

# 企业云服务体系结构设计框架<sup>①</sup>

周毅书<sup>1</sup>, 周剑雄<sup>1</sup>, 刘裕<sup>2</sup>, 郭赫曦<sup>2</sup>, 尹晓萌<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(中国移动 南方基地, 广州 510640)

<sup>2</sup>(华中科技大学 自动化学院, 武汉 430074)

**摘要:** 云计算应用和企业私有云建设不是简单的虚拟化和传统意义上的主机托管. 为了着力提升企业信息资源的重用性、敏捷性和快速服务响应水平, 以国防部体系结构框架 DoDAF V2.0 的服务视图模型为主体, 提出一个基于面向服务体系结构(SOA)的企业云服务体系结构设计框架. 通过服务视图模型间约束关系的研究和融合云计算模式的面向服务体系解析, 建立相应的企业云服务体系结构设计规范和企业云计算应用实施环境. 最后, 提出了一个基于松耦合 SOA 的云应用解决方案, 从而支持企业云服务体系结构和云计算应用技术实施.

**关键词:** 面向服务体系结构; 云服务; 云计算应用; 视图模型; 体系设计

## Framework to Enterprise Cloud Service Architecture Design

ZHOU Yi-Shu<sup>1</sup>, ZHOU Jian-Xiong<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>2</sup>, GUO He-Xi<sup>2</sup>, YIN Xiao-Meng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(The Southern Base, China Mobile, Guangzhou 510640, China)

<sup>2</sup>(School of Automation, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The application of cloud computing technology and the enterprise private cloud solutions are neither simply virtualization nor traditional hosting cloud service. Therefore, considering service viewpoint models of DoDAF V2.0 as the main view models, an enterprise cloud services architecture design framework was proposed based on SOA (Service Oriented Architecture) in order to enhance the information resources reusability, agility and faster time to the changing requirements of enterprise IT service systems. In the paper, the enterprise cloud service architecture design standard and enterprise cloud computing application context was established by research on the constraint relationship among service viewpoint models in DoDAF V2.0 and the analysis of mix cloud computing pattern to Service Oriented Architecture. Finally, a cloud application solution based on loose coupling SOA was presented to support the enterprise cloud service architecture design and the cloud computing application technique implementation.

**Key words:** service oriented architecture; cloud service; cloud computing application; viewpoint model; architecture design

随着计算机技术的快速发展, 企业信息化程度在不断加深, 与此同时, 由于传统的企业体系架构依存于复杂的软硬件系统, 企业面临着计算机软硬件更新速度快、业务发展复杂多样化、应用数据膨胀等诸多问题<sup>[1]</sup>, 客观上要求企业 IT 架构从传统的物料需求计划/企业资源计划等紧致脆弱的架构模式向松耦合、灵活的面向服务架构 SOA 变革<sup>[2]</sup>.

云计算技术应用已经成为企业解决以上问题, 实现企业信息系统架构转型的新路径. 为此, 已有学者

和相关组织提出了丰富的企业体系结构参考架构, 力图将云计算三层服务(SaaS, PaaS, IaaS)模式融合到 SOA 中<sup>[2,3]</sup>. 文献[4]在解析云计算和 SOA 特点的基础上分析了两者结合的优势和趋势, 提出了融合云计算的面向服务基础设施架构框架, 以支持基础设施层的建模; TOG 云计算小组也颁布了一系列云计算白皮书<sup>[5]</sup>, 利用 TOGAF 支持云环境下的企业架构, 然而企业设计规范和视图产品的支撑; IBM 也提出描述企业应用云计算技术的愿景架构, 制定了云计算建模需要

①基金项目:国家自然科学基金(61273207)

收稿时间:2013-12-15;收到修改稿时间:2014-03-11

的角色、架构元素以及架构原则,但缺乏具体的体系架构建模方法<sup>[6]</sup>。正如文献[7]所提出的,云计算作为一种服务模式只能在一个面向服务的企业服务架构中才能恰当定义并有效启用。

