



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105930282 B

(45)授权公告日 2018.11.06

(21)申请号 201610232327.0

(22)申请日 2016.04.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105930282 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(73)专利权人 北京时代民芯科技有限公司
地址 100076 北京市丰台区东高地四营门
北路2号

专利权人 北京微电子技术研究所

(72)发明人 赵微 张志永 宗宇

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 陈鹏

(51)Int. Cl.

G06F 12/0897(2016.01)

(56)对比文件

CN 102012873 A,2011.04.13,
CN 103136121 A,2013.06.05,
CN 101751993 A,2010.06.23,
US 2006026364 A1,2006.02.02,

审查员 李艳军

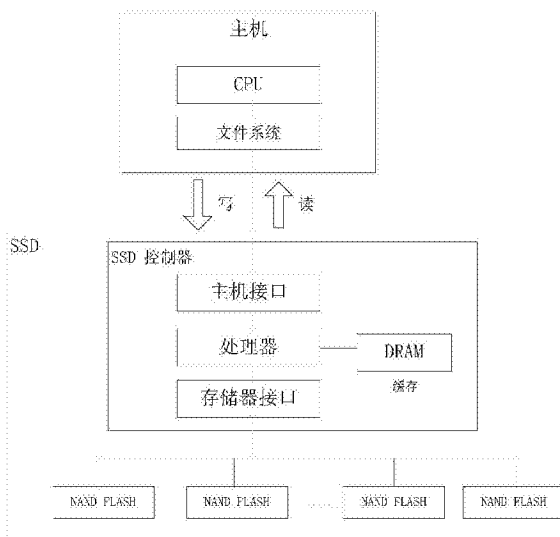
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种用于NAND FLASH的数据缓存方法

(57)摘要

一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,首先将缓存区cache分为块级缓存、页级缓存,然后对数据进行数据读写时,如果块级缓存或者页级缓存是否存在当前数据,则直接完成数据读写,否则从FLASH中读取数据或者将数据缓存区中空闲空间分配给当前数据并写入FLASH,若缓存没有空闲空间,则通过替换算法确定替换块并将替换块中数据写入FLASH中,最后释放替换块,重新写入新的数据,进而完成数据缓存。本发明方法通过采用块缓存和页缓存结合的方法使得随机读写访问中缓存的命中率得到提高,并提出了一种高效替换算法,在减小缓存映射表大小的同时,还提高缓存区的空间利用率,具有较好的使用价值。



1. 一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,其特征在于包括如下步骤:

(1) 将数据缓存区DRAM中的缓存区cache分为块级缓存、页级缓存,其中,块级缓存存储数据的基本单位是块,页级缓存存储数据的基本单位是页,多个页组成块,块级缓存的优先级高于页级缓存,页包括至少两个扇区,块包括至少两个页;

(2) 如果当前数据进行数据读时,转入到步骤(3),完成数据读缓存,如果当前数据进行数据写时,转到步骤(4),完成数据写缓存;

(3) 判断块级缓存或者页级缓存是否存在当前数据,如果存在,则将当前数据读出,如果不存在,则从缓存区cache中选出一个块作为替换块,将替换块中原始存在数据写入到FLASH,并释放替换块,然后从FLASH中读取当期数据并存储至替换块,将替换块中的当前数据读出;所述的从缓存区cache中选出一个块作为替换块的方法包括如下步骤

(31) 将缓存区cache中属于一个块的各个页都整理到一个数据块,并使用当前块的编号命名对应数据块;所述的页包括脏页、空白页,其中,脏页为存储数据的页,空白页为未存储数据的页;

(32) 将步骤(31)得到的数据块按照访问时间排序得到一个LRU链表,其中,LRU链表表头为最近时间访问的数据块;

(33) 从外部获取筛选阈值,将LRU链表表尾开始的筛选阈值范围内的数据块截取出来作为候选替换块,并在候选替换块中选取包含脏页最多且靠近表尾的数据块作为替换块;

(4) 判断块级缓存或者页级缓存是否存在当前数据,如果存在,则将当前数据写入到FLASH,如果不存在,则查看缓存区cache是否有空闲块或者空闲页,若有空闲块或者空闲页,则将当前数据存储到空闲块或者空闲页中,若没有空闲块且没有空闲页,则从缓存区cache中选出一个块作为替换块,将替换块中原始存在数据写入到FLASH,并释放替换块,将当前数据写入替换块,进而写入到FLASH。

2. 根据权利要求1所述的一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,其特征在于:所述的筛选阈值为30%。

3. 根据权利要求1或2所述的一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,其特征在于:所述的候选替换块中选取脏页最多且靠近表尾的数据块的方法包括如下步骤

