



工业和信息化部电信研究院

China Academy of Telecommunication Research of MITI

云计算白皮书

(2012年)

工业和信息化部电信研究院

2012年4月

版权声明

本白皮书版权属于工业和信息化部电信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：工业和信息化部电信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

前 言

发表《云计算白皮书》，旨在与业界分享工业和信息化部电信研究院近年来在云计算领域的研究成果。

当前，云计算已经成为全球 ICT 产业界公认的发展重点。各国政府积极通过政策引导、资金投入等方式加快本国云计算的战略布局和产业发展；国际 ICT 产业巨头加快技术研发、企业转型和联盟合作以抢占云计算发展的主导权和新兴市场空间。我国在云计算领域已具备了一定的技术和产业基础，并拥有巨大的潜在市场空间，存在抓住机遇实现局部突破的机会，但当前发展过程中的产业技术差距、规划布局和制度环境等问题也日益显现。

本白皮书从产业体系、技术架构、数据中心、安全和政府作用等方面深入分析了国内外云计算发展形势，同时也分析了我国云计算发展过程中面临的机遇和存在的问题，提出了未来发展的思考与建议。

目 录

一、 云计算概念.....	1
1. 云计算概念.....	1
2. 云计算的影响.....	2
二、 云计算产业.....	5
1. 云计算产业体系.....	5
2. 全球云计算产业发展现状.....	7
3. 我国云计算产业发展现状.....	9
三、 云计算技术.....	12
1. 云计算的技术架构.....	12
2. 云计算“基础设施”关键技术.....	13
3. 云计算“操作系统”关键技术.....	18
4. 我国云计算技术发展.....	20
5. 云计算标准化进展.....	22
四、 云计算数据中心.....	24
1. 全球云计算数据中心发展趋势.....	24
2. 我国数据中心的发展状况.....	25
3. 我国云计算数据中心布局的策略.....	26
五、 云计算安全.....	28
1. 云计算安全概述.....	28
2. 云计算的法律环境.....	29
六、 政府在云计算发展中的作用.....	31
1. 外国政府的云计算行动.....	31
2. 我国政府的云计算行动.....	33
七、 我国发展云计算面临的机遇和存在的问题.....	36
1. 我国云计算发展面临的机遇.....	36
2. 我国在云计算发展中存在的问题.....	36
3. 我国云计算未来发展思考.....	38

一、云计算概念

1. 云计算概念

云计算（Cloud Computing）是一种通过网络统一组织和灵活调用各种 ICT 信息资源，实现大规模计算的信息处理方式。云计算利用分布式计算和虚拟资源管理等技术，通过网络将分散的 ICT 资源（包括计算与存储、应用运行平台、软件等）集中起来形成共享的资源池，并以动态按需和可度量的方式向用户提供服务。用户可以使用各种形式的终端（如 PC、平板电脑、智能手机甚至智能电视等）通过网络获取 ICT 资源服务。

“云”是对云计算服务模式和技术实现的形象比喻。“云”由大量组成“云”的基础单元（云元，Cloud unit）组成。“云”的基础单元之间由网络相连，汇聚为庞大的资源池。云计算具备四个方面的核心特征：一是宽带网络连接，“云”不在用户本地，用户要通过宽带网络接入“云”中并使用服务，“云”内节点之间也通过内部的高速网络相连；二是对 ICT 资源的共享，“云”内的 ICT 资源并不为某一用户所专有；三是快速、按需、弹性的服务，用户可以按照实际需求迅速获取或释放资源，并可以根据需求对资源进行动态扩展；四是服务可测量，服务提供者按照用户对资源的使用量进行计费。

云计算的物理实体是数据中心，由“云”的基础单元（云元）和

“云”操作系统，以及连接云元的数据中心网络等组成。

按照云计算服务提供的资源所在的层次，可以分为 IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）和 SaaS（软件即服务）等。云计算又可分为面向机构内部提供服务的私有云¹，面向公众使用的公共云，以及二者相结合的混合云等。

2. 云计算的影响

2.1 云计算引发 ICT 产业的深刻变革

首先，云计算改变了用户对 ICT 资源的获取方式，从购买产品独立构建 ICT 设施转为寻求社会化公共服务。传统上，企业和个人用户的 ICT 设备和系统均由用户来购买、建设和维护，这种分散的 ICT 资源构建和使用模式，既增加了用户的信息化成本，更从整体上降低了全社会的总体资源利用效率。随着数字化的深入和互联网的普及，社会信息处理需求急剧增加，进入大数据（big data）时代，传统 ICT 资源构建方式的低效和高成本弊端日益突出。而云计算强调用户主导、需求驱动、按需服务、即用即付，具有专业化、规模化和显著的成本优势，顺应了用户降低费用、提高业务灵活性等方面的需求，驱动用户从以往自建自用的 ICT 消费模式向寻求社会化的公共服务模式转变。

其次，云计算成为 ICT 产业服务化发展转型的重要方向，服务

¹据研究，当企业信息化规模达到一定程度（1500 台服务器以上）时，建设私有云的投资效益更好。相反，服务器规模为 1500 台以下的中小型用户使用公共云服务则更有助于降低成本。

商成长为重要的主导力量。云计算使 ICT 能力不再封装于具体产品中，而以社会化服务的形式呈现，创新了业务提供方式和商业模式，成长出大量新兴云计算服务商。云计算服务商作为连接用户与应用的关键环节，凭借用户需求感知优势和信息资源优势逐步成为左右产业格局的重要力量。他们通过满足和引领用户需求，影响并带动软硬件制造的演进和发展，进而形成对产业链的领导力，推动了云计算服务业和制造业间的纵向整合和产业链相互延伸，使产业呈现出制造服务一体化的格局，也使传统的软件业态向服务化转变。当前，国际传统 ICT 企业（如 IBM、微软、思科等）均加快了向云计算服务的转型，而具有先天服务优势的大型互联网服务商（如谷歌、亚马逊等）大量研发和采用定制设备及终端。

最后，云计算改变 ICT 产业技术和产品发展方向。在硬件领域，高性能服务器、小型机等市场增长率将逐步降低，相对廉价的 X86 服务器的出货量将会大幅提升，并可能给其它架构和指令集的服务器带来新的机遇。在软件领域，构建云平台的相关基础软件将成为基础软件市场的主要产品；传统桌面应用软件将向网络化的在线应用软件转变。在终端领域，随着应用和数据向云迁移，集成了云端应用的瘦终端产品将成为重要趋势。

2.2 云计算将对经济社会各领域带来深远影响

首先，云计算提高社会信息化水平并推动社会生产方式的变革。如同水和电一样，云计算综合集成的计算、存储、网络等 ICT 能力是

迈向信息社会的关键基础设施。云计算有效降低信息化成本，促进经济社会各领域的全面信息化，为个性化制造和智能化服务创新提供了有力工具和环境，推动经济发展向以知识、创新为驱动的现代经济体系转型。

其次，云计算塑造的信息资源集聚和掌控优势将成为国家竞争的战略制高点。云计算使得大量经济运行、社会服务、个人生活等方面的信息和数据向具有领先优势的云计算服务企业汇集，进而使云服务企业的归属国形成强大的信息资源掌控力和国家竞争优势，成为信息时代国家综合竞争力的重要组成部分。

最后，云计算促进节能减排。云计算可以充分利用基础设施和软硬件等资源，提供同样的业务能力所需的设备数量大大减少，利用率大幅提升，从而可以有效降低单位服务能力的能耗和碳排放量。

