

使用负载均衡提高 Maximo 系统性能^①

黄彩荣, 于海, 王芳

(中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452)

摘要: 天津分公司经过多年的信息化建设, 目前已经形成了以 Maximo 系统为核心的设备管理信息化系统. 随着系统不断深化应用, 客户化程序日益增加, 业务数据量日趋增大, 系统负荷不断加大, 导致系统性能降低. 系统用户对 Maximo 的访问会出现诸如: 系统访问速度慢、非正常退出、请求不响应等问题, 影响用户正常使用系统; 为提高 Maximo 系统性能, 满足用户日益增长的系统使用需求, 我们根据 Maximo 系统的实际应用情况进行定制化配置, 首次将负载均衡和硬件集群组合使用, 大大提升了 Maximo 系统业务管理能力.

关键词: 系统性能; 负载均衡; 硬件集群; 提升

Improvment of the Maximo System Performance by Using Load Balancing

HUANG Cai-Rong, YU Hai, WANG Fang

(CNOOC China Limited, Tianjin Branch, Tianjin 300452, China)

Abstract: After many years of informatization construction, Tianjin Branch has formed the equipment management information system with Maximo system as the core. With application system continually being evolved, custom procedures, business data and system loading increases dramatically, which leads to lower performance of the system. When access to Maximo System, the users will come across problems such as: slow access speed, non-normal exit, no responses for the new request. All of these problems will affect the normal use of the system. In order to improve the performance of the Maximo system and meet the increasing demand of the users, we conduct customized configurations depending on the application of Maximo system. Using the combination of load balancing technology and hardware cluster for the first time can greatly enhance the business management ability of Maximo system.

Key words: system performance; load balancing; hardware cluster; upgrad

1 概述

Maximo 系统经过多年深化应用, 客户化程序日益增加, 业务数据量日趋增大, 系统负荷不断加大, 导致系统性能降低. 系统用户对 Maximo 的访问会出现诸如非正常退出、系统一直处于挂起状态(对新的请求不响应)、系统访问速度慢等问题, 影响了用户正常使用系统; 这就迫切需要对 Maximo 的性能进行提高, 使系统更加稳定, 更好地为公司生产管理服务; 为了实现这一目标, 通过对负载均衡技术和硬件集群的组合提高 Maximo 的性能就是在这一背景下提出的.

2 现状分析

Maximo 系统现用版本为 Maximo6.2, 安装在 Windows

2003 操作系统下, 应用服务器采用的是 Weblogic8.1(32 位), jdk 为 sun 公司 jdk142_5.

根据对系统的长期使用跟踪, 我们发现 Maximo 系统的负荷瓶颈主要在于系统的内存管理. 我们通过内存专用软件在一个时期内的跟踪, 发现 Maximo 系统只要超过 1G 后, 用户就会感觉速度明显变慢, 超过 1.45G 后系统就会挂起不响应用户新的请求, 其他用户也登录不了系统, 然后整个 Maximo 系统就宕机了. 在这种情况下只能重新启动服务, 对系统进行初始化, 用户才能重新使用系统. 而随着 Maximo 系统业务数据的增多, 应用的深入, 系统的内存资源需要也在逐步增大, 出现问题的机率也在不断加大.

为了解决以上问题, 最初我们通过提高服务器硬

^① 收稿时间:2014-07-07;收到修改稿时间:2014-08-25

件性能和 Weblogic 集群的方法来管理 Maximo 系统,也就是软件集群。就是在—台服务器上搭建—个系统代理服务,同时再搭建 3 个应用服务。用户访问代理服务,由代理服务将用户的请求分发给应用服务。经过一段时间的使用和测试,我们发现系统存在着系统代理服务与应用服务失去连接、系统服务挂起、系统负载不均衡、系统跳出等问题。导致用户使用系统经常存在无法登陆,系统最终将一直处于挂起状态,对新的请求将不响应,系统运行速度较慢,使用户无法正常使用系统,给公司生产管理带来不便。通过前期对系统出现的问题进行分析、讨论我们发现,Maximo 系统应用服务采用软件集群存在以下几点的问题:

- ① 软件集群不稳定不能做到真正的负载均衡;
- ② 同时在线用户数量过大导致系统资源紧张;
- ③ 目前系统不能做到主机备机的自动切换。

所以仅仅简单的依靠提高硬件性能和软件集群并不能真正解决问题,因为单台服务器的性能总是有限的,尤其是系统请求具有突发性,当某些重大事件发生时,系统负荷就会急剧上升,从而造成系统访问的瓶颈。所以将多台服务器通过网络连接起来,高效、安全的提供相同的服务就成为解决问题的唯一方案。

如果将多台服务器通过网络交换机简单的进行连接,提供相同的服务,将遇到以下问题:服务器接受的网络请求不均衡,即服务器的负载不均衡,可能会出现一些服务器的负载很高,而另一些服务器负载还很低,这时虽然还有剩余的服务器资源,但用户访问仍然很慢;如果服务器群中有的服务器因故障宕机,仍然会有请求发给该服务器,所以,虽然其他服务器仍然健康,但是用户访问还是会中断。

如果有多种应用分别运行在不同的服务器上,将遇到以下问题:当某种服务的服务器利用率高时,而另一些服务器的服务器负载还很低,所以虽然还有剩余的服务器资源,但用户对该种服务的访问仍然很慢;如果服务器群中有某种服务的服务器因故障宕机,虽然其他服务器仍然健康,但是用户对该种服务的访问还是会中断。

3 实现负载均衡技术的必要性

负载均衡服务器根据管理员事先设定的负载算法和当前网络的实际的动态的负载情况决定下一个用户的请求将被重定向到的服务器。而这一切对于用户来

说是完全透明的,用户完成了对系统服务的请求,并不关心具体是哪台服务器完成的。对于整个服务器系统,资源得到充分的利用和冗余。如果对每一种应用只采取单独的机器提供服务,不但存在单点故障问题,同时每台服务器的利用也是不均匀的,可能存在大量的系统请求,使单一的系统服务器负荷超重。在引入了负载均衡服务器后,每台机器的资源都会得到充分利用,而且还减少了单点故障问题。负载均衡设备也可以引入冗余备份机制,避免了设备的单点故障。对应用的全面支持,高级的健康检查特性保证了对应用的精确监视;对会话的精确识别,提供了会话持续性的支持以及更加灵活的负载分担。

对于分公司的 Maximo 系统来说,搭建多个 Maximo 应用服务器,将多台服务器通过负载均衡交换机进行连接,提供相同的服务,使多个服务器同时运行相同的应用,而所有服务器的负载情况相同,从而提高服务的整体性能;可以通过检查服务器的健康状态,如果有服务器出现故障,则不向该服务器转发请求,从而保证服务的可用性,大大增强处理大量并发服务的能力来分担系统压力。所以,通过硬件集群和负载均衡器的组合提高 Maximo 系统的性能是十分必要的。

4 实现负载均衡技术的可行性

Maximo 6 版本是真正 Web 体系结构的产品,采用 N 层的,基于 JAVA 的组件体系结构,采用最新的技术,具有稳定、开放、可扩展等特点。其良好的可扩展性能满足客户在用户数、交易量方面的需求;其架构体系支持在不同的应用环境中快速、灵活地部署系统。

① Maximo 的设计采用多层结构使得客户可以多层部署 Maximo,从一台单独的 Maximo 服务器到多台服务器的集群。例如:您可以将数据库服务器、应用服务器、网络服务器布置在同一台服务器中,也可以布置在不同的服务器中;您可以将所有的采购活动与其他生产维护活动分开,单独部署一台应用服务器,也可以只部署一台应用服务器。既可以灵活地部署,支持大规模的运行维护;也可以部署在一台服务器上,支持小规模运行维护。例如,小规模运行维护的公司可以将 Maximo 部署在一台服务器上,而大规模运行维护的公司可以将 Maximo 部署在几台服务器上。

② 采用多线程的技术,Maximo 可以在一个或多个

个 CPU 并发地运行, 因此, 我们可以采用增加服务器的方式, 来满足业务的不断增长的需求. 一方面您不需要为将来的需要, 提前大量购置硬件, 可以减少项目初期的硬件投资, 另一方面现在的硬件更新换代很快, 您可以将当前最新的硬件无缝地集成到现有的 Maximo 系统中.

