

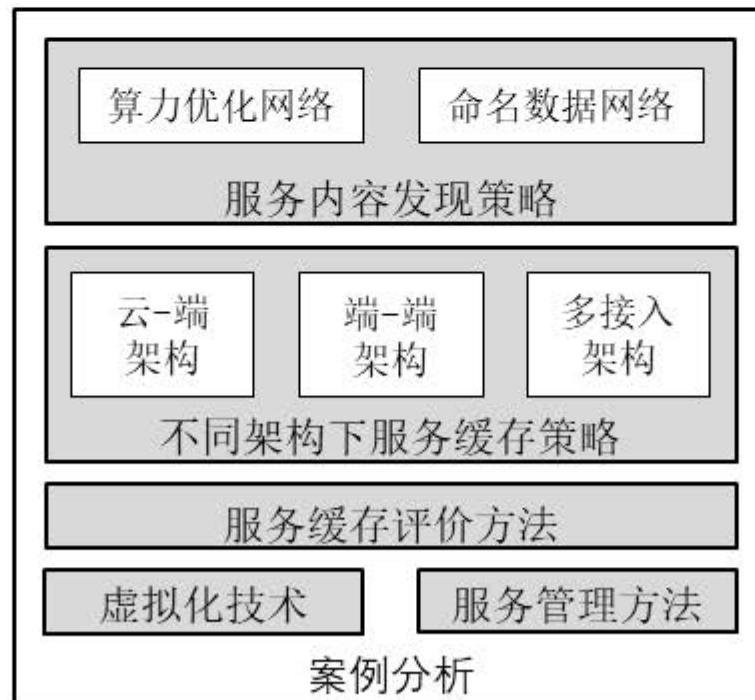
服务缓存

服务缓存

- ▶ 课程简介
- ▶ 边缘网络服务缓存简介以及评价指标
- ▶ 不同架构下服务/内容缓存策略研究
- ▶ 应用案例分析
- ▶ 边缘缓存策略展望及其挑战

课程简介 (1)

在前面的章节中，我们介绍了网络服务虚拟化技术和服务管理方法，在本章节中我们将依托这些技术和方法，具体讨论网络边缘服务缓存策略。



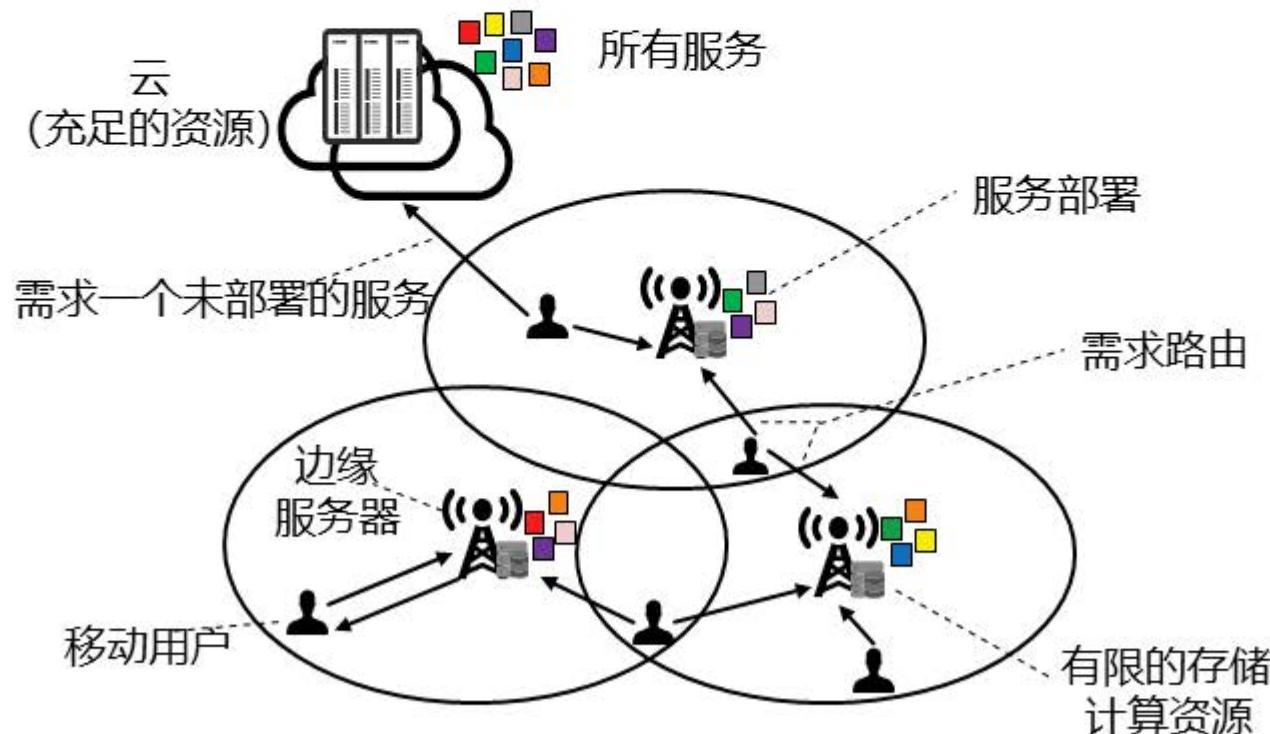
服务缓存

- ▶ 课程简介
- ▶ 边缘网络服务缓存简介以及评价指标
- ▶ 不同架构下服务/内容缓存策略研究
- ▶ 应用案例分析
- ▶ 边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 前言
- ▶ 面向应用的评价指标
- ▶ 面向系统的评价指标

前言 (1)

我们首先介绍服务缓存概念，下图是边缘网络场景示意图。图中用户将不同种类不同需求的服务卸载至边缘网络进行处理。



前言 (2)

- ▶ 我们将从边缘运营商的角度出发研究如何在边缘网络拓扑中部署网络功能以更好地为边缘用户提供服务。本小节从以下三个部分对服务部署进行介绍：
 - 基础结构模型
 - 应用程序模型
 - 具有相关约束的部署模型

前言 (3)

▶ 基础结构模型

- 边缘服务网络由一组具有计算能力和存储能力的节点组成，计算节点之间相互连接构成了服务网络，服务器之间通过有线或者无线链路进行通信。

▶ 应用程序模型

- 在现有工作中一般使用以下三种抽象模型来定义用户服务
 - 整体服务模型。终端用户以单个组件（整体服务）的形式发送应用程序至边缘服务器。
 - 可并行划分的服务模型。这类服务可以分为一组子任务，子任务之间相互并行并且无依赖关系。
 - 相互依赖的子任务模型。用户应用程序由一组相互依赖的组件构成，一般用有向无环图进行表示。

前言 (4)

▶ 服务部署模型

- 服务部署问题可以定义为上述两个部分的映射模型，通过该模型可以将应用程序组件映射到基础结构模型中。
- 简单来说，我们可以将服务缓存看作是一个优化问题：优化问题可调整的参数就是服务部署的位置、每个服务所能分配资源的大小；优化问题的限制条件是终端用户的QoS和边缘网络中的各类资源。
- 此优化问题的优化目标可以从两个方面进行考虑：
 - 1) 面向应用，其研究内容主要包括如何通过服务部署资源分配，以优化用户时延和能耗；
 - 2) 面向系统的评价指标，如何通过合理的资源分配策略提高系统资源利用率，边缘系统稳定性、可扩展性以及边缘系统的可靠性。

- ▶ 前言
- ▶ 面向应用的评价指标
- ▶ 面向系统的评价指标

面向应用的评价指标（1）

用户时延	终端设备能耗
不同服务部署位置及带宽路径资源影响传输时延。	任务在本地执行时，能量开销主要来源于用户处理服务造成的计算能耗。
服务所分配的计算资源会影响到服务计算所需要的时间。	服务卸载至边缘执行时，能量开销主要来源于用户上传相应服务至边缘网络所造成的传输能耗。
服务所分配的接入节点影响到用户无线传输速度。	-

