

集群技术在医院信息系统集成中的应用^①

段国云

(湖南科技学院 现代教育技术中心, 永州 425100)

摘要: 数据的安全性和信息系统的可靠性是医院信息化建设中需要解决的首要问题。详细分析了 Windows 操作系统中三种集群技术的原理, 结合我市中心医院信息化现状及需求, 提出了一种适合大中型医院信息化建设需求的方案。通过模拟实验及永州市中心医院实际使用证明: 此方案能很好的解决数据的安全性及应用系统的可靠性问题, 具有推广应用前景。

关键词: 集群; 信息化; NLB; MSCS; CLB

Application of Cluster Technology to the Hospital Informationization System Integration

DUAN Guo-Yun

(Modern Education Technology Center, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou 425100, China)

Abstract: Data security and informationization reliability systems are the primary problems in the construction of hospital informationization. The article analyzes three cluster technical principles of Windows operating system in details. Combined with the status and needs of Center Hospital's informationization in Yongzhou city, it proposes a program suitable for informationization in medium and large hospitals. Through simulation experiments and actual use testification in Central Hospital, this program can be a good solution to solve data security and application reliability, with promotion prospects.

Key words: cluster; informationization; network load balance; Microsoft cluster server; component load balance

随着我国医院管理信息系统(Hospital Information System, HIS)和医疗临床信息系统的普及应用^[1], 将标志着医院的管理已进入信息化时代。在使用过程中, 随用户数的增加, 业务请求也成几何量级增加, 服务器的响应速度将成为整个系统的瓶颈。面临此问题通常的解决方法有两种, 一种办法是采用高性能服务器, 但服务器性能的增长速度始终无法跟上用户数量的增长; 另一种办法是采用集群(Cluster)技术来解决, 当用户数量增加时, 只需相应地增加服务器数即可满足用户对访问响应速度的要求; 方法二仅能暂时解决响应速度问题, 但从长远来看无法解决数据的安全性和可靠性问题。因此, 寻求一种新的解决办法势在必行。本文以我市中心医院 HIS 服务为例, 结合集群、负载均衡等技术来解决医院信息化建设中数据的安全性及信息系统的可靠性问题, 以提高服务请求响应速度。

1 集群技术原理

集群是一组相互独立、通过高速网络互联的计算机组, 以单一系统模式运行及管理, 当用户与集群相互作用时, 集群像是一台独立的计算机处理用户请求^[2]。在 Windows 操作系统中, 提供的集群技术有网络负载均衡(Network Load Balance, NLB)、COM+ 组件负载均衡(Component Load Balance, CLB)和服务器集群(Microsoft Cluster Server, MSCS)三种技术, 在系统中均采用三层应用程序架构设计, 每一层都有各自的解决方案。

1.1 网络负载均衡

负载均衡是建立在现有网络结构之上, 提供了一种廉价有效的方法扩展服务器带宽和增加吞吐量, 加强网络数据处理能力, 提高网络的灵活性和可用性^[3,6]。每个集群采用一个虚拟 IP 地址对外提供

① 收稿时间:2011-06-24;收到修改稿时间:2011-07-13

服务，接收传入的客户端请求，通过负载均衡算法分配到各成员服务器中进行处理，再将应答返回给用户；集群中的每台服务器都有一个属于自己的静态 IP 地址，所有静态 IP 均属同一子网，供集群内各成员服务器间的心跳监测。每个集群最多支持 32 台计算机，可配置成单网卡单播、单网卡多播、多网卡单播和多网卡多播四种中任意一种通信模式^[4]。其中双网卡多播原理如图 1 所示。

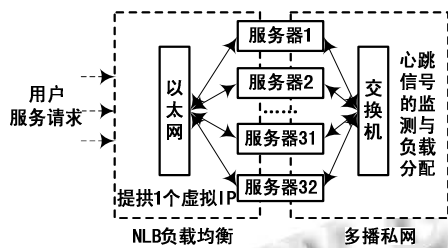


图 1 NLB 双网卡多播原理图

1.2 组件负载均衡

组件负载均衡是一种基于中间应用层的负载均衡机制^[5]，能在多个运行站点业务逻辑的服务器之间分配负载，最多包含 8 个等同服务器的服务器集中提供 COM+ 组件的动态平衡。在组件负载均衡中，COM+ 组件位于单独的 COM+ 群集中的服务器上，当处理业务请求时，组件负载均衡算法能为数据流在后台众多的访问路径中选择一条最佳路径，并能确保应用程序在出现故障时仍能继续运行。组件负载均衡服务不是系统本身的组件，需结合微软的 Application Center 2000 共同实现，原理如图 2 所示。

