

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 12 月 19 日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/254899 A1

(51) 国际专利分类号:

G06F 16/11 (2019.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2023/102466

(22) 国际申请日:

2023 年 6 月 26 日 (26.06.2023)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202310695689.3 2023年6月12日 (12.06.2023) CN

(71) 申请人: 中山大学 (SUN YAT-SEN UNIVERSITY)

[CN/CN]; 中国广东省广州市新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。

(72) 发明人: 陈志广 (CHEN, Zhiguang); 中国广东省广

州市新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。
王永康 (WANG, Yongkang); 中国广东省广州市
新港西路 135 号, Guangdong 510275 (CN)。 卢宇

彤 (LU, Yutong); 中国广东省广州市新港西路
135 号, Guangdong 510275 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市世纪恒程知识产权代

理事务所 (CENFO INTELLECTUAL PROPERTY
AGENCY); 中国广东省深圳市南山区西丽街
道松坪山社区松坪山路 3 号奥特迅电力大
厦 201, Guangdong 518052 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家

保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,
IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: FILE SYSTEM METADATA MANAGEMENT METHOD, TERMINAL DEVICE AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 文件系统的元数据管理方法、终端设备及计算机存储介质

[图2]



S10 Acquire a path name corresponding to a file needing to be stored, and, on the basis of the path name, perform encoding to obtain an initial key value format corresponding to the file

S20 By means of a preset pre-allocated index management space, perform a pre-allocation operation to allocate a corresponding pre-allocated index value to the initial key value format so as to obtain a pre-allocated key value format

S30 On the basis of the pre-allocated key value format, execute a merging operation on the pre-allocated index management space and a parent directory index management space corresponding to the pre-allocated key value format to obtain a target index management space

S40 According to an index value contained in the target index management space, allocate a corresponding target index value to the initial key value format so as to obtain a target key value format, and, on the basis of the target key value format, store the file into a target storage structure

(57) Abstract: Disclosed in the present application are a file system metadata management method, a terminal device and a computer-readable storage medium. The data file management method of the present application comprises: on the basis of a path name corresponding to a file needing to be stored, performing encoding to obtain an initial key value format corresponding to the file; allocating a corresponding pre-allocated index value to the initial key value format so as to obtain a pre-allocated key value format; on the basis of the pre-allocated key value format, executing a merging operation on a pre-allocated index management space and a parent directory index management space corresponding to the pre-allocated key value format to obtain a target index management space; and obtaining a target key value format, and, on the basis of the target key value format, storing the file into a target storage structure.

[见续页]

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请公开了一种文件系统的元数据管理方法、终端设备及计算机可读存储介质, 本申请数据文件的管理方法包括: 基于需要存储的文件对应的路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式; 为初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式; 基于预分配键值格式对预分配索引管理空间和预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间; 得到目标键值格式, 并基于目标键值格式将文件存储在目标存储结构内。

发明名称：文件系统的元数据管理方法、终端设备及计算机存储介质

[0001] 本申请要求于2023年6月12日申请的、申请号为202310695689.3的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本申请涉及数据处理技术领域，尤其涉及一种文件系统的元数据管理方法、终端设备及计算机可读存储介质。

背景技术

[0003] 当前，如MapReduce、Spark等大数据处理框架在面对大量文件创建的场景时，往往需要频繁创建和更新文件信息，如此，文件管理系统在就需要大量读取磁盘文件，从而难以满足用户的低延迟需求，而元数据读写延迟在很多场景下是影响应用性能的关键因素。

[0004] 因此，如何令文件管理系统在面对存在大量文件创建的场景时，能够满足用户对于读写数据的低延迟需求，也就成了行业内亟需解决的技术问题。

发明概述

技术问题

[0005] 本申请的主要目的在于提供一种文件系统的元数据管理方法、装置、终端设备及计算机可读存储介质，旨在令文件管理系统在存储文件数据时，能够将文件数据存储设备上连续相邻存储，从而减少设备在读取文件数据过程中访问存储设备的次数，提升文件管理系统的性能，进而使得文件管理系统在面对大量文件创建、删除场景时，能够满足用户的低延迟需求。

技术方案

[0006] 为实现上述目的，本申请提供一种文件系统的元数据管理方法，所述文件系统的元数据管理方法包括以下步骤：

[0007] 获取需要存储的文件对应的路径名，并基于所述路径名进行编码得到所述文件

对应的初始键值格式；

[0008] 通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式；

[0009] 基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间；

[0010] 按照所述目标索引管理空间内包含的索引数值为所述初始键值格式分配对应的目标索引数值以得到目标键值格式，并基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内。

[0011] 进一步地，所述基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式的步骤，包括：

[0012] 确定所述路径名对应的文件父目录、文件名及文件属性信息；

[0013] 基于所述文件父目录对应的父目录索引数值、所述文件名及所述文件属性信息进行编码得到所述文件对应的初始键值格式。

[0014] 进一步地，所述基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，包括：

[0015] 将所述预分配键值格式内包含的所述预分配索引数值和所述父目录索引数值进行比对得到第一比对结果；

[0016] 若判断到所述第一比对结果为所述预分配索引数值和所述父目录索引数值之间的差值大于预设的第一阈值，则基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间。

[0017] 进一步地，所述基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，包括：

[0018] 判断所述预分配索引管理空间对应的空间分配数值是否小于预设的第二阈值；

[0019] 若判断到所述空间分配数值小于所述第二阈值，则将所述预分配索引管理空间合并入所述父目录索引管理空间以得到目标索引管理空间。

- [0020] 进一步地，所述基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，还包括：
- [0021] 判断所述父目录索引管理空间对应的预留空间是否被用完；
- [0022] 若判断到所述预留空间被用完，则确定所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间各自对应的已分配结点数量；
- [0023] 基于各所述已分配结点数量对所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间执行结点平衡操作，并将执行所述平衡操作后的预分配索引管理空间确定为目标索引管理空间。
- [0024] 进一步地，在所述基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内的步骤之后，所述方法还包括：
- [0025] 在接收到文件删除指令时检测前台负载，并判断所述前台负载是否大于或等于预设的第三阈值；
- [0026] 若判断到所述前台负载大于或等于所述第三阈值，则向所述文件删除指令对应的目标文件目录插入预设的全删除键；
- [0027] 若判断所述前台负载小于所述第三阈值，则向所述目标文件目录和所述目标文件目录对应的各子文件目录递归插入预设的删除键。
- [0028] 进一步地，在所述基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内的步骤之后，所述方法还包括：
- [0029] 在接收到文件访问指令时，根据所述文件访问指令确定目标文件，并检测所述目标文件对应的访问频率；
- [0030] 基于所述访问频率判断所述目标文件对应的数据类型是否为热数据；
- [0031] 若判断到所述数据类型为所述热数据，则确定所述目标文件对应的所述目标索引管理空间；
- [0032] 基于所述目标索引管理空间确定所述目标文件对应的各相似热数据文件，将各所述相似热数据文件插入到预设的日志合并存储结构树。
- [0033] 进一步地，在所述通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式的步骤之前，

所述方法还包括：

[0034] 基于所述初始键值格式确定与文件重复的各重复文件；

[0035] 对所述文件和各所述重复文件执行合并存储操作。

[0036] 此外，为实现上述目的，本申请还提供一种终端设备，所述终端设备包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的文件系统的元数据管理程序，所述文件系统的元数据管理程序被所述处理器执行时实现如上述的文件系统的元数据管理方法的步骤。

[0037] 此外，为实现上述目的，本申请还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有文件系统的元数据管理程序，所述文件系统的元数据管理程序被处理器执行时实现如上述的文件系统的元数据管理方法的步骤。