二、云计算产业

1. 云计算产业体系

云计算产业由云计算服务业、云计算制造业、基础设施服务业以及支持产业等组成。

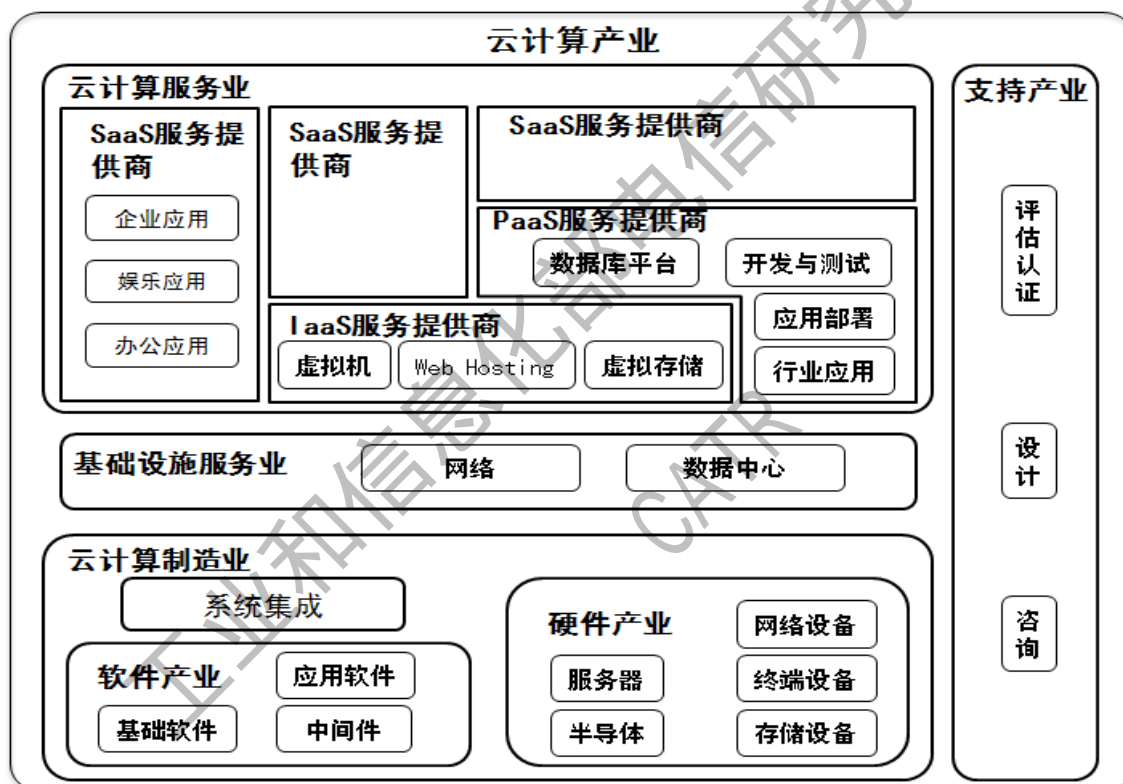


图1 云计算产业体系构成

云计算服务业包括基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS)。IaaS服务最主要的表现形式是存储服务 and 计算服务，主要服务商如亚马逊、Rackspace、Dropbox 等公司。PaaS服务提供的是供用户实施开发的平台环境和能力，包括开发测试、能力调用、部署运行等，提供商包括微软、谷歌等。SaaS服务提供实

时运行软件的在线服务，服务种类多样、形式丰富，常见的应用包括客户关系管理（CRM）、社交网络、电子邮件、办公软件、OA系统等，服务商有Salesforce、GigaVox、谷歌等。

云计算制造业涵盖云计算相关的硬件、软件和系统集成领域。软件厂商包括基础软件、中间件和应用软件的提供商，主要提供云计算操作系统和云计算解决方案，知名企业如威睿（VMware）、思杰（Citrix）、红帽、微软等；硬件厂商包含网络设备、终端设备、存储设备、元器件、服务器等的制造商，如思科、惠普、英特尔等。一般来说，云计算软硬件制造商通过并购或合作等方式成为新的云计算系统集成商的角色，如IBM、惠普等，同时传统系统集成商也在这一领域占有一席之地。

基础设施服务业主要包括为云计算提供承载服务的数据中心和网络。数据中心既包括由电信运营商与数据中心服务商提供的租用式数据中心，也包括由云服务提供商自建的数据中心。网络提供商目前仍主要是传统的电信运营商，同时谷歌等一些国外云服务提供商也已经开始自建全球性的传输网络。

云计算支持产业包括云计算相关的咨询、设计和评估认证机构。传统IT领域的咨询、设计和评估机构，如Uptime、LEED、Bream等，均已不同程度的涉足云计算领域。

2. 全球云计算产业发展现状

全球云计算产业虽处于发展初期，市场规模不大，但将会引导传统 ICT 产业向社会化服务转型，未来发展空间十分广阔。2011 年全球云计算服务规模约为 900 亿美元，美国云服务市场规模约占全球 60%，远高于欧洲（24.7%）和日本（10%）等国家和地区。云计算服务市场规模总量目前仅占全球 ICT 市场总量的 1/40，但增长迅猛，未来几年年均增长率预计将超过 20%。全球云计算服务市场规模到 2012 年预计将达到 1072 亿美元，2015 年将达到 1768 亿美元²，发展空间十分广阔。



图2 全球云计算市场布局

国际主要 IT 企业将云计算作为公司未来主要战略方向，云计算相关的合作与并购十分活跃。近年来，大型 IT 企业面向云计算制定

²数据来源：Gartner 公共云服务预测报告，2011 年 6 月。

战略并调整内部组织机构，以适应未来的发展方向。早在 2008 年，包括思科、惠普、戴尔、EMC 等在内的主要国际 IT 企业就成立了专门的部门推动云计算技术和市场进展，并相继发布了云计算战略。近年来，IT 巨头在云计算领域的并购行为尤为频繁，希望借收购补足其产品短板，提高其云解决方案和云服务能力，如 IBM 收购 Platform，戴尔收购 Force10，微软收购 Opalis，Verizon 收购 Terremark 等。另一方面，处于各垂直领域的企业也在寻求通过联盟或合作的方式形成新的产业集团，以实现取长补短，如由思科、EMC、威睿组成的“VCE 联盟”，由法电、思科、EMC、威睿组成的“Flexible 4 Business 联盟”等。

国际上部分云服务企业已经形成了提供大规模全球化云计算服务的能力，并主导云计算的技术发展方向。谷歌的 PaaS 服务——谷歌应用引擎（Google APP Engine）用户数已经超过 1000 万，在线办公套件“Google Apps”的企业用户也突破了 400 万家；亚马逊的云服务（AWS）已经在全球 190 多个国家和地区展开，拥有包括《纽约时报》、纳斯达克证券交易所等 40 多万个商业客户；新兴云服务企业 Salesforce 全球付费用户数已超过 10 万，在全球 CRM 市场的份额从 2006 年的 8% 增加至 2011 年的 46%；Dropbox 等一批云计算领域新兴服务商近几年以超过 30% 的年度增幅快速发展。云计算制造领域的软件核心技术，如分布式体系架构、虚拟资源管理等，主要被谷歌、亚

马逊等企业所掌握，它们同时通过 Hadoop³等云计算开源项目影响着云计算技术的发展方向。

传统 IT 巨头利用技术优势在私有云市场上迅速占据领导地位，并利用云计算概念在全球推销其产品和解决方案。一方面，国际 IT 巨头重新整合已有产品和服务，迅速提供云计算解决方案，如 IBM 的“蓝云”平台就整合了其 Tivoli 管理软件、WebSphere 应用服务器、DB2 数据库等多款已有产品；另一方面投入大量资金用于云计算研发。

