

基于 UWB 的隧道高精度定位系统研究

彭学军¹, 刘云龙¹, 罗运杰¹, 汤宇¹, 任晚晚²

(1. 中铁五局集团 第一工程有限责任公司, 湖南 长沙 410004; 2. 长沙理工大学, 湖南 长沙 410114)

摘要: 为保证工人在作业空间窄、管理难度大、风险程度高的隧道中进行安全、优质、高效的施工, 及时避免危险的发生, 同时掌握工人的出勤情况, 依托高精度定位系统对工人的位置进行实时定位。文中以张吉怀(张家界—吉首—怀化)铁路隧道(凤凰段)工程项目为背景, 研究基于超宽带(UWB)的隧道高精度定位系统及其应用。

关键词: 隧道; 超宽带(UWB); 高精度定位系统

中图分类号: U452.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)01-0137-03

安全、优质、高效的施工是高速铁路隧道建设工程的重点和难点。为保证工人安全、优质、高效地施工, 实现安全预警, 及时避免危险的发生, 管理人员需实时掌握工人的位置。随着信息化水平的不断提高, 各种人员定位技术得以应用于建设工程。

1 室内定位技术概况

1.1 红外定位技术

红外定位技术利用红外线进行定位, 系统由红外发射器和红外接收器组成。红外定位的方式一般分为两种: 一种是将红外接收器位置固定, 在待测物体上安装红外发射器, 接收器接收到红外信号后通过定位算法计算物体位置。另一种是利用多个红外发射器和红外接收器组成网络, 以此来确定物体位置。其优点是成本低、精度较高(5~10 m); 缺点是易产生盲点、功耗较高、易受环境干扰。

1.2 超声波定位技术

超声波定位系统利用超声波的空间传播特性来确定位置, 由测距器和电子标签组成, 主测距器放置在待测物体上, 电子标签固定在不同位置, 根据声波从主测距器到电子标签的时间计算两者之间的距离, 确定待测物体的坐标。其优点是精度高、误差小; 缺点是信号在传输中衰减严重而使其可测范围较小, 且需依托大量硬件设备, 成本高。

1.3 射频识别定位技术

射频识别(RFID)定位系统采用射频方式, 根据附着在待测物体上的标签接触天线产生的磁场而产生的响应信号强度计算两者之间的距离, 当系统形成网络时可计算物体的坐标位置。其优点是可测范围广; 缺点是精度低、信号衰弱明显。

1.4 ZigBee 定位技术

ZigBee 定位技术由网关、参考节点和盲节点组成, 通过三点之间的相互通信进行定位。其优点是功耗低; 缺点是精度不高、易受环境干扰。

1.5 WiFi 定位技术

WiFi 定位技术根据信号强度值判断位置的远近。其优点是成本低; 缺点是精度低。

1.6 UWB 技术

超宽带(Ultra Wideband, UWB)技术采用极窄的脉冲信号实现无载波无线通信, 信号具有吉赫兹量级的带宽。其优点是功耗低、抗干扰能力强、穿透力强、可达厘米级精度; 缺点是成本较高。常用 UWB 定位技术分为到达时间定位法和时间差定位法两种。

到达时间定位法通过各基站同步发送信号, 在已知信号传播速度的前提下, 根据信号传播时间, 结合各基站坐标, 确定待测物体的坐标(见图 1)。为保证各基站发送信号时间的高度同步, 到达时间定位法对传感器的精度和功耗有很高的要求。在保证信号同步的前提下, 其对带宽要求较小, 精度高, 适

