

已交付案例汇总

武汉珞光电子有限公司

高校案例：16通道（可扩展）十六通道信号同步采集系统

采用**8台USRP-LW N321**设备构建16通道同步采集系统，**各通道间相位一致性优于 1°** ，可为空间谱测向和MIMO系统等关键应用提供支持



系统组成

(1) 射频前端：**USRP-LW N321**

(频率范围：3MHz到6GHz的；每通道200MHz瞬时带宽)

(2) 主控机：

完成射频前端基带信号的实时处理，同时确保高速数据传输

(3) 交换机：

使用交换机来连接主控机与USRP设备，实现数据传输

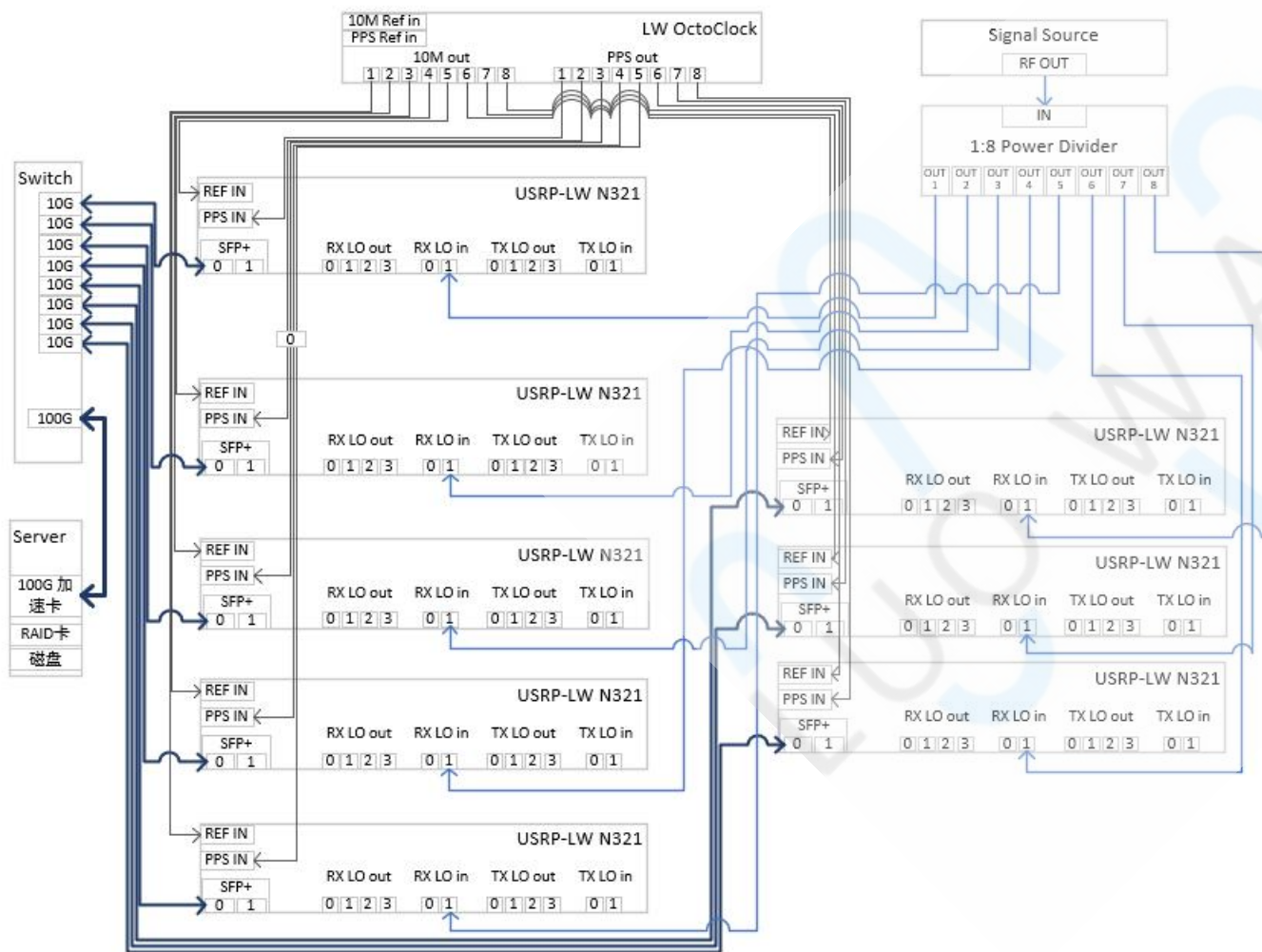
(4) 时钟源：**OctoClock-LW-G**

实现多台USRP间的时钟和触发信号的同步

(5) 信号发生器：

产生外部本振信号并通过1:8功分器，为八台USRP设备提供TX LO和RX LO参考输入，确保各通道相位严格同步

系统拓扑&硬件连接



(1) CLK和PPS触发的连接

LW OctoClock时钟源为系统提供8路10MHz时钟信号和8路PPS同步信号

(2) 本振连接

将高稳定度信号源通过1:8功分器分配至八台USRP-LW N321的LO输入端口，通过等长电缆布线确保信号传输一致性

(3) 数据的连接

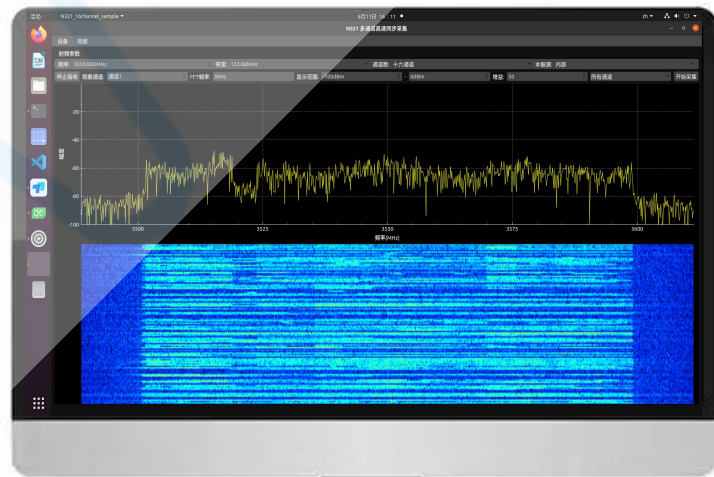
来自可编程射频前端的信号数据通过SFP+万兆网口传输至主控机

(4) 射频的连接

每台USRP-LW N321的各射频通道通过射频线缆连接到天线，天线按照一定规律排列成天线矩阵

技术指标

- ✓ 记录信号频率范围：3MHz -6GHz（非同步）、450M-6GHz（同步）；
- ✓ 录制信号带宽：3dB带宽最高200MHz、采样率最高250Msps、支持的采样率为主时钟整数倍下分（主时钟可选频率为200 MHz, 245.76 MHz, 250 MHz）；
- ✓ 通道数：标准产品16通道、可根据需求定制更多通道数；
- ✓ 大存储空间：64TB SSD硬盘存储（在16通道、单通道122.88Msps采样率条件下的记录时长2小时）；
- ✓ 相位同步：支持MIMO、空间谱测向等需要多通道相位同步的无线电系统（相位一致性：1°以内）；
- ✓ 可视化分析：实时频谱图（最大值，短时平均值，余晖频谱），瀑布图等；
- ✓ 可内置GPS接收器可以准确记录测试时的地理位置和时间信息；
- ✓ 纯二进制IQ数据文件, 方便 MATLAB或者其他软件进行分析；