数据中心是承载云计算服务的重要基础设施，成为云计算发展的关键之一。云计算的发展带动了全球数据中心的发展建设和资源整合步伐不断加快，近两年来全球数据中心硬件投资规模增幅超过 10%，且呈加速增长趋势；大规模、高密度、绿色化、模块化成为数据中心的新发展方向。

3. 我国云计算产业发展现状

我国云计算服务市场处于起步阶段，云计算技术与设备已经具备一定的发展基础。我国云计算服务市场总体规模较小，但追赶势头明显。据 Gartner 估计，2011 年我国在全球约 900 亿美元的云计算服务市场中所占份额不到 3%，但年增速达到 40%⁴，预期未来我国与国外在云计算方面的差距将逐渐缩小。

大型互联网企业是目前国内主要的云计算服务提供商，业务形式

³ Hadoop 开源项目由雅虎创立，其主要思想来自于谷歌技术体系，目前主要由雅虎的合资公司 Horton Works 进行运作。

⁴数据来源：Gartner 公共云服务预测报告，2011 年 6 月。

以 **IaaS+PaaS** 形式的开放平台服务为主，其中 **IaaS** 服务相对较为成熟，**PaaS** 服务初具雏形。我国大型互联网企业开发了云主机、云存储、开放数据库等基础 IT 资源服务，以及网站云、游戏云等一站式托管服务。一些互联网公司自主推出了 **PaaS** 云平台，并向企业和开发者开放，其中数家企业的 **PaaS** 平台已经吸引了数十万的开发者入驻，通过分成方式与开发者实现了共赢。

ICT 制造商在云计算专用服务器、存储设备以及企业私有云解决方案的技术研发上具备了相当的实力。其中，国内企业研发的云计算服务器产品已经具备一定竞争力，在国内大型互联网公司的服务器新增采购中，国产品牌的份额占到了 50% 以上，同时正在逐步进入国际市场；国内设备制造企业的私有云解决方案已经具备千台量级物理机和百万量级虚拟机的管理水平。

软件厂商逐渐转向云计算领域，开始提供 **SaaS** 服务，并向 **PaaS** 领域扩展。国内 **SaaS** 软件厂商多为中小企业，业务形式多以企业 CRM 服务为主。领先的国内 **SaaS** 软件厂商签约用户数已经过万。

电信运营商依托网络和数据中心的优势，主要通过 **IaaS** 服务进入云计算市场。中国电信于 2011 年 8 月发布天翼云计算战略、品牌及解决方案，2012 年将提供云主机、云存储等 **IaaS** 服务，未来还将提供云化的电子商务领航等 **SaaS** 服务和开放的 **PaaS** 服务平台。中国移动自 2007 年起开始搭建大云（Big Cloud）平台，2011 年 11 月发布了大云 1.5 版本，移动 MM 等业务将在未来迁移至大云平台。中国

联通则自主研发了面向个人、企业和政府用户的云计算服务“沃·云”。目前“沃·云”业务主要以存储服务为主，实现了用户信息和文件在多个设备上的协同功能，以及文件、资料的集中存储和安全保管。

IDC 企业依托自己的机房和数据中心，将 **IaaS** 作为云服务切入点，目前已能提供弹性计算、存储与网络资源等 **IaaS** 服务。少数 **IDC** 企业还基于自己的传统业务，扩展到提供 **PaaS** 和 **SaaS** 服务，如应用引擎、云邮箱等。

三、云计算技术

1. 云计算的技术架构

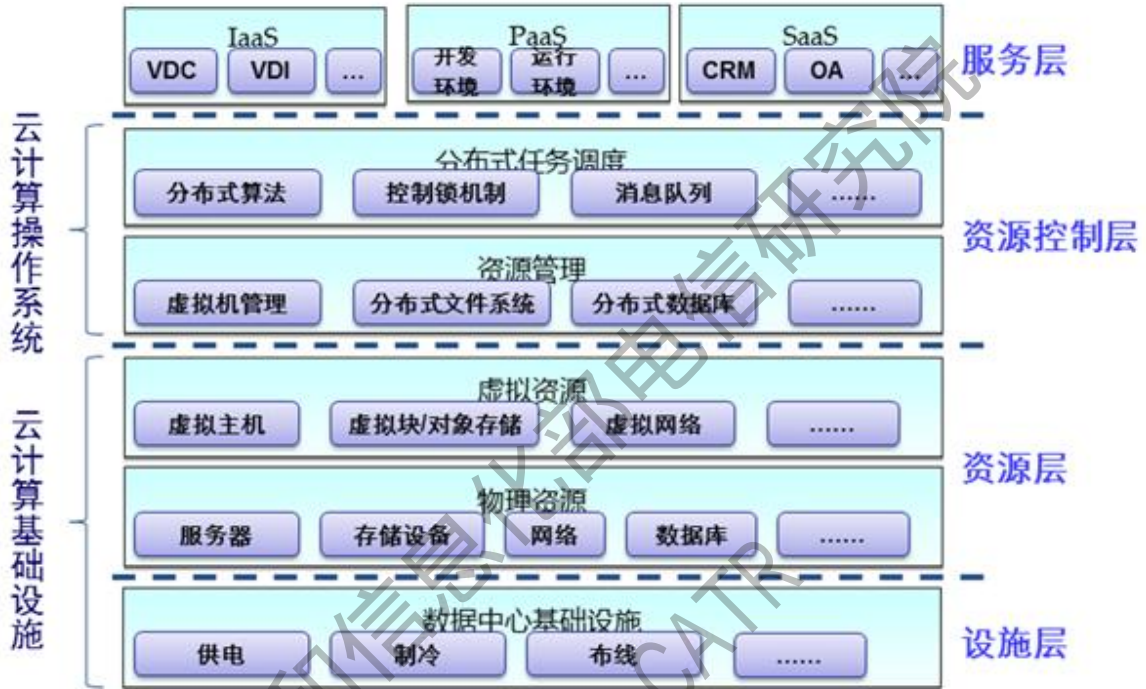


图3 云计算技术架构

在云计算技术架构中，由数据中心基础设施层与 ICT 资源层组成的云计算“基础设施”和由资源控制层功能构成的云计算“操作系统”，是目前云计算相关技术的核心和发展重点。

云计算“基础设施”是承载在数据中心之上的，以高速网络（目前主要是以太网）连接各种物理资源（服务器、存储设备、网络设备等）和虚拟资源（虚拟机、虚拟存储空间等）。云计算基础设施的主要构成元素基本上都不是云计算所特有的，但云计算的特殊需求为这些传统的 ICT 设施、产品和技术带来了新的发展机遇。如数据中心的

高密度、绿色化和模块化，服务器的定制化、节能化和虚拟化等；而且一些新的 ICT 产品形式将得到长足的发展，并可能形成新的技术创新点和产业增长点，如定制服务器、模块化数据中心等。

云计算“操作系统”是对 ICT 资源池中的资源进行调度和分配的软件系统。云计算“操作系统”的主要目标是对云计算“基础设施”中的资源（计算、存储和网络等）进行统一管理，构建具备高度可扩展性，并能够自由分割的 ICT 资源池；同时向云计算服务层提供各种粒度的计算、存储等能力。

