

基于RR-DNS的Web集群系统的可用性研究

郭 静,祝永志,王延玲

(曲阜师范大学 计算机科学学院,山东 日照 276826)

摘 要:RR-DNS (Round-Robin DNS)是指循环式域名服务。文中提出一个利用原有RR-DNS提高Web集群系统可用性的机制。这种机制可以定期监测各个服务器,判断每个服务器是否能正常工作,对有问题的服务器立即更改DNS服务器的设定来避免用户对有问题的服务器进行访问。通过维护的DNS主机列表不仅可以为多台服务器提供负载均衡,同时也提高了服务器的可用性。

关键词:RR-DNS; Web集群; 负载均衡

中图分类号:TP311.5

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)12-0056-04

On Availability of Web Cluster Based on RR-DNS

GUO Jing, ZHU Yong-zhi, WANG Yan-ling

(College of Computer Science, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract:RR-DNS means round-robin DNS. Puts forward a policy that can improve availability of Web cluster on base of original RR-DNS. The policy can check out every Web service in a certain time, judge every service whether it does work and when one of service has any problems. It can change the information of DNS service in order to avoid accessing the service. Can not only improve load balance of service but also improve the availability of cluster by sustaining a list of DNS.

Key words:RR-DNS; Web cluster; load balance

0 引 言

随着全球网络的迅猛发展与全球经济一体化的形成,企业的经营模式与经营理念发生了显著的变化。构建一个合适的Web机群系统对企业的发展显得十分重要,同时在任何一个集群系统中负载均衡机制占重要地位,文中提到的基于RR-DNS的Web集群系统,价格低廉并且实现比较简单,主要应用于小型企业和学校的实验室。

提出一种动态RR-DNS机制来提高Web集群服务的可用性,可用性对于主从式的网络服务来说在一段较长的时间内用成功访问服务器的次数占有访问次数的百分比来衡量,或是可提供服务的时间占有时间的百分比^[1],由于Web集群中每台服务器是通过网络连接起来的,它所能提升的可用性会因远端服务器DNS的快取(Cache)因素而有所影响,因此可以利用降低DNS的Ttl(Time to live)值来改进。此外,服务

器监测程序的监测周期也影响动态DNS调整的及时性。文中探讨分析这些因素,并以仿真实验验证文中的思想。

1 简述Web应用服务器集群系统

Web应用服务器集群系统^[2]是由一组同时运行同一个Web应用的服务器组成的集群系统,在外界看来,就像是一个服务器一样。为了均衡集群服务器的负载,达到优化系统性能的目的,集群服务器将众多的访问请求分散到系统中的不同节点进行处理,从而实现了更高的有效性和稳定性,而这也正是基于Web的企业应用所必须具备的特性。

高可靠性可以看作系统的一种冗余设定^[3]。对于一个高效的系统,如果一个Web服务器失败的话,其他的服务器可以马上取代它的位置,对所申请请求进行处理,而且这一过程对用户来说,要尽可能的透明,使用户察觉不到。

2 RR-DNS的原理及其优缺点

2.1 RR-DNS原理

域名服务器(Domain Name Server)中的数据文件

收稿日期:2008-02-25

基金项目:山东省高等学校实验研究项目基金(2005-400);曲阜师范大学校级科研项目(XJ0734)

作者简介:郭 静(1981-),女,硕士研究生,研究方向为分布式计算;祝永志,教授,硕士生导师,研究方向为网络与分布式系统。

将主机名字映射到其 IP 地址。当在浏览器中输入一个 URL 时(如 www.loadsite.com)浏览器则将请求发送到 DNS,要求其返回相应站点的 IP 地址,这被称为 DNS 查询。当浏览器获得该站点的 IP 地址后,便通过该 IP 地址连接到所要访问的站点,将页面展现在用户面前。

