

面向服务的企业的体系结构与关键技术*

Architecture and Key Technology of Service-Oriented Enterprise

清华大学自动化系 范玉顺



范玉顺

清华大学博士、教授、博士生导师，主要从事企业信息化战略管理、服务科学、企业建模与系统集成、 workflow 管理等研究。

随着面向服务的体系结构技术 (Service-Oriented Architecture, SOA)、网格计算技术 (Grid Computing) 和云计算 (Cloud

面向服务的企业是未来一种新型的企业组织模式，其优点是可以提高企业的运作效率和降低管理成本，而面向服务的体系结构 (SOA) 为这种新型的企业形态提供了技术上的支撑。

Computing) 模式的发展和应用，无所不在的信息服务环境正在形成，由于服务将给企业带来巨大的价值，对服务运作和服务管理的研究应用日益得到重视，企业间协同运作的观念得到了广泛的认可。在此背景下，面向服务的企业 (Service-Oriented Enterprise, SOE) 这种全新的企业组织模式已经出现，并且得到了初步的应用，而不同企业的业务单元 (服务) 间的动态组合和协作则形成了业务生态系统。

面向服务的企业和业务生态系统

随着 SOA 技术的日益普及，以 Web 服务应用为核心的新型企业信

息系统集成技术得到了广泛的重视，同时，围绕着产业链进行核心能力建设，企业正在经历新一轮的大规模重组和优化。分解和重组的过程通过业务组件化来实现，每个业务组件是企业的一个组成部分，对应于特定的业务功能，具有独立运作的的能力。通过对企业的业务战略进行分析，识别出企业的核心业务和非核心业务，核心业务构成企业内部业务组件，非核心业务可进行外包。

企业要实现敏捷的业务运作，仅将业务组件化还不够，需要在业务生态系统环境中，将企业分解得到的业务组件与其他企业的组件进行交互，在实时信息流和集成信息系统的支持下，在整个价值网上实现业务组件

* 国家自然科学基金 (60704027)，国家 973 (2006CB705407) 资助项目。

间的无缝交互和紧密集成,通过与合作伙伴、客户、供应商的各种业务组件的协同运作来创造业务价值。

面向服务技术是实现业务组件间无缝集成的核心技术,业务组件之间的交互体现了面向服务的思想,即每一个业务组件向其他业务组件提供一项或多项业务服务,使用业务组件服务的组件无需知道提供服务的业务组件是如何产生这个服务的。业务组件间的服务交互通过服务级别协议(SLA)来定义和约束,在SLA中定义了对交付服务的评价标准,用户根据SLA中定义的业务层协议对服务的功能、时间、质量、成本进行管理。

在业务组件化和面向服务思想的基础上,产生了面向服务的企业的概念,而不同企业的业务单元(服务)间的动态组合和协作形成了业务生态系统。

文献[1]认为SOE是一个组织设计问题,SOA主要考虑技术类问题,而SOE影响整个组织,因此SOE的实施是组织的战略问题,即将组织设计成由服务请求者和提供者组成的新型组织模式,管理的重点聚焦在管理服务的接口和服务间的相互关系上,并以荷兰一个银行的应用为例,分析了SOE的应用需求,给出了SOE的应用体系结构,并从战略、组织、技术、政治和经济几方面讨论了SOE给企业带来的优势。

文献[2]认为面向服务的方式使能了新的组织形式,企业开始建立面向服务的中心进而成为面向服务的企业。文中指出从传统企业到SOE的发展会经历传统企业、面向服务中心、面向服务的企业、部分服务外包的面向服务的企业4个阶段。

文献[3]给出的SOE定义是:面向服务的企业是一个通过SOA实施和对外发布其业务流程的企业,它提供了一个建立在SOA环境下的业务流程管理框架。文献[4]指出业务

的组件化趋势是产生面向服务的企业的主要原因,认为SOE可看成是提供了一组能力,这组能力可用来进行配置以满足变化的业务目标,指出SOE方法将组织的工作重点从应用开发导向转变成成为部件的组装和部件的协调,同时指出解决SOE涉及的业务挑战比解决SOA实施涉及的技术挑战的难度更大,文献[4]还对传统企业和面向服务的企业环境中IT在业务中的作用、业务价值创造、业务需求/完成解耦情况、过程流和组合服务、过程设计、组织结构、中介机构的作用、服务定义的共同理解等方面的差别进行了比较。

