

# ILDM: 数据生命周期动态管理

闵华松<sup>1,2</sup> 胥贵萍<sup>1</sup>

(武汉科技大学冶金自动化及检测技术教育部工程研究中心 武汉 430081)<sup>1</sup>

(北京航空航天大学机器人研究所 北京 100191)<sup>2</sup>

**摘要** 在完全自动化的数据生命周期管理(Information Lifecycle Management)中,数据的价值以及随着时间改变而带来的价值变化是进行数据分级的重要依据。与以往多数考虑文件的使用等影响数据价值的因素的数据价值模型不同,在 ILM 价值模型基础上,考虑磁盘的数据分布随时间变化对数据价值的影响,提出了数据生命周期动态管理价值模型 ILDM(Information Lifecycle Dynamic Management),它综合考虑数据的最近使用、数据的使用频度、数据的分布等因素。通过实验验证表明,ILDM 可有效地减少数据迁移工作量,提高系统资源利用率。

**关键词** 数据价值,价值模型,数据分布,ILM

**中图分类号** TP302.7 **文献标识码** A

## ILDM: Information Lifecycle Dynamic Management

MIN Hua-song<sup>1,2</sup> XU Gui-ping<sup>1</sup>

(Engineering Research Center of Metallurgical Automation & Measurement Technology of Ministry of Education,

Wuhan University of Science & Technology, Wuhan 430081, China)<sup>1</sup>

(Robotics Institute, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The most important basis of data classification is data's values and how they change over time in the period of fully automated Information Lifecycle Management(ILM). Different from the departed value model that uses the degree of information usage to classify the file, the ILDM based on the ILM was proposed, which uses the data distribution to classify the information. The recency, the degree of information usage and the data distribution are taken into consideration in this model. It can be concluded from the experiment that this method is helpful for reducing the migration workload and enhancing the utilization ratio of the system resource.

**Keywords** Information value, Value model, Data distribution, ILM

### 1 引言

据 P. Lyman 等人研究统计,全球的数据正在以每年超过 30% 的速度增加,到 2002 年达到 5.4EB(ExtraBytes)之多<sup>[1]</sup>。巨大的数据量给企业在数据的管理费用、数据可信度及其有效性等方面带来了新的挑战<sup>[2]</sup>。例如,负责维护固定数据的管理机构 Sarbanes-Oxley, HIPAA 及 DOD<sup>[3-5]</sup>,最近提出了更多的在信息管理方面的严苛要求。对企业来讲,处理几十万亿字节的数据是很平常的事情。一些在生命周期的起始阶段被初始化后就处于长期不变状态的固定数据,在它们之后的整个生命周期内还可能被用到,比如用于核对的图片、合约、电子邮件及广播内容等数据。

并不是所有的数据都拥有相同的价值,并且各自的价值是随着时间的改变而改变的。因此以量化数据价值为主要任务的提高系统资源利用率的数据生命周期自动化管理(ILM)诞生了。ILM 要求存储系统知道在某个时刻什么数据是最重要的,以便在正确的时刻应用相应的策略,提高系统资源利

用率。

ILM 有 3 个关键任务<sup>[6]</sup>: 数据评价 (Information valuation) 衡量比较信息的价值; 得到数据描述及分级 (Information characterization & classification) 指导; 相应的优先任务及任务最佳化的执行 (Task prioritization & optimizations), 如图 1 所示。

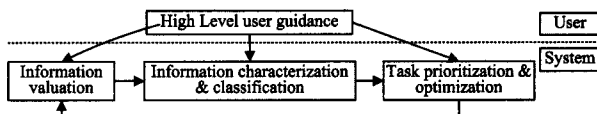


图 1 3 个关键的 ILM 任务

本文以该价值模型为基础,考虑数据分布参数,构建新的价值模型,自动决定数据迁移的对象及位置,基本不需要人为干涉来实现。

### 2 国内外存储自动化管理研究

C. Johnson 提出了基于信息的最近使用对信息进行分类<sup>[7]</sup>。一段时间未被使用的信息不具有价值,故将其从高级

到稿日期:2011-01-05 返修日期:2011-03-22

闵华松(1969—),男,博士,教授,主要研究方向为嵌入式系统与 SOPC、机器人网络控制系统与中间件,E-mail:coolfired@gmail.co;胥贵萍(1984—),女,硕士,主要研究方向为嵌入式系统。

