

货物需求及技术规格要求

一、招标设备清单：

序号	设备名称	数量
1	计算机组成原理/微机接口创新教学开发平台（核心产品）	40 套
2	通信原理/光纤通信（二合一）综合实训系统	40 套
3	4G 移动通信系统实训开发平台（核心产品）	1 套

二、招标技术参数要求：

序号	设备名称	招标技术参数要求	数量 单位
1	计算机组成原理/微机接口创新教学开发平台（核心产品）	一、平台设计要求 1、要求平台采用 ARM Cortex-M4+EP4CE6 FPGA 双核架构，支持计算机组成原理、微机接口等课程的汇编语言编程及教学。 ★2、要求平台支持 ARM 汇编语言与 C 语言的混合编程。支持 FPGA 实现存储器、计数器、定时器、串口等 IP 核设计。支持 ARM 对通过 FPGA 设计的存储器、计数器、定时器等 IP 核进行功能验证。 3、要求平台 ARM 处理器与 FPGA 芯片之间可完成数据通信，支持 RAM 并行数据总线通信、SPI 总线通信、I2C 总线通信、UART 总线通信。 4、要求平台提供 8 位 LED、8 位按键、8 位拨档开关、蜂鸣器、交通灯、2 个四位一体数码管、直流电机、步进电机、2.8 寸 TFT 液晶屏、温湿度传感器、烟雾传感器、红外热释电传感器、超声波传感器、加速度传感器、电子罗盘传感器、光照度传感器、ADC、DAC 等硬件外设资源。 ★5、要求设备厂商协助用户完成加入本次投标设备的核心芯片厂商的“中国大学计划”项目，该“大学计划”能够在精品课堂、师资培训、大学生竞赛、创新基地、开源项目上给予资源和技术支持。需提供设备厂商承诺函并加盖设备厂商公章。 ★6、要求提供投标产品售后服务承诺函并加盖设备厂商公章。 ★7、要求提供投标产品技术参数证明确认函并加盖设备厂商公章。 二、硬件参数要求 ★1、要求提供的 ARM 主芯片性能为 STM32F407，FPGA 主芯片性能为 EP4CE6E22，ARM 与 FPGA 通过总线扩展控制器进行数据交互。 2、要求提供 8 位 LED； 3、要求提供 8 位按键； 4、要求提供 8 位拨档开关； 5、要求提供 1 路蜂鸣器； 6、要求提供 1 路交通灯单元； 7、要求提供 2 个四位一体数码管； 8、要求提供 1 路直流电机，自带霍尔测速模块；	40 套

	9、要求提供 1 路步进电机模块单元； 10、要求提供 2.8 寸 TFT 电阻触摸屏，分辨率 320*240； 11、要求提供温湿度传感器模块单元；该单元采用已校准数字信号输出的温湿度传感器 DHT11；内部集成一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件；湿度精度：+-5%RH， 温度精度：+-2℃，湿度量程：20-90%RH， 温度量程：0~50℃。 12、要求提供烟雾传感器模块单元；该单元要求采用烟雾浓度检测传感器 MQ-2,烟雾传感器测量范围：300~10000ppm，测量精度：gas≥5，响应时间：<10s，恢复时间：<10s。 13、要求提供红外热释电传感器模块单元；该单元要求采用热释电红外传感器，感应距离：0~3.5M,输出：高电平 H=3.3V,L=0V,供电支流：3.3V~5V，静态电流：20uA 。 14、要求提供超声波传感器模块单元；该单元要求采用超声波传感器 TCT40-16R/T，（直径 16mm）标称频率（kHz）：40kHz，测量范围：3cm~20cm，测量精度：±0.5 cm。 15、要求提供加速度传感器模块单元；该单元要求采用 ADXL345 芯片，最高 13 位数字精度分辨,能够测量超过±16g 的加速度变换。信号输出为 16 位数字输出,可以通过 SPI 与 I2C 接口实现信号采集。 16、要求提供电子罗盘传感器模块单元；该单元要求采用弱磁传感器芯片 HMC5883L，实现电子罗盘和磁场检测功能。 17、要求提供光照度传感器模块单元；该单元要求采用光电二极管，板载模拟调理电路对传感器原始信号进行放大调理。 18、要求提供 10bit 串行 ADC 模块单元； 19、要求提供 10bit 串行 DAC 模块单元。 三、主要实训项目要求 1、ARM 汇编实训：（要求列举至少 15 个实训项目）； （1）点亮 LED 实训 （2）LED 延时闪烁实训 （3）LED 流水灯实训 （4）按键检测实训 （5）蜂鸣器实训 （6）数码管动态扫描实训 （7）拨档开关输入实训 （8）倒计时实训 （9）BCD 码实训 （10）定时器实训 （11）计数器实训 （12）中断实训 （13）串口通信实训 （14）看门狗实训 （15）计算器实现实训 2、ARM C 语言实训：（要求列举至少 38 个实训项目）； （1）点亮 LED 实训 （2）LED 延时闪烁实训	
--	--	--

		(3) LED 流水灯实训 (4) 按键检测实训 (5) 蜂鸣器实训 (6) 数码管动态扫描实训 (7) 拨档开关输入实训 (8) 倒计时实训 (9) BCD 码实训 (10) 定时器实训 (11) 计数器实训 (12) 中断实训 (13) 串口通信实训 (14) 看门狗实训 (15) 计算器实现实训 (16) 数字时钟实训 (17) 蜂鸣器播放音乐实训 (18) 交通灯实训 (19) 步进电机驱动实训 (20) PWM 直流电机驱动实训 (21) 直流电机测速实训 (22) DAM 实训 (23) 内部 ADC 实训 (24) 内部 DAC 实训 (25) TFT 液晶显示实训 (26) 液晶触摸屏实训 (27) 温湿度测量实训 (28) 烟雾浓度测量实训 (29) 红外人体感应实训 (30) 超声波测距实训 (31) 加速度角度测量实训 (32) 电子罗盘实训 (33) 光照度测量实训 (34) UCOS 任务创建和删除实训 (35) UCOS 任务挂起和恢复实训 (36) UCOS 时间片轮转调度实训 (37) UCOS 软件定时器实训 (38) UCOS 直接访问共享资源实训 3、汇编与 C 语言混编实训：（要求列举至少 5 个实训项目）； (1) 汇编主程序调用 C 子程序基础实训 (2) C 主程序调用汇编子程序基础实训 (3) C 程序中内嵌汇编语句基础实训 (4) 电子钟混编应用实训 (5) 计算器混编应用实训 4、FPGA 数字逻辑实训：（要求列举至少 25 个实训项目）； (1) LED 控制实训	
--	--	---	--