总结来看，云计算在技术及实现方面有以下三个特点：一是用系统可靠性代替云元的可靠性，降低了对高性能硬件的依赖，如使用分布式的廉价 X86 服务器代替高性能的计算单元和昂贵的磁盘阵列，同时利用管理软件实现虚拟机、数据的热迁移解决 X86 服务器可靠性差的问题；二是用系统规模的扩展降低对单机能力升级的需求，当业务需求增长时通过向资源池中加入新计算、存储节点的方式来提高系统性能，而不是升级系统硬件，降低了硬件性能升级的需求；三是以资源的虚拟化提高系统的资源利用率，如使用主机虚拟化、存储虚拟化等技术，实现系统资源的高效复用。

同时，云计算核心技术呈现开源化的趋势，以 Hadoop、OpenStack、Xen 等为代表的众多开源软件已经成为云计算平台的实现基础。

2. 云计算“基础设施”关键技术

云计算“基础设施”关键技术包括服务器、网络和数据中心相关

技术。

2.1 服务器相关技术

服务器是云计算系统中的基础节点。为了实现云计算的低成本目标，云计算系统中多采用 X86 服务器，并通过虚拟化提高对服务器资源的利用率。

目前 X86 服务器的虚拟化技术比较成熟。虚拟化主要有裸金属虚拟化和寄居虚拟化两种方式，其中裸金属虚拟化在性能、资源占用等方面具有综合优势，是目前应用最为广泛的一种虚拟化方式。威睿的 ESX，微软的 Hyper-V 和思杰的 XenServer 是目前比较主流的虚拟化软件，其中威睿的市场份额最大。虚拟化逐步成为服务器操作系统的一项“标准配置”，Linux 标准内核包含 KVM 虚拟化模块，微软 Windows2008 也自带 Hyper-V。同时，X86 虚拟化技术的开源趋势越来越明显，开源 Xen 以及 KVM 等开源虚拟化技术得到了 IBM 等服务器厂商的支持，应用得越来越广。

从 2005 年以来，以英特尔、AMD 等为代表的主流处理器芯片厂商开始推出支持硬件辅助虚拟化(英特尔的 VT-x, AMD 的 AMD-V)的 CPU 以及芯片组产品，在原有 X86 指令集的基础上增加了支持虚拟化的指令，提高了虚拟机软件的运行效率。但在 CPU 虚拟化问题得到较好解决的同时，大量的虚拟机将会给服务器的 I/O 性能（主要是网络 I/O）带来很大压力，网卡 I/O 虚拟化已成为重要的发展趋势。目前主流的 I/O 虚拟化技术解决方案以 SR-IOV 为代表，但价格比较

高。

虽然 X86 架构的服务器是目前云计算解决方案中的主流，但出于对节能的强烈需求，采用 ARM、MIPS 等 RISC 架构的低功耗服务器可能在未来崭露头角。

从服务器整体设计的角度来看，大型互联网企业等云计算服务商已经不满足于采购服务器厂商规格化的产品，转而进行服务器的大量定制，定制化趋势十分明显。如谷歌采用带有内置电池组的服务器，以取消低效的 UPS 系统；一些互联网公司在数据缓存服务器中采用 SSD 硬盘或 PCI-e Flash 卡以提高 I/O 性能等。

2.2 云计算相关网络技术

云可以看作是一个庞大的网络系统。一个云内可以包含数千，甚至上万台服务器，虚拟化技术的普遍采用使实际网络节点的数量更加巨大，因此用于连接云内各个节点（云元）的网络就成为实现高效的计算和存储能力的关键环节之一。

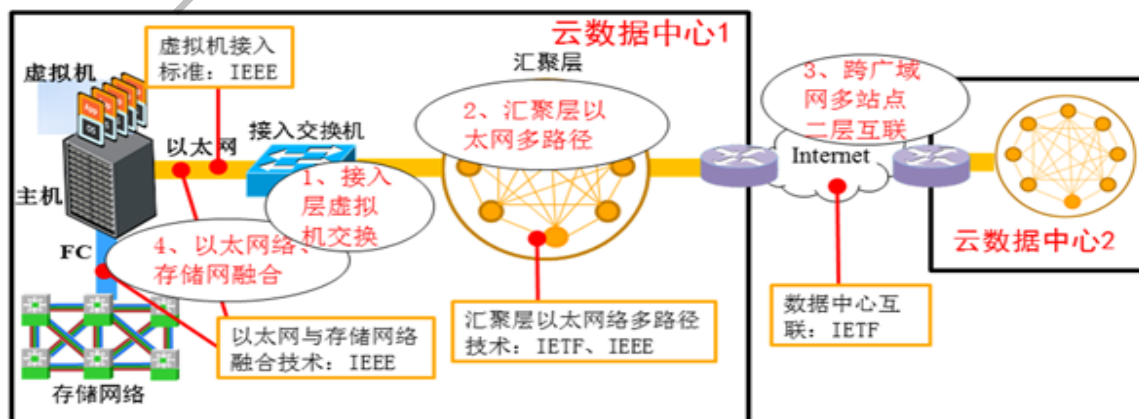


图 4 云计算相关网络技术

云计算相关网络技术需要解决以下三个主要问题：

第一，虚拟机流量的接入与控制。由于虚拟机的引入，虚拟机间流量的交换可能深入到网卡内部进行，使得原本服务器与网络设备之间在网络接入层比较清晰的界限被打破。目前的主流方式是采用虚拟机软件厂商所提供的软件交换机（如惠普的 vSwitch），但这种做法不利于实现云内网络统一的策略控制，并且软件交换机将消耗大量 CPU 资源。目前出现了两种解决思路：一是服务器厂商提出把虚拟机之间的互访流量直接上送给接入交换机，不在服务器内部完成（IEEE 802.1qbg EVB, Edge Virtual Bridging, 边界虚拟桥接）；二是网络设备厂商提出将交换机的接口模块延伸至网卡之中，网卡的虚拟接口与物理的接入交换机一起由统一的控制平面来进行控制（802.1qbh BPE, Bridge Port Extension, 桥接接口扩展）。

第二，数据中心内部横向流量的承载。在云计算数据中心的中心，出于对虚拟机“热迁移”的需要，汇聚层仍然采用二层网络组网，这使得汇聚层二层网络规模大大增加，原有生成树协议的阻塞模式将造成链路的大量浪费。目前思科、瞻博（Juniper）等公司均提出了解决大规模二层网络组网问题的方案，IETF（提出 TRILL, Transparent Interconnection of Lots of Links）和 IEEE（提出 SPB, Shortest Path Bridging）均在进行相关技术的标准化。这些解决方案的总体思路相近，都是通过对 ISIS 协议的扩展，在二层转发中引入路由技术，实现对网络链路的有效利用。

第三，数据、存储网络的融合。传统数据中心中存在两类网络：连接服务器的以太网，连接服务器和存储设备的光纤存储网（FC）。两张网络的并存提高了建设和运行管理成本，为了适应云计算低成本的需要，数据网络和存储网络的融合成为一种趋势。目前思科（提出 DCE, Data Center Ethernet）和 IBM（提出 CEE, Convergence Enhanced Ethernet）均提出了基于以太网的融合网络方案，IEEE 的 802.1Q DCB（Data Center Bridging）系列标准已经对以太网队列控制，带宽管理等技术进行了规范，基于以太技术的存储网络（FCoE）从技术上已经成熟，但产品的成熟和大规模商用还需要 3-5 年时间。

