

混合类型多媒体负载访问存储系统的统计学访问控制算法

李中王刚刘璟

(南开大学信息技术科学学院 天津 300071)
(createform@163.com)

A Statistical Admission Control Algorithm for Storage Systems with Mixed Multimedia Workloads

Li Zhong, Wang Gang, and Liu Jing

(College of Information Technology Science, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract Retrieving data from the storage systems with mixed multimedia workloads is a complex process. Different classes of multimedia applications need the storage systems to guarantee different requirements of QoS (quality of service). In order to support as many multimedia applications as possible, the storage systems need an effectual admission control algorithm. A systematic research on this problem is carried on in this paper: the QoS parameters of the multimedia applications are clearly defined, the workload model of aggregate multimedia applications is established, and the constraint condition of admission control is derived. Based on the workload model and the constraint condition, the statistical admission control algorithm is implemented. The simulation experiments show that the novel algorithm is efficient and accurate enough.

Key words storage system; mixed multimedia workloads; QoS (quality of service); admission control

摘要 混合类型多媒体负载访问存储系统是一个复杂的过程,不同类型的多媒体应用要求存储系统提供不同的服务质量保证。存储系统需要一个有效的访问控制算法,为尽可能多的多媒体应用提供保证服务质量的服务。对混合类型多媒体负载访问存储系统的访问控制问题进行了系统的研究:定义多媒体应用访问存储系统的服务质量参数;建立并发多媒体应用的汇聚负载模型;推导出混合类型多媒体负载的访问控制约束条件;实现相应的统计学访问控制算法。仿真实验的结果表明,新的存储系统访问控制算法是有效的,并具有相当高的精确度。

关键词 存储系统;混合类型多媒体负载;服务质量;访问控制

中图法分类号 TP333

1 引言

多媒体应用不仅要求存储系统提供持续的大吞吐量数据访问服务,而且还要求所提供的服务保证特定的服务质量(quality of service, QoS)需求。不同类型多媒体应用的 QoS 需求也不相同,它们在数据

带宽、访问请求延迟、数据可用性等方面存在不同的要求。

从存储系统的角度看,多媒体应用动态地开始和结束数据访问。存储系统在为一个新的多媒体应用提供数据访问服务之前,不仅必须保证能够满足它的 QoS 需求,同时还必须保证新的服务不会影响系统中正在被服务的多媒体应用的 QoS 需求,这就

是存储系统的访问控制. 由于并发多媒体负载中访问请求到达存储系统的过程以及存储系统为一个访问请求提供的服务时间具有不可预测性, 使得存储系统的访问控制问题非常复杂.

访问控制算法可以划分为两种类型: 确定性访问控制算法和统计学访问控制算法. 确定性访问控制算法基于系统参数的最差情况数值, 决定是否接受新的应用, 这将造成系统资源的低利用率^[1-3]; 统计学访问控制算法基于系统参数的统计学分布, 决定是否接受新的应用, 在保证多媒体应用 QoS 需求的情况下, 能够支持更多的并发应用^[4-7]. 上述算法侧重于组成访问负载的多媒体应用的 QoS 需求为相同的情况; 当具有不同 QoS 需求的并发多媒体应用构成混合类型负载时, 对其进行访问控制的复杂程度将进一步增加, 目前相关的研究工作并不完善^[1,4].

本文研究混合类型并发多媒体负载的访问控制问题, 首先对多媒体应用访问存储系统的工作模式进行分析, 并确定 QoS 需求的明确定义; 然后建立并发多媒体应用的汇聚负载模型; 根据汇聚负载模型推导出混合类型并发多媒体负载的访问控制约束条件和统计学算法; 最后通过仿真实验对理论推导进行验证.

2 多媒体应用访问存储系统的工作模式和 QoS 需求定义

多媒体应用访问存储系统是一个连续的周期性过程. 为满足多媒体连续播放的需求, 多媒体应用按一定的周期 T 向存储系统发出数据访问请求, 每次从存储设备上读取一定大小的数据块, 形成一个访问请求序列. 每个访问请求都有一个完成截止时间 d , 存储系统必须保证在 d 到达之前, 完成该周期的访问操作, 即访问请求的响应时间小于 d . 另一方面, 由于多媒体应用自身的特点(如播放缓冲机制), 通常并不严格要求所有访问请求的响应时间都必须小于 d , 允许少于一定比例 P 的访问请求超时完成.