- ✓ 可长时录制, 选择回放所关注的一小段时间的信号。



时钟源OctoClock-LW-G



USRP-LW N321

高校案例：SDR-LW 3980 用于多通道雷达相位测量

基于**SDR-LW 3980**八通道软件无线电设备成功实现了LFM（线性调频）雷达信号在多通道环境下的同步收发，并对多通道收发状态下的相位一致性进行了充分验证。系统利用SDR的灵活可编程优势，结合上位机的高效管控，为多通道LFM雷达信号处理及阵列研究提供了完整解决方案。

硬件平台 SDR-LW 3980：提供优异的多通道同步控制能力

PC+SDR协同架构，融合工业级计算平台与软件无线电硬件优势
保证 $< 1^\circ$ 相位精度的同时，提供200MHz/通道的瞬时带宽
出色的多通道同步控制性能，满足高精度雷达阵列对相位一致性的严苛要求

高性能的SDR平台

- ✓ 采用Xilinx Zynq UltraScale+ ZU11EG FPGA SoC
- ✓ 75 MHz~6 GHz宽频段
- ✓ 带宽：200MHz 采样率：245.76MHz
- ✓ 8TX、8RX，收发全相参
- ✓ 具备8路定时控制信号输出能力（TTL电平）

内置高性能工控机

- ✓ Intel® i9多核高频处理器
- ✓ 配备64GB超大内存
- ✓ 内置2TB高速SSD存储单元
- ✓ 接口丰富

全链路高速互联

- ✓ 主机与SDR板卡之间采用PCIe Gen3 x8高速互连架构
- ✓ 通道理论带宽高达8GB/s

智能上位机软件：一站式参数配置与数据分析平台

基于QT框架开发的上位机软件，提供直观的人机交互界面，支持SDR硬件参数配置（频率/增益/模式/通道管理）和多通道数据实时读写存储，具备信号可视化、状态监控和日志功能，便于设备控制和实验数据分析。

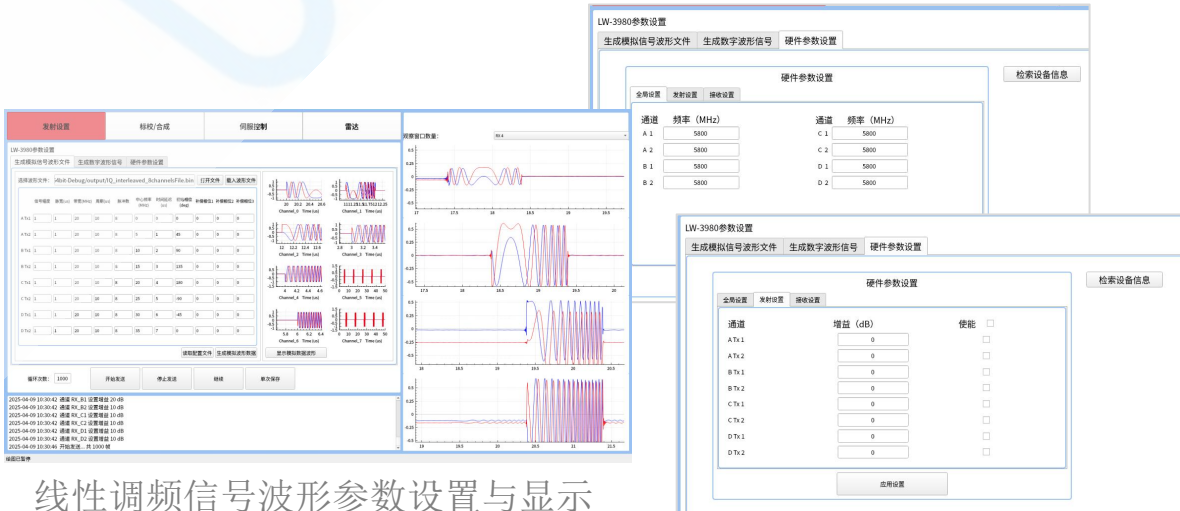


系统指标参数

处理器	Intel i9-12900 (多核/高主频, 适合实时信号处理)
网络接口	10Gbps SFP+ (高速数据回传)
内存	64GB DDR4 (大数据缓存处理)
存储	2TB SSD (高速数据落盘)
发射通道	8路 (支持MIMO/相控阵)
发射带宽	450MHz/通道 (宽带信号生成)
接收通道	8路 (同步采集/波束成形)
接收带宽	200MHz/通道 (宽带信号捕获)
ADC精度	16bit (高动态接收)
DAC精度	14bit (高保真发射)
频率范围	75MHz-6GHz (全频段覆盖)
相位同步	支持 (多通道同步应用基础)

