

解惑云计算

+ 樊勇兵 丁圣勇 陈天 汪来富 等 编著

Cloud Computing



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

解惑云计算

+ 樊勇兵 丁圣勇 陈天 汪来富 等 编著

Cloud Computing

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

解惑云计算 / 樊勇兵等编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011.10
ISBN 978-7-115-26208-0

I. ①解… II. ①樊… III. ①计算机网络—问题解答
IV. ①TP393-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第167029号

内 容 提 要

本书是一本系统介绍云计算的技术普及读物,可帮助读者迅速了解云计算的概况。

全书分为6章,共147个问题,内容涵盖技术、市场、应用、标准等各个方面。第1章为概念篇,介绍了云计算产生的背景及相关的概念、观点等;第2章为体系篇,介绍了云计算的技术体系、技术阵营等;第3章为技术篇,从IaaS、PaaS、SaaS三个层次描述了云计算涉及的核心技术;第4章为应用篇,描述了云计算在各个领域的应用情况以及产业链情况;第5章为安全篇,具体介绍了云安全的标准化和如何保障云计算安全;第6章为标准篇,描述了国内外主要标准组织在云计算方面的现状和进展。

本书可作为运营商技术人员、工程技术人员、行业管理人员、云计算系统的设计开发人员的技术参考资料,也可以作为大学本科高年级学生和研究生以及对云计算技术感兴趣的读者的参考书。

解惑云计算

-
- ◆ 编 著 樊勇兵 丁圣勇 陈 天 汪来富等
责任编辑 王建军
执行编辑 李 静
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址: <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 9.75 2011年10月第1版
字数: 180千字 2011年10月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-26208-0

定价: 30.00 元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

编 委 会

主编：蔡康

编委：冯明 黄勇军 赵俊红 刘健民

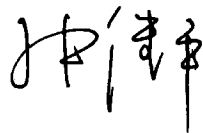
唐宏 金华敏 于玉海 杨永辉

“云计算”被称为继个人计算机、互联网之后的第三次信息化革命，通过与相关技术创新要素、商业模式创新要素形成有机互动，“云计算”将成为推动电信业乃至广义 ICT 产业下一轮突破发展的重要驱动力。

从技术和商业上讲，“云计算”进一步模糊了 IT 与通信的边界，使传统 IT 成为可面向公众运营的服务，电信运营商、互联网公司或者 IT 厂商这些原本业务上已经有所交叉的公司，因为有了“云计算”，将来会在更广泛的范围内进行更深入的竞争。在现实中，“云计算”作为社会信息化基础设施的发展趋势已经越来越明显：一方面大量企业作为 IT 技术的重点行业客户正在采用“云计算”技术逐步转型自身庞大的 IT 基础设施，提升资源利用效率，加快新业务的部署速度；另一方面，上面提到的电信运营商、互联网公司 etc 正在将“云计算”作为一种能够对外部客户提供服务的手段进行公众化运营。当然，普罗大众和中小企业同样可以从中受益。

“云计算”的虚拟运营服务形态打破了传统的地域格局，应用与用户数据也集中到了网络侧，这对云服务的使用者、运营者、行业监管和国家政策法规等都提出了新的挑战，云产业链各方需要根据具体情况制定可行的“云计算”商业和技术战略，力争建立自身的竞争优势；政府和行业也要根据新的情况逐步建立完善产业发展政策、服务标准和监管方面的法律法规等，共同促进行业快速、健康发展。

“云计算”离我们越来越近，但“云计算”又是一个复杂、庞大的新技术体系，业界号称能够提供“云计算”产品或解决方案的厂商越来越多，解决方案各有侧重，真有使人堕入“云里雾里”的感觉。为了帮助广大读者了解相对陌生的“云计算”概念和相关发展情况，年轻的作者根据近年来的学习工作心得编著了这本《解惑云计算》，读者可以把该书作为迈入“云计算”领域的一本技术“小百科全书”来参考。



2011年8月6日

本书的前身是2010年4月中国电信内部出版的《云计算技术手册》。当时正是国内云计算概念热度最高的时候，为了满足行业内部各方面对云计算知识的渴求，澄清形形色色的概念和观点，对云计算产业形势做出正确判断，中国电信集团公司技术部组织中国电信广州研究院撰写了该手册。在该手册出版后的一年多时间里，知道它的人越来越多，很多朋友希望我们能够公开出版。为此，我们结合一年多来云计算的最新发展，对原书进行适当修订，撰写了这本《解惑云计算》，并请中国电信张继平副总经理作序。