2.3 数据中心相关技术

云计算使数据中心向大型化发展，也带来节能的迫切需求。据统计，2010 年数据中心能耗已经占全球总能耗的 1.3%，绿色化刻不容缓。

在数据中心的能耗中，IT 设备、制冷系统和供配电系统占主要部分，因此数据中心的节能技术主要围绕这三个方面。

对于 IT 设备而言，其节能技术发展重点是在相同负载下，通过虚拟化、处理器降频、自动休眠和关闭内核等技术，使设备在获得更好性能的同时降低耗电量。

对制冷系统来说，一方面可通过尽量采用自然冷却（Free Cooling）的方式降低能耗；另一方面，可通过热管理技术（冷热风道设计、送风和会风路径设计等）改善数据中心气流组织，实现制冷量的精确供

给和按需分配，从而节省制冷系统的能耗。

对供配电系统来说，主要节能技术包括选用高效率的、模块化的UPS电源；进行合理的IT设备与供电设备布局，减少供电线路损耗；采用高压直流提高供电可靠性和电源使用率、降低电量损耗并增强系统可维护性。

3. 云计算“操作系统”关键技术

虽然云计算“操作系统”的体系结构和表现形态与单机操作系统有很大区别，但从宏观上来看，云计算“操作系统”向下控制底层资源，向上提供计算、存储等资源接口，功能上与单机操作系统类似。云计算“操作系统”的主要关键技术包括实现底层资源池化管理的“资源池”管理技术和向用户提供大规模存储、计算能力的分布式任务和数据管理技术。

3.1 “资源池”管理技术

“资源池”管理技术主要实现对物理资源、虚拟资源的统一管理，并根据用户需求实现虚拟资源（虚拟机、虚拟存储空间等）的自动化生成、分配、回收和迁移，用以支持用户对资源的弹性需求。

云计算“资源池”管理技术与传统IT管理软件的主要区别是实现了虚拟资源的“热迁移”，即在物理主机发生故障或需要进行维护操作时，将运行在其上的虚拟机迁移至其他物理主机，同时保证用户业务不被中断。

“热迁移”的重要前提是物理服务器使用共享存储器，并且虚拟

机的迁移与网络配置的迁移同时进行。目前威睿、思杰、微软的虚拟化解决方案均支持“热迁移”功能，但不同虚拟机格式之间的迁移还难以实现，这也导致了在搭建云计算系统时对虚拟化软件提供商的选择受限。一些国际标准组织正在对此进行努力，如 DMTF 定义了开放虚拟机格式（OVF，Open Virtualization Format），但目前威睿等公司产品对 OVF 的支持也只是实现了对虚拟机镜像的导出和导入，且需要在虚拟机处于关机状态时进行，尚无法实现不同格式虚拟机之间的“热迁移”。

3.2 分布式任务和数据管理技术

云计算对分布式任务和数据管理的需求主要来源于业界对“大数据”的处理需求。分布式任务管理技术要实现在底层大规模 ICT 资源上进行分布式的海量计算，并对大量结构化与非结构化的数据进行存储与管理。目前的分布式任务管理技术主要包括分布式计算、分布式文件系统和非结构化分布式数据库技术等。

云计算中的分布式计算技术是对网格、集群计算技术的继承与发展，以谷歌 MapReduce⁵为典型代表，其基本思想是将一个大规模的处理任务分解为同质化的较小的处理任务，并分散在不同的计算节点中完成，之后对结果进行汇总，得到最终的处理结果。

分布式文件系统以谷歌 GFS⁶为典型代表，其基本思想是将数据分为同样大小（GFS 中为 64M）的文件块，分散的存储在不同的服

⁵MapReduce 是谷歌分布式计算技术的核心，主要思想是将可分解的处理任务分配至多个节点同步完成，提高处理效率。

⁶GFS 是谷歌的分布式文件系统，实现了大文件在多个节点上的分布式存储，并可以满足高并发的 I/O 访问需求。

务器之中，由一个元数据服务器来进行统一管理，并为用户提供数据读写的块地址。与传统的磁盘阵列等存储方式相比，分布式文件系统的优点在于：一是支持用户对数据的并发读写，提高了 I/O 的能力；二是可以利用高冗余技术，实现对数据的低成本容错保护；三是可以实现存储系统的弹性扩展。未来分布式文件系统技术的发展方向包括采用分布式元数据服务器，以及支持更小粒度的文件块等。

在互联网应用中，为处理大量文本、图像、声音和视频等非结构化数据，出现了众多的非结构化数据库（统称 NoSQL 数据库），如谷歌的 BigTable⁷，Apache 基金会的 Cassandra 和 CouchDB，Hadoop 项目中的 Hbase 等。这些非结构化数据库基本都采用了与 GFS 类似的分布式架构，具有高可扩展性，支持分布式存储的特征，且均采用开源方式发布，提高了非结构化数据库技术的扩散速度。非结构化数据库已经在国际大型互联网公司中大量使用。

分布式任务和数据管理技术的开源化趋势十分明显，其中最具代表性的是由雅虎创立，目前由 Apache 基金会支持的 Hadoop 项目。Hadoop 项目实现了谷歌 MapReduce、GFS 和 BigTable 的核心功能，是目前业界所广泛采用的分布式计算系统架构，IBM、Facebook、Rackspace 等知名企业都在利用 Hadoop 开发分布式计算集群系统。

4. 我国云计算技术发展

我国拥有世界级规模的互联网和电信运营企业，ICT 制造企业也

⁷BigTable 是谷歌所使用的分布式数据库技术，主要实现对大量非结构化数据的存储与检索。

拥有较为雄厚的产品研发、制造基础。借助云计算的开源化趋势，我国企业已经初步具备了云计算技术和产品的研发能力。

通过对 KVM、XEN 等开源技术的应用，国内企业已经具备了服务器虚拟化软件及中间件产品的研发能力，但国内的虚拟化技术基础更多处于应用层面，由于核心芯片等基础产品与技术一直以来都依赖英特尔、AMD 等国外厂商，对于硬件辅助虚拟化等更进一步的技术创新短时间内尚难实现。

在云计算相关的网络新技术方面，国内企业也逐渐加入了国际技术发展的前沿领域，在 IETF、IEEE 等国际组织的技术研究中都起着越来越重要的作用。但同时，由于核心交换芯片等关键部件仍主要依赖博通（Broadcom）等国外公司，因此在实现突破性技术创新方面还存在较大困难。

目前我国的数据中心仍以出租机架为主，因此相关的节能技术比较落后，但一些互联网企业和电信运营商已经开始探索数据中心节能的各种最佳实践技术。一些互联网公司开始在新建数据中心中采用自然冷却、智能电能分析系统等节能措施；一些电信运营商开始进行高压直流供电系统的研究和试点工作，节能效果明显。

在云计算“操作系统”方面，我国面向互联网大规模计算和存储应用，以及面向企业私有云应用的云计算管理平台已经有一定进展。我国互联网企业自主开发的云计算平台已经可以实现对单集群 2000-3000 台服务器节点的管理，并可实现 10 万量级任务的并行调度

和 PB（Petabyte，拍字节， $1\text{PB}=1 \times 10^9\text{MB}$ ）级文件存储。

开源化是云计算技术的重要趋势。我国企业在国际云计算开源项目中的参与程度不断提高，华为公司在 Hadoop 项目中的贡献排在前列 20 位，超过谷歌、思科等企业。但开源不等于免费使用，在基于开源软件进行开发时，也需要注意不同的开源许可证所带来的自有知识产权保护 and 隐性侵权风险等问题。

5. 云计算标准化进展

云计算技术和产业仍处于发展的初期阶段，目前云计算呈现出事实标准（包括企业私有标准与开源实现）和开放标准并存，且在应用中以事实标准为主的情况。随着云计算作为一种公共服务的属性不断加强，以及云间的互通和业务迁移需求不断提升，云计算的开放标准将成为重要的发展趋势。