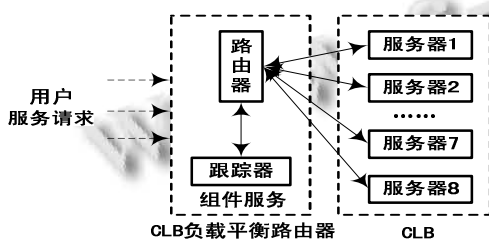


图 2 CLB 原理图

1.3 MSCS 集群服务

MSCS 集群是高可靠性集群，充当后端集群，可为数据库、文件服务、打印服务等应用程序提供高可用性。基本结构是各成员服务器通过逻辑网络连接起来组成集群体统一对外提供服务，当集群中任一节点

发生硬件或软件故障时，MSCS 会最大程度地减少故障对系统的影响，将运行在该节点上的应用通过群集服务功能移向其它无故障的节点并被重新启动。集群中各节点使用具有公共总线结构的共享磁盘配置，在故障切换期间不会造成数据丢失，原理如图 3 所示。

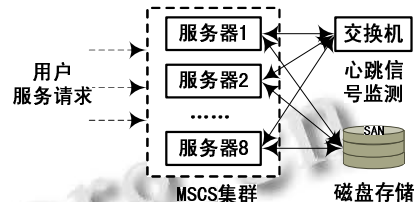


图 3 MSCS 原理图

2 业务系统集群及设计

2.1 系统模型

医院信息系统已成为医院的基础设施，HIS、LIS、RIS(Radiology Information System)、PACS(Picture Archiving and Communication System)等众多内容丰富、功能强大的应用平台，逐渐成为医院信息技术的核心。在当前众多的应用系统中，采用的结构有客户/服务器 (Client/Server,C/S) 及浏览器/服务器 (Browser/Server,B/S)两种结构，也有部分系统集成两种结构的优点，将其结合起来使用。

HIS 系统经历了多个时代的发展，从主机加终端的分时系统经历纯 C/S 系统、B/S 系统到现在最新的多层结构 WEB 系统。对于多数建立 HIS 系统时间比较早的医院来说，过度到多层结构的 WEB 系统是需要一个过程，并出现了两者兼容使用的业务需求，多数 HIS 开发商在提供最新结构的同时，也提供了 C/S 结构方式；对不同的部门及业务，根据其使用条件可自定义不同使用方式。针对多层 WEB 系统的结构建立多层 B/S 结构模型，如图 4 所示。

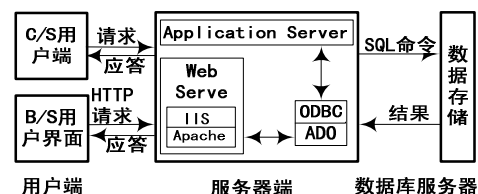


图 4 多层 B/S 结构模型图

多层 B/S 模型业务应用将数据库应用分成三个逻辑单元，每个单元运行在相互连接的计算机上，通过

计算机网络互相共享数据和通信，三个单元是 Server、Browsers 和 RDMBS。

(1) Browsers 单元主要完成数据显示、录入等用户界面的功能，一般采用标准浏览器完成；

(2) Server 单元包括 Web Server 和 Application Server。Web Server 负责管理 HTML 文档的存储和传送以及与浏览器的连接；Application Server 集中管理业务规则和 Web Server 与 RDBMS(Relational Database Management System)的数据交换，同时为了兼容 C/S 结构，也为部分无法 WEB 化的业务提供服务；

(3) RDMBS 提供数据的存储和管理功能，如 Sybase、Oracle、Microsoft Sql Server 等。

2.2 集群服务设计

(1) 信息化现状

我市中心医院为新建医院，在 HIS 业务信息化系统建设中提供 6 台服务器、两台 IP SAN 网络存储和其它网络支撑设备。在现有的网络结构中，为 1100 用户提供 24*365 天无故障服务。在此数量庞大的网络环境下，为更好的提供高质量、高安全、高可靠性的网络服务，将对服务平台的前端应用采用 NLB 负载均衡进行设计，数据库部分采用 MSCS 故障转移技术进行设计，后端的 IP SAN 采用双机技术，并进行异地容灾备份设计，以保证网络的 24*365 天无故障运行。

