

编者按 2014年11月15日,李克强总理主持召开国务院常务会议,确定促进云计算创新发展措施。2015年1月30日,国务院发布《关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》(国发[2015]5号),明确了云计算“十三五”的发展目标:“到2020年,云计算应用基本普及,云计算服务能力达到国际先进水平,掌握云计算关键技术,形成若干具有较强国际竞争力的云计算骨干企业。云计算信息安全监管体系和法规体系健全。大数据挖掘分析能力显著提升。云计算成为我国信息化重要形态和建设网络强国的重要支撑,推动经济社会各领域信息化水平大幅提高”。为此,本刊组织了“云计算创新发展战略”专题讨论,以为促进我国云计算技术与产业创新发展建言献策。



云计算时代关键技术预测与 战略选择*

文 / 杨青峰

云计算应用创新专业委员会 北京 100048

【摘要】 云计算一般被定义为在网络环境下计算资源的交付和使用方式,用户通过网络按需、易扩展的方式获得所需服务。它的目的是实现计算资源能够像自来水和电一样按需供应,从这个意义上,云计算也可以称为“自来计算”。云计算以新的计算资源交付和使用方式作为出发点,将从根本上颠覆传统信息技术。云计算是此轮信息技术革命的核心,同时,云计算的应用终将会推动新工业革命的发展。云计算是一系列复杂技术的综合运用,细分技术领域也在不断发展和演化中。文章对云计算细分技术的演化做出了一个大致预测,并对中国云计算企业应用和云计算产业发展提出了建议。

【关键词】 云计算,虚拟化,分布式计算,软件定义一切(SDX),工业4.0

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.02.003

1 云计算与自来计算

人们过去利用计算资源主要依赖于独立的单台计算机,受制于物理机器资源的数量。正是基于这个原因,人们开始期望计算资源能够像自来

水和电一样按需供应。而云计算的出现使自来计算变成现实,自来计算是人类的现实需要,是需求创造的结果。当然,从人类利用计算技术的趋势来看,云计算只是实现自来计算的一种模式,随着

* 基金项目:国家发改委、工信部云服务开放平台示范项目(P01704),国家重点基础研究发展计划(“973”)项目(2013CB329605)
修改稿收到日期:2015年2月28日

技术的进步,人们也许会发现新的实现自来计算的模式^[1]。

云计算一般被定义为在网络环境下计算资源的交付和使用方式,用户通过网络按需、易扩展的方式获得所需服务。要实现这个目标,需要5个最为关键的特征或者说条件来支撑:足够的宽带网络、资源“池化”、按需伸缩的弹性机制、服务自治(用户可以按需开通服务,后台自适应这种变化)、按使用量计算成本。

在标准模型中,云计算通常体现为3种服务交付模式:IaaS(基础设施即服务)、PaaS(平台即服务)、SaaS(软件即服务)。虽然也有其他模式,如FaaS(框架即服务)、BaaS(流程即服务)等,但这些服务模式都可以纳入上述3种模式之中。这3种服务交付模式提供了计算资源从底层到顶层的交付。

IaaS (Infrastructure as a Service): 基础设施即服务。简单来说,计算资源、存储、网络或者其他基础性计算资源,甚至是组合而成的虚拟数据中心等,都是它可能提供的服务。用户可以在IaaS之上安装和部署平台或者应用程序,而不需要管理和维护底层物理基础设施。

PaaS (Platform as a Service): 平台即服务。它的作用是,使用户部署采用特定编程语言、框架或工具开发的应用程序,而不用关心基础设施是什么样、在哪里。用户可以用它来开发、测试和部署应用程序、管理数据等。

SaaS (Software as a Service): 软件即服务。通过网络用户能够使用服务商运行在云基础设施之上的应用。用户通过各种终端登录服务门户,使用相关应用系统,并按照使用量支付费用。用户不需关心应用如何实现,以及运行在什么样的硬件平台上,也不用考虑运维等问题。

按照部署主体的不同,云计算通常有4种部署方式:公有云、私有云、混合云和社区云。公有云就是由第三方云计算服务商部署的云计算平台,用户通过租用的方式使用它;私有云就是一个企业或机构建设为内部使用的云计算平台,这两种云是最常见的,也是基础的云部署方式。混合云和社区云更多是衍生的概念。当一个企业的私有云不能满足需要,或者出现业务起伏的情况,但又不值得去扩张云计算中心,那么就会租赁公有云部分资源使用,技术上已能够实现私有云和公有云的连接,这就是混合云。社区云是指云基础设施由若干个组织分享,以支持某个特定的社区。社区是指有共同诉求和追求的团体(例如使命、安全要求、政策或合规性考虑等)。和私有云类似,社区云可以是该组织或第三方负责管理,可以是场内服务,也可以是场外服务^[2]。上述是严格的概念,实际使用中又会出现很多复杂情况。例如,在一个公有云当中特设一个区域专为某一个企业服务,对企业而言是私有云,但同时它又是由公有云分割出来,这种情况就构成了虚拟数据中心。还有一种情况是,企业建设私有云无需自己建设机房,可以把自己的云平台完全托管在一个公共数据中心。这与前面虚拟数据中心又不同,属于私有云的托管。所以,用户可以根据实际情况来部署,而不需拘泥于形式^[3]。

云计算表面上看是服务的交付,其本质上又体现为能力的交付。例如:IaaS本质上是云服务客户能配置和使用计算、存储和网络资源的一类云能力类型;PaaS本质上是云服务客户能使用云服务提供者支持的编程语言和执行环境,部署、管理和运行客户创建或获取的应用的一类云能力类型;SaaS本质上是云服务客户能使用云服务提供者的应用的一类云能力类型。云计算实现自



