

云计算环境下 移动Agent系统 信任安全与资源分配研究

王素贞◎著

YUNJISUAN HUANJINGXIA

中国物资出版社

云计算环境下移动 Agent 系统 信任安全与资源分配研究

王素贞 著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

云计算环境下移动 Agent 系统信任安全与资源分配研究/王素贞著. —北京:
中国物资出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5047 - 4237 - 7

I. ①云… II. ①王… III. ①计算机网络—安全技术—研究 IV. ①TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 070641 号

策划编辑 马 军

责任编辑 王泽宁

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香 杨小静

出版发行 中国物资出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227568 (发行部) 010 - 52227588 转 307 (总编室)

010 - 68589540 (读者服务部) 010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.clph.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 4237 - 7/TP • 0073

开 本 710mm×1000mm 1/16 版 次 2012 年 8 月第 1 版

印 张 15 印 次 2012 年 8 月第 1 次印刷

字 数 286 千字 定 价 35.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换



前 言

目前,“云计算”成为学术界、产业界和政府部门等各界关注的焦点,预示着全球信息化进程进入资源集成化、应用规模化、服务专业化发展阶段。从概念层面看,“云”是网络环境下构建的动态资源池,这种资源池由一系列处在不同网络节点可以维护和管理的物理和虚拟计算资源组成,通常为一些大型服务器集群,包括计算服务器、存储服务器、数据服务器及带宽资源等。从服务层面看,“云计算”是指云中资源的交付和使用模式,是指用户通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源,包括硬件资源、平台资源和软件资源等。从技术层面看,“云计算”有两个研究重点,一是资源池中大规模动态资源的分布式构建方法研究;二是分布式协同应用开发平台上的计算方法与编程方法研究。对于后者来说,移动 Agent 计算范型为“云计算”环境下应用系统的设计与开发提供了普适参考模型。但由于云环境的虚拟性、动态性、开放性以及公用性,给移动 Agent 范型的应用带来了极大的安全性挑战。本书主要研究与探索在云计算环境下,移动 Agent 系统设计中的信任、安全与资源分配问题。

移动 Agent 系统信任管理问题研究。提出基于 SPKI (Simple Public Key Infrastructure) 与 RBAC (Role Based Access Control) 的移动 Agent 系统客观信任对等管理模型 OTPMM (Objective Trust P2P Management Model), 解决执行主机和移动 Agent 交互过程中的身份认证、操作授权和访问控制问题。在此基础上,重点研究并提出移动 Agent 系统主观信任动态管理算法 STDMA (Subjective Trust Dynamic Management Algorithm)。基于 Josang 事实空间和观念空间的基本概念与 Gauss 可能性分布理论,使用“信任度”对执行(移动 Agent)主机和移动 Agent 交互行为的可信程度进行量化表示。在指定的时间周期内,通过交互双方的直接交互经验和第三方的推荐信息采集交互对象的基础信任数据。给出了“公信主机选择算法”“孤立恶意主机算法”和“信任程度综合计算算法”,利用这些算法评价并预测移动 Agent 系统交互主机信任状态。每一个交互主机可



根据自身的信任需求,指定信任门限值,以区分其他主机为“可信主机”与“不可信主机”,选择自己的可信交互机群,孤立恶意主机。对提出的所有算法都进行了模拟实验验证,证明了这些算法的合理性和有效性。

移动 Agent 安全保护问题研究。提出了一种增强移动 Agent 安全保护方法,简称 IEOP (Improved Encrypted Offer Protocol) 方法,解决在不可信任环境中恶意主机对移动 Agent 的攻击问题,实现对移动 Agent 完整性和机密性保护。该方法先采用加密函数技术对敏感移动 Agent 加密,再用 IEOP 协议对加密 Agent 和执行结果分别进行封装,分别发送给下一个执行主机和源主机。源主机对回收的可疑结果使用执行追踪技术进行检查,确认是否有恶意行为,析出恶意主机。在基于组件的移动 Agent 系统 HBAgent 中,初步实现了该方法并分析和测试了移动 Agent 的巡回时间性能。