为提升企业信息资源重用性、敏捷性和快速响应水平,本文在梳理 SOA 的特点和企业云服务体系结构组成的基础上,参考企业 IT 架构设计规范,采用国防部体系结构框架(DoDAF: Department of Defense Architecture Framework)的多视图设计模式,并以 DoDAF 的服务视图模型为主体,将云计算元素融合到 DoDAF 元数据和服务视图元模型中,通过分析视图模型间的约束关系,制定云服务体系结构视图设计开发顺序,从而获得一个基于 SOA 的企业云服务体系结构设计框架。提出了一个支持企业紧致架构的 IT 系统能够轻松地过渡到松耦合 SOA 的云应用解决方案。

## 1 面向服务体系结构

### 1.1 企业架构设计描述框架(DoDAF)

体系结构框架是一套设计描述规范,定义了企业服务架构解决方案的相关因素以及它们之间的关联关系,并描述这些关联因素是如何参与设计的<sup>[8]</sup>。目前应用最广泛的企业架构框架有 DoDAF、TOGAF 以及融合 DoDAF 与 MoDAF 的统一规范 UPDM。

为凸现面向服务架构(SOA)设计理念,从 DoDAF V1.0 到 V1.5 进而到 V2.0,通过强调以数据为中心的高质量数据模型和加入服务数据元素,DoDAF V2.0 提出了由 13 个服务视图模型构成的服务体系结构描述规范;通过进一步加强面向服务体系结构松耦合元服务组合支持活动的对应关系和企业面向服务体系结构设计提供元数据模型的概念、关系、属性定义以及物理交换规范基础,从而支持异构信息和数据的共享与集成<sup>[9]</sup>。DoDAF V2.0 包含 52 个视图模型,如表 1 所示。

表 1 DoDAF V2.0 的 52 个视图模型

视图类	设计模型名称	视图类	设计模型名称	视图类	设计模型名称
全视角	All Viewpoint	SV-6	系统资源流矩阵	SvcV-8	服务演进描述
AV-1	总览和概要信息	SV-7	系统性能参数矩阵	SvcV-9	服务技术与技巧预测
AV-2	集成字典	SV-8	系统演进描述	SvcV-10a	服务规则模型
操作视角	Operational Viewpoint	SV-9	系统科技与新技术预见	SvcV-10b	服务状态迁移描述
OV-1	高层操作概念图	SV-10a	系统规则模型	SvcV-10c	服务事件轨迹描述
OV-2	操作资源流描述	SV-10b	系统状态转移描述	能力视角	Capability Viewpoint
OV-3	操作信息交互矩阵	SV-10c	系统事件轨迹描述	CV-1	能力全视模型
OV-4	组织关系图	数据视角	Data & Info Viewpoint	CV-2	能力层次结构分类
OV-5a	操作活动分解树	DIV-1	概念数据模型	CV-3	能力时-纪定位
OV-5b	操作活动模型	DIV-2	逻辑数据模型	CV-4	能力依从性描述
OV-6a	操作规则模型	DIV-3	物理数据模型	CV-5	能力-组织发展映射
OV-6b	操作状态转移描述	服务视角	Services Viewpoint	CV-6	能力-操作活动映射
OV-6c	操作事件轨迹描述	SvcV-1	服务环境描述	CV-7	能力-服务的映射
系统视角	Systems Viewpoint	SvcV-2	服务资源流描述	技术视角	Tech Stds Viewpoint
SV-1	系统接口描述	SvcV-3a	系统-服务矩阵	StdV-1	技术标准概述
SV-2	系统通信描述	SvcV-3b	服务-服务矩阵	StdV-2	技术标准预测
SV-3	系统-系统矩阵	SvcV-4	服务的功能性描述	项目视角	Project Viewpoint
SV-4	系统功能性描述	SvcV-5a	活动服务可追溯矩阵	PV-1	项目事务关系
SV-5a	活动-功能可追溯矩阵	SvcV-6	服务资源流矩阵	PV-2	项目时间表
SV-5b	活动-系统可追溯矩阵	SvcV-7	服务度量矩阵	PV-3	项目-能力映射

以 DoDAF V2.0 的 13 个服务视图模型(SvcV-1~10)为主体,勾画企业云服务体系结构设计框架,而 DoDAF V2.0 的元数据模型 DM2(DM2: DoDAF Meta-model)则从底层确保了面向服务体系结构描述内部或模型之间语义的一致,奠定了松耦合云服务架

构基础;本文应用 TOGAF V9.0 对敏捷企业架构的规范定义,借鉴其架构开发方法 ADM 制定的开发计划,以满足业务目标(Fit-for-Purpose)为原则,贯穿企业云服务体系结构设计整个开发过程。

