

基于 TD-SCDMA 专网的井下人员定位方案设计

王安义^{1,2}, 杨彩云¹, 彭渝²

(1. 西安科技大学 通信与信息工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 大唐移动通信设备有限公司, 陕西 西安 710061)

摘要: 基于煤矿井下特殊环境对无线通信的要求, 进行了井下人员定位技术的需求分析, 并以 TD-SCDMA 专网为支撑, 提出了基于到达角 AOA 和时间提前量 TA 技术的新型人员定位方案。TD-SCDMA 系统采用智能天线技术使基站 Node B 能够方便获得矿井人员携带终端 UE 的到达角, 同时 Node B 可以根据 UE 提交的测量报告中的 TA 值计算出 Node B 到 UE 的距离, 从而实现对井下人员的精确定位。通过分析比较模拟巷道中采集的测试数据, 表明利用该方案可有效提高井下人员定位精度。

关键词: 井下人员定位; TD-SCDMA; 时间提前量; 到达角

中图分类号: TD76 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336 (2012) 09-0076-04

Design on Underground Mine Personnel Positioning Plan Based on TD-SCDMA Special Network

WANG An-yi^{1,2}, YANG Cai-yun¹, PENG Yu²

(1. School of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Datang Mobile Communications Equipment Company Ltd., Xi'an 710061, China)

Abstract: According to the requirements of the special environment to the wireless communication in underground mine, an analysis was conducted on the requirements of the personnel positioning technology in underground mine. With the TD-SCDMA special network as the support, a personnel positioning plan was provided based on the angle of arrival (AOA) and the time advance TA technology. The TD-SCDMA system with the intelligent antenna technology could make the Node B base station favorable to the mine personnel with the angle of arrival of UE. The Node B could calculate the distance from Node B to UE according to the TA value in the measuring report provided by the UE and thus the accurate positioning of the mine personnel could be realized. With the analysis and comparison on the test data collected from the simulated roadway, the results showed that the plan applied could effectively improve the accuracy of the underground mine personnel positioning.

Key words: personnel positioning in underground mine; TD-SCDMA; time advance; angle of arrival

由于煤矿生产的特殊性, 各种人为操作失误和突发事件时刻威胁井下人员的生命安全, 瓦斯爆炸、地下渗水等事故时有发生。高精度井下定位技术提供的信息将在判定遇险人员位置、拟定抢险线路、保证救灾安全等方面发挥关键作用^[1]。目前国内投入使用的矿井人员位置监测系统对井下人员与设备所处区域的定位覆盖半径为 30~300 m, 仍然无法为抢险救援提供高效的信息支持。由于矿井

工作空间的特殊性, 井下无线传输模型复杂, 各类机电设备电磁干扰严重, 通信设备功耗受安全条件制约等诸多因素, 许多在地面上可行的定位理论、方法、产品实际上无法应用到井下^[2]。因此, 为实现井下人员精确定位, 保证地面管理人员第一时间了解井下人员的位置信息, 进而为紧急情况处理、应急预案制订和综合科学决策等提供参考^[3], 笔者设计了一种基于 TD-SCDMA 专网的煤矿井下

收稿日期: 2012-04-12; 责任编辑: 赵瑞

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目 (06JK243)

作者简介: 王安义 (1969—), 男, 山东潍坊人, 教授, 博士研究生。Tel: 13720585875, E-mail: wanganyi@datangmobile.cn

网络出版时间: 2012-09-17 10:33:18; 网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120917.1033.201209.76_021.html

引用格式: 王安义, 杨彩云, 彭渝. 基于 TD-SCDMA 专网的井下人员定位方案设计 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (9): 76-79.

人员定位方案。

1 TD-SCDMA 专网简介

TD-SCDMA (时分同步码分多址) 技术是第三代移动通信空间接口技术规范之一, 得到了中国无线通信标准协会及 3GPP 的全面支持。TD-SCDMA 集 CDMA、TDMA 等技术优势于一体, 具有系统容量大、频谱利用率高、抗干扰能力强等优点, 并采用智能天线、联合检测、接力切换、软件无线电、低码片速率、多时隙、可变扩频及自适应功率调整等前沿通信技术。TD-SCDMA 无线通信系统工作在国家分配的专用频段, 采用 TDD (时分双工)、TDMA/CDMA (时分/码分多址) 方式工作。TD-SCDMA 作为中国自主知识产权的第三代移动通信国际标准, 在特色业务开展方面, 尤其是 UE 精确定位业务的开展方面显示了其独特的优势^[4]。

1) 经济优势: 目前在 TD-SCDMA 接入网中, 已经可以获得用户的 CELL-ID、AOA、RxTD 和 TA 等相关信息, 因此不需对无线接入网设备进行改动, 投资较少, 实现容易。

