

第3章

5G移动通信系统设计架构

在第1章中介绍了5G的三大典型应用场景、关键性能指标等内容。为了满足不同业务的需求,5G移动通信系统在网络架构设计上更加灵活。从整体上说,与3GPP已有系统类似,5G系统架构仍然分为5G接入网和5G核心网两部分,但是各自的设计,特别是核心网的设计方面进行了颠覆性的革命。

3.1 5G 系统架构概述

3.1.1 5G 网络重构原则

5G网络架构的重构是向功能更灵活、性能更优质、运营更智能、网络更友好的方向发展。无论面临着什么问题和挑战,都应坚守以下四项基本原则:

(1) 灵活: 要满足不同业务的超高可靠、超低时延等要求,实现以个人、企业、机器对机器(Machine to Machine, M2M)等用户为中心的组网,便于更快地功能引入。

(2) 高效: 要以更低的数据传输成本,更易于扩展的网络架构;简化运行状态管理、简化信令交互。

(3) 智能: 能够支持网络资源的自动分配和调整,实现网络自配置和自优化。

(4) 开放: 软硬件解耦,释放了平台开发的创造性和灵活性,网络能力向第三方开放,打造新的生态环境,创新盈利点。

3.1.2 5G 系统整体架构

从整体上看,与前一代移动通信系统类似,5G系统整体架构仍然分为两部分,包括5G核心网(5th Generation Core Network, 5GC)和下一代无线接入网络(Next Generation Radio Access Network, NG-RAN),即5G接入网,如图3-1所示,但其内部架构都发生了颠覆性的改变。

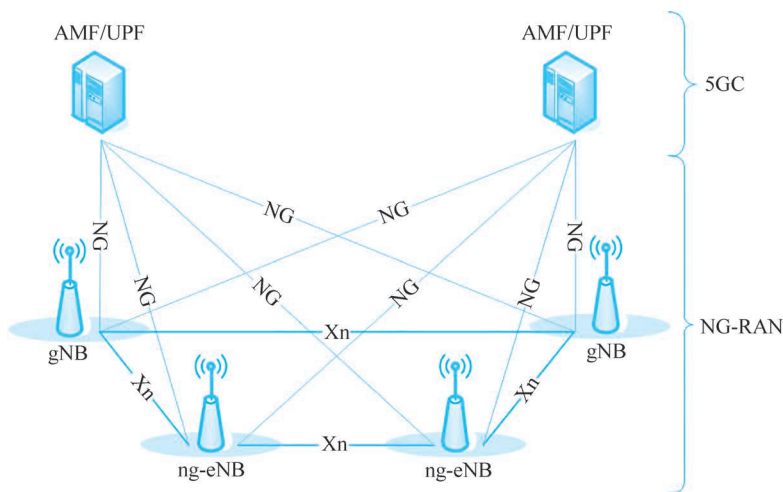


图 3-1 5G 移动通信系统网络架构

5G 核心网以软件化、模块化的方式灵活地、快速地组装和部署业务应用为目标,采用云化设计,将传统系统架构中的网元定义为一些由服务组成的网络功能,接入和移动管理功能(AMF)、用户面功能(UPF)、会话管理功能(SMF)是 5GC 的三种主要网络功能。

5G 核心网的控制平面和用户平面进一步分离。为了满足低时延、高流量的网络要求,5G 核心网对用户面的控制和转发功能进行了重构,控制面功能进一步集中化,用户面功能进一步分布化,运营商可以根据业务需求灵活地配置网络功能,满足差异化的场景对网络的不同需求。重构后的控制平面分为 AMF 和 SMF 两个网络功能。AMF 负责移动性管理,SMF 负责会话管理。用户面的 UPF 代替了 LTE 网络中的服务网关(Serving Gateway,SGW)和分组数据网络网关(Packet Data Network Gateway,PGW)。由于 SMF 和接入网之间没有接口,因此未在图中表示。

在接入网设计中,考虑到 LTE 系统的长期存在,很长的一段时间内 5G 和 LTE 系统会共同部署。在网络架构设计中,NG-RAN 是由基于 5G 新空口(New Radio,NR)的基站(Next Generation Node B,gNB)和基于升级的 4G 网络 eLTE(Evolved Long Term Evolution)的基站(Next Generation Evolved NodeB,ng-eNB)两种节点通过 Xn 接口构建的。这两种基站都可以连接到核心网,但事实上它们的功能有较大的差别:

(1) gNB 面向终端(User Equipment,UE)提供 NR 用户面和控制面协议,表示 5G 基站。

(2) ng-eNB 面向 UE 提供演进的通用移动通信系统(Universal Mobile Telecommunications System,UMTS)陆地无线接入(Evolved Universal Terrestrial Radio Access,E-UTRA)属于 3GPP LTE 的空中接口的用户面和控制面协议,可以理解为升级的 4G 基站。

这个网络通过 NG 接口和 5G 的核心网 5GC 连接。在标准规范中,NG-RAN 是 gNB 和 ng-eNB 的统称。在需要区分两者的时候,才分别表明为 gNB 和 ng-eNB。

3.1.3 5G 网络关键接口

从图 3-1 可以看出,5G 网络最重要的两个接口分别是 NG 接口和 Xn 接口。

1. NG 接口

5G 接入网与核心网之间通过 NG 接口进行信令信息交换,可分为控制面接口(NG-RAN and 5GC Control Plane Interface,NG-C)与用户面接口(NG-RAN and 5GC User Plane Interface,NG-U)。gNB/ng-eNB 和 AMF 之间是控制面接口,和 UPF 之间是用户面接口。从这方面来看,5G 基站设备应有控制面和用户面两个向上的数据接口,当然有时这两种接口也可用一个物理接口来传输数据。NG 接口可以实现 AMF/UPF 和 NG-RAN 节点的多对多连接,即一个 AMF/UPF 可以连接多个 gNB/ng-eNB,另一个 gNB/ng-eNB 也可以连接多个 AMF/UPF。

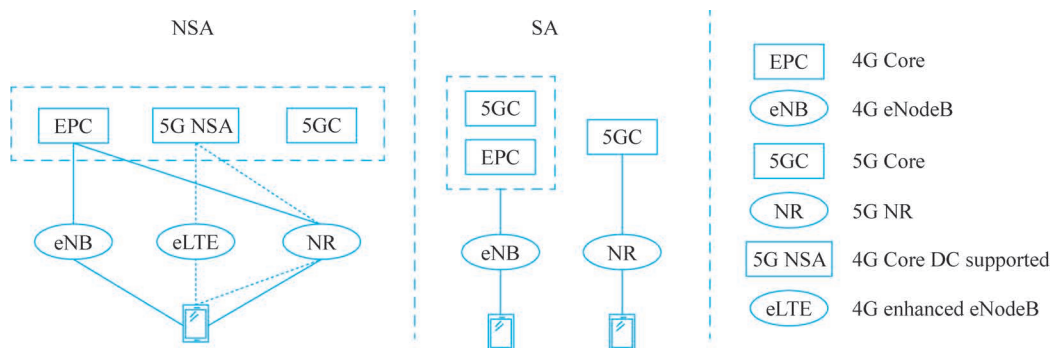
2. Xn 接口

Xn 接口支持两个 NG-RAN 节点之间的信令信息交换,以及协议数据单元(Protocol Data Unit,PDU)到各个隧道端点的转发。gNB 之间、ng-eNB 之间以及 gNB 和 ng-eNB 通过 Xn 接口进行连接。从逻辑角度来看,Xn 是两个 NG-RAN 节点之间的点对点接口。

即使在两个 NG-RAN 节点之间没有物理直接连接的情况下,点对点逻辑接口也是可行的。其中,Xn 控制平面接口(Xn-C)支持自身接口状态管理、UE 移动性管理等功能。Xn 用户平面接口(Xn-U)在两个 NG-RAN 节点之间提供无保证的用户平面 PDU 传送,并支持数据传输和流量控制等功能。

3.1.4 SA 组网与 NSA 组网对比

5G 网络部署有非独立组网(NSA)模式和独立组网(SA)模式两种,如图 3-2(a)所示。



(a) 非独立组网和独立组网架构

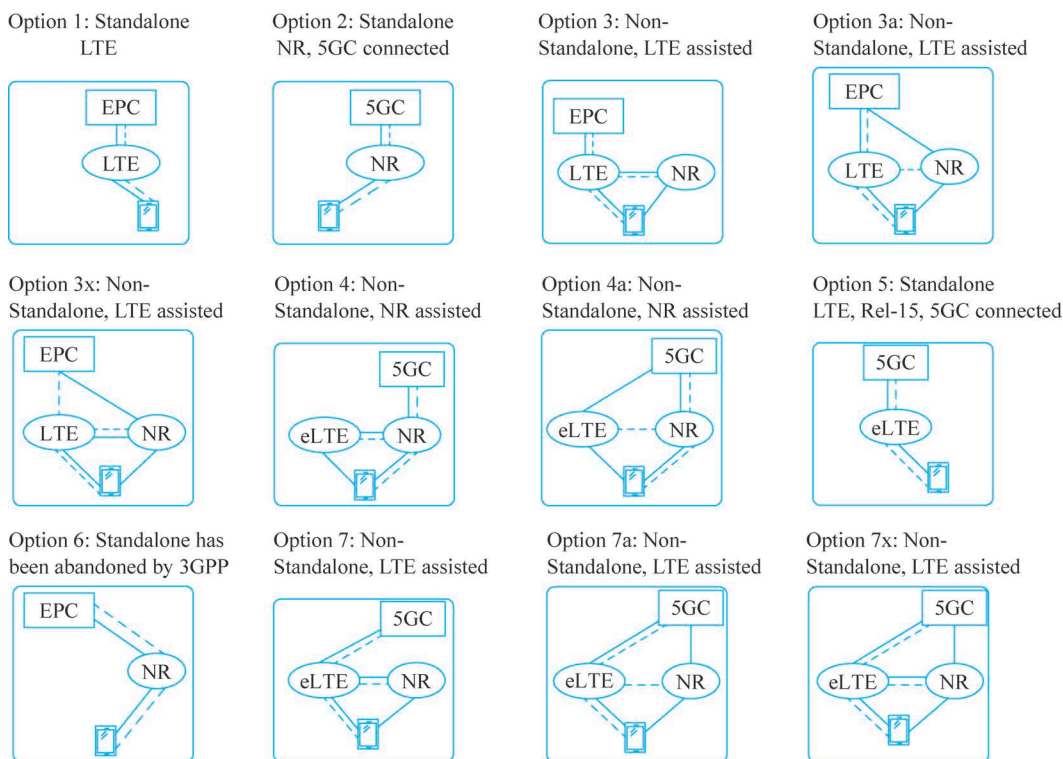


图 3-2 5G NR 组网类型与常见部署方式

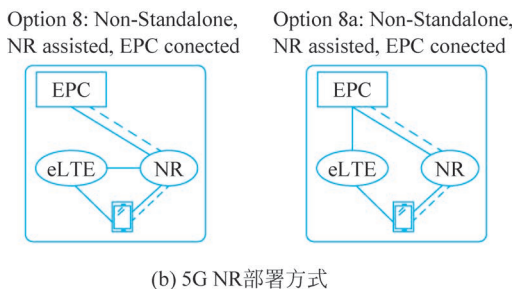


图 3-2(续)

非独立组网指的是使用现有的4G基础设施,进行改造、升级和增加一些5G设备,进行网络部署,使网络可以让用户体验到5G的超高网速,又不浪费现有的设备。基于NSA架构的5G载波仅承载用户数据,其控制信令仍通过4G网络传输。在NSA模式中,大多是以LTE为锚点来实现5G NR与LTE的双连接的。

独立组网模式指的是新建5G网络,包括5G基站、5G回程链路以及5G的核心网。SA模式在引入了全新网元与接口的同时,还将大规模采用网络功能虚拟化、软件定义网络(Software-Defined Network,SDN)等新技术,并与5G无线侧的关键技术结合,其协议开发、网络规划部署及互通互操作所面临的挑战是巨大的。

在3GPP的R15版本中分成了两个阶段,第一阶段发布的是NSA,第二阶段发布的是SA。为4G和5G组网部署方式提出了8个选项,如图3-2(b)所示,其中选项1、2、5、6是独立组网,选项3、4、7、8是非独立组网,部分选项还有不同的子选项。其中,6和8已被3GPP舍弃。

实际上,建网初期运营商大多选择了NSA选项3x的方案,把用户面数据分为两部分,对4G基站造成瓶颈的那部分迁移到5G基站,剩下的部分继续走4G基站,这样增加的投资不多,却最大效益地实现5G的功能。由于NSA是新建5G基站+4G基站升级支持5G的,再连接4G核心网,因此,5G与4G在接入网级互通复杂,虽然利用了4G设备,但组网和运营成本大增。在SA下,5G与4G仅在核心网级互通,非常简单。SA选项2采用全新的5G核心网和无线网gNB组网,其优势是可以完全发挥出5G的各项性能,按照3GPP的标准推进。

