



中国科学院软件研究所

杰出青年人才发展专项计划中期考核报告

姓名	钟华	课题名称	面向可信和服务质量的中间件平台模型及关键技术
资助金额	175 万	支持周期	2009. 08~2013. 07
资助类别	应用基础研究	所在部门	软件工程技术研发中心

研究工作进展总体情况

Internet 的快速发展与普及，使计算机软件所面临的环境开始从静态、封闭、可控逐步走向开放、动态、难控，其应用模式逐渐呈现出协同化、普适化和服务化的趋势。一方面，软件系统为了适应这些平台和应用模式的重大变化，正逐步呈现出柔性、多目标、连续反应式的新型的复杂软件系统形态。另一方面，软件质量的关注重点也开始从系统质量转移到使用质量，并提出了更严格、更综合的可信度和服务质量要求。

在软件方法与技术体系所涉及的四大要素中，软件形态与模型是基础，质量保障与评价是目标，而软件构造方法和软件运行支撑是支柱。基于网络的复杂软件的可信度与服务质量对软件技术所提出的挑战，本质上就是基于网络的复杂软件这样一种新的软件形态及其可信度和服务质量，对质量保障和评价方式提出了迫切需求，进而导致软件构造方法和软件运行支撑的变革，最终导致新的软件方法与技术体系的建立。具体而言，研究对象从“产生于相对封闭、静态、可控环境下的传统软件”转变为“运行于开放、动态、难控的网络环境下的复杂软件”，质量目标的重心从“指标相对单一的系统内部和外部质量”转变为“指标比较综合的以可信度和服务质量为主的使用质量”，构造方法从“满足功能需求并保障功能正确性”转变为“满足质量需求并保障可信度和服务质量”，运行支撑从“凝练共性应用功能并保证软件正确运行”转变为“凝练共性管理功能并保证软件可信、高服务质量运行”。课题以基于网络的复杂软件可信和服务质量为目标，凝练和发展网构软件中间件模型，研究相应的体系结构及

其支撑机制和关键技术，以及面向可信和服务质量的网构软件应用开发支持技术，并以特定应用范型的中间件原型系统与工具为重要研究成果目标，对网构软件应用提供可信和服务质量保障。

课题从基于网络的复杂软件的可信和服务质量等目标着手，研究网构软件中间件平台伺服模型、平台支撑机制和技术，以及开发方法与工具，课题的研究路线如下图所示：

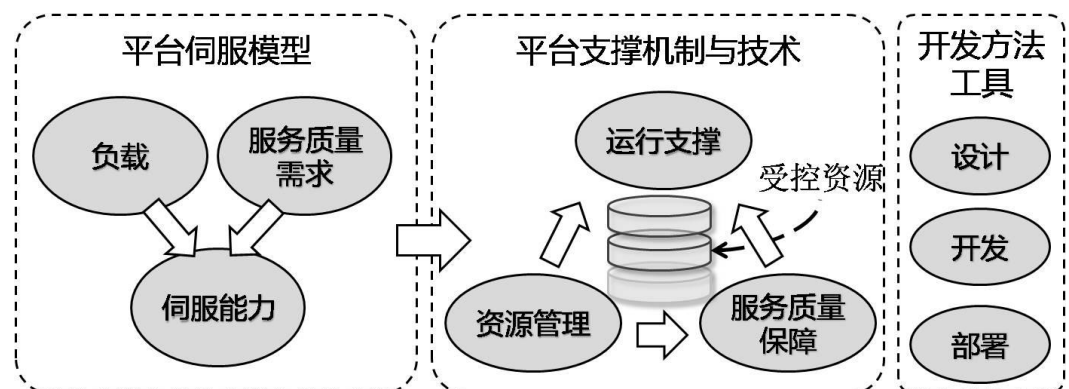


图 1 网构软件支撑平台研究路线

在前一阶段的执行过程中，本课题一直围绕面向可信与服务质量的网构软件中间件伺服模型的机理、系统结构、关键支撑技术进行相关工作，取得的主要阶段性成果如下：

1) 网构软件中间件伺服模型

网构软件是基于网络的复杂软件，其服务质量受到系统的外部负载变化和内部环境变化的影响而面临严重挑战。网构软件依托于网络软件中间件进行构建、运行和管理，因此其服务质量需求能否得到满足与网构软件中间件的伺服行为密切相关。为了能够准确地刻画网构软件中间件的伺服行为和服务质量保障的关联，课题从负载、服务质量需求以及伺服能力等三个方面建模网构软件中间件的伺服模型，通过负载特征建模分析负载变化趋势；通过伺服质量评估对多个服务质量属性进行综合评估，利用模糊化处理得到整体质量评价；动态评估网构软件中间件的伺服能力，基于反应式适应和主动式适应两种适应模式，对外部负载和内部环境的动态变化进行适应，建立的伺服模型原理如下图所示。

