

机柜巡检机器人图像拍摄方法的研究

Research on Image Shooting Method of Patrol Robot for Cabinet

郝畅 许航源 李刚 南雷

Chang Hao Hangyuan Xu Gang Li Lei Nan

大亚湾核电运营管理有限责任公司 中国·广东 深圳 518124

Daya Bay Nuclear Power Operations and Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

摘要: 巡检机器人已应用于核电电力机房,为机柜面板的状态识别带来了进步,不仅释放了人力,而且以更加高效、稳定的识别效率保障了日常巡检的可靠性。但在一些不太理想情况下,巡检机器人对图像的采集存在一定难度,论文希望通过分析其成因,来做出分析给出解决与改善的方法。

Abstract: The patrol robot has been applied to the nuclear electric cabinet room, which has brought progress to the status identification of the cabinet panel, not only releasing manpower, but also ensuring the reliability of daily inspection with more efficient and stable identification efficiency. However, in some unsatisfactory situations, the inspection robot has some difficulties in image acquisition. This paper hopes to analyze the causes and give solutions and improvement methods.

关键词: 机柜; 巡检机器人; 人工智能; 图像采集; 图像识别

Keywords: cabinet; patrol robot; artificial intelligence; image acquisition; image recognition

DOI: 10.12346/peti.v4i4.6958

1 引言

巡检机器人应用于各类电力机房已经是行业内的趋势。相比于传统人工,巡检机器人可反复周期性地巡检整个机房,其工作准确度也完全可以与人工媲美。基于人工智能的机器视觉算法,在数据中心机房、配电室机房等环境中,都可以发挥较为稳定的作用,而机器人的效率也逐步与人工相当。

另外,机器人巡检完成后,直接可生成图文报表,如果该工作由人工完成,则至少还需要半天的时间。尤其,照片的拍摄整理、对比制表的过程也需要极大的耐心,对人力素质要求很高,无形中推高了巡检的成本。巡检越频繁人力越捉襟见肘。因此,在巡检领域,使用机器人已体现出其巨大的经济优势。

但我们也发现在实际应用中,由于场地条件的限制,机器人在拍摄照片时取得的效果并不理想。考虑到照片对于智能识别有决定性作用,因此考虑通过分析问题,给出一定的解决方案,并获得验证。为巡检机器人在实际使用、研发迭代等活动中提供参考意见。

2 巡检机器人工作逻辑

巡检机器人在实际运用过程中,需要执行部署动作,部署动作即在告诉机器人,应该在哪个位置、哪个高度、哪个方向、哪个缩放倍数观看哪个仪表盘。在后期的巡检中,机器人将完全如部署时候那样进行照片的复拍。

如果所拍摄照片与部署时照片接近或者基本一致,则巡检结果将比较理想。因此拍摄好的照片,是巡检机器人成功的关键。否则不仅耽误部署人员的部署工作,在后期的识别中也会出现不准确的结果。

3 巡检拍摄问题

机器人对机房机柜巡检过程中,对于拍摄的一些不足会暴露出来。其主要问题点在于巡检时候拍摄照片的质量的不稳定。

我们知道,巡检机器人之所以能分析各种指示灯各种闸刀的状态,全部依赖于其定点拍摄的照片。机器人日复一日按照部署时候的位置、角度、焦距、放大倍数等进行拍照,但通常,我们并不能保证每一次巡检时,光线和角度能百分

之百地按照部署时的情况进行复现。因此实际上每一次巡检都代表着一些干扰因素的引入。机器人的人工智能图像识别必须足够强壮，能克服一些拍摄时的差异因素。这就要求图像识别系统，具备良好的鲁棒性。

根据经验，以下几个问题会对巡检机器人拍摄照片质量带来负面的影响：

- ①不同时期的光线，可能给拍摄照片带来亮度上的变化；
- ②玻璃或者亚克力面板的指针仪表盘，容易产生重影和泛光；
- ③如果遇服务器机柜，则机柜表面的网孔会对指示灯形成遮挡；
- ④拍摄时因某些特殊原因例如振动或干扰，导致照片模糊。

如图1所示，体现了上面的②和③两种对AI识别影响较大的问题。



图1 实际拍摄中常见的重影反光以及机柜网孔的阻挡问题

4 问题分析与解决方案验证

巡检机器人拍摄照片的问题，可经过科学分析来发现其中的原因，并找到一定的规避方法。在目前巡检机器人主流水平基本接近的情况下，科学分析将对巡检机器人的使用和部署提供建设性的建议，从而某些问题完全可以通过科学部署方式来规避或者解决。