(1) 判断候选替换块中数据块的脏页,如果存在一个数据块中脏页多于其他数据块,则将当前数据块作为替换块,完成替换块选取,如果存在多个数据块中脏页多于其他数据块,则转入步骤(2),如果各个数据块均没有脏页,则转入步骤(3);

(2) 在脏页最多的几个数据块中选取在LRU链表中最靠近表尾的数据块作为替换块,完成替换块的选取;

(3) 选取在LRU链表中最靠近表尾的数据块作为替换块,完成替换块的选取。

4. 根据权利要求1或2所述的一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,其特征在于:所述的将替换块中原始存在数据写入到FLASH的方法包括如下步骤:

(1) 读取替换块中原始存在数据,并确定该原始存在数据在FLASH的存储地址;

(2) 根据步骤(1)得到的存储地址读取FLASH,得到FLASH中当前地址存储的替换块中不存在的页;

(3) 将步骤(2)得到的页填入到替换块,然后将替换块中数据写入到FLASH。

一种用于NAND FLASH的数据缓存方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种FLASH存储技术,特别是一种用于NAND FLASH的数据缓存方法。

背景技术

[0002] 目前相对主流的SSD都是基于NAND FLASH的介质,SSD包括主控、闪存、缓存、固件。NAND FLASH由于其结构特点,使擦除操作的基本单位是块,而读写的基本单位是页,而主机对SSD的读写数据的最小单位是扇区。因此FLASH写入数据前需要对所在的块进行擦除,而且在擦除之前将其他有效数据复制到空闲块中,擦除完毕之后再将其其他有效数据和改写数据一起写入所在块。

[0003] 传统读写技术中主机向SSD写入数据一般采用以下方法:主机先通过存储阵列将数据写入cache,cache向主机发出响应后再将数据写入SSD,如果cache收到的数据小于一个页,那么需要进行页补齐再写入SSD,或者确定cache中的有效数据块,并将有效数据块写入SSD中。但是这些方法依然存在写惩罚和写放大的问题,以扇区或者页作为SSD内部读写粒度,页补齐过程增加了cache的管理映射表空间消耗,降低cache的命中率,同时也增加了垃圾回收的成本,却不能有效提高SSD系统写性能。

发明内容

[0004] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供了一种通过采用块缓存和页缓存结合的方法提高缓存命中率、在替换块选取中同时考虑数据脏页和页缓存访问活跃度的用于NAND FLASH的数据缓存方法。

[0005] 本发明的技术解决方案是:一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,包括如下步骤:

[0006] (1) 将数据缓存区DRAM中的缓存区cache分为块级缓存、页级缓存,其中,块级缓存存储数据的基本单位是块,页级缓存存储数据的基本单位是页,多个页组成块,块级缓存的优先级高于页级缓存,页包括至少两个扇区,块包括至少两个页;

[0007] (2) 如果当前数据进行数据读时,转入到步骤(3),完成数据读缓存,如果当前数据进行数据写时,转到步骤(4),完成数据写缓存;

[0008] (3) 判断块级缓存或者页级缓存是否存在当前数据,如果存在,则将当前数据读出,如果不存在,则从缓存区cache中选出一个块作为替换块,将替换块中原始存在数据写入到FLASH,并释放替换块,然后从FLASH中读取当期数据并存储至替换块,将替换块中的当前数据读出;

[0009] (4) 判断块级缓存或者页级缓存是否存在当前数据,如果存在,则将当前数据写入到FLASH,如果不存在,则查看缓存区cache是否有空闲块或者空闲页,若有空闲块或者空闲页,则将当前数据存储到空闲块或者空闲页中,若没有空间块且没有空闲页,则从缓存区cache中选出一个块作为替换块,将替换块中原始存在数据写入到FLASH,并释放替换块,将当前数据写入替换块,进而写入到FLASH。

[0010] 所述的从缓存区cache中选出一个块作为替换块的方法包括如下步骤

[0011] (1) 将缓存区cache中属于一个块的各个页都整理到一个数据块,并使用当前块的编号命名对应数据块;所述的页包括脏页、空白页,其中,脏页为存储数据的页,空白页为未存储数据的页;

[0012] (2) 将步骤(1)得到的数据块按照访问时间排序得到一个LRU链表,其中,LRU链表表头为最近时间访问的数据块;

[0013] (3) 从外部获取筛选阈值,将LRU链表表尾开始的筛选阈值范围内的数据块截取出来作为候选替换块,并在候选替换块中选取包含脏页最多且靠近表尾的数据块作为替换块。

[0014] 所述的筛选阈值为30%。

[0015] 所述的候选替换块中选取脏页最多且靠近表尾的数据块的方法包括如下步骤

[0016] (1) 判断候选替换块中数据块的脏页,如果存在一个数据块中脏页多于其他数据块,则将当前数据块作为替换块,完成替换块选取,如果存在多个数据块中脏页多于其他数据块,则转入步骤(2),如果各个数据块均没有脏页,则转入步骤(3);

