

# UWB 技术在矿井人员、车辆定位系统中的应用研究

赵丽娜 梁琴琴 王振飞

山东正元冶达环境科技有限公司, 山东 济南 250000

**[摘要]**超宽带 (Ultra Wide Band, UWB) 技术是一种无线载波通信技术, 它不采用正弦载波, 而是利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据, 因此其所占的频谱范围很宽。UWB 技术具有系统复杂度低, 发射信号功率谱密度低, 对信道衰落不敏感, 截获能力低, 定位精度高等优点, 尤其适用于室内等密集多径场所的高速无线接入。本课题主要研究 UWB 技术在矿井人员、车辆定位系统中的应用。

**[关键词]**UWB; 精准定位; 三维; 实时监控

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11267

中图分类号: TN92

文献标识码: A

## Research on the Application of UWB Technology in Mine Personnel and Vehicle Positioning System

ZHAO Lina, LIANG Qinqin, WANG Zhenfei

Shandong Zhengyuan Yeda Environmental Technology Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

**Abstract:** Ultra Wide Band (UWB) technology is a wireless carrier communication technology that does not use sinusoidal carriers, but uses nanosecond non sinusoidal narrow pulses to transmit data, thus occupying a wide spectrum range. UWB technology has the advantages of low system complexity, low power spectral density of transmitted signals, insensitivity to channel fading, low interception ability, and high positioning accuracy. It is particularly suitable for high-speed wireless access in dense multipath environments such as indoor environments. This project mainly studies the application of UWB technology in mine personnel and vehicle positioning systems.

**Keywords:** UWB; accurate positioning; three dimensions; real time monitoring

### 1 研究背景

2021年2月20日, 国家矿山安监局组织编制了《“十四五”矿山安全生产规划(征求意见稿)》, 规划中严格“实行采区和采掘工作面限员管理, 研究制定交接班期间等限员规定, 升级改造人员位置监测系统, 实现人员精准定位和超员监测预警”。其中对人员的定位、监控、高效率调度是保障井下安全的重点。近年来, 井下安全建设水平逐步提高, 一方面, 我国大力推进井下安全生产的“六大系统”。另外一方面, 也重点开发新一代智能化、自主化、无人化的新型井下装备<sup>[1]</sup>。无论是人员定位还是井下无人设备的定位都需要精准的定位技术。

矿产资源开采是一个高危的行业, 环境复杂的矿下, 存在着严重的安全隐患。设计一种稳定、精确的矿井人员定位系统, 对于提高矿下工作人员管理及应急救援水平是十分必要的<sup>[2]</sup>。矿井下人员众多, 流动性大, 作业难度大, 人员技术水平参差不齐, 截割时粉尘大, 视线不好。保证矿井安全生产成为重中之重。矿井下作业环境恶劣, 工作面不断变动, 如何加强调度, 提升作业效率问题凸显。

针对井下的特殊环境, 传统意义的室内定位在井下往往都不适用, 具体体现在三个方面: 井下无GPS信号, 狭长封闭的巷道对各类信号的传输都是一个非常复杂的传输模型, 多径效应对定位结果产生的干扰不容忽视, 井下

特殊的环境(如潮湿、多尘、地磁场变化等)造成了很多种定位方法都不适用<sup>[3]</sup>。目前使用最广泛的是基于RFID射频卡技术的井下人员定位系统, 采用ZigBee、Wi-Fi等技术进行人员定位跟踪的系统, 但是此类系统性能有限, 定位误差大。

超宽带(UWB)无线通讯技术作为一种新型无线通信技术, 具有低功耗、信道衰落不敏感、具有抗干扰能力、穿透能力强、满足矿企对定位的需求、维护方便、架设简单、性能稳定可靠等特性, 使井下人员、车辆精准定位的实现成为可能。

### 2 系统整体架构

矿井人员、车辆UWB定位系统由感知层、网络传输层、业务支持层、应用层组成。

矿井人员、车辆UWB定位系统使用先进的脉冲精确测量飞行时间技术, 实现底层的精确测距、计时; 结合位置解算算法, 实现上层的精确定位。系统整体架构如下图1所示:

感知层由定位微标签、定位卡、定位微基站组成, 主要负责对矿井场景现场定位数据进行采集; 网络传输层通过井下环网交换机、核心交换机、路由器、光纤收发器、网线等网络设备完成数据的传输; 业务支撑层运用三维技术、GIS技术、大数据技术进行数据存储、挖掘分析、预

警;应用层由运行在定位解算服务器上的UWB定位系统应用软件、UWB定位引擎软件组成。

UWB定位系统与矿井内感知层定位微基站通过网络连接,可对矿井定位微基站执行控制,系统软件控制矿井中定位微基站产生自动报警。UWB定位系统引擎软件通过网络链路实时与矿井下定位微基站进行通信数据交互,并将定位微基站状态数据、设置数据、位置解算数据存储数据库。