移动 Agent 系统安全评价问题研究。基于 CC 标准规范移动 Agent 安全功能设计和开发过程,采用组件设计移动 Agent 系统的安全子系统,并实施 CC-EAL3 (Evaluation Assurance Level 3) 等级的安全保证措施。在此基础上,重点研究移动 Agent 系统安全功能定量评价方法,引入主观逻辑理论,对通用评价方法论 CC_CEM 进行扩展,提出了一种移动 Agent 系统安全功能确信度定量评价方法 CEM_MAS,以解决 CC-EAL n ~EAL $n+1$ 两等级之间的安全程度量化评价问题。用三个评价示例验证了该方法是合理的与可行的,与其他方法进行比较证明了该方法具有更优化的评价结果。

移动 Agent 系统 CPU 资源分配机制与策略及移动 Agent 投标策略研究。在总结了移动 Agent 系统资源分配机制复杂性基础上,指出拍卖协商协议作为一种资源分配机制,可以有效地简化其复杂性,适应其信息不完全及自利性等特点,并确定了基于单边密封组合拍卖协议的 CPU 时间片资源分配机制。而后针对该拍卖协议提出了两种资源分配算法:其一,针对对 CPU 时间片资源分配无具体截止期限要求的 Agent,提出了一种改进的动态规划算法。实验表明,该算法不但计算开销非常小,而且可求得最优解;其二,针对对 CPU 时间片资源分配有各自截止期限要求的 Agent,提出了一种组合拍卖遗传算法。实验表明,该算法具有求解精度高、自适应能力强、稳定性好等优点。最后针对上述分配机制与策略,提出了四种投标算法:ZIPca、NZIPca、GDca 和 FLca。其中,ZIPca 适合于对最大截止期限不作要求或要求非常宽松的场合;NZIPca 适合于对最大截止



期限要求相对严格的场合；GDca 适合于对收益要求较高、对截止时间要求相对宽松的场合；FLca 适合于对截止时间要求严格的场合。仿真结果验证了上述四种投标算法的特点。其中 FLca 和 NZIPca 竞标能力强，最适应本书 Agent 的目标和在线动态的 CPU 时间片拍卖环境。二者相比，FLca 能力更强。

由于作者水平有限，加之相关技术发展迅速，书中难免存在某些缺点与不足，恳请广大读者和专家批评指正。

作 者

2012 年 7 月



目 录

1 绪 论	(1)
1.1 研究背景及意义	(1)
1.1.1 研究背景	(1)
1.1.2 研究的意义	(5)
1.1.3 课题来源与要解决的问题	(5)
1.2 移动 Agent 系统概述	(7)
1.2.1 基本概念	(7)
1.2.2 主要特性及系统分类	(8)
1.3 研究现状与存在问题	(10)
1.3.1 研究与应用现状	(10)
1.3.2 移动 Agent 系统存在的主要问题	(11)
1.4 本书主要工作	(13)
1.5 本书结构	(15)
1.6 本章小结	(16)
2 移动 Agent 系统客观信任对等管理模型	(17)
2.1 现有信任管理模型分析	(17)
2.1.1 信任管理模型分类	(18)
2.1.2 存在的主要问题和研究热点	(19)
2.1.3 研究思路	(20)
2.2 SPKI 使用方法	(20)
2.2.1 信任域与信任锚	(21)
2.2.2 信任关系传递	(21)
2.2.3 SPKI 证书	(24)
2.2.4 SPKI 信任管理模型	(27)



