

基于综合负载动态分组的负载均衡算法研究

李永明¹, 李冬²

(1. 平顶山学院 计算机科学与技术学院, 河南 平顶山 467000;

2. 新乡学院 计算机与信息工程学院, 河南 新乡 453003)

摘要:针对服务器集群负载多变和动态算法系统开销大的问题,结合轮转法和动态反馈法的优点,提出了综合负载动态分组的负载均衡算法.该算法兼顾了集群系统中服务器异构和请求类型不同的问题,并配置了综合负载阈值和强制刷新的最小时间间隔.试验表明该算法系统开销小,负载均衡效果显著.

关键词:服务器集群;负载均衡算法;综合负载;动态分组

中图分类号:TP301.6 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2012.06.008

Study on load balancing algorithm based on integrated load and dynamic group

LI Yong-ming¹, LI Dong²

(1. Computer Science and Technical Academy, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China;

2. College of Computer and Information Engineering, Xinxiang University, Xinxiang 453003, China)

Abstract: In order to resolve the problems that server cluster load is variable and dynamic algorithms spends too much system overhead, a load balancing algorithm based on integrated load and dynamic group was presented. This algorithm considers problem of server isomerism and different requirement categories in computer cluster and is equipped with comprehensive load threshold and the minimum interval of compulsory reload. The experimental results showed that the overhead of the algorithm is smaller and its load-balancing effect is remarkable.

Key words: server cluster; load balancing algorithm; integrated load; dynamic group

0 引言

目前网络通信的信息量迅速增大,服务器不堪重荷,但是服务器软硬件升级又面临众多障碍.这种现状下,服务器集群技术应运而生^[1].服务器集群就是将一组服务器作为一个整体,代替单个服务器为用户提供透明的服务^[2].负载均衡算法对服务器集群至关重要,它决定着集群系统的性能^[3].负

载均衡的前提是找到一种能准确反映服务器负载情况的表示方法.常用的方法是通过服务器的维持连接数来表示,这种方法虽然简单,但是存在弊端:第一,如果集群中服务器是异构的,那么它们的性能差别会很大;第二,不同类型的服务消耗的资源不同.因此,单纯使用连接数表示不能准确地反映负载的状态.

目前国内外提出的负载均衡算法主要有 LIAC,

LCB 和 RSLB^[4-6]. LIAC 算法需要先获取服务器的负载上限和当前信息,然后挑选出负载最小的服务器来调度,其缺点是服务器计算量大,维护成本高. LCB 算法使用负载容率(LC)来表示节点负载状况,LC 能够自适应地调整.其优点是 LC 能够准确地反映节点信息,缺点是在网络状态不稳定的情况下,数据传输会受到很大的干扰.针对上述问题,本文提出一种基于综合负载动态分组的负载均衡算法 ILDGB(integrated load and dynamic group based algorithm),将简单高效的轮转算法和动态反馈算法结合起来,以达到既能很好地均衡服务器集群负载,又避免算法大量开销的效果.

1 ILDGB

在 ILDGB 中,有 6 个需要考虑的输入信息,分别是服务器新连接比例、处理器负载、磁盘情况、内存情况、进程数和响应时间.把它们存储在输入矩阵 M 中,表示为 $M = [I, C, D, F, P, R]$. 引入参数矩阵 $K = [K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6]$, 负载计算公式为

$$L_j = [K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6] \begin{bmatrix} I \\ C \\ D \\ F \\ P \\ R \end{bmatrix}$$

其中, K_i 表示 M 中第 i 项的权值, $\sum K_i = 1, i = 1, 2, \dots, 6$.

该算法的基本思想是,一个调度周期 T 结束时,更新综合负载表的信息并按照负载的大小排序;然后,按照负载的大小将服务器集群分成 2 组,负载较小的一组服务能力强,为调度组;负载较大的一组服务能力弱,为非调度组. 下个调度周期内的服务请求按轮转法分配给调度组中的服务器. 这样,既考虑了服务器异构的性能差异和服务请求差异,又避免了在高密度请求时出现服务器负载倾斜的现象,而且体现了轮转调度简单高效的优点. 算法的程序流程图如图 1 所示.