域名服务器(DNS)^[4]通常包含一个单一的 IP 地址与该 IP 地址所映射的站点的名称的列表。

RR-DNS 为了利用 DNS 均衡服务器实现负载均衡,对于同一个站点来讲,DNS 服务器同时拥有几个不同的 IP 地址。这几个 IP 地址代表集群中不同的机器,并在逻辑上映射到同一个站点上,例如 www.loadbalancedsite.com 将通过下面的三个 IP 地址发布到一个集群中的三台机器上:

219.18.3.1 219.18.3.2 219.18.3.3

在本例中,DNS 服务器中包含下面的映射表:

www.loadsite.com 219.18.3.1

www.loadsite.com 219.18.3.2

www.loadsite.com 219.18.3.3

则在 DNS 服务器内部分区域设定档案(zone file)^[5]内容如下:

@ IN SOA ns.mysite.com. nsmaster.mysite.com.

(2003081403 ;Serial

28800;Refresh

86400);Minimum

IN NS ns.mysite.com.

www IN A 219.18.3.1

IN A 219.18.3.2

IN A 219.18.3.3)

以下以 nslookup 指令为例,查询及回应内容如下:

client1> nslookup www.loadbalancedsite.com

Server:ns.mysite.com

Address:192.168.0.1

Name:www.loadbalancedsite.com

Addresses:219.18.3.1 219.18.3.2 219.18.3.3

Client >nslookup www.loadbalancedsite.com

Server:ns.mysite.com

Address:192.168.0.1

Name:www.loadbalancedsite.com

Addresses:219.18.3.2 219.18.3.3 219.18.3.1

.....

Addresses:219.18.3.3 219.18.3.1 219.18.3.2

当第一个请求到达 DNS 服务器时,返回的是第一台机器的 IP 地址 219.18.3.1,当第二个请求到达时,返回的是第二台机器的 IP 地址 219.18.3.2,以此类推。当第四个请求到达时,第一台机器的 IP 地址将被再次返回循环调用。利用上述的 RR-DNS 技术,对

于某一个站点的所有请求将被平均地分配到集群中的机器上。

2.2 RR-DNS 的优缺点

2.2.1 RR-DNS 的优点

(1)代价低,易于建立。为了支持轮流排程,只需要在 DNS 服务器上作一些改动,而且在许多比较新的版本的 DNS 服务器上已经增加了这种功能。

(2)实现简单。不需要网络专家来对它进行设定或维护。

2.2.2 RR-DNS 的缺点

这种基于软件的负载均衡方法主要存在两处不足^[6]:

(1)不支持服务器间的一致性。服务器一致性是负载均衡系统所应具备的一种能力,通过它系统可以根据会话信息是属于服务器端的还是底层数据库级别的,进而将用户的请求导向相应的服务器。而 RR-DNS 是通过 cookie、隐藏域、重写 URL 三种方法中的一种来进行相似判断,它不具备这种智能化的特性^[7]。

(2)不支持高可靠性。一个具有 N 个节点的集群如果其中的一个节点毁坏就会导致集群的瘫痪。由于在 Internet 上众多的 DNS 被存放在缓存中来节省访问时间,但是 DNS 的更新就会变得非常缓慢,以至于有些用户可能会访问到一些已经不存在的站点或者一些新的站点得不到访问,所以尽管 RR-DNS 一定程度上解决了负载均衡问题,但这种状况的改变并不是十分乐观和有效的。

3 描述动态 RR-DNS 原理及其服务器状态监测程序

3.1 动态 RR-DNS 的原理

为了有效提升 Web 集群服务的可用性,必须尽可能让用户端避免存取已经发生障碍的服务器,由于用户端在存取 Web 服务前,会到 DNS 服务器询问该 Web 服务领域名称的 IP 位址,只要在发现服务器障碍时,能够及时变更 DNS 的相关设定,让用户端在询问 DNS 时所得的资料只包括目前正常运作的服务器的 IP 位址,这样就有可能降低用户端连结到故障服务器的机率,进而提高 Web 服务的整体可用性。为提供以上的动态 RR-DNS 的功能,需要一个状态监测程序定时地对各服务器监测,了解各服务器是否正常运行。

