第 37 卷 第 21 期
Vol.37 No.21

计 算 机 工 程
Computer Engineering

2011 年 11 月
November 2011

• 网络与通信 •

文章编号：1000—3428(2011)21—0071—03 文献标识码：A 中图分类号：TP393

基于概率的增强型区分服务算法

特日根[1]，孙永雄[1]，李雄飞[1]，张月莹[2]

(1. 吉林大学计算机科学与技术学院，长春 130012；2. 吉林大学材料科学与工程学院，长春 130025)

摘 要： 相对区分服务中成比例延迟区分(PDD)服务模型算法的公平性不高。为此，提出一种基于概率的增强型区分服务算法 WPPLQ。该算法对等待时间的计算进行优化，利用数据包大小确定服务响应时间，适用于移动定位服务平台。在 NS-2 模拟器上的仿真结果表明，PLQ 和 WPPLQ 均符合 PDD 区分服务模型的性能要求，在高带宽情况下，WPPLQ 具有更高的公平性。

关键词： 区分服务；比例延迟区分；NS-2 模拟器；等待时间；移动定位服务

Enhanced Algorithm for Differentiated Service Based on Probability

TE Ri-gen[1], SUN Yong-xiong[1], LI Xiong-fei[1], ZHANG Yue-ying[2]

(1. College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China;
2. College of Materials Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China)

【Abstract】 For fair shortcomings of current existing algorithms of the Proportional Delay Differentiated(PDD) services model in the relative differentiated, the enhanced algorithm for differentiated service based on probability(WPPLQ) for the mobile location services platform is proposed. This algorithm in calculating the waiting time is optimized to make it more accurate, and by calculating the packet size to determine the service response time, so that the scheduling algorithm is more fair. By the NS-2 simulation platform, the algorithm is simulated and tested. It is verified that the PLQ algorithm and the WPPLQ algorithm are in line with performance requirements which grading the quality of service and feasibilities of differentiated service in PDD model. And it show that WPPLQ algorithm has higher fairness.

【Key words】 differentiated service; Proportional Delay Differentiation(PDD); NS-2 simulator; waiting time; mobile Location Based Service(LBS)

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.21.024

1 概述

网络时代的到来使基于网络的各种业务也开始迅猛增加，为解决传统 Internet 所提供的没有时间和可靠性保证的服务，于是便产生了区分服务。在众多区分服务调度算法中，比例延迟区分[1](Proportional Delay Differentiation, PDD)服务模型为不同类别的服务请求按事先定义好的参数了提供相对质量保证。随着人们活动的范围越来越广，出现了移动定位服务(Location Based Service, LBS)[2-3]平台来帮助人们解决遇到的一系列出行问题。本文在 PDD 模型算法的基础上，提出一种更适合 LBS 平台的改进算法。针对 LBS 平台中的区分服务，PDD 模型算法对若干个等待队列赋予对应于队列请求级别的权值，根据每个队列的长度来判断队列的等待调度情况，进而制定相应调度算法。目前已有 WTP[4-5]、PAD[5]、MDP[4]、LAD[5]等经典算法，此外还有基于概率的公平队列算法 PLQ[6]和 WPLQ[7]算法。

PLQ 算法通过对不同队列的权值和长度计算出每个队列被调度的概率值，再通过这个概率值选择下一个被调度的队列。该算法使得每个队列都有被调度的可能，只是被调度的概率不相同。但为了增加调度算法的公平性，就出现了 WPLQ 算法。该算法在计算概率值时增加了等待次数这个影响因素，因此，WPLQ 通过这种相对完善的计算方法计算出的概率值就具有较高的公平性。但 WPLQ 算法并没有考虑处理每个服务请求所需要的响应时间，因此，为了使调度算法的公平性得到进一步提高，在区分服务中使每个用户得到可靠的、稳定的服务，本文提出基于概率的等待时间最长队列优先算法 WPPLQ。