中国科学院

来计算的根本原因就在于这些能力的形成。

2 云计算是对传统信息技术颠覆的开端

2.1 实现云计算的两种关键基础技术

2.1.1 虚拟化

虚拟化就是在构建一个逻辑层的基础上,将物理资源与用户使用分开的技术。虚拟化屏蔽了底层的复杂性,用户可以简单地按照优化的方式使用IT资源。虚拟化是达到云计算的关键一步,它将用户从物理的硬件和软件的绑定中解放出来,使得用户可以自主选择拆分或者组合IT资源,这为IT资源的弹性服务提供了强大的基础。虚拟化的对象可以针对硬件层面的PC、服务器、存储器、网络,也可以是操作系统、应用系统等。

以服务器虚拟化为例,它具有4个非常重要的特性。

(1)兼容性。虽然虚拟化产生的虚拟机是一个逻辑视图,但与物理计算机看起来一样,具备完整的物理计算机必备的所有组件,如CPU、内存、磁盘、网卡等。虚拟机由于是一个逻辑上的机器,脱离了硬件对软件的约束,所以,它能够兼容所有标准的x86操作系统、应用和设备驱动程序。

(2)封装。虚拟化的重要功能就是封装,基本原理是通过软件把虚拟机需要的虚拟硬件资源(CPU、内存、磁盘、网卡等)、操作系统和应用捆绑在一起。这种封装过程,对增加虚拟机的灵活性最为关键。封装后产生的虚拟机可以自由的移动和复制,就如同复制一个文件。由于是软硬件一起进行封装,之后就不需要用户重新安装驱动程序或者重新安装应用,这大大提高了计算机部署的效率。

(3)隔离。封装后的虚拟机可能共享了一台物理计算机,但虚拟化的隔离技术,确保了虚拟机之间互不影响。也就是说,即使其中一台虚拟机宕机,在同一台物理计算机上运转的其他虚拟机仍可以正常使用。

(4)独立于硬件。虚拟机的逻辑性,使得用户可以灵活配置虚拟的计算机组件,这种配置可以和物理机完全不同,例如,不同的虚拟机可以安装不同的操作系统(Windows、Linux等)。

目前,虚拟化最常见的2个应用场景是实现对服务器的合并和桌面虚拟化(图1)。服务器合并就是指把分布在多个不同物理机上的应用合并安装在一台有多台虚拟机的物理机上。桌面虚拟化就是用户通过客户端访问服务器上封装的虚拟机,用户体验与现场物理机基本相同,用户客户端现场机的性能不再是用户体验的关键,而是取决于后台虚拟机的配置。

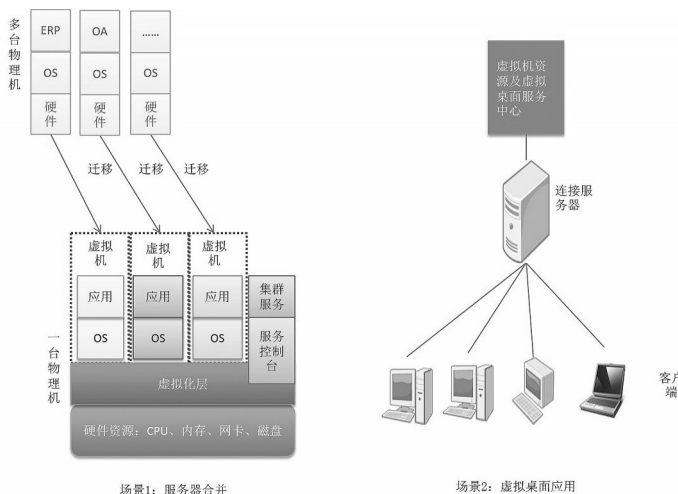


图1 虚拟化的2种常见场景

虚拟化最有用的2个价值在于将资源进行“池化”和将用户需求与物理基础设施的绑定进行分离。资源池化后,通过资源再分配的过程就能把资源使用过程的缝隙挤压掉,也就是说可以定义最小化的资源单元,实现最大化的利用资源。将用户需求和基础设施分离,就实现了资源使用的弹性和灵活性。比如,快速的生成和解开资源、实现在线的资源配置等。

2.1.2 分布式计算

分布式计算顾名思义就是把一个大任务分解成很多小任务并分布到不同的计算资源上进行计算处理。一个通俗的说法就是“一个分布式系统

是一些独立的计算机的集合,但是对这个系统的用户来说,系统就如同一台计算机一样”。分布式计算能够有效解决成本、效率和扩展性之间的平衡,从20世纪80年代开始一直受到计算机科学研究者的重点关注。目前企业所熟知的中间件、SOA(面向服务的体系结构)、网格计算、Web service,以及现在流行的Hadoop平台等都属于分布式计算的范畴。

在云计算出现之前,网格计算是分布式计算最典型的代表。网格计算的基本思想是通过把分散在互联网各处的硬件、软件、信息资源连结成为一个巨大的整体,从而使人们能够利用地理上分散于各处的资源,完成各种大规模的、复杂的计算和数据处理任务。网格计算也是一种互联网级别的分布式计算方式,关注点在利用互联网上分布的计算资源。网格计算是最接近云计算的概念,但它的局限性在于对普通企业而言有些高不可攀。网格计算以关注社会化资源利用为出发点,实现集中的并行处理大型计算任务,这与普通企业的需求不匹配,这可能也是网格计算始终未能得到广泛使用的原因。但是,网格计算技术的发展功不可没,为云计算的发展奠定了一个关键的技术基础。从云计算的技术体系看,显然对网格计算的思想进行了吸收。