[0017] (2) 在脏页最多的几个数据块中选取在LRU链表中最靠近表尾的数据块作为替换块,完成替换块的选取;

[0018] (3) 选取在LRU链表中最靠近表尾的数据块作为替换块,完成替换块的选取。

[0019] 所述的将替换块中原始存在数据写入到FLASH的方法包括如下步骤:

[0020] (1) 读取替换块中原始存在数据,并确定该原始存在数据在FLASH的存储地址;

[0021] (2) 根据步骤(1)得到的存储地址读取FLASH,得到FLASH中当前地址存储的替换块中不存在的页;

[0022] (3) 将步骤(2)得到的页填入到替换块,然后将替换块中数据写入到FLASH。

[0023] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0024] (1) 本发明方法与现有技术相比,通过采用块缓存和页缓存结合的方法使得随机读写访问中缓存的命中率得到提高,在减小缓存映射表大小的同时,还提高缓存区的空间利用率;

[0025] (2) 本发明方法在页整理过程中通过将缓存页整理为“数据块”,使得LRU链表得到统一,并为替换块的选取做好了准备,与现有技术相比缓存数据管理更加有效;

[0026] (3) 本发明方法通过将LRU链表的阈值内的数据块划分为候选替换块,克服了现有技术将LRU链表最末尾的数据块作为替换块的缺陷,在考虑数据脏页的同时,还考虑到了页缓存的主机访问活跃度,具有更优的替换效果;

[0027] (4) 本发明方法与现有技术相比,通过对SSD等存储器增加缓存层,解决了随机访问速度较慢的问题,具有随机访问速度快,准确率高的优点。

附图说明

[0028] 图1为本发明一种用于NAND FLASH的数据缓存方法系统结构图;

[0029] 图2为本发明方法中的DRAM缓存空间分配图;

[0030] 图3为本发明方法的读数据流程图;

[0031] 图4为本发明方法的写数据流程图;

[0032] 图5为本发明方法的确定并释放替换块流程图;

- [0033] 图6为本发明方法的页整理的示意图；
- [0034] 图7为本发明方法的阈值筛选候选替换块的示意图；
- [0035] 图8为本发明方法的确定替换块实施例一的示意图；
- [0036] 图9为本发明方法的确定替换块实施例二的示意图；
- [0037] 图10为本发明方法的确定替换块实施例三的示意图。

具体实施方式

[0038] 本发明针对现有技术的不足,提出一种用于NAND FLASH的数据缓存方法,本发明方法适用于SSD的数据读写,如图1所示为本发明方法的系统结构图,主机控制SSD进行数据的读写操作,主机包括CPU、文件系统,SSD包括SSD控制器、NAND FLASH芯片,SSD控制器中主机接口负责与主机进行通信,存储接口负责与FLASH进行通信,处理器负责时序控制和空间控制,DRAM数据缓存区负责缓存读写的数据。主机端对SSD读写数据时,数据的最小单位是扇区,SSD中每个页由扇区组成,而每个块由多个页组成,比如一个扇区块的大小为4KB,一个页大小为16KB,那么一个页由4个扇区组成,本发明方法中将写入SSD数据所在的扇区称为脏扇区,脏扇区所在的页称为脏页,反之称为干净页,脏页所在的块称为脏块,反之称为干净块。

[0039] 如图2所示,本发明方法中数据缓存区DRAM包括缓存区cache,首先将缓存区cache分为两级,第一级缓存为块级缓存,第二级缓存为页级缓存,块级缓存的存储数据的基本单位是块,页级缓存的存储数据的基本单位是页,第一级缓存(块)的优先级高于第二级缓存(页)。当主机端读写数据时,如果第一级缓存或者第二级缓存命中,则直接读写操作,否则从FLASH中读取数据或者将数据缓存区中空闲空间分配给新的数据并写入FLASH,如果缓存没有空闲空间,则确定替换块并将替换块中数据写入FLASH中;然后令数据缓存区cache释放替换块所在的空间,重新写入新的数据(即当前进行写入的数据),其中,确定替换块的原则为:首先对排序后的LRU链表进行阈值筛选,然后在小于设定阈值的候选块中寻找脏页最多且靠近LRU表尾的块作为替换块(脏页最多优先级高于靠近LRU表尾),以达到尽可能将较不活跃且脏页最多的数据块写入FLASH中的目的,减少了FLASH的写入次数,提高SSD的读写性能,最后在数据缓存区cache释放替换块所在的空间。另外,在数据缓存区cache中块级缓存与页级缓存的空间分配比例接近于1:2。下面结合附图对本发明方法进行详细说明。