3.2 5G接入网架构和接口

3.2.1 重构下的5G接入网架构

在4G时代,基站分为基带处理单元(BBU)、射频拉远单元(RRU)和天线三部分。其中,BBU的作用是对基带信号进行处理。RRU主要是负责上下变频,收发信机模块完成中频信号到射频信号的变换;再经过功放和滤波模块,将射频信号通过天线口发射出去。

回顾第1章内容可知,5G系统支持eMBB、mMTC和URLLC等多种应用场景。各种场景对时延等关键性能的要求千差万别,在5G新系统设计之前应进行需求分析,并提出相应场景业务需要的关键性能指标。比如:针对eMBB场景,下行峰值速率应达到

20Gb/s,下行频谱效率达到 30bit/(s · Hz); 对于 URLLC 场景来说,控制面传输时延应小于 10ms,用户面传输时延应小于 0.5ms 等更高的性能要求。

1. 5G 接入网的重构架构

为满足不同场景业务差异化的需要,获得相比 4G 更好的性能指标,5G 系统对接入网进行了重构。如图 3-3 所示,根据处理内容的实时性将 4G 中的 BBU 功能拆分,并将移动网络边缘计算等部分核心网功能下沉。根据这些原则,5G 接入网络重构为以下三大部分。

集中单元(CU): 原 BBU 的非实时部分将分割出来,重新定义为 CU,负责处理非实时的协议和服务,同时也支持部分核心网功能下沉和边缘应用业务的部署。

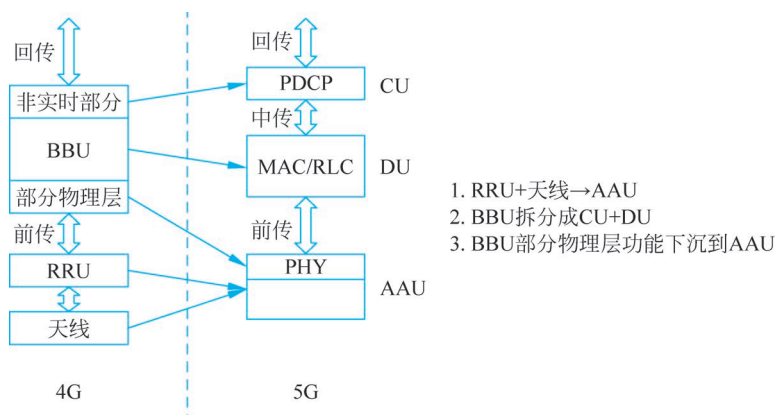


图 3-3 4G 到 5G 接入网架构变化

有源天线单元(AAU): 主要负责射频信号的处理,接收与发射无线信号。在 4G 网络中“RRU+天线”的基础上,AAU 还集成了原来 BBU 的部分物理层功能,以降低 DU 和 RRU 之间的传输带宽,节省传输资源。

分布单元(DU): BBU 的剩余功能重新定义为 DU,负责处理物理层协议和实时服务。

2. 5G 接入网的两种部署方式

5G 接入网由 CU、DU、AAU 三个功能实体组成。其中,以处理内容的实时性进行区分的 CU、DU 两个逻辑网元,相当于 4G 网络中的 BBU。针对不同的应用场景,5G 基带处理部分有两种部署方案:一种是 CU + DU 合设的方式,另一种是 CU 与 DU 分离的方式,如图 3-4 所示。这些部署方式的选择,需要同时综合考虑多种因素,包括业务的传输需求(如带宽、时延等因素)、接入网设备的实现要求(如设备的复杂度、池化增益等)以及协作能力和运维难度等。

举例来说,若前传网络为理想传输(如通过光纤直连,当前传输网络具有足够高的带宽和极低时延),则可以将协议栈高实时性的功能进行集中,CU 与 DU 可以部署在同一个集

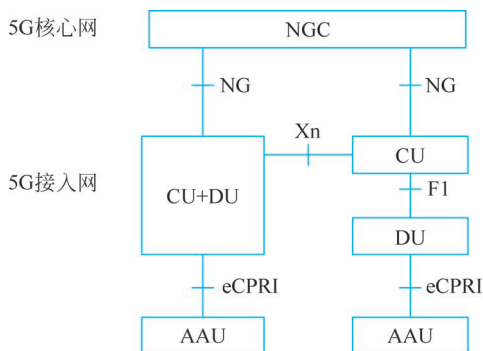


图 3-4 5G 接入网的两种部署方式

中节点,以获得最大的协作化增益。若前传网络为非理想传输(如传输网络带宽和时延有限),则CU可以集中协议栈低实时性的功能并采用集中部署的方式,DU可以集中协议栈高实时性的功能并采用分布式部署的方式。另外,CU作为集中节点,部署位置可以根据不同业务的需求灵活调整。

3.2.2 无线网络关键接口

如图3-5所示,5G无线网络部分的主要接口包括F1、E1、eCPRI等。

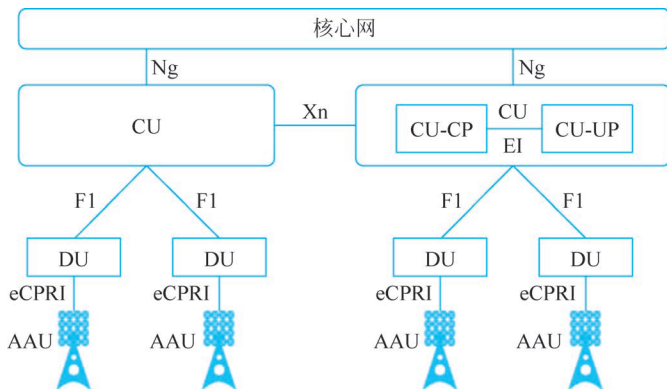


图 3-5 5G 无线网络关键接口

1. F1 接口

5G基站分为CU和DU,其中:由gNB-CU实现PDCP层以上的无线高层协议功能,包括RRC、SDAP和PDCP协议栈;由gNB-DU处理物理层和PDCP层以下的层2功能,包括RLC、MAC和PHY协议栈。gNB-DU通过F1接口和gNB-CU连接,如图3-6所示。F1接口是5G接入网新引入的接口,其主要功能包括系统信息管理、UE上下文管理以及RRC消息传输等。

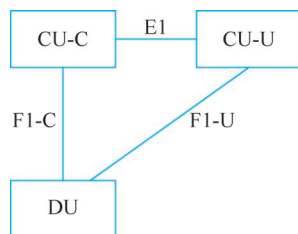


图 3-6 5G 基站 CU 和 DU 连接

2. E1 接口

5G基站的CU进一步分为控制平面(Control Plane)和用户平面(User Plane)。

gNB-CU-CP实现RRC和PDCP控制平面的协议栈,主要提供UE连接、移动性管理、寻呼、系统信息等接入网控制平面的功能。

gNB-CU-UP实现SDAP和PDCP用户平面的协议栈,主要负责用户数据承载和传输的接入网用户平面的功能。

E1接口是5G接入网新引入的接口,如图3-6所示,gNB-CU-CP通过E1接口和gNB-CU-UP连接。

3. eCPRI 接口

5G基站的基带部分与射频部分的接口为增强型通用公共无线电接口(enhanced Common Public Radio Interface,eCPRI),如图3-7所示,它源于4G蜂窝无线网络中的

BBU 与 RRU 之间接口的通信规范 CPRI。在 4G 及以前的时代,在物理层(Physical Layer, PHY)和射频(Radio Frequency, RF)之间设置 CPRI,该接口的速率与天线数量和载波带宽呈正比关系。然而,随着实际业务对网络速率需求的不断增长,对 CPRI 接口速率的要求提高了几十倍,成本随之急剧上升,给通信系统的建设和运营带来了巨大的经济压力。

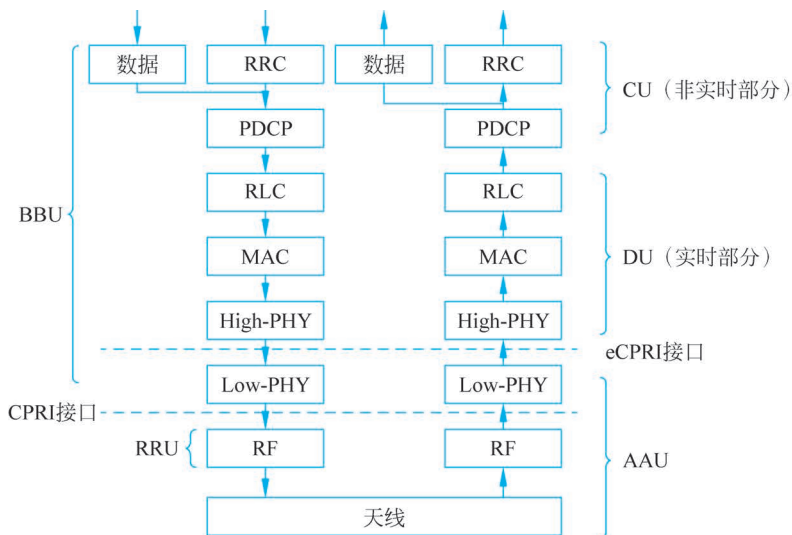


图 3-7 eCPRI

与 CPRI 相比,eCPRI 通过将在 High-PHY 往上的数据交给 DU 处理,下面的交给 AAU 处理,这样 DU 和 AAU 之间的数据量就减少,大幅降低 DU 和 AAU 之间的接口速率要求,达到节省光模块成本的目的。

3.2.3 无线网络协议层

5G 空口协议栈主要分三层,分别是网络层(L3)、数据链路层(L2)和物理层(L1)。网络层是空中接口服务的使用者,即 RRC 信令及用户面数据;数据链路层对不同的网络层数据进行区分标识,并提供不同的服务;物理层为高层的数据提供无线资源及物理层的处理。

1. 控制面和用户面

从整体结构来看,5G 和 4G 的无线侧协议栈基本相同,都是进行用户面和控制面的分离。控制面的协议栈是系统控制信令传输采用的协议簇,如图 3-8 所示,包括 L3 的 NAS、RRC,L2 的 PDCP、RLC、MAC 层和 L1 的 PHY 层。

用户面的协议栈是用户数据传输采用的协议簇,包括 L2 的 SDAP、PDCP、RLC、MAC 层和 L1 的 PHY 层。除了新增加了一个新的 SDAP 协议栈之外,其他结构与 4G 完全相同,如图 3-9 所示。

2. 各协议层功能

(1) 非接入层(Non-Access Stratum,NAS): 主要用于 UE 与 AMF 之间的连接和移动控制。这里,基站只是透传 UE 发给 AMF 的消息,并不能识别或更改这部分消息,如附着、承载建立、服务请求等移动性和连接流程消息。

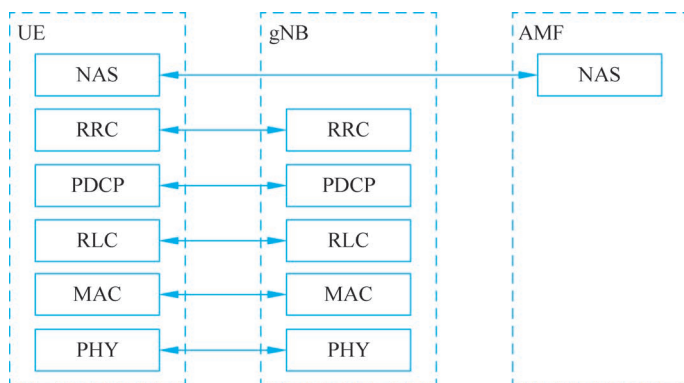


图 3-8 5G 无线侧控制面协议栈结构

(2) 无线资源控制(Radio Resource Control,RRC)层: 主要用来处理用户与基站之间的所有信令,包括系统消息、准入控制、安全管理、小区重选、测量上报、切换和移动性、NAS 消息传输、无线资源管理等。

(3) 服务数据适配协议(Service Data Adaptation Protocol,SDAP)层: 位于 PDCP 层以上,直接承载 IP 数据包,只用于用户面。5G 核心网的基本业务通道从 4G 时代的承载(Bearer)的概念细化到以服务

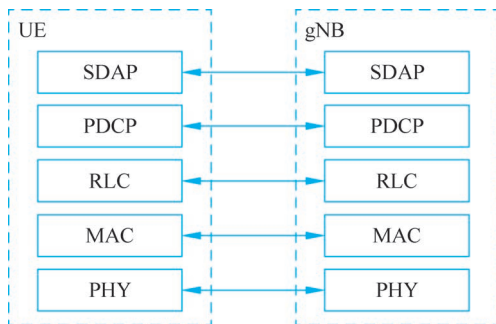


图 3-9 5G 无线侧用户面协议栈结构

质量流(Quality of Service Flow,QoS Flow)为基本业务传输单位。SDAP 层负责 5G 中的 QoS 流与数据无线承载(Data Radio Bearer,DRB)之间的映射,为数据包添加服务质量流标识符(QoS Flow Identifier,QFI)标记。

