

企业应用系统高可用性建设

Building High Availability of Enterprise Application System

中航飞机西安飞机分公司 程兆辉

[摘要] 企业应用系统可用性目标应依据实际情况建立,既满足使用者的需求,也减少系统建设的成本。基于集群和均衡负载技术实现应用服务器的高可用性和实现数据库高可用性和高性能,是企业应用系统高可用性建设的两个主要方面。

关键词: 高可用性 负载均衡 集群

[ABSTRACT] Availability goal of enterprise application system shall be set based on reality to meet user demands while minimizing cost of building system. Building high availability of enterprise application system is relying on two aspects-achieving high availability of application server and achieving high availability and high performance of database based on cluster and balance loading technology.

Keywords: High availability Loading balance Cluster

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.19.103

高可用性(High Availability)通常来描述一个系统经过专门的设计,从而减少停止服务的时间,而保持其服务的高度可用性的状态。计算机系统的可用性用平均无故障时间^[1](MTTF)来度量,即计算机系统平均能够正常运行多长时间,才发生一次故障。系统的可用性越高,平均无故障时间越长。可维护性用平均维修时间^[1](MTTR)来度量,即系统发生故障后维修和重新恢复正常运行平均花费的时间。系统的可维护性越好,平均维修时间越短。计算机系统的可用性定义为: $MTTF / (MTTF + MTTR) * 100\%$ ^[1]。由此可见,计算机系统的可用性定义为系统保持正常运行时间的百分比。

一般情况下,当可用性超过 99.99% (含 99.99%) 时,即可认为该系统是高可用性的系统。系统的高可用性建设与系统的投入成本具有很大关系,可用性要求越

高,其投入成本以指数级别上升,因此可用性要求不是越高越好,而是需要在系统的投入成本与可用性要求之间取得一个较好的平衡。

对于一般的企业应用系统,例如办公系统、文件编制系统或 ERP 系统等,可以将可用性目标定义为 99.9%,这样既可以满足使用者的需求,也可以相对降低系统建设成本。对于生产型企业的核心系统(例如 MES 系统),其停机将造成严重的影响,因此可以将可用性要求定义为 99.99%,以保持系统的最大可用性,满足车间现场生产的要求。

2 企业应用系统高可用性需求分析

某企业(以下简称为公司)经过“九五”、“十五”、“十一五”期间的信息化建设,已经初步形成了飞机产品数字化设计、制造、管理技术体系,在 CAD、PDM、ERP 方面开展了先期的技术研究和应用,实现了产品的数字化设计以及对制造工艺过程管理的数字化。信息技术已在公司的科研、生产与经营的各个领域发挥着越来越重要的作用,有力地支持了公司科研、生产、经营任务的圆满完成。

生产运营管理方面,公司陆续开展了生产计划管理系统、装配无纸化管理系统、采购库存管理系统等一些以服务产品的研制或批产为核心的信息系统建设,在产品生产过程中进行了应用,取得了良好的成效,发挥了信息化应有的成效。为了保证公司信息化建设持续稳定快速发展,公司对未来 5 年的信息化系统建设进行整体规划,对未来业务系统的高可用性提出了具体要求。

在综合管理领域,公司将业务系统分为军品生产管控、民品生产管控、MES 系统、供应链、质量和工装工具系统、财务管控系统和综合管控系统这 6 个子业务系统,对这 6 个子业务系统分别定义其可用性要求,如表 2 所示。

3 企业高可用性方案

为满足企业整合后应用的高可用性要求,从以下几个方面进行高可用性方案的设计。

(1) 基于集群和均衡负载技术实现应用服务器的高可用性: 在应用服务器端,基于硬件的均衡负载可以

表1 可用性要求对应表

| 可用性要求 | 每年允许停机时间 |
|--------|----------|
| 99% | 3.5d |
| 99.9% | 8.5h |
| 99.99% | 53min |