图1 系统整体架构图

### 3 矿井人员、车辆定位平台设计

基于UWB矿井人员、车辆定位系统利用UWB定位技术、GIS技术、三维技术、大数据技术接入人员、车辆数据采集接口,实现人员在矿井下的实时定位、轨迹跟踪、进出井人员的数量、分布和行走路线的实时掌握、区域权限的监控和报警、对下井人员的唯一性检测和考勤管理;实现实时全方位监控车辆位置、运行轨迹、采集车辆运行的水温、油耗、发动机运行时间、电瓶电压等关键参数,利用作业设备故障诊断技术对异常情况及时进行智能分析和提醒。通过采集精准位置数据多方面进行透析,实现动态人员、车辆规划,与视频监控联动,若出现异常时间,轨迹异常、超限等及时实现监控报警;为管理者提供更加完备的数据基础来支撑决策。

基于UWB矿井人员、车辆定位软件平台主要有以下功能:

#### 3.1 人员管理功能

系统可以查看井下各个区域人员实时分布情况、查询指定人员的实时位置。

(1) 干部跟班下井管理。系统能对干部下井情况进行统计、监督,通过电脑或调度室大屏可以查看当值干部下井、升井、是否到达规定区域等信息。

(2) 区域人员统计功能。系统具备自定义区域人员信息统计功能,任意框选区域,系统自动统计出该区域人员数量,当班领导等信息。

(3) 实时精确监控。基于三维GIS的井下实景显示,生动再现井下全貌,监控人员可以在软件中看到人员的分布和移动情况。

(4) 历史轨迹跟踪。可以对人员活动路线进行跟踪,实时描绘出当前运动轨迹,或对其历史轨迹进行回放,掌握其详细工作路线和时间,为救援或事故分析提供有效的线索或证据。

(5) 求救报警。井下人员或设备出现异常情况时,可通过定位卡向系统发出求救报警信息,地面监控界面立即显示出报警提示,对求救人员及所在地点一目了然。

(6) 紧急撤离。地面人员掌握到异常情况,可通过系统向所有人员发出紧急指令,指挥井下人员迅速撤离,并可动态掌握撤离进行情况。

(7) 应急精确搜救。出现事故时,可使用搜救仪对人员进行精确搜救。

#### 3.2 车辆管理功能

车辆定位调度管理主要实现井下车辆实时定位、轨迹查询、超速报警、与调度台语音通讯等功能,实现车辆在井下的高效管理、提升工作效率。

(1) 实时精确监控。基于三维GIS的井下实景显示,可对车辆实时定位,全程掌握车辆位置信息。

(2) 历史轨迹跟踪。可以对车辆活动路线进行跟踪,实时描绘出当前活动轨迹,或对其历史轨迹进行回放,掌握其详细工作路线和时间,为救援或事故分析时可提供有效的线索或证据。

(3) 出车明细查询。可对单个车辆、班组车辆、部门车辆进行考勤统计,或根据车辆类型进行统计,统计项目详细,其结果可保存为Excel表格,并形成报表打印。

(4) 语音通讯。井下车辆可以一键呼叫调度台进行通话,调度台也可对井下车辆进行呼叫。

#### 3.3 设备定位

(1) 实时精准监控。基于三维GIS的井下实景显示,可对井下设备定位,全程掌握设备位置信息。

(2) 历史轨迹跟踪。可对设备的移动轨迹进行跟踪,掌握其详细移动路线和时间。

(3) 出入库管理。系统提供出入库管理功能,通过出入库登记,结合井下定位系统,实现设备的定位、查询、盘点等功能。

(4) 区域报警。用于监控井下设备是否被非法移动,当定位系统检测到设备被移动至限定区域之外时,系统发出报警提示。

(5) 维护信息实时上报。当井下设备需要维护时,维护人员可通过手持机写入维护信息,车辆终端被写入信息后通过无线模块将信息上报到服务器,使得系统可及时掌握维护信息。

#### 3.4 报警功能

(1) 定位标识卡具备报警功能。定位标识卡、信息矿灯可以通过求救按钮,向地面中心站发出求救信息,地

面中心也可以通过软件呼叫井下标识卡和信息矿灯。标识卡、信息矿灯、上位机软件都具备低电量报警功能。

(2) 禁区告警。系统可以对特殊区域进行禁区划分和权限设置,当有人员非法进入时,系统立刻报警提醒人员离开,并向地面工作人员警示闯入禁区者的身份信息。

(3) 工作超时报警、超员报警。当出现井下作业人员超出规定时间、井下人数总人数超过核定下井人数、区域人员数量超出限制等情况时系统将立刻报警并记录。危险区域入口与出口处可增设矿用语音显示屏,显示当前危险区域人员信息、进出危险区域时间。

