

CORBA 面向对象 分布式系统  
可用性模型

18-20, 39

## 高可用 CORBA \*)

The Design and Realization of Highly Availability Distributed System of CORBA

郭乐深 刘锦德 TP31

(电子科技大学微机所 成都610041)

**Abstract** Recently, while highly available computer systems used for homogeneous environment have been launched into market, those used for heterogeneous environment are still staying vendors' research labs. In this paper, a highly availability distributed system based on CORBA is proposed, and the design and implementation of this system are fully explained. The analysis results show that the scheme presented is an effective approach.

**Keywords** Distributed system, High availability, Highly available system

CORBA 是 OMG 组织提出的一个基于 OMA 体系结构的分布式系统,是当前面向对象分布式系统中的典型代表。基于 CORBA 规范的分布式系统如 IONA 的 Orbix, Inprise 的 Visibroker 的产品等已经不断推向市场, CORBA 在分布式环境中为解决异质环境的应用提供了良好的基础平台,用户在开发过程中不用考虑低层复杂的分布式环境,而把主要的精力放在高层。随着对 CORBA 的研究与开发,人们对其可靠性提出了更高的要求,于是如何建立基于 CORBA 环境的高可靠性分布式系统成为人们关心的问题。

为了实现高可靠性系统,按其设计和措施,划分为三个档次:

1) 连续可用性系统:可靠性最高,其  $fof$  (failure-over-time, 失败消除时间) 为 0。

2) 容错系统:可靠性次之,其  $fof$  以毫秒计。

3) 高可用性系统:可靠性再次之,其  $fof$  以秒计。

其中高可用性系统是指在系统硬件或软件服务器、磁盘或网络部件出现故障时也能继续用户的应用程序的系统。与容错系统原理相似,高可用性系统也采用冗余技术来实现。但容错系统提供部件级的容错,而高可用性系统只能保证整体如服务方(这里指的是软件或硬件服务方)等的容错。可见,高可用性系统的容错粒度比容错系统大,具有性能价格比高、实现容易和可以满足绝大部分用户的可靠性要求等等优点。

当前的 CORBA 结构是一个真正的通用软件总线结构,实现具有较好性能价格比的 CORBA 高可靠系

统的最直接方法是建立高可用性 CORBA 系统。所以实现高可用 CORBA 系统是意义重大的。

本文先给出分布式系统中可用性模型理论,然后阐述本文给出了基于 CORBA 分布式环境的高可用性实现一高可用服务的方案、结构;并在前两者的基础上给出高可用 CORBA 的性能指标。

## 1. 分布式系统的可用性模型及其分析

在通常的分布式系统环境中,客户指定特定的服务器,即客户与服务器是一个一一对应的关系,在这种系统中,当服务器发生故障就导致系统失败,显然这种分布式系统是非冗余的,可靠性较低。而分布式高可用系统采用了冗余技术,这样使客户与服务器集合的关系变成了 1:N 的关系。当任一服务器发生故障,系统快速地检测故障,并透明地在异质环境中进行整个服务器迁移,使客户与备份的服务器进行交互,能继续完成任务。

### 1.1 分布式高可用服务模型

分布式系统中高可用服务是通过在服务端提供多个功能相同的服务方,使得系统中服务方满足冗余要求,客户与服务方达到 1:N 的要求,当任一服务方发生故障,系统快速地检测故障,并透明地进行整个服务方迁移,使客户与备份的服务方进行交互,能继续完成任务,简称为服务。图1给出分布式高可用服务模型的图形表示。

### 1.2 分布式高可用系统的可用度分析

\* ) 本文得到电子科学研究所预研项目资助。郭乐深 博士生,主要研究方向为开放系统、多媒体技术和系统可靠性,刘锦德教授,博士生导师,主要研究方向为开放系统技术、虚拟现实和多媒体应用。

建立提供高可用性服务的分布式高可用系统通常采用两个或多个服务方同时彼此提供独立的服务,各服务方之间通过网络实现互连,网络通常是双冗余的;当任一服务方发生故障,该服务方处于“故障”态,这时分布式系统透明地进行服务方迁移,使客户与其他的“活动”态的服务方进行交互,我们采用排队论来讨论分布式高可用系统的可用度,首先不考虑网络可用度来分析系统的可用性,设分布式高可用系统中的服务方个数为  $n$ ,具体如图2所示。