## 1.2 企业云服务体系结构设想

按需组合、按需服务的云计算应用形式是一系列服务资源的动态配置与组装。参考云计算三层架构, 提出企业云服务体系结构如图 1 所示。

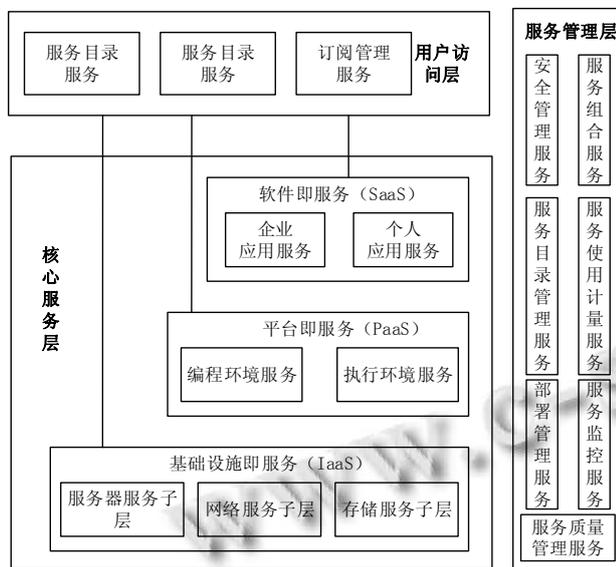


图 1 企业云服务体系结构

企业云服务体系结构分为核心服务层、服务管理层和用户访问接口层<sup>[10]</sup>。核心服务层将硬件基础设施、软件运行环境、应用程序抽象成服务, 能满足多样化的应用需求, 由基础设施即服务(IaaS: Infrastructure as a Service)、平台即服务(PaaS: Platform as a Service)、软件即服务(SaaS: Software as a Service)构成; 用户访问接口层是企业或个人用户使用云计算的各种服务支撑集合, 针对每个层次的云计算服务都提供相应的访问接口, 可以实现用户端到云的访问; 服务管理层提供所有层次服务的管理功能, 为核心服务提供支持, 确保核心服务的可靠性、可用性与安全性。

## 2 云服务体系结构设计

### 2.1 基于 SOA 的云服务架构

企业信息化建设中云计算应用的首要问题是构建云服务应用环境, 即面向服务的体系架构。这种具备本质“松耦合”特性的架构支持快速地构建和部署新的应用程序和服务, 并能根据业务需求执行任意的内部和外部服务动态组合。另一方面, 云计算平台与虚拟化技术为 SOA 的服务集成提供增值性的支撑。因此, SOA 既是云服务体系结构设计依据, 也是企业高效应

用云计算服务必要条件<sup>[11]</sup>。

DoDAF 服务架构为企业云服务体系架构设计提供良好的构建环境, 更凸显了云计算的面向服务体系架构形态, 具体描述如下:

1) 以服务的形式对云计算资源的封装及对服务动态交互的描述。云服务是自治的, 云服务架构下提供服务的功能实体具有完全独立自主的能力。服务请求者与提供者之间是松耦合的, 即服务请求者不需要知道提供者实现功能的细节, 仅通过发送调用操作, 请求消息与接收响应就能获得所需服务。

2) 云服务架构下不同子系统之间的动态连接关系具有互操作性, 服务组件之间可以通过既定的通信协议进行交互, 且服务位置是透明的, 服务根据功能需求设计, 能够实现具体系统业务与服务的分离。

3) 通过对业务流程中所包含子服务的分析, 可以找出重用的服务或具有优化的潜力的业务流程。根据子服务调用的统计特性, 分析不同业务目标、不同应用系统的业务流程是否具有相似的结构, 从而实现基于云服务信息统计的服务组合优化。