上位机功能

参数配置	支持频率/增益/通道等硬件参数灵活设置
数据管理	多通道IQ数据实时读写与批量存储
信号分析	实时频谱/时域波形/载波等可视化
系统监控	设备状态实时显示与运行日志记录
跨平台支持	兼容Windows/Linux系统



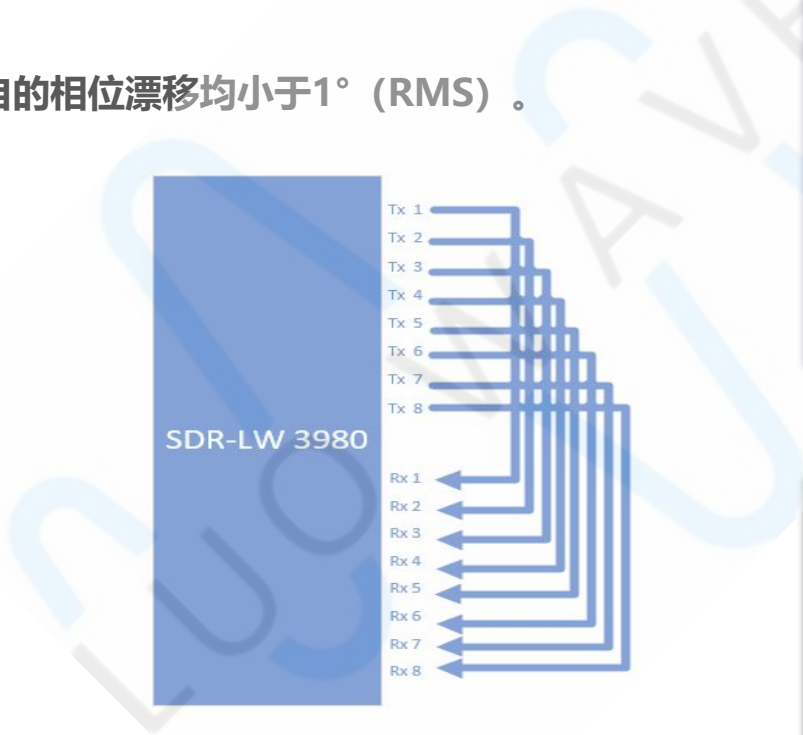
线性调频信号波形参数设置与显示

载频参数控制

多通道收发状态下的相位一致性验证

为验证SDR-LW 3980在多通道收发状态下的相位一致性与长期稳定性，采用收发链路自回头法进行系统性测试。

测试结论：6小时内，发射通道和接收通道各自的相位漂移均小于1°（RMS）。



通道间相位差测试连接图

通道编号	1	2	3	4	5	6	7	8
相位差均方根 (deg)	0	0.0740	0.0537	0.0871	0.0626	0.0667	0.1095	0.0843

创新性--矢量网络分析仪（VNA）的替代方案

- ✓ 灵活可重构：基于SDR（软件无线电）架构，软件定义功能，通用性和扩展性强
- ✓ 多通道同步测试能力：支持多通道同步测试（相位精度<1°），可替代传统矢量网络分析仪，显著提升雷达、MIMO等场景的多通道扩展性和动态测试效率

应用方向--支撑多种复杂场景下的前沿应用

- ✓ 大规模MIMO系统研发与验证
- ✓ 雷达信号采集与回放
- ✓ 宽带频谱监测与信号识别
- ✓ 现场实时信号处理与边缘智能
- ✓ 复杂无线环境下的多系统协同

高校案例：无人机挂载信道测量系统

基于软件无线电平台构建了空地一体化信道测量系统，其中：空中发射平台采用SDR-LW 2974实时发送可配置的ZC (Zadoff-Chu) 序列探测信号（支持5/10/20MHz带宽动态切换），通过无线信道传输后，由地面接收站的USRP-LW X310（搭载TwinRX子板实现多通道同步接收）完成信号的实时采集、处理及存储。



关键技术

MIMO/SISO信道测量

可配置的射频通道 支持1×1至2×4的MIMO/SISO模式灵活切换
(X310搭配TwinRX-LW子板可实现4个接收通道)

正交信号收发 在2天线发射时，X310通过两个独立通道同步发送正交序列，实现信道矩阵的分离测量

实时模式切换 可通过软件指令快速调整通道配置，满足不同天线组合的测试需求



发射端 SDR-LW 2974



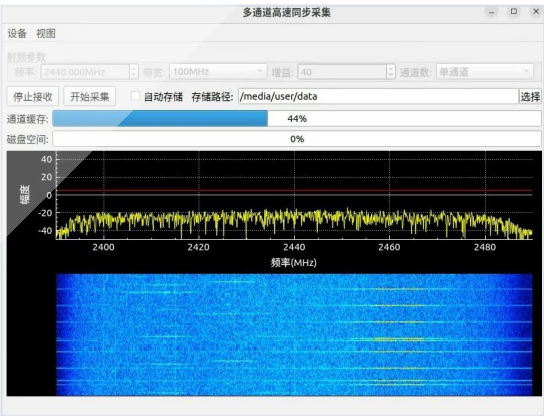
接收端 USRP-LW X310
(两块TwinRX子板)

触发式流盘机制

方案一（自动触发） 基于功率门限检测有效信号
通过FPGA硬判决实现无人值守采集

方案二（人工触发） 通过GUI实时监测频谱，灵活应对复杂电磁环境

稳定流盘 万兆网卡的数据传输能力与 SSD阵列 存储方案，
可稳定实现采样数据的零丢失流盘



C++开发的QT信号采集与流盘软件

规格参数

参数类别		规格参数
发射端参数	信号类型	固定ZC恒包络序列
	可选带宽	5MHz/10MHz/20MHz
	采样率	5MHz/10MHz/20MHz（与带宽匹配）
接收端参数	接收带宽	5MHz/10MHz/20MHz
	采样率	4倍过采样（20MHz/40MHz/80MHz对应带宽）
	工作频段	45MHz/250MHz/600MHz/1.1GHz/5.5GHz
	采集时长	20分钟
采集模式	支持模式	MIMO/SISO: 1×1/1×2/1×4/2×1/2×2/2×4
	双发天线配置	端口#1与#2发送不同正交序列
流盘存储机制	监测周期	1-5秒窗口更新
	触发方案	自动触发：10000点滑动平均功率检测（阈值T），连续10/50次超阈值触发 手动触发：GUI频谱观测人工控制
	时间戳记录	精确标记流盘起止时间
GPS功能	数据记录	经纬度、高程数据
	状态监测	GPS锁定/失锁指示
数据输出	存储格式	float32原始数据

