

文章编号:1671-251X(2014)11-0038-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.11.010  
李晨鑫.煤矿入井人员唯一性检测技术研究[J].工矿自动化,2014,40(11):38-41.

# 煤矿入井人员唯一性检测技术研究

李晨鑫

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院,北京 100083)

**摘要:**通过分析掌纹、指纹、虹膜、人脸、步态、声纹等生物特征识别技术的特点以及煤矿现场对入井人员生物特征的影响,指出虹膜识别、人脸识别、步态识别、声纹识别适用于煤矿入井人员唯一性检测;提出了一种基于人员定位和生物特征识别的煤矿入井人员唯一性检测技术方案,将生物特征识别技术嵌入人员定位系统,利用人员定位识别卡实现识别卡数量及人员身份的唯一性检测;指出煤矿入井人员唯一性检测技术的研究关键点是严重污染人脸的识别算法、对设备遮挡情况下人员步态图像的采集及对混入人员语音信号的煤矿现场噪声消除算法。

**关键词:**煤矿入井人员;唯一性检测;生物特征识别;虹膜识别;人脸识别;步态识别;声纹识别;人员定位

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:  
网络出版地址:

Research of uniqueness detection technology for in-pit coal mine personnel

LI Chenxin

(School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of  
Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on analysis of characteristics of biometric feature recognition technologies by palmprint, fingerprint, iris, face, gait and voiceprint and impacts of coal mine field on biometric features of in-pit call mine personnel, it was pointed out that iris recognition, face recognition, gait recognition and voiceprint recognition were applicable to uniqueness detection of in-pit coal mine personnel. A scheme of uniqueness detection of in-pit coal mine personnel was proposed based on personnel location and biometric feature recognition, which embedded biometric feature recognition technology into personnel location system and used personnel location identification cards to achieve uniqueness detection of the card number and personnel identity. Key points of research on uniqueness detection technology of in-pit coal mine personnel were pointed out, which were recognition algorithms of seriously-stained face, acquisition algorithms of personnel gait images under the condition of equipment occlusion and elimination algorithms of noise in coal mine field mixing into personnel voice signals.

**Key words:** in-pit coal mine personnel; uniqueness detection; biometric feature recognition; iris recognition; face recognition; gait recognition; voiceprint recognition; personnel location

收稿日期:2014-02-21;修回日期:2014-09-18;责任编辑:李明。

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(51134024);国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA062203);中国矿业大学(北京)博士研究生拔尖创新人才培养基金资助项目(80015E638)。

作者简介:李晨鑫(1986—),男,河南永城人,博士研究生,研究方向为矿井通信与监控技术,E-mail:cumtblichenxin@126.com。

0 引言

《国家安全生产监督管理总局国家煤矿安全监察局关于建设完善煤矿井下安全避险“六大系统”的通知》(安监总煤装[2010]146号)要求建设完善煤矿井下人员定位系统,发挥井下人员定位系统在定员管理和应急救援工作中的作用。《煤矿井下安全避险“六大系统”建设完善基本规范》要求矿井人员定位系统必须满足AQ 6210—2007《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》的要求。《煤矿井下作业人员管理系统通用技术条件》要求各个人员出入井口应设置检测识别卡工作是否正常和唯一性检测的装置<sup>[1-3]</sup>。

基于上述规范、标准的要求,以及煤矿安全生产管理中对一人多卡、代替刷卡等违章行为的检测需求,有必要研究煤矿入井人员唯一性检测技术。近年来,基于生物特征的唯一性检测技术因具有不易遗忘、防伪性能好、不易伪造或被盗等特点而得到广泛研究与应用。而矿井生产现场与安保、考勤、门票管理、医疗、银行等环境不同,煤矿入井人员的生物特征易受到煤尘、粉尘、水及其他杂质的污染而发生改变。煤矿工作环境的特殊性,如亮度变化较大、机械设备和电气设备多等也会对检测精度产生较大影响。

本文通过分析掌纹、指纹、虹膜、人脸、步态、声纹等生物特征识别技术,结合煤矿现场的工作环境以及入井人员易受污染的生物特征,指出虹膜、人脸、步态、声纹等生物特征识别技术适用于煤矿入井人员唯一性检测,提出了基于人员定位和生物特征识别的煤矿入井人员唯一性检测方案,并对煤矿入井人员唯一性检测的关键问题进行了研究。

