

辐射源仿真数据集构建

1 仿真数据集总体架构

我们将构建一个emitter_system辐射源类，其中包含生成基带IQ数据的方法，通过信道施加干扰的方法，以及接收信号纠正的方法，应当注意的是这里的接收是合作式的接收机。除了以上方法，为了使系统尽可能的贴合实际情况，即误码率BER尽可能的小，我们还增加了一个计算系统BER的方法。为了更加便利的制作不同数据集我们增加了一些输出方法。

同时整个类的变量可以分为三种，辐射源参数变量（包括IQ增益不平衡，IQ相位不平衡，DC偏移，相位噪声功率，功放非线性及记忆性），其他可调节变量和固定参数变量。

这里值得注意的是，这里我们在生成参数的时候考虑系统的频偏（默认在1e3Hz的影响条件下）。而在信号识别的过程中没有考虑频偏，这是一个干扰因素，对识别有严重影响，后续会增强对抗频偏的鲁棒性实验。

通过选择合理的BER的范围（这里我们设置的范围为[1e-3,1e-2]）并对多个参数进行网格搜索，我们获得了所有可行的变量取值集合，一共57组。为了分析单一变量及多个变量的相关影响，我们对参数精心挑选，最终获得了两组12个辐射源的参数。如下表所示：

数据集1：

| #emitter | amplmb | phlmb | dcOffset | phaseNoise_level | nonlinear_order | memory_depth |
|----------|--------|-------|----------|------------------|-----------------|--------------|
| 1 | 1 | 12 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 12 | 2.5 | -70 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 12 | 3 | -70 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 20 | 1 | 15 | 2 | -65 | 1 | 1 |
| 21 | 1 | 15 | 2 | -65 | 1 | 4 |
| 22 | 1 | 15 | 2 | -65 | 7 | 1 |
| 23 | 1 | 15 | 2 | -65 | 7 | 4 |
| 24 | 1 | 15 | 2 | -60 | 1 | 1 |
| 33 | 1 | 18 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 47 | 1.5 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 57 | 2 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |

数据集2：

| #emitter | amplmb | phlmb | dcOffset | phaseNoise_level | nonlinear_order | memory_depth |
|----------|--------|-------|----------|------------------|-----------------|--------------|
| 1 | 1 | 12 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 12 | 2.3 | -70 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 12 | 2.6 | -70 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 20 | 1 | 15 | 2 | -65 | 1 | 1 |
| 21 | 1 | 15 | 2 | -65 | 1 | 4 |
| 22 | 1 | 15 | 2 | -65 | 7 | 1 |
| 23 | 1 | 15 | 2 | -65 | 7 | 4 |
| 24 | 1 | 15 | 2 | -60 | 1 | 1 |
| 33 | 1 | 9 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 47 | 1.3 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |
| 57 | 1.6 | 15 | 2 | -70 | 1 | 1 |

2 辐射源参数详细说明

2.1 调制器产生的IQ不平衡及直流偏移

使用MATLAB自带rfIQImbalance函数对基带信号施加IQ增益不平衡、IQ相位不平衡、直流偏移。其中增益不平衡单位是dB，相位不平衡单位是度，而输入函数rfIQImbalance直流偏移的相位是在 $[-\pi, \pi]$ 中随机产生，幅值是由输入向量的幅值最大值的一定的百分比产生。比如在数据集1中，直流偏移有三种情况，例如2%,2.5%,3%。

2.2 调制器产生的相位噪声

相位噪声采用MATLAB自带的comm.PhaseNoise函数实现，上述的phaseNoise_level参数就是comm.PhaseNoise中Level的性质参数，单位为dBc/Hz，指定为负数。comm.PhaseNoise性质参数FrequencyOffset这里设置为1kHz，性质参数SampleRate设置为波特率乘以上采样倍数，波特率设置为1MSymbol/s，滤波器的上采样倍数为8。

