



SDN 体系架构中元模型构建机制

诸葛斌¹, 朱华¹, 王保霞¹, 王伟明¹, 兰巨龙²

(1. 浙江工商大学信息与电子工程学院, 浙江 杭州 310018;

2. 国家数字交换系统工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 微服务是现代应用架构的新方法, 其特点在于将复杂的应用功能分解到离散、独立的服务中, 以实现应用方案的解耦, 并且各个服务可以单独开发、部署及扩展。应用的变化必然驱动着底层网络的变化, 可重构基础网络体系架构旨在通过网络重构机制来弥补网络业务需求与网络基础传输能力之间的差距。融合可重构和软件定义网络技术, 提出了一种 SDN 体系架构中元模型的构建机制, 旨在将 SDN 体系架构中各层的服务以元模型的方式呈现, 并且在借鉴 AKF 三维伸缩模型之后, 提出了一种基于正交分解的元模型的构建方法。最后通过理论分析和开发实例, 验证了基于正交分解的元模型构建方法的可行性。

关键词: 微服务; 可重构基础网络; 软件定义网络; 正交分解

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016292

Meta model construction mechanism in SDN architecture

ZHUGE Bin¹, ZHU Hua¹, WANG Baoxia¹, WANG Weiming¹, LAN Julong²

1. School of Information and Electronic Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China

2. Digital Switching System Engineering & Technological Research Center, Zhengzhou 450002, China

Abstract: Micro service is a new method of modern application architecture, its characteristic is that decomposing the complex applications into discrete, independent service, so that decoupling of applications scheme can be achieved, and the individual service could be developed, deployed and extensioned independently. The change of the application must drive on the change of the underlying network, the architecture of reconfigurable fundamental information communication network aimed to compensate for the network business requirements and network transmission capacity through the network reconfiguration mechanism. A meta model construction mechanism with the SDN architecture for fusion the reconfiguration and software defined network technology was proposed, it aimed to present the services of each layer in the SDN architecture by the form of meta model. And after referencing the AKF scale cube, a kind of meta model building method based on orthogonal decomposition was proposed. Finally, the feasibility of meta model building method based on orthogonal decomposition from the theoretical analysis and development of example was verified.

Key words: micro service, reconfigurable fundamental network, SDN, orthogonal decomposition

收稿日期: 2016-08-08; 修回日期: 2016-11-15

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (“973”计划) 基金资助项目 (No. 2012CB315902); 国家高技术研究发展计划 (“863”计划) 基金资助项目 (No. 2015AA011901); 国家自然科学基金资助项目 (No. 61379120, No. 61402408, No. 61170215)

Foundation Items: The National Basic Research Program of China (973 Program) (No. 2012CB315902), The National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2015AA011901), The National Natural Science Foundation of China (No. 61379120, No. 61402408, No. 61170215)



1 引言

微服务(micro service)是现代应用架构的新兴方法,微服务应用由自动化的、可独立部署、扩展和管理的服务组成。这一服务架构方式与云平台一起,提供了现代应用所必需的可扩展、弹性、跨平台等基础。在微服务的理念下,应用越来越多地以服务的方式来交付。因而业界也提出了软件即服务(SaaS)的概念,它将原本单一的应用按照功能分解成一系列独立的、专注于单一功能的微服务,每个微服务对应于传统应用中的一个组件。同时微服务独立运行于不同的进程中,微服务之间可通过轻量级通信机制进行交互,并且微服务可以通过自动化的方式独立编译和部署以及灵活扩展满足差异化的需求^[1]。

当下电信网络正在向 NFV 网络转型,虚拟化过程的实质就是软硬分离以及应用不断地解耦以实现灵活服务的过程,如何支撑应用与服务的有效解耦是微服务和组件化的核心问题。可以借鉴微服务架构对移动网络架构进行重构,进而可以使整个系统从单体式的紧耦合架构逐步向微服务解耦式架构演进,这种设计能够灵活应对 NFV 的挑战。

中兴通讯的基于微服务的电信级 Cloud Works 方案基于微服务的分布式和松耦合架构,继承了传统电信级架构的主要特性,同时又在性能、可靠性和安全性方面进行了加强、加固。该方案面向 CT/IT 应用,具备 ICT 服务集成能力,在该架构的服务框架中集成了中兴通讯差异化服务、各种开源的以及第三方商业服务,该架构提供了强大的开放和服务仓库能力,以便运营商及其用户构建各种 ICT 的应用与服务。

网络应用的变化驱动着 IT 基础设施的变革。可重构网络体系是一种具备了柔性可重构机制与多维认知协同机制的新型信息网络架构。该架构可以通过网络架构的自我组织、网络功能的自我调节以及网络业务的自我适应来弥合网络功能与业务需求之间差异性,使得网络结构及功能能够按照业务特征和要求进行自动重构调整,以满足多样化的网络业务需求。为了解决传统网络功能固化、结构单一以及升级部署困难等缺点,可重构网络体系提出了“业务一元服务一元能力”模型^[2,3]。

SDN 的本质特征是转发与控制分离、开放接口和集中控制^[4,5]。控制平面和转发平面的分离可以把网络看成一个逻辑和虚拟的实体,将转发行为抽象;标准化的开放接口,