目前来看,分布式计算是除虚拟化之外云计算的最重要支撑技术之一。以Google云计算为例,它的分布式数据存储系统GFS、分布式数据管理系统Bigtable都是典型的分布式计算案例;开源的Hadoop平台也是典型的分布式计算实例。尤其近两年大数据概念的兴起,为分布式计算找到了全新的应用目标。

在云计算的PaaS和SaaS领域,分布式计算将是重要的技术。虚拟化通过物理资

源池化后按需求重新组织资源,实现物理资源的最小化分割,解除了用户和物理资源的绑定,以此来实现资源的弹性供应。用分布式计算的方法去解除用户和大型应用系统的绑定关系,与虚拟化解除用户与物理资源的绑定有异曲同工之妙。

总体来看,分布式计算孕育了云计算,同时,在云计算环境下,它也重新塑造了云计算环境下的应用形态和服务形态。分布式计算是虚拟化技术之外的云计算关键技术,为不同地理上分布的计算资源的有效利用提供了关键技术支持,同时也为复杂的大数据应用提供了简单可行的计算方式^[3]。

2.2 软件定义一切——云计算技术最新演进

SDX(软件定义一切),是云计算向纵深演化的结果,是云计算基础技术的最新发展。目前比较成熟并且产品化的概念包括:SDN(软件定义网络)、SDS(软件定义存储)、SDDC(软件定义数据中心)。当然虚拟化也可以视作软件定义概念的子集,比如服务器虚拟化是软件定义的服务器。SDX的根本逻辑在于,把计算机资源通过池化、封装、隔离、服务化,从而实现人们利用计算资源的自由。下面以SDN为例来分析SDX是如何实现的,会带来什么样改变。

SDN是目前网络通信领域最重要的发展方向之一,它是2008年由斯坦福大学提出的一种网络技术路线,其中OpenFlow模型是实现SDN的代表。OpenFlow提出的是一种新型网络交换模型,它要解决的实际上是控制权的更迭:传统网络中数据包的流向是人为指定的,虽然传统的网络设备交换机、路由器拥有控制权,却没有数据流的概念,只能进行数据包级别的交换;而在OpenFlow网络中,统一的控制服务器取代路由器,决定所有数据包在网络中的传输路径。



中国科学院

OpenFlow 网络由 OpenFlow 交换机、FlowVisor 和 Controller 三部分组成。OpenFlow 交换机进行数据层的转发;FlowVisor 对网络进行虚拟化;Controller 对网络进行集中控制,实现控制层的功能。OpenFlow 的目的是把流量控制从硬件中分离出来,实现在软件层面网络重新架构。从 2011 年开始,随着 ONF(开放网络基金会,它致力于软件定义网络的发展和标准化)的启用,同时几乎所有主流网络供应商宣布对 OpenFlow 规范的支持。在企业级数据中心,如果网络中使用了 OpenFlow 交换机,可以使得网络和计算资源更加紧密的联系起来并实现有效的控制,实现路径优化以及负载均衡,从而使得数据交换更加迅速。这种模型是一种深层次的网络革新,是实现网络层次与硬件解除绑定的根本性方案,它也意味着全新的网络设备和全新的网络组织方式。

其他 SDX 方案的逻辑与 SDN 相似,也是通过软件技术方法实现人们对资源使用与物理资源本身进行切割和解除绑定,从而实现人们利用物理资源的自由。SDX 还蕴藏着另外一重深刻内涵,它解除了使用者与物理资源之间的时空绑定,使得在现实时空中分布的物理资源得以在虚拟世界集中使用。SDX 给出了一个在分布的时间空间下物理资源集中的全新高效率方案,对于企业更好地利用分布式资源是一种全新革命。SDX 也可以看作是虚拟化和分布式计算的统一逻辑,是云计算最新的深化方向,目的是为了人类更好地利用计算资源。

SDX 贡献的不仅仅是一个技术逻辑,它还给出了一个思维逻辑。这种思维逻辑不仅针对计算资源,应该还能够延伸到所有资源,包括我们人类自己。基于此,软件定义的设备、设备即服务;软件定义的企业,企业即服务;软件定义的团队,团队即服务;软件定义的人,人即服务,这一系列的 SDX 都有可能成为可能。它的本质逻辑就是让资源与利用解除绑定关系,从而提升利用的自由度。如果说,云计算的出现,把人类对计算的理解

提升到一个全新的高度,那么,SDX 的发展把人类对云计算的理解又提升到了一个全新的层次^[1]。

2.3 云计算对传统信息技术的颠覆

云计算对传统信息技术的颠覆主要体现在 4 个方面。

(1)物理设备的去形式化。云计算的服务封装,以及用户需求和物理资源的隔离,产生的效应就是单个物理资源本身的性能变得不再重要。相关数据也显示,随着云计算的发展,小型机和大型机销量下滑,而 x86 服务器则在快速增长。除了特殊行业,企业开始逐步用 x86 来替换小型机和大型机,这已经成为一种趋势。可以预见到,最底层的芯片技术发展仍然是必要的,而原来有形的服务器、存储器的形态将会进一步变化或消失,成为纯粹的资源,而不是封装在箱子里。而且,只要芯片、存储盘、接口、主板等技术不断发展,组装服务器、存储器已经不存在难点。网络厂商、软件厂商在服务器、存储器领域的跨界发展已经证明了这一点。这说明,现在所看到的服务器、存储器等物理设备的外在形式将会被云计算摧毁。未来的数据中心可能会看到大量的支持虚拟化的板卡资源,或者是一些部件的容器,而不是标准的箱体服务器、存储器等。

(2)数据关系的破裂与重构。云计算不同于以往的信息系统,它具有资源“池化”、按需伸缩、服务自治等特性,这对数据库提出了新的要求,比如:易扩展性、自动优化管理、支持并行处理、自适应、冗余和容错机制、易配置、支持事务性处理等。这些要求体现出了云计算环境下数据库的特点。