[0040] 当主机对SSD进行数据读写时,主机首先访问缓存区cache,如果缓存区cache有需要读出的数据或者需要写入的数据,那么直接对缓存区进行读写,如果缓存区cache没有目标数据,那么再对FLASH进行访问。具体操作如下:读数据流程如图3所示,当主机读取数据时,首先访问数据缓存区cache,如果命中,则直接将缓存区cache中数据读出,如果不命中,则通过替换算法选出替换块并进行替换操作,将替换块中数据写入到FLASH,并释放替换块,然后从固态硬盘SSD中的FLASH读取数据并存储至替换块。

[0041] 写数据流程如图4所示,当主机写入数据时,访问数据缓存区cache并判断是否存在当前所写入的数据,如果命中,则将当前数据写入到FLASH,如果未命中,则查看数据缓存区cache是否有空闲块,若有空闲块,则将数据存储到空闲块中,若没有空闲块但有空闲页,则将数据存储到空闲页中,若没有空间块且没有空闲页,即缓存空间cache已满时,则通过

替换算法选出替换块并 进行替换操作,将替换块中数据写入到FLASH,并释放替换块。

[0042] 本发明方法中确定并释放替换块流程图如图5所示,包括页整理、阈值筛选候选替换块、确定替换块、页预填、替换块写入FLASH、缓存释放空间等步骤,本发明在选取替换块的过程中,首先将页缓存的数据页整理为“数据块”,然后将页缓存中所有数据页都投射到对应的块号,最后将属于同一个块的不同数据页整理到同一个块中,得到一个当前块编号命名的数据块,完成所有页缓存的数据整理。如图6所示为本发明方法的页整理的示意图,假设页缓存一共有6个页,其中,空白页表示干净页,“斜纹”阴影图案页表示脏页,那么页20和页17为脏页,其他为干净页,将属于同一个块的数据页整理到一起,这6个页整理后为4个块,其中,块号6和块号7各包含1个脏页,其他块包含为干净块。

[0043] 如图7所示为本发明方法的阈值筛选候选替换块的示意图,本发明提供一种新的LRU (Least Recently Used) 替换块选取方法确定替换块方法,首先经过页整理操作将缓存页整理为数据块,缓存区cache中数据全部以“数据块”的形式存在,图7中块号3、6、7、8是图6中由页整理得到的“数据块”,然后将最近访问的数据所在的数据块会被移动到LRU链表的表头(按照被访问的时间排序,LRU链表的表尾所指的块为最不活跃的块),假设图7中主机最近一次操作是写入数据到块5的第18页,因此将块5移到LRU链表表头,最后设定候选阈值,将从LRU链表的表尾开始的阈值范围内的数据块截取出来作为候选替换块,并在候选块中寻找包含脏页最多且最靠近表尾的数据块作为替换块。确定替换块后,进行页预填,写入固态硬盘SSD (FLASH) 中,缓存区cache释放替换块所在的空间,假设此时缓存共包含10个数据块,阈值设置为30%,从LRU链表的表尾开始算起,将占有LRU链表长度30%的数据块作为候选替换块。那么从LRU表尾算起的3个数据块作为候选替换块,分别是块12、6、8。

[0044] 本发明方法中页预填操作是为了保证写入FLASH的数据是连续的数据 块,降低FTL (Flash Translation Layer) 算法中垃圾回收和数据合并的工作量,在替换块写入FLASH之前,将FLASH中与替换块相对应的数据块的不存在于替换块中的页从FLASH介质中读出,然后填入替换块,再把整个块的数据写入FLASH,最后缓存区cache释放替换块所在的空间。

[0045] 图8为本发明方法中确定替换块实施例一的示意图,在候选替换块中寻找包含脏页最多的数据块作为替换块,如图8所示,候选替换块中,按照LRU链表从头到为尾排序分别为块12、6、8。其中块12包含2个脏页,块6包含1个脏页,而8块为干净块,块12包含的脏页最多,因此将块12作为替换块。

[0046] 图9为本发明方法中确定替换块实施例二的示意图,候选替换块中多个数据块含有的相同数目的脏页,那么将较靠近LRU链表表尾的数据脏块作为替换块。如图9所示,候选替换块中,按照LRU链表从头到为尾排序分别为块12、6、8。其中块12和块6均包含2个脏页,块8为干净块,块12和块6包含最多且相同的脏页数,而块6比较靠近LRU表尾,也就是块6再次被访问的概率较小,因此将块6作为替换块。

[0047] 图10为本发明方法中确定替换块实施例三的示意图,候选替换块中全部为干净块,那么将较靠近LRU链表表尾的数据块作为替换块。如图10所示,候选替换块中,按照LRU链表从头到为尾排序分别为块12、6、8,而候选替换块全部为干净块,块8最靠近LRU表尾,也就是块8再次被访问的概率最小,因此将块8作为替换块。

