

文章编号:1671-251X(2015)02-0100-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.02.028

赵立厂.露天矿山卡车防撞预警系统设计[J].工矿自动化,2015,41(2):100-102.

露天矿山卡车防撞预警系统设计

赵立厂

(天地(常州)自动化股份有限公司,江苏 常州 213015)

摘要:针对露天矿山采用公路开拓方式存在的大型运输卡车体量巨大、司机视角差、易发生危险事故的问题,设计了基于飞行时差技术的露天矿山卡车防撞预警系统。该系统采用具有测距功能的WSN模块,通过无线测距方法和三角定位法确定大型车辆、辅助车辆和人员的位置,并进行方位显示和报警提示。测试结果表明,该系统测距距离不低于200 m,误差不大于4 m,能够满足防撞预警系统的要求,同时降低了系统成本和功耗。

关键词:露天矿山;防撞预警;TOF技术;无线测距;三角定位

中图分类号:TD653

文献标志码:A

网络出版时间:2015-02-03 16:00

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150203.1600.028.html>

Design of collision warning system of truck for open pit mine

ZHAO Lichang

(Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract: In view of problems of large volume of transport truck, poor viewing angle of driver and easily leading to dangerous accident, the paper designed collision warning system of truck for open pit mine based on TOF technology. The system uses WSN modules with ranging capabilities, and determines locations of large vehicles, support vehicles and personnel through wireless ranging method and triangulation location method, and realizes orientation display and alarm. The test results show that ranging distance of the system is no less than 200 m, the error is no greater than 4 m, which can meet requirements of collision warning systems, meanwhile reduces system cost and power consumption.

Key words: open pit mine; collision warning; TOF technology; wireless ranging; triangulation location

0 引言

露天矿山使用公路开拓方式,电铲、推机、卡车等大型机车是其主要的采运装备,并有配套车辆进行人员、油品、设备的运送服务。由于卡车等大型机车体型庞大,驾驶员盲区极大,小型车辆行驶速度快,极易造成对车辆和人员的损害事故^[1]。针对露天矿山的卡车防撞预警系统大多采用GPS(Global Positioning System,全球定位系统)技术确定各目标的经纬坐标,使用RF(Radio Frequency,射频)技术对坐标数据进行双向交互,使用预警装置确定自

身坐标和周边其他目标的坐标,并进行距离和方位比对,在小于限定距离时报警提示司机;部分系统采用RSSI(Received Signal Strength Indication,接收信号强度指示)技术进行车辆和人员标签间的RF信号强度分析和距离测算,实现人车防撞报警^[2-3]。

GPS技术成熟,应用广泛,但部分露天矿山的矿坑较深,采用GPS技术的预警装置有时处于卫星系统的信号盲区,导致定位失败、预警失效。为提升定位精度,需要为预警装置提供GPS基准基站,而这会提高系统成本。预警装置中的RSSI功能模组通过接收到的信号强弱测定信号点与接收点之间的

收稿日期:2014-07-30;修回日期:2014-11-12;责任编辑:胡娴。

作者简介:赵立厂(1982—),男,山东五莲人,工程师,从事煤矿监测监控产品的研发工作,E-mail:305425447@qq.com。

距离。由于信号强度极易受 RF 信号传输空间中的设备干扰,各式车辆行驶速度高且均为钢铁材质,对射频信号的屏蔽和反射影响大,导致测距响应时间长、误差大。防撞预警装置集成 GPS,RF 传输和 RSSI 测距等无线功能模块,导致产品设计复杂,安装、使用和维护的难度大,成本高。

本文设计了基于 TOF(Time of Flight,飞行时差)技术的露天矿山卡车防撞预警系统,该系统采用一种具有 TOF 测距功能的 WSN(Wireless Sensor Network,无线传感器网络)模块来替代常规的 GPS,RF 和 RSSI 等模组,实现车辆、人员的方位与距离测定和信息传输功能。