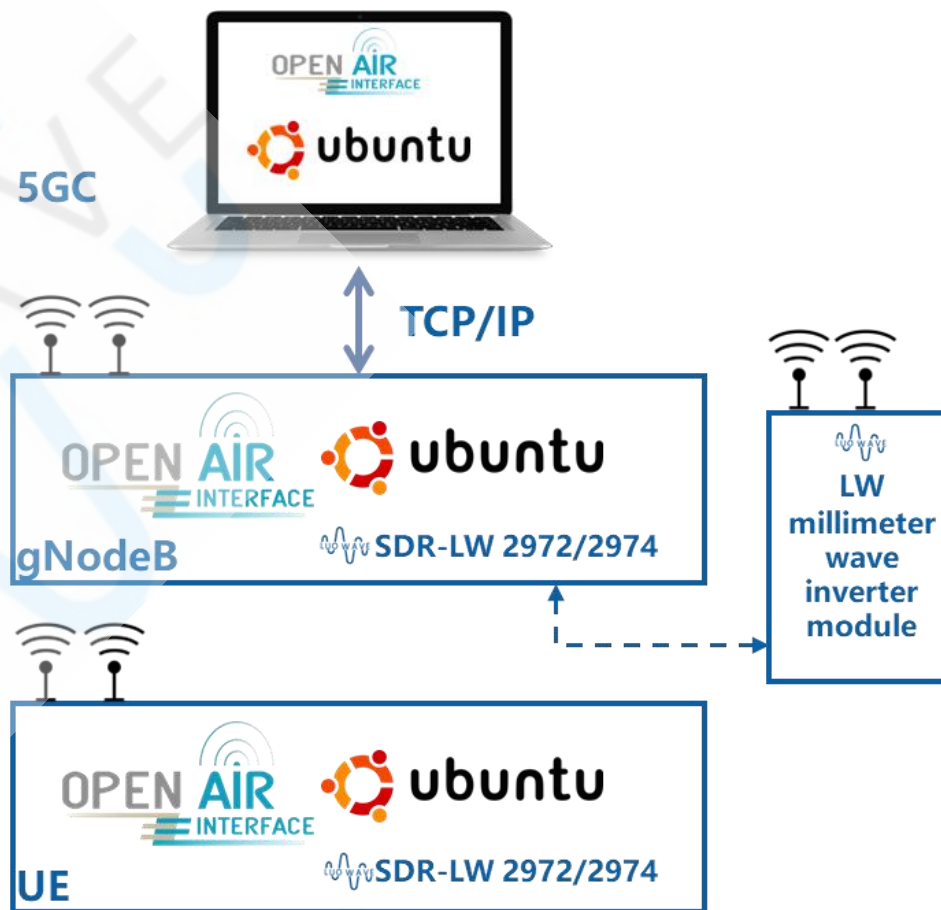
高校案例：5G NR开源研究平台

NR/LTE 端到端仿真平台

- ✓ 借助OAI软件与USRP-LW/SDR-LW设备，您可构建端到端无线移动通信系统，涵盖核心网、gNB（基站）及终端（UE）全链路实现
- ✓ 开放式实时5G端到端网络架构，支持6G候选技术的研究与验证演示