当前，企业客户甚至个人对低成本、高效率的信息化应用需求越来越强烈；另一方面，互联网、移动互联网快速发展，用户规模剧增，新的应用也不断涌现。在这样的背景下，云计算一出现就成为业界的关注热点。云计算的理念是将计算和存储简化为像公共的水电一样易用的资源，提供灵活的计算能力和高效的海量数据存储，用户无需购买和建设IT设施就可以在云服务运营商的云计算平台上运行各种系统。云计算缩小了中小企业与大企业的IT应用差距，甚至让每个普通人都能以极低的成本接触到顶尖的IT技术，这种创新的计算模式和商业模式引起了产业界和学术界的广泛关注。

作者认为，云计算不仅是当前的热点概念，也是信息时代的未来，它代表了未来的服务交付和使用方式，即以开放的标准和服务为基础，以互联网为中心，提供安全、快速、便捷的数据存储和网络计算服务。预计在未来的3~5年内，云计算将对我国的信息化产业带来巨大的改变。

云计算正在快速地发展。业界各大厂商纷纷制定相应战略，新的概念、新的观点和新的产品层出不穷，技术热点百花齐放。云计算的出现为信息技术领域带来了新的机遇和挑战。然而，云计算的概念对很多人来说，就像它的名字本身，“云里雾里”，让人难识真面目。因此，尽快对云计算技术有

一个全面而正确的认识是十分必要的。

本书通过一系列精心编排的问题，一一阐述云计算相关技术。

与同类书籍相比，本书有如下几个特点：

1. 全书结构严谨，内容上有一定的广度、深度，涵盖了云计算的方方面面，十分便于读者按本书之“图”索隐藏之“骥”。

2. 本书不仅有深入浅出的技术介绍，也有鲜明的观点呈现。比如，云计算与封闭式架构的关系，云计算的研究内容与发展趋势等。观点也许是见仁见智的，作者只是希望主观的观点建立在客观的分析上，在当前过热的云计算市场中为所有需要的人提供公开的观点碰撞，最终的选择理应由读者自己决定。

3. 本书的编排方式为问答式，读者可以完全按需选择感兴趣的问题深入研读，方便而省时。

4. 本书内容联系实际，翔实全面，力求让初涉云计算领域的技术人员以及广大普通读者对云计算能有一个完整、正确和深入的认识，以应对日后信息化社会的挑战。

本书由樊勇兵、杨国良、沈军进行统筹，主要编著人员有：樊勇兵、丁圣勇、陈天、汪来富、燕杰、陈楠、黄志兰、秦润锋、何明、李巧玲、罗颂风。

云计算是一个比较新的领域，并且由于时间仓促，作者经验有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

致谢

在这里，首先要感谢中国电信广州研究院院长蔡康先生、中国电信集团公司技术部冯明处长、中国电信广州研究院副院长黄勇军先生和胡乐明先生、中国电信广州研究院数据通信研究部部长唐宏先生、副部长金华敏先生，他们是本书的发起人。