(4) 分组数据汇聚协议(Packet Data Convergence Protocol,PDCP)层: 为用户面和控制面传输数据,加密、解密;对用户面 IP 头压缩;控制面完整性校验、用户面选择性校验;排序和复制检测;向 SDAP 子层提供无线承载。

(5) 无线链路控制(Radio Link Control,RLC)层: 为用户和控制数据提供分段和重传业务。该层给 PDCP 子层提供 RLC 信道。根据业务类型,支持对广播消息的透明模式(Transparent Mode,TM),对语音、视频业务等有时延要求的非确认模式(Unacknowledged Mode,UM),对网页浏览等错误敏感业务的确认模式(Acknowledged Mode,AM)这三种模式。

(6) 介质访问控制(Media Access Control,MAC)层: 实现逻辑信道和传输信道之间的映射;复用/解复用;报告调度信息;通过混合自动重传请求(Hybrid Automatic Repeat Request,HARQ)进行错误纠正;逻辑信道优先级管理。该 MAC 子层向 RLC 子层提供逻辑信道。

(7) 物理层(Physical Layer,PHY): 为 MAC 子层提供传输信道。在 4G 基础上,增加了 eMBB 场景编码: 控制信道 Polar 码,业务信道 LDPC 码;正交相移键控(Quadrature

Phase Shift Keying, QPSK)、16 阶正交幅度调制(16-Quadrature Amplitude Modulation, 16QAM)、64QAM、256QAM 等调制; MIMO 处理等。

3.3 5G 核心网架构和接口

1G 到 4G 移动通信系统采用了整体式网元结构导致业务改动复杂、可靠性方案实现复杂,控制面和用户面消息交织导致部署运维难度大。为了彻底解决这些问题,5G 开启了网络架构新模式的探索。由中国移动牵头,联合全球 14 家运营商、华为等 12 家网络设备商提出基于服务的网络架构(SBA)。2017 年,3GPP 正式确认采用 SBA 作为 5G 核心网统一基础架构。

3.3.1 基于服务的网络架构及主要功能实体

3GPP 的 5G 系统架构是基于服务的,这意味着系统核心网架构中将原来具有多个功能的一个实体网元整体拆分成具有独自服务功能的多个个体,每个个体表现为一个网络功能(Network Function, NF),这些功能通过统一架构的接口为任何许可的其他网络功能提供服务,如图 3-10 所示。基于服务的 5G 核心网网络架构包括以下网络功能:

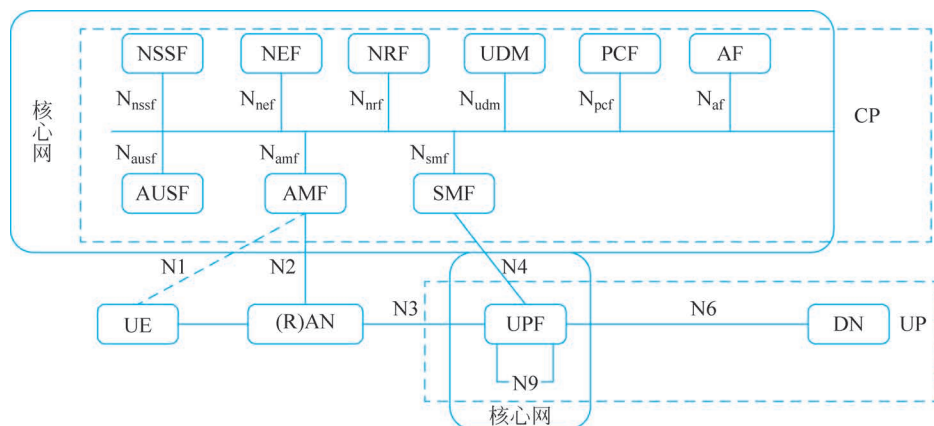


图 3-10 基于服务的 5G 核心网网络架构

接入和移动性管理功能(Access and Mobility Management Function, AMF)负责用户的移动性和接入管理,类似 4G 移动性管理实体(Mobility Management Entity, MME)中 NAS 接入控制功能。

会话管理功能(Session Management Function, SMF)负责用户会话管理,类似 4G MME、SGW-C、PGW-U 的用户平面功能。

用户面由用户面功能(User Plane Function, UPF)来管理,代替了 4G 中的 SGW 和 PGW 中用户面的路由和转发功能。UPF 是 5G 核心网中唯一一个用户面网络功能。

统一数据管理(Unified Data Management, UDM)负责前台数据的统一处理,包括用户标识、用户签约数据、鉴权数据等,类似 4G 中的归属用户服务器(Home Subscriber Server, HSS)、服务定位参考(Service Provisioning Reference, SPR)等。

策略控制功能(Policy Control Function, PCF)支持统一的策略框架,为控制面提供策略规则,访问与统一数据存储库(Unified Data Repository, UDR)中的策略决策相关的用户信息。

认证服务器功能(Authentication Server Function, AUSF)配合 UDM 专门负责用户鉴权数据相关的处理,类似 4G 归属用户服务器(Home Subscriber Server, HSS)中鉴权功能。

网络能力开放功能(Network Exposure Function, NEF)负责对外开放网络数据,类似 4G 中的服务能力开放功能(Service Capability Exposure Function, SCEF)。

网络切片选择功能(Network Slice Selection Function, NSSF)用来管理网络切片相关的信息,这是 5G 新增的功能。

网络存储功能(NF Repository Function, NRF)负责对 NF 进行登记和管理,这是 5G 新增的功能,类似 4G 中的增强域名系统(Domain Name System, DNS)功能。

应用功能(Application Function, AF)与 3GPP 核心网络交互,以提供服务,允许运营商信任的应用功能直接与相关网络功能交互。

与核心网用户面 UPF 相连接的数据网络(Data Network, DN)指外部数据网络,它代替了 4G 中的外部数据网络(Packet Data Network, PDN)。这表明 5G 志向远大,非运营商的 PDN,如第三方网络,5G 都可以连接。

在 5G 核心网中,并非所有功能都需要在网络切片的实例中使用,它支持使用部分或全部功能灵活部署。采用 SBA 的 5G 核心网架构有三大显著优点:一是拆分后的网络功能独立,既可以独立自治,又能相互合作分担,灵活性好;二是网络功能之间直达,不再需要像拓扑结构一样层级依赖,提高了传输效率;三是在服务的分配上实现智能化,区别于以往核心网需要每个网元进行详细配置入网,在 SBA 架构下,注册、发现、状态检测都是自动化处理。这种设计有助于网络快速升级、提升资源利用率、便于网内和网外的能力开放,使得 5G 系统从架构上全面云化,利于快速扩缩容。

3.3.2 核心网关键接口

与前一代移动通信系统相比,5G 核心网的控制平面和用户平面分离更加彻底。在基于 SBA 的 5G 核心网架构中,控制平面内部是基于服务化的接口(Service-based Interface, SBI)。控制平面网络功能接口用大写 N,跟着小写的网络功能名称来表示。例如 N_{amf} 就是网络功能 AMF 基于服务的接口。如图 3-10 所示,分别用 N_{amf} 、 N_{smf} 、 N_{nef} 、 N_{pcf} 、 N_{udm} 、 N_{af} 、 N_{nrf} 、 N_{nssf} 、 N_{ausf} 、 N_{udr} 表示 AMF、SMF、NEF、PCF、UDM、AF、NRF、NSSF、AUSF、UDR 网元的基于服务的接口。另有 N_{udsf} 、 N_{5g-EIR} 、 N_{nwdaf} 、 N_{smsf} 分别为 UDSF、5G-EIR、NWDAF、SMSF 网元的基于服务的接口,如图 3-11 所示。

5G 核心网的用户平面只有 UPF 一个网络功能。在 5G 系统架构中,参考点显示了 NF 服务之间存在的相互作用。这些参考点通过相应的基于 NF 服务的接口,并通过指定所识别的用户和生产者 NF 服务以及它们的交互,来实现特定的系统过程。5G 系统架构包含以下主要参考点:

N1: 通过 NAS 在 UE 和 AMF 之间进行短消息服务(Short Message Service, SMS)

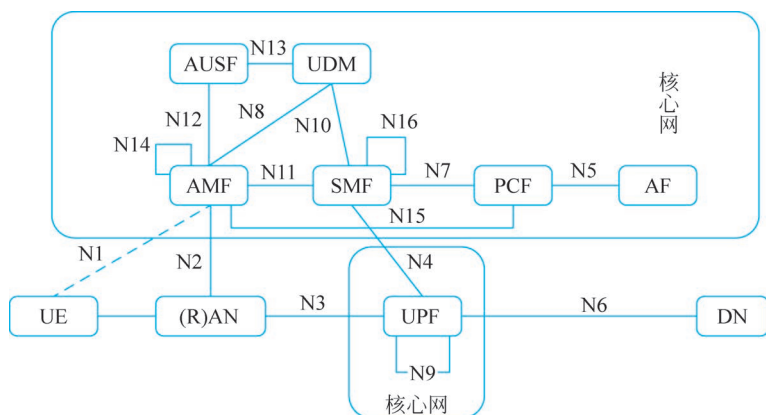


图 3-11 5G 核心网的关键接口

传输的参考点。

N2: (R)AN 和 AMF 之间的参考点。

N3: (R)AN 和 UPF 之间的参考点,在无线侧看就是 Ng-U,类似 4G 的 S1-U 口。

N4: SMF 和 UPF 之间的参考点。

N6: UPF 和外部直连数据网络 DN 之间的参考点。

N9: 两个 UPF 之间的参考点。

由于 5G 网络功能很多,而且还在开放网络架构上不断增加,再加上多对多的关系,相互组合起来点对点的接口会很多。现在 5G 点对点的接口从 N1、N2、N3 一直定义到 N58、N59,将来会更多。其中 N1、N2、N3、N4、N5、N6、N7、N8、N9、N10、N11、N12、N13、N14、N15、N16、N26、N33 较为重要。大部分在 4G 网络中有类似对应接口,也有 5G 核心网新增的接口,如 N12、N13、N16、N33。

3.3.3 网络功能发现与选择

每个 NF 都通过服务化接口对外提供服务,并允许其他 NF 访问或调用自身的服务。提供服务的 NF 被称作“NF 服务提供者”,访问或调用服务的 NF 被称作“NF 服务使用者”。这些活动都需要 NRF 的管理和监控。

如图 3-12 所示,每个 NF 启动时,必须到 NRF 进行注册登记才能提供服务。NF1 想要让 NF2 来提供服务,必须先到 NRF 来进行服务发现才行。

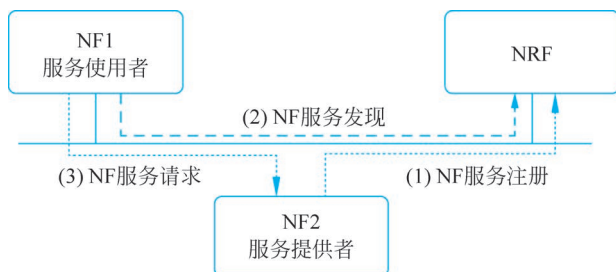


图 3-12 5G 网络功能服务的工作过程

NF 的发现与选择还涉及 SMF、AMF、AUSF、PCF、NEF 等网络功能。AMF 支持 SMF 选择功能,用于分配应管理 PDU 会话的 SMF。下面以 AMF 向 SMF 发起的选择为例,阐明 5G 中的 NF 发现与选择流程:

NF 服务注册: 通过向 NRF 提供请求 NF 的配置文件,在 NRF 中注册 NF,NRF 将请求 NF 标记为可供其他 NF 发现的 NF。

NF 服务发现: 尝试发现 SMF 实例时,AMF 将 UE 位置信息提供给 NRF。NRF 向 AMF 提供 SMF 实例的 NF 配置文件和 SMF 服务区域。

NF 服务请求: AMF 中的 SMF 选择功能,根据从 NRF 获得的可用 SMF 实例或 AMF 中配置的 SMF 信息,来选择 SMF 实例和 SMF 服务实例。

3.3.4 5G 核心网的关键特征

1. 控制承载分离

从 3G 开始,核心网一直沿着控制面和用户面分离(Control and User Plane Separation, CUPS)的方向演进。控制面负责建立、控制和管理转发业务数据的通道,用户面负责转发用户的业务数据。到了 5G 的 R15 版本,基于 SBA 技术,彻底将控制面和用户面分离,控制面的功能由多个 NF 承载,用户面的功能由 UPF 承载。