在各种存储介质中, 磁盘提供了性能、空间和价格之间的完美平衡, 由多个磁盘组成的磁盘阵列是多媒体数据的主流存储设备. 由于磁盘的定位延迟是一个随机变量, 因此存储系统为多媒体应用的一个访问请求提供的服务时间 S 是一个随机变量, 但可以通过分析计算和测试统计确定它的平均值 $E(S)$ 和方差 $Var(S)$ 等统计学数字特征^[8]. 根据

上述分析, 多媒体应用对存储系统的 QoS 需求可以描述为

$$Q(S, T, d, P).$$

在已知的相关研究中尚未发现全面考虑上述 QoS 需求参数的访问控制算法, 文献[4]中的访问控制算法虽然考虑了不同的多媒体应用具有不同 P 的 QoS 需求, 但认为所有应用的 d 都相同, 且等于 T .

在本文中, 多媒体应用的类型根据其 QoS 需求划分, 具有相同 QoS 需求的应用属于同一类型.

3 并发多媒体应用的汇聚负载模型

不同类型的多媒体应用同时访问存储系统上的数据, 形成混合类型多媒体负载; 其中属于同一类型的所用多媒体应用, 它们的访问请求序列汇聚成一个访问请求流(stream), 在一个 stream 中属于不同应用的访问请求按照 FCFS 规则依次接受存储系统的服务. 实践证明, 保证一个多媒体应用的 QoS 需求与保证它所属的 stream 的 QoS 需求是等价的: 即保证 stream 中访问请求的响应时间超过 d 的比例必须小于 P . 如果混合负载包含 M 种类型的多媒体应用, 则一个 stream 可以描述为

$$ST_i(Q_i, N_i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, M-1,$$

其中 $Q_i(S_i, T_i, d_i, P_i)$ 为该类型多媒体应用的 QoS 需求, N_i 为该类型多媒体应用的并发数量.

在开放环境下, 一个多媒体应用将从随机的时刻开始访问存储系统, 这一过程与电话总机接收到呼入的过程相似; 因此, 在一个 stream 中的多媒体应用开始第 1 次访问存储系统是一个泊松过程. 虽然单一多媒体应用以周期 T_i 向存储系统发出访问请求, 但当 stream 中并发多媒体应用的数量较多时, 可以认为访问请求是相互独立地到达存储系统的, 它们到达的时间间隔服从参数为 λ_i 的指数分布, λ_i 是访问请求到达存储系统的平均速率:

$$\lambda_i = \frac{N_i}{T_i}. \quad (1)$$

另一方面存储系统为 stream 中的访问请求提供的访问服务时间 S_i 也是独立同分布的随机变量, 且服从参数为 μ_i 的指数分布, μ_i 是存储系统处理 stream 中访问请求的平均速率:

$$\mu_i = \frac{1}{E(S_i)}. \quad (2)$$

虽然很多关于时间和空间局部性的研究质疑 S_i 是否服从指数分布; 但在我们的研究中, 通过将数据在磁盘阵列上的条纹化散布, 合理选择条纹单元的

大小,以及多媒体应用访问数据对象的随机性,该假设是可以接受的.

访问存储系统的所有 stream 构成混合类型多媒体负载,属于不同 stream 的访问请求也按照 FCFS 的

规则依次接受存储系统的服务. 由于大多数存储系统调度算法的性能都不低于 FCFS,因此采用 FCFS 研究访问控制所得到的结果将是一个可信的下界. 图 1 为并发多媒体应用的汇聚负载模型:

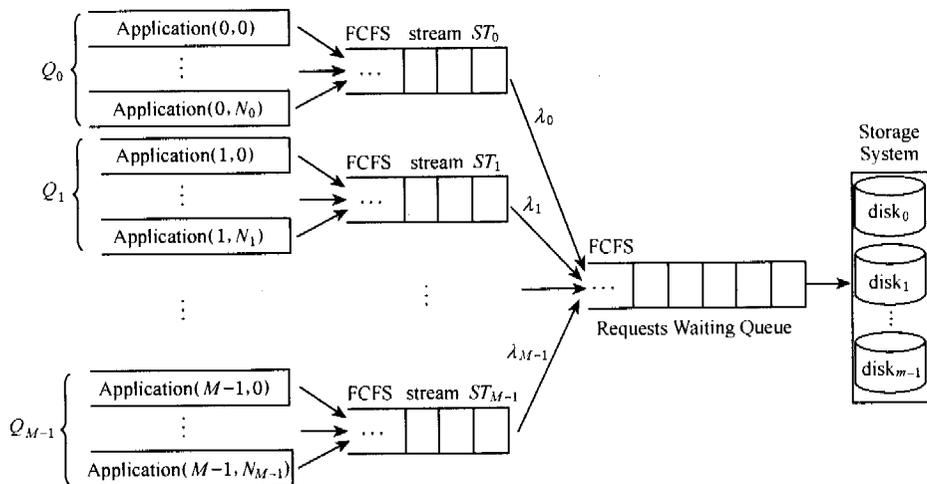


Fig. 1 The aggregate model of concurrent multimedia applications.