1 生物特征识别技术

1.1 掌纹识别

掌纹识别技术通过手指末端到手腕部分的手掌图像特征进行识别。掌纹具有终生不变性,面积相

对较大,采用掌纹进行唯一性检测时识别可靠性高,成本较低。影响掌纹识别精确度的主要因素有手掌的洁净度、健康度以及受劳动影响程度。

1.2 指纹识别

指纹是指手指表面分布的凹凸不平的乳突状纹线<sup>[4]</sup>,具有终生稳定性、唯一性及可分类性。目前指纹识别技术无法保证对残缺、污损指纹图像识别的鲁棒性。

1.3 虹膜识别

虹膜位于巩膜和瞳孔之间,具有人眼65%的纹理信息<sup>[5]</sup>,是人体最重要、最恒定的身份鉴别特征。虹膜识别的精确度远优于其他生物特征识别方式,被复制的难度极大。虹膜识别精确度受采集设备的影响较大,目前虹膜信息基本采用近距离采集方式采集,对采集设备的要求很高,设备成本较高。

1.4 人脸识别

人脸识别是最主要的基于生物特征的识别技术之一。该技术实现设备简单,成本较低,识别速度快,应用领域极广。其识别精确度易受环境背景、人脸污染物、被测人姿势、外貌变化等影响。

1.5 步态识别

步态识别是通过识别人走路的姿态进行身份识别的方法,具有易接受性、非侵犯性、远距离识别等特点。步态识别需要获取完整的步态图像,以保证准确度,需要相关算法配合实现。

1.6 声纹识别

声纹识别是根据语音信号中反映人员生理特征的参数,对说话人身份进行匹配的方法。声纹识别的辨识度高,不易仿冒,识别装置成本较低,具有非侵犯性,但识别精度易受环境中噪声的影响。

2 生物特征识别技术在煤矿的适用性

6种生物特征识别技术的基本特点见表1。煤矿生产环境中存在煤尘、粉尘、水,井下人员劳动强度大,这些都会对人体部分生物特征造成影响。

表1 6种生物特征识别技术的基本特点

| 特征     | 掌纹识别   | 指纹识别   | 虹膜识别    | 人脸识别  | 步态识别  | 声纹识别  |
|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|
| 检测方法   | 接触     | 接触     | 非接触     | 非接触   | 非接触   | 非接触   |
| 人的行为配合 | 需要     | 需要     | 需要      | 不需要   | 不需要   | 需要    |
| 采集装置成本 | 低      | 低      | 高       | 低     | 低     | 低     |
| 主要影响因素 | 脏污、伤痕  | 脏污、伤痕  | 眼疾、严重眼伤 | 脏污、遮挡 | 遮挡    | 噪声    |
| 稳定性    | 较高     | 较高     | 高       | 较高    | 较高    | 较高    |
| 复制的可能性 | 静态能被复制 | 静态能被复制 | 不易被复制   | 不易被复制 | 不易被复制 | 不易被复制 |

掌纹识别和指纹识别的精确度最易受脏污、伤痕的影响,而煤矿入井人员的手掌、手指是最易受脏污的部位,且受脏污的程度往往很严重,因此掌纹识别、指纹识别技术不适用于煤矿入井人员唯一性检测。

除眼部严重受伤情况外,入井人员的虹膜识别精度不受煤矿环境的任何影响,且发生严重受伤情况的概率极低,因此虹膜识别适用于煤矿入井人员唯一性检测,且目前应用于地面环境的虹膜识别算法可直接应用于煤矿,无需进行改进,但识别装置成本高,特征提取及数据库检索速度较慢。参考文献[5-7]介绍了煤矿虹膜识别系统的应用情况。

人脸识别易受脏污、遮挡因素的影响,步态识别易受视频采集遮挡因素的影响,但均可根据煤矿环境建立适合的识别算法。参考文献[8-9]对基于人脸识别技术的煤矿入井人员唯一性检测进行了研究和应用。

步态识别特征不易被煤矿环境改变,但需在获取步态图像的基础上实现。目前将步态识别应用于煤矿还停留在理论研究阶段,参考文献[10-11]研究了基于步态识别的煤矿井下人员唯一性检测技术。

