

文章编号:1671-251X(2015)10-0071-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.10.019
常琳. SDS-TWR 技术在煤矿人员定位系统中的应用[J]. 工矿自动化, 2015, 41(10): 71-73.

SDS-TWR 技术在煤矿人员定位系统中的应用

常琳

(安标国家矿用产品安全标志中心, 北京 100013)

摘要:针对目前煤矿人员定位系统大多只能掌握井下人员所在区域、不具备精确定位功能的问题,介绍了一种对称双边两路测距(SDS-TWR)技术的原理,并将其应用到煤矿人员定位系统中。测试结果表明,基于 SDS-TWR 技术的煤矿人员定位系统测距误差在 2 m 以内,能够满足井下人员定位的精度要求。

关键词:人员定位; 测距技术; SDS-TWR

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:2015-09-29 14:54

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150929.1454.019.html>

Application of SDS-TWR technology in coal mine personnel positioning system

CHANG Lin

(Mining Products Safety Approval and Certification Center, Beijing 100013, China)

Abstract: For problem that most coal mine personnel positioning system can only get area of underground personnel without accurate positioning function, principle of SDS-TWR technology was introduced and the technology was applied into coal mine personnel positioning system. The test results show that ranging error of coal mine personnel positioning system based on SDS-TWR technology is less than 2 m, which can meet accuracy requirement of underground personnel positioning.

Key words: personnel positioning; ranging technology; SDS-TWR

0 引言

目前,中国煤矿人员定位系统大多采用 RFID, ZigBee 短距离无线通信技术或 WiFi 无线场强技术,通过安装在巷道中的读卡器或基站读取人员携带的标志卡或手机信号,但这些人员定位系统仅能对入井人员进行区域性的管理、查询和统计,并且极易受大型机电设备电磁干扰的影响,造成定位精度大大降低。尤其当井下出现灾变情况时,由于井下作业区域分散、范围较大,这些人员定位系统对应应急救援不能起到很好的指挥引导作用。本文将 SDS-TWR^[1-2] (Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging, 对称双边两路测距)技术应用到煤矿人员定位系统中,可降低测距误差,实现人员精确定位。

1 SDS-TWR 技术测距原理

SDS-TWR 技术以线性调频扩频(Chirp Spread Spectrum, CSS)技术为基础,能够实现高鲁棒性和超低的能量消耗。该技术通过采用技术成熟的 MAC 控制器,可大大降低对微处理器和软件的要求,轻松完成高级别系统的设计^[3-4]。

SDS-TWR 技术通过精确测量双向到达时间及内部反应时间计算两点间距离,其测距原理如图 1 所示。其中, T_{roundA} 为从节点 A 发出信号至接收到节点 B 返回信号所需的时间; T_{replyB} 为节点 B 接收到节点 A 发来的信号至向节点 A 发出回复信号所需的反应时间; T_{roundB} 为从节点 B 发出信号至接收到节点 A 返回信号所需的时间; T_{replyA} 为节点 A 接收到节点 B 发来的信号至向节点 B 发出回复信

收稿日期:2015-05-26;修回日期:2015-08-18;责任编辑:盛男。

作者简介:常琳(1982—),男,安徽安庆人,助理研究员,硕士,主要从事煤矿安全监控、通信、仪器仪表的技术审查与检验工作, E-mail: changlins@126.com。

号所需的反应时间。

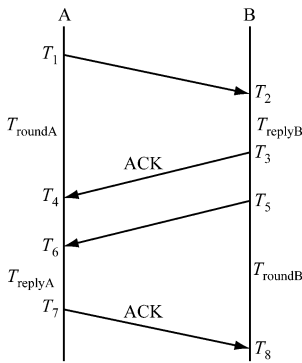


图 1 SDS-TWR 技术测距原理

SDS-TWR 技术测距过程如下。

- (1) 在 T_1 时刻,节点 A 向节点 B 发送数据包;在 T_2 时刻,节点 B 收到节点 A 发送的数据包。
- (2) 在 $T_3 = T_2 + T_{\text{replyB}}$ 时刻,节点 B 向节点 A 发送 ACK(确认)信号;在 $T_4 = T_1 + T_{\text{roundA}}$ 时刻,节点 A 收到节点 B 发送的 ACK 信号。
- (3) 在 T_5 时刻,节点 B 向节点 A 发送数据包;在 T_6 时刻,节点 A 收到节点 B 发送的数据包。
- (4) 在 $T_7 = T_6 + T_{\text{replyA}}$ 时刻,节点 A 向节点 B 发送 ACK 信号;在 $T_8 = T_5 + T_{\text{roundB}}$ 时刻,节点 B 收到节点 A 发送的 ACK 信号。