### 2.2 云视图模型约束关系

为了支撑面向服务的架构, 还需进一步分析 SOA 云服务架构下视图模型间的约束关系以制定视图模型的开发顺序。DoDAF 视图模型的组成元素和功能之间的相互约束关系影响着云视图模型的设计开发顺序<sup>[12]</sup>。参照 DoDAF 视图模型间的约束关系分析, 需将视图模型形式化定义为  $n$  元组表示:  $M = \{M_1, \dots, M_m, M_{m+1}, \dots, M_n\}$  ( $m < n$ , 黑体表示模型必需元素, 斜体表示为模型可选元素)。如 SvcV-1 定义为  $SvcV-1 = \{SS, SP, SD, SS\_R, SS\_F, P\}$ , 其中, SS 是服务的集合, SP 是服务端口, SD 是服务描述的集合, SS\_R 是服务之间关系的集合, SS\_F 是服务之间交互的资源流, P 是服务的执行者。

假设任意两视图模型表示为  $A = \{a_0, \dots, a_m, a_{m+1}, \dots, a_n\}$  和  $B = \{b_0, \dots, b_p, b_{p+1}, \dots, b_q\}$ , 模型 A 和 B 之间的关系分类如下:

1) 若  $\forall a_i \in A, b_j \in B, 0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq q$ , 都有  $a_i \notin B \wedge b_j \notin A$ , 则模型 A、B 之间为无显式关联关系, 即模型 A 和 B 没有公用元素;

2) 若  $\exists a_i \in A, b_j \in B, m+1 \leq i \leq n, p+1 \leq j \leq q$ , 使得  $a_i \in B \vee b_j \in A$  且对  $\forall a_i \in A, b_j \in B, 0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq p$ , 都有

$a_i \notin B \wedge b_j \notin A$ ; 则模型 A、B 之间为弱关联关系, 即模型 A 和 B 共同元素为可选元素;

3) 若  $\exists a_i \in A, b_j \in B$  且  $0 \leq i \leq m, p+1 \leq j \leq q$  或  $m+1 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq p$ , 有  $a_i = b_j$ , 则模型 A、B 之间为关联关系, 即 A 中有必需元素与 B 的可选元素相同或 B 中有必需元素与 A 的可选元素相同;

4) 若  $\exists a_i \in A, b_j \in B$  且  $0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq p$ , 有  $a_i = b_j$ , 则模型 A、B 之间为强关联关系; 特殊的, 对  $\forall a_i \in A, 0 \leq i \leq m$ , 有  $a_i \in B$ , 即模型 A 的必需元素完全包含在模型 B 元素内称之为包含关系  $A \subseteq B$ .

以 DoDAF V2.0 服务视图为例, 其核心视图模型包括 SvcV-1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10a\b\c, 其中: SvcV-1={SS、SP、SD、SS\_R、SS\_F、P}; SvcV-2={SR、RI、SS\_F、RR、SS、RP}; SvcV-3a={S、SY、SSY\_F}; SvcV-3b={S、SS\_F}; SvcV-4={SS、S、SF、RP、SS\_F、SA\_R、SS\_R、O}; SvcV-5={S、A、SA\_R}; SvcV-6={S、I、SA\_R、SY、RP}; SvcV-7={SS、M、RP}; SvcV-8={SE、SD、SY、O}; SvcV-9={ST、SKF、RP、O}; SvcV-10a={R、S}; SvcV-10b={S、SST、E、R}; SvcV-10c={S、I、SS\_F、SS、SY};

其中英文字符含义如下: SS: 服务集合, SP: 服务端口, SD: 服务描述, SS\_R: 服务和活动之间关系, SS\_F: 服务之间资源流, P: 执行者, SR: 服务资源, RR: 资源角色, S: 服务, SY: 系统, SSY\_F: 服务和系统之间的资源流, O: 组织, M: 度量元素, SE: 服务演进, ST: 服务技术, SKF: 技能预测, SST: 服务状态, E: 事件, R: 规则, SA\_R: 服务和活动之间关系, RP: 资源参数。

通过上述研究, 获得企业云服务体系结构服务视图模型的关系矩阵如表 2 所示:

表 2 服务视图模型关系矩阵

服务视图模型	Svc V-1	Svc V-2	Svc V-3 a	Svc V-3 b	Svc V-4	Svc V-5	Svc V-6	Svc V-7	Svc V-8	Svc V-9	Svc V-10 a	Svc V-10 b	Svc V-10 c
SvcV-1	—	~	x	~	~	x	x	/	/	x	x	x	/
SvcV-2	~	—	x	~	~	x	□	/	x	□	x	x	□
SvcV-3a	x	x	—	~	~	~	~	/	/	x	/	~	~
SvcV-3b	~	~	~	—	~	~	~	x	x	x	/	~	~
SvcV-4	~	~	~	~	—	~	~	~	□	/	/	~	~
SvcV-5	x	x	~	~	~	—	~	x	x	x	/	~	~
SvcV-6	x	□	~	~	~	~	—	/	□	□	/	~	~
SvcV-7	/	/	/	x	~	x	/	—	x	/	x	x	x