表2 子业务系统的可用性要求

| 子业务系统 | 可用性要求 | 描述 |
|---------------|--------|--|
| 军品生产管控 | 99.9% | 军品生产管控是为了满足军品生产任务要求的生产管理系统,是由原五个生产管理系统整合而成,为满足生产计划下达、生产任务调度等要求,设定可用性要求为 99.9% |
| 民品生产管控 | 99.9% | 军品生产管控是为满足民品订单生产要求的生产管理系统,可用性要求设定为 99.9% |
| MES 系统 | 99.99% | MES 系统是为了满足车间现场制造和生产管控需求的制造执行系统,由于用户量大、数据量较多,是企业的核心应用系统,系统停机对生产制造的影响非常大,因此可用性要求定为 99.99% |
| 供应链、质量和工装工具系统 | 99.9% | 供应链、质量和工装工具系统为生产管理、质量管理和工装工具管理提供信息化工作环境,因此可用性要求为 99.9% |
| 财务管控 | 99.9% | 财务管控中包含工时定额、账务、成本等管理内容,可用性要求为 99.9% |
| 综合管理 | 99.9% | 综合管理中包含了 OA、人力资源、档案等管理系统 |

将访问压力分散到多台应用服务器上,如果没有硬件均衡负载器,也可以通过软件均衡负载实现。在多应用服务器之间,采用集群技术共享会话数据,以保证用户信息可以在集群多个节点之间共享使用。

(2) 实现数据库高可用性和高性能: 采用 Oracle RAC 技术实现数据库高可用性。利用现有的硬件和存储进行整合,逐步将现有的 20+ 数据库实例减少到 4~6 个数据库实例,并每个数据库实例均采用 Oracle RAC 实现。对于非 Oracle 数据库,例如 SQL Server 和 MySQL 数据库,如果有条件,建议迁移到 Oracle 数据库,如果无条件则保持现状。对于今后新上线的业务系统,将是否支持 Oracle 数据库作为重要的选型条件。

(3) 实现主题数据库的设计和迁移,降低数据库数量: 将现有的众多数据库进行合并,形成按照主题进行设计的核心数据库中。主题数据库改变各个应用系统“自建自用”的数据库做法,强调建立各个应用系统“共建共用”的共享数据库。不同的应用系统的计算机程序调用这些主题数据库,例如,库存管理调用产品、零部件、订货数据库;采购调用零部件、供应商、工程规范数据库等。根据信息化建设企业运营管控平台的建设需求,我们可以设计主题数据库为:

- 财务主题数据库: 整合现有财务、成本、资金、预算等数据,统一到财务主题数据库中。

- 综合管理主题数据库: 整合现有办公管理、项目管理、技术文件、档案、技改、人力资源、战略运营等数据库到统一的综合管理主题数据库中。

- 军品型号生产制造主题数据库: 将现有军品生产制造相关数据库整合到统一的数据库中。

- 民品型号生产制造主题数据库: 将现有和将来民品型号生产相关的数据库整合到统一的民品型号生产制造主题数据库中。

- 工装质量供应链主题数据库: 将所有工装质量供应链管理相关数据库整合到统一数据库中。

- MES 主题数据库: 将 MES 系统的数据均存放于 MES 主题数据库中。

(4) 实现水平扩展能力: 在应用层采用均衡负载和集群技术实现水平扩展能力。随着企业各应用系统的逐步推广应用,当出现有服务器无法满足容量和速度需求时,可以基于均衡负载和集群技术动态向集群中增加新的硬件配置,以提高整体集群的运算能力和容量,当需要淘汰较旧的服务器资源时,也可以动态将旧硬件从集群中退出,在应用层不受影响下实现系统硬件资源的动态更新。