[0038] 本申请实施例提供的文件系统的元数据管理方法、装置、终端设备及计算机介质，通过获取需要存储的文件对应的路径名，并基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式；通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式；基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间；按照所述目标索引管理空间内包含的索引数值为所述初始键值格式分配对应的目标索引数值以得到目标键值格式，并基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内。

[0039] 在本实施例中，终端设备在运行时，由终端设备内的文件管理系统首先获取需要进行存储的文件，并确定文件对应的路径名，从而基于该文件名对文件进行编码从而得到文件对应的初始键值格式，之后，文件管理系统获取预设的预分配索引管理空间，并基于该预分配索引数值空间对需要存储的文件对应的初始键值格式执行预分配操作，从而为初始键值格式分配对应的预分配索引数值以生成预分配键值格式，再之后，文件管理系统基于预分配键值格式内包含的预分配索引数值和父目录索引数值对预分配索引管理空间和父目录索引管理空间执行合并操作生成目标索引管理空间，最后，文件管理系统按照目标索引管理空间内包含的索引数值为文件对应的初始键值格式分配对应的目标索引数值从

而生成对应的目标键值格式，文件管理系统进而按照该目标键值格式将文件保存在存储装置对应的存储结构中。

有益效果

[0040] 本申请通过令文件管理系统基于索引管理空间内包含的连续的索引数值，将文件存储在存储结构内的连续位置上的方式，达到了减少设备在读取文件数据过程中访问存储设备的次数，提升文件管理系统的性能的技术效果，进而使得文件管理系统在面对大量文件创建、删除场景时，能够满足用户的低延迟需求。

附图说明

[0041] 图1是本申请实施例方案涉及的硬件运行环境的终端设备的结构示意图；

[0042] 图2为本申请文件系统的元数据管理方法第一实施例的流程示意图；

[0043] 图3为本申请文件系统的元数据管理方法一实施例涉及的索引管理空间布局示意图；

[0044] 图4为本申请文件系统的元数据管理方法一实施例涉及的系统结构示意图。

[0045] 本申请目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步说明。

本发明的实施方式

[0046] 应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

[0047] 参照图1，图1为本申请实施例方案涉及的硬件运行环境的终端设备结构示意图。

[0048] 需要说明的是，图1即可为终端设备的硬件运行环境的结构示意图。本申请实施例终端设备可以是执行本申请文件系统的元数据管理方法的设备，该终端设备具体可以是移动终端、数据存储控制终端、PC或者便携计算机等终端。

[0049] 如图1所示，该终端设备可以包括：处理器1001，例如中央处理器（Central Processing Unit, CPU），通信总线1002、用户接口1003，网络接口1004，存储器1005。其中，通信总线1002用于实现这些组件之间的连接通信。用户接口1003可以包括显示屏（Display）、输入单元比如键盘（Keyboard），用户接口1003还可以包括标准的有线接口、无线接口。网络接口1004可以包括标准的有线

接口、无线接口（如无线保真（Wireless-Fidelity, WI-FI）接口）。存储器1005可以是高速的随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）存储器，也可以是稳定的非易失性存储器（Non-Volatile Memory, NVM），例如磁盘存储器。存储器1005还可以是独立于前述处理器1001的存储装置。

[0050] 本领域技术人员可以理解，图1中示出的结构并不构成对终端设备的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。

[0051] 如图1所示，作为一种存储介质的存储器1005中可以包括操作系统、数据存储模块、网络通信模块、用户接口模块以及文件系统的元数据管理程序。

[0052] 在图1所示的终端设备中，网络接口1004主要用于与其他设备进行数据通信；用户接口1003主要用于与用户进行数据交互；本申请终端设备中的处理器1001、存储器1005可以设置在终端设备中，所述终端设备通过处理器1001调用存储器1005中存储的文件系统的元数据管理程序，并执行本申请实施例提供的文件系统的元数据管理方法。

[0053] 基于上述的终端设备，提供本申请文件系统的元数据管理方法的各个实施例。

[0054] 需要说明的是，面向存储设备的本地文件系统是一切数据存储与管理系统的基礎。例如，主流的数据库都建立在文件系统之上，分布式文件系统必须依托本地文件系统实现设备上的数据组织，其中，以Hbase、Dynamo为代表的大数据存储系统要么构建在分布式文件系统之上，要么直接调用本地文件系统读写存储设备上的数据。如此，本地文件系统的性能对所有数据存储与管理系统都有着至关重要的影响。

[0055] 其中，本地文件系统从结构上大致可划分为两个组件：名字空间管理和地址空间管理。地址空间管理则主要负责数据在存储设备上的组织。一般说来，无论存储设备采用什么技术手段实现，设备厂商都会将设备的物理地址空间抽象为线性的逻辑地址空间，而地址空间管理模块则负责将用户数据和文件系统元数据组织在线性的逻辑地址空间上。因此，名字空间管理的主要功能是对文件和目录名称进行组织和管理，为用户提供文件系统的操作接口，实现由文件名到文件信息的路径解析过程。

[0056] 而名字空间管理的常见分类有：层次型、扁平型、哈希型等。其中，层次型文

件系统是指文件和目录之间存在父子关系，形成一棵树状结构，树的每个节点代表一个文件或目录。这种结构使得文件系统中的文件和目录可以被方便地组织和管理。在这种结构中，每个节点都有一个唯一的路径名，用于标识该节点在树形结构中的位置。例如，`/usr/local/bin`就是一个路径名，表示根目录下的usr目录下的local目录下的bin目录。进行路径解析时，需要从树的根节点出发，自上而下依次访问中间目录文件，最后得到目标文件信息；

[0057] 同样的，扁平型文件系统是指所有的文件和目录都在同一级别上，没有父子关系。哈希型文件系统是指将文件名通过哈希函数计算得到一个唯一的值，然后根据这个值来存储和查找文件。层次型名字空间管理。与层次式管理相比，它的路径解析更加简单，不需要按层级依次解析。但是它没有保留同一层级相邻文件关系，在涉及多个文件的处理操作比较复杂，比如文件重命名和列出目录文件信息操作。

[0058] 不同的文件系统采用不同的名字空间管理方法。例如，Ext系列文件系统（比如Ext2、Ext3、Ext4）采用层次式结构来管理名字空间，通过定义目录类型的文件来保存同一层次下文件的信息，在路径查找过程中，对于目标路径的每一层，Ext系列文件系统都必须搜索目标目录的inode（即索引节点）并解析目录内容以获得下一层目录的inode号。如此，Ext系统文件系统在路径查找过程中会产生大量磁盘I/O（即输入/输出），这不仅是因为目录解析，还因为它的索引节点的预取机制。然而，这种机制在解析深的路径时没有效果，因为Ext很难保证磁盘上的元数据的纵向局部性。Ext目录文件存储的文件信息直接线性的排布于存储设备，同一目录的子文件数量太大时，查找一个子文件需要遍历所有文件，将导致查询性能下降严重。Ext3之后对目录文件里面所存的子文件排列进行优化，它采用了Hash和B+树来组织子文件，加速同一层的文件查询性能。然而，在面对写入密集型的工作负载时，受大量随机小写的影响，Ext文件系统的性能将大大下降；除此之外，文件数量多，文件的路径较深时，在进行路径解析方面的性能也将下降，比如文件深度为N，则需要进行N次磁盘的I/O，这大大降低了路径解析的性能。