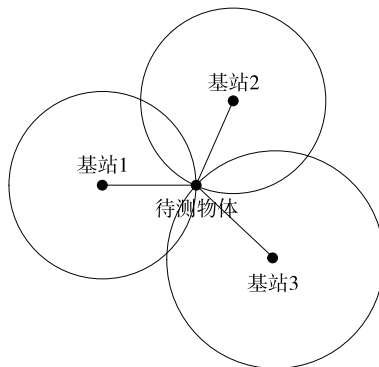


图 1 到达时间定位法原理示意图

用于窄带系统。

时间差定位法通过基站发射两种不同信号,在已知两种信号传播速度的前提下,根据到达待测物体的时间差,计算基站和待测物体之间的距离。也可通过不同基站发射同一信号进行定位(见图2)。由待测物体与两基站之间的时间差,可建立以基站位置坐标为焦点的双曲线方程,待测物体就在这对双曲线的某一条分支上。若有3个不同的基站,则可建立两个双曲线方程,求解双曲线的交点即可得知待测物体的位置。

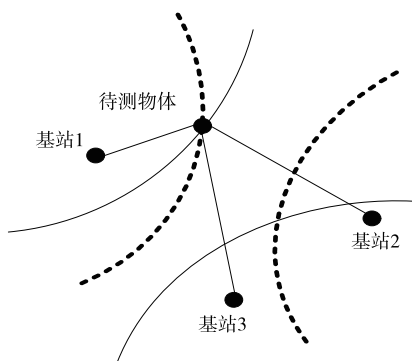


图2 时间差定位法原理示意图

2 基于 UWB 的隧道高精度定位系统

和其他定位技术相比,UWB 技术在这方面都具有不小的优势,非常适合用于隧道内人员定位。该文依托张吉怀(张家界—吉首—怀化)铁路凤凰段隧道建设工程,研究基于 UWB 的隧道高精度定位系统及其应用。

2.1 项目背景

张吉怀铁路凤凰段隧道建设工程起于湖南凤凰县,止于麻阳县,起止里程为 DK175+908—DK193+000,线路长度 16.166 km。结构物众多,包含:桥梁 11 座,其中大桥 5 座、中桥 6 座;涵洞 1 座,为 1.5 m 框架涵;隧道 11 座,共 13 895.5 m,占线路长度的 83.71%,其中 $4\text{ km} < L \leq 10\text{ km}$ 隧道 2 座、7 908 m, $2\text{ km} < L \leq 3\text{ km}$ 隧道 1 座、2 241 m, $1\text{ km} < L \leq 2\text{ km}$ 隧道 1 座, $L \leq 1\text{ km}$ 隧道 7 座、2 675 m;路基共 12 段。

2.2 系统设计

基于 UWB 的隧道高精度定位系统由 UWB 定位标签、基站、核心网关等组成(见图3)。



图3 基于 UWB 的隧道高精度定位系统设计(单位:m)

将 UWB 定位标签附着在工人安全帽上,通过各从基站实时检测工人位置,主基站收集从基站的数据并发送给核心网关或通过数传网关发送给核心网关,再通过核心网关发送给云端或项目部监控服务器。如出现紧急情况,则通过扬声器进行报警并将报警信息以短信形式发送到工人的手机。

2.3 系统设备

2.3.1 核心网关

核心网关通过 WiFi 无线收集基站及标签信

息,通过 4G 把信号传送给云端或通过以太网把信号传送给项目部监控服务器,并对定位标签进行低功耗管理。

2.3.2 数传网关

数传网关将 WiFi 无线收集基站及标签信息通过 WiFi 转发给核心网关。

2.3.3 主基站

主基站具有 WiFi 功能,它将收集的从基站及标签信息传给数传网关或直接传给核心网关。

2.3.4 从基站

从基站没有 WiFi 功能,其通过与标签的通信实现标签的定位功能。

2.3.5 定位标签

定位标签采用 UWB 实现定位功能,具有上行报警的按键及下行报警的振动提示功能,并配备有可拆卸电池。

2.4 实际应用

隧道高精度定位系统可实现实时精准定位、轨迹回放、人员管理、精准考勤、预警管理等功能。

2.4.1 实时精准定位

工人位置在项目部监控室的屏幕上实时显示。在整体图中可显示人员在整个隧道内的分布情况,通过放大可得到局部图,通过鼠标的移动可显示距离洞口的长度,从而更准确地获取工人位置。

