

第二批国家级一流本科课程申报书

（虚拟仿真实验教学课程）

课程名称：新基建 5G NSA 典型网络规划
与部署虚拟仿真

专业类代码：0807

负责人：贺鹏飞

联系电话：13665353960

申报学校：烟台大学

填表日期：2021-06-03

推荐单位：山东省教育厅

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真	是否曾被推荐	○是●否
实验所属课程 (可填多个)	移动通信网络规划课程设计、无线通信与移动通信技术		
性质	●独立实验课 ○课程实验		
实验对应专业	通信工程		
实验类型	○基础练习型 ●综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	高危或极端环境 高成本、高消耗 不可逆操作 大型综合训练		
实验语言	●中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)		
实验已开设期次	共 2 次: 1. 2020-05-04 ~ 2020-06-30、51 人 2. 2020-10-05 ~ 2020-11-30、85 人		
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验入口网页, 不允许仅为文件下载链接) https://oej.ytu.edu.cn/info/1155/2378.htm		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 总人数限 5 人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	贺鹏飞	1980-10-25	烟台大学	系主任	副教授	1366 5353 960	bupt_hpf@126.com	实验教学方案设计与内容规划、理论知识讲解、网络规划与设备配置实验 4 学时。
2	吴世娥	1989-08-10	烟台大学	教师	讲师	1830 0526 705	wushie000@163.com	理论知识讲解、核心网与承载网数据配置实验 4 学时、在线教学指导
3	李晓林	1989-03-23	烟台大学	教师	副教授	1596 6480 883	lixiaolinshiwo@163.co	无线侧数据配置实验 4 学时

4	高兴龙	1988-02-10	烟台大学	教师	实验师	13854518835	long@ytu.edu.cn	实验教学网站建设和维护
5	穆鹏华	1985-07-22	烟台大学	教师	讲师	18615972578	mcgram007@126.com	5G 网络综合调试与优化实验 4 学时、实验在线指导与反馈

2-2 团队其他成员

序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	刘霞	1986-03-26	烟台大学	教师	讲师	实验项目推广与应用
2	晋刚	1976-08-08	烟台大学	院长助理	副教授	实验教学组织
3	欧世峰	1979-12-12	烟台大学	副院长	教授	实验室运行保障
4	殷臻	1979-03-15	深圳市讯方技术股份有限公司	研发总监	工程师	软件平台技术支持
5	李德帅	1993-06-16	深圳市讯方技术股份有限公司	省区总监	工程师	实验云平台在线技术支持

团队总人数：10 人 其中高校人员数量：8 人 企业人员数量：2 人

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

近 5 年，贺鹏飞承担了该实验教学的方案设计、内容规划和网络规划与设备配置实验，吴世娥承担了 5G 网络讲解和核心网与承载网数据配置实验和在线教学指导，李晓林承担了无线侧数据配置实验，穆鹏华承担了故障排查与业务测试实验和实验在线反馈，高兴龙承担了实验教学网站建设与维护。

项目负责人贺鹏飞副教授，博士，教工党支部“双带头人”支部书记，烟台大学光电学院通信与物联网系系主任，山东省高水平应用型立项建设专业负责人，山东省一流建设课程《通信原理》负责人。主持教育部产学研协同育人项目 3 项，参与省部级教研项目 5 项，主持校级课程思政项目 1 项，主持校级教研项目 5 项，获省级教学成果一等奖和二等奖各 1 项、烟台大学教学成果

二等奖 1 项；获全国高等学校电子信息类专业青年教师微课教学比赛华东区三等奖，获烟台大学教学质量奖 1 项；发表教研论文 3 篇，作为主编出版教材 2 部；获全国高校物联网创新创业大赛优秀指导教师，指导学生获大学生创新创业国家级项目 2 项和省级项目 1 项、学科竞赛国家级二等奖 3 项和省级奖 7 项。曾主持国家自然科学基金青年基金 1 项，参与省部级以上课题 5 项，主持烟台市校地融合项目 1 项，申报专利 8 项，发表高水平学术论文 50 余篇。

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

2019 年，工业及信息化部正式发放 5G 牌照，2019 年成为中国 5G 商用元年，中国正式迈进第五代移动通信时代。2020 年，党中央、国务院密集发文部署“新基建”，“新基建”成为拉动经济增长的新动力引擎，推动经济社会数字化转型，助力经济实现高质量发展。“新基建”的重点是以 5G、工业互联网、数据中心、物联网等为代表的新一代信息基础设施。与此同时，2020 年疫情期间，各大高校积极开展在线学习，运用虚拟仿真实验教学项目进行远程教学活动，保证高等教育教学在疫情期间正常进行。在此背景下，烟台大学光电信息学院与深圳讯方股份有限公司通过教育部产学研合作协同育人项目，校企协同共建“ICT 人才培养实践基地”和“移动通信人才培养联合实验室”，在 4G LTE (Long Time Evolution, 长期演进技术) 宽带无线通信通信实验室和 4G LTE 虚拟仿真软件的基础上，联合开发建设了“新基建 5G NSA(Non-Stand Alone·非独立组网) 典型网络规划与部署虚拟仿真”实验教学项目。

1)、实验的必要性和实用性

(1) 实现真实实验不具备或难以完成的教学功能。对于通信与信息网络领域的许多实验项目而言，无论校内的实验室及企业实践基地的真实系统及网络，都受到用户规模和业务类型的限制，不可能完全再现真实的网络和业务环境。例如对于包括 5G 宽带无线通信环境而言，依赖硬件设备的实验环境与真实通信网络中规模巨大的用户数量以及变化频繁的业务需求等相比，存在很大的区别，使用传统硬件设备，即使是诸如烟台大学建设的企业级硬件实验室也无法完全再现真实网络及业务，必须依赖虚拟仿真技术加以补充。

(2) 针对高成本、高消耗、以及对环境存在污染等情况时，提供可靠、安全和经济的实验项目。

针对 5G 宽带无线通信系统及网络的业务配置及测试，需要使用大型贵重的矢量信号源、网络分析仪、数据分析系统、大型服务器等，不仅所需的硬件成本较高，同时也存在实验附件(如专用测试电缆、附件、连接器等)的损耗及电磁辐射环境问题。引入虚拟仿真手段不仅可以有效解决此类实验项目成本高、消耗高和存在环境污染等缺点，同时也能拓展实验内容，实现硬件制造中受技术手段和加工工艺所不能实现的实验内容。

(3) 开发现阶段技术条件不具备或无法实现的实验教学功能。

信息通信技术的高速发展，使得传统的实验教学设备、系统和仪器的发展不能完全适应现阶段实验实践教学的需要。例如对于 5G 复杂异构宽带无线通信环境而言，现阶段尚不具备现成的教学用实验实践平台及资源，而新一代信息技术人才培养及教学实践中已经有明确的需求，这也催生了只有依靠虚拟仿真技术才能开展相关的教学活动。

(4) 解决通信信息类专业学生到企业工程训练难的重要途径。

信息通信行业的严格保障性要求，以及信息安全要求高、设备贵、更新快等特点，使得学生到企业真实网络环境中开展真刀真枪的工程训练难。建设开发 5G 移动通信虚拟仿真教学资源，构建较为完整的 5G 宽带无线通信虚拟仿真实验环境，可促使学生在全面学习和掌握包括宽带无线通信全网的通信原理及知识的基础上，通过不同设备类型、不同网络层次、不同业务要求的移动通信虚拟仿真实验项目。完成网络拓扑、网络规划、工程部署、

数据配置、业务调试等移动通信核心网、承载网和接入网通信技术,掌握 5G 移动通信全网故障排查思路和网络优化的基本素质与能力。

2)、教学设计的合理性

(1) 教学内容的合理性 本实验教学项目服务于电子信息类相关专业的学生,在学习了《通信原理》和《无线通信与移动通信技术》相关基础课程后,进行宽带无线通信或移动通信的综合课程设计。为使虚拟仿真实验教学更好地用于启迪学生的科学思维和创新意识,我们积极开展实验技术研究,合理规划、精心设计实验项目和实验方案,系统地提高实验效果。例如,针对无线通信和移动通信这一方向,我们《无线通信与移动通信技术》课程实验、《移动通信网络规划课程设计》、《通信系统仿真与建模课程设计》等多门课程有机整合,建设了一个既有基础理论,又有应用研究,加上实现技术“三位一体的虚拟仿真实验教学体系,在实践性环节,通过本项目的实施,使得学生可以在传统 4G LTE 硬件实验系统直观感知基础上,通过不同类型的虚拟仿真实验,从虚拟系统和网络配置、虚拟业务实现、虚拟故障查找、虚拟网络优化、虚拟网络设计规划等不同环节和层次的虚拟仿真实验内容,从而较为全面和系统地掌握 5G 移动通信网络原理及应用,为后续课程的学习和继续深造打下良好的理论和实践基础。针对通信工程、物联网工程专业的学生开设《移动通信网络规划课程设计》,使得选择非无线通信专业方向的学生也初步地掌握较为完整的移动通信网络的实验教学内容。帮助学生对多门知识融会贯通,同时又使学生借助虚拟仿真实验手段了解和熟悉实际的信息通信系统及设备,锻炼实践能力。

(2) 虚拟仿真实验内容和步骤的高度逼真性

为满足企业级的 5G 移动通信网络部署要求,本实验教学项目,通过校企合作,开发了烟台大学-讯方 5G 全网仿真软件。将仿真技术融入 5G 实训,为学习者构建灵活超仿真的实验环境,实验场景完整覆盖了 5G 无线网络、核心网络、数据通信网络等宽带无线通信环境,学生在学习过程中,身临其境感受 5G 基站环境,还原最真实的 5G 部署与维护流程,充分体现实验资源与信息技术深度融合、真实网络与虚拟环境的有机结合。

在虚拟仿真实验项目中,实验内容主要是在仿真软件平台上完成 5G 网络和承载网络相关配置和故障排查,实现网络部署和优化。实验步骤主要包括 5G NSA 网络和承载网络拓扑规划、容量规划、设备配置、数据配置、业务调试、故障排除与网络优化 6 个阶段,共计 21 个交互步骤。界面以真实工作场景为原型,美观易用,易于操作。

(3) 教学方法的合理性

本虚拟仿真实验教学项目大力推进实验教学改革,实行包括系统化、个性化、多元化等多种实验教学方法,提升大学生实践创新能力。实验实践教学始终秉承学校应用型人才培养的目标定位,坚持“知识、能力、素质协调发展,学习、实践、创新相互促进”的实验实践教学理念,一贯把实践和应用能力、研究和创新能力的培养放在重要位置;坚持以学生为中心,以培养目标为导向,努力实现人才培养目标与社会需求的有机结合。

