

通信工程学院

毕业论文（设计） 开题报告

基于多传感器的 UGS 入侵目标识别系统设计

专业：测控技术与仪器（信号处理与仪器）

学号：52160203

学生姓名：孙一诺

指导教师姓名：周求湛

指导教师职称：教授

日期：2020 年 1 月 7 日

一、 课题研究的背景和意义

（综述国内外相关研究现状，阐述课题的研究目的、意义）

背景：

入侵目标识别系统是信号检测领域基于挑战和实际意义的研究方向。

目前的入侵目标识别系统多为较传统识别系统，其中以视频监控技术为主。自信息化安全防范建设开始，视频以其直观、准确、及时和信息内容丰富而得到广泛应用。视频监控的发展大致经历了三个阶段：上世纪九十年代以前，大多采用模拟监控系统；九十年代中期，进入数字化本地视频监控系统时期；到九十年代末，视频监控步入了全数字化网络时代。

现状：

然而，常规的视频监控本身有其难以根除缺点：具有一定的环境受约性，如在大雨、雾霾、大雪等天气条件下均较难使用。即使增加了智能视频技术，但是仍然存在一定的虚警、漏警率。给入侵检测、下一步动作的进行、事故处理效率的提高带来了很大的困难。随着传感技术的发展，自带报警功能的周界安防系统应运而生，主要包括振动光纤、微波雷达、红外对射、张力围栏 和激光雷达等常见周界防入侵技术。

意义：

目前的入侵目标识别系统多为单传感器的单一识别系统，如果能将各种传感技术有机的融合，相互弥补，合理使用，结合可视化的视频监控技术来弥补目标的判断，那么，周界安防系统的误报率和漏报率都会大大降低。多传感技术的融合本质上是信息的融合，实现的是以“目标识别”来驱动的安防报警系统。

入侵检测是安防系统的一个重要组成部分，也是安全报警的第一道防线。多传感器的融合技术，实现多种传感 技术互补，可以大大提高周界安防的防范性能，并对现有入侵识别系统进行扩充，设计基于多传感器的 UGS 入侵目标识别系统，结合多种传感器实现数据融合，提高入侵目标识别的精度和准确性，全面地对现场情况实现监控和处理，从而完善并建立起重点区域的安全保障体系，多传感器的融合技术，实现多种传感技术互补，可以大大提高安防的防范性能。传统的周界安防系统以视频监控技术为主，以其多传感器融合技术在周界安防中的应用。此外入侵识别系统的应用场景与适用性强，能广泛地应用于边境、大型仓库、监狱、博物馆、机场等重点区域，具有广阔的应用前景与现实意义。

以机场为例进行系统设计：飞行区周界整体防范体系布防策略应以技防、人防、 物防相结合为主,同时需要将安全防范中探测、延迟与反应等三个基本要素满足。此处的探测表示对显性、隐性风险事件的发生进行感知并报警;延迟表示风险事件发生进程的延长与推延;反应表示为制止风险事件发生而组织力量快速实施行动。三个基本要素缺一不可,彼此联系密切。要确保准确无误的探测,合理延迟时间,并保持迅速反应。同时,反应总时间不超出探测

与延迟相加的时间范围。

目的：

多传感器融合技术的入侵检测系统设计的目的是集合多种传感器的效率，缩短反应时间、提高防范效率、以及为入侵后下一步的危机处理进行一定的准备安排。

二、 课题研究已有的工作基础，附证书、报告、文献翻译

（总结归纳本人的学习、科研、实习等成果，以及已掌握的前人资料，简述自己初步的学术见解）

查阅了入侵检测相关内容。入侵检测的基础是边界安防。了解了边界安防的发展历程、发展需求和未来发展方向。了解到传统的边界安防是以视频检测为主，对被监测地情况进行监视，并且融入了一定的智能视频技术，如通过多平面多角度的影响对入侵对象进行形象描绘和结合。为刑侦人员的侧写提供更多更有价值的材料。同时也解决了由人工长时间监视引起的疲劳导致的疏忽而引起的重要信息遗漏或误判。

查阅了传感器工作原理、工作方式、自身性能及优缺点；各类通信方式的性能及优缺点、组网方式；本地端和中央端信号处理算法等相关方面的文献。对系统的整体设计有了初步的规划，对采取何种系统组成的原件有了初步的了解。

在相关资料文献的查找中我们了解到了各种方法的优劣，对系统的设计主要分为三个部分：上位机（中央端）、下位机（本地端）、通信系统。：下位机系统分为两个部分，分为低功耗值守系统和高功耗图像处理以及数据传输系统。上位机系统主要做数据接收、大量数据处理和报警。