AMF 和 SMF 是 5G 控制面的两个主要节点,分别负责接入和移动性管理、会话管理,代替 4G 中 MME 的主要功能。配合它俩的还有 UDM、AUSF、PCF,以执行用户数据管理、鉴权、策略控制等。此外,还有 NEF 负责网络功能开放,NRF 负责网络功能的选择和发现。

UPF 代替了 4G 核心网中 SGW 和 PGW 的用户面功能,负责执行数据包路由和转发功能。UPF 作为独立的用户面实体,既可以灵活部署于核心网的各个位置,也可以部署于更靠近用户的无线网络侧。

5G 核心网中控制面和用户面的接口是 N4 接口,如图 3-13 所示,它沿用了报文转发控制协议(Packet Forwarding Control Protocol,PFCP)。SMF 从 PCF 那里获取到了数据包处理的规则,然后通过 N4 接口下发给 UPF,UPF 按照这些规则完成数据包的转发。

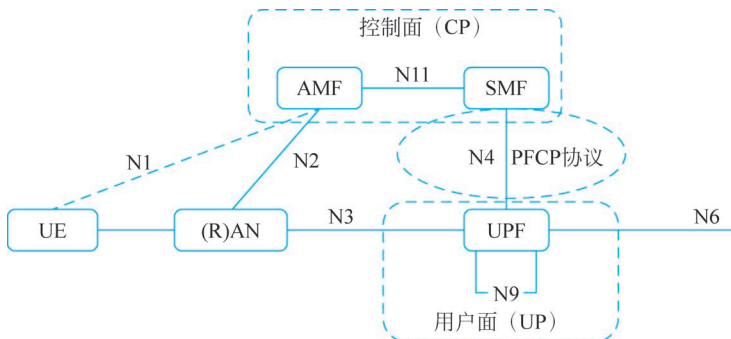


图 3-13 5G 核心网中控制面和用户面的接口——N4 接口

CUPS 有利于业务逻辑的集中控制,还可以让核心网的用户面功能摆脱“中心化”的禁锢。CUPS 的优势主要有以下几方面:

(1) 控制面和用户面解耦后,各自可以独立部署、扩展、升级更新,互不影响。二者在部署的地理位置上互不相关。

(2) 控制面和用户面可以独立演进,例如控制面演进到虚拟机/容器,用户面演进到 SDN、有效转发的用户数据。这是边缘计算、切片、分布式云化部署和 SDN 技术的基础。

(3) 核心网的用户面去中心化后,可以更灵活地部署。根据应用场景的需求,用户面可以向无线侧、向用户靠近,降低业务访问延迟。另外,也可增加用户面的吞吐量。

(4) 控制面集中化可以方便获取全局拓扑、全局信息。在控制面无须固定锚点,便于资源池化、路径优化。无用户面隧道,有利于实现控制面与无线接入制式的去相关。

2. 移动边缘计算

5G 核心网控制面和用户面分离后,核心网的用户面可以下沉到边缘,如图 3-14 所示,实现用户面的本地化。移动边缘计算(Mobile Edge Computing, MEC)技术应运而生,其本质就是“靠近本地”的云计算,能够就近提供边缘智能服务。边缘计算系统由边缘设备、边缘控制器、边缘云、边缘应用和服务四大部分组成。如表 3-1 所示,相比云计算,边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧,融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放架构,支持网络和应用双向交互,支持用户面的灵活部署,支持应用对用户面的灵活选择,满足各行各业在数字化转型过程中,在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

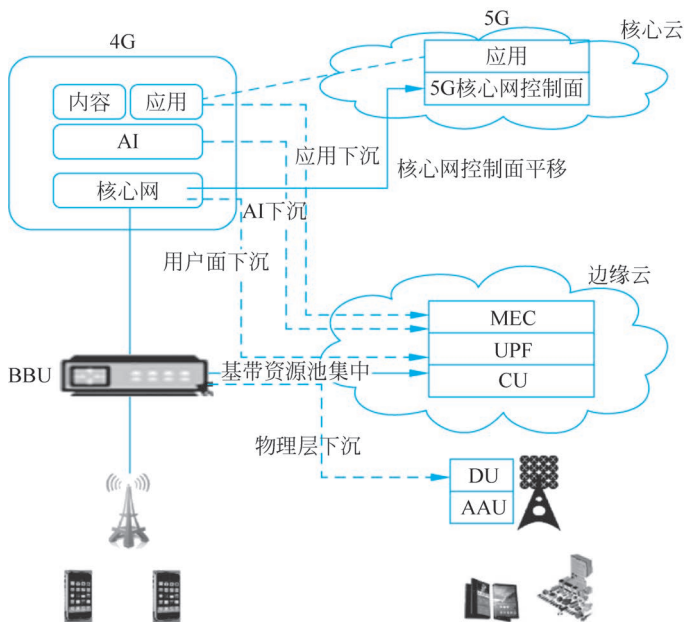


图 3-14 边缘计算技术的形成

表 3-1 云计算和边缘计算对比

项 目	云 计 算	边 缘 计 算
位置	远端	靠近用户、设备或网关
计算方式	集中式	分布式
计算能力	由性能强大的服务器组成	由分散的各种功能的服务器组成,是云计算的补充
功能不同	大范围数据分析和控制逻辑生成	近端数据的及时分析,指令执行、现场响应
智能	云智能	本地场景的智能
时延特性	时延大,数十到数百毫秒	时延小,最低可达 1ms
隐私性和安全性	需要额外的安全措施	隐私性和安全性较高
单个节点部署成本	高	低

边缘计算已成为 5G 网络架构的关键特性,其主要优势如下:

(1) 低时延: 在云计算时代,数据在相距几百千米的终端和集中的云端之间来回传送,遥远的物理距离无法满足 5G 毫秒级时延要求。而边缘计算聚焦实时、短周期数据的处理,能够更好地支撑本地业务的实时智能化处理,为工业互联网、智能车联网提供低时延保障。

(2) 数据本地化: 边缘计算更靠近用户,形成物理世界和数字世界的桥梁,应用、内容、人工智能、服务能力等下沉到靠近用户侧,在边缘节点处就近提供对数据的过滤和分析,成为数字化世界的本地化入口。有效解决了智能家居等场景在无网络或无法连接至云端时,本地数据能在边缘及时处理,保证服务正常进行。

(3) 缓解核心网流量压力: 通过边缘节点对本地数据进行数据处理分析,必要的数​​据汇聚以后上报云端,有效解决海量连接场景的海量传感器数据拥堵问题,减少本地到云端的数据流量。

3. 网络切片

第 1 章介绍了 5G 网络中的 eMBB、URLLC、mMTC 三大应用场景,根据其各自业务特色,对网络有不同的需求,就不能用 2G/3G/4G 传统的固定网络结构去应对,而应根据场景需求进行功能裁剪、按需部署、灵活组网。5G 网络面向多连接和多样化业务时,应能够像积木一样灵活部署,以便于实现新业务快速上线/下线。

网络切片是指一组 3GPP 协议定义的特征和功能,可以按需组合、灵活地进行功能裁剪,向 UE 提供特定服务的某个子网络。网络切片是根据应用场景和业务指标需求的不同,将无线接入网、承载网、核心网的物理网络,切成多张相互独立的端到端逻辑上隔离的虚拟网络,来适配各种指标要求的业务应用。图 3-15 为 5G 网络典型切片部署示例。

(1) 语音业务: 带宽要求不高,时延要求也不苛刻,网络功能无须靠近用户,无线侧的 CU 和 DU 可以合设在区域数据中心,核心网的控制面和用户面以及 IP 多媒体子系统(IP Multimedia Subsystem,IMS)可以放置在云中央数据中心。核心网控制平面,需要的功能主要是 AM(接入管理)、SM(会话管理)、MM(移动性管理)和计费等功能。

(2) 高清视频类业务: 带宽需求量大,为了避免大带宽流量对汇聚层和核心层的承载网管道造成冲击,需要尽量将用户面下沉到靠近用户的地方。为了避免不同用户不断

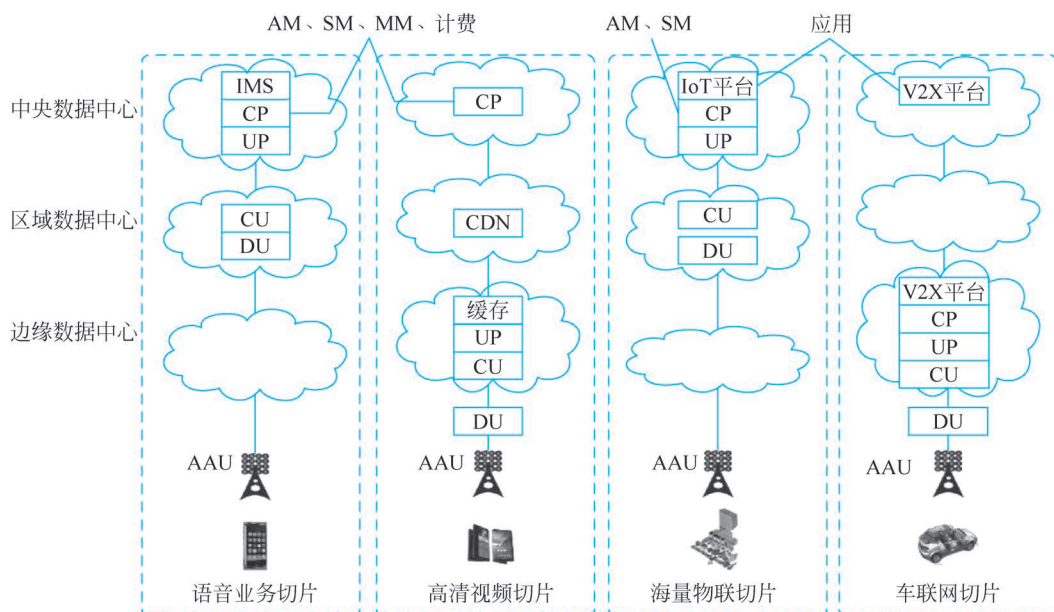


图 3-15 5G 网络典型切片部署示例

向远端平台请求视频源,可以利用内容分发网络(Content Delivery Network,CDN)的内容存储和分发技术,将平台视频源分发到靠近用户的地方进行缓存,使用户就近获取所需视频资源,降低网络带宽占用,提高用户访问响应速度。

(3) 海量物联网切片需要收集大范围传感器采集数据,这些数据是小包业务,数据量不大,但信令交互频繁,允许一定的时延,在规定的时间内完成状态更新、下载即可;实时性要求不高,但需要较高的安全级别、高可用性和可靠性。这种情况,无线侧功能可以在离用户较远的区域数据中心部署,而核心网功能和物联网应用平台则可以在中央数据中心部署。

(4) 对于自动驾驶、重型机械的遥控、远程手术等低时延场景,为了满足时延的苛刻要求,核心网和无线侧的功能,尤其是用户面和分布单元的功能,需要尽可能地靠近用户。这就是所谓的“下沉”。“下沉”有利于满足应用的低时延指标需求,但硬件和基础设施投资增加。对于低时延类应用,往往近端和远端都需要有平台支撑,近端平台处理的是实时性要求较高的业务逻辑(如自动驾驶中的安全类业务),远端平台处理的是大范围大连接的业务逻辑(如车联网中信息类和效率类的一些业务)。



视频

3.4 网络架构案例 1: 5G 网络架构基础规划实验

3.4.1 实验介绍

1. 实验目的

本实验中,将进一步理解 5G 网络中各网元的基本功能,掌握如何根据实际情况来规

划 5G 网络架构,理解不同部署方式对实际业务的影响。

2. 实验内容

在本实验中,需要完成一个简单的 5G 网络架构规划的考核案例,根据案例描述与要求,完成最终的规划设计方案。

注意,在进行本实验之前,需要先了解 5G 网络中各网元及网络功能的基本概念。例如,5G 接入网(或 5G 基站)中什么是 CU、DU、AAU? 5G 核心网的各种网络功能中什么是 AMF、SMF、UPF、AUSF、UDM、NRF、NSSF 等。

3.4.2 实验案例描述

使用平台提供的案例库,进入【5G 业务场景】板块,选择“5G 网络基础规划”案例,并单击【应用案例】。应用案例完成后,选择【网络规划与设计】,可以看到待完成的 5G 网络规划图,请你根据自己的理解将未完成的 5G 网络规划拓扑图补充完整。

1. 案例描述

2019 年 10 月 18 日,第七届世界军人运动会在湖北省武汉市顺利举行开幕仪式,为了对该世界性的活动进行宣传,各赛项采用 5G 网络进行赛事的 360°全景网络直播。为了保障赛事直播的顺利进行,湖北省电信运营商依托各地市及区县的网络基础条件进行 5G 网络的部署。如图 3-16 所示,如果你是湖北省电信运营商的网络设计人员,将如何根据如下要求进行网络方案的设计(以武汉市武昌区和宜昌市为例):