为充分体现“以生为本、因材施教”,实验中心以实验教学为主线,改进实验教学方法,建立以学生为中心的实验教学模式,形成以自主式、合作式、研究式为主的学习方式,与多层次的实验教学体系相对应。自主式学习主要对应体系中的第一层(基础层),教学内容为基础和专业基础的实践知识和实践技能;合作式学习主要对应体系中的第二层(综合层),培养学生系统设计思想,通过相互合作,完成跨平台的科技作品,提高处理复杂问题的能力;研究式学习主要对应体系中的第三层(研究与创新层),通过学生参加科研项目和 5G

移动通信创新竞赛等，培养学生的创新意识与创新思维。实验中心积极采取各种措施激发学生实验兴趣，提高实验动手能力，针对虚拟仿真实验的特点。统筹考核实验过程与实验结果，建立了多元化实验考核方法。例如，基础实验和设计实验分别记分。基础实验按照实验秩序、预习及回答问题、基本操作、实验记录规范性及实验处理正确性、报告等项目考核；综合设计实验按照工程项目的资料收集、系统设计方案、功能模块的划分与调试，仿真结果与最终在线实验报告等考核。如，实验考核采取笔试、口试、现场操作和实验报告相结合的综合考核方法，实行“网络反馈、现场提问、现场解决问题”等方式全面解决实验过程中遇到的问题。另外，通过“Team work”作业，要求学生自行组合共同完成课题，培养学生的团队协作精神。

3)、实验系统的先进性

本虚拟仿真实验教学项目在 5G 规模商用的新基建背景下诞生，将仿真技术融入 5G 实训，为学习者构建灵活超仿真的实验环境，实验场景完整覆盖了 5G 无线网络、核心网络、数据通信网络等宽带无线通信环境，学生在学习过程中，身临其境感受 5G 基站、接入网机房、承载网机房和核心网机房环境，还原最真实的 5G 网络部署与维护流程，充分体现实验资源与信息技术深度融合、真实网络与虚拟环境的有机结合。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本虚拟仿真实验教学项目总体目标是构建高度仿真的 5G 虚拟宽带无线通信实验环境和实验对象，将网络的规划、硬件的安装、数据的配置、业务的调试、故障的排查、网络的优化等过程合理的组织融合到一起，通过在软件中循序渐进的学习训练、理论推演、设备互联和路由分析，学生将对 5G 移动通信整体网络有着生动的认知，对相关知识点达到一定程度的掌握，达到教学大纲所要求的教学效果，提前具备工作后可能从事的移动通信技术

岗位的部分工作技能。具

体的教学目标如下：

目标 1：通过本实验教学项目巩固并扩展无线通信与移动通信技术课程的基本概念、基本理论、分析方法与实现方法；

目标 2：通过 5G 全网软件仿真和理论分析推演，掌握 5G NSA 网络拓扑构建、5G 基站容量规划设计、单站硬件配置与组网、全网规划与组网、多基站组网等的基本理论知识和设备配置、接口互联互通、数据配置、业务调试、故障排查、小区切换、网络优化等实践操作；

目标 3：掌握移动通信相应的测试方法，使学生有效地将理论与实践相结合，培养创新思维和设计能力，增强解决实际问题的能力；

目标 4：通过本实验教学项目的学习，使学生具备成为本专业的高素质应用型人才所必需的移动通信网络规划基本知识和基本技能，并具备良好的综合素质和职业道德，能够吃苦耐劳、爱岗敬业、团结合作。

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：24 学时

(2) 该实验所占课时：16 学时

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

5G 通信网络的理论基础深,涵盖的技术广,对应的知识体系复杂,包括业务解析、网络规模估算、系统组成和组网技术等。本实验涉及 5G 通信全网部署与优化,涵盖 5G 无线通信网络、IP 承载网络的通信原理和典型应用。

本实验以 5G 虚拟仿真为前提,融合主流通信技术、结合工程实践并承诺保持与运营商网络同步演进迭代,方便学习者学习最新的通信网络各项技能,实验过程主要包括 5G 网络和承载网络拓扑规划、容量规划、设备配置、数据配置、业务调试、联合优化等 6 个阶段。

实验按照运营商移动通信全网当前主流组网模式设计,包含有无线接入网及移动核心网设备,其中无线接入网包含 5G NR 无线设备以及 4G LTE 无线设备,移动核心网包含 BPC 中的 MME、SGW、HSS 等主要功能模块。将网络的规划、硬件的安装、设备的调试、网络的优化等过程合理的组织融合到一起。

学生在网络规划页面进行网络拓扑构建;在容量规划页面,选定网络模型,进行无线侧容量规划;在设备配置界面进行设备安装和连线;在虚拟的接入网机房,根据组网规划和数据业务,进行 5 种核心网机房设备的数据配置,完成无线设备、传输设备的硬件安装和线缆连接;搭建完成 5G NSA 网络,配置基站数据以及与核心网对接数据,进行 LTE 基站设备的调试和业务调试,进而实现网络中多个小区间的正常切换。操作过程中,学生能够对存在设备故障和连通问题的网络的分析、测试和故障排除,最终实现业务正常恢复和网络优化。

通过上述操作,学生全面掌握 5G 网络的规划和部署,巩固并扩展无线通信与移动通信技术课程的基本概念、基本理论、分析方法与实现方法,熟悉移动通信网络相应的测试方法,具备移动通信网络规划的基本技能,培养创新思维和设计能力,增强解决移动通信网络复杂问题的能力。

知识点:共 10 个

① 5G 的业务解析:5G 的主要业务分为移动互联网业务及移动物联网业务两大类。根据业务特点以及对应时延敏感程度,移动互联网业务进一步划分为流类、会话类、交互类、传输类、传输类及消息类业务,移动物联网业务可进一步划分为控制类和采集类业务。

② 5G 网络规模估算:通过覆盖和容量估算来确定网络建设的基本规模。在进行覆盖估算时,应了解当地的传播模型,通过链路预算确定不同区域的小区覆盖半径,从而估算满足基本覆盖要求的基站数量;再根据城镇建筑和人口分布,估算额外需要满足深度覆盖的基站数量。容量估算则是分析在一定站型配置的条件下,5G 网络可承载的系统容量,并计算出是否满足用户的容量需求。

③ 5G 网络的覆盖规划方法:5G 网络规划应遵循一定的原则和策略,在确定了业务需求和规划目标后需要对其进行细化和规划衔接。覆盖规划根据各类基站覆盖能力合理布局站点位置和参数设置,以达到覆盖目标需求的同时兼顾到建设的经济性。

④ 5G 网络的容量规划方法:容量规划是在覆盖规划基础上,对整网和片区的容量进行审视,合理配置基站容量资源,保证用户业务感知,保持合理的资源利用水平。

⑤ 5G 网络结构:5G 网络拓扑规划可以分为无线接入网规划、核心网规划、IP 承载网规划。选择要规划 5G 网络拓扑结构类型,然后放置设备到相应的网络拓扑规划区域,最

后连线。

⑥ 无线接入网中的网元名称：无线接入网机房连接线缆的类型和使用、核心网的网元名称、核心网机房连接线缆的类型和使用。核心网机房物理网元的配置、各网元的数据规划和数据配置。

⑦ 无线参数配置：通过站址勘察和系统仿真设置工程参数和小区参数。工程参数包括天线类型、方向角。小区参数包括频率、PCI、TA 跟踪区、邻区等。

⑧ 基站的组网规划：包括组网的策略和技术，移动网络随着无线环境和用户分布的多样变化，越来越复杂，传统的组网技术难以满足这些需求。在组网中，应该考虑这些复杂性带来的网络变化并应用新的组网技术来应对这些变化。

⑨ 无线网络性能预测分析：通过系统仿真提供包括覆盖、切换、吞吐量、掉线等在内的无线网络性能指标预测分析报告。

⑩ 网络综合测试与优化：IP 承载网与光传输网对接，无线接入网和核心网的对接，业务联合调试，实现网络性能优化。

(2) 核心要素仿真设计 (对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述, 限 500 字以内)

本实验教学项目以青川、临水、望岳三个城市为典型应用场景, 每个城市都有 5 个可选择的模板, 分别对应不同的城市规模。场景中设置有无线接入机房、汇聚机房、核心机房、骨干机房, 共计 17 个机房, 分布于网络的接入层、汇聚层、核心层, 通过承载网组建 5G NSA 网络。

仿真系统按照移动通信运营商当前主流的全网组网模式设计, 包含有无线接入网、光纤承载网、移动核心网三大层次设备。无线接入网包含 5G NR 无线设备及 4G LTE 无线设备, 光纤承载网包含 PTN、移动回传设备和 OTN 波分复用设备, 移动核心网包含 MME、SGW、HSS 等功能模块。

学生通过综合运用 5G 网络规模估算、网络覆盖规划、网络容量规划、基站组网规划、无线网络性能预测分析等理论知识, 正确的完成网络拓扑设计、容量规划、设备部署及安装连线、设备数据配置、业务调试等操作, 最终实现 5G 终端的拨号连接和数据业务测试。网络拓扑设计进行网络结构的关键参数制定, 容量规划根据城市模板进行网络容量的计算, 设备配置进行机房选址、设备选型和安装连线, 数据配置对安装设备进行参数的设置, 业务调试对之前模块操作内容的整体正确性、合理性、准确性进行测试检验。

3-5 实验教学过程与实验方法

本虚拟仿真实验项目完全依托于虚拟实验环境, 无需额外消耗类或易损类实验材料, 实验教学全过程只需要可以上网的电脑、并且安装了要求的浏览器。

实验内容预习和实验时间预约登记

(1) 复习理论知识:

学生需要提前复习 5G 网络规模估算、5G 无线网络的覆盖规划方法、5G 无线网络的容量规划方法、基站的组网规划、无线网络性能预测分析等理论知识。

(2) 预习实验指导书:

学生做实验前, 学要事先预习《基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真实验讲义》。

学生结合预习的实验讲义，完成以下理论知识点的学习：5G 移动通信网络技术发展及特点，移动通信网络规划知识，5G NSA 网络结构、网元功能、网元接口及协议。

(3) 虚拟仿真实验预约登记：学生在进行该虚拟仿真实验教学项目时，需要先预约登记，输入自己的学号、姓名、

手机号、手机验证信息及预计进行该实验项目的时间，提交至后台等待指导教师审核。指导教师审核通过后，会向预约申请学生发送平台登录账号及进行实验项目的时间。

(4) 实验平台登陆：根据预约分配的账号在预约的规定时间内登陆虚拟仿真平台，开始虚拟仿真实验。

实验过程中需要学生设置的参数包括以下三类：

第一、第二大类参数设置针对 5G 无线接入网和 5G NSA EPC 核心网。首先是无线网络的拓扑规划，然后是相关规划和配置，最后是实验模式联合调试。

第一类：无线接入网络规划与开通。本大类参数涉及无线网络拓扑规划、容量规划、无线参数规划、无线侧设备配置、4G/5G BBU RRU 数据配置、4G5G 无线射频数据配置。