2) 组网优势: TD-SCDMA 频率利用率高, 不需要分配上下行对称的频段资源, 其网络规划与维护简单, 最适合组建专网。而且 3G 主流系统网络部署技术 (分布式基站技术), 使得组网更加灵活, 充分满足煤炭专网在各种环境和地质条件下的组网要求。

3) 技术优势: TD-SCDMA 采用诸如智能天线、TDD、上行同步、定时提前测量等技术, 使 TD-SCDMA 可以利用单基站进行用户位置的定位, 比同等条件下 FDD 系统的定位精度高。

4) 安全优势: 在专网系统中, 井下基站为本安设计, 井下设备全部采用光缆连接, 不涉及任何电信号, 安全可靠, 没有火灾隐患, 充分满足煤炭安全生产的特殊要求。

2 井下人员定位方案

2.1 网络架构

TD-SCDMA 专网矿井人员定位网络结构如图 1 所示, 主要由交换调度机 TDS100 (即核心网 CN)、综合网络控制器 TDR100 (集成无线网络控制器 RNC 和基站 Node B)、无线射频单元 RRU、矿用终端 UE 和定位服务器 LCS Server 等构成。

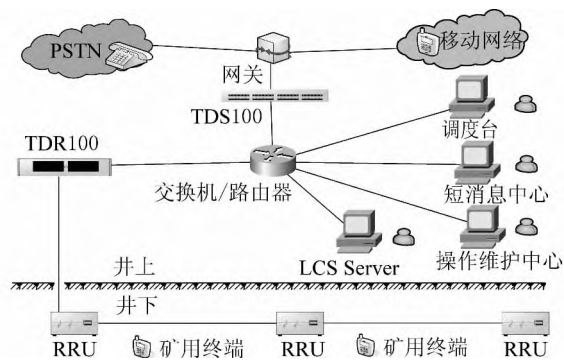


图 1 TD-SCDMA 专网井下人员定位网络结构

2.2 方案设计

TD-SCDMA 定位业务采用单基站定位技术, 利用智能天线技术^[5]和 UE、Node B 辅助测量的定时信息可以进一步获得精确的位置信息。

TD-SCDMA 系统采用了时分双工 TDD 技术, 而 TDD 系统要求上行同步, 因此可以利用接收定时偏差 RxTD (Received Timing Deviation) 进行定位^[3,6]。然而, 在井下, 由于无线覆盖呈线性分布, 且巷道高 3~5 m, 宽 5~7 m, 基站通过调整终端上行同步, 保证 RxTD 在 255 或 256 chip 的位置, 所以由多径时延带来的接收定时偏差对定位影响很小。而且由于巷道中的特殊环境, 主要考虑的是直径传播^[7], 因此基站只需要上报到达角 AOA 值 (通道号, 即某基站下的某小区) 和时间提前量 TA 值 (代表实际中终端 UE 离某一个基站 Node B 的距离)。而基站测量上报的信号到达角 AOA 值是固定的, 因此终端 UE 到基站 Node B 的距离主要与 TA 值相关。

2.2.1 网元功能分配

该方案中涉及的网元主要包括无线网络控制器 RNC、基站 Node B 和操作维护台 LMT-R。

1) RNC 相关功能: 收到操作维护台发起的定位请求后, 针对空闲模式的 UE 发起寻呼; 针对连接模式的 UE 发起测量控制。收到 UE 的定位测量报告后计算 UE 位置, 并向服务器上报位置报告。

2) Node B 相关功能: 针对 UE 所在通道号信息, 支持多通道的上报功能。最大支持 2 个通道 (最强通道、次强通道) 的上报。多通道信息可以通过 RACH 数据帧或者专用测量上报给 RNC。

3) LMT-R 相关功能: 针对定位组发起定位请求, 在定位请求中携带定位报告周期。完成 UE 定位信息的收集、UE 定位的终止及 UE 定位的查询。

2.2.2 网元实现流程

网元间的实现流程如图 2 所示。其中, 定位服务的用户触发移动运营商定位服务器中的操作维护软件 LMT-R, 向核心网 CN 发送定位请求, 定位请求针对一个定位组发起, 每个定位组中包括多个终端。CN 则给无线网络控制器 RNC 发送定位报告控制消息; RNC 通过 Iu 接口接收来自 CN 的消息后, 对于连接模式的 UE, 触发 UE/基站上报测量报告, 对于空闲模式的 UE, 发起寻呼, 触发 UE 建立连接之后再发起定位相关的测量。RNC 收到 UE 相关的测量报告之后, 进行位置计算, 并将定位报告上报给 CN, CN 再将定位数据传给定位服务器, 定位结果储存于定位服务器中的操作维护软件 LMT-R 中。定位结果包括 UE 的 IMSI 信息、UE 所在通道号 (包括最强、次强通道)、UE 与最强通道的距离、UE 所在小区等信息。