在本书的出版过程中，我们得到了人民邮电出版社王建军编审、李静编辑的大力支持和朋友周佳新先生、彭芳女士的大量帮助，在此向他（她）们表示衷心感谢！

也要感谢业界的专家、学者及技术人员。在与他们的交流、探讨过程中我们的团队丰富了云计算的知识，加深了对云计算的理解。

还要感谢我们的家人对我们工作的理解与支持！

最后，感谢亲爱的读者在茫茫书海中选择了本书。希望您能够从中受益。

本书写作组

2011年8月6日

目录

Contents

第 1 章 “云” 概论	1
Q1. 云计算产生的背景?	1
Q2. 云计算的发展历程及重大标志性 事件?	2
Q3. 云计算的定义?	5
Q4. 云计算的特征?	5
Q5. 云计算为什么具有天然的开放性 和大众性?	6
Q6. 云计算为什么是继 PC、互联网之后的 第三次 IT 革命?	7
Q7. 云计算有哪些关键研究方向?	8
Q8. 云计算的发展趋势?	
Q9. 云计算与 P2P 的关系?	10
Q10. 云计算与物联网的关系?	12
第 2 章 云计算技术体系	13
Q11. 云计算的技术体系?	13
Q12. 云计算与虚拟化、分布式并行 计算等的关系?	14
Q13. 云计算有哪些技术阵营?	15
Q14. 云计算的技术发展成熟度如何?	17
Q15. IaaS 的理念是什么?	18
Q16. IaaS 的技术特征和业务特征是什么?	18
Q17. IaaS 的技术架构是怎么样的?	19
Q18. 什么是 PaaS?	20
Q19. 为什么需要 PaaS?	20
Q20. PaaS 的基本技术架构是什么?	21
Q21. PaaS 与 SaaS 的关系是什么?	22

Q22. 什么是 SaaS?	22
Q23. SaaS 与云计算的关系?	22
Q24. SaaS 的一般技术框架是什么?	23
Q25. SaaS 有哪几种实现方式?	23
第 3 章 云计算关键技术	25
3.1 IaaS 关键技术	25
3.1.1 计算虚拟化	25
Q26. 什么是虚拟化? 其发展过程怎样? 未来有哪些发展趋势?	25
Q27. 什么是桌面虚拟化?	26
Q28. 什么是应用虚拟化?	27
Q29. 什么是服务器虚拟化?	28
Q30. 什么是硬件辅助虚拟化技术?	29
Q31. 虚拟化的主流厂商及其代表性产品 都有哪些?	31
Q32. VMware ESX 虚拟化原理是怎样的?	35
Q33. Citrix XenServer 虚拟化原理是怎样的?	36
Q34. RedHat KVM 虚拟化原理是怎样的?	37
Q35. Microsoft Hyper-V 虚拟化原理是 怎样的?	39
Q36. 服务器虚拟化的开销主要来源于 哪些因素?	41
Q37. 什么是虚拟机快照和克隆?	43
Q38. 什么是虚拟机的迁移?	44
Q39. 怎样对虚拟环境进行管理?	45
Q40. 怎样判断服务器和应用是否适 合于进行虚拟化?	46
Q41. 怎样进行虚拟化环境的部署和实施?	47
3.1.2 存储和网络虚拟化	49
Q42. 什么是网络虚拟化?	49
Q43. 网络虚拟化在新一代云计算数据中心中的 发展演进?	51
Q44. 什么是存储虚拟化?	53
Q45. 存储虚拟化的实现方式有哪些?	54
Q46. 存储虚拟化的结构是怎样的?	55
Q47. 存储虚拟化中的关键技术?	55

目录

Contents

Q48. 虚拟化的部署对存储的需求和影响?	57
3.1.3 运营管理和测试	57
Q49. 运营管理平台的整体架构与主要 功能模块?	57
Q50. 什么是资源管理?	59
Q51. 什么是服务管理?	61
Q52. 什么是运营管理?	63
Q53. 虚拟化服务器测试的目标是什么?	64
Q54. 如何评估和测试虚拟化服务器的能力? ..	65
Q55. 虚拟化服务器的常用测试工具是什么? ..	66
3.2 PaaS 关键技术	69
3.2.1 分布式计算	69
Q56. PaaS 与分布式计算的关系?	69
Q57. 什么是分布式计算?	69
Q58. 分布式计算的基本原理是什么?	69
Q59. 什么是 MapReduce?	70
Q60. 为什么需要 MapReduce?	70
Q61. MapReduce 与 PaaS 的关系是什么?	70
3.2.2 Hadoop	71
Q62. Hadoop 的基本架构是什么?	71
Q63. Hadoop 的文件系统提供什么功能?	72
Q64. Hadoop 的文件系统的结构是什么?	72
Q65. Hadoop 的文件读操作流程是什么?	73
Q66. Hadoop 的文件写操作流程是什么?	73
Q67. Hadoop 文件系统如何实现可靠存储? ..	74
Q68. Hadoop 文件系统如何实现数据均衡? ..	74
Q69. Hadoop 文件系统性能如何?	75
Q70. 怎么使用 Hadoop 文件系统?	75
Q71. Hadoop 的 MapReduce 做什么?	75
Q72. Hadoop MapReduce 适合什么样的应用? ..	76
Q73. Hadoop 的 MapReduce 的实现机制 是什么?	76
Q74. Hadoop 的任务执行流程是什么?	77
Q75. Hadoop 的任务分配如何实现?	78
Q76. 如何扩展 Hadoop MapReduce 的任务 输入格式?	78