		(2) 按键检测实训 (3) 拨档开关输入实训 (4) 蜂鸣器控制实训 (5) 8-3 编码器实训 (6) 8-3 优先编码器实训 (7) 3-8 译码器实训 (8) 8-1 数据选择器实训 (9) 4 位二进制比较器实训 (10) 4 位二进制全加器实训 (11) D 触发器实训 (12) 移位寄存器实训 (13) 模 16 加法计数器实训 (14) 数控分频器实训 (15) 四位并行乘法器实训 (16) PLL IP 核设计实训 (17) ROM IP 核设计实训 (18) RAM IP 核设计实训 (19) FIFO IP 核设计实训 (20) 8255 可编程计数器/定时器设计实训 (21) 8253 可编程并行接口设计实训 (22) 8050 串行接口设计实训 (23) 八位七段数码管动态显示实训 (24) 七人表决器实训 (25) 四人抢答器实训 5、ARM 与 FPGA 联合设计实训：（要求列举至少 6 个实训项目）； (1) 通过 ARM 验证存储器 (RAM/ROM) IP 核功能实训 (2) 通过 ARM 验证 8255 可编程计数器/定时器 IP 核功能实训 (3) 通过 ARM 验证 8253 可编程并行接口 IP 核功能实训 (4) 通过 ARM 验证 8050 串行接口 IP 核功能实训 (5) RAM 总线通信实训 (6) 串行接口通信实训 6、综合性实训（要求列举至少 7 个实训项目）。 (1) 数字电压表实训 (2) 数控简易信号发生器实训 (3) 多功能数字万年历实训 (4) 多功能数字温度计实训 (5) 倒车雷达模拟实训 (6) 重力球实训 (7) 智能安防系统模拟实训	
2	通信原理 /光纤通信(二合一)综合	一、总体设计要求： 1、要求系统采用模块化设计，底板接口统一，模块可任意排版；每个模块都有单独的核心电源，自带开关电源，具有短路保护和自动恢复功能。 2、要求光纤模块采用对称模块化双光端机设计，光器件全外置，自	40 套

实训系统	带保护罩。 3、要求系统自带独立的数字信号源和数字终端模块，无需示波器即可观测实训结果和开设大部分实训。 4、要求扩展性强：可以方便的扩展录音机、对讲机模块，不仅可以满足常规的实训教学要求，而且可同时用于学生的课程设计和毕业设计研究使用。 5、要求系统自带 M 序列发生器及白噪声发生电路，学生可方便的进行眼图实训的模拟和观察测量。 6、要求常用的调节电阻，我们采用手柄电位器设计，易于调节和使用。 ★7、要求提供投标产品售后服务承诺函并加盖设备厂商公章。 ★8、要求提供投标产品技术参数证明确认函并加盖设备厂商公章。 二、功能模块技术参数要求： 1、光端机模块技术参数： （1）要求提供 1310nm 光端机和探测器模块:1310nm 激光发射器模块包含自动功率控制电路（APC）、无光检测电路、光器件寿命检测电路，实现光发射电流、激光器寿命检测灵敏度、输入模拟信号衰减、PD 增益调节、APC 人工偏流调节功能；实现增益调节，判决电平调节，模拟信号的垂直偏置调节功能。 （2）要求提供 1310nm 光端机和探测器模块:1310nm 激光发射器模块包含自动功率控制电路（APC）、无光检测电路、光器件寿命检测电路，实现光发射电流、激光器寿命检测灵敏度、输入模拟信号衰减、PD 增益调节、APC 人工偏流调节功能；实现增益调节，判决电平调节，模拟信号的垂直偏置调节功能。 ★2、数字信号源模块：采用光栅显示。 CLK: 4.433MHz 峰-峰值 3.5V BS: 170.5KHz 峰-峰值 5V FS: 7.1KHz 峰-峰值 5V NRZ: 24 位可调 NRZ 码，终端用光栅显示，峰峰值 5V。 ★3、前向纠错信道编译码模块： 线性分组码编译码模块、循环码编译码模块、卷积码编译码模块，支持错误插入、自动纠错功能，错误插入模式可选，要求支持用户定制和二次开发。 4、时钟：64Hz，128Hz，256Hz，512Hz，1KHz，2KHz，4KHz，8KHz，16KHz，32KHz，64KHz，128 KHz，256KHz，512 KHz，1024 KHz，2048 KHz，4096KHz，8192KHz ★5、CPLD: Xilinx 公司处理器。 6、两路低频信号源： 信号种类：正弦波、方波、三角波，频率、幅度、占空比连续可调 频率范围：50 Hz—2.7 KHz 幅度范围：0-15V 7、两路高频载波源： 信号种类：正弦波，双载波信号输出，幅度连续可调 频率范围：500 KHz 125 KHz	
------	---	--