因此, 我们可以在多台服务器部署多个 Maximo 应用服务器, 通过负载均衡器分配用户访问 Maximo 应用, 以达到提高系统性能满足业务的要求.

5 负载均衡的工作原理

5.1 服务处理均衡原理

服务处理均衡又包括用户请求均衡以及处理模块均衡. 如图 1, 用户请求均衡是通过 DNS 负载均衡、代理服务器负载均衡、NAT 负载均衡、反向代理负载均衡等方式按照一定的机制将所有用户请求均衡至 2 台或多台服务器上, 合理均衡了所有服务器的压力. 处理模块均衡, 是将整个系统架构中不同的应用模块进行拆分组合至各个服务器, 如今, WEB 服务器压力主要来自处理用户的 web 请求以及频繁的数据库读写, 而合理的将 Web 服务器和数据库服务器独立开来, 不同的服务器各司其职, 能有效提高整体架构处理并发请求的能力.

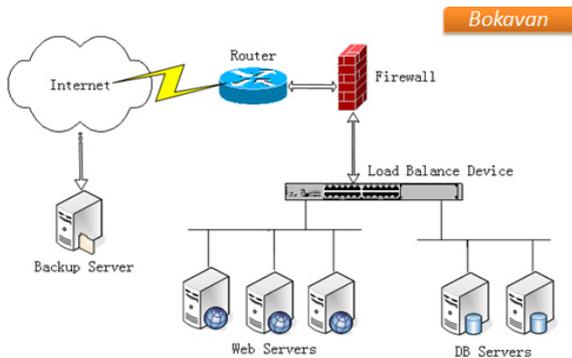
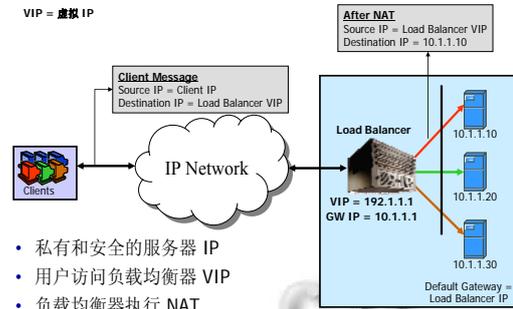


图 1 服务处理均衡图示

5.2 负载均衡原理及策略

负载均衡服务器在中间层服务器之间分配 IP 服务, 并在这些服务器之间实现透明的流量均衡, 同时不间断地监控服务器、应用和内容的状态, 提高应用服务的总体可靠性和可用性. 负载均衡服务器通过设置虚拟 IP(VIP)的方式, 到中间层服务器的业务请求先和 VIP 建立连接, 再由 VIP 通过配置的负载均衡策略将

流量发送给某一台服务器. 服务器响应请求后, 将回应数据发送给 VIP, 再由 VIP 转发给用户.



- 私有和安全的服务器 IP
- 用户访问负载均衡器 VIP
- 负载均衡器执行 NAT

图 2 负载均衡原理及策略图

支持多种负载均衡策略, 可以根据实际情况进行配置. 支持的负载均衡策略有: ①最少连接; ②响应时间; ③响应时间+最少连接; ④轮询; ⑤加权分布; ⑥带宽和加权带宽. 如图 2 所示.

5.3 数据流程

客户端发起对 vip (虚拟服务器) 的访问. 负载均衡服务器会将 vip 地址替换成 source-ip 发起对后台真实服务器的访问, 当后台服务器响应这个请求后会把数据反馈给 source-ip, 此时负载均衡服务器再将 source-ip 地址转换成 vip 地址反馈给客户端.

5.4 主要技术指标

实时对后台服务器提供健康监测. 健康监测的间隔为 5 秒钟, 重试 3 次不成功则认定服务器为 down, 后续流量不会再分发到此服务器. 对有需求的服务器提供 sticky 技术, 当同一个客户端发起的访问后续链接会建立到同一个服务器上, 保证链接的完整性.