图 1 并发多媒体应用的汇聚负载模型

在上述模型中,一个 stream 的访问请求到达存储系统和存储系统处理访问请求的过程都是泊松过程,如果在仅存在单一类型多媒体应用的情况下,采用传统的排队理论就能够实现访问控制,确定适当的并发多媒体应用数量 N_i ^[9~11]. 但在混合负载情况下,多个 stream 同时并发访问存储系统,争夺服务资源;这些 stream 具有不同 QoS 需求,面对如此复杂的情况,确定每个 stream 中适当的 N_i 是对访问控制算法的巨大挑战.

4 混合类型多媒体负载的访问控制约束条件

根据排队理论,在任何复杂负载的情况下,当存储系统达到稳定的工作状态,其系统利用率必须小于 1. 利用率是在一段时期内,存储系统处于忙状态(为访问请求提供服务)的时间所占的比例. 在稳定状态下,由于访问请求到达存储系统的瞬时速率大于存储系统的服务速率,将导致访问请求等待队列的形成,并因此产生访问请求的等待延迟;在经过一个较长的时期后,积累在等待队列中的访问请求将得到服务,等待队列被清空;但在此期间,一些访问请求由于在等待队列中延迟,其响应时间已经超过了 QoS 所要求的 d_i . 通过上面的分析,我们认为可以通过限制访问请求到达存储设备的瞬时速度的波

动,来限制等待队列的长度,进而限制访问请求响应时间.

首先讨论多媒体应用的 QoS 需求 Q_i 中比例上限 P_i 为 0 的情况. 为了限制由于等待队列产生的延迟,可以要求在一个给定的较短时间间隔 T_d 内到达存储系统的访问请求所需的总服务时间不能超过 T_d . T_d 是可以调节的参数,但必须大于一个访问请求的服务时间 S_i . 下面证明,如果上述的约束条件得到满足,则等待队列中的所有访问请求所需服务时间的总和不会超过 T_d .

定理 1. 如果一个存储系统开始服务时,等待队列中没有等待服务的访问请求,并且在长度为 T_d 的任意时间间隔内,到达存储系统的全部访问请求所需的总服务时间等于或小于 T_d ,则在任何时刻,等待队列中的所有访问请求所需的总服务时间都等于或小于 T_d .

证明. 定义

$service_waiting(t) \equiv$ 在时刻 t 存储系统的等待队列中所有访问请求所需的服务时间的累计(包括在时刻 t 正在被服务的访问请求所需的剩余服务时间);

$service_arrived(t_1, t_2) \equiv$ 在时间间隔 (t_1, t_2) 内到达存储系统的访问请求所需服务时间的累计;

$service_time(t_1, t_2) \equiv$ 在时间间隔 (t_1, t_2) 内存储系统为访问请求提供的服务时间的累计.

由于存储系统开始服务时等待队列中没有访问请求,因此 $service_waiting(0) = 0$. 同时当 $t \geq 0$ 时, $service_arrived(t, t + T_d) \leq T_d$. 将时间划分为时间间隔 $(0, T_d), (T_d, 2T_d), (2T_d, 3T_d), \dots, (nT_d, (n+1)T_d), \dots$, 只需证明在每一个时间间隔内 $service_waiting(t) \leq T_d$. 采用数学归纳法证明:

当 t 属于 $(0, T_d)$ 时: $service_waiting(0) = 0$, 且 $service_arrived(0, T_d) \leq T_d$; 因此 $service_waiting(t) \leq T_d$ 成立.

假设当 t 属于 $((n-1)T_d, nT_d)$ 时: $service_waiting(t) \leq T_d$ 成立.

则当 t 属于 $(nT_d, (n+1)T_d)$ 时:

$$service_waiting(t) = service_waiting(t - T_d) + service_arrived(t - T_d, t) - service_time(t - T_d, t).$$

由于 $service_waiting(t - T_d) \leq T_d$, 且在 $(t - T_d, t)$ 期间的长度为 T_d , 因此

$$service_time(t - T_d, t) \geq service_waiting(t - T_d).$$

进而

$$service_waiting(t) \leq service_arrived(t - T_d, t) \leq T_d.$$

通过归纳得到: 当 $t \in (nT_d, (n+1)T_d), n = 0, 1, \dots$ 时,

$$service_waiting(t) \leq T_d. \quad \text{证毕.}$$

$service_waiting(t)$ 是时刻 t 排在等待队列最尾部的访问请求从时刻 t 到被完成服务所需的时间, 由于 t 可以选定为任意时刻, 因此 $service_waiting(t)$ 等价于该访问请求的响应时间. 定理 1 实际保证了所有访问请求的响应时间的上界为 T_d . 将 T_d 设置为多媒体应用的 QoS 需求 Q_i 中的截止期限 d_i , 就能保证多媒体应用访问请求的响应时间不超过 d_i .