目前，全球范围内已经有 50 多个标准组织宣布进行云计算开放标准的制订。标准组织的主要研究领域包括以下几个方面：一是云计算的概念、架构与应用场景，NIST（美国国家标准研究院）已经提出了得到产业界公认的云计算概念与架构模型，ITU-T 和 ISO/IEC 正在进行云计算技术架构和应用场景的研究，并形成了相关的研究报告；二是云计算业务的互操作，一些新兴的专门针对云计算的标准组织在这方面有一定的进展，包括 OCC（开放云计算联盟）、GICTF（全球云间技术论坛）、CCIF（云计算互操作论坛）等；三是云计算安全，CSA（云计算安全联盟）是这一领域比较领先的组织，提出了云计算

的七大安全威胁，ITU-T 也在进行相关研究；四是云计算相关技术，在资源与接口定义方面，DMTF（分布式管理任务组）与 SNIA（全球网络存储工业协会）分别在统一虚拟机格式以及存储接口方面提出了技术标准，IEEE（美国电气和电子工程师协会）、IETF（互联网工程任务组）在云计算网络技术方面输出了较多成果，TGG（绿色网格组织）提出了绿色数据中心的评测指标；五是云计算的运维与资源管理，DMTF 基于对 IT 系统管理的研究提出了云计算系统的管理模型，OASIS（结构化信息促进组织）正在进行云计算身份管理的研究。

总体来看，由于缺乏主流云服务提供商的参与，云计算的开放标准进展较为缓慢，但一些基础性技术标准，如虚拟机格式、数据接口、网络技术、绿色节能等方面已经取得了明显进展。云计算安全、互联和互操作等领域，将是 ITU-T、ISO 等传统国际标准组织未来标准化的重点。

国内企业也积极参与全球云计算标准的制定，华为是 IETF 云计算标准化工作的发起者之一，也是 DMTF 的董事会成员，同时参与了 CSA 等工作；中国联通、中国电信、中兴是 ITU 云计算领域工作的主导力量之一；中国移动是 TGG 的重要成员；联想、金蝶、瑞星等国内企业也在 TGG、CSA 等国际云计算标准组织中发挥了重要作用。

四、云计算数据中心

1. 全球云计算数据中心发展趋势

全球数据中心投资快速增长，整体发展步伐加快。据统计，2011年全球数据中心硬件投资规模达到989亿美元⁸，比上一年增长了12.7%。预计2012年全球数据中心投资规模将增长17%，其中东南亚、中东、美国中部、澳大利亚等地投资增速更是超过50%⁹。

利用云计算技术进行整合升级，提升数据中心规模优势成为趋势。一方面，超大规模云计算数据中心由于具有明显成本优势，成为企业新建数据中心的首选。微软公司在芝加哥建设的数据中心占地达到6.5万平方米，全部投入使用可以容纳约22.4万台服务器¹⁰，是全球最大的数据中心之一。谷歌在俄勒冈州的数据中心占地超过12万平方米，可容纳15万台服务器。另一方面，美英德等发达国家主要将投资用于对老旧数据中心的整合和升级。美国联邦政府正在逐步压缩老旧的中小型数据中心数量，2011年底已关闭了195个数据中心¹¹，到2015年总共要关闭约800个¹²，将原有老旧数据中心的业务逐步向大型云数据中心迁移。

统筹资源分布和区域需求，在全球范围内优化数据中心空间布局成为主要策略。谷歌、亚马逊、微软、Facebook、IBM等主要云服务企业双管齐下，加快进行全球范围内的云计算数据中心布局。一方面，

⁸数据来源：Gartner，<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1822214>，2011年10月。

⁹数据来源：Datacenter Dynamics 2011年数据中心产业调查报告。

¹⁰数据来源：

<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2009/09/30/microsoft-unveils-its-container-powered-cloud/>

¹¹数据来源：<http://www.cio.gov/datacenters/>

¹²数据来源：《Federal Cloud Computing Strategy》，2011年2月。

这些企业将用于超大规模数据存储和处理的数据中心向气候、能源和地质等自然条件适宜地区迁移，以大幅度降低运营成本。目前，美国北卡罗来纳、俄勒冈，芬兰、爱尔兰等具有能源丰富、自然环境适宜的地区成为超大型云计算数据中心建设的热点区域。另一方面，为了缩减响应时间，确保用户体验，业务和用户集中区域也需要建设面向用户实时交互的数据中心(规模相对较小)。因此在最近几年，业务成长性高的东南亚地区也成为云服务企业数据中心布局的战略重点，如谷歌、亚马逊、Salesforce、微软、AT&T 等都将新加坡和我国香港等作为覆盖亚太的云数据中心基地。

2. 我国数据中心的发展状况

我国现有各类数据中心或计算机机房约 43 万个(美国有 77 万个)¹³，数量约占全球 13%。其中经营性 IDC 机房 921 个，面积达到 88 万平方米，17.7 万个机柜，能容纳 200 多万台服务器¹⁴。虽然我国数据中心的数量多，但单体规模普遍偏小，技术和运营水平也普遍较低。从空间分布看，由于北京、上海、广东等东南部经济发达地区是数据中心用户的主要集中区域，同时这些地区的宽带网络、电力、交通、产业支撑等基础条件相对其他地区来说也更有保证，因此我国数据中心主要集中在这些地区。

未来几年，随着云计算市场逐步启动和快速发展，我国对新型云计算数据中心的需求将快速增长。基于对未来的良好预期，各地纷纷加快了云计算数据中心建设步伐。根据公开资料粗略统计，截至 2012

¹³数据来源：Gartner，截至 2010 年底。

¹⁴数据来源：工业和信息化部电信研究院，截至 2011 年。

年3月，全国已有13个省市自治区规划了约30个左右的10万台服务器以上规模的大型数据中心建设项目，多个地方的规模甚至达到数百万台。这些项目规划总投资达到2700多亿元，如果这些项目能够按规划建成，可容纳服务器将超过1000万台，相当于目前全国IDC总规模的5倍。

3. 我国云计算数据中心布局的策略

面对全国性的数据中心建设热潮，合理规划和布局我国数据中心建设成为当前一项紧迫任务。

一般来说，数据中心的选址和布局，要考虑自然灾害预防、战略安全，以及产业支撑等相关因素，包括：

（1）自然灾害：考虑当地的自然地理条件，如地震、台风、洪水等自然灾害记录，避开地震带、海啸、水灾多发地。

（2）战略安全：考虑到国家战略安全，大型云计算数据中心建设应避免过度集中，而且远离重要军事目标。

（3）产业支撑：当地是否具备足够的掌握ICT技术和管理技能的人才，以及是否具备相关的配套产业环境。

（4）网络带宽：当地是否具备良好的通信基础设施，支持数据中心大带宽接入骨干网。

（5）交通物流：当地是否具备便捷的交通网络和物流能力。

（6）配套政策：当地是否提供优惠的土地、税收和人才等优惠政策。

除了上述传统的布局因素外，对于全国云计算数据中心的建设布

局，要统筹兼顾多种因素，既要考虑用户体验和产业支撑要求，也要考虑能源供应和绿色节能要求。

对主要用于在线交互和缓存分发的中小型数据中心，一般应根据市场情况，由企业在带宽充裕和用户集中的地区分散建设，布局优化主要靠市场调节。

对于大规模云计算数据中心，由于其规模庞大，能源消耗问题非常突出，因此应由国家统筹规划指导，在布局时应重点考虑在气候适宜和能源富集地区建设。

（1）气候地理条件：全球最大的12家数据中心中，在北纬35~45度的有6家，所处地区大多平均气温在-5°C（1月）~28°C（7月）之间。研究显示，一般的数据中心约有30%~40%电能用于设备和机房散热，如果能够利用当地较低的温度实现自然冷却，可以节省大量能源。例如对于同样规模和配置的数据中心，在广州比在哈尔滨全年空调制冷耗电量多79.3%，总能耗多出24%~32%。

