



5G 移动通信网络实验室 建设方案（教育医疗）



北京融讯光通科技有限公司

2023 年 12 月

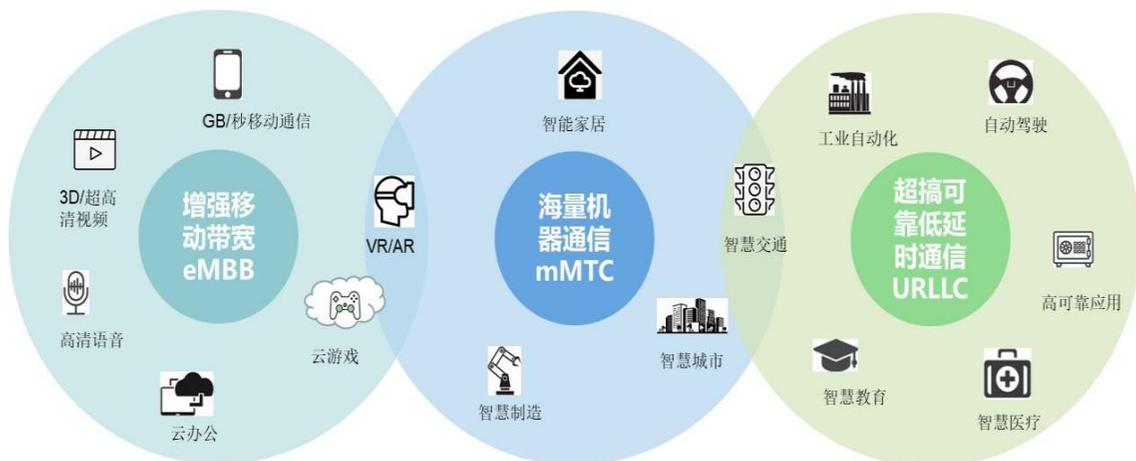
目 录

一、 项目建设背景	2
1.1 5G 通信发展概述	2
1.2 5G 产业发展现状及趋势	3
1.3 行业人才需求	4
1.4 院校人才培养现状分析	5
1.5 院校专业实验/实训教学改革思路	6
二、 5G 通信实验室建设解决方案	8
1.6 建设目标	8
1.6.1 实验室建设规划	8
1.7 5GC 各网元功能介绍	13
1.7.1 AMF	14
1.7.2 SMF	14
1.7.3 UDM	14
1.7.4 AUSF	15
1.7.5 PCF	15
1.7.6 UPF	15
1.7.7 NRF	15
1.7.8 NSSF	16
1.7.9 WEB 配置页面	16
1.7.10 5G 移动通信时代的十大应用场景	23
1.8 IMS 系统	24
1.8.1 I-CSCF	25
1.8.2 S-CSCF	26
1.8.3 P-CSCF	26
1.8.4 AS	26
1.8.5 SMS	27
1.8.6 QoS 控制	27
1.9 实验教学课程资源	27
1.9.1 课程实训资源明细表	27
1.9.2 课程资源详细介绍	28
1.10 通信实验室建设价值	34
1.10.1 完备创新实验环境，建设复合型创新人才培养基地	34
1.10.2 完善实践教学体系，提高创新型人才培养质量	35
1.10.3 提高学科建设水平，建设高水平师资队伍	35
1.11 实验室建设效果图	36
三、 项目建设方案优势	40
实验室方案优势	40

一、 项目建设背景

1.1 5G 通信发展概述

自 1980 年代 1G 移动通信技术出现后，移动通信技术的代际跃迁使移动通信应用场景不断扩延。从 1G 到 2G，移动通信技术从频分多址(FDMA)跃迁到时分多址(TDMA)，移动通信完成从模拟到数字的转变;从 2G 到 3G，移动通信技术从时分多址跃迁到码分多址(CDMA)，数据传输能力显著提升，视频电话等移动多媒体业务兴起;从 3G 到 4G，移动通信技术从码分多址跃迁到正交频分多址(OFDMA)和多入多出(MIMO)，支持宽带数据和移动互联网业务。而 5G 的发展，不仅仅是技术的演进，更是商业与运营的变革，它将不仅解决人与人之间沟通问题，还将联系人与物、物与物，开启万物互联新时代。



1.2 5G 产业发展现状及趋势

我国政府高度重视 5G 产业的发展，在相关关键政策方面为 5G 产业的发展指明方向，《中国制造 2025》指出要全面突破第五代移动通信(5G)技术；《国家信息化发展战略纲要》指出 5G 要在 2020 取得突破性进展；《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》要求加快构建高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施，积极推进 5G 商用；《关于进一步扩大和升级信息消费持续释放内需潜力的指导意见》要求进一步扩大和升级信息消费力争 2020 年启动 5G 商用。

目前，5G 时代正加速到来，在政策支持、技术进步和市场需求驱动下，中国 5G 产业快速发展，在各个领域上持续展开。预计 2025 年中国 5G 连接数将超 4 亿个。据中国信息通信研究院数据，自 2020 年正式商用起，预计 2020 年中国 5G 连接数将达 0.04 亿个，随着时间推移将迅速增加，到 2025 年预计将达 4.28 亿个，超过 4 亿个的连接数。5G 网络初期作为热点技术的部署，将对现网容量进行补充和扩展。产业发展前景广阔，提供百万就业机会。目前中国 5G 产业已形成规划、建设、运营和应用四大产业链环节，产业发展前景广阔。



2019年中国5G产业链分布

1.3 行业人才需求

2018年被称为“5G启动元年”，2019年被称为“5G发展元年”，5G成为高科技领域备受瞩目的风口，其人才增长势头也颇为迅猛。全球移动通信系统协会预测，到2025年全球5G连接数量将达14亿个，未来15年间，5G将为全球经济增加2.2万亿美元产值。据中国信息通信研究院2017年发布的《5G经济社会影响白皮书》预测，到2030年，5G将带动我国直接经济产出6.3万亿元、经济增加值2.9万亿元、就业机会800万个；在间接贡献方面，5G将带动总产出10.6万亿元、经济增加值3.6万亿元、就业机会1150万个。根据猎聘数据显示，2018年5G领域企业人才需求同比2017年增长57.62%，