将定理 1 的基本思想推广到多媒体应用的 QoS 需求 Q_i 中 P_i 为任意值的情况. 由于多媒体应用允许比例不超过 P_i 的访问请求的响应时间大于 d_i , 因此可以放松定理 1 中的约束条件: 如果能够保证在每一个包含来自 stream $ST_i (0 \leq i \leq M-1)$ 的访问请求的时间间隔 $(t, t + d_i)$ 内, 到达存储系统的混合类型多媒体负载的访问请求所需的总服务时间超过 d_i 的概率小于 P_i , 则 stream ST_i 中响应时间超过 d_i 的访问请求的比例将小于 P_i .

显然这只是对定理 1 的启发性近似推广, 要证明它的正确性是非常困难的, 但直觉上它是可行的, 在后面的实验中将验证此推广的合理性. 利用这一近似推广, 我们将混合类型多媒体负载的访问控制问题, 转化为对访问控制约束条件的判断问题. 下面将利用此约束条件推导存储系统的访问控制算法.

5 混合类型多媒体负载的访问控制算法

5.1 访问控制函数

同一种类型多媒体应用的汇聚负载 stream $ST_i (i = 0, 1, 2, \dots, M-1)$ 中访问请求的响应时间与混合类型多媒体负载的访问请求到达存储系统的总速率有关. 要保证组成 ST_i 的每一个多媒体应用的 QoS 需求, 必须满足上一节推广的访问控制约束条件: 保证从 ST_i 中的一个访问请求到达存储系统的时刻 t_i 开始的时间间隔 $(t_i, t_i + d_i)$ 内, 到达存储系统的全部访问请求所需的总服务时间超过 d_i 的概率小于 P_i . 对于存在 M 个 stream 的系统, 需要进行 M 次检验. 首先定义下列参数:

$t_i \equiv$ stream ST_i 中的一个访问请求到达存储系统的时刻;

$W_i(t) \equiv$ 在时间间隔 $(t_i, t_i + t)$ 内, 到达存储系统的全部访问请求所需的总服务时间;

$W_{ij}(t) \equiv$ 在时间间隔 $(t_i, t_i + t)$ 内, 到达存储系统的属于 stream ST_j 的全部访问请求所需的总服务时间.

访问控制的约束条件可以表示为

$$Pro[W_i(d_i) > d_i] < P_i, \quad (3)$$

$$i \in \{0, 1, 2, \dots, M-1\}.$$

该不等式要求计算 W_i 的尾端分布, 但 W_i 的分布通常是很难计算的. 为了简化问题, 近似认为 W_i 是服从正态分布的随机变量, 因此可以利用 $W_i(d_i)$ 的平均值和方差计算其尾端分布.

混合类型多媒体负载由所有 stream 的访问请求组成, 因此:

$$W_i(t) = \sum_{j=0}^{M-1} W_{ij}(t). \quad (4)$$

随机变量 $W_i(t)$ 的平均值为

$$E[W_i(t)] = \sum_{j=0}^{M-1} E[W_{ij}(t)]. \quad (5)$$

由于各个 stream 之间是相互独立的, $W_{ij}(t), j \in \{0, 1, \dots, M-1\}$ 是相互独立的随机变量, 则 $W_i(t)$ 的方差为

$$Var[W_i(t)] = \sum_{j=0}^{M-1} Var[W_{ij}(t)]. \quad (6)$$

下面计算 $W_{ij}(t)$ 的平均值和方差. 假定在时间间隔 $(t_i, t_i + t)$ 内, 共有 $N_{ij}(t)$ 个属于 stream ST_j 的访问请求到达存储系统; 它们所需的服务时间分