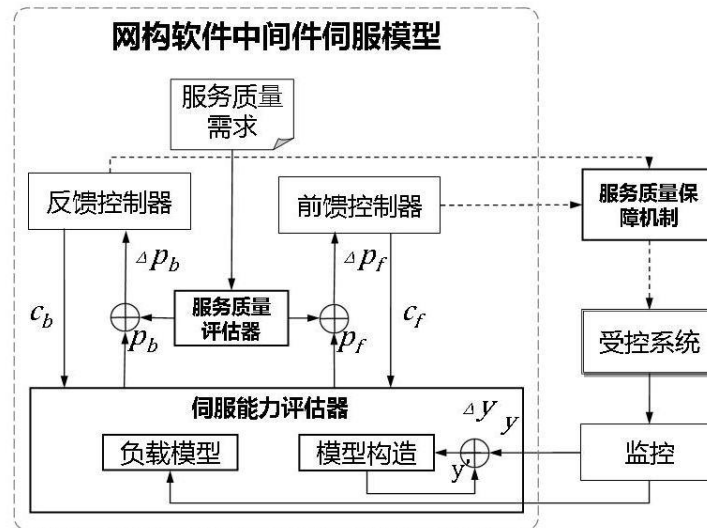


图 2 网构软件中间件伺服模型

网构软件中间件伺服模型的主要研究思路在于如何同时适应网构软件的内外部环境复杂变化，通过反馈方法适应性反应短期的环境变化，而通过前馈方法预测长期的环境变化。

具体的主要进展包括如下三个方面： 1) 关联建模网构软件负载的并发特征与业务类型特征，提高建模精度；2) 对于多个服务质量属性进行综合评估，通过对需求的模糊化处理得到整体的伺服质量评价；3) 通过反应式适应和主动式适应两种方式，动态评估网构软件中间件的伺服能力，从而适应系统外部负载和内部环境的动态变化。

2) 面向服务质量的网构软件中间件体系结构和支撑机制

在上述网构软件中间件伺服能力模型的基础上，提出网构软件中间件层次化的受控系统资源框架，针对该框架提供一系列的支撑机制用于保障网构软件的服务质量需求。

研究集群环境下伺服质量驱动的伺服能力的自供给、自优化等若干自主管理技术，实现集群伺服质量的自保障。自适应集群技术以简化集群的配置管理、提高系统的伸缩性和管理性为目的。针对目前已有的集群管理机制存在的问题，在资源管理、负载管理等方面进行了提高和改进，为展开后续研究工作奠定了基础。

网构软件的服务协同处于完全开放的动态环境中，其构造和执行依赖于第三方组件服务，所需要的服务可在运行时动态的查找，并进行绑定调用。这种动

态性尽管给网构软件的开发带来很强的灵活性，但是却对系统的正确性和可靠性带来很大的影响，课题研究成果通过在运行时对服务协同进行连续监控可以：1) 及时发现错误，确保服务协同执行的正确性；2) 进行故障恢复，提高服务协同执行的可靠性；3) 发现底层组件服务的执行瓶颈，增强协同执行的有效性。

网构软件的分布自治、动态协作、松散耦合及长时间运行等特性给系统的可靠性带来重大挑战。事务处理是保障系统可靠性的一种有效机制，在传统的封闭式环境性下得到了广泛的应用，但网构软件的特点使得传统事务模型严格的 ACID 语义不再适用。针对网构软件可靠性保障的需求，我们从应用语义入手，突破 ACID 事务限制，建立了适用于网构软件业务可靠性保障的松弛事务模型，支持用户自定义松弛原子性约束，通过设计时的静态验证和运行时的动态调控，在业务层次保障网构软件获得正确、一致的执行结果。