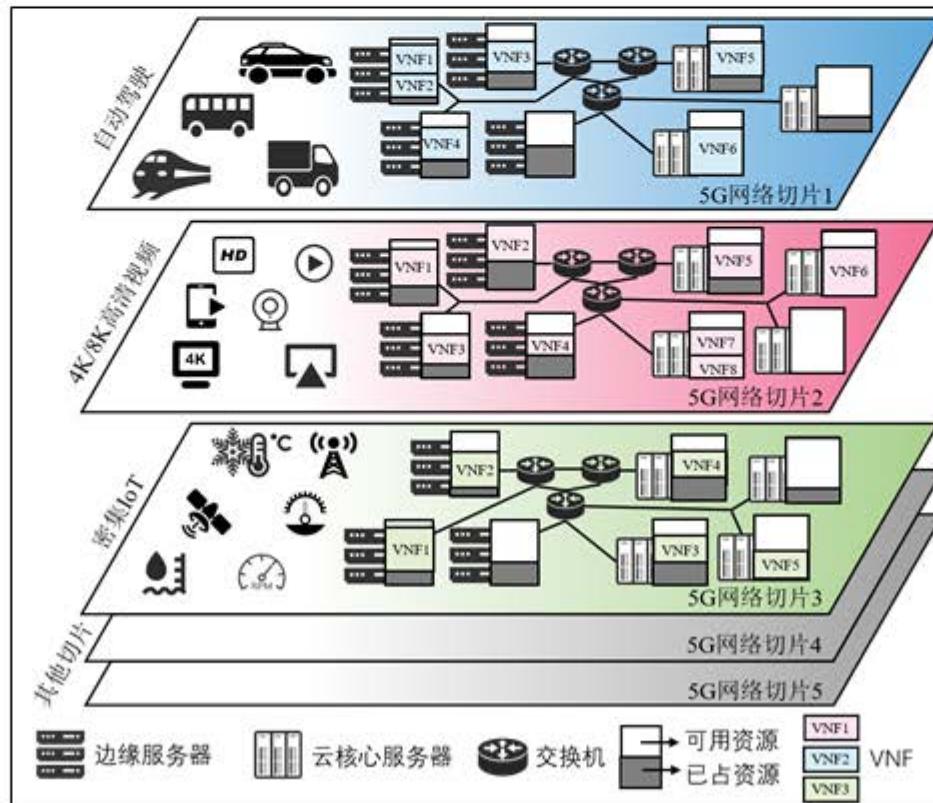
- ▶ 前言
- ▶ 面向应用的评价指标
- ▶ 面向系统的评价指标

面向系统的评价指标

- ▶ 边缘资源利用率
- ▶ 边缘网络稳定性
- ▶ 边缘系统可靠性

边缘资源利用率 (1)

由于边缘用户需求的差异性，当前的“一刀切”的演进式分组核心网（EPC）逐渐变得无能为力，无法处理不同用户的服务需求，这推动了按需部署网络功能的相关研究。

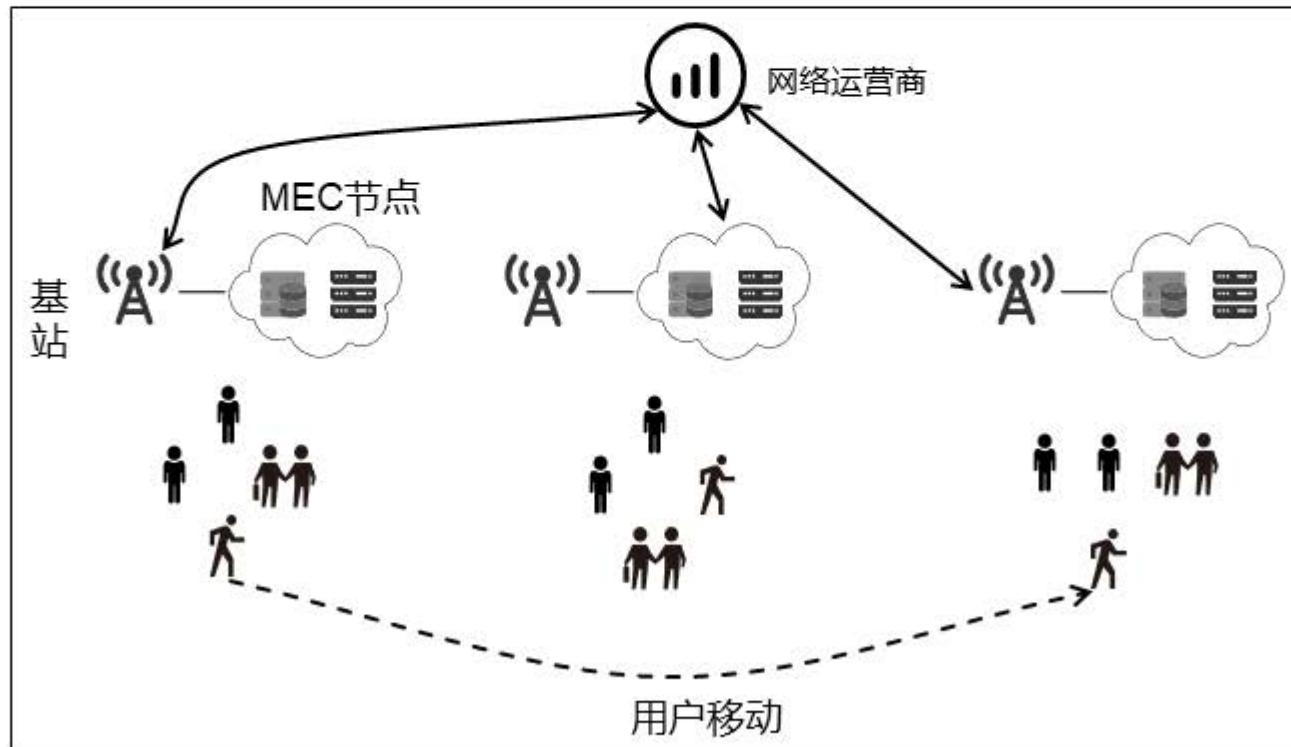


面向系统的评价指标

- ▶ 边缘资源利用率
- ▶ 边缘网络稳定性
- ▶ 边缘系统可靠性

边缘网络系统稳定性 (1)

由于边缘服务器离用户距离很近，用户的移动性对服务时延的影响较之于云计算更加明显，因此应在网络边缘采用有效的移动性管理方案。



边缘网络系统稳定性 (2)

- ▶ 在边缘网络中，为了保证用户跨越不同边缘服务网络时的服务连续性，
应在网络边缘采用有效的移动性管理方案以保证边缘系统的稳定性：
 - 1) 用户服务的稳定性：保证用户在服务器切换过程中，服务的流畅性；
 - 2) 边缘网络的稳定性：在满足移动用户需求的情况下尽量减少服务迁移。
- ▶ 为了提高边缘网络用户的体验，应在边缘之间动态重新部署移动所需要的网络服务，以满足用户的移动性。

边缘网络系统稳定性 (3)

▶ 动态服务部署可能产生的问题：

- 1) 某些边缘节点可能会过载，从而导致计算延迟增加；
- 2) 服务频繁地重部署会导致服务迁移时间地增加，增加用户的端到端时延；
- 3) 服务的迁移会导致用户服务的中断，降低用户的服务体验。

▶ 因此，有效的动态服务放置策略应谨慎：

- 1) 综合考虑通信延迟、计算延迟和服务迁移延迟以最大程度地减少用户延迟；
- 2) 以经济高效的方式在性能-成本之间进行权衡，增加系统的稳定性。

面向系统的评价指标

- ▶ 边缘资源利用率
- ▶ 边缘网络稳定性
- ▶ 边缘系统可靠性

边缘系统可靠性 (1)

- ▶ 考虑到边缘网络资源的有限性和终端设备的多样性，运营商一般采用网络功能虚拟化技术来削弱专用硬件的影响，提高边缘服务器资源的弹性与灵活性。
- ▶ 在大多数现有的VNF系统中，VNF作为实例在虚拟机上运行，其资源由底层虚拟机管理程序进行控制。因此，系统管理程序的任何故障都会导致在其上运行的VNF不可用。当多个VNF连接在一起以提供整体网络服务时，此服务功能链上任何VNF的故障都会使整个服务不可用。
- ▶ 因此需要在边缘网络中添加网络功能的备份以提高服务链的有效性。

服务缓存

- ▶ 课程简介
- ▶ 边缘网络服务缓存简介以及评价指标
- ▶ 不同架构下服务/内容缓存策略研究
- ▶ 应用案例分析
- ▶ 边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

云-边架构 (1)

- ▶ 在云-边架构中，网络一般分为三个层次：
 - 作为服务发起者的终端用户在边缘场景中移动；
 - 边缘服务器根据边缘网络中任务的喜好程度，动态缓存相应的服务；
 - 云端作为边缘计算设备的协助者，负责缓存所有用户可能需要的服务。
- ▶ 云-边架构中，计算缓存策略与传统内容分发网络中的内容缓存有相似之处可借鉴，但也有如下区别：
 - 内容缓存主要考虑的是存储资源的分配，服务缓存中主要涉及的是计算资源的分配。
 - 内容缓存着眼于内容的相关性，服务缓存更新策略着眼于用户对于计算资源类型多少的变化。

云-边架构 (2)

▶ 云-边架构下的最佳缓存决策面临许多挑战。

- 由于移动边缘服务器之间存在异构性，因此各边缘服务器的存储和计算资源不同，在做缓存决策时应该衡量各边缘服务器的资源量，最大化资源利用率。
- 场景中可能存在很多种服务类型的相关任务，每种类型服务所需资源不同，在考虑缓存决策时，不得不放弃掉一些服务类型缓存来达到全局的性能最优化。
- 不同类型任务流行度、任务请求的频率对于评价任务的重要性也是关键性因素。

- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

边-边架构 (1)

- ▶ 在边-边网络中，应该部署冗余的网络功能来提高服务链的可靠性。但是在边缘网络中，部署冗余网络功能面临着以下挑战：

边缘网络中资源受限

备份网络功能部署的位置至关重要

网络状态的备份需要占据大量的存储资源

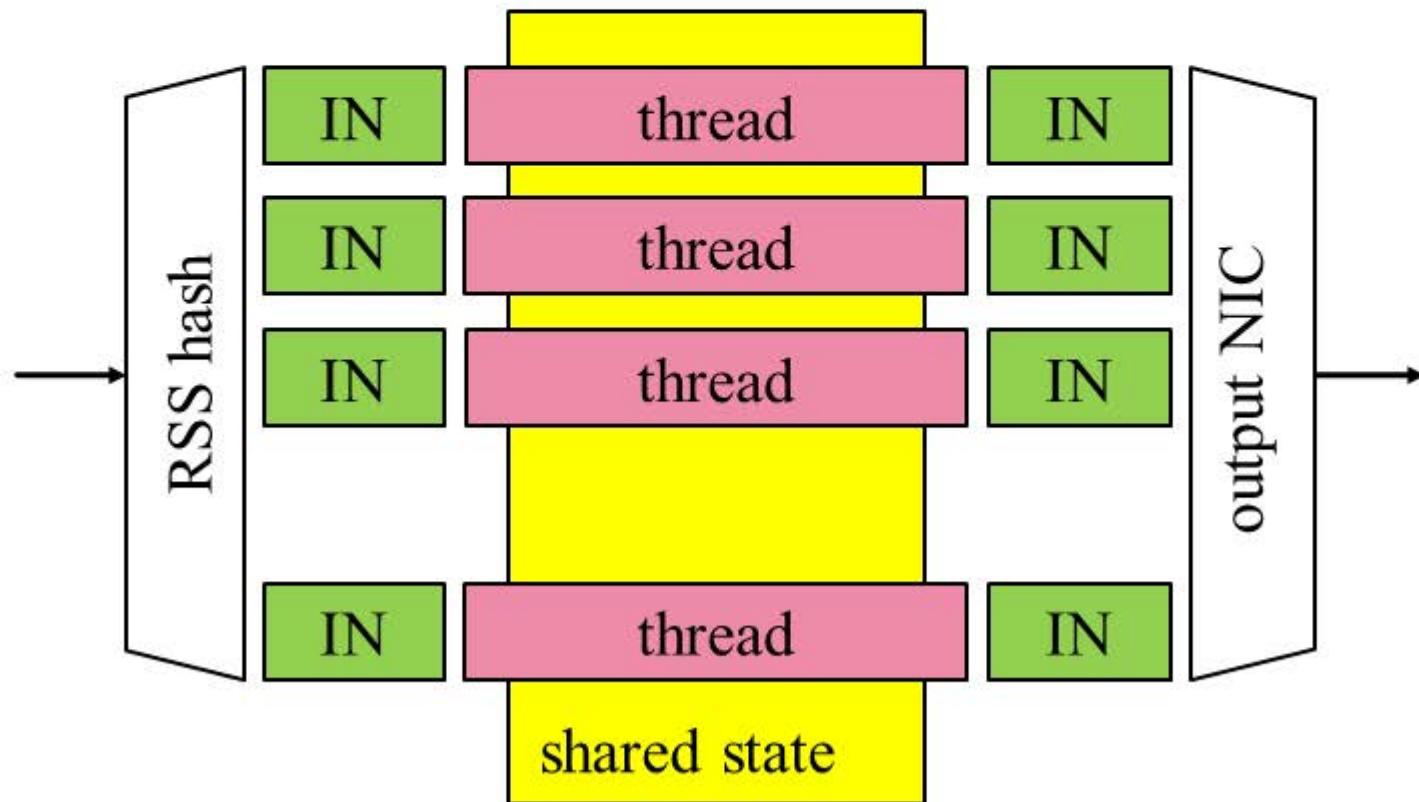
边-边架构 (2)

▶ 对于服务的备份，因为无法提前预知服务中断的时间，通常的解决方案有如下三种。

- 当网络状态更新时，传输当前状态至备份节点处。
- 对网络功能的备份时间点设定一定的时间间隔，则可以有效降低网络传输开销。
- 采用热备份机制，即数据包同时通过原有网络功能和备份网络功能，当一个网络功能宕机的时候，可以无缝切换到另一个备份。

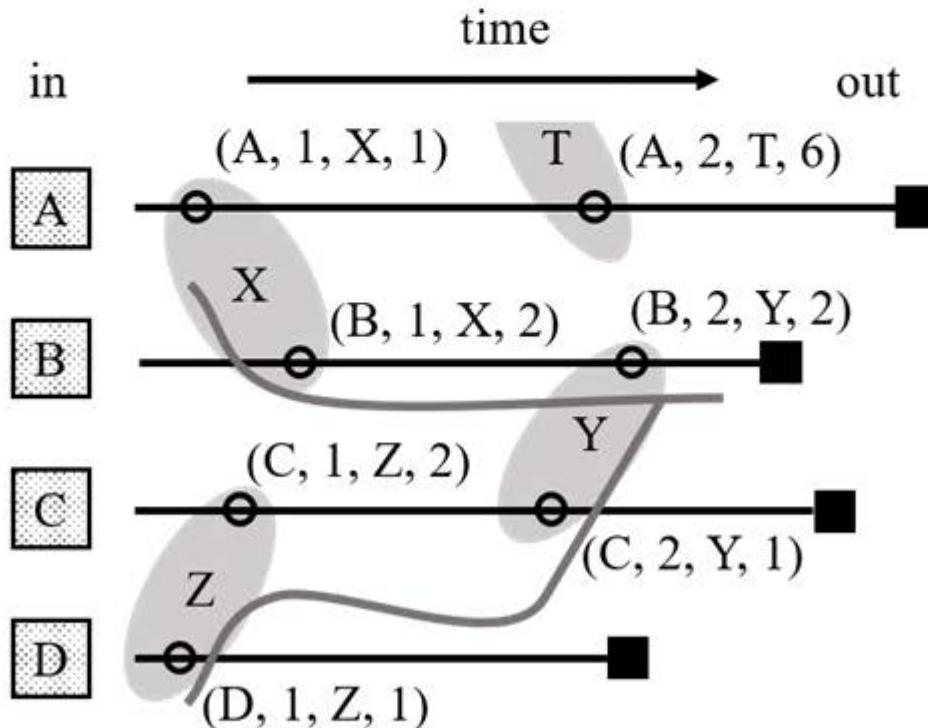
边-边架构 (3)

上述方案二、三为解决高效地状态提供了思路。我们接下来通过仔细分析其优缺点，提出高效地网络功能状态备份方法。



边-边架构 (4)

上述热备份方案存在不确定性，原因是线程执行的相对顺序。因此我们可以通过记录线程相对顺序消除这种不确定性。



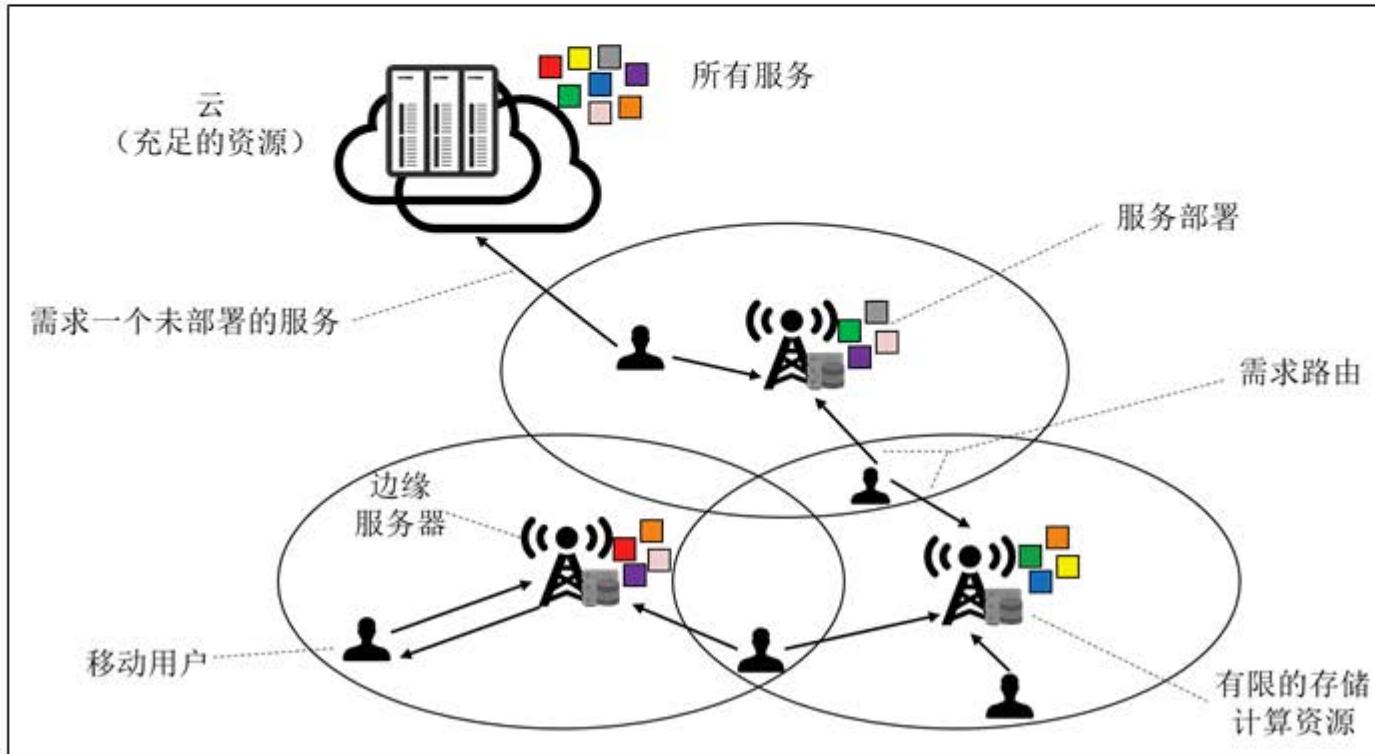
- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

