

射频失真建模

赛题背景：

在一个不知名的外星球上，有一座紧邻大海的赫尔辛根山，与赫尔辛根山正对的是莫斯肯海岛，由于赫尔新根山与莫斯肯海岛相距超过一百海里，赫尔新根山上的居民与莫斯肯海岛上的居民使用一对魔盒进行消息传递，这个魔盒能够对声音进行加密、放大并发送到很远的地方，但是，魔盒在放大信号的同时，会在信号上产生称之为非线性失真的干扰，从而导致对方收到的信息有很大的噪声，甚至根本分辨不出原始信息，导致信息传递失败，赫尔辛根居民和莫斯肯居民为此非常苦恼，一个解决方法是在信号传递前预先加上与魔盒内部相反的干扰，经过魔盒过程中，与魔盒内部的干扰相抵消，从而对方收到清晰的信息，请参赛者帮助赫尔辛根山和莫斯肯岛上的居民完成任务。

已知魔盒的黑盒模型为 $\text{MagicBlackBox}(x, \text{pow})$ ，它能对给定的激励产生响应。

关键词：黑盒建模，行为模型，模型辨识，非线性系统辨识

参赛者任务：

1. 在线采用信号 train_x 对 $\text{MagicBlackBox}(x, \text{pow})$ 进行训练，得到不同 pow 级别下的黑盒输出 train_z.txt ， train_x 和 train_z 为训练数据，用于参赛者离线建模；

说明：

a) train_x 是后台固定的一组复信号（浮点数），为 MagicBlackBox 的激励信号，参赛者无法改变；

参赛者可以上传激励信号对黑盒进行激励，得到黑盒输出；但需要说明的是：

train_x 的数字功率为 $75 \text{ dB} = 10 \times \log_{10}(\text{mean}(\text{abs}(\text{train_x})^2))$ ；建议参赛者上传的激励信号的数字功率要与 train_x 的数字功率接近，否则影响最终评分结果，即：

$$10 \times \log_{10}(\text{mean}(\text{abs}(\text{user_sig})^2)) \sim 75$$

b) pow 为 MagicBlackBox 的功率因子，取值范围为 $[-7, 2] \text{ dB}$ ，参考取值为 -6 dB ，参赛者可以自己赋值，评分的时候会用到功率因子；如果参赛者设置的功率因子取值范围超出 $[-7, 2] \text{ dB}$ ，会被系统强制限制到下限 -7 或上限 2 ；参赛者可以对 pow 进行多次设置并对 MagicBlackBox 进行训练；

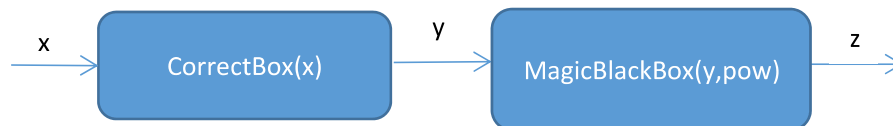
c) train_z 为 MagicBlackBox 在输入 train_x 下的输出信号；参赛者可以改变 pow 值得到不同的 train_z 数据。也可以设置一个固定的 pow 值，得到该 pow 下的一组固定 train_z 数据；

注：此环节，参赛者最终能得到自己设置的 pow 下的训练信号文件，包括 train_x.txt 、 train_z.txt 。参赛者采用多少个 pow 值对黑盒进行训练，则可以得到相应个数的训练信号文件。例如：采用 pow1 、 pow2 、 pow3 三个不同值进行训练，则最终参赛者得到的数据文件为： train_x.txt ， train_z_pow1.txt ， train_z_pow2.txt ， train_z_pow3.txt 。

2. 离线完成黑盒建模；参赛者离线利用训练信号，完成对 $\text{MagicBlackBox}(x, \text{pow})$ 的分析，并建立其补偿模型 $\text{CorrectBox}(x)$ ，使得级联系统 $z = \text{MagicBlackBox}(\text{CorrectBox}(x))$ 尽可能接近原始输入信号 x ，即 $x-z$ 的误差功率最小；需要强调的是，参赛者可以把

train_x.txt, train_z 数据自行拆分成建模用的训练信号和测试信号，其中训练信号用于对黑盒进行分析和建模，测试信号用于对 CorrectBox 进行性能验证，性能验证时需要参赛者多次在线使用 MagicBlackBox，得到测试信号的黑盒输出以及在线评分结果，便于参赛者补偿模型进行优化。

注：此环节，参赛者完成特定 pow 下的补偿模型 CorrectBox(x)，虽然参赛者可以采用很多 pow 值数据进行黑盒分析，但最终上传到系统上的 CorrectBox(x) 一定是只针对一个特定 pow 值的补偿模型，这个特定 pow 即最终在线评分时选择的 pow 值，否则可能导致评分偏低；



