47讲原型模式：如何最快速地clone一个HashMap散列表

对于创建型模式，前面我们已经讲了单例模式、工厂模式、建造者模式，今天我们来讲最后一个：原型模式。

对于熟悉JavaScript语言的前端程序员来说，原型模式是一种比较常用的开发模式。这是因为，有别于Java、C++等基于类的面向对象编程语言，JavaScript是一种基于原型的面向对象编程语言。即便JavaScript现在也引入了类的概念，但它也只是基于原型的语法糖而已。不过，如果你熟悉的是Java、C++等这些编程语言，那在实际的开发中，就很少用到原型模式了。

今天的讲解跟具体某一语言的语法机制无关，而是通过一个clone散列表的例子带你搞清楚：原型模式的应用场景，以及它的两种实现方式：深拷贝和浅拷贝。虽然原型模式的原理和代码实现非常简单，但今天举的例子还是稍微有点复杂的，你要跟上我的思路，多动脑思考一下。

话不多说，让我们正式开始今天的学习吧！

原型模式的原理与应用

如果对象的创建成本比较大，而同一个类的不同对象之间差别不大（大部分字段都相同），在这种情况下，我们可以利用对已有对象（原型）进行复制（或者叫拷贝）的方式来创建新对象，以达到节省创建时间的目的。这种基于原型来创建对象的方式就叫作**原型设计模式**（Prototype Design Pattern），简称**原型模式**。

那何为“对象的创建成本比较大”？

实际上，创建对象包含的申请内存、给成员变量赋值这一过程，本身并不会花费太多时间，或者说对于大部分业务系统来说，这点时间完全是可以忽略的。应用一个复杂的模式，只得到一点点的性能提升，这就是所谓的过度设计，得不偿失。

但是，如果对象中的数据需要经过复杂的计算才能得到（比如排序、计算哈希值），或者需要从RPC、网络、数据库、文件系统等非常慢速的IO中读取，这种情况下，我们就可以利用原型模式，从其他已有对象中直接拷贝得到，而不用每次在创建新对象的时候，都重复执行这些耗时的操作。

这么说还是比较理论，接下来，我们通过一个例子来解释一下刚刚这段话。

假设数据库中存储了大约10万条“搜索关键词”信息，每条信息包含关键词、关键词被搜索的次数、信息最近被更新的时间等。系统A在启动的时候会加载这份数据到内存中，用于处理某些其他的业务需求。为了方便快速地查找某个关键词对应的信息，我们给关键词建立一个散列表索引。

如果你熟悉的是Java语言，可以直接使用语言中提供的HashMap容器来实现。其中，HashMap的key为搜索关键词，value为关键词详细信息（比如搜索次数）。我们只需要将数据从数据库中读取出来，放入HashMap就可以了。

不过，我们还有另外一个系统B，专门用来分析搜索日志，定期（比如间隔10分钟）批量地更新数据库中的数据，并且标记为新的数据版本。比如，在下面的示例图中，我们对v2版本的数据进行更新，得到v3版本的数据。这里我们假设只有更新和新添关键词，没有删除关键词的行为。

v2			**v3**		
关键词	次数	更新时间戳	关键词	次数	更新时间戳
算法	2098	1548506764	算法	2098	1548506764
设计模式	1938	1548470987	设计模式	2188	1548513456（更新）
小争哥	13098	1548384124	小争哥	13098	1548384124
……	……	……	王争	234	1548513781（新添）
……	……	……	……	……	……

为了保证系统A中数据的实时性（不一定非常实时，但数据也不能太旧），系统A需要定期根据数据库中的数据，更新内存中的索引和数据。

我们该如何实现这个需求呢?

