

基于全息技术的电网操作票智能应用

陈亮¹, 陈钊², 吉龙军¹, 徐文¹, 胡进栋¹, 王丽¹

(1. 国网甘肃省电力公司兰州供电公司, 甘肃 兰州 730000; 2. 国网甘肃省电力公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 介绍了一种基于全息技术的智能电网维护电子操作票方法, 利用典型的 AR 环境进行模型设置和识别跟踪技术, 将操作票里所需执行内容可视化, 实现高压电网智能维护的电子操作票的准确安全执行。实验结果表明, 使用电子操作票进行电网维护时可以提高危险环境下的准确性和安全选项, 尤其是可以极大程度上避免人为造成的错误, 佩戴全息镜头的操作员可以轻松准确地执行电子操作票中列出的选项。
关键词: 全息技术; 操作票; 智能; 可视化

Intelligent application of power grid operation ticket based on holographic technology

CHEN Liang¹, CHEN Zhao², JI Longjun¹, XU Wen¹, HU Jindong¹, WANG Li¹

(1. Lanzhou Power Supply Bureau, Lanzhou 730000, China;

2. State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730000, China)

Abstract: An electronic operation ticket method for smart grid maintenance based on holographic technology is introduced. By using the typical AR environment for model setting, identification and tracking technology, the accurate and safe execution of the electronic operation ticket for smart maintenance of high voltage power grid is realized. The experimental results show that the use of electronic operation tickets for power grid maintenance can improve the accuracy and safety options in a dangerous environment, especially avoid human errors to a great extent. The operator wearing a holographic lens can easily and accurately execute the options listed in the electronic operation ticket.

Key words: holographic technology; operation ticket; intelligence; visualization

0 引言

电网操作票是保证电力系统安全运行和管理的有效措施^[1]。通过对设备的检查、维护和缺陷管理, 最大限度地保证变电站设备的安全运行^[2]。变电站运行主要包括检查管理、设备管理、缺陷管理和隐患管理^[3], 检查管理是变电站运行值班的经常性工作之一, 通过对设备的检查可以及时掌握设备的运行情况, 在第一时间发现设备的缺陷, 并采取有效措施消除缺陷, 确保设备的安全、健康和连续运行。然而, 随着电网结构的日

益复杂化, 由于人为错误造成的在操作票执行过程中发生的事故或危险越来越不可避免^[4]。因此, 有必要对操作票的执行采取一些防护措施, 消除隐患, 保护严重性, 以确保电网的安全。

增强现实设备为用户提供了一种更自然的方式, 通过物理界面和沉浸式显示与数据交互。全息技术可以为用户提供一种新的用户界面和人机交互方式。文献[5]通过全息透镜可视化所有类型的工程零件; 文献[6]使用全息透镜来可视化装配线; 文献[7]开发了一款手机应用程序, 基

于POI集成了景点的历史和文化信息，为游客提供AR体验。

本文提出了一种基于HoloLens的智能电网维护电子操作票方法，将操作票里所需执行内容可视化，使人们在高风险环境中不能依靠经验，在完全及时的情况下实现正确操作，避免危险。研究成果可以作为未来智能电网合作的可视化开发平台迁移的探索，并将可视化技术引入到工程所需的技术领域。

1 信息可视化方法

1.1 环境设置

HoloLens是微软的官方开源设备，可用于帮助开发者快速应用HoloLens，包括输入、共享和空间映射索引等目录^[8]。这些组件可以帮助项目快速集成输入、空间映射和场景匹配等功能^[9-10]。图1显示了全息透镜显影可视化的框架。