第二类：5GNSA 的 EPC 核心网络开通配置。本大类参数涉及核心网容量规划、设备配置、MME 数据配置、SGW 数据配置、PGW 数据配置、HSS 数据配置。

第三类参数设置针对无线通信网络运维优化。本部分实验是在无线通信网络已搭建的完成情况下，通过运维工具，发现网络中存在的故障，调整网络数据，使网络能正常开通业务。

虚拟仿真实验实践操作过程，共分为 6 个阶段，分 4 个 4 学时完成：

第 1 阶段要求为：完成全网的规划操作，包括网络规划和容量规划，结合对 5G 网络规模的估算和 5G 无线网络的覆盖和容量规划方法的掌握，在网络规划图中做出合理的结果，在容量规划中出现正确的结论；（2 学时）



网络规划完成图

第 2 阶段要求为：完成核心网增强型 EPC 安装，包括四种硬件的安装和连线，在业务调试界面出现合理的逻辑结构组网图；此阶段主要是对 5G 网络结构、业务解析内容的初步了解；（2 学时）



核心网设备安装完成图

第3阶段要求为:结合对基站组网规划和无线接入网网元的学习,搭建5G NSA无线侧网络设备,包括4G和5G无线侧设备,在业务调试界面出现正确的组网结构。(4学时)



接入网设备安装完成图



基站接入网机房设备安装图

第4阶段要求为:进行核心网设备数据规划和调试,通过对5G网络结构、业务解析内容的更进一步的学习才能完成包括MME\SGW\PGW\HSS\SW的调试,完成数据配置,业务调试界面设备间接口无告警。(4学时)

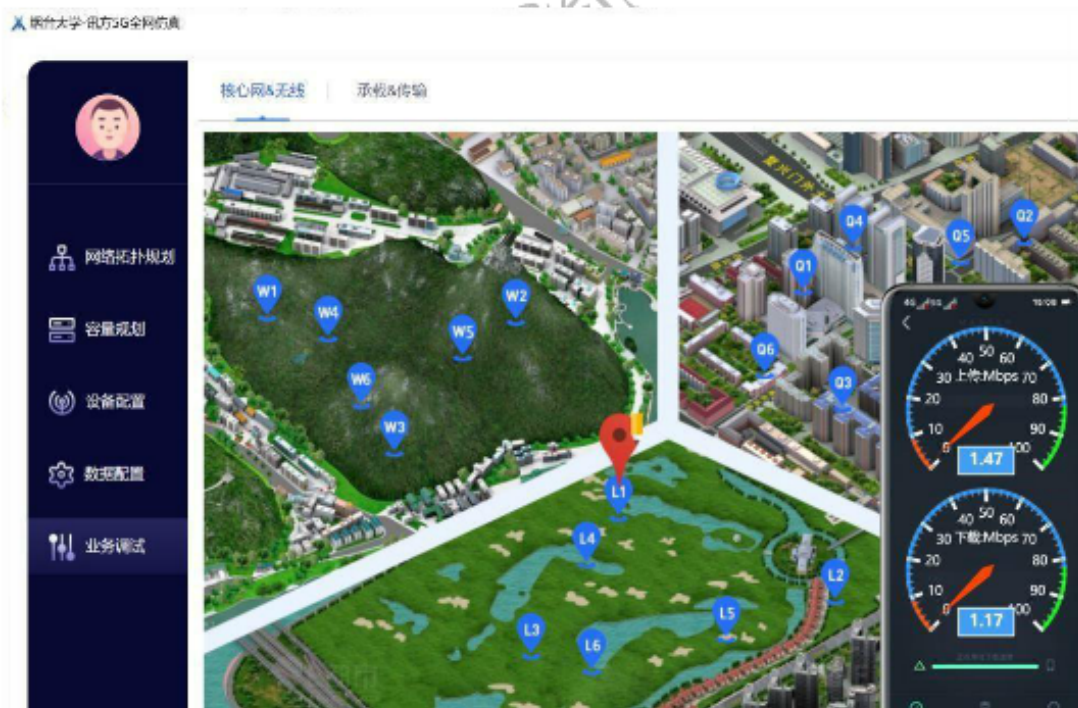


核心网设备调试完成图

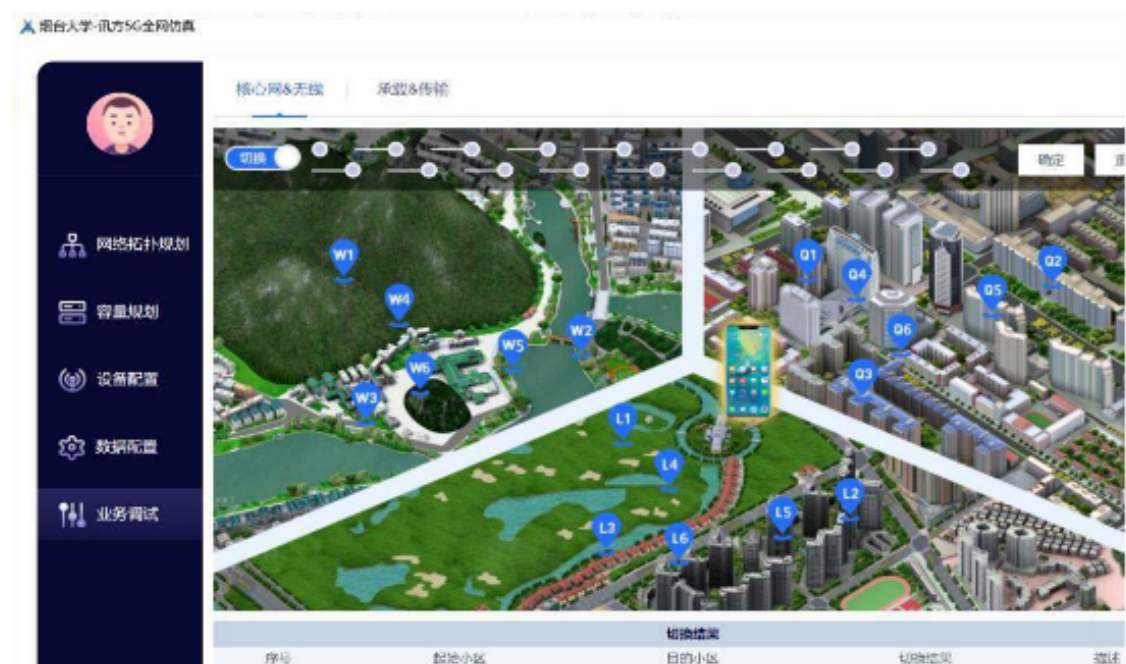
第5阶段要求为:进行无线侧的自行规划和业务调试,需要对无线参数配置、5G网络结构、业务解析有更系统的掌握,包括4G业务和5G业务,和核心网对接,及4G/5G之间的对接,在实验模式下,可以分别验证到正常的4G/5G小区、正常的上下行速率调试、以及小区间的正常切换。(2学时)



业务配置完成图



业务验证速率测试界面图



小区切换测试界面图

第 6 阶段要求为:通过故障排除的过程对网络综合测试与优化、无线网络性能预测分析进行初步的学习,步骤是读取预置的业务存档,得到一个存在问题的网络,对故障网络进行业务测试,通过 PING、告警、业务观察等工具,发现存在的问题,调整数据解决问题,最终使得 4G/5G 小区正常、得到正常的下载速率。(2 学时)



PING 工具使用界面



业务测试异常原因提示界面

实验评价和考核：

(1) 学生实验过程中，每完成一个阶段的实践操作，可以存档提交实验操作结果，教师针对学生实验操作过程和结果给予平时成绩：**比例 50%**

(2) 学生做完 4 次实践操作实验后，需要总结实验过程和结果，撰写并在线提交实验报告：**比例 30%**

(3) 学生针对实验过程和实验报告的结果，制作 PPT，进行课程设计汇报和答辩。**比例 20%**

学生学习过程中的问题，可以通过实验项目网站在线反馈，教师在线提供实验指导和问题解答。学生在线提交实验报告后，可通过实验项目网站对本虚拟仿真实验想进行评分。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

(1) 学生交互性操作步骤·共 21 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	5G NSA 典型网络构建、网络 IP 地址规划	90	1、利用资源池行 5G NSA 典型网络构建。完成在核心网机房规划 MME、SGW、PGW、HSS 设备、在 A 站点机房规划 ENB 设备，	15	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告

			完成设备间连线。 (10 分) 2、正确规划设备规划所需的接口 IP 地址等信息。(5 分)		
2	选定城市模型, 理论分析网路容量, 规划基站数目	90	针对不同城市规模的 5 种网络模型, 自行选定网络模型, 按软件向导的 step 顺序进行无线侧容量规划, 学习规划步骤, 得出规划结论。(10 分)	10	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
3	核心网设备安装和线缆连接	67	1、按照预先规划的网络结构, 在设备配置界面进行核心网设备安装包括 MME、SGW、PGW、HSS、SW1 设备的安装。(3 分) 2、正确完成所有设备和 SW1 的光纤连线, SW1 和 ODF 的光纤连线。(5 分)	8	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
4	传输设备的安装和线缆连接	67	根据拓扑规划, 正确安装传输设备 PTN 的硬件安装以及线缆连接。保证合理有效。(7 分)	7	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
5	安装 4G 天线、RRU、BBU, 进行基站机房和基站间线缆连接	22	1、根据拓扑的规划, 在基站机房外的发射塔上正确完成 RRU 设备、在机房内完成 LTEBBU 设备及传输设备 PTN 的硬件安装。(1 分) 2、正确完成 LTEBBU 和 RRU 间的光纤安	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告

			装，完成 LTEBBU 和 PTN 间的光纤安装，完成 LTEBBU 和 GPS 间的馈线安装。（3 分）3、正确完成 RRU 和天线 ANT 间的馈线安装，保证合理有效。（1 分）		
6	安装 5G 天线、NRBBU、AAU，进行基站机房和基站间线缆连接	22	1、根据拓扑的规划，在基站机房外的发射塔上正确完成 AAU 设备、在机房内完成 NRBBU 设备的硬件安装。（1 分）2、正确完成 NRBBU 和 AAU 间的光纤安装，完成 NRBBU 和 PTN 间的光纤安装，完成 NRBBU 和 GPS 间的馈线安装，保证合理有效。（4 分）	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
7	核心网机房 MME 设备数据配置	11	正确完成核心网机房 MME 设备除 S1 接口外的数据配置。（3 分）	3	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
8	核心网机房 SGW 设备数据配置	11	正确完成核心网机房 SGW 设备除 S1 接口外的数据配置。（2 分）	2	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
9	核心网机房设备 PGW 数据配置	22	正确完成核心网机房 PGW 设备除 S1 接口外的数据配置。（3 分）	3	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
10	核心网机房 HSS 设备数据配置	22	正确完成核心网机房 HSS 设备除 S1 接口外的数据配置。（2 分）	2	操作成绩 实验报告 预习成绩