[0048] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

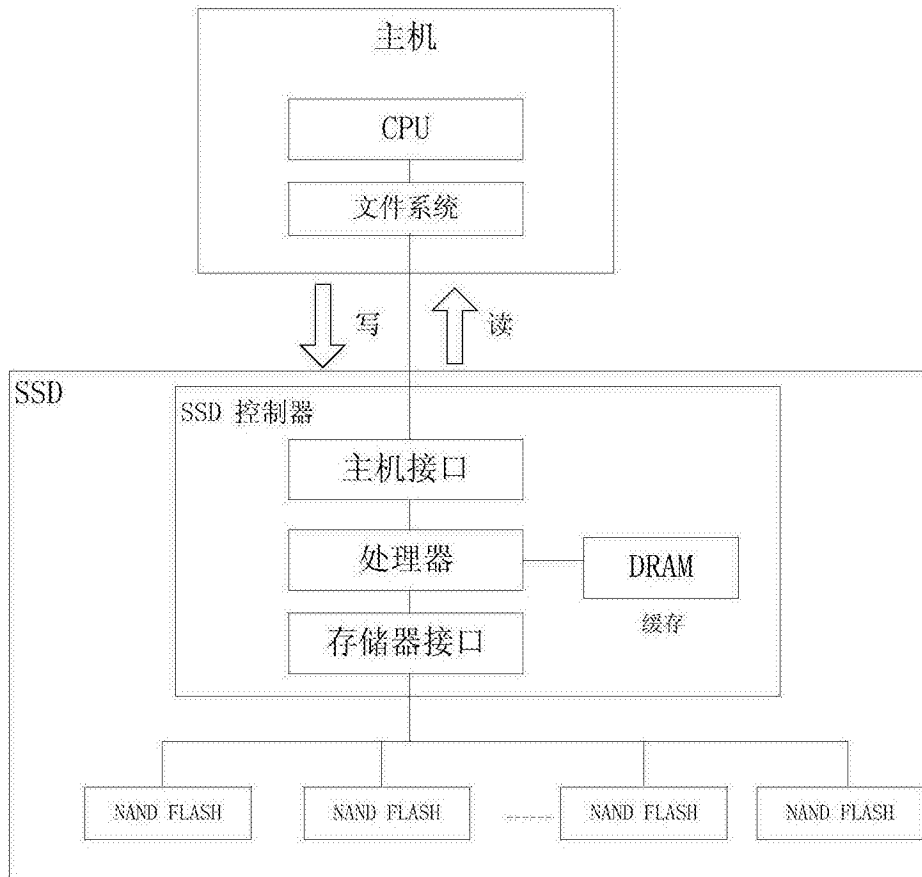


图1

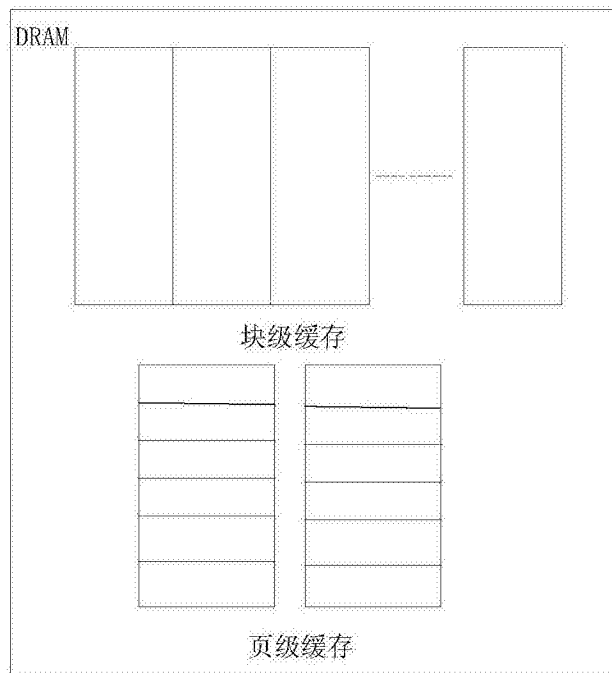


