

## 湖南大学博士研究生毕业（学位）论文开题报告

姓 名	唐小勇	学 号	B091000018	已修学分	8 分
所属学院	计算机与通信学院			一级学科	计算机科学与技术
二级学科	计算机应用技术				
指导教师	李肯立			开题时间	2010. 7
研究方向	并行分布式计算				
论文题目	异构分布式系统可信调度模型关键技术研究				

### 一、文献综述

调度模型及调度算法的研究一直是分布式系统研究的热点问题之一。一般并行应用都采用任务优先图模型(即有向无环图DAG)，其中节点代表任务，有向弧或边代表具有相互依赖关系的通信，如任务优先约束关系。经典的基于DAG调度算法是启发式表调度算法，其基本思想是首先计算DAG任务优先权，然后依优先权降序排列，最后依次调度各任务。然而经典表调度算法<sup>[1-5]</sup>主要研究同构计算系统，不适合异构计算系统。近年来提出一些改进的针对异构计算系统表调度算法，如启发式映射(MH)算法<sup>[6]</sup>，动态级调度(DLS)算法<sup>[7]</sup>，最小分级时间片(LMT)算法<sup>[8]</sup>，关键路径(CPOP)算法和异构环境下最早完成时间(HEFT)算法<sup>[9,10]</sup>。文献[9,10]证明HEFT算法无论是平均调度长度，还是加速比都明显优于DLS, MH, LMT和CPOP算法。但上述算法优化目标仅局限于调度长度、加速比等经典调度性能，而没有考虑到异构分布式系统的可靠性、安全性等系统可信性性能需求。

近十年来，系统可信性研究受到了国际上广泛的重视。在美国，DARPA、NSF、NASA、NSA、NIST、FAA、FDA 和其他DoD机构都积极参与关于高可信软件和系统的研究开发。为了实现系统可信性的目标，人们从20世纪70年代之后就在做着不懈的努力。包括从应用程序层面，从操作系统层面，从硬件层面来提出的TCB相当多。最为实用的是以硬件平台为基础的可信计算平台（Trustec Computing Platform），它包括安全协处理器、密码加速器、个人令牌、软件狗、可信平台模块（Trusted Platform Modules, TPM）以及增强型CPU、安全设备和多功能设备。这些实例的目标是实现：数据的真实性、数据的机密性、数据保护以及代码的真实性、代码的机密性和代码的保护。

国内的可信计算领域，主要有：武汉瑞达公司研制的安全计算机于2004年10月通过国家密码管理委员会主持的技术鉴定，成为国内第一款自主研发的可信计算平台。2005年联想集团的“恒智”芯片和可信计算机相继研制成功。同年，兆日公司的TPM芯片研制成功。这些产品都相继通过国家密码管理委员会的鉴定和认可。此外，同方、方正、浪潮、天融信等公司也都加入了可信计算的行列。武汉大学、中科院软件所等高校和研究机构也都开展了可信计算的研究。

国内外在可信性研究方面已经开展了多年的工作，但是由于传统的可信机制主要关心软件行为的安全性和可依赖性问题<sup>[11]</sup>，且主要面向封闭或同一管理域内展开，面向开放环境、跨组织和管理域的动态性异构分布式可信研究尚处于起步阶段。封闭环境中，用户的授权由权威源集中管理，信任的作用较为隐蔽；在开放环境中，主体间的信任关系对授权的作用逐步凸现出来，合理利用信任能够有效简化复杂的授权管理任务<sup>[12]</sup>。在这种背景下，Blaze 等人为了强调信任在授权中的特殊作用，于1996 年提出了信任管理(trust management)的概念，并将信任管理定义为：“一种描述和解释安全策略、安全凭证以及用于直接授权关键安全操作的信任关系的统一方法”<sup>[13]</sup>。信任管理系统把授权决策转换为一种满足性验证(proof of compliance)问题：“凭证集C 是否能证明请求R 满足本地策略P”。信任管理的初期研究主要关注授权语言与CCA 算法，如PolicyMaker<sup>[14]</sup>，KeyNote<sup>[15]</sup>，SPKI/SDSI<sup>[16]</sup>和DL<sup>[17]</sup>等，其中PolicyMaker 和KeyNote 是Blaze 等人先后提出的两个信任管理语言，与SPKI 类似，以能力传播的方式表达权威委派策略。DL 是基于逻辑程序的信任管理语言，主要关注语言表达能力和计算复杂性。近期出现的几个信任管理系统将角色引入到策略语言中，如RT<sup>[18]</sup> 和Cassandra<sup>[19]</sup>等。RT 在SDSI 的基础上提出了ABAC(attribute based access control)的思想，并考虑了多级访问请求过程中的委派问题。Cassandra 提出了更为通用的信任管理语言，试图支持所有典型安全策略。目前国内也相继开展了信任管理方面的研究，Tang将信任度评估模型集成到信任管理系统中<sup>[20]</sup>，增加了系统的动态适应性，Hong 等人基于RT 研究了ABAC 策略的委派深度约束问题<sup>[21]</sup>。

在基于信誉的机制方面，1997年，Abdul-Rahman 等学者从信任的概念出发，提出了一个信任评估的数学模型，并给出了一种虚拟社区中基于信誉的信任解决方案<sup>[22]</sup>。此后，Napster, eBay 等网上交易系统都采用了信誉机制来提供交易参考。随着新的网络应用模式的兴起，围绕P2P 环境下不同的信誉模型和激励模式人们进行了众多的探索，其中比较有代表性的如基于抱怨的信任管理方法、PeerTrust、基于Bayesian Network 的信任模型、P2PRep 和基于PageRank 思想的EigenRep<sup>[23]</sup>等。在基于信誉的机制研究中，围绕建立分布式的信誉管理机制<sup>[24]</sup>，以及基于模型实现对于恶意和不良行为的识别与防范正在成为新的研究热点<sup>[25]</sup>。

国内在这方面也做了深入的研究，清华大学的林闯教授等<sup>[26]</sup> 利用随机模型分析了网络安全中的可信性，在可信网络方面取得了很大的进展；北京大学的唐文等<sup>[27]</sup> 运用模糊集合理论对信任管理问题进行了建模，提出了信任关系的推导规则，为开放网络环境中的信任管理研究提供了一个有价值的新思路。同济大学的袁禄来<sup>[28,29]</sup>针对网格环境下一个网格节点推荐另一个网格节点所提供的推荐证据是不完备、不精确、不完全可靠的，导致很多信任评估方法的结果误差很大，利用D-S理论进行信任研究并提出基于信任的调度算法(TDLS)。文献[30-33]从不同的角度对可信系统进行了有效的研究，满足了一定的实际需求。