实际上，也不难。我们只需要在系统A中，记录当前数据的版本Va对应的更新时间Ta，从数据库中捞出更新时间大于Ta的所有搜索关键词，也就是找出Va版本与最新版本数据的“差集”，然后针对差集中的每个关键词进行处理。如果它已经在散列表中存在了，我们就更新相应的搜索次数、更新时间等信息；如果它在散列表中不存在，我们就将它插入到散列表中。

按照这个设计思路，我给出的示例代码如下所示：

```
public class Demo {
  private ConcurrentHashMap<String, SearchWord> currentKeywords = new ConcurrentHashMap<>();
  private long lastUpdateTime = -1;

  public void refresh() {
    // 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据，放入到currentKeywords中
    List<SearchWord> toBeUpdatedSearchWords = getSearchWords(lastUpdateTime);
    long maxNewUpdatedTime = lastUpdateTime;
    for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
      if (searchWord.getLastUpdateTime() > maxNewUpdatedTime) {
        maxNewUpdatedTime = searchWord.getLastUpdateTime();
      }
      if (currentKeywords.containsKey(searchWord.getKeyword())) {
        currentKeywords.replace(searchWord.getKeyword(), searchWord);
      } else {
        currentKeywords.put(searchWord.getKeyword(), searchWord);
      }
    }

    lastUpdateTime = maxNewUpdatedTime;
  }

  private List<SearchWord> getSearchWords(long lastUpdateTime) {
    // TODO: 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据
    return null;
  }
}
```

不过，现在，我们有一个特殊的要求：任何时刻，系统A中的所有数据都必须是同一个版本的，要么都是版本a，要么都是版本b，不能有的是版本a，有的是版本b。那刚刚的更新方式就不能满足这个要求了。除此之外，我们还要求：在更新内存数据的时候，系统A不能处于不可用状态，也就是不能停机更新数据。

那我们该如何实现现在这个需求呢?

实际上，也不难。我们把正在使用的数据的版本定义为“服务版本”，当我们要更新内存中的数据的时候，我们并不是直接在服务版本（假设是版本a数据）上更新，而是重新创建另一个版本数据（假设是版本b数据），等新的版本数据建好之后，再一次性地将服务版本从版本a切换到版本b。这样既保证了数据一直可用，又避免了中间状态的存在。

按照这个设计思路，我给出的示例代码如下所示：

```
public class Demo {
  private HashMap<String, SearchWord> currentKeywords=new HashMap<>();

  public void refresh() {
    HashMap<String, SearchWord> newKeywords = new LinkedHashMap<>();

    // 从数据库中取出所有的数据，放入到newKeywords中
    List<SearchWord> toBeUpdatedSearchWords = getSearchWords();
    for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
      newKeywords.put(searchWord.getKeyword(), searchWord);
    }

    currentKeywords = newKeywords;
  }

  private List<SearchWord> getSearchWords() {
    // TODO: 从数据库中取出所有的数据
    return null;
  }
}
```

不过，在上面的代码实现中，newKeywords构建的成本比较高。我们需要将这10万条数据从数据库中读出，然后计算哈希值，构建newKeywords。这个过程显然是比较耗时。为了提高效率，原型模式就派上用场了。

我们拷贝currentKeywords数据到newKeywords中，然后从数据库中只捞出新增或者有更新的关键词，更新到newKeywords中。而相对于10万条数据来说，每次新增或者更新的关键词个数是比较少的，所以，这种策略大大提高了数据更新的效率。

按照这个设计思路，我给出的示例代码如下所示：

```
public class Demo {
  private HashMap<String, SearchWord> currentKeywords=new HashMap<>();
  private long lastUpdateTime = -1;

  public void refresh() {
    // 原型模式就这么简单，拷贝已有对象的数据，更新少量差值
    HashMap<String, SearchWord> newKeywords = (HashMap<String, SearchWord>) currentKeywords.clone();

    // 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据，放入到newKeywords中
    List<SearchWord> toBeUpdatedSearchWords = getSearchWords(lastUpdateTime);
    long maxNewUpdatedTime = lastUpdateTime;
    for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
      if (searchWord.getLastUpdateTime() > maxNewUpdatedTime) {
        maxNewUpdatedTime = searchWord.getLastUpdateTime();
      }
      if (newKeywords.containsKey(searchWord.getKeyword())) {
        SearchWord oldSearchWord = newKeywords.get(searchWord.getKeyword());
        oldSearchWord.setCount(searchWord.getCount());
        oldSearchWord.setLastUpdateTime(searchWord.getLastUpdateTime());
      } else {
        newKeywords.put(searchWord.getKeyword(), searchWord);
      }
    }

    lastUpdateTime = maxNewUpdatedTime;
    currentKeywords = newKeywords;
  }

  private List<SearchWord> getSearchWords(long lastUpdateTime) {
    // TODO: 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据
    return null;
  }
}
```