可以实现应用和网络的无缝集成;集中控制可以获得网络资源的信息,并根据需求对资源进行调度,实现效益最大化^[6]。

SDN 的开放和可编程能力让“网络感知应用,应用控制网络”成为现实。SDN 的主旨是希望通过对网络的抽象来推动网络业务的创新,并且从用户的角度来调度网络资源,通过北向接口,SDN 的开发者可以通过软件编程的方式来实现对网络资源的灵活调用,为核心网络与应用创新提供良好平台^[7,8]。

本文在 SDN 分层架构和可重构网络体系架构的基础上,引入微服务理念,提出了一种在 SDN 架构中元模型的构建机制。该 SDN 架构中各层都是以模块化的方式构成,同时针对元模型的划分构建,提出了一种基于正交分解的元模型构建方法^[9,10]。

2 SDN 体系架构中的元模型

SDN 以其特有的可编程性、可扩展性和对应业务的适应性等优势而日渐受到青睐。SDN 是电信网络从封闭到开放的起点,它提升了网络资源、计算资源的自动化部署能力,同时也使得电信网络进入了云计算化时代。电信网络的软件定义和云计算化主要体现在以下几个方面:一是促进了基础硬件平台的可编程化,以实现与业务无关的资源池化能力;二是在基础硬件平台上加载虚拟化和云计算平台软件,促进对计算、存储和网络资源的管理调度;三是 NFV 将硬件、软件和中间件解耦,因而上层业务和功能作为软件模块能进行灵活的部署^[11]。

现如今电信网络架构的各层都基本实现了云化、池化,因而可以用模型化管理的方式来构建 SDN 架构。在 RFC7426 中提供了当前 SDN 的分层架构,并详细介绍了 SDN 架构的抽象模型,该架构模型中将 SDN 架构分为转发平面、操作平面、控制平面、管理平面和应用平面。该架构中各平面通过接口协议连接,从该架构的示意中可以看出,各层的服务都以软件模块来呈现,该架构中的软件模块是指利用底层服务来执行一个逻辑功能,并且提供若干 API 给其他软件模块^[12]。

在可重构网络体系架构——ForCES 体系架构中,阐述了转发层的建模技术(FE 模型)和逻辑功能块(LFB)的能力模型。FE 模型主要用于 ForCES 架构中 CE 和 FE 之间进行消息交换,FE 模型是一个信息模型,它是载荷的基础。LFB 能力模型用于描述 LFB 的能力和容量以及所支持

的各种功能和所受的约束^[13,14]。

基于 RFC7426 和 ForCES 的建模技术,提出了 SDN 体系架构中元模型构建机制,其中的元模型就是 RFC7426 所提的软件模块,在此基础上提交了草案——基于软件定义价格的 SDN 体系架构,其中详细地描述了由模块化应用构成的 SDN 体系架构^[15]。

2.1 抽象划分

本文对 SDN 架构提出了一个抽象性的视图结构模型,如图 1 所示,在该视图结构中各层所提供的服务与功能均以元模型(即 App)的方式呈现,通过重构组合满足上层用户的需求^[16,17]。

在该架构中所使用到的术语如下。

业务抽象层,是应用层中用于映射元业务所包含的元服务的一种机制。业务抽象层对控制器提供的所有元服务进行认知适配,并基于业务需求选取合适的元服务集抽象成一个元业务。

元业务,指应用层中用来构成复杂应用的最小业务单元。元业务中包含了上层应用的特性和要求,它可以根据应用的特性和要求抽象出业务所需的最基本的网络服务功能。

软件定义价格模块,是指各层中用来对所包含的资源或服务等进行定价的模块。

控制模块,是指控制层中利用底层服务来执行一个函

数功能的软件模块。

元服务,是指执行若干功能,并提供若干 API 给上层应用并且返回若干结果的软件模块。在本文所提的 SDN 体系架构中,元服务是依据网络业务的特性和要求而聚类多个元能力所形成的基本网络服务功能组件。

服务抽象层,是控制层中用于映射元服务所包含的元能力的一种机制。服务抽象层对全网范围内的基本承载组件进行认知适配,并且依据业务的特性和要求,对具有相同的特性的基本承载组件进行聚类,将其抽象为一个元服务。

资源抽象层,用于将转发层中物理资源映射为虚拟资源。资源抽象层中使用虚拟化技术,将底层物理资源进行抽象,以屏蔽底层设备的差异性。此外,资源抽象层还可以进行资源的调度,实现资源的合理配置,上层应用不会因为缺乏资源而性能下降,也不会由于长期空闲而造成资源浪费,以此来提高资源的利用率。

元能力,转发层中转发功能的细粒度功能单元,它是转发功能划分的原子要素。它是网络中的基本承载组件,表征为基础传输能力,所有的元能力为元服务提供全网范围中多样化的基础承载能力。

