5G移动通信虚拟仿真实验室建设标书

一、主要功能要求

1.实验室能够同时满足基础性实验、设计性实验、创新性实验、综合性实验。

2.实验室能够满足无线网络优化、无线通信原理、通信原理、现代通信技术、现代交换技术、移动通信课程设计、通信系统综合设计、通信技术课程设计等课程实践教学的需求。

3.实验室能够满足学生参与“大唐杯”全国大学生新一代信息通信技术大赛等学科竞赛的备赛活动。

4.实验室建设成功后将大大提升学生的专业认知水平，从而提升专业实践能力。

二、仪器设备清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **设备名称** | **数量** |
| 1 | 教学型基站 | 1台 |
| 2 | 5G工程实践及通信原理仿真平台 | 26套 |
| 3 | 软件无线电创新平台 | 6套 |
| 4 | 人工智能通信技术实验开发平台 | 6套 |

三、技术参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **设备名称** | **详细技术参数** | **是否开源** |
| 1 | 教学型基站 | 1、适配19英寸机柜安装、机架安装、挂墙机框安装、地板安装；  2、支持各板卡指示灯；  3、满配重量≤10kg；  4、功耗≤35W；  5、配套的教学实践软件或平台须支持堪站规划及基站网络部署实践教学功能；支持基站开通调测及验证流程实践教学功能（需提供符合要求的产品功能截图及说明）。  6、配套仿真实践教学软件或平台须满足国家版权局对计算机软件著作权登记要求；（需提供软件著作权证书复印件）  7、配套的教学实践软件或平台须支持基站开通调测及验证流程实践教学功能；（需提供符合要求的产品功能截图及说明）  8、配套的教学实践软件或平台支持5G+应用部署实践教学功能；  9、教学型基站及配套实践教学软件或平台所支撑基站开通与调测教学过程。(需提供符合要求的产品功能截图及说明) | 不开源 |
| 2 | 5G工程实践及通信原理仿真平台 | 1、平台符合 B/S 架构支持多种浏览器访问、免安装；（需提供功能截图） 系统响应时延：3s以内；  2、采用分布式架构处理，同时支持本地部署和云端部署两种方式，至少满足100台PC机同时访问并行试验，响应时延3s以内；  3、支持CDN服务分布式资源分发与访问；  4、平台模拟基站操作开通及维护运维，满足5G工程实践教学；支持常规基站开通、数据配置、故障验证及基站业务验证；  5、匹配行业运营商（如中国移动、中国电信、中国联通等）5G 网络工程建设、开通调试、操作维护规范要求；（需提供功能截图或有效证明材料）  6、支持 3GPP 协议要求的 5G 无线网络技术相关控制面与业务面的流程、5G 接入信令流程；（需提供功能截图）  7、支持3GPP协议要求及智能网联汽车标准协议应用场景仿真实验；（需提供功能截图）  8、支持实验任务创建下发、任务，学生/班组管理，及实验报告评阅；（需提供功能截图）  9、支持与教学型基站软硬结合  10、平台须满足国家版权局对计算机软件著作权登记要求；（需提供软件著作权证书复印件）  11、不限制并发数，至少能够同时容纳200人使用 | 不开源 |
| 3 | 软件无线电创新平台 | 1、硬件技术要求  （1）应采用通用软件无线电架构，包含数字基带单元、射频前端单元等组成部分。  （2）数字基带单元应包括FPGA、DSP、ARM、CPLD、DAC、ADC等，其中FPGA性能不低于EP4CGX75，其LAB/CLB 数不低于4620个，逻辑单元数不低于73920个，收发器数不少于8个，数据速率不低于3.125Gb/s，最大工作频率不低于200MHz；DSP性能不低于TMS320VC5416；ARM性能不低于LPC2138；CPLD性能不低于MAX5M40；DAC不低于双通道10位，40 MSPS；ADC不低于双通道10位，20MSPS。  （3）射频前端单元频段不低于70MHz-6GHz，支持2发2收，信道带宽不低于56MHz，最大发射功率不低于16dBm，最大接收功率不低于-10dBm。  （4）应开放底层硬件接口，提供不少于1个千兆网口、1个USB接口、2个GPIO 接口、5个JTAG下载接口、4个射频接口、9个BNC接口。  2、软件技术要求  （1）应提供软件无线电创新平台对应的集成开发软件，该软件以三级目录树形式直观呈现支持的实验课程及对应的实验项目，能够直接调用 MATLAB编写程序，具有二次开发功能，包含射频参数配置功能，能够配置发射频率、接收频率、发射衰减、接收增益等参数，另外还包括网络参数配置、FPGA参数配置、硬件ID配置等功能。投标文件中应提供集成开发软件的界面截图，包括三级目录树、射频参数配置、网络参数配置、FPGA参数配置、硬件ID配置等内容。  