

基于 WSN 野外监测系统应用层通信协议的研究

雷斌 张鑫

(西安工业大学电子信息工程学院 西安 710021)

摘要: 为了保证在严寒地区铁路、公路专线路基施工质量和建设标准,需要对影响路基稳定性的低温、含水量、位移、变形、应力等路基状态参量进行实时监测。针对监测区域点多面广的特点,提出了基于 WSN 野外分布式监测系统,该系统能够适应高寒、高海拔地区不同环境参量的监控,加强对冻土区的监测能力,推动冻土区交通发展均有重要意义。其中通信协议的设计是整个监测系统正确运行的关键,深入研究了通信协议,提出了基于 WSN 野外分布式监测系统的通信协议,使得监测系统正常工作。

关键词: 实时监测系统;无线传感器网络;通信技术;通信协议

中图分类号: TP316.8 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.40

Research on the application layer protocol of field monitoring system based on wireless sensor network

Lei Bin Zhang Xin

(School of Electronic Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: In order to ensure the construction standards and the quality of the construction programs of highway and railway subgrade in cold regions, factors affecting the stability of the subgrade including low temperature, moisture content, displacement, deformation, stress and so on need to be under constant supervision. A multi-nodes-distributed monitoring system based on wireless sensor network(WSN) is proposed to solve the problem of the vast area and multi points of the wild filed. The multi-nodes-distributed monitoring system is suitable for the environment in high-cold and high-altitude area, and can strengthen the monitoring ability of the frozen soil area. So, the system is very important for promoting the development of the transportation of the frozen soil area. The issue of designing the monitoring system lies in how to design the communication protocols. This paper presents a thorough study of the communication protocols, and a protocol based on WSN is presented to make the monitoring system work normally.

Keywords: real time monitor system; wireless sensor network(WSN); communication technology; communication protocols

1 引言

获取冻土相关特性信息的野外监测是寒区旱区相关研究工作的基础。长期以来工作人员使用人工监测的方法获取数据,当引入自动数据采集系统后大大减轻了获取野外监测数据的难度。但面对有些监测区域比较大,监测点分布比较分散的问题,原有的采集系统不够灵活,满足不了要求。针对野外监测中点多面广、恶劣环境等特点,构建了一种基于 WSN 的野外分布式监测系统,该系统具有自动监测野外环境参量和远程自动上报功能。根据监测系统的特点,提出了一种适用于该监测系统的通信协议

来解决系统中大量数据传输和可靠传输的问题。运行实际情况表明,该系统通信稳定、可靠、灵活,效果良好。

2 WSN 野外分布式监测系统结构

WSN 野外分布式监测系统通过在监测区域布置的大量采集 ZigBee 节点,对监测区域内的环境信息如低温、路基的含水量等数据进行采集^[1],并通过 ZigBee 通信以多跳的方式将数据汇聚到汇聚节点,汇聚节点通过网关将数据传给远程的监控中心。监测系统创新的采用 Android 系统的智能平台作为网关,Android 智能平台通过自带蓝牙与汇聚节点上的蓝牙模块建立连接,获取各采集节点的

数据;通过 WiFi 或者 3G 实现网络连接,将各采集节点采集到的数据传给远程监控中心或者服务器。用户可以根据实际需要在远程监控中心或者 Android 智能手机上对无线传感器网络进行管理。系统如图 1 所示。该系统主要由 3 部分组成:无线传感器网络、Android 网关、监控中心^[2],3 部分的具体功能如下:

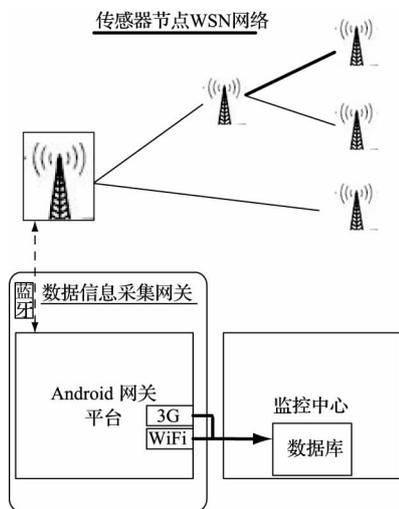


图 1 WSN 野外分布式监测系统结构

1) 无线传感器网络^[3] (wireless sensor network, WSN)是由大量的静止或移动的传感器以自组织和多跳的方式构成的无线网络,以协作地感知、采集、处理和传输网络覆盖地理区域内被感知对象的信息,并最终把这些信息发送给网络的所有者。