目录

Contents

Q77. 如何扩展 Hadoop MapReduce 的任务输出格式?	79
Q78. 集群规模与 MapReduce 运行速度有什么关系?	79
Q79. 如何调整 Hadoop MapReduce 的并发任务数量?	79
Q80. Hadoop 的 HBase 是什么?	80
Q81. 为什么需要 Hadoop HBase?	80
Q82. Hadoop HBase 与关系型数据库的关系是什么?	80
Q83. Hadoop HBase 的数据模型是什么?	80
Q84. Hadoop 的 HBase 提供什么数据库服务操作?	82
Q85. Hadoop 的 HBase 实现机制是什么?	82
Q86. Hadoop 的 HBase 读写操作的基本流程是什么?	83
Q87. Hadoop 的 ZooKeeper 是什么?	83
Q88. 为什么需要 ZooKeeper?	84
Q89. ZooKeeper 的数据模型是什么?	84
Q90. ZooKeeper 的实现机制是什么?	84
3.3 SaaS 关键技术	85
Q91. 什么是 Web2.0 技术?	85
Q92. Web2.0 技术有哪些主要特点?	86
Q93. 什么是 Struts 技术?	86
Q94. 什么是 Hibernate 技术?	87
Q95. 什么是多租户架构?	87
Q96. 多租户架构有哪些主要特点?	88
Q97. 怎样解决多租户架构中用户数据安全问	
安全问题?	88
Q98. 什么是元数据开发模式?	89
Q99. 为什么要采用元数据开发模式?	89
第 4 章 云应用	91
Q100. 云计算如何颠覆性地改变了传统 IT 服务的商业模式?	91
Q101. 云计算有哪些应用场景?	92
Q102. 云计算与 VPS 等传统业务的区别?	94

目录

Contents

Q103. 云计算的产业链情况如何?	95
Q104. 云计算与传统电信运营商或网络 运营商的关系?	97
Q105. 云计算与政府的关系?	98
Q106. IaaS 能在哪些领域进行应用, 能带 来什么好处?	99
Q107. 应用和部署 IaaS 时有哪些关键问题需要谨 慎分析和评估?	100
Q108. 目前在 IaaS 领域成功商用的服务和产品有 哪些?	101
Q109. 亚马逊推出 IaaS 服务的背景、原因 及前景?	101
Q110. 亚马逊 IaaS 的业务种类、业务实现模式及 其相关技术如何?	102
Q111. AT&T 推出 IaaS 服务的背景、原因 及前景?	105
Q112. AT&T IaaS 的业务种类、业务实现模式及 其相关技术如何?	105
Q113. PaaS 提供什么服务?	107
Q114. 目前主流的 PaaS 平台有哪些?	108
Q115. Google 的 AppEngine 提供什么功能?	108
Q116. Google AppEngine 架构是什么?	108
Q117. 微软 Azure 平台提供什么功能?	109
Q118. 微软 Azure 平台架构是什么?	109
Q119. Hadoop 平台提供什么功能?	110
Q120. Hadoop 平台与其他平台的关系 是什么?	111
Q121. SaaS 与传统的软件服务 方式相比, 优势是什么?	111
Q122. SaaS 的适用范围是什么?	111
Q123. 目前, SaaS 的典型应用有哪些?	112
第 5 章 云安全	113
5.1 云安全综述	113
Q124. 什么是云安全?	113
Q125. 云安全与传统网络安全的 差别与影响?	113

