

# 深圳大学实验报告

课程名称：智能物联网

实验项目名称：实验 2 多天线系统中断概率仿真

学院：计算机与软件学院

专业：数计班

指导教师：罗胜

报告人：詹耿羽 学号：2023193026 班级：数计

实验时间：2024.4.18

实验报告提交时间：2024.4.20

教务处制

## 实验目的

1. 熟悉多天线通信系统。
2. 学会使用 matlab 进行多天线系统中断概率仿真，理解不同 MIMO 系统的性能差异原因。

## 实验环境

1. 计算机；
2. Matlab 软件

## 实验内容：

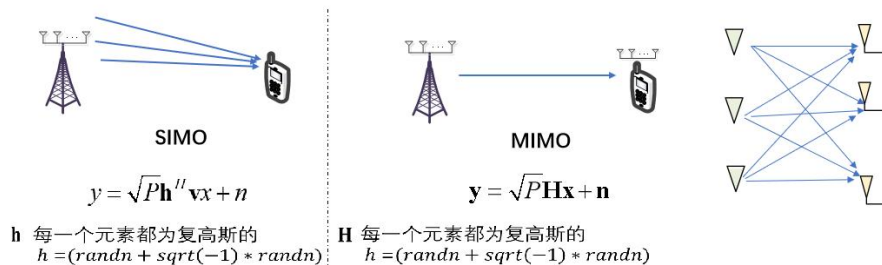
1. 为不同的多天线系统找到最优信号处理方式。
2. 仿真不同系统的中断概率。

## 实验步骤：

（用文字描述实验过程，并用截图辅助说明）

- 1) MIMO 系统的信号发射信号设计：考虑如下的 MIMO 系统：

### MIMO无线通信



- $\text{SNR}(\text{SIMO}) = P \|\mathbf{h}^H \mathbf{v}\|^2$ ，得到如下优化问题

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{v}} \quad & \|\mathbf{h}^H \mathbf{v}\|^2 \\ \text{s.t.} \quad & \|\mathbf{v}\|^2 = 1 \end{aligned}$$

- $\text{SNR}(\text{MIMO}) = P \|\mathbf{H} \mathbf{v}\|^2 / \|\mathbf{n}\|^2 = P \|\mathbf{H} \mathbf{v}\|^2 / \|\mathbf{n}\|^2$ ，得到如下优化问题

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{v}} \quad & \|\mathbf{H} \mathbf{v}\|^2 \\ \text{s.t.} \quad & \|\mathbf{v}\|^2 = 1 \end{aligned}$$

请给出，SIMO 系统和 MIMO 系统的最优信号预编码向量  $\mathbf{V}$ 。

2) 根据下图的提示, 画出不同系统的中断概率曲线。

### MIMO无线通信

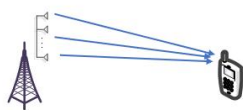


SISO

$$y = \sqrt{P}hx + n$$

$$h = a + b * i$$

$$h = (\text{randn} + \text{sqrt}(-1) * \text{randn})$$



SIMO

$$y = \sqrt{P}\mathbf{h}^H \mathbf{v}x + n$$

$$\mathbf{h} \text{ 每一个元素都为复高斯的}$$

$$h = (\text{randn} + \text{sqrt}(-1) * \text{randn})$$



MIMO

$$\mathbf{y} = \sqrt{P}\mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

$$\mathbf{H} \text{ 每一个元素都为复高斯的}$$

$$h = (\text{randn} + \text{sqrt}(-1) * \text{randn})$$

■ 要正确传输信息要求信号和噪声功率比(SNR)大于某个门限T。

■ 由于信道(元素)是随机变量, 每次的最大化SNR也是随机变量, 利用仿真统计对比三种系统每次传一个符号时SNR大于门限T的概率。

◆ 对P(dB)=0:2:20,即P=10^0:10^(0.2):10^(2),  
◆ 产生100000次信道实现, 统计三种系统SNR  
大于T=10的概率P(out)(大于T的次数/100000).  
◆ 作图: 横轴 P(dB), 纵轴: semilogy(P(out))

## 实验结果:

(给出个人对结果的分析、结论)

### 实验分析:

实验目的是通过 Matlab 软件仿真多天线通信系统中的中断概率，并理解不同 MIMO 系统性能差异的原因。仿真实验的具体步骤包括:

- 1) 确定 SIMO 系统和 MIMO 系统的最优信号预编码向量  $(\mathbf{V})$ 。
- 2) 画出不同系统 (SISO、SIMO、MIMO) 的中断概率曲线。

所给信息中提取出重要信息:

- SNR(SIMO) 和 SNR(MIMO) 的优化问题依赖于信道矩阵  $(\mathbf{H})$  的特征值分解 (EVD)。

- SIMO 系统的最优波束形成向量是信道矩阵  $(\mathbf{H})$  的最大特征值对应的特征向量。

- 在 MIMO 系统中，如果一次只传输一个符号，最优预编码向量的设计应最大化 SNR，这通常涉及到对  $(\mathbf{H}^H \mathbf{H})$  进行特征值分解，并选择最大特征值对应的特征向量。

利用这些知识点，实验的结果是在给定信道实现下，通过仿真计算出不同系统中 SNR 超过门限值  $(T)$  的概率。图表应显示了门限  $(T)$  下 SNR 的概率分布，其中  $(P(\text{dB}))$  范围是  $(0:2:20)$  dB，每次仿真生成了 100,000 个信道实现，并计算了超过  $(T)$  的次数占总次数的比例，以得到  $(P_{\text{out}})$ 。

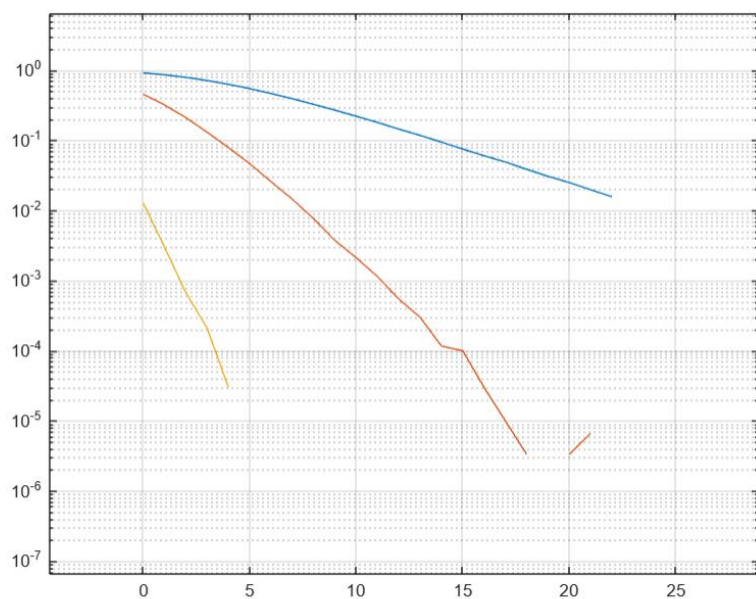
### 实验结论:

#### 1) SNR 的计算:

- 对于 SIMO 系统，SNR 的最大化可以通过优化问题求解获得，即找到使  $(\mathbf{h}^H \mathbf{H} \mathbf{v})^2$  最大的  $(\mathbf{v})$ ，其中  $(\mathbf{h})$  是信道矩阵， $(\mathbf{v})$  是信号预编码向量，且  $(\|\mathbf{v}\| = 1)$ 。
- 对于 MIMO 系统，SNR 的最大化同样通过优化问题求解，目标是找到使  $(\mathbf{H} \mathbf{H}^H \mathbf{v})^2$  最大的  $(\mathbf{v})$ ，其中  $(\mathbf{H})$  是信道矩阵， $(\mathbf{v})$  是信号预编码向量，且  $(\|\mathbf{v}\| = 1)$ 。

#### 2) 中断概率仿真:

- 实验要求仿真统计三种系统 (SISO, SIMO, MIMO) 每次存储一个符号时 SNR 大于门限  $(T)$  的概率。
- 对于功率范围  $(P(\text{dB})=0:2:20)$ ，进行 100,000 次信道实现仿真，统计 SNR 大于门限  $(T)$  的概率  $(P_{\text{out}})$ 。
- 结果通过图表展现，横轴为  $(P(\text{dB}))$ ，纵轴为  $(\text{semilogy}(P_{\text{out}}))$ 。



图：使用 matlab 画出的第二题图像

总结：

通过这次实验，可以得出几个关键点：

- 不同天线配置的 MIMO 系统性能有显著差异，这体现在不同系统的中断概率曲线上。
- 最优信号预编码向量的设计是提高系统性能的关键因素之一。
- 实验结果显示，在信道条件变化时，MIMO 系统比 SISO 和 SIMO 系统提供更低的中断概率，即更高的信号质量。
- 此外，实验结果揭示了信道知识（如信道状态信息）在最优预编码向量设计中的重要性。

**实验小结：**

（实验中出现问题解决方法，实验心得体会等）  
**实验过程**中遇到的问题包括理解最优预编码向量设计的数学原理，以及如何在 Matlab 中实现相应的算法。  
**实验心得体会：**加深了我对多天线通信系统性能深刻的认识，以及仿真实验与理论知识之间的关联。  
通过这次实验，我学会了：  
- 对于多天线系统性能差异原因的分析。  
- 对于使用 Matlab 软件进行仿真的体会。  
- 如何将理论与实践相结合的感悟。

**指导教师批阅意见：**

**成绩评定：**

**指导教师签字：**

年    月    日

**备注：**