2.3 射频功放产生的非线性和记忆性

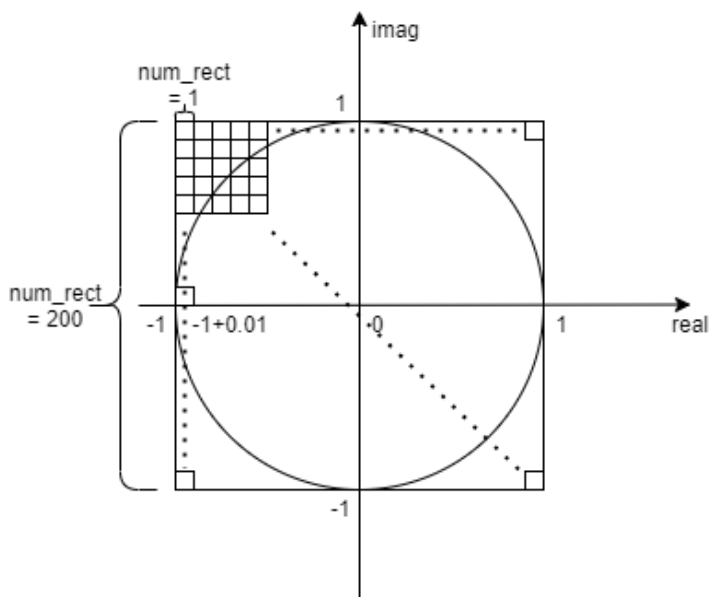
功放这里采用的是射频等效记忆多项式模型，其中非线性阶数最高设置为7，没有偶数项，记忆性最高为4，这里的参数列表是由实际功放拟合出来，由ctarver提供，参考链接<https://github.com/ctarver/ILA-DPD>。我们将功放分为四种，分别是线性无记忆性（非线性阶数为1，记忆深度为1）、线性有记忆性（非线性阶数为

1, 记忆深度为4)、非线性无记忆性(非线性阶数为7, 记忆深度为1)、非线性有记忆四种功放(非线性阶数为7, 记忆深度为4)。

3 数据预处理及数据集制作

图片数据预处理

如下图所示, 将发出的信号通过最大值归一化到一个半径为1的圆中, 然后将边长为1的正方形切割成边长为0.01的正方形, 根据归一化后的IQ信号落入到方格中的数量占总的采样点数的比例计算对应方格的值, 最后画出对应的灰度图输入到网络中。



这里我们对灰度图进行一定的比例缩放, 例如图片格式为1x128x128。

序列数据

如果是序列数据则输入网络的则为辐射源发送的通过信道后的采样数据。

数据集参数

数据集超参数如下:

总共12个辐射源, 每个辐射源有400个样本, 每个样本有2048个采样点。

4 数据集使用说明

本文件夹下包含myPA, params_list, visualization文件夹, 以及emitter_system.m, main_getparamslist.m, main_makedatasets.m, main_makedatasets1.m, main_makedatasets2.m几个m文件。

myPA是发射机所用到的射频功放, visualization显示了一些画图方法。

其中emitter_system.m是辐射源的类文件，包含所有的辐射源发射机、信道、接收机的参数变量。同时还有发射机产生信号的get_signal_tx方法、通过信道的信号的get_signal_channel方法、以及接收解调成比特的get_signal_bits方法。除此之外，还有度量发射接收比特的误比特率cal_BER方法以及对信号切割生成数据集的cut_save方法。

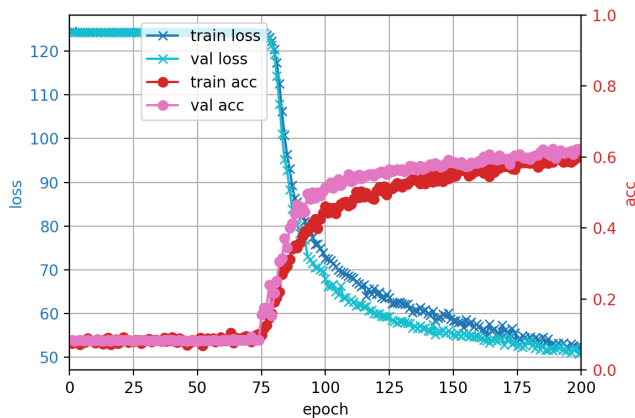
其中main_getparamslist.m文件是生成符合一定误比特率要求的参数列表主函数，其结果保存到params_list文件夹。