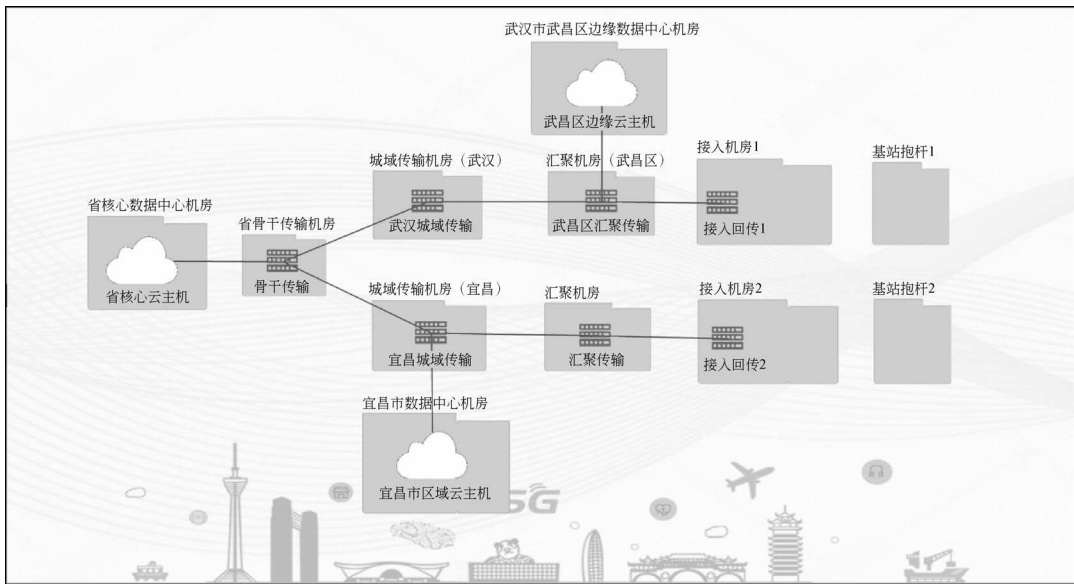


图 3-16 5G 网络部署案例

(1) 要求 5G 核心网移动性管理等具有中心化特点的服务在省核心数据中心机房集中管理。

(2) 为了方便 5G 直播信号的本地缓存与分发,保障湖北省各地市直播体验,要求武汉市各地区、宜昌市等各自对辖区内的 5G 用户进行 PDU 会话的管理,并要求网络直播数据能够直接本地分发。

(3) 由于武昌区为典型城市地貌,站点较多,要求机房站点规划能够满足对各个站点的统一管理与调度。

(4) 宜昌市为多山丘地貌,基站部署较为稀疏,为方便 5G 建设初期的部署,要求接入站点尽量结构简单,易于部署。

(5) 本方案中要求每个接入机房或站点只建设一套基站设备和一个小区。

2. 案例任务

以上是对本实验案例的场景描述及具体的规划要求,请根据以上的描述与要求完成 5G 网络规划设计,依据以下描述的实验步骤完成后续工作。

3.4.3 实验步骤

1. 接入机房规划

(1) 在接入机房 1 和基站抱杆 1 的设备区中添加设备,并进行辅助连线,展示设备间的逻辑关系,完成武昌区接入站点的网络规划。

(2) 在接入机房 2 和基站抱杆 2 的设备区中添加设备,并进行辅助连线,展示设备间的逻辑关系,完成宜昌市接入站点的网络规划。

2. 虚拟化服务部署规划

(1) 规划省核心云主机提供的网络功能服务,在省核心数据中心机房的云主机上添加支持的微服务。

(2) 规划武昌区边缘云主机提供的网络功能服务,在武昌区边缘数据中心机房的云主机上添加支持的微服务。

(3) 规划宜昌市区域云主机提供的网络功能服务,在宜昌市数据中心机房的云主机上添加支持的微服务。

3.4.4 实验总结

分别针对每个机房阐述你的规划思路,将规划思路描述通过实验报告提交,并将最终的规划设计图截图附在报告中提交。

(1) 简述接入机房 1 和基站抱杆 1 部署思路。

(2) 简述接入机房 2 和基站抱杆 2 部署思路。

(3) 简述省核心云主机部署思路。

(4) 简述武昌区边缘云主机部署思路。

(5) 简述宜昌市区域云主机部署思路。



3.5 网络架构案例 2: 5G 接入网机房部署与设备搭建实验

3.5.1 实验介绍

1. 实验目的

本实验主要学习并了解 5G 基站设备、云主机等设备的基本形态,并学会利用 5G 仿真平台进行机房与场景的建设,完成设备的物理连线等操作,并了解 5G 接入网各设备之间的互联关系。

2. 实验内容

本实验中,请你按照实验步骤,在平台中建设两个接入站点机房,并在相应的机房中添加对应的设备,并完成各设备之间的物理连线。

3.5.2 实验原理

图 3-4 展示了 5G 基站的架构、基站与核心网或基站之间的协议接口。在 5G 基站的部署上有两种部署方案:一种是 CU+DU 合设的方式;另一种是 CU 与 DU 分离的方式,加上射频 AAU 部分,构成完整的基站系统。

基站的基带部分与射频部分的接口为 eCPRI 接口,CU 与 DU 之间接口为 F1 接口,相对于 4G 基站来说,4G 系统中基站由 BBU+RRU+天线组成,5G 基站的架构发生了一定的变化。可简单理解为 5G 相对于 4G 基站在形态上发生了如图 3-3 所示的变化。

从协议层关系来看,5G 相对于 4G 系统有如图 3-7 所示的变化。

3.5.3 实验案例描述

本实验使用平台提供的案例库,进入【5G 业务场景】板块,选择“5G 接入网机房部署与设备搭建”案例,并单击【应用案例】,将本实验案例加载至平台中。

1. 案例描述

某地运营商在进行 5G 独立组网的方案验证阶段,实验区域需两个 5G 接入站点:一个站点采用 DU+CU 合设架构的 5G 基站;另一个站点采用 DU 与 CU 分离的架构,并借助原有边缘数据中心机房,新建一个云主机设备,用于基站 CU 部分的部署以及核心网用户面功能的部署。你作为 5G 基站督导工程师,需依据运营商要求指导施工人员进行基站站点机房的建设与设备的安装工作,如图 3-17 所示。

2. 案例任务

在本实验中,需要按照规划的内容进入“边缘接入场景”,完成“接入站点 1+天线铁塔”和“接入站点 2+楼顶抱杆”两个 5G 站点的建设,并完成边缘云主机的设备安装与连线。你需要按照图 3-18 进入“边缘接入场景”,并在指定位置建设相关机房,如图 3-19 所示。

注:本案例中的其他机房均已建设完成,并且为简化本实验,光传输网(Optical

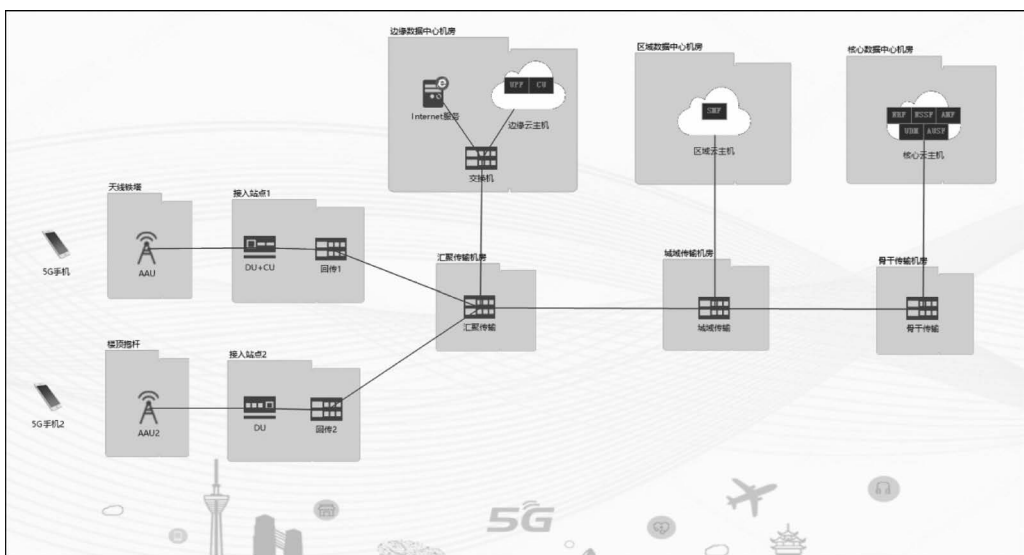


图 3-17 5G 接入网机房部署与设备搭建案例



图 3-18 进入“边缘接入场景”

Transport Network, OTN) 传输设备用三层交换机替代, 实验中可忽略传输设备造成理解上的困扰。

3.5.4 实验步骤

在该案例中, 网络规划部分已经完成, 需要在【场景搭建】板块完成机房的建设以及机房内设备的安装与连线等操作。步骤如下:



图 3-19 5G 站点的建设

1. “接入站点 2+楼顶抱杆”的机房建设与设备安装

接入站点 2 与楼顶抱杆,这两个机房构成一个完整的 5G 站点机房。其中,放置 DU/DU+CU 基站的位置为室内的机房站点,楼顶抱杆为室外的天线及射频部分。这种楼顶站点在很多大楼的楼顶是比较常见的。

(1) 建设“接入站点 2”,并选择机房模板。

首先选择机房位置,如图 3-20 所示。



图 3-20 “接入站点 2”的建设

然后选择机房模板,选择“接入机房”,并确认。

注:接入站点2为放置DU设备及传输设备的机房,为室内的站点,因此选择一个有机柜,可放置设备的室内机房模板,如图3-21所示。

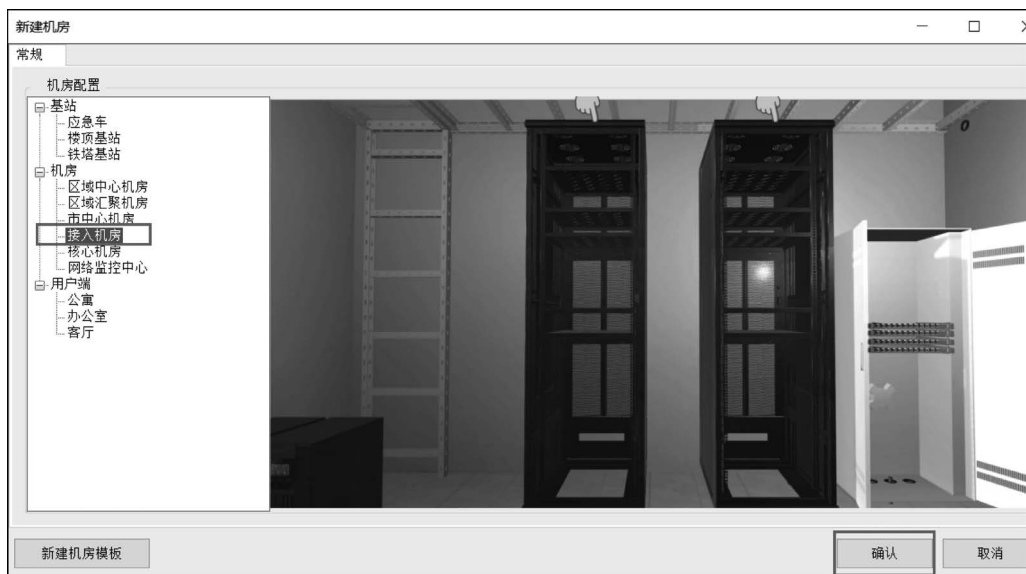


图 3-21 选择室内机房模板

如图3-22所示,在指定区域的楼顶建设了一个接入机房的站点。



图 3-22 接入机房站点

(2) 采用同样的方式在该楼顶建设“楼顶抱杆”,在选择机房模板时选择“楼顶基站”即可。

(3) 完成接入站点2和楼顶抱杆的机房设备安装。

首先进入机房,如图 3-23 所示。



图 3-23 进入“接入站点 2”的机房

然后安装设备,如图 3-24 所示。



图 3-24 安装设备

同理,将其他设备及楼顶抱杆机房的设备全部拖放完成后,就完成了该 5G 站点的建设及设备的安装。

2. “接入站点 1+天线铁塔”的机房建设与设备安装

(1) 在指定建设区域添加一个铁塔站点的场景。

注：5G 铁塔站点一般建设在空旷的区域，铁塔上面放置 5G 站点的天线及射频处理部分，铁塔下面有一个小房子或箱式房间，用于放置室内的设备。

首先添加新场景，如图 3-25 所示。



图 3-25 添加新场景

然后添加场景图，如图 3-26 所示。



图 3-26 添加场景图

- (2) 双击添加的铁塔站点的场景,即可进入该场景进行机房的部署与建设。
- (3) 与上面步骤类似,可以在该场景下部署“接入站点 1”和“天线铁塔”,如图 3-27 所示。

