

文章编号: 1005-8451 (2013) 11-0013-04

基于数据存储的重复删除技术的研究

何磊, 谭献海, 赵金铃

(西南交通大学 信息科学与技术学院, 成都 610031)

摘要: 重复数据删除也称为单一实例存储或智能压缩。首先对文件分段, 再使用SHA-1算法进行重复数据段的检测, 最后建立数据字典存储单一实例的数据段并进行压缩, 从而节省大量的存储空间, 实现有效的数据存储和数据备份。本文通过对数据重复删除的关键技术进行分析, 找出现有技术的不足, 然后加以改进。重复数据删除技术在数据存储领域的应用相当广泛, 有效地节省了数据存储的硬盘成本。

关键词: 数据存储; 重复数据删除; 数据检测算法; 数据字典

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A

Research on duplication deletion based on data storage

HE Lei, TAN Xianhai, ZHAO Jinling

(School of Information and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Data duplication deletion was called single instance storage or intelligent compression. In order to reduce the consumption of space, first to segment files, then use SHA-1 algorithm for the detection of duplicate data segments, finally, establish data dictionary for the storage of single instance of the data segment and compress it. Thus, a lot of storage space was saved, effective data storage and data backup were implemented. Through the analysis of the key technology of data duplication, it was found the shortage of existing technology, and then improved. This technology was widely used in the area of data storage, brought the revolutionary breakthrough, and it could effectively save the cost of data storage hard disk.

Key words: data storage; duplication data deletion; data detection algorithm; data dictionary

随着信息化时代的推进, 大量的重复数据给存储带来了严峻的挑战。例如: 一个 10 M 的 PPT 文件, 要把它拷贝给 100 个用户, 就需要 Exchange 服务器有 1 GB 的可用存储空间。当每周都要备份 1 GB 的重复存储时, 会变得更加严重。一年后, 浪费的 1 GB 空间最终会导致需要 52 GB 的磁带备份或其他方式的备份存储。重复数据删除可以解决数据冗余问题, 它只将重复的文件存储到实际的存储介质中。本文论述重复数据删除的关键技术, 并对数据检测算法进行详细的分析, 在现有算法的基础上进行改进, 提出效率更高的数据检测算法。最后对重复数据删除技术在存储方面的应用进行简要分析。

1 数据重复删除技术分析

重复数据删除也称为单一实例存储或智能压

缩。它是一种可以减小数据存储需求的手段, 发现并删除数据内的重复信息而不损失数据的精确性或完整性的操作。其目标是通过将文件分割成 32 KB~128 KB 可变大小的区块、确定重复的区块, 然后保持每个区块一个副本, 在更小的空间中存储更多的数据。使用单个副本的引用替换了区块的冗余副本, 区块被分为容器文件, 并且容器已被压缩实现进一步的空间优化。数据重复删除技术一般把数据拆分为细粒度的元素, 处理的粒度越细, 能够发现的重复粒度就越多, 容量减少得也就越多。存储的备份数据经过重复数据删除以后, 只存储了单一的数据以及重复数据的指针, 单一的存储数据经过恢复, 能得到重复数据前的数据。

2 数据重复删除的关键技术

重复数据删除技术主要包括 3 个方面: 重复数据删除的定位、重复数据删除去重粒度的分析

收稿日期: 2013-03-04

作者简介: 何磊, 在读硕士研究生; 谭献海, 副教授。

选择、重复检测算法的采用。

2.1 重复数据删除的定位

重复数据删除主要有数据备份前删除和数据备份后删除,前者的优点是经济高效,缺点是减慢了数据吞吐的速度;后者的优点是不会对正常业务处理造成影响,缺点是需要额外的磁盘空间。

2.2 重粒度的分析选择

重复数据删除技术能够识别重复的数据,消除冗余,减少需转移或存储的数据的总体容量。与块级技术相比,字节级删除技术对数据的检查更加细微,精度更高,但同时需要更加了解备份流,才能完成任务。

(1) 块级技术。块级重复数据删除技术将数据流分割成块,并判定之前是否碰到相同的数据块。如果数据块是唯一的,就被写入磁盘,其标识符也存入索引中;否则,仅存入指针,指向存储相同数据块的原始位置。这种方法用小容量的指针替代重复的数据块,而不是将重复数据块再次存储,这样就节省了磁盘存储空间。

