传感技术在电力安全培训系统中的应用研究

为解决电力安全培训中目前存在的问题，提升电网公司安全生产水平，亟待探索出一种电力安全培训新方法，从而对现有电力安全培训手段进行升级。通过分析传感技术在电力安全培训中的应用，研究传感技术在三维虚拟安全互动化培训系统中的实现方法，提供一种交互、生动和逼真的安全培训方式，可有效地提高电力安全知识和技能的培训质量。

杨文杰[1] 郝宗良[2] 于振[3]/1. 国网乌鲁木齐供电公司 2. 国网宁夏电力公司
3.国网智能电网研究院

杨文杰/工程师

关键词/Keywords
传感技术·
电力安全·
互动化培训·

0 引言

传统的电力安全培训存在着安全培训手段模式化、教育方式单一化、培训成本高、形象性差、互动性低、组织时间长、危险性高、安全操作意识和技能培养有待加强等一系列问题[1-3]，已无法完全满足电网公司实际安全生产需要。为解决电力安全培训中目前存在的问题，通过建立电力三维虚拟安全培训系统，提供一种交互、生动和逼真的安全培训方式，使员工培训从书本教条式的抽象被动型学习向虚实结合式的具体主动型学习转变、认知培训向体验感受转变，可有效地提高电力安全生产知识和技能的培训质量。

因此，为构建起电力三维虚拟安全培训系统，形成一种全方位、多方式的虚拟现实与实际相结合的安全培训手段，达到交互、生动和逼真的培训效果，需要对传感技术的国内外现状进行深入分析与研究，对电力安全培训中可能用到的传感技术进行分析，并进行系统应用研究。

1 传感技术的国内外研究现状[4-11]

国外传感技术领域主要针对传感技术系统的研究，强调其系统性和传感器、处理与识别的协调发展，突破传感器同信息处理与识别技术与系统的研究、开发、生产、应用和改进分离的体制，按照信息论与系统论，应用工程的方法，同计算机技术和通信技术协同发展，并将在现有基础上予以延伸和提高，研发出了新的传感设备。

我国对高科技含量的传感器及传感技术的市场需求越来越迫切。我国从60年代开始传感技术的研究与开发，经过多年的技术攻关，在传感器研究开发、设计、制造、可靠性改进等方面获得长足的进步，初步形成了传感器研究、开发、生产和应用的体系，取得了一批可喜的、为世界瞩目的发明专利与成果。但从总体上讲，它还不能适应我国经济与科技的迅速发展，我国不少传感器、信号处理和识别系统仍然依赖进口。同时，我国传感技术产品的市场竞争力优势尚未形成，产品的改进与革新速度慢，生产与应用系统的创新与改进少。

传感器技术直接关系到我国自动化产业的发展形势，对自动化产业乃至整个国家工业建设有重要影响[11]。传感器产品品种繁多，基于的科学原理多，技术密集，具有多样性、边缘性、综合性和技艺性，需要多学科、多种高新技术配合，其市场的主要增长来自于无线传感器、MEMS传感器、生物传感器等新兴传感器。其中，无线传感器在

中国知网 https://www.cnki.net

2007~2010年复合年增长率超过25%。

未来几年，中国传感器技术发展整体将呈现高精度、微型化、集成化、数字化、声表面波传感器、微加工技术等特点。同时还将朝着加速开发新型材料、高可靠性、宽温度范围、微功耗及无源化的方向发展。多传感器信息融合，MEMS技术进一步的发展，敏感材料与智能材料系统的应用，纳米机械装置和传感器、化学传感器等新传感器的不断涌现，未来传感器产业将终将发展成为网络化传感器趋向。

2　电力安全作业中的传感技术分析

目前，应用于电力安全培训中的人机交互设备，在视觉方面有头盔式立体显示仪等；位置感方面有数据手套、3D体感摄影机等，以及语音识别，眼球运动检测等装置，主要涉及人体姿态传感技术、人体行为传感技术、手部行为传感技术和头部行为传感技术。

2.1　人体姿态传感技术

人体姿态传感技术是人体识别的最基本的技术，也是虚拟仿真重要的交互技术。他可对人体的脚部位置、腿部及手臂的弯曲进行实时捕捉定位。该技术不需要使用任何控制器；而是依靠相机捕捉三维空间中人体的位置。其原理是利用红外线发射器和红外线/VGA摄像头组来对人体进行定位。如在虚拟仿真电力作业过程中，当作业人员模拟登塔动作时，脚部的运动、腿部的弯曲及手臂的变化都会被红外线发射器覆盖，覆盖区域即识别的“可视范围”。因此，摄像头组会接收到反射光线来识别人体的位移，而红外摄像头识别图像的是一个“深度场”（Depth Field）[12]，系统会对景深图像进行像素级评估，来辨别人体的不同部位，其中像素的颜色表示人员到摄像头的距离。如近处的人员用红色、绿色表示，远处人员用暗灰色表示。传感系统根据像素来生产关节点，追踪的关节点可以表示人员骨架。通过这种方式传感系统节点信息准确计算出人员实际坐标，如图1所示。