从 5G 的四大细分领域(5G 应用、终端和运营商、原器件及材料、传输网络)的人才需求分布来看，5G 应用占比最大，为 72.81%；其次是终端和运营商，占比为 12.49%。原器件及材料、传输网络是人才需求占比较小的领域，分别为 9.82%、4.87%。

5G 应用涉及的领域最为广泛，涉及智能家居、智慧城市、工业互联网、AR/VR、3D 娱乐等方面，跟个人的生活、娱乐场景、城市发展、产业布局等密切相关，也是 5G 的核心价值体现。因而人才需求非常旺盛。尤其在北上广深等一线 5G 试点城市，对 5G 人才需求极为迫切。

1.4 院校人才培养现状分析

5G 的大热，让通信工程这门老牌专业成为了考生趋之若鹜的学科之一，通信工程，是电子工程的一个重要分支，电子信息类专业，同时也是其中一个基础学科。该学科关注的是通信过程中的信息传输和信号处理的原理和应用。通信工程是一个很大的学科，是很多学科的交叉，是一个理论与实践紧密结合的典型科目。随着 5G 通信技术的发展，业内对未来的 5G 人才能力做了如下定义：

- 1、基础能力，要具备移动通信的底层技能。包括像无线通信的原理，信令协议。
- 2、网络的规划与设计能力。负责站点的规划设计，包括组网规划设计以及参数的规划设计。
- 3、网络的云化能力，包括核心网的 NFV 技术，传输的 SDN 技术，以及无线 CloudRAN 技术。
- 4、大数据和 AI 技术，降低运营商的运维成本，要求网络工程师必须要具备智能化的自动化的运维。要掌握数据的清洗和挖掘、数据的分析建模，机器学习，深度学习，甚至包括编程。
- 5、行业解决方案能力，这也是最重要的能力之一。从长远来看，5G 网络面向的更多的是垂直领域，如教育和医疗行业。针对不同的垂直行业，诉求、需求完全不同。5G 人才需要熟悉整个需求调研的过程，按照不同的行业做相应的需求调研分析，并且根据客户的需求去设计整个方案架构，最终完成解决方案的开发并满足客户的需求。

现阶段国内各大院校通信信息类实验课程体系是根据通信电子类专业课程体系设置的，实验课包含在理论课中，教师根据课程的进度安排实验时间，一般开设的实验是验证性实验项目，主要存在的问题包括：

(1) 实验内容大多数是进行一些基于本课程的验证性实验，各门课程的实验之间互相分割、相对独立，实验项目有重叠，学生缺少综合性的整体概念，没有进行纵向和横向的有机整合，缺少综合、设计性实验；

(2) 由于学时的限制，一个实验项目一般设为 2 学时，而设计性实验项目往往不可能在短短的 2 节实验课内完成，因此学生不能亲自参与实验的全过程，只能流于形式，实验教学的效果不理想，不利于发挥学生的主体作用和创造性；

(3) 由于实验教学的从属地位，实验教学没有独立和科学的考核体系，不能充分调动学生的主动性，学生普遍存在重理论轻实验的现象；

(4) 各实验室资源不能很好地实现共享，实验设备利用率低；

从当前院校通信人才培养现状整体情况来看，存在着诸多问题，如：学校相关专业教学内容滞后、人才培养模型不满足全球化产业人才需求标准、专业教师不具备教授相关课程的行业经验、学校不具备专业实验室建设经验等。就以上现象而言，目前多数学校的通信类实验室还停留在传统实验箱的阶段，在这种实验环境下，学生只能进行模块化的实验，学生很难系统的掌握当代通信网络架构，系统原理等，这与企业所要求毕业生的技术综合应用能力和综合职业素质存在着很大的差距，尤其是跟现代通信网的全程全网或互联互通的精髓相违背；随着电信行业的快速发展，当前通信专业教学及工程实验、实践在某些方面已不能适应当前实际发展，已经无法满足社会对通信类人才的实际需求。为了培养熟练的应用型人才，在教学过程中迫切需要对当前旧的教学与实践环节进行改革以适应不断变化的市场需求。

1.5 院校专业实验/实训教学改革思路

应用电子技术、移动通信技术、电子信息工程技术、软件技术、计算机技术、物联网技术等相关专业实践教学改革的总体思路应以市场需求为导向，

以培养学生工程素质和实践创新能力为根本，坚持“知识、应用、素质”协调发展，充分发挥“产、学、研、用”的教学新理念新模式，更新教学理念，统筹规划理论教学和实践教学工作，加大实践教学投入，提高实践教学质量及水平，培养“高素质、应用型、复合型、创新型”的高级应用型人才。应用电子技术、移动通信技术、电子信息工程技术、软件技术、计算机技术、物联网技术等相关专业实践教学改革的总体目标则是实践教学理念符合应用型人才要求，进一步优化人才培养方案，不断创新人才培养模式，适时整合实践教学资源，优化实践教学队伍，规范实践教学管理，努力构建产学研一体化、以培养学生能力为根本、为区域经济和社会发展培养高级应用型人才的实践教学体系。就此，提出相关举措如下：

（1）首先组织专家到通信企业针对人才培养目标进行调研，收集人才培养目标确定的第一手材料，根据通信工种，分析确定职业岗位，归纳岗位能力；对当前电信的网络现状进行调研，根据调研结果和学校的实际条件，制定创新人才培养基地方案；

（2）通过搭建综合信息技术创新人才培养基地，引导学生进一步联系实际，认识与把握现代通信网全程全网的精髓，具备全程全网的实践能力，成为通信技术复合型人才；

（3）由教师、企业人员和学生共同搭建信息技术综合创新人才培养基地，模拟企业实际的运行维护环境；基于 ICT 技术综合实践平台，进行信息技术综合教学体系架构的研究。对实践教学内容进行创新，实践教学方法进行改革，实践教材进行更新，构建一套适应通信发展对“一站式”综合性通信技术人才需求的实践教学模式，最终形成一个适应于高等教育动态的综合教学模式，培养出与企业“无缝”对接的信息技术应用性人才，实现毕业生零距离上岗。

