

Cloud Computing
Technology
Development Report

2011

中国电子学会云计算专家委员会

云计算技术发展报告

顾 问 吴基传
主 编 李德毅
副主编 林润华



科学出版社

中国电子学会云计算专家委员会

2011

云计算技术发展报告

顾 问 吴基传

主 编 李德毅

副主编 林润华

 科学出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

云计算技术发展报告/中国电子学会云计算专家委员会编. —北京:
科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-030962-4

I. ①云… II. ①中… III. ①计算机网络—研究报告—中国
IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第077163号

责任编辑: 赵丽欣 文 戈/责任校对: 柏连海
责任印制: 吕春珉/封面与版式设计: 子时文化

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年5月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2011年5月第一次印刷 印张: 8

印数: 1—6 000 字数: 152 000

定价: 38.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62134021

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《云计算技术发展报告》

编写委员会

顾问组组长 吴基传

顾问组成员 倪光南 张尧学 刘汝林 张亚勤 黄晓庆

编写组组长 李德毅

编写组副组长 林润华

编写组主要成员：

李德毅 林润华 郑纬民 李 兵 何 清 姚宏宇

张海粟 张为民 张 莉 张立强

参与编写人员：

姚 剑 陈桂生 刘 进 张指路 武永卫 应 时

曾 承 刘 鹏 孙少陵 金 海 冯 丹 吴 松

毛文波 王树良 蒋建平 张良杰 李 智 李 彦

吴思权 李涓子 王 青 熊锦华 苗凯翔 彭 蓉

范胜军 李倩谊 张依敏

前言

任何划时代的技术本身都有着强烈的时代印记，云计算（Cloud Computing）也不例外。

18世纪中叶，以蒸汽机的发明和广泛应用为标志的第一次技术革命，突破了自然动力的局限性，实现了大生产和机械化，开启了人类工业文明时代；19世纪30年代以电力技术为标志的第二次技术革命，使人类社会进入了电气时代；20世纪40年代以来，以电子、通信、计算机和网络技术为标志的第三次技术革命，又将我们带入了信息时代。

第一台电子计算机的成功研制、个人计算机的诞生以及互联网的出现，极大地推动着人类社会网络化、信息化的进程。而云计算作为一种将计算变为人们梦寐以求的公用设施的技术手段和实现模式，无疑将对经济、社会产生深刻影响，加速人类社会整体步入到全球化、知识化、智慧化的新时代。

云计算是信息技术发展和信息社会需求到达一定阶段的必然结果。一方面，微电子技术、图灵计算模式、冯·诺依曼计算机、光通信和移动通信技术，以及网络科学的快速发展，为人类社会迈向信息社会奠定了科学技术基础；而另一方面，无论何时、何地、何人、何物，人类社会期待实现互联互通、知识共享、协同工作的新需求，加速了信息社会的进程。在这一进程中，对普惠、可靠、低成本、高效能的技术手段和实现模式的迫切需要，催生了云计算。

关于云计算的定义，众说纷纭。中国电子学会云计算专家委员会认为，云计算是一种基于互联网的、大众参与的计算模式，其计算资源（计算能力、存储能力、交互能力）是动态、可伸缩、且被虚拟化的，以服务的方式提供。这种新型的计算资源组织、分配和使用模式，有利于合理配置计算资源并提高其利用率，促进节能减排，实现绿色计算。

云计算作为一种技术手段和实现模式，使得计算资源成为向大众提供服务的社会基础设施，将对信息技术本身及其应用产生深刻影响。软件工程方法、网络和端设备的资源配置、获取信息和知识的方式等，无不因云计算而产生重要变化，改变着信息产业现有业态，催生新型的产业和服务。云计算带给社会计算资源利用率的提高和计算资源获得的便利性，推动以互联网为基础的传感网和物联网的迅速发展，将更加有效地提升人类精准地感知世界、认识世界的能力，影响着经济发展和社会进步。

前 言

在过去几年里，云计算核心技术及其应用得到了各国政府、科研机构、业界厂商的高度重视。欧美等发达国家政府把云计算视为发展、升级信息产业，促进信息社会发展的重要契机，跨国电子信息企业也把云计算作为未来技术创新的重要方向，并不惜投入巨资进行研发，力图取得主导权和竞争优势。我国也迫切需要掌握和发展云计算的核心技术，推动云计算的应用。