					教师评价报告
11	核心网机房 SW 设备数 据配置	22	正确完成核心网机 房 SW 设备除 S1 接 口外的数据配置。 (5 分)	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
12	城市承载网 中心机房、 汇聚机房、 站点机房设 备数据配置	22	临水核心机房 SW—临水承载中心 PTN1—临水汇聚 1 机房 PTN—临水 A 站点 PTN—基站进 行连接, 完成上述 承载网设备数据配 置。(3 分)	3	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
13	4G 核心网 与基站间互 连的数据配 置	22	1、进行核心网与 ENB 基站设备的调 试并进行数据配 置; 保证结果正 常; (1.5 分) 2、相关参数需与 核心网侧相对应和 关联: 包括 MME 中 与 ENB 对接数据以 及 SGW 与 ENB 对接 数据。(1 分)	2	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
14	基站接口配 置、数据配 置	22	正确完成对基站 IP 地址, S1 接口 配置、X2 接口数 据配置, LTE-BBU 的物理参数配置等 (3 分)	3	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
15	5G 基站设 备数据配置	22	正确完成对 RRU 射频、无线的小区 ID, PCI, 频率及 其他软件参数得配 置。(2 分)	2	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
16	4G 核心网 和无线接入 网数据传输 测试	22	1、实验模式: 指 对核心网和无线接 入网进行网络拓 扑, 配置参数验 证, 不包含传输网 络; (2 分) 2、	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告

			全网模式：指对核心网和无线接入网进行实验验证，同时也会对核心网与无线网之间的传输网络，包含传输设备 PTN、OTN 等进行拓扑连接、参数配置、路由指向等进行验证。（3 分）		
17	5G 和 4G 基站数据对接调试	22	1、在 4G 网络基础上搭建 NSA 的 5G 站点（1 分）2、在核心网增加与 5G 基站对接的数据，包括 MME 和 SGW 中的数据：（1 分）3、在 4G 基站增加与 5G 基站对接的数据，包括 X2 接口数据和邻区数据：（1 分）	3	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
18	5G 基站与核心网数据对接调试	22	完成 5G 基站本身数据的配置，主要包括 5G 基站基础数据、基站和核心网对接数据、5G 基站和 4G 基站对接数据、无线数据、4G 邻区数据。（2 分）	2	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
19	5G 业务调试和告警处理	22	1、完成业务验证，完成后对应小区的业务验证（3 分）2、如果有问题根据告警信息进行故障处理。（2 分）	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告
20	完成手机的小区切换业	45	实现前面搭建的仿真网络中多个小区	5	操作成绩

	务		间的正常切换（5分）		实验报告 预习成绩 教师评价报告
21	网络故障分析与排除	45	读取一个故障存档，存档中存在多个网络问题，通过对问题的分析和故障的处理解决问题，记录故障位置，最终实现小区业务恢复正常（5分）	5	操作成绩 实验报告 预习成绩 教师评价报告

（2）交互性步骤详细说明

第1步：网络规划。进入网络规划页面进行网络规划，打开仿真软件，在网络拓扑规划视图，根据自行规

划的网络拓扑图，分别在临水核心网机房和临水站点机房，分别将所需网元用鼠标拖拽到可安装的位置去；在核心网机房规划 MME\SGW\PGW\HSS 设备、在 A 站点机房规划 ENB 设备，规划设备间连线，并双击进入设备规划所需的接口 IP 地址等信息，便于后面的数据配置调试。



拓扑图规划过程图

无线核心网IP规划									
HSS		MME		SGW		PGW			
接口	规划IP	接口	规划IP	接口	规划IP	接口	规划IP		
物理接口	10.1.1.2/24	物理接口	10.1.1.1/24	物理接口	10.1.1.3/24	物理接口	10.1.1.4/24		
		S11	10.10.10.11	S11	30.10.10.11				
SGa	20.10.10.6	SGa	10.10.10.6	S1-U	30.10.10.1				
		S1-C	10.10.10.1	S5/S8	30.10.10.5	S5/S8	40.10.10.5		
				SW					
				10.1.1.10/24					
承载网									
无线基站IP规划									
				PTN					
				100.1.1.100/24					
		eNodeB				gNodeB			
		接口	规划IP			接口	规划IP		
		S1	100.1.1.10			S1-U	100.1.1.11		
		X2	100.1.1.10			X2	100.1.1.11		

规划拓扑配置信息

第2步：容量规划

进入容量规划页面进行容量规划，在容量规划页面视图，视图中共有5种网络模型，可以自行选定网络模型，比如在临水城市选择MODEL A：大型密集城区，按软件向导的step顺序进行无线侧容量规划，学习规划步骤，得出规划结论；以上完成阶段1的要求；



网络模型选择界面



容量规划步骤 3 界面

第 3 步：核心网设备安装

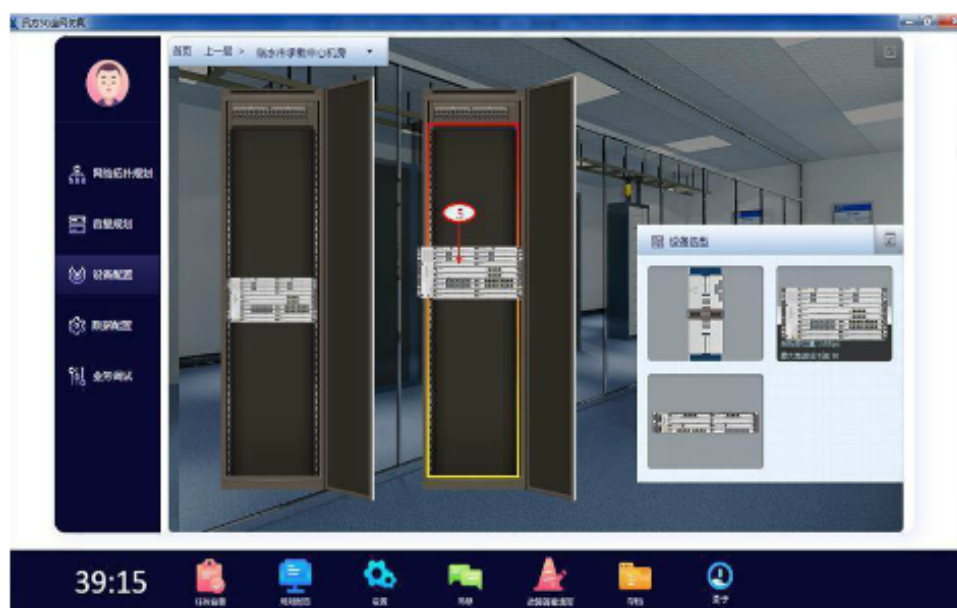
按照预先规划的网络结构，在设备配置界面进行核心网设备安装和信号线连线的动作，包括 MME、SGW、PGW、HSS 设备的安装，以及所有设备和 SW1 的光纤连线，SW1 和 ODF 的光纤连线；完成阶段 2 的要求；



核心网设备安装图

第 4 步：承载网设备安装

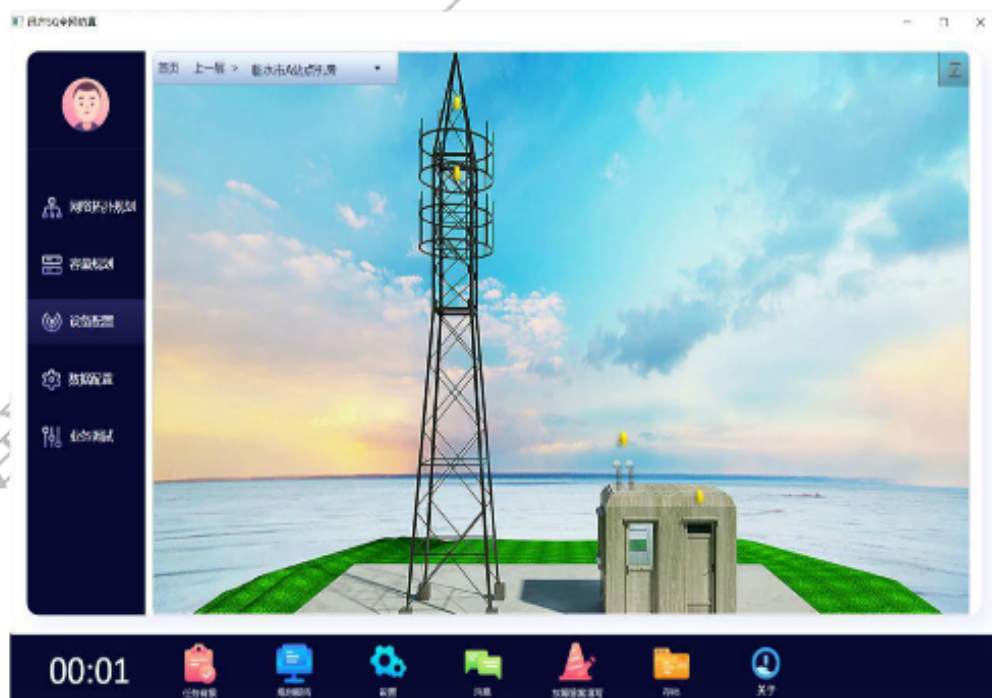
进入临水承载网中心机房，根据拓扑规划，安装传输设备 PTN 的硬件安装以及线缆连接。保证合理有效。