二、 5G 通信实验室建设解决方案

1.6 建设目标

5G 通信产品原理与应用、网络架构、网络规划及优化等方面进行研究学习和应用实践。该平台系统能够平移目前最前沿的真实商用 5G 移动通信网络，包括由无线接入、传输、核心网设备、IMS 系统、数据采集系统及主流 5G 终端设备组成的一套完整的 5G 网络系统，能够实现移动网络设备的互联、5G 通信流程的信令分析、基于移动终端的原理应用、物理层协议算法研究、协议栈算法研究、加密鉴权机制、网规网优对接训练以及二次开发等专业能力的培养。

依托企业研发力量，和学校进行产学研合作，为学校的实验室建设、教师科研、学生课程设计提供服务。通过组织相关学校和企业的专家共同组建专业联盟，依托学校的科研资源，企业的研发资源和商业资源，共同投入应用型创新研究，大力提升科研能力和应用价值。

1.6.1 实验室建设规划

5G 通信实验室主要由 5G 通信系统和实验教学与管理系统两大部分组成，配备软硬件设备 1 套，实验内容聚焦于 5G 通信领域中所需要掌握的知识和应用。

项目需求	说明
5G 核心网	全套5G核心网网元部署，在5G终端与基站部署后可直接运用，所有接口均符合3GPP R15标准。



语音业务	核心网通过VoNR技术对接IMS实现语音功能。
短信业务	在IMS部署SMS网元，确保短信业务实现。

3.4 5G 网络架构

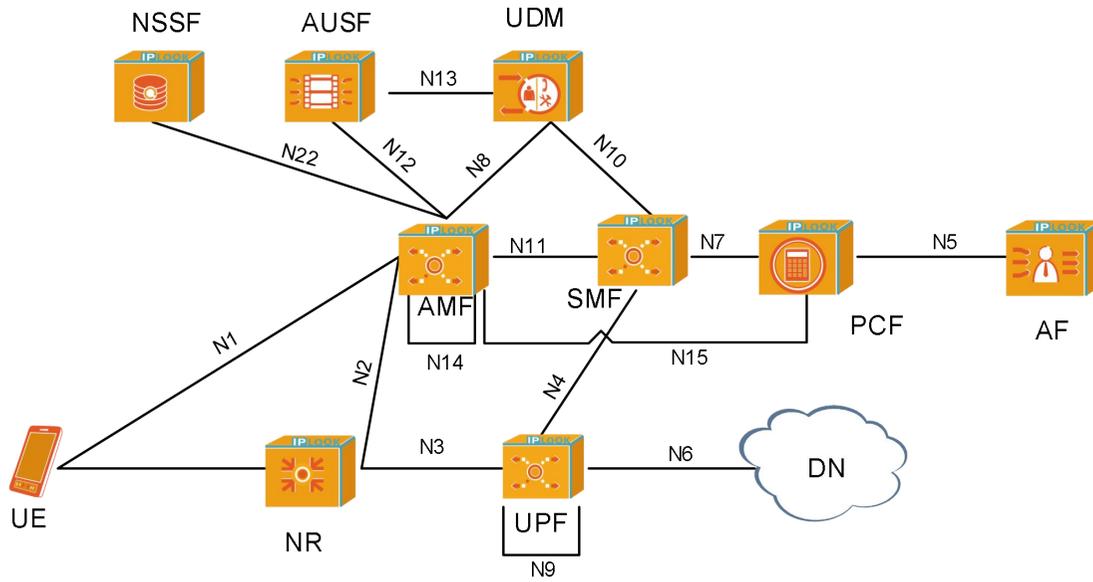
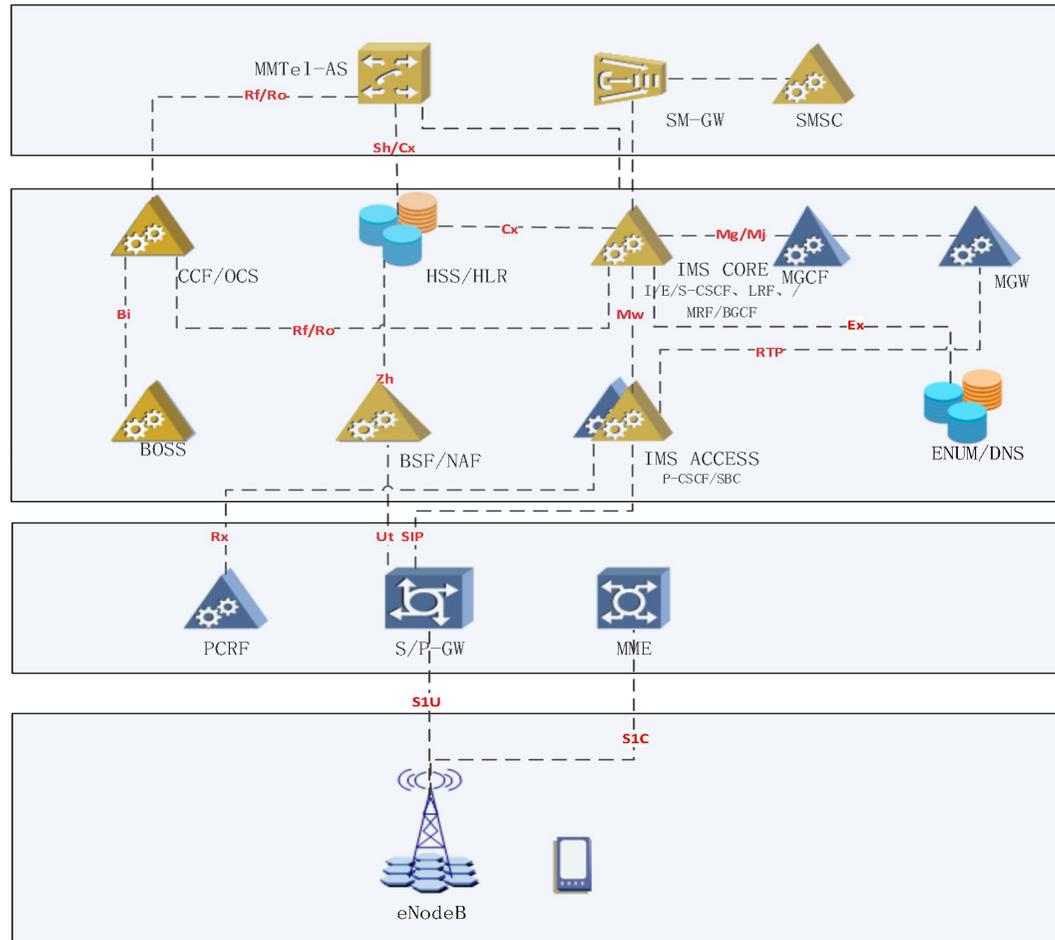
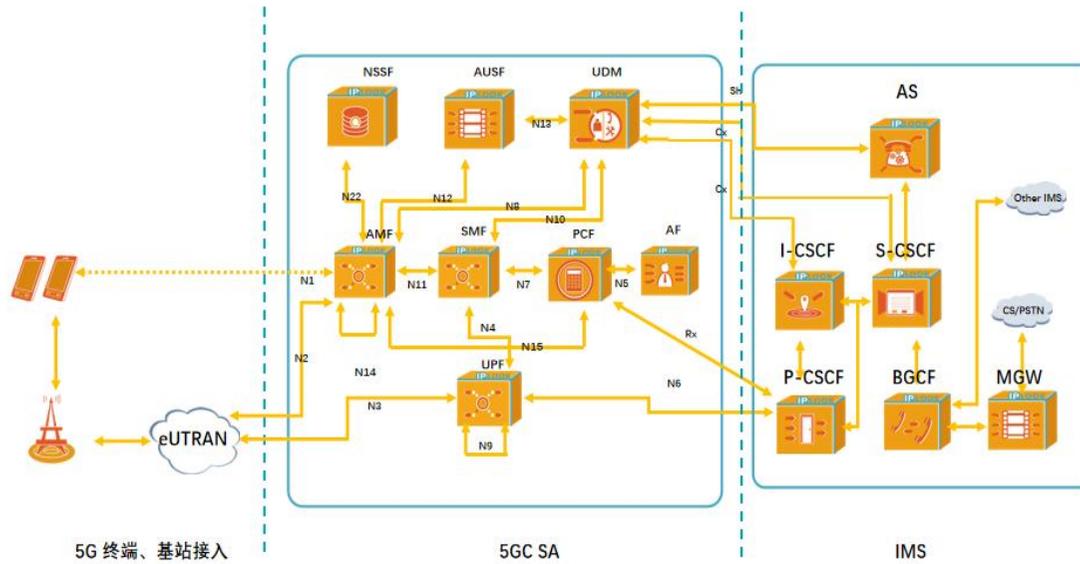