中国电子学会在2008年11月成立了中国电子学会云计算专家委员会。专委会组织了国内很多大学、科研院所以及云计算领域主流厂商的专家多次讨论了云计算技术，撰写了本书，以期这个在过去几年中被业界广泛关注和讨论的话题能引起更多人的关注。由于我们掌握的信息不够全面，认识水平有限，再加上云计算的相关技术和概念也在不断发展变化，其中的观点和认识可能存在错误，希望广大读者批评指正。

中国电子学会云计算专家委员会

目 录

前言

第1章 云计算的兴起	1
1.1 从图灵计算到网络计算	1
1.2 社会与经济发展催生云计算	5
1.3 身边的云计算	9
1.3.1 Webmail服务	9
1.3.2 网络搜索服务	10
1.3.3 电子商务服务	10
1.3.4 网络相册服务	11
1.3.5 维基百科服务	11
第2章 云计算的任务	13
2.1 服务计算	13
2.1.1 计算资源以服务形式提供	14
2.1.2 服务按需即取	16
2.1.3 云计算服务的“生态循环”	18
2.2 变粒度计算	19
2.2.1 信息资源及其需求是多粒度的	19
2.2.2 服务是多粒度和变粒度的	20
2.2.3 适应多粒度和可变粒度的编程模式	20
2.2.4 多粒度和可变粒度的资源管理和动态扩展	21
2.3 软计算	22
2.3.1 基于自然语言理解的计算形式	23
2.3.2 语构、语义和语境理解	26
2.3.3 多媒体信息理解	26
2.4 不确定性计算	28

2.4.1	计算任务描述的不确定性	29
2.4.2	计算数据的不确定性	29
2.4.3	计算方法和结果的不确定性	30
2.4.4	计算结果评价的不确定性	31
2.5	人参与的计算	32
2.5.1	人机交互	32
2.5.2	机人交互	34
2.5.3	人人交互	36
2.5.4	群体智能	38
2.6	物参与的计算	39
2.6.1	从互联网到物联网	40
2.6.2	云计算是物联网的基石	40
第3章	云计算中心的典型架构	43
3.1	云计算服务与云计算平台	43
3.2	搭建云计算中心的关键技术	46
3.2.1	虚拟化技术	47
3.2.2	弹性伸缩和动态调配	48
3.2.3	高效、可靠的数据传输交换和事件处理	49
3.2.4	海量数据的存储、处理和访问	50
3.2.5	智能化管理监控和“即插即用”式的部署应用	50
3.2.6	并行计算框架	51
3.2.7	多租赁与按需计费	51
3.2.8	绿色节能	52
3.3	典型云计算中心的构建	52
3.3.1	电子邮箱服务中心的构建	53
3.3.2	搜索服务中心的构建	55
3.3.3	视频服务中心的构建	58
3.3.4	网络存储服务中心的构建	61
3.4	云计算中心架构的演化	64
第4章	云计算热点问题分析	66
4.1	云计算与网格计算的差别	66
4.2	云计算中心是否是超算中心	69

4.3 人们对云安全的要求	72
4.3.1 云计算中心自身的信息安全	73
4.3.2 云安全的本质更多是信任管理	74
4.3.3 安全作为服务	75
4.4 云计算标准化工作的重点在服务互操作	76
4.4.1 云计算标准的进展	76
4.4.2 云计算更加强调服务的互操作	78
第5章 云计算的价值及其影响	80
5.1 云计算对电子信息产业的影响	80
5.1.1 电子信息产业面临重大转型	80
5.1.2 软件产业结构面临调整	83
5.1.3 软件生产组织方式面临变革	85
5.1.4 端设备产业加速变革	87
5.1.5 电信产业的“纠结”与发展机遇	88
5.2 云计算的价值	90
5.2.1 云计算助力互联网和物联网，成为人类感知与认知的工具	90
5.2.2 云计算推动了产业向服务业的转化	90
5.2.3 云计算促进绿色计算	92
5.2.4 移动互联网上的云计算来得更快	92
第6章 云计算在中国	93
6.1 云计算产业及发展规划	94
6.1.1 中国云计算进入务实发展阶段	94
6.1.2 各地云计算产业战略与规划	94
6.2 云计算推进中的问题与建议	96
6.2.1 中国云计算推进中的问题	96
6.2.2 对中国云计算发展的建议	97
6.3 云计算的科研实践	99
6.4 云计算的商业实践	101
6.4.1 软件作为服务（SaaS）的实践	102
6.4.2 平台作为服务（PaaS）的实践	102
6.4.3 基础设施作为服务（IaaS）的实践	103
6.5 云计算的教育培训实践	104