6 采用负载均衡技术的目的

6.1 提高系统应用的可靠性

Maximo 服务器由于服务器硬件的稳定性、流量压力超载、网络攻击等情况经常会出现意外宕机的情况, 从而无法保证系统应用的 7x24 小时的持续性服务. 采用负载均衡技术可以自动进行网络应用可用性检查, 屏蔽硬件故障的服务器, 保证系统应用的 7x24 小时的持续性服务.

6.2 提高系统应用的性能

Maximo 服务器由于访问系统流量并不均衡, 经常会出现某台服务器由于访问量过大而宕机, 而其他服务器访问量并不大, 造成系统应用性能的不稳定,

从而影响到整个网络应用系统的性能。采用负载均衡技术可以智能根据服务器响应的最小时间来分配服务器,保证最新的访问是在最小负荷的服务器,最终提高应用系统的性能。

6.3 提高系统应用的安全性

负载均衡可以通过多种手段正确判断服务器的健康状况,识别会话中的 Cookie,支持会话保持功能;实现服务器的端口对外转换,隐藏服务器的真实端口,提高安全性。例如:用户访问 Maximo 服务是访问负载均衡器对外的虚拟 IP 地址,通过负载均衡器 IP 地址访问真实的 Maximo 服务器。

7 Maximo 系统负载均衡的解决方案

Maximo 系统应用请求具有突发性,当某些重大事件发生时,系统访问就会急剧上升,从而造成系统性能瓶颈。必须采用多台服务器提供系统服务,并将系统请求分配给这些服务器分担,才能提供处理大量并发服务的能力。

当使用多台服务器来分担负载时,最简单的办法是将不同的服务器用在不同的方面;然而由于系统访问的突发性,使得很难确定哪些应用造成的负载太大,如果将服务的页面分割的过细就会造成很大浪费。

事实上造成负载过大的应用常常是在变化中的,如果要经常按照负载变化来调整应用所在的服务器,那么势必对管理和维护造成极大的问题,因此这种分割方法只能是大方向的调整,根本的解决办法还需要应用负载均衡技术。

7.1 提升系统性能问题分析

随着公司资产管理的全面深入,Maximo 系统业务数据持续增加,系统的访问频率也持续上涨,要求服务器系统必须具备提供大量并发访问服务的能力;其处理能力和 I/O 能力已经成为提供服务的瓶颈,如果超出了服务器能承受的范围,那么其结果必然是宕机。显然,单台服务器有限的性能不可能解决这个问题,所以将多台服务器通过网络连接起来,高效、安全的提供相同的服务就成为解决服务器系统负载问题的唯一方案。

7.2 Maximo 系统负载均衡的设计方案

①Maximo 系统搭建 5 台相对独立的 Maximo 服务器,形成硬件集群。

②采用两台负载均衡服务器做 HA 冗余结构,不

但可以实现两台服务器的负载均衡,而且在系统级别实现了动态攻击抵御。负载均衡器通过虚拟 IP 地址方法,在外部看来,像是具有一个 IP 地址的单一服务器一样,这个 IP 地址是虚拟的,它映射了集群中的每一台机器的地址。当请求到达负载均衡器时,它会重写该请求的头文件,并将之指定到集群中的机器上。如果某台机器从集群中被移除了,请求不会发往已经不存在的服务器上,因为所有的机器表面上都具有同一个 IP 地址,即使集群中的某个节点被移除了,该地址也不会发生变化。当用户访问 Maximo 系统,负载均衡器根据负载均衡策略将用户分配到响应时间最小的服务器,即系统负荷最小的服务器。