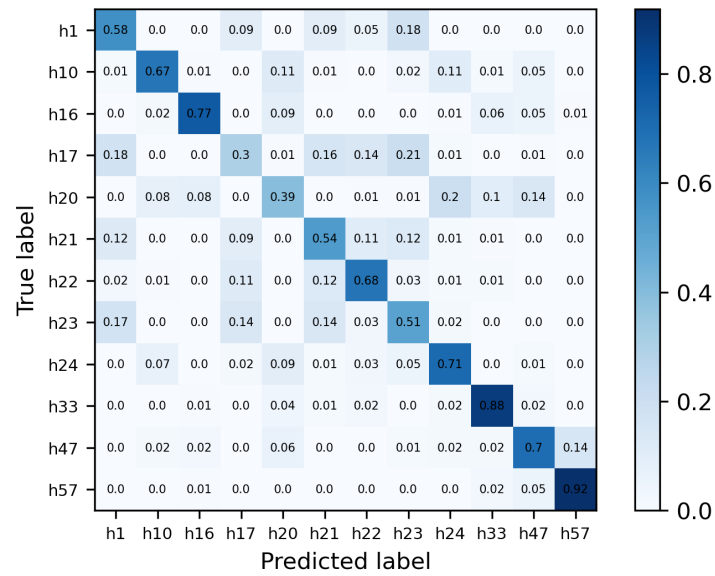
main_makedatasets1.m和main_makedatasets2.m文件则是产生12种不同辐射源数据集的主函数，由于原始生成的参数列表中的参数有的差异性过大，我们对其中个别参数进行了微调，并确保参数的选择仍然满足BER的条件。main_makedatasets1.m对应的是数据集1，而main_makedatasets2.m对应的是数据集2。其中可以设置的参数有通过信道后信号的切割长度sigargs.length_seg，每个辐射源的样本数sigargs.num_perEmitter，以及输出的方式sigargs.format.output有"seq"和"pic"两种方法，在"pic"下，可以设置sigargs.format.preprocess通过constellation或density方法输出，在"seq"下，可以设置sigargs.format.preprocess通过RI或AP方法输出。

5 使用CNN网络识别及结果

5.1 使用数据1的效果(CNN_density)

| Layer (type) | Input Shape | Param # | Tr. Param # |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-------------|
| Conv2d-1 | [50, 1, 128, 128] | 320 | 320 |
| ReLU-2 | [50, 32, 64, 64] | 0 | 0 |
| Conv2d-3 | [50, 32, 64, 64] | 18,496 | 18,496 |
| ReLU-4 | [50, 64, 32, 32] | 0 | 0 |
| Conv2d-5 | [50, 64, 32, 32] | 73,856 | 73,856 |
| ReLU-6 | [50, 128, 16, 16] | 0 | 0 |
| MaxPool2d-7 | [50, 128, 16, 16] | 0 | 0 |
| Linear-8 | [50, 8192] | 2,097,408 | 2,097,408 |
| ReLU-9 | [50, 256] | 0 | 0 |
| Dropout-10 | [50, 256] | 0 | 0 |
| Linear-11 | [50, 256] | 3,084 | 3,084 |
| Total params: 2,193,164 | | | |
| Trainable params: 2,193,164 | | | |
| Non-trainable params: 0 | | | |

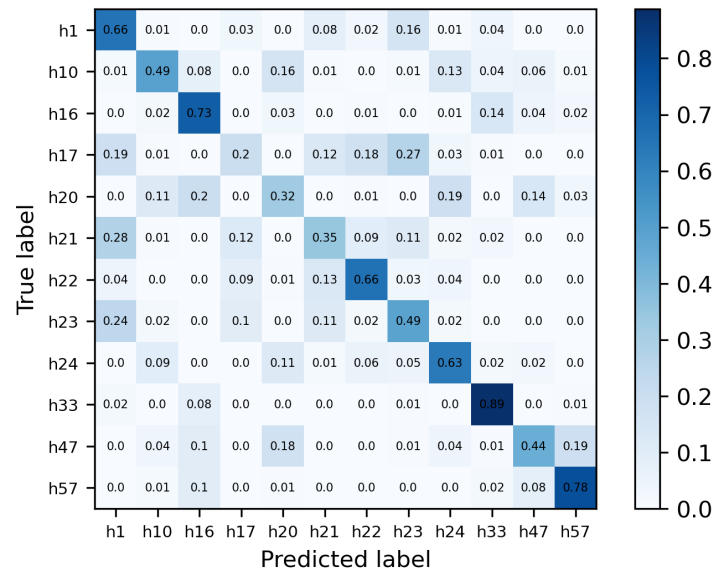
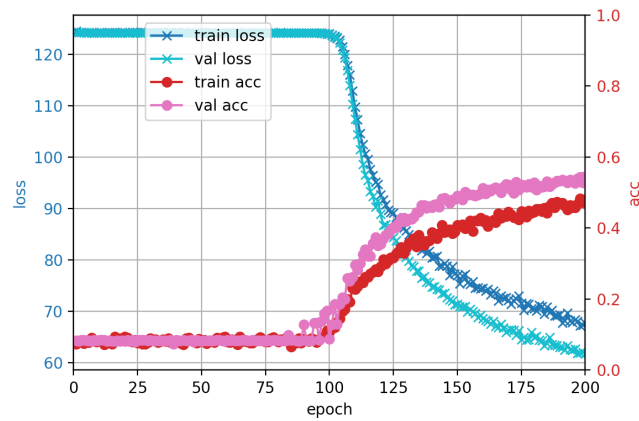