为解决传统的关系型数据库与云计算不吻合的问题,目前主要集中在维持关系和破解关系的竞争当中。要维持原来关系型数据库中的数据关系,不是不做改变,而是考虑如何改进数据库让它更加符合扩展性的需要。比如有一定历史的数据库的分片技术以及逐渐兴起的 NewSQL(在满足事务性处理基础上,重点在满足分布式体系结构

的需求或提高性能,便于横向扩展)技术。要打破原来关系数据库的约束,如 NoSQL (重点满足扩展性需求)数据库技术,目前在以非关系型数据为主的大数据应用领域已经获得成功,被证实是可行的。

无论是 NewSQL, 还是 NoSQL, 都会对传统的关系型数据库形成冲击, 只不过影响大小不同。云计算要求数据库的灵活性, 就必须要让数据关系破裂和重新结构, 可能是片状破裂, 或者是完全破裂, 总之, 我们以前所熟知的关系型数据库正在逐步走向历史。

(3) 软件碎片化。所谓软件碎片化, 就是指软件将会以软件组件群的方式出现在企业或者网络服务领域, 每一个软件组件实现特定的有限功能, 并在松耦合框架下, 支持用户的任意组合实现其所需要的服务。其中每一个软件组件可以视作一个碎片, 它与分布式计算资源、分布式数据库资源, 以及其他的必要资源相关。

软件碎片化并不意味着碎片之间毫无关联, 个人终端的应用可以毫无关联, 而企业级应用需要组合, 需要数据通信, 这就需要有一个整体逻辑进行支撑。因此, PaaS 平台的应用开发组件是必需的, 所有的软件碎片的产生与部署运行都依赖于这个组件, 软件碎片之间可以在松耦合基础上实现有效共享和整合。所以说, 软件碎片化是实现动态资源伸缩、面向服务基础上的整合, 它是云计算深入推进的必然演进趋势。最终软件碎片化的发展将会导向形成“大平台+微应用”的格局, 这也是 PaaS 和 SaaS 部署的必然结果。

(4) 应用软件去理念化。个性化定制时代的到来, 要求企业必须面对企业个性化的挑战, 按照“长流程、紧耦合”搭建的企业组织将会演变为组织的单元即服务的方式, 如设计即服务、生产即服务等。因此, 企业整

体设计一套完整的应用系统软件也是没有必要的, 企业更需要的是面向这些子服务的应用软件, 以及实现这些服务任意组合的平台, 这就是企业的未来需求。而软件适应这种需求的方式就是按照企业组织的服务单元形成软件组件, 在此基础上通过松耦合的方式构建整体企业蓝图。从云计算的角度来看, 原来诸如 ERP、CRM 等庞大的系统, 势必面临碎片化的趋势。而原来 ERP 中的每一个功能都可能会成为云计算平台中的服务组件(或者说软件碎片), 并以搭积木的方式提供给用户, 这将意味着管理软件的去理念化。

当然, 上述这 4 个方面是从云计算基本理论角度分析得出的结果, 具体的发展趋势还受制于各种技术力量和市场力量的博弈。但从目前市场发展的趋势看, 凡是没有迎合这种变化趋势的市场都在萎缩。可以说, 云计算对传统信息技术的影响是革命性的, 将会引发持续的颠覆, 现在才刚刚开始。

3 云计算是最新信息技术革命的核心

毫无疑问, 现在正在发生着一场新信息技术革命, 除了云计算之外, 大数据、移动互联网、物联网、3D 打印、可穿戴设备等新一代信息技术的爆发已经证明了这一点。此次信息技术革命的革命性意义在于, 改变了人类利用机器智能的方式, 把拥有机器智能变为使用机器智能, 并且通过多种新技术的融合让智能无处不在。这不同于 PC (个人计算机) 革命, 把机器智能普及化; 也不同于互联网革命, 把每个机器智能连接起来, 提供交互服务; 此次机器智能使用方式革命的核心就是云计算, 是它让计算资源变得能够连续分发, 并无处不在。因此, 云计算是此次信息技术革命当之无愧的核心。正是由于此次信息技术革命把人类利用机器智能



中国科学院

的方式提高到全新的高度,并因此将引发产业生产领域的革命。德国工业4.0战略的提出,就是建立在以云计算为核心的信息技术革命之上的工业革命蓝图,并由此拉开了第四次工业革命的序幕。

云计算是到目前为止信息技术发展的集大成者,是人类对计算技术自我认识和利用的全新高度。而且,云计算给了人们一个很好的启发,让我们从思想上认识到企业的一切资源都可以封装为服务,生产可以、物流可以、人力资源和设备资源都可以。进而,人们将会认识到,云计算对其他事物的服务封装是最佳匹配,例如,云制造理论提出的对制造资源的服务封装^[4]。如果没有云计算来支持,云制造等理念只能是一种空想,而有了云计算,这就成为了现实的目标。云计算不仅贡献了技术,而且对于人们利用资源的思维模式也进行了重构。在思维模式重构基础上,很显然可以预见商业模式的重构。这场商业模式革命的关键就是依托云计算,一切皆服务,满足个性化需要。另外,传感网、智能终端、移动网络等技术的发展,为这场最终的商业模式改变提供了越来越充分的条件。当IT资源被打包成服务,当人类的工作打包成服务,当人类自己也被打包成服务,就可以精确计算资源需求,可以用最少的时间完成工作,可以无处不在的在线。如果实现这样的场景,很显然这已经是全新的商业模式了。而其他的新一代信息技术都不会给信息产业和传统产业带来这么彻底的改变,因此也可以看出云计算在此轮信息技术革命中的核心引领作用。也正是由于云计算具有这些深远的价值,其他新一代信息技术与云计算的结合才能够发挥更加丰富的价值。