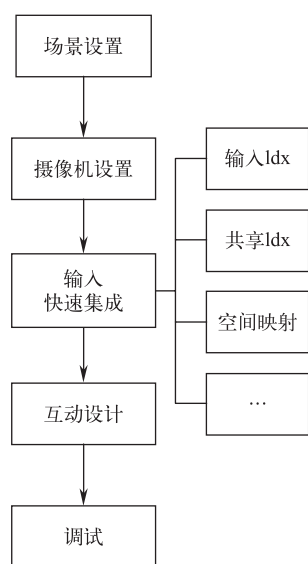


图1 可视化交互开发框架

Fig. 1 Framework of visual interactive development

输入索引：GazeManager.cs用于快速集成凝视光线特性；GestureManager.cs用于快速集成手势功能；KeywordManager.cs用于快速集成语音命令功能。

共享索引：共享预制组件用于快速集成场景共享功能。

空间映射索引：曲面平面组件用于描述和渲染真实世界的曲面；空间映射预制组件用于快速集成空间映射特征；远程地图预制组件用于快速集成远程空间地图信息导入功能。

1.2 模型设置

模型的建立主要包括三个方面：目标、传感器和环境。对于目标跟踪，需要检测目标的形状等特征；其次，全息镜头采用深度传感器对采集到的目标进行建模，不同于单目摄像机以像素为单位获取信息，深度摄像机采用频率作为尺寸信息进行建模。最后，需要考虑场景的环境因素。环境对跟踪的准确性起着关键作用。

1.3 识别和跟踪技术

视觉信息处理主要是对传感器获取的目标信息进行提取和关联，以更新整个跟踪系统的状态。在本文中，需要根据被跟踪目标的特点选择稳定的跟踪线索。在二维/三维领域，以相应的形状特征为研究对象，通过提取和优化最终构建稳定的模型。

通过对传感器采集的数据进行预处理和输入，可以对目标进行定位和跟踪。该过程可分为两个阶段：检测和跟踪。在检测阶段，以被跟踪目标的先验信息为初始值，利用视觉处理技术获取模型信息，通过与输入数据匹配确定空间姿态，实现目标跟踪。它涉及真实世界和虚拟世界之间的坐标转换。

在全息透镜中，有一个基于笛卡儿坐标系的空間坐标系，即虚拟物体和真实物体共享同一个坐标系。无论是在虚拟空间中构建的环境中跑步还是跳跃，真实空间中的对象始终是稳定的，是静态参考框架。但全息图和物体之间存在偏差，如果空间太大太复杂，全息透镜中物体的图像可能会漂移。为了避免这种漂移，全息透镜引入了空间锚。当用户打开全息镜头时，它将有一个构建空间的过程，即映射用户周围的空间。当用户扫描在空间中构建的环境时，空间锚会将全息物体固定在那里，而不会改变其位置。通过捕捉用户的视觉凝视动作来移动光标，然后用手势单击

光标来确定并选择目标。

2 操作票安全智能执行实现方法

目前无论是纸质操作票、电子操作票还是全程自动化控制操作，都需要一人操作一人监护。提出的基于HoloLens的智能电网维护电子操作票方法，可以代替操作票监护人员的工作，使用计算机完成对操作人员的监护，保证操作安全执行。

操作票监护是一个比较复杂的过程，包含站所名称的核对、操作开关间隔的核对、模拟操作和操作票复诵核对，整个操作过程中不能有任何错误和疏忽。用智能设备代替人监护操作票的执行，不仅可以降低人为的误操作率，还可以实时核对关键信息，及时发出告警提示。采用全息技术可以有效释放操作人员双手，使其可以从容应对突发事件和正在进行的工作。基于全息技术的操作票安全执行流程如图2所示，关键在于语音识别和文字识别模块的算法和开发。

