

# 基于 AOP 的 QoS 中间件自适应机制研究<sup>\*</sup>

康蕊 张立臣

(广东工业大学计算机学院 广州 510006)

**摘要** 异构动态实时系统中复杂的应用层 QoS 参数分解为多个操作系统和网络支持的 QoS 参数,并映射为操作系统和网络无法提供的实现机制, QoS 中间件需要实现这些机制。本文首先讨论了 QoS 中间件的体系结构,进一步给出了一种基于面向方面的编程技术 AOP 的 QoS 中间件自适应机制。采用这种机制,通过间接增加一个额外层,将服务中的所有组件编织到一个自适应方面里。

**关键词** 面向方面编程技术,服务质量, QoS 中间件,自适应

## Research on AOP-based QoS-aware Middleware Adaptation Mechanism

KANG Rui ZHANG Li-chen

(School of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

**Abstract** In the heterogeneous dynamic real-time systems, QoS parameters of complex application layer need to change into the QoS parameters supported by several operating systems and networks, mapping to the mechanism which the operating systems and networks can not achieve. Thus, QoS-aware middleware needs to achieve these mechanisms. In this paper, the QoS-aware middleware architecture is discussed. Then we introduce an AOP-based QoS-aware Middleware Adaptation Mechanism. In this Mechanism, a layer of indirection can be added using AOP. All components in the service can be wrapped in an aspect.

**Keywords** AOP (Aspect Oriented Programming), Quality of Service (QoS), QoS-aware middleware, Adaptation

## 1 引言

网络通信系统 QoS 技术发展已经较为成熟,而且明确地向上提供了容量类、时间类、服务级别类等 QoS 参数。操作系统通过对 QoS 提供一定的支持,构成了应用层 QoS 的基础。然而,应用层和底层系统 QoS 之间存在很大的差异,主要表现在以下几个方面:

(1) 相当多的实时应用具有持续性的特点以及鲜明的动态特性,如多媒体应用和动态通路应用,在持续的过程中应用要求能保持 QoS;多目标跟踪系统中,由于资源需求随时间而变化,尽管 QoS 不变,同样需要在持续的过程中进行 QoS 监测和维护,这是操作系统和网络 QoS 机制所不具备的。

(2) 面向 Internet 的 Web 应用越来越关注提供给用户的 QoS,如信息门户和电子商务应用中难以容忍的响应时间和服务失败将给应用带来损失<sup>[18]</sup>。缺乏在体系结构上对应用 QoS 需求的保障,使得一些方案不能完全满足 Web 应用复杂、灵活的 QoS 需求。因此在体系结构上完善服务器的调度框架,应该由中间件提供涉及对应用 QoS 需求的管理、请求调度以及资源优化等多个环节的 QoS 保障。

(3) 有些时间延迟 QoS 是由多个处理延迟和网络通信延迟构成的,即 QoS 折中问题,例如动态通路应用中的路径的截止期需要分解为构成这个通路的若干计算子通路和通信子通路的延迟<sup>[16]</sup>。

(4) 一些应用层参数在不具备一定的应用领域的专业知识的情况下很难映射到操作系统或网络通信的 QoS 机制。

例如从音频的 QoS 映射到网络层 QoS,需要计算音频数字信号传输率,其中的参数压缩比与采用的音频压缩编码方法有关。

(5) 操作系统和底层网络提供的功能难以实现某些 QoS 参数的要求,如动态通路的可扩展性 QoS 应该由中间件提供负载检测、负载均衡的支持。

上述差异说明了 QoS 中间件存在的必要性。

## 2 QoS 中间件

QoS 中间件体系结构便于应用程序通过通配的应用程序组件模型模块化。在模型中,互连应用程序组件集利用输入输出相关性在单个主机上设置任务。除了单个终端主机,全部分布式应用程序被分组到客户和服务程序<sup>[1]</sup>。复杂的应用层 QoS 参数分解为多个操作系统和网络支持的 QoS 参数;应用层 QoS 参数映射为操作系统和网络无法提供的实现机制, QoS 中间件需要实现这些机制;面向应用地把某种类型的应用的专业 QoS 映射为通用的 QoS;提供 QoS 监测和维护的功能。QoS 中间件是基于组件的系统,其体系结构如图 1 所示。

其中, QoS 资源管理包括资源代理、资源适配器和观测器,它们分别负责资源预留、实施、自适应和监测。QoS 资源管理是建立在单个 OS 和网络资源管理功能之上的,包括 CPU 的预留和调度、网络带宽等等。

QoS 服务管理是由中间件组件集代理的,这种通过集体访问方式称为 QoS 代理。一个 QoS 代理的决策和操作运行是由基础资源管理组件报告的资源条件所驱动的。这些决策

<sup>\*</sup> 基金项目: 本论文受国家自然科学基金(No. 60474072, No. 60774095)和广东省自然科学基金(No. 07001774, No. 04009465)的资助。康蕊 硕士生,研究方向为分布式与实时系统;张立臣 博士,教授,硕士生导师,研究方向为分布式处理和实时系统等。



```

aspect AdaptationAspect {
    pointcut interceptQoSaware: execution ( public * types.
    QoSaware +. * (. . ) ) &&.
    ! cflowbelow( within(AdaptationAspect))
    Object around(): interceptQoSaware {
        Name implementName = targetComponent. reify(). getIm-
        plementName();
        ServiceContext sContext = targetComponent. reify(). get-
        ServiceContext();
        AdaptationManager aManager = sContext. getAdaptation-
        Manager();
        ReificationComponent targetComponent = rificationCompo-
        nent. getTarget();
        Object newTarget = aManager. getNewTarget( implement-
        Name);
        If ( newTarget == null ) { //不存在适合的组件, 开始进行
        原始目标
            return proceed();
        } else { //开始进行适合的组件
            return proceedToOtherTargetUsingReflection( newTar-
            get);
        }
    }
}
    
```

