信的问题。

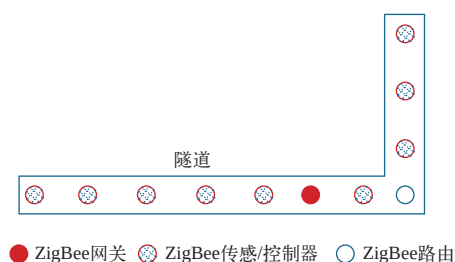


图5 ZigBee设备分布示意图

如果隧道长度过长,所需要的ZigBee节点过多,可以通过布置多个ZigBee网关,建立多个ZigBee网络来解决。

结束语

ZigBee网络在数据传感与控制领域具备先天的技术优势。应用于电力隧道的动力环境监控中可以显著地降低设计和安装调试复杂度,并能进

一步降低后期的维护成本。以网络通信的角度去分析ZigBee技术在电力隧道动力环境监控中应用的可行性,并未对相应的传感器、控制器的具体设计进行更深入的研究。在后续的工作中还需要对相关的终端装置进行更细致的研究,以满足现场的应用。

参考文献

- [1] 徐荣明. ZigBee通信技术在配电网自动化中应用的可行性[J]. 电网技术, 2008(增刊1): 103-105.
- [2] 孙雪峰. 基于Mesh网络的无线抄表系统[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [3] 黄双华, 赵志勇. ZigBee无线传感器网络路由研究与实现[J]. 电子测量技术, 2007, 30(2): 59-62.
- [4] 高庆敏, 和欢, 石瑞杰. 基于ZigBee无线传感网络在变电站监测系统中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 31(1): 54-55.
- [5] 张振海, 党建武. 基于无线传感网的铁路隧道环境无线监测系统[J]. 兰州交通大学学报, 2014, 33(4): 40-44.
- [6] 尹锋, 陈临安. 基于ZigBee的高速公路隧道灯控系统[J]. 公路工程, 2011, 36(5): 95-99.
- [7] 陈鹏杰, 唐晓城. 基于Wifi和ZigBee的地下隧道环境监测系统设计[J]. 中国科技信息, 2015(3): 99-100.

(收稿日期: 2015-04-07) EA

信息动态

Perkins推出动画短片 提醒客户柴油机维护要诀

Perkins(珀金斯)最近制作了一套动画短片,旨在帮助发动机用户了解废气流冒出蓝烟的主要成因及其补救方法。该动画短片现已上传至优酷网,欢迎随时登录以下网址观看: http://v.youku.com/v_show/id_XOTQ4ODE00Tcy.html?from=y1.7-1.2。

Perkins市务专员Kate Theobald介绍道:“我们决定以动画短片这个轻松生动的形式来传达重要的维护信

息。我们的客户所拥有的发动机每天在世界各地不停地运行,驱动着许多应用机械。这套短片能帮助他们了解发动机产生蓝烟的主要成因,以及哪些部件可能需要更换,以消除冒烟现象并使发动机保持最佳运行效率。这的确是一个崭新的方法,能够很好地彰显Perkins覆盖全球的部件供应和代理商网络所拥有的丰富专业知识和经验。”