

# 华中科技大学

## 本科生毕业设计[论文]

### RIS 辅助的无线通信系统的原型验证

院 系 人工智能与自动化学院

专业班级 自动化 1705 班

姓 名 裴熙隆

学 号 U201714286

指导教师 陈忠、尹海帆

2021 年 3 月 9 日

## 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的  
研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包括任何其他个人  
或集体已经发表或撰写的成果作品。本人完全意识到本声明的法律后果由本人  
承担。

作者签名：                      年      月      日

# 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保障、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关学位论文管理部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权省级优秀学士论文评选机构将本学位论文的全部或部分内 容编入有关数据进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于1、保密 ☐, 在 \_\_\_\_\_ 年解密后适用本授权书。

2、不保密 ☒。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名:                      年      月      日

导师签名:                      年      月      日

## 摘 要

近年来

**关键词：**可重构智能表面；智能反射面；RIS；IRS；LIS；超表面；超材料；无线中继；MIMO；大规模 MIMO；原型系统；现场试验

## Abstract

Recently,

**Key Words:** Reconfigurable intelligent surface; intelligent reflecting surface; RIS; IRS; LIS; metasurface; metamaterial; wireless repeating; MIMO; massive MIMO; prototype; field trials

# 目 录

摘要 .....	I
Abstract .....	II
1 绪论 .....	1
1.1 课题背景及意义 .....	1
1.2 国内外现状分析 .....	1
2 相关理论 .....	1
3 系统设计 .....	2
4 实验数据 .....	3
5 段落 .....	3
5.1 第二小节 .....	3
5.2 第三小节 .....	3
6 参考文献和交叉引用 .....	5
6.1 参考文献 .....	5
6.2 交叉引用 .....	5
7 公式这么用 .....	6
8 用图和表的示例 .....	7
8.1 图的使用 .....	7
8.2 表的使用 .....	9
9 列表的使用 .....	10
致谢 .....	11
参考文献 .....	12
附录 A 这是第一个附录 .....	13
A.1 附录可以有小节 .....	13
A.1.1 附录中也可以有小小节 .....	13
A.1.1.1 附录中也有小小小节 .....	13

# 1 绪论

## 1.1 课题背景及意义

这个课题有什么意义呢

## 1.2 国内外现状分析

# 2 相关理论

啊这，不知道有什么原理呢。

### 3 系统设计

这个系统怎么设计呢?<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>哈哈

## 4 实验数据

## 5 段落

段落 这是一个带有顶头标签的段落这是一个带有顶头标签的段落这是一个带有顶头标签的段落这是一个带有顶头标签的段落这是一个带有顶头标签的段落这是一个带有顶头标签的段落

小段落 只是一个带有缩进标签的段落只是一个带有缩进标签的段落只是一个带有缩进标签的段落只是一个带有缩进标签的段落只是一个带有缩进标签的段落只是一个带有缩进标签的段落