（一）本地端

本地端主要用到的部件有振动传感器、磁传感器、摄像头转动、激光雷达。

1. 振动传感器

选择动圈式磁电传感器，价格适中，网络有售，便于获取。体积适中，可以埋入地下，使用灵活，便于铺设传感器网络，可以灵活组网，在较多位置设置传感器探头。

2. 磁传感器

磁传感器是把磁场、电流、应力应变、温度、光等外界因素引起敏感元件磁性能变化转换成电信号，以这种方式来检测相应物理量的器件可以同时测量真空或密闭空间的温度和气压，而且不用接插件，可以遥测和远距离访问。在食品包装、环境科学实验等方面，应用前景广阔。振动传感器组成的测量系统基本相同，它们都包含拾振、测量放大线路和显示记录三个环节。将工程振动的参量转换成电信号，经电子线路放大后显示和记录。电测法的要点在于先将机械振动量转换为电量（电动势、电荷、及其它电量），然后再对电量进行测量，从而得到所要测量的机械量。这是目前应用得最广泛的测量方法。

3. 磁传感器

本系统中选择 QMC5883L 型三轴磁传感器，此传感器可用于定向，精确测量 XYZ 轴向上的坐标，可以分别输出被测物体在直角坐标系下每个方向的信息（共高低十六位），在实际应用中常常用作指南系统或者飞行器姿态调整，故而可以和摄像头或激光雷达配合使用。以其输出的位置信息传入 MCU 进行处理，将位置的坐标信息转换为雷达或摄像头的可转动式底座的舵机转动角度信息，控制高能耗传感器尽可能正面地获取到入侵对象地信息，以扩展有效视野范围。

此传感器的正常应用温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ ，可以在全球大部分地区的大部分时间使用。具有大范围操作电压（ $2.16\text{V}\sim 3.6$ ）和低功耗($75\mu\text{A}$)的特性。

4. 激光雷达探测部分

激光雷达造价高昂，但效果十分优越，具有其他图像获取设备不具有的优点，利用点云技术，可以较为清晰地描绘出较远距离入侵对象的特点。在相关资料的查阅中可以看到激光优越效果。但是由于该项目的实际性，需要尽量压缩成本，故而只将此传感器作为高能耗端备选方案。

激光雷达的使用上对于测距的方法主要有干涉测距法、三角测距法、脉冲测距法、反复测距法和相位测距法。其中干涉测距法、三角测距法和反复测距法的测程较短，不适合本系统要求的检测的数公里以外的快速移动的载具，故而不采用。

相位测距法的测程可以达到几千米，精度可达到 0.012mm ，精度较高；脉冲测距法使用的脉冲激光可在瞬间输出较高功率，使较远距离处的障碍物仍能产生功率足够的回波信号，使其的测程达几百米，精度虽不如相位测距法但也较高，基本可以达到识别、分类的目的。

且脉冲激光雷达在接收一次回波时即可获得距离信息，测量周期短，而相位测距雷达需要至少两次才可获得距离信息。对于测量高速移动的载具的需求，我们的期望是取得较高的测量速度、较短的测量时间。

最重要的一点是，相位法需要合作目标而脉冲法不需要合作目标，对于防御入侵的系统，我们不可能拥有合作目标且必须拥有很高的隐蔽性和安全性，二者中较合适的是脉冲测距法。

综上所述我们可以在高速载具系统测量中采用脉冲测距法。

激光点密度: 4点/平方米 (郊区), 9点/平方米 (城区)
面积: 400平方公里

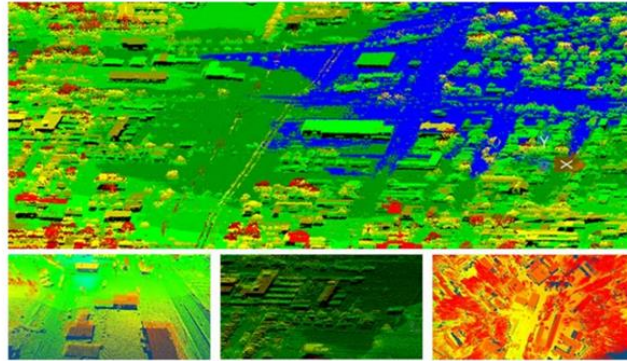


图 1 脉冲激光测距

雷达是典型的非相干直接接收式激光雷达, 由激光器发射一个或一系列光脉冲, 测量自发射脉冲时间与激光到达被测物体并由被测物体反射回到激光接收器之间的时间差 Δt , 由此可计算被测距离 L , 即

$$L=c \cdot \Delta t/2 \quad (2.1)$$

其中, Δt ——自发射脉冲起始时间与回波信号之间的时间差; c ——光速

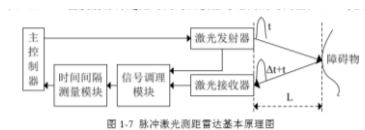


图 2 激光测距工作原理

5. 用于探测人车经过的摄像头 (ov7725)