目 录

6.5.1 云计算教育培训目标	104
6.5.2 云计算的教育培训内容	105
致谢.....	107
附录	
附录 I 中国电子学会云计算专家委员会成员名单	108
附录 II 中国云计算技术与产业联盟单位	111
附录 III 中国主要城市参与云计算的单位	113

第1章

云计算的兴起

云计算的兴起是技术推动和需求牵引共同作用的结果。本章首先从技术发展的脉络来阐述，然后再讨论需求的牵引。

1.1 从图灵计算到网络计算

计算机的发明是20世纪最重大的事件之一，它使得人类文明的进步达到了一个全新的高度。进入21世纪，互联网逐渐成为最重要的社会性基础设施。回顾信息技术跨世纪的发展历程，可以看出云计算实际是在电子、通信、计算机与网络技术的共同作用下，从图灵计算逐渐向网络计算演化的一个必然阶段，如图1.1所示。

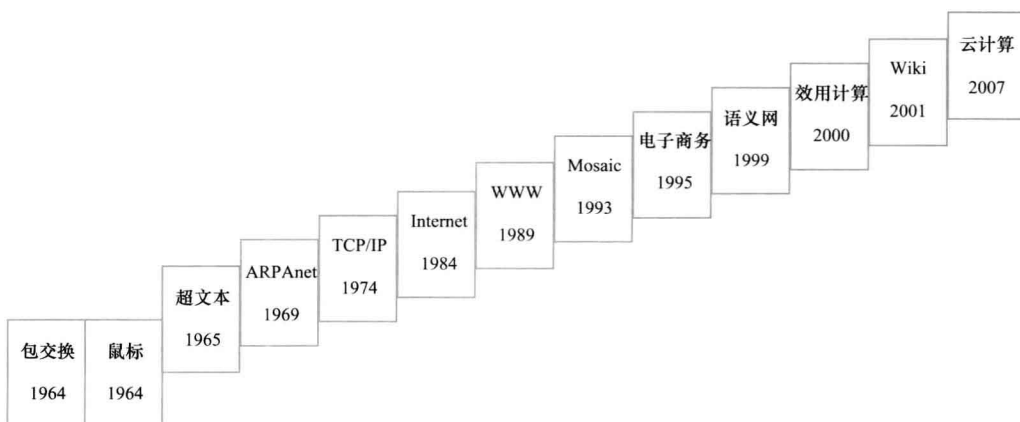


图1.1
从图灵计算到网络计算的演化

计算的理论基础主要源于英国数学家、计算机科学家图灵于1936年发表的传世论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》，这篇论文主要是回答德国大数学家希尔伯特在1900年提出的著名的“23个数学难题”之中的第10个不定方程可解性问题，即是不是所有的数学问题在逻辑上都是可解的。图灵在论文中将证明数学题的推导过程转变为在一台自动计算机的理论模型（被称作图灵机）上的运行过程后，证明了有些数学问题是不可解的，同时也从理论上证明了制造出通用计算机的可能性。从20世纪50年代开始，计算机理论界开始将图灵机转变成用来说明可计算能力的模型。为纪念该文发表30周年，1966年美国计算机协会 ACM 设立“图灵奖”，以纪念这位计算机科学理论的奠基人，专门奖励在计算机科学研究中做出创造性贡献、推动了计算机技术发展的杰出科学家。

在图灵奠定的理论上，美国计算机科学家冯·诺依曼确立了计算机的基本结构和工作方式。冯式结构的最大特点是以 CPU 为中心的一维计算模型和一维存储模型。这种本质上的串行性，一方面使它在像数值计算或逻辑运算这类顺序性信息处理中表现出远非人力所能及的速度；另一方面，在涉及人类日常的非线性、非数值处理应用领域又成为制约性能提高的瓶颈。