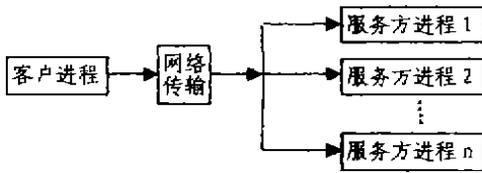


图1 分布式高可用服务模型

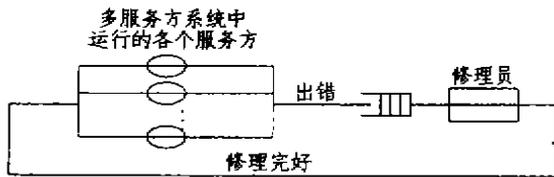


图2 系统可用度模型

假设:1)系统的每个服务方存在两个状态,即活动状态和故障状态,且服务方的失效是统计;2)组成多服务方系统的各个服务方的寿命分布遵从指数分布,故障服务方的修理时间也遵从指数分布,且修理如新;3)服务方之间的切换时间不考虑。高可用系统的可用度形式化为一个  $M/M/1/K/K$  队列,其状态转换图如图3所示:

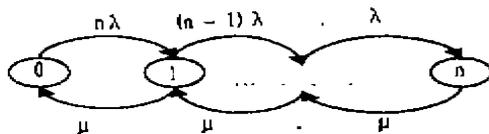


图3 服务方的状态转换图

设  $\rho = \lambda_{server} / \mu_{server}$ , 多服务方的稳态可用的状态概率为:

$$Availability = 1 - p(n) = 1 - \frac{\rho^n}{\sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \rho^i} \quad (1)$$

如果我们考虑网络的可用性因素,因为多服务方系统之间网络是双冗余备份的,设  $\rho_2 = \lambda_{net} / \mu_{net}$ , 且

$\rho_2 = \lambda_{net} / \mu_{net}$ , 所以多服务方系统的稳态可用的状态概率为:

$$Availability_{system} = Availability_{server} * Availability_{net} = \left(1 - \frac{\rho_1^n}{\sum_{i=0}^n \binom{n}{i} \rho_1^i}\right) * \left(1 - \frac{\rho_2^2}{\sum_{i=0}^2 \binom{2}{i} \rho_2^i}\right) \quad (2)$$

由公式(2)知,在分布式高可用系统中通过服务方冗余技术,使得系统的可用度大大提高,但是最大小于等于网络资源的可用度。

## 2. 分布式高可用系统 CORBA

### 2.1 CORBA 的局限性

当前的 CORBA 结构并未提供高可用性的服务,因此缺乏对系统可靠性的支持,但是 CORBA 提供了大量的好处:开发简单性、可互操作性、灵活性、可维护性和可扩展性等,这些优点都是当前其它分布式系统无法提供的,CORBA 提供了真正的通用软件总线结构,因此 CORBA 中提供可靠性自然成了今后分布式系统的一个重要发展方向。

### 2.2 高可用性系统设计方案

高可用 CORBA 作为 CORBA 的扩展,其核心是通过在 ORB 之上提供高可用服务(Highly Availability Service)来实现 CORBA 的高可用性,高可用服务(HAS)不是 ORB 的一部分,而是作为一个服务运行在 ORB 之上,客户对象要实现高可用服务时,客户对象先与高可用服务交互,通过它与服务对象组交互,服务对象组中至少包含两个或多个服务对象,其中只有一个服务对象正常提供服务,它是主服务对象,其他服务对象均处于“就绪态”,并通过心跳进程来监控主服务对象的运行,一旦主服务对象失效,立即接替失效的主服务对象和所提供的服务。同时为使服务方失败的发现和切换执行有条不紊,高可用性服务与服务对象的交互采用了两步提交协议。

### 2.3 高可用服务结构

提供高可用服务的 CORBA 是基于 CORBA 环境在可靠性方面的扩展。提供高可用服务的 CORBA 环境的建立是通过采用服务方冗余技术,使客户与服务方的关系变成了 1:N 的关系,当任一服务方发生故障,系统快速地检测故障,并透明地在异质环境中进行整个服务方迁移,使客户与备份的服务方进行交互,能继续完成任务。详细见图4。

为了使 CORBA 环境成为分布式高可用系统,需要建立了高可用服务 HAS。HAS 包括服务对象管理器 SOM、服务对象迁移管理器 SOMM 和服务对象信息库 SOIDB 等三个部分,每个服务对象有两种状态:服务态和维修态;其状态记录在 SOIDB 中;并且每个

