

文章编号:1671-251X(2016)08-0033-05 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.08.009
王亮.基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警[J].工矿自动化,2016,42(8):33-37.

基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警

王亮

(西安科技大学 电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要:利用复杂事件处理技术构建了基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式。以井下RFID人员定位数据与环境监测数据为基础应用数据,基于复杂事件处理技术搭建大规模井下安全流数据处理框架,设计离线数据关联规则自学习、在线数据匹配树结构自匹配的双层并行机制,以实现井下安全预警事件的高效检测与预警触发。测试结果表明,基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警模式相对于基于关系型数据库的安全监控模式,在异常事件检测数与检测效率方面均具有显著的优势。

关键词:煤矿井下安全;复杂事件处理;异常事件检测;预警触发

中图分类号:TD76 文献标志码:A 网络出版时间:2016-08-03 10:02

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160803.1002.009.html>

Detection and early warning of coal mine underground safety event based on event driven

WANG Liang

(School of Electrical and Control Engineering, Xi'an University of
Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: A detection and early warning trigger mode of coal mine underground safety event based on event driven was constructed by using complex event processing technology. By adopting underground RFID personnel positioning data and environmental monitoring data as application data, a large-scale underground safety flow data processing framework based on complex event processing technology was built. And then a double layer parallel mechanism for self learning of offline data association rule and self matching of online data matching tree structure was designed, so as to achieve high efficiency detection and early warning trigger for early warning of underground safety event. The test results show that the detection and early warning trigger mode of coal mine underground safety event based on event driven has significant advantages in abnormal event detection and detection efficiency compared with safety monitoring model based on relational database.

Key words: coal mine underground safety; complex event processing; abnormal event detection; early warning trigger mode

0 引言

作为产煤量占世界35%的产煤大国,煤炭在中国的能源消耗体系中占据十分重要的位置。然而,由于煤炭开采井下地质条件的复杂性及开采环境的恶劣性等众多原因,中国成为矿难高发国。据不完

全统计,2015年中国发生近40起重特大煤矿安全事故,造成七百余人死亡和失踪^[1]。针对目前严峻的煤矿安全生产现状,进一步加强煤矿安全生产技术的研究与开发应用具有十分重要的现实意义。在现有的煤矿井下安全监控系统中,所获取的煤矿生产过程数据涵盖井下人员、通风、环境、地质等方面

收稿日期:2016-05-12;修回日期:2016-06-21;责任编辑:张强。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61402360)。

作者简介:王亮(1984—),男,陕西宝鸡人,讲师,博士,研究方向为矿山自动化、煤矿安全监控,E-mail:wangliang@xust.edu.cn。

3 煤矿井下安全事件检测与预警

3.1 煤矿井下事件语义及事件定义

安全监控系统覆盖煤炭开采的各个关键环节,通过传感器、视频监控等设备记录井下作业空间、机电设备状态及井下湿度、温度、风速、压力、瓦斯、一氧化碳、氧气等环境状态,同时利用 RFID 可实现对井下人员的定位追踪。本文以 RFID 人员定位数据与井下环境监测数据为基础应用数据,基于复杂事件处理技术设计并实现基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式。其中用于人员定位的 RFID 数据格式为 $\{ReaderID, Tag, Timestamp\}$,其中 ReaderID 为 RFID 读写器的 ID 号,Tag 为所扫描的电子标签的标志号,Timestamp 为数据读取的时间戳信息。用于环境状态监测所采集的数据格式为 $\{SensorID, SensingData, Timestamp\}$ 三元格式,其中 SensorID 为传感器 ID 号,SensingData 为所采集的感知数据(包括温度、湿度、压力、风速、瓦斯浓度及粉尘浓度等信息)。

与 RFID 数据相比,环境监测中的状态监测所涉及的传感器类型多样,数据格式不一,因而在复合事件生成层所合成的事件模式更为复杂。利用应用基础数据采集体系(RFID 与传感器网络)所采集到的原始数据,基于规则关系以生成与煤矿安全相关的复杂事件。