图 5GC 无线通讯系统

3.5 IMS 网络架构:



3.6 实验室部署方案



5G 移动通信组网架构

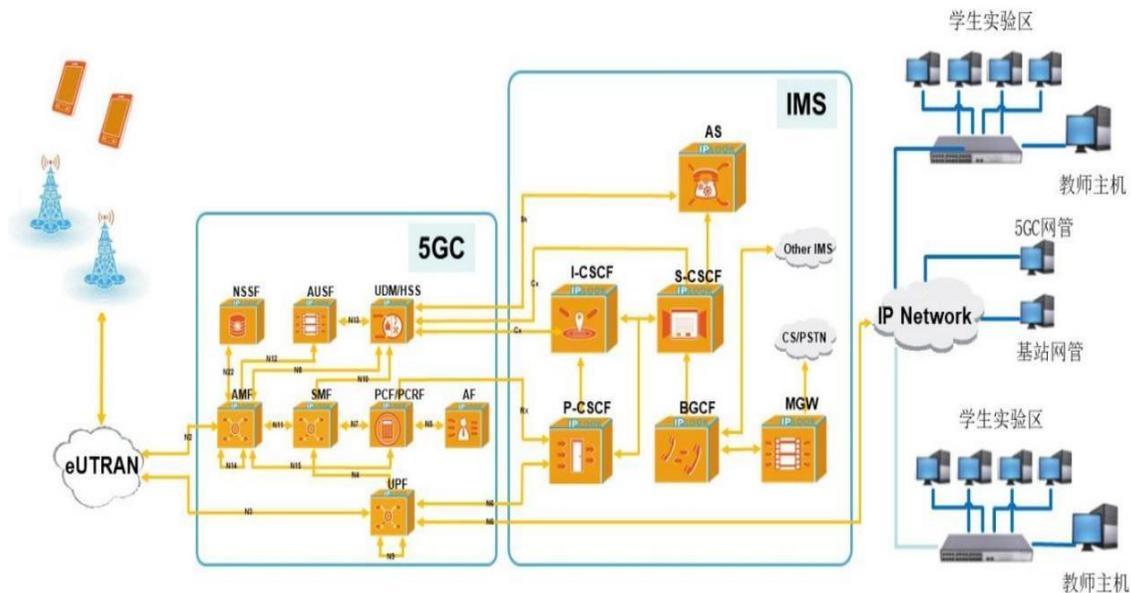
如图所示，本项目主要完成 5G 通信实验室 5GC 部署，方便学院进行无线通信领域的教学实验工作，为社会培养大批的优良人才。

本方案能够实现移动网络设备的互联、VoNR 通信流程的信令分析、基于移动终端的原理应用、物理层协议算法研究、协议栈算法研究、加密鉴权机制等专业能力的培养。

1. 支持第三方的 DPI 对接；
2. 支持第三方 MEC 对接；

3. 5G 3GPP 标准信令流程抓包、分析

部署现有相关 5G 网元：UPF, AMF, SMF, PCF, NSSF, AUSF, UDM 等关键性网元，以确保 5G 终端与基站上线后能够无缝接入 5G 核心网应用。



实验室设备组网 TOP 图

1.7 5G 各网元功能介绍

包含 UPF, AMF, SMF, PCF, NSSF, AUSF, UDM 等诸多网元。5G 是遵照 3GPP R15 标准，基于 NFV (网络功能虚拟化) 和 SDN (软件定义网络) 云平台为电信级运营商提供的一套标准，高性能，高可用性的核心网解决方案。采用 SBA (Service-based Architecture 服务化架构) 作为 5G 的基础网络架构，

在此基础上进行开发 SA(Standalone)独立组网的 5GC。我公司的 5GC 具备智能运维的网管显示界面和业务管理系统，界面简单稳定，核心网高效成熟，是您在进行 5G 项目拓展开发、教学授课时必不可少的独家定制。