1 系统组成与原理

1.1 系统组成

露天矿山卡车防撞预警系统由人员佩戴的标签和安装在各式车辆上的车载预警装置组成,如图 1 所示。车载预警装置包括显示终端和测距终端,由车辆蓄电池箱供电,人员标签由内部锂离子电池供电。重型车辆的预警终端配置 3 台测距终端,对周边轻型车辆、人员和其他重型车辆实施三角定位;显示终端和人员标签具有标识功能,显示终端与测距终端通过 RS485 总线连接。测距终端可与人员标签或显示终端进行信息传输,且具有 TOF 测距功能。

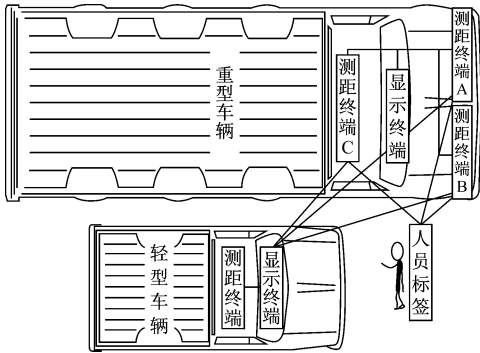


图 1 露天矿山卡车防撞预警系统

显示终端通过 RS485 总线获取各测距终端的测距结果,计算并显示周边车辆和人员的方位,在距离过近时进行声光报警提示。显示终端预警界面如图 2 所示。

1.2 TOF 测距原理

TOF 技术利用信号在 2 个异步收发机之间往返的飞行时间测量节点间的距离,属于双向测距技术。测距时,主节点向目标节点发送数据包,当目标节点接收到数据包时,自动发送一条确认数据以响

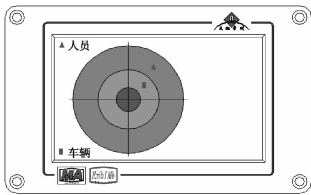


图 2 显示终端预警界面

应数据包。设主节点从发送数据包到接收到确认数据包的时间为 T_{cnt} ,目标节点回复数据包需要的时间为 T_{ack} ,则单程传输时间 $T_{\text{tof}} = (T_{\text{cnt}} - T_{\text{ack}})/2$,两节点间的距离 L 等于 T_{tof} 乘以光速。

2 方位测算方法

采用 GPS 技术进行防撞预警时,车载预警终端挂接 2 台 GPS 接收器,获取本机所在的经纬度,通过 2 台 GPS 接收器的固定间距减小误差,根据本机坐标和由 RF 通道获得的周边设备的坐标进行距离和方位的计算。与 GPS 方式不同的是,使用 TOF 技术的防撞预警终端通过测距和三角定位法确定周边车辆和人员的方位。

车载预警终端按照图 1 安装时,车辆与周边目标的方位和距离关系如图 3 所示。

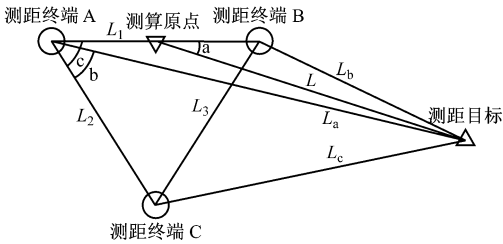


图 3 基于 TOF 技术的方位和距离关系

重型车辆安装的 3 台测距终端间的相对距离固定,分别为 L_1, L_2, L_3 ;通过 TOF 模组检测获得终端到测距目标的距离,分别为 L_a, L_b, L_c ;认定测算原点处于测距终端 A,B 的中间位置;采用三边测距法,取 3 个测距数据,与相对距离结合,计算测算原点到测距目标的距离 L 及测距目标的方位角 $\angle a^{[4]}$:

$$\cos b = \frac{L_2^2 + L_a^2 - L_c^2}{2L_2L_a} \tag{1}$$

$$\cos c = \frac{L_1^2 + L_2^2 - L_3^2}{2L_1L_2} \tag{2}$$

$$L = \sqrt{L_a^2 + \left(\frac{L_1}{2}\right)^2 - 2L_a\left(\frac{L_1}{2}\right)\cos(c-b)} \tag{3}$$

$$\cos a = \frac{\left(\frac{L_1}{2}\right)^2 + L^2 - L_b^2}{2\left(\frac{L_1}{2}\right)L_2} \tag{4}$$