[0059] 同样的，Btrfs是一种新型的写时复制（CoW）Linux文件系统，它本身采用B-t

ree存储目录项，所以在给定目录下搜索文件的效率非常高。为了满足readdir的需求，BtrFS在每次创建新的文件时，除了插入以hash值为Key的目录项外，还同时插入另外一种目录项索引，该目录项索引的Key以sequence number（即序列号）作为B-tree的键值，sequence number在每次创建新文件时线性增加，所以可以使得readdir读出的文件有序。虽然BtrFS给定目录下搜索文件的效率非常高，但是涉及文件数量较多，且文件路径较深的文件时，B树的深度会越来越深，在B树种搜索目标文件的延迟越来越大，从而导致文件访问性能的下降。不仅如此，和Ext系列文件系统类似，在面对写入数据密集型的负载时，受大量随机小写影响，文件系统性能大大下降。

[0060] 同样的，TableFS是一个基于LSM-Tree的文件系统，堆叠于下层文件系统之上，它确保元数据以非覆盖、排序的日志形式写入磁盘。由于LSM树对写入友好的特点，TableFS对写密集型的场景非常友好，可以将随机小写聚合顺序写入到磁盘。但是LSM-Tree本身对读不友好，所以直接将LSM-Tree作为元数据存储结构时，文件系统的读操作的性能不佳。TableFS的读文件操作（比如stat）性能远低于常见的文件系统比如ext4，原因是其路径解析需要多次读取LSM-Tree，特别是当路径上各文件不在同一个SSTable时，需要多次访问磁盘，造成读取性能低下，延迟较高。综上，目前的各大数据处理框架在面对大量文件创建的场景时，往往需要频繁创建和更新文件信息，如此，文件管理系统在就需要大量读取磁盘文件，从而难以满足用户的低延迟需求，而元数据读写延迟在很多场景下是影响应用性能的关键因素。因此，如何设计一个面向存在大量文件创建的场景时，仍然对写入密集友好、文件路径解析低延迟的本地文件系统，也就成了行业内亟需解决的技术问题。

[0061] 针对上述技术问题，本申请提出了一种文件系统的元数据管理方法、终端设备及计算机可读存储介质，通过获取需要存储的文件对应的路径名，并基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式；通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式；基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管

理空间；按照所述目标索引管理空间内包含的索引数值为所述初始键值格式分配对应的目标索引数值以得到目标键值格式，并基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内。如此，本申请通过令文件管理系统基于索引管理空间内包含的连续的索引数值，将文件存储在存储结构内的连续位置上的方式，达到了减少设备在读取文件数据过程中访问存储设备的次数，提升文件管理系统的性能的技术效果，进而使得文件管理系统在面对大量文件创建、删除场景时，能够满足用户的低延迟需求。

[0062] 请参照图2，图2为本申请文件系统的元数据管理方法第一实施例的流程示意图。

[0063] 应当理解的是，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，本申请文件系统的元数据管理方法当然也可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0064] 在本实施例中，本申请文件系统的元数据管理方法，可以包括以下步骤：

[0065] 步骤S10：获取需要存储的文件对应的路径名，并基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式；

[0066] 在本实施例中，终端设备在运行时，首先获取需要存储的文件，并由终端设备内的文件管理系统确定该文件对应的路径名，并基于该按照预设的编码格式和该路径名进行编码从而得到初始键值格式。

[0067] 示例性地，例如，终端设备在运行时，首先获取需要进行存储的文件，并由终端设备内的文件管理系统确定该文件对应的路径名，之后，文件管理系统按照预设的键值格式和该路径名进行编码从而得到与文件对应的初始键值格式：<pi node: filename, stat>。

[0068] 可以理解的是，采用上述的键值格式比起当前技术中将目录或文件的完整路径作为键的格式更容易被接受，因为它执行移动（move）或重命名（rename）操作的开销更低。

[0069] 进一步地，在一种可行的实施例中，上述步骤S10中“对所述文件进行编码得到所述文件对应的初始键值格式”的步骤，具体可以包括：

[0070] 步骤S101：确定所述路径名对应的文件父目录、文件名及文件属性信息；

- [0071] 步骤S102: 基于所述文件父目录对应的父目录索引数值、所述文件名及所述文件属性信息进行编码得到所述文件对应的初始键值格式;
- [0072] 示例性地, 例如, 文件管理系统首先根据路径名确定文件对应的文件父目录, 从而确定该文件父目录对应的父目录索引数值pinode, 同时, 文件管理系统确定该文件对应的文件名filename, 同时, 文件管理系统确定该文件对应的文件属性信息stat, 之后, 文件管理系统基于获取的父目录索引数值pinode、文件名filename及文件属性信息stat进行编码从而得到文件对应的初始键值格式<pinode: filename, stat>。
- [0073] 步骤S20: 通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式;
- [0074] 进一步地, 请参照图3和图4, 其中, 图3为本申请文件系统的元数据管理方法一实施例涉及的索引管理空间布局示意图, 图4为本申请文件系统的元数据管理方法一实施例涉及的系统结构示意图; 索引管理空间为用于对索引数值 (即inode_number) 进行管理的空间, 其中, 一个索引数值对应的大小应设置为64位; 如此, 索引管理空间可以标识 2^{64} 个文件, 如图4所示, 由于一个文件对应的键值的大小为256B, 而一个4KiB的存储块可以容纳16个键值对, 因此, 该索引管理空间的大小默认为16, 且其中会预留一部分空间用于后续的合并。
- [0075] 此外, 索引管理空间内的索引数值在字典序上应相近, 且该索引管理空间内的各索引数值中应包含一个最小索引数值min_inode_number和一个最大索引数值max_inode_number, 如此, 当存在新的文件创建时, 文件管理系统可以在索引管理空间inode_space内确定一个索引数值, 并将该索引数值对应的索引结点inode分配给新创建的文件, 而当该索引管理空间inode_space内的索引结点inode已经被分配完毕, 则文件管理系统可以创建一个新的索引管理空间inode_space。
- [0076] 如图3所示, 上述索引管理空间inode_space分为内存中 (即图3中的DRAM) 的索引表和存储设备 (即图3中的SSD) 上的线性表格, 其中, 线性表格的表项包含根节点inode号 (即图3中的root inode), 该索引管理空间inode_space可分配的最大inode号max_inode、预留分配的inode总数step及当前已分配的数量co

unt, 可以理解的是, 该预留分配的inode总数step即该索引管理空间inode_space对应的预留空间, 而该已分配的数量count对应该索引管理空间inode_space对应的已分配结点。

[0077] 在本实施例中, 文件管理系统获取预设的用于执行预分配操作的预分配索引管理空间, 并基于该预分配索引管理空间执行索引数值预分配操作从而为生成的初始键值格式分配对应的预分配索引数值, 文件管理系统进而将该预分配索引数值写入该初始键值格式以生成预分配键值格式。示例性地, 例如, 文件管理系统首先获取预设的用于执行预分配操作的预分配索引管理空间inode_space1, 并基于该预分配索引管理空间inode_space1执行预分配操作从而为初始键值格式<pinode: filename, stat>分配对应的预分配索引数值cur_inode, 之后, 文件管理系统将分配的预分配索引数值cur_inode写入该初始键值格式以得到预分配键值格式: <pinode: file_name, cur_inode...>。

[0078] 可以理解的是, 基于预分配键值格式能够令同一目录下子文件的key均以父目录的inode开头, 从而令同一目录的子文件会被连续相邻存于存储设备。由于存储设备一般读写粒度为KB级别, 比如SSD的最小读粒度为4KiB, 一次I/O可以读取多个存储设备上相邻排布的文件元数据信息, 如此, 可以大大提升文件系统范围查询的性能。

[0079] 步骤S30: 基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间;