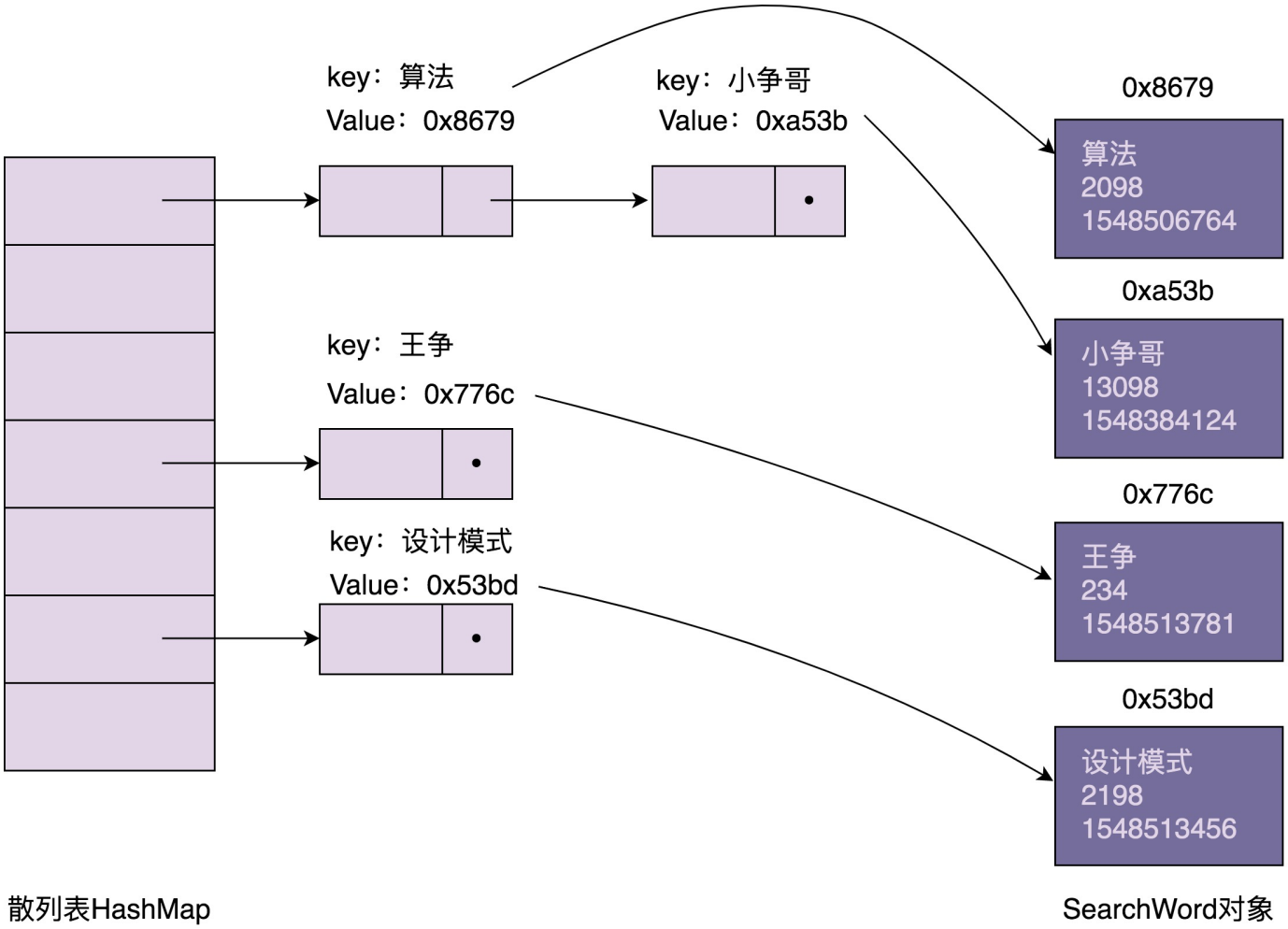
这里我们利用了Java中的clone()语法来复制一个对象。如果你熟悉的语言没有这个语法，那把数据从currentKeywords中一个个取出来，然后再重新计算哈希值，放入到newKeywords中也是可以接受的。毕竟，最耗时的还是从数据库中取数据的操作。相对于数据库的IO操作来说，内存操作和CPU计算的耗时都是可以忽略的。

