

数字矿山三维动态监管关键技术研究与应用

孙久虎

(山东省国土测绘院, 山东 济南 250102)

摘要:以数字矿山框架为基础,利用虚拟现实、无线传感网、视频监控和产量监控等技术,提出三维动态监管系统关键技术和系统框架,基于统一地理空间框架建立的矿山三维模型,研究基于 Zigbee 技术的人员定位精度优化。使用物联网技术采集矿山开采实时信息,研究矿山传感数据的实时接入手段与动态融合方法,通过实时数据的获取,分析动态监管矿山开采行为。在山东省开展了试点应用,通过与矿权法定范围实时比对,实现对超层越界非法开采行为的监管。集成了矿山产量监控信息,并结合视频监控技术,实现对矿山超能力开采行为监管,有效保护和合理利用矿产资源。

关键词:数字矿山;三维模型;物联网;动态监管

中图分类号:P208 **文献标识码:**B

引文格式:孙久虎.数字矿山三维动态监管关键技术研究与应用[J].山东国土资源,2015,31(9):63-66.SUN Jiuhu. Research on Key Technologies and Application of 3D Dynamic Supervision for Digital Mine[J].Shandong Land and Resources,2015,31(9):63-66.

矿产资源是非可再生的自然资源,是社会生产发展的重要物质基础。近年来,我国矿产资源管理面临着严峻的挑战,特别是地下矿产资源非法开采、越层越界开采现象较隐蔽,常规的巡查管理已经无法监管违法开采行为,诱发了一系列的社会、经济、生态环境和灾害问题^[1]。2000年以来,李梅和僧德文研究了数字矿山中3D GIS关键技术^[2-3],张申研究数字矿山与矿山综合自动化技术的关系^[4],白立飞研究了三维激光扫描技术在数字矿山中的应用^[5],目前已形成较为完整的数字矿山理论体系,在单矿山管理形成了较成熟的技术框架,但面向于国土部门监管领域的研究较少。为实现矿产资源的可持续利用和动态监管矿产资源储量变化,国土部门需建立矿山动态监管体系,有效监管矿山企业合理开发利用矿产资源,实现矿产资源的最优耗竭。根据地下矿山现状和国土部门的监管需求,通过建立矿山三维模型,统一空间定位基准,通过矿山传感数据的实时接入与动态融合,通过实时数据的获取与分析监管矿山开采行为,形成数字矿山三维动态监管技术体系。

1 研究思路

长期以来,国土部门非常重视矿产资源监管,露天开采矿山开采通过年度土地矿产卫片执法检查或日常巡查及时发现进行监管,对于井采地下矿山监管是一个难题,遥感技术无法发现地下开采情况,监管人员下矿巡查无法确定坐标位置信息,给监管工作带来了极大的困难。以上问题的解决,需要掌握矿山开采实时信息,通过数据分析比对实现对矿产资源管理。

采用虚拟现实技术建立矿山三维模型,基于矿山安全避险“六大系统”(井下监测监控、人员定位、紧急避险、压风自救、供水施救和通信联络系统),引入产量监管系统,以通信联络系统为链路,建立矿山物联网,汇集接入视频监控、人员定位实时信息和产量监控信息,汇集矿山开采实时信息,实现对超层越界、矿山超能力开采等违法行为监管。建立面向国土资源部门的三维动态监管体系(图1),采用SOA架构设计,分为采集层、数据层、服务层和用户层。