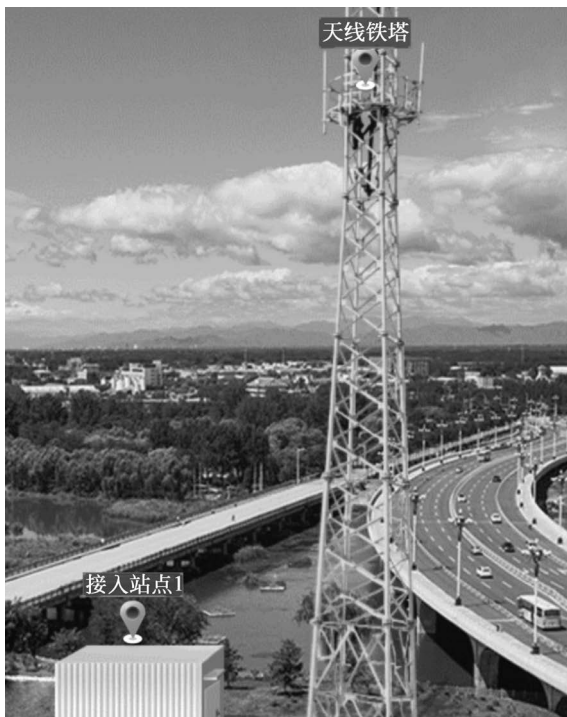


图 3-27 添加“接入站点 1”和“天线铁塔”

提示:单击该场景图,且不松鼠标,然后就可以移动鼠标来进行场景图的上下移动显示,注意根据实际来选择机房模板。

- (4) 与上述楼顶抱杆设备安装步骤类似,完成铁塔站点机房设备的安装。

3. 接入站点的设备连线

- (1) DU/DU+CU 设备与 AAU 设备的连接。

注:根据实验原理,DU/DU+CU 设备与 AAU 之间通过 eCPRI 进行连接,有些设备上也会标识 IR 接口。

首先进入设备面板。

以铁塔站点为例。先双击进入铁塔站点的场景,再双击进入“天线铁塔”,如图 3-28 所示。

然后连接本端线缆,这里选择 AAU 的中间射频(Intermediate Radio, IR)接口,如图 3-29 所示。

接着,切换机房,选择该连线所需连接的另一端设备,注意这里 AAU 要与 DU+CU 进行连接,如图 3-30 所示。

最后以同样的方式将楼顶站点的室内基站设备与 AAU 进行连线。

- (2) DU/DU+CU 设备与传输设备的连线。

由实验原理,DU/DU+CU 设备向下连接 AAU,向上连接 CU 或核心网设备,无论



图 3-28 进入设备面板

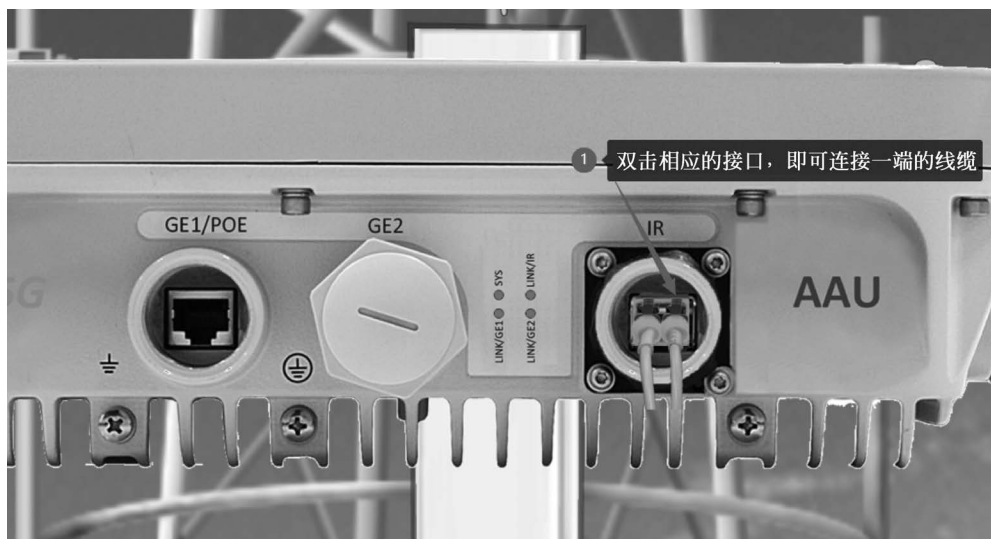


图 3-29 连接 AAU 的本端线缆

与何设备连接,均是 DU/DU+CU 的上联接口与传输设备(一般是 OTN,本案例用三层交换机替代)连接,并通过传输设备回传至核心网。平台中的 DU/DU+CU 设备上联接口为 Uplink 或 F1,其中 F1 为 DU 与 CU 之间连接的协议接口标识。

首先,进入“接入站点 1”机房,将基站的一个上联接口(Uplink)连接至本机房中的回传设备(即三层交换机)的任意一个光口。

注: 本平台中基站设备具有多个上联接口,在进行后续开通实验时,也可将连接两个上联接口,一个作为基站的控制面接口,另一个作为基站的用户面接口,这样会更直观地进行数据配置的规划与处理。

然后进入“接入站点 2”机房,将基站的一个上联接口(F1)连接至本机房中的回传设备(即三层交换机)的任意一个光口。



图 3-30 切换至机房,连接 IR 接口的另一端线缆

4. 回传设备与汇聚传输机房中的传输设备连接

(1) 将“接入站点 1”中回传设备的任意光口与汇聚机房中的传输设备的光口进行连线。

注意,本案例中的传输机房初始进入时,机柜为关闭状态,你可以单击第一个机柜,把机柜打开,其余连线操作与前面一致,如图 3-31 所示。



图 3-31 打开机柜门

(2) 同样的操作,将“接入站点 2”的回传设备与汇聚机房传输设备连接。

上面两步操作,已经将传输资源打通,基站的相关数据即可通过传输设备与核心网或其他网络互联互通。

5. 完成边缘数据中心机房中边缘云主机的安装部署与设备连接

(1) 进入“边缘数据中心机房”,将云主机安装至机柜上,如图 3-32 所示。

注:平台中的云主机为通用服务器硬件资源和网络资源等的结合,可以理解为能够部署虚拟化网络功能的服务器设备,在该主机内不同虚拟化的服务能够通过内部的虚拟交换机进行交互,并且设备提供对外的网络接口。

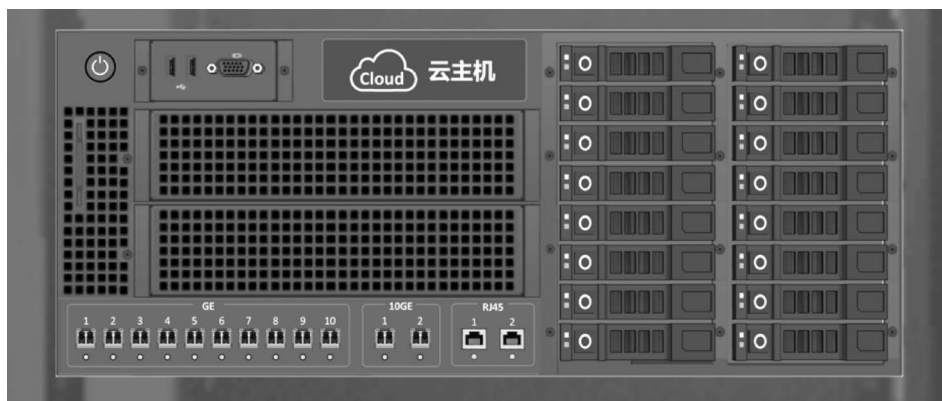


图 3-32 安装云主机

(2) 将云主机的任意网络接口与本机房内的传输设备连接。

前面已建设了一个云主机设备,并且该设备打通了与传输网的连接,接下来可在该主机上添加网络服务,并进行服务的相关设置。本实验中,根据规划,该云主机将部署基站的 CU 服务以及核心网的 UPF。本实验仅完成设备的搭建,服务添加与部署将在后续实验中学习。

3.5.5 实验总结

上述操作完成后,就完成了接入机房的建设与相关设备的安装与搭建。

可以在【场景搭建】的【网络验证】页面,如图 3-33 所示,验证设备连线及部署是否与规划相符。

完成本实验后,考虑以下问题,并搜索相关资料,完成实验报告的作答:

(1) 本实验中,DU 设备与 CU 服务连接的协议接口是什么? 对于 5G 基站系统来说,该接口主要是什么类型的数据交互(或哪一层协议的数据)?

(2) 本实验中 DU/DU+CU 设备与 AAU 连接的接口为 eCPRI 接口,在 4G 基站中,BBU 与 RRU 之间的接口是什么? 为什么 5G 中接口发生了变化?



图 3-33 网络验证

3.6 网络架构案例 3：基于 NFV 的 5G 核心网功能部署实验



视频

3.6.1 实验介绍

1. 实验目的

本实验学习 5G 核心网的部署,并深入了解 5G 核心网各网络功能的相关作用。本实验中,你将了解基于 NFV 的 5G 核心网功能如何部署并应用在通用的服务器及网络资源中,并且理解 5G 核心网 SBA 架构下对各网络功能的统一存储与管理。

2. 实验内容

在本实验中,需要按照规划在对应的云主机上部署相应的 5G 核心网的虚拟化网络功能,并实现各功能之间的网络连通及各网络功能在 NRF 上的注册。

3.6.2 实验原理

1. 网络功能虚拟化

网络功能虚拟化(NFV)是指对移动通信网络设备的功能进行虚拟化部署。虚拟化是“云计算”领域的一项重要技术,即将计算资源从本地迁移到“云端”。利用云端集中化的数据机房,在物理服务器的基础上,通过部署虚拟化平台,把计算资源(类似 CPU、内存等)、存储资源(类似硬盘)、网络资源(类似网卡)等资源进行统一管理,按需分配。在虚拟化平台的管理下,若干物理服务器就变成一个大的资源池。在资源池之上可以划分出若干虚拟服务器(即虚拟机),安装操作系统和平台服务,实现各自功能。NFV 架构如图 3-34 所示。



图 3-34 NFV 架构

2. 核心网的变化演进

在 4G 中,核心网是由很多网元设备组成的,如 MME、HSS、策略与计费规则功能(Policy and Charging Rule Function,PCRF)等,这些网元本身就是一台定制化服务器。网元上面运行的平台服务确保功能得以实现,而且这些网元都是各个厂家自行设计制造的专用设备。现在,随着 x86 通用服务器硬件能力的不断增强,通信行业开始学习信息技术(Information Technology,IT)行业,引入云计算技术,使用 x86 通用服务器替换厂商专用服务器,将核心网“云化”。核心网的架构设计也借鉴 IT 的微服务理念变成了 SBA。简单来说,就是将“一个服务器实现多个功能”变成“多个服务器实现各自功能”,多个虚拟机多个功能各自为战相互隔离,如图 3-35 所示。

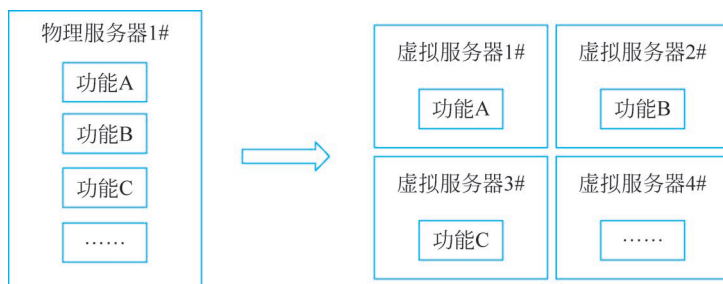


图 3-35 核心网的变化演进

5G 基础设施平台将更多地选择由基于通用硬件架构的数据中心构成支持 5G 网络的高性能转发要求和电信级的管理要求,并以网络切片为实例实现移动网络的定制化部署。5G 的网络虚拟功能架构如图 3-36 所示。

3. 为什么需要 NFV 技术

利用平台虚拟化技术可以在同一基站平台上同时承载多个不同类型的 5G 网络平台接入方案,并能完成接入网逻辑实体的实时动态的功能迁移和资源伸缩。利用网络虚拟化技术,可以实现 RAN 内部各功能实体动态无缝连接,便于配置客户所需的接入网边缘业务模式。另外,针对 RAN 侧加速器资源配置和虚拟化平台间高速大带宽信息交互能力的特殊要求,虚拟化管理与编排技术需要进行相应的扩展。