	幅度范围：0-8V 8、加法器、带通滤波器 中心频率：500 KHz±1 KHz 125 KHz±1 KHz 9、数字调制(2FSK、2ASK、2DPSK 调制) CAR: 2.21MHz 峰-峰值 1V 10、眼图观察及白噪声输出模块 11、系统至少应包括的调制解调模块： AM 调制和解调，PAM 调制和解调，CVSD 调制和解调，PCM 调制和解调，2ASK 二进制振幅键控调制和解调，2FSK 二进制移频键控调制和解调，2DPSK 二进制差分移相键控调制和解调。 12、系统至少应包括的数字编解码模块： HDB3 编译码、CMI 编译码、差分编译码、密勒编译码、M 序列输出、曼彻斯特编译码 13、系统应包括的同步模块：载波同步单元，位同步单元，帧同步单元。 ★14、MSP430+对讲机模块（要求能与真实民用对讲机通话对讲，方便学生体验通信原理调整解调真实应用） （1）核心芯片：MSP430F135， RDA1845； （2）要求提供一个电源开关，一个 JTAG 下载口，一路复位电路，四路轻触按键输入，一路音频输出接口，一路 MIC 输入接口，一路 20P 的 I/O 扩展接口。 15、窄带通信应用创新开发平台（共计 1 套） 1) 系统设计要求： （1）要求平台采用模块化设计理念，由嵌入式应用层网关、嵌入式异构组网网关、无线通信功能单元、自动识别功能单元、智能传感器单元、智能节点控制单元、智能执行机构单元七大部分组成，体现最新最全的四层物联网技术架构（感知层->网络层->平台层->应用层）。无线通信功能单元、自动识别功能单元、传感器单元、执行机构单元都可以以堆叠插接方式连接智能节点控制单元。 （2）要求系统中各模块独立且源代码完全开放；智能节点控制单元采用 Cortex-M4 微控制器，支持硬件浮点型运算，可在节点端完成图像采集并处理，支持边缘计算；智能节点控制单元未使用 IO 全部引出，具有多路扩展接口，便于用户二次开发和创新使用。 2) 硬件资源及技术参数要求： （1）嵌入式应用层网关 ①处理器：8 核处理器，ARM Cortex-A53 Samsung S5P6818，主频：1.4GHz； ②存储：处理器内置显卡:Mali-400 MP4，2GB DDR3 1600MHz，16GB eMMC 4.5； ③常用接口：2 个 RS232 串口；1 路 SPI 总线接口；1 路 I2S 音频处理电路，含 mic 输入；1 路功放电路，含扬声器接口；3 路 USB Host 接口；1 路 USB OTG 电路；1 路 HDMI 高清接口；2 路标准 LVDS LCD 接口；1 路标准 SIM 卡接口，支持 2G/3G/4G SIM 卡；1 路标准 TF 卡	
--	--	--

	接口，最大支持 64GB；1 路自适应以太网接口；3 路标准 DC3-20 插座，外引 6818 的 GPIO、UART、IIC 接口；1 路 500W 摄像头接口；1 路 JTAG 调试接口；1 个标准 5V 电源接口，带自锁开关； ④板载资源：6 路功能按键；2 路自定义独立按键；1 路蜂鸣器控制电路；1 路 PWM LED 控制电路；1 路电位器 ADC 采集电路；1 路 RTC 时钟电路；1 路 WiFi 蓝牙二合一电路，支持 2.4GHz 和 5GHz 双频 802.11n Wi-Fi，Wi-F Direct 及 Wi-Fi HotSpot、蓝牙 4.0+HS 双模运作。 ⑤板载 GPS 模块：工作电压范围：1.4~3.6V；通道：56；冷启动灵敏度：-148 dB；跟踪灵敏度：-162 dB；热启动：2 s；冷启动：30s；串行接口：DDC，SPI，UART；符合 RoHS。 ⑥板载重力感应器：14 位数字加速度传感器；电源电压：1.95V-3.6V；接口电压：1.6-3.6V；全量程动态可选：±2g/±4g/±8g；输出数据频率范围（ODR）：1.56HZ-800HZ；超低功耗：待机模式下为 0.1 μA；电耗：6 μA -165 μA；符合 RoHS 规范。 ⑦板载全网通 4G 模块：采用 EC20 模组，工作电压：3.3-3.6V；下行支持多用户 MIMO；FDD：最大上行速率 50Mbps，最大下行速率 150Mbps；TDD：最大上行速率 35Mbps，最大下行速率 130Mbps；支持 FDD-LTE/TDD-LTE/WCDMA/TD-SCDMA/CDMA/GSM 网络数据连接，支持 WinCE/Linux/Android 等嵌入式操作系统，支持标准 AT 指令集 3GPPTS27.007，27.005 及扩展 AT 指令集。 ⑧液晶显示模块：10.1 寸高清 IPS 屏，支持电容式多点触摸； ⑨摄像头模块：500W 高清摄像头，具有自动对焦功能； ⑩系统：支持 Android5.1、Linux3.4.39+QT2.2、Ubuntu12.04。 （2）嵌入式异构组网网关 本网关具有异构组网功能，可以完成不同频段、不同协议无线通信单元的组网数据传输与控制，支持无线射频（433M、915M、2.4G）、ZigBee、LoRa、NB-IoT 等至少 6 种不同架构无线传输单元。 ①同时支持至少 3 种架构物联网通信单元组网和 3 种移动互联连接方式。 ②支持物联网云端连接、数据上传与下行控制，支持多种公共物联网云（机智云、OneNet、百度天工等）和企业私有云。 ③处理器：Cortex-M4 架构；工作频率：168MHZ；1M 字节扩展 SRAM。 ④板载资源：3.5 寸四线电阻触摸屏；FSMC 液晶接口；SD 卡接口；32M SPI Flash；E2PROM；字库芯片；CP2102 USB 转串口；SIM800C GPRS/GSM 模块；标准 SIM 卡接口；2 路 LED；4 个独立按键；1 路有源蜂鸣器。 ⑤具有无线通信模块自动切换功能，无需修改程序代码即可实现功能自动切换，每个无线通信模块接口供电可分别控制。 （3）无线通信功能单元 ①LoRa 窄带通信模块（4 个） 模块嵌入高速低功耗单片机和高性能 LoRa 扩频芯片，采用高效的循环交织纠检错编码，抗干扰和灵敏度都大大提高。发射功率 100mW，低功耗，具有无线唤醒功能，LoRa 扩频窄带通信能够带来	
--	--	--