不过，不知道你有没有发现，实际上，刚刚的代码实现是有问题的。要弄明白到底有什么问题，我们需要先了解另外两个概念：深拷贝（Deep Copy）和浅拷贝（Shallow Copy）。

原型模式的实现方式：深拷贝和浅拷贝

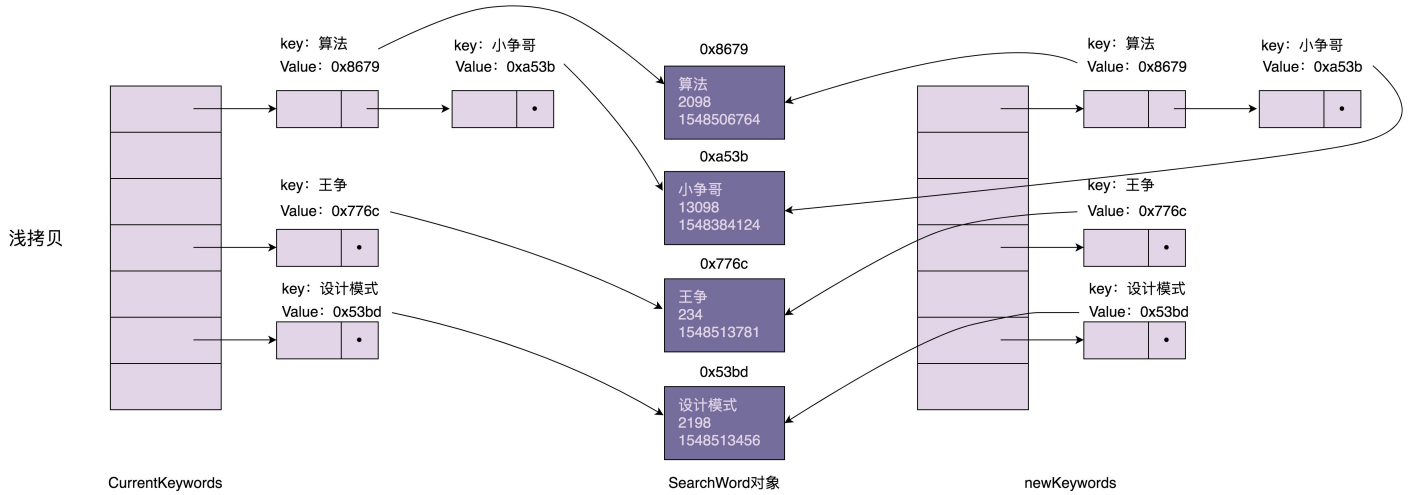
我们来看，在内存中，用散列表组织的搜索关键词信息是如何存储的。我画了一张示意图，大致结构如下所示。从图中我们可