3. 在线评分。参赛者上传 CorrectBox 函数到在线系统，选择与 CorrectBox 一致的 pow 值，并进行在线评分，系统会自动调用评分信号 test_x.txt 触发 CorrectBox, 得到 test_x 对应输出 test_y, 并触发 MagicBlackBox(x, pow)，得到黑盒输出 test_z, 最终调用 ScoreCal(x, z, pow) 函数进行评分。

test_x.txt：后台固定的一组复信号（浮点数），在线上系统上使用，用于在线评分，对参赛者不可见，参赛者不能下载此文件。

注：此环节，参赛者可以知道自己的得分值。

赛题材料：

1. 黑盒模型文件一个，为一个 matlab 函数：MagicBlackBox.p，此函数在线上系统上使用，参赛者不可以下载此函数，只能在线触发这个函数，得到函数输出，用于离线建模使用，参赛者能够利用激励信号进行激励，得到函数输出；

使用方法：y=MagicBlackBox(x, pow)

说明：

X：黑盒输入信号，训练信号或测试信号等；

Pow：黑盒模型的功率因子，功率因子取值范围为[-7，2]dB，参考取值为-6dB，参赛者可以自己赋值，评分的时候会用到功率因子；如果功率因子取值范围超出[-7，2]dB，会被强制限制到下限-7 或上限 2。

2. 原始数据文件一个：train_x.txt，此文件参赛者可以下载；

说明： 1. 包含一个复数列向量，数据长度为 2048 点；

2. 参赛者可以把原始数据自行拆分成训练信号和测试信号，其中训练信号用于对黑盒进行分析和建模，测试信号用于对模型进行验证。

3. 评分数据文件一个：test_x.txt，此文件在线上系统上使用，用于评分，对参赛者不可见，参赛者不能下载此文件。

4. 评分文件一个，为一个 matlab 函数：ScoreCal.p，此文件在线上系统上使用，参赛者不可以下载此函数，但可以在线触发此函数，用于对离线模型 CorrectBox 的性能进行评估，函数输出为参赛者的得分，参赛者能够看到其得分，得分越高越好；

使用方法： score=ScoreCal(x, z, pow)

说明： x: 测试信号 test_x;
 z: test_x 经过 CorrectBox 和 MagicBlackBox 级联系统的输出;
 pow: 参赛者建模过程中使用的功率因子值;

参赛者材料:

1. 补偿模型函数文件一个: CorrectBox(x), 为 Matlab 的 m 函数, 或者其他可执行文件, 需要提供可执行的原始代码;

使用方法: y=CorrectBox(test_x)

评分规则:

假设测试信号 test_x 经过 CorrectBox 和 MagicBlackBox 级联系统的输出为 Z, 则 Z 的信号质量越好 (NMSE 指标和 ACPR 指标)、建模功率因子 pow 越大, 参赛者得分越高;

说明: 此规则对参赛者可见, 参赛者可以根据上述 3 个指标进行建模优化, 参赛者也能看到最后得分;

信号质量: 信号质量越好, 信息 Z 越清晰, 受干扰越小, 对应 NMSE 和 ACPR 指标;

功率: 功率越大, 信息传输的距离越远, 对应功率因子 pow;

操作流程示例:

1. 参赛者在线触发 MagicBlackBox.p, 得到训练信号 train_x.txt 的输出 train_z.txt;
2. 参赛者采用 Matlab (建议版本为 2012~2016 版本) 或其他开发环境, 离线采用 train_x.txt 和 train_z.txt 对 MagicBlackBox 进行建模, 并离线建立 MagicBlackBox 的失真补偿模型函数 CorrectBox。注意: 1) 建模过程中, 参赛者可以自己上传 CorrectBox 的输出信号到在线系统, 并得到该信号经过 MagicBlackBox 的输出, 用于对 CorrectBox 模型进行优化, 这一步是必要的, 否则得分会严重受到影响; 2) 参数者也可以上传 CorrectBox 到系统, 系统自动调用采用 ScoreCal 函数验证 CorrectBox 与 MagicBlackBox 级联输出的得分, 用于验证参赛者上传的 CorrectBox 是否与 MagicBlackBox 级联系统正常;
3. 参赛者上传 CorrectBox 函数到系统, 并设置对应的 pow 参数, 系统调用 test_x 对 CorrectBox 和 MagicBlackBox 级联结果进行评分, 返回得分值;

注意事项: 请参赛者确保离线环境中 Matlab 内部函数能够被正确调用。