4.1 现象1：拍摄时光线与之前部署时光线有明显区别

巡检机器人之所以拍摄照片，是因为其巡检方法是非接触式的视觉识别，物理上光线必须充足。一般情况下，电力

机房有足够的光线，不太可能出现全黑的情况，但不排除在某些时候由于某些照明灯故障出现光线衰弱情况。

针对图片拍摄亮度不够的情况，相对比较容易处理，一般处理方法都是通过图片亮度调整，并增加对比度，可以获得亮度相对较高的效果。在实际的数字化AI模型中，也会针对图片进行二值化处理^[1]，因此该手段属于常规处理手法。

4.2 现象2：玻璃、亚克力面板的反光以及重影

这个现象在机械指针类表盘较常见，也包括服务器机柜当柜门关闭后，指示灯容易映射在玻璃上，出现重影。其主要成因在于：玻璃对于光线的反射形成反光、对于光线的折射导致出现重影。其本质都是额外光线的引入。因此，如果要处理这个问题，最直接的办法就是贴近玻璃去拍摄仪表。通过将摄像头贴近玻璃，一方面消除外部光线的干扰，避免反光和重影，另外一方面可以较为准确地对准所拍摄对象，实现垂直拍摄。为此，我们通过下面的模拟来验证这个问题。

如图2和图3所示，如果能贴近到玻璃面板上进行拍摄，则可以将反光和重影影响降低到最低。因此，巡检机器人应该保证其镜头平面与实际拍摄机柜平面能足够靠近。

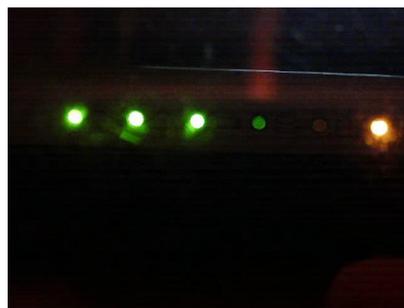


图2 隔着玻璃拍摄产生比较明显的泛光重影

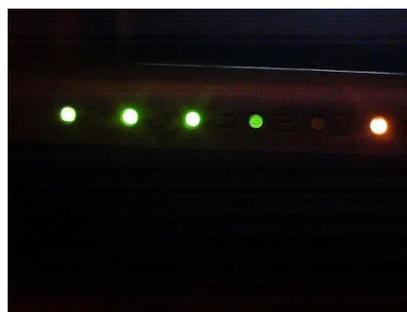


图3 当摄像头贴近玻璃时，泛光被消除

4.3 现象3：服务器机柜的网孔面板导致的拍摄不全

部分服务器机柜的面板并不是玻璃，而是网孔。虽然不再有反光和重影干扰，但网孔的隔断会对照片的拍摄产生遮挡的影响。

该问题的成因是显然的。因为摄像头有一个固定的视角，当摄像头与拍摄物体之间存在网孔时，自然会被网孔隔断部分光线^[2]。在摄像头的固定视野内，会多次出现被遮挡的情况。如下图所示，距离较远时，摄像头视场角小，服务器指

指示灯容易被遮挡；距离靠近后视场角增大，可直接看全所有指示灯。

因此，一种解决方案是，摄像头继续靠近网孔到足够近距离。

如图 4 和图 5 的对比可以看到，当摄像头能够贴近网孔时，我们会发现，遮挡问题已经几乎被解决。原因是摄像头一旦靠近了网孔，网孔隔断相对于固定视野来说就不再构成遮挡，通过小孔出去的视野放大了，即便偶有隔断遮挡，也可以通过邻近的网孔获得补偿。通过实验我们认为这个问题与 2 类似，需要巡检机器人的相机能够靠近机柜。