图1　人体姿态传感

2.2　人体行为传感技术

在对人体行为进行捕捉的过程中，传感系统控制核心是通过景深摄像头和RGB摄像头的配合，也就是通过图像传感器进行多点探测，并采用分割策略来区分人体和人体所处背景，即从背景噪声中提取出有用信号。并将3D体感摄像机获取的图像放到屏幕当中，通过3D体感摄像机获取的彩色、红外图像，捕捉到用户的肢体动作，系统自动识别、记忆、分析处理这些动作。最后，将这些手势语言转换成指令反馈给三维虚拟场景中的虚拟控制器。如当模拟电力作业人员需要打开工具包时，该步骤即通过图像传感器对手臂的行为进行捕捉，当操作人员进行手臂挥动时，此时根据程序设计，将该动作设计成工具包的打开命令，再通过记忆、分析处理该动作，即可打开工具包。因此，将该传感技术应用于培训中，可实现电力安全从业人员动作的实时捕捉，为互动化培训过程提供了基础条件，如图2所示。

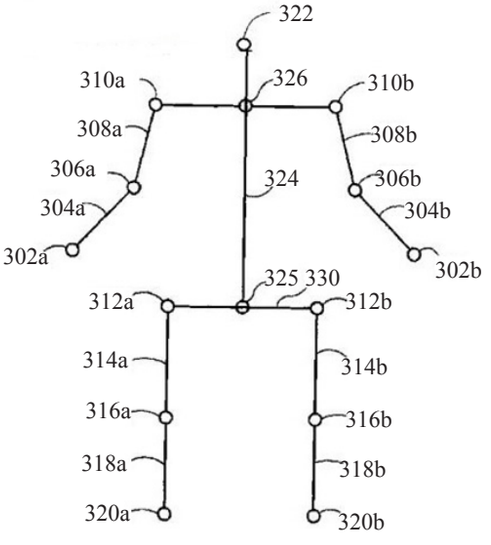

图2　人体行为传感技术

中国知网　https://www.cnki.net

2.3 手部行为传感技术

数据手套是虚拟仿真中常用的硬件设备，具有较强的仿真性，数据手套中主要器件是弯曲传感器，通过弯曲传感器，手指运动动作转换为光信号。弯曲传感器主要有柔性器件、力敏器件、弹性器件等组成。数据手套通过手指上的弯曲器件和手掌上的弯度、弧度器件感知手及关节的坐标和运动方向。可将人手信息准确、实时地传递给工作站，而且能够把与虚拟现实中刺激信息反馈给作业人员，使作业人员以更加直接、有效的方式与虚拟作业场景进行交互，大大增强培训的互动性和沉浸感。如当模拟电力作业中，电力工人需抓取工具时，即对手掌多点骨骼的运动变化通过弯曲传感器将信息传递给虚拟环境，从而模拟出抓取绝缘扳手的动作。

2.4 头部运动传感技术

头部运动传感技术也称三维空间传感技术，该技术能够实时地检测人员六个自由度的数值，即X、Y、Z坐标上的值及围绕X、Y、Z轴的旋转值。在虚拟现实环境中，这种传感器常被用来安装在头盔显示器上。当用户戴上头盔时，头戴式显示器可将用户的头部位置及运动方向告诉计算机，计算机就可调整观察者所看到的图景，使得呈现的图像更趋于真实，通过较强的沉浸感和真实感提供培训的互动性和电力安全从业人员的积极性。

3 传感技术在培训系统中的应用

3.1 传感系统总体结构

电力安全培训系统主要由数据采集系统、工作站、三维实景仿真系统等组成。其中，传感系统由指纹识别仪、数据手套、位置跟踪器、Kinect、手柄等传感器构成，完成数据采集的功能。通过这些传感设备，系统可直接感知用户的动作、位置、逻辑判断和个人信息等多种信息，为实现多样化的电力安全培训功能提供了大量的数据信息。

3.2 传感系统功能分析

（1）人员指纹识别

通过采用指纹识别仪，可方便快速地对参训电力安全从业人员的个人信息进行登记注册。每次上机操作时，电力安全从业人员通过指纹识别设备登录到培训系统中，在练习和考试的过程中，系统将自动记录该电力安全从业人员的操作行为，将练习和考试结果上传到后台服务端，老师通过后台管理系统可随时查看电力安全从业人员的培训记录和考试成绩，掌握电力安全从业人员培训情况。