	更远的通讯距离。模块提供了多个频道的选择，可在线修改串口波特率、收发频率、发射功率、射频空中速率等各种参数。 ②NB-IoT 窄带通信模块（4 个） 模块采用 5G 授权频道 NB-IoT 技术，采用华为海思最新推出的 NB-IoT 商用芯片，支持海量连接、有深度覆盖能力、功耗低，非常适合用于传感、计量、监控等物联网应用，配套独家可视化参数配置软件，提供后台服务器应用软件。 （4）自动识别功能单元 ①高频 RFID 模块 模块采用非接触式读写卡芯片，工作频率：13.56MHz；协议：ISO 14443A/MIFARE；自动应答类型：近场（13.56MHz）；感应区域：0~10Cm（13.56MHz），支持 SPI 接口、I2C 接口和 UART 三种通信接口；支持 s50、s70、pro、UltraLight、desfire 五种类型卡。 ②语音识别模块 ★a 模块采用基于最新 DNN 深度神经网络识别算法的远场语音识别系统，采用先进语音芯片和高灵敏度数字麦克风，集成本地语音识别、语音增强、语音降噪、声源定位和本地语音合成等多种算法，离线状态下识别指令可达万条。 ★b 模块采用高灵敏度数字麦克风录音，利用稳态、动态噪音过滤算法，支持动态调整录音音量，录音降噪处理后，通过语音增强可将高信噪比的语料数据送到识别引擎去做识别，保证了不同距离（远场）识别的高精度和抗噪能力。 c 模块支持中文普通话和方言识别，用户可自定义学习训练唤醒词和控制指令，学习训练内容不限制语种，不限制说话内容。方言学习训练成功后，系统既支持已有的普通话识别，也支持学习训练的方言识别。 技术、功能演示视频要求：投标人需提供【②语音识别模块】中序号 a、b 的视频演示资料，未提供或者演示不全的视为此项功能不满足文件要求，按招标文件规定扣除相应的分数。视频内容须包含该参数所有功能的演示，带语音讲解，视频演示时间共计不超过 5 分钟，演示资料以 U 盘形式提供，本项目远程开标，开标前由投标人将演示资料送至开标地点后即可离开。（提醒：视频格式自行选择，但必须保证使用电脑 Windows 系统自带基础播放软件可以正常播放） （5）智能传感器单元 至少包括以下 6 种传感器单元。 ①温湿度传感器 ②烟雾传感器 ③火焰传感器 ④光照度传感器 ⑤空气质量传感器 ⑥紫外线传感器 （6）智能节点控制单元（6 个） ①处理器：ARM Cortex-M4，主频：168MHz；1 个 5V 电源接口；1 个	
--	---	--

	USB 接口；1 个 USB 转串口接口；1 个 RTC 时钟模块；4 个用户按键；1 个复位按键；1 个有源蜂鸣器；4 个用户 LED。 ②提供 8 路感知控制接口，包含模拟输入接口、SingleBus 接口、UART 接口、I2C 接口以及 4 线 SPI 接口；1 路 CMOS 摄像头接口。支持接入 8 路无线通信功能单元、自动识别功能单元、智能传感器单元、智能执行机构单元，实现综合应用。 ③提供 1 个 3.5 寸 TFT 液晶屏，用于节点采集信息显示和节点组网信息显示。 ④提供无线传输模块通用接口，无线传输模块接口功能可直接通过拨码开关选择切换，无需修改程序代码实现功能自动切换。 ⑤提供传感器节点通用接口，支持传感器节点自动识别功能，传感器种类发生改变时，无需修改程序代码实现功能自动切换。 ⑥提供标准 SWD 下载接口，使用 USB 接口的 J-LINK 下载器进行程序仿真和下载，也可通过串口进行程序下载。 ⑦带有电源保护电路，所有未用 IO 全部引出。 (7) 智能执行机构单元 ①电动风扇模块 模块提供 1 路直流风扇模块，工作电压：DC5V，工作电流(A)：0.09-0.25，转速(RPM)：3000-4000。 ②全彩 RGB LED 模块 模块支持 RGB 颜色值，亮度值，开关状态可调，可以通过程序进行调光处理，控制 LED 的相关变化。 三、主要实训项目要求：（要求列举至少 20 个实训项目） (1) P-I 特性曲线绘制实训 (2) 数字信号源实训 (3) 自动功率控制（APC）原理实训 (4) 光器件寿命检测及无光检测报警实训 (5) 数字光发送接口指标测试实训 (6) 光接收机电路原理测试实训 (7) 数字调制实训 (8) 2ASK、2FSK 数字解调实训 (9) 同步载波提取实训 (10) 2DPSK 数字解调实训 (11) 全数字锁相环与位同步时钟恢复实训 (12) 模数混合锁相环与位同步时钟恢复实训 (13) 帧同步信号恢复实训 (14) 数字基带通信系统实训 (15) 2DPSK、2FSK、2ASK 通信系统实训 (16) CMI、密勒、差分、曼彻斯特编译码实训 (17) 数字光接收端口的指标测试实训 (18) 数字信号的电—光、光—电转换传输实训 (19) PAM 调制解调通信系统实训 (20) PCM 编译码及 TDM 时分复用实训 (21) CVSD 调制解调通信系统实训	
--	---	--

		(22) 模拟信号电—光、光—电传输实训	
3	4G 移动通信系统实训开发平台（核心产品）	一、总体设计要求： 1、要求平台基于商用电信级 4G 系统，并针对教学特点进行了一系列改进，解决了传统商用电信设备“黑盒式”实训方式的问题，很好的满足了通信专业实训教学的要求。采用 EnodeB+EPC+IMS 方案，构建了完整、真实、领先的移动通信系统，商用终端可接入，可进行通话和上网等各种典型业务。 ★2、要求提供投标产品相关的省级及以上部门出具的产品检测报告复印件并加盖设备厂商公章 ★3、要求提供投标产品售后服务承诺函并加盖设备厂商公章。 ★4、要求提供投标产品技术参数证明确认函并加盖设备厂商公章。 二、功能模块技术参数要求： 1、19 英寸通信机柜（2 个） （1）采用优质冷轧钢板整体焊接制造而成，柜体厚度 1.5mm，透明钢化玻璃柜门，外观大方，可上下进线，顶部配有散热风扇，利于有源设备散热，尺寸：2000*600*600； （2）机柜后端安装有有机柜专用 PDU 插座； （3）包含一个机柜专用滑轨键鼠托盘。 2、显示装置（2 套） 19 英寸，嵌入到机柜中，与机柜融为一体，不接受将显示器置于托盘而不固定的设计方式。 3、4G 移动通信系统实训平台系统管理服务器（1 台） 1）硬件部分： （1）标准 19 英寸标准机架安装； （2）CPU：i7 以上配置；内存：不低于 4G；硬盘：不低于 128G 固态；提供 USB3.0、千兆网口等接口； （3）配无线键鼠套装。 2）软件部分： （1）可以完成 WEB 即摄即传、FTP 上传和下载和数据灌包等多种应用和 LTE 业务测试； （2）可以通过系统配套的 4G 智能手机开发实训平台实现业务体验，包括 Web 即摄即传。 4、4G 移动通信系统实训平台 PMU 机箱（1 个） （1）输入电压：AC 220V±10%； （2）输出电压：DC 48V/28V/12V； （3）输出功率：≥1000W。 5、4G 移动通信系统实训平台 EPC 机箱（1 个） （1）应包含 MME/HSS/S-GW/P-GW 各网元功能，能够完成 4G 核心网的功能，并可与 4G 基站一起组成完整的 4G 网络； （2）MME 应支持 NAS（Non-Access Stratum）信令、NAS 信令安全、S1/X2 切换用户接入控制跟踪区列表管理、基于优先级和权重的 P-GW 和 S-GW 选择、鉴权、承载管理等功能； （3）MME 支持 PDN 的连接建立和删除功能，一个用户可以创建删除	1 套