SvcV-8	/	x	/	x	□	x	□	x	—	□	x	x	□
SvcV-9	x	□	x	x	/	x	□	/	□	—	x	x	x
SvcV-10 a	x	x	/	/	/	/	/	x	x	x	—	→	/
SvcV-10 b	x	x	~	~	~	~	~	x	x	x	→	—	~
SvcV-10 c	/	□	~	~	~	~	~	x	□	x	/	~	—

\*表中: —表示不作比较, ?表示无显式关联, □表示弱关联关系, /表示关联关系, ~表示强关联关系, →表示包含关系。

参考表 2 服务视图模型间的关系, 制定相关模型开发规则. 譬如无显示关联和弱关联关系的视图模型不予比较其开发先后顺序; 关联关系视图模型优先开发共用元素为必须元素的模型; 强关联关系视图模型需协同迭代开发。

根据服务视角视图模型关系矩阵, 制定 13 个服务视图模型的开发顺序如图 2 所示. 同理, 可以制定其他视图模型的开发顺序, 具体将在下一节体现。

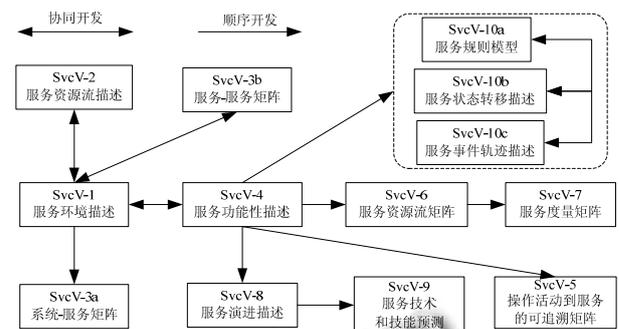


图 2 云服务视图模型开发顺序

### 3 企业云服务体系结构设计框架

根据图 2 展示的 DoDAF 服务体系结构视图模型关系, 分析企业云服务体系结构的服务功能-服务节点-资源、操作节点-活动-角色、系统功能-系统节点-系统、组织单元-角色-系统, 创建云服务体系结构的设计主线, 配合其他视图模型, 提出面向服务的企业云体系结构设计框架<sup>[13-15]</sup>, 概述如下:

#### (1) 需求分析

从企业业务需求和云计算应用的目标出发, 创建云体系架构总览和概要信息(AV-1)和概念数据模型(DIV-1)及逻辑数据模型(DIV-2), 并依从需求建立相关技术视图与标准视图集中部分模型。

#### (2) 功能域分解

功能域分解采取自顶向下的方法, 通过顶层企业战略目标和使命能力需求获取业务操作流程构想所要实现的能力, 由此识别能力的分类、边界及依赖关系。

提出能力构想(CV-1)、创建能力分类(CV-2)和能力阶段划分(CV-3), 明确能力依赖(CV-4)、同时利用能力到操作活动的映射(CV-6)与能力到服务的映射(CV-7)把需