2.2 重构机制

在本文所提基于元模型的 SDN 体系架构视图模型中,划分应用层的最小颗粒度为元业务,控制层最小颗粒

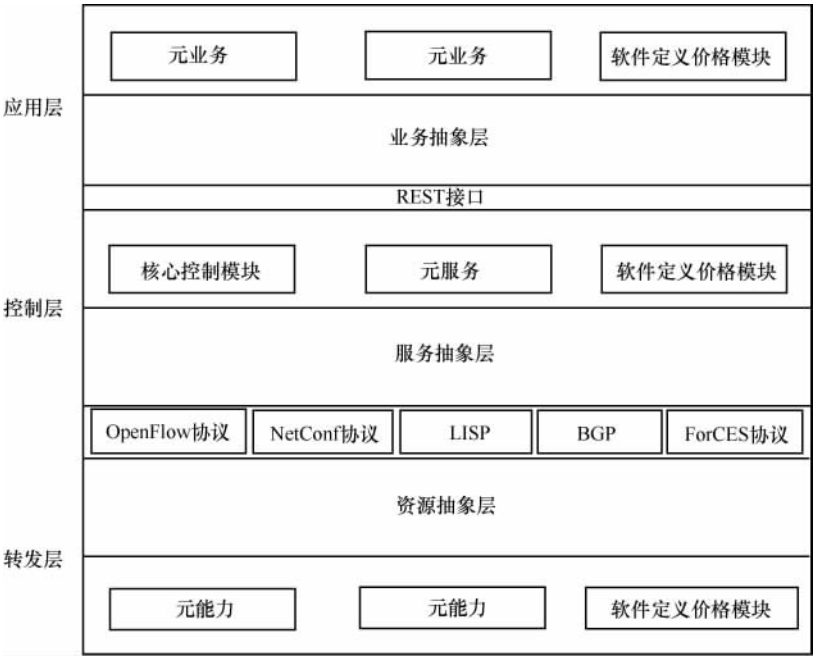


图 1 基于元模型的 SDN 应用体系架构

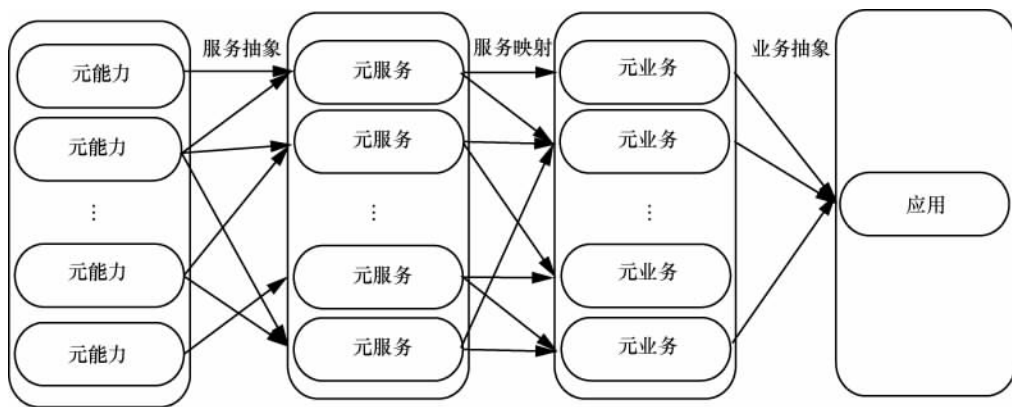


图 2 SDN 架构中各层元模型的关系

度为元服务,物理层的最小颗粒度为元能力。同时借鉴可重构网络体系的思想,将业务特征与网络承载能力抽象为“应用—元业务—元服务—元能力”的链式模型,该模型中各模块之间的关系如图 2 所示,将一个应用抽象分解成多个元业务(B_i)。元业务是由一系列细粒度的基本网络服务功能组件(S_i)构成的元服务集合 $S=\{S_i, i=1,2,\dots,N, N$ 为元服务的个数}。每一个元服务又是由一系列基本网络承载组件(A_i)构成,它是一组元能力集合 $A=\{A_i, i=1,2,\dots,M, M$ 为元能力的个数}。

2.2.1 元能力重构模型

元能力是根据基本的网络功能元素来构建的具有特定功能的细小单元,它是转发层中转发功能的细粒度功能单元和划分的原子要素。这些单元是网络中的基本承载组件,所有的元能力为元服务提供全网范围中的多样化的基础承载能力。它们可以通过相互组合形成具有特定结构的元能力链,并向元服务提供访问接口。元能力的出现使得网络核心被抽象为由元能力集构成的逻辑块,同时还可以添加新的元能力,提高网络的可扩展性。

元能力本身只是细小的网络功能单元,并不具备业务特性,因而在元业务和元能力之间还需要构建一种具备业务特性的元服务。元服务是依据特定元业务构建的具有业务属性、用于连接元业务和元能力的服务层次,同时也是隔离不同业务资源的虚拟层。元服务可依据元业务的不同请求,通过服务抽象层中的组合模型决策适配合适的元能力构建元能力实例链,并直接向元业务提供服务。服务抽象层中组合模型的主要职责是建立元服务向元能力的映射关系。

2.2.2 元服务重构模型

元服务是具备业务属性的,由多个元能力实例构成

的,用于连接元业务与元能力的特殊服务组件。由图 2 可知,元业务由多个元服务组合而成,所以应用层的元业务是面向服务组合的链式结构。

元服务组合服务模型中主要包含以下定义。

定义 1 (用户需求)将用户输入的需求解析后生成需求参数集 $D=\{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n\}$,在该集合中 d_i 表示用户的一条需求。