(2) 服务端负载均衡

在流行的多层 B/S 模型基础上，结合 HIS 系统结构特点，在我市中心医院 HIS 业务系统服务端采用 4 台服务器并安装 Windows 2008 Server R2 操作系统提供服务，利用系统本身的 NLB 组件实现系统服务前端业务的负载均衡设计。四台服务器均为双网卡，每台服务器的第一张网卡命名为“局域网”，连接到与其它 NLB 集群内成员服务器共享的 VLAN(Virtual Local Area Network,虚拟局域网)；在安装 NLB 时，共同虚拟一个与连接网段相同的 IP 地址给 NLB 集群，为用户端业务提供服务。每台服务器第二张网卡命名为“专网”，连接一台仅供此 NLB 集群使用的交换机，用于 NLB 集群各成员服务器间的心跳信息监测及负载的分配。NLB 集群结构如图 5 的 NLB 负载均衡部分。

医院其它各部门办公室通过楼层汇聚交换机连接到网络机房的核心交换，通过路由访问 DMZ 服务器区各网络应用服务。在 DMZ(Demilitarized Zone, 非军事化区)区域中，各不同的网络应用服务均划分了不同

的 VLAN。NLB 算法通过私网随时监测分组内各成员服务器的状态及负载情况，一旦发生组内某成员服务器宕机，立即调整负载算法将应用服务分配到组内其它成员服务器中并通过 SNMP 代理向网络管理平台发送 Trap 告警信息，保证服务的正常运行。

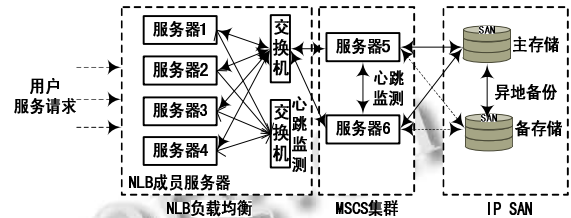


图 5 HIS 系统集群设计图

(3) 数据库故障转移

HIS 采用的数据库为 SQL Server 2008，它不支持真正负载均衡，传统的解决方案采用“2+1”模式，两台服务器进行双机热备份并连接一台磁盘阵列进行数据共享。这种结构中，单台磁盘阵列往往成为核心系统的单点故障，一旦发生故障，整个系统将停机。并且，在使用过程中，用户认为系统的高可靠性而忽视了数据备份的重要性，当磁盘阵列发生故障或人为误操作导致数据丢失时，只有磁盘阵列中有一个数据拷贝，因无法恢复而后悔莫及。

为了解决上述问题和远程容灾问题，此设计中采用了 2 台数据库服务器和 2 台 IP SAN 进行设计。2 台服务器采用双网卡，第一张网卡连接到故障转移集群以太网的专用 VLAN；另一张网卡采用对等线连接监测两台服务器间的心跳信号；服务器中安装微的 MSCS 互为故障转移及 SQL Server 2008。2 台存储一台放置于中心医院网络机房，另一台放置于老院机房，两台存储租用光纤链路进行连接并互为备份；两台服务器分别与两台存储连接，服务器 5 与主存储，服务器 6 与主存储连接作为主连接，其它连接为备用链接，在正常工作时，仅为服务器 5 和主存储进行工作。结构如图 5 的 MSCS 集群部分及 IP SAN 部分所示。在图 5 结构中，四台设备中的任意一台出现故障均不会影响业务的正常使用。

3 实验测试

按图 5 所示结构，将中心医院用于 HIS 服务的设备按图 5 连接并按表 1 的要求配置 IP 地址，每台服务

器安装 Windows 2008 Server 操作系统, 磁盘结构与容量配置均相同, 安装相同的网络应用服务, 所有的服务器均配置 SNMP Services 服务, 采用 Cacti 进行监控管理每服务器的工作状态情况。