要设计的能力视图模型和操作视图模型、服务视图模型对应起来, 逐步形成云服务体系结构多视图设计格局。

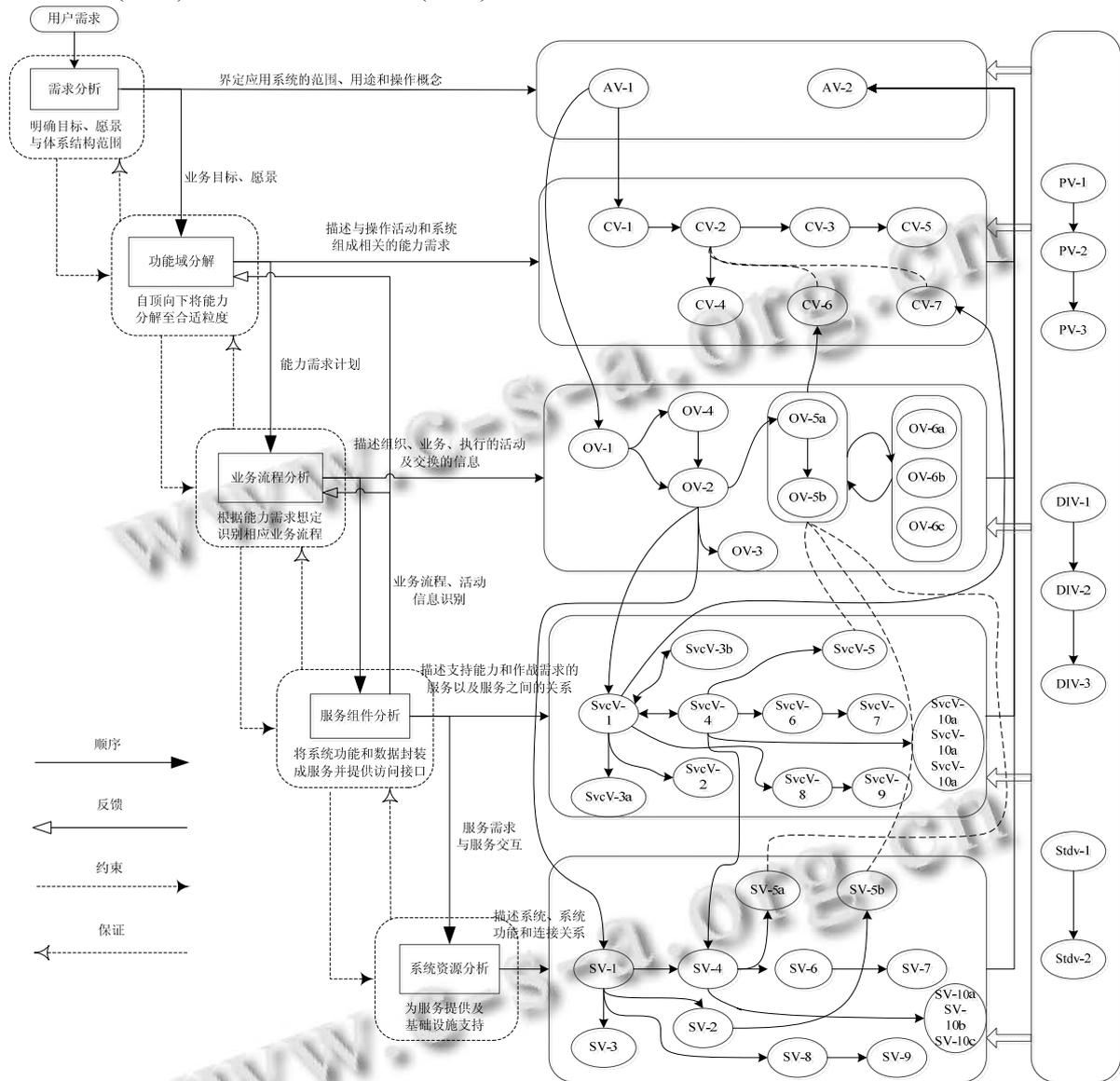


图3 基于 DoDAF 的云服务体系结构多视图设计框架

(3)业务流程分析

业务操作流程分析既是需求分析的具体化, 也是松耦合服务组合实现的设计基础。通过业务操作流程分析识别各服务活动的输入输出信息流、相关约束及规则, 为服务操作组合控制策略的制定提供依据。根据使命任务制定顶层操作概念图(OV-1), 通过关联操作活动、操作节点和角色三者关系, 形成操作资源流描述(OV-2)和组织关系图(OV-4), 进一步细化操作活

动、数据、及规则来创建操作活动模型(OV-5a)b)、规则模型(OV-6a)等。

(4)服务组件分析

DoDAF 服务视图能为 SOA 服务组件架构(SCA)和企业服务总线(ESB)提供全方位服务架构设计描述以及识别元服务和操作序列间交互关系的分析环境。采用自顶向下的服务粒度分解, 识别服务需求, 自底向上的服务组合, 实现服务组件的定义。追溯并

识别相应的服务及服务功能,辅之服务规范及接口描述,形成服务环境描述(SvcV-1)及服务功能描述(SvcV-4)。以服务功能和数据交互明确外部服务交互关系,产生服务资源流描述(SvcV-2),通过确定服务功能描述的行为细节,制定服务规则模型(SvcV-10a)、服务状态转移描述(SvcV-10b)等。