	多个 PDN 连接，可以设置不同接入点，访问不同的网络； (4) HSS 功能单元应包含鉴权加密、位置信息管理、存储签约用户配置数据、签约并存储 QoS 数据； (5) S-GW 功能单元必须支持用户会话承载的建立，修改和删除功能，支持 eNodeB 间切换的本地移动锚点功能、ECM-IDLE 模式下行数据包的缓存和 E-UTRAN 的寻呼触发、上下行链路上传输级别的数据包标记 (DSCP) 等功能； (6) P-GW 功能单元须支持基于业务流的上下行门控、基于业务流的上下行速率执行、基于 APN-AMBR 的上下行速率执行、上下行链路上传输级别的数据包标记、基于 GBR 的下行速率执行、DHCPv4、路由选择和转发等功能； (7) 应支持三层路由功能，包括静态路由和缺省路由、路由策略、IP 策略路由、静态用户下行路由分发； (8) 应完整实现 S1/S5/S6a 的协议接口； (9) 应能支持 ACL (访问控制列表) 来实现包过滤功能，能够基于 IP 协议五元组 (源地址、源端口、目的地址、目的端口和协议类型) 分辨和处理包，并且控制 IP 网络的访问；通过拒绝非法访问以及限制特定用户的访问权限来保护资源节点； (10) EPC 最大支持 eNodeB: 10 个； (11) MME 支持最大用户数: 1000 个； (12) HSS 支持最大用户数: 1000 个； (13) S-GW 支持最大用户数: 1000 个； (14) P-GW 支持最大用户数: 1000 个； (15) MME 每秒建立的最大会话数: 200 个； (16) S-GW 每秒建立的最大会话数: 200 个； (17) P-GW 每秒建立的最大会话数: 200 个； (18) HSS 每秒并发最大用户数: 400 个； (19) 每个 UE 最大的专用承载数: 10 个； (20) 每个 UE 最大的缺省承载数: 2 个； (21) 每个 SGW 的最大吞吐量: 800M； (22) 每个 PGW 的最大吞吐量: 800M； 6、4G 移动通信系统实训平台 BBU 机箱 (1 个) (1) 遵循 3GPP R9 TDD-LTE 标准，支持 Uu、S1、X2 接口协议功能； (2) 支持 GPS 同步； (3) 带宽支持 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz； (4) 峰值速率下行 100Mbps, 上行 50Mbps； (5) 支持 SIM 卡的 5 元组鉴权功能，只有授权用户才能接入该系统； (6) 支持多个基站之间的组网，通过 GPS 实现基站间的同步； (7) 支持上下行 MIMO 技术； (8) 支持 UE 接入和无线链路收发，包括射频、信道编解码、复用和解复用、资源合并、测量报告、功率控制、发射和接收分集等； (9) 支持 LTE 空口和 S1 接口处理、移动性管理、无线资源管理等功能； (10) 支持邻区操作管理，如添加、删除邻区；	
--	---	--