2 算法原理

WPPLQ 算法通过综合考虑了队列长度、队列权值以及队列等待时间这 3 个因素来计算等待队列被调度的概率值。

每一个等待队列都渴望被调度，所以定义队列的渴望值为 $E_i(i=1,2,\cdots,n)$。根据队列的渴望值不同，可通过式(1)计算每个队列的概率值。

$$P_i=\frac{E_i}{\sum_{i=1}^{n}E_i},\ i=1,2,\cdots,n \tag{1}$$

其中，$P_1+P_2+\cdots+P_n=1$，则队列(1, 2, …, n)所对应的概率区间为 $[0,P_1]$，$[P_1,P_1+P_2]$，$[P_1+P_2,P_1+P_2+P_3]$，…，$[P_1+P_2+\cdots+P_{n-1},P_1+P_2+\cdots+P_{n-1}+P_n]$。在执行调度算法时，随机产生一个 0~1 的随机数，这个随机数落在哪个区间，就会调度哪个队列。

渴望值 E_i 的计算需要考虑队列长度、队列权值以及队列等待时间，因此，定义队列长度为 $L_i,i=1,2,\cdots,n$，权值为 $C_i,i=1,2,\cdots,n$，等待时间为 $T_i,i=1,2,\cdots,n$。

队列长度 L_i 定义的是队列 i 上所有数据包的大小，队列 i

作者简介： 特日根(1987－)，男，硕士研究生，主研方向：智能网络，数据库技术；孙永雄，副教授；李雄飞，教授、博士生导师；张月莹，硕士研究生

收稿日期： 2011-04-21 **E-mail：** literigen@yahoo.com.cn

被调度或有新的服务请求进入时，L_i 的大小都会改变，因此，每完成一次调度，都要重新计算一次队列长度。队列权值 C_i 是初始设定的，是根据不同队列对应的服务级别不同给予相应的初始权值。等待时间 T_i 的初始值均为 0，为了方便对渴望值 E_i 的计算，在数量级上能与 L_i 相匹配，定义 t_i 为调度算法完成一次响应所处理的数据包大小。因此，在调度算法调度某一队列 i 时，$T_j = T_j + t_i, j = 1,2,\cdots,n$ 且 $j \neq i$ 。

因为随着这 3 个元素的增大，E_i 均会增大，所以定义 $E_i = C_i\sqrt{L_iT_i}$ ，代入式(1)即得到调度算法中计算等待队列的调度概率值：

$$P_i = \frac{C_i\sqrt{L_iT_i}}{\sum_{i=1}^{n} C_i\sqrt{L_iT_i}},\ i = 1,2,\cdots,n \tag{2}$$

比较 WPPLQ 和 PLQ，假设：有 2 个等待队列 A 和队列 B，且权值相同，当前队列 A 的长度为 1，B 队列的长度为 $n(n>10)$，则队列 A 与队列 B 被调度的概率比为 $1/n$，因此在随后的调度中，队列 B 被调度的概率就会很大，如果连续多次都调度了队列 B，且每次调度结束后队列 B 中都进入了一个新的请求，而队列 A 中一直没有进入新请求，按着 PLQ 算法的思想，则每次调度程序响应之后队列 A 与队列 B 被调度的概率比一直为 $1/n$，而队列 B 明显比队列 A 执行的次数多了很多，所以，这对于队列 A 是不够公平的，会出现相对饥饿的状态。而在 WPPLQ 算法中，随着队列 A 的等待时间越来越长，其被调度的概率也会相应增加，表明 WWPLQ 较 PLQ 具有更高的公平性。