#### (5)系统资源分析

服务视图模型链接上层服务需求与底层计算资源(基础设施资源),云计算虚拟资源池为服务提供了一个弹性的、按需使用的环境。解析底层系统功能、系统节点和系统之间关系,利用系统接口描述(SV-1)、系统资源流描述(SV-2)描述云中资源的部署及网络拓扑结构,系统功能描述(SV-4)描述实现服务功能及相应的数据对象的物理支撑。分析体系结构评价的性能度量参数,开发系统度量矩阵(SV-7),利用系统状态转移描述(SV-10b)和系统事件轨迹描述(SV-10c)反映云中资源的动态部署和调度过程。

综上所述,提出企业云服务体系结构设计框架如图3所示。多视图企业云服务体系结构设计框架的五个分析步骤,分别对应 DoDAF V2.0 中的全视角、能力视角、操作视角、服务视角和系统视角的各视图模型; DoDAF 的项目视角、数据与信息视角与标准视角则是企业一体化云应用架构设计完整性和统一性的基础保证。DoDAF 核心服务视图设计模型和其他视图模型一起,共同构成了企业云服务体系架构视图产品集。

## 4 结语

本文在云计算 IaaS、PaaS、SaaS 三层服务模式和多视图设计风格的基础上,设计以服务组件、服务组合和服务资源域为关键内容的 DoDAF 多视图模型为设计规范,提出了一个企业云服务体系结构设计框架,展示了 SOA 的服务操作流程、服务信息、服务重用和服务连接的核心概念,凸显了云计算高效、绿色服务形态在 SOA 架构中的实现。

通过进一步的充实与利用,该设计框架可以成为满足企业云服务质量要求,实现企业云计算应用规划的一个潜在可选择的企业 IT 体系架构云计算应用技术设计方案。

### 参考文献

1 林立.基于 SOA 的云计算体系研究.福建电脑,2009,14(8): 112-190.

- 2 张晓娟,易明魏.基于云计算与 SOA 的企业集成架构及实现.计算机系统应用,2011,20(19):1-6.
- 3 Long JT, Jing D, Ya JZ, et al. Enterprise cloud service architecture. Proc. of the IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing (CLOUD). IEEE Computer Society. Miami, FL. 2010. 27-34.
- 4 Wei-Tek T, Xin S, Balasooriya J. Service-oriented cloud computing architecture. Proc. of the Seventh International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG). Las Vegas, NV. IEEE Computer Society. 2010. 684-689.
- 5 TOG, Service-oriented cloud computing infrastructure (SOCCI) framework. <https://www2.opengroup.org/ogsys/publications/viewDocument.html?publicationid=12510&documentid=11495>.
- 6 TOG, Cloud computing white papers. <http://www.opengroup.org/cloud/whitepapers/>.
- 7 Behrendt M, Glasner B, Kopp P. CCRA. IBM Submission. 02282011,2011.<http://www.doc88.com/p-518461371684.html>.
- 8 Spar D, Morimoto L. Modeling the cloud: Methodology for cloud computing strategy and design [Technical Report] Department of the Air Force, May 17, 2011.
- 9 王磊.C-4ISR 体系结构服务视图建模描述与分析方法研究[学位论文].长沙:国防科学技术大学,2011.
- 10 DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 2.0 Volume. Washington: DoD, May 28, 2009.
- 11 罗军舟,金嘉晖,宋爱波,等.云计算:体系架构与关键技术.通信学报,2011,32(7): 3-21.
- 12 简平,邹鹏,熊伟,等.面向服务的体系结构建模方法研究.装备指挥技术学院学报,2011,22(6):91-96.
- 13 陈长新,王明哲,宋阿妮.利用 DoDAF 开发 TOGAF 定义的企业应用架构设计.计算机与数字工程,2013,41(5):829-834.
- 14 Levis AH, Wagenhals LW. C4ISR architectures: I. Developing a process for C4ISR architecture design. Systems Engineering, 2000, 3(4): 225-247.
- 15 Wagenhals LW, Levis AH. Service oriented architectures, the DoD architecture framework 1.5, and executable architectures. Systems Engineering, 2009, 12(4): 312-343.