从社会学角度看，信任关系是最复杂的社会关系之一，是一个很难度量的抽象的心理认知，当实体之间的信任关系不能明确定义的时候，它也是不稳定的，给它的管理和评估带来了困难。信任也是与上下文相关的一个动态过程，随着时间的变化，实体之间

的行为上下文可能会动态地变化,并且具有时间滞后性的特点,也就是说,新的信任关系的评估依赖于时间和行为上下文.因而,信任研究一个非常复杂的课题,虽然许多研究者从不同分布式应用角度应用各种方法进行信任定量计算,取得了一些有效的应用,但这些模型大多没有综合考虑各种可能的输入因子,例如:大多数模型没有风险机制,没有考虑服务者的声誉,不能很好地消除恶意推荐对信任评估的影响,没有解决初始信任值如何获得,准确定量评价信任精度不高等问题.本课题将从心理学和经济学中的信任研究入手,进一步研究信任关系,尤其是动态信任关系的相关性质、信任的表述和信任值的计算方法.本课题拟用概率论中的Bayesian方法表示不确定性的信任关系,受经济学品牌形象理论<sup>[34]</sup>的启发,采用多人合作与非合作微分对策技术建立信任值计算二价偏微分方程,实现信任的动态表示,以获得信任值的精确计算公式.

上述基于信任的可信研究都是从系统安全性的角度出发,而没有充分考虑分布式系统底层需求.最近几年,从系统底层任务在处理机上的执行行为进行动态安全保证越来越受到广大研究人员的重视.S.Song最先提出一种可信的网格节点遗传调度算法(STGA)<sup>[35]</sup>,她把节点分为安全、危险和可能安全三类,然后提出相应调度方法.Lin和Yang采用整数线性编程技术和启发式搜索方案相结合的实时安全保证调度算法<sup>[36]</sup>.Dogan提出一种高效的多QoS静态异构分布式系统调度算法(QSMTS\_IP)<sup>[37]</sup>,其中包括安全性QoS.T.Xie和X.Qin研究并提出了多个基于分布式系统的安全调度算法<sup>[38,39]</sup>,但其工作主要集中在调度时安全开销分析机制.以上研究工作都是从任务调度角度进行系统安全性的有益探讨,但由于研究工作都是基于全互连网络,且假定节点和任务安全级,这与实际的任意网络结构异构分布式系统不符,且不能适应计算资源和任务安全需求动态变化.另一方面,他们的研究都假定任务具有独立性,而没有研究任务的相互约束性.针对上述问题,本课题将以动态的信任管理和信任值计算为基础,建立任务执行行为的动态安全性评估机制,从安全性角度研究可信调度模型和调度算法,提高异构分布式系统的可信性.

可信研究的另一个重要内容是可靠性,软件容错技术是提高分布式系统可靠性的一种有效途径,也是目前的研究热点,其中活动/备用技术<sup>[40]</sup>是一种重要的软件容错模型.在活动/备用计算模型中,每个任务都有主、从两个版本,从版本是主版本任务的一个副本.同一时间只有主版本的任务运行,当主版本运行出现故障时,从版本任务接替主版本任务的工作继续执行.为了保证系统的容错特性,主任务与从任务不能分配到同一个节点机上.许多学者对分布式系统中具有主/从多个版本的任务调度问题做了大量的研究,K.Ahn、J.Kim等提出一种延迟被动复制调度方法来实现可靠性<sup>[41]</sup>,文献[31]提出了在分布式实时系统中同时调度具有容错需求与无容错需求进程的混合调度算法,文献[42]引入可靠性代价概念对异构系统中的可靠性进行了评估并提出了最大化系统可靠性的调度算法.然而,以上研究都假设分布式系统是由单个处理机构成的同构全互连系统,实际上,由于集群、网络技术的发展,异构系统容错调度已经成为研究热点.同构系统和异构系统调度的最大区别是:在同构系统中,同一任务在所有处理机上的运行时间及处理机发生故障的频率相同;而异构系统则不一定相同,这主要是由于异构系统中不同的软、硬件配置所致.文献[43]基于可靠性代价提出了一种针对异构分布式系统的容错

调度算法,但其假设任务之间是相互独立.而实际应用程序中,大部分任务之间是相互约束的.文献[44]采用泊松概率分布理论分析处理机的可靠性,并提出针对具有相互约束限制任务的容错调度算法,但该算法假设异构系统连接网络是全互连且具有高可靠性,这与实际的异构分布式计算系统不符,因为异构系统本质上具有网络任意连接性和异构性,所以系统网络的不可靠性在评价系统可靠性方面不能忽略.其次,文献[45]假设处理机故障时只局限于同时一台处理机故障,这与实际系统存在多理机故障不符.本课题试图从系统观点出发研究处理机和通信网络的可靠性,采用Poisson随机过程理论建立任意处理机网络异构分布式系统可靠性模型,最后提出依据任务执行行为失败率的任务容错技术和最优可靠通信路经查找算法为一体的任务调度算法,从而提高系统可信性.

综上所述:本课题的研究目标是提出一种基于行为的异构分布式计算系统可信任任务调度模型,该模型包含系统可靠性分析、信任管理机制、安全开销计算、并行应用任务可信评估机制、考虑可信的任务调度器等模块.可靠性分析主要研究多理机失败、网络通信故障与任务执行行为的函数关系,实现任意处理机网络最优可靠通信路经的动态查找.信任管理机制拟采用概率论中的Bayesian方法表示不确定性的信任关系,并用多人合作与非合作微分对策技术建立信任值计算二价偏微分方程,实现信任的动态表示,从而获得信任值的精确计算公式.安全开销计算将以信任值的精确计算为基础,依据用户的安全需求和计算节点能向用户提供的信任级,实现安全开销的精确表示.以任务在系统上执行行为的可靠性和任务的安全开销为基础,实现任务可信性的动态评估.最后,针对具有优先约束关系的并行任务,提出基于任务执行行为的考虑可信性的可信任任务调度模型和可信任任务调度算法,从而有效提高异构分布式系统性能.