图2

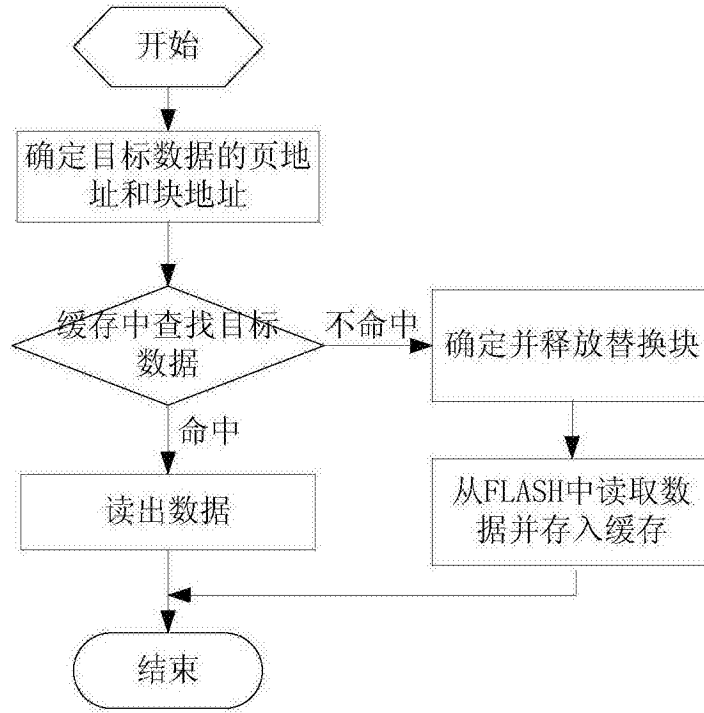


图3

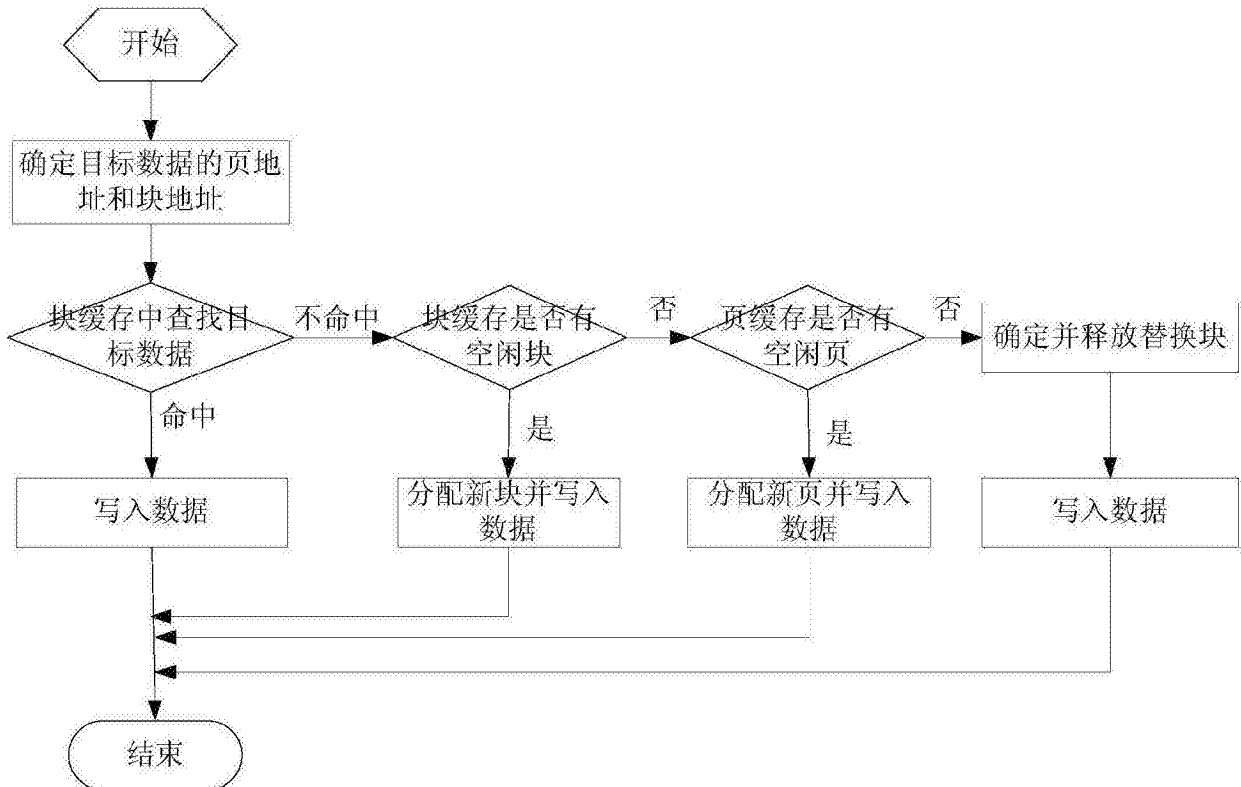


图4