的存储设备移到廉价的存储设备上。这种信息分类方法适用于时间依存性较大的数据集合,即信息的使用很大程度取决于时间。但这种方法具有局限性:对于时间依存性并不大的数据集就不适用了。例如某些时候,在信息评价时,访问频度却是一个比最近使用更佳策略。

E. Pierre 提出了以产生和使用信息的应用对信息分类的方法<sup>[8]</sup>。如果一个应用是重要的,那么它的数据也是有价值的,反过来也一样。但这种方法具有局限性:在分类产生于同一应用的数据时是行不通的。事实上,并不是产生于同一应用的所有数据都具有相同的价值。并且随着时间的改变,也无法评估信息的价值,因此这种方法只能适用于有限情况下的价值评估。

与 ILM 自动化类似,卡内基·梅隆大学的 self-\*<sup>[9]</sup> 存储系统项目旨在通过自我管理技术来实现自动化存储管理的任务。M. Mesnier, E. Thereska 等提出了如何使用决策树算法对文件性质进行自主学习来完成对文件的价值分类<sup>[10]</sup>。

ILM 价值评价模型中利用信息的使用来推断信息的价值,在其他的一些领域也可以找到类似的案例。例如谷歌搜索引擎利用网页级别(PageRank)<sup>[11,12]</sup> 算法对网页进行分级,此算法主要是基于有多少其他的网页链接到一个网页来对此网页分级。它显示了有多少个网页正在使用那个特别的网页。目前流行的缓存算法利用历史的数据使用信息对数据的重要性进行分级,以此决定在系统、数据库和存储控制器<sup>[13-15]</sup> 中将什么数据放入缓存中。这些算法由于设计目的和目标数据不同,因此不能直接用于本文在此提出的问题。

IBM 公司 Almaden 研究中心的研究项目 Compliant Storage 和 Intelligent Data Storage 致力于智能存储相关的研究,提出了一种基于使用时间的文件级信息价值评价模型<sup>[2]</sup>,主要对数据的使用时间进行分析。华中科技大学借鉴经济学中的商品价值规律,研究在 multi-grid 环境下基于文件级的数据价值模型,提出了文件间相关性概念<sup>[16]</sup>。

在以上国内外的研究中,C. Johnson 的研究时间依存性较大;E. Pierre 的研究不具时间性;Almaden 研究中心的研究限于文件级信息分类范围;华中科技大学的文件间相关性是一个突出的因素,也是本文的研究以及今后要改进的方向。本文立足于如何判断磁盘中哪一数据块具有较高的价值,以此来判定数据迁移的对象与策略,有着与以往研究不同的创新点。经实验证明,本文研究在一定程度上可提高数据迁移对象的精确性。

### 3 价值评价模型

价值评价模型计算出数据在当前时刻的价值为当前价值。关心数据的当前价值,是为了制定相应的策略来改善系统资源的利用率及提供更好的数据保护。ILM 数据模型的基础是假定数据的过去使用表示了数据在当前时刻  $t$  的重要性。通过考虑数据使用的两个关键的因素:最近使用及使用度,数据的过去使用可以间接地显示出数据的价值。如果部分数据比其他数据在最近使用更加频繁或是总使用频度更高,那么它就具有更高的价值。数据的使用度可以用访问频率、访问时间长度或其他因素来表示。