定义 2 (服务参数集)服务参数集 $DA=\{D_1, D_2, D_3, \dots, D_m\}$ 是用户需求参数集 D 基于服务规则的一个参数化集合,其中, D_i 表示调用某一特定元服务的参数集合,根据该集合可以完成一次完整的元服务调用请求。

定义 3 (元业务定制) $S=\{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\}$ 是根据生成的服务参数集而在控制层中找到的符合参数要求的元服务集合,然后将元服务组合成一个新的服务,并向上层提供访问接口。

定义 4 (元服务的动态重构)在完成服务组合后,新的服务便进入了一种动态配置状态。在本文所提的架构中采用动态服务配置策略,使得元业务具有动态重构性,以此来保证服务的一致性和连续性。

在整个服务组合过程中,首先解析元业务中包含的用户需求,生成需求参数集 D ;然后在服务抽象层中,将需求参数集 D 根据服务规则抽象为一组服务参数集 DA ;接着将服务参数集转化为具体的服务需求,并将其映射为控制层中的特定元服务,进而组合成一个新的服务;最后在元业务组合完成后,采用动态服务配置策略,使得元业务具备动态重构特性。

3 SDN 体系架构中元模型的构建方法

单块架构是传统网络应用的经典开发架构,以分层软

件架构设计为基础^[18]。但是随着云技术的迅猛发展及用户和需求的不断增长,单块架构无法充分发挥云平台的优势。为了弥补单块架构的缺陷,互联网应用的开发经历了第3次切割,将整个应用纵向切割为多个微服务,同时业界推出了一种新的架构模式——可扩展体系架构。它提倡将传统单块架构的应用分解成一组微服务,各微服务之间相互协调、配合,为用户提供最终价值。

3.1 AKF 三维伸缩模型

对于可扩展系统架构有一个普遍的理念:通过增加机器数量就可以解决容量和可用性的问题。这一理念也随着云计算的流行而得到了认可。

Abbott M L 和 Fisher M T^[19]描述了一种可扩展模型——AKF 可扩展立方(AKF scalability cube)。这个模型存在3个扩展轴(X、Y、Z),X轴方向的扩展,主要关注水平的数据和服务的克隆;Y轴方向的扩展,主要关注应用中的职责划分;Z轴方向的扩展,主要关注服务和数据的优先级划分。整个扩展模型如图3所示,其中原点表示无扩展状态。

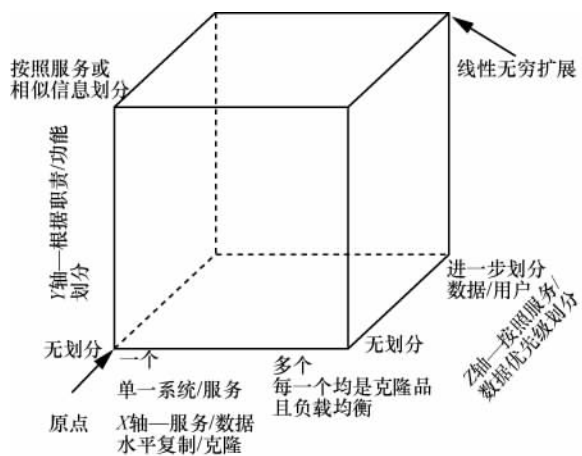


图3 AKF 三维伸缩模型

(1) 扩展立方的 X 轴

X轴扩展与前面所提的理念是一致的,通过绝对平等地复制服务与数据,以解决容量和可用性的问题。因而X轴扩展的思路,就是把工作无偏向地分配给克隆实例,各个克隆实例之间不共享任何内容。通常实现X轴扩展有两种技术方案:负载均衡和数据复制。

(2) 扩展立方的 Y 轴

Y轴扩展主要表示根据数据类型或交易执行的类型或者两者皆有来划分工作职责。一般称为面向服务或面向资源的扩展。为了降低系统的复杂度,Y轴扩展通常会将系统拆分为一组服务,每一组服务都有特定的功能,同时

每组服务所需的信息和数据都相互隔离,就如同流水线式或者并行处理的工作流。Y轴扩展不仅有助于提高交易数量,同时也有助于扩展交易所需的指令集和数据量,但是所需成本会比X轴扩展高。通常实现Y轴扩展的技术方案为服务化架构(SOA)。

(3) 扩展立方的 Z 轴

Z轴扩展主要表示基于请求者或者用户来划分系统,并使得各个子系统相互隔离但又保持完整。Z轴扩展通常是为了满足差异化的服务需求或者为保障安全而采取的措施。通常实现Z轴扩展有两种技术方案:单元化架构和数据分区。

3.2 基于正交分解的元模型构建方法

本文借鉴AKF三维伸缩模型和微服务的理念,利用傅里叶级数的思想,提出一种基于正交分解的元模型开发方法(meta-model development method based on orthogonal decomposition, MDOD)。这种方法是基于傅里叶级数对函数进行正交分解的思想以及面向SDN的网络支持网络应用的虚拟化实现和部署为基础,将传统网络应用空间按照不相关的属性集映射到多维正交空间,并将该空间按照正交维度分割为多个逻辑块,每个逻辑块的颗粒度可以不同。由划分得到的逻辑块就是一个特定属性的小型传统编程空间,也就是前文所述的微服务。这样通过类似于傅里叶级数分解的方式以及资源虚拟化,使得元模型的逻辑关系十分简单,设计难度也有所降低^[20]。