为减小误差,可将计算式的输入参数 $\{L_a, L_b, L_c\}$ 组合,获得 3 组距离和方位角,取均值。

3 TOF 模组设计

系统要实现防撞预警功能,具有 TOF 测距功能的无线通信模组设计是系统实现的主要部分。无线信号传播速度为光速,信号飞行时间的捕捉和检测是保证测距精确度的关键,要借助硬件 TOF 引擎来实现。

JN516X 系列 IC(Integrated Circuit, 集成电路)配置了高性能的 32 位 RISC 处理器,内嵌 Flash 和 E²PROM,通过可变宽度指令、多级指令流水线、低功耗与可编程时钟速度来提高代码效率。作为无线微控制器,片上还具有 2.4 GHz 频段下、符合 IEEE802.15.4 标准的无线收发器,以及一系列丰富的模拟、数字外设。

模组设计采用 JN5168,电路设计时仅需为其配套总线接口电路、RF 电路和电源电路即可。测距终端作为主节点,主要使用其内部集成的 TOF 引擎进行测距,用 UART 接口与现实终端进行 RS485 通信;显示终端作为目标节点,主要使用其 TOF 引擎,并用 UART 接口与显示单元通信;人员标签作为目标节点,主要使用其 TOF 引擎,并用其片上 ADC 外设对标签电池进行检测管理,采用低功耗的休眠模式。

由于 NXP 公司不提供对 JN5168 内部寄存器进行写操作的方法且不支持直接操作,但提供驱动函数,所以设计软件时,通过调用函数实现控制器模式、TOF 引擎和集成外设的配置和应用^[5]。以 TOF 相关函数为例,函数 vAppApiTofInit()用于 TOF 和 API 初始化,函数 s32AppApiTofGetCallOffset()和 vAppApiTofSetCallOffset()用于校准,函数 bAppApiGetTof()用于测距。TOF 测距流程如图 4 所示。

无线信号飞行过程中受物体干扰会产生发射现象,导致无线传播路径变长,测距误差增大^[6]。由于

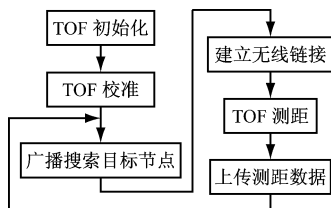


图 4 TOF 测距流程

两点间直线最短,处理误差时,对单一目标连续进行多次测距、排序,并取其中的最小数值,可有效降低误差。

露天矿山作业区域中的车辆、人员分布稀疏,可将系统的并发识别数降低到 20,将刷新频率提高到 5 Hz,以提高系统的预警响应灵敏度。

4 结语

露天矿山防撞预警系统采用具有 TOF 测距功能的 WSN 模块替代常规的 GPS、RF 和 RSSI 等模组,实现了车辆、人员的方位与距离测定和信息传输功能。测试结果表明,测距模块测距距离不低于 200 m,误差不大于 4 m,能够满足防撞预警系统的要求。采用 JN5168 设计的测距模组成本仅为 GPS 模组的 1/2,功耗为 GPS 模组的 1/3。

参考文献:

- [1] 郭邵华,张勇,王立杰,等.露天矿重载卡车与辅助车辆防撞系统的研究与应用[J].露天采矿技术,2008(6):41-44.
- [2] 曹勇.露天矿卡车、辅助车辆和人员之间的防撞预警系统[J].露天采矿技术,2010(1):52-55.
- [3] 王登贵,杨艳.基于激光测距的矿井机车防撞测距系统研究[J].工矿自动化,2014,40(7):80-83.
- [4] 鲁旭阳.基于 TOF 的 WSN 节点定位技术研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2012.
- [5] 常华伟,王福豹,严国强,等.无线传感器网络的 TOF 测距方法研究[J].现代电子技术,2011,34(1):35-38.
- [6] 鲁旭阳,张效义,刘广怡.稀疏无线传感器网络的节点自定位算法[J].计算机工程,2012,38(18):83-86.