(1)采集层:利用物联网技术,以矿山通信联络

收稿日期:2015-06-23;修订日期:2015-07-10;编辑:曹丽丽

作者简介:孙久虎(1983—),男,山东济宁人,工程师,主要从事地理信息系统应用和国土资源信息化建设;E-mail:sunjhgis@126.com

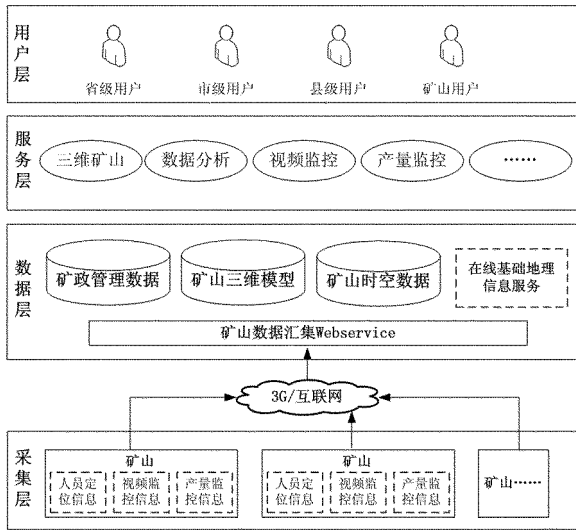


图 1 三维动态监管体系架构图

系统为链路, 汇集接入视频监控、人员定位实时信息和产量监控信息, 并实时将矿山时空信息通过 3G 或互联网传输到数据层。

(2)数据层: 搭建包含矿政管理数据、三维矿山、矿山时空信息等统一的数据中心, 在线调用“天地图”提供的在线基础地理信息服务, 实现统一时空基准、统一数据标准和统一集成平台。

(3)服务层: 通过数据挖掘规则、知识发现模型和空间分析技术, 提供三维矿山、数据分析、视频监控和产量监控等服务, 为矿山开采全过程的可视化、精细化、动态化监管提供共享服务。

(4)用户层: 系统采用 B/S 结构, 满足省、市、县和矿山多级用户使用, 通过矿山实时信息的监测, 为矿山管理提供决策支持。

2 关键技术与系统集成

2.1 地下矿山三维建模

在数字矿山建设中, 利用虚拟仿真技术, 使用矿区高分辨率彩色数字正射影像、地面数字高程模型与矿井 CAD 数据, 以 1980 西安坐标系和 1985 国家高程基准为统一空间基准, 对矿权范围、地面建筑、井巷、矿体等矿山地理对象, 以及人员定位、视频监控、产量监控等设施进行三维建模, 实现对三维地层环境、矿山实体、采矿活动、采矿影响等进行真实的、实时的真三维可视化再现、模拟与分析。

利用地下井巷工程数据, 通过中线或腰线自动

生成立体井巷三维模型。可设定参数自动生成并标注巷道间的变道、交叉口, 同时自动生成对应工程节点坐标与相对关系表。对视频监控、人员定位等设施通过现场勘察确定坐标, 在巷道建模过程中集成, 满足查询、分析与应用及采矿行为的模拟、分析与预测(图 2)。

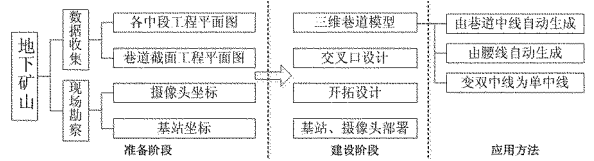


图 2 巷道三维建模流程图

2.2 井下人员定位技术

综合利用无线传感网和数据通讯技术等, 利用矿山三维模型监测模拟井下人员和设备的当前位置及活动范围, 并对人员及设备的历史信息和未来位置信息提供综合查询和预测, 为矿山开采活动的监管决策支持。目前, 采用 RFID 技术的井下人员定位系统是人员定位系统应用的主流, 满足实时掌握下井人员的动态分布及安全管理的需要, 但是该系统属于区域定位系统, 不能实现人员精确定位。因此, 研究了基于 Zigbee 技术的精确定位系统。根据监管需要, 在井口及主要巷道的分岔口、各工作面等关键部位安装定位基站, 矿工佩带的定位标签定时发射一定频段的射频信号, 定位基站通过读取移动目标的信息和信号强度, 计算矿工距基站位置, 进而确定人员坐标信息。