算法:综合负载动态分组调度(ILDGB)

输入:未分配服务请求的集群服务器

输出:已分配服务请求的集群服务器

步骤:

1) 初始化综合负载表;

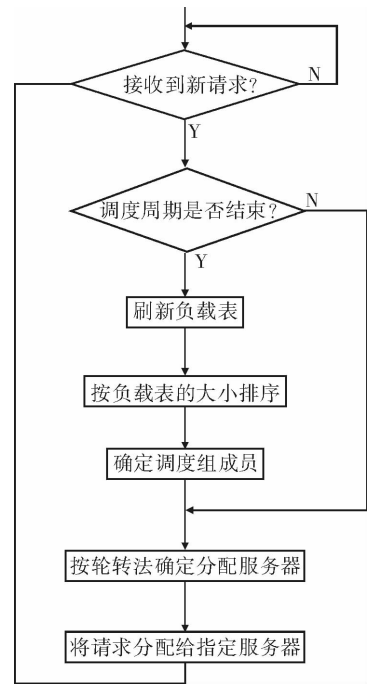


图 1 ILDGB 算法流程图

2) 接收一个客户机的新请求,如果调度周期 T 结束,则刷新综合负载表,按照综合负载的值大小排序,并将其分为 2 组,即调度组和非调度组;

3) 将下个调度周期 T 内到达的请求按照轮转调度原则分配到调度组的服务器上;

4) 若调度周期内没有收到某台服务器的信息,就将该服务器置于非调度组中;

5) 转到 2) 循环执行.

调度周期 T 的设置会影响算法的性能. T 太大,则当请求密集时,调度组中的服务器负载急剧上升,出现负载倾斜的现象; T 过短,虽能更准确地反映服务器的负载状况,但会增加调度算法本身的系统开销. 一般情况下,更新周期设置为 $1 \sim 11$ s^[7]. 但是在 1 个调度周期内,若服务请求过于密集,就会出现调度组中的服务器超负荷工作而非调度组闲置的现象. 为了解决这个问题,可以为服务器设置一个综合负载阈值. 当服务器的综合负载超过这个阈值时,就向负载调度器发出警告. 若在一个调度周期 T 未结束时,调度组内有超过 1/2 的服务器发出警告,则调度器强制刷新负载表,重新分组. 试验表明,恰当地设置阈值,在短时间请求超常密集时,能得到很好的效果;但是当服务器集群的整体负载很大时,设置阈值会导致频繁地分组,使集群系统的性能雪上加霜. 因此,系统需要设置刷新负载表进

行重新分组的最小时间间隔,这样就可以使集群系统长期处于高效稳定的服务状态.

2 仿真结果与分析

试验设备:计算机 10 台,软件压力测试工具采用 WAS.

试验方法:10 台计算机中,1 台负责调度,8 台作为服务器,另外 1 台通过模拟测试工具来模拟外界用户.

试验重点:比较轮转法 (RR)、综合负载动态分组法 (ILDGB) 和最小负载优先法 (LLF) 3 种算法的平均响应时间和吞吐量. 平均响应时间用参数 $TTFB$ 表示, $TTFB = \overline{s_i - s_0}$, 其中 s_i 是客户端接收到服务器信息的时刻, s_0 是客户端发送请求的时刻. 客户端单位时间收到的字节数用 BRR 表示, 反映系统的吞吐率^[8].

试验结果:请求量分别设置为 100, 200, 300, 依次增加到 1 000 时,记录下 3 种算法的 $TTFB$ 和 BRR ,图 2 和图 3 分别是 3 种算法在不同请求数时 $TTFB$ 和 BRR 的对比情况.