定义 1 基本安全事件:为具有简单语义知识的目标域状态信息及多传感源之间的具有某种时空与流程关联的关系事件,如环境温度变化事件、实时瓦斯信息等。

定义 2 复杂安全事件:为由若干个基本安全事件或复杂安全事件通过事件合成关系或是操作符号所产生的合成事件,以表达应用层不同语义对象之间的相互关系。其具体的数据形式可以定义为 $\{Feature, Rule, Time\}$,其中 Feature 表示复杂安全事件的属性特征;Rule 为相应的规则信息,具体有因果关系、时序关系等;Time 依据复杂安全事件的性质可分为时间点与时间区间。

基于事件驱动的复杂安全事件处理模式实时检测人员定位及环境状态监测数据,如果有满足用户自定义或是基于规则学习所产生的井下安全监测复杂事件时,事件处理将所检测的事件发送给应用程序接口,同时以实时方式触发相关报警提示动作。在本文中以 2 个主要的事件为例进行阐述:矿工位置移动事件、环境安全预警事件。

矿工位置移动事件在基本事件的情景下,其所

满足的基本条件形式化表示如下:

$$|Reader_i.Tag_k - Reader_j.Tag_k| \geq d \quad (1)$$

式中:Reader_i.Tag_k 为矿工 Tag_k 进入 RFID 读写器 Reader_i 的空间范围;d 为自定义的距离参数,其与不同的具体场景(采煤层、巷道)有关,其可以通过 2 个基本的 RFID 基本事件聚合而成,即 $\{ReaderID_i, Tag_k, Timestamp_i\}$ 与 $\{ReaderID_j, Tag_k, Timestamp_j\}$,Tag_k 为该复杂事件所指向的具体矿工对象,Timestamp_j - Timestamp_i 为位置移动事件的时间跨度信息。

矿工位置移动事件满足条件:① 2 个不同 Reader 之间的距离阈值满足式(1)。② Timestamp_j 与 Timestamp_i 满足时序先后关系。

本文采用经典的复杂事件语言 SASE 作为煤矿井下监控系统的安全事件描述、查询及检测语言。下面就矿工位置移动事件给出一个查询实例:

```
Select * from RFIDEvent
Where Tag = Tagk
Where Timestampj > Timestampi
Where |ReaderIDj - ReaderIDi| ≥ d
```

环境安全预警事件在基本事件的情景下,其所满足的基本条件形式化表示如下:

$$SensingData_j.SensorID_k \geq \epsilon \quad (2)$$

式中:SensingData_j.SensorID_k 为传感器节点 SensorID_k 所感知到的环境参数数据 SensingData_j;ε 为阈值,其与具体的传感器环境监测参数类型(瓦斯浓度、粉尘浓度等)有关。

具体而言,环境安全预警事件为煤矿井下某个传感器节点所采集到的环境状态信息,反映出所在区域的环境状态出现异常,而触发实时报警事件。

对于复合事件而言,在环境安全预警事件情景下,其表述形式为 Rule == Condition,其中 Rule 为多基本事件所合成的事件规则,Condition 为系统安全用户或是通过自学习过程所得到的满足条件。例如,温度、湿度、粉尘浓度等多个传感信息的复合关联满足相应的条件,以触发报警事件。

3.2 基于事件驱动的井下安全事件检测与预警触发

基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式构成如图 2 所示。基于 RFID 人员定位与机电类、环境类、地质类等多源传感器网络实时获取的跨空间异构井下安全感知数据,按照规范化数据格式与事件表示进行数据解析过程,主要包括对不同传感器节点所获取的数据进行格式统一、单位换算、数据清洗等预处理操作;解析后的数据通过复杂