德国工业4.0战略中,正是以云计算和物联网为重要基础,并结合其他新一代信息技术,从而描绘出一个全新的智慧生产蓝图,把人类的生产模式从大规模生产时代引领到个性化量产时代^[5]。如果没有云计算做依托,这个蓝图基本上不可能实现。从这个意义上,云计算不仅带来了信息技术领域颠覆性的变化,也是新工业革命的基础。

4 云计算是复杂技术的综合运用

相对来说,云计算从理论上比较容易理解,但在具体实践上,云计算模式的实现依赖于一个复杂技术和产品体系。以虚拟化为例,就有服务器虚拟化、存储虚拟化、桌面虚拟化、应用虚拟化等多类技术,每一类技术都有多家不同的软件提供商提供相应的产品和技术。对于企业来说,实现一个理想意义上的私有云计算平台,即便是只实施IaaS部分,除了基础的物理资源(如:服务器、存储器、网络设备、终端设备)外,还需要实施一系列的云计算相关软件系统。

另外,从节约成本的角度看,企业还会把一部分资源需要通过采购公有云服务的方式实现,最终企业云计算将会呈现为一个混合云的架构。公有云服务是由服务商按照云计算模式部署完成的在线资源,同样,也会分很多种类,如云服务器、云存储、在线数据库、在线应用开发平台、在线云应用等。混合云模式可能是企业云计算的终极模式,它增加了企业云计算架构的复杂性。混合云架构会引发一些新问题,如公有云和私有云之间的数据迁移、数据访问和数据保护等^[2]。总体来说,站在企业主体的角度,云计算会是一个复杂技术体系的综合运用。根据作者对云计算服务、产品和技术的研究,共分成5大类,49项小类,这些分类构成了云计算的技术体系(图2)。

需要特别强调的是,图2中描绘的分类体系仍然是基于现在的云计算产品与技术形态。但正如后文将要谈到的,云计算相关技术在不断演进过程中,而且这个演进进程才刚刚开始。例如:应用的碎片化、软件的去理念化都会改变云计算产品与技术形态,未来云计算产品和技术分类也会进一步演化。但无论如何需要认识到,实现云计算需要一系列技术的组合运用。

5 云计算时代关键技术的演进

如果进一步细分云计算产品与技术领域,还有更多的细分技术在演进中,这些细分技术的演

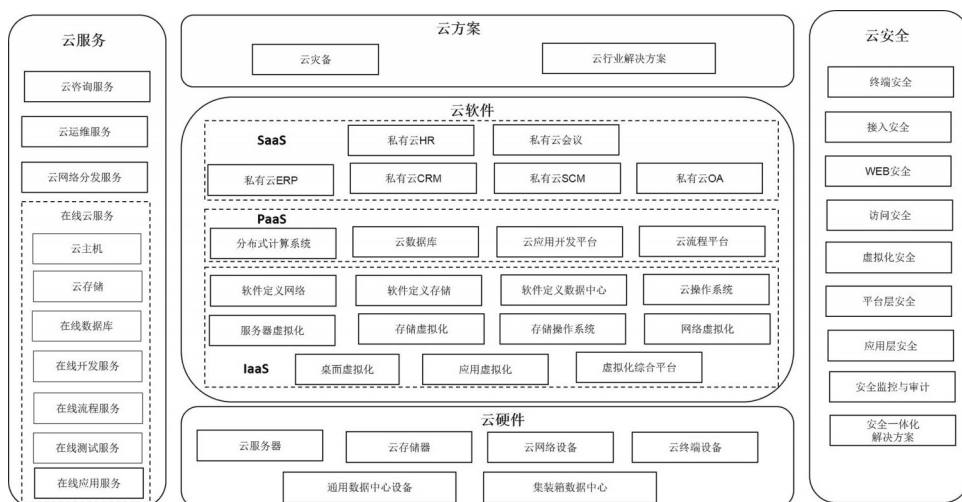


图2 云计算产品与技术分类体系

进都会对云计算的发展产生一定的影响。但总体而言,这些细分技术的演进只是对云计算模式的局部改进,不会对云计算模式本身产生颠覆。预计未来20年,将是云计算模式逐渐发展成熟的阶段,也是逐渐走向普及的阶段,正是因为如此,这个时代也将被称为云计算时代。未来20年中,也许人类会发现新的计算模式,会进一步对云计算产生革命性影响,但考虑到任何一种技术从萌芽到成熟都需要很长时间,如果现在还没有出现,那么在未来20年及以后的一段时间内,云计算都将不可替代。

在金融领域有一个定律叫做苏黎世投机定律,这个定律认为:人类行为是无法预测的,绝对不能相信任何能预测未来的先知。也就是说,未来往往超出我们最初的估计。所以我们对云计算的未来估计也许是错的,但是,人们往往又依赖于预测做出行动。所以,尽管本文做出对云计算细分技术领域的预测,但不希望读者过分依赖这个预测。