本文给出SOE的定义为:面向服务的企业是以提供服务的方式进行运作的新型企业模式,通过将企业的业务单元组织成为提供各种服务的业务组件,在整个价值网络中,以服务提供和服务消费的方式实现企业内部不同业务单元(服务单元)和不同企业之间业务单元(服务单元)的业务协作,并按事先约定的服务层协议对服务质量进行管理,快速柔性地响应市场需求的变化,实现企业和整个价值网络的利益最大化。

因此,SOE是整个价值网络的一个有机组成部分,对SOE的研究除了要关注企业内部的组织结构、管理模式、业务协作方式、信息系统建设等方面的问题外,还需要关注业务组件间的交互和协作,以及由此形成的复杂业务生态系统行为特性。

业务生态系统是通过类比生物生态系统提出的概念,用来描述企业间的协作关系和运作模式。业务生态系统是一个扩展的系统,由相互支持的组织机构、客户团体、供应商、占领导地位的生产商和其他利益干系人、金融、商会、标准化组织、工会、政府或准政府机构以及其他利益方共同组成。这些团体的联合可能是有意识行为的结果,也可能是高度自组织的过程,有时甚至是某种偶然结

果。对一个业务生态系统,起重要作用的是占领导地位的公司,即起支柱作用的物种,它对业务生态系统的共同进化过程有重要影响^[5]。

业务生态系统的生命周期可分为产生、膨胀、主导、终结4个阶段,而决定业务生态系统的关键成功因素主要包括生产力、鲁棒性、能为新企业创造小生境(niches)和机会4方面。业务生态系统具有以下特性:

(1) 业务生态系统是一个描述社会组织群的概念,它将若干相互连接和相互依赖的实体联系在一起形成一个系统。在组织层面,业务生态系统呈现理性选择,各个成员的目标不断创新,以实现商业上的成功。在组织群层面,相互连接使组织间共享同样的命运,即一个组织的兴衰可影响其他组织甚至整个系统的存亡。

(2) 业务生态系统是由大量不同组织相互连接在一起形成的,组织之间既有竞争又有合作。因此,多种多样的交互作用是业务生态系统行为和发展的重要组成部分。在组织群层面,业务生态系统的复杂性表现为一个组织群通过共同进化、自组织、涌现和自适应而得到发展。组织层面的共同进化扩展到组织群。共同进化可以是竞争、互助或剥削。剥削式共同进化发生在一个组织比其他组织强势得多的情况下,强势组织决定规则而其他组织只能遵从。

(3) 组织群是一个自组织系统。自组织与分散决策相关,在业务生态系统中,每个组织都可以自己做出决策,尽管这些决策可能受到其他组织的约束。在市场经济中,市场就是自组织的使能器,但同时存在多种政府干预,如商业补贴、进口税、公开资助的开发项目等,这将对自组织产生抑制或促进作用。

(4) 业务生态系统的行为非常复杂。在业务生态系统中,涌现相互关联和自适应等复杂的现象和关系使得业务生态系统发展行为呈现出

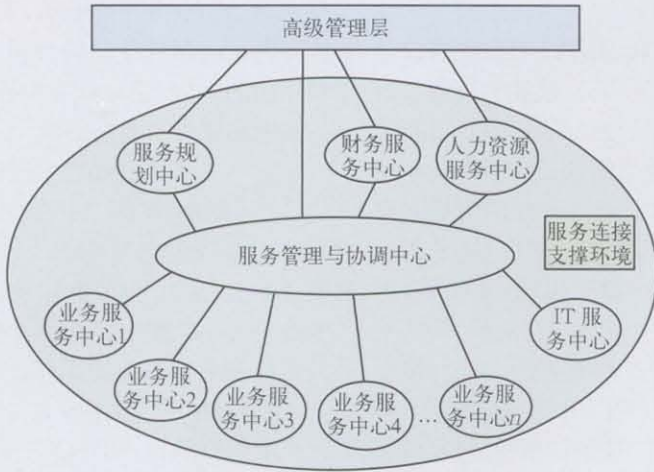


图1 面向服务的企业的组织架构

非线性、不确定性和不可预知性的特点。

由此可见,业务生态系统不仅行为复杂,而且各个行为主体具有很强的独立性。传统的控制和管理方式无法直接应用于业务生态系统的行为控制中,采用面向动态联盟和服务的管理方式是改进业务生态系统性能的一个新思路。因此,开展业务生态系统的行为、交互方式和性能的研究,对于指导面向服务的企业的组织和运作具有非常重要的意义,用博弈理论描述基本的实体行为模型,用价值网络建模方法建立系统化的业务生态系统的模型,并进行了仿真分析,是揭示业务生态系统的行为和性能的一种可行方法。

