

基于 UWB 的精确定位技术的矿用人员精确管理系统设计

王岩

(永煤公司城郊煤矿, 河南 郑州 476600)

摘要: 在现代经济持续飞速发展影响下, 煤矿产业也迎来了全新机遇, 推动煤矿产业不断进行新项目开发和矿井作业的深入探索。但同时频频发生的煤矿安全事件也成为了社会关注的热点, 加强煤矿隧道作业人员的安全保障成为了煤矿集团发展的重中之重。因煤矿作业需要深入到地下, 如何突破自然环境的局限, 更好的掌握矿井作业人员的情况, 实现精准定位管理成为了探索热点。超宽带(UWB)的精确定位技术是一项具有较高精度的定位技术, 其能够有效打破地下信息阻隔, 建立起具有较长使用寿命和成本较低的定位管理体系, 成为了近年来研究热点。本研究主要结合矿用人员精确管理系统的相关要求以及矿井实际特点, 设计了一套基于超宽带(UWB)的精确定位系统, 并通过实践运用证实了其可操作性。

关键词: UWB精确定位技术; 矿井人员管理系统; 基站

0 引言

根据煤矿精确定位技术的相关规定来看, 其表示在理想状态下静态定位精度能够达到30cm, 采煤工作面、掘进工作面以及顺槽工作面的定位精度能够达到1m, 而其他区域的定位精度则可以根据实际情况由煤矿企业来明确^[1]。现阶段, 针对矿井人员管理系统主要采取的是源射频识别(RFID)技术来实施定位, 这导致其有着非常大的定位误差, 很难充分满足煤矿对人员定位精确度的各项要求和实效要求^[2]。而基于超宽带(UWB)的精确定位技术, 不仅能够将定位精度提升到30cm, 同时还能够实现信息的快速传输。该系统不仅能够针对采掘工作面等特殊区域实现快速准确的定位, 同时还能够与现有的区域人员管理系统相结合, 从而避免了由于系统的更换而导致的成本问题。

1 系统架构

基于UWB的矿用人员精确管理系统, 其网络架构图见图1。该系统主要是利用传输分站的光接口组成以太网的骨干网络, 每个传输分站下挂读卡分站的网络结构。系统能够很轻易地组成较大的定位网络结构模式, 满足矿方的较大规模的使用需求。

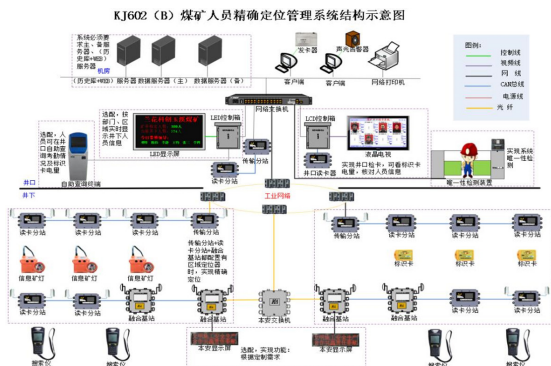


图1 基于UWB的矿用人员精确管理系统架构图

机房设备: 数据服务器(双机热备)、web服务器、客户端电脑、机架交换机、声光报警器、打印机组成。井口设备: 包含精度LED显示屏、LCD显示屏、井口唯一性检卡装置等。井下设备: 井口读卡分站、井下传输网络、井下传输分站、井下读卡分站、矿用本安型定位器、标识卡、信息化矿灯等组成。

2 精确定位原理

因矿井的巷道通常呈现为明显狭长状态, 可抽象成一维线性空间。借助TOF技术来实现对定位基站与标志卡之间的信息无线传输^[3]。定位基站A与B之间距离设定为d, 而定位原理图见图2。借助TOF对定位基站A与标志卡C实施距离测定期间, $T_4 - T_1$ 即表示标志卡C在进行往返期间所需要耗费的时间, $T_3 - T_2$ 即表示基站数据处理所需要花费的时间。基于上述原理的基础上, 借助TOF对定位基站B与标志卡C实施距离测定期间, $T_8 - T_5$ 即表示标志卡C在进行往返期间所需要耗费的时间, $T_7 - T_6$ 即表示基站数据处理所需要花费的时间。在 T_9 时刻, 标志卡C将所需要耗费的计时数据传输给定位基站A(见图2)。

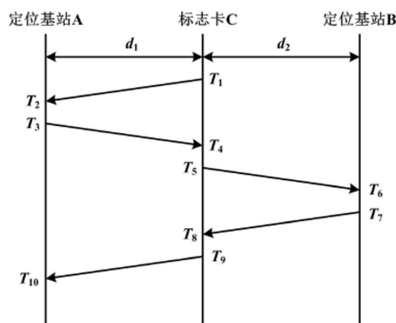


图2 定位原理示意图

定位基站A与标志卡C之间的距离计算公式为:

$$d_1 = \frac{(T_4 - T_1) - (T_3 - T_2)}{2} \times C \quad (1)$$

设 $T_4 - T_1 = t_1$ 、 $T_3 - T_2 = t_2$, 即:

$$d_1 = \frac{t_1 - t_2}{2} \times C \quad (2)$$

定位基站B与标志卡C之间的距离计算公式为:

$$d_2 = \frac{(T_8 - T_5) - (T_7 - T_6)}{2} \times C \quad (3)$$

设 $T_8 - T_5 = t_3$ 、 $T_7 - T_6 = t_4$, 即:

$$d_1 = \frac{t_3 - t_4}{2} \times C \quad (4)$$

$$d_1 - d_2 = \frac{(t_1 - t_2) - (t_3 - t_4)}{2} \times C \quad (5)$$

已知:

$$d = d_1 + d_2 \quad (6)$$

可获得:

$$d1 - d2 = d1 - (d - d2) = 2d1 - d \quad (7)$$

$$d1 = \frac{d + (d1 - d2)}{2} = \frac{d}{2} + \frac{d1 - d2}{2} \quad (8)$$

将上述公式(5)带入到公式(8)中,即可获得:

$$d1 = \frac{d}{2} + \frac{t1 - t3 + t4 - t2}{4} \times c \quad (9)$$

由公式(6)即可获得:

$$d2 = d - d1 \quad (10)$$

设定标志卡C与基站A、基站B进行设定时,其时钟频率偏移分别为 e_A 、 e_B 以及 e_C 。而标志卡C在与基站A进行距离的测定期间,设 t_1' 为标志卡C往返一次所需要耗费的实际时间、 t_2' 为基站A需要花费的具体时间;而标志卡C在与基站B进行距离的测定期间,设 t_3' 为标志卡C往返一次所需要耗费的实际时间、 t_4' 为基站B需要花费的具体时间。具体可获得的公式:

$$d_1' = \frac{d}{2} + \frac{t_1' - t_3' + t_4' - t_2'}{4} \times c \quad (11)$$

$$t1 = t_1'(1 + e_C) \quad (12)$$

$$t3 = t_3'(1 + e_C) \quad (13)$$

$$t2 = t_2'(1 + e_A) \quad (14)$$

$$t4 = t_4'(1 + e_B) \quad (15)$$

将上述公式(11)与公式(15)带入到公式(9)中,即可获得:

$$d1 = \frac{d}{2} + \frac{t_1'(1 + e_C) - t_3'(1 + e_C) + t_4'(1 + e_B) - t_2'(1 + e_A)}{4} \times C \quad (16)$$

设 Δd_1 为测距误差,即可获得:

$$\Delta d_1 = d1 - d_1' = \frac{t_1'(1 + e_C) - t_3'(1 + e_C) + t_4'(1 + e_B) - t_2'(1 + e_A)}{4} \times C = \frac{c}{4} [(t_1' - t_3') e_C + t_4' e_B - t_2' e_A] \quad (17)$$

e_A 、 e_B 、 e_C 、 t_2' 以及 t_4' 分别用于对定位基站B、定位基站A与标志卡设定的固定参数, e_A 、 e_B 与 e_C 均属于相同数量级, t_2' 与 t_4' 均属于同一数量级; t_1' 、 t_3' 也均属于相同数量级,并且明显比 t_2' 和 t_4' 更大。为此, Δd_1 与 $(t_1' - t_3')$ 表现出明显的增大而增大,即表示定位误差与定位基站、标志卡之间的距离并无直接关联,而定位基站之间也无须与时钟保持一致。

定位基站A与B之间的坐标分别为 (x_a, y_a) 、 (x_b, y_b) ,而标志卡C的坐标则为 (x, y) 。结合d1与d2以及所获得的基站之间距离d,即可得到以下公式:

$$\frac{y - y_a}{x - x_a} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \quad (18)$$

$$d1 = \sqrt{(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2} \quad (19)$$

$$x_a \leq x \leq x_b \quad (20)$$

结合上述公式(18)到公式(20),即可计算出标志卡C的

位置坐标。

3 标志卡

标志卡是一种便携式设备,其本身有着较长的寿命。结合控制核心采用功耗相对较低的微处理器,根据基站设计的思路,提出了UWB与RFID相结合的模块。标志卡在进入到井下之后,会发出RFID握手信号,若其处于读卡区域内,那么即可与周围的读卡区进行信息的交换;若脱离了该区域,那么可发送UWB对信号进行广播^[4]。在标志卡进入到定位基站的作业范围内,可与基站建立起无线通信,并通过基站来完成测距,直至获得测距信息为止。

4 定位基站

该系统中,基站是非常关键的设备。当其在通电之后,首先对射频芯片以及微处理器进行初始化设置,等待工作范围内出现标志卡,并进行广播信息的发送。在接受了标志卡所传输的RFID信息之后,基站可与标志卡进行相关信息的互换,随后实现区域定位;在标志卡获得了UWB广播信息之后,即可在工作范围内的标志卡进行UWB广播信息的回复;当定位基站与标志卡在建立起UWB信号的无线信息之后,即可采用TOF来进行距离的测量,并进行相应的定位处理;在完成定位测距之后,结合通信协议即可实现对数据的定位处理^[5]。

5 结语

将该系统运用于实际矿井中,将定位时间设定为1s,每50m进行1次测试,各点需连续测试20次。在完成测试之后,去掉最大值与最小值,即可以平均值作为定位结果。取5张卡来实现定位精度的测定,对其均值进行明确,即为50米距离的测定结果50.14m,100米距离的测定结果100.18m,150米距离的测定结果150.18m,200米距离的测定结果200.18m,250米距离的测定结果250.22m,300米距离的测定结果300.12m,均有非常高的精确度,可满足矿井精确度要求。

参考文献

- [1] 刘小源,王新华.基于人员精确定位的郭屯煤矿区域超员预警管理系统开发[J].现代矿业,2020,36(8):183-185.
- [2] 刘佳晨.基于UWB室内高精度定位系统[J].电子世界,2020(20):198-199.
- [3] 徐敏.基于UWB的井下定位技术研究[D].南京邮电大学,2020.
- [4] 张宗强.UWB定位技术在矿井下的应用[J].新型工业化,2021,11(02):122-123.
- [5] 王华东.基于UWB+LoRa协议的精确定位系统在煤矿的安装使用[J].电气防爆,2020(5):33-38.