2.3 移动 Agent 系统信任关系分析	(29)
2.3.1 移动 Agent 系统信任要素定义	(30)
2.3.2 移动 Agent 系统信任关系描述	(31)
2.4 移动 Agent 系统客观信任对等管理模型	(32)
2.4.1 客观信任对等管理模型 OTPMM	(32)
2.4.2 移动 Agent 证书属性设计	(33)
2.4.3 信任状态验证	(35)
2.4.4 信任管理组件设计	(35)
2.5 实例分析	(36)
2.6 本章小结	(39)
3 移动 Agent 系统主观信任动态管理方法	(41)
3.1 移动 Agent 系统主观信任特征分析	(41)
3.1.1 人类信任机制启示	(41)
3.1.2 主观信任特征分析	(42)
3.2 移动 Agent 系统主观信任动态管理模型	(43)
3.2.1 主观信任动态管理模型	(43)
3.2.2 模型工作过程	(44)
3.2.3 信任的量化表示方法	(45)
3.2.4 基础信任数据采集	(46)
3.3 “公信”主机选择	(46)
3.3.1 推荐信任程度计算方法	(47)
3.3.2 推荐主机自身信任程度的影响	(48)
3.3.3 推荐信任度的更新	(49)
3.4 直接信任度计算	(49)
3.4.1 直接信任程度计算方法	(49)
3.4.2 直接信任程度的更新	(50)
3.4.3 主观信任机群形成	(50)
3.4.4 基于直接信任程度孤立恶意主机	(51)
3.5 信任度综合计算	(52)
3.5.1 信任度综合算法	(52)
3.5.2 重要参数选择	(53)



3.6 模拟实验结果分析	(54)
3.6.1 模拟实验结果	(54)
3.6.2 与 Josang 算法比较	(59)
3.7 本章小结	(61)
4 移动 Agent 安全保护方法	(62)
4.1 移动 Agent 系统安全问题与安全需求分析	(62)
4.1.1 网络环境脆弱性	(62)
4.1.2 移动 Agent 系统存在脆弱性	(63)
4.1.3 恶意攻击行为	(64)
4.1.4 移动 Agent 系统安全需求分析	(66)
4.2 典型移动 Agent 系统安全技术分析	(68)
4.2.1 主机安全保护技术分析	(70)
4.2.2 移动 Agent 安全保护技术分析	(72)
4.3 一种增强移动 Agent 安全保护方法	(74)
4.3.1 执行追踪技术	(75)
4.3.2 加密函数技术	(76)
4.3.3 加密提供者协议 EOP	(78)
4.3.4 使用 IEOP 保护移动 Agent	(80)
4.4 IEOP 协议安全性分析	(82)
4.5 IEOP 对移动 Agent 巡回时间的影响	(83)
4.5.1 移动 Agent 巡回过程分类	(84)
4.5.2 移动 Agent 巡回时间估算	(86)
4.5.3 使用 IEOP 对移动 Agent 巡回时间的影响	(87)
4.6 IEOP 实现及其时间性能测试	(88)
4.6.1 实验环境与实验内容	(88)
4.6.2 实验结果分析与结论	(89)
4.7 本章小结	(94)
5 移动 Agent 系统安全评价方法	(95)
5.1 CC 标准使用方法分析	(95)
5.1.1 CC 标准的目标和作用	(96)



5.1.2	CC 关键概念及其关系	(97)
5.1.3	CC 安全功能类集分析	(99)
5.1.4	CC 安全保证类集分析	(102)
5.1.5	CC 安全保证等级 EAL 分析	(104)
5.1.6	实例说明	(107)
5.2	通用评价方法论 (CEM)	(108)
5.2.1	CEM 评估原则	(108)
5.2.2	CEM 评估过程	(109)
5.3	移动 Agent 系统安全保证等级选择	(109)
5.4	基于 CC 的 MAS 安全子系统开发过程	(111)
5.4.1	标识移动 Agent 系统安全问题	(112)
5.4.2	确定移动 Agent 系统安全需求和安全目标	(112)
5.4.3	MAS_PP 设计	(113)
5.4.4	MAS_ST 设计	(115)
5.5	移动 Agent 安全子系统执行流程	(120)
5.5.1	子系统结构	(120)
5.5.2	运行模式	(122)
5.5.3	执行流程	(123)
5.6	通用评估方法 CEM 扩展	(124)
5.6.1	引入主观逻辑理论	(124)
5.6.2	定义 MAS 相关安全命题	(126)
5.7	MAS 安全功能确信度评价方法 CEM_MAS	(128)
5.7.1	安全功能确信度算法	(128)
5.7.2	数据采集与处理	(129)
5.8	模拟评价示例	(129)
5.8.1	评价示例选择	(129)
5.8.2	模拟评价过程	(130)
5.8.3	模拟评价结果分析	(135)
5.8.4	原子度函数不同取值的影响	(137)
5.8.5	与其他算法比较	(139)
5.9	本章小结	(140)