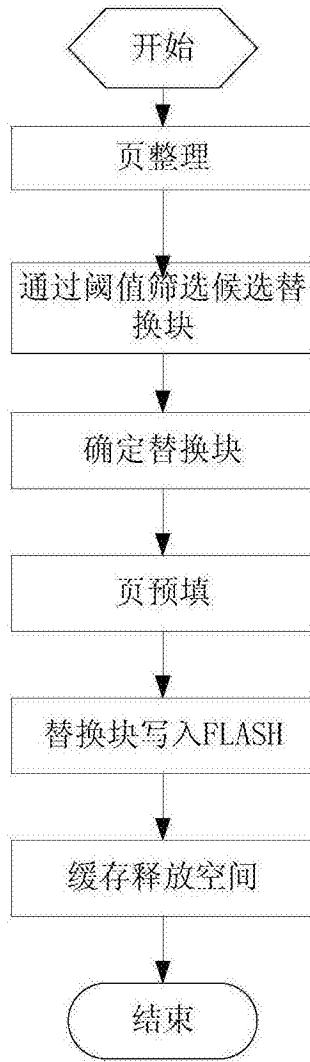


图5

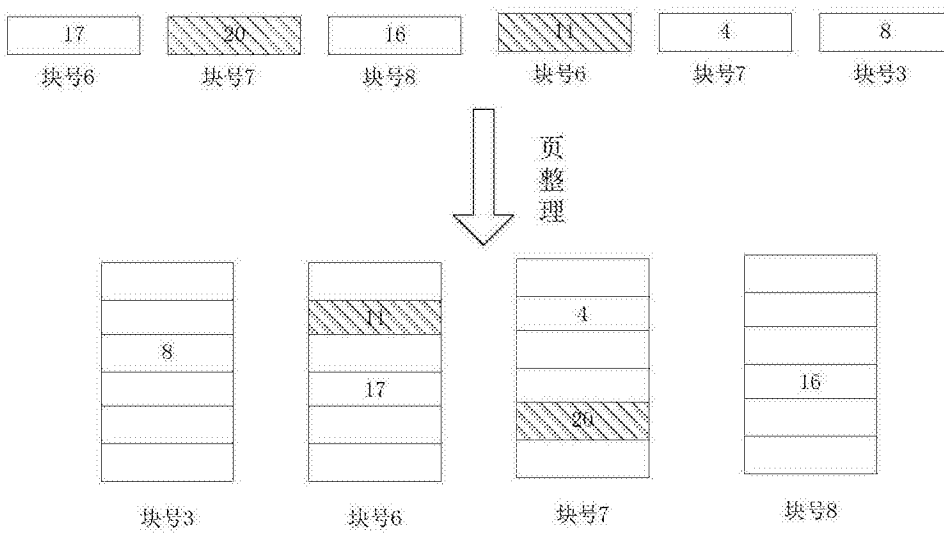


图6

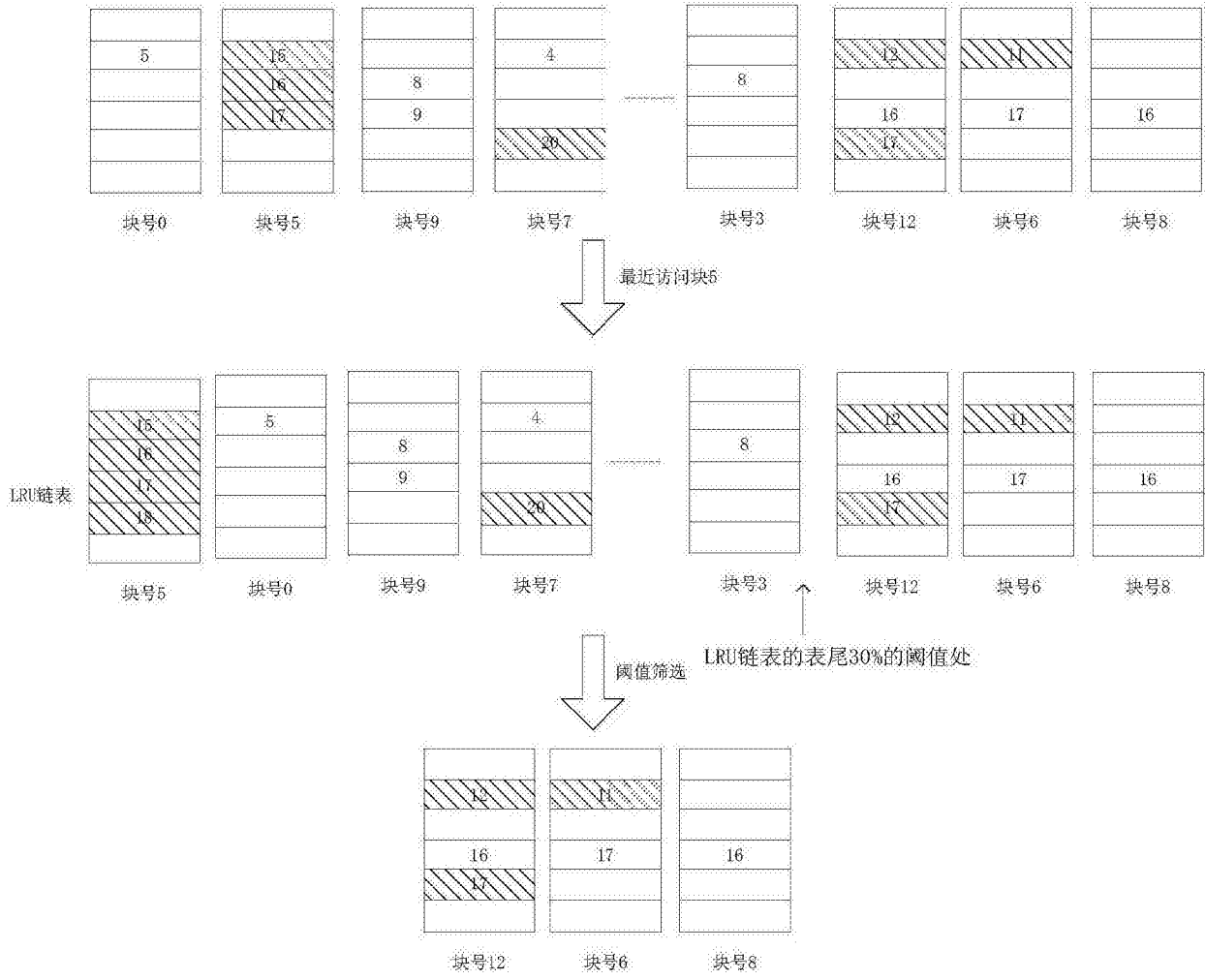


图7