出于性能和成本的双重考虑, 我们将高功耗系统主要定为摄像头。监控摄像头虽然画质较差且不能在某些情况下有效的还原出入侵对象的特征。但是在磁传感器和舵机的配合下大部分情况下可以达到识别的要求, 且造价低廉, 符合大规模生产的要求。

这款 ov7725 摄像头具有滤除杂色功能, 色彩鲜艳, 使图像不失真, 更加准确地识别入侵对象。640*480, 60 帧。输出缓存 348KB, 镜头参数 3.6mm, F2.0, 78°, 工作电流 60mA, 功耗不算太高省电, 工作温度-20℃~70℃, 保暖措施做好可用于全球大部分地区。拍摄距离需求 150 米, 此款镜头不能达到要求, 考虑加装外设透镜以扩展视距。

(二) 中央端

1. 图像处理算法设计

图像处理识别分类算法, 可以使用深度学习算法获取到的图像进行分类。深度学习算法进行图像分类已经有几年的发展历程, 从最初简单的黑白图像文字识别分类已经发展到了

精细化的实物特征分类。在刑侦、及军事等方面我们可以看到人脸识别或重建、追踪器、追踪算法的利用。

特征提取是进行视觉化目标识别的主要方法之一。现阶段的主要应用是在机场、监狱等物流人流密集的位置进行目标识别和分类的。在机器视觉处理过程中，会受到来自各方面的影响：包括环境中的光线强弱、地面上的障碍物、摄像头分辨率、图像获取质量的优劣等。通过相关资料查阅，可以了解到即使是配合智能视频技术，传统的图像处理系统中虚警率和误判率仍然较高。

传统的目标识别和分类法大部分采用阈值法和基于聚类法，通过对不同背景的边界变化的测量，有效提高识别的效率。虽然我们设计的系统主要用于地面人类和载具的识别，但依然可以参考此法。在地面画面中设置不同的颜色阈值或动静状态阈值，即可对被监视区域进行分割，缩小下一步进行特征提取范围，提高识别效率。

2. 振动信号降噪

在周界入侵检测系统中安装的传感器收集到的信号频率成分混杂，如果直接对原始信号进行处理，容易在信号处理的过程中引起误判，给处理工作带来不必要的麻烦；并且在此系统的信号处理算法中低频成分比高频成分更加有意义，滤去一定的高频成分可以提高工作效率。

另外，由于精度要求，该系统中的振动传感器往往收集到数量十分巨大的数据，在描绘出信号的幅频基本特性的同时，往往还具有大量的数据冗余，因此我们要使用滤波器对该系统收集到的信号进行处理，留下尽可能少数据，同时达到尽可能不影响特性的失真的目的。

在《信号与系统》、《数字信号处理》等相关课程中我们学到过一些滤波的方法，比如窗函数法、线性相位法等，以及近二十年来新发展出的方法——小波降噪法。在相关资料的中，人类脚步和移动载具引起振动的处理的示例中，我们可以发现在该种情况下窗函数法拥有更合适的滤波特性。选择合适的滤波器进行处理，冗余数据将会得到有效的过滤，并基本保持原有的幅频特性。我们在设计系统对收集到的原始信号进行降噪时也应该多次实验，选择最适合的滤波方法，取得最高的信号质量。

（三）深度学习算法设计

1. 图像特征提取与识别

在现代社会，神经网络高度发展的背景下，图像处理也走向智能化。图像处理的一个重要过程就是机器视觉。其方法和我们涉及到的深度学习方法有类似之处，都是通过特征提取和分类来将机器制造出一种类似于人脑依模型判断种类的功能。在大多数图像处理过程中，基于光学机载图像的入侵目标识别分为在线识别和离线训练两阶段。

离线训练又可分为特征提取与分类器训练两个步骤，通过特征提取获取目标的特征描述，再通过分类器训练获取目标在特征空间上的分界面，经过一定数量的样本的训练后，得出一个具有一定类特征的模型。