别为 $S_j(1), S_j(2), \dots, S_j(N_{ij}(t))$. 从多媒体应用的汇聚负载模型可知 stream ST_j 中访问请求到达存储系统的过程为泊松过程, 其平均速率为 λ_j , 因此:

$$E[N_{ij}(t)] = \lambda_j t, \quad (7)$$

$$\text{Var}[N_{ij}(t)] = \lambda_j t. \quad (8)$$

由于 stream ST_j 中访问请求的服务时间 S_j 服从参数为 μ_j 的指数分布, 则:

$$E[S_j(\cdot)] = \frac{1}{\mu_j}, \quad (9)$$

$$\text{Var}[S_j(\cdot)] = \frac{1}{\mu_j^2}. \quad (10)$$

$W_{ij}(t)$ 的平均值和方差可以采用标准的随机变量累加公式得到^[11]:

$$w_{ij}(t) = S_j(1) + S_j(2) + \dots + S_j(N_{ij}(t)), \quad (11)$$

$$E[W_{ij}(t)] = E[N_{ij}(t)]E[S_j(\cdot)] = \frac{\lambda_j t}{\mu_j}, \quad (12)$$

$$\text{Var}[W_{ij}(t)] = E[N_{ij}(t)]\text{Var}[S_j(\cdot)] + \text{Var}[N_{ij}(t)]E[S_j(\cdot)]^2 = 2 \frac{\lambda_j t}{\mu_j^2}, \quad (13)$$

$$E[W_i(t)] = \sum_{j=0}^{M-1} E[W_{ij}(t)] = \sum_{j=0}^{M-1} \frac{\lambda_j t}{\mu_j}, \quad (14)$$

$$\text{Var}[W_i(t)] = \sum_{j=0}^{M-1} \text{Var}[W_{ij}(t)] = 2 \sum_{j=0}^{M-1} \frac{\lambda_j t}{\mu_j^2}. \quad (15)$$

由于认为 $W_i(t)$ 是近似服从正态分布的随机变量, 利用上面推导的 $W_i(t)$ 的平均值和方差, 访问控制约束条件

$$\text{Pro}[W_i(d_i) > d_i] < P_i$$

可以转换为

$$1 - \Phi\left(\frac{d_i - E[W_i(d_i)]}{\sqrt{\text{Var}[W_i(d_i)]}}\right) < P_i, \quad (16)$$

其中, $\Phi(\cdot)$ 是标准正态分布 $N(0, 1)$ 的分布函数.

由于 $\Phi(\cdot)$ 是单调递增函数, 式(16)可变形为

$$\frac{E[W_i(d_i)] + \Phi^{-1}(1 - P_i) \sqrt{\text{Var}[W_i(d_i)]}}{d_i} < 1, \quad (17)$$

其中, Φ^{-1} 是 Φ 的反函数, 即 $\Phi^{-1}(\Phi(u)) = u$. 将上面不等式的左边定义为存储系统的访问控制函数:

$$\text{ACF}(ST_i) = (E[W_i(d_i)] + \Phi^{-1}(1 - P_i) \sqrt{\text{Var}[W_i(d_i)]})/d_i. \quad (18)$$

混合类型多媒体负载下存储系统的访问控制能够通过保证下列 M 个不等式的成立得到实现:

$$\text{ACF}(ST_i) < 1, \quad i = 0, 1, \dots, M - 1. \quad (19)$$

5.2 混合负载访问控制算法的实现

利用访问控制函数 ACF , 混合类型多媒体负载的统计学访问控制算法很容易实现.

存储系统能够为 M 种类型的多媒体应用提供服务, 每一种应用类型对应一个 stream. 系统为每个 stream 维护当前的状态信息, 其中 $ST_i (i = 0, 1, 2, \dots, M - 1)$ 的状态信息参数包括: S_i, T_i, d_i, P_i 和 N_i . 根据状态信息, 能够计算出 ST_i 的访问请求到达存储系统的平均速率 λ_i 和存储系统为 ST_i 的访问请求提供的平均服务速率 μ_i .

当一个属于 $ST_k (0 \leq k \leq M - 1)$ 所对应类型的多媒体应用要求访问存储系统时, 系统更新参数 $N_k = N_k + 1$, 并重新计算 λ_k ; 在此基础上计算访问控制函数 $\text{ACF}(ST_i), i = 0, 1, \dots, M - 1$. 只有当所有 M 个 stream 对应的 ACF 的计算结果都小于 1 时, 新的应用才能被接受; 否则该应用将被拒绝, 参数 $N_k = N_k - 1$, 并恢复 λ_k .

存储系统完成一次访问控制最多进行 M 次 ACF 的计算, 其中 $\Phi^{-1}(\cdot)$ 的值可以通过查表得到, 因此系统需要维护一张标准正态分布的数据表.

6 仿真实验

混合类型多媒体负载访问控制算法是建立在一系列近似和假设之上的, 其中首要的是对定理 1 的近似推广而得到的访问控制约束条件, 其次是假设 W_i 服从正态分布, 它们的合理性需要通过实验来验证.