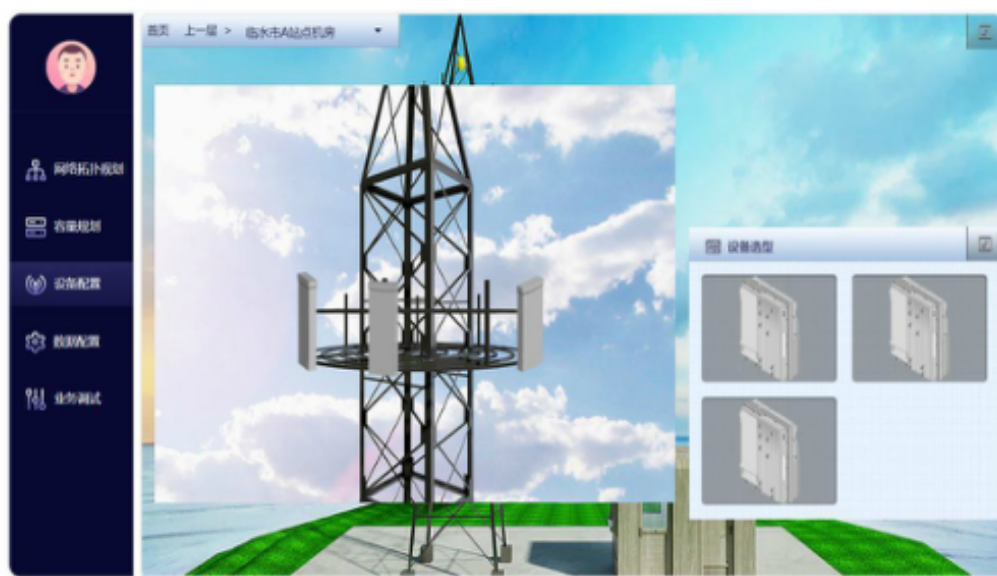
承载网设备安装图

第 5 步：无线侧设备安装（4G 设备安装）

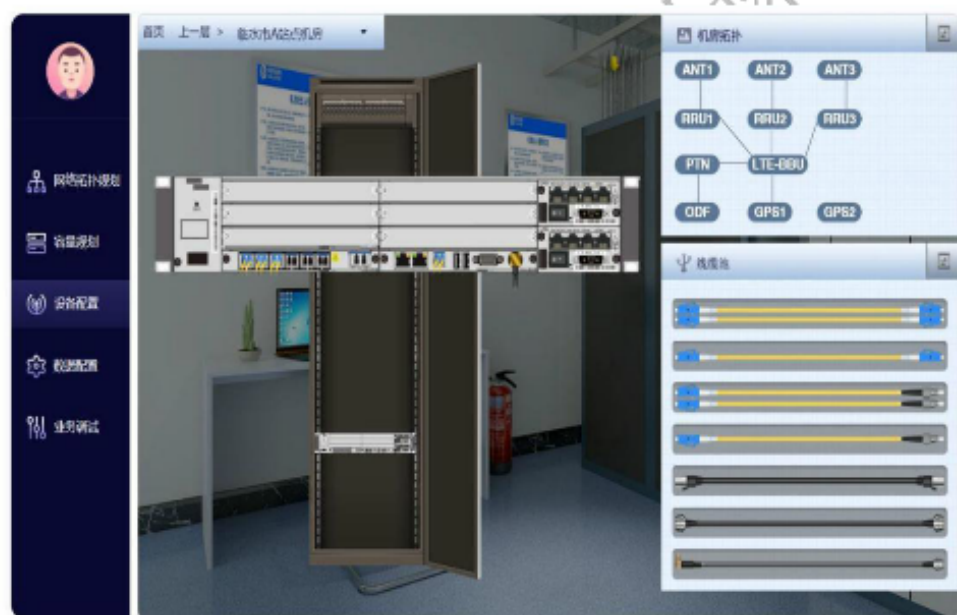
进入临水站点机房，根据拓扑的规划，在基站机房外的发射塔上完成 RRU 设备、在机房内完成 LTE BBU 设备及传输设备 PTN 的硬件安装，完成 LTE BBU 和 RRU 间的光纤安装，完成 LTE BBU 和 PTN 间的光纤安装，完成 LTE BBU 和 GPS 间的馈线安装，完成 RRU 和天线 ANT 间的馈线安装，保证合理有效



基站机房设备安装整体界面



基站塔上 4G 设备安装界面



基站机房内 4G BBU 设备安装图

第 6 步：无线侧设备安装（5G 设备安装）

进入临水站点机房，根据拓扑的规划，在基站机房外的发射塔上完成 AAU 设备、在机房内完成 NR BBU 设备的硬件安装，完成 NR BBU 和 AAU 间的光纤安装，完成 NR BBU 和 PTN 间的光纤安装，完成 NR BBU 和 GPS 间的馈线安装，保证合理有效，至此完成阶段 3 的要求。



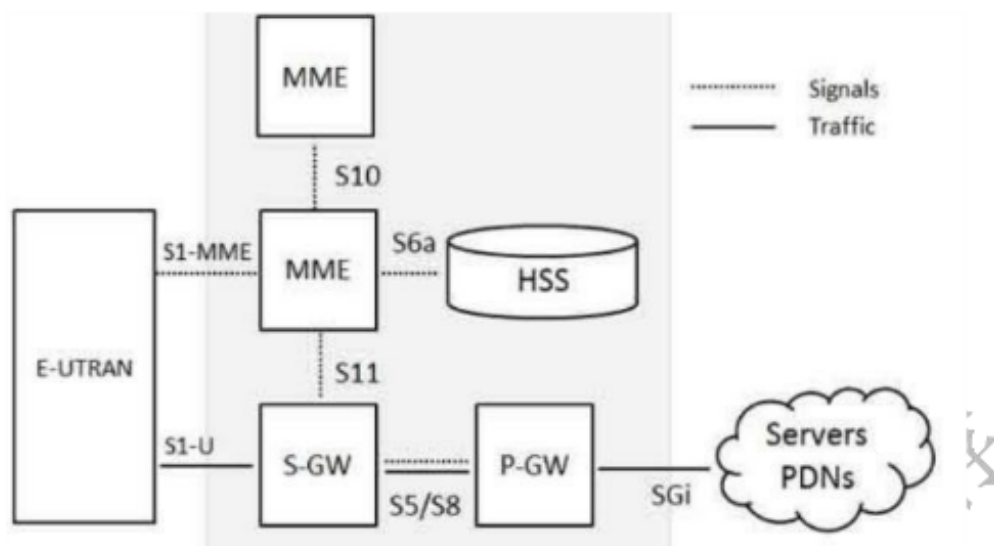
基站塔上 5G 设备安装界面



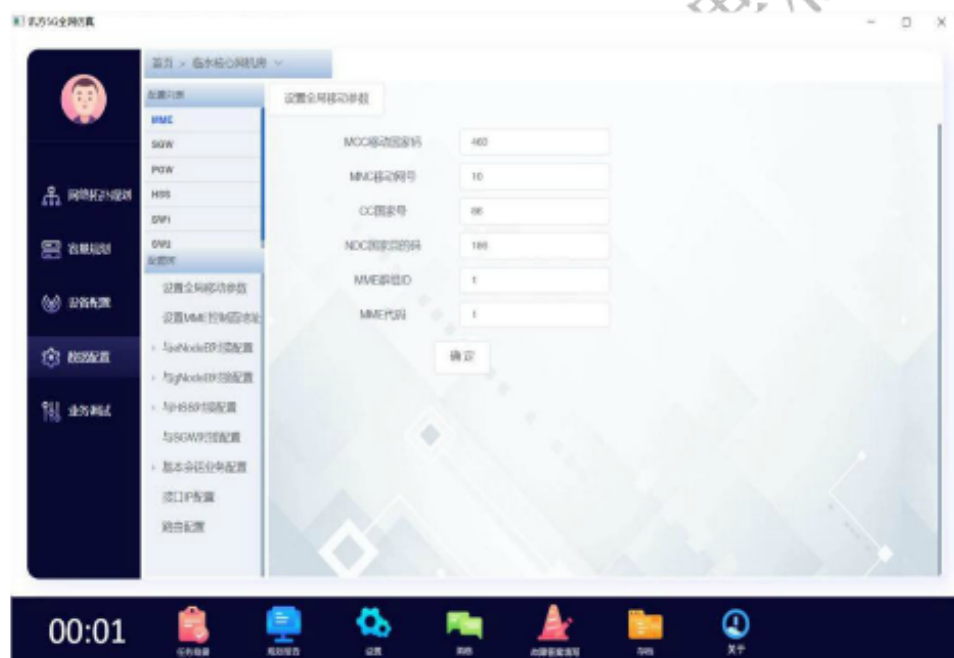
基站机房内 5G BBU 设备安装图

第 7 步：核心网 MME 数据配置（内部对接数据）

根据组网规划，切换到数据配置界面，到临水核心网机房进行核心网机房 MME 设备的数据配置完成除 S1 接口外的数据配置。



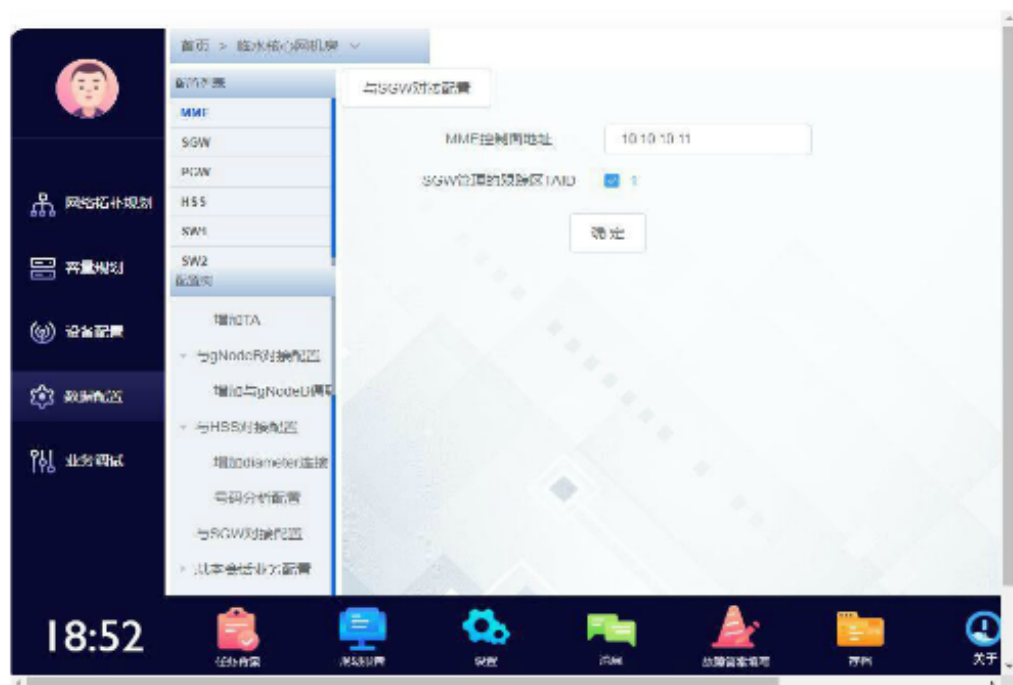
无线全网设备间接口拓扑图



核心网 MME 设备数据配置界面

第 8 步：核心网 SGW 数据配置（内部对接数据）

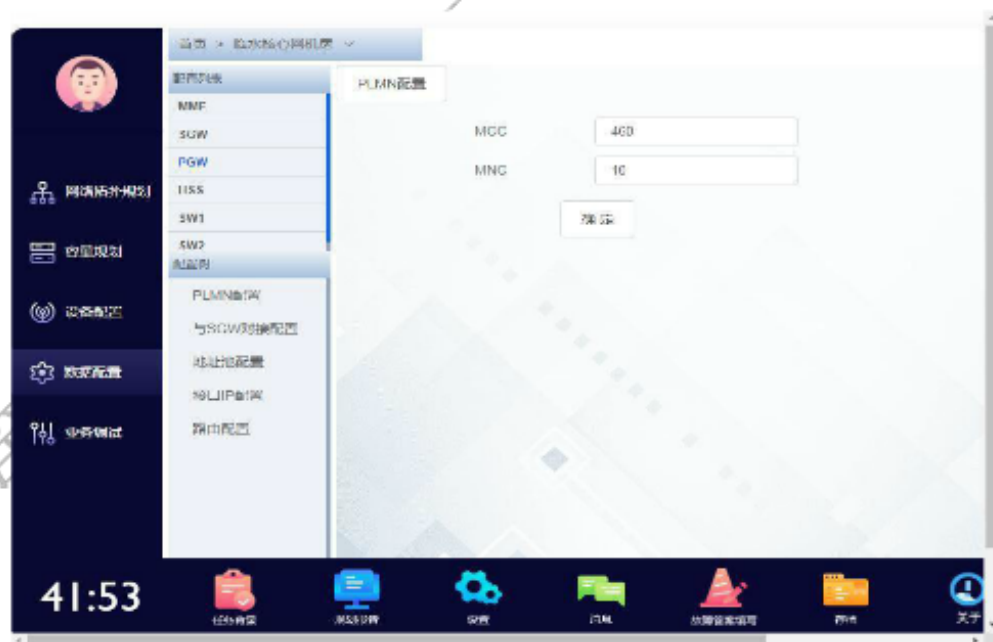
根据组网规划，切换到数据配置界面，到临水核心网机房进行核心网机房 MME 设备的数据配置完成除 S1 接口外的数据配置。