5.1 云计算及相关技术未来五年的发展

预测

参考国际知名研究机构高德纳咨询公

司(Gartner Group)发布的新兴信息技术成熟度曲线,并结合国内企业应用情况,以及产品与技术成熟度模型,对未来的云计算相关细分技术做出一些预测(表1)。

总体上,未来5年之内将是云计算基础设施构建为主要特征的时期。云计算将会逐渐完成基础设施改造,服务器虚拟化、存储虚拟化将会非常普及,私有IaaS也将会建设完成。基于云的数据库将会逐渐被企业引入,云应用基础平台开始建设,但应用组件还比较缺乏。销售自动化领域的SaaS将会逐渐普及,企业私有的SaaS开始规划和设计。企业网站门户将主要以云的方式搭建,形成门户云。大数据领域,传统的基于关系型数据的商业智能应用、数据仓库获得普及,大数据概念和技术逐渐被接受。但系统化大数据仍会比较少见。移动互联网领域,随着4G网络 and 智能终端的逐渐普及,移动商务成为我们工作和生活的一部分,企业应用对移动商务支持成为必要的要求。移动支付和移动定位技术获得普及。总体上,这一阶段,移动商务主要表现为工具化应用。物联网领域,小规模应用将会逐渐普及。智能终端、智能传感器、RFID等在企业



中国科学院

表1 云计算相关技术未来五年内发展状况预测

领域	所处阶段			
	引入阶段	发展阶段	成熟阶段	普及阶段
智能终端领域		瘦客户机 生物特征识别 语音识别	平板电脑、超极本 智能传感器、 RFID、NFC、 IPV6、虚拟桌面	智能手机
泛在网络领域	4G 网络 软件定义网络 物联网	WSN 虚拟网络 融合网络 10G 以太网 网络虚拟化 M2M	应用网络加速	无线局域网 三网融合 千兆以太网 3G 网络
计算处理领域	公有云 混合云 量子计算	分布式处理 (Hadoop) 私有 PaaS 定制服务器	私有 IaaS 内存计算	服务器虚拟化
存储领域	相变存储器 磁阻存储器	固态硬盘	云存储 蓝光存储	虚拟存储 SAN、NAS
数据管理领域		NewSQL 数据库 NoSQL 数据库 并行数据库	云数据库	
应用领域	理念管理 众包	私有 SaaS 云 BPM 组件化应用	云应用基础平台 移动商务(移动支 付、移动定位)	销售自动化的 SaaS、BPM
分析预测领域	语音挖掘分析	语义分析 图像分析 大数据		商业智能 数据仓库
其他	自带设备办公	无线充电 硅阳极电池		

私有领域广泛部署。在物联网的传输层,无线局域网、3G 网络、“三网”融合逐步普及,形成了通畅的网络通道。终端领域,除物联网相关终端以外,平板电脑、超级本被企业员工广泛使用,成为工作的一部分。在商业领域,虚拟桌面的发展,将会逐步替代购买新的 PC,传统的 PC 作为虚拟桌面终

端使用。

总体来看,未来 5 年将是过去时代与云计算时代的重合期,新老技术交替,原有的技术仍将占据核心位置,但新兴技术将逐步替换掉外围的硬件和应用。新的设备和技术被引入,老的设备逐渐被淘汰。

5.2 云计算及相关技术未来十年的发展

预测

在未来5年以后,10年以内,在第一个五年技术普及的基础上,一些新的技术将会逐渐普及。如:在智能终端领域,现代意义上的瘦客户机将会完全替代PC的位置,与终端关系密切的生物特征识别、语音识别技术逐渐成熟,进入商业应用阶段(表2)。

预计在未来10年结束的时候,云计算领域,尤其在私有云方面,企业将逐渐形成完整的云计算平台,包括IaaS、PaaS、SaaS三个层次,在云计算平台中,云应用基础平台和云数据库服务将会普及,企业已经基于云平台开发出一定数量的云应用组件。云数据中心将会逐渐普遍采取定制服务器的方式。在存储方面,固态存储将会发展成熟,逐步替换机械磁盘存储。分布式处理,如Hadoop,将逐渐发展成熟,被一些企业引入到云计算中或者大数据中。伴随私有云建设的逐步完善,云服务管理平台也会发展成熟。云计算数据中心融合网络、虚拟网络、10G带宽以太网将会普遍使用。公有云和混合云在中国仍会处在发展阶段。大数据将会在未来10年获得认可,对非结构化数据挖掘和分析逐渐成熟,如语义分析、图像分析等技术将会被应用在各个领域。NoSQL数据库、NewSQL数据库、并行数据库等技术将会发展成熟,并将会应用到大数据平台中。未来10年中,移动通信全面进入4G,移动商务将会在企业中普及,移动终端采集多媒体信息及其他能力将会开始影响到商业模式变革。终端进一步智能化和融合,智能手机、平板电脑、笔记本电脑的功能很有可能融为一体,成为超级智能终端。但智能终端的形式将会变得丰富多彩,从尺寸到颜色、从细分功能到操作界面都会变得更加多样。物联网领域,WSN将会逐步发

展成熟,并在企业广泛应用,企业内部局部的物联网应用将会连接在一起,初步构建起企业级的物联网平台。RFID、NFC、智能传感器将会非常常见。基于物联网的发展,IPv6的应用也变得更加普及。硅阳极电池采用硅阳极取代石墨阳极,据称锂离子电池每个单元就可存储高达10倍的能量,很有可能在10年内发展成熟,智能终端设备的电源将不再是个问题。

整体上,未来10年当中,我们现在所看到和尝试的技术大部分将变的成熟,一些重要技术逐渐普及。云计算时代逐步确立,新的商业模式开始建立。

5.3 云计算及相关技术未来20年的发展

预测

未来20年当中,预计将会出现一些新的技术,其中一些可能会对未来产生革命性的影响。但在未来10—20年间,根据现在的技术发展,代表未来的技术也一定会出现一些端倪。如果没有出现类似云计算的颠覆性技术,云计算时代将会更加长久。