1.7.1 AMF

接入和移动管理功能（AMF-CoreAccessandMobilityManagementFunction）支持：终止 NAS 信令，NAS 加密和完整性保护，注册管理，连接管理，移动性管理，访问认证和授权，安全上下文管理。（AMF 类比 EPC 系统中 MME 的移动性管理部分）

1.7.2 SMF

会话管理功能（SMF-SessionManagementFunction）支持：会话管理（会话建立，修改，发布），UEIP 地址分配和管理，DHCP 功能，终止与会话管理相关的 NAS 信令，DL 数据通知，UPF 的流量导向配置以确保适当的流量路由。（SMF 类比 EPC 系统中 MME+PGW+SGW 的会话控制等控制面功能）

1.7.3 UDM

统一数据管理（UDM-UnifiedDataManagement）支持：生成身份验证和密钥协议（AKA）凭据，用户标识处理，访问授权，订阅管理。（UDM 类比 EPC 系统中 HSS 的用户注册数据鉴权存储等功能）

1.7.4 AUSF

身份验证服务器功能（AUSF-AuthenticationServerFunction）充当身份验证服务器。（AUSF 类比 EPC 系统中 MME 的鉴权功能+HSS 的健全数据管理功能）

1.7.5 PCF

策略控制功能（PCF-PolicyControlfunction）支持：统一策略框架，为 CP 功能提供策略规则，访问 UDR 中策略决策的订阅信息。（PCF 类比 EPC 系统中 PCRF 的策略控制功能）

1.7.6 UPF

用户平面功能（UPF-UserplaneFunction）支持：分组路由和转发，分组检查，QoS 处理，充当到数据网络（DN）的互连的外部 PDU 会话点，并且是用于 RAT 内和 RAT 间移动性的锚点。（UPF 类比 EPC 系统中 SGW 和 PGW 的数据面、用户面功能）

1.7.7 NRF

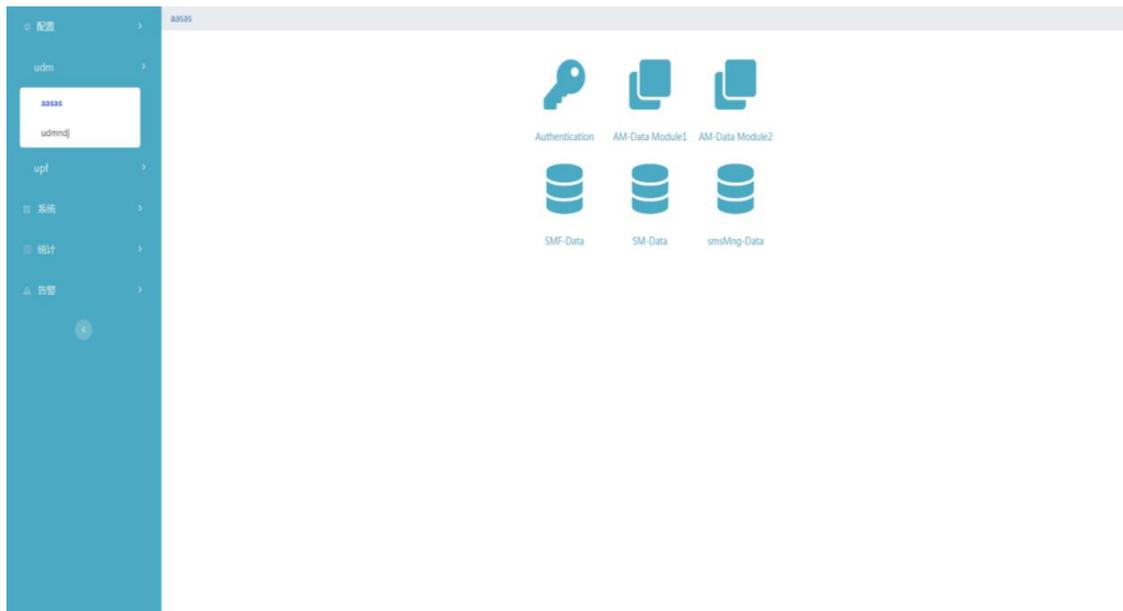
网络存储功能（NRF-NFRepositoryFunction），为 5G 核心网各 NF 提供高可靠性的服务注册与发现功能，可以根据具体的组网需要灵活部署，助力运营商敏捷地建设高度自治的 5G 网络。）

1.7.8 NSSF

网络片选择功能（NSSF-TheNetworkSliceSelectionFunction）支持：选择网络片实例以服务 UE，确定允许的 NSSAI，确定要用于服务 UE 的 AMF 集。
(5G 新增网络服务根据 UE 的切片选择辅助信息、签约信息等确定 UE 允许接入的网络切片实例。)