下面介绍 ILM 研究中的数据价值评价模型<sup>[6]</sup>。

#### 3.1 ILM 研究中的数据价值评价模型

$$V_t(d) = \sum_{i=1}^{N_t} (w(i) \times f(U_i(d))), 0 \leq f(U_i(d)) \leq 1 \quad (1)$$

$$w(i) = \frac{(1/x)}{\sum_{i=1}^{N_t} (1/x)^i}, \sum_{i=1}^{N_t} w(i) = 1, x \geq 1 \quad (2)$$

$$vp = [t - (N_t \times s), t], N_t = vp/s \quad (3)$$

各式中各符号说明如下:

$V_t(d)$  是在  $t$  时刻数据  $d$  的价值。这个价值是在时间段  $[t - (N_t \times s), t]$  中获得,  $s$  是每个生命阶段的时间长度,  $N_t$  是生命阶段的个数。  $f(U_i(d))$  是数据  $d$  在生命阶段  $i$  的使用频率,它的值在 0 和 1 之间。

$w(i)$  是数据  $d$  在生命阶段  $i$  的权重,总和为 1。如式(2),较小的  $i$  代表最近的生命阶段。这样的权重表达式确保了近期的生命阶段拥有着较高的权重。

$x$  是对于数据的最近使用的时间的界定因子。 $x$  越小代表着数据在时间上更早的最近使用,  $x$  越大代表着数据在最近的时间的最近使用。如果给定了  $N_t$ ,  $x$  越大,那么权重分配就越重。同样,如果给定了  $x$ ,  $N_t$  越大,权重分配也就越重。

这个价值模型的几个关键参数为价值周期  $vp$ 、生命阶段长度  $s$ 、每个生命阶段数据的利用率  $f(U_i(d))$ 、最新权重  $w(i)$ 。

在 ILM 模型中,主要考虑了影响数据价值的两大因素:数据的使用频度及数据的最近使用。例如  $f(U_i(d))$  相当的两个数据块,若不考虑数据分布,二者的价值根据 ILM 计算亦相当。因此,通过 ILM 评价的这两个数据块若是价值较高,则二者均可成为数据迁移的目标。

在磁盘设备中,若  $f(U_i(d))$  相当的数据块较多,使用 ILM 模型计算出的数据迁移的目标就较多,直接导致了系统资源利用率的降低。但若是考虑数据分布,那么诸多  $f(U_i(d))$  相当的数据块中,必然有部分数据块的访问集中在较小的范围内,这样就有效地缩小数据迁移目标的范围,提高系统资源的利用率。

从文件级考察影响信息价值的因素相对简单,因为大多数信息从文件元数据中即可获得。然而,对于数据中心所构建的存储网络(如 SAN 等),在做数据备份、恢复以及灾难恢复等管理数据策略时都是以块为基本单位的。在同一个数据块中通常会存在多个文件,无法具体关注每个文件的属性和内容。因此,要实现数据中心数据价值评价,必须从块级的观点出发<sup>[17]</sup>。

因此本文在 ILM 的基础上提出了基于磁盘数据块的数据分布的数据价值模型。

#### 3.2 价值模型 ILDM

数据分布即为被操作的数据在数据块上的位置分布情况,采用对数据块上一定时间段内各次操作的动态位置分布的统计值来衡量。

IBM 公司 Almaden 研究中心的研究项目及华中科技大学的数据价值模型,其数据价值评价粒度均为文件。而本文的数据价值评价粒度为块,所以两者的研究均不能直接应用于本文的数据价值评价,并且两者并没有分析操作的数据量和分布范围。

在数据价值评价粒度为文件时,数据分布即为统计各个

确定的文件对象在一定时间段内的读写次数,即读写频率与文件的价值成正比。但是评价价值的粒度为块时,这个正比的比例关系是不存在的。

实际上,如果两个数据块在一个时间段的读写频率相当,哪个数据块每次读写对象的位置重叠率较高,那么这一个数据块的价值就会高于另一块。因为读写频率较高,但有可能读写的是同一个数据块上的不同文件,这时对于各个单独的文件的操作却不频繁,所以存储介质的存储效率即使不高,也不会对读写效率造成很大的影响。