面向服务的企业的体系结构

面向服务的企业的体系结构可以从组织设计和实施运维2个方面进行研究,图1给出了从组织设计角度考虑的SOE组织架构。

从图2中可以看出,SOE的组织架构呈扁平化,在高级管理层的指挥下,由若干相对独立运作的服务中心构成,服务中心之间按照事先约定好的服务级别协议进行服务提供和服务消费。服务中心可以分成3类:职能服务中心完成企业的支撑功能,包括服务规划中心、财务中心、人力

资源中心、IT服务中心等;业务服务中心完成企业业务功能的运作;服务管理与协调中心负责完成不同服务中心间服务协议管理、服务质量管理和矛盾的协调。

从实施运维和IT服务支撑的角度考虑,图2给出了一种面向服务的企业的层次结构,其中,IT基础结构层为企业信息系统提供基础环境;信息系统层包括企业运行的各类应用信息系统;IT服务组件层由企业所有IT服务组件构成,IT服务组件可独立开发形成,也可通过封装应用信息系统的功能形成,IT服务组件为业务服务组件提供数据、计

算、操作和存储服务;业务服务组件层由企业所有业务组件构成,业务服务组件在IT服务组件的支持下,以服务的方式对企业内部和外部的使用者提供各类业务功能服务;业务流程层包含企业运作的各种业务流程,这些业务流程是基于服务组件的业务流程,按照业务执行所需要的逻辑,通过选择、匹配和组合业务服务组件形成的流程;服务中心层包含各类业务服务和职能服务中心,每个服务中心调用所需的业务流程完成业务工作,服务中心之间按照服务提供和服务消费的方式进行协作,根据预先定义的服务级别协议,实现不同服务中心之间服务的协调和服务质量管理;客户与服务入口层为客户、供应商、其他机构提供访问本企业服务的接入接口;服务总线为不同服务之间的互联提供支持环境;服务协调与服务质量管理体系用来协调不同服务中心之间的矛盾,并对服务中心的服务质量进行评估和管理。

面向服务的企业的 关键技术问题

面向服务的企业的研究和应用涉及组织变革、信息技术应用、业务协同与管理模式、企业间业务生态系

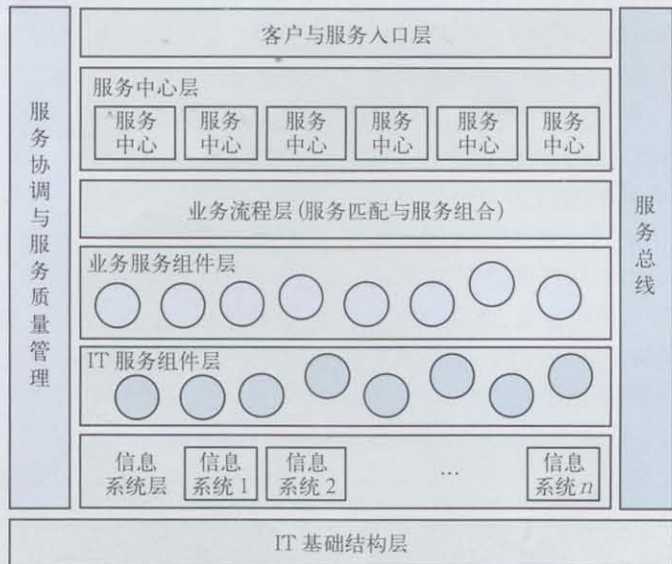


图2 面向服务的企业层次结构

统行为等多个方面,本文对其中部分关键技术问题和研究现状进行讨论,供研究者参考。

1 面向服务的企业的组织设计和管理机制

面向服务的企业的组织设计与管理机制不同于传统企业的组织设计与管理机制。传统的组织设计是采用企业目标功能分解的方法,将企业战略目标分解成若干子目标,再将子目标分解成细致的子子目标,在此基础上定义组织所需要的各种功能,将同类功能组织在一个部门中形成组织单元。而面向服务的企业的组织则需要以客户需求为出发点,采用服务拉动的设计思想,围绕满足客户需求形成若干个服务功能点,这些服务功能点在满足客户需求的服务过程中又需要其他业务单元为它提供服务,从而形成了新的功能点,这些服务间的层层需求拉动了企业的业务运作,形成了一个服务链,将服务链中的同类服务功能点进行必要的组合便形成了若干个服务中心。因此,以服务链为流程、以服务中心为组织单元的企业组织定义方式,充分反映了以客户为中心的管理思想。