6 基于拍卖的移动 Agent 系统 CPU 资源分配	(141)
6.1 研究 CPU 资源分配的意义	(141)
6.2 拍卖相关理论	(142)
6.2.1 拍卖主要功能及方式	(143)
6.2.2 单物品拍卖理论	(145)
6.2.3 多物品拍卖理论	(146)
6.3 移动 Agent 系统 CPU 资源分配的复杂性分析	(148)
6.4 基于拍卖的 CPU 资源分配机制的优势	(149)
6.5 拍卖机制的可实现性分析	(151)
6.6 基于密封组合拍卖的 CPU 资源分配协商过程	(153)
6.7 本章小结	(155)
7 基于密封组合拍卖协议的 CPU 资源分配机制	(156)
7.1 移动 Agent 时效性与 CPU 资源分配策略	(156)
7.2 改进动态规划算法 IDP	(157)
7.2.1 问题模型	(157)
7.2.2 IDP 设计思想	(158)
7.2.3 IDP 算法设计	(159)
7.2.4 算例	(161)
7.2.5 算法小结	(163)
7.3 GASCAD 分配算法	(163)
7.3.1 问题模型	(164)
7.3.2 GASCAD 算法设计思想	(164)
7.3.3 预选择 Agent 策略	(165)
7.3.4 遗传算法设计步骤	(165)
7.3.5 计算复杂度分析	(170)
7.3.6 仿真实验与结果分析	(170)
7.3.7 算法小结	(175)
7.4 本章小结	(175)



8 基于密封组合拍卖资源协议的移动 Agent 投标策略 ...	(177)
8.1 移动 Agent 投标策略问题	(177)
8.2 定义问题模型	(179)
8.3 基于密封组合拍卖协议的移动 Agent 投标策略	(180)
8.3.1 基于预算限制的投标策略 ZI_C	(181)
8.3.2 基于本次拍卖结果的两种投标策略 ZIPca 和 NZIPca	(181)
8.3.3 基于历史拍卖结果的投标策略 GDca	(185)
8.3.4 基于模糊逻辑的 Agent 投标策略: FLca	(187)
8.4 仿真实验及分析	(191)
8.4.1 同类型投标策略的 Agent 种群实验	(191)
8.4.2 ZIPca 和 NZIPca 两种 Agent 种群混合投标实验	(192)
8.4.3 混合投标策略的 Agent 种群实验	(193)
8.4.4 算法小结	(195)
8.5 本章小结	(195)
9 结 论	(197)
9.1 主要研究内容	(197)
9.2 主要创新点	(199)
9.3 进一步研究内容	(200)
参考文献	(201)
附 录	(219)
后 记	(228)



1 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

近年来,“云计算 (Cloud Computing)”是信息技术领域研究热点之一,是IT 产业界、学术界以及政府都十分关注的焦点,它预示着全球信息化发展进程将步入资源集约化、应用规模化、服务专业化发展的新阶段。“云计算”也是一种全新的互联网应用商业模式,为用户屏蔽了数据中心管理、大规模数据处理、应用程序部署等问题。用户通过网络可以根据其业务需求快速申请或释放资源,并以按需支付的方式对所使用的资源付费,就如同现在使用水电一样方便快捷,用户不必购置部署硬软件基础设施,将其从 IT 基础设施管理与维护的沉重压力中解放出来,更专注于自身的核心业务发展。“云计算”以其经济便利的服务优势吸引了众多企业的关注,在 IT 产业界,“云计算”被普遍认为具有巨大的市场增长前景。

