

2021 年 前沿通信系统设计选题

项目 1: srsLTE 系统搭建以及 PlutoSDR 硬件支持

1.1 srsLTE 系统简介

srsLTE 是软件无线电系统，由爱尔兰 Software Radio Systems (SRS) 公司开发实现的免费开源 LTE SDR 平台，在 AGPLv3 license 许可下发布，并且在实现中使用了 OpenLTE 的相关功能。srsLTE 包括：

srsUE - 完整的 SDR LTE UE 应用，支持从 PHY 到 IP 层特性

srsENB - 完整的 SDR LTE eNodeB 应用

srsEPC - 轻量级 LTE 核心网络实现，支持 MME, HSS 和 S/P-GW

1.2 srsLTE 主要特征

①支持 LTE Release 10；②测试频率：1.4, 3, 5, 10, 15 and 20 MHz；
③传输模式 1（单天线），2（发射分集），3（CCD）和 4（闭环空间复用）；
④载波聚合支持；⑤256-QAM 下行链路支持；⑥基于频率的 ZF 和 MMSE 均衡器；
⑦演进的多媒体广播和多播服务（eMBMS）；⑧高度优化的 Turbo 解码器；⑨支持 MAC, RLC, PDCP, RRC, NAS, S1AP 和 GW 层。

1.3 硬件支持

官方测试过的硬件有：USRP B2x0、USRP B205mini、USRP X3x0、LimeSDR、bladeRF

1.4 选题要求

目标：为 srsLTE 增加 PlutoSDR 支持

PlutoSDR 是全双工的 SDR 硬件，理论上是可以实现 GSM 基站和 LTE 基站的。虽然它使用 USB2.0 接口，无法实现最大带宽（20MHz）的 LTE 小区，但是如果只是 3MHz 的小区是可以的（已经使用 LimeSDR Mini 验证过）。

a)先尝试使用 LimeSDR Mini 实现 LTE 基站

b)然后更改 srsLTE 的硬件接口部分代码，使其能够访问到同样支持 Soapy 接口的 PlutoSDR

c)更改 PlutoSDR 的固件，使其增加 timestamp 功能

参考链接：

<https://github.com/srsLTE/srsLTE/issues/468>

<https://github.com/srsLTE/srsLTE/issues/351>

<https://github.com/srsLTE/srsLTE>

<https://blog.csdn.net/shukebeta008/article/details/103515509>

项目 2：基于 SDR 的 DOA 估计和被动雷达系统实现

2.1 DOA 估计系统简介

波达方向（DOA）估计是阵列信号处理中的一个热点领域。在通信、雷达、勘探和导航等领域具有广泛的应用价值，已有许多研究对 DOA 估计算法进行了创新，并在仿真平台上进行了验证。例如文献[1]采用 KerberosSDR 器件和四根全向天线作为信号接收机，采用 Raspberry-Pi 作为数据处理器，实现了一个结构简单、性能可靠的 DOA 估计系统。

2.2 KerberosSDR

KerberosSDR 是一种新型的 4 输入相干 RTL-SDR。RTL-SDR 是一种非常便宜的软件无线电接收机。每个 RTL-SDR 由一个 RTL2832U 芯片和一个 R820T 调谐器组成。它可以在空间接收 25MHz 到 1.75GHz 的射频信号，并将其转换为基带。最后从 USB 接口输出 8 位数字采样信号。KerberosSDR 内部有一个噪声源模块，可以实现四个信号接收通道的采样时间同步和相位同步。四个信号接收通道共用一个时钟源，四个数字信号通过 USB 集线器与 Raspberry Pi 通信。在 Raspberry-Pi 上运行信号处理算法，通过网页实时显示 DOA 估计结果和信号强度。

2.3 选题要求

利用 PYNQ/ZYNQ 平台和 KerberosSDR 实现一个实时 DOA 估计系统。利用 MICA2 无线传感器模拟信号源，实现多目标发现。

参考文献：

[1] Application Research on DOA Estimation Based on Software-Defined Radio Receiver

项目 3：相位相干多通道 SDR：稀疏阵列波束形成

3.1 项目简介

商用软件无线电（SDR）的相位相干多信道收发机在原型设计中往往成本高昂，例如是隆德大学 Massive MIMO 试验台[1]。基于廉价的 RTL-SDR 设计多通道平台能够在有限计算资源的主机上运行，并能将样本数据传输到 MATLAB 进行处理。RTL-SDR 最初是一个 USB DVB-T 调谐器，支持高达 2.56 兆赫的采样率，并允许访问 8 位同相和正交采样流。

多信道接收机使验证多天线算法，文献[1]将稀疏阵列处理应用于均匀矩形阵列（URA）天线上的相干 RTL 接收机，目标是分析阵列处理在实际信号和硬件上的性能。传感器阵列信号处理领域发展了多种精确估计信号源方向的方法。稀疏阵列通过利用阵列几何的空间冗余，避免了大型传感器阵列中日益增加的硬件复杂度和成本。