3) 面向服务质量的网构软件开发方法与工具

面对网构化软件非功能保障带来的复杂资源管理需求，传统中间件系统面临设计和重构挑战。从实现资源管理的技术上来说，传统方法往往将资源管理模型构造为基础设施，并与被管系统绑定在一起。资源管理机制的实现逻辑通过使用基础设施提供的服务或方法实现系统性能保障。此时，资源管理机制横切整个被管系统，这种实现方法具有很好的实时性和针对性。然而，中间件系统是复杂系统，系统组件间的耦合度高，非功能属性扩充困难，系统重构代价高，如果直接增加资源管理逻辑将违反“关注点分离”这一软件设计的基本原则，降低系统的可配置性（configurability）与可重用性（reusability）。

针对资源管理设计的可重用和可配置问题，课题组研究了网构软件非功能保障能力注入技术，结合组件技术、AOP 技术以及产品线工程方法，建立了网构化软件资源管理方面库，将横切于被管系统的资源管理模型、机制封装为抽象的可配置、可重用的资源管理组件与方面，并提供相应的“装订器”方面（binder aspect），实现资源管理能力的非侵入式注入。资源管理方面库包含构成网构软件资源管理系统所需的各组成元素，如感应器、效应器、控制器、资源管理策略等。方面库将提供静态装订器和动态装订器。其中，静态装订器利用 AOP 静态横切机制，在组件中引入附加的方法字段和属性来修改组件的结构，可用于上下文信息、控制器方法模型的扩展等；动态装订器利用 AOP 动态横切机制，

将组件之外的附加行为合并到组件本身以改变其行为，如感应器、效应器、资源管理策略机制的装订。

发表学术论文论著情况

论文列表:

1. 秦秀磊 张文博 魏峻 王伟 钟华 黄涛. 云计算环境下分布式缓存技术的现状与挑战, 已录用.
2. 王焘 魏峻 张文博 钟华. 基于负载模式识别的 Web 应用在线异常检测方法. 软件学报, 已录用.
3. Zhezhe Chen, Xinyu Li, Jau-Yuan Chen, Hua Zhong, Feng Qin, "SyncChecker: Detecting Synchronization Errors Between MPI Applications and Libraries", In Proceedings of the 26th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2012).
4. Wenbo Zhang, Xiang Huang, Ningjiang Chen, Wei Wang, Hua Zhong. PaaS-Oriented Performance Modeling for Cloud Computing. In Proceedings of the The 36th International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2012).
5. Tao Wang, Wenbo Zhang, Jun Wei, Hua Zhong. Workload-Aware Online Anomaly Detection in Enterprise Applications with Local Outlier Factor. In Proceedings of the The 36th International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2012).
6. Wei Wang, Xiang Huang, Xiulei Qin, Wenbo Zhang, Jun Wei, Hua Zhong. Application-level CPU Consumption Estimation: Towards Performance Isolation of Multi-tenancy Web Applications. In Proceedings of the 5th International Conference on Cloud Computing (Cloud 2012).
7. Yao Sun, Jie Liu, Dan Ye, Hua Zhong. A Framework to Enable Web Applications Work Offline in Challenged Network Environments. In Proceedings of the 6th International Conference I-ESA on

- Interoperability for Enterprise Systems and Applications. (I-ESA 2012).
8. Xiulei Qin, Wenbo Zhang, Wei Wang, Jun Wei, Hua Zhong, Tao Huang, ,
“A Comparative Evaluation of Cache Strategies for Elastic Caching Platforms,” In Proceedings of the 11th International Conference on Quality Software (QSIC 2011)
 9. Xiulei Qin, Wenbo Zhang, Wei Wang, Jun Wei, Hua Zhong, Tao Huang,
“On-line Cache Strategy Reconfiguration for Elastic Caching Platform: A Machine Learning Approach” , In Proceedings of the The 35th International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2011).
 10. Wei Wang, Xiang Huang, Yunkui Song, Wenbo Zhang, Jun Wei, Hua Zhong, Tao Huang, ” An Statistical Approach for Estimating CPU Consumption in Shared Java Middleware Server” , In Proceedings of the The 35th International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2011).
 11. Wenbo Zhang, Sa Wang, Wei Wang, Hua Zhong, ” Bench4Q: A QoS-Oriented E-commerce Benchmark” In Proceedings of the 35th Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2011).
 12. Guoquan Wu, Jun Wei, Chunyang Ye, Xiaozhe Shao, Hua Zhong, Tao Huang “Runtime Monitoring of Data-centric Temporal Properties for Web Services” , In Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2011).
 13. Guoquan Wu, Jun Wei, Chunyang Ye, Xiaozhe Shao, Hua Zhong and Tao Huang, “Runtime Verification of Data-Centric Properties in Service based Systems” , In Proceedings of the 2 Runtime Verification 2011 (RV 2011).
 14. 王伟, 黄翔, 张文博, 魏峻, 钟华, 黄涛, 多租户应用 CPU 资源动态评

