

基于动态负载均衡的网络监控系统

王泽均, 陈新, 王勇, 高宝庆

(广东工业大学计算机学院广东省网络化监控与决策支持重点实验室, 广州 510090)

摘要:设计企业局域网络监控系统 NetMonitor, 该系统基于 J2EE 技术实现对网络服务的支持。引入动态负载均衡机制作为集群服务器网络监控系统的核心, 利用动态库管理机制对消息进行统一管理, 根据路径分配策略进行任务分派, 实现资源高效利用和分配。对负载均衡进行性能评价与测试, 分析影响系统性能的原因并研究相应改进方法。测试结果表明, 支持动态负载均衡的网络监控系统具有分析、查询诊断等监控功能以及响应时间快、效率高、资源高效利用等负载均衡优点。

关键词:监控系统; 网络服务; 动态负载均衡; 集群

Web Monitor System Based on Dynamic Load Balance

WANG Ze-jun, CHEN Xin, WANG Yong, GAO Bao-qing

(Key Laboratory of Network Monitoring and Decision Supporting, School of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090)

【Abstract】This paper designs a monitoring system of enterprise Ethernet names NetMonitor, which supports Web services based on J2EE technologic. It introduces the method of dynamic load balancing, which is the core of cluster monitoring system, to use and distribute resource of system high effectively, and it manages distributed message utilizing dynamic library manager and affords a lot of strategies of task assignment based on route distribute strategy. This paper presents the results of experiments that systematically evaluate the performance of dynamic load balancing strategies, analyzes the matter of effect system performance and researches the improving method. The testing results show that the monitoring system supports dynamic load balancing has powerful analysis, query and diagnosis monitoring functions, and has the load balancing advantages of fast response time, high effective and high availability.

【Key words】monitor system; Web services; dynamic load balance; cluster

1 概述

随着通信、计算机、自动化技术的发展, 监控系统经历了集散系统、现场总线系统 2 个阶段, 逐渐演变为具有数字化、网络化和智能化特征的现代化网络监控系统。近年来, 服务器集群网络监控系统成为负载均衡技术的研究热点, 众多学者针对 CPU、内存和 I/O 等资源解决了很多问题^[1-3]。本文基于 Web services/J2EE 技术提出一种支持动态负载均衡的网络监控系统模型, 基于主从监控机制, 利用动态库管理机制对消息发送、传输和接收进行管理, 根据路径分配策略进行任务分派。在基于该系统的负载均衡实现过程中, 对每个成员建立动态链表, 通过动态库链表的阈值实时监控成员负载情况。采用集中式调度进行负载信息收集和负载平衡决策, 结合负载迁移和链表管理进行过载处理。

2 网络监控系统

2.1 系统的总体设计

支持动态负载均衡的网络监控系统需要实现的主要目标如下: (1) 在企业局域网中, 对服务器运行状况进行数据捕获和采集、数据传输及查询、数据分析与反馈以及诊断决策; (2) 根据实时监控到的各个主机和系统负载状况, 进行负载均衡计算, 从而最大限度地提高系统资源利用率并减少任务的平均响应时间。

网络监控系统 NetMonitor 采用 C/S+B/S 模式开发, 充分利用了 2 种结构的优点。此系统主要由 4 个部分组成, 各个部分的主要功能如下:

(1) 节点监控端 (NetMonitor Monitor)。负责采集服务器 CPU、I/O 和 memory 等各个性能指标参数, 根据监控目标的运行状态和参数分析抽取需要的数据。该节点既是服务器又是客户端, 且具有负载均衡服务功能。由于企业网络安全机制的限制, 因此网络监控系统的数据传输协议必须具有可配置性和高兼容性, 如支持 TCP/IP, FTP, HTTP 和 Data Socket 等协议。

(2) 客户监控端 (NetMonitor Client)。具有在线监控、状态识别、历史记录查询、分级报警和状态趋势预测等功能。系统根据服务器设置客户权限进行管理, 系统管理员可根据系统的工作状态对服务器负载均衡参数采用人工设置和系统自动调整相结合的方法, 从而确保负载均衡服务有效进行。

(3) 监控服务中心 (NetMonitor Server)。根据数据采集端发送过来的测试/监控数据、控制数据和负载均衡数据进行不同等级的数据解包、分类、抽取和加工等操作。它主要包括数据服务和控制服务, 数据服务包括任务调度服务程序、负载均衡服务程序、Web 服务程序。数据服务包括传输服务程序、操作数据 (ODS)、数据抽取、转换、装载 (ETL)。此部分功能主要采用基于 Web services 的 J2EE 分布式多层结构来实现。

(4) 数据库 (NetMonitor Database)。分为实时数据库、Web 数据库和实时分析器 (Real Time Analyzer, RTA)。实时数据库