事件产生模块,以复杂事件表示元语为基础,分别实现数据向事件的语义转换过程、基本安全事件的产生及复杂安全事件的合成操作,以实现实时流数据完成不同粒度、不同层次上的事件合成操作。其中,语义转换功能在于实现原始数值型数据向语义型数据的映射与转换,同时保证在映射与转换过程中维持最小的信息损耗;基本安全事件的产生功能为建立在语义转换基础之上的元安全事件拟合过程。

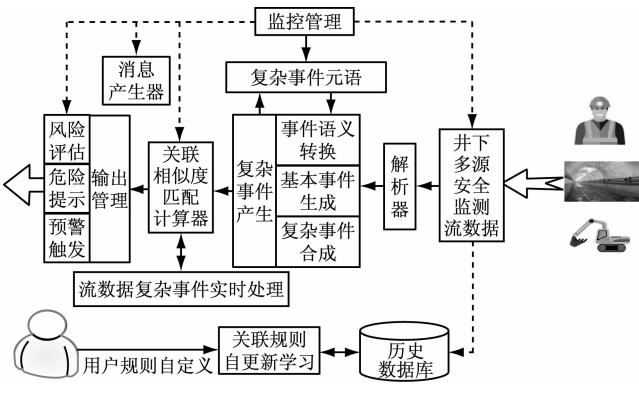


图 2 基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式构成

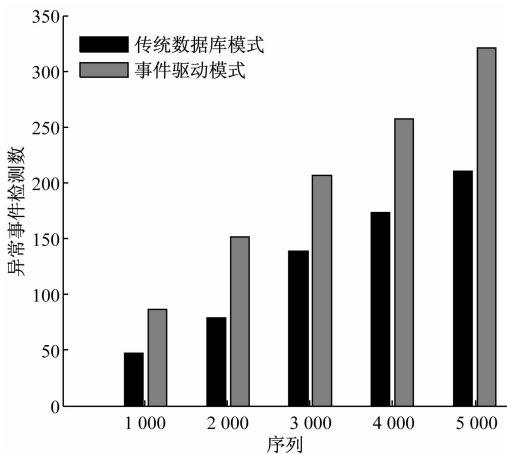
另一方面,基于多源感知流数据实现对历史语义知识库的离线更新过程,通过历史数据的关联规则自学习实现复杂事件规则知识的自动化更新与增量式更新。此外,模型设置了管理用户关联规则自定义接口,以实现用户针对特定环境、特定约束、特定条件下的自定义规则。基于复杂事件产生模块所输出的安全事件与关联规则,在滑动时间窗进行匹配树实时匹配过程,以概率化数值表示对当前状态的风险评估,基于风险评估量化关系进行危险提示与预警触发,最终为煤矿生产安全管理部门的决策提供支撑。

4 实验仿真及结果分析

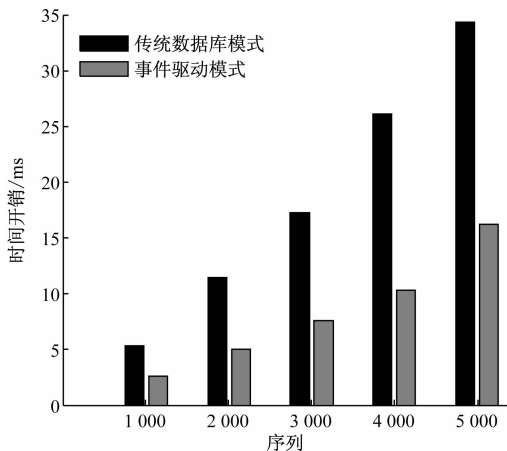
为了验证所提出的基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与触发模式的有效性与快速性,本文以煤矿井下安全检测数据集为基础进行了相应的实验仿真测试。实验数据采用煤矿井下现场采集小数据集与按照泊松分布产生的虚拟数据相结合的合成数据集。传统的煤矿井下安全预警或是采用单一传感器获取数据的实时动作触发,或是将多源采集数据发送至数据库,在服务器端进行数据的融合与关联匹配以产生预警。由于本文所采用的是以 RFID 人员定位与环境监测感知数据为应用基础数据的多源数据,所以实验部分与基于传统数据库的安全预警模式(传统数据库模式)进行比较分析。