微电子技术的进步，使作为“图灵机 + 冯·诺依曼结构”基础的 CPU 技术，获得了极大的成功。1965年 Intel 公司创始人戈登·摩尔发现：“随着单位成本的降低以及单个集成电路集成的晶体管数量的增加，到1975年，从经济学来分析，单个集成电路应该集成65 000个晶体管”，并推测如果这个趋势继续的话，计算能力相对于时间周期将呈指数式的上升，从而产生了著名的“摩尔定律”——18至24个月内每单位面积芯片上的晶体管数量会翻番。在过去40多年里，摩尔定律一直代表的是信息技术进步的速度，也带来了一场个人计算机的革命，目前全球个人计算机保有量达13亿台。计算机的速度越来越快、存储器容量越来越大的同时，它们的价格也越来越低。近20年来，CPU 的性能提高了3 500倍，内存价格下降45 000倍，硬盘价格下降了360万倍！

相对于摩尔速度带来的微电子产业的高速发展，是通信带宽的更快增长。在光纤通信行业，密集波分复用技术（DWDM）可在一根光纤内传送多路平行的 G 比特级（ 10^9 ）的光信号，使带宽成本大幅降低，从而让宽带互联网得以普及，全球光纤总长可绕地球2.5万圈。2009年8月，美国通信业工人协会发布的网速调查报告显示，韩国互联网网速在全球居首位，平均传输速率达20.4Mb/s；日本次之，为15.8Mb/s；瑞典12.8Mb/s，排名第三。在日本，人们上传一份高清视频文件仅用12分钟。我国目前排在第71位，平均速率只有1.774Mb/s，还有很大的上升空间。1993年，DWDM 技术出现前，每秒钟在一公里长的距离内传输1GB 信息量的成本为2000美元，到2007年，该数字已经不足1美元。著名的美国未来学家与经济学家乔治·吉尔德曾在20世纪90年代初提出了著名的吉尔德定

律：在未来25年，主干网的带宽将每6个月增加一倍，而且认为每比特的费用将会趋向于零。吉尔德的预言在一些先进国家业已实现，总体传输能力10年增长千倍。因此，当通信带宽大大超过摩尔速度，充足的网络带宽就会成为最廉价的资源，通信业务必然从单一的话音业务网络向多媒体数据的互联网演进，信息服务也将为少数人服务的专业市场向为多数人服务的大众市场转变。人际沟通也将不成为问题，人们将习惯于在不同地理区域通过网络来进行分工和协作。软件应用也将越来越多地通过网络达成，而不是购买套装光盘来实现。

通信网络的本质是交互。图灵机模型没有考虑交互在计算中的作用，而今天网络中的交换设备、路由设备成为计算不可或缺的重要组成部分。尽管鼠标发展到今天已经面临诸如手势控制、触摸屏与语音输入等技术的激烈挑战，它仍旧是人机之间交互的标准配置。世界上最早的鼠标诞生于1964年，是由美国科学家道格·恩格尔巴特发明的。鼠标的发明为交互式计算奠定了基础，被美国电气和电子工程师协会 IEEE 列为计算机诞生50年来最重大的事件之一。恩格尔巴特也因在鼠标、视窗、超文本系统、多媒体、在线呼叫和远程视频会议等交互式计算技术上的创造性贡献获得1997年的图灵奖，这些技术通过微软、苹果等公司的广泛运用，深刻地改变了信息时代的人类生活。

实际上，恩格尔巴特的贡献远不限于小小的鼠标，他曾积极推动和参与了美国国防部的 ARPAnet 计划。他认为，交互式技术更为重要的是“建立一种方式，它使我们可以从不同的终端共同研究同一个问题”。英国计算机科学家唐纳德·戴维斯与美国科学家保罗·巴兰1964年开发的分组交换技术奠定了数据通信的基础。1969 年美国 ARPAnet 计划开始启动，这是现代互联网的雏形。1972 年 ARPAnet 开始走向世界，拉开了互联网革命的序幕。20世纪80年代开始，TCP/IP 协议逐渐在互联网上得到广泛应用，90年代更是形成了一股“一切基于IP”的浪潮。2004年 TCP/IP 协议和互联网架构的联合设计者文登·瑟夫与罗伯特·卡恩共同获得当年的图灵奖，2005年11月乔治·布什总统向他们两位颁发了总统自由勋章，这是美国政府授予其公民的最高民事荣誉。1984 年互联网上有1000 多台主机运行，目前连接在互联网上的计算机数以亿计，互联网的用户大约每半年翻一番，而互联网的通信量大约每100天翻一番。据美国国家科学基金会预测，2020年前全球互联网用户将增加到50亿。