#### 参考文献:

- 1 M.K. Dhodhi, I. Ahmad, A. Yatama, et al. An integrated technique for task matching and scheduling onto distributed heterogeneous computing system. *J. Parallel Distrib. Comput.*, 2002, 62 (9):1338–1361
- 2 A. Radulescu, A.J.C. van Gemund. Low-cost task scheduling for distributed-memory machines. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Systems*, 2002, 13 (6):648–658
- 3 H.J. Park, B.K. Kim. An optimal scheduling algorithm for minimizing the computing period of cyclic synchronous tasks on multiprocessors. *J. Systems Software*, 2001, 56 (3):213–229
- 4 TANG XiaoYong, LI KenLi & D Padua. Communication Contention in APN List Scheduling Algorithm. *Science in China Series F: Information Sciences*, 2009, 52(1):59-69
- 5 Sinnen Oliver, Sousa, Leonel. List scheduling: extension for contention awareness and evaluation of node priorities for heterogeneous cluster architectures. *Parallel Computing*, 2004, 30(1):81-101
- 6 H. El-Rewini, T.G. Lewis. Scheduling parallel program tasks onto arbitrary target machines. *J. Parallel Distrib. Comput.*, 1990, 9 (2):138–153
- 7 G.C. Sih, E.A. Lee. A compile-time scheduling heuristic for interconnection-constrained heterogeneous machine architectures. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Systems*, 1993, 4 (2):175–187
- 8 M. Iverson, F. Ozuner, G. Follen. Parallelizing existing applications in a distributed heterogeneous environment. in: *Proceedings of Heterogeneous Computing Workshop*, 1995, 93–100
- 9 Liu, G.Q, Poh, K.L, Xie, M. Iterative list scheduling for heterogeneous computing. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 2005, 65(5):654-665

- 10 H. Topcuoglu, S. Hariri, M.-Y. Wu. Performance-effective and low complexity task scheduling for heterogeneous computing. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Systems*, 2002,13 (3):260–274
- 11 Yu Bin, Munindar Sirish P. An evidential model of distributed reputation management. In: *Proceedings of First International Joint Conference on Autonomous Entities and Multi-Entity Systems*, 2002, pp.294 -301
- 12 Aberer K, Despotovic Z. Managing trust in a peer-2-peer information system. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Information and Knowledge Management* , New York, 2001
- 13 Blaze M, Feigenbaum J, Strauss M. Compliance checking in the policymaker trust management system. In: *Proceedings of the Financial Cryptography'98*. Berun: Springer-Verlag, 1998, pp. 254-274
- 14 Blaze M, Feigenbaum J, Lacy J. Decentralized trust management. In: *IEEE Symp Secur Privacy*, 1996, pp.164-173
- 15 Blaze M, Feigenbaum J, Ioannidis J, et al. RFC 2704: The KeyNote Trust Management System Version2, 1999
- 16 Ellison C M, Frantz B, Lampson B, et al. SPKI Certificate Theory. RFC, 1999, 2693
- 17 Li N H. Delegation Logic: A Logic-based Approach to Distributed Authorization. PhD thesis. New York: New York University, 2000
- 18 Li N H, John C M, Winsborough W H. Design of a role-based trust management framework. In: *Proceedings of IEEE Symposium on Security and Privacy*. Wiley: IEEE Comput Soc Press, 2002, pp.114-130
- 19 Moritz Y B, Peter S. Cassandra: Flexible trust management, applied to electronic health records. In: *Proceedings of the 17th IEEE Computer Security Foundations Workshop (CSFW'04)*
- 20 Tang Zhuo, Lu Zhengding, Li Kai. Time-Based Dynamic Trust Model Using Ant Colony Algorithm, *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 2006, 11(6):1462-1466
- 21 Hong F, Zhu X, Wang S B. Delegation depth control in trust-management system. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'05)*. Taipei: IEEE Computer Society, 2005, pp.411-414
- 22 Abdul-Rahman A, Hailes S. Supporting trust in virtual communities. In: *Proceedings of 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Maui, 2000
- 23 Kamvar S D, Schlosser M T, Garcia-Molina H. The eigentrust algorithm for reputation management in P2P Networks. In: *Proceedings of WWW*, May 2003
- 24 Christin N, Andreas S, Weigend, et al. Content availability, pollution and poisoning in file sharing peer-to-peer networks. In: *Proceedings of EC05, HongKong*, 2005, pp.68-77
- 25 Khopkar T, Li X, Resnick P. Self-selection, slipping, salvaging, slacking, and stoning: The impacts of negative feedback at eBay. In: *Proceedings of EC05, HongKong*, 2005, pp.223-231
- 26 林闯, 汪洋, 李泉林. 网络安全的随机模型方法与评价技术. *计算机学报*, 2005, 28(12) :1943-1956
- 27 唐文, 陈钟. 基于模糊集合理论的主观信任管理模型研究. *软件学报*, 2003, 14 (8) :1401-1408
- 28 袁禄来, 曾国荪, 王伟. 基于Dempster-Shafer证据理论的信任评估模型. *武汉大学学报(理学版)*, 2006, 52(5):627~630
- 29 袁禄来, 曾国荪, 姜黎立等. 网格环境下基于信任模型的动态级调度. *计算机学报*, 2006, 29(7):1217-1224
- 30 朱峻茂, 杨寿保, 樊建平, 陈明宇. Grid 与P2P 混合计算环境下基于推荐证据推理的信任模型. *计算机研究与发展*, 2005, 42 (5):797~803
- 31 秦啸, 庞丽萍, 韩宗芬, 李胜利. 分布式实时系统的容错调度算法. *计算机学报*, 2000,