（2）能源供应情况：数据中心能源消耗巨大，一个10万台服务器规模的数据中心的功率4.5万KW¹⁵，年耗电约4亿度。如此巨大的电力需求，对一些能源短缺省市提出了巨大挑战。即便能够通过外地送电得以满足，也要消耗10%的长距离电力配送损耗。因此，考虑到能源供应和减少输电损耗的要求，应尽可能将大型数据中心建设在能源富集地区。

¹⁵数据中心能耗的估算：数据中心总功率=PUE*服务器总功率=PUE*服务器标称功率*c*服务器数量。其中，c为电源裕量，一般取0.8，PUE按1.5计算，服务器标称功率按1U机架服务器标称功率377W计算。数据中心一年耗电量=数据中心总功率（KW）×8760小时。

五、云计算安全

1. 云计算安全概述

自云计算服务出现以来，发生的大量安全事件已经引起了业界的广泛关注，并进一步引发了用户对公共云服务的信任问题。从导致安全事件的原因来看，包括软件漏洞或缺陷、配置错误、基础设施故障、黑客攻击等原因；从安全事件的后果来看，主要表现为信息丢失或泄露和服务中断。例如，2011年3月，谷歌邮箱爆发大规模的用户数据泄漏事件，大约有15万Gmail用户受到影响；2011年4月，由于EC2业务的漏洞和缺陷，亚马逊公司爆出了史前最大的云计算数据中心宕机事件。同一个月，黑客租用亚马逊EC2云计算服务，对索尼PlayStation网站进行了攻击，造成用户数据大规模泄露。

国际标准组织、产业联盟和研究机构等针对云计算安全风险开展了研究，尽管各组织机构对云计算安全风险分析的角度不尽相同，但普遍认为共享环境数据和资源隔离、云中数据保护以及云服务的管理和应用接口安全是最值得关注的问题。从各组织的关注重点来看，管理方面的探讨较多。例如，ITU-T关注用户在让渡数据和IT设施管理权的情况下与服务提供商之间的安全权责问题，并强调了数据跨境流动带来的法律一致性遵从问题；CSA关注云服务恶意使用和内部恶意人员带来的安全风险；ENISA（欧洲网络与信息安全局）强调了公共云服务对满足某些行业或应用特定安全需求的合规性风险。

同传统的信息化系统一样，从技术上看，云计算系统的安全漏洞是不可避免的，且由于服务网络化、数据集中化、平台共享化和参与角色多样化，云计算所面临的安全风险相对于传统信息化系统更加复杂。

但也应该看到，在绝大多数情况下，相对于个人和中小企业用户而言，云服务提供商可以提供更加专业和完善的访问控制、攻击防范、数据备份和安全审计等安全功能，并通过统一的安全保障措施和策略对云端 IT 系统进行安全升级和加固，从而提高了这部分用户系统和数据的安全水平。

2. 云计算的法律环境

要全面应对云计算发展带来的安全挑战，不仅需要从技术上为云计算系统和每个用户实例提供保障措施，还需要配套的法律法规和监管环境的完善，明确服务提供商和用户之间的责任和权利，对用户个人信息进行有效保护，防止数据跨境流动带来的法律适用性风险。

欧盟、美国、日本和韩国等拥有相对完善的网络信息安全保护法律体系，为云计算的发展提供了较好的法律保障。其法律规定主要包括以下几个方面：一是个人信息保护。美国早在上世纪 70 年代就制订了《隐私法》保护个人信息，并准备修订其《电子通信隐私法》以适应云计算的发展；欧盟 1995 年通过了《个人数据保护指令》，2002 年通过并于 2009 年修订了《有关个人数据处理和电子通信领域隐私

保护的指令》，对个人信息保护提出要求；日本出台了《个人信息保护法》；韩国《促进信息和通信网络利用及信息保护法》也对个人信息保护进行了规定。二是数据跨境流动。欧盟的《个人数据保护指令》是关于数据跨境流动限制最典型的法律规定。三是保障国家安全，在特定条件下政府可以通过一定的程序接触到云计算中的个人信息。典型的如美国的《爱国者法》，加拿大的《反恐法案》、《国防法》等，美国政府可根据《爱国者法》而访问到由美国公司提供的云服务中的个人信息。四是保障政府机构使用的云计算服务安全。如美国的《联邦信息安全管理法案》。

相比之下，我国在个人隐私保护，在线数据保护，数据跨境流动等方面的法律法规存在很大缺失，还需要从立法、规章制度等多方面不断完善适应云计算发展的信息安全法律监管环境。

六、政府在云计算发展中的作用

1. 外国政府的云计算行动

(1)通过政府采购和使用云计算资源和服务,激发云计算需求,扩大云计算市场规模。

2011年2月,美国发布《联邦云计算战略》白皮书,规定在所有联邦政府项目中云计算优先,预计在美国联邦政府年度800亿美元的IT项目预算中有25%可以采用云计算,并规定每个联邦机构至少拿出三项应用向云计算迁移。截至目前,美国国防部、联邦政府、宇航局等均已推出自己的云计算计划。

2011年11月,英国政府宣布将启动政府云服务(G-Cloud),并投资6000万英镑建立公共云服务网络;英国财务部预计英国政府每年160亿英镑的IT预算中将有32亿英镑采用云计算;英国政府的目标是到2015年,至少有50%的政府公共部门的信息技术资源通过G-Cloud购买。

2010年10月,德国联邦经济和技术部发布《云计算行动计划》,旨在“大力发展云计算,支持云计算在德国中小企业的应用,消除云计算应用中遇到的技术、组织和法律问题”。

2009年12月,韩国推出《云计算全面振兴计划》,决定在2014年之前向云计算领域投资6146亿韩元(约34亿人民币),争取使韩国云计算市场的规模扩大四倍,达到2.5万亿韩元(约138亿人民币),

同时树立了将韩国相关企业的全球市场占有率提高至 10% 的目标。韩国政府将率先引进并提供云计算服务，为云计算开创国内初期需求，在教育、气象与邮政业务领域应用云计算，进而引导企业采用云计算。

（2）建立适应云计算发展需求的管理架构，并通过直接投资、税收优惠等方式鼓励云计算的技术研发。

美国在不同政府级别上设立了多个云计算管理机构，共同处理联邦政府云计算事务：如联邦首席信息官（CIO）委员会下设云计算执行委员会（ESC），负责联邦云计算计划（FCCI）的制定及管理；总务管理局（GSA）设立了联邦云计算项目管理办公室（PMO），为 ESC 提供云计算技术和管理支撑，监管和支持 FCCI 的执行，并定期向联邦 CIO 汇报。为支持云计算发展和基础设施建设，美国还采取了税收优惠及资金补助等多种财税支持政策。

欧盟专家小组在 2010 年初的一份关于云计算未来的报告中，建议欧盟及其成员国为云计算的研究和技术开发提供激励，并制定适当的管理框架促进云计算的应用，共同推动云计算服务。德国联邦经济和技术部于 2011 年 9 月启动了为期 3 年的“可信云计算”研究工程，由德国政府投入 5000 万欧元，企业自筹 5000 万欧元，共包含 14 个项目，其中云计算核心技术相关项目 5 个，产业相关 4 个，医疗领域 3 个，公共部门相关 2 个。

