



支撑电信运营商集约管理的云计算平台研究探索与实践

杨经纬, 胡 林, 李金岭, 刘志勇

(中国电信集团系统集成有限责任公司 北京 100035)

摘 要:探讨了电信运营商通过构建集中统一的云计算管理平台,实现全网资源统一集约管理的思路,详细分析了资源纳管集约化管理中碰到的问题及其对策,以及通过分权分域实现资源统一管理、统一调度和统一呈现,通过流程衔接实现业务自动化开通,并结合实际应用论述了云计算平台全面监控资源使用量和使用效率,为实现资源集约使用提供依据。

关键词:云计算;网络;数据中心;IT基础架构;IaaS

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.08.024

Exploration and Practice of Cloud Platform About Supporting Telecom Operators Intensive Management

Yang Jingwei, Hu Lin, Li Jinling, Liu Zhiyong

(China Telecom System Integration Co., Ltd., Beijing 100035, China)

Abstract: One solution was presented that telecom operators can achieve whole network resource intensive management by building centralized and unified cloud platform. Some problems were analyzed in detail and further resolved when bringing into and managing resource. The unified management, unified dispatch and unified presentation of resource by decentralization of authority and domain can be achieved, automatic opening of service by means of process connection can be achieved. The usage and use efficiency of monitored resource were also discussed combined with the actual application in cloud computer platform, which can provide evidence for intensive usage of resource.

Key words: cloud computing, network, data center, IT infrastructure, IaaS

1 引言

随着互联网行业的壮大以及云计算应用的日趋广泛,电信运营商在感受到巨大压力的同时,也在通过创造性地使用云计算等信息化技术,提升自身运营效率与效益。云计算所具有的资源弹性使用、可计量、资源的池化和透明化等特性,都为运营商实现基础设施的快速部署,降低自身维护压力,提高IT基础资源使用效率提供了可行的思路。在公有云方面,运营商期望通过云的服务模式,改变过去运营商只做通信、网

络和基础资源的局面,发挥自身运营优势和特长,实现资源消耗向增值服务的转型,最终通过实现IT的服务化,扩展崭新的市场。在私有云方面,运营商通过IT基础资源的集中化管理、统一调度和配置,改变过去系统构建烟囱模式,系统间互通困难等弊端,利用虚拟化、分布式计算、大数据等新技术,使IT基础资源使用逐步量化,可计量考核,IT基础建设更快捷,应变更迅速。目前,中国电信集团系统集成有限公司所研发的云计算管理平台已在中国电信公有云和私有云中得到了大规模使用,其中,公有云已纳管华东、华南、西南

三区域数据中心,管理近 1 万的物理 CPU 核数,带宽总容量 60 Gbit/s,已为政企和互联网客户提供虚拟机近 3 000 台;在私有云方面,已实现集团、省级 10 个内部资源池的纳管,并按计划逐步完成管理支撑、运营支撑、业务支撑三大类业务系统向云环境的迁移。中国电信业务转型过程中的这些实际应用印证了集约化云计算管理平台的有效性。

云计算技术虽然为实现运营商集约化管理提供了一种思路,但在具体实践中,需要面对许多的现实问题。

- IT 基础设施种类繁多,包括服务器、存储、网络、安全、虚拟化平台等资源。集约化管理首先要将这些资源纳入云计算平台管理的资产和资源管理范畴。如何构建统一的逻辑纳管视图,屏蔽物理层面的差异性,使异构资源更利于管理?
- 从全国角度来看,中国电信拥有大量的内部和外部数据中心,其中网络设备种类、型号繁多,组网模式根据业务发展需要也存在不同程度的差异。如何构建包括 IP、域名、安全策略、负载均衡、带宽等网络元素在内的完整资源模型?如何将各种网络功能抽象为服务,以支撑网络范围的可视性及可控性的统一管理?
- 资源池分布跨地域、建设主体、运维主体、运营对象和对接系统存在差异,尤其是对外运营的公有云和内部支撑使用的私有云,如何能在统一管理的要求下,通过灵活的资源域控制保证资源使用的安全性,进行故障隔离以及提供不同服务等级协议(SLA)?
- 资源集中、池化后,并不意味着资源使用是不受控制的。将公有资源池、私有资源池统一视图后,用户类型变得异常复杂,管理流程和运营要求也会多种多样,如何实现安全地授予各类用户有限的操作权限?如何为云管理员提供强大的安全审计功能?
- 针对公有云和私有云运营特点及管理体的不同,需要对接外部系统不同,同时为提升增值业务能力,需要为构建 PaaS(platform as a service)甚至 SaaS(software as a service)平台提供支撑。如何在云计算平台中构建开放性的架构体系?也是非常关键的能力要求。

综上,一系列因集约化管理带来的新问题,都对云计算关键技术之一的云计算平台提出了更高的要求,从规划、设计到开发、运维,都要充分考虑资源纳管能力、扩展

和开放性,管理功能的方便、准确和安全性。

2 云计算平台集约化管理架构

2.1 云计算管理平台选型

中国电信的云战略是私有云、公有云齐头并进。作为云计算关键技术之一的云计算管理平台既要兼顾私有云、公有云的特点,同时又要在统一架构下,实现统一呈现、统一调度。对内分级管理、精细化运维,对外整合全国 IDC 资源,扩展服务型业务发展模式。因此,云计算管理平台的构建问题,成为了中国电信集团系统集成有限公司首先要考虑的问题。