块级技术的缺点:利用散列算法计算独一无二的ID,可能产生错误;将唯一的ID存入索引中,当索引扩大需要磁盘I/O时,检查过程就会变慢。

(2) 字节级技术。从字节级别上分析数据流是重复数据删除的另外一种方法。将新数据流和已存储的数据流比较字节,能够实现更高的精度。使用这种技术的重复数据删除产品具有一个共同点:可能之前已见过流入的数据流,因此就会检查其是否与之前接收的数据相符。

采用字节级技术的产品通常能“识别内容”,也就是说,供应商对备份程序的数据流执行了逆向工程,从而了解如何检索文件名、文件种类、日期/时间戳记等信息。在判断重复数据时,这种方法能够减少计算量。此方法通常在后处理阶段发挥作用—备份完成后,判断备份数据是否重复。因此,需要备份整个磁盘的数据,必须具有磁盘缓存,才能执行重复数据删除过程。而且,重复数据删除过程可能仅局限于某个备份组的备份数据流,而不是应用到整个备份组中。完成了重复数据删除过程后,字节级技术能收回磁盘空间。在收回空间前应执行一致性检验,以保证删除重复数据后仍能满足原始数据的目标。保留最后一次完全备份,这样恢复过程就不必依赖重

构后的数据,加快恢复过程。

2.3 常用的重复数据检测算法分析

(1) 完全文件检查技术以文件为粒度来查找重复数据,先用哈希函数计算(MD5或SHA1)出整个文件的哈希值,然后把得到的哈希值与已存储的哈希值进行比较,发现相同的哈希值则认为该文件为重复文件,不进行存储;否则,该文件为新文件,将该文件及其哈希值存储到系统中。该方法的优点是删除重复数据的速度比较快,缺点是不能删除不同文件内部的不同数据。

(2) 基于固定尺寸划分算法(FSP)是使用固定大小的分块策略在存储系统中识别相同数据的方法,如图1所示:定义每个数据块应该被划分的大小;使用哈希算法(MD5或SHA1)对每个划分好的数据块进行计算,得到一个指纹值;把得到的指纹值与已经存储的指纹值进行对比,指纹值相同,则删除此指纹代表的数据块,并存储代替块的指针,否则存储新的数据块。

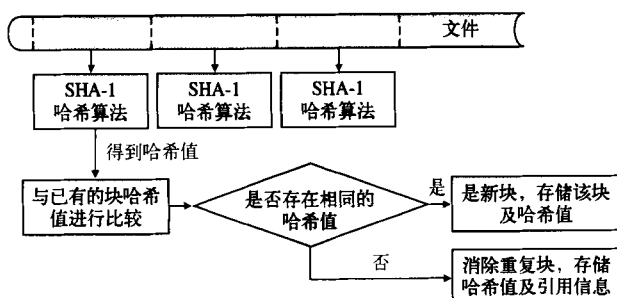


图1 基于FSP算法的数据检测

(3) 可变大小数据块的检测是基于文件内容,将文件分成大小不等的数据块,通常是利用Rabin指纹的方法计算出数据内容的指纹值。Rabin指纹是一种高效的指纹计算函数,利用hash函数的随机性,对任意数据的计算结果表现出均匀分布。基于内容的数据块划分方法如下:

预先设定一对整数 $D, r (D > r)$ 和一个滑动窗口的固定宽度 l (实际中常用 $r = D - l$)。对于一个序列 $S = S_1, S_2, \dots, S_n$,当窗口的边缘停在某一个位置 k ,也就是子序列 $W = S(k-l+1), S(k-l+2), \dots, S_k$ 的指纹函数计算结果为 $h(W) \bmod D = r$,则位置 k 有一个 D -match。位置 k 也就是某个数据块的边界位置,如图2所示。