作者简介:王泽均(1980-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 网络化监控与决策支持, 数据挖掘和商业智能; 陈新, 教授、博士生导师; 王勇, 讲师、博士研究生; 高宝庆, 硕士研究生

收稿日期: 2008-08-21 **E-mail:** wangzejun@163.com

缓解 Web 数据库压力, 提高数据处理时间和吞吐能力, 存储着各服务器端的运行信息。RTA 主要负责集中分析并处理负

载均衡性能数据, 实现负载均衡。系统总体设计功能模型如图 1 所示。

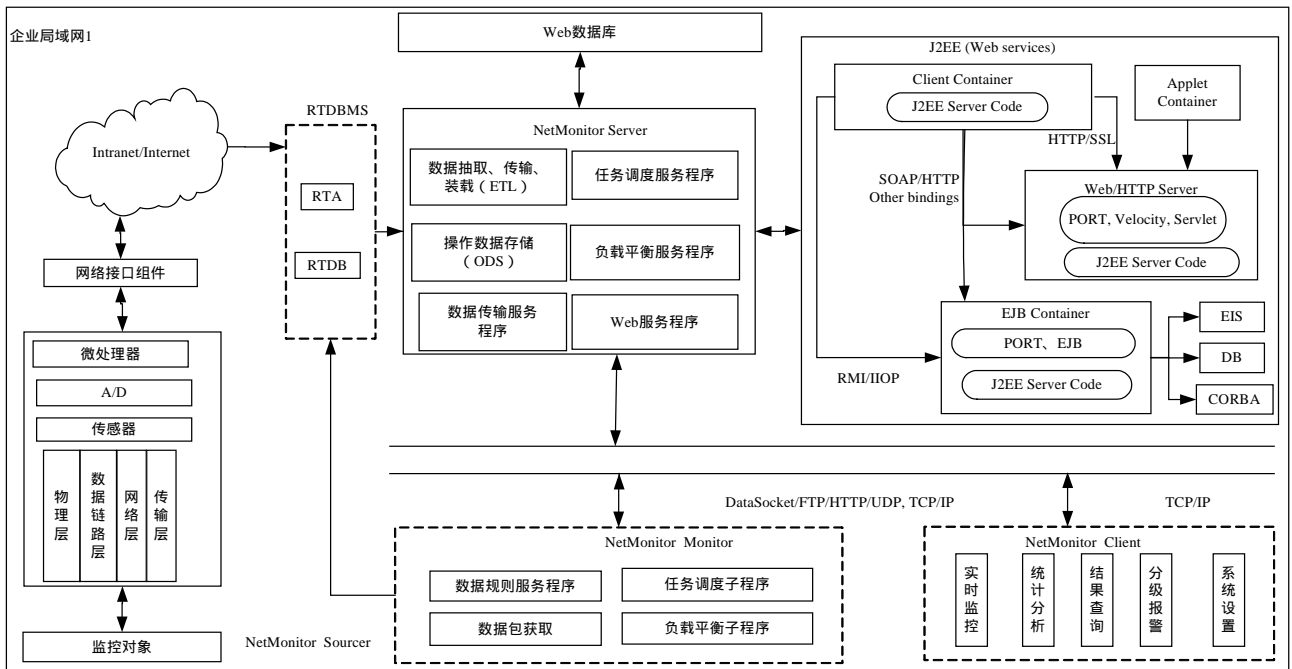


图 1 系统总体设计功能模型

2.2 系统的消息策略

在系统互联通信中, 消息通信的准确性和实时性将直接影响应用系统性能和负载均衡机制的运行。因此, 本文考虑实际应用中业务动态变化的情况, 提出动态库管理机制来优化系统性能指标。系统消息数据处理流程如图 2 所示。

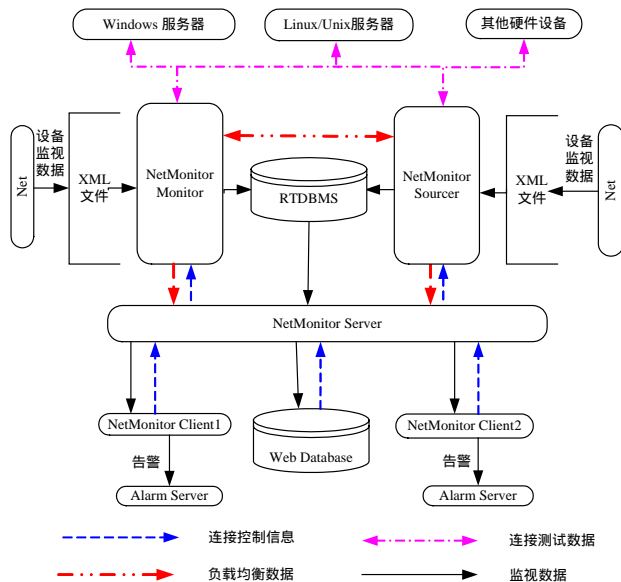


图 2 系统消息数据处理流程

本文系统进程通过共享内存、缓冲池技术进行通信, 与其他同类网络监控系统的通信机制相比, 做了如下 3 点改进:

(1) 消息数据根据功能分为 3 类: 测试/监控数据, 控制数据和负载均衡数据。测试数据对实时性要求不高, 允许延时; 负载均衡数据对实时性要求很高, 对它们进行分类可以制定消息等级机制, 保证系统消息策略的有效运用。

(2) 进程间的通信采用异步通信机制与同步通信机制相结合的方式。对测试/监控数据采用异步通信方式, 减少因同

步而造成的等待浪费。对实时性和准确性要求高的监控数据和负载均衡数据采用同步通信机制确保数据的有效进行。

(3) 针对缓冲池中的 memory-to-memory copy 现象^[4], 消息发送/接收进程和服务器都采用动态库管理机制。该机制具有统一分配、发送/接收和释放缓冲池的功能, 它采用路径分派而非数据分派方式, 将耗时的消息接收、处理等工作交由服务进程, 而不是经由分派进程接收后再交给服务进程, 从而避免了分派进程通信瓶颈问题。

2.3 系统的负载均衡策略

负载均衡是通过数据分流和负荷转移实现资源高效利用和分配的重要手段, 一般分为静态负载均衡和动态负载均衡。静态负载均衡通常指映射问题或调度问题。动态负载均衡是系统在运行过程中, 不断地根据运行时节点的负载情况, 将工作量动态地分配到各个计算节点, 负载轻的节点被分配较多工作。动态负载均衡通常分为集中式和分散式^[5]。

集中式动态负载均衡适应进程少且任务是计算密集型的情况。考虑到应用集群系统^[6]的浪涌情况及其对细粒度任务和多子进程要求较高, 本文采用分散式动态负载均衡。

分散式动态负载均衡机制采用如下 3 个策略^[7]:

(1) 信息策略。采用事件驱动的集中式信息策略, 即节点向 RTA 发送软中断信号。RTA 接收、管理全局范围节点事件。

(2) 迁移策略。采用 freelist 迁移策略, RTA 可以根据每台服务器的性能指标预置 2 个可调阈值, 即 listused (L_u) 和 listfree (L_f)。根据节点负载情况, RTA 只要维护一张 freelist 表, 针对多种资源的相互关系, 采用向量定义节点 m 的负载因子 $L(m)$ 。

定义 1(负载因子) 最近一个时间片内主机的负载状况和变化趋势, 负载因子值越小负载越轻, 表示为

$$L(m) = L_u \times \frac{\text{Max_Load_List}}{\text{Max_Load}} + L_f \times \frac{\text{Load_List}_1 - \text{Load_List}_2}{\max(\text{Load_List}_1, \text{Load_List}_2)}$$

若 $L(m) > L_u$ & $1 - L(m) > L_f$, 则系统欠载, 请求接受任

务, 加入 freelist, freelist 重新按 $1-L(m)$ 排序。若 $L(m) < L_u$ 且 $1-L(m) > L_f$, 则系统适载, 不要求接受任务也不请求迁移任务。若 $L(m) < L_u$, 则系统过载, 请求迁移任务, 请求在 freelist 中选择一个或多个节点分压, 根据算法选中分压的节点将相应减值, 当其值小于 L_f 时, 退出 freelist。

目前多数系统都是针对进程状态中数据量最大的进程地址空间的转移进行研究的, 主要策略有 Eager(dirty)策略、Copy-on-Reference(COR)策略、Flushing 策略和 Precopy 策略。本系统消息策略采用动态库管理机制, 根据路径分派可以预知节点间的相关性, 因此, 采用 Flushing 策略。

(3)选择策略和定位策略。系统采用上述动态库管理机制统一分配、发送、释放和接收负载均衡信息, 结合发送者启动和接收者启动, 利用 freelist 机制和缓冲池技术实现, 具有及早发现过载节点、准确定位迁移目标节点以及缩短迁移任务响应事件的优点。

3 负载均衡的性能分析与评价

平均响应时间是衡量负载均衡的主要性能评价指标, 根据本文分散式动态负载均衡算法的特点, 先定义 $Rate(j)$ 表示节点 j 的最大资源(I/O, Memory, CPU 等)的最大权重。

定义 2 节点 j 在系统中的节点资源权值为 $Rate(j)$ 与系统最大 $Rate(j)$ 之比, 即

$$W_R(j) = \frac{Rate(j)}{\max_{j=1}^P (Rate(j))}$$

其中, P 为节点总数。

定义 3 系统负载性能指标可调阈值 K_u 是对各节点资源权值与资源平均权值差的平方和的平均值取平方根, 即

$$K_u = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^P (\bar{W}_R - W_R(j))^2}{P}}$$