日本 IT 战略部于 2009 年 7 月发布的“i-Japan 战略 2015”计划行动项目中包括建设“霞关云”大规模云计算基础设施，以支持政府

运作所需的所有信息系统。2010年8月，日本经济产业省发布了《云计算与日本竞争力研究》报告，表示将从完善基础设施建设、改善制度及鼓励创新三方面推进云计算发展，希望在2020年前培育出累计规模超过40万亿日元（约3万亿元人民币）的新市场。日本总务省于2010年8月向下一届例行国会提交相关法案，规定地方政府在普及云计算时将得到中央的援助，如发行地方债券等优惠措施。

（3）对云计算服务提出安全规范，提高云计算服务和产品的质量，同时提升社会对云计算的认可度。

美国根据政府采购需求，由NIST组织主要厂商制定一系列云计算标准，并依据联邦信息安全管理法案（FISMA）开展对服务商及其产品的认证工作，另外，针对云计算启动了联邦风险和认证管理项目（FedRAMP），利用第三方机构开展专业认证，以保证政府采购云计算服务的安全性。

欧盟委员会于2011年5月开展了云计算公众咨询活动，向社会各界征求有关意见和建议，咨询重点包括数据保护及其责任、影响欧洲云计算发展的法律和技术障碍、标准化和协作方案、以及促进云计算研发的方法等。德国相关的行业协会正在研究和推行业务云计算相关的安全和服务等认证工作。

2. 我国政府的云计算行动

我国政府近年来高度重视对云计算的发展。《国家“十二五”规

划纲要》和《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》均把云计算列为重点发展的战略性新兴产业。为了配合与落实国务院的《决定》，2010年10月，工业和信息化部与国家发展和改革委员会联合下发《关于做好云计算服务创新发展试点示范工作的通知》，确定北京、上海、杭州、深圳和无锡五城市先行开展云计算服务创新发展试点示范工作，并于2011年10月陆续下拨6.6亿的云计算专项扶植资金。

一些省市，如北京、上海、成都、佛山、重庆等，发布了地方云计算战略规划。北京发布了“祥云工程”，目标是到2015年北京市在云计算服务领域形成500亿元产业规模，由此带动云计算产业链形成2000亿元产值；成都制定了云计算应用与产业发展“十二五”规划纲要，提出到2015年将建成云服务、基础软硬件设备生产和云终端产品制造三大产业集群，产业规模达到3000亿元。

北京、上海、山东、江苏，以及深圳、杭州、成都、天津、济南、南京等近十多个省市成立了地方云计算联盟，组织当地重点企业联合进行云计算服务、政策等方面的探索，如北京的“中关村产业联盟”，成都的“成都云计算产业联盟”，深圳的“深圳市云计算产业协会”，等等。

许多省市开展了以云计算产业园区为主要形式的数据中心的建设。据不完全统计，截至2011年底全国已有至少13个城市明确提出建设云计算数据中心园区的计划，各地园区规划总面积超过150平方

公里，其中哈尔滨“中国云谷”规划面积达到 50 平方公里，重庆云计算产业基地规划面积 66 平方公里，鄂尔多斯“草原硅谷”规划面积 10 平方公里。

工业和信息化部电信研究院
CATR

七、我国发展云计算面临的机遇和存在的问题

1. 我国云计算发展面临的机遇

我国云计算产业发展有以下几方面的重大机遇：

第一，我国市场规模庞大，对云计算应用有着广阔的需求。我国互联网用户已经突破5亿，同时几千万中小企业的信息化程度还很低，市场潜力巨大。

第二，国际云计算产业格局尚未定型，存在发展窗口期。我国已经具备一定的产业基础，互联网企业在大规模分布式计算系统方面形成自有体系，设备商在定制服务器、分布式存储系统等软硬件制造领域存在突破的机会。

第三，技术更新换代，新的技术路径及众多的开源系统提供了技术创新的契机。

第四，由于文化、国情的差异性，国际云服务和制造企业对我国用户个性化需求理解不足，为植根于国内市场的本土企业提供了发展的机会。

2. 我国在云计算发展中存在的问题

当前，我国云计算产业发展面临以下几方面的问题：

第一，数据中心规模结构和空间布局不合理，技术水平相对落后。

规模结构方面，我国大规模数据中心¹⁶比例偏低，仅占数据中心总量的万分之一，为美国这一比例的七分之一¹⁷，未能充分利用大规模数据中心的集约化优势。我国数据中心设计、建设和运维水平较低，导致平均能耗较高，PUE（电能利用效率）普遍在 2.2-3 之间，而发达国家多为 1.5~2，谷歌数据中心甚至能够达到 1.1 或更低。

第二，公共云服务能力与国际先进国家相比差距较大，配套环境建设滞后。国内公共云计算服务能力与美国等发达国家相比仍有较大差距，公共云计算服务业的规模相对较小，业务较为单一，随着谷歌、亚马逊等企业加快在全球和我国周边布局，云计算服务向境外集中的风险将进一步加大。国内云计算标准规范、第三方评估认证审计等配套支持环节明显不足。

第三，核心技术亟待突破。我国企业在大规模云计算系统管理、支持虚拟化的核心芯片等一些制约发展的关键产品和技术方面仍亟需突破。

第四，云计算信息安全法律法规和监管体系不够健全。我国在与云计算安全相关的数据及隐私保护、安全管理、网络犯罪治理方面均有较大缺失¹⁸。

¹⁶ 大规模数据中心是指容纳机架数 500 个以上的数据中心。

¹⁷ 根据 Gartner 2010 年统计数据。

¹⁸ 根据 2012 年 BSA（商业软件联盟）发布的《全球云计算排行榜》，我国在云计算发展方面的准备度在 24 个国家中排名第 21 位。

3. 我国云计算未来发展思考

基于当前我国云计算产业的发展现状，未来我国云计算发展要控制好三个核心关键要素，一是实现云计算基础设施的优化布局；二是以云计算服务为核心带动云计算产业，突破云计算关键技术，大力发展公共云计算服务；三是完善保障云计算发展的制度环境。

第一，多方携手共同促进云计算基础设施合理发展和优化布局。应重视对老旧机房的改造和整合，提高单位功率密度和节能水平，控制新增面积的过快增长。对于新建的超大型数据中心¹⁹，应从国家层面综合环境、能源、区域和产业发展等情况来统筹考虑。

第二，以云计算服务为核心带动云计算产业，并重点扶持和发展社会化公共云计算服务。政府和产业界应把自主品牌和技术的云计算服务作为发展云计算产业的核心，在资金、资源和政策等方面重点支持自主云计算公共服务的发展，并通过大规模的公共服务带动上下游企业和服务企业自身的技术和产品研发，加快超大规模云计算操作系统、支持虚拟化的核心芯片等基础性技术的研发突破，形成自主可控的产业体系。

第三，构建适应云计算发展的制度环境。从国家层面加强网络数据安全、个人隐私保护、知识产权保护、数据跨境流动等方面的法律法规环境建设，并建立合理的行业管理制度；从企业层面积极改革企业管理流程和组织架构，加快云计算的引入和采用。

¹⁹ 超大型数据中心指5万台服务器或2500机架以上规模的数据中心。

工业和信息化部电信研究院

地 址：中国北京海淀区花园北路52号（100191）

联系电话：86-10-62304839

传 真：86-10-62304980