实际操作时,从文件头部开始,将固定大小(相互重叠)的滑动窗口中的数据作为Rabin指纹的子序列,计算每个窗口位置的指纹。当满足指

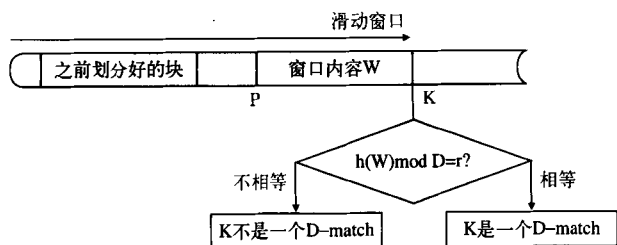


图2 基于内容检测的滑动窗口

纹条件时, 就将此时窗口所在位置的边界作为块的边界。重复这样一个过程, 直到整个文件都被划分成数据块。接下来再用 hash 函数计算出每个划分的数据块 hash 值, 并将它们统一存放在 hash 函数值库中。有新来的文件时, 按照上述方法划分成数据块, 将每个数据块的 hash 值与已存储的数据块 hash 值进行比对, 如果检测到相同的 hash 值, 则不存储其代表的数据块, 否则存储这个新数据块并存储新的 hash 值, 如图 3 所示。

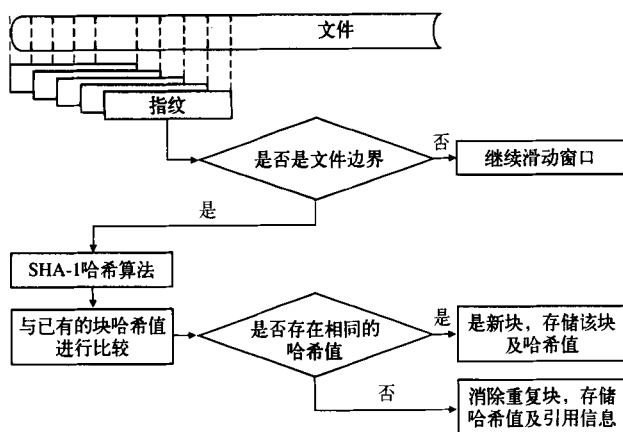


图3 基于文件内容的数据检测算法

利用基于文件内容的划分方法, 无论是插入还是删除一小部分字节, 都只会影响 1~2 个块, 其余的块保持不变, 所以对于只相差几个字节的数据块可以检测出更多的冗余。

3 数据检测算法改进

上面描述的数据块划分方法容易产生一些问题。由于 hash 函数的随机性, 会出现两种极端的情况: (1) 某个文件始终找不到指纹, 造成数据块过大, 原因可能是一个文件只有一个数据块; (2) 每个 byte 都是指纹, 这样数据块过小因为只有 1 byte 的长度。针对这些问题, 本文提出了一种改进算法, 并且给出了如何评估这些算法好坏的数学公式。主要的改进算法如下:

(1) 消除过小块。按照原始算法标识块边界, 反复合并大于或等于某个限定值 L 的块, 直到所有的块都 $>L$ 。实际应用中, 一般是在块大小到达限定值 L 之前忽略掉指纹, 这样可以省略合并的步骤。

(2) 避免过大块。先用原始算法标识块边界, 将大于限定值 T 的块划分成 n 个等于 T 的块, 最后块可能 $\leq T$ 。缺点是对大块, 重复了固定分块的缺点: 在块头部某个位置插入字节会造成整个块 hash 值的改变, 但大部分内容是保持不变的。

(3) 双划分因子。用两个 D 的值: 每次计算 D 和 D' (例如 $D'=D/2$) 两套指针, 若找到了 D' -match, 不马上划分为块边界, 先记录下来。如果 D -match 在设定的 T_{max} 之前有了, 就用 D -match, 若到了 T_{max} 还没有, 就看之前有没有 D' -match, 有就用 D -match 划分, 没有就用 T_{max} 。

(4) 双边界和双划分因子。按照原始的算法标识块边界, 反复合并小于或等于某个限定值 L 的块, 直到所有的块都 $>L$; 将大于限定值 T 的块划分成 n 个等于 T 的块, 最后那块可能 $\leq T$ 。这样就把块的大小限定在 $L \sim T$ 之间。再按照上面的双划分因子的方法对数据进行分块。