在未来20年当中,云计算将会完全发展成熟,私有云、公有云和混合云将会普遍存在。企业应用以应用组件的形式,并基于SaaS方式提供服务。以应用基础平台为基础,将会建立一个面向企业应用的应用组件生产工厂。众包将会发挥重要作用。所谓众包就是把任务通过互联网分派给不特定人群或者软件开发商。众包将会成为应用组件生产工厂的主要供应方式之一。管理软件的去理念化将会成为现实,企业可以根据自己需要的管理理念重组业务流程和业务应用组件。服务器完全去形式化,个性化计算设备普遍存在。将会出现新的存储介质,存储密度更大,而效率更高。大数据在未来20年中将会完全普及。非结构化的图像、文档、语音等数据将会被企业充分利用,



中国科学院

表2 云计算相关技术未来十年内发展状况预测

领域	所处阶段			
	引入阶段	发展阶段	成熟阶段	普及阶段
智能终端领域			瘦客户机 生物特征识别 语音识别	智能手机 平板电脑 超极本 智能传感器 RFID NFC IPV6 虚拟桌面
泛在网络领域		软件定义网络 物联网	WSN 融合网络 10G 以太网 网络虚拟化 M2M 4G 网络	无线局域网 虚拟网络 融合网络 “三网”融合 3G 网络 应用网络加速
计算处理领域	量子计算	公有云 混合云	私有 PaaS 定制服务器 分布式处理 (Hadoop)	服务器虚拟化 私有 IaaS 内存计算
存储领域		相变存储器 磁阻存储器	固态硬盘	虚拟存储 SAN NAS 云存储 蓝光存储
数据管理领域			NewSQL 数据库 NoSQL 数据库 并行数据库	云数据库
应用领域	理念管理	众包	私有 SaaS 云 BPM 组件化应用	销售自动化的 SaaS 云应用基础平台 移动商务(移动支付、 移动定位)
分析预测领域		语音挖掘分析	语义分析 图像分析 大数据	商业智能 数据仓库
企业互联网应用		互联网操作系统		企业门户云 企业 web2.0
其他		自带设备办公	无线充电 硅阳极电池	

并从中找到商机。数据分析技术将会非常成熟,大量的行业分析模型将会形成最佳实践。移动商务成为企业商务的重要形式之一。每个人的工作、生活、娱乐将会主要以移动的方式呈现,人们将不会再受地理位置和时间的限制。终端更加丰富多彩,工作、生活、娱乐等都将通过一个端口完成,而终端计算能力将会依赖云服务,而不是本身的能力。未来的业务应用将会呈现娱乐化的趋势,人类也许可以边玩边工作。物联网领域,企业私有物联网应用将会与社会物联网联系在一起,形成覆盖任何事物的一张张大网。网络通信将会以充足的带宽支持物联网的社会化应用。其他方面,未来20年中,量子计算机也许会最终发展成熟。从3D扫描到3D打印,3D演绎出一个真实的所见即所得。虚拟现实、移动机器人也都有可能成为现实。这些技术可能都会大范围应用到企业生产中。

从商业模式角度看,随着信息化与工业化完全融为一体,传统的大规模制造将全面向个性化定制、产业服务化的方向发展^[4]。工业物联网成为工业生产领域的重要依托,工业4.0蓝图也将逐步成为现实。企业、个人和社会将难以严格定义:凭借智能终端,也许很多人在家里就完成工作,而无需到固定的地方上班,尤其是管理人员和知识工作者。企业的网络可能与个人家庭的智能设备连接在一起,个人和家庭中的智能设备也连接在一起,企业、个人、设备之间的信息交换,完成我们工作和生活中的大部分工作,我们需要做的只是按下按钮确认。娱乐、工作、生活将会有机结合,很多工作都有可能像游戏一样的轻松快乐。

5.4 后云计算时代

20年后的后云计算时代将是什么样子?也许会如本文所描绘的,也许不是,但

愿能够给读者一些启发。也许下个时代就是,智能无处不在,云数据中心将会消失,代替它的是一个巨大智能神经网络,由它联系着我们每个人。我们每个人都会使用计算智能,但集中的数据中心看不到了,它或者为少数机构所提供,或者借助于分布式计算资源自主提供。可能最终连数据中心也将只是一个虚拟的服务网,而不是实体。例如:智能电网中的额外智能资源打包为服务,或者智能电视系统中的智能资源打包为服务。那么我们为什么不直接进入这个时代呢?问题在于,没有云计算所带来的智能无处不在,这个未来的时代就永远不会发生。

总之,根据技术发展的速度,在未来20年当中,我们现在所看到的技术基本上都会发展成熟,一些技术甚至会逐步淘汰,一些新的技术也会出现,相信计算技术的发展将会引领人类进入全新的世界^[3]。

6 关键战略选择

就云计算而言,无论对于中国传统企业来说,还是信息产业来说,都是一个重要战略机遇。对于过去30年以来一直通过跟随和引进国外软硬件产品来实施信息化的传统企业来说,借助于云计算蕴藏的自来计算的理念,有可能实现弯道超车,让传统企业的信息化建设出现质的飞跃,达到与发达国家同样的水平。传统的跟随和引进软硬件产品,由于管理模式和市场环境的不同,造成信息化与产业发展两层皮的问题,也因此有了两化融合的提法。而云计算的模式让企业经营与信息系统天然融合,按需供应的计算资源无处不在,企业将能够更好地利用计算资源,从而实现全方位的产业与信息化融合。同时,以云计算为重要基础的工业4.0的推广,将会促使中国传统企业实现彻



中国科学院

底的转型升级,在新工业革命时代取得先机。

对于中国信息产业来说,云计算及其他相关技术的发展更是难得的机遇。从云计算技术发展来说,很多技术尚处在发展初期或尚未定型,中国信息技术企业现在与国际巨人处在同一起跑线上,在信息技术领域超越国际巨人的可能性前所未有。目前,中国的云计算技术及相关领域已经聚集了一批充满理想和抱负的新型IT公司。过去两年来,一些中国IT公司提出的“去IOE(IBM、Oracle、EMC)”的说法一度影响巨大,这已经说明中国新型IT公司在此轮以云计算为代表的信息技术革命中的雄心。相信云计算时代,中国一定也能够产生一批新的IT巨人。