3、核心功能要求  （1）连接示波器功能要求：平台能直接连接示波器，集成开发软件上运行的各种数据和波形，能够通过软件无线电创新平台输出到示波器上显示。  （2）小基站功能要求：平台应实现一个移动通信小基站的功能，符合3GPP协议规范的终端都能在该平台中注册、拨打电话、收发短信，且能实现多部手机入网与通信。应提供基站管理软件，可以对基站的基本参数、功率参数、定时器参数等进行设置。投标文件中应提供基站管理软件的界面截图。  4、课程实验要求  （1）通信原理实验：实验应分层分级，包括基础性实验、设计性实验和综合性实验三大类，其中基础性实验严格参照主流理论教材，以框图形式展示实验实现的详细过程，在集成开发软件中呈现的实验数量不少于32个；设计性实验全部采用FPGA实现，包括原理验证、系统设计、详细设计三个部分，实验数量不少于25个。  （2）无线通信类实验：提供FPGA的设计性实验，内容包括MSK、GMSK、8PSK、16QAM、64QAM、卷积编码、维特比译码、交织、解交织等。  （3）数字信号处理类实验：提供不少于10个基础性实验案例；不少于8个基于硬件DSP实现的设计性实验案例；提供软硬结合的综合性实验，包括实时语音信号的采集和分析系统设计和基于动态时间规整的语音识别系统设计等。投标文件中应提供基于DSP硬件完成数字信号处理实验的截图，包括通过DSP仿真器连接目标设备和电脑的图片，CCS软件真实运行程序的截图。  5、综合设计要求  （1）应提供无线通信系统、通信信号处理和移动通信协议等方向的综合设计案例，数量不少于40个。  （2）无线通信方向的综合设计应包括FM数字接收机设计、FM数字发射机设计、QPSK音频传输系统设计、无线电监测系统设计、无线信号录制与回放系统设计、模拟调制信号自动识别系统设计、数字调制信号自动识别系统设计、CDMA通信系统发射机设计、CDMA通信系统接收机设计、GSM物理层链路协议实现、OFDM通信系统设计、数字语音基带传输系统设计、LTE物理层协议设计、FSK数字调制通信系统设计、ASK数字调制通信系统设计、GSM基站与终端全双工实时语音传输系统、QPSK视频传输系统设计、5G物理层协议设计等项目，每个项目都有详细的基于LabVIEW开发的软件界面。投标文件中应提供LTE物理层协议设计、5G物理层协议设计的LabVIEW软件界面截图。  （3）综合设计应提供详细的项目任务书和设计指南，设计合理的实验方式，提供完整的程序框架，由学生完成指定的子程序，通过联调、软硬结合等方式构建通信系统。  6、通信协议算法要求  （1）GSM物理层协议算法：实现3GPP协议定义的GSM移动终端物理层协议仿真算法，如CRC、卷积编译码、Viterbi编译码、比特重排、交织解交织、GMSK调制解调等；能将发射和接收的过程串接起来，构成全流程算法，并能看到算法运行的数据、基带I/Q波形和星座图；算法可以直接采集麦克风音源或者导入音源文件，按照发射部分的算法流程运行，最后调制到真实商用的GSM频点上发射，接收机接收以后，按照接收部分的算法流程运行，最终还原成真实的语音信息。该算法应集成到软件无线电创新平台的集成开发软件中，打开后可以看到算法实现的完整流程图，可以以仿真和真实方式运行，运行后可在流程图中动态显示运行的是哪个算法，并显示发射流程和接收流程的各种过程数据，包括比特流、波形图、频谱图、星座图等。  （2）Link11战术数据链物理层协议算法：按照MIL-STD-188-203-1A设计实现，采用CLEW多载波工作体制；应采用模块化设计，发射模块包括：生成数据帧、汉明编码、比特组帧（生成相位基准帧、生成起始标识帧、生成结束标识帧、生成PU地址帧）、串并转换、π/4-DQPSK调制映射、上采样、脉冲成型、多载波调制、加报头。接收模块包括：符号同步、多载波解调、匹配滤波、下采样、π/4-DQPSK解调制映射、并串转换、比特解帧、汉明译码；应设置多个可配置参数，包含：帧类型（支持网控站报告帧、网控站呼叫帧、前哨战应答帧）、PU地址、数据帧数、信噪比、滤波器滚降因子、数据帧类型、运行方式（仿真系统、真实系统）等；支持仿真运行、真实系统的自发自收和真实系统的一发多收；实验结果以图像可视化方式显示，显示内容包括：发送端星座图、发送信号、接收信号、发送信号频谱、接收信号频谱、相关峰、接收端星座图，通过发送和接收信号频谱可观察多载波频率分布。  （3）LTE物理层协议算法：提供3GPP协议定义的LTE物理层协议仿真算法，包括信源生成、加CRC与解CRC、码块分割、Turbo编译码、速率匹配与解速率匹配、码块级联与解码块级联、交织与解交织、加扰与解扰、64QAM调制解调、资源映射与解资源映射、信道均衡、生成导频、OFDM符号生成等内容；能将发射和接收的过程串接起来，运行全流程算法，并能看到算法运行的数据、基带I/Q波形和星座图，可以通过真实的LTE频点进行发射和接收；能观察发射端的星座图映射以及通过无线信道后接收端的星座图映射，以及LTE（20M带宽）系统的频谱和实际占用带宽情况；集成开发软件能运行单个LTE算法，并具有算法运行结果判别的功能，学生可以修改、优化算法，软件能判别运行结果的对错。