多接入边缘架构 (1)

- ▶ 随着超密集网络的提出，为了高效地复用无线频谱资源，无线接入节点尽可能地分布在终端用户周围，因此用户在同一时间可以有多个无线接入节点可供选择。接入节点的选择受两方面影响：
 - 1) 当前可用的无线资源。
 - 2) 服务部署的位置。
- ▶ 边-边框架下的时延包括，无线传输时延、边缘服务网络中传输时延以及服务处理时延。当用户数量增多时，根据香农定理，无线网络状况将会急剧恶化。

多接入边缘架构 (2)

- ▶ 在下图所示的场景中，运营商需要根据接入节点的覆盖情况、用户的需求特点部署相应的服务于边缘网络中，以达到资源利用率最大化。



多接入边缘架构 (3)

- ▶ 我们需要解决以下三个核心问题：
 - 在边缘网络中服务部署于哪个位置才能最大限度地利用边缘网络中的存储和服务资源。
 - 如何合理的路由用户的选择才不会使边缘网络中的计算和存储资源过载。
 - 如何协调用户路由选择和服务部署问题，使得边缘网络效率最大化。
- ▶ 此问题可以建模成优化问题进行求解，以边缘网络用户的数量作为优化目标，以边缘服务器存储、计算资源、接入节点的上传和下载链路带宽、终端用户的端到端时延作为限制条件进行求解。

- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

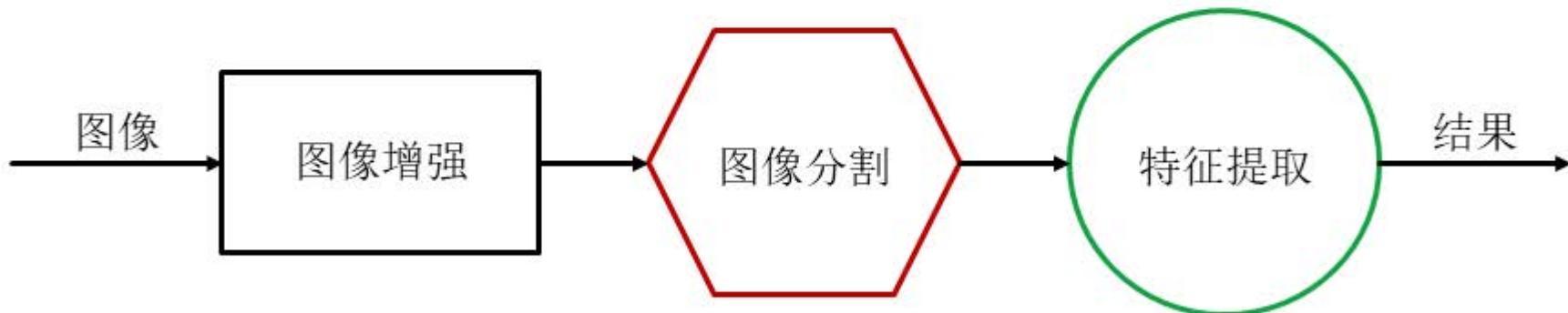
定制化边缘网络架构

▶ 网络功能虚拟化NFV (Network Functions Virtualizations) 技术出现的原因：

- 网络提供商的运营成本因新应用的大量涌现而飞速增长。
- 技术创新的不断加速使硬件生命周期越来越短，新的需求，新的业务使得传统网络设备淘汰愈加迅速。
- 边缘网络的多变性使得利用专用的设备为边缘用户提供服务变得额外“笨拙”。

定制化边缘网络架构

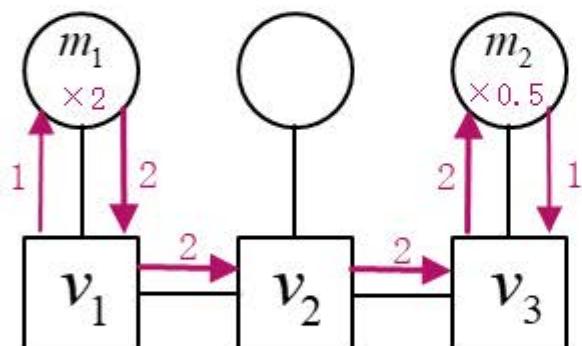
为了进一步提高NFV的灵活性，在NFV网络场景中，使用服务功能链SFC (Service Function Chains) 技术通过虚拟链路将虚拟网络功能按照业务逻辑所要求的顺序相互链接来描述特定的网络业务。