[0080] 在本实施例中, 文件管理系统基于预分配键值格式内包含的预分配索引数值和父目录索引数值, 对该预分配键值格对应的预分配索引管理空间和上述父目录索引管理空间执行合并操作从而得到目标索引管理空间。示例性地, 例如, 文件管理系统基于该预分配键值格式<pinode: file_name, cur_inode ...>内包含的预分配索引数值cur_inode和父目录索引数值pinode对应的父目录索引管理空间inode_space2, 和预分配索引管理空间inode_space1执行合并操作从而得到目标索引管理空间inode_space。

[0081] 进一步地, 在一种可行的实施例中, 上述步骤S30, 具体可以包括:

[0082] 步骤S301: 将所述预分配键值格式内包含的所述预分配索引数值和所述父目录

索引数值进行比对得到第一比对结果；

[0083] 在本实施例中，文件管理系统首先确定预分配键值格式内包含的预分配索引数值和父目录索引数值，并将该预分配索引数值和该父目录索引数值进行比对得到预分配索引数值和父目录索引数值之间产生的差值，同时，文件管理系统获取技术人员预设的第一阈值，并将该差值与该第一阈值进行比对得到第一比对结果，文件管理系统进而基于该第一比对结果判断预分配索引数值和父目录索引数值之间是否相差过大。

[0084] 步骤S302：若判断到所述第一比对结果为所述预分配索引数值和所述父目录索引数值之间的差值大于预设的第一阈值，则基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间；

[0085] 在本实施例中，文件管理系统若判断到第一比对结果为上述差值大于或等于预设的第一阈值，则确定预分配索引数值和父目录索引数值之间相差过大，从而基于上述父目录索引数值对父目录索引管理空间和预分配索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间。

[0086] 示例性地，例如，文件管理系统首先确定预分配键值格式<pinode: file_name, cur_inode ...>内包含的预分配索引数值cur_inode和父目录索引数值pinode，并将该预分配索引数值cur_inode和该父目录索引数值pinode进行比对以得到两者之间的差值，同时，文件管理系统获取预设的第一阈值，并将该差值与该第一阈值进行比对得到第一比对结果，之后，文件管理系统若判断到第一比对结果为上述差值大于或等于该第一阈值，则确定预分配索引数值cur_inode和父目录索引数值pinode之间相差过大，文件管理系统进而基于该预分配键值格式<pinode: file_name, cur_inode ...>内父目录索引数值pinode对应的父目录索引管理空间inode_space2，和预分配索引数值cur_inode对应的预分配索引管理空间inode_space1执行合并操作，从而得到目标索引管理空间inode_space。

[0087] 此外，在另一实施例中，文件管理系统还可以计算预分配索引管理空间inode_space1对应的空闲率 $\alpha = 1 - \text{count} / (i_{\max_inode} - \text{root_inode})$ ，并将该空闲率与预设的空闲率阈值进行比对，之后，文件管理系统若确定该空闲率高于该空

闲率阈值，则确定执行合并操作。

[0088] 进一步地，在一种可行的实施例中，上述步骤S302中“基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间”的步骤，具体可以包括：

[0089] 步骤S3021：判断所述预分配索引管理空间对应的空间分配数值是否小于预设的第二阈值；

[0090] 步骤S3022：若判断到所述空间分配数值小于所述第二阈值，则将所述预分配索引管理空间合并入所述父目录索引管理空间以得到目标索引管理空间；

[0091] 示例性地，例如，当文件管理系统确定执行合并操作时，首先获取技术人员预设的第二阈值，并将预分配索引管理空间inode_space1内对应的空间分配数与该第二阈值进行比对以得到第二比对结果，之后，文件管理系统若判断到第二比对结果为该空间分配数小于该第二阈值，则确定该索引管理空间inode_space1内的子文件较少，因此，不需要维护该索引管理空间inode_space1内的局部性，文件管理系统从而将该预分配索引管理空间inode_space1合并到上述父目录索引管理空间inode_space2内，从而将合并后的父目录索引管理空间inode_space2作为目标索引管理空间inode_space。

[0092] 进一步地，在一种可行的实施例中，上述步骤S302中“基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间”的步骤，还可以包括：

[0093] 步骤S3023：判断所述父目录索引管理空间对应的预留空间是否被用完；

[0094] 在本实施例中，当文件管理系统确定执行合并操作时，首先判断父目录索引管理空间内包含的预留空间是否被用完。

[0095] 步骤S3024：若判断到所述预留空间被用完，则确定所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间各自对应的已分配结点数量；

[0096] 在本实施例中，文件管理系统若判断待该预留空间已经被用完，则确定需要对父目录索引管理空间执行分裂操作，进而对预分配索引管理空间和父目录索引管理空间分别进行检测，从而确定预分配索引管理空间和父目录索引管理空间各自对应的已分配结点数量。

[0097] 步骤S3025: 基于各所述已分配结点数量对所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间执行结点平衡操作, 并将执行所述平衡操作后的预分配索引管理空间确定为目标索引管理空间;

[0098] 在本实施例中, 文件管理系统基于获取的各已分配结点数量对父目录索引管理空间和预分配索引管理空间执行结点平衡操作, 从而将父目录索引管理空间内的部分结点迁移到预分配索引管理空间内, 以平衡两个索引管理空间内的结点数量, 文件管理系统进而将平衡操作后的预分配索引管理空间确定为目标索引管理空间。

[0099] 示例性地, 例如, 文件管理系统在确定执行合并操作时, 首先判断父目录索引管理空间inode_space2内包含的预留空间对应的工作状态, 并基于该工作状态判断该预留空间是否被用完, 之后, 文件管理系统若判断到该预留空间被用完, 则确定需要执行索引管理空间的分裂操作, 并检测预分配索引管理空间inode_space1和父目录索引管理空间inode_space2各自对应的已分配结点数量从而确定需要迁移的inode节点范围 $[x, y]$, 同时, 文件管理系统确定该迁移操作涉及的存储Level为 L_k 和 L_{k-1} , 从而在文件管理系统内的 L_0 到 L_k 层之间搜索满足 $x:*\leq \text{Key}\leq$

$y:*$ 条件的键值对, 并修改键值对的inode为new_inode, 如此, 文件管理系统基于获取的各已分配结点数量确定预分配索引管理空间inode_space1和父目录索引管理空间inode_space2对应的平均结点数量, 并基于该平均结点数量按照上述迁移操作将父目录索引管理空间inode_space2内包含的部分结点迁移到预分配索引管理空间inode_space1以完成结点平衡操作, 从而将平衡后的预分配索引管理空间inode_space1确定为目标索引管理空间并更新对应的索引表信息。

[0100] 步骤S40: 按照所述目标索引管理空间内包含的索引数值为所述初始键值格式分配对应的目标索引数值以得到目标键值格式, 并基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内;

[0101] 在本实施例中, 文件管理系统在完成合并操作之后, 基于得到的目标索引管理空间内包含的索引数值执行索引分配操作, 从而为初始键值格式分配对应的目标索引数值以生成目标键值格式, 文件管理信息进而按照该目标键值格式将该

文件存储在对应的存储结构内。

[0102] 示例性地，例如，文件管理系统在完成合并操作之后，基于得到目标索引管理空间inode_space执行inode分配操作，从而为初始键值格式<pinode: filename, stat>分配与其对应的目标索引数值cur_inode，以得到目标键值格式，之后，文件管理系统基于该目标键值格式将对应的文件存储于目标存储结构内。