- 在闭源、开源和完全自主新开发 3 种思路做出选择。闭源系统通常功能比较成熟,易用性和稳定性较好,但通常需要厂商提供深度的技术支持服务,容易绑定厂商。同时,往往闭源系统厂商对自己或同盟者的关联 IT 产品支持较好,缺乏一定的普遍适用性和扩展性。而成熟开源系统功能同样丰富,且有利于二次开发,扩展性、适用性和可控性是主要优点。但选择者需要具备较强技术实力和研发能力。完全自主开发需要最强的技术实力,且需要相对长的开发周期,不匹配市场发展的紧迫性。
- 是否支持公有云和私有云的同时管理。云计算管理平台应适应企业级 IT 环境和互联网 IT 环境下,在负载、运营方式、虚拟化平台类型、网络环境等方面的差异性。
- 已经虚拟化的数据中心资源是否可以纳入云计算管理平台管理范畴。许多数据中心是从服务器虚拟化起步,云化过程必须要很好地支持新建和已有数据中心云化纳管的需求。
- 云计算管理平台的扩展性要好,稳定性较高,二次开发的技术曲线要比较平滑,成功案例也是需要考虑的重要方面。
- 自身的研发能力。云管理平台是一种正在成长阶段的新型技术,随着云业务发展,技术的持续进步,需要自身有非常强的研发能力,可以快速响应业务发展要求,对云计算管理平台进行持续研发和优化。

在综合考评多种商业和开源云计算管理系统的特点后,采用 CloudStack 作为实现云计算平台的基础。CloudStack 如今在全球已部署了 150 多个云平台,在 BT(英国电信)、NTT(日本电报电话公司)等顶级运营商及三



星、迪士尼等知名企业中都得到大规模应用,经过实战的洗礼,来源于大量实践且开源的方案无疑是比较合适的选择。

2.2 云计算管理平台体系结构

中国电信的云资源运营和管理体系中,云资源池作为基础能力的统一承载,为构建上层的开放基础能力平台、管理支撑体系的优化提供基础性保障,而云计算管理平台正是对云资源池实现统一调度、统一呈现的管理支撑系统,图1是云资源体系示意。

云计算平台的架构自下而上分为4个层次。

- 资源池。资源层由计算、存储、网络、安全及虚拟化管理子系统构成。以“集群”为单位,同集群内软硬配置应采用同构设计。
- 适配层。适配层负责屏蔽资源池中各设备差异性,实现管理接口的统一。适配层支持资源池本地部署和管理平台本地部署两种模式,支持负载均衡部署模型。
- 资源管理。通过适配层的统一接口,实现与资源池对接,收集资源池状态,下发管理操作指令,通过分权分域方式使集团级和省级层面上的运维和业务系统管理人员进行资源全生命周期管理。
- 接口系统。提供开放的 API 接口,与外围系统对接,如集团、省级的流程系统,运维系统以及其他上层系统,实现资源审批、运维以及构建上层能力平台。

中国电信云计算管理平台在开源系统基础之上,结合自身管理、运营和资源特点,主要在以下方面完成了创新设计和二次开发。

- 支持对已有或新建资源池同时纳管,增加了适配层部署单元,实现异地数据中心在无需网络改造情况

下实现统一管理。同时适配了大量外部物理交换机、防火墙、负载均衡设备及备份系统,将传统数据中心或虚拟数据中心提升到云数据中心层次。

- 充分借鉴了开源系统网络即服务的理念,在此基础上,通过集成开源或商业的软件防火墙、负载均衡和 VPN 等,实现数据中心网络的软件化。实现以网络为总线,计算、存储和网络资源的自动化管理,减少手工操作,提高交付的敏捷性。
- 在原有开源系统域管理基础上,将域管理概念细化为管理域、使用域,在实现全网资源统一呈现、统一调度的同时,又可以为各省提供分权分域的资源管理、调度与分配功能;同时基于 RBAC (role-based access control) 理念对数据和功能权限进行了完善,实现了功能操作粒度的权限控制。
- 在基于数据中心、机房、集群、租户等这种传统资源组织方式之外,实现了基于业务维度的资源定义,例如根据业务需要定义资源池为核心业务资源池、测试业务资源池。并基于业务系统容器的理念,以业务系统所需各类资源构成完成容器或子容器的方式,实现对资源的重新组织和管理。
- 扩充了对资源状态的收集范围,在基本的使用量指标基础上,扩充了性能、健康度指标。并形成历史数据存储,通过构建虚拟资源使用成本评估体现,实现对资源使用效率的评估。