- 估方法, 计算机学报 2011, Vol. 34, No. 12, 2292~2304.
15. 朱鑫 秦秀磊 王联华 张文博 钟华. 弹性分布式缓存动态扩展方法研究. 2011 年全国软件与应用学术会议 (NASAC), 2011 年 10 月 28-30 日, 中国长春.
 16. 孙国洋 杨燕 钟华. 支持 JSR286 和 WSRP2.0 规范的 Portlet 协作的设计. 计算机应用与软件, 2011, 28(5).
 17. 尼建 王帅 杨燕 钟华. 一种多门户环境下服务管理框架的设计. 计算机应用与软件, 2011, 28(6).
 18. 詹孟粮 马志柔 钟华 王鹏. 一种高可靠性的组播树恢复方法. 计算机应用与软件.
 19. 李辉 杨燕 王帅 白琳 钟华. 一种支持声明式表示层集成的组件模型. 计算机系统应用.
 20. Guoquan Wu, Jun Wei, Chunyang Ye, Hua Zhong, Tao Huang. Detecting Data Inconsistency Failure of Composite Web Services through Parametric Stateful Aspect. In Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Web Services (Research Track, ICWS 2010), 68~75.
 21. 王伟, 张文博, 魏峻, 钟华, 黄涛. 一种资源敏感的 Web 应用性能诊断方法, 软件学报, 2010, 21(2):194-208.
 22. Xiulei Qin, Jun Wei, Wenbo Zhang, Hua Zhong, Tao Huang. "A Two-Phase Approach to Subscription Subsumption Checking for Content-Based Publish/Subscribe Systems". In Proceeding of the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2010), IEEE Computer Society, April 20-23, 2010, Perth, Australia. (EI, ISTP).
 23. Chunyang Ye, S. C. Cheung, Jun Wei, Hua Zhong, Tao Huang. A Study on the Replaceability of Context-aware Middleware. In Proceedings of the First Asia-Pacific Symposium on Internetware (Internetware 2009).

24. Xingliang Yu, Jing Li, Hua Zhong. On Reducing the Pre-release Failures of Web Plug-In on Social Networking Site. In Proceedings of the International Conference on Software Process (ICSP 2009).

专利列表（申请 9 项，已授权 1 项）：

1. 一种 Web 应用性能异常侦测方法，ZL200910079404.3
2. 一种 Web 应用细粒度性能建模方法及其系统，201010275216.0
3. 一种软件生产线构造方法及系统，201010279066.0
4. 基于 OSGi 的软件构件监测方法与系统，201010523324.5
5. 一种基于 J2EE 的数据持久化方法及系统，201010562533.0
6. 一种面向 Web 应用宿主平台的资源供给方法，201010578793.7
7. 支持 Portlet 协作构建复杂业务逻辑的方法和系统，201010578929.4
8. 一种支持负载均衡的分布式缓存动态伸缩方法及系统，20110230333.X
9. 一种基于机器学习的分布式缓存策略自适应切换方法及系统，201110167018.7

外部经费争取情况

1. 2012-2015，自然科学基金面上项目，基于统计监测的网构软件异常诊断研究（61173004），项目负责人，经费 60 万元。
2. 2012-2013，国家科技支撑计划课题，XXXX 信息收集与海量数据智能分析技术（2012BAHXX02），课题副组长，经费 258 万。

获表彰奖励情况

1. 2009 年，网络软件基础架构平台（网驰 ONCE）技术和系统，北京市科学技术奖一等奖（个人排名第 3）
2. 2011 年，网络软件基础架构平台（网驰 ONCE）技术和系统，国家科学技术进步二等奖（个人排名第 5）

经费使用情况
截止 2012 年 8 月 10 日，课题已使用经费 355238.4 元，其中材料费 73950.8 元、差旅费 25582 元、会议费 47616 元、出版/文献/信息传播/知识产权事务费 18056.5 元、间接费用（工资与其他支出）190033.1 元。
存在的问题、建议及其他需要说明的情况
Empty space for content

备注：1、杰出青年人才入选者应实事求是地填写此报告，禁止弄虚作假；
2、此报告作为专项计划跟踪、管理的主要依据，报送人力资源处；
3、此报告将在所网站对外发布。