在线识别同样需要提取目标的特征描述，在此基础上通过计算出目标相对于分界面的位置，获取入侵目标的类型。因此特征提取是入侵目标识别部分的核心。

入侵目标分类识别中一般用到的特征包括：颜色特征、形状特征、梯度特征和模式特征，梯度特征通过提取图像块方向和梯度来描述特征，包括尺度不变特征及梯度方向直方图等。

模式特征通过分析图像中局部区域之间纹理信息的区别获得特征描述。与梯度特征相比，纹理特征的缺点在于特征维度较高，为后续的分类带来的较大的计算负荷。形状特征通过提取目标的轮廓信息获得目标的特征描述，该特征的优点在于尺度、旋转和平移不变特性，但是缺乏目标的颜色与纹理特性。颜色特征通过计算图像灰度与颜色分布来获取目标的特征描述，该类特征的稳定性较差，因此应用受到了限制。

2. 处理后信号特征提取与识别

进行了冗余数据处理后的振动信号幅频特性更加清晰，便于下一步的特征提取。在之前了解到的深度学习相关知识、参与过的相关项目中了解到。深度学习的本质是设置一个特殊的滤波器对被处理对象的特定部分进行特征提取和比较，并与已经建立好的模型的特征值进行拟合，若能在一定的范围内拟合，即可归为某类。

通过对特征值的细化和分类标准的细化，我们可以将获取到的信号，分为多的细化类，识别出更加准确的目标。但是特征值的提取的过程本质上是采样，因此本身就存在误差，所以过于细化可能会引起较大的误判。幸而本系统设计是多传感器融合系统，除了振动传感器获取到的信号以外，还有其他传感器获取到的信号进行对比，所以只需用此法将被测信号分数类即可，不会发生过大误差。

（四）通信系统设计

LoRa 通信是一种低功耗的通信系统，有利于供电不稳的环境或者野外不能及时更换电池的环境使用。该通信方式位于多免费波段，节省通信资费，可以免去一大笔用于维护的开支，而且起步较晚，信道混叠和信道堵塞率较低。

与 4G 通信、WIFI 通信相比它的穿墙绕射能力更强，抗干扰能力更强，不会因为信号网络过于复杂就发生通信系统瘫痪的情况，十分适合于野外复杂的环境；且其支持节点多，便于大量部署，在本系统的背景之下，可以设置多个采集终端，利用扩频技术，将每 bit 的数据都分割成码片，扩大数据传输路径的容量，以提高防入侵能力。故而在各个外设间的通信以及防入侵系统中的各个本地端之间的通信可以进行简单组网，利用其无线传输的灵活性进行信息传递。同时这种通信方式抗干扰能力较强，可以较大程度上对抗对方在入侵目标上安装的反侦察系统。

三、 研究的内容及可行性分析

课题的意义在于完成基于多传感器的 UGS 入侵目标识别系统设计，能利用多种传感器融合信息实现有效地探测非法入侵和高准确度的入侵目标识别，能在任意环境气候地貌特征环境，能够可靠应对各类突发状况，解决传统入侵目标识别系统漏报率、误报率比较高的问题。

课题组一直致力于周界安防系统和微弱信号检测与分析领域的研究与应用，对硬件系统设计与实现和软件算法开发有着丰富的经验，整体构建和开发流程大体相似，这正是课题组的优势。本课题组的多个项目中均应用了上位机显示界面，也为本设计的上位机开发和结合应用提供了更多的支持。

本设计的实验条件简单，对实验场地、实验对象无特殊要求，可在校园内进行，实验对人体无危害、无损害，测试效果具有普遍性。

本系统设计具有现实背景，有条件进行设计系统的调试和最终投产。本系统设计以现实应用为导向，从制造工艺到成本计算都在考虑范围之内，因此在设计过程中会考虑到多种方案，不会出现造价过高而荒废的问题。

四、 论文拟解决的关键问题及难点

- (一) 结合多种传感器设计 UGS 入侵目标识别系统，实现数据融合。
- (二) 因为野外不能及时更换电池，所以尽量延长该系统在野外值守的时间。
- (三) 使用多种传感系统结合，准确识别入侵目标类型。
- (四) 实现较远距离高速入侵目标的准确识别、预警，为对抗入侵争取尽可能长的时间。
- (五) 实现较近距离低速入侵目标的快速识别，迅速启动抗入侵系统。
- (六) 实现上位机下位机之间的无干扰高稳定性通信。

五、 研究方法与技术路线(重点论述技术方案)