仿真实验采用 DiskSim 3.0 存储系统仿真环境, 构建一个由 8 个 HP_C2490A 磁盘构成的磁盘阵列. 磁盘阵列配置为 RAID0, 数据通过条纹化均匀散布到每个磁盘上, 并充满全部存储空间.

混合类型多媒体负载由两种类型的多媒体应用组成, 一类为 64Kbps 的窄带应用, 另一类为 1024Kbps 的宽带应用. 两种类型应用的 QoS 需求的参数中 T, d, P 均相同, 分别为 1s, 1000ms 和 10%; 而参数 S 为实际测试获得的访问请求服务时间.

在基本的测试实验中, 分别设定 64Kbps 应用或 1024Kbps 应用的并发数量为恒定值, 对另一种

类型的应用逐渐增加并发访问数量,统计在不同混合负载下响应时间超过 $d = 1000\text{ms}$ 的访问请求所占比例,得到存储系统为多媒体应用提供的服务质量随并发多媒体应用数量增加的变化曲线,如图 2 和图 3 所示:

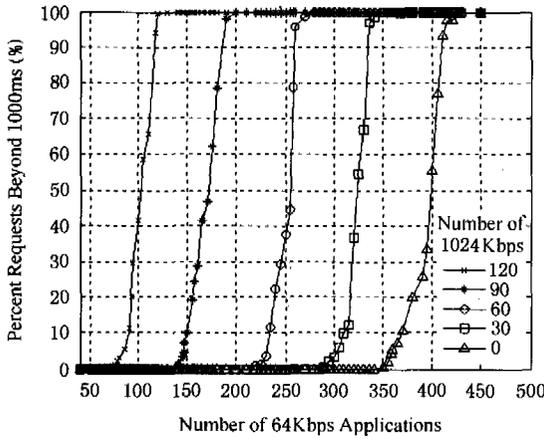


Fig. 2 The probability of the 64Kbps requests whose response time is beyond 1000ms.

图 2 1024Kbps 应用数量恒定时,64Kbps 应用中响应时间超过 $d = 1000\text{ms}$ 的访问请求所占比例

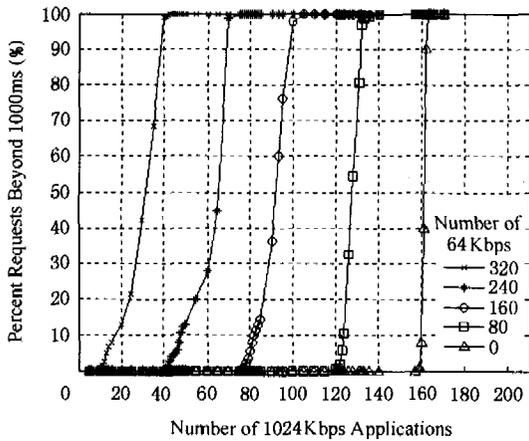


Fig. 3 The probability of the 1024Kbps requests whose response time is beyond 1000ms.

图 3 64Kbps 应用数量恒定时,1024Kbps 应用中响应时间超过 $d = 1000\text{ms}$ 的访问请求所占比例

基本实验的结果与混合负载访问控制算法预测的满足 QoS 需求的最大并发多媒体应用数量进行比较,检测算法的精确度;同时对照比较文献[4]中的统计学访问控制算法(HPAA)和确定性访问控制算法的预测结果.如图 4 和图 5 所示,混合负载访问控制算法的精确度最高.确定性访问控制算法由于采用系统的最差情况参数值计算并发应用数量,其精确度是最差的. HPAA 算法的精确度比混合负

载访问控制算法要差,尤其当两种类型多媒体应用的并发数量均较多时,差距更为明显. 这从一个侧面证明新的访问控制算法更适用于混合负载的环境.

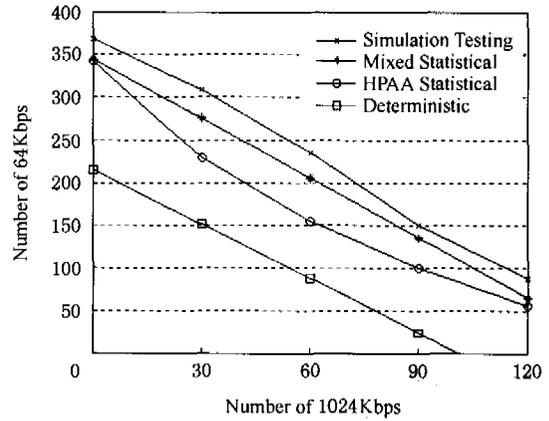


Fig. 4 The largest number of concurrent 64Kbps multimedia applications.