### 5.1 第二小节

本模板已经引入伪加粗和伪斜体，这样就不需要对应的粗体和斜体字体也能生成需要的效果，就像下面这样

**宋体加粗**

*宋体斜体*

***宋体粗斜体***

请注意，使用加粗和斜体时，请与字体名称一同使用，否则会自动将粗体匹配为黑体，斜体匹配为楷体，就像下面这样

正常显示宋体

**加粗后变为黑体**

*斜体后变为楷体*

### 5.2 第三小节

en



---

**Algorithm 1** Greedy Fast Beamforming Algorithm

---

```

1: Input: The feedback of RX signal power  $p_t$ .
2: Output: The reflection coefficients matrix.
3: Initialize a reflection coefficients matrix  $\mathbf{R}_0 \in \mathbb{C}^{M \times N}$ ;
4: Receive initial feedback of the RX signal power  $p_0$ ;
5: // Horizontal search;
6: for each  $n \in [1, N]$  do
7:    $\mathbf{R}_n \leftarrow [\mathbf{r}_{n-1,1}, \dots, \mathbf{r}_{n-1,n-1}, -\mathbf{r}_{n-1,n}, \mathbf{r}_{n-1,n+1}, \dots, \mathbf{r}_{n-1,N}]$ ;
8:   Receive feedback  $p_n$  using configuration  $\mathbf{R}_n$ ;
9:   if  $p_{n-1} \geq p_n$  then
10:      $\mathbf{R}_n \leftarrow \mathbf{R}_{n-1}$ ;
11:   end if
12: end for
13: return reflection coefficients matrix  $\mathbf{R}_N$ ;
14: // Vertical search;
15: Denote  $\mathbf{R}_N = [\mathbf{s}_{N,1}, \mathbf{s}_{N,2}, \dots, \mathbf{s}_{N,M}]^T$ ;
16: for each  $m \in [1, M]$  do
17:    $\mathbf{R}_{N+m} \leftarrow [\mathbf{s}_{N+m-1,1}, \dots, \mathbf{s}_{N+m-1,m-1}, -\mathbf{s}_{N+m-1,m}, \mathbf{s}_{N+m-1,m+1}, \dots, \mathbf{s}_{N+m-1,M}]^T$ ;
18:   Receive feedback  $p_{N+m}$  using configuration  $\mathbf{R}_{N+m}$ ;
19:   if  $p_{N+m-1} \geq p_{N+m}$  then
20:      $\mathbf{R}_{N+m} \leftarrow \mathbf{R}_{N+m-1}$ ;
21:   end if
22: end for
23: return reflection coefficient matrix  $\mathbf{R}_{M+N}$ .

```

---

## 6 参考文献和交叉引用

### 6.1 参考文献

这是一个参考文献引用的范例<sup>[1, 2, 3, 4, 5, 6]</sup>

### 6.2 交叉引用

本模板已经重写了 hyperref 宏包的\autoref命令，方便引用章节、公式和图表。

比如说第 6 节和第 6.2 小节就引用了本章节，段落 5 和段落 5 引用了之前的两个段落。显然段落因为没有序号，引用结果和上一节的需要相同，因此建议使用段落“段落”和段落“小段落”。

## 7 公式这么用

在文中引用公式可以这么写： $a^2 + b^2 = c^2$  这是勾股定理，他还可以表示为  $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ ，还可以让公式单独一段并且加上编号

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \tag{7.1}$$

还可以通过添加标签在正文中引用公式，如式 (7.1) 或者式 (7.1)。我们还可以轻松打出一个矩阵

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 11 & 22 & 33 & 44 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 22 & 24 \\ 32 & 34 \\ 42 & 44 \\ 52 & 54 \end{bmatrix} \tag{7.2}$$

或者多个带编号的公式

$$f_1(x) = 12x^2 + 36x + \sin x \tag{7.3}$$

$$f_2(x) = \sqrt{3}x^3 + 3x \tag{7.4}$$

以上

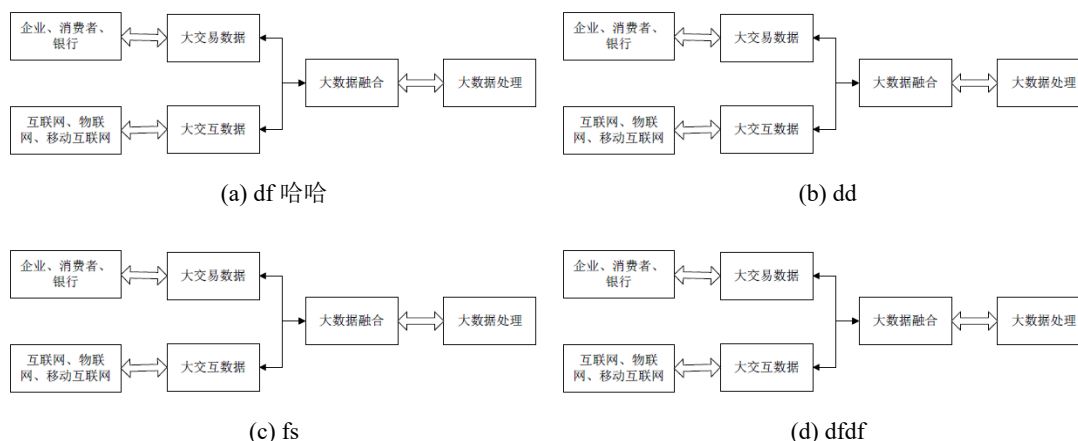


图 8-1 The 50 m outdoor over-the-air test: (a) the scene of the transmitter and receiver; (b) a copper plate of the same size as the RIS; (c) spectrum when using the RIS; (d) spectrum when using the copper plate.