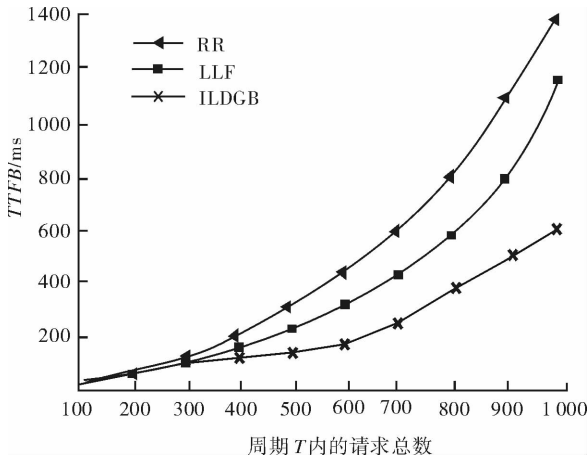


图 2 3 种算法的 $TTFB$ 比较

从图 2 和图 3 可知,当请求数较小时,RR 法的响应时间相比其他 2 种使用动态反馈机制的算法要略小一些,这是因为使用动态反馈机制收集负载信息会有一定的系统开销;随着请求数逐渐增加,使用动态反馈机制的 LLF 算法和 ILDGB 算法就显示出明显的优势,吞吐率比 RR 法高,响应时间也更小.此外,在请求数增加的过程中,ILDGB 算法表现出来的性能要优于 LLF 算法的性能,这是因为在请求数较多时,LLF 算法将一个周期内到达的全部请

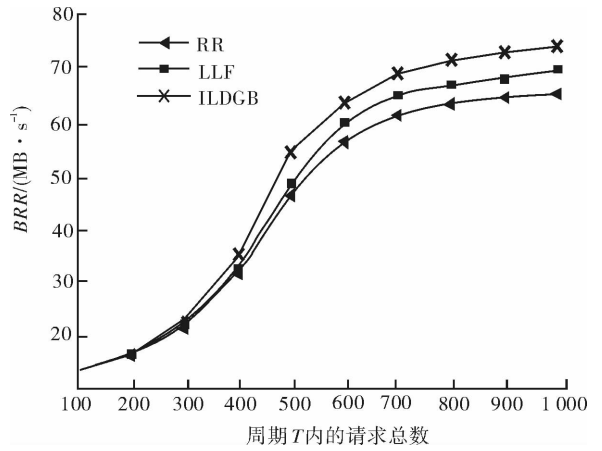


图 3 3 种算法的 BRR 比较

求都分配到同一台服务器上,造成了这台服务器的负载突然大幅度增加,从而出现负载倾斜的现象,而 ILDGB 算法则是将一个周期内到达的所有请求平均到调度组中的服务器上,因此在响应时间和吞吐率上都好于 LLF 算法.

当一个调度周期内服务请求过于密集时,就会出现调度组中的服务器超负荷工作而非调度组闲置的现象.通过使用阈值和设置负载表刷新的最小时间间隔能很好地解决这个问题.图 4 是 ILDGB 算法在未用阈值、使用阈值和使用阈值且配置最小刷新闻隔 3 种情况下,在不同请求数时的 BRR 对比图.从图 4 可知,在周期 T 内请求数 < 500 时,这 3 种情况基本是相同的,因为请求不够密集,在调度周期 T 内,很少有服务器负载超过阈值,不会导致强制刷新.当调度周期 T 内的请求数为 $500 \sim 800$ 时,

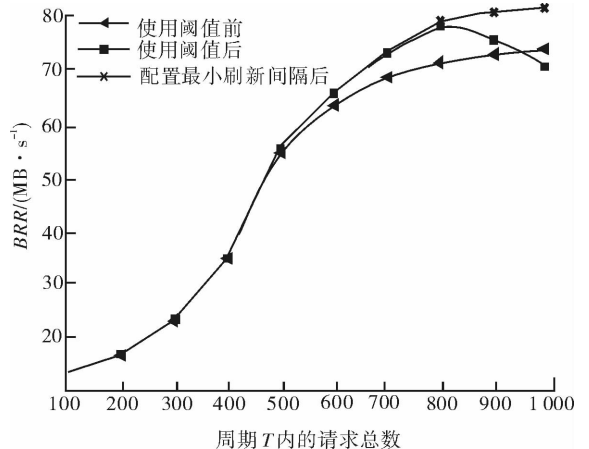


图 4 ILDGB 算法在未用阈值、使用阈值和使用阈值且配置最小刷新闻隔 3 种情况下,在不同请求数时的 BRR 对比图

调度组内会有过半数的服务器负载超过阈值,导致强制刷新,及时避免负载倾斜现象,提高了系统的吞吐率.但当调度周期内的请求数继续增加至 800~1 000 时,由于集群中服务器的负载都很大,会频繁产生强制刷新,急剧增加调度算法的系统开销,从而降低系统吞吐率.因此,该算法设置了强制刷新的最小时间间隔(0.5 s),避免请求过于密集时频繁刷新.从试验数据看,设置最小刷新间隔可以在周期内请求数 > 800 的情况下,使系统的吞吐率持续增长.