总体系统设计：下位机系统分为两个部分，分为低功耗值守系统和高功耗图像处理以及数据传输系统。上位机系统主要做数据接收、大量数据处理和报警。

(一) 本地处理为主

无人值守的情况下，只运行较低功耗的部分，待到接收到具有一定特征的信号后，开启信号处理系统，若对比为相应的信号，则开启高功耗部分系统（摄像机、激光等传感器）对来者信息进行下一步确认，将较为准确和清晰的信息（影像、视频等）通过网络传回主机，进行警报或者其他防御系统开启的处理。（特征值预置在本地系统中，有可能出现偏差，但耗费时间较短，适合防载具系统，缺点是费电。）

(二) 信息传递为主

无人值守情况下，同时开启数据采集低功率系统和网络系统，特征值存于主机。一致性检测通过后再由主机向高功率系统传递开启命令，开启高功率摄像头、雷达等，传递相关影像视频等信息，进行下一步警报或防御系统开启。（判断准确率较高，耗时略长，但更加节能，适合防人系统）

六、 六、论文的进度安排

2019/11-2020/1：查阅相关文献资料，撰写文献阅读报告和开题报告

2020/1-2020/3：需求分析，确定设计方案

2020/3-2020/4：完成方案的概要设计、详细设计工作

2020/4-2020/5：完成代码设计工作与应用测试工作

2020/5-2020/6：成品实现及撰写毕业设计论文

2020/6-2020/7：整理资料准备答辩

七、 毕业设计研制报告或毕业论文撰写提纲（初步）

（一）设计理念

（二）总体原理

1. 硬件部分设计

（1）前端低功耗传感器选取

①振动传感器

②超声波

（2）信号调理电路设计

（3）高功耗传感器选取

①摄像头

②激光雷达

（4）高低功耗传感器之间通信

①外设间通过 MCU 通信

②外设间直接通信

（5）本地系统与中央主机通信系统设计

①4G

②网线

③LoRa

2. 软件部分设计

（1）信号拟合设计

（2）深度学习算法

（3）图像处理算法

（三）具体实现与模型制作

1、参数设计

2、具体调节

（四）总结与改进

1、存在问题

2、改进方向

八、 主要参考文献

- [1] 刘琨,翁凌锋,江俊峰,马鹏飞,孙振世,张立旺,刘铁根.基于过零率的光纤周界安防系统入侵事件高效识别[J/OL].光学学报:1-12
- [2] 王波.机场飞行区智能周界安防系统设计探讨[J].科学技术创新,2019(29):104-105.
- [3] 毛慧.多传感器融合技术在周界安防中的应用[J].中国公共安全,2014(19):125-127.
- [4] 赵益. 基于特征融合的光纤周界入侵行为集成识别方法研究[D].合肥工业大学,2017.
- [5] 李克成. 基于 MEMS 传感器的周界安防系统研究与设计[D].东北大学,2017.
- [6] 王奉宇. 周界安防系统信号识别技术研究[D].长春工业大学,2018.
- [7] 朱程辉,章思,李帷韬,王建平.基于局部均值分解的光纤周界安防系统振动信号识别[J].制造业自动化,2018,40(07):107-111.
- [8] 周求湛. 基于小波包和 BP 神经网络的周界入侵防御系统目标识别[A]. 中科院长春光机所、《光学精密工程》编辑部.2015 光学精密工程论坛论文集[C].中科院长春光机所、《光学精密工程》编辑部:光学精密工程编辑部,2015:8.
- [9] 韩卫洁. 入侵报警系统中振动源的目标识别算法研究[D].长安大学,2015.
- [10]宋锦刚.基于振动信号小波包提取和相似性原则的高压开关设备振动监测[J].电网技术,2010,34(04):189-193.
- [11] 李洪才,刘春桐,张志利.一种用于周界入侵监测的 FBG 振动传感器[J].光电子·激光,2015,26(10):1902-1907.
- [12] 汪洋. 近程汽车激光防撞雷达研究[D].哈尔滨工业大学,2014.
- [13] 张立斌,吴岛,单洪颖,刘琦烽.基于激光点云的车辆外廓尺寸动态测量方法[J].华南理工大学学报(自然科学版),2019,47(03):61-69.
- [14] 周士学. 应用于工厂自动化的 LoRa 通信系统设计与实现[D].郑州大学,2018.
- [15] 曹云峰,张洲宇,钟佩仪,张传奇,马宁.入侵目标视觉检测与识别的研究进展[J].计算机测量与控制,2019,27(08):7-11.

九、 指导教师意见

签名:

20 年 月 日

十、 开题审查小组意见

(要求具体意见, 对前 7 项进行评价, 结论: 通过, 不通过)

开题审查小组组长签名:

2019 年 10 月 21 日