核心网 SGW 设备数据配置界面

第 9 步：核心网 PGW 数据配置（内部对接数据）

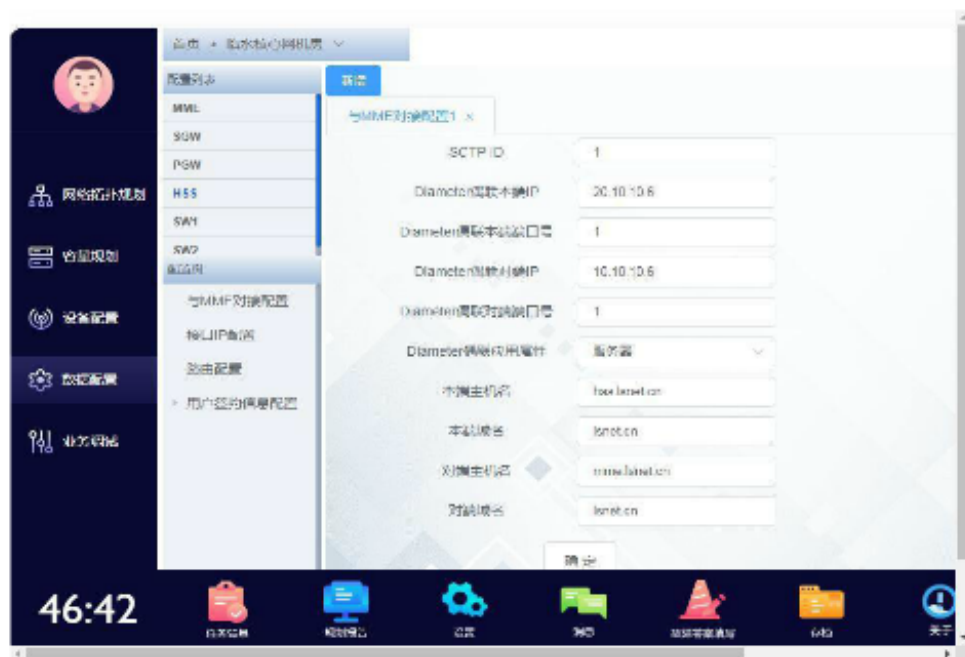
根据组网规划，切换到数据配置界面，到临水核心网机房进行核心网机房 PGW 设备的数据配置，完成除 S1 接口外的数据配置。



核心网 PGW 设备数据配置界面

第 10 步：核心网 HSS 数据配置（内部对接数据）

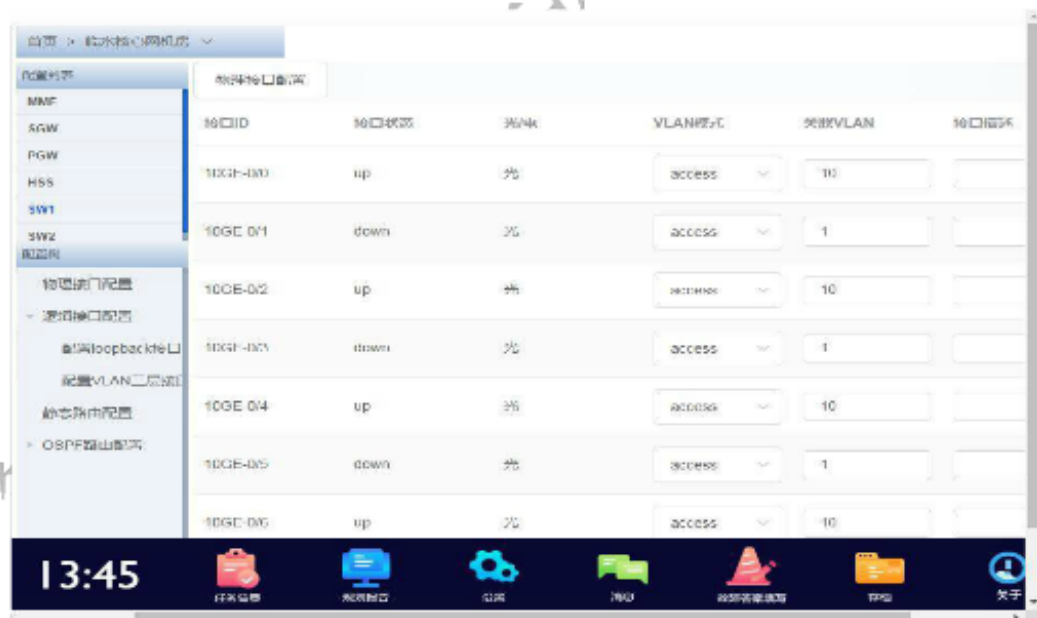
根据组网规划，切换到数据配置界面，到临水核心网机房进行核心网机房 HSS 设备的数据配置，完成除 S1 接口外的数据配置。



核心网 PGW 设备数据配置界面

第 11 步：核心网 SW 数据配置（内部对接数据）

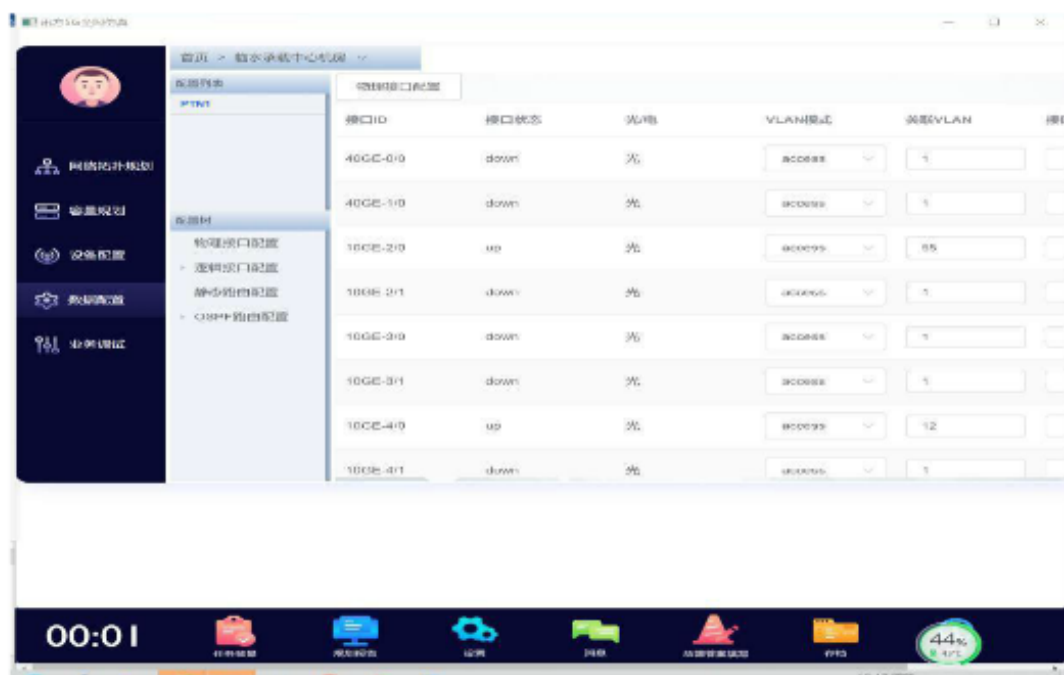
根据组网规划，切换到数据配置界面，到临水核心网机房进行核心网机房 SW 设备的数据配置，完成除 S1 接口外的数据配置，调试完成通过告警等工具观察设备间的运行情况，确保最终调测结果正常；完成阶段 4 的要求。



核心网 SW 设备数据配置界面

第 12 步：承载网数据配置

与传统网络的点到点面向连接方式相比，本项目是 IP 化的点到多点的连接方式。承载网负责 eNode B 之间的互通以及 GW 的直接互通。本项目将临水核心机房 SW—临水承载中心 PTN1—临水汇聚 1 机房 PTN—临水 A 站点 PTN—基站进行连接，完成上述承载网设备数据配置。



承载网设备数据配置界面

第 13 步：4G eNodeB 全局数据配置

本项目搭建的是 5G NSA 网络，需要先建设好 4G 网络，进行核心网与 ENB 基站设备的调试并进行数据配置；保证结果正常；相关参数需与核心网侧相对应和关联；包括 MME 中与 ENB 对接数据以及 SGW 与 ENB 对接数据；