(1) “云计算”技术原理及服务形态

目前,各界从不同的角度对“云计算”的内涵有不同的解释,中国云计算专家刘鹏教授给出如下定义:“云计算将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,使各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和各种软件服务。”IBM 的技术白皮书给出了关于“云计算”的一个描述性定义:“云计算一词用来描述一个系统平台或者一种类型的应用程序,一个云计算平台可以按需进行动态部署 (Provision)、配置 (Configuration)、重新配置 (Reconfiguration) 以及取消服务 (Deprovision) 等;云计算平台中的服务器可以是物理的也可以是虚拟的,高级的计算云通常包含一些其他计算资源,如网络存储区域,网络设备,防火墙及其他安全设备等;在应用 (实现) 方面,云计算描述了一种可以通过互联网进行访问的可扩展的应用程序,使用大规模的数据中心和功能强劲的服务器来



运行网络应用程序和网络服务；任何一个用户可以通过一个合适的互联网接入设备和标准浏览器就能访问一个云计算应用程序。”可以从三个角度解读 IBM 的定义：从基础设施层面上看，“云”是网络环境下构建的动态资源池，这种资源池由一系列处在不同网络节点可以维护和管理的物理和虚拟的计算资源组成，通常为一些大型服务器集群，包括计算服务器、存储服务器、数据服务器、带宽资源以及安全设备等；从技术层面上看“云计算”是一种分布式计算技术，通过网络把成千上万台服务器连接起来，组成一台虚拟的超级计算机，并利用它的空闲时间和存储空间来完成大规模计算事务的求解，以实现网络上不同地理位置的海量资源的快速计算与处理，使网络中的计算资源、软件资源、数据资源、通信资源能够共享；从服务层面上看“云计算”提供的服务是指云中资源的交付和使用模式，用户通过网络终端以按需、易扩展的方式方便快捷地获得所需的硬件、平台、软件等服务。根据美国国家标准与技术研究院（NIST）的定义，当前把云服务分为三个层次：①基础设施即服务（Infrastructure as a Server）；②平台即服务（Platform as a Server）；③软件即服务（Software as a Server）。简单来说，云计算的基本技术原理是将动态可伸缩的 IT 资源以服务方式通过互联网提供给用户。图 1-1 从服务角度显示了云计算的内涵和部分应用。

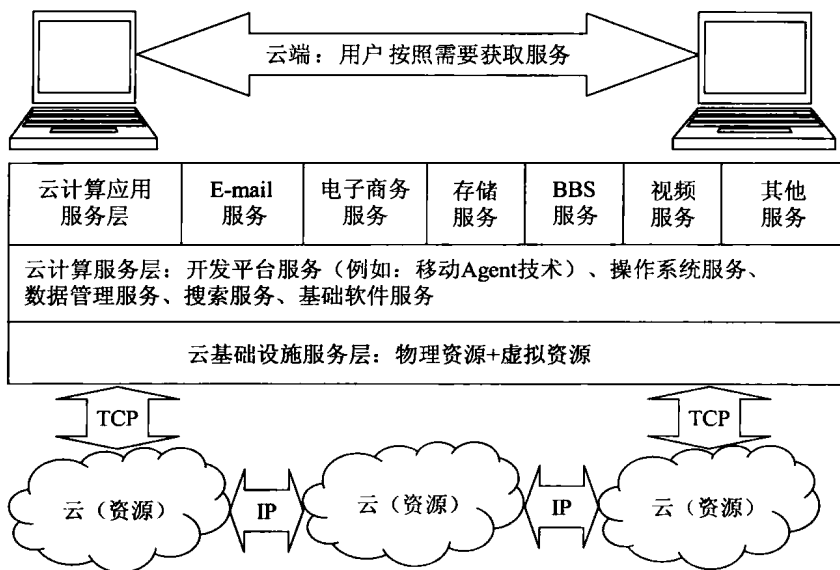


图 1-1 云计算的内涵与部分应用示意



从系统属性和设计思想来表示“云计算”技术体系结构,可分为云资源(物理资源和虚拟资源)部分、中间件管理部分和服务接口部分,目前,关于“云计算”技术上的研究主要包括两个方面,一个是如何构建分布式平台的基础设施;另一个是如何帮助开发人员在云计算的分布式平台上进行编程。针对后者来说,使用移动 Agent 计算范型为“云计算”环境下应用系统的设计提供参考模型。能够契合“云计算”中轻客户机的服务形态。