(4) 车辆超速报警。当井下车辆有违规、超速现象,系统通过数据接口实时进行报警。

(5) 车辆超时报警。当车辆在井下停留的时间超过系统设置的时间,则系统发出超时报警提示。

(6) 电子围栏报警。对指定的电子围栏禁区,如果有非授权人员进入,实时声音报警,并显示进入禁区的人数及身份信息、人员活动轨迹。

### 3.5 查询统计

(1) 考勤查询统计。系统能够准确统计人员下井、升井时间、下井次数、下井总时间、平均每次下井时间等信息,系统还可以按班次、按部门、按人员生成日考勤、月考勤统计报表,并提供打印功能。

(2) 历史轨迹查询。系统可以显示某一历史时刻的人员、车辆信息;也可以根据部门、班次等情况,通过二维或三维图形显示功能可以直观地查看多个人员、车辆的历史运动轨迹。

### 3.6 视频联动

系统接入各个监测点实时视频,方便结合人员、车辆定位及实时视频进行联合查看。

### 3.7 三维 GIS 图形显示功能

三维平台支持 GIS 图形显示功能,方便调度人员、车辆获取信息。支持 GIS 信息接入,可以实时获取井下作业人员、车辆的 GIS 坐标。实现监测定位微基站工作状态并在地图对应位置显示,配置系统各项功能参数,灵活使用。

### 3.8 多系统融合联动功能

系统采用通用标准协议便于对接安全监控、应急广播、调度通讯、视频监控、信集闭、信息发布系统、风机监控、水泵监控等各类子系统,实现数据显示、联动、分析功能。在发生紧急情况需立即撤人时,系统会根据安全监控、人员定位、通风监测等系统的实时数据,结合井下巷道网络,自动生成险情人员统计、沿路救生设备情况、通信设备状态、最佳避灾线路推荐、险情区域视频监控自动调取等一系列应急数据。供调度人员参考,并可以联动人员管理、应急广播、调度通信等系统指挥危险区域人员撤离。

## 4 系统特点

### 4.1 定位精度高

UWB 定位技术在井下巷道内实现高精度定位,通过部署定位基站,为井下施工人员、车辆佩戴标签,实时获取

人员、车辆的精确位置,定位精度可达到厘米级。可以根据需求制定井下工作检验点和检验路线,设置检验人员和周期,根据人员、车辆的实时定位来记录实际工作情况,进一步规范检测过程。系统可以准确追踪到每个人和车辆的位置,避免信息的误差和传递延迟。

### 4.2 抗干扰性能强

UWB 定位技术采用跳时扩频信号,系统具有较大的处理增益,在发射时将微弱的无线电脉冲信号分散在宽阔的频带中,输出功率甚至低于普通设备产生的噪声。接收时将信号能量还原出来,在解扩过程中产生扩频增益。因此,在同等码速条件下,UWB 具有更强的抗干扰性、更高的传输速率。

### 4.3 覆盖范围广

UWB 定位技术属于中短距离范围内的通讯技术,非常适合构建矿井下环境的实时定位系统。根据最近的发展,目前的单个传感器定位单元的覆盖面积达到  $400\text{m}^2$ ,传感器网络的信号发射点跟信号接收节点之间的最大距离达到  $60\text{m}$ 。可以实现多个定位单元联合工作,按需扩大覆盖面积<sup>[4]</sup>。

### 4.4 数据实时直观展示

系统结合三维技术、GIS 技术、大数据技术可以提供即时的、直观的数据实时展示、更新和监控,便于决策者及时作出反应和调整。

### 4.5 数据分析

系统结合大数据技术、图像技术进行数据汇总、分析,数据可以导出为 Excel 格式,图片可以进行下载。

### 4.6 分级管理

设置用户权限,数据查看、操作权限分别管理、数据分级授权管理、分级用户账户管理。

## 5 结束语

基于 UWB 技术的精准定位矿井人员、车辆定位系统的成功研发提升了矿井的管理水平,降低了生产成本。通过系统中各项数据的准确、及时上报,为高层领导和相关部门进行相关决策提供服务,提升了信息化管理水平。

本文主要对基于 UWB 矿井人员、车辆定位系统进行研究,文中列出了系统的主要功能,并对系统进行了整体描述,UWB 定位技术应用广泛,将不断被应用到实际项目工作中。

### 【参考文献】

- [1] 陆博,周俊武,赵建军.基于 UWB 系统的井下车辆高精度定位研究[J].有色金属:矿山部分,2015,67(6):5.
- [2] 杨楠.基于 UWB 的矿井人员定位系统设计[J].物联网技术,2015(2):20-21.
- [3] B A C A , B P F , B P M T .UWB-based sensor networks for localization in mining environments[J].Ad Hoc Networks,2009,7(5):987-1000.
- [4] 王波.浅谈 UWB 定位技术[J].中国新技术新产品,2011(23):1.

作者简介:赵丽娜,(1987.10—),女,学历:本科,工程师,计算机科学与技术专业,技术支持。