当一台负载均衡器由于检修或故障的原因停机后,这时另一台负载均衡器会通过完全冗余镜像接替原先工作的负载均衡器。

7.3 Maximo 系统负载均衡的架构优化图

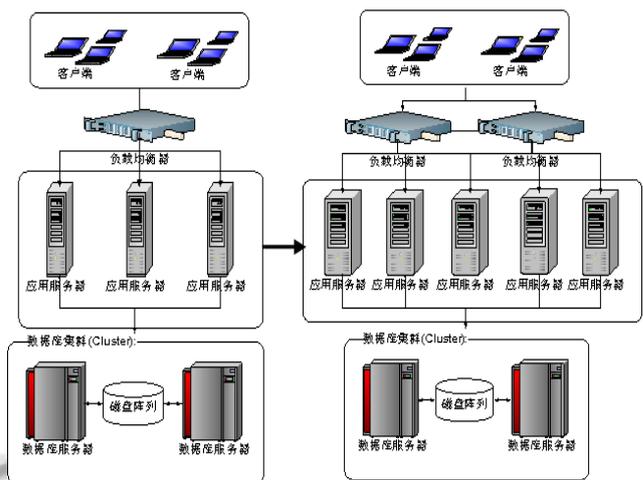


图 3 Maximo 系统负载均衡的架构优化图

7.4 工作步骤



图 4 工作步骤图

7.4.1 增加 1 台负载均衡器

在原来 1 台负载均衡器的基础上,增加 1 台负载均衡器,形成一主一备的双机冗余,提高系统的安全性;并优化负载均衡策略,由原来的轮询方式,改为最小响应时间方式,使用户每次访问的服务器为负载

最小的服务器,提高了整个系统的可用性.

7.4.2 Maximo 服务部署

1 新增 3 台应用服务器(虚拟机),如表 1 所示.

表 1 服务器配置表

服务器名称	服务器配置	操作系统
MAXIMO01	CPU(2 个)	MS Windows Server 2003;
MAXIMO02	内存(8G)	64bit;
MAXIMO03	硬盘(100G)	企业版 SP2

2 Weblogic 安装部署

在 MAXIMO01 服务器安装 Weblogic 应用程序,并创建域和服务;配置 JMS 服务. Maximo 中的外部系统中 MXBJ 全局目录配置为 E:\XMLFILE,按集成管理设置配置 MAXIMO01 服务器文件夹,MAXIMO02、MAXIMO03 服务器配置与 MAXIMO01 服务器配置相同.

3 Maximo 安装配置

在 MAXIMO01、MAXIMO02、MAXIMO03 服务器 MAXIMOSERVER 服务部署 Maximo 服务.

4 Maximo-Sap 接口配置优化

① 后台任务设置优化:为保证 3 个 Maximo 服务传出数据正常,需要增加传出数据的实例使新增 3 个 Maximo 服务分别调用.新增的 3 个实例同原实例配置相同.

② Weblogic 启动文件优化:为保证同新增 3 台服务器的 3 个 Maximo 服务调用不同的实例,需要对 startWebLogic.cmd 文件优化.

③ Hermes 配置:拷贝现有的 Herms 软件到相应目录下,针对不同的 Maximo 服务配置优化 sessions 配置.

7.4.3 加入 Maximo 服务器硬件集群

配置负载均衡器,将新增的 3 台 Maximo 服务器(MAXIMO01、MAXIMO02、MAXIMO03)加入到 Maximo 服务器硬件集群.

8 Maximo 系统负载均衡的解决方案

① UIE + iRule 提供了对应用的可编程控制: UIE(Universal Inspection Engine)可以将 TCP/UDP 的数据包打开,并搜索其中的特征数据; iRules 可以根据 UIE 搜索到的数据进行应用规则处理; UIE+ iRules 可以帮助用户实现以下功能:应用流量管理;应用安全

处理.

```

when RULE_INIT {
    array set ::active_clients { }
}

when CLIENT_ACCEPTED {
    set client_ip [IP::remote_addr]
    puts "starting client-----$client_ip"
    if { [info exists ::active_clients($client_ip)] } {
        puts "origin connection is =====
::active_clients($client_ip)"
        if { $::active_clients($client_ip) > 3 } {
            reject
            puts "client connection is reject"
            return
        } else {
            incr ::active_clients($client_ip)
            puts "bynow connection is =====
::active_clients($client_ip)"
        }
    } else {
        puts "client connection is the first one"
        set ::active_clients($client_ip) 1
    }
}

when CLIENT_CLOSED {
    puts "closing_____ [IP::remote_addr]"
    if { [info exists ::active_clients($client_ip)] } {
        incr ::active_clients($client_ip) -1
        if { $::active_clients($client_ip) <= 0 } {
            unset ::active_clients($client_ip)
        } } }

```

② BIG-IP 的 SYNCheck 特性提供全面的防 SYN Flood 攻击:可安全地过滤海量攻击,同时为合法连接用户提供不间断的服务.