其中,在 ZigBee 无线传感器网络中,根据节点通信功能可以将其定义为汇聚节点、路由节点、终端节点。

①终端节点,网络拓扑结构中的叶子节点,它们仅与它们的父节点相互通信,而父节点只能是路由节点或者汇聚节点,主要负责数据采集功能。

②路由节点,能够提供路由服务的网络设备,能够实现网络数据包的转发。同时路由节点也可以有数据采集功能。根据实际情况的需要,决定是否对路由节点添加数据采集功能。而路由节点负责为终端节点的数据转发,它们也仅与它们的父节点相互通信,父节点也可以为路由节点或者汇聚节点。

③汇聚节点,也称为中心节点,主要功能是组成网络。包括射频信道的扫描和选择。在网络形成之后,它的功能与路由一样,可以实现 ZigBee^[4] 网络数据包的转发。同时汇聚节点还能够作为网络安全的信任中心或者网络管理员。信任中心负责管理网络的安全性设置和权限。网络管理员可以用于监控和修正一些网络的错误。汇聚节点需要对网络中所有节点进行管理,同时与 Android 网关进行信息交互。

2) Android 网关也称为监测分中心,通过蓝牙模块与汇聚节点进行通信,用以收集一定范围内的监测数据并负责保存、通过 WiFi 或 3G 上报给监测数据中心。任务调度、远

程通信和现场配置及维护是分中心的重要职责和功能。

3) 监测中心为所有监测数据的汇总中心,在中心完成数据的整理、存储、检索、分析等。

为满足系统能够适用于长期的野外监测任务,对于系统功耗^[5]的要求就比较苛刻。故在 ZigBee 无线传感器网络中,选用了 TI 的 CC2530 为内核主控,它能够以非常低的成本建立强大的网络节点,同时功耗非常低。但由于 CC2530 自身的局限性,ZigBee 节点只能完成数据采集的功能,所以增加了 Android 网关来完成系统的任务调度、时间管理及文件存储等相关功能来弥补 ZigBee 的不足。所以就需要一个通过可靠的协议。

3 监测系统应用层通信协议设计

3.1 监测系统通信基本过程

WSN 野外分布式监测系统通信包括:汇聚节点与路由节点或终端节点之间的 ZigBee 通信、汇聚节点与分中心 Android 网关之间的蓝牙通信、Android 网关与监控中心之间的通信。通信的基本工作过程^[6],如图 2 所示。



图 2 监测系统通信过程

3.1.1 休眠

除汇聚节点外的其他 ZigBee 节点平时隔一段时间唤醒一次检查是否可以入网;没有汇聚节点无法入网则继续休眠。由于该系统需要克服野外恶劣的天气环境,对功耗的要求比较苛刻,所以在没有任务的情况下,设备处于休眠状态,功耗仅为 236 μA 。

3.1.2 组网^[7]

汇聚节点采用定时和触发两种唤醒方式,当汇聚节点被唤醒后,发起组网,同时收集节点信息,形成网络信息表,向所有节点发送采集命令,同时启动分中心(Android 网关)。其中各个节点需要提供的节点信息包括:网络地址、设备型号、物理地址、信息数量、父节点网络地址、信号强度。

3.1.3 列表

分中心启动后,发送查看命令检查有哪些节点入网,汇聚节点将网络信息表的内容逐行上报,如表 1 所示。

表 1 节点信息

序号	网络地址	设备型号 Device Type	物理地址 DeviceNum	信息数量 InfoAmount	父节点 Father	信号强度 RSSI dbm
1	2E00	ZPC6A1	50ED4E9345123890	3	2E00	1
2	2E36	ZSR29T1	50ED4E9345123891	30	2E00	-10