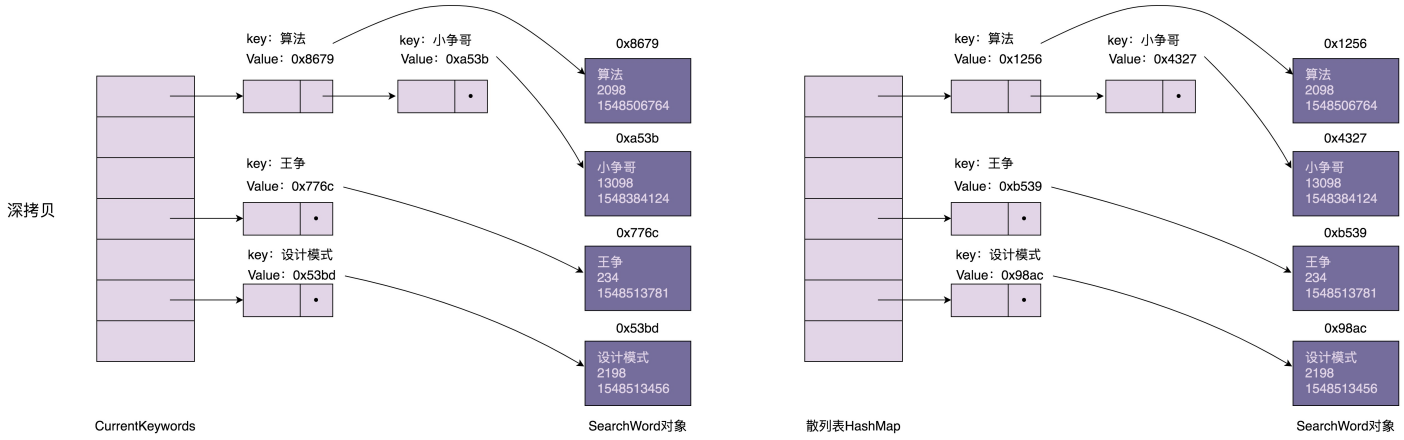
以发现，散列表索引中，每个结点存储的key是搜索关键词，value是SearchWord对象的内存地址。SearchWord对象本身存储在散列表之外的内存空间中。



极客时间

浅拷贝和深拷贝的区别在于，浅拷贝只会复制图中的索引（散列表），不会复制数据（SearchWord对象）本身。相反，深拷贝不仅仅会复制索引，还会复制数据本身。浅拷贝得到的对象（newKeywords）跟原始对象（currentKeywords）共享数据（SearchWord对象），而深拷贝得到的是一份完完全全独立的对象。具体的对比如下图所示：





极客时间

在Java语言中，Object类的clone()方法执行的就是我们刚刚说的浅拷贝。它只会拷贝对象中的基本数据类型的数据（比如，int、long），以及引用对象（SearchWord）的内存地址，不会递归地拷贝引用对象本身。

在上面的代码中，我们通过调用HashMap上的clone()浅拷贝方法来实现原型模式。当我们通过newKeywords更新SearchWord对象的时候（比如，更新“设计模式”这个搜索关键词的访问次数），newKeywords和currentKeywords因为指向相同的一组SearchWord对象，就会导致currentKeywords中指向的SearchWord，有的是老版本的，有的是新版本的，就没法满足我们之前的需求：currentKeywords中的数据在任何时刻都是同一个版本的，不存在介于老版本与新版本之间的中间状态。

现在，我们又该如何来解决这个问题呢?

我们可以将浅拷贝替换为深拷贝。newKeywords不仅仅复制currentKeywords的索引，还把SearchWord对象也复制一份出来，这样newKeywords和currentKeywords就指向不同的SearchWord对象，也就不存在更新newKeywords的数据会导致currentKeywords的数据也被更新的问题了。

那如何实现深拷贝呢？总结一下的话，有下面两种方法。

第一种方法：递归拷贝对象、对象的引用对象以及引用对象的引用对象……直到要拷贝的对象只包含基本数据类型数据，没有引用对象为止。根据这个思路对之前的代码进行重构。重构之后的代码如下所示：

```
public class Demo {
  private HashMap<String, SearchWord> currentKeywords=new HashMap<>();
  private long lastUpdateTime = -1;

  public void refresh() {
    // Deep copy
    HashMap<String, SearchWord> newKeywords = new HashMap<>();
    for (HashMap.Entry<String, SearchWord> e : currentKeywords.entrySet()) {
      SearchWord searchWord = e.getValue();
      SearchWord newSearchWord = new SearchWord(
              searchWord.getKeyword(), searchWord.getCount(), searchWord.getLastUpdateTime());
      newKeywords.put(e.getKey(), newSearchWord);
    }

    // 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据，放入到newKeywords中
    List<SearchWord> toBeUpdatedSearchWords = getSearchWords(lastUpdateTime);
    long maxNewUpdatedTime = lastUpdateTime;
    for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
      if (searchWord.getLastUpdateTime() > maxNewUpdatedTime) {
        maxNewUpdatedTime = searchWord.getLastUpdateTime();
      }
      if (newKeywords.containsKey(searchWord.getKeyword())) {
        SearchWord oldSearchWord = newKeywords.get(searchWord.getKeyword());
        oldSearchWord.setCount(searchWord.getCount());
        oldSearchWord.setLastUpdateTime(searchWord.getLastUpdateTime());
      } else {
        newKeywords.put(searchWord.getKeyword(), searchWord);
      }
    }

    lastUpdateTime = maxNewUpdatedTime;
    currentKeywords = newKeywords;
  }

  private List<SearchWord> getSearchWords(long lastUpdateTime) {
    // TODO: 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据
    return null;
  }

}
```