为了更好地分析基于正交分解的元模型开发原理,下面定义3个术语。

定义5 (元模型)元模型是包含多个属性的复杂的网络应用程序,主要目标是为特定用户群提供服务。

定义6 (多维正交属性)将元模型应用空间中的属性抽象成多维正交属性,即属性集由多元组 $(attr_1, attr_2, \dots, attr_n)$ 组成,其中各属性之间互不相关。

定义7 (逻辑块)逻辑块是含有多元组属性的不同颗粒度的元模型编程空间,其属性集值确定 $(attr_1=[attr_1_min, attr_1_max], attr_2=[attr_2_min, attr_2_max], \dots, attr_n=[attr_n_min, attr_n_max])$ 。

首先假设传统网络应用编程空间为 ϕ ,用立方体表示。假设属性为 α ,通过对元模型的分析,将空间 ϕ 的所有属性提取出来,构成属性集 $A\alpha=\{\alpha_i, i=1, 2, \dots, n, n \text{ 为属性个数}\}$ 。然后从中选取 m 个属性构成特征属性子集 $A\alpha'=\{\alpha_i, i=1, 2, \dots, m, m \text{ 为特征属性个数}\}$,并以该子集为维度构成正交坐



标轴(以下均以三维坐标为例)。另外,该坐标轴未被量化,即 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ 不具有数值特性。

将传统网络应用编程空间 ϕ 映射到由属性子集构成的正交坐标轴中,如图 4 所示,该空间中的属性集已经量化。

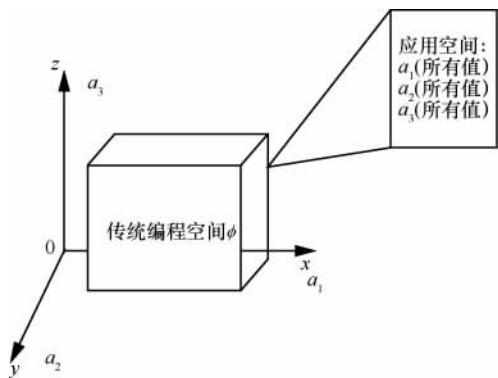


图 4 统空间映射到坐标轴

最后将具有正交坐标轴的空间 ϕ 根据属性子集划分为若干个子空间 ϕ' , 这些子空间 ϕ' 称为逻辑块 $\psi_j (1, 2, \dots, j)$, 即逻辑块 ψ 是由若干不相关属性组合而成的空白子空间, 其中组合属性集值可以是连续值、离散值或者同一属性值的集合, 如图 5 所示。

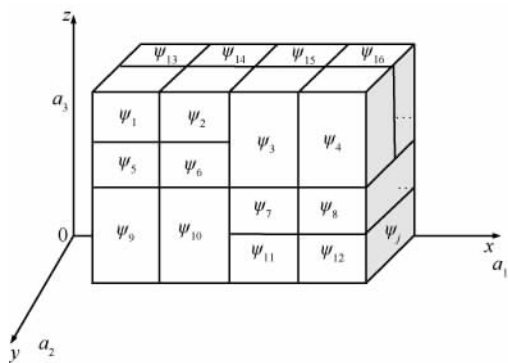


图 5 基于正交分解的逻辑功能块

通过以上对传统网络应用编程空间的正交分解, 将传统庞大的网络应用程序依据属性裁剪为多个逻辑块。由于每个逻辑模块都是针对特定属性的网络应用, 逻辑简单, 编程复杂度比未分解前针对传统网络编程得到极大的降低。在实际开发过程中, 各层元模型逻辑块的切割构建细节可以依据用户需求而定。比如应用层的元业务构建时可以将传统应用编程空间切割为单位属性值的基本逻辑块, 然后依据用户的需求将基本逻辑块组合为颗粒度不同的

逻辑块。然后参考嵌入式的软件开发模式, 对特定的组合逻辑块通过对基础网络应用程序模块进行裁剪和配置得到个性化的网络应用程序模块。这里所述的应用程序模块就是微服务, 构成微服务的程序可以相互复制, 但是鉴于针对的群体不同, 微服务会在一定程度上添加个性化的功能或服务; 并且微服务之间相互隔离, 确保逻辑上相互独立, 实现了程序和数据的独立、隔离, 提高了微服务运行的可靠性和灵活性。

3.3 两种方法对比

本文所提出的 MDOD 和 AKF 三维伸缩模型具有相同之处, 也有不同之处。AKF 三维伸缩模型通过 3 个坐标轴分别面向程序复制、面向功能/服务和面向顾客/请求者 3 个方面进行分解, 而基于正交分解的元模型构建方法同样也是通过基于特征属性对程序进行分解, 这是两者的相同之处。总之本文提出的基于正交分解的元模型构建方法与 AKF 三维伸缩模型的总体理念是一样的, 都是分割。但是, AKF 三维伸缩模型通过应用进行功能/服务解耦, 并部署在不同的服务器上。基于正交分解的元模型构建方法则是以特征属性为依据对应用进行分解。