[0103] 在本实施例中，终端设备在运行时，首先获取需要存储的文件，并由终端设备内的文件管理系统确定该文件对应的路径名，并基于该按照预设的编码格式和该路径名进行编码从而得到初始键值格式，之后，文件管理系统获取预设的用于执行预分配操作的预分配索引管理空间，并基于该预分配索引管理空间执行索引数值预分配操作从而为生成的初始键值格式分配对应的预分配索引数值，文件管理系统进而将该预分配索引数值写入该初始键值格式以生成预分配键值格式，再之后，文件管理系统基于预分配键值格式内包含的预分配索引数值和父目录索引数值，对该预分配键值格对应的预分配索引管理空间和上述父目录索引管理空间执行合并操作从而得到目标索引管理空间，最后，文件管理系统在完成合并操作之后，基于得到的目标索引管理空间内包含的索引数值执行索引分配操作，从而为初始键值格式分配对应的目标索引数值以生成目标键值格式，文件管理信息进而按照该目标键值格式将该文件存储在对应的存储结构内。

[0104] 如此，本申请通过令文件管理系统基于索引管理空间内包含的连续的索引数值，将文件存储在存储结构内的连续位置上的方式，达到了减少设备在读取文件数据过程中访问存储设备的次数，提升文件管理系统的性能的技术效果，进而使得文件管理系统在面对大量文件创建、删除场景时，能够满足用户的低延迟需求。进一步地，基于上述本申请文件系统的元数据管理方法的第一实施例，在此提出本申请文件系统的元数据管理方法第二实施例。

[0105] 在上述步骤S40之后，本申请文件系统的元数据管理方法还可以包括以下步骤：

[0106] 步骤A10：在接收到文件删除指令时检测前台负载，并判断所述前台负载是否大于或等于预设的第三阈值；

- [0107] 在本实施例中，文件管理系统在接收到文件删除指令时，获取技术人员预设的第三阈值，同时，文件管理系统基于该文件删除指令对终端设备进行检测，从而获取该终端设备当前的前台负载，并将该前台负载与该第三阈值进行比对得到第三比对结果。
- [0108] 步骤A20：若判断到所述前台负载大于或等于所述第三阈值，则向所述文件删除指令对应的目标文件目录插入预设的全删除键；
- [0109] 在本实施例中，文件管理系统若判断到第三比对结果为前台负载大于或等于上述第三阈值，则根据该文件删除指令确定需要删除的目标文件目录，并将预设的全删除键值插入该目标文件目录下，以令文件管理系统在执行合并操作时，由全删除键执行文件回收操作从而完成对目标文件目录的删除操作。
- [0110] 步骤A30：若判断所述前台负载小于所述第三阈值，则向所述目标文件目录和所述目标文件目录对应的各子文件目录递归插入预设的删除键；
- [0111] 在本实施例中，文件管理系统若判断到第三比对结果为前台负载小于上述第三阈值，则根据该文件删除指令确定需要删除的目标文件目录，和该目标文件目录下的各子目录，文件管理系统进而在该目标文件目录和各该子目录下递归插入删除键，以在合并操作过程中将标记有该删除键的文件目录移除从而完成删除操作。
- [0112] 示例性地，例如，当用户需要删除文件时，可通过终端设备生成文件删除指令，终端设备进而将该文件删除指令发送到文件管理系统，之后，当文件管理系统接收到该文件删除指令时，首先获取技术人员预设的第三阈值并确定需要删除的目标文件对应的目标文件目录，同时，文件管理系统检测终端设备对应的前台负载，文件管理系统进而将该前台负载与该第三阈值进行比对得到第三比对结果，再之后，文件管理系统若确定第三比对结果为前台负载大于或等于该第三阈值时，则获取预设的全删除键full_delete_key，并将该全删除键full_delete_key插入该目标文件目录下，以供文件管理系统在存储结构SSTable里搜索key目录包含全删除键full_delete_key的文件，进而在执行上述索引管理空间合并操作时，将包含该全删除键full_delete_key的文件对应的文件目录直接删除；

- [0113] 而若文件管理系统确定第三比对结果为前台负载小于该第三阈值时，则根据该文件删除指令确定需要删除的目标文件对应的目标文件目录，和该目标文件目录下的各子目录，文件管理系统进而将预设的删除键递归插入各该子目录，以在后续的合并过程中将这些删除键和带有该删除键的文件从存储设备中移除。
- [0114] 在本实施例中，文件管理系统在接收到文件删除指令时，获取技术人员预设的第三阈值，同时，文件管理系统基于该文件删除指令对终端设备进行检测，从而获取该终端设备当前的前台负载，并将该前台负载与该第三阈值进行比对得到第三比对结果，之后，文件管理系统若判断到第三比对结果为前台负载大于或等于上述第三阈值，则根据该文件删除指令确定需要删除的目标文件目录，并将预设的全删除键值插入该目标文件目录下，以令文件管理系统在执行合并操作时，由全删除键执行文件回收操作从而完成对目标文件目录的删除操作，最后，文件管理系统若判断到第三比对结果为前台负载小于上述第三阈值，则根据该文件删除指令确定需要删除的目标文件目录，和该目标文件目录下的各子目录，文件管理系统进而在该目标文件目录和各该子目录下递归插入删除键，以在合并操作过程中将标记有该删除键的文件目录移除从而完成删除操作。
- [0115] 如此，本申请通过确定终端设备的前台负载情况，在前台负载情况高于预设的阈值时，向需要删除的目标文件目录内插入全删除键，而在前台负载情况小于阈值时，向目标文件目录和对应的各子目录下递归插入删除键的方式，令文件管理系统能够在执行文件删除操作时根据前台负载情况选择效率更好的文件删除方案，从而达到了快速回收存储设备上的空间，提高文件管理系统的性能。
- [0116] 进一步地，基于上述本申请文件系统的元数据管理方法的第一实施例和/或者第二实施例，在此提出本申请文件系统的元数据管理方法第三实施例。
- [0117] 在上述步骤S40之后，本申请文件系统的元数据管理方法还可以包括以下步骤：
- [0118] 步骤B10：在接收到文件访问指令时，根据所述文件访问指令确定目标文件，并检测所述目标文件对应的访问频率；
- [0119] 在本实施例中，文件管理系统在接收到文件访问指令时，则通过预设的时间窗口统计该文件访问指令对应的目标文件的访问频率。

[0120] 步骤B20: 基于所述访问频率判断所述目标文件对应的数据类型是否为热数据;

[0121] 在本实施例中, 文件管理系统获取预设的第四阈值, 并将获取的访问频率与该第四阈值进行比对得到第四比对结果, 文件管理系统进而基于该第四比对结果判断该目标文件对应的数据类型是否为热数据。

[0122] 步骤B30: 若判断到所述数据类型为所述热数据, 则确定所述目标文件对应的所述目标索引管理空间;

[0123] 在本实施例中, 文件管理系统若确定第四比对结果为访问频率大于或等于该第四阈值, 则确定该目标文件对应的数据类型为热数据, 进而根据该目标文件对应的上述目标键值格式确定对应的目标索引数值, 并查找该目标索引数值对应的目标索引管理空间。

[0124] 步骤B40: 基于所述目标索引管理空间确定所述目标文件对应的各相似热数据文件, 将各所述相似热数据文件插入到预设的日志合并存储结构树;

[0125] 在本实施例中, 文件管理系统基于目标索引管理空间内包含的多个索引数值, 确定与该目标元数据对应的各相似热数据文件, 进而将各该相似热数据文件插入文件管理系统内的表层存储结构中。示例性地, 例如, 文件管理系统在接收到文件访问指令时, 在系统后台开一个时间窗口, 并通过该时间窗口统计该文件访问指令对应的目标文件的访问频率freq, 同时, 文件管理系统获取预设的第四阈值, 并将该访问频率freq与该第四阈值进行比对得到第四比对结果, 之后, 若文件管理系统确定该第四比对结果为该访问频率freq大于或等于该第四阈值, 则确定该目标文件对应的数据类型为热文件filehot, 文件管理系统进而确定该目标文件对应的目标索引数值inode_{hot}, 并确定该目标索引数值inode_{hot}对应的目标索引管理空间inode_space_{hot}, 再之后, 文件管理系统将基于该索引管理空间inode_space_{hot}确定该目标文件对应的各相似热数据文件, 并将各该相似热数据文件插入到文件管理系统内较低层级的SSTable中, 以使得用户能更快的访问各该热数据文件。