基站获取矿工射频信息, 采用 RSSI(Received Signal Strength Index)定位算法测算人员距基站位置, 并根据基站已知坐标确定人员坐标信息, 利用巷道空间特征对坐标进行二、三维变换, 使其变成三维全局坐标, 生成人员定位坐标序列, 形成人员轨迹, 通过与矿业权三维范围比对, 判断是否超层越界开采^[6](图 3)。

2.3 矿山物联网信息集成

在矿山部署信息集成服务, 根据统一规范, 通过矿山通信联络系统, 汇集矿山接入人员定位实时信息和产量监控信息, 将矿山实时信息通过 3G 或互联网传输到监管数据库, 视频监控数据由于数据量较大, 采用用户主动请求方式调用。

(1)人员定位信息集成。人员定位信息集成需

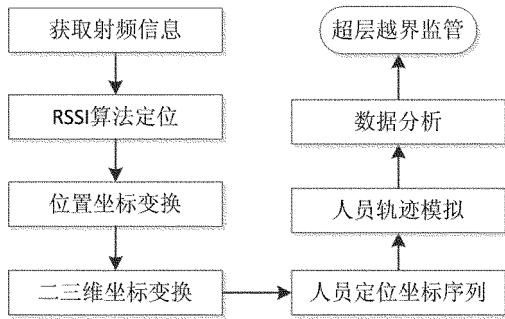


图 3 人员定位技术流程

实现矿山原有人员定位系统和新增精确定位系统对接。针对由于系统厂家较多、人员定位数据存储类型不统一等问题,研究了 3 种规范化的对接方式,最终通过调用数据汇集 Webservice 写入监管数据库,如下表所示。

表 1 人员定位信息对接方式

数据存储类型	对接方法
数据库存储	数据库连接—SQL 查询—写入
文本存储	文件共享—访问文本—读取—写入
数据请求服务	请求服务—解析 XML 结果—写入

(2)产量监控系统集成。产量监控信息是通过秤体实时计算出每时每刻的产量。根据研究,产量监控系统主要采用数据库存储数据,参照人员定位信息集成,采用“数据库连接—SQL 查询—写入”方法对接。

(3)视频监控系统集成。通过在矿山端部署单端口视频远程监控系统,将视频码流、用户登录访问等数据所使用的不同端口封装为一个端口(即所有客户端与服务端之间的数据交换均通过一个端口访问),服务端与客户端之间运用了双向握手协议,并在数据、码流传输过程中采用了加密技术,从而保证内外网视频数据连接的安全性,有效降低了互联网对矿山业务网的干扰。

3 应用实践

结合山东省正在开展的“科技管矿”工作,选择煤、金、铁重点矿山开展“山东省地下采矿三维动态监管系统”建设。以“兼容接入为主,改造提高为辅”为原则,基于矿山现有矿山安全避险“六大系统”,引入 Zigbee 技术的精确定位系统与产量监控系统;建立矿山三维模型,融合矿山物联信息,通过对矿山开

采行为的实时监控,实现对矿山超层越界和超能力开采行为监管,提升矿产资源监管水平。

矿山三维模型完成了工业广场、采矿权法定范围、竖井、斜井、巷道、采空区、矿体和人员定位、视频监控等监测设施,提供了统一时空基准和统一数据集成平台(图 4)。

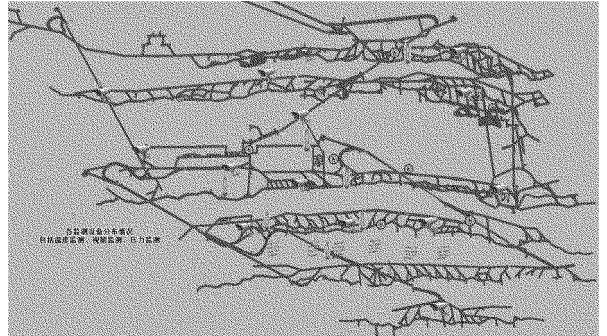


图 4 矿山三维模型

系统功能包括矿山三维展示、人员监控、产量监控和视频监控等。基于精确定位系统的人员定位精确定位误差 3 m,准确掌握井下坑道作业面工作人员的位置,分布情况和每个人员任意时刻所在的位置及各时间段的活动轨迹(图 5)。