在形成服务中心后,要制定不同服务中心的功能和评价指标,并建立不同服务中心之间服务级别协议(SLA),形成企业的服务网络,设置必要的监控点,定义服务级别监控协议。服务中心的建立和服务级别协议的达成是一个非常复杂的过程,在这个过程中涉及组织的变革和各种利益的分配问题,因此,需要企业管理层与服务中心管理者间进行持续不懈的沟通,并协调不同服务中心之间的矛盾和利益冲突。

面向服务的企业管理机制也不同于传统企业的管理机制,在面向服务的企业中,各个服务中心具有高度的自治性,对其管理上采用传统的命令和控制方式是不合适的,按照服务中心预先确定的业绩目标和服务级

别协议进行管理是一种可以参考的管理方式。服务中心业务目标的设定方法、服务级别协议的协商和签订过程、服务中心的规划和发展策略制定方法、面向服务的业务协同模型和业务协同机制的建立方法、面向服务环境下业务管控方法等都是需要深入研究的问题。

2 服务生命周期管理

服务是面向服务的企业的主要构成元素,对服务的全生命周期进行有效管理是提高服务质量和提供服务使用效率的重要手段,服务生命周期管理中涉及的关键技术研究和服务生命周期管理系统的开发是有待深入开展的工作。图3给出了一个服务生命周期模型,包含了从服务建模到最终服务废弃所涉及的相关环节,以下分别对其中的主要环节加以阐述。

(1) 服务建模。

现有的服务建模方法主要面向Web服务,针对服务的不同方面,提出了不同的描述模型,WSDL(Web服务描述语言)侧重于描述Web服务的操作接口及调用绑定方式的定义,已经成为Web服务接口描述事实上的标准,得到了主要软件供应商的支持。另一个有重要影响的Web服务建模语言是服务本体描述语言OWL-S^[6]。OWL-S通过建立一套公共的本体语言来描述Web服务。OWL-S中的服务描述分为服务概要描述、服务基础描述和服务模型描述3部分。服务概要描述用于描述服务所属的类型、输入输出参数、执

行条件等;服务基础描述用来描述服务内部的业务流程逻辑;服务模型描述用来描述访问服务的消息格式、通信协议以及端口号等其他细节。

目前在业务服务建模方面的研究成果还不多,主要有IBM提出的组件业务模型^[4],该模型用来确定业务组件在整个企业战略中的位置,为企业的业务转形和业务外包提供决策依据。业务服务与IT服务存在很大差别,IT服务主要涉及数据和对数据的操作,而业务服务单元本身是企业的一个利润单元,其运作涉及人、资源、技术、资金、数据、管理和性能等问题,因此,业务服务的建模需要采用多视图建模方法,从功能、信息、组织、资源、资金等多个方面建立能够准确反映业务服务本质特征的模型,所建立的模型不仅能支持业务服务的分析,还要能够支持业务服务的执行和管理。

(2) 服务验证。

服务验证是对投入实施前的服务模型进行验证,包括功能性验证、服务逻辑正确性验证、服务性能验证、服务接口数据正确性验证,以保证所实施的服务能够满足业务需求和用户使用需求。在服务验证方面,许多研究者提出了有价值的研究方法,例如,借助时序逻辑和分支逻辑验证Web服务与事件;利用Petri网对服务行为和服务质量进行统一建模,定义统一的服务行为和服务质量一致性规则,研究一致性验证检查

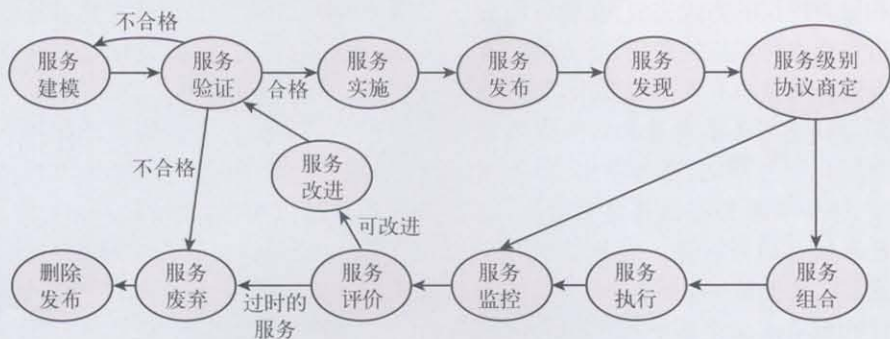


图3 服务生命周期模型

方法; 将用 Web 服务业务流程执行语言(BPEL) 描述的 Web 服务流程转换为过程代数, 并借助过程代数的强大分析能力来验证服务流程之间的相似性和等价性; 进行服务流程逻辑正确性的形式化定义和正确性判定, 并借助 Petri 网的状态分析技术验证服务流程的逻辑正确性; 基于拓扑的测试方法, 通过完备性和一致性分析技术来验证 Web 服务的可信性等^[7-9]。