站点机房承载数据配置界面

第 14 步：eNodeB 传输数据配置

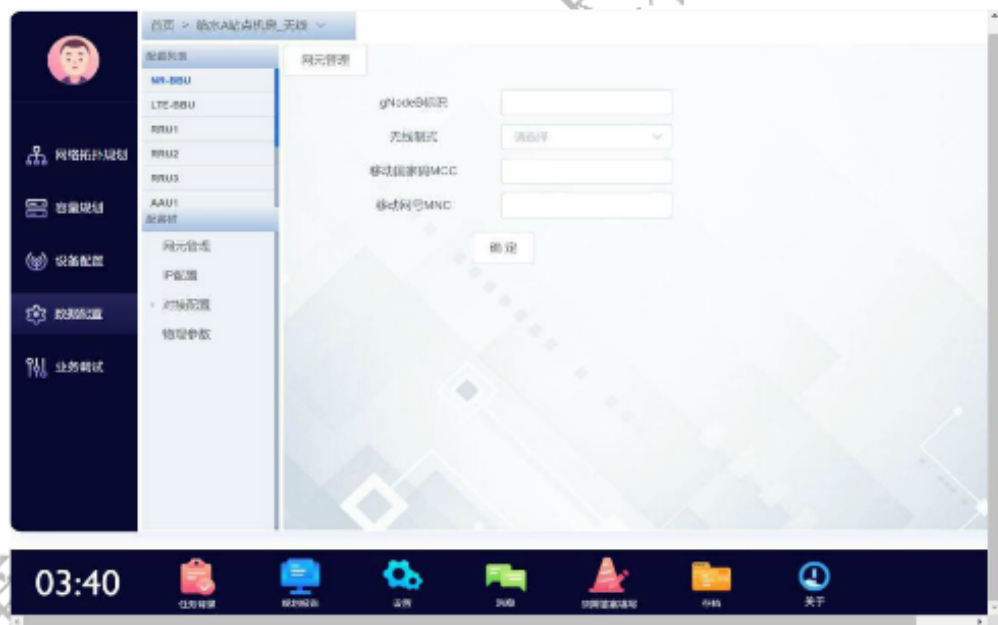
主要完成对基站 IP 地址、S1 接口配置、X2 接口数据配置，LTE-BBU 的物理参数配置等。



站点机房传输数据配置界面

第 15 步：5G 无线参数设置

完成对 RRU 射频、无线的小区 ID, PCI, 频率及其他软件参数得配置。



LTE 小区数据配置界面

第 16 步：4G 网络业务调试

完成 LTE 基站的 BBU, RRU 及无线参数配置后, 所有参数及网络拓扑正常情况下, 我们可在业务调试中进行验证测试:

实验模式: 指对核心网和无线接入网进行网络拓扑, 配置参数验证, 不包含传输网络;

全网模式: 指对核心网和无线接入网进行实验验证, 同时也会对核心网与无线网之间的传输网络, 包含传输设备 PTN、OTN 等进行拓扑连接、参数配置、路由指向等进行验

4G 基站与 5G 基站对接接口数据

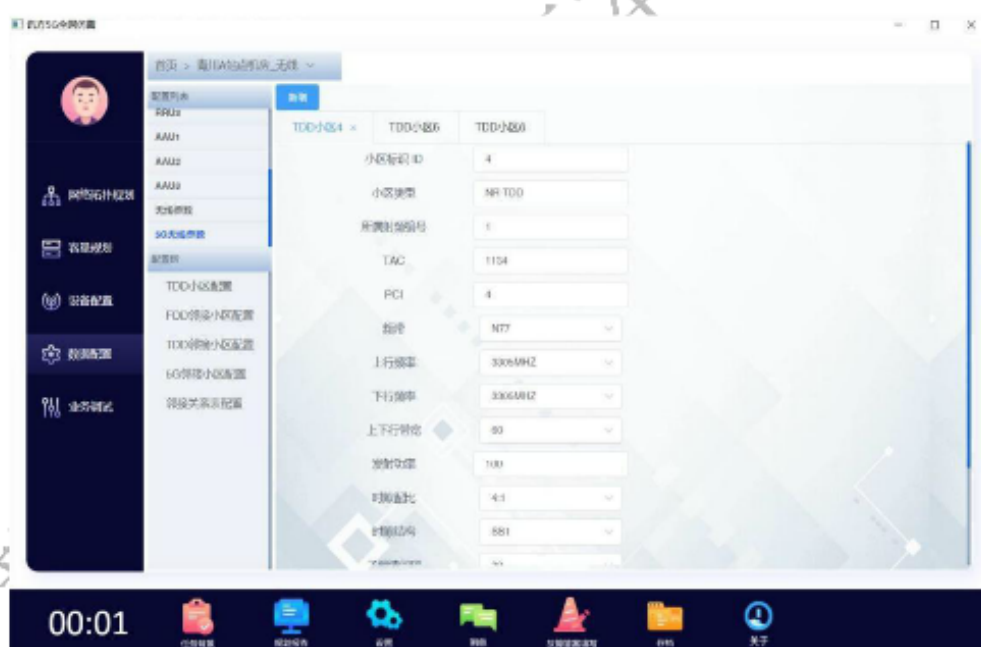
4G 基站的 5G 邻区数据

第 18 步：5G 网络调试（5G 基站数据调试）

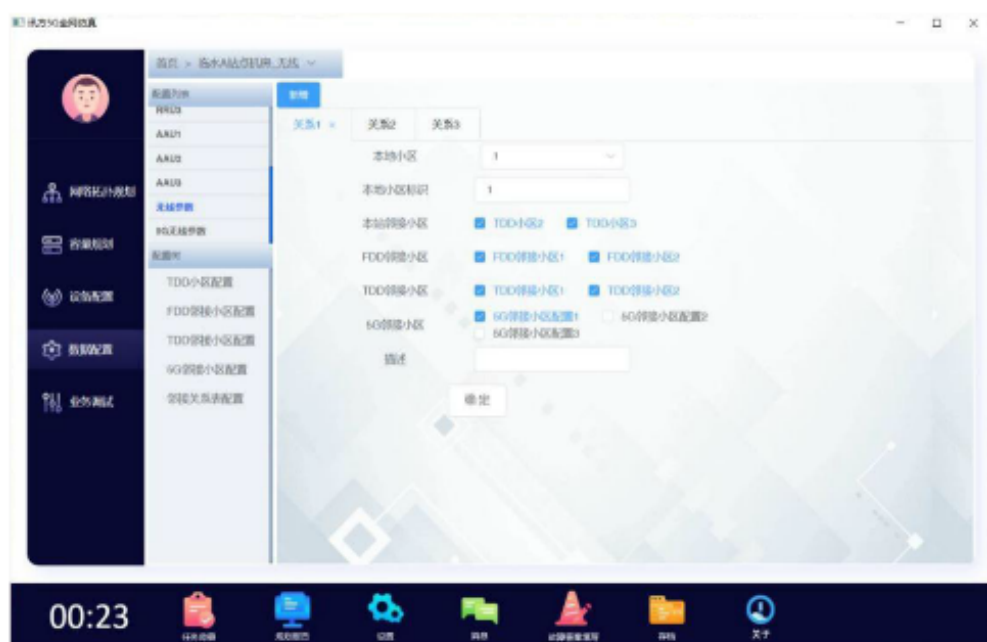
完成其他配套数据后，进行 5G 基站本身数据的配置，主要包括 5G 基站基础数据、基站和核心网对接数据、5G 基站和 4G 基站对接数据、无线数据、4G 邻区数据，至此完成阶段 4 的所有数据配置要求；



NR 基站基础数据配置界面



NR 基站无线数据配置界面



邻区关系配置界面



小区切换业务测试结果界面

第 21 步：5G 网络运维优化

在仿真软件中采用读档功能，读取预设存档 3，将读出一个故障存档，存档中存在多个网络问题，通过对问题的分析和故障的处理解决问题，记录故障位置，最终实现小区业务恢复正常，完成阶段 6 的要求；



预置存档读取界面



读出的故障存档图

3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

对于操作过程中实验结果的要求:

- (1) 网络 IP 规划：要求独立规划全网所需的 IP 网络数据。在实验模式下，达到核心网元间网络和接口正常，核心网和无线侧间网络和接口正常。
- (2) 5G 无线通信网络：要求独立规划 5G NSA 无线数据。在实验模式下，达到手机能够

注册网络、能够正常计算上下行速率、小区能够进行切换。

(3)网络运维：要求在调试好的网络中找到存在的故障，并解决故障。在实验模式下，达到手机小区业务能够正常，能实现小区切换。

实验过程中，如果设备安装错误、接口连线错误、数据配置错误、业务参数配置错误，都会有告警提示，在业务测试和故障排查界面，可以有针对性的分析错误原因，进而排除故障，最终达到 5G NSA 全网连通。

参与实验的同学可以分组，但是每位同学必须单独提交实验报告。对于实验报告的

要求：报告结构严谨，文字通顺，用语符合技术规范，图表清楚，书写格式规范，不与别人

雷同。每个阶段性结果的获得，都有相关的理论知识点支撑，要求在报告中写出对这些知识点的理解以及这些知识点在 5G 移动通信网络中的具体应用。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求 本项目主要面向电子信息类专业，包括但不限于通信工程、电子信息工程、电子信息科学与技术、物联网工程等专业，或者其他已经具备通信原理、无线通信与移动通信、计算机网络相关知识储备的其他专业的学生。年级建议为三年级或者四年级。

(2) 基本知识和能力要求 本项目设计的基本知识和能力包括：无线通信与移动通信类的基础知识、通信原理、计算机网络或者通信网基础知识等。要求学生掌握基本的移动通信应用能力，包括移动通信组网技术、网络规划设计能力、网络配置能力等。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2020 年 2 月 9 日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 136 人，外校 50 人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：纳入教学计划的专业

业数：2，具体专业：通信工程、物联网工程，教学周期：2，学

习人数：136

(4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否

(5) 社会开放时间：2020 年 6 月 1 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：50 人

4. 实验教学特色

(该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内)

(1) 实验方案设计思路创新：本项目搭建了 5G 全网仿真实验系统，让学生全面学习和掌握新基建背景下 5G 核心网、承载网、接入网等通信技术和宽带无线通信的基础知识，掌握 5G 全网规划与部署、故障排查和网络优化的基本方法，熟悉 5G 工作场景和设备互联规范，提升专业素质与技能。充分体现了软件定义网络和网络功能虚拟化的前沿理念。实验内容突出综合性、研究性的特点，有助于培养学生综合运用所学知识分析和解决复杂问题的能力。

(2) 教学方法创新：教学方法体现以学生为中心的理念，具有开放式、自主式、网络化的特点。教学上可采取两种方式：一是虚实结合方式，利用实验室现有 4G LTE 设备，了解设备的构造、工作原理，再通过虚拟仿真实验中提供的仿真设备，学习 5G NSA 网络设备的部署；二是纯虚拟仿真实验方式，针对没有真实实验设备的学校，利用虚拟仿真实验中提供的仿真设备，学习 5G NSA 网络设备的部署。实验教学注重课前指导、实验预习、学生实验操作、分组讨论、实验考核等环节的进行及反馈。提倡让学生自主、合作、探究地完成实验项目。

(3) 评价体系创新：本项目已纳入相关专业的培养方案和教学计划，指定相关教学效果评价办法。根据学生和教师反馈，持续改进教学评价机制。鼓励推广使用高校探索有利于虚拟仿真实验教学项目开放共享的教学绩效激励机制，建立高校间实验教学项目成绩互认、学分转换机制。