- 23(10):1056-1063
- 32 王功明, 关永, 赵春江, 吴华瑞. 可信网络框架及研究. 计算机工程与设计, 2007, 28(5):1016-1019
- 33 李小勇, 桂小林. 大规模分布式环境下动态信任模型研究. 软件学报, 2007,18(6):1510-1521
- 34 Anca E. Cretu, Roderick J. Brodie. The influence of brand image and company reputation where manufacturers market to small firms: A customer value perspective. *Industrial Marketing Management*, 2007, 36(2):230-240
- 35 S. Song, Y.-K. Kwok, K. Hwang. Trusted Job Scheduling in Open Computational Grids: Security-Driven Heuristics and A Fast Genetic Algorithms. *Proceedings of the International Symposium on Parallel and Distributed Processing, Colorado, USA, 2005*
- 36 M. Lin, L.T. Yang. Schedulability driven security optimization in real time systems, in: *The 1st International Conference on Availability, Reliability and Security, 2006*,314-320
- 37 Dogan, F. Ozguner. LDBS: a duplication based scheduling algorithm for heterogeneous computing systems. *Proceedings of the International Conference on Parallel Processing, B.C., Canada, 2002*, 352-359
- 38 T. Xie, X. Qin. Scheduling security-critical real-time applications on clusters. *IEEE Trans. Comput*, 2006, 55 (7):864 - 879
- 39 T. Xie, X. Qin. Performance evaluation of a new scheduling algorithm for distributed systems with security heterogeneity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 2007, 67:1067-1081
- 40 刘东, 张春元, 李瑞, 黄影, 李毅. 软件容错模型中的容错实时调度算法. *计算机研究与发展*, 2007, 44(9):1495-1500
- 41 K.Ahn, J.Kim, S.Hong. Fault-tolerant real-time scheduling using passive replicas. In:*Proc. Pacific Rim Int. Symposium on Fault-Tolerant Systems, December, 1997*, pp.15-16
- 42 Shatz S.M., Wang J.P., Goto M.. Task allocation for maximizing reliability of distributed computer systems. *IEEE Transactions on Computer*, 1992, 41(9): 1156-1168
- 43 Dogan, F. Ozguner. Matching and scheduling algorithms for minimizing execution time and failure probability of applications in heterogeneous computing. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2002, 13(3):308-323
- 44 Xiao Qin, Hong Jiang. A novel fault-tolerant scheduling algorithm for precedence constrained tasks in real-time heterogeneous systems. *Parallel Computing*, 2006, 32:331-356
- 45 Atakan Dogan. Matching and Scheduling Algorithms for Minimizing Execution Time and Failure Probability of Application in Heterogeneous Computing. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2002, 13(3):308-323

(本表可附页)

## 二、选题背景及意义

通过网络互联利用网络上已有的各类资源(包括计算机、数据源、仪器等)形成的高性能协同计算工作环境统称为分布式系统,用以解决许多中、粗粒度的复杂计算问题,如精确的长期天气预报、电子商务、电子政务、股票交易、银行金融服务等.由于分布式系统连接的是广域分布计算系统和设备,因而分布式计算系统本质具有异构性.使用工作站和个人计算机进行异构分布式处理、以低成本完成大型科学计算虽然是一个非常具有发展前景的途径,但同时也提出了大量富于挑战性的课题,如任务调度、任务计算行为的安全性和软硬件可靠性等系统可信性问题.

越来越多的证据表明,在异构分布式计算系统体统结构下,有效调度并行任务是获取高性能的关键因素之一.调度问题的目标是在满足一定性能指标和优先约束关系条件下,将可并行任务按适当分配策略确定一种分派和执行顺序,合理分配到各处理机上有顺序执行,以达到减少总执行时间为目的.如果这个问题得不到解决,则有可能导致分布计算效率低下,更有甚者,有可能造成其效率不如单机计算,甚至计算失败.因而提出高效的调度模型和调度算法是异构分布式计算系统走向实用的关键.

分布式系统的可信问题源于网络环境下的资源行为不可控性和不确定性,而这与网络资源本身的开放性、动态性与资源的成长性、自治性、多样性等自然特性有着密不可分的关系.同时,由于应用规模的不断扩展、所涉及资源的种类和范围的不断扩大、应用复杂度的提高以及计算模式的革新,都对分布式环境的可信保障提出了更高的要求.作为支撑分布式应用的软件基础设施,分布计算环境本身必须提供适应网络自然特性的可信保证机制.各类实际应用所需的运行环境(包括网络环境、物理环境)不断开放和动态化,应用程序的行为越来越多地表现出群体协同的特点,这要求分布式软件构件提供可信安全交互的需求日趋强烈.然而目前的理论、技术和管理储备均不足以应对分布式系统可信性带来的挑战.

自 20 世纪 70 年代初期, Anderson 首次提出可信系统(trusted system)的概念以来,信息系统的可信性问题就一直受到学术界和工业界的广泛关注.如何界定和度量分布式环境中应用软件的可信性已成为人们研究的热点问题.从系统的角度,ISO/IEC 15408 标准将可信定义为:一个可信(trusted)的组件、操作或过程的行为在任意操作条件下是可预测的,并能很好地抵抗应用软件、病毒以及一定的物理干扰造成的破坏;可信计算组织(trusted computing group)认为:如果一个实体总是按照其设定目标所期望的方式行事,则称这个实体为可信的;从用户体验的角度,微软公司认为可信计算是一种可以随时获得的可靠安全的计算,并包括人类信任计算机的程度,就像使用电力系统、电话那样自由、安全.

本课题认为,如果一个系统的行为总是与预期相一致,则可称之为可信(trustworthy),这层定义包括安全性和可靠性两个方面.在异构分布式环境下,资源的覆盖面更加广泛,类型更加丰富,且具有很强的动态性、异构性,软件的行为总是呈现群体协同等特点.因而分布式环境下可信的定义还包括以下含义:一组可信软件的群体行为在任意操作条件下是可预测的,并能很好地抵抗应用、病毒以及一定的物理干扰造成的破坏.但是,开

放、动态、异构的分布式环境与传统计算系统相比较，最大的区别是很难确定你所要保护的边界。传统计算系统，终端即代表边界，为了能够进入系统，用户必须先登陆，提供帐号及口令，因而可通过认证、访问控制等系统级技术实现安全性保障。但异构分布式系统不同，其物理部件如硬盘、CPU、内存等都不是可信边界，如果它们之间通过不能信任的接口连接，一个恶意的用户就可以访问及篡改所有相关资源信息。典型应用如证券交易系统的股票交易、银行系统的存取款业务、电子商务的网上交易等。上述问题从系统级安全角度上很难获得根本解决，一种有效的途径就是从计算系统底层解决。其最佳策略就是在资源管理的任务调度时考虑任务在系统上执行行为的安全性，以此来保障系统可信性。

影响异构分布式计算系统可信性的另一个重要因素是软硬件的可靠性。在提高系统可靠性的诸多技术中，可靠性分析和容错无疑是其中最重要的技术手段。在分布式系统中，容错问题的解决主要包括系统上层相关体系结构的扩展、协议的修订、以及底层对具体容错模型、容错调度算法的研究。实际上，上层通过扩展体系结构和修订协议所获得容错性能的提升，最终还是要通过底层具体的容错模型和调度算法来实现。因此，在底层任务调度中考虑任务容错是提高系统可靠性的有效技术之一。另一方面，容错和系统可靠性分析是密切相关的。系统可靠性分析是容错的基础，只有能有效的分析系统可靠性，才能提出高效的容错方案。也就是说，基于可靠性分析和任务容错的调度算法将能有效提高异构分布式系统可靠性，从而实现高可信的分布式系统。