3 适配层的构建

适配层是连接资源池各类设备、功能性系统与云计算

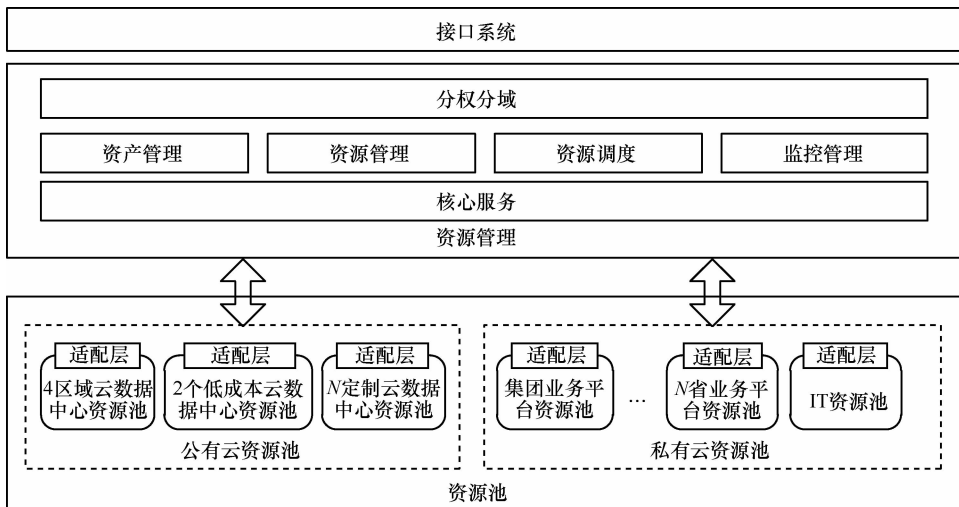


图1 云资源体系示意

平台的桥梁。一方面要准实时地实现对资源池各类资源状态的采集和跟踪,另一方面要接收来自管理平台的操作指令,实现对资源的各种操作及跟踪操作结果。从实际调研情况综合分析资源池建设上具有以下主要特点:

- 资源池包括新建资源池和已有资源池两类情况;
- 资源池包括了集团级资源池和省级资源池;
- 各省所采用的虚拟化平台包括了 VMware、Citrix XenServer、Hyper-V、KVM 等多种类型,且版本也存在不一致情况;
- 存储及网络设备等类型及应用模式存在较大差异;
- 各已有资源池设备管理地址存在重复。

3.1 适配层支持异构资源纳管

云资源池包括了各类 IT 资源,只有实现资源的纳管,成为被云计算平台管理的要素,才能实现资源的协调调度,资源的统一交付。在这些资源中除了虚拟化服务器、存储、虚拟交换机等最常见的资源类型外,也包括如物理交换机、防火墙和负载均衡设备等,为实现更复杂的资源管理和交付要求,有时候还需要包括类似备份服务器或备份系统(如 Symantec NBU)、安全设备或安全系统(如 IPS、IDS 等)。图 2 是云计算平台典型纳管虚拟化平台、存储、网络设备以及备份系统的示意。

云计算平台在对异构资源的纳管是通过资源代理组件来实现,资源代理组件是对纳管资源的映射,接收上层逻辑组件的操作指令,通过映射资源提供的接口,执行具体的操作处理,同时采集映射资源的状态、资源使用率和告警等实时信息,同步给云计算平台。

3.2 适配层部署模型

适配层作为资源池各类资源的实际操作组件,必须与

所管辖资源进行直接的交互,这些交互通过虚拟化平台、物理设备、系统软件所提供的各类型接口来实现,所有资源池资源对象通过管理地址与适配层互联,因而适配层在部署上要考虑管理地址编制、带宽要求和时延要求等。

适配层有两种部署方式,即与管理平台部署在相同位置或部署在资源池。综合考虑资源池实际承载业务等情况,采用适配层部署在资源池方式,无需资源池实施大规模地址改造,且对管理网络建设要求成本较低,部署示意模型如图 3 所示。

4 网络资源纳管

在向用户交付 IT 基础资源的时候,不只是单独交付一台虚机,通常需要的是交付一个包括业务内网、外网环境、安全配置等的完整 IT 基础环境。而在所有的资源中,网络设备和各类网络资源如同计算机系统总线,可将计算、存储等其他资源组件连接起来。云计算平台要完成这样的职能,关键是数据中心网络的构建模型和网络资源如何组织。

4.1 云数据中心二层网络模式

传统数据中心采用 3 层架构进行组网、模块化设计,每个汇聚区对应一组业务系统,每个模块的边界部署 ACL 或防火墙实现严格的安全访问控制,以保证业务和数据的安全性。在云数据中心中服务器虚拟化和网络接入设备虚拟化,可实现虚拟机在物理服务器之间的动态迁移,迁移后保持运行状态的不变(如 TCP 会话、IP 地址等),所以需要构建一个二层网络(虚拟机在迁移前后网关地址不变),这种扁平化的二层架构,减少了网络层次,减少了网络故障点,网络时延降低了,转发性能得到了提高,同时可以大