(4) 对传统教学的延伸与拓展：基于本虚拟仿真实验教学项目，不仅可以有效与传统教学中课程理论知识相呼应，更为学生建立了一个直观的系统及网络视图，从宏观的网络部署到具体的机柜面板、数据配置，均可以通过虚拟仿真手段加以实现，可以针对课程有的放矢。同时，依托完整的通信协议与虚拟现实等技术，学生在实验过程中的每一步操作均与实际的网络相匹配；依托先进的网络架构，不仅在实验室本地终端可以操作，也可以通过远程方式操作，实现了真正意义上的时间与空间的全开放。

5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源： 教学指导书 教学视频 电子教材 课程教案

(申报系统上传) 课件(演示文稿) 其他

(2) 实验指导资源： 实验指导书 操作视频 知识点课件库 习题库

(申报系统上传) 测试卷 考试系统 其他

(3) 在线教学支持方式：☒ 热线电话 ☐ 实验系统即时通讯工具 ☐ 论坛

支持与服务群 其他

(4) 2 名提供在线教学服务的团队成员；1 名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供 4 小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

10Mbps

(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

100

6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

Windows7 或以上

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

不支持

(3) 支持移动端：☐是 ☒否

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器 IE 浏览器 360 浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件 ☐是 ☒否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：M

下载链接：

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

无

6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

（1）计算机硬件配置要求

I5 以上主流 CPU，4G 以上内存，硬盘 512G 容量

（2）其他计算终端硬件配置要求

无

6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

（1）计算机特殊外置硬件要求

无

（2）其他计算终端特殊外置硬件要求：●无○有 如勾选
“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

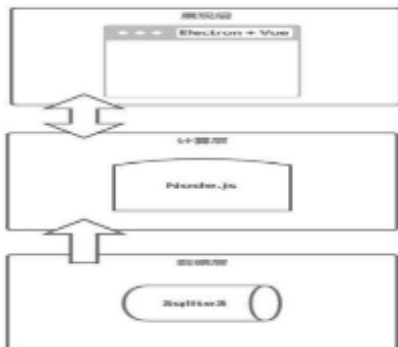
（1）证书编号：

GB/T 22080-2016/ISO/IEC 27001:2013

（2）请附信息系统安全等级保护备案证明



7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		系统采用基于 Node.js+Electron+Vue + Sqlite3 的架构，采用 HTML5、Adobe flash 和 Visual Studio 开发工具开发。不需要安装任何插件。 
实验教学	开发技术	VR AR MR 3D 仿真 二维动画 HTML5 其他
	开发工具	Unity3D 3D Studio Max Maya ZBrush SketchUp AdobeFlash UnrealDevelopment Kit Animate CC Blender Visual Studio 其他
	运行环境	服务器 CPU 两核、内存 8 GB、磁盘 512 GB、 显存 2 GB、GPU 型号 不必须 操作系统 Windows Server Linux 其他 具体版本：2018 数据库 Mysql SQL Server Oracle 其他 备注说明（需要其他硬件设备或服务 器数量 多于 1 台时请说明） 是否支 持云渲染： ○是 ●否

实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	单场景模型面数：20 万个； 贴图分辨率：1024px * 1024px； 每帧渲染次数：>30calls； 动作反馈时间：<30ms； 显示刷新率：60FPS； 分辨率：1920ppi * 1080ppi 其他：无
---	--

8. 实验教学课程持续建设服务计划

（本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数）

（1）课程持续建设

日期	描述
第一年	持续更新和完善实验系统，具体包括：完善 5G 移动通信系统网络规划设计、路测、优化、支持业务多样性虚拟仿真项目；结合已有的设备，完成从系统规划设计到通信设备安装、路测、优化一整套完成的 5G 移动通信系统体系。
第二年	加强特色与创新资源项目持续建设与更新，支持多种业务应用，增加交互功能设计，综合人工智能、增强现实等技术丰富平台功能，满足教师和学生对于创新型实验和学科竞赛的设计要求。
第三年	增强实验平台的稳定性和可扩展性。提供更多的开放接口，满足更大的用户并发访问。加强虚实统一管理，结合我校虚拟仿真实际教学情况，建立校内外开放式综合虚拟仿真管理平台，实现大规模用户的同时接入和并行处理。
第四年	增强合作交流，通过举办会议、成立论坛、接待参访等形式，吸收校内外及国内外兄弟院校、相关机构的对口院系和实验室进行实验室建设思路、经验和成果，集成到实验平台中。
第五年	加强开放共享，促进省内外其他相关高校教师、学生，以及相关企业和科研院所的工程师参与此虚拟仿真实验。举办移动通信技术技能大赛，促进学生的专业实践与综合创新能力。

其他描述：

（2）面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	2	100	2	60
第二年	4	200	2	80
第三年	4	200	4	120;
第四年	6	300	4	150
第五年	8	400	5	200

其他描述：

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	新基建 5G NSA 典型网络规划与部属虚拟仿真软件
是否与课程名称一致	☒ 是 ☐ 否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
烟台大学	☒ 课程所属学校 ☐ 企业 ☐ 课程负责人 ☐ 学校团队成员 ☐ 企业人员 ☐ 其他
深圳市讯方技术股份有限公司	☐ 课程所属学校 ☒ 企业 ☐ 课程负责人 ☐ 学校团队成员 ☐ 企业人员 ☐ 其他
权利范围	全部权利
软件著作登记号	2021SR0823173
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：贺鹏飞

2021 年 06 月 06 日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

〔由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于 3 名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。〕

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以 1 份为宜，不得超过 2 份。无统一格式要求。）

中共烟台大学委员会
关于《新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚
拟仿真》课程团队成员和课程内容
政治审查的意见

山东省教育厅：

该虚拟仿真实验教学项目团队负责人贺鹏飞及团队成员遵守师德师风，政治立场坚定，爱岗敬业，坚持社会主义核心价值观，认真落实“立德树人”的根本任务，积极弘扬自尊、自信、自立、自强的精神，无学术不端行为，五年内均无出现过教学事故。

该虚拟仿真实验教学项目内容及申报材料真实准确，实验教学内容价值取向正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误。

该虚拟仿真实验教学项目在 5G 规模商用的新基建背景下诞生，将仿真技术融入 5G 实训，为学习者构建灵活超仿真的实验环境，实验场景完整覆盖了 5G 无线网络、核心网络、数据通信网络等宽带无线通信环境，学生在学习过程中，身临其境感受 5G 基站、接入网机房、承载网机房和核心网机房环境，还原最真实的 5G 网络部署与维护流程，充分体现实验资源与信息技术深度融合、真实网络与虚拟环境的有机结合。该虚拟仿真实验教学项目对于“新一代信息技术”新工科高水平应用型人才培具有重要的支撑作用。

中共烟台大学委员会

2021 年 6 月 1 日

附件 2

烟台大学《新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真》

学术性评价意见

经学校组织电子信息学科专业领域专家，组成学术评价审查小组，经小组成员审查课程建设情况，给出如下评价意见：

烟台大学贺鹏飞老师负责的《新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真》实验教学项目符合国家虚拟仿真实验教学项目的基本要求，教学效果优秀，该课程教学团队具有丰富的教学经验，较高的学术水平和丰硕的科研成果。

虚拟仿真实验教学团队将“5G 密集小区网络容量规划”科研成果融入到 5G 网络部署实践教学中，学生根据城市用户数、覆盖区域和业务规划，通过理论推演，选择 5G NSA 网络容量规划的模型，提高了虚拟仿真实验教学的高阶性和挑战度。

学生通过虚拟仿真实验操作，全面学习和掌握新基建背景下 5G 核心网、承载网和接入网等通信技术，以及宽带无线通信原理及基础知识，掌握 5G 全网规划与部署、故障排查思路和网络优化的基本方法，熟悉 5G 工作场景和设备互联规范，从而提升专业素质与技能。实验方案设计充分体现了软件定义网络和网络功能虚拟化的前沿理念。实验内容突出综合性、研究性、创新性的特点，有助于培养学生综合运用所学知识分析和解决复杂问题的能力。

实验教学方法体现以学生为中心的理念，具有开放式、自主式、网络化的特点，在教学上可采取虚实结合和纯虚拟仿真两种方式。教学过程中注重课前指导、实验预习、学生实验操作、分组讨论、实验考核等环节的进行及反馈。提倡让学生自

主、合作、探究地完成实验项目。该虚拟仿真实验不仅可以在实验室本地终端上操作，也可以通过网络远程方式操作，实现了真正意义上的时间与空间的全开放。

综上所述,该课程在学术性方面已具备了申报省级（国家级）一流本科课程的条件，同意推荐。

《课程名称》学术性评价小组

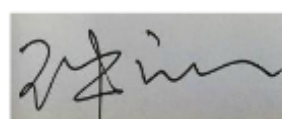
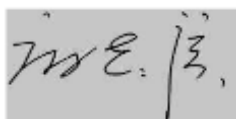
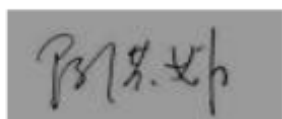
2021年5月28日

小组成员信息如下：1、陈洪娟，哈尔滨工程大学水声工程学院，教授，主要研究矢量传感器设计与制作、水声测量技术，国家首批虚拟仿真实验教学项目《声波基本要素的测量与分析实验》负责人。

2、麻志滨，哈尔滨工业大学（威海），高级工程师（正高），信息科学与工程学院实验中心常务副主任。连续三年被山东省电子设计大赛组委会聘为专家组成员。

3、王中训，烟台大学光电信息学院院长，教授，山东省教学名师，主要研究宽带无线通信信道编译码、水下通信。山东省一流建设课程《数字电路》负责人，烟台大学国家级一流建设专业“电子信息科学与技术”负责人。

专家签名：



附件 3

哈尔滨工程大学水声工程学院，首批电子信息类国家级虚拟仿真实验教学一流课程《声波基本要素的测量与分析实验》负责人陈洪娟教授评价意见：

校外评价意见

烟台大学光电信息科学技术学院建设开发的“新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真”实验项目，项目研究目标明确、内容符合虚拟实验项目建设条件，实验环节充分发挥了虚拟手段可操作性强的特点，实验步骤设置科学、合理、有效，更加有益于培养学生的工程实践能力，从而能够更好地提高实验教学质量。

哈尔滨工程大学水声学院：陈洪娟



第二批国家级

山东建筑大学信息与电气工程学院虚拟仿真实验教学项目应用证明：

“新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真”实验教学项目应用证明

烟台大学光电信息科学技术学院建设开发的“新基建 5G NSA 典型网络规划与部署虚拟仿真”实验教学项目针对 5G 移动通信实验教学和课程设计，采用情景浸入、人机互动、探究设计等教学方法，使学生了解 5G 全网规划与部署、故障排查和网络优化方法，提升学生综合实践能力，能在教学过程中取得良好的教学效果。

特此证明

山东建筑大学 信息与电气工程学院

2020 年 7 月 10 日

第一批