3 结论

本文提出了综合负载动态分组调度负载均衡算法,该算法有效地结合了轮转法和最小负载优先法 2 种算法的优点,在配置了综合负载阈值和最小刷新间隔后,达到了很好的实用效果.与现有的负载均衡算法相比,ILDGB 算法不仅考虑了集群系统中服务器异构和请求类型不同的问题,还具有算法系统开销小和负载均衡效果显著的特点.仿真结果表明,在分布式综合服务的应用环境中,ILDGB 算法能使服务器集群系统长期处于负载均衡、服务高效的状态.

(上接第 23 页)

法预测最大误差不超过 5.41%,说明在短时交通流预测方面,该方法是可行的.

表 7 运用 Elman 神经网络法预测的误差 %

周期	E_s	E_l	E_r
1	-3.23	-1.17	-2.15
2	-4.30	-2.19	3.49
3	2.66	-3.60	5.43
4	3.45	-2.47	2.20
5	3.20	3.26	-5.18
6	2.14	3.27	4.14
7	-1.27	2.49	4.16
8	-1.34	3.70	2.15
9	-2.17	5.15	-3.27

4 结语

本文基于马尔柯夫过程建立了道路交叉口车流量预测模型.该模型把各相位定义为当前状态,经片段时候后,系统只要掌握转化为另一状态的可能性,即可制订出相应的控制策略.该模型可用于预测短时间内交叉口每个行驶方向的交通占有率,

参考文献:

- [1] 张前进,齐美彬,李莉.基于应用层负载均衡策略的分析与研究[J].计算机工程与应用,2007,43(32):138.
- [2] 黄光球,刘兆明.基于随机高级 Petri 网模型的服务器均衡集群[J].微计算机信息,2006,22(15):134.
- [3] 李永喜,陈小平,杨兴良.一种基于内容的 Web 服务器集群调度算法[J].计算机应用与软件,2008,25(3):215.
- [4] Raman B, Katz R H. Load balancing and stability issues in algorithms for service composition [C]//Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, San Francisco: IEEE Infocom, 2003: 1477-1487.
- [5] 李文中,郭胜,许平.服务组合中一种自适应的负载均衡算法[J].软件学报,2006,17(5):101.
- [6] 陈亮,王加阳.基于粗糙集的负载均衡算法研究[J].计算机工程与科学,2010,32(1):101.
- [7] 蒋澜,朱明.综合负载变化和分发代价的负载均衡方法研究[J].计算机工程与应用,2009,45(19):110.
- [8] Cardellini V, Colajanni M, Yu P S. Dynamic load balancing on Web-server systems[J]. IEEE Internet Computing, 1999, 3(3): 28.

在较长时间内的预测还需进一步的研究.

参考文献:

- [1] 徐启华.一种基于动态递归神经网络的交通流量实时预测方法[J].淮海工学院学报:自然科学版,2010,12(4):14.
- [2] 董春娇,邵春福.基于 Elman 神经网络的道路网短时交通流预测方法[J].交通运输系统工程与信息,2010,10(1):145.
- [3] 史其信,郑为中.道路网短期交通流预测方法比较[J].交通运输工程学报,2004,4(4):68.
- [4] 杜长海,黄席樾,杨祖元,等.基于神经网络和 Markov 链的交通流实时滚动预测[J].系统仿真学报,2008,20(9):2464.
- [5] Sun S, Zhang C. A Bayesian network approach to traffic flow forecasting [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2010, 7(1): 124.
- [6] Moortly C K, Ratcliffe B G. Short term traffic forecasting using time series methods [J]. Transportation Planning and Technology, 1988, 12(1): 45.