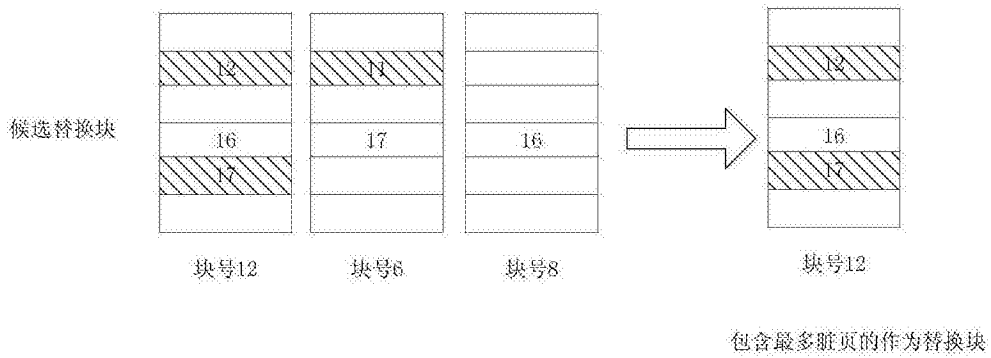


图8

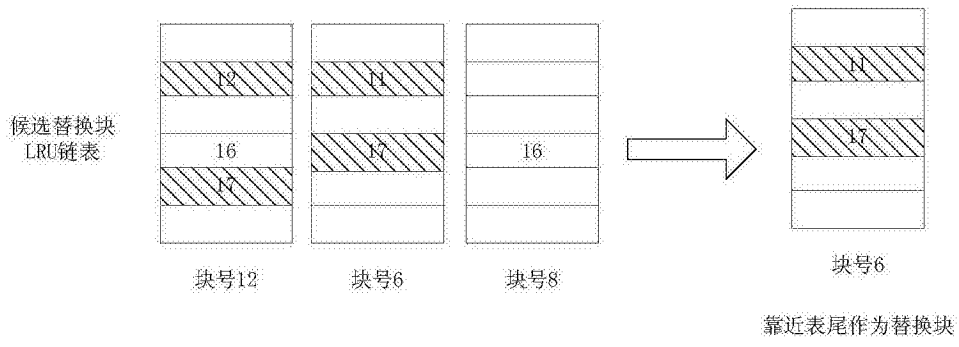


图9

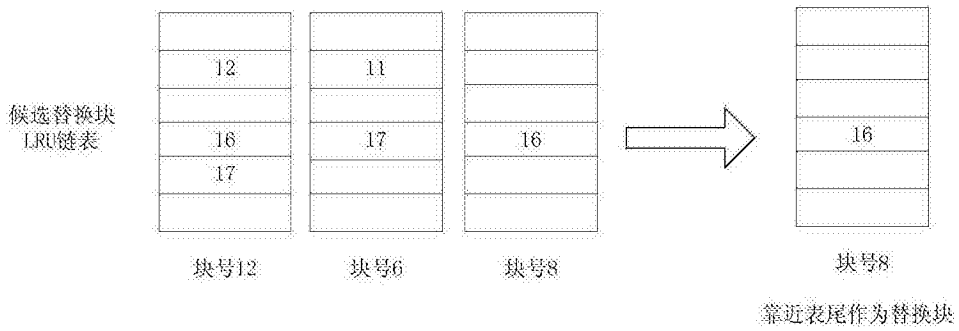


图10