[0126] 在本实施例中, 文件管理系统在接收到文件访问指令时, 则通过预设的时间窗口统计该文件访问指令对应的目标文件的访问频率, 之后, 文件管理系统获取

预设的第四阈值，并将获取的访问频率与该第四阈值进行比对得到第四比对结果，文件管理系统进而基于该第四比对结果判断该目标文件对应的数据类型是否为热数据，再之后，文件管理系统若确定第四比对结果为访问频率大于或等于该第四阈值，则确定该目标文件对应的数据类型为热数据，进而根据该目标文件对应的上述目标键值格式确定对应的目标索引数值，并查找该目标索引数值对应的目标索引管理空间，最后，文件管理系统基于目标索引管理空间内包含的多个索引数值，确定与该目标元数据对应的各相似热数据文件，进而将该相似热数据文件插入文件管理系统内的表层存储结构中。

[0127] 如此，本申请采用在确定被访问的数据为热数据时，基于该热数据对应的目标索引数值确定与该热数据对应的各相似热数据文件，进而将各该相似热数据文件插入系统内的表层存储结构的方式，达到了提升热数据的访问性能，降低用户在读取热数据时产生的延迟的目的。进一步地，基于上述本申请文件系统的元数据管理方法的各实施例，在此提出本申请文件系统的元数据管理方法第四实施例。

[0128] 在上述步骤S20之前，本申请文件系统的元数据管理方法还可以包括以下步骤：

[0129] 步骤C10：基于所述初始键值格式确定与文件重复的各重复文件；

[0130] 在本实施例中，文件管理系统将各文件各自对应的初始键值格式进行比对从而得到第五比对结果，并基于该第五比对结果确定与文件对应的各重复文件。

[0131] 步骤C20：对所述文件和各所述重复文件执行合并存储操作；

[0132] 在本实施例中，文件管理系统将文件，和该文件对应的各重复文件执行合并存储操作。

[0133] 示例性地，例如，文件管理系统首先将基于各文件各自对应的初始键值格式<pinode: filename, stat>分别进行比对得到第五比对结果，之后，文件管理系统基于各该第五比对结果确定初始键值格式一致的各重复文件，并将文件和重复的各重复文件进行合并存储操作，从而令文件管理系统中的内存表可以存储更多的键值对。

[0134] 此外，本申请还提供一种终端设备，该终端设备上有可在处理器上运行的文件

系统的元数据管理程序，所述终端设备执行所述文件系统的元数据管理程序时实现如以上任一项实施例所述的文件系统的元数据管理方法的步骤。本申请终端设备的具体实施例与上述文件系统的元数据管理方法各实施例基本相同，在此不作赘述。

[0135] 此外，本申请还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有文件系统的元数据管理程序，所述文件系统的元数据管理程序被处理器执行时实现如以上任一项实施例所述文件系统的元数据管理方法的步骤。本发计算机可读存储介质的具体实施例与上述文件系统的元数据管理方法各实施例基本相同，在此不作赘述。

[0136] 需要说明的是，在本文中，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者系统不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者系统中还存在另外的相同要素。

[0137] 上述本申请实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

[0138] 通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在如上所述的一个存储介质(如ROM/RAM、磁碟、光盘)中，包括若干指令用以使得一台终端设备(可以是执行本申请文件系统的元数据管理方法的设备，该终端设备具体可以是移动终端、数据存储控制终端、PC或者便携计算机等终端)执行本申请各个实施例所述的方法。

[0139] 以上仅为本申请的优选实施例，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本申请的专利保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种文件系统的元数据管理方法，其中，所述文件系统的元数据管理方法包括以下步骤：
- 获取需要存储的文件对应的路径名，并基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式；
- 通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式；
- 基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间；
- 按照所述目标索引管理空间内包含的索引数值为所述初始键值格式分配对应的目标索引数值以得到目标键值格式，并基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的文件系统的元数据管理方法，其中，所述基于所述路径名进行编码得到所述文件对应的初始键值格式的步骤，包括：
- 确定所述路径名对应的文件父目录、文件名及文件属性信息；
- 基于所述文件父目录对应的父目录索引数值、所述文件名及所述文件属性信息进行编码得到所述文件对应的初始键值格式。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的文件系统的元数据管理方法，其中，所述基于所述预分配键值格式对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，包括：
- 将所述预分配键值格式内包含的所述预分配索引数值和所述父目录索引数值进行比对得到第一比对结果；
- 若判断到所述第一比对结果为所述预分配索引数值和所述父目录索引数值之间的差值大于预设的第一阈值，则基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间。

- [权利要求 4] 如权利要求3所述的文件系统的元数据管理方法，其中，所述基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，包括：
- 判断所述预分配索引管理空间对应的空间分配数值是否小于预设的第二阈值；
- 若判断到所述空间分配数值小于所述第二阈值，则将所述预分配索引管理空间合并入所述父目录索引管理空间以得到目标索引管理空间。
- [权利要求 5] 如权利要求4所述的文件系统的元数据管理方法，其中，所述基于所述父目录索引数值对所述预分配索引管理空间和所述预分配键值格式对应的父目录索引管理空间执行合并操作得到目标索引管理空间的步骤，还包括：
- 判断所述父目录索引管理空间对应的预留空间是否被用完；
- 若判断到所述预留空间被用完，则确定所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间各自对应的已分配结点数量；
- 基于各所述已分配结点数量对所述预分配索引管理空间和所述父目录索引管理空间执行结点平衡操作，并将执行所述平衡操作后的预分配索引管理空间确定为目标索引管理空间。
- [权利要求 6] 如权利要求1所述的文件系统的元数据管理方法，其中，在所述基于所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内的步骤之后，所述方法还包括：
- 在接收到文件删除指令时检测前台负载，并判断所述前台负载是否大于或等于预设的第三阈值；
- 若判断到所述前台负载大于或等于所述第三阈值，则向所述文件删除指令对应的目标文件目录插入预设的全删除键；
- 若判断所述前台负载小于所述第三阈值，则向所述目标文件目录和所述目标文件目录对应的各子文件目录递归插入预设的删除键。
- [权利要求 7] 如权利要求1所述的文件系统的元数据管理方法，其中，在所述基于

所述目标键值格式将所述文件存储在目标存储结构内的步骤之后，所述方法还包括：

在接收到文件访问指令时，根据所述文件访问指令确定目标文件，并检测所述目标文件对应的访问频率；

基于所述访问频率判断所述目标文件对应的数据类型是否为热数据；若判断到所述数据类型为所述热数据，则确定所述目标文件对应的所述目标索引管理空间；

基于所述目标索引管理空间确定所述目标文件对应的各相似热数据文件，将各所述相似热数据文件插入到预设的日志合并存储结构树。

[权利要求 8] 如权利要求1所述的文件系统的元数据管理方法，其中，在所述通过预设的预分配索引管理空间进行预分配操作以为所述初始键值格式分配对应的预分配索引数值从而得到预分配键值格式的步骤之前，所述方法还包括：