面向5G FR2的毫米波通信系统

- ✓ 面向NR FR2需求，珞光电子为USRP深度定制了毫米波扩展模块MMW-44，可将中频信号经升频到毫米波频段，从而帮助用户快速组建5G毫米波移动通信系统

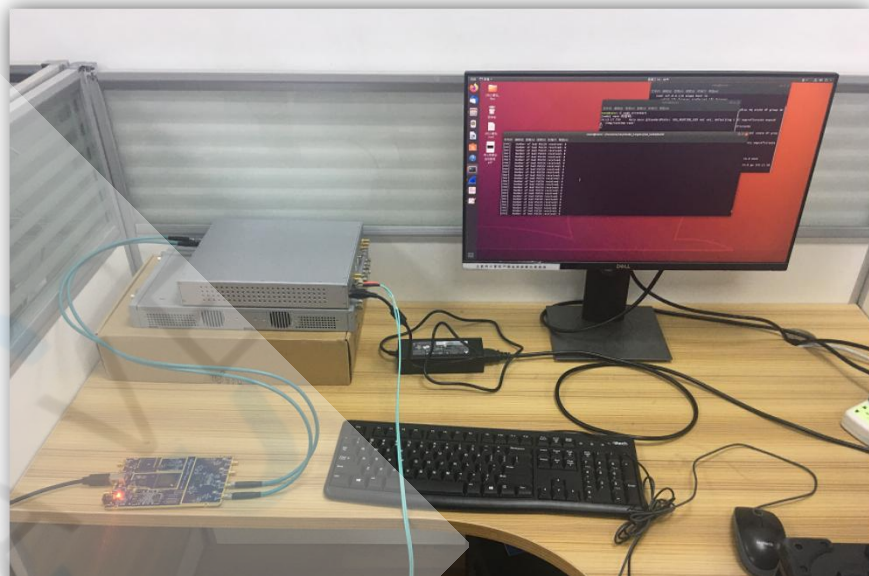


规格参数

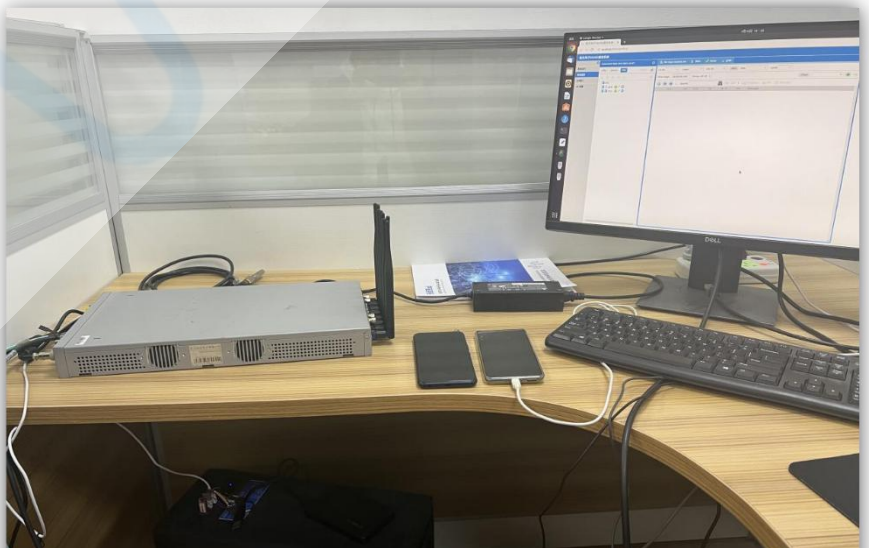
硬件	SDR-LW/USRP-LW
4G带宽	1.4、3、5、10、15和20MHz
5G带宽	20MHz\40MHz\100MHz
功率	17dBm
室内外	室内
最大比特速率4G UL/DL	DL:150Mb/s, UL:50Mb/s
最大比特速率5G UL/DL	DL:100Mb/s, UL:20Mb/s
时延	小于30ms

核心网	4G	5G
3GPP协议版本	R15	R16
网元	HSS,MME,S/P-GW	SMF,AUSF,UDM,AMF,UPF

接入网	4G	5G
3GPP协议版本	R15	R16
传输模式	SISO1X1/MIMO2X2(DL)	SISO1X1/MIMO2X2
调制方式	DL:64QAM UL: 16QAM	DL:64QAM UL: 16QAM
子载波间隔	15kHz	30kHz



USRP-LW B210模拟终端+ USRP-LW N310模拟基站

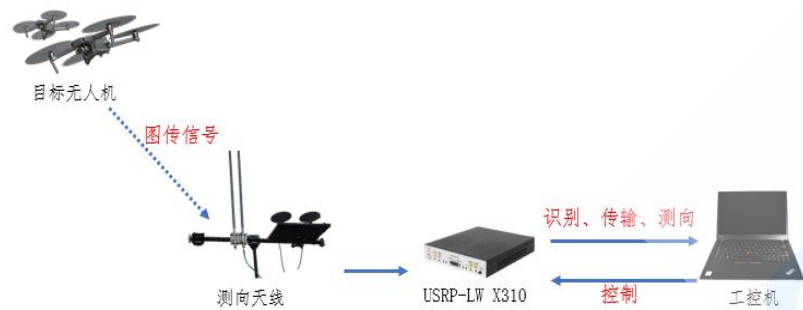


商用手机终端+ USRP-LW N321模拟基站

军事院校案例：反无人机教学系统

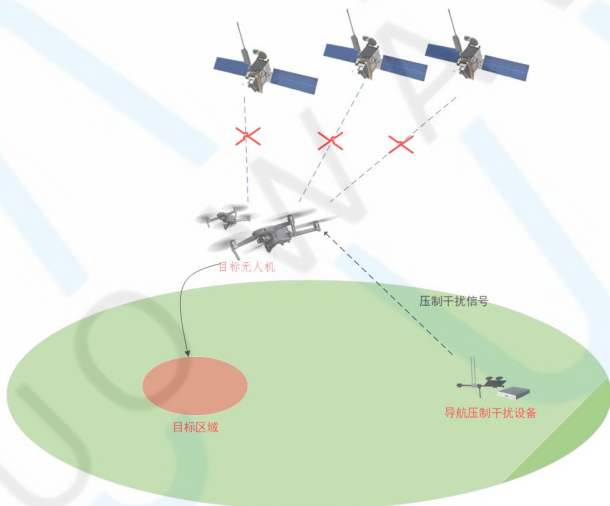
以实景模拟为核心，构建“侦测-定位-干扰-评估”的完整训练闭环

无人机侦察分系统



开展无人机数传或图传等遥测链路信号侦察实验，实现遥测信号侦察、分析，并采用双通道相位干涉仪体制对目标实施测向

无人机压制干扰分系统



开展对无人机机载GPS导航系统和飞行遥控的压制或欺骗干扰实验，实现对无人机GPS/遥控导航系统的有效干扰，使其无法获得有效位置信息或获得错误的位置信息或控制信息

无人机电子对抗管控分系统



开展对反无人机电子对抗行动策略验证实验：主要包括系统管理、态势显示及复盘分析等模块，使用无线或有线等通信方式，实现与“反无侦察分系统”和“反无压制干扰分系统”数据实时交互和综合管控

侦察实验分系统参数

探测频段	10MHz—6GHz
探测距离	不小于1Km
对信号的适应能力	直扩信号及常规脉冲信号等
测向精度	水平方位角20° ~ 25°
二次开发	支持LabView或Matlab对侦察控制软件进行二次开发