3.2 RTL-SDR

RTL-SDR 是一种低中频结构，由 RTL2832U 解调器和 Rafael Micro R820T/2 调谐器组成。虽然该设备是由不同的制造商生产的各种调谐器，通常都被称为 RTL-SDR，但这里提出的设计只适用于 R820T/2 调谐器型号。这是因为 R820T/2 调谐器允许禁用频率合成抖动。

3.3 选题要求

利用多个 RTL-SDR 验证多天线算法。

项目 4: PlutoSDR 组网以及硬件国产化研究

4.1 PlutoSDR 组网简介

基于 PlutoSDR 的 Mesh 自组网研究主要涉及到 PlutoSDR 的固件修改（可参考：<https://blog.csdn.net/shukebeta008/article/details/108754397>）

固件代码：<https://github.com/tvelliott/charon>

默认固件视频：<https://www.bilibili.com/video/BV1sa4y1j7PX/>

如用频谱仪观察，运行原有自组网固件时 PlutoSDR 发出的信号是类似 WiFi 那样的 burst 信号，传输效率不高，可尝试更改为类似 LTE 信号那样长期同步发射的形式，或用其它方法提高数据吞吐量。

4.2 PlutoSDR 硬件国产化

PlutoSDR 基于 ad9363 和 zynq7020 实现，芯片外的电路不复杂，没有太多的模拟电路需要设计，但是芯片引脚较多，涉及到差分布线等知识（参考链接：<https://www.oshwhub.com/GaAs/pluto-sdr>）。

在立创 EDA 提供的开源硬件社区里找到的第三方 plutosdr 设计文件，可以直接在网页上用立创 eda 打开并找到其原理图和 PCB 设计。但是由于芯片复杂，将来如果要进一步修改电路可能不能直接用立创 eda 进行绘制，建议使用其它开源 eda 软件如 KiCAD 重新绘制。市场上还有一款 nh7020 的 sdr 也是经过 pluto-sdr 升级修改而来。资料链接：

http://gridrf.com/Uploads/Download/nh7020_cn_usermanual.pdf

nh7020 固件代码：<https://github.com/gridrf/nh7020>

参考这款 sdr，给 pluto-sdr 进行升级，使其支持 usb3.0 接口。

项目 5：基于深度学习的室内定位系统研究

5.1 室内定位简介

随着室内环境中基于位置的服务需求的快速增长，基于指纹的室内定位以其较高的定位精度引起了人们的极大兴趣。文献[1]提出了一种基于信道状态信息（CSI）的深度学习室内指纹识别系统 DeepFi。基于 CSI 的三个假设，DeepFi 系统架构包括离线训练阶段和在线定位阶段。在离线训练阶段，利用深度学习将深度网络的所有权值训练为指纹。采用贪婪学习算法逐层训练权值，降低了算法复杂度。在在线定位阶段，使用基于径向基函数的概率方法来获得估计的位置。实验结果表明，在两种典型的室内环境下，DeepFi 能有效地减小定位误差。

5.2 项目要求

本项目将构建一个 DeepFi 结构并对其进行训练，研究了环境变量对精度的影响。

参考文献

- [1] CSI-Based Fingerprinting for Indoor Localization: A Deep Learning Approach （2018，虞盛宇+马苏曼+蒋艺淼）
- [2] SpotFi: Decimeter Level Localization Using WiFi （2018，黎鑫尧+孙逸典+王北辰）
- [3] Indoor Localization Using CSI Fingerprint （2019，杜佳臣+罗炎+窦婉莹+黄松）

项目 6：基于 CSI 的人体行为识别

6.1 人体行为识别技术简介

人体行为识别技术可以应用在医疗保健、智能家居、健身跟踪和楼宇监控等多个领域。传统方法使用相机、雷达或可穿戴传感器。基于摄像头的方法有着根本的局限性，即要求有足够的照明和潜在的侵犯人类隐私。基于 WiFi 信号的人类活动识别系统，如 WiSee、E-eyes 和 WiHear，被提出是基于观察到不同的人类活动在 WiFi 信号中引入不同的多径失真。WiSee 利用 USRP 捕获 OFDM 信号，测量人体反射信号的多普勒频移，识别 9 种手势。E-eyes 使用通道状态信息(CSI)直方图作为指纹来识别日常人类活动，如刷牙。WiHear 使用专门的定向天线来获得由嘴唇运动引起的 CSI 变化，从而识别口语。与基于摄像头和传感器的方法相比，它们的主要优势在于，它们不需要照明，可以通过墙壁进行操作，从而提供更好的覆盖范围，保护用户隐私，并且不需要用户携带任何设备，因为它们依赖于人类反射的 WiFi 信号。

6.2 选题要求

利用 intel5300 的 CSI 和两种分类器(SVM-classifier 和 LDA-classifier)对行走、坐姿和站立等不同的动作进行分类。使用部分数据进行训练，并使用剩余部分数据进行测试。

参考文献：

Human Activity Recognition Based On CSI Information (2019, 吴海、李国梁、甘楠、刘畅毓)