比较 WPPLQ 和 WPLQ，假设：有 3 个等待队列 A、队列 B、队列 C，队列 A 的服务请求第 1 个被响应，且处理时间为 t_1，则其他队列的等待时间为 t_1。此时调度程序调度了队列 B，并且处理时间是 t_2，队列 A 的等待时间为 t_2，此时队列 C 的等待时间则为 t_1+t_2，所以，队列 A 与队列 C 的等待时间比是 $t_2/(t_1+t_2)$，但若按 WPLQ 算法的思想，队列 A 与队列 C 的等待时间比是 1/2。而在 WWPLQ 算法中，当且仅当 $t_1 = t_2$ 时，队列 A 与队列 C 的等待时间比才是 1/2，但 t_1 不一定与 t_2 相等，所以，WPPLQ 较 WPLQ 具有更高的公平性。

综上所述，WPPLQ 比 PLQ 和 WPLQ 具更符合现实生活中人们对基于 LBS 平台的区分服务的要求。

3 算法实现

WPPLQ 算法的具体步骤如下：

(1)通过式(2)计算每个队列对应的被调度的概率值 P_i；

(2)计算队列 $1,2,\cdots,n$ 对应的概率区间 $[0,P_1]$，$[P_1,P_1+P_2]$，$[P_1+P_2,P_1+P_2+P_3]$，$\cdots$，$[P_1+P_2+\cdots+P_{n-1},P_1+P_2+\cdots+P_{n-1}+P_n]$；

(3)产生一个 0~1 的随机数，并计算出随机数落入哪个队列的概率区间，并记录该队列为 i；

(4)响应队列 i 上的一个服务请求；

(5)计算响应队列 i 时，所处理的数据包大小 t_i；

(6)除队列 i 以外的其他队列，队列等待时间均通过 $T_j = T_j + t_i, (j \neq i)$ 进行更新；

(7)重新计算每个队列的长度 L_i；

(8)转到第(1)步，进行下一调度。

4 仿真及结果分析

4.1 NS-2 仿真平台

为对 WWPLQ 算法的改进成果进一步验证，本文使用 NS-2[8]仿真软件对算法进行仿真模拟。NS 是由伯克利大学研发的目前使用比较广泛的仿真软件。NS 基于事件驱动模式，支持各种版本的 TCP、UDP 等。此外，NS 是一个面向对象的仿真器，由编译和解释 2 个层次构成，用户通过 Otcl 解释器在前台使用 NS。

4.2 WPPLQ 仿真

为了解 WPPLQ 算法是否满足区分服务的要求，本文对 WPPLQ 算法进行了多个测试，以供分析其结果。在下文所有测试中，均为 A、B、C 队列，且队列的权值分别是 4、2、1。当带宽分别为 1.5 Mb 和 1 Mb 时，3 个队列的数据包大小取以下情况进行仿真：

1)1 000 bit、1 000 bit、1 000 bit；

2)1 000 bit、1 000 bit、500 bit；

3)1 000bit、500 bit、500 bit。

当带宽分别为 1.5 Mb 时，数据包大小为情况 1)的仿真结果如图 1 所示。

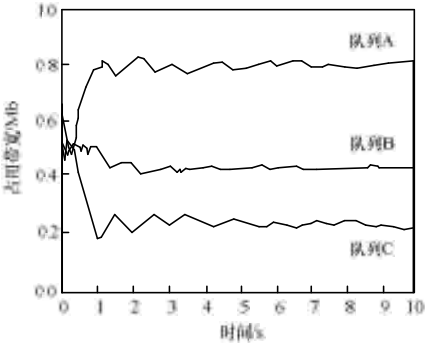

图 1 WPPLQ 仿真结果

由于 3 个队列在 1 s 之前还没有被填满，在 1 s 之后队列达到满负荷，因此曲线在 1 s 之后趋于稳定。下文的数据统计只选用 1 s 之后的数据。带宽为 1.5 Mb 时 WPPLQ 各队列的平均吞吐量如表 1 所示；带宽为 1 Mb 时各队列的平均吞吐量如表 2 所示。

表 1 带宽为 1.5 Mb 时 WPPLQ 各队列的平均吞吐量

数据包大小/bit	平均吞吐量/(Mb·s^{-1})		
	队列 A	队列 B	队列 C
1 000, 1 000, 1 000	809	451	255
1 000, 1 000, 500	885	524	91
1 000, 500, 500	991	345	189