Accuracy of the network on the 1920 test items: 63.646 %

5.2 使用数据2的效果

CNN_density



Accuracy of the network on the 1920 test items: 55.417 %

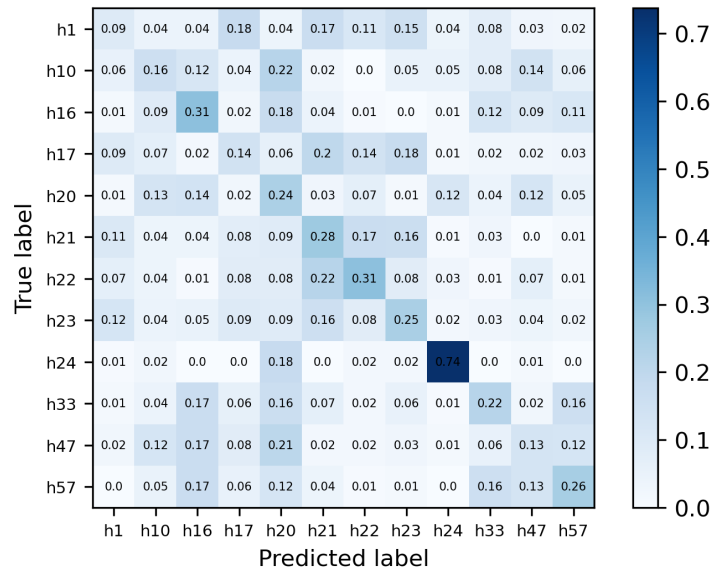
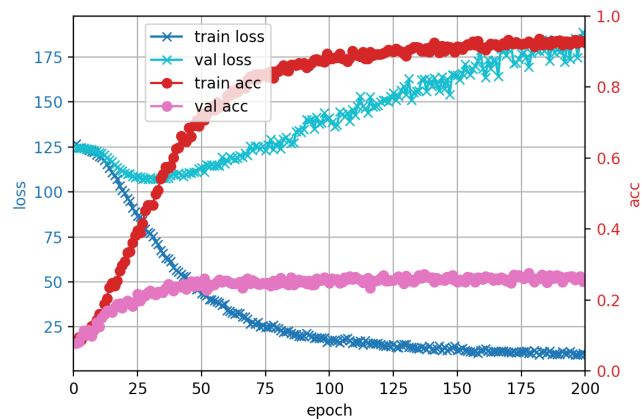
CNN_seq

| Layer (type) | Input Shape | Param # | Tr. Param # |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|
| Conv2d-1 | [50, 1, 2, 2048] | 64 | 64 |
| BatchNorm2d-2 | [50, 16, 2, 2048] | 32 | 32 |
| ReLU-3 | [50, 16, 2, 2048] | 0 | 0 |
| MaxPool2d-4 | [50, 16, 2, 2048] | 0 | 0 |
| Conv2d-5 | [50, 16, 2, 1024] | 3,104 | 3,104 |
| BatchNorm2d-6 | [50, 32, 1, 1024] | 64 | 64 |
| ReLU-7 | [50, 32, 1, 1024] | 0 | 0 |
| MaxPool2d-8 | [50, 32, 1, 1024] | 0 | 0 |
| Linear-9 | [50, 16384] | 4,194,560 | 4,194,560 |
| ReLU-10 | [50, 256] | 0 | 0 |
| Dropout-11 | [50, 256] | 0 | 0 |
| Linear-12 | [50, 256] | 16,448 | 16,448 |
| ReLU-13 | [50, 64] | 0 | 0 |
| Dropout-14 | [50, 64] | 0 | 0 |
| Linear-15 | [50, 64] | 780 | 780 |