	(11) 支持多种帧结构配置, 包括 5ms 2DL: 2UL, 5ms 3DL: 1UL, 支持灵活的特殊时隙子帧配置; (12) 单小区支持注册用户数: 不少于 300 个; (13) 单小区支持同时做业务用户数: 不少于 30 个; 7、4G 移动通信系统实训平台 RRU 机箱 (1 个) (1) 满足 3GPP TS 36.104; (2) 发射频率可选择支持的范围: 1880~1920MHz, 2300~2400MHz, 2570~2620MHz, 频率误差±0.05ppm, 发射动态范围>20dB; (3) 接收频率可选择支持的范围: 1880~1920MHz, 2300~2400MHz, 2570~2620MHz, 频率误差±0.05ppm; (4) 载波带宽: 5/10/15/20MHz ; (5) 射频通道数: 2 发 2 收; (6) 接收机灵敏度: -104dBm(单通道) 8、4G 移动通信系统实训平台 PA 机箱 (1 个) (1) 最大发射功率: 双通道 20W; (2) EVM: QPSK≤17.5; 16QAM≤12.5; 64QAM≤5; (3) 杂散辐射: 9~150kHz ≤-36dBm/1kHz; 150kHz~30MHz ≤-36dBm/10kHz; 30MHz~1GHz ≤-36dBm/100kHz; 1GHz~12.75GHz ≤-30dBm/1MHz; (4) 接收机灵敏度: -104dBm(单通道)。 9、4G 移动通信系统实训平台通信协议机箱 (1 个) (1) 应包括机箱、综合信号处理模块、通信协议模块、集成开发软件等组成部分。采用“ARM+FPGA+DSP 数字基带”加“AD/DA+Transceiver+PA/LNA 宽带射频”架构。基带部分包括 ARM、CPLD、FPGA 和 DSP, ARM 性能不低于 LPC2138, CPLD 性能不低于 MAX5M40, FPGA 性能不低于 EP4CGX75, DSP 性能不低于 TMS320VC5410。射频部分的射频频段为 70MHz~6GHz, 支持 2 发 2 收, 信道带宽为 56MHz。D/A 部分包括一个双通道 10 位 DAC, 两个 2x 插值滤波器, 一个基准电压源及数字输入接口电路。A/D 部分包括一个完整的双通道 20MSPS、10 位 CMOS 的 ADC。通信协议模块基于 TI KeyStone C66x 多核定点/浮点 TMS320C6678DSP 设计, 集成了 8 个 C66x 核, 64MByte Nand FLASH, 512MByte DDR3 RAM, 1Mbit EEPROM, 支持高性能信号处理应用。 (2) 基本功能要求: 能完成 LTE、NB-IOT、5G 等通信协议的物理层链路算法的仿真与实现; 能直接连接示波器, 集成开发软件上运行的各种数据或波形, 能够实时输出到示波器上。 (3) 核心功能要求: 能实现一个移动通信小基站的功能, 符合 3GPP 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。能将空口数据实时、连续的提供给 PC 机, 集成开发软件能对上、下行数据进行实时、连续处理, 显示 I/Q 时域、星座图和频谱。 ★(4) 应提供 3GPP 定义的 LTE 基站系统收发信机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；能将发射和接收的过程串接起来，运行全流程算法，并能看到每个算法运行的数据、基带 I/Q 波形和星座图；全流程算法可以通过真实的 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；软件平台能运行单个 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或错。 ★（5）应提供 3GPP 定义的 NB-IOT 基站系统收发信机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仿真算法。 ★（6）应提供 3GPP 38 系列定义的 5G 基站系统收发信机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仿真算法。 技术、功能演示视频要求：投标人需提供【4G 移动通信系统实训平台通信协议机箱】中序号（4）、（5）、（6）的视频演示资料，未提供或者演示不全的视为此项功能不满足文件要求，按招标文件规定扣除相应的分数。视频内容须包含该参数所有功能的演示，带语音讲解，视频演示时间共计不超过 5 分钟，演示资料以 U 盘形式提供，本项目远程开标，开标前由投标人将演示资料送至开标地点后即可离开。（提醒：视频格式自行选择，但必须保证使用电脑 Windows 系统自带基础播放软件可以正常播放） 10、LTE CSFB 电源管理器 PMU 机箱（1 个） （1）输入电压：AC 220V±10%； （2）输出电压：DC 28V/12V/5V； （3）输出功率：≥300W。 11、LTE CSFB 基站子系统 BSS 机箱（1 个） （1）多个普通商用终端可入网，能够进行拨打电话和发送短信等业务； （2）基站参数应充分开放。基站可配置参数包括：MCC、MNC、基站识别码、小区位置区码、基站 ID、接入功率、发射功率和基站的工作频点等； （3）支持协议规定的公共信道、专业控制信道以及业务信道等逻辑信道结构，设备自身应能协调分配信道资源； （4）支持 GSM900 和 DCS1800 两个频段； （5）最大发射功率：40dBm； （6）上行前置放大：最大输出功率：-5dBm；最大增益：43dB；带内波动<2dB；输入电压驻波比<1.3；	
--	---	--

	(7) 下行功放：最大输出功率：40dbm；最大增益：43dB；带内波动<2dB；输出电压驻波比<1.3。 12、LTE CSFB 网络子系统 NSS 机箱（1 个） (1) 终端入网后应能够接收到基站发来的入网短信； (2) 学生自带商用手机应能在不换 SIM 卡的情况下可以接入到基站设备，并完成通话功能； (3) 应具备协议规定的公共信道、专业控制信道以及业务信道等逻辑信道结构； (4) 支持 1024 个终端入网注册； (5) 支持终端相互语音通话； (6) 支持终端和基站之间短信互发； (7) 支持终端语音环回。 13、LTE CSFB 操作维护系统管理服务器（1 个） (1) 标准 19 英寸标准机架安装； (2) CPU：i7 以上配置；内存：不低于 4G；硬盘：不低于 128G 固态；提供 USB3.0、千兆网口等接口； (3) 配无线键鼠套装。 14、网络交换机（2 个） (1) 提供 24 个 10/100/1000M 自适应 RJ45 端口，所有端口均可实现线速转发； (2) 每端口均支持 MDI/MDIX 自动翻转及双工/速率自协商； (3) 支持 IEEE 802.3x 全双工流控和 Backpressure 半双工流控； (4) 提供标准交换、VLAN 隔离和网络克隆三种工作模式，适应不同网络环境； (5) 支持通过拨动开关切换交换机工作模式； (6) 19 英寸标准机架安装，即插即用，无需管理； (7) 动态 LED 指示灯，提供简单的工作状态提示及故障排除。 15、4G 天线（2 根） (1) 4G 全向高增益吸盘天线 2 副； (2) 频段范围：1710-2700MHz； (3) 驻波比：≤2； (4) 增益：6dbi； (5) 极化：全向天线； (6) 阻抗：50 欧姆； (7) 最大功率：60W。 16、4G 智能手机实训开发平台（1 台） (1) 将真实的 4G 智能手机硬件放大，不接受高度集成方案，不接受采用 4G 无线通信模组设计的方案，不接受 MTK 方案。 (2) 支持 GSM、WCDMA、TD-SCDMA、TD-LTE、LTE-FDD 等通信制式，采用 9 核 ARM 处理器，16GB eMMC+2GB LPDDR3 存储方案，5.5 寸高清液晶屏。 (3) 外设应包括前后摄像头、振动马达、加速度传感器、磁传感器、光线感应传感器、陀螺仪传感器、开机键、音量加键、音量减键、复位键、WiFi、蓝牙、GPS/北斗、FM、音频输入输出、TF 卡等。	
--	--	--