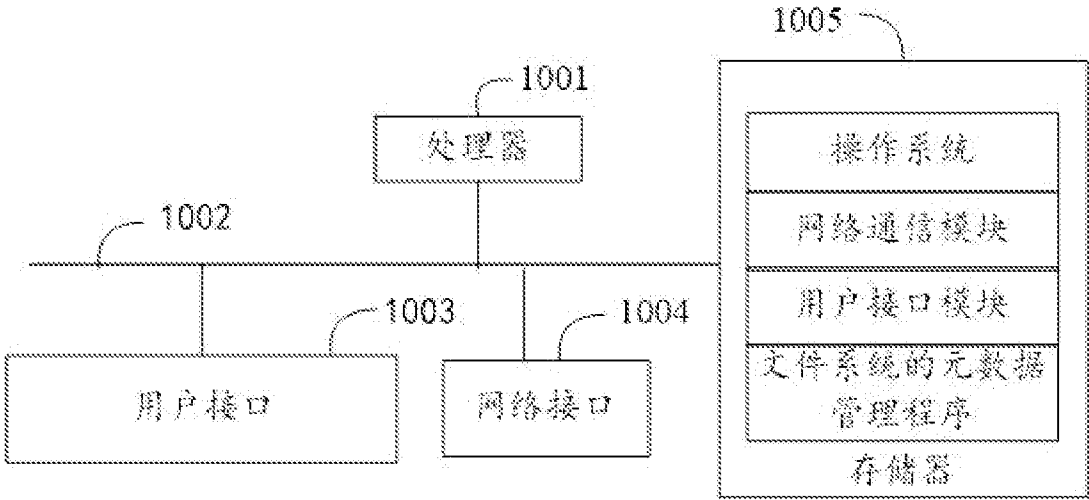
基于所述初始键值格式确定与文件重复的各重复文件；

对所述文件和各所述重复文件执行合并存储操作。

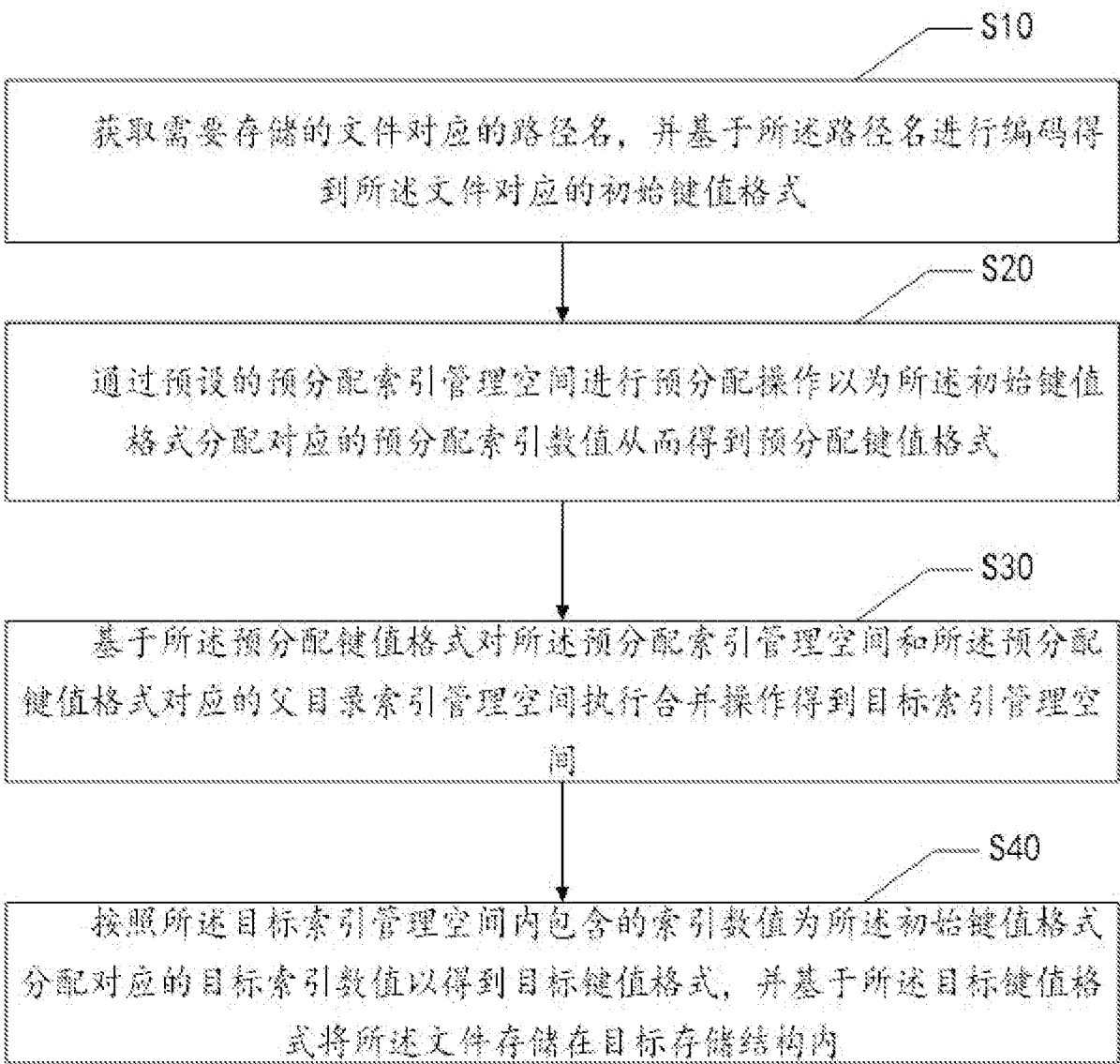
[权利要求 9] 一种终端设备，其中，所述终端设备包括：存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的文件系统的元数据管理程序，所述文件系统的元数据管理程序被所述处理器执行时实现如权利要求1至8中任一项所述的文件系统的元数据管理方法的步骤。

[权利要求 10] 一种计算机可读存储介质，其中，所述计算机可读存储介质上存储有文件系统的元数据管理程序，所述文件系统的元数据管理程序被处理器执行时实现如权利要求1至8中任一项所述的文件系统的元数据管理方法的步骤。