③ 双机采用专用的心跳线,支持毫秒级切换:专用的心跳线使双机的切换变得更加快速可靠.双机的切换可以在 200 毫秒以内完成.

④ 双机连接状态镜像(Connection Mirroring):设备支持会话表有选择性状态同步,可以选择设定对哪些应用采用会话状态同步功能.这样即可减轻双机状态同步对系统带来的额外压力,又可以要求不间断

运行的应用,做到双机切换对应用无影响。

9 Maximo系统负载均衡优势

9.1 运行安全稳定

对系统安全性要求高的用户,配置 2 台负载均衡交换机可以完全消除单点失效的故障点,从而保证整个系统的安全性和可用性。可以对不同性能的服务器进行加权计算,对性能好的服务器我可以多分一些流量。对有 License 限制的服务器, Radware 设备具有连接上限的限制,这样就保证了服务器连接不会超过 License 的限制,同时保证了性能一般的服务器不会因为连接太多而宕机。同时还有 Shutdown Time, Recovery Time, Warm up Time, Port Multiplexing 等技术,针对于服务器在关机,重起暖身至正常工作的每一个阶段所应采取的相应的方式来加强服务器的管理。设备的安全性也是极为可靠,首先,它支持的 SNMP 协议,对于不同 SNMP 的 Community, WSD 可以让其有不同的权限如只读或既读又写。还可以只让 SNMP 协议通过某一个端口来管理。其次,它具有管理 IP 的功能,即只允许某一个 IP 来管理设备。再次,它具有 IP 过滤的功能,如对源地址,源端口和目的地址,目的端口做一系列的动作。最后, WSD 有防黑客攻击的功能,它可以防止 1500 多种黑客攻击的手法,如 DOS, DDOS, Syn Attack 等。

9.2 完全冗余镜像

设备的冗余配置也是非常简单的,它们之间不需要任何的特殊电缆相连,只要实现 IP 地址寻址即可。当一台负载均衡器由于检修或故障的原因停机后,这时另一台负载均衡器设备会发出 ARP 的广播,告知停机的负载均衡器设备的 IP 地址已经被活动的负载均衡器设备的 MAC 取代,所有往检修的负载均衡器去的数据包,都往活动的负载均衡器这边发过来。

9.3 多级工作方式

负载均衡设备是一个多层交换设备,它可以工作在 OSI 模型中的 2, 3, 4 和 7 层。在第二层它支持 Vlan, 第三层它支持 RIP, RIP2 及 OSPF 等多种网络协议。在第四层它可以根据客户源端口的目标端口不同来做不同服务器的选择。它可以根据第七层的 URL 的匹配来处理客户的请求。可以对每一客户的 Session 都会有详细的记录在 Client Table 中,它可以工作在 IP 层即只记录客户的 IP 地址,也可以工作在 TCP 层,即同时还记

录客户的端口地址。而且 WSD 对 Cookie 也能够提供 100% 的支持。凭借这些详细的记录我们可以对用户访问的安全和稳定性提供强有力的保证。

9.4 智能带宽管理

管理者能自行设置负载均衡服务器,根据各服务器群处理的文件重要性或机密性,给定不同的带宽限制。例如给予处理接口的服务器群较大的带宽,传送速度因而较快;而一般提供服务的服务器群则给予较小带宽。负载均衡服务器能辨识使用者的 IP 地址、访问文件类型、串流媒体、以及多种协议包括 TCP、UDP、Telnet、Rshell、TFTP、passive FTP、HTTP、email、DNS、VOIP 等,根据各带宽限制动态地将网络流量引导至最合适的网络服务器群。

9.5 健康检查多样性

负载均衡服务器有健康检查机制,会定时的检查接在他后面所有服务器的健康状况。而且检查的方式多种多样。可以使用 IP 层的方法,如发 Ping 包,看它能否到达;也可以使用 TCP 层的方式,如对服务器开一个端口,看它的服务是否正常工作;更为重要的是具有全路径检查的方式,不仅可以检查 WWW 服务是否在工作,而且可以检查 www 服务后端的 DB 或其他应用是否在正常工作。