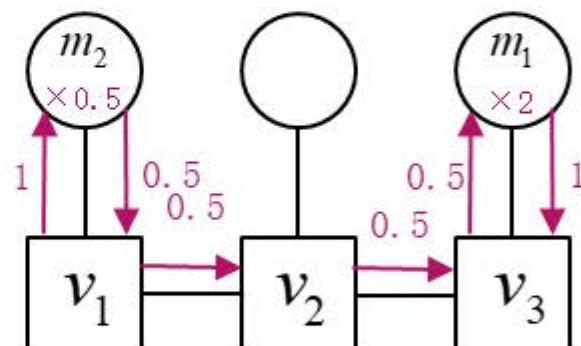
定制化边缘网络架构

- ▶ 定制化网络中服务链设计方法
- ▶ 服务链最优资源分配策略
- ▶ 定制化网络中服务部署策略

我们通过研究服务链中各网络功能之间的相对顺序，得到资源最优的服务功能排列顺序。

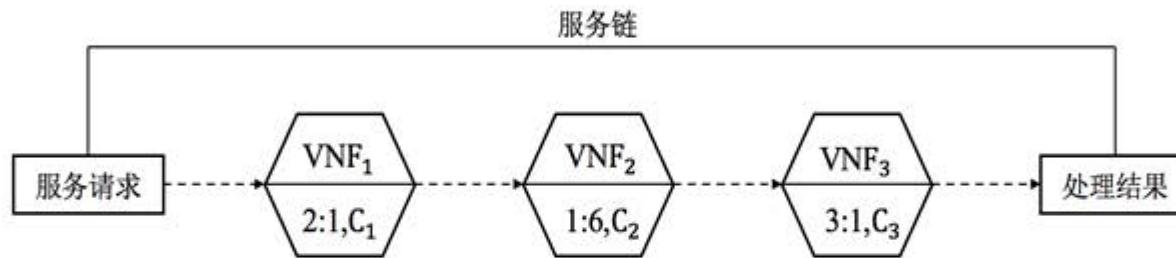


(a) m_1 on v_1 , m_2 on v_3

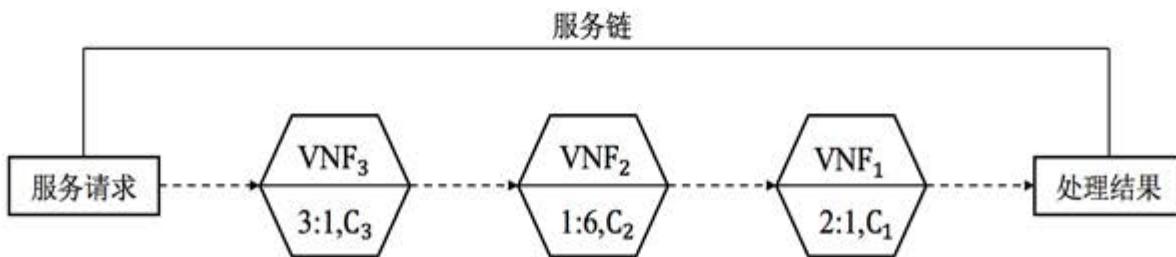


(b) m_1 on v_3 , m_2 on v_1

接下来我们以网络中的计算资源为优化目标研究服务链中网络功能的相对顺序。



(1) 服务链: $VNF_1 \rightarrow VNF_2 \rightarrow VNF_3$



(1) 服务链: $VNF_3 \rightarrow VNF_2 \rightarrow VNF_1$

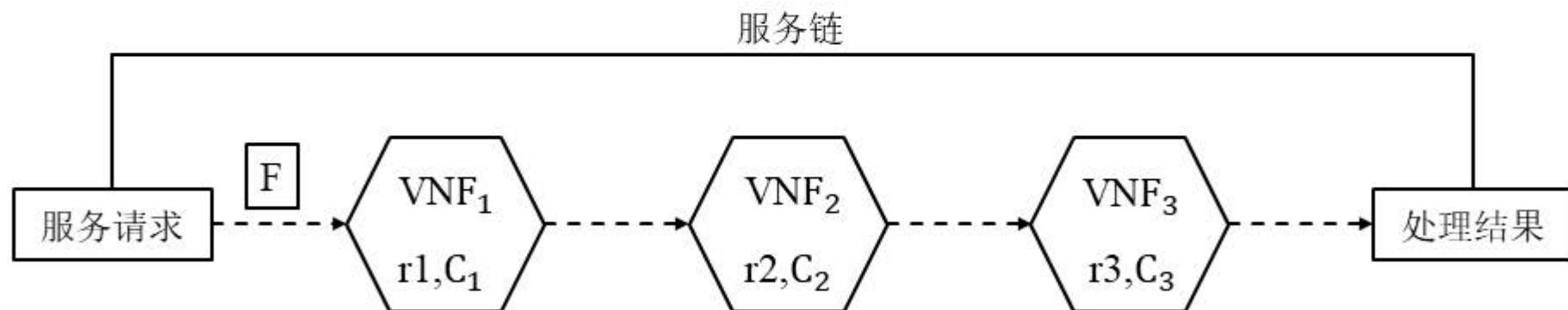
- ▶ **最优服务链设计的一般特性，并据此给出最优计算资源利用率的服务链设计思路。**
 - 定理1：如果调整服务链中两个相邻网络功能的顺序，不会对除去这两个功能之外的其他网络功能的计算开销有所影响。
 - 定理2：在一个计算资源开销最优的服务链中，压缩数据流的网络功能一定在扩大流的网络功能之前。
- ▶ **通过调整服务链中各网络功能的顺序，可以实现带宽资源或者计算资源的优化，但是这两个优化目标不能同时达到。我们需要根据底层物理网络资源的实际情况调整各个网络功能的顺序，达到适合于底层网络的最优计算资源与带宽资源比例。**

定制化边缘网络架构

- ▶ 定制化网络中服务链设计方法
- ▶ 服务链最优资源分配策略
- ▶ 定制化网络中服务部署策略

服务链最优资源配置策略 (1)

如何为相互连接的网络功能和链路合理地分配底层的计算和传输资源是本小节考虑的问题。正如硬件交换机和路由器为数据包流提供与速率成比例的调度一样，NFV平台也必须公平地处理数据包流。



服务链最优资源配置策略 (2)

- ▶ 虽然上述方法可以通过网络功能计算复杂度以及流量压缩比得到服务链中计算资源配置的方案，但是此种方法是基于每个数据包的性能可预测的前提，在实际情况中该方法可能存在误差，因为：
 - 1) 在服务链部署运行之前，NFV管理调度程序并不能了解每个网络功能的先验能力、容量或处理要求。
 - 2) 同一类请求的数据包成本是可变的（例如，某些数据包可能需要触发DNS查找，而其他数据包可能只需要简单的报头匹配）。
 - 3) 不同硬件环境下，分配相同的计算资源，可能会得到不同的吞吐量。

服务链最优资源配置策略 (3)

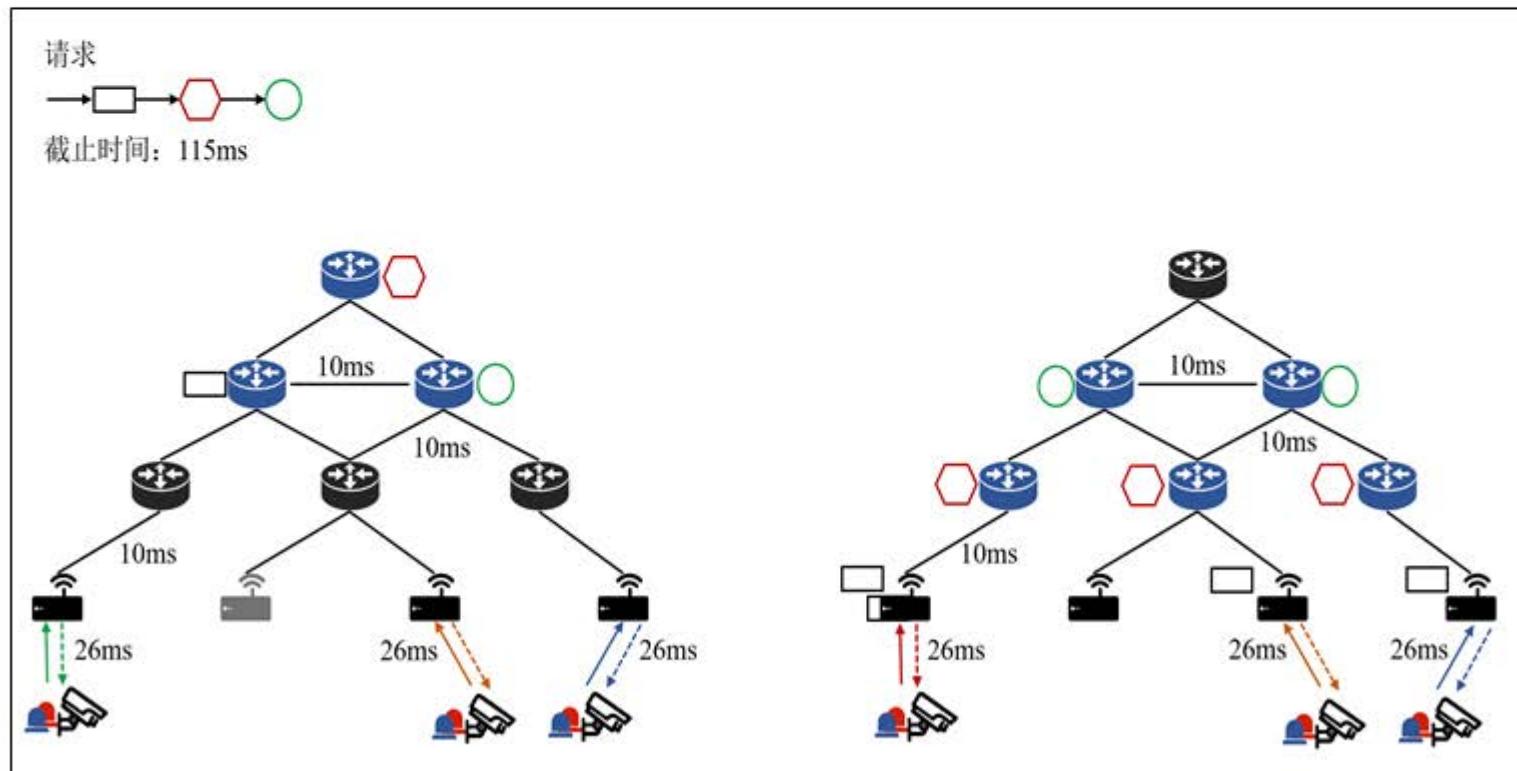
▶ 为了解决这些问题，乔治哥根廷大学提出了一个名为NFVnice的NFV管理框架，有如下特点：

- 自动调整CPU分配策略，以便根据数据包到达率和所需的计算资源合理分配策略计算资源。实现服务链级拥塞控制的“后向压力”
- 利用合理的资源分配策略实现了服务链级拥塞控制，通过下游网络功能对上游网络功能的实时反馈机制避免了下游网络可能造成丢包。
- 拥塞控制不仅可以应用于服务链中的相邻网络功能，而且可以扩展整个服务链，并使用ECN (Explicit Congestion Notification) 管理主机间的拥塞。