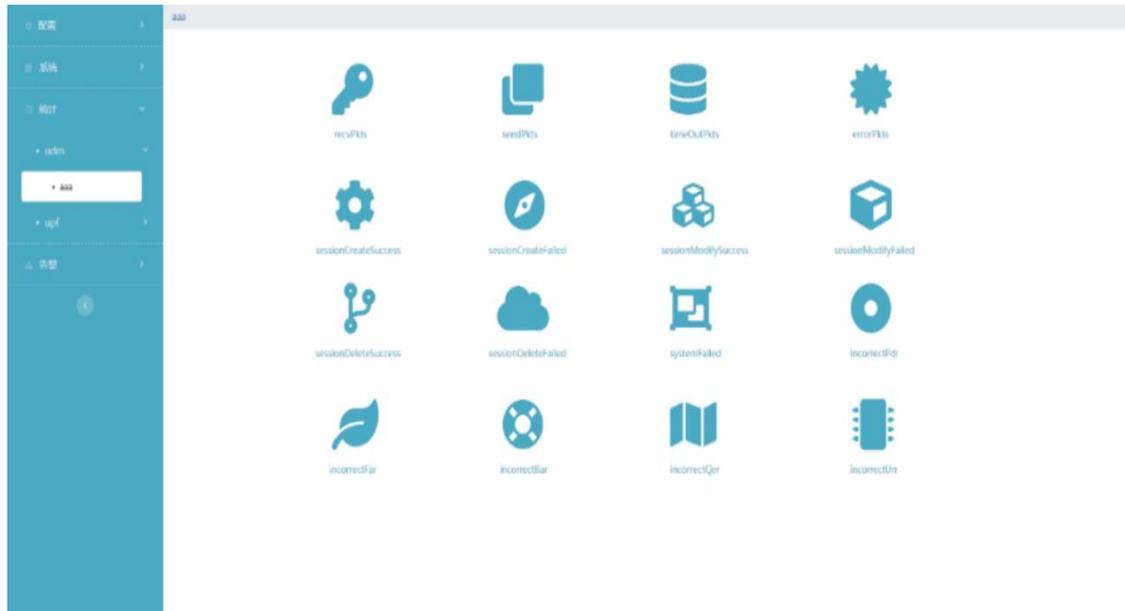
1.7.9 WEB 配置页面

5GC 的网管界面



5GC Web 主页

如图所示，5GC Web 主页展示了鉴权、开户注册等应用模块。Web 提供的功能包括用户鉴权信息和签约信息管理、网络接口配置管理、用户状态查询、系统进程管理、业务 KPI 查询和告警处理等。通过该接口，方便系统管理者对用户鉴权数据、业务签约数据的高效管理，可清晰展示网元的业务逻辑，提供业务抓包用于业务流程分析，提供高效、标准的万元业务模型。



菜单



用户记录管理

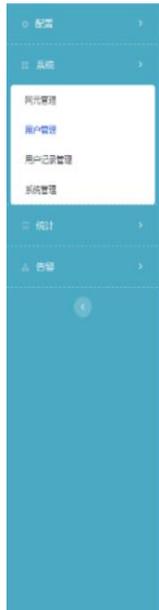
共

用户操作记录

用户名	时间	类型	操作	备注
admin	2019-10-21 17:30:25	Login	User login at ip 192.168.10.30	
admin	2019-10-21 17:18:05	Login	User login at ip 192.168.10.30	
admin	2019-10-18 22:20:34	Login	User login at ip 192.168.10.102	
admin	2019-10-18 22:18:51	System	Add network element type: upf	
admin	2019-10-18 22:18:47	System	Add network element type: usm	
admin	2019-10-18 19:43:10	Login	User login at ip 192.168.10.102	
admin	2019-10-18 19:36:32	System	Add network element type: upf	
admin	2019-10-18 19:36:19	System	Add network element type: usm	
admin	2019-10-12 22:00:42	Login	User login at ip 192.168.10.30	
admin	2019-10-12 00:33:55	Login	User login at ip 192.168.10.30	

1 2 3 > 共 10 条

用户记录管理



用户管理

用户名	账户类型
admin	Administrator
root	Operator
user	Observer

添加

用户管理



网元管理 网元类型管理

网元列表

网元列表

网元列表

#	网元名称	网元类型	IP地址	端口	操作	结果
1	aaa	udm	14654	56464	更新 删除	
2	bbbbbbbb	upf	1234	4545	更新 删除	

系统

aaa / Authentication / Authentication Data

Authentication Data K4 AMF OP

SUPI 查询

鉴权数据管理

SUPI

配置

UPF 1 / DPE Management

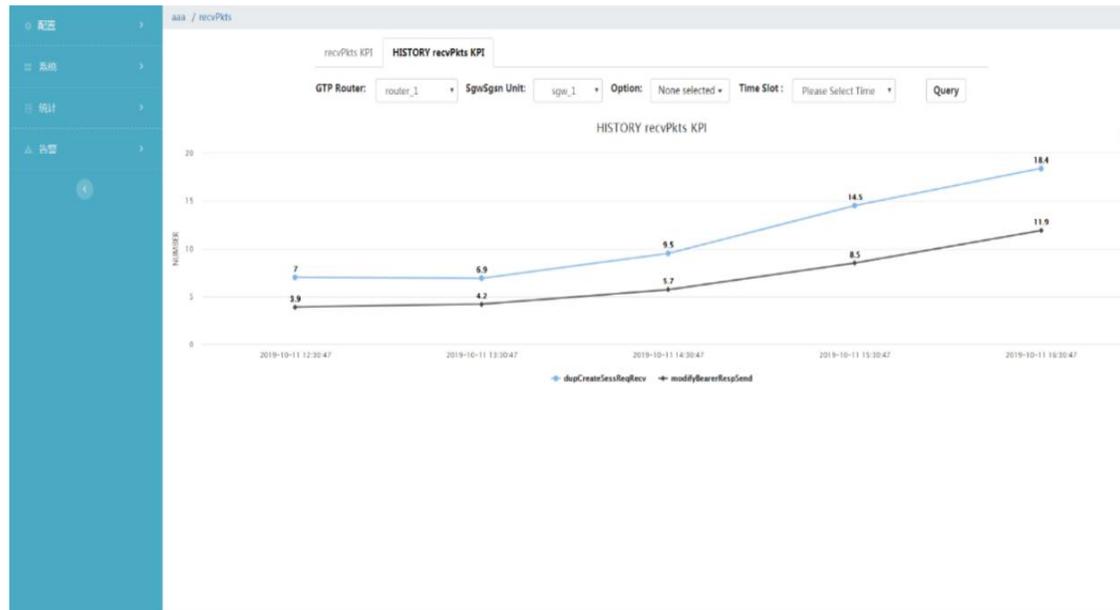
数据管理

开启/停止 数据管理进程

数据管理进程状态

mgr_port	value:	status:
zookeeper	id:	status:
dpgproc	restart_count:	status:

UPF1



KPI-1

1.7.10 5G 移动通信时代的十大应用场景

与前几代移动网络相比，5G 网络的能力将有飞跃发展。例如，下行峰值数据速率可达 20Gbps，而上行峰值数据速率可能超过 10Gbps；此外，5G 还将大大降低时延及提高整体网络效率：简化后的网络架构将提供小于 5 毫秒的端到端延迟。那么 5G 给我们带来的是超越光纤的传输速度（Mobile Beyond Giga），超越工业总线的实时能力（RealTime World）以及全空间的连接（All-Online Everywhere），5G 将开启充满机会的时代。

