问题背景

弱光环境在生活中非常常见，除了白天在室外我们拥有足够充足的光源，在其他时间里，我们都处于弱光环境下。我们的眼睛在这种弱光环境中可以通过放大瞳孔，采集更多的光线来适应光线的减少，从而能够在较暗的环境中也能够像在强光环境中一样辨别出图像，而哺乳动物猫则相较于人类具有更强的瞳孔调节能力，哪怕在极弱光线的环境中，人类已经难以分辨对象，猫依然能够通过极为有限的光线看清物体。同样具备相似能力的物理设备是照相机，尽管照相机不具备像人或者猫一样的瞳孔自动调节能力，但是在条件允许的条件下照相机同样可以通过直接直接调节感光强度，调节焦距，增长感光时间等方式在黑夜中捕捉微弱光源得到亮且清晰的图像，然而由于设备噪声和相机稳定性的问题，大部分的方法都有只能在特定的场景使用，例如调节感光强度会相应增加图像噪声，增加感光时间要求相机稳定且拍摄静态物体[引用SID]，另外这种调节需要人为调控，而且调控往往需要专业的摄影有技巧，所以在大部分情况下我们仅能通过相机获得昏暗的图像。

针对于这些昏暗图像已经有一些图像增亮的方法被提出，其中传统的图像增亮方法主要有基于直方图均衡的方法[引用若干篇基于直方图均衡的方法]和基于Retinex的方法[引用若干篇基于Retinex的方法]，另外基于深度学习的方法图像增量方法也有许多被提出[引用若干篇图像曾亮的深度方法]，这些方法往往以较暗的RGB图像为深度网络的输入，并以指定的较亮的增强了的RGB图像为输出，在这些方法中，数据集以成对出现，相同场景的较暗的图像和较亮的图像配成一对。另外近年来也有直接基于相机传感器的图像增亮的方法被提出[引用SID]，在这种方法中，作者直接提取照相机感光传感器中的光照数据(Raw Data)，然后直接将光照数据乘以相应的亮度增强系数，并将这些数据输入到深度全卷机中得到亮度增强的RGB图像。由于使用了相机传感器数据，这种方法可以从极弱的人眼完全无法分辨的光照信息中，将光照强度增强并进行修复得到良好光照的图像。另外基于相机传感器数据的使用深度卷及神经网络替代传统ISP架构[DeepISP]的方法也被提出，由传感器数据转换成RGB数据有更好的表现。

另外在对象检测的有研究中[提出新黑暗detection数据集的论文]，指出目前在对象检测领域的一个广泛存在的问题，尽管随着全球各地研究者的不断研究COCO[引用coco]， Pascal VOC[引用VOC]等主流数据集的mAP指数在不断进步，然而其中的弱光照图像的检测效果依然显著弱于强光照图像的检测效果，甚至弱光照数据完全无效，进一步分析数据集，其中弱光条件的检测图像仅占图像总量的2%，可以说目前的端到端图像检测数据集和方法对弱光环境并没有做专门的考虑，针对弱光环境下的图像检测亟待解决。针对这个问题专门针对于弱光照环境对象检测的数据集被提出[引用提出新黑暗detection数据集的论文]，以供研究者研究。

在调研的过程中我们发现目前已经有很多基于RGB图像的数据增亮方法被提出，这些方法直接作用于RGB数据，并输出相应正常亮度的图像，这些RGB数据只是相对较暗，相对较难检测，肉眼通过细致观察或通过简单的提亮处理就可以准确识别出其中的对象，而针对极暗甚至全黑的图像，由于RGB数据的精度不足，极暗条件下，难以有信息保存，这类图像难以通过RGB图像增亮方法恢复。而光照传感器数据（Raw Data）是光照的原始数据，保存了光照的完备信息，其浮点精度较高，在极暗的光照采集中，保留了相较于RGB更多的信息，对于昏暗以及肉眼完全无法看到的极暗场景，[SID]工作表明，Raw Data数据都具备良好的图像恢复效果。

[引用SID] 已经表明Raw Data类型数据在亮度增强上相较于RGB数据有得天独厚的优势，其光照信息完全无损，且精度更高，在极暗的肉眼无法分辨的场景下依然可以有效将图像进行复原，而RGB数据仅能在及其有限的范围内对图像做亮度增强，基于以上观察我们希望对使用Raw Data数据来对极暗环境下的对象检测展开研究，希望利用Raw Data数据的特有优势，来解决RGB数据弱光条件下表现较差的问题。