这里从开发的复杂度和工作量上对两者进行简单的比较。

对于开发复杂度, 假设传统网络应用程序的复杂度为 $O(n^k)$, 分别通过 AKF 三维伸缩模型和 MDOD 分解来实现软件开发。其中, AKF 三维伸缩模型分别面向程序复制、面向功能/服务和面向顾客/请求者 3 个方面进行分解, 其分解后的程序是某一个功能/服务组合, 需要相互协作才能完成请求, 整个应用的逻辑复杂度并没有降低。而 MDOD 是基于属性将应用正交分解为多个基本逻辑块, 每个基本逻辑块对应的微服务是一个独立的、具备全部功能的程序模块, 但是该程序模块是针对特定属性网络应用, 这样分解就降低整个应用的逻辑复杂度, 也降低了应用的开发难度。因此, 经过 AKF 三维伸缩模型分解程序的复杂度依然是 $O(n^k) (k > 1)$, 而基于正交分解的 SDN 应用编程复杂度则是 $O(n)$ 。

对于应用开发工作量, 定义软件开发的代码行数为 C , 社会平均软件生产率参数为 α , 社会平均规模指数为 b , 工作量的修正因子计算式为 $\beta = \prod_{i=1}^n \beta_i$, 其中的各项分因子 β_i 可由可靠性、复杂性、开发能力等来确定, 最后根据 $M = \beta \alpha C^b$ 计算软件开发所需的工作量。由于 AKF 模型主要面

向软件功能的划分,逻辑上的复杂度并没有降低,根据越简单越可靠定论,AKF 模型的修正因子 $\beta_{AKF} > \beta_{MDOD}$,同时 MDOD 模型的开发主要集中于细粒度的基本逻辑块的编程开发,不存在复杂的逻辑结构,所以软件的代码行数 $C_{MDOD} < C_{AKF}$,所以在其他因素相同的情况下,采用 AKF 模型开发的工作量要比采用 MDOD 模型开发的工作量大。

4 应用层元业务开发实例

本文所述的元业务是指构成复杂应用的最小逻辑单元,它具备应用的所有属性,但颗粒度极细。元业务通过业务抽象层对网络业务特性和需求进行聚类抽象,获取所需的网络服务元素,然后依据所需的网络服务元素去适配相应的网络元服务。每一个元业务包含一个或多个元服务,多个元服务往往以服务链的形式向上层提供组合后的服务。

以下将通过构建基于社群关系的互联网应用来更好地解释说明基于正交分解的元业务的构建方法。所谓社群,是指拥有多个用户,每个用户都具有相同认知感以及明确的目标和期望的社会群体。邬江兴院士在未来网络大会上提出了情景拟合的思想,通过网络测量,以感知来决定行动,用反馈的方法来实现控制。以节点的自主拟合行为和有限分布的模型来拟合逼近情景片段。全网情景拟合的本质就是群体行为的涌现,群体中相邻个体的信息交互并自主变化就能实现群体形态的有序变化。本文所提的社群也就是一个全网的情景拟合,由于社群中的用户具有相同的特征,可以通过对过往资源消费状况的建模分析来预

测未来资源的消费状况,从而使资源的分配更合理精细。由于社群所需资源的可预测性,使得虚拟机的运行特性更加清晰与可视化。

本文构建的轻量级在线云教学互动平台是一个面向全校各个班级的开放式的网络课程教学平台。图 6 是对在线云教学互动平台利用 MDOD 模型进行正交分解的示意。

抽象上来看,构建该教学平台需经历以下步骤。

首先构建一个基于社群关系的互联网应用业务空间,并且抽象出一组互不相关的属性作为特征属性集,根据特征属性集将应用空间映射到多维正交空间。本实例所构建的互联网应用业务空间是指通过互联网连接的具备规模较小、交往密切而关系松散等特征的网络社群空间。本实例以微信和云平台为载体构建移动教学平台,并以教师、班级和课程为维度构建三维正交空间。

其次将多维正交空间按照特征属性的单位长度切分成基本逻辑块,并开发一个与之相对应的可独立部署在虚拟机中的通用型软件基本功能模块。在这个抽象的三维教学空间中按照维度参数的单位长度将空间切分成同等大小的基本逻辑块,每个基本逻辑块就代表着特定教师、特定班级的特定教学课程,之后在云平台上开发一个对应基本逻辑块的通用型软件功能模块,该功能模块中包括在线考试、提问互动、资料共享和成绩查询等多个子功能模块。