图 4 1024Kbps 应用数量恒定时,实验测试和访问控制算法预测的 64Kbps 应用最大并发数量

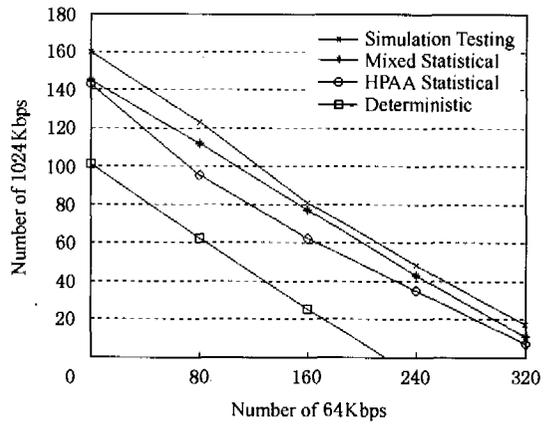


Fig. 5 The largest number of concurrent 1024Kbps multimedia applications.

图 5 64Kbps 应用数量恒定时,实验测试和访问控制算法预测的 1024Kbps 应用最大并发数量

在基本实验的基础上进一步测试访问控制算法的精确性对 QoS 需求中参数 d 和 P 变化的敏感度.混合类型负载中 1024Kbps 应用的 QoS 需求的参数与基本实验相同,且并发数量恒定为 60;64Kbps 应用的 QoS 需求的参数 d 分别设置为 100ms,200ms, ..., 1000ms,其他参数与基本实验相同.图 6 为算法预测和实验测试得到的 64Kbps 应用的最大并发数量随参数 d 变化的曲线.类似地,将混合类型负载中 64Kbps 应用的 QoS 需求中参数 P 分别设置为 1%,2%, ..., 10%,得到图 7 中的 64Kbps 应用的最大并发数量随参数 P 变化的曲线.

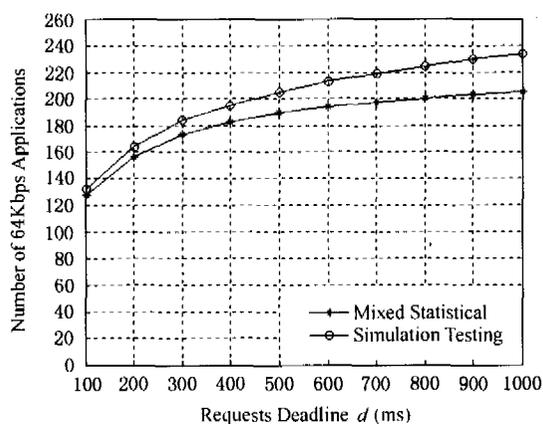


Fig. 6 The sensitivity of algorithm with the variety of d , $P = 10\%$.

图6 实验测试和访问控制算法预测的64Kbps应用的最大并发数量随参数 d 变化的曲线, $P = 10\%$

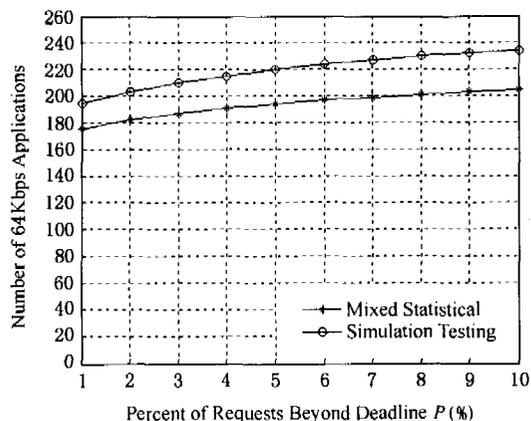


Fig. 7 The sensitivity of algorithm with the variety of P , $d = 10\%$.

图7 实验测试和访问控制算法预测的64Kbps应用的最大并发数量随参数 P 变化的曲线, $d = 1000\text{ms}$

从敏感度实验可以看到,参数 d 的变化使算法精确度的波动较大,参数 P 的变化对算法精确度的影响很小,但上述情况下的访问控制算法的精确度均在基本实验的范围之内。

7 结 论

混合类型多媒体负载访问存储系统的访问控制问题是非常复杂的:存储系统在保证每个多媒体应用QoS需求的同时,需要为尽可能多的并发应用提供服务。本文对这个复杂的问题进行了系统的研究:定义了多媒体应用访问存储系统的QoS需求;建立了并发多媒体应用的汇聚负载模型;采用启发性近似方法推导出混合类型多媒体负载的访问控制约束条件;根据汇聚负载模型和访问控制约束条件,