(5) 采用虚拟化技术: 利用虚拟化技术实现应用层的高可用性、水平扩展和提高资源利用率,提高现有硬件资源的利用率。

(6) 提高系统的监控和管理能力: 采用多种系统的监控手段监控业务系统的 CPU 占用率、网络利用率、在线用户、数据量和数据增长量,备份和恢复状态等内容。

(7) 实现系统部署的标准化: 采用标准化的硬件或虚拟机配置,标准化操作系统,标准化数据库,标准化存储等。利用标准化的硬件或虚拟机配置,可以实现采购或系统部署的迅速和标准化部署。同时将现有业务系统进行梳理,根据不同的业务压力需求设计不同的标准化的硬件或虚拟机配置级别。

3.1 应用服务器高可用性建设

应用服务器高可用性建设是为了满足应用系统层的高可用性要求,目前技术比较成熟稳定,我们采用基于 Apache HTTP Server 的均衡负载和基于 Apache Tomcat 的集群技术实现。

3.1.1 基于 Apache HTTP Server 的均衡负载^[2]方案

负载均衡就是将客户端的请求分流给后端的各个真实服务器,达到负载均衡的目的。还有一种方式是用两台服务器,一台作为主服务器 (Master),另一台作为热备份 (Hot Standby),请求全部分给主服务器,在主服务器当机时,立即切换到备份服务器,以提高系统的整体可靠性。

Apache HTTP Server 2.2 版本以上均支持均衡负载配置,通过均衡负载配置,Apache HTTP Server 可以将请求转发给 2 个或多个后端 Apache Tomcat 服务器,以达到均衡负载的目的,提高系统的可靠性。

Apache HTTP Server 支持 3 中均衡负载算法,并支持 SESSION 粘连机制:

- lbmethod=byrequests 按照请求次数均衡 (默认);
- lbmethod=bytraffic 按照流量均衡;
- lbmethod=bybusyness 按照繁忙程度均衡 (总是分配给活跃请求数最少的服务器)。

此外,还可以通过 Apache HTTP Server 实现主从备份功能。Apache HTTP Server 的均衡负载技术被大多数的应用软件提供商使用,是非常成熟稳定的均衡负载解决方案。

3.1.2 基于 Apache Tomcat 的集群^[3]方案

Apache Tomcat 提供的集群技术可以实现用户会话信息在多集群节点之间的共享,单节点关闭或故障不会影响到整体应用运行,结合 Apache HTTP Server 的均衡负载技术,可以最大程度地提高应用的可用性,解决了单点故障的问题。

Apache Tomcat 集群配置相对简单,但对应用程序的开发具有一定的影响,内容包括:

- Session 中存储的对象必须实现 java.io.Serializable 接口;
- web.xml 配置文件中需要加入 <distributable> 标记;
- 所有节点之间的时间必须保持同步,可以采用 NTP 协议实现时间同步;
- 均衡负载器必须实现 Session 粘连模式 (sticky session mode)。

可以将 Apache HTTP Server 的均衡负载方案和 Apache Tomcat 的集群方案结合使用,以达到最佳集群部署效果,图 1 示意了一个 4 节点集群的部署模式。

服务器 Server1 和 Server2 由虚拟机承载,每个虚拟机中安装 Apache HTTP Server 和两个 Tomcat 实例,Apache HTTP Server 之间实现均衡负载,将负载转发给 4 个 Tomcat 实例,4 个 Tomcat 实例之间实现集群,整个集群运行了两个 Web 应用程序,其中 Server2 使用 NFS 模式共享了 Server1 的 Web 应用程序,可防止出现各节点间程序不一致的现象。

这种集群部署模式简单实用,实现成本较低,技术成熟稳定,已经在行业内外广泛得到使用,企业选取这种集群部署模式,取得了较好的效果。

3.2 数据库服务器高可用性建设

Oracle RAC^[4] (Real Application Clusters),译为“实时应用集群”,是 Oracle 新版数据库中采用的一项新技术,是高可用性的一种,也是 Oracle 数据库支持网格计算环境的核心技术。Oracle RAC 主要支持 Oracle9i、10g、11g 版本,可以支持 24×7 有效的数据库应用系统,在低成本服务器上构建高可用性数据库系统,并且自由部署应用,无需修改代码。在 Oracle RAC 环境下,