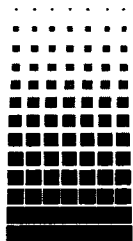
目录

Contents

Q126. 云安全的应用研究方向有哪些?	114
Q127. 云安全的标准化组织现状如何?	115
5.2 云计算应用安全	115
Q128. 为什么说安全是云计算应用发展的基础?	115
Q129. IaaS\PaaS\SaaS 应用有哪些安全关注点?	116
Q130. 云计算安全研究现状如何?	116
Q131. 云服务提供商如何保障云计算安全?	117
Q132. 用户如何实现向云计算服务的安全迁移?	118
5.3 安全云	119
Q133. 安全云技术对网络安全设备有何影响?	119
Q134. 目前业界有哪些“云化”的网络安全设备或系统?	120
Q135. 安全云对电信网络安全运营有哪些影响?	121
Q136. 目前有哪些云安全服务产品或应用案例?	121
第 6 章 云标准	123
Q137. 云计算的标准化背景?	123
Q138. 云计算标准化现状?	123
Q139. NIST 云标准研究进展?	125
Q140. DMTF 云标准研究进展?	126
Q141. CSA 云标准研究进展?	127
Q142. IETF 云标准研究进展?	129
Q143. SNIA 云标准研究进展?	130
Q144. IEEE 云标准研究进展?	132
Q145. ITU-T 云标准研究进展?	132
Q146. OMG 云标准研究进展?	133
Q147. 云计算标准化研究热点及趋势?	134
缩略语	135
参考文献	140

第 1 章

Chapter 1



“云”概 论



Q1. 云计算产生的背景?

有人说云计算是技术革命的产物，也有人说云计算只不过是已有技术的重新包装，是设备厂商或软件厂商“新瓶装旧酒”的一种商业策略。我们认为，云计算的发展是需求推动、技术进步及商业模式转换共同作用的结果。

需求是云计算发展的动力。IT 设施要成为社会基础设施，现在面临高成本的瓶颈，这些成本至少包括人力成本、资金成本、时间成本、使用成本、环境成本。云计算带来的益处是显而易见的：用户不需要专门的 IT 团队，也不需要购买、维护、安放有形的 IT 产品，可以低成本、高效率、随时按需使用 IT 服务；云计算服务提供商可以极大提高资源（硬件、软件、空间、人力、能源等）的利用率和业务响应速度，有效聚合产业链。

技术是云计算发展的基础。首先是云计算自身核心技术的发展，如硬件技术，虚拟化技术（计算虚拟化、网络虚拟化、存储虚拟化、桌面虚拟化、应用虚拟化），海量存储技术，分布式并行计算，多租户架构，自动管理与部署；其次是云计算赖以存在的移动互联网技术的发展，如高速、大容量的网络，无处不在的接入，灵活多样的终端，集约化的数据中心，Web 技术。

商业模式是云计算的内在要求，是用户需求的外在体现，并且云计算技术为这种特定商业模式提供了现实可能性。从商业模式的角度看，云计算的主要特征是以网络为中心、以服务为产品形态、按需使用与付费，这些特征分别对应于传统的用户自建基础设施、购买有形产品或介质（含 licence）、一次性买断。

下面的章节将会谈到，从纯粹的技术角度看，云计算是很多技术自然发展、精心优化与组合的结果，是这些技术的集大成者；另一方面，如果同时考虑到商业模式，那么我们可以断言，云计算将给整个社会的信息化带来革命性的改变。所以，我们绝不能离开技术谈云计算，否则有“忽悠”之嫌；也不能离开商业模式谈云计算，否则云计算就是“无源之水，无本之木”。

Q2. 云计算的发展历程及重大标志性事件?

下面我们将谈到,云计算包括 IaaS (Infrastructure as a Service, 基础设施即服务)、PaaS (Platform as a Service, 平台即服务) 和 SaaS (Software as a Service, 软件即服务) 三个层次。云计算的发展也可以分别从这些层次来观察。

1. IaaS 的发展历程主要是虚拟化的发展历程

虚拟化技术具有悠久的历史,20 世纪 60 年代为提高硬件利用率对大型机硬件进行分区就是最早的虚拟化。经过多年的发展,业界已经形成多种虚拟化技术,包括服务器虚拟化、网络虚拟化、存储虚拟化、桌面虚拟化等,与之相关的虚拟化运营管理技术也被广泛研究。虚拟化技术的具体发展历程及相关重大标志性事件如下。

(1) 虚拟化萌芽阶段: 计算虚拟化概念首次提出, 存储虚拟化出现。

■ 1959年6月的国际信息处理大会 (International Conference on Information Processing), 计算机科学家 Christopher Strachey 发表的论文《大型高速计算机中的时间共享》(Time Sharing in Large Fast Computers) 中首次提出并论述了虚拟化技术。

■ 1970年IBM在它当时推出的 System/370 中率先使用了虚拟存储器。

■ 1987年加利福尼亚大学的 David A Patterson、Garth A Gibson 和 Randy Katz 描述了一个由廉价磁盘组成的冗余阵列, 即 RAID (Redundant Array of Independent Disks, 独立磁盘冗余阵列)。