声纹识别准确度主要受噪声影响。煤矿井下存在很多机电设备,噪声大。与掌纹、指纹等特征易受煤尘脏污不同,噪声只会混入人员的语音信号中,不会对人员语音信号产生的根源及人体发声器官造成污染,因此,笔者认为可在抑制环境噪声基础上将声纹识别技术应用于煤矿入井人员唯一性检测。

### 3 煤矿入井人员唯一性检测技术方案

煤矿入井人员唯一性检测装置是煤矿井下人员作业管理系统即煤矿井下人员定位系统的必要组成部分,因此,可将煤矿入井人员唯一性检测技术集成于人员定位系统,借助井下人员定位识别卡检测功能,利用定向天线的信号辐射方向<sup>[12]</sup>和功率控制功能实现人员识别卡数目的检测功能,利用生物特征识别技术实现人员身份的检测功能,实现煤矿入井人员的唯一性检测。

笔者提出基于人员定位和生物特征识别的煤矿入井人员唯一性检测技术方案,如图 1 所示。

人员出入控制模块用于确保同一时刻仅有 1 名被测人员处于检测区域内;对通过检测的人员放行;检测失败人员禁止放行。

识别卡检测模块用于检测检测区域内出现的识别卡数量及信息;提供预存生物特征供服务器比对;

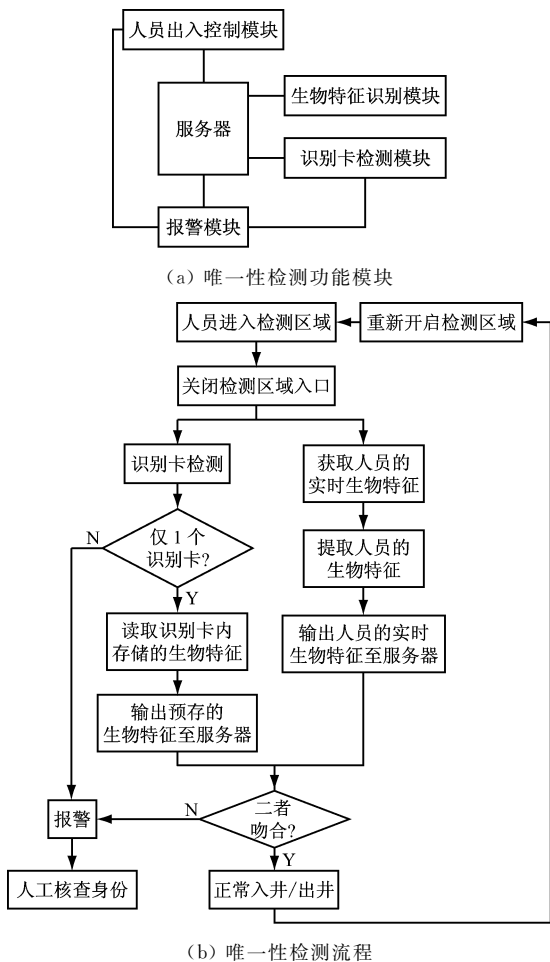


图 1 基于人员定位和生物特征识别的煤矿入井人员唯一性检测技术方案

当识别卡多于 1 个时,指示报警模块报警;可依据电磁波自由空间传输损耗模型,设定信号在检测区域边缘损耗至接收灵敏度值。

生物特征识别模块用于检测并提取检测区域内人员的实时生物特征,供服务器比对。

服务器对预存生物特征与实时生物特征进行比较,若匹配则指示人员出入控制模块放行,若不匹配则指示报警模块报警。

报警模块用于报警并指示人员出入控制模块禁止放行。

煤矿入井人员唯一性检测流程:人员进入检测区域后,检测区域关闭,禁止人员出入;识别卡检测模块检测识别卡的数量,读取预存信息,若识别卡多于 1 个,则指示报警进行人工身份核查,否则输出预存生物特征至服务器;生物特征识别模块检测、提取人员实时生物特征,并将相关信息输出至服务器;服务器对预存生物特征和实时生物特征进行比对,如不符合匹配条件,指示报警,现场工作人员进行人工身份核查,如符合匹配条件,指示检测区域开启,对

当前检测人员进行放行,等待下位检测人员进入检测点。

该煤矿入井人员唯一性检测技术可确定煤矿入井人员检测的2种唯一性:识别卡数量的唯一性和人员身份的唯一性,即确保每个人员携带唯一的识别卡入井(出井),且人员身份与识别卡信息相符,杜绝煤矿入井管理中一人多卡、代替刷卡等存在安全隐患的违规行为。

