25 | Hash索引的底层原理是什么?

我们上节课讲解了 B+ 树的原理，今天我们来学习下 Hash 的原理和使用。Hash 本身是一个函数，又被称为散列函数，它可以帮助我们大幅提升检索数据的效率。打个比方，Hash 就好像一个智能前台，你只要告诉它想要查找的人的姓名，它就会告诉你那个人坐在哪个位置，只需要一次交互就可以完成查找，效率非常高。大名鼎鼎的 MD5 就是 Hash 函数的一种。

Hash 算法是通过某种确定性的算法（比如 MD5、SHA1、SHA2、SHA3）将输入转变为输出。相同的输入永远可以得到相同的输出，假设输入内容有微小偏差，在输出中通常会有不同的结果。如果你想要验证两个文件是否相同，那么你不需要把两份文件直接拿来比对，只需要让对方把 Hash 函数计算得到的结果告诉你即可，然后在本地同样对文件进行 Hash 函数的运算，最后通过比较这两个 Hash 函数的结果是否相同，就可以知道这两个文件是否相同。

Hash 可以高效地帮我们完成验证的工作，它在数据库中有广泛的应用。今天的课程主要包括下面几个部分：

1. 动手写程序统计一下 Hash 检索的效率。
2. 了解 MySQL 中的 Hash 索引，理解使用它的优点和不足。
3. Hash 索引和 B+ 树索引的区别以及使用场景。

动手统计 Hash 检索效率

我们知道 Python 的数据结构中有数组和字典两种，其中数组检索数据类似于全表扫描，需要对整个数组的内容进行检索；而字典是由 Hash 表实现的，存储的是 key-value 值，对于数据检索来说效率非常快。

对于 Hash 的检索效率，我们来个更直观的认知。下面我们分别看一下采用数组检索数据和采用字典（Hash）检索数据的效率到底有怎样的差别。

实验 1：在数组中添加 10000 个元素，然后分别对这 10000 个元素进行检索，最后统计检索的时间。

代码如下：

复制代码

```
import time
# 插入数据
result = []
for i in range(10000):
        result.append(i)
# 检索数据
time_start=time.time()
for i in range(10000):
        temp = result.index(i)
time_end=time.time()
print('检索时间', time_end-time_start)
```

运行结果：

检索时间为 1.2436728477478027 秒

实验 2：采用 Hash 表的形式存储数据，即在 Python 中采用字典方式添加 10000 个元素，然后检索这 10000 个数据，最后再统计一下时间。代码如下：

复制代码

```
import time
# 插入数据
result = {}
for i in range(1000000):
        result[i] = i
# 检索数据
time_start=time.time()
for i in range(10000):
        temp = result[i]
time_end=time.time()
print('检索时间：',time_end-time_start)
```