该算法应集成到软件无线电创新平台的集成开发软件中，打开后可以看到算法实现的完整流程图，可以以仿真和真实方式运行，运行后可在流程图中动态显示运行的是哪个算法，并显示发射流程和接收流程的各种过程数据，包括比特流、波形图、频谱图、星座图等。投标文件中应提供集成开发软件里的LTE物理层协议全流程算法的界面截图，应包括参数配置、整体流程图、运行过程数据等内容，数量不少于3张。  （4）NB-IoT物理层协议算法：提供3GPP协议定义的NB-IoT物理层协议仿真算法，包括信源生成、加CRC与解CRC、Turbo编译码、速率匹配与解速率匹配、信道交织与解信道交织、加扰与解扰、QPSK调制解调、资源映射与解资源映射、信道估计、信道均衡、MRC合并、生成DRRS、OFDM符号生成等内容；应提供上述单个仿真算法以及串接起来的全流程算法。该算法应集成到软件无线电创新平台的集成开发软件中，打开后可以看到算法实现的完整流程图，运行后可在流程图中动态显示运行的是哪个算法，并显示发射流程和接收流程的各种过程数据，包括比特流、波形图、频谱图、星座图等。  （5）5G物理层协议算法：提供3GPP 38系列协议定义的5G物理层协议仿真算法，包括信源生成、加CRC与解CRC、码块分割与解码块分割、LDPC编码与译码、速率匹配与解速率匹配、码块级联与解码块级联、加扰与解扰、256QAM调制与解调、层映射、传输预编码、预编码、生成DMRS、资源映射、OFDM基带信号生成等内容；应提供上述单个仿真算法以及串接起来的全流程算法。该算法应集成到软件无线电创新平台的集成开发软件中，打开后可以看到算法实现的完整流程图，运行后可在流程图中动态显示运行的是哪个算法，并显示发射流程和接收流程的各种过程数据，包括比特流、波形图、频谱图、星座图等。投标文件中应提供集成开发软件里的5G物理层协议全流程算法的界面截图，应包括参数配置、整体流程图、运行过程数据等内容，数量不少于3张。  7、投标人中标后应根据采购方的需要，提供一台软件无线电创新平台平台样机，到其指定地点对技术参数进行逐条测试，如果出现任何不符合参数要求的情况，采购人有权拒收该产品，并上报政府采购管理部门。如果产品符合要求，则将该产品留存在学校，作为将来交付时的参考。 | 可开源 |
| 4 | 人工智能通信技术实验开发平台 | 1、硬件技术要求  （1）应采用全国产AI处理器，算力不低于8TOPS，CPU不低于TAISHANV200M@1.0GHz\*4，NPU不低于DaVinciV300@0. 5GHz\*1，内存不低于8GB，SPI Flash 不低于32MB，eMMC 不低于64GB。  （2）应提供蓝牙和WiFi二合一功能。  2、实验案例要求  （1）应包括基于MindSpore和Pytorch框架的模型训练和转化、智能通信技术、人工智能应用等三类实验案例，总数量不少于20个。  （2）基于MindSpore和Pytorch框架的模型训练和转化应包括基于MindSpore的yolo人脸模型训练、基于Pytorch的mobilenet\_v2路标识别模型训练、Yolo的人脸CPKT模型转换成昇腾AI处理器的om模型、Mobilenet\_v2的路标pt模型转换成昇腾AI处理器的om模型等实验项目。  （3）智能通信技术应包括基于深度神经网络的自动调制方式分类、基于全连接神经网络的LDPC码译码、基于VGGNet神经网络的LDPC码率盲识别、基于DNN神经网络的OFDM系统的信道估计、基于深度学习的Turbo自动编码器设计、基于深度学习的MIMO系统的预编码设计、基于神经网络的MIMO系统的信道状态信息CSI反馈设计、基于深度学习的波束选择BF的应用等综合设计项目。  （4）人工智能应用应包括基于MindX SDK的自动调制方式分类应用开发、基于MindX SDK的LDPC码译码应用开发、基于MindX SDK的LDPC码率盲识别应用开发、基于MindX SDK的OFDM系统的信道估计应用开发、基于MindX SDK的Turbo自动编码器应用开发、基于MindX SDK的人脸识别应用开发、基于MindX SDK的路标分类应用开发等综合设计项目。投标现场应提供演示视频，演示基于深度神经网络的自动调制方式分类，能够通过网口实时采集本次招标的软件无线电创新平台的真实射频IQ数据，将IQ数据实时给本设备的神经网络模型，能够正确的识别出不少于7种调制类型（应包括模拟调制和数字调制），置信度不低于0.7。 | 可开源 |