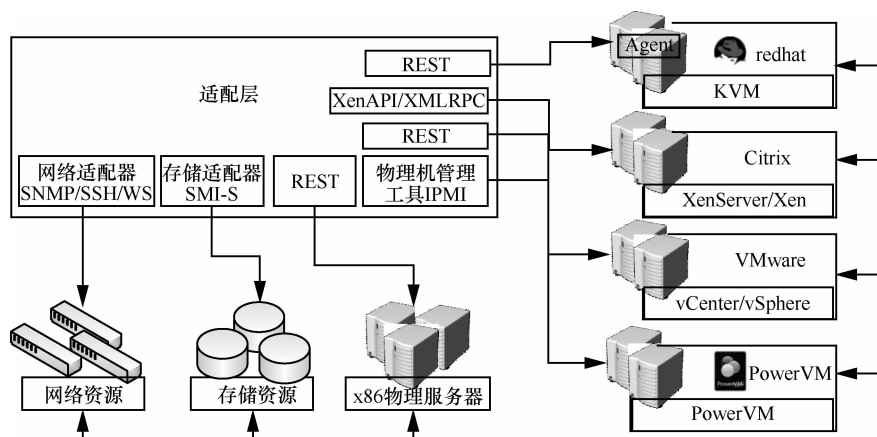


图 2 云计算平台典型纳管虚拟化平台、存储、网络设备以及备份系统

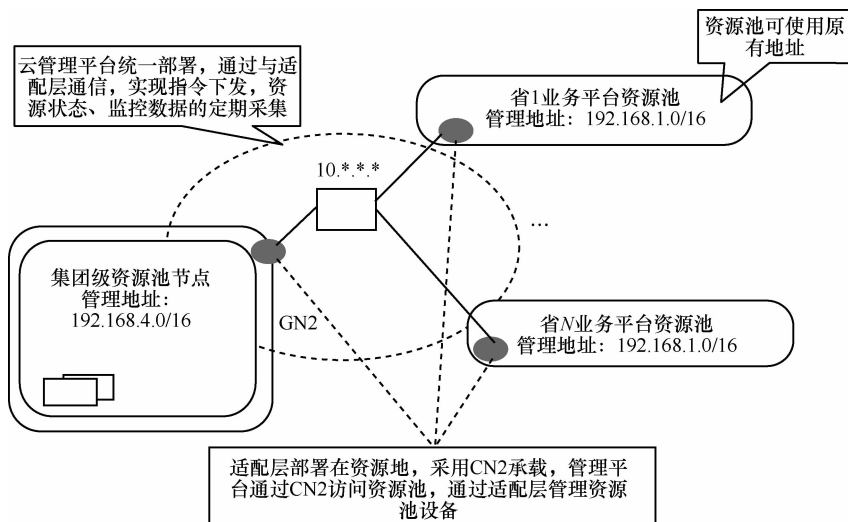


图3 适配层部署示意

大简化网络维护和管理,并与出口层共同组成云资源网络系统。

图4为数据中心逻辑架构,接入交换机与核心交换机均采用设备虚拟化技术进行N:1的虚拟化,把两台或多台交换机虚拟成一台,这样可以构建无生成树的无环二层网

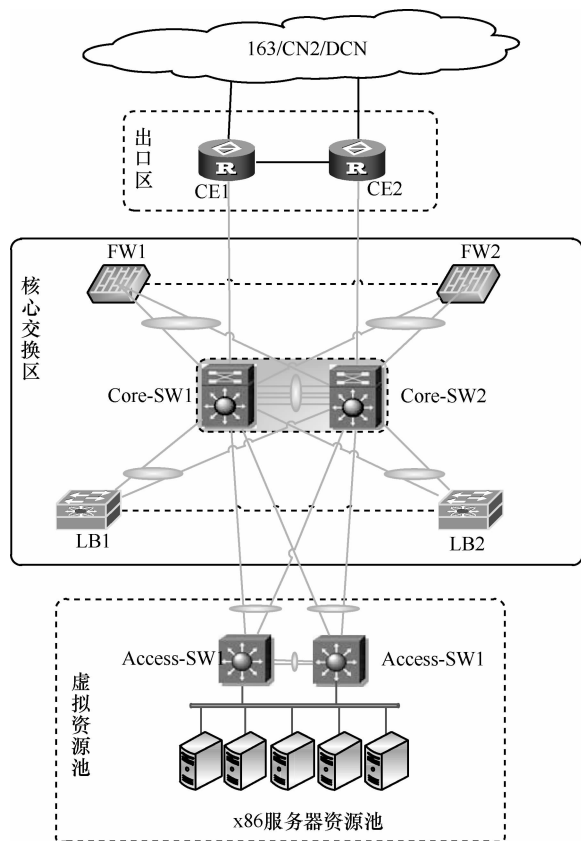


图4 数据中心逻辑架构

络,同时提高链路的利用率,降低网络管理的复杂度。防火墙和负载均衡设备均为主备工作模式。

在二层多路径的L2MP(layer 2 multi-path)技术未成熟和规模应用前,主要依靠了三层IP转发支持。这样就必须考虑在实际情况下三层网络控制点的管理问题。因而在前文提到的二层网络架构下,三层控制点的不同管理模式,直接影响着云计算平台对整个云数据中心网络环境的管理。另一方面考虑设备的多品牌兼容性,三层控制点的不同控制模型,也必须具有普遍的适用性,不会绑定单一厂商方案。

在云数据中心中,最重要的三层控制点有3类,分别是:

- 内网控制点(即业务网关);
- 防火墙与核心交换机、负载均衡与防火墙之间的三层互联控制点;
- 核心交换机与出口的三层互联控制点。

在这3类控制点中,第2、3类控制点一般在数据中心构建过程中初始化完成,变动较少,无需云计算平台控制。第1类控制点根据部署位置不同有以下3种模型。

(1) 内网控制点(业务网关)部署在防火墙

内网控制点部署在防火墙如图5所示。这种模型下内网控制点部署在防火墙上,优点是可以充分发挥防火墙作为安全设备的专长,实现不同业务系统之间的隔离和互访控制、业务系统内不同服务器之间的隔离和互访控制等不同维度和不同粒度的安全控制。而在负载均衡、交换机实现以上相同功能是非常困难的。