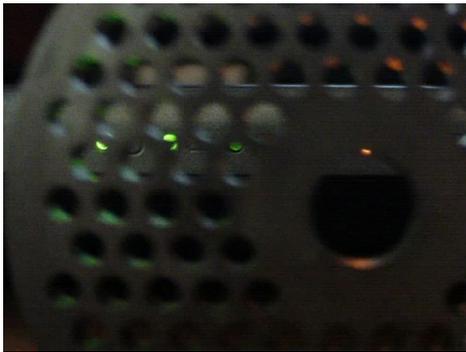


图 4 网孔成为遮挡因素

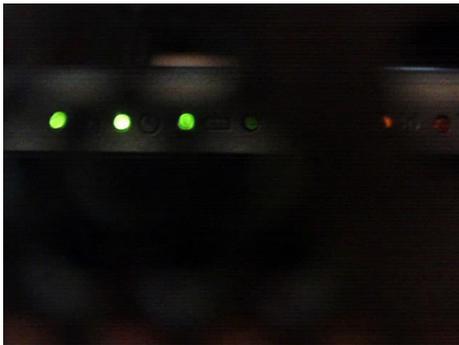


图 5 网孔被忽略，可看到指示灯

4.4 现象 4：拍摄照片模糊的问题，会出现于某些不确定的时候

关于模糊的问题，本质上成因比较复杂。有些时候是因为自动对焦尚未抵达正确值，而系统认为已经抵达，按下了拍摄按键。有些时候是因为刚好出现了光线的突变，导致摄像头还没有来得及做出反应适应光线，导致拍摄的画面曝光不准。针对上述问题，需要设计一个反馈系统^[3]。即需要有一个机制判断照片是否清晰，如果不清晰，则应该复拍，如图 6 所示。

图像的清晰度检测方法主要分为两种情况^[4]：一种是根据已有的图像，来判断现在的图像是否模糊；另一种是在无参考图像的情况下，判断图像是否模糊。虽然现实中的情况，可以根据第一种来进行，但此举要求机器人预存所有的拍摄参考照片，数据量巨大。因此我们可以按照无参考图像来做，

这样算法更有普适性。

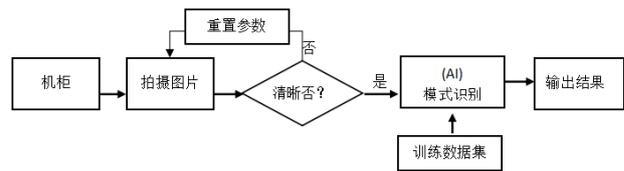


图 6 巡检机器人拍摄质量自校正逻辑

无参考图像的质量评价，比较好的方法有：Brenner 梯度函数、Tenengrad 梯度函数、Laplacian 梯度函数等^[5]。

①拉普拉斯算子。这个方法最简便，opencv 中提供了对 laplace 的封装方法，直接调用即可，得到拉普拉斯算子边缘检测的图片。

② Brenner 检测。Brenner 梯度函数最简单的梯度评价函数指标，它只是简单的计算相邻两个像素灰度差的平方，从而判断一张图片是否清晰。

③ Tenengrad 梯度函数。Tenengrad 梯度函数采用 Sobel 算子分别提取水平和垂直方向的梯度，然后计算像素点(x,y)处 Sobel 水平和垂直方向边缘检测算子的卷积。当把全部的像素点累积计算完毕后，可以和给定的边缘检测阈值 T 进行比较，从而做出是否清晰的判定。

总之，模糊的检测算法对算力要求并不高，比 AI 视觉识别要简单，因此完全可以运行在机器人本体上。通过这种方法确保机器人拍摄到清晰的图片，再提交给后台进行数据识别。

5 结语

论文分析了巡检机器人在实际巡检过程中所拍摄的照片的缺陷，并且经过分析得出了初步的改善结论。结合一定量的实验，可以看到改善后的效果还是不错的。论文对于巡检机器人摄像头的设计提供了一些思路，在产品迭代中可充分运用这些经验，进行优化。整体而言，巡检机器人在机房中的运用必然是趋势，通过逐步增强的人工智能 AI 识别技术，可以帮助机房巡检节约大量人力物力。

参考文献

- [1] D·赫恩.计算机图形学(第4版)[M].蔡士杰,杨若瑜,译.北京:电子工业出版社,2014.
- [2] 梁铨廷.物理光学[M].北京:电子工业出版社,2018.
- [3] Milan Sonka,等.图像处理、分析与机器视觉[M].北京:清华大学出版社,2016.
- [4] 张学工,汪小我.模式识别与机器学习第4版[M].北京:电子工业出版社,2021.
- [5] 黄进,李剑波.数字图像处理——原理与实现[M].北京:清华大学出版社,2020.