(3) 服务发现。

服务发现是找到合适服务的手段, 服务发现过程包括服务查找、服务匹配和服务选择等环节。服务查找的功能是找到客户方所需要的服务, 服务匹配是在查找到的服务中找到合适的服务, 而服务选择则要在时间、性能、价格、服务质量等多种因素约束下确定最终的服务方。在服务数量相对较小时, 服务的查找可以通过目录查询和关键词搜索的方法完成, 并对查找到的服务进行匹配和选择; 而当服务数量和类型很多时, 目录查询和关键词搜索的效率就会比较低, 而且查找出的类似服务的数量也会很多, 服务匹配和选择的工作量会很大。引入服务中介是一种可行的方法, 通过专业化的服务中介减少服务发现和选择的时间和成本, 而服务中介机构则需要提高专业化水平和中介服务质量, 提高客户信任度。

(4) 服务级别协议商定。

在面向服务的企业中, 不同业务服务中心的业务协作采用服务消费和服务提供的方式完成, 在服务消费后需要支付相应的费用, 服务消费者对服务质量也有明确的要求, 服务级别协议是服务消费者和服务提供者之间在服务功能、服务费用、服务周期、服务质量等方面签订的协议, 以此来保证服务质量。服务级别协议的制定过程是一个博弈的过程, 在同样的服务有多个服务提供商的情况下, 服务级别协议的制定过程则是一

个多方博弈的过程。博弈过程本身是一个价值递减过程, 即博弈时间越长、交互次数越多, 花费的成本就越高, 相应的服务产生的价值增值就越少。研究支持高效的服务级别协议协商方法并开发相应的支持系统, 对于提高服务级别协议制定的效率和降低协议制定成本具有重要意义。

基于信任的协商过程是服务级别协议制定成本最低、速度最快的过程, 但是需要建立有效的服务信任与评估机制。

(5) 服务组合。

在面向服务的企业中, 服务是基本的调用单元, 服务通过组合形成更大粒度服务。服务组合是指将若干个已存在的 Web 服务按照一定规则动态发现, 并组装成一个增值的、更粗粒度的服务或系统以满足用户的复杂需求, 并提高软件系统开发效率, 因此, 服务组合已经成为系统集成、服务重用和新业务快速开发的重要使能技术。

从实用的角度出发, 工业界提出了 Web 服务组合描述语言, 包括: Web 服务业务流程执行语言(Business Process Execution Language for Web Services, WS-BPEL, 简称 BPEL), Web 服务编排接口(Web Service Choreography Interface, WSCI) 和 Web 服务编排描述语言(Web Service Choreography Description Language, WS-CDL) 等, 许多厂商还基于这些语言开发出了相应的建模和运行工具。学术界主要关注 Web 服务组合方法、验证技术和适配技术。

根据服务组合方法的自动化程度, 可以将服务组合方法分为半自动化和自动化两类, 文献[10-11]给出了服务组合的自动化方法, 文献[12-13]给出了服务组合的半自动化方法。

服务组合后流程的正确性对组

合服务能否满足用户需求至关重要, 因此, 组合服务的流程正确性验证是值得研究的重要问题。大量研究成果表明, 服务组合的正确性可以通过分析参与组合的各成员服务流程的相容性来进行验证。服务组合验证及相容性分析通常需要借助某种形式化理论, 常用的方法有有限状态机、过程代数和 Petri 网方法。

在服务组合过程中, 研究解决参与组合的各个成员服务之间的不匹配问题具有重要价值。文献[14-16]对服务协议不匹配进行了研究, 提出了 6 种基本的服务协议不匹配模式, 并指出, 其他复杂的协议不匹配可以通过这 6 种基本不匹配模式组合构成, 进而研究了适配器技术, 通过设计适当的适配器来消除成员服务之间的协议不匹配, 进而实现服务组合, 提出使用服务协议间的消息映射以及规则推理帮助选择和构造协议适配器, 并提出了一种基于规则的技术来自动生成适配器的 BPEL 代码, 用于实际部署和执行。