表中:

- 1) 序号部分为存储顺序;
- 2) 网络地址为 2 字节,称为短地址(16 位)。在 Zig-Bee 网络中有 2 种地址模式:扩展地址(64 位)和短地址(16 位),其中短地址用于本地网络中的设备标识,在一个网络中每个设备的短地址必须唯一,当节点加入网络时由其父节点分配并通过短地址进行通信。对于中心节点来说,短地址通常设定为 0X0000;
- 3) 物理地址为 8 字节,称为扩展地址,由 IEEE 组织分配,用于唯一的设备标识;
- 4) 设备型号为 10 字节,需要表明设备节点类型;
- 5) 父节点网络地址为 2 字节;
- 6) 与父节点间信号强度 2 字节。

3.1.4 选点

分中心给汇聚节点发送选择节点命令选中某个节点,汇聚节点将与该选中节点建立单播。

3.1.5 读数

分中心通过汇聚节点给选中节点发送获取数据信息命令得到数据信息。重复 4 和 5,直到所有节点的所有信息获取完成。

3.1.6 上报

分中心将形成的 XML 文件通过 FTP 方式上报给监测中心。

3.1.7 关机

分中心给汇聚节点发送校时命令进行时间同步,然后发送关机命令使汇聚节点广播关机命令。

3.2 数据传输方式及帧格式定义

监测系统的特点决定了在 ZigBee 无线传感器网络中需要架设较多的采集节点,为了在整个网络拓扑中能够稳定有效的数据传输,决定使用停止等待的传输协议,而非滑动窗口传输协议。虽然滑动窗口传输协议能够允许链路中存在多个未经确认的帧,能够充分利用链路的传输能力,但并不适用于分布式监测系统。同时在汇聚节点与路由/终端节点间的通信采用主从方式进行通信,同时规定一条命令只有一条应答的方式,也就是说,当路由/终端节点正确接收到从汇聚节点传送的数据后,路由/终端节点发送一个应答;在某些异常情况下,在汇聚节点发出命令信息后,路由/终端节点接收到的信息出现差错。进而不会向汇聚节点作任何应答。为了应对类似的情况来保证通信的可靠性,在之前的数据传输基础上还增加了超时重发机制。具体说就是,汇聚节点间发送命令信息的同时开始计时,若在规定时间内没有收到命令的应答,或者收到的响应在解析

过程中出现错误,则汇聚节点将按照重发次数,重发该命令。如果重发后,汇聚节点收到正确的应答则重传过程结束;否则直到到达重传次数后结束此次传输过程。设定最大重发次数为 6 次。如图 3 所示。

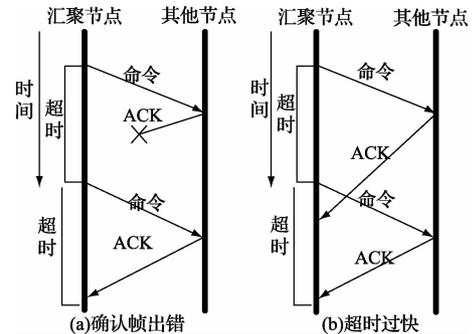


图 3 传输协议的 4 种不同情况的时间线

通信协议^[8]采用 ASCII 编码方式,相比于 Bin 编码, Bin 编码虽然具有效率高、数据灵活等特点,但数据不够直观;而 ASCII 编码方式在保证信息能够弥补了这个不足。由于内核 CC2530 的局限性,串口发送的最大字节不能超过 80 个字节。故要求在制定通信协议的时候,能够用简洁的字符串来清除的描述数据内容。

由于在使用 Z-stack 协议栈^[9]时,在 MAC 层设置了差错监测、差错控制的差错校验机制^[10]。故在应用层数据单元帧格式定义时不需要添加纠错机制,应用层命令帧格式,如表 2 所示。