(2) 移动 Agent 概念与技术特征

移动 Agent 技术是人工智能领域软件 Agent 和 Internet 相结合的产物。其基本概念是:移动 Agent 是一个独立运行的计算机应用程序,它可自主地,在同构或异构网络上按照一定的规程移动,寻找合适的计算资源、信息资源或软件资源,利用与这些资源处于同一主机或网络的优势,就近处理或使用这些资源,代表用户意愿完成指定的任务,把结果返回给用户。其技术特征如下:

一是异步计算,提供不同时间和空间范围内的交互机制。用户可以自己创建 Agent,它移动到其他网络节点上可以异步地与一个或多个 Agent 交互,任务完成后将结果反馈给创建者。移动 Agent 引入了完整的异步计算环境,可以工作在同构或异构计算机软件、硬件等环境中,解决系统平台之间的不兼容问题。

二是资源优化:移动 Agent 能够优化网络和计算资源,实现负载均衡。对于客户方,只需要给出 Agent 的创建与收发设施,而不必为建立网络以及数据库连接投入大量资源;服务方利用 Agent 的异步性能能够分析各种“服务请求”之间的逻辑相关性,从而将接纳的移动 Agent 根据一定的调度策略和资源分配策略统一处理;在网络使用方面,移动 Agent 减少了网络连接耗费的带宽,能够根据任务目标、通信能力和服务器负载等因素静态或动态规划其各项任务的执行主机,从而优化网络和主机资源的使用,避免出现盲目地访问资源等问题。

三是移动计算:移动计算受到处理能力、网络连接质量和代价、能源及安全性各方面的限制,缓冲管理、资源分配与撤销算法等传统方法难以提供根本的解决方案。移动 Agent 技术避开了移动计算中的网络和处理能力瓶颈,将交互与信息处理转移到具有很强的处理能力和安全性的云计算主机集群上执行,代表用户完成信息查询、数据交换等多种任务,然后把执行结果返回给用户。

四是分布式任务求解:为完成某项复杂任务,通过将任务分解并分配给多个移动 Agent,由这些 Agent 分别完成其中一个或多个特定的任务,将它们映射到相同或不同云计算节点上运行,利用其并行性、移动性和信息处理能力能够实现大规模任务的求解。



由上面分析可知,移动 Agent 模型在技术方面能够实现云计算的核心思想和计算原理,在服务方面能够实现云计算的商业服务形态。因此,移动 Agent 技术能够支持云计算应用实现,将成为其关键技术之一。

(3) 基于移动 Agent 的开放云计算架构

目前,云计算标准和可移植性不健全,多个云计算服务提供商 CCSP 之间互操作性是不兼容的,这就需要在进行计算时使用移动 Agent。依据是:移动 Agent 是一个软件的数据组成,数据可以完整地从一个环境到另一个环境的状态迁移,能够在新环境中正确进行计算。实现思路是采用基于移动 Agent 的开放式云计算联盟的机制,解决跨 CCSP 兼容性问题。首先解决可移植性,从定义来看移动 Agent 确保了可移植性,每个移动 Agent 运行在一个称为 Mobile Agent Place (MAP) 的虚拟机上。移动 Agent 携带应用程序代码或用户的任务独立地从一个 MAP 到另一个 MAP,从而实现异构 CCSPs 之间的可移植性。其次解决互操作性,解决代理商之间的协商和合作问题。工作机制是:在这个架构中使用基于任务管理器的一个集中的方式。在 CCSP 的每个管理域都安装有一个虚拟机和 MAP。选择一个虚拟机作为任务管理器执行许多服务,包括资源索引、认证、安全、计费、灾难恢复和容错。在用户端,任务被封装在移动 Agent 中,作为一个数据结构,发送到云中。MAP 收到所有新发送的移动 Agent。每当移动 Agent 接收和负责备份和监控移动 Agent 时通知任务管理器。MAP 与任务管理器频繁地互动和交流信息。