第二种方法：先将对象序列化，然后再反序列化成新的对象。具体的示例代码如下所示：

```
public Object deepCopy(Object object) {
  ByteArrayOutputStream bo = new ByteArrayOutputStream();
  ObjectOutputStream oo = new ObjectOutputStream(bo);
  oo.writeObject(object);

  ByteArrayInputStream bi = new ByteArrayInputStream(bo.toByteArray());
  ObjectInputStream oi = new ObjectInputStream(bi);

  return oi.readObject();
}
```

刚刚的两种实现方法，不管采用哪种，深拷贝都要比浅拷贝耗时、耗内存空间。针对我们这个应用场景，有没有更快、更省内存的实现方式呢?

我们可以先采用浅拷贝的方式创建newKeywords。对于需要更新的SearchWord对象，我们再使用深度拷贝的方式创建一份新的对象，替换newKeywords中的老对象。毕竟需要更新的数据是很少的。这种方式即利用了浅拷贝节省时间、空间的优点，又能保证currentKeywords中的中数据都是老版本的数据。具体的代码实现如下所示。这也是标题中讲到的，在我们这个应用场景下，最快速clone散列表的方式。

```
public class Demo {
  private HashMap<String, SearchWord> currentKeywords=new HashMap<>();
  private long lastUpdateTime = -1;

  public void refresh() {
    // Shallow copy
    HashMap<String, SearchWord> newKeywords = (HashMap<String, SearchWord>) currentKeywords.clone();

    // 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据，放入到newKeywords中
    List<SearchWord> toBeUpdatedSearchWords = getSearchWords(lastUpdateTime);
    long maxNewUpdatedTime = lastUpdateTime;
    for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
      if (searchWord.getLastUpdateTime() > maxNewUpdatedTime) {
        maxNewUpdatedTime = searchWord.getLastUpdateTime();
      }
      if (newKeywords.containsKey(searchWord.getKeyword())) {
        newKeywords.remove(searchWord.getKeyword());
      }
      newKeywords.put(searchWord.getKeyword(), searchWord);
    }

    lastUpdateTime = maxNewUpdatedTime;
    currentKeywords = newKeywords;
  }

  private List<SearchWord> getSearchWords(long lastUpdateTime) {
    // TODO: 从数据库中取出更新时间>lastUpdateTime的数据
    return null;
  }
}
```

重点回顾

好了，今天的内容到此就讲完了。我们一块来总结回顾一下，你需要重点掌握的内容。

1.什么是原型模式?

如果对象的创建成本比较大，而同一个类的不同对象之间差别不大（大部分字段都相同），在这种情况下，我们可以利用对已有对象（原型）进行复制（或者叫拷贝）的方式，来创建新对象，以达到节省创建时间的目的。这种基于原型来创建对象的方式就叫作原型设计模式，简称原型模式。

2.原型模式的两种实现方法

原型模式有两种实现方法，深拷贝和浅拷贝。浅拷贝只会复制对象中基本数据类型数据和引用对象的内存地址，不会递归地复制引用对象，以及引用对象的引用对象……而深拷贝得到的是一份完完全全独立的对象。所以，深拷贝比起浅拷贝来说，更加

耗时，更加耗内存空间。

如果要拷贝的对象是不可变对象，浅拷贝共享不可变对象是没问题的，但对于可变对象来说，浅拷贝得到的对象和原始对象会共享部分数据，就有可能出现数据被修改的风险，也就变得复杂多了。除非像我们今天实战中举的那个例子，需要从数据库中加载10万条数据并构建散列表索引，操作非常耗时，比较推荐使用浅拷贝，否则，没有充分的理由，不要为了一点点的性能提升而使用浅拷贝。