Total params: 4,215,052

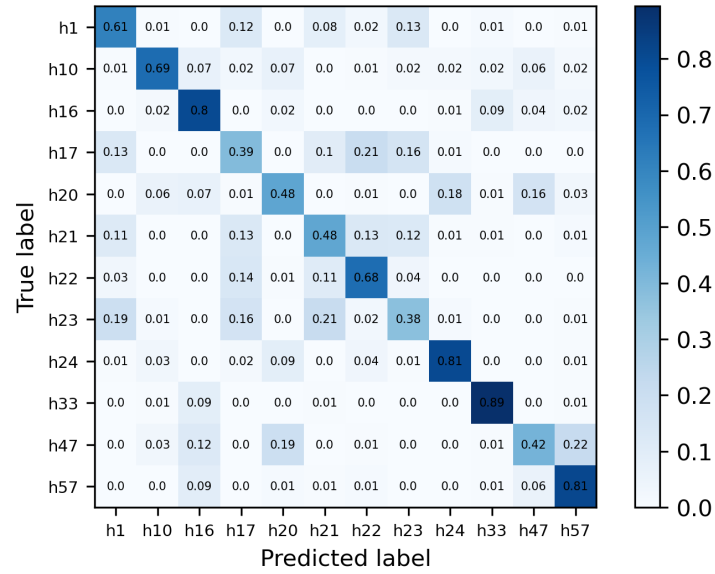
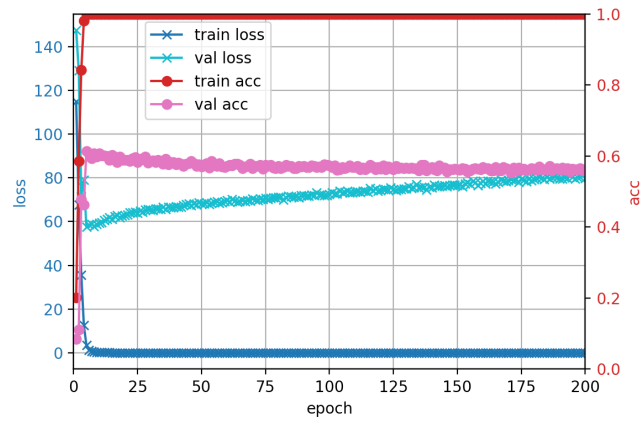
Trainable params: 4,215,052

Non-trainable params: 0



Accuracy of the network on the 1920 test items: 25.990 %

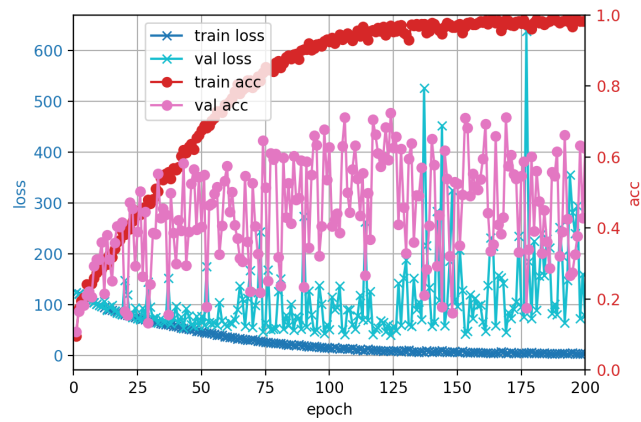
Resnet18_density

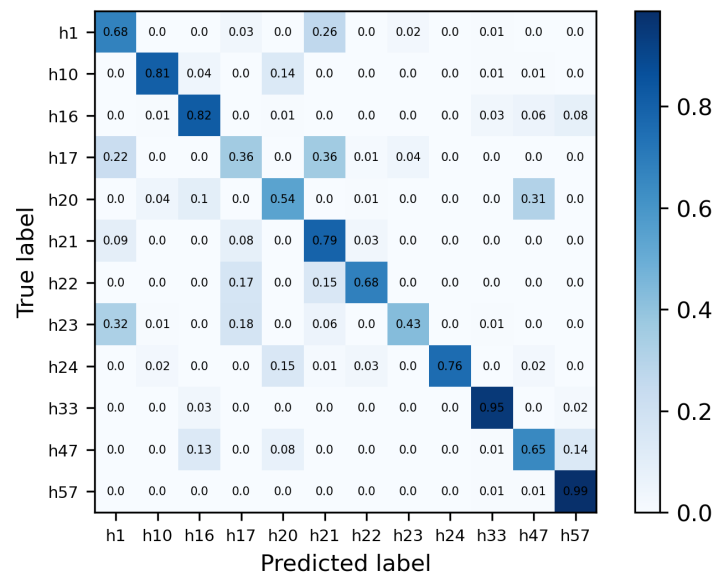


Accuracy of the network on the 1920 test items: 62.031 %

CoBoNet_seq

这里参考论文《Specific Emitter Identification Against Unreliable Features Interference Based on Time-Series Classification Network Structure》复现网络CoBoNet





Accuracy of the network on the 1920 test items: 70.417 %