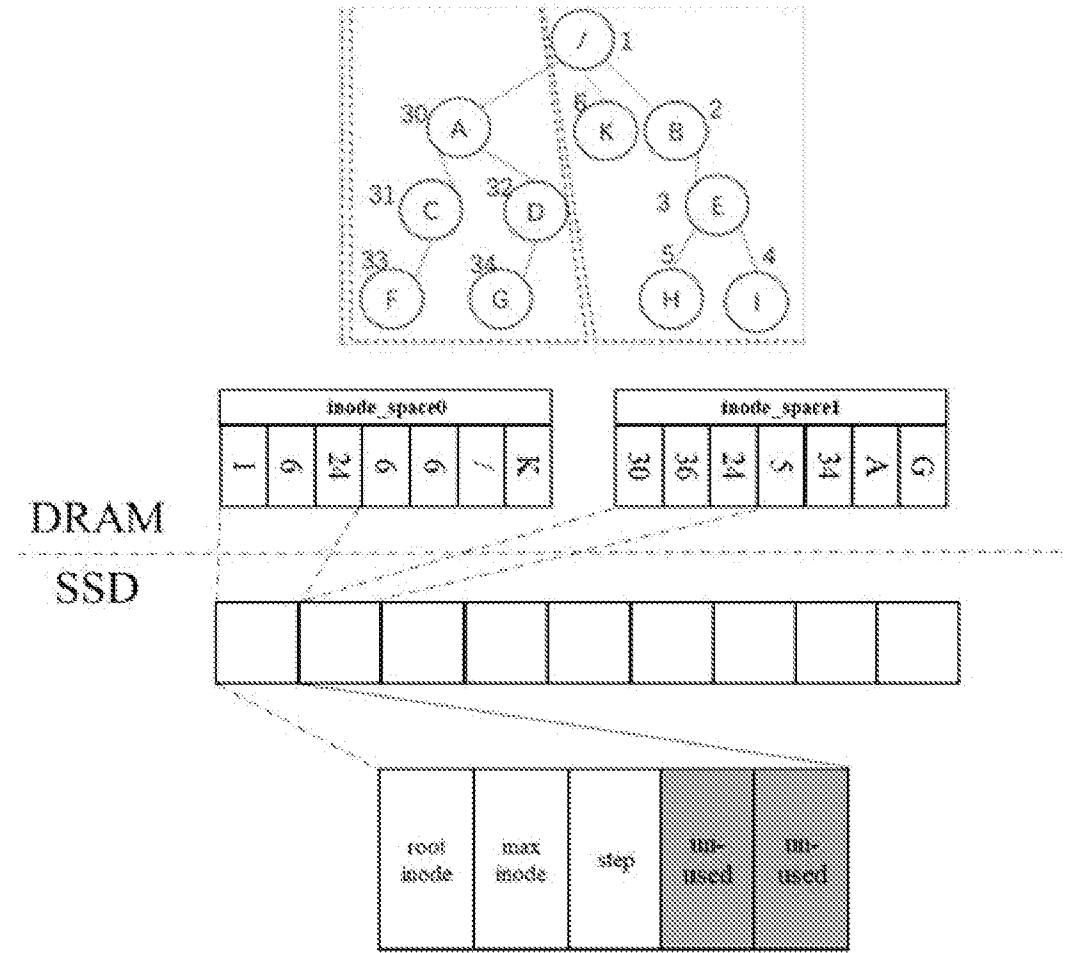
[图1]



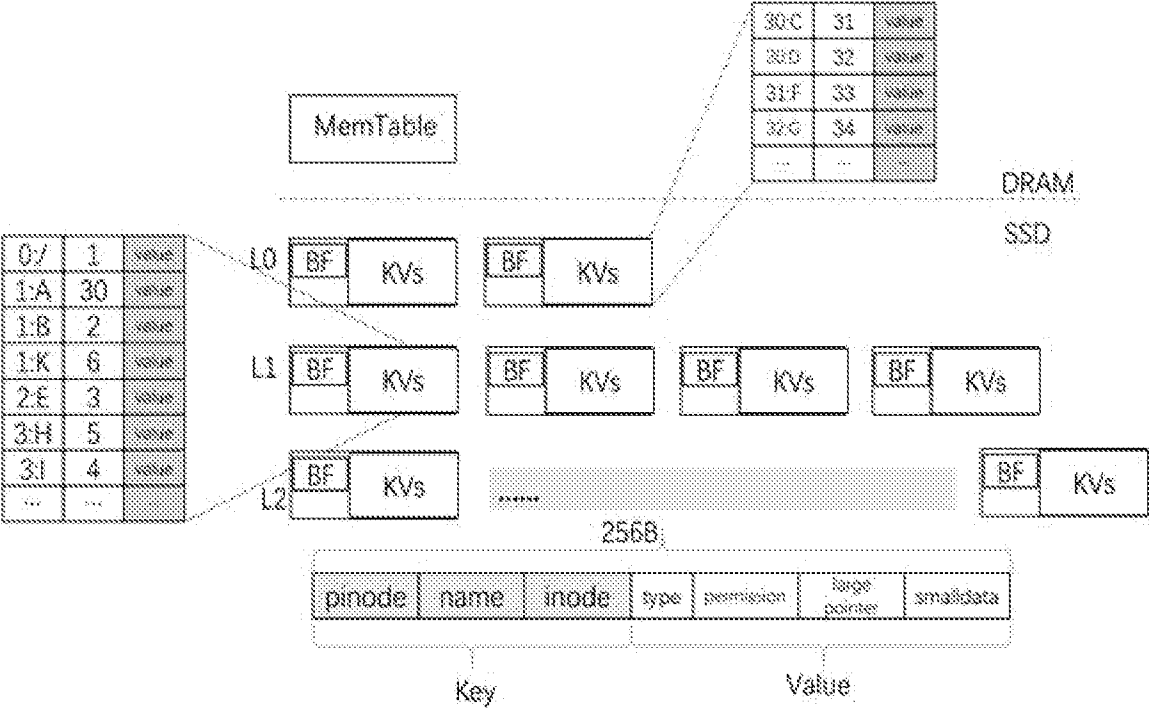
[图2]



[图3]



[图4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/102466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F16/11(2019.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, USTXT, EPTXT, CNKI, IEEE: 文件, 系统, 元数据, 管理, 路径, 编码, 键值, 索引, 空间, 父目录, 合并, 归并, 存储, file, system, metadata, manag+, route, path, encod+, cod+, key, value, index, space, parent, director +, combin+, stor+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104731921 A (JIANGSU R&D CENTER FOR INTERNET OF THINGS et al.) 24 June 2015 (2015-06-24) description, paragraphs [0023]-[0065]	1-10
A	CN 109933570 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 25 June 2019 (2019-06-25) entire document	1-10
A	CN 114238226 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 25 March 2022 (2022-03-25) entire document	1-10
A	CN 115098466 A (CHONGQING UNISINSIGHT TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 September 2022 (2022-09-23) entire document	1-10
A	US 7752226 B1 (SYMANTEC OPERATING CORP.) 06 July 2010 (2010-07-06) entire document	1-10
A	US 2020201821 A1 (VMWARE, INC.) 25 June 2020 (2020-06-25) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 February 2024

Date of mailing of the international search report

07 February 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/102466

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104731921	A	24 June 2015	None			
CN	109933570	A	25 June 2019	US	2022027326	A1	27 January 2022
				WO	2020186549	A1	24 September 2020
CN	114238226	A	25 March 2022	None			
CN	115098466	A	23 September 2022	None			
US	7752226	B1	06 July 2010	None			
US	2020201821	A1	25 June 2020	None			

A. 主题的分类

G06F16/11(2019.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, USTXT, EPTXT, CNKI, IEEE: 文件, 系统, 元数据, 管理, 路径, 编码, 键值, 索引, 空间, 父目录, 合并, 归并, 存储, file, system, metadata, manag+, route, path, encod+, cod+, key, value, index, space, parent, director+, combin+, stor+

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104731921 A (江苏物联网研究发展中心 等) 2015年6月24日 (2015 - 06 - 24) 说明书第[0023]-[0065]段	1-10
A	CN 109933570 A (中山大学) 2019年6月25日 (2019 - 06 - 25) 全文	1-10
A	CN 114238226 A (中山大学) 2022年3月25日 (2022 - 03 - 25) 全文	1-10
A	CN 115098466 A (重庆紫光华山智安科技有限公司) 2022年9月23日 (2022 - 09 - 23) 全文	1-10
A	US 7752226 B1 (SYMANTEC OPERATING CORPORATION) 2010年7月6日 (2010 - 07 - 06) 全文	1-10
A	US 2020201821 A1 (VMWARE, INC.) 2020年6月25日 (2020 - 06 - 25) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年2月1日

国际检索报告邮寄日期

2024年2月7日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

戴雷

电话号码 (+86) 010-53961402

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/102466

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104731921	A	2015年6月24日	无	
CN	109933570	A	2019年6月25日	US 2022027326 A1	2022年1月27日
				WO 2020186549 A1	2020年9月24日
CN	114238226	A	2022年3月25日	无	
CN	115098466	A	2022年9月23日	无	
US	7752226	B1	2010年7月6日	无	
US	2020201821	A1	2020年6月25日	无	