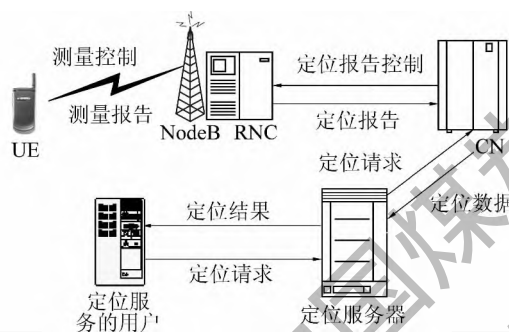


图 2 UE 定位的实现

2.3 位置信息获取

获取包括 CELL ID、AOA、RxTD、TA 在内的相关数值, 按照如下步骤进行计算。

1) 根据获取的 CELL ID 确定终端 UE 所在的小区。

2) 根据获取的 AOA 值 (例如: 获取的 AOA 值大小为 a) 确定终端 UE 的方向, 即以当前基站所在位置的正北方向为 0° , 逆时针旋转角度大小为 a 的方向。但是, 考虑到实际环境中的反射和绕射等情况, 因此角度大小须修正为 $a = AOA/2$ 。

3) 根据获取的 RxTD、TA 值、基站高度 h 、基站经纬度坐标 (L_{n0}, L_{t0}) , 确定终端 UE 位置的经纬度坐标即矿井人员的确切位置。首先, 需要将系统经纬度坐标系转换成平面坐标系, 如图 3 所示。其次, 计算终端 UE 的位置 (经纬度坐标)。

①终端 UE 到基站的距离 $d = \sqrt{[(\Delta C C_r / C_h)^2 -$

$h^2]$ 。其中: $\Delta C = (TA/16 - RxTD/32 + 8) / (1 + \sin \beta)$, β 为基站 Node B 上报的 AOA 等级; C_r 为光速, 取 3.0×10^8 m/s; C_h 为码片速率, 取 1.28×10^6 chip/s。②如图 3 所示, 利用勾股定理, 根据距离 d 、角度 a 计算 d_1 和 d_2 , 即 $d_1 = d \sin a$; $d_2 = d \cos a$ 。③根据基站经纬度坐标 (L_{n0}, L_{t0}) 和 d_1 、 d_2 的值计算 UE 的经纬度坐标 (L_{n1}, L_{t1}) , 即 $L_{n1} = L_{n0} - d_1/A$; $L_{t1} = L_{t0} + d_2/A$ (定位范围处于北半球时); $L_{t1} = L_{t0} - d_2/A$ (定位范围处于南半球时), A 为经/纬度所对应的距离, 随经/纬度的变化而变化; 南北半球的判断依据 Node B 的经/纬度判断。

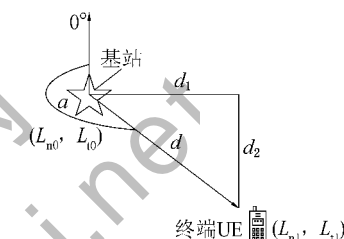


图 3 位置关系平面坐标

3 测试数据及结果

为了验证该方案的可行性及精确度, 测试从基本的 UE 连接态开始进行, 目前已完成了井下定位方案测试的相关工作。此次项目中主要的测试项目如下。①定位功能性测试, 包括单用户连接态、空闲态和关机态的定位以及多用户不同状态下的定位等, 经测试均能成功实现。②定位可靠性测试, 主要从增加定位用户数量, 增加测试次数, 延长测试时间 3 个方面, 分别对定位可靠性进行多次测试均成功, 证明该方案稳定性、可靠性显著提高。

此外, TD-SCDMA 专网使用该技术进行定位, 先后经过 4 次在模拟巷道中的测试, 多次修改测试方法和软件版本, 已经得到比较完善的测试数据。而级联布配是井下实际组网必然使用的方式, 在模拟巷道中级联 2 级 RRU 得到的测试数据见表 1。

通过相关测试数据, 可得出如下结论: 计算距离与实际距离比较吻合, 测试误差可以接受而且定位精度较高。目前已经测试单 RRU 覆盖、双 RRU 覆盖、并联与串联、弱信号 4 种可能影响测量精度的场景, 基本可以确认方案可行。由于测试条件限制, 使用衰减器只能模拟信号传播的远端, 而对 TA 值没有影响, 所以还需要对真实长巷道中的 TA 值进行测试。