4 重复删除技术在数据存储方面的应用

4.1 数据字典的建立

把每一个第 1 次出现的数据段放入字典中, 并用一张表来表示该段的哈希地址与段号的关系。这个表被存入字典中, 当这个数据段再次出现时, 即可用表示它的哈希地址代替它, 并存入散列表中, 内容不必存入字典中。根据以上的分析, 把文件按照固定长度 8 KB 分段, 根据重复数据删除技术的原理, 计算每个数据段的哈希地址, $Address = Hash(content)$, $content_size = 8\text{ KB}$ 把该哈希值写到哈希地址表中。若该数据段的地址在哈希地址表中不存在, 则把该段内容添加到数据字典中, 建一张哈希地址、段号和存储地址号的对应表; 否则该段不需要添加到数据字典中。

算法如下:

数据段数 = 文件大小 / 8 KB;

While(数据段数 > 0)

(下转 P19)

因此,相对于传统的 E1 接口互联方式,采用 CPOS 接口方案优于传统方案。目前常用路由器设备基本都支持 CPOS 接口,建议对于新建的客票中心或对既有客票中心扩容的时候采用 CPOS 接口。CPOS 接口还可适用于其它采用 E1 接口的专用网络,比如公安网、办公网都能使用。

6 结束语

郑州铁路局客票中心的扩容方案具有较高的可靠性和一定的创新性,通过工程实践确认设计方案合理可行,本文提供一些解决方案因篇幅未

能详细介绍。工程设计方案应在对既有情况深入调查的基础上展开设计,由此得出的设计方案更合理,与现场结合更加紧密,才具有较高的工程实践意义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部办公厅. 铁运 [2011]127 号 关于全路开通动车组列车互联网售票有关技术要求的通知 [S]. 北京: 中华人民共和国铁道部办公厅, 2011.
- [2] 中华人民共和国铁道部办公厅. 铁运 [2009]66 号 客票系统数据存储设备技术条件 [S]. 北京: 中华人民共和国铁道部办公厅, 2009.

责任编辑 杨利明

(上接 P15)

```
For( 在每个数据段 8 KB 的范围内 ){
    获取文件内容 content;
}
计算 Hash 值:
Address = Hash (content);
将 Address 添加到 Hash 地址表中。
If(Address 在 Hash 地址表中)
{
    Address 相同的数据段进行内容比对;
    If( 内容相同 )
        不做任何操作;
    Else{
        将该段 content 写到数据字典;
    }
}
Else{
    将该段 content 写到数据字典;
}
```

4.2 存储后做数据恢复

如果对某文件进行数据恢复,只需要给出 Hash 地址表中的地址序列,发送 Hash 地址和段号关系,然后从数据字典中取出相应的内容,文件数据得以恢复。

5 结束语

重复数据删除技术可使一些因存储容量需求巨大而成本高的数据管理和保护方案变得经济可

行,所以它在数据保护和归档存储领域得到了广泛的应用。重复数据删除技术正在不断发展,用户将在多种应用环境中获得其带来的成本效益,这些应用环境不仅包括备份和归档,而且将覆盖其它存储应用、网络应用和桌面应用中。

本文对重复删除技术的几个关键技术进行了分析,重点分析了数据检测算法,并在已有算法的基础上提出了改进算法,比传统的算法更高效,更完善。

参考文献:

- [1] 张 磊. 虚拟磁带库在灾备系统中的应用研究 [J]. 小型微型计算机系统, 2007 (6): 1149-1152.
- [2] 颜 军. 重复数据删除带来集群架构革命 [J]. 计算机世界技术与应用, 2008.
- [3] 付印金, 肖 侬, 刘 芳. 重复数据删除关键技术研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2012 (1): 2-8.
- [4] 张 冬. 大话存储—网络存储系统原理精解与最佳实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [5] 敖 莉, 舒继武, 李明强. 重复数据删除技术 [J]. 软件学报, 2010 (5): 5-13.
- [6] 黄晨晖, 林泳琴. 基于后缀结构进行数据块优化的重复数据删除系统 [J]. 计算机系统应用, 2010 (11): 32-41.
- [7] 周敬利, 聂雪军, 秦磊华, 等. 基于存储环境感知的重复数据删除算法优化 [J]. 计算机科学, 2011 (2): 55-62.
- [8] 廖海生, 赵跃龙. 基于 MD5 算法的重复数据删除技术的研究与改进 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (3): 11-21.
- [9] 王树鹏. 重复数据删除技术的发展及应用 [J]. 中兴通讯技术, 2010 (10): 2-7.

责任编辑 陈 蓉