基于上述分析,建议中国政府相关部门能够在以下两个方面研究颁布政策,抓住云计算时代的机遇。

6.1 加速企业云计算应用创新

企业应用云计算是云计算产业发展的基础。但对企业来说,还有很多顾虑,包括政策、标准、安全等。政府须尽快推进相关政策、标准的研究和颁布,并适当实施激励措施,促进企业采用云计算技术,建立相关标杆企业和示范工程,让企业消除顾虑,认识到云计算实施的价值,从而加速企业云计算应用的发展。

当然,推进企业云计算应用的发展,重点在于推进应用的创新,尤其与产业转型升级相结合的创新。积极引导企业利用云计算技术,实现从传统工业模式到工业4.0的跨越。让企业认识到,云

计算不单纯是一种技术,还将会带来工业模式和商业模式的升级。

6.2 扶持云计算产业健康发展

中国云计算产业虽然与国际巨人处在同一起跑线上,但相对研发实力和资金实力都与国际巨人差距很大。让中国企业和信息产业实现弯道超车,对云计算产业的扶持最为关键。从目前来看,人才和资金是中国云计算产业发展最为突出的问题,建议政府相关部门能够建立可持续的云计算人才培养机制,并根据创新成果给予相关云计算技术提供商以资金的支持。这将有助于中国云计算产业缩小与国际巨人的差距,具备竞争的实力。

另外,需要适当的政策性引导,避免一些细分领域过于集中,导致竞争激烈。例如:云终端领域就是一个典型的例子。供应商较多,竞争激烈,利润被挤压,没有资金用来研究和开发。这将会导致行业内的内耗,行业整体不能健康发展。

参考文献

- 1 杨青峰. 智慧的维度—工业4.0时代的智慧制造. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- 2 Jothy R. Arthur M. 胡键译. 云计算揭秘—企业实施云计算的核心问题. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- 3 杨青峰. 信息化2.0+: 云计算时代的信息化体系. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- 4 李伯虎, 张霖, 王时龙等. 云制造—面向服务的网络化制造新模式. 计算机集成制造系统, 2010, (1): 1-7, 16.
- 5 彼得·马什. 赛迪研究院译. 新工业革命. 北京: 中信出版社, 2013.

Key Technology Forecast and Strategic Choice for Cloud Computing

Yang Qingfeng

(Technical Committee for Cloud Computing Application and Innovation, Beijing 100048, China)

Abstract The general definition of cloud computing is a computing method in which large groups of remote servers are networked to allow centralized data storage and online access to computer services or resources. Cloud computing relies on sharing of resources to achieve coherence and economy of scale, similar to a utility (like the electricity grid) over a network. In this sense, cloud computing can also be called unsolicited calculation. Cloud computing is the core of the information technology-

revolution, and it will subvert the traditional information technology fundamentally. This subversion is mainly reflected in below four: the external form of hardware is no longer important; unstructured data is becoming rather important; software is becoming more fragmented; and application software will no longer contain management thoughts. From the perspective of implementation, cloud computing is the integrated application of a series of technology. Among them, virtualization and distributed computing are the two most basic technologies. Virtualization is mainly used to achieve server consolidation and virtual desktop, while distributed computing is mainly used to integrate geographically-distributed computing resources and handle big data applications. Given the development trend in recent years, software defined everything (SDX) is the direction of cloud computing technology development. By virtue of SDX, people's understanding of cloud computing will be raised to a new height. Now, more and more enterprises have realized that cloud computing not only reconstructs the information technology system, but also reshapes the business model. On the blueprint of the fourth industrial revolution, cloud computing will be an important piece of infrastructure. In this paper, the development tendency of the key technology for cloud computing is forecasted. The next five years will be a period of transition from the old to the new. Traditional technology will continue to occupy the core position, but cloud computing will gradually replace peripheral hardware and applications. New equipment and technology will be introduced, while the old equipment will be phased out day by day. In the next ten years, most of cloud computing technology will become more mature, and some important technologies will become increasingly popular. Cloud computing era will be just around the corner, and new business model will come into being. In the next 20 years, cloud computing technology will be well-developed. Private clouds, public clouds, and hybrid clouds will be widely applied in enterprises. The enterprise application software componentization will be achieved, and will provide services based on SaaS. In this paper, suggestions to promote the industry application of cloud computing and the development of the cloud computing industry are provided as well. (1) The government needs to stipulate relevant policies and standards for cloud computing applications as soon as possible, and release appropriate incentive policies to promote enterprise's cloud computing applications. A series of enterprise cloud computing demonstration projects help enterprises to realize the value of cloud computing applications, thus to speed up the application and development of the enterprise cloud computing. (2) The most outstanding question of the Chinese cloud computing industry is talent and capital. The government needs to create a long-term mechanism for cloud-computing talent cultivation, and help Chinese cloud computing providers to get financial support, which will help to narrow the gap between the Chinese cloud computing industry and global cloud computing giants. It is also pointed out that, as for the Chinese information industry, the development of cloud computing and other related technologies can be regarded as a rare opportunity.

Keywords cloud computing, virtualization, distributed computing, software defined everything (SDX), Industry 4.0

杨青峰 先后担任大型企业集团信息技术经理,国内多家知名研究机构的研究总监、事业部总经理等职务。现担任云计算应用创新专业委员会秘书长。主要研究方向是新一代

(转至 169 页)



中国科学院