#### 4 煤矿入井人员唯一性检测技术的关键点

基于虹膜识别的煤矿入井人员唯一性检测技术不需对地面领域成熟的技术进行改进,技术成熟,且在煤矿现场具有应用基础,但因其需要人员高度配合、识别速度相对较慢、装置成本高的特点而在应用层面缺乏明显优势。

基于人脸识别的煤矿入井人员唯一性检测技术具有一定的研究基础,常规算法可实现洁净人脸识别,对称变换算法可实现佩戴安全帽的轻度污染人脸识别,但在人员脸部严重污染情况下进行检测时准确度尚不明确,因此,严重污染的脸部识别算法是基于人脸识别的煤矿入井人员唯一性检测技术的难点及研究方向。

基于步态识别的煤矿入井人员唯一性检测技术具备识别距离远、光线影响较小等特点。在采用监督局部保持映射算法、最大最小判别映射算法的基础上,如何消除井下设备遮挡对人员步态图像采集的影响,是该技术具体应用时需要解决的关键问题。

基于声纹识别的煤矿入井人员唯一性检测技术目前尚未有相关研究、应用报道。笔者认为,声纹识别技术具有装置成本低、语音及声纹特征不易被改变等特性,通过研制合适的识别装置、建立符合煤矿现场的噪声抑制算法,可实现该技术在煤矿环境中的应用。

#### 5 结论

(1) 虹膜识别、人脸识别、步态识别技术已应用于煤矿入井人员唯一性检测,声纹识别技术同样适用于煤矿入井人员唯一性检测,其研究和应用的关键点为煤矿现场影响语音采集的噪声抑制方法。

(2) 基于人员定位和生物特征识别的煤矿入井人员唯一性检测技术方案以适应于煤矿环境的虹膜

识别、人脸识别、步态识别、声纹识别为核心技术,结合矿井人员定位系统的检测功能和定向天线的信号辐射方向及功率控制功能,能够确定识别卡数量和人员身份的唯一性,杜绝煤矿入井管理中一人多卡、代替刷卡等违章行为。

(3) 对严重污染人脸的识别算法、对设备遮挡情况下人员步态图像的采集、对混入人员语音信号中的煤矿现场噪声消除算法,是研究煤矿入井人员唯一性检测技术的关键点。

#### 参考文献:

- [1] 孙继平. 煤矿安全生产监控与通信技术[J]. 煤炭学报, 2010, 35(11): 1925-1929.
- [2] 孙继平. 煤矿井下安全避险“六大系统”的作用和配置方案[J]. 工矿自动化, 2010, 36(11): 1-4.
- [3] 孙继平. 煤矿井下人员位置监测技术与系统[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(11): 1-5.
- [4] 林喜荣, 黄析伟, 苏晓生, 等. 生物特征识别技术的标准化进程[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2006, 46(2): 194-198.
- [5] 徐济仁, 陈家松, 王可人, 等. 基于虹膜识别和RFID的矿山人员安全管理方案[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(4): 75-78.
- [6] 王太续, 徐金陵. 基于活体识别的虹膜监测系统在煤矿的应用[J]. 煤矿机电, 2007(5): 75-77.
- [7] 王维. 人员定位唯一性检测系统设计[J]. 工矿自动化, 2012, 38(7): 1-3.
- [8] SUN Jiping, LI Chenxin. In-pit coal mine personnel uniqueness detection technology based on personnel positioning and face recognition [J]. International Journal of Mining Science and Technology, 2013, 23(3): 357-361.
- [9] 徐茜亮, 霍振龙. 人脸识别技术在矿井人员管理系统中的应用[J]. 工矿自动化, 2013, 39(8): 6-8.
- [10] 张善文, 张传雷, 黄文准. 基于最大最小判别映射的煤矿井下人员身份鉴别方法[J]. 煤炭学报, 2013, 38(10): 1894-1899.
- [11] 张传雷, 张善文, 田子建. 基于监督局部保持映射算法的井下人员定位技术[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(2): 67-70.
- [12] 郭海军. 标识卡唯一性检测装置中定向天线设计[J]. 工矿自动化, 2013, 39(8): 13-15.