借鉴 ILM 价值模型,构建本文基于磁盘数据块的数据价值模型 ILDM 如下:

$$V_i(d) = \sum_{i=1}^{N_i} (w(i) \times f(U_i(d)) \times D_i), 0 \leq f(U_i(d)) \leq 1 \quad (4)$$

$$w(i) = \frac{\left(\frac{1}{x}\right)}{\sum_{i=1}^{N_i} \left(\frac{1}{x}\right)^i}, \sum_{i=1}^{N_i} w(i) = 1, x \geq 1 \quad (5)$$

$$vp = [t - (N_i \times s), t], N_i = \frac{vp}{s} \quad (6)$$

本文考虑一个参数  $D_i$ , 它为第  $i$  个时间段上的数据分布。

式(4)与式(1)相比,多考虑了一个  $D_i$  参数,而该参数取值范围为 $[0, 1]$ 。计算其期望可知,式(4)的  $V_i(d)$  值总体为式(1)的  $1/2$ 。若考虑实际情况,预想式(4)局部  $V_i(d)$  值相当的区域应明显较为集中,而式(1)比较分散。

### 3.3 数据分布的实现

对于数据分布情况,现在来讨论如何表示  $D_i$ 。

将指定的数据块按一定长度的存储地址范围划分为  $N$  块,建立了如下一个数据结构:

```
struct distribution{
    unsigned int dcount; //块在一定时间里的访问次数
    BOOL dflag;
} Dis[N];
```

$Dis[i]$  代表将指定的数据块按地址划分为  $N$  块后第  $i$  ( $0 \leq i \leq N$ ) 块的数据结构。

$D_i$  参数的计算如图 2 所示。

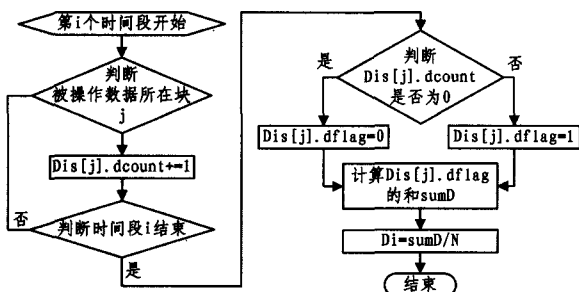


图 2 数据分布参数  $D_i$  计算流程图

图 2 中  $D_i$  即为第  $i$  个时间段上该数据块的数据分布值。当然,如果计算所有  $Dis[j]$  的  $Dis[j].dcount$  的和,即可得出该数据块在第  $i$  时间段内被访问的次数。

对块级存储设备中的数据块的重要性进行评估,并作为数据迁移策略的依据,从而达到充分利用存储设备和负载均衡的目的,实现更合理的性能优化方案。

## 4 实验结果及分析

本文通过对 HP 实验室 1992 年收集的 cello92 的 IOtrace

进行解析分析,来验证和分析本文价值评价模型的有效性。选择了磁盘(大小为 4G 的数据块区)1992 年 4、5 月两个月的 trace 信息进行分析。实验结果表明,该磁盘使用 ILDM 计算出的结果范围更小,更加具有针对性。

实验中引入一个  $32 \times 32$  的矩阵,矩阵中每个单元代表一个数据块,共 1024 个数据块,每个数据块大小为 4M。由图 3 可知,仅有少数数据块价值比较大,而多数数据块的价值是很小的。图 3 中价值较高的数据块,由于加入了数据分布的概念,在图 4 中,其数据价值也有可能降到了很低。而数据价值并不很高的数据块,考虑到数据分布参数后,其数据价值也可能得以提高。