运行结果：

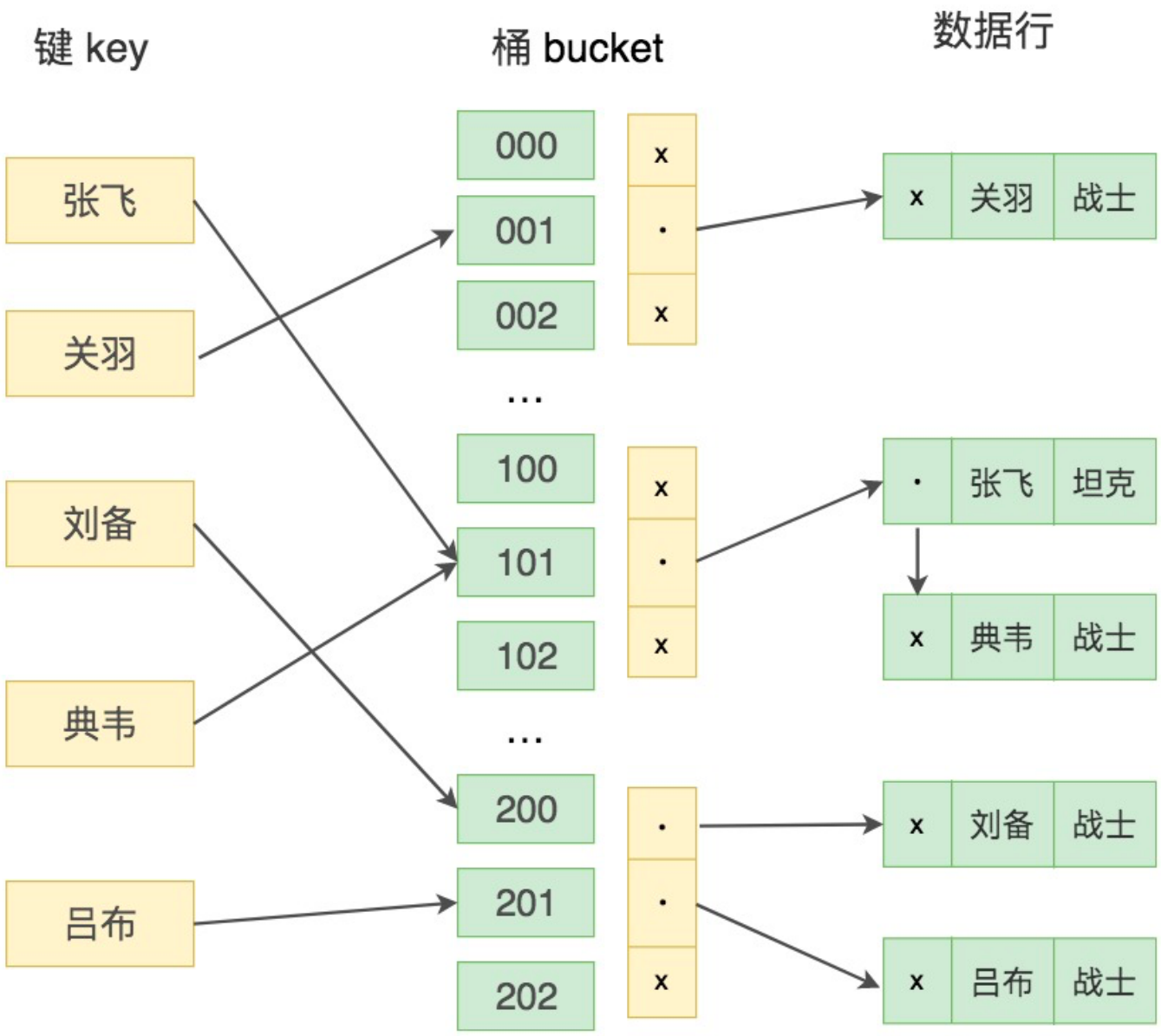
检索时间为 0.0019941329956054688 秒。

你能看到 Hash 方式检索差不多用了 2 毫秒的时间，检索效率提升得非常明显。这是因为 Hash 只需要一步就可以找到对应的取值，算法复杂度为 O(1)，而数组检索数据的算法复杂度为 O(n)。

MySQL 中的 Hash 索引

采用 Hash 进行检索效率非常高，基本上一次检索就可以找到数据，而 B+ 树需要自顶向下依次查找，多次访问节点才能找到数据，中间需要多次 I/O 操作，从效率来说 Hash 比 B+ 树更快。

我们来看下 Hash 索引的示意图：



键值 key 通过 Hash 映射找到桶 bucket。在这里桶（bucket）指的是一个能存储一条或多条记录的存储单位。一个桶的结构包含了一个内存指针数组，桶中的每行数据都会指向下一行，形成链表结构，当遇到 Hash 冲突时，会在桶中进行键值的查找。

那么什么是 Hash 冲突呢?

如果桶的空间小于输入的空间，不同的输入可能会映射到同一个桶中，这时就会产生 Hash 冲突，如果 Hash 冲突的量很大，就会影响读取的性能。

通常 Hash 值的字节数比较少，简单的 4 个字节就够了。在 Hash 值相同的情况下，就会进一步比较桶（Bucket）中的键值，从而找到最终的数据行。

Hash 值的字节数多的话可以是 16 位、32 位等，比如采用 MD5 函数就可以得到一个 16 位或者 32 位的数值，32 位的 MD5 已经足够安全，重复率非常低。

我们模拟一下 Hash 索引。关键字如下所示，每个字母的内部编码为字母的序号，比如 A 为 01，Y 为 25。我们统计内部编码平方的第 8-11 位（从前向后）作为 Hash 值：

关键字	内部编码	内部编码平方	Hash值
ABCD	01020304	001041020252416	2025
ABCE	01020305	001041022293025	2229
……	……	……	……
YYAB	25250102	637567651010404	5101

Hash 索引与 B+ 树索引的区别

我们之前讲到过 B+ 树索引的结构，Hash 索引结构和 B+ 树的不同，因此在索引使用上也会有差别。

1. Hash 索引不能进行范围查询，而 B+ 树可以。这是因为 Hash 索引指向的数据是无序的，而 B+ 树的叶子节点是个有序的链表。
2. Hash 索引不支持联合索引的最左侧原则（即联合索引的部分索引无法使用），而 B+ 树可以。对于联合索引来说，Hash 索引在计算 Hash 值的时候是将索引键合并后再一起计算 Hash 值，所以不会针对每个索引单独计算 Hash 值。因此如果用到联合索引的一个或者几个索引时，联合索引无法被利用。
3. Hash 索引不支持 ORDER BY 排序，因为 Hash 索引指向的数据是无序的，因此无法起到排序优化的作用，而 B+ 树索引数据是有序的，可以起到对该字段 ORDER BY 排序优化的作用。同理，我们也无法用 Hash 索引进行模糊查询，而 B+ 树使用 LIKE 进行模糊查询的时候，LIKE 后面前模糊查询（比如 % 开头）的话就可以起到优化作用。

对于等值查询来说，通常 Hash 索引的效率更高，不过也存在一种情况，就是索引列的重复值如果很多，效率就会降低。这是因为遇到 Hash 冲突时，需要遍历桶中的行指针来进行比较，找到查询的关键字，非常耗时。所以，Hash 索引通常不会用到重复值多的列上，比如列为性别、年龄的情况等。

总结

我今天讲了 Hash 索引的底层原理，你能看到 Hash 索引存在着很多限制，相比之下在数据库中 B+ 树索引的使用面会更广，不过也有一些场景采用 Hash 索引效率更高，比如在键值型（Key-Value）数据库中，Redis 存储的核心就是 Hash 表。

另外 MySQL 中的 Memory 存储引擎支持 Hash 存储，如果我们需要用到查询的临时表时，就可以选择 Memory 存储引擎，把某个字段设置为 Hash 索引，比如字符串类型的字段，进行 Hash 计算之后长度可以缩短到几个字节。当字段的重复度低，而且经常需要进行等值查询的时候，采用 Hash 索引是个不错的选择。

另外 MySQL 的 InnoDB 存储引擎还有个“自适应 Hash 索引”的功能，就是当某个索引值使用非常频繁的时候，它会在 B+ 树索引的基础上再创建一个 Hash 索引，这样让 B+ 树也具备了 Hash 索引的优点。

今天的内容到这里就结束了，我留两道思考题吧。查找某个固定值时 Hash 索引比 B+ 树更快，为什么 MySQL 还要采用 B+ 树的存储索引呢？另外，当两个关键字的 Hash 值相同时会发生什么？