## 8 用图和表的示例

### 8.1 图的使用

$\text{Xe}_{\text{La}}\text{TeX}$  环境下可以使用 EPS、PDF、PNG、JPEG、BMP 格式的图片，当然也可以用绘图包直接在  $\text{La}_{\text{TeX}}$  中绘制图形，推荐使用宏包 `tikz`。图的环境是 `figure`，但 `figure` 环境使用复杂且不自带标题，因此本模板定义了一个通用版本的 `generalfig`，该环境会将 `figure` 内的图片居中并设置标签与引用名，同时会让图片位置设置为所有可行位置 (`htbp`，即此处、页顶、页底、独立一页)，此选项可以作为可选参数设置。

其使用方法如下： 8-1d

图 8-1

8-1d

8-1

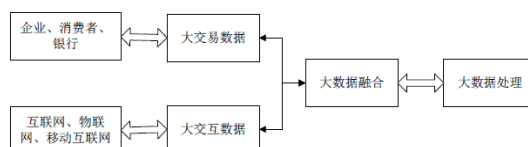


图 8-2 Indoor non-LoS test.

同时也可以引用该图片例如：图 8-3 或者图 8-3。请注意 `generalfig` 第一个参

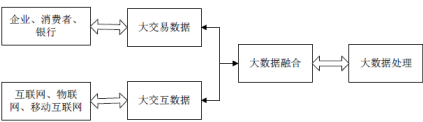


图 8-3 大数据信息处理框架

数是标题，第二个参数是引用。

## 8.2 表的使用

作为论文，推荐使用三线表进行排版。所谓三线表，即在标题前有横线，标题后有横线，表格最后还有横线，其他地方无线。当然这不是死规定，也可以根据需要在合适的地方加线。、踩踩踩本文定义了新的可变长度左中右（LCR）格式，LCR 三个格式会根据表格宽度的设定自行控制宽度，且其宽度相等，方便设置和页面相同宽度的表格。但该功能需要使用 tabularx 做表。

表 8-1 某校学生升高体重样本

序号	年龄	身高	体重
1	14	156	42
2	16	158	45
3	14	162	48
4	15	163	50
平均	15	159.75	46.25

当然你也可以引用表格，就像这样：表 8-1 。

## 9 列表的使用

这是一个计数的列表

1. 第一项
  - (a) 第一项中的第一项
  - (b) 第一项中的第二项
2. 第二项
3. 第三项

这是一个不计数的列表

- 第一项
  - 第一项中的第一项
  - 第一项中的第二项
- 第二项
- 第三项

## 致谢

感谢老师



## 参考文献

- [1] Wu Q, Zhang S, Zheng B, et al. Intelligent Reflecting Surface Aided Wireless Communications: A Tutorial[J]. IEEE Trans. Commun., 2021 : 1 – 1.
- [2] DI RENZO M, DEBBAH M, PHAN-HUY D-T, et al. Smart radio environments empowered by reconfigurable AI meta-surfaces: An idea whose time has come[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2019, 2019(1): 1 – 20.
- [3] Yang D, Yang L , Hanzo L. DFT-Based Beamforming Weight-Vector Codebook Design for Spatially Correlated Channels in the Unitary Precoding Aided Multiuser Downlink[C] // 2010 IEEE International Conference on Communications. 2010: 1 – 5.
- [4] Liang Y, Long R, Zhang Q, et al. Large Intelligent Surface/Antennas (LISA): Making Reflective Radios Smart[J]. J. Commun. Inf. Netw., 2019, 4(2): 40 – 50.
- [5] 周儒雅, 唐万恺, 李潇, et al. 基于可重构智能表面的移动通信简要综述 [J]. 移动通信, 2020, 44(6): 63 – 69.
- [6] 张磊, 刘硕, 崔铁军. 电磁编码超材料的理论与应用 [J]. 中国光学, 2017, 10(1): 1 – 12.

## 附录 A 这是第一个附录

这里是附录环境，其中的 section、subsection、subsubsection 已经变为附录的样式，并且会以这种样式加入目录中。

### A.1 附录可以有小节

#### A.1.1 附录中也可以有小小节

##### A.1.1.1 附录中也有小小小节

\autoref无法识别 Appendices 环境，引用效果和正文一样，如第 A.1.1 小节。所以如果引用附录的话，建议直接使用附录 A.1.1。