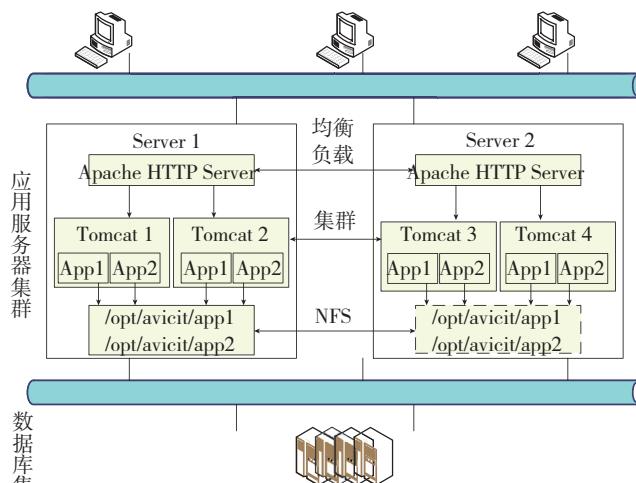


图1 应用服务器高可用性部署示例图

Fig.1 Deployment Sample of High Availability of Application Server

Oracle 集成提供了集群软件和存储管理软件,为用户降低了应用成本。当应用规模需要扩充时,用户可以按需扩展系统,以保证系统的性能。

Oracle RAC 具有以下优点:

- (1)多节点负载均衡;
- (2)提供高可用:故障容错和无缝切换功能,将硬件和软件错误造成的影响最小化;
- (3)通过并行执行技术提高事务响应时间——通常用于数据分析系统;
- (4)通过横向扩展提高每秒交易数和连接数——通常对于联机事务系统;
- (5)可扩展性好,可以方便添加删除节点,扩展硬件资源。

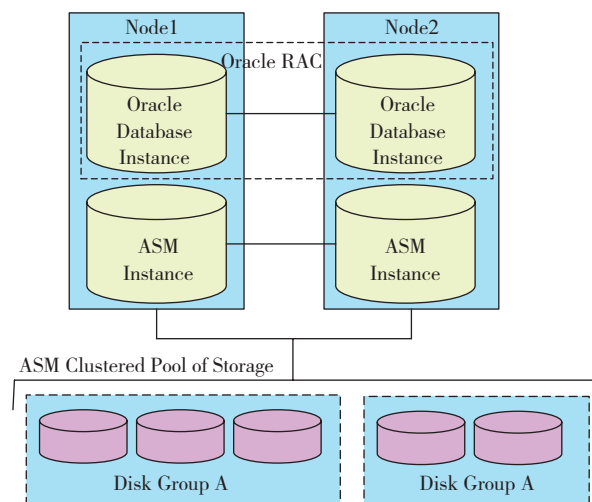


图2 Oracle RAC 部署示例图

Fig.2 Oracle RAC Deployment Sample

(下转第 109 页)

表1 锻件力学性能检测数据

| 室拉性能 | 编号 | 抗拉强度 /MPa | 屈服强度 /MPa | 延伸率 /% | 收缩率 /% | 硬度 (HB) | |
|------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------------------|
| | 弦向 | 1180 | 1120 | 13 | 27 | 3.27 | |
| 指标 | ≥ 1110 | 1020~1193 | ≥ 2.0 | ≥ 3.0 | 3.0~3.7 | | |
| 高温性能 | 编号 | 抗拉强度 /MPa | 屈服强度 /MPa | 延伸率 /% | 收缩率 /% | 时间 /min | 温度 / $^{\circ}\text{C}$ |
| | 弦向 | 935 | 755 | 13.0 | 51.5 | 30 | 400 |
| 指标 | ≥ 885 | ≥ 730 | ≥ 8 | ≥ 15 | ≥ 15 | ≥ 15 | 650 |