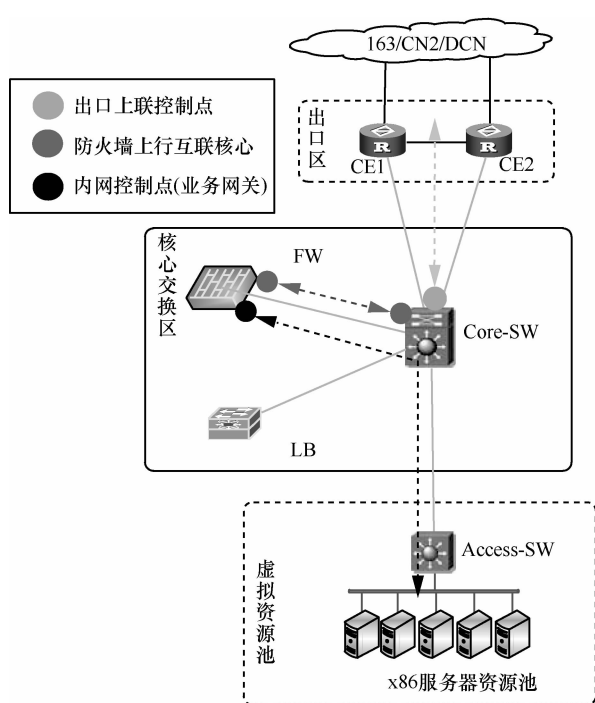


图 5 内网控制点部署在防火墙

此模型的缺点是防火墙将是整个数据中心网络的性能瓶颈。

(2) 内网控制点(业务网关)部署在负载均衡设备

内网控制点部署在负载均衡设备如图 6 所示。此模型与模型一的区别是将内网控制点部署在负载均衡设备,实现业务服务的负载均衡以及保持流量的上下一致性。

(3) 内网控制点(业务网关)部署在核心交换机

内网控制点部署在核心交换机如图 7 所示。此模型

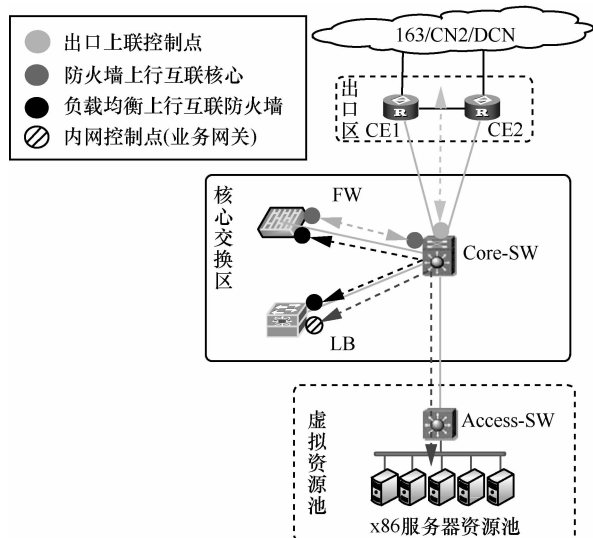


图 6 内网控制点部署在负载均衡设备

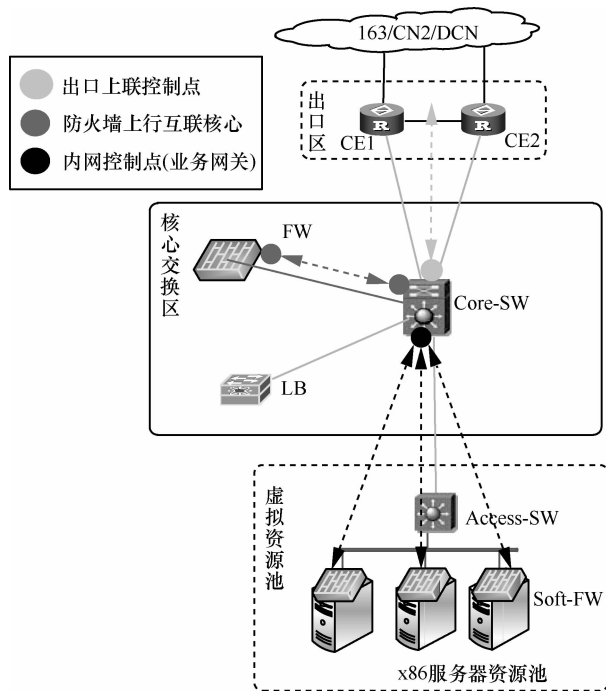


图 7 内网控制点部署在核心交换

内网控制点部署在核心交换机上,核心交换机不负责业务系统的隔离安全控制,如果来实现业务系统的安全隔离,可以部署虚拟化软件的软件防火墙,从虚拟网络层面控制内网流量的隔离和互访,比较典型的产品如 VMware vShield。

4.2 网络即服务理念支持资源交付的自动化

云的发展过程带来了大量的“即服务”概念,在 IaaS 中,网络即服务就是提供一种创建网络连接,配置安全环境的各种服务支持计算服务和存储服务的连接。云的特性就是广泛、快捷的网络支持,显然,没有网络的支持,就无法提供“云”的服务。