课堂讨论

1. 在今天的应用场景中，如果不仅往数据库中添加和更新关键词，还删除关键词，这种情况下，又该如何实现呢?
2. 在第7讲中，为了让ShoppingCart的getItems()方法返回不可变对象，我们如下来实现代码。当时，我们指出这样的实现思路还是有点问题。因为当调用者通过ShoppingCart的getItems()获取到items之后，我们还是可以修改容器中每个对象（ShoppingCartItem）的数据。学完本节课之后，现在你有没有解决方法了呢?

```
public class ShoppingCart {
  // ...省略其他代码...
  public List<ShoppingCartItem> getItems() {
    return Collections.unmodifiableList(this.items);
  }
}

// Testing Code in main method:
ShoppingCart cart = new ShoppingCart();
List<ShoppingCartItem> items = cart.getItems();
items.clear();//try to modify the list
// Exception in thread "main" java.lang.UnsupportedOperationExceptio

ShoppingCart cart = new ShoppingCart();
cart.add(new ShoppingCartItem(...));
List<ShoppingCartItem> items = cart.getItems();
ShoppingCartItem item = items.get(0);
item.setPrice(19.0); // 这里修改了item的价格属性
```

欢迎留言和我分享你的疑惑和见解，如果有收获，也欢迎你把这篇文章分享给你的朋友。

精选留言

忆水寒

让我想到了linux下面fork，其实内核也是拷贝了一份数据。Java里面的copyonwrite是不是也是这种深拷贝原理呢?

2020-02-19 21:28

辣么大

问题1:

方法一：新旧的数据取交集，可以删除旧map中的删除关键字，之后的逻辑就和文章中一样了。

方法二：逻辑删除，当map的size中已删除占比过高时，resize map。

争哥说：这里我们利用了 Java 中的 clone() 语法来复制一个对象。如果你熟悉的语言没有这个语法，那把数据从 currentKeywords 中一个个取出来，然后再重新计算哈希值，放入到 newKeywords 中也是可以接受的。

Java HashMap的clone方法就把数据取出来，计算hash值，在放回去的。clone方法中，调用了putMapEntries方法，其中有一关键的一行，克隆重新计算了hash值：
putVal(hash(key), key, value, false, evict);

文章中的深复制：为什么SearchWord不重写clone方法呢?
@Override
protected Object clone() throws CloneNotSupportedException {
SearchWord newWord = new SearchWord(this.keyWord, this.times, this.tmstamp);
return newWord;
}

2020-02-19 20:58

平风造雨
1. 两个Map比较下key找到差集
2. 可以返回深复制的购物车结构，或者干脆分成两个方法，一个返回深复制的结构，一个返回当前结构，区分使用场景。
2020-02-19 23:36

L
问题 1: 逻辑删除即可
问题 2: 返回深拷贝对象
2020-02-19 15:51

Summer 空城
1，删除key对于clone的对象而言，不会影响之前的对象，所以实现应该不需要变化吧
2，return new ArrayList<>(this.items);
2020-02-19 08:39

乾坤瞬间
1，使用墓碑标记，删除a系统中的数据，并补job进行数据的删除
2，诋递归遍历进行深度copy
2020-02-23 10:52

javaadu
我在实际工作中就用到了类似的代码，这就是一个关键词识别模块，第一次在学习专栏中看到如此契合生产的代码，很赞

问题1: 数据库中新增一个字段标识逻辑删除
问题2:深拷贝出去，不过为啥我外部需要一个深拷贝的对象呢，还没理解
2020-02-22 07:24

岁月
课堂讨论题
关键字如果支持删除, 最简单高效的方法就是在数据表里加一个delete bool类型的字段, 占用空间不多, 但是很方便程序识别最近更新的数据里面, 有哪条是需要删除的. 不过这样会带来一个问题, 就是插入新关键字的时候, 要先检查一下是否存在同名的关键字, 有的话要把delete字段修改为false, 所以还需要对关键字建立索引, 这样可以高效查找出是否存在同名关键字
2020-02-21 10:55