其中, L_u 和 L_f 根据 K_u 来设置。

本实验数据以 1 台 AIX 小型机和 3 台 Windows 2000 Server 服务器作为集群。请求在服务器上的执行时间为 10 s, 在服务主动申请周期 $T=0.1$ s 的条件下, 响应时间随请求频率的变化曲线如图 3 所示。

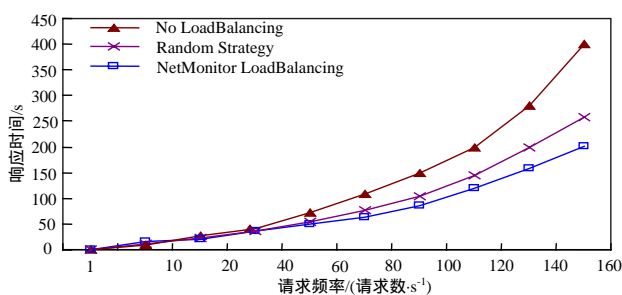


图 3 响应时间随请求频率的变化曲线

(上接第 114 页)

参考文献

[1] Cox D. Long-range Dependence: A Review[M]. Ames, Iowa, USA: Iowa State Univeristy Press, 1984.
 [2] Gao Jianbo, Rubin I. Multiplicative Multifractal Modeling of Long-range Dependent Traffic[J]. International Journal of Telecommunication Systems, 2001, 14(3): 783-801.

由图 3 可以看出, NetMonitor 系统的负载均衡在请求频率低时效果不明显, 甚至比其他两者效率更低。主要原因是增加算法复杂度的同时增加了少量计算时间。而随着请求频率的递增, NetMonitor Load Balancing 效果明显, 极大改善了系统响应时间, 其原因如下:

(1)采用集中式信息管理, 通过消息分级策略、缓冲池动态管理技术, 减轻系统同步开销和网络通信负载, 减少了系统时间和资源浪费。

(2)只要建立并维护一张 freelist 表, 提高了搜索定位速度, 可以防止任务迁移抖动现象, 减轻了系统负担。

(3)建立动态库管理机制, 防止了 freelist 引起的碎片现象和缓冲池中 memory-to-memory copy 现象, 减少了系统响应时间。

(4)适当地考虑了服务器当前可能的变化趋势是逐渐加重还是逐渐变轻, 具有一定智能性, 适合 flushing 进程迁移策略。

4 结束语

实验数据和性能分析结果表明, 支持动态负载均衡的网络监控系统适用于企业局域网的集群系统。

下一步工作将研究如何使系统实时自适应调整阈值, 分析并完善系统可拓展性和安全性。

参考文献

[1] Hui Chichung, Chanson S T. Improved Strategies for Dynamic Load Balancing[J]. IEEE Concurrency, 1999, 7(3): 58-67.
 [2] Li Xiao, Zhang Xiadong, Qu Yanxia. Effective Load Sharing on Heterogeneous Networks of Workstations[C]//Proceedings of the 14th International Parallel and Distributed Processing Symposium. Cancun, Mexico: [s. n.], 2000: 431-438.
 [3] Qin Xiao, Jian Hong, Zhu Yifeng, et al. Towards Load Balancing Support for I/O-intensive Parallel Jobs in a Cluster of Workstations[C]// Proceedings of IEEE International Conference on Cluster Computing. Hong Kong, China: [s. n.], 2003: 100-107.
 [4] Flaherty J E, Loy R M, Scully P C, et al. Loading Balancing and Communication Optimization for Parallel Adaptive Finite Element Methods[C]//Proc. of IEEE SCCC'97. Washington D. C., USA: [s. n.], 1997.
 [5] Wilkinson B, Allen M. 并行程序设计[M]. 陆鑫达, 译. 北京: 机械工业出版社, 2002.
 [6] 郑洪源, 周良, 吴家祺. Web 服务器集群系统中负载均衡的设计与实现[J]. 南京航空航天大学学报, 2006, 38(3): 348-351.
 [7] 杨华杰, 张尧学, 周悦芝, 等. 一种基于透明计算的动态负载均衡算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(13): 133-136, 163.

[3] Jaffard S. Multifractal Formalism for Function[J]. SIAM Journal of Mathematical Analysis, 1997, 28(4): 944-998.
 [4] Gilbert A C, Willinger W, Feldmann A. Scaling Analysis of Conservative Cascades, with Applications to Network Traffic[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1999, 45(3): 971-991.
 [5] Paxson V. The Internet Traffic Archive[EB/OL]. (2000-04-29). http://ita.ee.lbl.gov.