私有云环境,虚拟机用户一般为企业内部员工,对虚拟机的访问往往都从内部发起,并不需要对公网提供服务,因而网络架构往往考虑的是内部网络的分区及适应内部 IT 资源交付的敏捷性。而公有云中用户通常需要对外提供自助服务,交付的资源不只是计算和存储资源,也包括对内和对外的网络资源,甚至包括安全服务。云计算平台在设计网络管理模型时,需要从横向和纵向两个维度支持资源交付服务的要求,以体现针对不同客户、不同应用场景的差异化。

(1) 横向维度

数据中心可提供的网络(包括部分安全)能力,在保证



基本的网络接入情况下,将防火墙、负载均衡或者 IPS 等服务划分为区分用户等级的要素,通过将各种服务进行组合,为不同等级客户提供不同的扩展性服务。例如,在私有云环境中,提供默认的外网访问、共享带宽和基本的防火墙接入服务。对于核心或关键业务系统,可以提供如 VPN 接入、负载均衡以及 IPS 等组合服务。

(2) 纵向维度

针对单个的网络(包括部分安全)服务,提供细粒度的服务配置选项。如针对防火墙可以细化到吞吐量、连接数甚至安全策略的数量等。在提供默认的配置参数基础上,对于核心或关键业务系统,可以附加更灵活的网络配置参数,并允许在一定配额限制内,根据业务系统的运行特点灵活变更。

5 分权分域管理

资源池化为资源的集中管理、统一调度提供了基本的保证,但集中、池化并不意味云资源的管理、使用是随意的。相反,应该从管理、使用两个维度对资源进行受控的管理。所谓受控管理,就是在一个资源单元内(资源单元可以是区域、数据中心、机房、集群),可有效控制资源的管理范围和使用范围以及使用资源的用户可执行的操作两个层次,即分域和分权。

5.1 多层次资源域模型

分域管理就是通过域的定义,限定用户管理和使用资源的范围。云计算平台任何账号隶属于一个原始域,通过域授权方式,实现跨域的管理和使用。根据对资源的作用特点,分域管理域和使用域两个模式。

管理域: 账号可管理被授权域范围内的所有物理资源。

使用域: 账号可在被授权域范围内创建和使用虚拟资源。

域模型在设计上存在以下基本特性:

- 管理员角色天然具有所授权域的物理和虚拟资源管理权限;
- 普通用户角色不具有所授权域的物理资源管理权限,但具有虚拟资源管理权限;
- 具有普通用户角色的账户只具有账户内虚拟资源管理权限;
- 域采用树形分级结构,拥有父域,即拥有子域;
- 域中的部分资源如需实现被其他账户独占使用,可

通过资源标签的方式,实现特定资源的排他特性;

- 账号可被授权管理和使用多个域,同时域存在跨适配层(区域)情况。

图 8 是分域的实体模型。

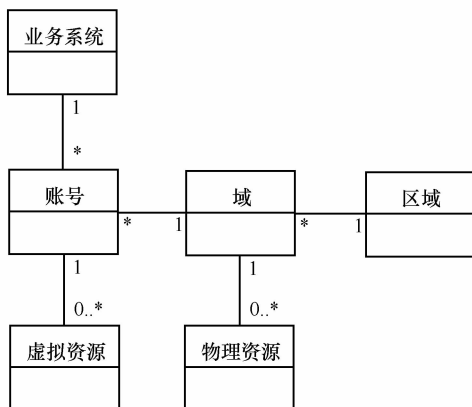


图 8 分域的实体模型

5.2 基于角色的权限控制模型

云计算平台直接控制物理、虚拟等各类数据中心资源,合理的操作权限控制机制,可以保证系统本身的安全,根据用户特点授予必需的功能,防止权利扩散。同时也要为管理员提供方便、简洁的权限管理功能。这种控制不仅包括了界面菜单,操作功能也包括了向外部开放的 API。同时对于云计算平台的特殊性,还需要建立租户(账号)概念,并在此基础上延伸出业务系统,基于租户或业务系统实现对数据级的权限控制。图 9 是整个权限模型的基本结构示意。

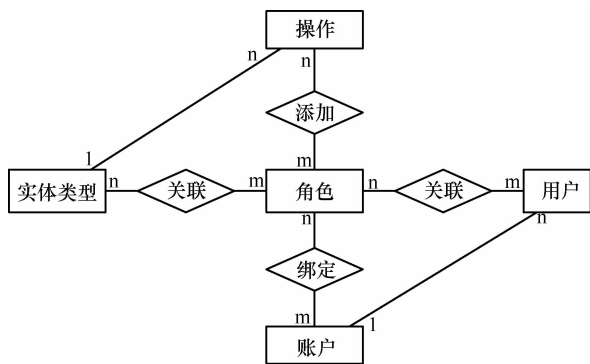


图 9 权限模型

6 开放接口支持定制化运维和资源交付

6.1 开放接口全面覆盖资源申请、使用和监控等操作

中国电信 IT 资源的使用用户大致可划分为资源需求部门、资源建设部门与资源维护部门。集团和省级业务部

门无论从资源的规划、管理以及使用上都存在差异,具体如表 1 所示。

表 1 云资源规划、管理及使用差异

运维与使用分工界面	由集中团队负责的完整业务系统运维,包括物理资源、虚拟资源; 集中团队负责物理资源运维,使用部门自主负责虚拟资源管理
审批流程	具备完整的资源申请、销毁流程,并有相应的 IT 系统支撑; 采用线下方式完成资源开通、销毁的审批流程
上层应用	上层构建了 PaaS 平台,实现了应用交付自动化,由云计算平台提供自动化的基础资源支持; 无上层应用,云计算平台提供基础资源直接给业务系统使用
运维监控	已有完善的综合网管系统,且具备直接监控资源池(包括物理、虚拟及应用资源)的能力; 已有综合网管系统,但不具备直接监控云资源池的能力