从20世纪60年代大型机时代到70年代的小型机、80年代的个人电脑，计算开始从象牙塔走进千家万户，交互式技术的进步让计算机成为大众生活中不足为奇的寻常事物，而互联网进一步将这些分散的计算能力连结起来。1989年，以超链接、超文本传输协议为代表的万维网，将互联网的应用推广到普通大众用户。1993年，伊利诺斯大学美国国家超级计算机应用中心的学生马克·安德里森等人开发出了第一款浏览器“Mosaic”，此后互联网开始得以爆炸性普

及。人们可以随时从网上了解当天最新的天气信息、新闻动态和旅游信息，可看到当天的报纸和最新杂志，可以足不出户在家里聊天、炒股、购物，享受远程医疗和远程教育等。其后的 Web2.0 则是信息社会发展的一个历史性阶段，即由单向的信息传递发展成一个多向沟通的社会网络体系，交互、分享、参与、群体智能、分众分类、长尾效应等是这一阶段的特点，代表了互联网的社会化和个性化趋向。

从计算机软件发展来看，软件早期依附于硬件，现在已经成为单独产品，形成了专门的软件工程学科。在 40 多年的时间里，软件工程发生了从面向过程、面向对象、面向构件、面向领域等变化，积累了工程化方法和大量的可重用资源。世纪之交，软件生产更多地要满足网络环境下大众用户的多元化和个性化需求，面向服务成为软件新的范型。随着 Web 服务和语义 Web 等新理念的蓬勃发展，软件将以灵活的、开放的服务形式通过网络来组织并提供给用户。

2009 年 9 月网络科学与工程（Network Science and Engineering, NetSE）委员会发表的《网络科学与工程研究纲要》报告中认为：“在过去的 40 多年里，计算机网络（尤其是互联网）的研究已经发生了改变，科学家越来越关注网络的基础设施。网络不仅改变了我们的生活、工作、娱乐方式，也改变了我们关于政治、教育、医疗、商业等方方面面的思想观念。互联网强大的技术价值与应用价值日益显现，已经成为技术革新和社会发展强有力的推动力。”目前我国电信网、广电网、计算机网“三网融合”已势在必行，互联网逐渐成为一个真正的多网合一和多业务综合的平台。随着移动互联网、物联网等互联网应用的不断深入，人与计算机的关系已经从“人围着计算机转”发展到“计算机围着人转”，“上网”将成为历史，因为人们完全生活在网络之中。

亚当·斯密在其《国富论》中对生产资源的社会化配置曾有过如下定义：在生产资源配置的初期，由于运输能力的限制，资源配置的方式是“沿河流”，随后的工业革命的财富传递则是建立在铁路、公路连接的物流中。而现在和未来，社会资源分配是“沿互联网”，其具体实现途径则是云计算。云计算是网络计算一种典型模式，它意味着位于网络终端一方的大众用户无需自购硬件，无需考虑如何配置和维护软件，无需为得到服务作任何预先投资，甚至无需知道是谁提供的服务，只关注自己真正获得什么样的资源或服务。用户不需要额外代价就能按需使用信息资源及其服务，而不会因为自身业务的扩大过分投资。

在互联网环境中，计算机不再是唯一的中心，交互能力可以作为服务的中心，存储能力也可以作为服务的中心。网络可以影响各个中心之间的运行状态。任何服务中心常常只是网络上的一个个自治节点而已，它们可以是异构的，它们之间不存在集中统一的调度。因此，互联网不会等于一台虚拟的图灵

机模型，传统的基于图灵机的计算理论框架已不能有效地针对互联网计算。同时，互联网技术是大量实验的结果，对于设计和协议的验证是通过仿真和模型来进行的，理论基础相对薄弱，需要更合适的理论框架来研究网络计算中的自治性、自适应性、鲁棒性、演化能力、可扩展性和可验证性等基础性问题。新兴的网络科学恰逢其时地推动了这一理论框架的形成。