然后根据用户需求,将基本逻辑块合并成不同颗粒度大小的逻辑块,同时可以对通用型软件基本功能模块进行克隆裁剪,定制出个性化软件功能模块。在本实例的开发

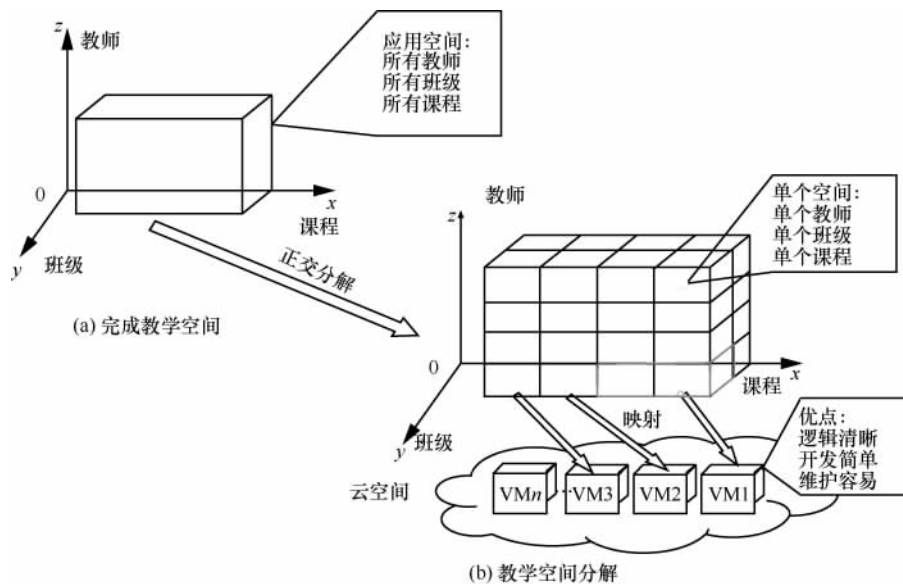


图 6 轻量级的 SDN 应用实例正交分解过程

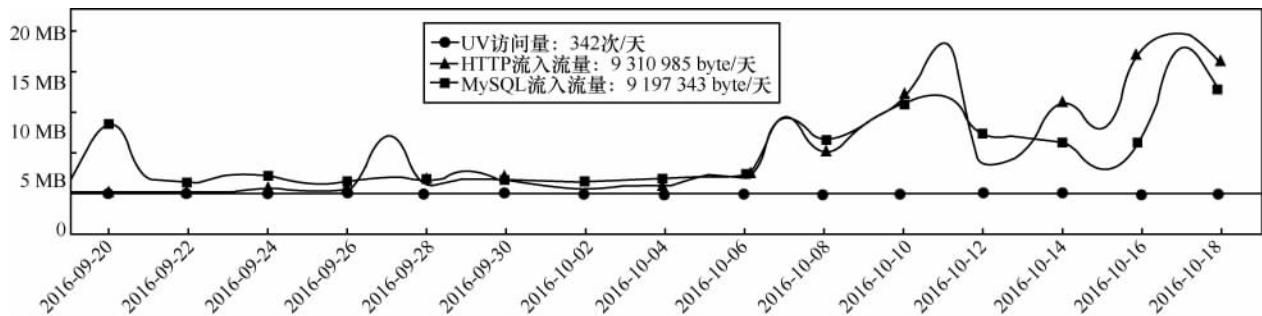


图7 平台访问数据量

中,每个个性化的软件功能模块就是对应特定群体的微服务,各个微服务独立部署,逻辑上相互隔绝。

最后在云平台中创建一个用于管理各个定制的功能模块虚拟机,通过对各个功能模块的调度管理,实现基于社群关系的互联网应用开发。

图7为2016年近一个月平台统计的每天的访问数据量包括UV访问量、HTTP流入流量、MySQL流入流量等,排除特定因素(如放假等)的干扰,可以发现每周一、周二和周五的平台数据访问量会达到一个峰值,正好对应每周的课程安排。通过对这种规模较小、用户行为相近的社群资源消耗的分析,进而预测未来社群资源的消耗,促使资源分配得更合理。

5 结束语

微服务架构是构建现代应用的新架构,其具备自动化、可独立部署以及可扩展性等特点,可重构基础网络体系是指通过网络可重构机制来建立一个可灵活扩展、满足融合异构以及多样化业务的不同服务需求的网络体系。软件定义网络作为当下最热的网络架构体系,是未来网络的发展方向。本文在软件定义网络和可重构体系架构的基础上,引入了微服务概念,从而提出了SDN体系架构中元模型的构建机制。首先介绍了一种可扩展架构模型——AKF三维伸缩模型,然后在借鉴可扩展架构模型的基础上,提出了基于正交分解的元模型构建方法,同时在理论上对该模型做了详细的分析,并且阐述了该模型的技术优点。最后,以应用层元业务的开发为例,从实践的角度证明基于正交分解的元模型构建方法的可行性。

参考文献:

[1] LIU F, GUO W, ZHAO Z Q, et al. SaaS integration for software cloud [C]//2010 IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing(CLOUD), July 5-10, 2010, Miami, FL, US. New

Jersey: IEEE Press, 2010: 402-409.