USRP-LW X310 是侦察系统的核心设备，用于实时捕获无人机信号并进行高精度测向

侦察压制干扰分系统参数

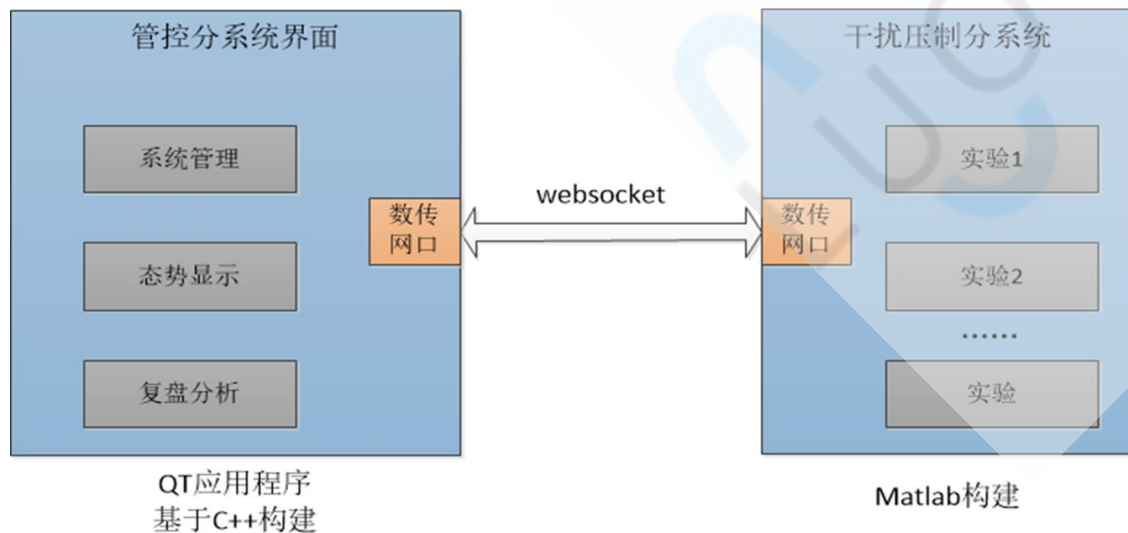
工作模式	支持GPS任意频点信号
干扰策略	全频阻塞压制
作用距离	定向不小于1Km
信号功率	不小于20W
天线方向	定向：28 ° ~ 50 °
整机功耗	< 300W
二次开发	支持LabView或Matlab对干扰控制软件进行二次开发



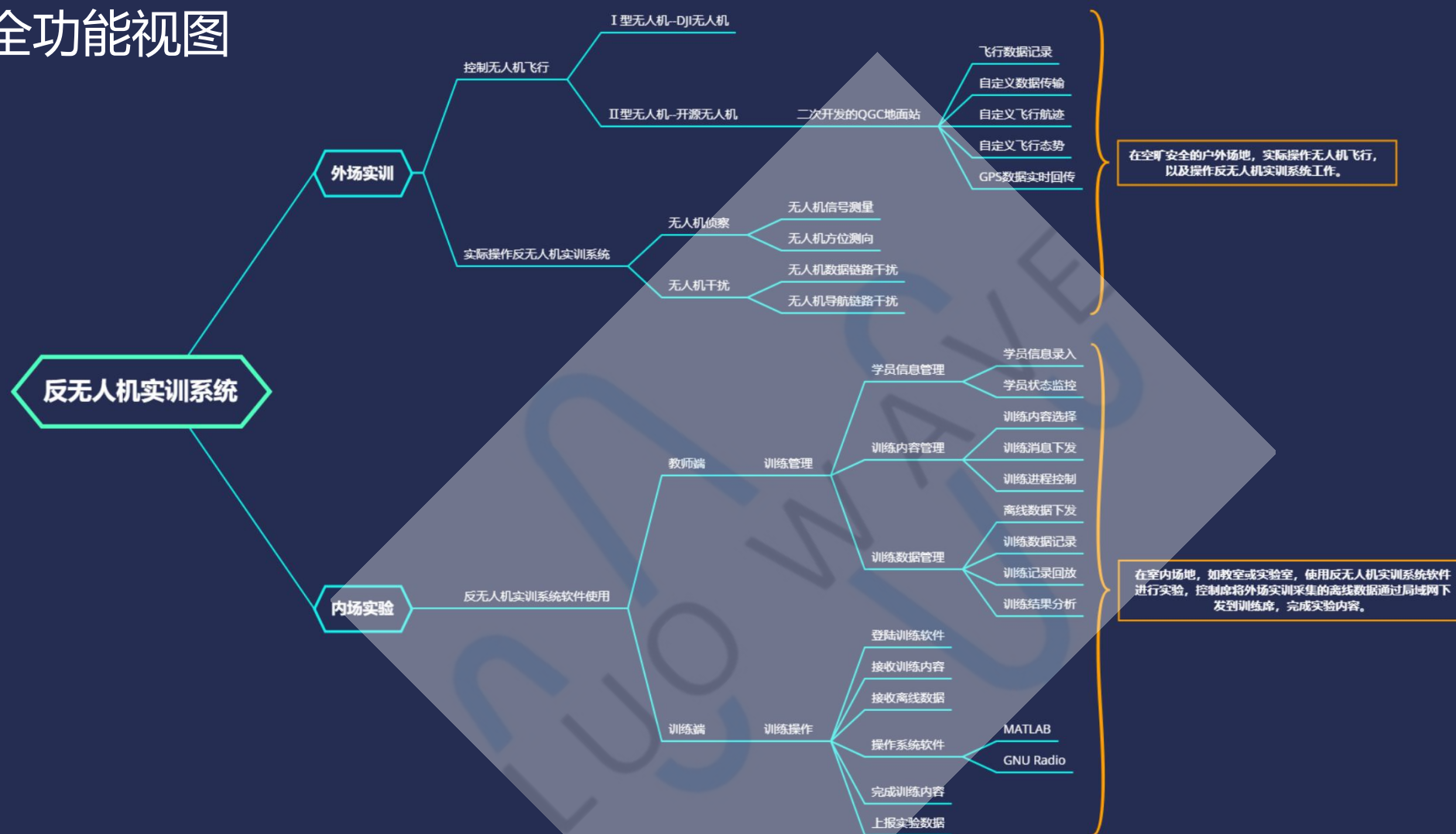
USRP-LW X310在干扰系统中用于生成和发射GPS压制/欺骗信号，通过噪声干扰或虚假导航电文使无人机GPS失效或定位错误

无人机电子对抗管控分系统

1. 管控与干扰系统间通过数传网口通信
2. 管控界面实时显示干扰WebSocket系统及无人机靶标的位置与状态
3. 管控系统负责训练管理，包括想定执行、状态监控、流程控制及效果评估（对比规划航迹与实际航迹）
4. 管控系统集成侦察/干扰效能计算模型，辅助训练筹划
5. 管控分系统通过构建轻便数据库，以0.5Hz频率存储干扰和靶标数据供分析