项目 7：远距离无线图像传输

7.1 项目简介

随着无人机及其相关技术的飞速发展,其应用场合变得越来越广泛。目前,无人机已应用在农药喷洒,电力检测,地质勘探,灾害应急,地图测绘,环境监测等诸多领域.这其中的绝大部分应用场景都会涉及到无线图像传输模块。

7.2 项目要求

本项目研究无人机数字无线图传解决方案。研究的核心内容为图传方案中的信道编码与调制部分，以欧洲地面数字电视标准 DVB-T 为主要参考，针对无人机图传这一特定应用场景进行算法设计与优化。

参考文献：

[1] 于淼，应用于无人机图传的 DVB-T 算法研究及 FPGA 实现

项目 8：射频指纹特征提取和设备识别

8.1 射频指纹技术简介

5G 无线网络的高性能将推动物联网应用的发展，射频设备的数量将激增。另一方面，随着无线网络的日益复杂，人们对网络安全的要求也越来越高。例如，未来的车辆到一切（V2X）网络依赖于车辆与其周围环境之间无误的信息交换。在这种网络下，提供虚假信息的攻击可能会对公众健康造成巨大威胁。因此，应开发强大的无线安全系统，以保证未来 V2X 系统的集成。

物理层安全系统中最重要的组件是安全密钥的生成和分发。物理安全密钥和射频指纹是两个可以互换的短语。RFF 系统作为增强甚至取代无线网络软件层安全系统的一种很有前途的候选方案，正受到国内外研究者的广泛关注。

8.1 项目要求

本项目的两个目标是：1、综述了射频指纹识别系统的发展现状。2 提出实现并评估了一个基于通用软件无线电外设(USRP)和 MATLAB 的射频指纹识别系统。文献综述应包括近 10 年来 RFF 系统的发展概况。设计的 RFF 系统应能利用相应的无线局域网（WLAN）上行信号成功区分不同品牌手机的 RF 指纹。系统在 USRP 平台上实现，利用 MATLAB 进行信号处理和机器学习任务，选择合适的机器学习算法，使系统性能最大化。该系统的性能将通过测试不同品牌手机的分类率来评估。在未来的应用中，RFF 系统可以作为传统无线接入控制系统的最后一道防线，从物理层面上提高网络的安全性。

参考文献：

[1]Project：RF Fingerprint Feature Extraction and Radio Device Identification（2020，刘嘉伟 曹若骁）

[2]<https://blog.csdn.net/tanghonghanhaoli/article/details/113914465>

项目 9：基于 USRP 的 802.11n 设计和实现

9.1 项目简介

简单的 OFDM 演示基于 IEEE802.11nOFDM 格式，用于测试 SDR 硬件。利用软件无线电 (SDR) 在 5ghz 频率下传输 OFDM 信号。发射机和接收机硬件：Zedboard (Xilinx Zynq®-7000)+AD9361(模拟设备-FMCOMMS3)。所需软件：Matlab R2016a。和基于 Xilinx Zynq 的无线电支持包 (R2016a 版本)。在执行此代码之前，在 Matlab 中安装基于 Xilinx-Zynq 的电台支持包。

9.2 项目要求

已完成部分：数据信号映射、数据包检测、粗/精频偏估计与补偿、信道估计与单抽头均衡器、数据去映射

项目需要完成部分：自动增益控制、精细符号定时估计、卷积译码、解交织、帧检查计算（假设每个包的长度相同）。

参考文献：

https://github.com/MeowLucian/SDR_Matlab_OFDM_802.11n

项目 10: LabVIEW 嵌入式 SDR 接收机

10.1 项目介绍

在 LabVIEW for Windows 和 LabVIEW RT 环境中使用基于 RTL 的 SDR。RTL-SDR 可以访问原始 IQ 数据流，可以用作 50MHz 和 1.8GHz（特定型号）之间的宽带 RF 接收器。虽然 2.4MHz 的带宽在当今的专业标准下很小，但它仍然是开始使用 RF 和 SDR 的最便宜的选择。

10.2 项目要求

在树莓派上实现嵌入式软件无线电系统。实现功能如下：

制作调频收音机。

建立一个扫描频率范围内新信号的扫描仪。

查看 433 ISM 频段上的信号。

为 NOAA 气象卫星数据建立解码器。

参考文献

<https://github.com/albertleederer/LabviewLinuxRTLSDR>

项目 11：FPGA 实现 802.11 OFDM 物理层解码

11.1 项目介绍：

这个项目包含一个 802.11ofdm 物理解码器的 Verilog 实现。其特点是：

- 完全可合成（在 Ettus Research USRP N210 平台上测试）
- 完全支持传统 802.11a/g
- 支持 802.11n for MCS 0-7@20 MHz 带宽
- 包含 Python 解码器的交叉验证

11.2 项目要求：

在 USRP N210 上实现该项目

参考文献：

Github 下载：openofdm-master

请参阅以下位置的完整文档：<http://openofdm.readthedocs.io>。