	(4) 开机不自动搜索网络和入网，需要通过 AT 指令控制其入网和上网，不接受开机即入网的设计方式。应提供 4G 智能手机平台应用软件，支持编写自动化测试脚本，通过增加脚本文件在软件上对应增加测试用例按钮，实现初始化、开机、关机、短信收发、激活分组业务等功能。 (5) 开放所有通信端口，能够测试 4G 移动通信网络的各种参数。利用 LabVIEW 软件开发的工程参数分析软件能够解析小区服务小区 ID 信息、服务小区 SIB 信息、服务小区 PDSCH 信道测量信息、同频邻区测量信息、异频邻区测量信息、跟踪区域码值等，数量不少于 20 个，而且软件上集成了参数的解释功能，输入参数名称就会显示中文解释。 (6) 提供 4G 移动通信协议分析软件，可以实时观测 4G 智能手机平台和 4G 基站之间的通信状态，实时捕获开机入网、短信收发、上网、关机等操作对应的 Uu 口信令；软件支持信令保存功能，同时支持回放，速度从 1/32 到 32 倍。 (7) 提供 4G 智能手机平台驱动软件，提供不少于 6 种外设的硬件驱动，包括液晶屏显示、振动马达、WiFi、蓝牙、扬声器、光线感应传感器等。 17、4G CPE (1 个) (1) LTE DL: 112Mbps, UL: 50Mbps; (2) 4G LTE 1800/900/DD800/2100/2600MHz; (3) 3G HSPA+/UMTS 900/2100MHz; (4) 2G GSM/EDGE 850/900/1800/1900MHz; (5) WiFi 802.11b/g/n, 同时连接用户为 32 个; (6) 具有 CPE 功能，是 WiFi 客户端的 4 倍距离; (7) HTTP 在线升级, QoS, USB 共享, UpnP; (8) 4 个 10/100M 快速以太网 (FE) 端口 (RJ45); (9) 1 个 USB 接口; (10) 1 个 SIM 卡插槽。 18、4G 数据卡 (1 个) (1) 4G LTE: TDD 2300/2600 MHz; (2) 3G UMTS: 900/2100MHz; (3) 2G GSM: 900/1800/1900 MHz; (4) TD-LTE 上行数据速度可达 50 Mbps; (5) TD-LTE 下行数据速度可达 112Mbps。 19、高清视频采集终端 (1 个) (1) 清晰度: 1080p; (2) 焦距: 2.8mm; (3) 图像传感器: 1/4 英寸, 200 万像素 CMOS; (4) 镜头: 300 万高清蓝波镜头; (5) 最大帧率: 30fps; (6) 视频压缩标准: H.264。 20、4G USIM 卡 (20 张) (1) 协议标准: ETSI TS 102 221/3GPP TS 31.102/3GPP TS 31.112;	
--	---	--

	(2) 安全算法: Milenage/Test Algorithm; (3) 接口: Standard 6 PIN SIM card interface; (4) 提供 SIM 卡卡套, 支持标准卡、Micro、Nano 转接。 21、4G 基站信令分析软件 (1 套) (1) 能够在基站侧监听到所有 4G 终端的入网信令交互, 且完整显示信令交互的全部内容; (2) 能够显示信令的协议类型、名称和二进制编码; (3) 支持在线信令分析和离线信令分析; (4) 支持对 NAS-PDU 进行完全解析; (5) 支持抓取信令的导出和导入、信令的过滤等功能。 22、4G 基站 OMC 软件 (1 套) (1) 支持设备信息查看、系统配置、小区管理参数配置、告警指示、性能指示和系统工具等功能。 (2) 系统配置包括小区基本参数配置、本地网络参数配置、RF 开关配置、定时重启配置、GPS 开关配置、射频端口参数配置和 PLMN 标识配置。小区参数能够配置 LTE 模式、上下行时隙配置、特殊子帧配置、上行带宽、下行带宽、上下行载波频率、参考信号功率和物理小区 ID。本地网络参数能够配置基站的 IP 地址、子网掩码和网关。RF 开关配置能够控制 RF 的开关。PLMN 标识配置能够配置 MCC 和 MNC。 (3) 小区管理参数包括邻区配置、RRC 定时器和常量配置、物理信道参数配置、层 2 算法参数配置、MAC 参数配置和系统广播参数配置。RRC 定时器和常量配置包含 N310、N311、T300、T301、T304_EUTRA、T310、T311 等; 物理层信道参数配置包括天线信息参数配置、循环前缀参数配置、PHICH 参数配置、PDSCH 参数配置、SRS 参数配置、PRACH 参数配置、PUCCH 参数配置、PUSCH 参数配置、上行参考信号参数配置、PDCCH 参数配置、RACH 参数配置、ULSCH 参数配置、BCCH 参数配置、PCCH 参数配置; 层 2 参数配置包括上行功控参数配置、下行功控参数、CSI 管理器参数配置、AMC 参数配置和下行 MIMO 自适应参数配置。MAC 参数包括 PHR 参数配置、DRX 参数配置、MAC 定时器参数配置、MAC 调度器参数配置和 SI 调度参数配置。系统广播参数配置包括 UE 最大发射功率、频带指示、系统信息标记、小区选择最小接收电平和小区选择接收电平偏置。 (4) 支持下行新传 UE 的 MCS 选择和 RB 分配的调度算法的二次开发接口。输入接口由函数入参或者全局变量传入, 输出参数由接口函数或者全局变量传出, 用户可以自己开发新的调度策略算法; 支持在线调试接口, 能够在线修改某个 UE 的调度算法和相关参数。 (5) 支持网管软件在线切换调度机制, 在用户开发的新的调度算法和旧的调度算法中切换。 (6) 提供调度 UE 的 UEindex、BSR 和 DCI 格式接口, 便于用户的二次开发。 (7) 提供调度结果统计信息的上报接口, 通过网口输出上报信息, 上报信息包括当前接入用户数、每 UE 调度平均 MCS、每 UE 调度平均 RB 数、每 UE 调度平均 BLER。	
--	--	--