另外 5G 为移动运营商及其客户提供了极具吸引力的商业模式。为了支撑这些商业模式，未来网络必须能够针对不同服务等级和性能要求，高效地提

供各种新服务。运营商不仅要为各行业的客户提供服务，更需要快速有效地将这些服务商业化。

预测未来最能体现 5G 能力的十大应用场景。

1. 云 VR/AR;
2. 车联网;
3. 智能制造;
4. 智能能源;
5. 无线医疗;
6. 无线家庭娱乐
7. 联网无人机;
8. 社交网络
9. 个人 AI 辅助;
10. 智慧城市

1.8 IMS 系统

IMS (IPMultimediaSubsystem) 是 IP 多媒体子系统，是一种全新的多媒体业务形式，它能够满足 LTE 系统下的多媒体业务需求，特别是 VOLTE 业务需求，在 5G 时代也能进一步拓展功能，满足 VONR 业务需求。

系统基于 3GPP 协议和 RFC 标准，充分利用了开源的 OPENSTACK 进行开发，支持多种专用网络下多媒体业务功能或公网与专网对接的多媒体业务（例如：VOLTE/VONR/调度系统/对接 PSTN/对接卫星通信等）。

IMS 产品完成用户鉴权、会话控制和路由、业务触发、网络互通等功能，包括 CSCF(InterrogatingCallSessionControlFunction)、

S-CSCF(ServingCallSessionControlFunction)、

P-CSCF(Proxy-CallSessionControlFunction)、

E-CSCF(EmergencyCallSessionControlFuntion)/LRF(LocationRetrievalFunction)、

BSF(BootstrappingServerFunction)/NAF(networkapplicationfunciton)、

BGCF(BreakoutGatewayControlFunction)、

HSS(HomeSubscriberServer)、

MRF(MediaResourceFunction)、

MGCF(MediaGatewayControlFunction)/MGW(MediaGateway)等网元。

1.8.1 I-CSCF

I-CSCF 是 IMS 归属网络的入口点。在注册过程中，I-CSCF 通过查询 HSS，为用户选择一个 S-CSCF。在呼叫过程中，去往 IMS 网络的呼叫首先路由到 I-CSCF，由 I-CSCF 从 HSS 获取用户所注册的 S-CSCF 地址，将消息路由到 S-CSCF。

1.8.2 S-CSCF

服务 CSCF(S-CSCF)是 IMS 的核心，位于用户的归属网络。S-CSCF 一方面为 UE 提供注册服务，并根据从用户数据库（HSS）获取的用户认证鉴权信息对用户进行认证鉴权。另一方面为 UE 进行会话控制，为 IP 多媒体业务呼叫的建立、维持和释放提供控制功能。当 UE 处于会话中时，S-CSCF 维持会话状态，并根据业务需求，与业务平台和计费系统进行交互。

1.8.3 P-CSCF

P-CSCF 是 IMS 拜访网络的统一入口点。所有发起于 IMS 终端和终止于 IMS 终端的会话消息都要通过 P-CSCF。P-CSCF 作为一个 SIPProxy，负责与接入网络相关的用户鉴权与 IPSec 管理，网络防攻击与安全保护，为节约无线网络资源进行 SIP 信令压缩与解压，用户的漫游控制，通过 PDF (PolicyDecisionFunction) 进行承载面的 NAT 与 QoS 等功能等。

1.8.4 AS

AS（应用服务器），是 IMS 系统中位于最上层的应用层设备。AS 网元与 CSCF 之间通过标准 SIP 协议进行交互，进而实现各种网络业务的触发和执行。

1.8.5 SMS

短信服务是一种存储和转发服务。也就是说，短消息并不是直接从发送人发送到接收人，而始终通过短信服务中心进行转发。如果接收人处于未连接状态（可能电话已关闭），则消息将在接收人再次连接时发送。

1.8.6 QoS 控制

支持5GC承载主要的QoS参数，包括QCI，ARP，GBR，MBR和APN-AMBR。

1.9 实验教学课程资源

实验教学平台采用开放式平台架构。在专业实训课程资源建设方面，学院可以选择公司自主开发的课程资源，对于一些通用类的基础课程资源，如通信网络、软件无线电的数字信号处理、通信网络安全等课程，学院一般都有成熟的课程资源，可通过平台上传和共享，以达到资源共享和节约建设经费的目的。同时，公司积极推动与高校教师的课程共建合作，共同创建完善的专业课程生态体系。

1.9.1 课程实训资源明细表

产品名称	课程名称
专业课程	《5GC 核心网基础》

	《5G 移动通信业务分析》
	《业务流程分析课程》
	《5GC 无线系统实验》
	《SIM 卡数据管理》

实践应用案例	虚拟运营商组网案例
	煤矿专网组网案例
	应急通信组网案例
	岛国通信应用案例

1.9.2 课程资源详细介绍

1.9.2.1 《5GC 核心网基础》

课程名称	5GC 核心网基础（30 个学时）
课程内容	本课程将引导学生理解、练习和掌握 5GC 核心网的应用，熟悉 5GC 核心网中 AMF、SMF、UPF、UDM、AUSF、gNodeB 等网元的作用

课程目标	1.了解 5GC 网络架构 2.熟悉各个网元的作用
配套资源	辅教 PPT，操作指导手册
配套实验任务	<ol style="list-style-type: none"> 1. AMF、SMF、UPF、UDM、AUSF、gNodeB 平台混合互联实验 2. AMF、SMF、UPF、UDM、AUSF、gNodeB、IMS、SA 等网元配置实验 3. 基站，核心网，IMS 对接实验 4. 用户接入流程实验 5. 用户鉴权和安全流程 6. HTTP、FTP、UDP 等高速率数据实验 7. AUSF、UDM 添加鉴权数据和添加用户签约数据实验 8. AMF 移动性管理实验 9. 5GC 的会话管理 10. VoNR-S6 接口联调实验 11. VoNR-Rx 接口联调实验 12. VoNR-短消息实验 13. 语音通信和视频对话实验

	<ul style="list-style-type: none"> 14. 3GPP 信令跟踪与分析实验 15. 版本升级实验 16. 5G-USIM 卡烧写实验 17. VoNR (IMS) SIP 语音方案实验 18. OMC 管理实验 19. 协议栈配置实验 20. Registration 流程实验 21. Deregistration 流程实验 22. 5G-GUTI Reallocation 流程实验 23. CM-IDLE 态终端 (或网络) 发起业务请求流程实验 24. 注册区域管理功能流程实验 25. AMF 重定位流程实验 26. 故障分析综合实验
--	---