进一步推导出混合类型多媒体负载的访问控制函数和相应的统计学访问控制算法。仿真实验的结果表明,上述的访问控制算法是有效的,并具有相当高的精确性;同时也验证了在研究过程中所采用的假设和近似方法都是合理的。

参 考 文 献

- 1 R. Wijayarante, A. L. N. Reddy. Providing QoS guarantees for disk I/O. *Multimedia Systems*, 2000, 8(1): 57~68
- 2 D. P. Anderson, Y. Osawa, R. Govindan. A file system for continuous media. *ACM Trans. Computer Systems*, 1992, 10(4): 311~337
- 3 K. Lee, H. Y. Yeom. An effective admission control mechanism for variable-bit-rate video stream. *Multimedia Systems*, 1999, 7(4): 305~311
- 4 H. M. Vin, P. Goyal, A. Goyal. A statistical admission control algorithm for multimedia servers. In: *Proc. ACM Multimedia*. New York: ACM Press, 1994, 33~40
- 5 F. Y. S. Lin. Optimal real-time admission control algorithms for the video-on-demand (VOD) service. *IEEE Trans. Broadcasting*, 1998, 44(4): 402~408
- 6 R. Zimmermann, K. Fu. Comprehensive statistical admission control for streaming media servers. In: *Proc. 11th ACM Int'l Conf. Multimedia*. New York: ACM Press, 2003, 75~85
- 7 S. Kang, H. Y. Yeom. Statistical admission control for soft real-time vod servers. In: *Proc. 2000 ACM Symposium on Applied Computing*. New York: ACM Press, 2000, 579~584
- 8 E. Shriver. Performance modeling for realistic storage devices: [Ph. D. dissertation]. New York: Department of Computer Science, New York University, 1997
- 9 Li Zhong, Wang Gang, Liu Jing. Analysis of model of concurrent multimedia workloads retrieving data for storage systems. *Journal of Beihang University*, 2004, 30(11): 1043~1047 (in Chinese) (李中, 王刚, 刘璟. 并发多媒体负载访问存储系统的模型分析. *北京航空航天大学学报*, 2004, 30(11), 1043~1047)
- 10 Li Zhong, Wang Gang, Liu Jing. A statistical admission control algorithm for providing quality of service guarantee in the storage systems. *Journal of Computer Research and Development*, 2004, 41(Suppl): 16~21 (in Chinese) (李中, 王刚, 刘璟. 一种提供服务质量保证的基于统计学的存储系统访问控制算法. *计算机研究与发展*, 2004, 41(增刊): 16~21)
- 11 S. Karlin, H. M. Taylor. *A First Course in Stochastic Process*. Second Edition. New York: Academic Press Inc., 1975



Li Zhong, born in 1972. Received his Ph. D. degree in computer science from Nankai University in 2005. His main research interests are performance analysis of computer system, and parallel & distributed systems.

李中, 1972年生, 博士, 主要研究方向为存储系统性能分析、并行与分布式系统。



Wang Gang, born in 1974. Received his Ph. D. degree in computer science from Nankai University in 2002. He is currently an associate professor of Nankai University. His main research interests are data layout, mass storage, and parallel & distributed systems.

王刚, 1974年生, 博士, 副教授, 主要研究方向为数据布局、海量存储、并行与分布式系统。



Liu Jing, born in 1942. Currently professor and Ph. D. supervisor of computer science of Nankai University. His main research interests are parallel & distributed systems, mass storage, and algorithm analysis.

刘璟, 1942年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为并行与分布式系统、海量存储、并行 VLSL 算法。

Research Background

The research work of this paper is supported by NSFC-60273031.

In recent years, more and more multimedia applications need to retrieve data from storage systems. These multimedia applications need the storage systems to guarantee their QoS requirements. This causes the problem: when many applications access a storage system concurrently, their QoS requirements can be guaranteed together. The storage systems must employ admission control algorithms to determine whether a new multimedia application can be admitted without violating the QoS requirements of applications being served.

Most relational researches on the admission control algorithms assume the concurrent applications and have the same QoS requirements, but in fact different applications may have different QoS requirements.

A systemic research on this problem is carried out in this paper: the QoS parameters of the multimedia applications is clearly defined, the workload model of aggregate multimedia applications is established, and the constraint condition of admission control is derived. Based on the workload model and the constraint condition, the statistical admission control algorithm that supports mixed multimedia workloads is implemented.

Our novel statistical admission control algorithm is the only known case that supports the multimedia applications with different QoS requirements. It is fairly valuable in the design of modern storage systems that support multimedia applications.