2.4.2 轨迹回放

系统可按时间、标签 ID、不同播放速率,选择任意时间、任意人员,以任意速度动态回放历史轨迹数据,从而更好地掌握工人的轨迹,为排除隐患、考勤

记录等提供依据。

2.4.3 人员管理

可导入工人的姓名、年龄、身份证号、进场时间、工种、安全帽标号等信息,方便工人的集中管理。

2.4.4 精准考勤

系统可记录工人每天的工作时长,并可通过点击时长进入轨迹回放界面进行核对。

2.4.5 预警管理

预警管理(见图4)支持双向报警:

(1) 现场至云端。隧道内的工人主动或被动向云端发送报警信息(主动:工人按动标签上的报警按钮,自主一键报警;被动:电子围栏闯入报警、定位标签的低电量报警),系统上报给云端工人当前的位置,项目部监控室的扬声器产生联动,提醒监控室内的安全员查看监控屏幕中的报警信息。

(2) 云端至现场。云端将报警信息按照定位标签 ID 下发给隧道内的相应工人,对应 ID 的工人所佩戴的定位标签上的振动器振动,同时定位标签上的红色灯快速闪烁。

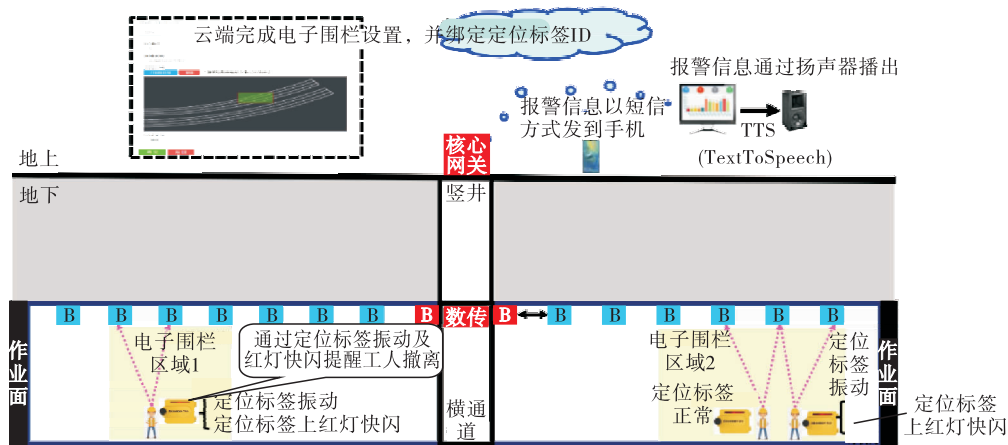


图4 基于UWB的隧道高精度定位系统预警管理示意图

3 结语

在作业空间窄、管理难度大、风险程度高的隧道中应用高精度定位系统,可对工人进行精准实时定位,实现轨迹回放、人员管理、精准考勤、预警管理等功能,为安全、优质、高效地施工提供保障。

参考文献:

- [1] 韩卫济,郝龙,成海龙,等.室内定位技术综述[J].计算机产品与流通,2018(2):133.
- [2] 王明东.基于UWB技术的地铁隧道人员定位系统研究[D].武汉:武汉理工大学,2017.

- [3] 辛华.基于 ZigBee 的无线传感器网络定位技术[J].山东工业技术,2019(3):175.
- [4] 刘世森.基于 UWB 的矿井人员精准定位技术[J].煤矿安全,2019(6):118—120.
- [5] 方福柱.隧道多车辆定位系统研究、设计与实现[D].合肥:合肥工业大学,2019.
- [6] 皇甫磊磊,王海英,赵晓晓.基于 UWB 技术的隧道人员定位系统及精度研究[J].信息与电脑(理论版),2019(3):111—113.
- [7] 李伟杰.超宽带电磁波隧道传播特性及其定位方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2019.

收稿日期:2020-08-26