全功能视图



本方案--

硬件基于USRP通用软件无线电平台，具备良好的开源特性，可作为反无人机教学演示以及反无人机系列产品原型的开发基础；

软件基于MATLAB、GNU Radio及Qt等开源软件，使用Python和C++编程语言，具有很高的可移植性，能适应不同的系统使用环境。

军事院校案例：无人机探测与反制演示平台（通信+侦测+干扰三合一）

以**USRP-LW B210**硬件平台为基础，构建了集成**通信链路仿真**、**无线信号侦测分析与干扰波形生成**的协同实验系统，实现通信、侦测与干扰一体化研究。



其中：

- 通信链路仿真平台：构建完整的无线通信链路；
- 侦测分析及干扰仿真平台：负责对通信链路信号进行快速侦测和发现并进行多种模式的干扰。

通信链路仿真平台

由两台USRP-LW B210软件无线电设备模拟无线链路通信过程，能够模拟多种无线通信信号传输及图像传输场景，适用于通信协议验证、抗干扰测试及教学实验。

核心指标

1.通信性能指标

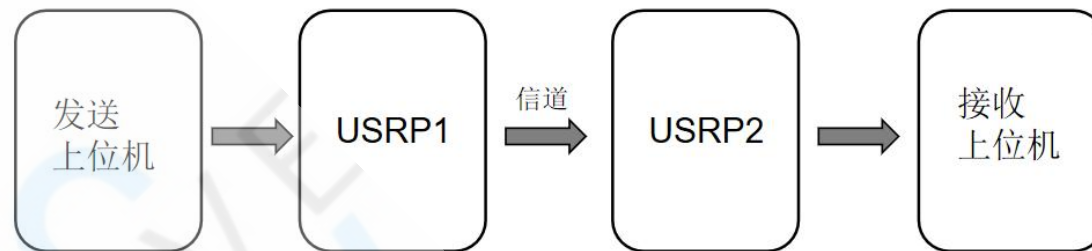
- 有效通信距离： $\geq 50\text{m}$ （视距环境）
- 射频频率范围：70MHz ~ 6GHz
- 支持多种调制制式
- 传输速率可调

2.核心功能特性

- 数据传输：
- 支持二进制bit流文件传输
- 集成误码率测试功能
- 跳频通信：
- 跳频速率：大于720跳/秒

3.系统架构优势

- 采用软件无线电架构（USRP-LW B210）
- 支持二次开发



系统流程图



多种信号传输软件界面



图传软件界面

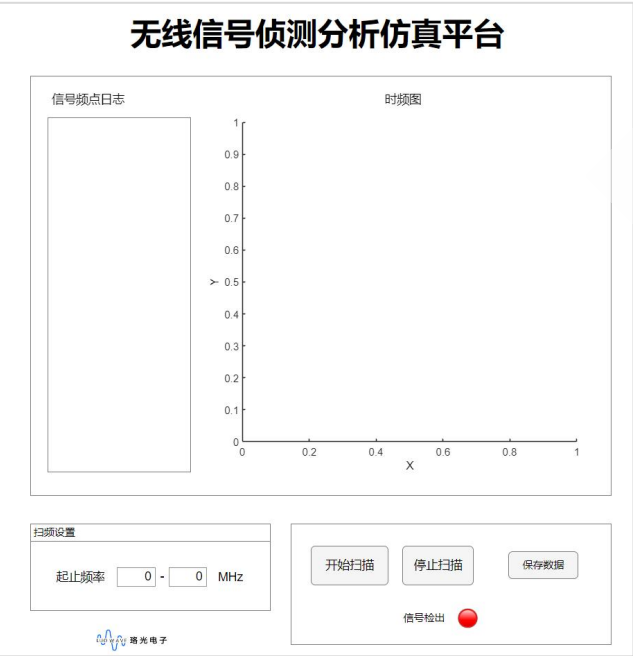
侦测分析与干扰仿真平台

系统可对通信链路信号进行快速、自动化侦测、识别、告警，并支持多种干扰信号生成、模式切换及效果评估功能。

其中：

侦测分析模块：负责频谱扫描、信号特征提取、识别告警及历史数据管理；

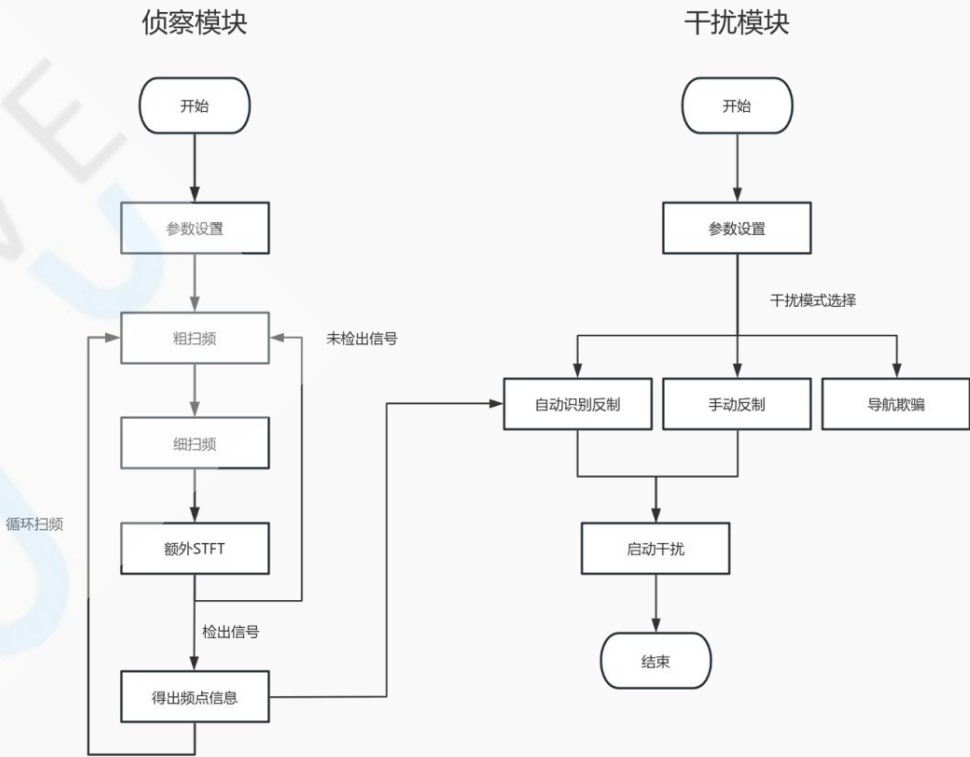
干扰控制模块：实现多种干扰信号生成、功率及带宽配置、模式切换与效果评估



侦测软件界面



干扰软件界面



软件流程图

侦测分析模块指标

1. 频谱监测能力:

- 超宽频段覆盖: 70MHz-6GHz (可扩展)
- 最大实时处理带宽: 40MHz
- 侦测距离 $\geq 20\text{m}$

2. 无线信号智能识别:

- 数据采集: 采用分频段循环扫描机制, 通过 USRP-LW B210 实时采集 I/Q 数据并缓存, 实现全频段覆盖扫描与信号捕获
- 具备特征提取功能

3. 数据处理与威胁响应:

建立信号指纹数据库, 支持历史数据多维度检索
支持原始 IQ 数据存储及 MATLAB 后处理分析

干扰模块指标

1. 干扰性能指标:

- 有效干扰距离 $\geq 30\text{m}$
- 干扰功率可调节
- 干扰带宽可调节

2. 多模式干扰:

- 支持多种调制方式干扰
- 工作模式: 自动反制/手动干扰

3. 干扰策略:

- 基于信号特征的智能干扰
- 支持跳频跟踪干扰
- 可模拟 GPS/北斗导航欺骗信号

可为以下领域提供统一的实验验证环境 > >

--无线通信协议验证
--电磁频谱感知

--抗干扰性能测试
--电子战效能评估

--跳频通信系统开发
--无人机"通信-侦测-反制"的全流程验证

军事院校案例：战术数据链Link11仿真系统



Link 11仿真系统运行于SDR-LW系列一体机平台，该软件系统可完整模拟Link 11传输协议的无线电静默模式与轮询模式。通过多台SDR设备，可快速搭建Link 11网络：Matlab负责信号编解码处理，GNU Radio实现射频控制功能。该系统还配有图形化用户界面，操作简单，可以广泛应用于军事教研活动。

规格参数

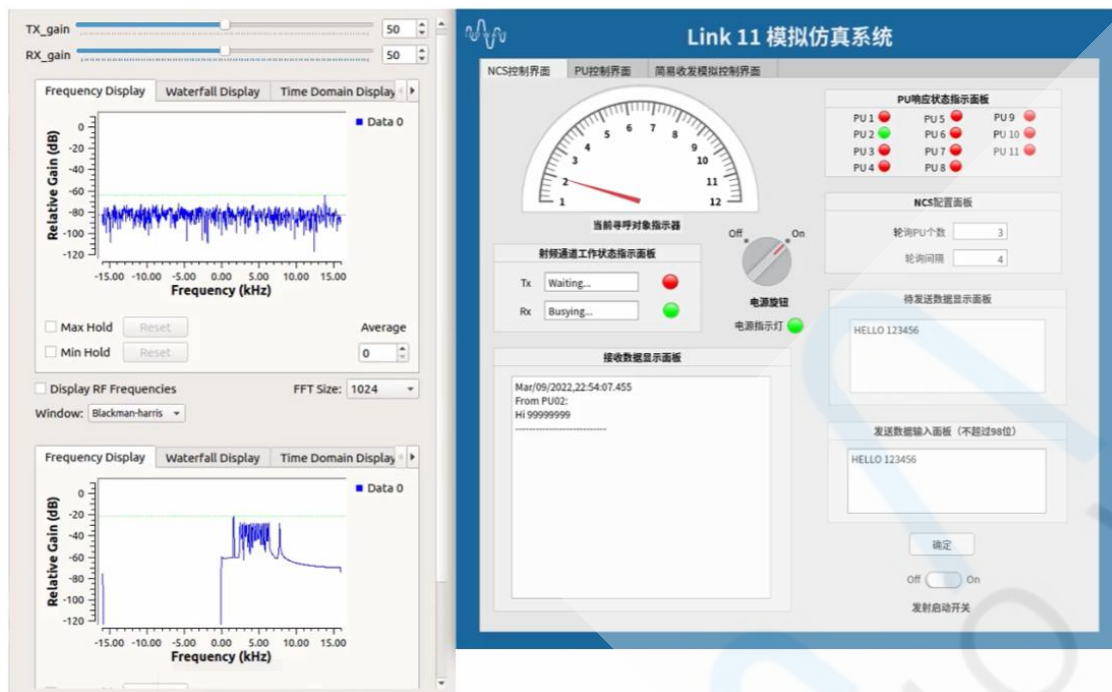
速率：2250bps	汉明码编码
16音并行CLEW波形体制	4-DQPSK基带调制
多节点支持	多种传输信号支持
基于误码率的链路管理	



SDR-LW All-in-one Machine Family

一体机的设计框架使其可以快速便捷地部署在室内或者室外

软件界面



主站 -- 接收到从站数据



从站 -- 接收到主站数据

- (1) 系统启动后，主站显示接收的从站数据，右上角面板实时更新各从站的应答状态
- (2) 从站界面同步显示接收到的主站数据
- (3) 左上角面板动态反馈当前主站在组网中的可达性状态

如有方案需求或对其中方案感兴趣，请与我们联系。



南方区
付经理

电话/微信同号: 137 9702 8002
邮箱: fuchaoxiu@luowave.com



北方区
李经理

电话/微信同号: 186 0274 5126
邮箱: lipenglei@luowave.com



江苏&安徽&山东
黄经理

电话/微信同号: 158 7182 1760
邮箱: sales.hyl@luowave.com



陕西&四川
陈经理

电话/微信同号: 180 6251 4745
邮箱: chen@luowave.com



公众号二维码