服务方都有一个故障检测器—心搏进程(HearBeat),对其进行故障检测。

SOM 面向客户的界面,接受客户对象请求并采用两步提交协议来管理客户对象与服务对象之间的交互;SOMM 面向服务对象组的界面,接受服务对象故障检测器—心搏进程的故障检测信号,并定位发生故障的服务对象的位置,调用 POA (Portable Object Adaptor)来切换主服务方;SOIDB 存放所有动态的服务对象相关信息。

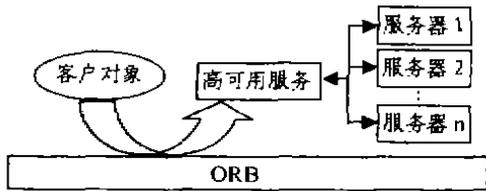


图4 高可用服务结构

### 2.4 高可用性服务的初始化过程和正常运行过程

高可用性 CORBA 是在 CORBA 环境的基础上,通过提供高可用服务 HAS 来实现,详细 HAS 的初始化过程如图5所示:

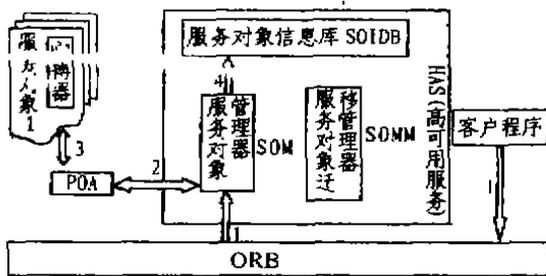


图5 高可用服务的初始化过程和正常运行过程

(1)客户程序⇒HAS:一旦客户对象 HAS 发出的高可用性的服务请求。

(2)SOM⇒POA:SOM 接到用户的高可用服务申请,根据公式(2)计算得到服务对象的个数 n,调用 POA 生成 n 个服务对象,并使其中一个服务对象处于“运行态”,其它处于“就绪”态。

(3)POA⇒Server Object:POA 生成 n 个内含心搏进程的服务对象。

(4)SOM⇒SIDB:SOM 根据返回值注册服务对象相关信息和状态信息到 SOIDB。

高可用性服务的正常运行过程的步骤为:

(1)客户程序⇒HAS:客户对象向 HAS 发出的服

务请求。

(2)SOM⇒Server Object:SOM 查询 SIDB,得到当前活动态的服务方信息,采用两步提交协议调用服务方执行并返回结果。

(3)SOM⇒Client:返回 Client 结果。

### 2.5 高可用性服务的故障检测的处理过程

在高可用性 CORBA 中故障检测和处理过程见图6,具体步骤为:

(1)HeartBeat⇒SOMM:服务对象组中的心搏进程发现活动态服务对象发生故障,立即向 SOMM 发出迁移主服务对象的请求。

(2)SOMM⇒SIDB:SOMM 填写主服务对象信息到 SIDB。

(3,4)SOMM⇒POA⇒Server Object:SOMM 调用 POA 切换活动态服务对象。

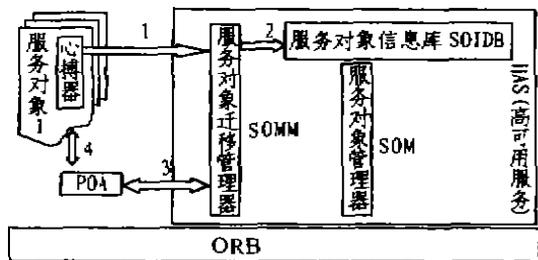


图6 高可用性服务的故障检测的处理过程

### 3. 高可用性服务的性能指标

高可用性服务可以为 CORBA 系统提供一定的可靠性,但它不可避免地增加系统的代价,为此测试和评估了高可用性服务的性能。高可用服务的测试环境设置为:一台运行 Windows NT 系统的微机、两台 SUN 工作站,它们之间通过一个以太网连接起来;同时,两台 SUN 工作站另外还通过一条以太网相互连接。测试程序为:采用往返传递大小分别为 1Kb、2Kb、4Kb、8Kb、16Kb、32Kb 和 64Kb 数据的系统传输的吞吐量,客户程序运行在微机上,其中一台工作站上运行 HAS,网络处于轻负荷状态。

表1和图7列出了测试的吞吐量,单位是 Mbps,通过它可以得到以下的结论:

表1

	1Kb	2Kb	4Kb	8Kb	16Kb	32Kb	64Kb
Tcp	3.948	5.246	6.451	7.237	7.784	8.028	8.153
CORBA	1.98	2.966	4.074	5.438	6.476	7.134	7.469
高可用性 CORBA	1.118	2.206	4.424	5.048	6.106	6.646	6.973

(下转第39页)