定制化边缘网络架构

- ▶ 定制化网络中服务链设计方法
- ▶ 服务链最优资源分配策略
- ▶ 定制化网络中服务部署策略

我们考虑一个三层的网络架构，其中包括接入节点、汇聚节点和移动边缘核心节点。



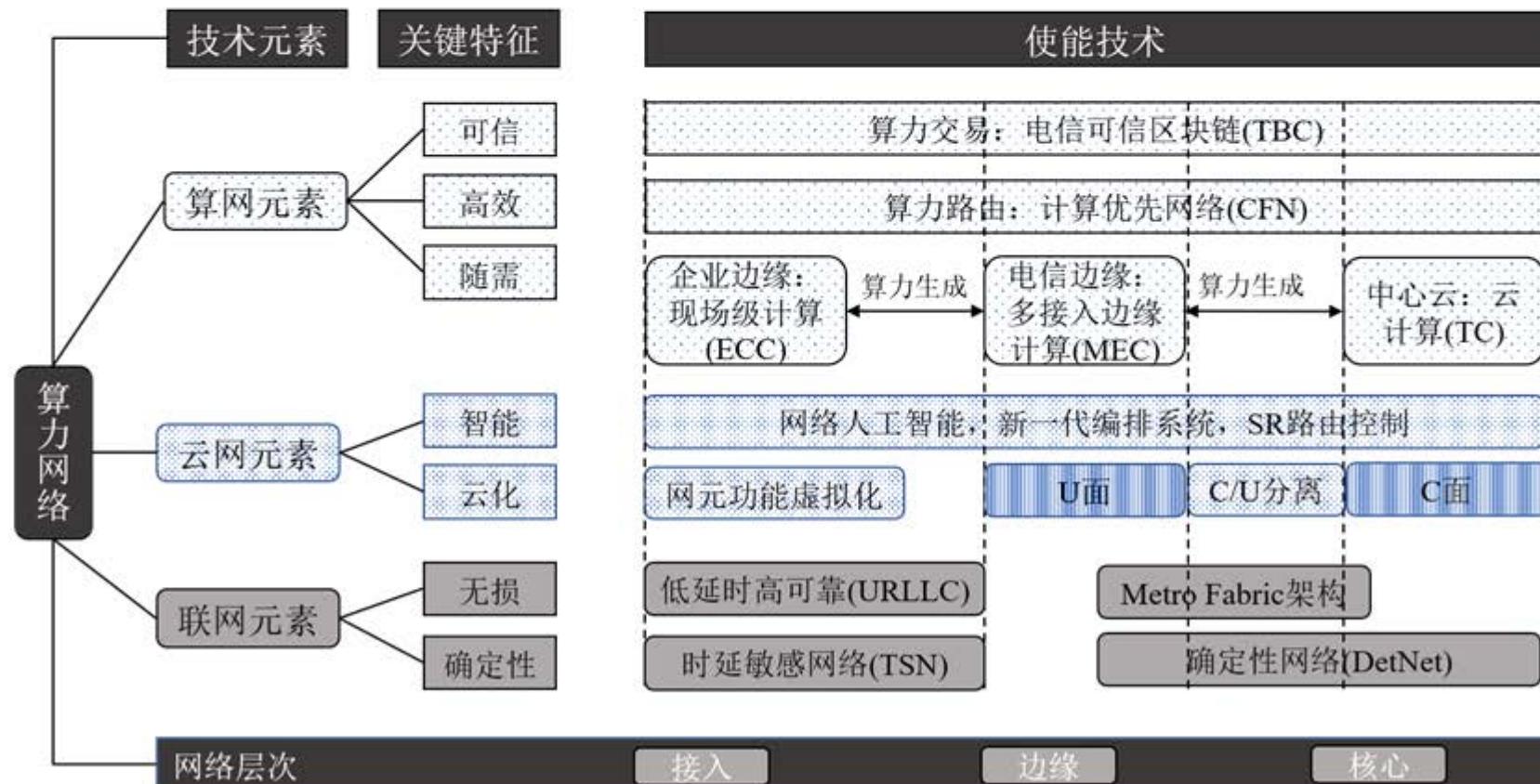
► 在边缘网络架构中，为这三个终端设备部署相应的服务链面临以下三个问题。

- 在边缘网络中需要部署多少条服务链为用户提供服务？
- 是否能够利用终端用户多接入的特点进一步优化边缘网络资源利用率？
- 虽然通过解决上述两个问题我们得到了在特定边缘网络中最佳的部署方案，但是在这个方法存在一个悖论使得它无法成为一个通用的解决方案。

- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

算力优先网络CFN (Compute First Network) (1)

下一代网络应按照提供算力服务的要求建设，打造新时代的算力网络。
高效的算力网络需具备联网、云端网络与算网三个方面的技术元素。



- ▶ 云-边架构
- ▶ 边-边架构
- ▶ 多接入边缘架构
- ▶ 定制化边缘网络架构
- ▶ 算力优先网络CFN (Compute First Network)
- ▶ 命名数据网络NDN (Name Data Networking)

- ▶ 当今网络的沙漏体系结构集中在通用网络层（即IP）上，该层实现了全球互连所需的最少的功能。其细腰结构允许上下层技术独立创新，促使网络爆炸性发展。
- ▶ 但是，IP被设计为仅使用通信端点命名的通信网络。电子商务、数字媒体、社交网络和智能手机应用程序的持续增长导致网络广泛发展为分布式网络。分布式网络比通信网络更通用，但通过点对点通信协议解决分布式问题既复杂又容易出错。
- ▶ 命名数据网络（NDN）提出了改进的IP体系结构，将网络服务的语义从将数据包传递到给定的目标地址更改为获取由给定名称标识的数据。

命名数据网络NDN (Name Data Networking (2))

51

NDN中的通信由接收端通过交换两种类型的数据包来驱动：兴趣包 (Interest) 和数据包 (Data)。

兴趣包	数据包
名字	名字
筛选器	元数据
随机数	内容
规则	签名

服务缓存

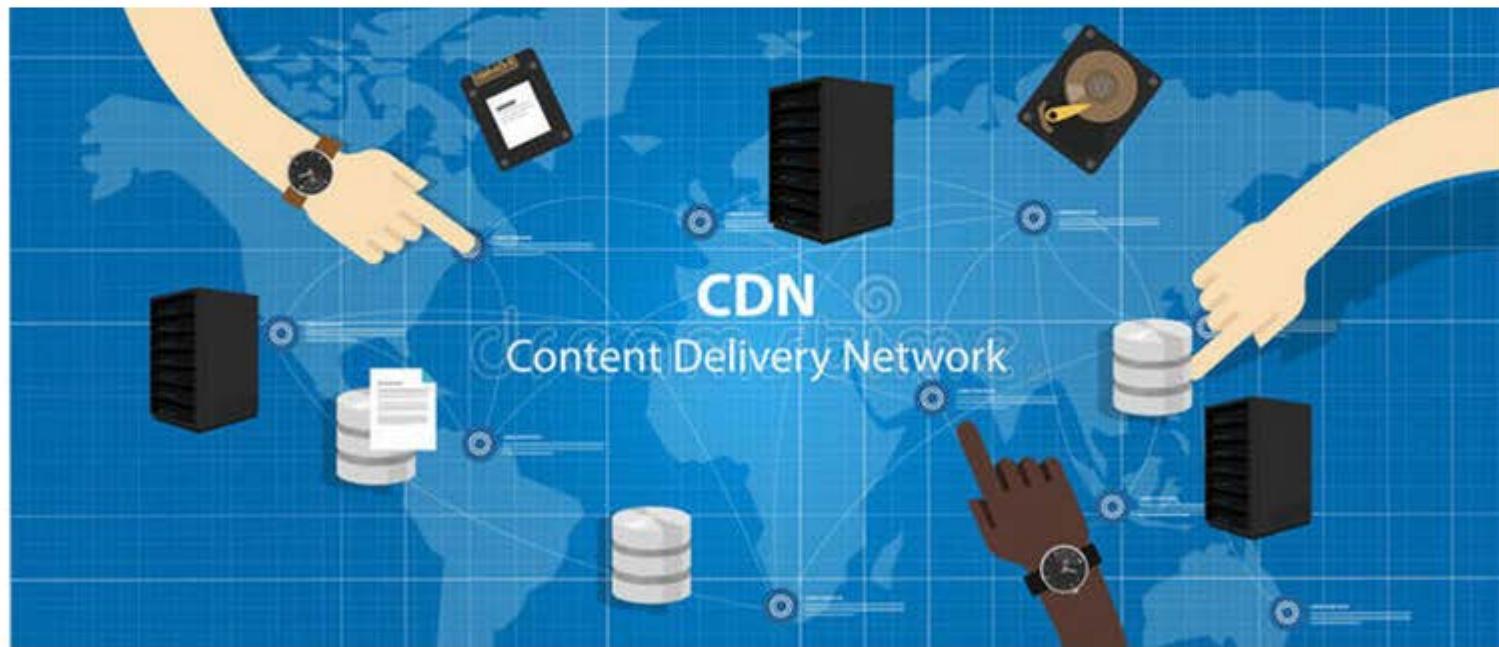
- ▶ 课程简介
- ▶ 边缘网络服务缓存简介以及评价指标
- ▶ 不同架构下服务/内容缓存策略研究
- ▶ 应用案例分析
- ▶ 边缘缓存策略展望及其挑战