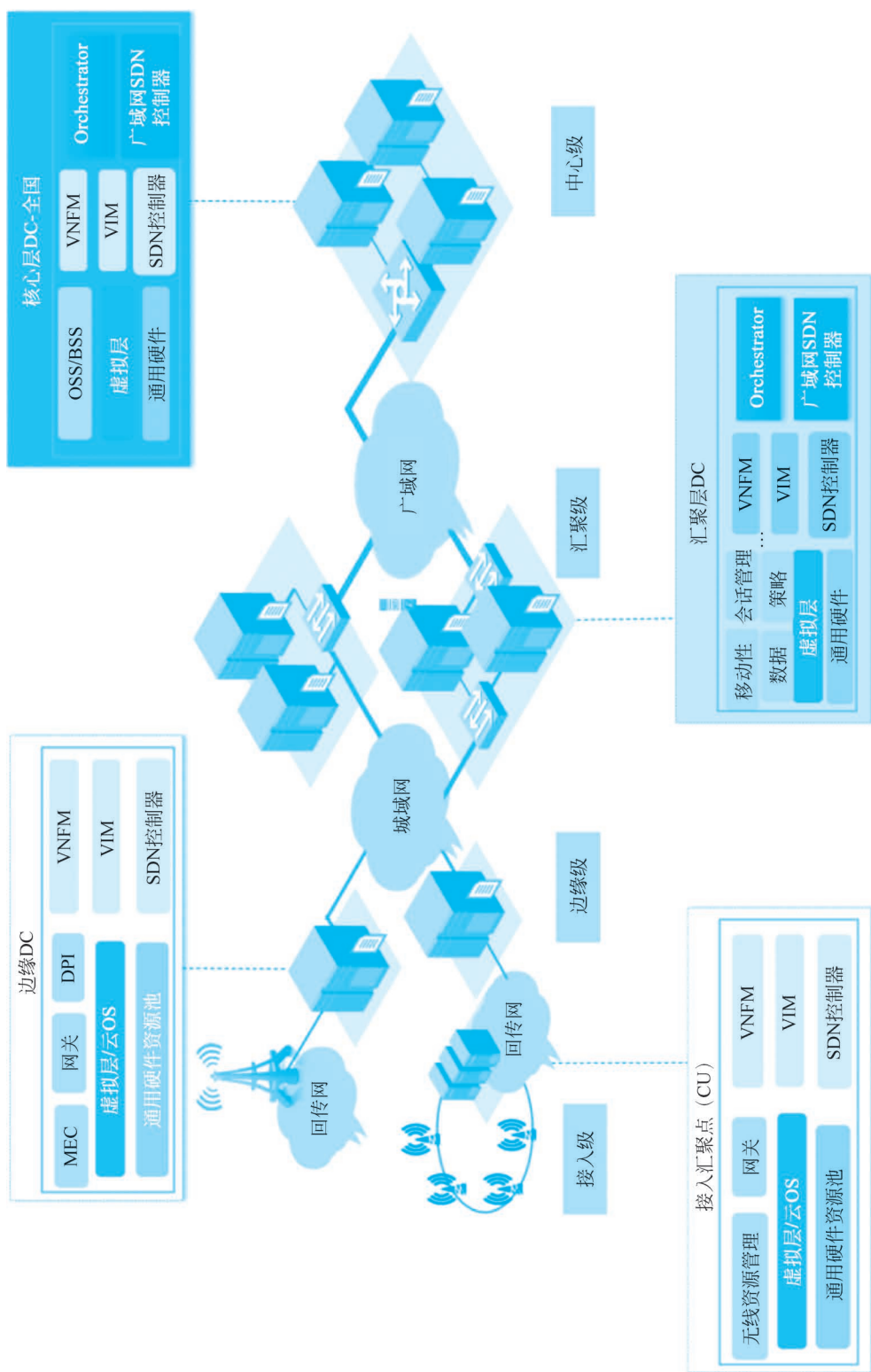


图 3-36 5G 的网络虚拟功能架构

4. 使用 NFV 有什么好处

NFV 技术融合将提升 5G 网络在大规模组网方面的效能：NFV 技术实现底层物理资源到虚拟化资源的映射，构造虚拟机（Virtual Machine, VM），加载虚拟网络功能（Virtual Network Function, VNF）；虚拟化系统实现对虚拟化基础设施平台的统一管理和资源的动态重配置；SDN 技术则实现虚拟机间的逻辑连接，构建承载信令和数据流的通路。最终实现接入网和核心网功能单元动态连接，配置端到端的业务链，实现灵活组网。

采用 NFV 技术，将通信设备网元云化，可以实现平台和硬件的彻底解耦。运营商不再需要购买厂商制造的专用硬件设备，大幅降低了硬件资金投入。NFV 还具备自动部署、弹性伸缩、故障隔离和自愈等优点，可以大幅提升网络运维效率、降低风险和能耗。

3.6.3 实验案例描述

在“实验案例库”中，选择“基于 NFV 的 5G 核心网功能部署”案例，并单击【应用案例】，将本实验案例加载至平台中。

1. 案例描述

某地运营商为验证在通用服务器资源下的 5G 网络功能的快速部署与开通过程，现基于该区域两个数据中心机房的云主机进行 5G 网络功能部署验证。部署规划如图 3-37 所示，在数据中心机房-1 的云主机设备上部署 5G 网络的 AMF、SMF、UDM、NSSF、UPF、AUSF 等网络功能，在数据中心机房-2 中部署 NRF 的服务，并实现两个机房的数

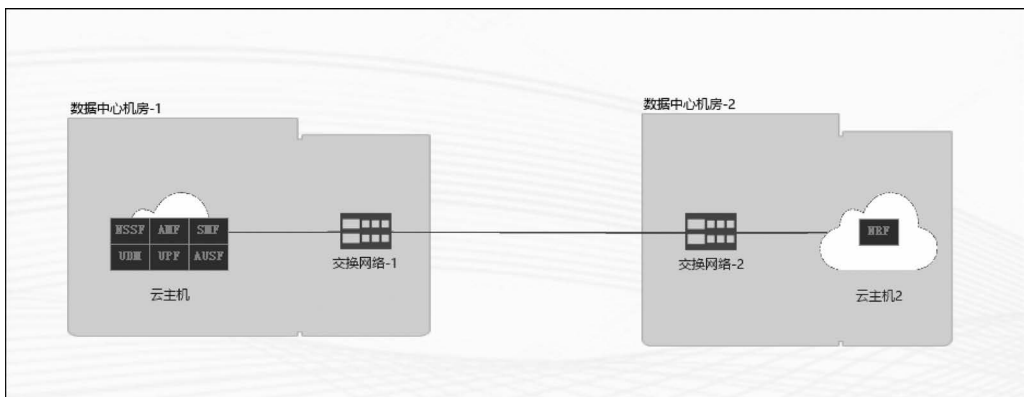


图 3-37 部署规划

2. 案例任务

根据规划图，在业务开通与验证板块进行各虚拟网络功能的部署，并实现 5G 核心网各网络功能在 NRF 上的注册与存储，如图 3-38 所示。

3.6.4 实验步骤

按以下步骤完成基于 NFV 的 5G 网络功能部署，为了方便各网络功能之间的互通，



图 3-38 部署各虚拟网络功能

在本实验中将所有网络功能的 IP 地址均设置为同一个网段(除 UPF 外),按以下规划进行配置:

- NRF: 192.168.1.10/24
- AMF: 192.168.1.11/24
- SMF: 192.168.1.12/24
- AUSF: 192.168.1.13/24
- UDM: 192.168.1.14/24
- NSSF: 192.168.1.15/24
- UPF: 控制面,192.168.1.16/24; 用户面,192.168.10.16/24

1. 进行 NRF 的部署

添加 NRF 的虚拟机。在【业务开通与验证】板块,双击“云主机 2”,进入云主机的服务部署界面。在该主机上添加一个包含 NRF 服务的虚拟机,步骤如图 3-39 所示。

2. 对 NRF 虚拟机资源进行配置

- (1) 进入 NRF 虚拟机资源设置界面,如图 3-40 所示。
- (2) 配置硬件资源,并设置虚拟网卡 IP,如图 3-41 所示。

注: 可以根据需要,在一个虚拟机上添加多个虚拟网卡,可以选择【+添加网络适配器】进行添加。

3. 对 NRF 进行服务配置

对“云主机 2”的网络资源进行编排,这里按照默认就可以。

4. 将新建的 NRF 服务与云主机的虚拟网络资源连通

注: 虚拟网络资源是云主机内部数据交换网络,实体设备是不可见的,只作为内部交换控制使用,如图 3-42 所示。



图 3-39 添加 NRF 服务的虚拟机



图 3-40 进入 NRF 虚拟机资源设置界面

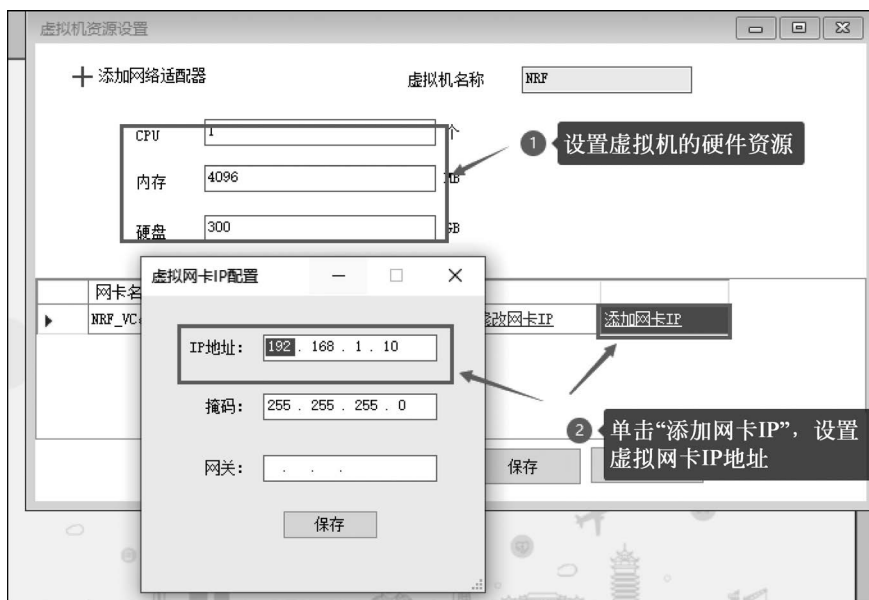


图 3-41 设置虚拟网卡 IP

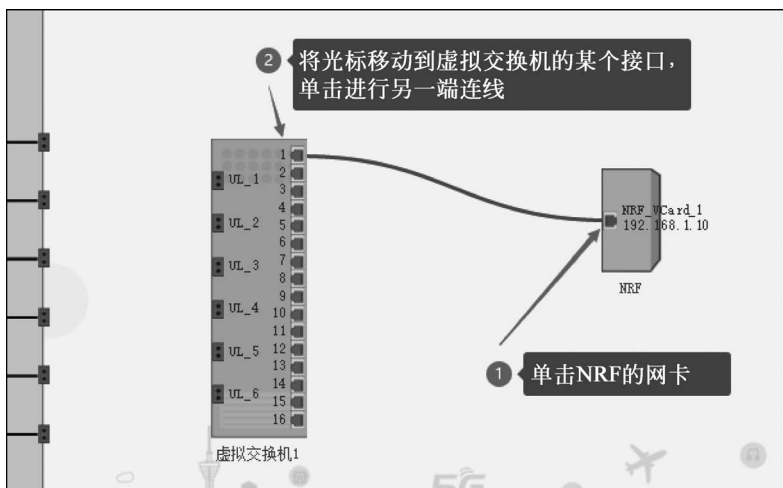


图 3-42 连通虚拟网络资源

5. 将虚拟网络资源与实际对外物理接口连通

如图 3-43 所示,有 6 个实际物理接口,至于如何连接,要与物理连接及实际配置相符。在这里,因为云主机 2 是通过 GE1 接口与外部网络(这里是“交换网络-2”)互连互通,配置如图 3-43 所示。