表 1 级联 2 级第 1 级和第 2 级覆盖

| 实际距离/m | RxTD/chip | 第 1 级 | | 第 2 级 | |
|--------|-----------|---------|-------|---------|-------|
| | | TA/chip | 测距/m | TA/chip | 测距/m |
| 0 | 256 | 5 | 0 | 4 | 0 |
| 10 | 256 | 6 | 14.6 | 5 | 14.6 |
| 20 | 256 | 6 | 14.6 | 6 | 29.2 |
| 30 | 256 | 8 | 43.8 | 6 | 29.2 |
| 40 | 256 | 7 | 29.2 | 8 | 58.4 |
| 50 | 256 | 9 | 58.4 | 7 | 43.8 |
| 60 | 256 | 9 | 58.4 | 9 | 73.0 |
| 70 | 256 | 10 | 73.0 | 9 | 73.0 |
| 80 | 256 | 11 | 87.6 | 10 | 87.6 |
| 90 | 256 | 12 | 102.2 | 11 | 102.2 |
| 100 | 256 | 12 | 102.2 | 12 | 116.8 |
| 110 | 256 | 12 | 102.2 | 13 | 131.4 |
| 120 | 256 | 13 | 116.8 | 13 | 131.4 |
| 130 | 256 | 14 | 131.4 | 13 | 131.4 |

4 结 语

针对现有矿井人员定位方法精度不足的问题,提出了一种基于到达角和时间提前量的新型人员定位设计方案。该方案利用 TD-SCDMA 系统智能天线、时分双工等技术优势实现了单基站定位而不需要任何额外的硬件支持,简单且易实现,能够实现较高的定位精度,很好地解决了煤矿井下特殊环境中对于作业人员可靠定位的要求。模拟巷道测试结

(上接第 23 页)

华亭煤矿 2501 采区工作面冲击地压频发的根本原因。工作面采放比、放煤工艺及推进度等,也是造成冲击地压不可忽视的因素。提高工作面及两道支护质量、加强个体防护和安全避让是降低和避免冲击地压灾害损失的有效途径。监测预报是防治冲击地压的必要环节,微震在冲击地压监测预报方面具有独特的优势并取得了良好的效果。通过综合防治,华亭煤矿冲击地压对矿井生产的影响时间由 36 d/a 减少到 6 d/a,杜绝了冲击地压重伤以上人身事故,矿井的安全生产形势有了明显好转,但要根本消除冲击地压灾害对矿井安全生产的影响,还需不断探索和实践。

参考文献:

[1] 钱鸣高,石平五. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.

果表明, 该方案能够满足实际使用。

参考文献:

[1] 方俊正. 对我国矿井移动通信现状的分析及展望 [J]. 山西焦煤科技, 2003 (1): 1-6.

[2] 陈 红. 中国煤矿重大事故中的不安全行为研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 20-21.

[3] 韩洪杰, 于长波. 浅谈移动通信在矿井下的应用 [J]. 煤炭工程, 2008 (7): 80-81.

[4] 李世鹤. TD-SCDMA 第三代移动通信标准 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 9-17.

[5] 黄小实. 浅谈 TD-SCDMA 智能天线基本原理和测试方法 [J]. 电子设计应用, 2009 (12): 50-54.

[6] 王铁牛, 尚青战, 刘彦斌. 矿山信息系统的开发与应用 [J]. 煤炭技术, 2009, 28 (1): 164-166.

[7] 孙继平. 矿井移动通信需求分析及网络结构的研究 [J]. 煤矿设计, 1999 (1): 17-19.

[8] 杨 维, 乔 华. 矿井无线传输综合安全监测信息系统结构及技术 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (12): 82-84.

[9] 孙继平. 煤矿安全监控技术与系统 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38 (10): 1-4.

[10] FAN Rong, SONG Wen, HUANG Qiang. Research and Development of Mine Radio Communication System [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2010, 30 (4): 471-474.

[11] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 244-245.

[12] 徐 敏, 周心权, 赵红泽, 等. 灾变期井下遇难人员搜寻定位方法初探 [J]. 煤炭科学技术, 2003, 31 (12): 114-117.

[2] 史元伟, 张声涛, 尹世魁, 等. 国内外煤矿深部开采岩层控制技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.

[3] 李德忠, 夏新川, 韩家根, 等. 深部矿井开采技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005.

[4] 窦林名, 何学秋. 冲击矿压防治理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.

[5] 蓝 航, 齐庆新, 潘俊锋, 等. 我国煤矿冲击地压特点及防治技术分析 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (1): 11-15.

[6] 齐庆新, 窦林名. 冲击地压理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.

[7] 周 澎. 特厚煤层综放开采冲击地压防治技术与实践 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (4): 35-39.

[8] 姜福兴, 曲效成, 于正兴, 等. 冲击地压实时监测预警技术及发展趋势 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (2): 59-64.

[9] 窦林名, 赵从国, 杨思光, 等. 煤矿开采冲击矿压灾害防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.

[10] 张宗文, 王元杰, 赵成利, 等. 微震和地音综合监测在冲击地压防治中的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (1): 44-47.