应用案例分析

- ▶ 内容缓存案例及系统实现
- ▶ 服务缓存案例及系统实现

内容缓存案例及系统实现（1）

通过将内容存储在地理上分散的缓存中，借助中心平台，使用户就近获取所需内容并降低网络拥塞的网络技术被称为内容分发网络（Content Delivery Network，CDN）。



- ▶ 内容分发网络在互联网生态系统的经济结构中起着重要作用。诸如纽约时报、Netflix以及Facebook之类的内容提供商向CDN支付费用，从而能够提供比因特网具有更高的可靠性、更优的性能和可伸缩性的服务。
- ▶ 内容分发网络中的优化问题主要涉及根据内容流行度对内容缓存的最佳位置进行决策，从而最小化服务延迟、能耗、提高缓存命中率，以及根据历史数据进行相关预测并以此合理进行内容放置等。

内容缓存案例及系统实现（3）

- ▶ 德克萨斯大学奥斯汀分校电子与计算机工程系的Shanmugam等人介绍了FemtoCaching的概念，最大程度减小内容访问延迟。
- ▶ 阿尔卡特朗讯的Borst等人提出基于内容流行度的CDN分布式缓存算法。
- ▶ 弗吉尼亚大学的Prabh等人在中对缓存数据的最佳位置进行求解从而最大程度减小无线传感器节点中的数据包传输。
- ▶ 瑞典皇家技术学院电气工程学院的Dán等人对基于预测的内容放置进行研究，并针对基于云的存储以及CDN的混合系统提供了动态内容分配策略。
- ▶ 德克萨斯农工大学的Hou等人在提出基于历史的动态边缘缓存，而没有将其应用于对未来过程的预测。

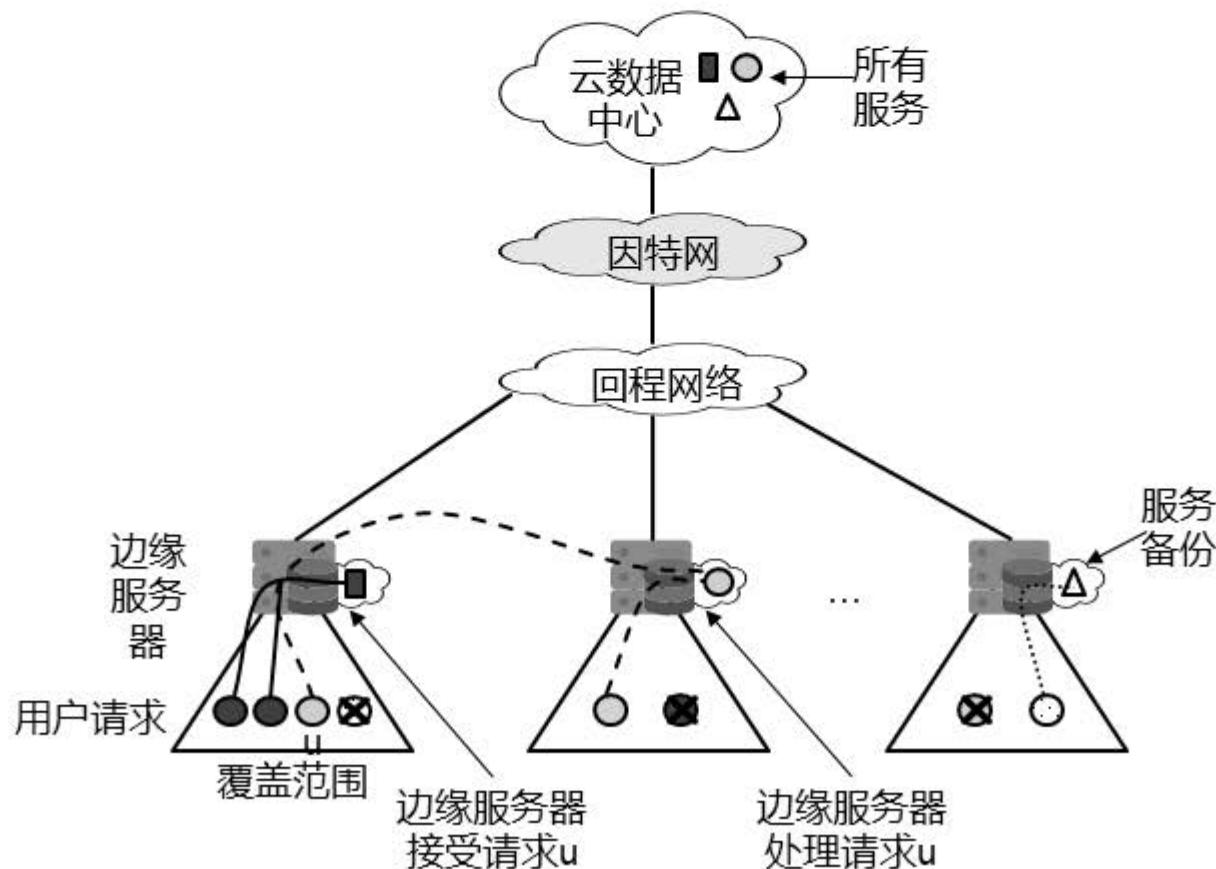
应用案例分析

- ▶ 内容缓存案例及系统实现
- ▶ 服务缓存案例及系统实现

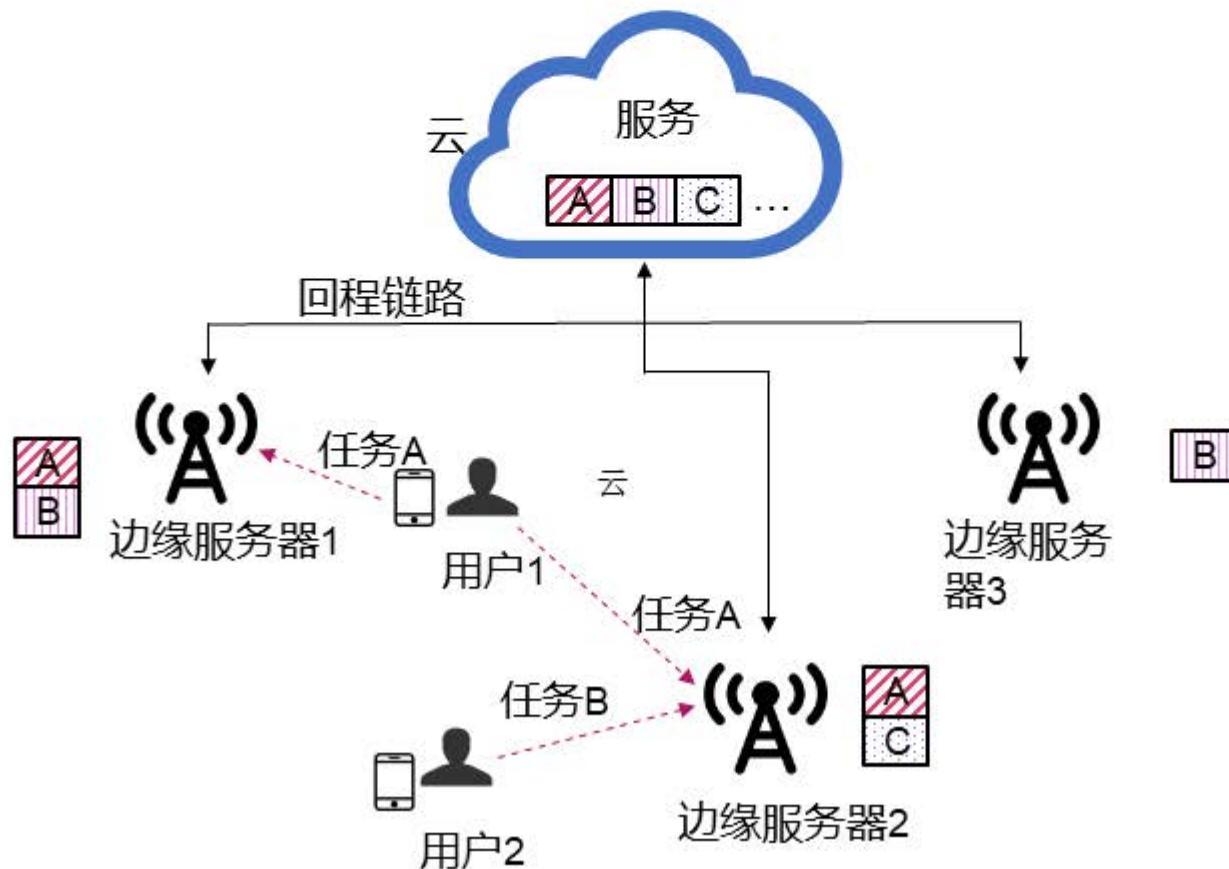
▶ **服务缓存与内容缓存问题有着本质上的区别。**

- 内容缓存中出现缓存未命中的情况边缘服务器会从云服务器下载请求的相关内容，服务缓存中，边缘服务器可以选择服务缓存或任务转发。
- 内容缓存无需考虑边缘服务器的计算资源限制与分配，服务缓存则存在多个用于任务对于计算资源的竞争。
- 一些有关服务缓存的工作还考虑用户访问服务（任务上传）所带来的能耗开销。