1.9.2.2 《5GC 通信业务分析》

课程名称	5GC 系统通信业务分析 (8 个学时)
------	----------------------

课程内容	搭建的 5G 内网里实现基站主叫、移动终端主叫、移动终端被叫、基站发送短消息、移动终端发送短消息、移动终端视频通话、移动终端高速上网、移动终端高速数据上传、移动终端高速下载等业务，并抓取这些业务对应的信令，分析其实现过程。
课程目标	掌握各种业务下的通信流程。
配套资源	辅教 PPT，操作指导手册
配套实验任务	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基站主叫通话流程与分析实验。 2. 移动终端主叫通话流程与分析实验。 3. 移动终端被叫通话流程与分析实验。 4. 基站发送短消息流程与分析实验。 5. 移动终端发送短消息流程与分析实验。 6. 移动终端视频通话流程与分析实验。 7. 移动终端高速数据上传下载流程与分析实验。 8. 移动终端高速上网流程与分析实验。

1.9.2.3 《业务流程分析课程》

课程名称	业务流程分析课程（13 个学时）
------	------------------

课程内容	重现网络通信模型，在实验室搭建一个 5G 通信系统，实现小区激活/去激活、系统信息的广播和随机接入等功能，多 UE 终端同时接入，完成真实 5G 流程业务操作。
课程目标	通过分析信令来分析手机开机、小区选择和重选、随机接入、附着/去附着、默认/专用承载建立和释放等的流程
配套资源	辅教 PPT，操作指导手册
配套实验任务	<ol style="list-style-type: none"> 1. 5G 系统空中接口协议介绍实验 2. 小区激活/去激活流程与分析实验 3. 系统信息广播流程与分析实验 4. 小区选择和重选流程与分析实验 5. 随机接入流程与分析实验 6. 附着/去附着流程与分析实验 7. 默认/专用承载的建立与释放流程分析实验 8. 承载 QoS 改变流程与分析实验 9. 小区激活/去激活流程与分析实验 10. 初始 UE 标识过程与分析实验 11. 跟踪区更新（TAU）流程与分析实验

	12. 手机入网流程与分析实验 13. 手机主叫、被叫、关机分析实验
--	---------------------------------------

1.9.2.4 《5GC 无线系统实验》

课程名称	5GC 无线系统实验（8 个学时）
课程内容	5GC 系统的网络架构，括各网元、终端、交换机、天馈系统、电源系统等。设备结合实际教学内容进行模块组合，将大型专用设备网元升级为教育专用式设备，可根据需要增减模块数量，实验模块有利于灵活的搭建时间环境，便于设备迁移组网。
课程目标	掌握 5GC 平台搭建 掌握 5GC 系统的互通互联
配套资源	辅教 PPT，操作指导手册
配套实验任务	1. 5G 系统网络架构实验 2. 5G 接入网架构实验 3. eNodeB 的组成和功能实验 4. BBU 功能实验

	<ol style="list-style-type: none">5. RRU 功能实验6. 天馈系统和电源系统实验7. 实验设备整体功能实验8. 5GC 系统网络架构实验9. 5GC 接入网架构实验10. gNodeB 的组成和功能实验11. 实验设备整体功能实验
--	--

1.10 通信实验室建设价值

1.10.1 完备创新实验环境，建设综合型创新人才培养基地

5G 融合创新实验基地可为应用电子技术、移动通信技术、电子信息工程技术、软件技术、计算机技术、物联网技术等专业学生提供创新实验环境，为学校实验教学环节提供开发型、设计型实验课题，为学生课题设计和教师教学科研提供实验环境，实现从基础实验向综合实验实验的转变，显著提升实验层次，完善实践教学体系，提高应用型人才培养质量，提高学科建设水平，打造资源共享平台，为地方经济社会服务。

1.10.2 完善实践教学体系，提高创新型人才培养质量

根据学校创新型人才培养的要求，建立的 5G 融合创新人才培养基地不但能满足专业实践教学的需要，而且能提供电信级应用。学生通过贴近企业环境的实践训练，能够熟练运用企业常用的软硬件工具，熟悉企业开发环境；与企业主流技术接轨，拉近与企业需求的距离，实现由学生到企业技术工程师的平滑过渡，达到培养工程型技术人才的目标。

该创新人才培养基地的建设，彻底改变专业实验课程过多附属于理论课程的传统模式，调整原有实验教学项目与内容，建立按基础性实验—设计性实验—综合性实验—创新性实验的金字塔型多层次模块化实验教学体系。从注重培养学生实践能力出发，缩减验证性实验比例，增加综合性、设计性、创新性实验比重，实现应用电子技术、移动通信技术、电子信息工程技术、软件技术、计算机技术、物联网技术等专业实验内容的整合，进行多层次、模块化实践教学，缩短学生与社会实际岗位需求之间的差距，形成特色鲜明的人才培养模式。

1.10.3 提高学科建设水平，建设高水平师资队伍

5G 创新人才培养基地建成后，将着力为学校电子通信类学科的建设服务，为应用电子技术、移动通信技术、电子信息工程技术、软件技术、计算机技术、物联网技术等专业提供专业技术实验平台，为教师在云、管、端等新一代信息技术研究方向提供教研科研平台。

通过本项目的实施，学校电子通信学科形成以中青年教师为主体的师资队伍，预期培养校级学术带头人和省级中青年骨干教师 3-4 名。通过不断提高师资队伍水平，尤其是中青年教师的科研实力，将进一步提升学校信息类学科的整体科研实力，培养信息类高水平的师资队伍；通过教师的最新研究成果反哺教学，提高教师教学水平，培养高素质的电子信息类应用型人才，为学校培养电子信息类人才提供示范作用，进一步提升本学科在同类院校中的综合竞争力。

1.11 实验室建设效果图









三、项目建设方案优势

实验室方案优势

- ◆ 设备结合实际教学内容进行模块组合，可根据需要增减模块数量，降低教学成本；
- ◆ 软硬件相结合的方式实现各种创新项目的学习和研发，学习价值清晰可见；
- ◆ 丰富的课程资源和实验资源；
- ◆ 学校与企业深度合作对接，为学生未来职业的发展奠定良好的基础；
- ◆ 可靠易用的实验教学管理功能。