节点 A 和节点 B 之间的时延为

$$T_d = \frac{1}{4}[(T_{\text{roundA}} - T_{\text{replyB}}) + (T_{\text{roundB}} - T_{\text{replyA}})] \tag{1}$$

假设数据包和 ACK 信号的传输速率均为 v ,节点 A 和节点 B 之间的距离为

$$d = vT_d = \frac{v}{4}[(T_{\text{roundA}} - T_{\text{replyB}}) + (T_{\text{roundB}} - T_{\text{replyA}})] \tag{2}$$

由于节点 A 和节点 B 两端的 CPU 在实际工作中存在时钟晶振产生的时钟偏频,假设节点 A 和节点 B 的时钟偏频分别为 e_A 和 e_B ,则节点 A 和节点 B 之间的实际时延为

$$T'_d = \frac{1}{4}[T_{\text{roundA}}(1 + e_A) - T_{\text{replyB}}(1 + e_B) + T_{\text{roundB}}(1 + e_B) - T_{\text{replyA}}(1 + e_A)] \tag{3}$$

由于 T_d 远小于 T_{replyA} 和 T_{replyB} ,数据包在空中传输的时间误差为

$$\Delta T = T'_d - T_d = \frac{1}{4}[(T_{\text{roundA}} - T_{\text{replyA}})e_A + (T_{\text{roundB}} - T_{\text{replyB}})e_B] = \frac{1}{4}[(T_{\text{replyB}} + 2T_d - T_{\text{replyA}})e_A + (T_{\text{replyA}} + 2T_d - T_{\text{replyB}})e_B] \approx$$

$$\frac{1}{4}(T_{\text{replyB}} - T_{\text{replyA}})(e_A - e_B) \tag{4}$$

则节点 A 和节点 B 之间的距离误差为

$$\Delta d = v\Delta T = \frac{v}{4}(T_{\text{replyB}} - T_{\text{replyA}})(e_A - e_B) \tag{5}$$

由于时钟偏频差和响应时间差均很小,可见 SDS-TWR 技术测距精度高,不需要进行系统的时钟同步。

2 测距试验

基于 SDS-TWR 技术的煤矿人员定位系统主要由地面服务器、传输分站、读卡分站和标志卡等设备组成。读卡分站通过 SDS-TWR 技术测量其与携带标志卡人员之间的距离,传输分站通过光纤以太网将数据上传至服务器,服务器根据读卡分站坐标、距离信息、历史数据等综合数据计算出煤矿井下人员所在位置的精确坐标。

为了验证 SDS-TWR 技术在井下的测距效果,在大屯煤电(集团)有限责任公司龙东煤矿进行了井下实际测试。试验巷道长 190 m,每隔 10 m 作为 1 个测量点,每个测量点分别测量 5 次,取最大的测量误差作为最终误差,测试数据见表 1。

表 1 测试数据 m

实际距离		测试距离				误差
10	10	11	10	11	11	1
20	20	19	20	19	20	1
30	31	29	31	30	29	1
40	40	41	39	40	40	1
50	51	50	50	50	51	1
60	61	60	60	61	60	1
70	72	70	69	71	70	2
80	80	81	81	79	80	1
90	90	90	92	90	91	2
100	100	100	101	100	100	1
110	109	110	109	109	110	1
120	119	120	120	120	121	1
130	130	130	129	130	130	1
140	140	140	139	140	141	1
150	150	151	151	151	150	1
160	160	161	160	160	161	1
170	169	171	170	170	171	1
180	180	180	179	180	180	1
190	190	190	189	190	190	1

由表 1 可知,试验最大测距误差为 2 m,完全可以满足煤矿对人员精确定位的需求。

3 结语

介绍了 SDS-TWR 技术的测距原理,并将 SDS-TWR 技术应用到煤矿人员定位系统中。测试结果表明,基于 SDS-TWR 技术的煤矿人员定位系统测距误差在 2 m 以内,能够满足井下人员定位的精度要求。

参考文献:

[1] 张科帆,朱海霞,包建军. 基于 CSS 技术的井下精确定

位系统设计[J]. 工矿自动化,2014,40(1):5-8.

[2] 刘世森,汤朝明,吴畏. 无线传感器网络中的 TOA 测距方法研究[J]. 工矿自动化,2012,38(3):31-34.

[3] 王沁,于锋,李刚. R-TWR:一种基于时钟频率比的 TOA 测距新方案[J]. 小型微型计算机系统,2010,31(7):1261-1266.

[4] 孙继平,李晨鑫. 基于卡尔曼滤波和指纹定位的矿井 TOA 定位方法[J]. 中国矿业大学学报,2014,43(6):1127-1133.