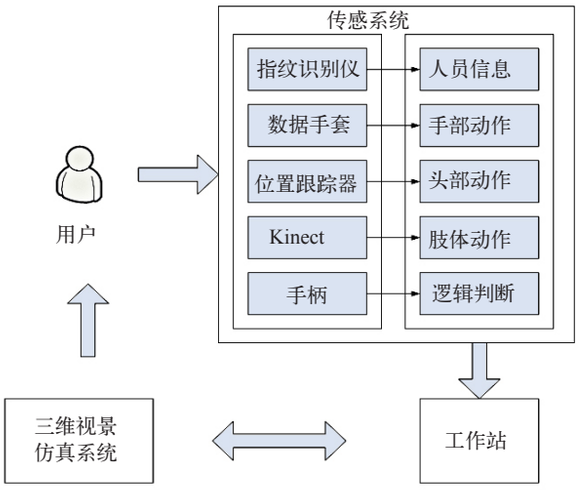

图3 安全培训传感系统构成

（2）手部动作识别

通过数据手套每个手指上的三个弯曲传感器和一个扭曲传感器，以及手掌上的两个传感器，可识别人员手部的各种动作。因此，采用数据手套作为电力安全培训系统的一种输入设备，借助虚拟的三维电力安全作业场景，电力安全从业人员可以通过使用数据手套获取诸如操作杆、扳手等多种电力工具的三维仿真模型，真实地模拟检测绝缘子、拧螺钉等多种典型的电力作业过程和关键动作，获得与现场安全培训相近的真实体验。与此同时，系统通过数据手套可以实时探测到电力安全从业人员的各种动作信息，通过进行判断可为电力安全从业人员的培训过程提供指导和反馈，能在极大地增强培训互动性的基础上有效地提高培训效果。

（3）头部运动跟踪

位置跟踪器可实时地测量物体的位置、方位，该设备集成到安全帽，工作站通过电力安全

中国知网 https://www.cnki.net

从业人员头盔上的传感器，获知头部三维坐标、人员运动方向等信息，工作站根据获知信息推送安全培训三维虚拟作业场景，电力安全从业人员通过位置追踪器的实时感知功能，头部运动可产生达到45°范围的场景视角变化，能够真实地体验电力作业场景，进行大角度、全方位的观察，更加真实模拟现场安全培训的操作。

（4）肢体动作识别

通过3D体感摄影机能实现即时动作识别、方向感知、语音输入和辨识等功能。通过Kinect传感技术，当电力安全从业人员进入安全培训过程后，首先进行作业场景的三维定位，并通过3D体感摄像头捕捉、识别电力安全作业人员的各种运动。同时，配合专用的软件，可对电力安全从业人员进行50个部位的运动跟踪和识别。因此，借助Kinect人体识别设备，工作站获取电力安全从业人员的各种肢体运动信息后，进行信息处理，并将该信息反馈到三维虚拟培训场景中，可实现电力安全从业人员与虚拟作业环境的交互，使电力安全从业人员可以获得现场培训的各种操作体验，实现真实的互动化安全培训过程。

（5）逻辑判断

电力安全培训系统是为培训目的设计，为保证作业人员能熟悉安全培训的各个要点，通过在安全培训仿真作业流程中设计多个交互点，如工器具的选用、工器具的检测、工作票的填写、作业位置的选择等，让电力安全从业人员通过自身的判断来强化其对关键点的理解和掌握程度。同时，作为培训系统，其操作方式应简单易用。因此，选用手柄作为系统的一种输入设备，在保证提供足够的逻辑判断输入通道的同时，能有效地简化培训的操控方式，达到培训系统的互动化、实用性建设目标。

4 结束语

传感技术的应用为电力安全培训系统提供了多种信号跟踪与数据输入的外围设备，系统通过这些传感设备直接感知用户的动作、位置、逻辑判断、个人信息等多种信息，为实现多样化的电力安全培训功能提供了可能，通过程序设计大大提高了系统的可操作性和灵活性，从全方位刺激参与人员的感官，加强培训中的参与程度，给予其充分的自由和主动，明显提高仿真培训效果。因此，传感技术在电力安全培训系统中的应用具有广阔的前景和实用价值。

参考文献

[1] 黎艳珍. 安全培训效果评估体系研究[D]. 中南大学 2009.

[2] 蒋吉荪. 开展电力安全培训工作的几条思路[J]. 电力安全技术, 2002(12).

[3] 欧廷印，胡筱婧. 传感技术发展综述[J]. 电工技术, 2006(11).

[4] 池雪莲. 传感器技术应用及发展趋势展望[J]. 襄樊职业技术学院学报, 2006(1).

[5] 朱永红. 网络化智能传感技术及在煤炭系统的应用[J]. 科技风, 2010(24).

[6] 李俄收，张少靖，吴文民. 汽车传感器应用综述[J]. 汽车电器, 2008(5).

[7] 李科杰. 传感技术发展动向及在中小学教育应用的必要性[J]. 信息技术教育, 2007(6).

[8] 张开逊. 现代传感技术在信息科学中的地位[J]. 工业计量, 2006(1).

[9] 余奎，林国庆，曲哲，等. 传感器在现代医学科技领域中的应用特点及发展趋势[J]. 医疗卫生装备, 2003(9).

[10] 传感器技术在不断创新中呈现快速发展的趋势[EB/OL].(2009-12-30).http://www.1633.com/new/html/200912/new_134076_1.html.

[11] 王万良，马庆，王鑫，等. 基于Kinect的高维人体动画实时合成研究[J]. 计算机应用与软件, 2011(11).

作者简介

杨文杰(1978-)，男，工程师，主要从事电力调度自动化、电力通信工作 。

于振(1981-)，男，高级工程师，主要研究方向为电力安全与电力应急技术。

（收稿日期：2015-12-10）EA

（编辑：鞠佳）

中国知网 https://www.cnki.net