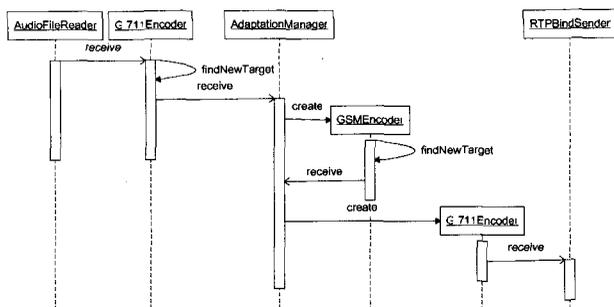


图5 未优化的自适应组件的UML顺序图

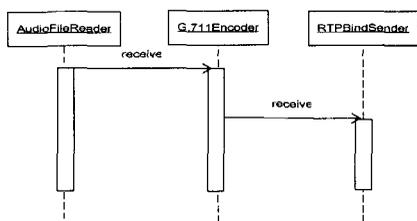


图6 通过改变绑定优化自适应组件的UML顺序图

另外, 自适应组件通过间接手段增加一个额外层, 利用自适应管理器优化多次组件自适应所间接产生的多层(见图5)。元服务中的绑定规约查找出已经与自适应组件绑定的组件。自适应管理器利用组件实例化可重新配置绑定接口用来改变运行时的绑定。我们用顺序图(见图6)说明。

**结束语** 本文在介绍 QoS 中间件存在的必要性的基础上, 着重分析了 QoS 中间件的体系结构, 引入了一种基于 AOP 的 QoS 中间件自适应机制构架。采用 AOP 技术可以有效地满足 QoS 中间件自适应机制的需要, 提高分布式系统构造的灵活性和可扩展性。需要指出的是, AOP 技术为 QoS 中间件的研究提供了有力的支持, 其中如何利用 AOP 技术进行 QoS 中间件的 QoS 监测机制和资源管理, 有待进一步研究。此外, 本文主要讨论了自适应管理器和自适应 Aspect 的应用, 我们将进一步研究如何使组件和服务正交, 从而保证在

异构动态实时系统中应用的灵活性。

### 参考文献

- [1] Nahrstedt K, Xu D, Wi D, et al. QoS-Aware Middleware for Ubiquitous and Heterogeneous Environments. *IEEE Communication Magazine*, 2001, 39(11): 2-10
- [2] Engvig T. Separating the QoS Concern in QuA using Aspect Oriented Programming. Cand Scient thesis. University of OSLO Department of Informatics, 2005
- [3] Kaul D, Gokhale A. Middleware Specialization Using Aspect Oriented Programming // *ACM SE 2006 Conference*. Melbourne, FL, 2006
- [4] Staehli R, Eliassen F. QuA: A QoS-aware component architecture. Technical Report. Simula Research Laboratory, 2002
- [5] Li B, Nahrstedt K. A Control-based Middleware Framework for Quality of Service Adaptations. *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, 1999, 17(9): 1632-1650
- [6] Rajkumar R, Lee C, Lehoczy J, et al. A Resource Allocation Model for QoS Management // *Proceedings of the IEEE Real-Time Systems Symposium*. 1997: 298-307
- [7] Nahrstedt K, Wichadakul D, Xu D. Distributed QoS Compilation and Runtime Instantiation // *Proceedings of the Eighth IEEE/IFIP International Workshop on Quality of Service*. 2000: 198-207
- [8] Kiczales G, Hilsdale E, Hugunin J, et al. An Overview of AspectJ [M] // *Proc. of ECOOP*. Springer-Verlag, 2001
- [9] McKinley P K, Sadjadi M, Kasten E P, et al. Composing adaptive software. *IEEE Computer*, 2004, 37(7): 56-64
- [10] Krishna A. Model-driven Middleware Pecialization Techniques for Software Product-line Architectures in Distributed Real-time and Embedded Systems // *MODELS 2005*. Jamaica, October 2005
- [11] Fitzpatrick T, Blair G. A software architecture for adaptive distributed multimedia applications // *IEEE Proceedings - Software*. 1998, 145(5): 163-171
- [12] Kiczales G, Lamping J, Mendhekar A, et al. Aspect-oriented Programming // *Proceedings of the European Conference on Object-oriented Programming (ECOOP)*. Finland. Springer-Verlag, LNCS 1241, June 1997
- [13] Gomes P, Florissi S. QoSME: QoS Management Environment. Ph. D. Thesis. Columbia University, 1996
- [14] Miguel M A, Ruiz J F, Garcia M. QoS-Aware Component Frameworks // *Proc. 10th International Workshop on Quality of Service (IWQoS'02)*. Miami Beach, FL, USA, May 2002: 161-169
- [15] 李雅杰. 基于 CORBA 的多维 QoS 技术研究. 博士论文. 西北工业大学, 2001
- [16] 刘岩, 毛迪林, 杨疆湖, 等. 基于 AOP 的 Web Services 管理架构研究. *计算机应用与软件*, 2006, 23(11)
- [17] 张文博, 陈宁江, 魏峻, 等. QoS 获益驱动的中间件调度框架研究. *Journal of Software*, 2006, 17(6): 1381-1390