长期以来，人们对网络的拓扑结构性质知之甚少。直到世纪之交，得益于计算机数据处理和运算能力的飞速发展，科学家们通过大量的数值计算发现，大量的、真实系统的网络模型既不是规则网络，也不是随机网络，而是呈现出出乎意料的统计特征，由于这样的网络是真实复杂系统的拓扑抽象，因此被称为复杂网络。1998年发现了小世界网络的特性，提出了小世界网络的模型，1999年发现了无标度网络及其幂律分布的特性，以此为标志，诞生了网络科学。网络科学是研究自然和社会中复杂系统的定性和定量规律的一门广泛交叉的科学，它以丰富多彩的真实复杂网络为研究对象，分析复杂网络的各种拓扑结构及其性质，探索复杂网络系统的各种现象（涌现、突变、同步等）产生的机制，研究复杂网络上的各种动力学行为与控制方法，并应用于科学研究和工程实践。网络科学不仅涵盖了数学、物理、信息和生命科学等众多自然科学，而且横跨社会、经济和人文科学，成为整个科学的前沿，可以让我们以外在形式的相对有限性去把握无限丰富的客观内容。2009年7月出版的美国《科学》杂志刊登《复杂系统与网络》专题，充分表明网络科学进一步向众多学科的深入研究和应用发展。

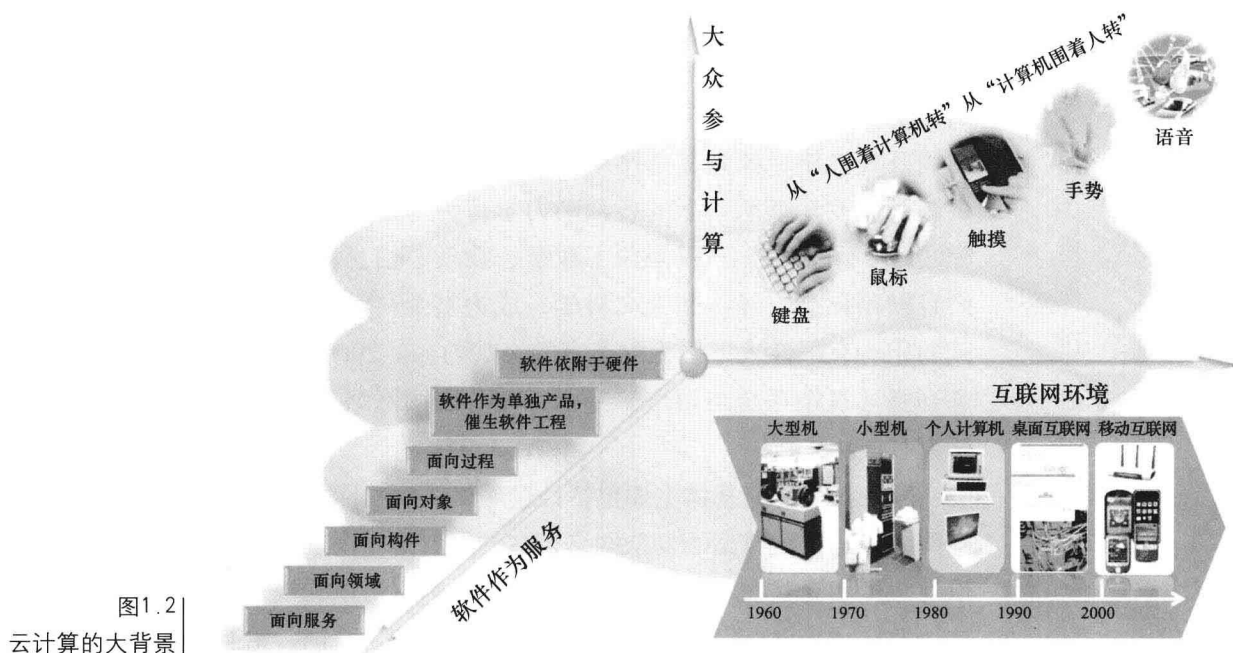
网络科学研究载体主要包括社会网络、生物网络和技术网络。互联网这一技术网络正是一个典型的复杂网络，它的发展是一个逐渐演化的过程，不存在顶层设计。虽然在互联网发展史的任一时刻，都有协议和规范来定义它的架构，可是这一架构从来没有完整的规划。正因为这种演化特征，给互联网的发展带来了勃勃生机，显示了互联网适应（甚至激励）技术和应用转变的巨大能力。

互联网技术的迅猛发展与互联网应用的深入、大众参与计算、以及软件作为服务等都促成了计算从单机向以互联网为中心的云计算方式演进（如图1.2所示），网络科学可用于研究人、机、物三元世界的网络共性规律、表达模型和计算理论，将为云计算奠定坚实的理论基础。30年前个人计算机被送进千家万户，20年前网络交互沿互联网被送进千家万户，现在，服务正随云计算被送进千家万户。