综上所述，本课题认为研究任务在分布式系统上的执行行为与系统可信性关系，从而提出基于任务执行行为的可信任任务调度模型和高效的可信任任务调度算法，将对异构分布式系统性能的提高具有重要的理论意义和实用价值。

(本表可附页)



### 三、研究的主要内容

#### (1) 异构分布式动态信任管理机制.

信任管理的基本思想是承认系统中安全信息的不完整性, 系统的安全决策需要依靠可信任第三方提供附加的安全信息. 随着大规模异构分布式系统, 如网格计算、普适计算、P2P 计算、Ad Hoc 网络等应用的深入研究, 应用系统表现为由多个软件服务组成的动态协作系统. 系统形态正从面向封闭的、熟识用户群体和相对静态的形式向开放的、公共可访问的和动态协作的服务模式转变. 另外, 在开放的分布式环境中, 没有中心化的管理权威可以依赖, 不能获得某一主体的全部信息, 或者根本就不认识主体, 这样, 请求者有可能对授权者作出破坏性行为, 因而产生了动态信任管理问题. 虽然许多研究者从不同分布式应用角度进行信任定量计算, 取得了一些有效的应用, 但这些模型大多没有综合考虑各种可能的输入因子, 例如: 大多数模型没有风险机制, 没有考虑服务者的声誉, 不能很好地消除恶意推荐对信任评估的影响, 没有解决初始信任值如何获得, 准确定量评价信任精度不高等问题. 因而提出适应异构分布式系统的信任管理方法和信任值定量计算模型是本课题研究的重要内容.

#### (2) 安全评测管理机制研究

由于异构分布式系统很难确定所要保护的安全边界, 因而从计算系统底层保证安全是提高系统安全的有效策略. 由于系统的异构性、动态性及广域性, 必须从系统资源分配层建立动态的安全管理机制. 用户提交应用程序时, 他的每一个任务都有一定的安全需求. 当任务在高于其安全需求的处理机上执行时, 不需要花费额外的安全开销; 相反, 当任务在低级别的处理机上执行时, 需要花费额外安全开销来保证任务在处理机上执行的可信性. 因而研究任务执行行为的安全性、处理机的可信性及相应的安全开销等安全管理机制是本课题的核心内容.

#### (3) 异构分布式系统动态多处理机及网络故障可靠性分析.

分布式系统的异构包括不同计算节点体系结构、操作系统(如 Linux/unix、windows、solaris 等)和网络的异构性, 而这些性能各异的异构资源要有效实现分布式协同计算, 分析其可靠性是提高系统性能的前提. 目前以 Poisson 随机过程理论为基础的可靠性分析技术是一种有效的系统可靠性分析方法. 然而现有的研究成果都是建立在静态体系结构上, 而没有充分体现异构分布式系统的异构性与动态性. 由于系统的异构性, 处理机、通信网络各链路性能差异较大, 动态的处理机和网络故障不可避免. 特别是对于任意处理机网络结构的异构系统, 由于任务之间的通信占用一定的网络链路, 静态条件下最优的通信路径在动态环境下就不一定是最优的. 因而研究并建立动态环境下处理机及网络故障可靠性模型, 提出最优的可靠通信路径查找算法是本课题急需解决的核心问题.

#### (4) 异构分布式系统可信任务调度模型与调度算法研究.

异构分布式计算系统的信任管理、安全评测、可靠性分析、任务容错与任务调度是一个有机协调紧密联系的整体. 只有采用系统理念把上述技术融入任务调度中, 从资源管理与任务调度角度保证系统可信性, 减少调度长度, 提高并行应用程序的加速比, 从而全面提高异构分布式系统性能. 要实现上述目标, 必须研究集信任管理、安全评测、可靠性分析、任务容错与任务调度为一体的可信调度模型, 并提出高效的可信任务调度算法. 由此可见, 研究并实现可信任务调度模型与调度算法是本课题研究的重要内容.

(本表可附页)

## 四、工作的重点与难点，拟采取的解决方案

### 工作的重点与难点:

#### (1) 适应异构分布式系统的动态信任管理机制研究.

由于异构分布式系统具有广泛性、动态性、异构性等特点，因而资源相互信任关系呈现复杂性和难以确定性，利用数学建模方法研究信任关系是有效途径之一. 虽然许多研究者从不同分布式应用角度进行信任定量计算，取得了一些有效的应用，但这些模型大多没有综合考虑各种可能的输入因子，例如：大多数模型没有风险机制，没有考虑服务者的声誉，不能很好地消除恶意推荐对信任评估的影响，没有解决初始信任值如何获得，准确定量评价信任精度不高等问题. 而任务在处理机上执行时必然有安全需求，这就需要系统能准确提供用户与处理机信任值. 因而提出信任管理机制并有效解决信任值的定量计算是本课题研究的难点.

#### (2) 可靠通信路径查找算法和基于任务执行行为的任务容错技术研究

处理机与网络故障是影响分布式系统可靠性的核心因素，特别是异构系统，由于处理机与网络的异构性，其故障发生的随机性与动态性对系统可靠性的影响尤其严重. 从任务调度角度出发，在任务执行行为上提高任务可靠性是提高系统可靠性的有效途径. 对于具有优先约束关系的 DAG 应用程序，如何进行任务容错和在任意处理机网络中查找最优可靠通信路径是实现本课题研究目标要解决的重点.

#### (3) 基于任务执行行为的可信任务调度算法研究

从异构分布式系统底层保证系统可信性的方法是在任务调度时考虑可靠性、安全性等性能需求. 而任务调度算法要提高系统可信性，必须解决任务执行行为可信性与传统调度优化目标如：最小完成时间、加速比、可调度性等性能指标的相互制约关系. 因而研究如何度量任务执行行为的可信性、提出考虑任务可信性的可信任务调度算法是完成本课题的关键.