表 2 带宽为 1 Mb 时 WPPLQ 各队列的平均吞吐量

数据包大小/bit	平均吞吐量/(Mb·s^{-1})		
	队列 A	队列 B	队列 C
1 000, 1 000, 1 000	459	617	791
1 000, 1 000, 500	297	325	143
1 000, 500, 500	161	73	97

可以发现，在带宽无论是 1.5 Mb 还是 1 Mb 时，队列 A、B、C 的吞吐量之比与其数据包大小之比约分后均约等于初始的权值比 4:2:1，所以，从吞吐量的角度上可以证明 WPPLQ 算法在是符合 PDD 区分服务模型的性能要求的。

4.3 PLQ 仿真

为了测试出 PLQ 的性能，需对 PLQ 算法进行与 WPPLQ 算法同样的测试。当带宽分别为 1.5 Mb 时，数据包大小为情况 1)的仿真结果如图 2 所示。

带宽为 1.5 Mb 时 PLQ 各队列的平均吞吐量如表 3 所示，带宽为 1 Mb 时各队列的平均吞吐量如表 4 所示。可以发现，从吞吐量的角度上可以证明出 PLQ 算法也符合 PDD 区分服务模型的性能要求。

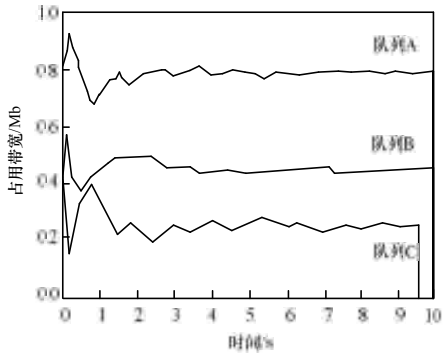

图 2　PLQ 仿真结果

表 3　带宽为 1.5 Mb 时 PLQ 各队列的平均吞吐量

数据包大小/bit	平均吞吐量/(Mb·s^{-1})		
	队列 A	队列 B	队列 C
1 000, 1 000, 1 000	799	461	259
1 000, 1 000, 500	858	525	142
1 000, 500, 500	921	382	201

表 4　带宽为 1 Mb 时 PLQ 各队列的平均吞吐量

数据包大小/bit	平均吞吐量/(Mb·s^{-1})		
	队列 A	队列 B	队列 C
1 000, 1 000, 1 000	559	291	163
1 000, 1 000, 500	615	314	82
1 000, 500, 500	721	196	103

4.4　WPPLQ 与 PLQ 的性能比较

将前 4 个表中队列 A 的平均吞吐量按比例均改为 8，队列 B、队列 C 的值按其比例也作相应变换并作统计后得到表 5、表 6。

表 5　带宽为 1.5 Mb 时各队列的平均吞吐量比

数据包大小/bit	队列吞吐量比	
	WPPLQ	PLQ
1 000、1 000、1 000	8:4.46:2.52	8:4.62:2.59
1 000、1 000、500	8:4.77:0.82	8:4.9:1.32
1 000、500、500	8:2.79:1.56	8:3.32:1.75

表 6　带宽为 1 Mb 时各队列的平均吞吐量比

数据包大小/bit	队列吞吐量比	
	WPPLQ	PLQ
1 000、1 000、1 000	8:5.18:2.81	8:4.16:2.33
1 000、1 000、500	8:4.21:0.95	8:4.08:1.07
1 000、500、500	8:1.45:0.98	8:2.17:1.14