(2) x86 平台软件虚拟化技术逐步发展, 存储虚拟化从 NAS/SAN 向 VTL 发展, 网络虚拟化随着服务器虚拟化而出现。

■ 1998年VMware公司成立。

■ 1999年Xen相关研究起步。

■ 2001年VMware推出ESX Server, 以Redhat 7.2为基础, 成为一个真正裸金属的虚拟平台。ESX Server的出现, 正式宣告VMware踏入企业界的领域。目前, ESX Server的版本已经升级到了4.0。

■ 2003年VMware推出虚拟环境管理平台 Virtual Center, 包括最初的 VMotion 和 Virtual SMP 技术。

■ 2000年, 世纪之交, NAS 和 SAN 兴起, 并引发了 VTL、复制和重复数据删除等许多利用池存储和/或远程存储的新技术的开发。

■ 随着服务器虚拟化的发展, 网络虚拟化随 VM 之间的流量交互而诞生。

(3) x86 平台硬件辅助虚拟化技术商用。

■ 2005年8月Intel首次公布了其硬件虚拟化技术细节, 并于2005年11月宣布其 VT 技术已商用。

■ 2006年5月, AMD 硬件虚拟化技术 SVM (也叫 AMD-V) 首款商用产品 Athlon 64 问世。

(4) x86 虚拟化技术进一步发展并商用, 竞争激烈; 桌面和应用虚拟化逐渐成为

虚拟化领域的热点。

■ 2009年2月Citrix发布了免费版本的企业级XenServer平台,其中具备管理工具XenCenter和实时迁移功能XenMotion,并于5月发布其最新版本XenServer5.5,对管理功能进行了强化。

■ 2009年3月, Cisco推动了虚拟化市场的硬件发展,宣布推出统一计算系统(United Counter System, UCS),它结合了服务器和网络硬件,还有管理软件。在8月举行的VMworld 2009大会上, Cisco UCS获得了硬件类的金奖,证明了其显著整合运行在数据中心硬件的能力。

■ 2009年4月VMware推出vSphere 4.0,是一款划时代的全面虚拟化解决方案。

■ 2009年5月微软发布Hyper-V R2,这个版本对第一个版本的Hyper-V做出了重要改进,提供热迁移、集群共享卷和其他高级功能。更重要的是这些功能将微软与VMware放在相同地位上,从而显著改变了整个虚拟化市场格局。

■ 2009年VMware推出MVP(Mobile Virtualization Platform,移动虚拟平台)半成品。VMware MVP是嵌入在手机上的一个非常小的软件,让数据和应用程序与手机底层硬件脱离开来。在一台普通的智能手机上,可以同时运行微软的Windows MobileGoogle的Android以及Symbian等多种手机系统。这是移动虚拟化领域的新进展。

(5) IaaS 的代表性运营商有亚马逊(aws.amazon.com)、AT&T(www.synaptic.att.com)、GoGrid(www.gogrid.com)、Rackspace(www.rackspace.com)、世纪互联(www.cloudex.cn)等。

2. PaaS 的发展历程基本上就是分布式并行计算技术的发展历程

(1) 对分布式计算技术的研究始于20世纪80年代,经过20多年的发展,分布式计算的理论和技术已较为成熟,但是由于技术条件和市场等因素,业界始终没有形成可实际应用的分布式操作系统。

(2) 人们转而开始采用中间件平台技术,解决异构系统间的信息交互和协同工作问题。有4种类型的中间件技术:基于远程过程调用的中间件;面向消息的中间件;面向对象的中间件;数据库中间件。其中面向对象的中间件技术,如EJB、DCOM、CORBA等,是主流的中间件技术。

中间件技术屏蔽了网络环境下计算平台、操作系统、编程语言、网络协议的异构性和复杂性,使分布在网络上的应用系统能协同工作。但是,中间件只能通过C/S模式静态地连接有限的分布资源,在灵活性和扩展性上有较大局限。

(3) 计算多元化需求的不断增长,要求按照多种途径对分布式计算应用进行灵活的组合和拆分。在这一趋势下,面向Web的分布式解决方案逐渐成为热点。典型的方案有Web服务(Web Service)、网格计算、对等计算和效用计算等。

■ Web服务建立在XML上,具有松散耦合、粗粒度等特点,采用开放的标准,