(6) 服务执行与服务监控。

在面向服务的环境中, 对服务的管理与服务本身的状态密切相关, 服务的执行状态集可分为服务初始化、服务执行、服务完成、服务正常终止和服务异常终止等多种状态, 对不同状态下的服务需要采用不同的管理策略, 如对服务异常终止状态要调用异常处理或者补偿策略。建立服务的有限状态机模型, 对服务执行的状态进行跟踪和控制是提高服务执行质量的一个可行方法。

(7) 服务评价。

服务评价是在服务级别协议的基础上, 对服务执行的质量进行评价, 为服务的改善提供依据, 对服务性能的评价应考虑完成的功能、完成的时间、服务的质量、服务结果的可信性、服务的成本等因素, 单元服务评价是面向服务的企业性能评价体系中的重要组成部分。在 SOE 环境

下,服务与流程有着紧密的联系,流程由服务组合而成,而流程本身又可被封装为一个服务,所以面向服务的企业性能评价和面向服务环境下的工作流性能评价关系密切。文献[17]研究了面向服务的工作流与性能评价问题,给出了面向服务的工作流的定义:面向服务的工作流是在SOA架构下全部或者部分由计算机支持或自动处理的业务过程,业务过程中全部或部分活动的执行是利用网络中的服务来完成的,它可被看成是为了完成某一特殊目的而对网络服务的合成。文中还从业务和IT 2方面出发,给出了面向服务的企业综合性能指标体系,该体系从上到下共划分为业务战略与规划层、业务过程层、业务活动层、服务合成层、IT基础架构层5个层次,并对每个层次都定义了相应的关键性能指标。

面向服务的工作流是一个较新的研究方向,有许多问题有待深入研究,如面向服务的工作流过程建模、服务发现与匹配、分布式工作流系统中多个工作流引擎的协同、服务组合的正确性验证等。近些年来,有很多研究者关注网络环境下的工作流技术的研究,由于网络环境和面向服务的环境在许多方面具有类似的特性,所以面向服务环境下和网络环境下的工作流技术在应用需求和运作特性上具有很多共同点。

(8) 服务系统的仿真。

在许多情况下,由多个单元服务组成的服务系统会变得非常复杂,在服务系统投入运作之前,对服务系统进行仿真是保证服务系统可靠性和优化服务的重要方法之一。在面向服务的环境下,大量的服务是运行在分布的网络环境中,服务单元的可用性和性能会受到各种不确定性因素的影响,导致由单元组成的服务系统

在构成元素和运行性能上存在较大的不确定性,服务系统具有动态组合性和随机性的特点,这与传统的工作流环境有比较大的差别,研究开发支持动态组合性和随机性的服务系统仿真软件具有显著意义。

3 面向服务的企业的实施方法

BEA、IBM和IDC等公司给出了SOA的实施策略,SOE的实施方法可以在SOA实施方法的基础上补充形成。首先进行业务战略层分析和组织架构的规划,其次完成业务服务构件识别、服务中心设计、业务服

下进行业务服务和流程规划,然后进行IT服务开发与封装,最后再完成业务服务与IT服务的连接。

结束语

面向服务的企业是未来一种新型的企业组织模式,其优点是可以提高企业的运作效率和降低管理成本,而面向服务的体系结构(SOA)为这种新型的企业形态提供了技术上的支撑。面向服务的企业涉及企业战略、管理模式、组织设计、业务协同、信息系统设计实施、运行性能评价、



图4 面向服务的企业的实施方法

务流程规划、业务战略层分析和服务中心层设计,这些工作的结果构成指导IT服务构件开发、IT系统封装和SOA实施的蓝图和框架,使SOE的实施满足企业的业务发展战略和服务中心运作需求,避免信息技术与业务运作的脱节。

图4用图示化的方式表示了一种面向服务的企业的实施方法。从上到下分为业务设计、业务运作与IT服务操作、IT服务开发与封装3个层次。在实施步骤上,采用自上而

下业务生态系统行为等许多方面的问题,这些问题非常复杂也具有很大挑战性。本文对面向服务的企业概念和涉及的部分关键技术问题进行了讨论,以期引起研究者对该领域问题的重视,促进面向服务的企业的相关理论、技术和系统的研究与发展。

本文有参考文献17篇,因篇幅所限未能一一列出,读者如有需要请向本刊编辑部索取。

(责编 依然)