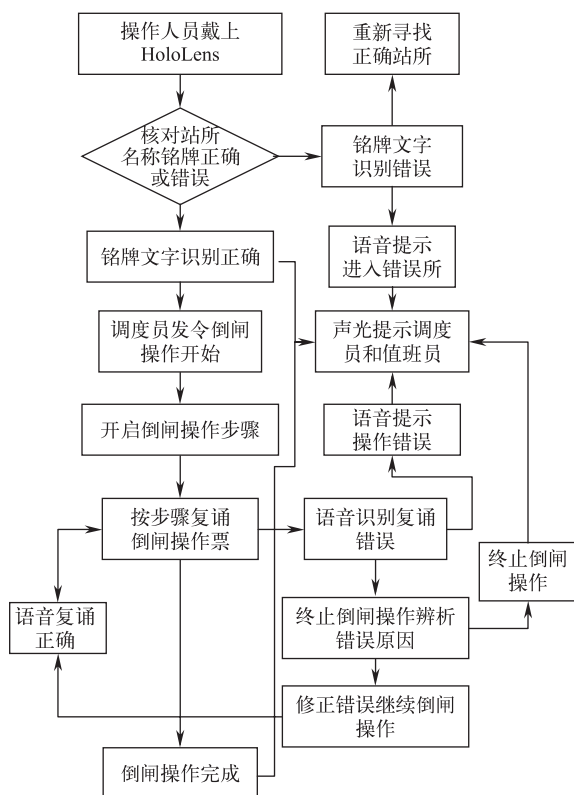


图2 操作票安全执行流程

Fig. 2 Safe execution process of operation ticket

3 电子操作票的应用

3.1 电子操作票

本文将全息镜头应用于一个带电的危险场景，对操作员遵循操作列表进行匹配跟踪。在试验中，电网电子操作票如表1所示。

表1 电网电子操作票

Tab. 1 Electronic operation ticket for grid

编号	操作列表
1	核对相关设备的运行方式
2	将“储能开关”切换至自动位置
3	断开断路器
4	检查断路器电流指示正常
5	检查断路器确在分闸位置
6	在断路器操作开关把手上悬挂“禁止合闸，线路有人工作”标示牌
7	将断路器手车由工作位置摇至试验位置
8	检查断路器手车确在试验位置
9	断开本开关柜的控制电源断路器
10	将手车的二次插头从开关柜的二次插座内取下
11	通过小车将断路器手车拉出开关柜外

在所有环境中，需要控制可视化的实际大小和分辨率。桌面上的应用程序窗口设置为与HoloLens相同的大小（11 inch），所有环境都以相同的分辨率（1 268 × 720）显示可视化效果。图3显示了HoloLens中电网的电子操作票，用于指导电力工作人员进行维护操作。



图3 为维护指导设计电气操作票

Fig. 3 Designed electric operating tickets for maintenance guidance

3.2 电子操作票智能执行过程

下面详细介绍了基于全息镜头实现操作票安全执行的过程。

图4显示了电网维护电气操作票中的第一个重要操作。通过混合现实场景的引导，首先对电气柜的设备运行状态进行检查，核对相关设备的运行方式，方便人员比较物理场景和虚拟场景，确保设备运行满足基本要求。



图4 核对相关设备的运行方式

Fig. 4 Check the operation mode of relevant equipment

图5a~d分别对应显示了全息镜头下表1中编号2~5的操作过程，每个过程都有语音提示，正确执行后进入下一个步骤，方便操作人员遵守执行。



图5 表1中编号2-5智能实现过程

Fig. 5 No. 2 ~ 5 intelligent realization process in tab. 1

图6显示了表1中编号6的实现过程，挂上标示牌，通过虚拟场景动画的引导，操作人员可以避免因忘记操作过程而导致电网系统发生严重事故的可能性。



图6 表1中编号6智能实现过程

Fig. 6 No. 6 intelligent realization process in tab. 1

图7a~d分别对应显示了全息镜头下表1中编号7~10的操作过程，操作员将断路器手车由工作位置摇至试验位置，并确认试验指示灯与虚拟场景匹配。很明显，佩戴全息透镜的操作员