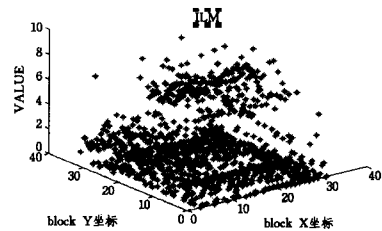


图 3 ILM 模型计算的 2 个月价值

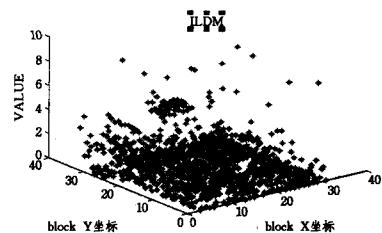


图 4 ILDM 模型计算的 2 个月价值

在数据迁移时,我们对数据价值大于或者等于 4.5 (这是个阈值,根据计算结果中较大值的分布范围来定)的数据块进行数据迁移。通过 ILM 算法计算出的可迁移数据块为 537 块,而 ILDM 算法计算出的可迁移的数据块为 179 块。因此,对于这两个算法,ILDM 计算出的可迁移数据量明显减少。

图 4 ILDM 模型中的高数据价值数据块比例比图 3 ILM 中数据价值较大的数据块(实际考虑粒度为文件)比例明显大很多。而若是按照图 3 中 ILM 模型计算出的数据所在范围来指导数据迁移,那么工作量是比较巨大的,并且也是不合理的。这时,若参照 ILDM 模型中计算出来的高数据价值模块来指导数据迁移,那么就具有更小的工作量、更高的针对性,有效地提高了数据迁移的效率及计算机资源利用率。

**结束语** 本文通过对一定时间内的系统所采集到的数据使用的数据,在 ILM 研究中的数据价值评价模型的基础上,引入了新的可度量的数据价值模型,来评价磁盘中的数据块的价值,指导数据的分类。在新的模型中,综合考虑了数据的最近使用、数据的使用频度、数据的分布等因素,并未偏向于某一方面。如此综合的考虑,使得本模型在数据分类的考虑方面更加合理与全面。并且此模型适用于各种系统。

通过新的价值模型的计算与分析,磁盘中某一数据块的价值在相当的一段时间内是相对稳定的,但是不同的数据块的价值差异是比较大的。访问频度相当的数据块,在考虑到数据分布的因素时,就出现了较大的价值差异。因此,在指导数据迁移方面应该会有着不小的作用。在未来的研究中,将

(下转第 262 页)

的, 进而提高显著区域的检测效果。

实验结果表明, 与传统的基于频域的显著性检测方法相比, 本文方法不但能够有效检测出显著区域, 而且可以较好地保留显著区域轮廓, 检测结果稳定, 鲁棒性强; 与基于空域的Itti显著性模型相比, 本文方法检测出来的显著区域对比度高, 显著区域轮廓明显, 且运算量小。

本文对彩色图像的处理是基于亚采样灰度图进行的, 亚采样本身损失了很多信息, 这对检测效果有一定的影响。后续研究中, 我们将对图像的颜色特征分量进行研究, 将灰度和颜色的频谱信息进行融合。同时, 还将在多尺度、空频域融合等方面进行扩展研究。

## 参 考 文 献

- [1] Treisman A M, Gelade C. A feature integration theory of attention[J]. *Cognitive Psychology*, 1980, 12:97-136
- [2] Koch C, Ullman S. Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry[J]. *Human Neurobiology*, 1985, 4(4):219-227
- [3] Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis[J]. *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1998, 20(11):1254-1259

(上接第 241 页)