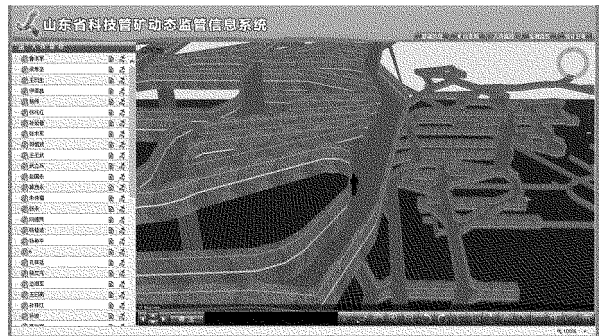


图 5 人员定位功能

4 结论

数字矿山、物联网和空间地理信息集成等新一代信息技术促进了智慧矿山的发展,以矿山三维模型为空间载体,采用物联网技术汇集矿山人员、产量、视频等实时信息,建立矿山实时 GIS 时空数据模型,逐步形成以矿山系统集成、矿山智能感知为特征的智慧矿山体系。以单矿山为基础,利用面向服务架构技术,集成单矿山时空数据,建立数字矿山三维动态监管平台,建立了省级、市级、县级和矿山四级互联互通的监管体系,通过对矿山实时数据的获

取与分析动态监管矿山开采行为,智能监控矿山超层越界和超能力开采等非法开采行为,可提升矿产资源监管水平,维护矿产资源勘查开采秩序,遏制违法行为,有效保护和合理利用矿产资源。

参考文献:

- [1] 宋韦剑,李淑贞,闵涛,等.矿产资源开采远程监控系统的研究与实现[J].国土资源科技管理,2013,30(3):93-97.
[2] 李梅,毛善君.数字矿山中 3D GIS 关键技术研究[J].煤炭科学

技术,2004,32(8):44-48.

- [3] 僧德文,李仲学,张顺堂,等.数字矿山系统框架与关键技术研究[J].金属矿山,2005,(12):47-50.
[4] 张申,丁恩杰,赵小虎,等.数字矿山及其两大基础平台建设[J].煤炭学报,2007,32(9):997-1001.
[5] 白立飞,潘宝玉,张兰.三维激光扫描技术在数字矿山领域的应用[J].山东国土资源,2013,29(8):43-46.
[6] 刘志高,李春文,耿少博,等.带盲区巷道网络人员全局定位系统[J].煤炭学报,2010,35(S0):236-242.

Research on Key Technologies and Application of 3D Dynamic Supervision for Digital Mine

SUN Jiuhu

(Shandong Institute of Land Surveying and Mapping, Shandong Jinan 250102, China)

Abstract: Based on the framework of digital mine, by using virtual reality, wireless sensor network, video monitoring and yield monitoring technologies, key technologies and framework of 3D dynamic supervision system have been put forward. Based on uniform geographical spatial framework, three-dimensional model of mine has been set up, and optimization of precision personnel location based on Zigbee technology has been studied. By using epc system network, real-time information of mines have been gained, and real-time access means and dynamic fusion method of mining sensor data have been studied. Through real-time data acquisition and analysis, mining practices have been supervised dynamically. Furthermore, experimental application of this technology has been carried out in Shandong province. Through contrast the results with legal scope, illegal mining beyond the scope of mining right will be supervised, and production capacity will be monitored. Combining with video monitoring, the behavior of the mining over capacity will be supervised. Thus, effective protection and rational utilization of mineral resources can be realized.

Key words: Digital mine; three-dimensional model; epc system network; dynamic supervision