	(8) 提供带宽 CQI 和子带宽 CQI 接口, UE 在有 CQI 上报时调用。 ★(9) 为保证教学系统的多人操作的实时性, 基站管理软件需采用 B/S 架构, 不接受 C/S 架构 (需提供此条技术功能截图予以证明并加盖设备厂商公章)。 (10) 支持基站设备的 ARM 和 DSP 的 LOG 配置, 能够实时获取基带处理的 LOG 信令; 支持上报性能数据功能, 能够实时显示在线 UE 数量、网络上行吞吐量、网络下行吞吐量、物理上行吞吐量、物理下行吞吐量、上行 BLER、下行 BLER、基站的运行时间等。 (11) 支持基于 SFR 和 PFR 的静态 ICIC 参数配置。 ★(12) 支持打印配置功能, 能够实时打开和关闭 PHY 层、MAC 层、RLC 层、PDCP 层和 RRC 层的 LOG 信息 (需提供此条技术功能截图予以证明并加盖设备厂商公章)。 23、4G 核心网 OMC 软件 (1 套) (1) 包含基本信息、系统配置、参数配置、告警管理、性能管理、系统管理、日志管理、系统工具等功能; (2) 系统配置包含网络参数配置、信令跟踪配置、定时重启配置等; (3) 参数配置包含 HSS 参数配置、PLMN 配置、MME 标识配置、鉴权开关配置、加密完保算法配置、定时器配置、TAC 配置、UE 地址池配置、DNS 配置、PDN 类型配置、APN 配置等; ★(4) 为保证教学系统多人操作的实时性, 核心网管理软件需采用 B/S 架构的网管, 不接受 C/S 架构的网管 (需提供此条技术功能截图予以证明并加盖设备厂商公章); (5) 核心网管理软件支持 DHCP 和静态配置 2 种方式使核心网设备接入 Internet 网; ★(6) 核心网管理软件支持向指定的 IP 发送 S1 交互信令数据, 此 IP 地址是可以配置的 (需提供此条技术功能截图予以证明并加盖设备厂商公章); (7) 核心网管理软件支持实时查看核心网设备的 CPU 和内存使用情况。 24、LTE CSFB OMC 软件 (1 套) (1) 包括设备管理、参数配置和后台数据管理功能; (2) 设备配置可以对基站进行管理, 读取基站编号等数据; (3) 参数配置包括无线参数配置、控制选项配置、用户库配置、短信配置、邻区表配置、业务配置和测试配置; (4) 后台数据管理包括目标配置、用户显示和后台信息查询; (5) 无线参数配置包括 MCC、MNC、BSIC、LAC、CellID、C2 偏移量、更新周期、接入功率、发射功率、拒绝原因、频点、功率等; (6) 控制选项配置包括登录时发送短信、登录时检查 IMEI、禁止手机主叫、允许记录信令、常规登录、库内登录、库内不能登录等; (7) 用户显示包括基站编号、IMSI、IMEI、号段、归属地等信息; (8) 支持对移动终端的登录信息进行管理和查询。 25、通信全网仿真教学软件 (1 套) (1) 完全模拟商用真实设备: 以通信商用设备机房为背景, 基于现网工作内容设计, 融合真实 4G LTE 站点工程、天馈、传输、网管等	
--	---	--

	要素，再现设备组网、硬件结构、软硬件工程安装、开通调试等过程。学生通过完成网络拓扑设计，商用机房设备部署及安装连线，网管软件安装，站点版本升级，网管数据配置并导入，故障排查后，可实现 4G 终端拨号连接和业务测试。 (2) 展现核心设备的硬件结构：可选择 BBU+RRU 组网方式，或单独的宏基站组网方式，通过整合多种媒体，模拟再现 4G LTE 硬件结构和工程现场无线操作维护中心。在虚拟后台，可以学习网管数据配置、告警、信令等方面的内容，掌握 4G LTE 无线网络中各个网元设备的配置原理，理解无线网络参数的含义。 (3) 模拟组网实训：包括组网方案设计及站点规划。 (4) 模拟工程安装实训：包括站点布局观察、安装工具识别、设备硬（软）件安装、设备开局接线设计、工程技术指标评估。 (5) 系统开通调试实训：包括服务器安装、版本管理、配置管理、系统升级、结果反馈模拟、业务验证。 (6) 模拟天馈实训：包括方案模拟及场景分析。 26、4G 移动终端口袋实训室盒子（15 个） (1) 支持 TD-LTE 三频（B38、B39、B40），TD-SCDMA 双频（B34、B39），GSM 三频（B2、B3、B8），包括 2 个 RS232 串口、2 个天线接口、1 个 MiniUSB 接口、电源接口、USIM 卡接口，5 个功能按键，调试接口等硬件资源。 (2) 4G 移动终端支持抓取空口数据，不接受只能传输数据的 4G 模块。 ★(3) 提供 4G 移动通信协议分析软件，该软件可以实时观测 4G 移动终端和基站之间的通信状态，可以实时捕获入网、语音通话、短信收发、上网、高速上传、高速下载、在线视频等操作对应的 Uu 口信令，分析其实现过程，培养学生掌握各种通信业务下的信令流程。信令分析软件支持回放，可以将捕获的信令以设定的回放速度再回放一遍，便于详细分析信令的内容。 ★(4) 提供 4G 移动终端应用软件，用于测试 AT 命令的发送，采用串行结构，通过一定的连接设置后，用户可以发送 AT 命令至 UE 侧，并在 Log 窗口显示执行情况。同时，也支持编写自动化测试脚本，通过增加脚本文件在软件上对应增加测试用例按钮，实现初始化、开机、关机、短信收发、激活分组业务等功能。 ★(5) 提供 4G 移动终端工程参数分析软件，该软件基于 LabVIEW 开发，可以实时显示 4G 移动终端当前服务小区、邻区的各种工程参数，培养学生对终端工作原理的深入理解。 技术、功能演示视频要求：投标人需提供【4G 移动终端口袋实训室盒子】中序号（3）、（4）、（5）的视频演示资料，未提供或者演示不全的视为此项功能不满足文件要求，按招标文件规定扣除相应的分数。视频内容须包含该参数所有功能的演示，带语音讲解，视频演示时间共计不超过 5 分钟，演示资料以 U 盘形式提供，本项目远程开标，开标前由投标人将演示资料送至开标地点后即可离开。（提醒：视频格式自行选择，但必须保证使用电脑 Windows 系统自带基础播放软件可以正常播放）	
--	--	--

	三、主要实训项目要求：（要求列举至少 15 个实训项目） （1）4G 移动通信系统实训平台组成 （2）核心网管理系统软件配置实训 （3）基站管理系统软件配置实训 （4）系统参数配置实训 （5）PRACH 参数配置实训 （6）IP 地址配置实训 （7）UE 管理实训 （8）4G 数据卡配置及连接实训 （9）终端接入测试实训 （10）网内数据上传下载测试实训 （11）连接外网设置实训 （12）4G 即摄即传实训 （13）IP 电话、程控电话互打实训 （14）信令分析软件安装及使用实训 （15）随机接入流程信令分析实训	
--	--	--