另外调查发现，早在2014年已有Raw Data类型的对象检测数据集Pascal Raw发布[引用Pascal Raw]，针对RGB图像的弱光条件的检测数据集某某某[引用那篇数据集文章]，但是目前仍然没有弱光条件下的Raw Data对象检测数据，为了克服这个问题，我们直接以清华校园为取材场地，在夜晚对不同光照条件下和不同相机参数条件下的行人，自行车和汽车进行拍照，并提取Raw Data数据，并在后期人工对这些数据集进行边界框标注，构建极弱光条件下的Raw Data对象检测数据集，目前有约600张对象检测Raw Data图像。另外出于亮度增强的研究需要，我们还对清华大学的约100个静态场景提取了不同曝光时间下的夜晚图像，这些图像有完全相同的内容和不同的采集到的光照强度，在必要条件下将用于辅助弱光条件下的Raw Data对象检测。

针对以上的问题和条件，我们最终希望基于我们采集标注的数据构建一个基于RAW Data数据的弱光条件下的对象检测模型。不同于将RGB数据直接输入到目前已有的对象检测网络中去，我们首先将RAW Data数据输入到一个亮度增强网络中，并输出相应的正常亮度的RGB数据，然后将正常亮度的RGB数据输入到对象检测框架中去，以提升对象检测的检测能力。进一步地，我们希望将这两个模型进行改良，并构建融合成一个单独的网络，实现针对基于Raw Data的弱光条件下的端到端对象检测模型。

我们初步计划在本论文中做出以下三点贡献：

１　我们采集标注了首个弱光条件下的Raw Data对象检测数据集，来弥补极弱光条件下Raw Data类型数据缺失的空白。

２　我们通过实验验证了Raw Data数据不仅在极暗图像亮度增强方面具有突出的效果，同样在极暗环境下的目标检测同样有效

３　我们提出了一个使用弱光Raw Data数据的端到端对象检测框架，实验表明该框架相较于其他对象检测网络对于弱光图像数据具有更好的表现。

技术方案

我们在技术实现上分为两个部分，第一个部分是将弱光条件下采集到的Raw Data数据转换为正常光照的RGB数据，在这个技术实现中，我们初步采用[SID]中的方法，首先将Raw Data从单个通道转换成4个通道并乘以一个光照强度系数，然后将Raw Data输入到一个U-net[引用U-net]网络中，U-net网络负责将Raw Data数据转换为相应的RGB图像，另外我们还考虑将其他的基于RGB数据的亮度增强网络直接移植到Raw Data数据上来，通常的如HDRNet[引用HDRNet]，直接以Raw Data数据为输入，并产生相应的指定亮度的Raw Data或是RGB数据。

第二个部分是将正常亮度的RGB数据输入到目前已有的对象检测网络中去，并评估对象检测网络效果，初步地我们首先选取SSD，Faster RCNN，Yolo[引用]等经典网络进行初步实验，在后期我们会扩展实验更多的目前较为先进的网络。

另外在初步目标达成后，我们还会将图像增亮网络和已有的对象检测网络进行合并，并构建新的基于Raw Data的无关光照强度的对象检测网络。

实现计划

在实现计划上，网络部分我们将这个过程分成三步走。

首先我们考考虑将图像增亮网络和检测网络分成单独的模块，先通过图像增亮网络将弱光照条件下采集到Raw Data数据转换成正常光照强度的RGB数据，然后将RGB数据作为检测网络的输入，进行对象检测。

然后我们考虑将增亮网络和检测网络简单嫁接到一起，成为一个整体网络，然后做网络的联合训练。

最后我们考虑设计一个全新的端到端网络，实现完全的针对若光照条件的Raw Data的端到端对象检测。

在数据采集和标注方面，我们用指定型号单反相机，在清华大学的夜晚环境中，在不同的相机参数下，对行人，自行车，汽车三个对象进行拍摄，来构成弱光检测数据集，另外为了训练图像增亮网络，我们使用相同型号的单反相机，对清华大学的大约100个场景的从0.01s曝光时间到15s曝光时间范围内进行了取景拍摄。

然后我们使用已经训练好的图像增亮网络对数据集进行增亮处理，并对已有的增亮的数据集使用已有的标准对象检测标注软件进行标注。

由于针对Raw Data的图像处理方法较少，我们专门研究了Raw Data的数据形式和处理方法，并专门写Raw Data数据增强库，以应用于未来在Raw Data数据训练过程中的数据增强。