1.2 社会与经济发展催生云计算

在传统小农经济社会，人们为了维持生存而进行生产活动。随着工业社会

生产力的大大提高，人们一味追求自身物质生活的极大丰富，其无节制消耗物质和能量的经济增长方式导致能源紧张、资源枯竭与环境污染等问题，严重影响了人类社会的可持续发展。中国目前 GDP 总量大约占世界总量的 4%，但创造单位 GDP 所消耗的资源比世界平均水平高出很多。因此，“高投入、高消耗、高污染、低效率”的粗放型增长方式亟需向“低投入、低消耗、低污染、高效能”的集约型增长方式转变。当今，人类已经进入了以信息和信息技术来精确调控物质和能量的网络时代，云计算的广泛应用一方面将更好地满足信息社会中人的高层次需求，另一方面也通过技术进步提高各种生产要素的利用率，促进经济持续健康地发展。



1. 互联网的发展刺激了大众对信息需求的欲望

只有信息需求才有信息服务，两者相辅相成。网络技术的进步不断加深着互联网的渗透程度，互联网应用领域不断扩大，用户规模快速增长，影响力持续增强。大众信息需求类型涉及学习、工作、生活与娱乐的方方面面，从最初的电子邮件服务发展到网络新闻、搜索引擎、BBS 论坛、网上购物、数字图书馆、网络游戏等，互联网已经成为社会系统的一个有机组成部分。

互联网已成为人们精神生活的重要源泉，并改变人们的物质生活方式。传统的电话、信件逐渐被电子邮件和 QQ、飞信、MSN 等即时通信工具所取代。网络视频、网络游戏、网络文学等新的互联网服务形式为大众生活增加了新的

乐趣。数字化期刊、网上图书馆、搜索引擎成为学术研究的重要资料来源，网络远程教育成为传统教育的重要补充。据2010年1月中国互联网络信息中心发布的第25次中国互联网络发展状况统计报告显示，尽管使用率排名前三甲分别是网络音乐（83.5%），网络新闻（80.1%），搜索引擎（73.3%），但从发展速度上看，商务交易类应用遥遥领先，商务交易类应用平均年增幅68%。网上购物、网上支付、网上银行助推电子商务的增长，网络办公、网络招聘、网上求职也成为企业降本增效的重要手段，中国互联网应用的消费商务化特征走强趋势明显。作为一种具有交互性、公开性与平等性的“全媒体”和“超媒体”，互联网已经成为人们表达观点和情感的最重要途径之一，对满足公民参与社会政治、进行舆论监督的民主需求，发挥出越来越突出的作用。网络论坛、社交网站、博客、播客等能够“一呼百万应”，充分说明这些应用正是由于适应网络受众新需求而获以迅速发展。

2. 用户信息需求的激增又刺激了互联网更先进的计算

人的物质需求有一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。人们在不断追求高层次需求的满足中，不断产生新的动机与行为。互联网为人类提供了信息社会的高速公路，各种各样的网络连接方式和越来越快的连接速率使人们能够很好的享受宽带所带来的冲击，分享互联网所带来的价值。以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫曾认为：网络价值同网络用户数量的平方成正比，即N个连接能创造 N^2 的效益。尽管这个论断过于乐观，但也说明在互联网时代，共享程度越高，拥有的用户群体越大，其价值越可能得到最大程度的体现。

互联网开始阶段，用户是最稀缺资源。BBS、即时通信、网络游戏等交互应用吸引了大量的用户成为网民。随着用户的增加，用户对信息消费的需求开始提升，互联网上相对匮乏的信息难以满足用户巨大的需求，内容成为最大的需求。Web2.0是一种新的网络服务模式，它将网站变成可读写的服务，互联网用户从上网“冲浪”发展到自己“织网”，从信息消费者变成了信息生产者，以Blog、Tag、SNS、RSS为特征的Web2.0服务方式从各个角度满足着用户这种“自在自为”的信息需求。当互联网上的资源海量之后，搜索服务成为最重要的需求。从早期的Archie到Yahoo再到Google、百度，互联网上有名有姓的搜索引擎已达数百家。为满足用户层出不穷的个性化需求，云计算这样的更灵活、更具适应性的网络计算模式应运而生。

3. 人作为生命体自身的感知和认知能力并没有急剧增长，迫切需要新技术实现对信息的加工

物质不灭定律和能量守恒定律，已经成为现代自然科学的基石，但是没有