宾夕法尼亚州立大学的研究者对移动边缘网络场景中的资源共享进行了讨论。



AT&T Labs Research 的研究者将问题建模为一个联合优化服务缓存与任务分配决策从而最大程度降低系统总开销的混合整数线性规划问题。



服务缓存案例及系统实现（4）

- ▶ 迈阿密大学电气与计算机工程系的Xu等人提供了一种称为OREO (Online seRvice caching for mobile Edge computing) 的在线算法在无需未来信息的情况下在线做出服务缓存决策。
- ▶ 中国科技大学LINKE Lab的Liu等人在服务缓存问题的背景下，考虑任务的进一步划分。
- ▶ 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室的Ma等人考虑了一个任务到达以及任务负载分别服从泊松分布和负指数分布的多边缘节点的网络场景。

- ▶ 课程简介
- ▶ 边缘网络服务缓存简介以及评价指标
- ▶ 不同架构下服务/内容缓存策略研究
- ▶ 应用案例分析
- ▶ 边缘缓存策略展望及其挑战

边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

- ▶ 边缘计算即服务（Edge Computing-as-a-Service）可帮助边缘计算系统的各运营商和服务提供商以有限的处理和内存资源，较低的收入和基础架构成本来满足其客户需求。
- ▶ 由于越来越多的移动设备存在对同时性以及不间断性服务的需求，分布式边缘计算系统中的服务发现（service discovery）成为了一项艰巨的任务。
- ▶ 无缝服务交付是一种重要的机制，可确保在消费者移动时，在不同边缘计算系统之间运行应用程序的不间断和平滑迁移。

边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

边缘计算系统的生态由一系列异构技术组成，例如边缘数据服务器（数据中心）和不同的蜂窝网络（3G，4G和5G）。尽管边缘计算网络的这种异构性质能够允许边缘设备通过多种无线技术（例如WiFi、3G、4G和5G）访问服务，但使这种多供应商系统之间的协作成为一项艰巨的任务。



WiFi、3G、4G、5G等多种无线技术



边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

在边缘计算系统中可以使用故障转移和冗余技术实现容错，从而实现服务的高可用性、关键业务应用程序的数据完整性，还有提供备用电源电池（UPS）和耐恶劣环境的设备。



边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

无线大数据的利用 (1)

移动边缘网络中产生的无线大数据是网络分析和设计的宝贵资源，无线大数据的充分利用将为移动网络的性能提供新的机遇。



边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

系统集成 (1)

边缘计算结合了各种平台、网络拓扑和服务器，本质上是一个异构系统。因此，很难为运行在不同位置、不同异构平台上的不同应用程序编程和管理资源和数据。



边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

- ▶ 物联网场景下的边缘计算需要对资源管理进行全面、透彻的理解和优化。资源管理可以通过多种方式进行，并且本身的计算开销很小。在一个由多个资源提供者和大量不同的应用程序和用户需求组成的系统中，如何分配、共享并为系统服务定价是一个亟待解决的问题。
- ▶ 卸载决策在边缘场景中直观重要，它直接决定任务处理的位置以及处理延迟，在决策过程中还应进一步考虑MEC的能耗（包括计算和相关通信带来的能耗）。

边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

目前的研究大多忽略了没有被卸载到边缘的常规数据必须通过无线回程链路与被卸载的数据并行传输，因此在将应用程序卸载到边缘服务器期间，为了保证QoS和QoE，有必要为卸载数据以及未卸载的常规数据共同分配和调度通信资源。

未被卸载到边缘的常规数据

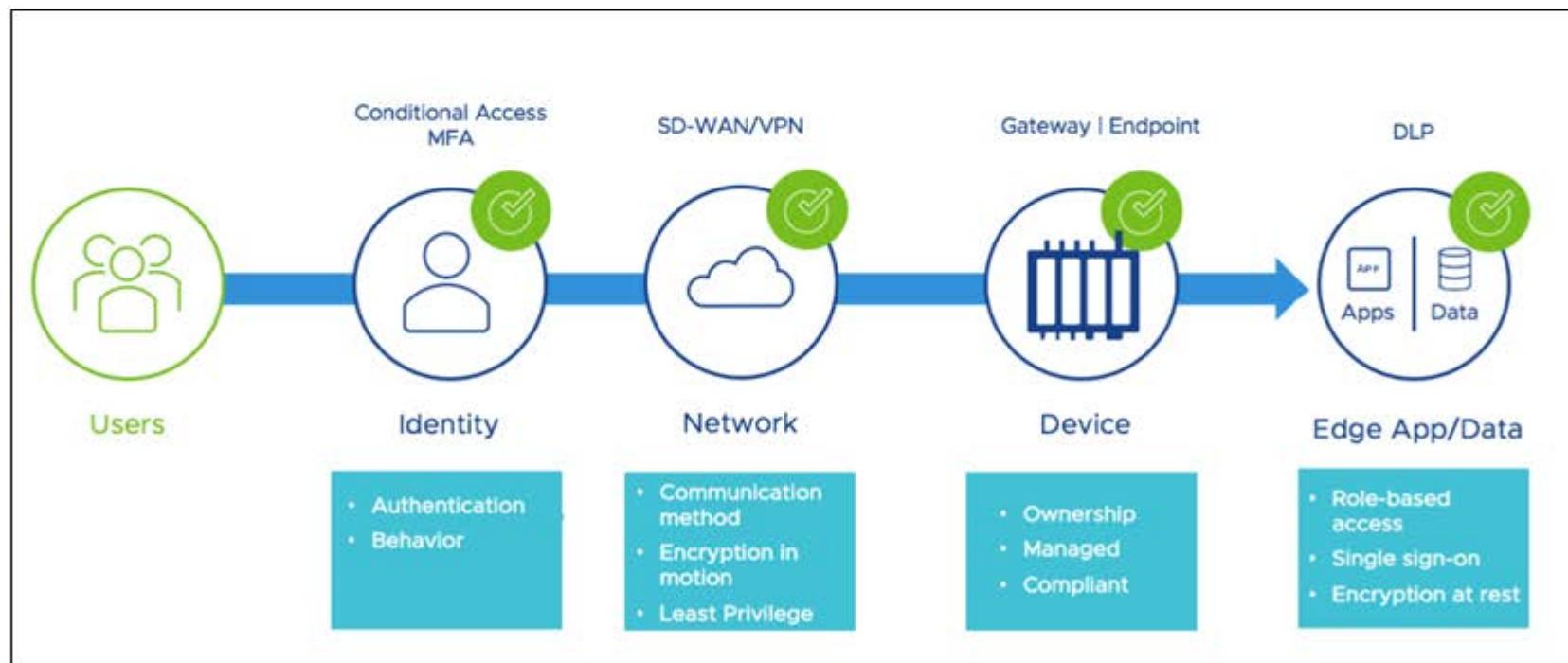
VoIP	HTTP	FTP	机器类型 通信	视频流
------	------	-----	------------	-----

边缘缓存策略展望及其挑战

- ▶ 服务发现、服务交付和移动性
- ▶ 异构边缘计算系统中的协作
- ▶ 低成本容错部署模型
- ▶ 无线大数据的利用
- ▶ 系统集成
- ▶ 资源管理和卸载策略的其他优化
- ▶ 考虑卸载与未卸载数据的流量范式
- ▶ 隐私安全以及用户信任相关

隐私安全以及用户信任相关 (1)

任何技术的成功都与消费者的接受程度紧密相关，信任是用户接受并采用边缘系统的最重要前提因素之一。边缘计算相关技术由于其本身特性，安全性和隐私方面的保证是面临的基本挑战。



本章小测

- ▶ 试证明：在一个计算资源开销最优的服务链中，压缩数据流的网络功能一定在扩大流的网络功能之前。
- ▶ 考虑图7-12网络接入方式为OFDM，那么最优的部署策略是什么？分别需要实例化多少个网络功能，用户的时延是多少？
- ▶ 内容缓存和服务缓存的区别？
- ▶ 分析图7-6中，各线程之间的依赖关系。
- ▶ 讨论服务链设计方法与底层物理资源的关系。