### 拟采取的解决方案

本课题研究目标是针对异构分布式系统的动态性、异构性，建立基于动态博弈论微分对策技术的动态信任管理机制，依据任务执行行为的安全需求与处理机可提供的安全能力评测任务安全性；以 Poisson 随机过程理论为基础分析任意处理机网络异构分布式系统的处理机与网络可靠性；为了提高任务间通信可靠性，研究并提出动态最优可靠通信路径查找算法；然后研究基于任务执行行为的可信调度模型；最后，提出集任务容错技术和可信开销为一体的任务调度算法，以获得最优异异构分布式系统整体性能. 研究方案可分为以下步骤：

#### (1) 基于动态博弈论微分对策技术的异构分布式信任管理机制.

异构分布式环境下的各类资源类似于社会经济领域的商品品牌，因而借鉴经济学中成功的品牌信誉实践，研究分布式系统各种资源的相互信任关系是一种有效的信任研究方法. 在经济学中，生产商广告对商品品牌信誉存在积极影响，而零售商广告促销活动对商品品牌信誉则带有消极影响，上述多单位的合作可以通过基于动态博弈论的微分对策技术有效建模. 受经济学品牌形象和心理学心理变化规律性启发，本课题拟以单个个体的信任表示为切入点，依据个体信任心理变化规律具有随机性与相对独立性，采用 Bayesian 方法非确定性的描述信任；由于信任本身随时间变化而存在积极和消极影响，另一方面，外界的评价——声誉是决定信任的重要因素，而声誉是由多种相互联系的评价决定，是一个错综复杂的信誉体系；因而本课题把信任描述为随时间动态变化的直接信任与声誉，直接信任将采用一阶微分对策技术建模，声誉采用多人合作与非合作微分对策技术建立信任值二价偏微分方程模型，以实现信任的动态描述与管理，获得有效的信任值.

#### (2) 基于任务执行行为的安全评测管理机制研究

异构分布式系统并行应用中，由于任务的实际应用不同，因而任务对机密性、完整性和可验证

性安全需求具有不同特色. 本课题将在信任管理机制的基础上, 针对任务的三类安全需求和处理机处理用户任务所能提供的信任级别, 建立任务的安全开销计算模型. 研究并确定不同类型安全需求的安全开销计算函数, 如可验证性的计算函数为:  $S_a(x) = (x+10)/34$ , 给予三类安全需求不同的权值以获得任务的安全开销. 对于具有优先约束关系的并行应用程序, 依据任务的约束建立应用程序安全开销计算模型. 以此为基础, 实现异构分布式系统资源安全级标识、动态更改、安全评测、安全预防、安全访问等安全管理功能.

### (3) 异构分布式系统动态可靠性分析与最优可靠通信路经查找算法研究

任务在分布式系统处理机上执行与任务间数据传输是并行应用程序的有机统一体, 因而采用系统论观点, 以 Poisson 随机过程理论为基础研究任务执行行为、任务间数据传输、处理机、通信网络四者关系, 建立时基于任务执行行为的动态系统可靠性模型是分析异构分布式系统可靠性的有效方法. 本课题拟从底层任务调度角度出发, 以任务在处理机上的执行时间做为任务执行行为可靠性评价函数指数分布的输入参数, 建立任务执行行为的动态可靠性分析模型, 实现并行应用程序的可靠性分析. 另一方面, 异构分布式系统的动态性决定了静态条件下最优的通信路经在动态环境下不一定最优, 因而研究动态最优通信路经具有重要意义. 受 Dijkstra 最短路径算法启发, 本课题拟考虑任务间通信在通信链路上的通信时间与链路通信的竞争性, 采用指数分布建立动态通信链路可靠性模型, 然后提出基于 Dijkstra 最短路径的最优可靠性通信路经查找算法, 以获得最优的通信路经, 提高异构分布式系统网络通信可靠性及减少任务间通信开销.

### (4) 采用任务容错技术提高异构分布式系统可靠性

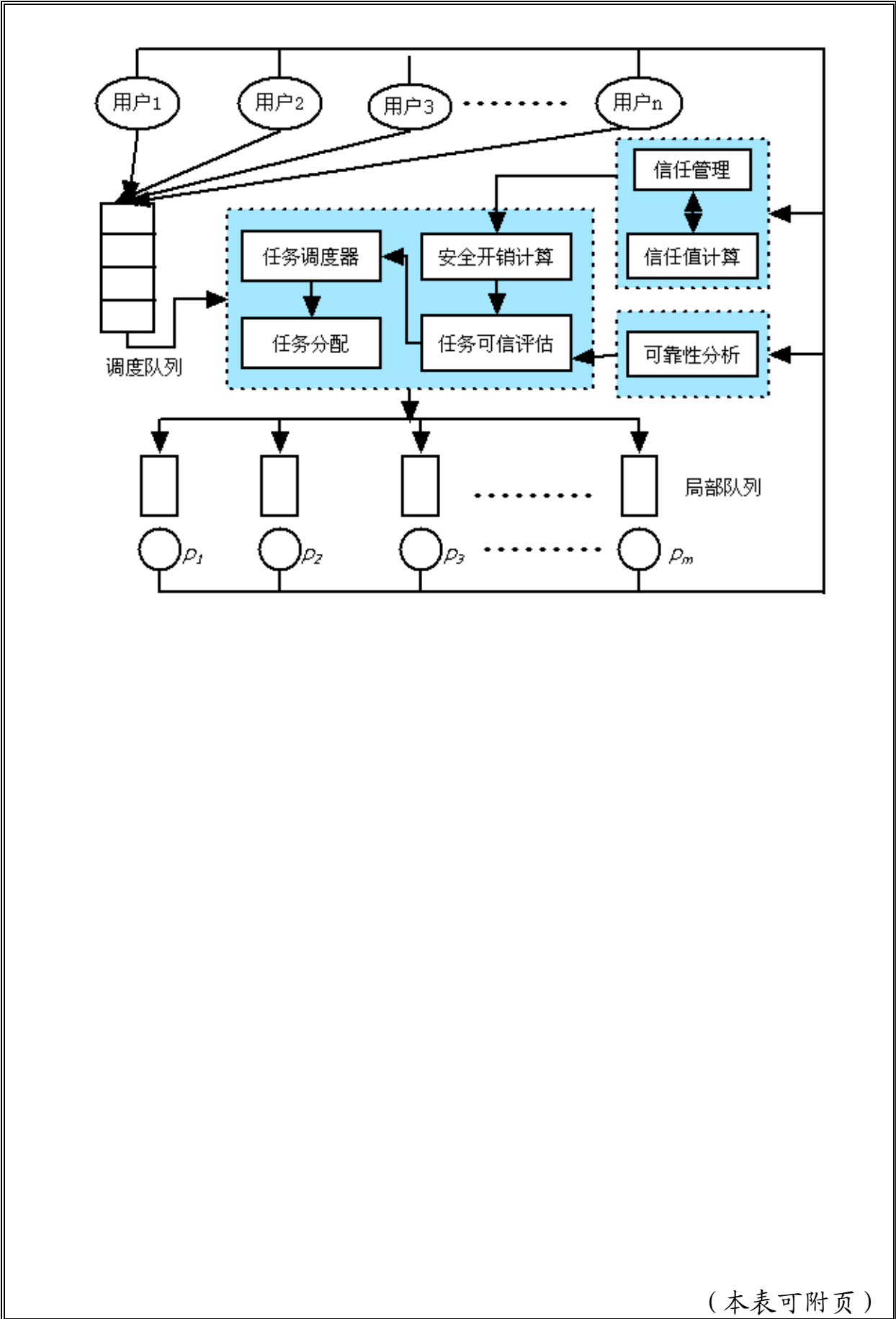
容错是提高系统可靠性的重要技术之一, 在异构分布式系统中, 容错问题的解决主要包括上层对仿真系统相关体系结构的扩展, 协议的修订, 以及底层对具体容错模型、容错调度算法的研究. 实际上, 上层通过扩展体系结构和修订协议所获得的容错性能提升, 最终还是要通过底层具体的容错模型来实现. 本课题拟在任务调度中根据任务的执行行为和任务的优先约束关系, 对于任务执行行为可靠性低于系统可靠性阈值的, 将复制该任务到备份处理机上执行, 从而提高任务有效执行的可靠性, 最终实现系统性能提升.