综上,业务单位、规划单位和运维管理单位可根据自身要求,定制管理流程、资源使用方案和资源运维管理方案。通过这些开放性接口,覆盖资源开通、配置以及管理环节,从而实现全国一级管理框架,达到支撑集约化管理的要求。

6.2 REST API Server 架构

采用标准的 REST 架构构建独立的 API Server,实现与 cloud engine(云核心服务引擎)的解耦。图 10 是整个 API Server 的架构示意。

在 API Server 之上云计算平台根据业务定制需要,对基础 API 进行了封装,并增加了 API 发现服务和 EC2 兼容接口。

- 流程接口(flow API):提供对接集团或省各类流程系统,实现资源的线上申请和审批。
- 操作、管理、维护和配置接口(OAM&P API):提供对物理机、虚拟机、存储、网络和业务系统的运行、维护、管理和配置类接口。
- 资源监控接口(monitoring API):提供对物理机、存储、网络、虚拟机的运行状态采集、告警。
- API 查询服务(API discovery service):云计算平台是支持 API 扩展的插件架构,通过 discovery 服务为每个 API 设置启用与禁用状态,实现 API 的自发现。
- EC2 API(亚马逊弹性计算云接口):提供完全兼容于 EC2 风格的 API,并可单独部署,根据用户需求决定是否启用。
- 缓存数据库(cache DB):提供对物理机虚拟资源状态的缓存数据支持。
- 云管理平台数据库(cloud DB):保存管理平台的基础数据,物理机虚拟资源的元数据、状态数据及各类调度任务等。
- 云服务核心引擎(cloud engine):是整个云管理平台的核心组件。
- 事件框架(event framework):云管理平台事件机制的核心组件,采用事件机制将资源的状态变化通知给云管理平台其他组件,同时负责通知缓存数据库进行资源状态更新。

7 云资源使用效益评估

云计算平台将池化资源纳管为可管理的单元,通过虚

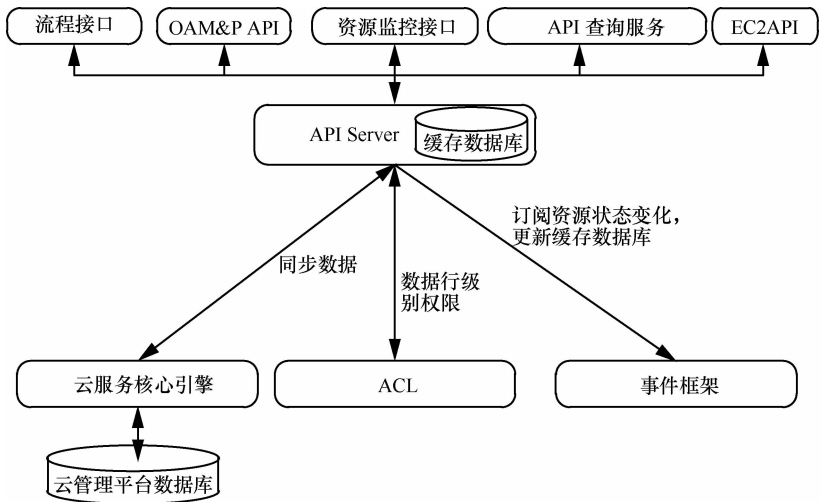


图 10 API Server 的架构示意



拟化技术结合自动化管理,提高了资源使用的效率和敏捷性。但要实现根据资源使用情况和应用要求动态地资源调度,对资源的使用情况作出预测,主动实现资源优化,实现集约化管理,还需要改变现有的运维模式,从被动运维向主动、精细化运维转变,精确掌握各类资源的性能数据、运行状态、使用量情况,通过虚拟成本核算机制,为资源池的自治调度和 IT 投资优化提供基础数据保证。

中国电信云计算平台根据集约化管理的要求,在规划上从资源使用及管理、运维、使用计量 3 个方面充分考虑了对资源效益管理的需求,图 11 是云计算平台在实现以成本为导向的集约管理思路指导下,重点提升的关键能力示意。

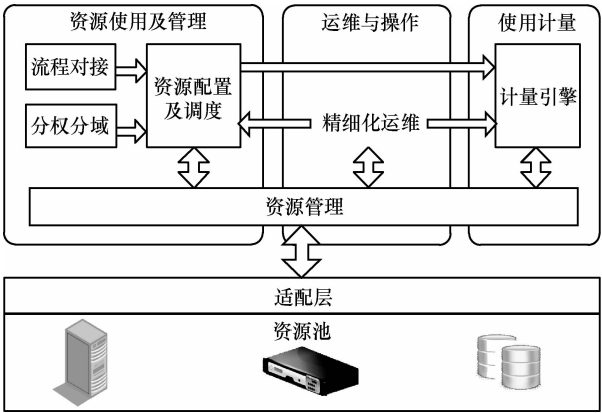


图 11 云计算管理平台资源成本评估能力支撑体系

7.1 计量引擎支持准确使用计量数据采集

云计算平台构建了独立的计量引擎,通过平台提供的资源监视和采集接口,对资源池被管对象容量数据信息(资源区、集群、宿主机、虚拟机的容量情况等)进行统一采集,及时了解被管对象容量状况。资源使用量采集指标见表 2。

