

基于图像深度学习的无线电信号识别

周鑫, 郑昌文, 何晓新

论文: 基于图像深度学习的无线电信号识别[J]. 通信学报, 2018.
周鑫, 13269206656, zhouxin@iscas.ac.cn

1. 背景与现状

无线电信号识别作为无线通信的一个重要研究领域, 在军事电子战、政府频谱监管、商业频谱共享接入等方面应用广泛。早期的无线电信号识别, 采用“信号处理+人工识别”的方式, 对操作人员的专业素质要求非常高, 而且当监测时间变长或无线电信号较多时, 人工分析效率和准确率也会大幅下降。目前比较先进的基于机器学习的无线电信号识别方案, 采用“人工特征提取+自动分类”的方式, 解放了一线操作员, 但后台计算复杂度非常高, 在特征选择和判决准则方面也缺乏普适性。



图1 早期无线电信号识别: 利用仪器将频谱可视化, 然后由人工判别。

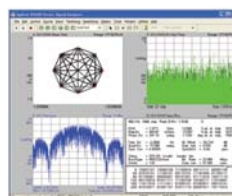


图2 基于传统机器学习的无线电信号识别: 由领域专家精选信号特征, 然后由软件计算特征参数值, 最后利用固定规则或传统机器学习的方法进行分类。

2. 思路与创新

本研究提出了一种基于端到端图像深度学习的无线电信号识别算法——RadiImageDet算法, 创新性地无线电信号识别问题转化为图像目标检测问题, 并利用迁移学习方法, 基于人工智能既有的先进成果, 构造了一种面向无线电信号识别的端到端深度神经网络模型——RadioYOLO模型, 能够在时/频混叠的复杂电磁环境下, 同时识别出环境中存在的多个信号的波形类型, 并定位出各自的起止时间和频率范围。算法结构如图3所示, 算法运行结果如图4所示。

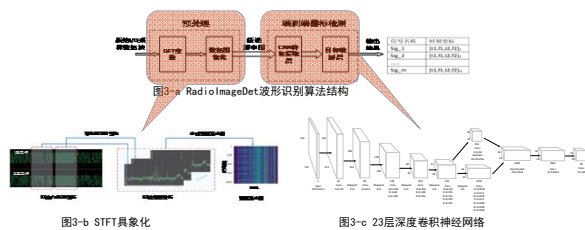


图3 基于图像深度学习的无线电信号识别: 属于基于射频深度学习的端到端波形识别, 可有效解决人工特征选择面临的问题。

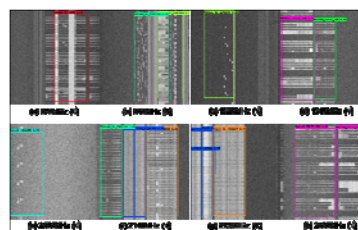


图4 RadiImageDet算法运行结果

3. 验证结果

算法在USRP+GnuRadio平台下进行了验证, 如图5所示。试验结果表明, 该算法能有效识别无线电信号的波形类型和时/频坐标, 在北京、天津等多地采集的12种、4740个样本的数据集中, 识别准确度达到86.03%, mAP值达到77.72。

RadiImageDet算法只是基于图像深度学习的无线电信号识别技术思路的第一次初步尝试。未来将进一步研究更适合地具象化方法和神经网络模型, 提高复杂电磁环境下无线电信号的识别能力。

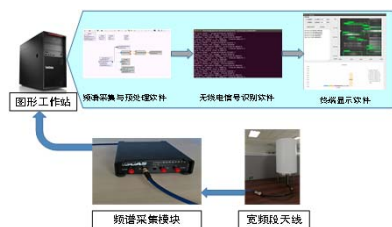


图5 第一代“听风者”原理验证系统

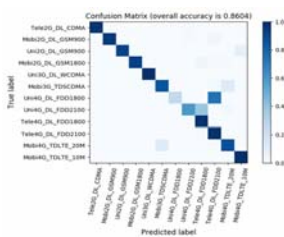


图6 波形识别结果混淆矩阵图

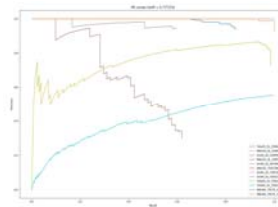


图7 波形识别结果PR曲线图