### (5) 面向具有优先约束关系并行应用程序任务的可信调度模型研究

可信调度模型主要由用户、异构分布式计算系统、信任管理、信任值计算、安全开销计算、可靠性分析、任务可信评估、任务调度器等模块组成, 如下图所示. 其中信任管理和信任值计算能实现基于微分对策技术的动态信任管理与信任值的有效计算; 安全开销计算以用户与处理机的信任为基础, 依据用户安全需求和处理机所能提供的处理安全级别计算任务安全开销; 可靠性分析能精确有效的评估任务在分布式系统上执行行为的可靠性, 为任务可信评估提供可靠性数据; 以安全开销与可靠性分析为基础, 任务可信评估模块将计算任务在处理机上执行的可信开销; 任务调度器以提高任务执行行为的可信性和并行加速比为优化目标, 研究并行应用程序的任务优先约束关系, 实现任务的有效调度.

### (6) 基于任务执行行为的可信任任务调度算法研究

由于异构分布式系统处理机性能各异, 因而任务在不同处理机上执行时, 其执行时间及安全和可靠性需求必然不同. 如何保证任务执行的安全性和可靠性, 有效提高任务执行行为的可信性并减少任务执行时间是可信任任务调度算法研究的核心. 本课题拟在可信任任务调度模型下, 面向基于 DAG 任务优先约束关系模型的并行应用程序, 考虑处理机处理任务时需要花费额外可信计算开销. 依据任务的优先约束关系, 构建 DAG 模型各任务的拓朴序列, 从出口任务开始逆拓朴序列计算包含可信开销的任务优先级, 依任务优先级降序排列各任务, 按任务序列调度各任务. 在处理机选择上, 建立各任务在处理机上的最早开始时间和最早完成时间, 并利用最优可靠通信路经查找算法动态的选择最优通信路经传输任务间的约束通信, 采用任务容错技术提高任务执行行为的可信性, 实现最优处理机选择. 最终提高异构分布式系统的调度性能和系统可信性.



(本表可附页)

## 五、论文工作量及进度

本课题研究计划将根据研究进度要求，注重和其它研究的协调与沟通。研究进度大体分成以下三个阶段，详细的年度研究计划将根据本课题的具体要求和其它研究的进展进行一定调整。

### (1) 2010年7月—2011年3月

确定总体方案，对课题实施做出具体安排；调查心理学信任研究成果及信任的心理学规律和在社会科学中的表征，考查商品品牌形象在经济学中的实际应用及各要素相互联系与作用关系，总结并建立动态信任机制及基于微分对策技术的信任值计算方法；针对异构分布式系统环境研究处理机和任意通信网络链路故障，进而建立系统可靠性分析模型。

### (2) 2011年4月—2011年10月

实现异构分布式系统安全管理与任务执行行为的安全开销计算；在可靠性分析基础上，提出最优可靠通信路经查找算法并研究任务容错技术；实现任务执行行为的可信开销计算并对可信开销进行仿真实验。

### (3) 2011年11月—2012年4月

在前期理论研究和实验成果基础上建立异构分布式系统可信任务调度模型；面向具有优先约束关系的应用程序任务执行行为，提出考虑集可靠性、安全性等可信性能的可信任任务调度算法，为了提高任务间通信的可靠性，该算法采用可靠最优通信路经查找算法搜寻通信路经；编码和实现可信任务调度算法。做好博士论文写作工作。

(本表可附页)

## 六、论文预期成果及创新点

### 预期成果:

- (1) 实现基于任务执行行为的异构分布式系统可信任务调度模型及可信任务调度算法,解决异构分布式环境下的信任管理机制、任务执行行为的安全评估及安全管理、评估任务执行行为的可靠性、有效调度可信任务等关键理论和技术问题.
- (2) 以课题的研究成果在国内外相关领域高水平学术刊物上发表学术论文 5 篇左右,其中 SCI 收录不少于 2 篇,申请专利 1 项.
- (3) 提交博士毕业论文.

### 创新点:

异构分布式系统的可信性和任务调度一直是具有一定挑战性的研究热点问题,本课题试图从任务执行行为角度出发,研究任务执行行为的安全性;提出并采用最优可靠通信路经查找算法和任务容错技术提高任务执行行为可靠性;最后,提出可信任务调度模型和可信任务调度算法,实现异构分布式系统性能的整体提高.主要创新点包括:

- 提出了一种针对异构分布式环境下基于微分对策技术的动态信任管理机制.分析了异构分布式系统资源的异构性、动态性、广域性,受经济学品牌形象和心理学心理变化规律启发,利用 Bayesian 方法量化表示不确定性的复杂个体信任,采用多人合作与非合作微分对策技术建立二价偏微分方程实现信任关系的动态表达,最后实现信任值的动态精确计算.
- 提出最优可靠通信路经查找算法并采用任务容错技术提高任务执行行为可靠性.在可靠性分析基础上,受 Dijkstra 最短路径算法启发,本课题拟考虑任务间通信在通信链路上的通信时间与链路通信的动态性,提出基于 Dijkstra 最短路径的最优可靠性通信路经查找算法,以获得最优的通信路经,提高异构分布式系统网络通信可靠性及减少任务间通信开销;在任务调度中,根据任务执行行为的可信性,采用任务容错技术提高任务执行行为可信性并减少任务执行开销,实现系统性能有效提高.
- 设计一种面向异构分布式系统的集可靠性、安全性等可信性能为一体的任务调度模型,为可信任务调度算法的实现提供协调管理机制.可信任务调度模型由用户、异构分布式计算系统、信任管理、信任值计算、安全开销计算、可靠性分析、任务可信评估、任务调度器等模块构成,能有效的实现信任管理、可信开销计算,为可信任务调度算法的实现提供机制保证.