7.2 资源使用成本评估

云计算平台基于所纳管资产及用户资源使用量数据,形成模拟成本评估分析,评估过程包括模拟费率定义,多维度使用成本核算。

- 模拟费率定义依据计量数据指标作为成本评估的最小单元,主要由计算、存储和网络类资源构成,并区分标准化和自定义化服务资源服务组合,“小时”是最小评估时效单元。
- 模拟费率基于资源配置方案为依据,结合使用量采集引擎提供基础使用量数据。
- 基于资源使用费率,支持多维度的成本评估策略,包括单个用户、单个业务容器、省内全部用户、省内全部业务容器、集团全部用户以及集团全部业务容器等资源使用量的成本评估。

8 结束语

互联网企业已对运营商传统优势业务产生多方位影

表 2 资源使用量采集指标

采集指标分类	采集指标
宿主机容量(台)	最大宿主机数量、运行中的宿主机数量、剩余宿主机数量
虚拟机容量(台)	最大虚拟机数量、已有虚拟机数量、剩余支持的虚拟机数量
CPU 容量(CPU 个数和 CPU 频率)	总容量、不可用容量、可用容量、已使用容量、剩余可使用容量
内存容量(MB)	总容量、不可用容量、可用容量、已使用容量、剩余可使用容量
存储容量(GB)	总容量、不可用容量、可用容量、已使用容量、剩余可使用容量
公网 IP 地址(个数)	总容量、不可用容量、可用容量、已使用容量、剩余可使用容量
快照(GB/个/小时)	总容量、已使用容量、剩余可使用容量、保留时间、剩余保存时间
安全策略(条数)	总容量、已使用容量、剩余可使用容量
负载均衡服务(条数)	总容量、已使用容量、剩余可使用容量
公网带宽(Mbit/s)	总容量、已使用容量、剩余可使用容量、带宽类型

响,面对“管道化”的严峻形势和 IT、CT 不断融合的趋势,运营商通过平台化运营,构建智能管道,提升流量经营,快速响应客户需求,挖掘客户潜在价值等方面尝试业务转型。而在这个过程中,通过创造性地立足自身特点和优势,借鉴互联网企业开放、敏捷和社会化等理念,构建基于开源的云计算管理平台,实现对内部和外部 IT 资源的集约化管理,降低运营成本,提升自身运营效率和效益,可为转型之路提供全面支撑。

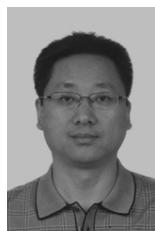
[作者简介]



杨经纬,男,中国电信集团系统集成有限责任公司云产品线经理、架构师,长期从事 IT 系统咨询、规划和设计工作,有丰富的虚拟化、云计算和数据中心网络建设实战经验。



胡林,男,高级工程师,现就职于中国电信集团系统集成有限责任公司,任软件服务部副总经理,拥有 20 多年的企业级 IT 解决方案的研究和推广经验,主要研究方向云计算、移动互联网。



李金岭,男,高级工程师,现就职于中国电信集团系统集成有限责任公司,任软件服务部总经理。主要从事无线通信、计算机通信、ICT 行业应用等领域的科研开发、工程和管理工作的。

刘志勇,男,博士,教授级高级工程师,享受国务院政府津贴,现任中国电信集团系统集成有限责任公司党组书记、总经理,对通信及信息技术、业务运营有丰富的实践和研究经验,曾在多家核心期刊发表多篇学术论文。

(收稿日期:2013-08-01)

(上接第 131 页)

- 11 Simeone O, Stanojev I, Savazzi S, *et al.* Spectrum leasing to cooperating secondary Ad Hoc networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2008,26(1): 203~213
- 12 Zhang J, Zhang Q. Stackelberg game for utility-based cooperative cognitive radio networks. *Proceedings of the Tenth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, New York, USA, 2009:23~32
- 13 Xu H, Li B C. Efficient resource allocation with flexible channel cooperation in OFDMA cognitive radio networks. *Proceeding of INFOCOM*, Toronto, Canada, 2010:561~569
- 14 杨威,班冬松,梁维发等. 认知无线电网络频谱分配与协作划分算法. *软件学报*, 2012, 23(1):122~139

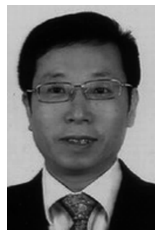
[作者简介]



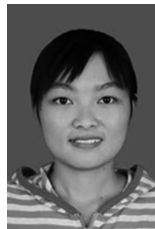
王炯滔,男,宁波大学硕士研究生,主要研究方向为认知无线电中的频谱检测、资源分配等。



金明,男,宁波大学通信技术研究所以讲师,主要研究方向为认知无线电技术、智能天线技术等。



李有明,男,宁波大学通信技术研究所以教授、博士生导师,主要研究方向为无线通信技术中的干扰抑制、动态资源分配、MIMO-OFDM、认知无线电等。



郑静静,女,宁波大学硕士研究生,主要研究方向为智能仪器、智能无线电等。

(收稿日期:2013-05-13)