上面步骤完成后,就完成了 NRF 的部署及网络资源的编排。NRF 服务就能够正常地为外部网络或系统提供相关服务。

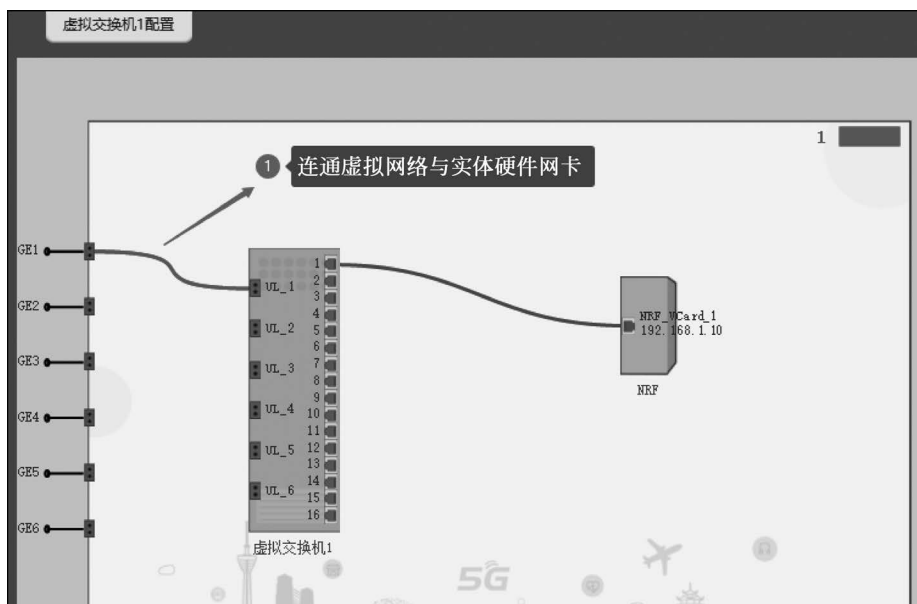


图 3-43 物理接口连通

6. 完成 AMF、SMF、AUSF、UDM、NSSF、UPF 的服务部署

与上述步骤类似,在“数据中心机房-1”中的云主机上,进行 5G 核心网的各项网络功能的部署,并分别按照规划进行虚拟机的 IP 设置,如图 3-44 所示。

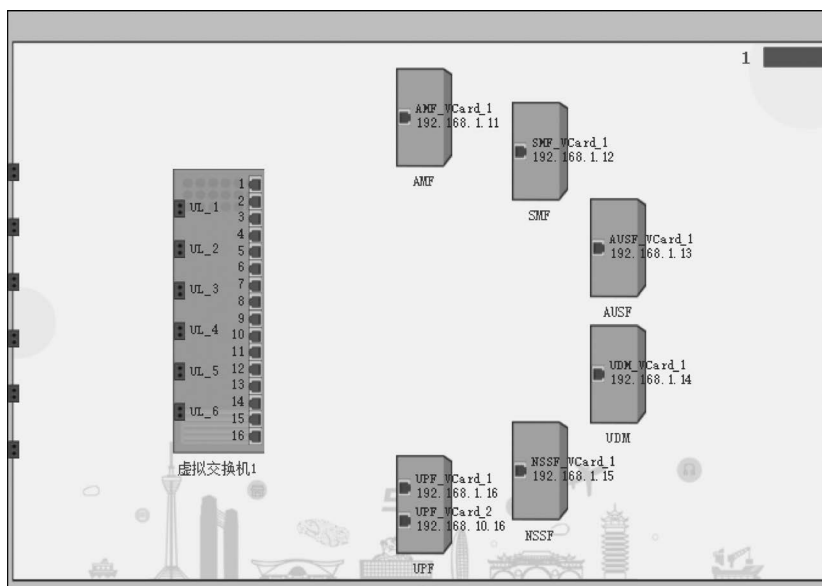


图 3-44 云主机各功能部署

注: 因为 UPF 规划了控制面地址和用户面地址, 因此要在 UPF 上添加两个虚拟网卡, 操作如图 3-45 所示。



图 3-45 添加虚拟网卡

同理,进行网络资源的编排,将各网络服务功能单元与网络资源互通,并与实际物理接口建立连接,如图 3-46 所示。

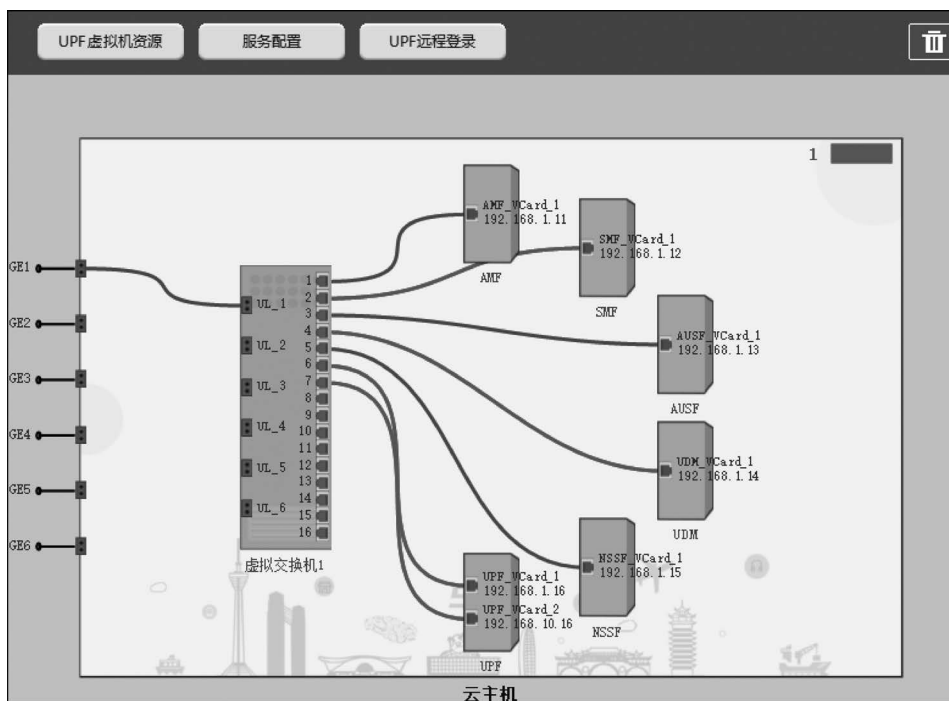


图 3-46 连接物理接口

通过以上步骤,基本完成了服务及网络资源的部署与编排。下面,各虚拟网络功能要在 NRF 上进行注册,网络才能够根据实际情况在 NRF 上查询服务,并选择相应的网络功能为用户提供服务。

7. 服务注册与存储

(1) 在每个 5G 网络功能的服务配置界面,填写 NRF 的连接地址,各网络功能就能够通过相关接口向 NRF 发起注册流程。以 AMF 为例,如图 3-47 所示。

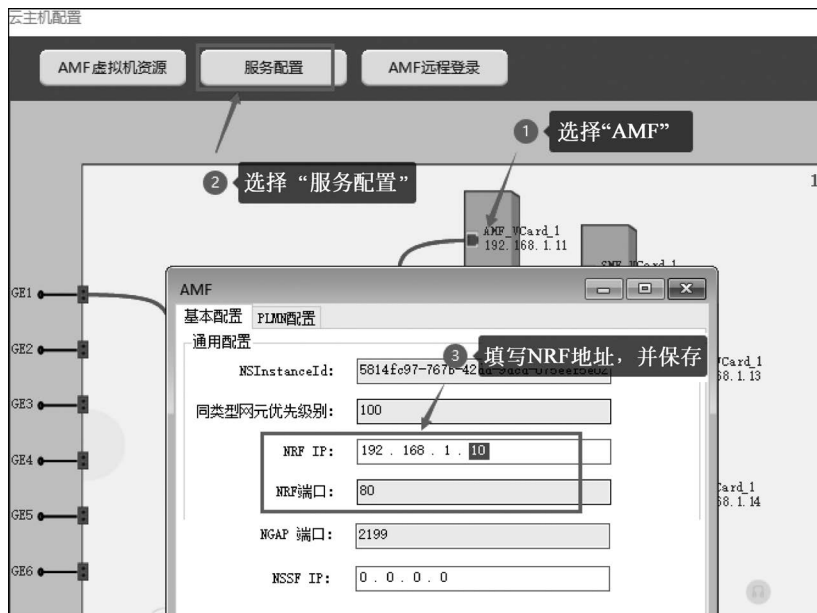


图 3-47 填写连接地址

(2) 注册流程查看。配置上述步骤以后,将设备全部开机。单击“查看消息流程”图标即可看到服务注册过程,如图 3-48 和图 3-49 所示。

上述步骤只显示了 AMF 向 NRF 注册的过程,是因为只在 AMF 上配置了 NRF 的注册地址。同样的方式,也可将其他网络功能上配置 NRF 的注册地址,实现 5G 各网络功能在 NRF 上的注册与存储。

3.6.5 实验总结

上述实验中,学习 5G 核心网的基本部署,在这个过程中可以看到基于 NFV 的 5G 网络功能部署方式的灵活,可以在任何通用硬件资源上快速部署 5G 服务,而不是像 4G 核心网依赖专用的硬件设施。同时,也可了解 5G 网络功能的管理方式,理解 NRF 的基本功能。

完成本实验后,思考以下问题,并搜索相关资料,完成实验报告的作答:

- (1) 5G 核心网为什么采用微服务的架构,为何要基于 NFV 进行部署?
- (2) 为什么 5G 核心网的各种网络功能要在 NRF 上进行注册管理?

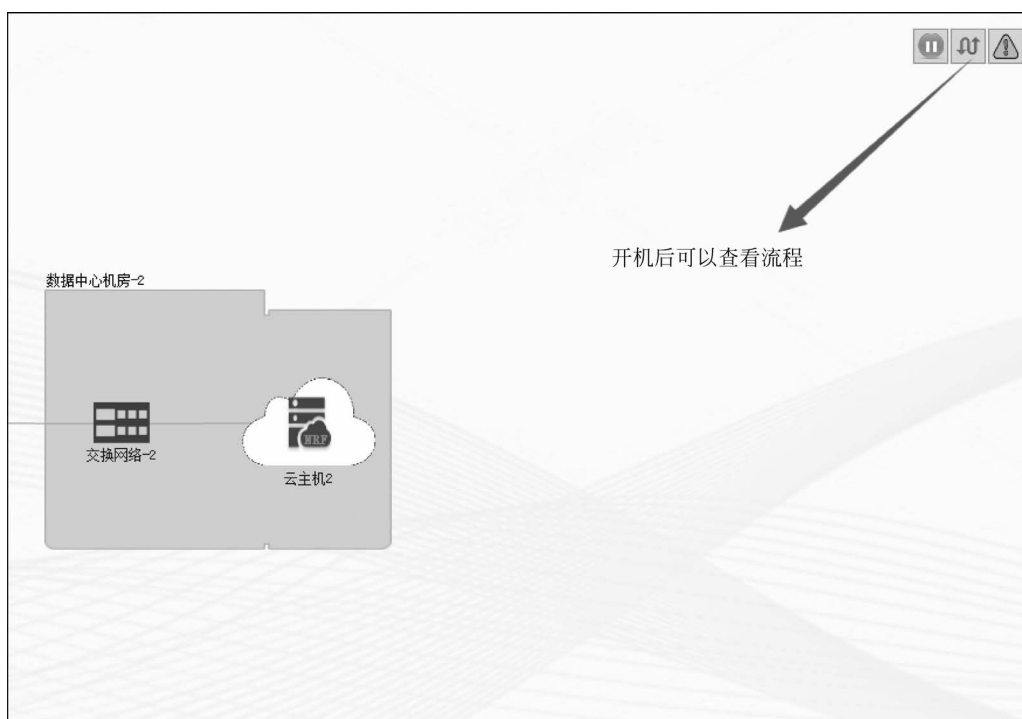


图 3-48 查看消息流程

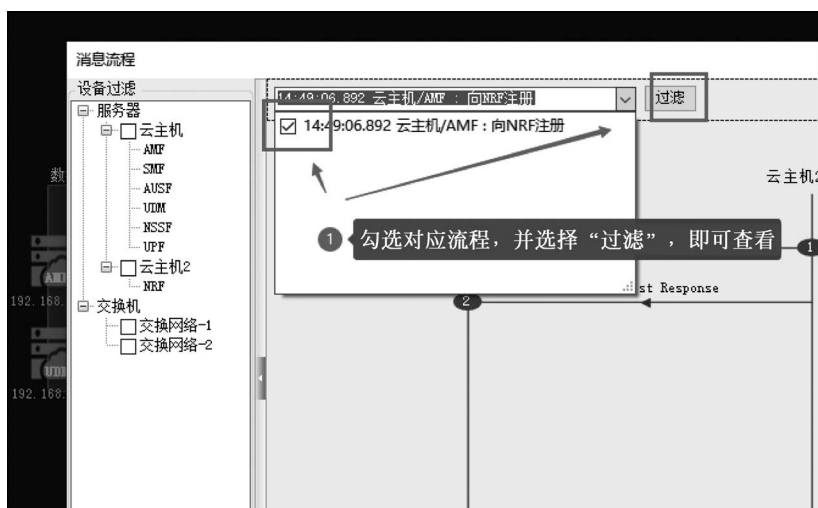


图 3-49 勾选对应选项