研究动向——进化网络的研究现状。由于计算机网络的规划设计是国际上研究的新领域,进化算法也是计算运筹学研究中的热点之一,越来越受到各国学者的重视,不断有好的成果涌现,许多工作需要进一步完善,不少理论和应用问题有待进一步探索和研究。

### 参考文献

- 1 Frances C Y Lee, et al. Design of Survivable LAN-LAN Internetworks with a Hierarchical Topology. Dept. of Systems Engineering, University of Pennsylvania, Working Paper (95-04), Feb. 1995
- 2 Boesch F T Synthesis of Reliable Networks a Survey. IEEE Trans Reli, 1986, 35(3), 240~245
- 3 Jan R H. Topological Optimization of a Communication Network Subject to a Reliability Constraint. IEEE Trans Reli, 1993, 42(1), 63~70
- 4 熊庆旭,刘有恒. 给定拓扑结构的网络的可靠性设计. 通信学报, 1998, 19(1), 7~14
- 5 Balakrishnan A, et al. A Dual-Based Algorithm for Multi-level Network Design. Management Science, 1994, 40(5), 567~581
- 6 Pirkul H, et al. The Hierarchical Network Design Problem: A New Formulation and Solution Procedures. Transportation Science, 1991, 25(3), 175~182

- 7 Songerwala M S, et al. Efficient Solutions to the Network Division Problem. Proc. of IEEE JAMCON Conf. on Communications, Ocho Rios, Jamaica, 1995, (8), 9~14
- 8 Rouskas G N, Baldine I. Multicast Routing with End-to-End Delay and Delay Variation Constraints. IEEE JSAC, 1997, 15(3), 346~356
- 9 孙文生,刘泽民. 组播路由调度的神经网络方法. 通信学报, 1998, 19(12), 1~6
- 10 Sinclair M C. Evolutionary Telecommunications Past, Present and Future. Available at, <http://esewww.essex.ac.uk/~mcs/etppf.html>, 1998
- 11 Palmer C C, et al. An Approach to A Problem in Network Design Using Genetic Algorithms. Networks, 1995, 26(2), 151~163
- 12 曲润涛,叶剑,席裕庚. 基于进化规划的树形网络优化规划. 通信技术, 1998, 3, 13~16
- 13 White A P R, et al. Genetic Algorithms and Network Ring Design. Annals of OR, 1997, 5
- 14 邹玲,石冰心. 基于链路冗余的层次化园区网络最小开销设计. 通信学报(已录用)
- 15 邹玲,石冰心,赵尔敦,等. 遗传算法在计算机网络划分优化中的应用. 通信学报, 1999, 20(4), 42~47
- 16 邹玲. 计算机网络规划设计建模与仿真方法的研究:[博士论文]. 华中理工大学电子与信息工程系, 1999

(上接第20页)

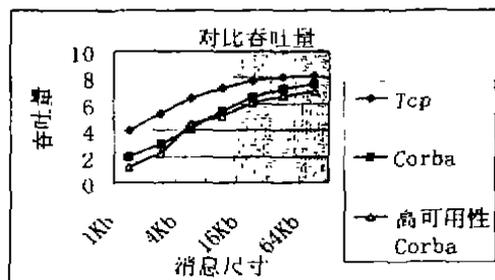


图7 性能对比图

1)理论上讲,由于 HAS 要转发数据,高可用 CORBA 的操作平均时间应是通常 CORBA 的两倍,但实际高可用 CORBA 吞吐量相差不大,这是由于采用线程技术使交互操作过程并发的结果。

2)高可用 CORBA 的 for 为 590ms, 大大低于一般

高可用性系统秒级的时间开销。

**结束语** 本文针对分布式环境 CORBA 环境,设计了基于高可用服务的灵活的分布式高可用性系统,实验结果表明,其系统开销不大,for 在 1 秒钟以下,性能价格比高和实现容易,本方案的成功使悬而未决的异质环境中高可用性的难题找到了解决的一种途径。

### 参考文献

- 1 郭乐深,刘锦德,唐雪飞. 开放式环境中的高可用系统. 计算机研究与发展, 1998, 35(9), 846~850
- 2 Object Management Group. Common Object Request Broker Architecture and Specification, 2. 2ed., Feb. 1998
- 3 OMG, CORBA services, Common Object Services Specification, Feb. 1998
- 4 Rofali R, Harkey D. Instant CORBA, Wiley Computer Publishing, 1997
- 5 Patch K, et al. Highly Available Open Systems. Open Information Systems, 1993, 8(2), 2~21