3.2 服务器检测程序的描述

状态监测程序是以周期性循环(Polling)方式到各服务器监测其状态。它可以负责多个服务器集群的状态监测工作,每个服务器的监测周期可根据其可用性需求高低分别调整,具体的实现方法如下:

(1) 在一个循环周期内, 当状态监测程序发现某一服务器发生故障而无法正常工作提供服务时, 则记录该服务器号并且立即到 DNS 服务器将 IP 地址从所属名称的 RR 位址串中暂时移除。

(2) 任何服务器接受用户请求后向检测程序发送消息 0, 完成用户请求任务后向检测程序发送消息 1。

(3) 当故障服务器恢复使用后向检测程序发送消息 -1。

(4) 检测程序收到某服务器发送的消息 0, 则 DNS 服务器在所属域名的 RR 位址串列中将该服务器的 IP 位址记录为忙。当接受到发送消息 1, DNS 服务器在所属域名的 RR 位址串列中将该服务器的 IP 位址记录为空闲。检测程序收到某服务器发送的消息 -1, 将 DNS 服务器将该服务器的 IP 位址重新加入原 RR 位址串列中。

4 可用性分析及探讨影响可用性的因素

4.1 可用性分析

假设服务器的数目为 n , 每台服务器的可用性均为 A , 则原始 RR-DNS 机制所提供系统服务的可用性用 A_a 来表示则:

$$A_a = A \quad (1)$$

因为在原始 RR-DNS 机制下增加服务器的数目只能降低服务器的负载, 并无法提高系统的可用性。使用动态 RR-DNS 机制时, 如果任何服务器发生故障时 DNS 便能自动调整, 那么只有当所有服务器都有故障时才可能导致用户无法访问服务器, 因此动态 RR-DNS 机制在理想情况下的可用性用 A_b 来表示:

$$A_b = 1 - (1 - A)^n \quad (2)$$

因为 $0 < A < 1$, 则容易证明 $(1) < (2)$ 。

也就是说动态 RR-DNS 的可用性要比原有的 RR-DNS 的可用性好得多, 下面具体说明基于 RR-DNS 的 Web 集群系统可用性的影响因素。

4.2 探讨影响可用性的因素

假设 T_p 为状态监测程序的轮询周期, T_b 为服务器故障的平均恢复时间, T_{tl} 为 DNS 之间查询的网络延时参数, A_p 为系统的实际可用性。

(1) 从 T_p 和 T_b 两方面来考虑。

T_p 必须小于 T_b , 状态监测工作才有意义。当有服务器发生故障时, 从故障到恢复的 T_b 中的前 T_p 时间内可能会因状态监测程序并没有发现障碍而无法及时调整 DNS, 因此这段期间系统的运行模式与原始 RR-DNS 机制并无任何区别。因此在 T_p/T_b 的时间内维持原始的 RR-DNS 机制, 其他比例的时间内具有动态 RR-DNS 功能, 实际的可用性为:

$$A_p = (T_p/T_b) \times A_a + (1 - T_p/T_b) \times A_b \quad (3)$$

$$= [T_p \times A_a + (T_b - T_p)A_b]/T_b$$

$$= [(A_a - A_b)/T_b]T_p + A_b \quad (4)$$

由式(1)、(2)可知(4)可化简为:

$$A_p = \{[A - 1 + (1 - A)^n]/T_b\}T_p + 1 - (1 - A)^n \quad (5)$$

因为 A, n, T_b 均是已知的常数, 且 $n \geq 1$, 则

$$[A - 1 + (1 - A)^n]/T_b < 0$$

$$0 < (1 - A)^n < 1 \Rightarrow [1 - (1 - A)^n] > 0$$

所以 A_p 与 T_p 之间是递减关系。将在 4.3 节中通过实验证明。另外由式(5)可以看出 A_p 与服务器个数 n 的关系如下:

$$A_p = \{[A - 1 + (1 - A)^n]/T_b\}T_p + 1 - (1 - A)^n = [(T_p - T_b)/T_b](1 - A)^n + [A \times T_p + (T_b - T_p)]/T_b$$