表 1 服务器 IP 配置

NO	LAN IP	专网 IP	集群 IP
1	172.16.1.2/27	192.168.1.2	172.16.1.1
2	172.16.1.3/27	192.168.1.3	
3	172.16.1.4/27	192.168.1.4	
4	172.16.1.5/27	192.168.1.5	
5	172.16.2.2/28	192.168.2.2	172.16.2.1
6	172.16.2.3/28	192.168.2.3	

测试平台采用实物设备构建, 用户数的模拟及时间差的统计采用微软的负载测试工具 WAS(Web Application Stress Tool)进行, 测试在一定并发连接数的条件下多台服务器组成的 NLB 集群与单台服务器所提供网络服务的响应时间。测试时模拟用户对域名进行访问, 用户访问并发连接数在 1000 到 21000 之间进行变化, NLB 成员服务器从 4 台到 1 台在线正常工作的情况下进行切换, 在此条件下对响应时间进行多次测试并统计, 结果如图 6 所示。

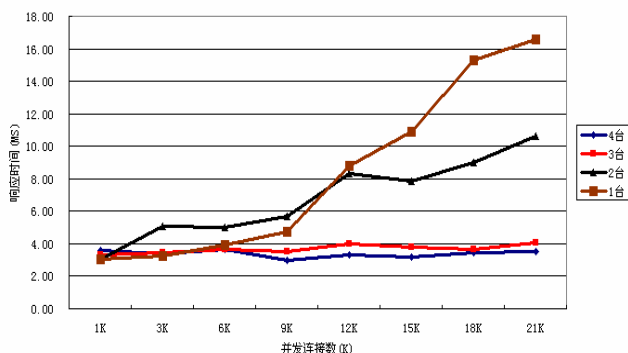


图 6 NLB 响应时间测试

通过实验测试, 在 21000 个并发连接数时, 单台服务器与 NLB 四台服务器集群的响应时间存在 5 倍以上的差距。实验表明, 在并发连接数比较少的情况下, 单台服务器与 NLB 集群相比, NLB 并不能发挥其优势, 还有可能因为 NLB 算法将请求分配到各服务器的

过程而延时; 在我市中心医院 1100 用户, 10000 以上的并发连接需求下, 建立 4 结点的 NLB 集群完全满足应用平台的可靠性需求。

数据库故障转移的测试实验是按图 5 要求进行连接, 安装微软的 SQL Server 2008 数据库服务, 两台服务器的设置完全相同, 将服务器 5、服务器 6 中任意一台的网络连接进行禁用, 用 EthView 抓取连接恢复及重定向报文进行计算统计, 经多次实验结果计算出切换时业务恢复所需的平均时长为 10.133 秒, 满足实际的业务需求。

4 结语

为保证医院各信息系统 24*365 天不间断、无故障的运行, 本文结合当前医院信息系统多层 B/S 结构的实现特点, 采用 Windows 集群为信息系统数据提供的安全性和可靠性技术, 提出了一套适合大中型医院信息系统集成的方案, 并容入了 IP SAN 远程容灾技术进行设计。文中对方案进行论证及实验测试, 证明所提出的设计方案能满足大中型医院信息化建设的需求。方案中集群的各成员服务器都具有相同的配置和高速网络环境, 因此, 在服务器不同配置及接口速度不一致的情况下, 影响集群实现及工作效率的关键因素是我们需要进一步研究的课题。

参考文献

- 1 朱晓曦. 浅谈现代医院信息化建设. 医学信息学, 2010, 10(3): 3520-3522.
- 2 王志晓, 姜秀柱, 张辰. 集群技术在 Internet 服务器中的应用. 计算机工程与设计, 2004, 25(3): 472-474.
- 3 段国云, 盛新福. 负载均衡技术在 Web 服务中的应用研究. 办公自动化综合版, 2009, 6(125): 29-31.
- 4 微软白皮书, 规划网络负载平衡集群. [http://technet.microsoft.com/zh-cn/library/cc784785\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/zh-cn/library/cc784785(WS.10).aspx).
- 5 刘东飞, 邹昌盛, 陆鹏, 李彤. 基于 COM+ 的组件负载平衡的研究. 武汉理工大学学报, 2005, 4(27): 94-98.
- 6 顾树华. 利用 Windows 群集服务构建双机互备系统. 计算机系统应用, 2006, 15(2): 60-61.