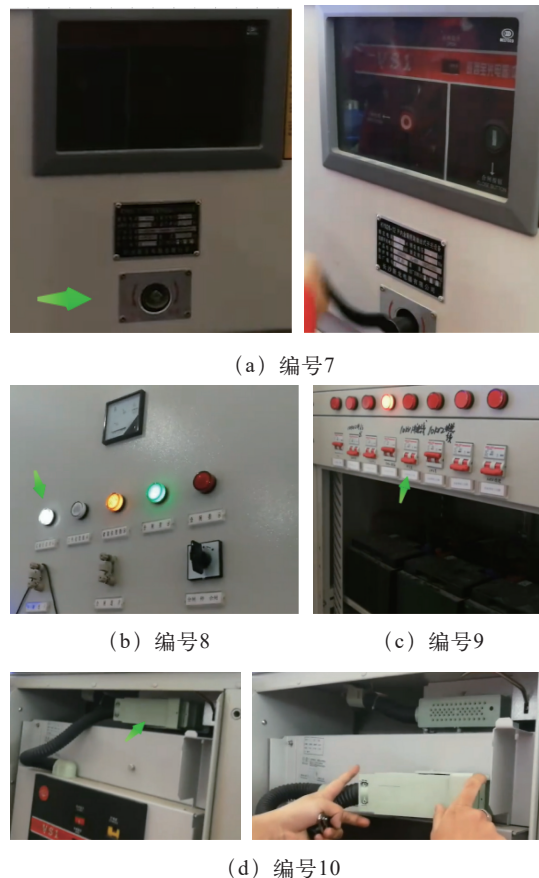


图7 表1中编号7~10智能实现过程

Fig. 7 No. 7 ~ 10 intelligent realization process in tab. 1

可以很容易地遵循该选项，并且断路器手车可以在提升电子图像的情况下成功地移动到正确的位置。

4 结束语

本文提出了一种基于全息透镜的信息可视化方法，将操作票里所需执行内容可视化，让电力工作人员根据图像和语音提示实现操作票的安全执行。实验结果表明，在危险环境下，使用电子操作票对电网进行维护，可以提高选择的准确性和安全性，尤其是可以避免人为导致的错误操作。

未来需要考虑以下研究：增加目标特征提取的判断功能，便于辅助操作人员进行图像操作。目标信息越清晰，电网的维护就越准确、安全；测试后向功能，确保程序的可用性，使混合现实技术应用于电网维护更加人性化。EA

参考文献

- [1] 王冠,王胜男.一种基于决策支持系统的智能化电网调度操作票系统研究[J].东北电力技术,2020,41(4):23-26.
- [2] 张培培.基于变电站安全运行的设备维修检查技术分析[J].中小企业管理与科技,2016(26):163-164.
- [3] WANG Y R, YOU S J, ZHANG H, et al. Operation stability analysis of district heating substation from the control perspective[J]. Energy and Buildings, 2017, 154(5): 373-390.
- [4] 匡海军.加强配电变压器运行管理的措施研究[J].通讯世界,2016(19):137-138.
- [5] 杨福,尹茂林,林山,等.调控一体智能防误操

作票系统[J].山东电力技术,2016(3):9-11.

- [6] Jon Karafin, Brendan Bevensee, et al. On the support of light field and holographic video display technology[J]. SID Symposium Digest of Technical Papers, 2018, 49(1): 318-321.
- [7] IVASHOV S I, BUGAEV A S, ZHURAVLEV A V, et al. Holographic subsurface radar technique for nondestructive testing of dielectric structures[J]. Technical Physics, 2018, 63(2): 260-267. .
- [8] KIM H, KIM Y, JI H, et al. A single-chip FPGA holographic video processor[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2019, 66(3): 2066-2073.
- [9] CABITZA F, MATTOZZI A . The semiotics of configurations for the immanent design of interactive computational systems[J]. Journal of Visual Languages & Computing, 2017(40): 65-90.
- [10] 王志华,孔建寿,高源.面向智能变电站的可视化移动监控系统开发[J].计算机与现代化,2017(5):56-59.
- [11] JANNACH D, JUGOVAC M, LERCHE L . Supporting the Design of Machine Learning Workflows with a Recommendation System[J]. The ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 2016, 6(1): 1-35.

作者简介



陈亮

陈亮(1976—),男,高级工程师,研究方向:电力企业安全管理、应急管理。

(收稿日期:2021-09-28)