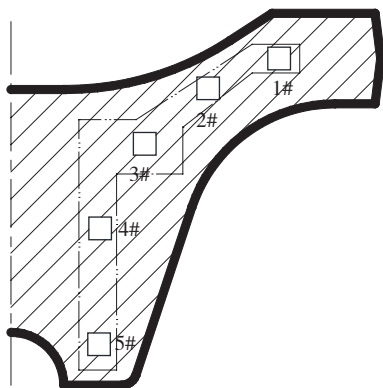
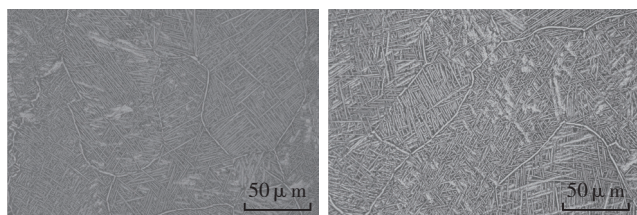


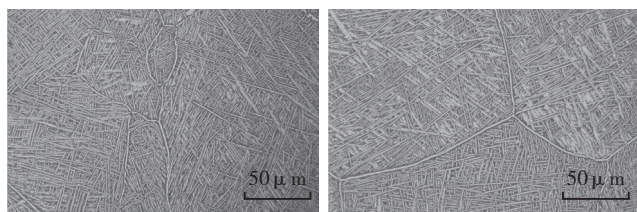
图9 锻件高倍取样位置示意图

Fig.9 Diagram of micro-structure sample



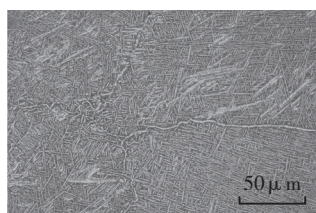
(a) 1# 试样

(b) 2# 试样



(c) 3# 试样

(d) 4# 试样



(e) 5# 试样

图10 高倍组织

Fig.10 Microstructures

充分破碎原始晶界。理化结果与有限元预测趋势一致,因此通过 CAE 进行工艺优化设计具有可靠性,对实际生产具有指导意义。

4 结束语

研究通过理论分析与有限元分析方法对 TC17 合金盘轴类锻件的普通 β 锻工艺进行了优化设计,获得合理的工艺参数用于生产试造获得组织性能良好的锻件,实现了小设备干大活,普通模锻生产高性能关键件,为后续类似产品的研发提供了有力技术支撑。

参考文献

- [1] 师昌绪,颜鸣皋.中国航空材料手册.第4卷.北京:中国标准出版社,2002,1(2):179. (责编 亿霖)

(上接第 105 页)

Oracle RAC 同时也具有一定的缺点:

- (1) 相对单机,管理更复杂,要求更高;
- (2) 在系统规划设计较差时性能甚至不如单节点;
- (3) 可能会增加软件成本。

4 总结

本文通过对企业应用系统的部署架构进行研究,学习和简介国内外成熟的高可用性、高可靠性和高性能业务系统的部署方式,结合企业实际情况对应用系统的部署架构进行了研究,通过应用集群技术、虚拟化技术、数据库集群技术、系统监控和管理技术的研究,分为不同层面实现高可用性制定了可行的解决方案。

在应用服务器区应用虚拟化技术和应用服务器集群技术,基于 Apache HTTP Server + Apache Tomcat 实现集群部署。在对现有众多应用系统进行梳理和分析过程中,结合企业信息化规划对应用服务区进行了整合。

参考文献

- [1] 柳阳.基于 HA 集群的 Linux 多机互备份系统的研究与应用 [D].广州:华南理工大学,2011.
- [2] 陈斌.基于 Apache 集群负载均衡的研究和实现 [D].成都:电子科技大学,2010.
- [3] 黄洲.Apache-Tomcat 服务器集群管理系统的设计与实现 [D].武汉:华中科技大学,2011.
- [4] 刁申.RAC 实施部署的研究 [D].长春:东北师范大学,2012.

(责编 宁军)