- [2] 兰巨龙, 邢池强, 胡宇翔, 等. 可重构技术与未来网络体系架构[J]. 电信科学, 2013, 29(8): 16-23.
LAN J L, XING C Q, HU Y X, et al. Reconfiguration technology and future network architecture[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(8): 16-23.
- [3] 赵赜, 汪斌强, 张鹏. 可重构柔性网络体系研究[J]. 电信科学, 2012, 28(2): 133-137.
ZHAO L, WANG B Q, ZHANG P. Research on architecture of flexible reconfiguration network[J]. Telecommunications Science, 2012, 28(2): 133-137.
- [4] 郑毅, 华一强, 何晓峰. SDN的特征、发展现状及趋势[J]. 电信科学, 2013, 29(9): 102-107.
ZHENG Y, HUA Y Q, HE X F. Characteristics, development and future of SDN[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(9): 102-107.
- [5] 张朝昆, 崔勇, 唐嵩祎, 等. 软件定义网络(SDN)研究进展[J]. 软件学报, 2015, 26(1): 62-81.
ZHANG C K, CUI Y, TANG H Y, et al. State-of-the-art survey on software-defined networking (SDN)[J]. Journal of Software, 2015, 26(1): 62-81.
- [6] 王蒙蒙, 刘建伟, 陈杰, 等. 软件定义网络: 安全模型、机制及研究进展综述[J]. 软件学报, 2016, 27(4): 969-992.
WANG M M, LIU J W, CHEN J, et al. Software defined networking: security model, threats and mechanism[J]. Journal of Software, 2016, 27(4): 969-992.
- [7] HUANG S, GRIFFIOEN J, CALVERT K L. Network hypervisors: enhancing SDN infrastructure [J]. Computer Communications, 2014, 46(6): 87-96.
- [8] ZHAO H L, SHI F. Development and challenge of SDN/NFV[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(8): 13-18.
- [9] CHEN K. The practice of microservices architecture based on the container cloud[EB/OL]. (2015-07-20)[2016-08-06]. <http://www.csdn.net/article/2015-07-20/2825258>.
- [10] 兰巨龙, 熊钢, 胡宇翔, 等. 可重构基础网络体系研究与探索[J]. 电信科学, 2015, 31(4): 57-65.
LAN J L, XIONG G, HU Y X, et al. Research on the architecture of reconfigurable fundamental information

- communication network [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(4): 57-65.
- [11] 刘洁, 王哲. SDN 驱动构建运营商新型业务平台体系 [J]. 电信科学, 2014, 30(7): 107-112.
- LIU J, WANG Z. Construction of a SDN driven novel service system for operators [J]. Telecommunications Science, 2014, 30 (7): 107-112.
- [12] HALEPLIDIS E, PENTIKOUSIS K, DENAZIS J S, et al. Software-defined networking (SDN): layers and architecture terminology: RFC 7426 [S/OL]. (2015-01-20)[2016-08-06]. <https://tools.ietf.org/html/rfc7426>.
- [13] DORIA A, HADI S J, WANG W. Forwarding and control element separation (ForCES) protocol specification [EB/OL]. (2010-03-20)[2016-08-06]. <https://tools.ietf.org/html/rfc5810>.
- [14] HALPERN J, HADI S J. Forwarding and control element separation (ForCES) forwarding element model[EB/OL]. (2010-03-20)[2016-08-06]. <https://tools.ietf.org/html/rfc5812>.
- [15] ZHUGE B, WANG Y, ZHU H, et al. Software-defined networking (SDN): layers and architecture terminology[EB/OL]. (2016-03-25) [2016-08-06]. <https://tools.ietf.org/html/draft-zhuge-sdnrg-sdn-sdp-02>.
- [16] 诸葛斌, 王保霞, 王怡宁, 等. 基于软件定义价格的 SDN 网络应用体系结构的研究[J]. 电信科学, 2015, 31(8): 1-11.
- ZHUGE B, WANG B X, WANG Y N, et al. Architecture of SDN applications based on software defined price [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(8): 1-11.
- [17] RICHARDSON C. Microservices: decomposing applications for deployability and scalability[EB/OL]. (2014-05-25) [2016-08-06]. http://www.infoq.com/articles/microservices-intro?utm_source=infoq&utm_medium=popular_links_homepage#U4-QbLLNKmI.gmai.
- [18] WANG L. The microservice architect pattern [EB/OL].(2015-05-11)[2016-08-06]. http://www.infoq.com/cn/articles/analysis-the-architecture-of-microservice-part-01?utm_source=infoq&utm_medium=related_content_link&utm_campaign=related_Content_articles_clk.
- [19] ABBOTT M L, FISHER M T. The art of scalability: scalable web architecture, processes, and organizations for the modern enterprise[M]. Indianapolis: Addison-Wesley Professional, 2009.
- [20] 赵艳妮, 郭华磊, 尚岚, 等. 一种柔性软件框架的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2015 (11): 93-98.
- ZHAO Y N, GUO H L, SHANG L, et al. Design and implementation of a flexible software framework [J]. Computer Technology and Development, 2015 (11): 93-98.

[作者简介]



诸葛斌(1976-),男,博士,浙江工商大学信息与工程学院副院长、教授,主要研究方向为网络与通信技术、互联网技术和网络安全。



朱华(1991-),男,浙江工商大学硕士生,主要研究方向为软件定义网络和未来网络体系结构。



王保霞(1990-),女,浙江工商大学硕士生,主要研究方向为软件定义网络和未来网络体系结构。



王伟明(1964-),男,博士,浙江工商大学网络与通信工程研究所所长、教授,主要研究方向为新一代网络体系结构、开放可编程网络。



兰巨龙(1962-),男,解放军信息工程大学教授、博士生导师,清华大学信息网络工程研究中心网络体系结构和 IPv6 研究室主任,主要研究方向为宽带信息网络。