9.6 通过故障恢复机制获得高可靠性

故障恢复发生在当集群中某个节点不能处理请求,需将请求重新导向到其他节点时,主要有两种故障恢复:

①请求级故障恢复。当集群中的一个节点不能处理请求时(通常是由于 down 机),请求被发送到其他节点。当然,在导向到其他节点的同时,保存在原节点上的会话信息将会丢失。

②透明会话故障恢复。当一个引用失败后,负载均衡器会将之发送到集群中其他的节点上,以完成操作,这一点对用户来说是透明的。由于透明会话故障恢复需要节点具备相应的操作信息,因此为了实现该功能,集群中的所有节点必须具有公共存储区域或通用数据库,存储会话信息数据,以提供每个节点在进行单独进程会话故障恢复时所需要的操作信息。

9.7 统计计量

既然所有的 Web 应用请求都必须经过负载均衡系统,那么系统就可以确定活动会话的数量,在任何实例访问中的活动会话的数目,应答的次数,高峰负载

次数,以及在高峰期和低谷期的会话的数目,还有其他更多的所有的这些统计信息都可以被很好的用来调整整个系统的性能。

10 使用效果

10.1 性能方面

使用负载均衡之前几乎每天都要重启 1 次 Maximo 服务器,而使用负载均衡技术之后,平均每月重启 Maximo 服务器 2-3 次,提高了 Maximo 系统的可靠性和可用性;同时,使用负载均衡之前,每天高峰期服务器内存负载基本在 1.2G 以上,而使用负载均衡技术之后,高峰期服务及内存基本控制在 600M-800M,均衡了系统内应用服务器的负荷压力,提高了 Maximo 服务用户的访问速度。



图5 平均重启次数比较图



图6 内存负载比较图

10.2 管理方面

① 节能降耗: 使用负载均衡,避免了业务量提升时硬件升级所导致的高额成本投入;充分利用单设备功能,既降低了成本又避免了资源浪费。

② 增效管理: Maximo 系统的可靠性和可用性大大提高,用户对系统的使用兴趣明显提高,对生产信息化工作有效推动有极大的帮助。

③ 保驾护航: 为新油气田上线和合作油田并入管理,提供了保驾护航的保障机制。

④ 智能油田: 为信息系统融合,消除信息孤岛提供强有力的平台;朝智能油田迈向坚实一步。

总之,我们根据 Maximo 系统的实际应用情况进

行定制化配置,首次将负载均衡和硬件集群组合使用,大大提升了公司 Maximo 系统业务管理能力;目前系统运行稳定可靠,为业务的开展提供了良好的基础保障,应用效果得到兄弟单位普遍认同和效仿。

参考文献

- 1 Perkins C, Royer E. Ad hoc on demand distance vector routing (AODV). RFC 3561. July 2003.
- 2 Johnson D, Maltz D. Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. Mobile Compute, 1996: 153-181.
- 3 Perkins C, Royer E, Das S, et al. Performance comparison of two on demand routing protocols for ad hoc networks. IEEE Personal Communications, 2001, 8(1): 16-28.
- 4 Perkins DD, Hughes HD, Owen CB. Factors affecting the performance of ad hoc networks. IEEE International Conference on Communications. 2002, 4. 2048-2052
- 5 Zhong XF, Wang YZ, Mi SL, et al. An experimental performance study of wireless ad hoc system utilizing 802.11a standard base on different routing protocols. Asia Pacific Optical and Wireless Communications. October 2002.
- 6 Pham P, Perreau S. Multi-path routing protocol with load balancing policy in mobile ad hoc network. 4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network. 2002. 48-52.
- 7 Lee SJ, Gerla M. Dynamic load-aware routing in ad hoc networks. IEEE International Conference on Communications(ICC 2001). 2001, 10. 3206-3210.
- 8 Wu K, Harms J. Load sensitive routing for mobile ad hoc networks. 10th International Conference on Computer Communications and Networks. 2001. 540-546.
- 9 Zhou A, Hassanein H. Load-balanced wireless ad hoc routing. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. 2001, 2. 1157-1161.