对被迁移的数据块间相关性、数据块大小及准确定位做进一步的研究。

## 参 考 文 献

- [1] Lyman P, Varian H R, Swearingen K, et al. How much information [EB/OL]. <http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/>, October 2003
- [2] Chen Ying. Information Valuation for Information Lifecycle management[C]//Proceeding of the 2nd International Conference on Autonomic Computing, Washington, DC: IEEE Computer Society, June 2005: 135-146
- [3] Public Law 104-191. Health insurance portability and accountability act [EB/OL]. <http://aspe.hhs.gov/adnsimp/pl104191.htm>, August 1996
- [4] Public Law 107-204. Sarbanes-Oxley, An Act [EB/OL]. <http://corporate.findlaw.com/industry/corporate/docs/pub107.204.pdf>, July 2002
- [5] DOD 5012.2-STD. Design criteria standard for electronic records management software applications[R]. Assistant Secretary of Defense for Command, Control, Communications, and Intelligence, June 2002
- [6] Chen Ying. Information Valuation for Information Lifecycle Management[R]. Storage Systems Department, IBM Almaden Research Center
- [7] Johnson C. ILM Case Study: Complete Data Lifecycle Management Solution [EB/OL]. [http://www.snia.org/tech\\_activities/dmf/ILM\\_Solutions\\_Conference/2004/Agenda/Mustang](http://www.snia.org/tech_activities/dmf/ILM_Solutions_Conference/2004/Agenda/Mustang), Octo-

- [4] Hou X, Zhang L. Saliency Detection: A Spectral Residual Approach[C]//Proc. CVPR. 2007
- [5] Guo C L, Ma Q, Zhang L M. Spatio-temporal Saliency Detection Using Phase Spectrum of Quaternion Fourier Transform[C]//Proc. CVPR. 2008
- [6] Yu Ying, Wang Bin, Zhang Li-ming. Selective Visual Attention Model Based on Pulsed Cosine Transform[J]. *PR&AI*, 2010, 23(10):616-623
- [7] Li Zhao-ping. A Saliency Map in Primary Visual Cortex [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, 6(1):9-16
- [8] Allman J M, Miezin F, McGuinness E. Stimulus Specific responses from beyond the classical receptive field: neurophysiological mechanisms for local-global comparisons in visual neurons[J]. *Annu Rev Neurosci*, 1985, 8:407-430
- [9] Wolfe J. Guided Search 2.0: A Revised Model of Guided Search [J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1994, 1(2):202-238
- [10] Bruce N D B, Tsotsos J K. Saliency, Attention, and Visual Search: An Information Theoretic Approach[J]. *Journal of Vision*, 2009, 9(3):1-24
- [11] Ruderman D. The Statistics of Natural Images. *Network* [J]. *Computation in Neural Systems*, 1994, 5(4):517-548

ber 2004

- [8] Pierre E. Introduction to ILM: A Tutorial [EB/OL]. [http://www.snia.org/tech\\_activities/dmf/ILMSolutionsConference/2004/Agenda/IntroductionILM](http://www.snia.org/tech_activities/dmf/ILMSolutionsConference/2004/Agenda/IntroductionILM), October 2004
- [9] Ganger G R, John D S, Klosterman A J. Self- \* Storage Brick-based Storage with Automated Administration [R]. CMU-CS-03-178. Carnegie Mellon University, August 2003
- [10] Mesnier M, Thereska E, Ganger G R, et al. File classification in self- \* storage systems [C]//Proceedings of the First International Conference on Autonomic Computing (ICAC-04). New York, NY, May 2004
- [11] Page L, Brin S, Motwani R, et al. The pagerank citation ranking: Bringing order to the Web [EB/OL]. <http://dbpubs.stanford.edu:8090/pub/1999-66>, 1999
- [12] Ridings C, Shishigin M. PageRank Uncovered [EB/OL]. <http://www.voelspriet2.nl/PageRank.pdf>, 2002
- [13] Denning P J. The working set model for program behavior [J]. *Communications of the ACM*, 1968, 11(5)
- [14] Denning P J. Working sets past and present [J]. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1980, SE-6(1):64-84
- [15] Effelsberg W, Haerder T. Principles of database buffer management [J]. *ACM Transactions on Database Systems*, 1984, 9(4)
- [16] Zhou Xiong-mu, Hai Jin, Song Wu. Information Lifecycle Management in Multi-gird Environment [C]//第十四届全国信息存储技术学术会议. 北京: 电子工业出版社, 2006: 175-184
- [17] 赵晓南, 曾雷杰, 李战怀. 一种基于块级的存储性能优化方法 [J]. *计算机科学*, 2009, 36(6):130