可以发现，带宽越大，WPPLQ 队列的吞吐量之比就越接近初始权值，WPPLQ 性能就越好，即公平性在高带宽的情况下较 PLQ 算法有所提高。

5　结束语

本文提出的 WPPLQ 算法是一种适合高带宽的符合 PDD 区分服务模型的调度算法，该算法全面的考虑了影响队列渴望值的各项因素，具有广泛的应用前景。WPPLQ 算法的提出还使得基于概率的区分服务公平队列的调度算法具有了更高公平性，这给移动定位等平台提供了可参考的算法。但 WPPLQ 通过数据包的大小并不能直接计算出等待时间，因此，下一步工作是在原有算法的基础上将队列等待时间的计算方法进行改进，当某个队列中的分组被调度后，其他队列等待时间加上此次被选中队列所处理服务请求的准确时间，进而计算出准确的队列渴望值，提高公平性。

参考文献

[1] Dovrolis C, Ramanathan P. A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model[J]. IEEE Network, 1999, 13(5): 26-35.

[2] Karimi H, Hammad A. Telegeoinformatics[M]. Boca Raton, USA: CRC Press, 2004.

[3] Meng Liqiu, Zipf A, Reichenbacher T. Map-based Mobile Services Theories Methods and Implementations[M]. [S. l.]: Springer, 2005.

[4] NandagoPal T, Venkitaraman N, Sivakumar R, et al. Delay Differentiation and Adaptation in Core Stateless Networks[C]// Proc. of INFOCOM'00. Tel Aviv, Israel: [s. n.], 2000.

[5] Wei Jianbin, Xu Chenzhong, Zhou Xiaobo. A Robust Packet Scheduling Algorithm for Proportional Delay Differentiation Services[J]. Computer Communications, 2006, 29(18): 3679-3690.

[6] Li Jung-Shina, Lai Hsing-Chien. Providing Proportional Differentiated Services Using PLQ[C]//Proc. of IEEE Global Telecommunications Conference. San Antonio, USA: IEEE Press, 2001.

[7] 张威汉，杨永健，宗　禹. 基于 LBS 的最优出行路径算法的研究与应用[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2009, 23(11): 1744-1748.

[8] 李方敏. 网络仿真软件 NS 的结果输出和分析[J]. 计算机工程, 2000, 26(9): 14-16, 94.

编辑　金胡考

(上接第 70 页)

DLE 算法在使用 2 跳锚节点缩小 *ER* 区域时，有可能删除掉 *ER* 的一部分可信区域。

GSL 算法克服了上述问题：使用 1 跳锚节点进行网格阵列扫描，可以精确地去除(*ER*–*IR*)区域；使用 2 跳锚节点信息扫描不会造成可信区域的删除。因此，GSL 算法的定位精度比 DLE 算法高。

4　结束语

针对非测距定位算法中不能准确获取被定位节点位置估计区域的问题，提出一种基于网格扫描的分布式传感器节点定位算法，通过准确获取到被定位节点的估计位置区域，从而提高了节点的定位精度。该算法首先计算出节点的初步估计位置区域；通过将初步估计位置区域划分为网格，进一步估计节点位置，理论分析证明了算法的正确性，最后采用仿真实验验证，结果表明 GSL 算法的定位精度比 DLE 算法高。

参考文献

[1] Karl H, Willig A. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks[M]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2007.

[2] 周四清，陈锐标. 无线传感器网络 APIT 定位算法及其改进[J]. 计算机工程, 2009, 35(7): 87-89.

[3] Rong P, Sichitiu M. Angle of Arrival Localization for Wireless Sensor Networks[C]//Proc. of SECON'06. Reston, USA: IEEE Press, 2006: 374-382.

[4] He Tian, Huang Chengdu, Blum B M. Range-free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks[C]//Proc. of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. [S. l.]: ACM Press, 2003: 81-95.

[5] Doherty L, Pister K S J, Ghaoui L. Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks[C]//Proc. of IEEE INFOCOM'01. Anchorage, USA: IEEE Press, 2001: 1655-1663.

[6] Sheu Jang-Ping, Li Jian-Ming, Hsu Chih-Shun. A Distributed Location Estimating Algorithm for Wireless Sensor Networks[C]// Proc. of SUTC'06. Taichung, China: IEEE Press, 2006.

编辑　陆燕菲