表 2 应用层命令帧格式

起始符	应用层协议数据单元	结束符
1BYTE	最多 75BYTE	4BYTE
#	BPDU(ASCII)	\r\n

起始符:收到则标志一帧开始,进行后续接收。采用特殊符号'#'表示,以区别于数据。

数据单元:需要发送的数据内容,但不能超过 75 个字节。

结束符:标志接受一帧结束,采用回车换行'\r\n'表示。

4 系统运行调试

根据以上描述的设计方案制定了具体的通信协议命令。通过监测系统的实际运行调试情况来验证当前设计的协议是否能够满足要求。

在满足条件的监测区域内布置了一套 WSN 分布式监测系统,而运行调试的情况达到了预期结果。所有的节点能够稳定的组成一个星形的 WSN 网络拓扑结构,汇聚节点能够获取各节点信息,采集到的大量数据能够传送到

Android 网关, Android 网关能够完成存储并上报到监测中心。整个监测系统的运行情况均可在 Android 网关上

显示,方便系统调试。Android 网关显示系统运行情况如图 4 所示。



图 4 Android 网关显示情况

而无线传感器网络在实际运行调试时,分别对点对点数据传输和星形网络数据传输进行了测试如表 3 所示。

表 3 数据传输测试情况

传输距离	传输方式					
	点对点传输			星形网络传输		
节点距离	稳定情况	发送次数	响应次数	稳定情况	发送次数	响应次数
300 m	一般	300	231	一般	300	198
200 m	良好	300	276	良好	300	256
150 m	优	300	300	优	300	300

5 结论

为保证长期稳定的野外路基监测,采用了自动采集系统。而针对监测区域内点多面广、环境恶劣等特点,提出了一种基于 WSN 野外分布式监测系统。系统中各采集节点能够自动定时的采集数据并上报,Android 网关能够存储数据并上报给监测中心进行数据结算与分析。为了能够保证数据的可靠传输,提出了一种满足要求的 WSN 野外分布式监测系统应用层通信协议。通过采用 ASCII 的编码方式,能够使数据传输时较为清晰可见,各层之间解析灵活方便。实际运行情况表明,提出了通信协议完全可以满足 WSN 野外分布式监测系统的通信要求。

参考文献

[1] 焦尚彬, 宋丹, 张青, 等. 基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿监测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(5):436-442.
[2] 傅质馨, 赵敏, 宗炫君, 等. 基于无线传感器网络的

海上风电机组状态监测系统构建方法实现[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(7):23-28.

[3] 史永彬, 叶湘滨, 刘培亮, 等. 无线传感器网络技术研究现状[J]. 国外电子测量技术, 2005, 24(11):19-23.
[4] 徐勇, 栾晓明, 王丹, 等. 基于 ZigBee 技术的智能照明系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(1):42-45.
[5] 吕宏, 黄钉劲. 基于 ZigBee 技术低功耗无线温度数据采集及传输[J]. 国外电子测量技术, 2012, 31(2):58-60.
[6] 许亮华, 郭永刚, 张进, 等. 基于 PSTN 的大坝远程强震监测系统通信协议设计与实现[J]. 水电自动化与大坝监测, 2009, 33(6):65-68.
[7] 高键, 方滨, 尹金玉, 等. ZigBee 无线通信网络节点设计与组网实现[J]. 计算机测量与控制, 2008, 16(12):1912-1914.
[8] 张浩平. 面向环境监测的中心控制式 WSN 协议实现[J]. 计算机工程, 2012, 38(12):86-91.
[9] 刘敏, 单志勇. 基于 ZigBee 的小区无线安防系统设计[J]. 电子测量技术, 2012, 35(11):28-31.
[10] 彭磊, 毕亚雷, 曾家智, 等. 面向服务的无线传感器网络协议架构[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(5):104-107.

作者简介

雷斌, 1966 年出生, 硕士研究生, 副教授, 主要研究方向为无线传感器网络、嵌入式系统开发、地理信息系统。

张鑫, 1990 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统开发。

E-mail:254818628@qq.com