因为 $0 < 1 - A < 1$, 当 $n = 1$ 时, $A_p = A$;

$$\text{当 } n \rightarrow \infty, A_p = [A \times T_p + (T_b - T_p)]/T_b$$

可证明: $[A \times T_p + (T_b - T_p)]/T_b > A$, 并且 A_p 与 n 的关系是递增的曲线, 在 4.3 节中通过实验证明。

(2) 从 T_{tl} 和 T_p 两方面来考虑。

当 $T_{tl} > T_p$, 对远端的用户来说近端的 RR-DNS 虽然在 T_p 时间动态调整却无法立刻将更新信息传到远端的 DNS 服务器, 因此服务器在发生故障 T_p 时间之后到恢复的 T_d 之前, 近端 DNS 服务器设定将会更新, 远端 DNS 服务器将在 T_{tl} 时间后才会更新, 即 $T_{tl} > T_d$, 则服务器从故障到恢复, 远端 DNS 服务器可用性与原始 RR-DNS 机制相同。当 $T_{tl} \leq T_d$, 在 T_{tl}/T_d 的时间内维持原始 RR-DNS 的机制, 其他比例的时间才有动态 RR-DNS 功能。因此对于远端用户, 集群系统的可用性为:

$$A_p = (T_{tl}/T_b)A_a + (1 - T_{tl}/T_b)A_b \quad (6)$$

将式(1)、(2)代入(6)可得到:

$$A_p = [(A_a - A_b)/T_b] \times T_{tl} + A_b = \{[A - 1 + (1 - A)^n]/T_b\}T_{tl} + 1 - (1 - A)^n \quad (7)$$

因为 A, n, T_b 均是已知的常数, 且 $n \geq 1$, 则 A_p 与 T_{tl} 之间是线性递减关系, 将在 4.3 节通过实验证明。

4.3 实验及性能分析

●文中实验的硬件环境如下:

本系统由 4 台普通 PC 机组成。

(1) 每台 PC 机的配置如下:

CPU: Intel (R) Pentium (R) 4 CPU 3. 20GHz 3. 20GHz

主板:华硕 A7V8X

内存:256MB

硬盘:80GB

(2)网络设备:

交换机:16 口 100Mb/s

网卡:100Mbps 自适应网卡×16

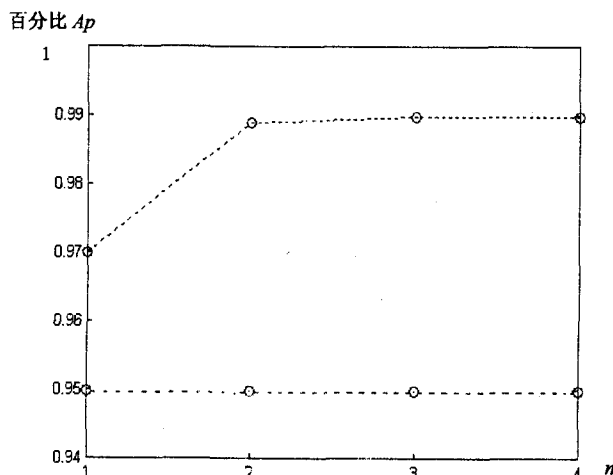
超五类双绞网络线缆、接头:适量

●实验中所用的参数为:

$Tp = 1(\text{分钟})$, $Tb = 5(\text{分钟})$, $A = 95\%$ 。

●仿真实验所得数据图如下。

(1) Ap 和 n 的关系如图 1 所示。



注:上面曲线表示改进后的集群的可用性,下面的直线表示原先的集群的可用性。

图 1 集群的可用性对比

(2) Ap 和 Tp 的关系如图 2 所示。

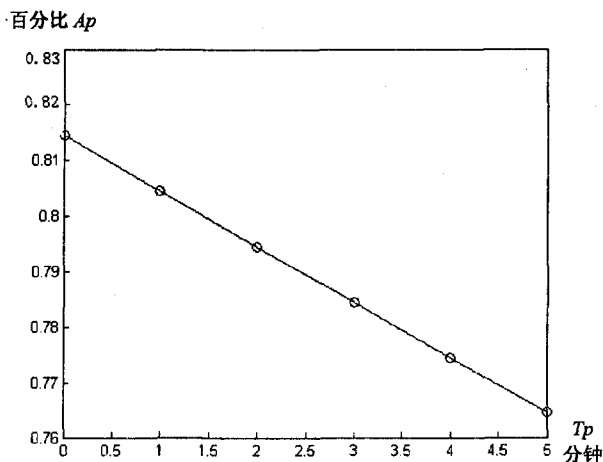


图 2 可用性与检测周期的关系

(3) Ap 和 Ttl 的关系如图 3 所示。

实验中,由图 1 可看出采用改进的动态 RR-DNS 大大提高了原有集群的可用性。根据图 2,3 可知,随着

Tp 和 Ttl 值的增大可用性降低,因此为了提高集群系统的可用性应该适当降低 Tp 和 Ttl 值,实验中所用的结果与上述理论完全相符,从而论证了文中思想。

百分比 Ap

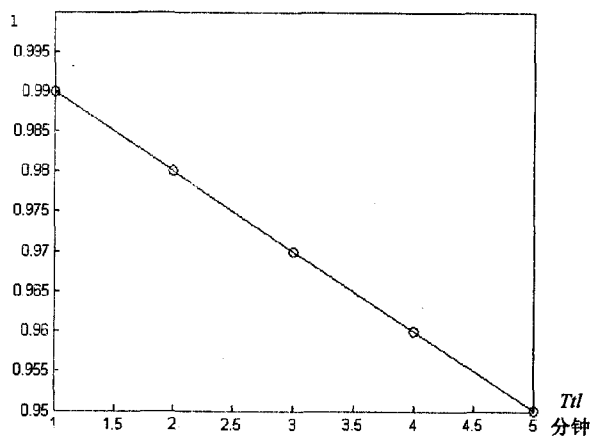


图 3 可用性与网络延时的关系

5 结束语

随着集群技术的迅速发展,如何提高集群系统服务的可用性一直是个重要课题,文中探讨如何利用现有的 RR-DNS 机制来提升集群系统服务的可用性,所采用的动态 RR-DNS 机制不需要任何特殊的软硬件,只需使用一般的服务器执行简单的服务状态监测程序即可。在实验中证明了搭建的集群系统具有较高可用性。

参考文献:

- [1] Youn Hee Yong, Yu Chansu, Han Dong Soo, et al. The Approaches for High Available and Fault-Tolerant Cluster Systems[C]//Int'l Workshop on Fault Tolerant Control and Computing (FTCC-1). [s.l.]:[s.n.],2000:107-116.
- [2] Web 集群服务的负载均衡方案选择与实现(一)[EB/OL]. [2007-04-08]. <http://hi.baidu.com/bhzln/blog/ite>.
- [3] 闫 斌.高可用性集群数据库服务器研究与实现[J]. 计算机应用研究,2005,22(12):255-257.
- [4] 郑 伟,郭成城.一种提高集群系统可用性的方法及其应用[J]. 计算机科学,2003,30(10):67-68.
- [5] 萧渊隆.采用 RR-DNS 机制的网络服务研究[EB/OL]. [2006-04]. <http://www.im.ncnu.edu.tw/ycchen>.
- [6] Web 集群服务的负载均衡方案选择与实现[EB/OL]. [2000-04]. <http://dev.csdn.net/article>.
- [7] 刘安丰,陈志刚,曾志文.基于数据挖掘的 web 集群负载均衡算法[J]. 计算机工程与应用,2003,39:59-61.

欢迎投稿,欢迎订阅!