(本表可附页)

## 七、完成论文拟阅读的主要文献

1. F. Azzedin, Maheswaran. Integrating Trust into Grid Resource Management Systems. 2002 International Conference on Parallel Processing (ICPP'02), 2002, pp.47-54
2. He R, Niu JW, Zhang GW. CBTM: A trust model with uncertainty quantification and reasoning for pervasive computing. LNCS 3758, Berlin: Springer-Verlag, 2005, 541-552
3. Mogens Nielsen, Karl Krukow, Vladimiro Sassone. A Bayesian Model for Event-based Trust. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 2007, 172(1):499-521
4. S. Song, Y.-K. Kwok, K. Hwang. Risk-Resilient Heuristics and Genetic Algorithms for Security-Assured Grid Job Scheduling. IEEE Transactions on computers, 2006, 55(6):703-719
5. Gomez Marmol F, Martinez, Perez G. Security, Threats Scenarios in Trust and Reputation Models for Distributed Systems. Computers & Security, 2009, 28(7):545-556
6. Kamvar, S., Schlosser, M., Garcia-Molina. The EigenTrust Algorithm for Reputation Management in P2P Networks. Budapest, Hungary, 2003
7. Mokhov, S.A. Towards Security Hardening of Scientific Demand-Driven and Pipelined Distributed Computing Systems. Parallel and Distributed Computing, ISPD'08, International Symposium on, 2008, pp.375-382
8. M. Pourzandi, D. Gordon, W. Yurcik, and G.A. Koenig. Clusters and Security: Distributed Security for Distributed Systems. Proc.Fifth IEEE Int'l Symp. Cluster Computing and the Grid (CCGrid '05), 2005, pp.96-104
9. S. Jorgensen, S. Taboubi, G. Zaccour. Retail promotions with negative brand image effects: Is cooperation possible?. European Journal of Operational Research, 2003, 150(2):395-405
10. Liu,G.Q, Poh,K.L, Xie,M. Iterative list scheduling for heterogeneous computing. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2005, 65(5):654-665
11. Mohammad I. Daoud, Nawwaf Kharm. A high performance algorithm for static task scheduling in heterogeneous distributed computing systems. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2008, 68(4):399-409
12. S. Bansal, P. Kumar, K. Singh. An improved duplication strategy for scheduling precedence constrained graphs in multiprocessor systems. IEEE Trans. Parallel Distributed Systems, 2003, 14(6):533-544
13. Chunling Zhu, Xiaoyong Tang, Kenli Li. Integrating Trust into Grid Economic Model Scheduling Algorithm. Grid computing high-performance and Distributed Applications (GADA'06), Montpellier, 2006, pp.1263-1272
14. Y.Chung and S. Ranka. Application and Performance Analysis of a

- Compile-Time Optimization Approach for List Scheduling Algorithms on Distributed Memory Multiprocessors. Proc. Super computing, 1992, 512-521
15. Anca E. Cretu, Roderick J. Brodie. The influence of brand image and company reputation where manufacturers market to small firms: A customer value perspective. *Industrial Marketing Management*, 2007, 36(2):230-240
  16. Almenarez F, Marin A, Campo C, Garcia RC. TrustAC: Trust-Based access control for pervasive devices. LNCS 450, Berlin: Springer-Verlag, 2005, 225-238
  17. Jameel H, Hung LX, Kalim U, Asjjad A, Lee SY, Lee YK. A trust model for ubiquitous systems based on vectors of trust values. In: Proc. of the 7th IEEE Int'l Symp. on Multimedia, Washington: IEEE Computer Society Press, 2005, 674-679
  18. Theodorakopoulos G, Baras JS. On trust models and trust evaluation metrics for ad-hoc networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2006, 24(2):318-328

(本表可附页)



指导教师意见	<p>指导教师签名：_____ 二〇〇 年 月 日</p>
评议小组名单	<p>由学院主管领导确定 3~5 名具有高级职称的教师为评议小组成员</p> <p>组长：_____</p> <p>组员：_____、_____、_____、_____、_____</p> <p style="text-align: right;">(公章)</p> <p>主管领导签名：_____ 二〇〇 年 月 日</p>
评议小组意见	<p>1、论文选题： <input type="checkbox"/>有理论意义； <input type="checkbox"/>有工程背景； <input type="checkbox"/>有实用价值； <input type="checkbox"/>意义不大。</p> <p>2、论文的难度： <input type="checkbox"/>偏高； <input type="checkbox"/>适当； <input type="checkbox"/>偏低。</p> <p>3、论文的工作量： <input type="checkbox"/>偏大； <input type="checkbox"/>适当； <input type="checkbox"/>偏小。</p> <p>4、研究方案的可行性： <input type="checkbox"/>好； <input type="checkbox"/>较好； <input type="checkbox"/>一般； <input type="checkbox"/>不可行。</p> <p>5、研究生对文献资料及课题的了解程度： <input type="checkbox"/>好； <input type="checkbox"/>较好； <input type="checkbox"/>一般； <input type="checkbox"/>较差。</p> <p>6、研究生在论文选题报告中反映出的综合能力和表达能力： <input type="checkbox"/>好； <input type="checkbox"/>较好； <input type="checkbox"/>一般； <input type="checkbox"/>较差。</p> <p>7、研究生在论文选题报告中反映出的创新能力： <input type="checkbox"/>好； <input type="checkbox"/>较好； <input type="checkbox"/>一般； <input type="checkbox"/>较差。</p> <p>8、对论文选题报告的总体评价： <input type="checkbox"/>好； <input type="checkbox"/>较好； <input type="checkbox"/>一般； <input type="checkbox"/>较差。</p> <p>(在相应的方块内作记号“√”)</p>
评议结论	<p>评议小组组长签名：_____ 二〇〇 年 月 日</p>