Frank
原型模式是一种从“拷贝”的角度来创建对象的方式，以实现节省时间的目的。原型模式有两种实现方式：浅拷贝与深拷贝。理解其应用场景：对象创建成本大，同一个类不同对象之间差别不大。
2020-02-19 22:40

我来也
思考题2:
即使是深拷贝，也是可以修改的，只是修改的不是原数据而已。

我对java语法不熟，不知道可否递归的使用 Collections.unmodifiableList 类似的方式，构建一个新的深拷贝对象。然后再返回这个对象的不可修改副本。

这样这个对象从里到外都是不可修改的属性了。

2020-02-19 22:37

aoe

原来拷贝可以这样操作！佩服小争哥算法与数据结构用的6！

2020-02-19 15:04

,

问题1:

1.设置标记位,"使用中","弃用","已删除"等,检查到标记为"弃用"的数据时,删除map里的数据同时修改标记位为"已删除",扫描数据库里更新的数据时增加检索条件"使用中"

2.每次数据库都全量扫描,拿到标记位为"使用中"的数据,直接替换map

3.删除数据时同时删除数据库和map里的数据

个人认为方法1和方法3都很合适,方法二对数据库IO操作量比较大,不太适合

问题2:

返回深克隆对象即可

2020-02-19 13:28

Jxin

1.逻辑删除的话，代码都不用改。物理删除的话，我觉得在删除时联动清除map的缓存可行（单进程，分布式就得引入一个外部存储，告知所有节点删除某个缓存）。

2.根据业务场景，采用cow写时复制。提供只读的列表返回和写时的复制列表的返回两个方法。

2020-02-19 13:06

webmin

问题一：

```
for (SearchWord searchWord : toBeUpdatedSearchWords) {
...
}
Set<String> toBeUpdatedKeys = new HashSet<>();
toBeUpdatedSearchWords.forEach((k) -> toBeUpdatedKeys.add(k.getKeyword()));
List<String> removeList = newKeywords.keySet().stream().filter((key) -> !toBeUpdatedKeys.contains(key)).collect(Collectors.toList());
removeList.forEach(newKeywords::remove);
```

问题二：

返回不可变对象，方法有两个

方法1：语言自带或第三方库的不可变对象机制，如：Java可以使用第三方库Guava的不可变集合；

方法2：返回一个深拷贝对象；

2020-02-19 11:37

小晏子

1. 考虑到删除关键词，那么最好数据库使用软删除，这样可以知道哪些关键词是被删除的，那么拿到这些被删除的关键词就可以在clone出来的newKeywords基础上，直接remove掉已经删除的哪些关键词就可以了。反之如果不是使用的软删除，那么就不好使用原型模式，需要获取新版本全量数据，然后和旧版本数据一一比对，看哪些数据是被删除的了。

2. 代码如下，将原来的items deep clone一份，这样就切断了与原来items的联系。

```
public class ShoppingCart {
// ...省略其他代码...
public List<ShoppingCartItem> getItems() {
List<ShoppingCartItem> tmpShoppingCartItems = new ArrayList<>();
tmpShoppingCartItems.addAll(this.items);
return Collections.unmodifiableList(tmpShoppingCartItems);
}
}
```

2020-02-19 10:59

唐龙

之前听说，可能你在不经意间已经用过一些设计模式了，今天终于有这种感觉了，确实对原型模式有过一些简单应用。

2020-02-19 10:43

test

1.用一个标记位表示被删除

2.返回一个深拷贝对象

2020-02-19 09:29

Panmax

文章中的最后一种方案：「先采用浅拷贝的方式创建 newKeywords。对于需要更新的 SearchWord 对象，再使用深度拷贝的方式创建一份新的对象，替换 newKeywords 中的老对象。」

是不是可以理解为是一种 Copy On Write 的优化策略

2020-02-19 09:21

pedro

想到了linux进程的克隆，c++的拷贝构造函数都是一种原型模式的使用

2020-02-19 09:21

Jeff.Smile

沙发

2020-02-19 00:10