四、开出实验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程名称** | **实验实训项目名称** | **类别** |
| 1 | 无线网络优化 | 5G系统开通维护信息规划、5G核心网系统与5G核心网软件调测、5G基带处理单元版本升级及参数初始化、5G基站正常模式网络规划、5G基站级联模式网络规划、5G基站负荷分担及主备模式网络规划、5G射频单元版本升级及5G基站小区参数配置、5G基站射频链路开通、5G基站传输链路开通、5G终端配置及接入测试、5G业务服务器调测、5G基站端到端业务测试、5G基站远程维护链路建立、基站协议接口与链路建立 | 基础性 |
| 2 | 通信原理 | 模拟信号源实验、m序列产生及特性分析实验、抽样定理实验、均匀量化PCM编码、均匀量化PCM编译码实验、非均匀量化PCM编译码实验、语音信号PCM编译码实验、AM调制解调实验、DSB调制解调实验、SSB调制解调实验、FM调制解调实验、模拟调制性能对比实验、BPH码型变换实验、CMI码型变换实验、AMI码型变换实验、5B6B编译码实验、8B10B编译码实验、HDB3编译码实验、数字基带信号频谱分析实验、ASK调制解调实验、FSK调制解调实验、BPSK调制解调实验、2DPSK调制解调实验、QPSK调制解调实验、数字调制误码率与信噪比关系实验、波形成型实验、汉明码编译码实验、循环码编译码实验、卷积码编译码实验、CRC校验实验、位同步实验 | 基础性 |
| 3 | 无线通信原理 | GMSK调制解调实验、16QAM调制解调实验、64QAM调制解调实验、2/3/4/5G架构演进、5G基带处理单元版本升级及参数初始化、5G小区搜索物理层过程实验、5G物理资源、5G信令测试实验 | 基础性 |
| 4 | 现代交换技术 | 用户接口模块实验、用户信令的产生与观测实验、双音多频接收与检测实验、平台交换方式与状态显示、用户话路PCM编译码实验 | 基础性 |
| 5 | 现代通信技术、移动通信课程设计 | 5G移动网络运维与管理、移动通信工程施工与概预算、通信设备与单元功能配置、移动通信基站（5G）选址与勘探、基站设备小区配置与开通、控制面与用户接入鉴权、会话管理与用户面流程分析、5G组网与部署实验、5G核心网用户信息管理 | 设计性 |
| 6 | 无线网络优化 | 5G+创新应用实验 | 创新性 |
| 7 | 通信系统综合设计、通信技术课程设计 | 运营商机房机柜及5G基站设备安装规范与工程实践、5G AAU及天线安装规范与工程实践、机房走线与接地安装规范与工程实践、GPS天线安装规范及防雷箱/馈线窗/GPS避雷器安装调试、室内设备网络综合布线、基于DNN神经网络的OFDM系统的信道估计、基于深度学习的MIMO系统的预编码设计 | 综合性 |

五、主要学科竞赛

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **主办单位** | **竞赛名称** | **等级** |
| 工业和信息化部 | “大唐杯”全国大学生新一代信息通信技术大赛 | B类 |

六、厂家技术人员和师资培训服务

1.需要企业派遣2名技术人员，驻校培训项目交付设备2天。

2.师资培训要提供所有设备的说明书、设备使用手册等材料内容，使用教师能够流畅使用本次采购设备。

七、售后服务

1.实验室设备整体质保年限5年。

2.售后服务时效：如设备出现故障，接到招标人的保修电话后，2小时内回复响应，若远程指导不能解决故障，中标人需派遣维护工程师在6小时内到达现场，一般故障12小时内修复，如果12小时内无法修复，则在维修期间提供设备备品以供教学使用。

3.教学软件购置质保期内免费升级。

4.质保期内中标供应商及其生态链企业需累计提供不少于10个相关专业的工作或实习岗位，工作地点需在湖南省内，企业与学生双向择优录取。