本文实验环境分为硬件环境和软件环境。其中,硬件环境为 Intel(R) Core(TM) i3-3110M CPU、2.40 GHz、4.00 GB 内存和 250 GB 硬盘;软件环境为 Windows 7 操作系统,Visual C++ 6.0 编程环境。对面向煤矿井下安全监测流数据的复杂事件处理性能进行测试,并对结果进行了分析。

在不同测试数据序列(1 000~5 000 序列)下分别对井下多源数据异常事件的检测结果与效率进行比对分析,具体结果如图 3 所示。由图 3(a)可以看出,基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式(事件驱动模式)的异常事件检测数显著优于传统数据库模式,平均可提高事件检测率 57.63%。由图 3(b)可以看出,事件驱动模式的时间效率优于传统数据库模式,其时间开销平均提升了 2.26 倍。



(a) 2 种模式的异常事件检测数对比



(b) 2 种模式的异常事件检测效率对比

图 3 2 种模式的异常事件检测实验结果对比

5 结语

面向煤矿复杂、恶劣生产环境对于安全预警系统实时性、综合性的现实需求,构建了基于事件驱动

的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式。以井下人员定位 RFID 数据与环境监测数据为基础应用数据,利用复杂事件处理技术的事件语义定义合成多层复合安全事件,通过匹配树结构在线匹配 RFID 数据与传感器网络环境监测获取数据,以实现在线实时安全预警事件的检测与预警触发。对合成测试数据的实验仿真结果显示,所提出的基于事件驱动的煤矿井下安全事件检测与预警触发模式比传统的数据库处理模式在异常事件检测数与检测效率 2 个方面均具有显著的优势。

参考文献:

[1] 新华网. 2015 年全国发生 38 起重特大事故 768 人丧生失踪[EB/OL]. (2016-01-15)[2016-04-16]. <http://www.sh.xinhuanet.com/2016-01/15/c-135012916.html>.

[2] 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.

[3] 孙继平. 煤矿安全监控系统联网技术研究[J]. 煤炭学报, 2009, 34(11): 1546-1549.

[4] 李继林. 煤矿安全监控系统的现状与发展趋势[J]. 煤炭技术, 2008, 27(11): 3-5.

[5] 高玉芹. 基于 RFID 和 WSN 的煤矿安全监控系统[J]. 仪表技术与传感器, 2007(12): 76-78.

[6] 郭甜甜,尹洪胜,高婷,等. 软件设计模式在煤矿安全监控系统开发中的应用研究[J]. 煤矿机械, 2011, 32(2): 211-213.

[7] 鲁远祥,樊荣. 煤矿安全监控系统体系架构技术的发展[J]. 矿业安全与环保, 2009, 36(增刊 1): 177-179.

[8] 宋楠楠,陈岩. 一种基于无线传感器网络的煤矿安全监控系统[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2010, 28(2): 47-49.

[9] 刘盼,褚延丞,华钢,等. 煤矿安全监控信息特征快速发现方法研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(6): 22-25.

[10] 王智峰,屈凡非,田建军,等. 基于海量数据分析的煤矿生产辅助决策支持系统的设计[J]. 工矿自动化, 2011, 37(10): 22-25.

[11] 焦昊. 煤矿安全监控信息管理系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2015.

[12] 杨清,徐建良,高德欣. 基于复杂事件处理技术的 RFID 系统数据分析[J]. 微计算机信息, 2006, 22(26): 179-181.

[13] 沈斌,朱国良,闫广超. 煤矿监控系统中 RFID 数据处理平台的研究[J]. Industrial Control Computer, 2010, 23(7): 57-58.

[14] 汤玲丽. 复杂事件处理引擎关键技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.