(4) 云环境下移动 Agent 系统及安全问题

目前云计算关键技术的理论研究和应用实践处在起步阶段,未雨绸缪,安全问题仍是影响云计算广泛应用的关键问题之一。尤其是未来云计算的发展趋势是不同云服务之间的互通互融,当多个私有云和公有云联合形成混合云计算状态时,安全问题更加复杂,受商业利益驱动,恶意云节点和恶意用户都可能出现,需要研究并实施对云计算平台及购买其应用的用户进行双向行为约束机制。该问题目前在学术领域和产业界亟待开展深入的理论研究与应用实践。云计算环境下安全管理与服务内容很丰富,主要包括:安全审计、综合防护、访问授权、身份认证等。冯登国等提出了一种云计算安全技术框架,把云安全服务分为可信云基础设施服务、云安全基础服务以及云安全应用服务三类。本书主要研究与探索云计算环境下移动 Agent 系统信任、安全及资源分配问题,属于云安全应用服务层面,以期有抛砖引玉的作用。



1.1.2 研究的意义

随着电子信息技术和无线网络（3G/4G）的迅速发展，新一代个人数字终端，如笔记本电脑、平板电脑、个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）和智能手机（SmartPhone）广泛普及，其功能不断增强，用户可以使用这些终端从网络中随时随地获取自己感兴趣的信息。但在信息获取过程中用户仍然需要面对网络基础设施与通信协议的复杂性、主机操作系统的异构性、交互双方的安全性，以及无线带宽的局限性等问题带来的种种干扰，在云计算环境下能够一定程度消除上述部分弊端，有些问题仍然存在，如安全问题、无线带宽限制问题以及目前网络应用系统中使用的客户机—服务器（C/S）计算模型，浏览器—服务器（B/S）计算模型，主要表现在对离线计算支持不够，以及对低带宽、网络连接不稳定的网络环境适应性不足等方面问题。移动 Agent 作为新的分布式计算模型能有效克服这些不足，移动 Agent 跨域移动以及异步通信特性，形成了灵活的系统结构，可以解决云计算环境下的用户在线和离线的各种分布式计算问题，尤其是离线分布式计算问题，能更好适应新的分布式应用随时随地计算需求，为用户提供灵活便捷的同时，进一步节约通信成本。研究与探索移动 Agent 系统信任安全及资源分配问题具有重要的应用价值。

移动 Agent 技术是一项涉及多学科的、处于国际研究前沿的新型技术，在云计算环境下对移动 Agent 系统信任安全与资源分配问题进行研究，能够跟踪国际前沿技术。该项目的研究成果，能够丰富云计算和移动 Agent 模型的理论体系，增强移动 Agent 应用系统的安全性能，促进我国分布式应用技术和信息安全技术的进一步发展，推进移动 Agent 技术在云计算环境下更广泛的应用于各个领域，具有重要的理论和现实意义。

1.1.3 课题来源与要解决的问题

本书作者所在的课题组对移动 Agent 系统的研究自 1999 年开始，同年申请了清华大学“智能技术与系统”国家重点实验室开放课题基金资助项目：《基于移动 Agent 的 Web 信息检索系统研究》^①，研制了移动 Agent 开发平台 M&MAP（Military & Mobile Agent Platform）。在此基础上，2005 年又申请到了河北省科技攻关项目《基于组件的移动 Agent 平台系统研究与实现》^②，开发了一个基于

^①项目编号：990087

^②项目编号：05 2435179D